

BARBORA JANÁSKOVÁ

## VLIV SNĚHOVÝCH POMĚRŮ NA VYBRANÉ PERIGLACIÁLNÍ TVARY VÝCHODNÍCH KRKONOŠ

B. Janásková: *Impact of snow conditions on selected periglacial landforms in the eastern part of the Krkonoše Mountains.* – Geografie–Sborník ČGS, 113, 2, pp. 154–172 (2008). – The paper deals with the influence of snow conditions on periglacial landforms. The research was carried out on four study sites in the summit parts of the Krkonoše Mountains with occurrence of recently active periglacial landforms (solifluction lobes, ploughing blocks, peat hummocks and sorted circles). Depth and duration of snow cover were measured there two years. Regularities in snow distribution were evaluated and compared with the position of selected periglacial landforms. The results prove that there is a close relationship between the low snow cover and occurrence of sorted circles and that the distribution of peat hummocks has not any connection with snow cover. Relationships between solifluction lobes and ploughing blocks and snow were rather ambiguous. KEY WORDS: snow cover – periglacial forms – Krkonoše – Czechia.

### 1. Úvod

Sněhová pokrývka leží ve vrcholových oblastech Krkonoš v průměru více než 180 dní v roce (Coufal, Šebek 1969) a je jedním z činitelů, kteří ovlivňují současné geomorfologické procesy. Sníh může působit na některé z faktorů, které jsou klíčové pro vznik, vývoj a aktivitu periglaciálních tvarů, zejména na regelaci, vlhkost a vegetaci. Tím, že mění charakter či intenzitu těchto faktorů, přispívá k utváření periglaciálních tvarů nebo naopak tlumí jejich vývoj. Cílem této pilotní studie je přispět k poznání vlivu sněhových poměrů (zejména výšky a délky trvání sněhové pokrývky a charakteru jejího „odbourávání“) na rozmístění nebo aktivitu vybraných periglaciálních tvarů. Termín „odbourávání sněhové pokrývky“ používám ve významu „souhrn deflačních a ablačních procesů, které odstraňují sněhovou pokrývku, tj. tání, výpar, sublimace, druhotný odnos a podmáčení vodou“ (Štursa, Jeník, Kubíková, Rejmánek, Sýkora 1973, s. 116).

Z periglaciálních tvarů ve vrcholové oblasti Krkonoš byly pro účely této práce vybrány takové, které vykazují známky recentní aktivity. Jsou to rašelinné kopečky, putující bloky, soliflukční laloky a tříděné kruhy. Rašelinné kopečky vznikaly v Krkonoších ve svrchním holocénu (Jankovská 2004; Treml, Křížek 2006). Některé z nich, např. na rašelinšti u Jantarové cesty, vykazují aktivní vývoj i dnes (Kociánová, Štursová, Váňa, Jankovská 2005; Treml, Křížek, Engel 2005; Treml, Křížek 2006). Také putující bloky jsou autory považovány za recentně aktivní periglaciální tvar (Jahn, Cielińska 1974; Sekyra, Sekyra 1995; Sekyra, Kociánová, Štursová 2001). U soliflukčních laloků v Krkonoších připouštějí recentní aktivitu Pelíšek (1957), Traczyk (1995) a Treml (2003). Treml (2003) například uvádí z oblasti Studniční hory příčný

profil laloku, který se vyznačuje zřetelnou orientací úlomků ve směru pohybu. Tříděné kruhy v Krkonoších popisují Sekyra, Kociánová, Štursová, Kalenská, Dvořák, Svoboda (2002) z oblasti Modrého sedla, kde uvádí jejich fosilní původ, ale také recentní vymrzání úlomků v centrálních částech kruhů. Tremel, Křížek, Engel (2005) předpokládají jejich vznik nebo hlavní dobu aktivizace v období Malé doby ledové.

Při pojmenování tvarů zde vycházím z mezinárodní terminologie zavedené Washburnem (1979) a pro Krkonoše částečně shrnuté Tremlem, Křížkem, Engelem (2005), přestože v Krkonoších není příliš vžitá.

## 2. Dosavadní výzkumy sněhové pokrývky v Krkonoších

Dosavadní výzkum sněhových poměrů v Krkonoších se ubíral několika směry: kromě studia obecných zákonitostí ukládání sněhu (Partsch 1894; Jeník 1961; Štursa, Jeník, Kubíková, Rejmánek, Sýkora 1973; Spusta, Spusta, Kociánová 2003b) šlo zejména o vliv sněhu na mikroklima (Vacek 1983, Harčarik 2002), hodnocení sněhových poměrů z hlediska využití pro lyžování (Sýkora, Bělochová, Fanta 1973; Sýkora 1977) nebo výzkum a sledování lavin a lavinových drah (Vrba, Spusta 1975, 1992; Spusta, Kociánová 1998; Spusta, Spusta, Kociánová 2003a). Často publikovaným tématem byla také problematika sněhových polí i jejich geomorfologického vlivu na reliéf (Kunský 1954; Vrba 1964; Vulterin 1969; Klementowski 1975; Šebesta 1978; Dvořák, Kociánová, Hejtman, Tremel, Vaněk 2004b).

Vztah sněhové pokrývky k aktivitě periglaciálních tvarů byl v Krkonoších řešen dosud jen okrajově. Význam regelace popsala Prosová (1961), putujícími bloky se zabývali Sekyra, Kociánová, Štursová (2001), možnosti studia sněhových poměrů ve vztahu k periglaciálním tvarům s využitím metod GPS a GIS nastínili Dvořák, Kociánová, Pírková (2004a) na příkladu kryoplanáčnických teras Luční a Studniční hory. Často je řešena problematika krácení regelace vlivem přítomnosti kleče, která způsobuje jak změnu sněhového režimu tak rozkolísanost půdních teplot (Kociánová, Spusta, Frantík, Harčarik 1995; Harčarik 2002; Tremel, Křížek 2006), což může mít významný dopad na vývoj periglaciálních tvarů.

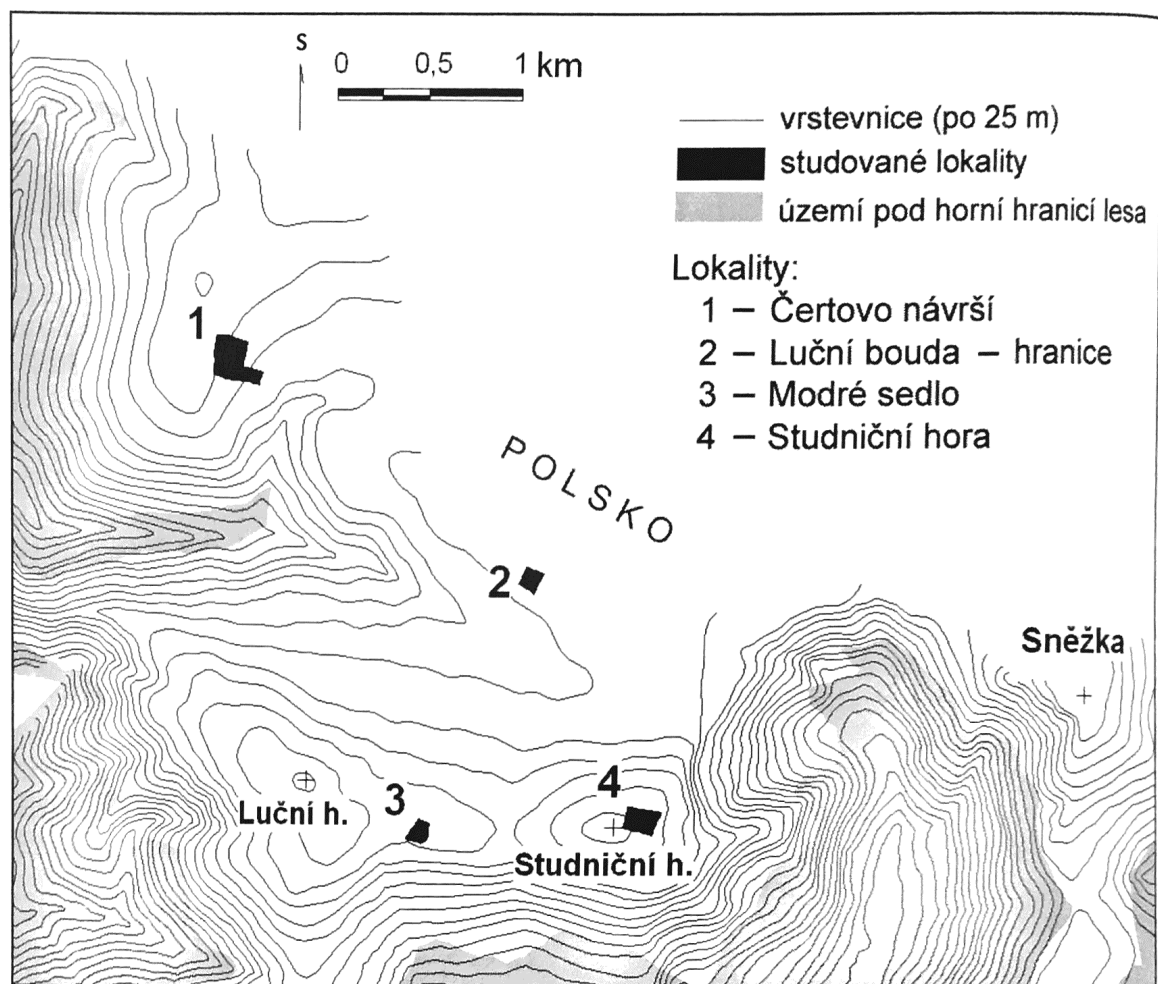
## 3. Studované lokality

Oblast výskytu periglaciálních tvarů je ve východních Krkonoších koncentrována především do vrcholových partií pohoří nad alpinskou hranicí lesa. Pro zjištění souvislosti vybraných periglaciálních tvarů s rozložením sněhové pokrývky byly určeny čtyři lokality (tab. 1, obr. 1). Poloha a velikost studovaných území byla volena tak, aby se v nich nacházely vybrané periglaciální tvary a aby území zahrnovala i jejich širší okolí pro lepší vystižení sněhových poměrů v daném místě.

Všechny studované lokality leží v oblasti zarovnaného povrchu v nadmořských výškách 1 415–1 550 m n. m., kde průměrná roční teplota dosahuje 1–2 °C (Coufal, Šebek 1969). Celá nejvyšší úroveň zarovnaného povrchu východních Krkonoš je ovlivněna anemo-orografickým systémem Bílého Labe (Jeník 1961). Usměrněný západní vítr zde má směrově i časově velmi stálý charakter. Lokalita Čertovo návrší leží k tomuto převládajícímu směru větru převážně v závětrří, Modré sedlo naproti tomu představuje lokalitu větrně vel-

Tab. 1 – Přehled studovaných lokalit a jejich charakteristik

Lokalita	Výměra (období 2004/05)	Sledovaný periglaciální tvar	Počet měřených bodů	
			období 2003/04	období 2004/05
Luční bouda – hranice	1 ha	rašelinné kopečky	36	36
Čertovo návrší	4,4 ha	putující bloky	52	84
Studniční hora	1,9 ha	soliflukční laloky	62	58
Modré sedlo	0,9 ha	tříděné kruhy	74	58



Obr. 1 – Studované lokality

mi exponovanou. Studovaná lokalita Studniční hora leží na hranici větrně exponovaného a závětrného prostoru. Luční bouda – hranice je větrem ovlivněna ze studovaných lokalit relativně nejméně díky své poloze v centrální části zarovnaného povrchu.

Lokalita Luční bouda – hranice má skalní podklad tvořený porfyrickou středně zrnitou žulou až granitoidem, lokalita Čertovo návrší drobnozrnnou biotitickou až aplitickou žulou. Podloží Modrého sedla a Studniční hora je tvořeno šedými muskovitickými albitickými svory až fylity (Chaloupský 1989). Půdy vyvinuté na těchto horninách jsou minerálně slabé, většinu území pokrývají horské podzoly, převážně písčitohlinité až hlinité, místy přecházející až do půd kamenitých (Pelíšek 1974). Na lokalitě Luční bouda – hranice je vyvinuta organozemě, která zde tvoří rašeliniště vrchovištního typu. Lokalita Modré sedlo má půdu místy velmi mělkou, patřící mezi litozemě.

Tab. 2 – Srovnání charakteristik délky trvání sněhové pokrývky na Sněžce ve sledovaném období s dlouhodobými průměry

Období	Datum prvního dne se sněhovou pokrývkou	Datum posledního dne se sněhovou pokrývkou	Počet dnů se sněhovou pokrývkou
období 2003/2004	7.12.	7.5.	152
období 2004/2005	6.11.	21.5.	200
průměr 1918–1933 <sup>1</sup>	10.10.	19.5.	220
průměr 1881–1930 <sup>2</sup>	–	–	177
průměr 1966–1975 <sup>3</sup>	–	–	220

Zdroj: <sup>1</sup> Reunier (1935, in: Kwiatkowski 1985), <sup>2</sup> Kosiba (1949, in: Kwiatkowski 1985), <sup>3</sup> Kwiatkowski (1985)

#### 4. Povětrnostní a sněhová situace sledovaných období

Z klimatologických charakteristik jsou pro vyhodnocení naměřených sněhových dat důležité zejména odlišnosti směrů větru od dlouhodobých průměrů. Ty ve srovnání s naměřenými daty poskytují informaci o pravidelnosti či nepravidelnosti rozložení sněhové pokrývky za různých větrných podmínek. Pro následující charakteristiku klimatu ve sledovaném období byla použita původní data z meteorologické stanice Sněžka (data NČDC, zpracováno Janásková 2005, 2006) a Měsíční přehled počasí vydaný ČHMU pro jednotlivé měsíce (zejména pro porovnání teplot a srážek s dlouhodobým průměrem).

Sezóna 2003/2004 byla sněhově poměrně slabá. Souvislá sněhová pokrývky zůstala na hřebenech Krkonoš ležet poměrně pozdě (tab. 2). Až do začátku ledna byla výška sněhové pokrývky velmi nízká, na Sněžce pouze 50 cm, a teprve druhá polovina ledna přinesla nadnormální sněhové srážky. Hned v únoru ale přišlo oteplení, které způsobilo výrazné odtání sněhové pokrývky, na Sněžce až o 80 cm. Sněhová pokrývky na Sněžce dosáhla maximální výšky 13.3., a to 215 cm. Během dubna a května sněhová pokrývky rychle odtávala, poslední den se sněhovou pokrývkou na Sněžce byl 7.5.2004. Z hlediska větrných poměrů se období 2003/2004 na Sněžce vyznačovalo nadprůměrnými rychlostmi větru v únoru a březnu. Směry větru se lišily od dlouhodobých průměrů zejména v lednu, kdy oproti obvyklému jihozápadnímu proudění převažoval západní vítr, v dubnu a květnu, kdy proti dlouhodobému průměru byly více zastoupeny větry z jižního směru, a v červnu, kdy byl silně zastoupen severozápadní vítr.

Období 2004/2005 bylo ve srovnání s předchozím rokem z hlediska sněhové pokrývky bohatší. Souvislá sněhová pokrývky zůstala v zájmovém území východních Krkonoš ležet od začátku listopadu (tab. 2). Nadprůměrné sněhové srážky spadly v prosinci i lednu. Sněhová pokrývky na Sněžce během února a března přibývala až do maximální zimní hodnoty 250 cm (15.3.). Výška sněhové pokrývky začala klesat hned v druhé polovině března, když se nad střední Evropou rozšířila tlaková výše. Sníh pozvolna odtával až do května, kdy byl poslední den se sněhovou pokrývkou zaznamenán 21.5.2005. Z hlediska větrných poměrů bylo období 2004/2005 nadprůměrně větrné v listopadu a lednu. Dost netypické bylo proudění z hlediska převládajících směrů větru. Ty se lišily od dlouhodobého průměru téměř každý měsíc. V prosinci a lednu převažovalo proti obvyklému jihozápadnímu proudění severozápadní, v únoru zcela převažovalo severní proudění, silnou severní složku měly větry i v březnu, dubnu a červnu. V dubnu byly také zastoupeny netypicky silné větry z východních směrů.

## 5. Metodika

Na studovaných lokalitách bylo provedeno podrobné geomorfologické mapování a poté zde po dobu dvou let probíhalo měření výšky sněhové pokrývky. Získaná data byla zpracována na mapové výstupy a ty byly posuzovány z hlediska vypovídací schopnosti o dlouhodobém rozložení sněhu na daném území. Na studovaných lokalitách, u kterých bylo zjištěno, že provedené dvouleté měření sněhu vystihuje dlouhodobý charakter rozmístění i „odbourávání“ sněhu, jsou v závěru sněhové poměry porovnány s rozmístěním a aktivitou periglaciálních tvarů.

Podrobné geomorfologické mapování bylo soustředěno především na periglaciální tvary. Pomocí GPS byla zaměřena poloha tvarů a byly změřeny jejich morfologické charakteristiky. U putujících bloků byla zjišťována také délka brázdy za blokem, která je určitým ukazatelem aktivity. Podle tohoto ukazatele byly bloky rozděleny do dvou skupin. Bloky bez brázdy byly označeny jako neaktivní, bloky s brázdou jako aktivní a ty byly dále hodnoceny podle délky brázdy.

Měření výšky sněhové pokrývky bylo prováděno vpichy lavinovou sondou v bodech pravidelně rozmístěných po každém území. K navigaci na tyto body byla používána GPS Garmin GPSMAP 76S, pro lepší orientaci byly navíc rohové body území označeny stálými tyčemi. Vpichy lavinovou sondou byly vždy svislé, celkem bylo na všech lokalitách v období 2003/2004 měřeno na 214 bodech. Pro měření v období 2004/2005 byla lokalita Čertovo návrší a Studniční hora rozšířena, zatímco na dalších dvou lokalitách byla zredukována hustota bodů; celkem bylo tedy měřeno na 236 bodech. Vzdálenost jednotlivých bodů se pohybovala od 10 do 25 m. Výška sněhové pokrývky ve studovaných lokalitách byly měřeny od ledna 2004 do června 2004 a od listopadu 2004 do června 2005. V době se souvislou sněhovou pokrývkou byl interval mezi měřeními přibližně jeden měsíc. V čase nesouvislé sněhové pokrývky byla měření prováděna častěji (přibližně po čtrnácti dnech), aby bylo co nejlépe zachyceno postupné „odbourávání“ sněhu.

Při hodnocení periglaciálních tvarů byl použit zejména ukazatel jejich geografické polohy, která je výsledkem dlouhodobého působení periglaciálních procesů a vypovídá o podmínkách potřebných pro vznik tvaru. Při zpracování sněhových dat byl proto kladen důraz na zjištění dlouhodobého charakteru rozložení sněhu a jeho odtávání na jednotlivých lokalitách. Přestože období dvouletého měření není pro zachycení dlouhodobého charakteru sněhové pokrývky dostatečné, základní rysy rozložení sněhu vystihuje. Zejména bylo zpracování naměřených výsledků zaměřeno na zodpovězení otázek, zda rozložení sněhové pokrývky vykazuje určitou pravidelnost, zda jsou naměřená minima a maxima sněhu stále na stejných místech, zda sníh nejrychleji odtává v místech nejmenších akumulací a naopak zda jsou místa dlouho ležících sněžníků shodná s místy maximálních zimních výšek sněhu.

Základním výstupem z naměřených dat byly mapy rozložení sněhu za každou lokalitu a každé měření, celkem 52 map získaných interpolací (viz Janásková 2005). Pro jejich velký počet byla potřeba najít mapový výstup shrnující měření vždy za celé jedno období. Tím se staly mapy průměru výšky sněhu přepočtené na relativní hodnotu 0 až 100. Ty byly získány následujícím postupem: každý základní grid získaný z naměřených dat interpolací byl podle následujícího vzorce přepočten na relativní hodnotu 0 až 100. Z výsledných gridů byl dále vypočítán průměr za každé měřené období (dále jen „mapa relativního průměru“):

$$\text{grid } a_{100} = (\text{grid } a - \min_{\text{grid } a}) * 100 / (\max_{\text{grid } a} - \min_{\text{grid } a})$$

grid  $a_{100}$  = grid přepočtený na relativní hodnotu 0 až 100

grid  $a$  = základní grid vytvořený interpolací pro každé měření

$\max_{\text{grid } a}$  = maximální výška sněhu v gridu

$\min_{\text{grid } a}$  = minimální výška sněhu v gridu

Výsledkem je převedení dat do podoby, kdy minimum má hodnotu 0, maximum 100 a ostatní hodnoty jsou poměrně rozmístěny mezi nimi. Tento výpočet umožňuje odhlédnout od konkrétních výšek sněhu při daném měření a vyjádřit pouze rozložení minim a maxim. Vypovídací hodnota relativního průměru byla dále posuzována na základě srovnání map v obou měřených obdobích a porovnání s mapami „odbourávání“ sněhu a se základními mapami za každé měření.

## 6. Výsledky

### 6.1. Lokalita Luční bouda – hranice



Obr. 2 – Rašelinné kopečky v lokalitě Luční bouda

Lokalita Luční bouda – hranice je situována v oblasti rašeliniště vrchovištního typu na rovinném povrchu ve výšce 1 425 m n. m. severně od Luční boudy. Povrch rašeliniště leží o 40 a více cm výše než povrch pevné minerální půdy a má morfologicky výrazný okraj. Rašeliniště je částečně porostlé klečí. Uvnitř studované lokality bylo zmapováno celkem 50 rašelinných kopečků (obr. 2). Jejich rozmístění je nepravidelné, všechny leží mimo porost kleče, některé v těsné blízkosti jeho okrajů. Průměr rašelinných kopečků se pohybuje od 70 do 200 cm v delší ose, nejčastěji kolem 150 cm. Výška jejich vyklenutí je 20–30 cm, u šesti kopečků bylo naměřeno více, maximálně 45 cm. Během zimy se vlivem půdního ledu vyklenutí mírně zvětšuje. Povrch kopečků je nerovný a krytý vegetací, u některých je patrný asymetrický tvar s příkřejším ukloněním na severní stranu.

Lokalita Luční bouda – hranice byla v obou měře-

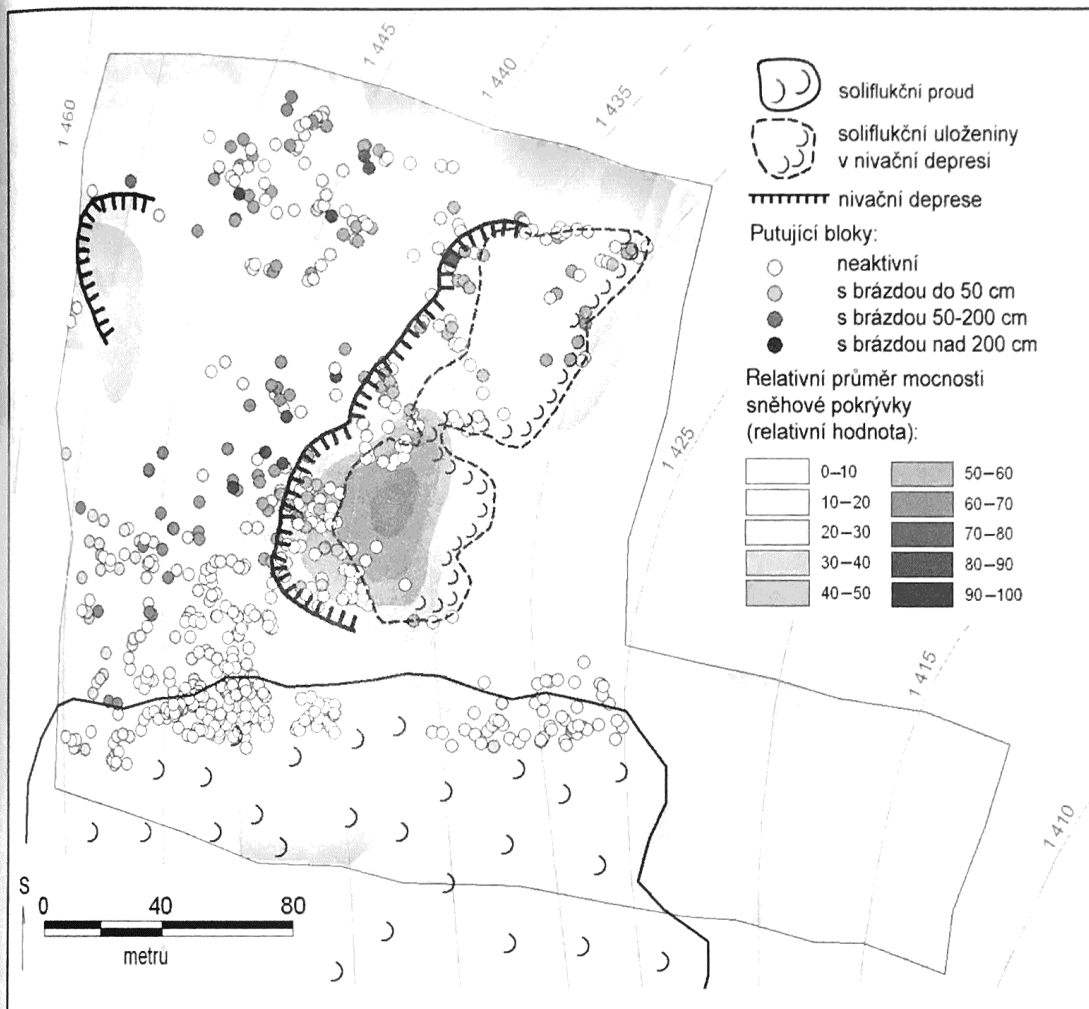
ných obdobích z hlediska rozložení sněhové pokrývky převážně homogenní, amplituda naměřených výšek sněhu byla velmi malá. Také „odbourávání“ sněhu probíhalo na celé lokalitě jednotně a během poměrně krátké doby. Srovnáním jednotlivých měření z obou let nelze vysledovat žádnou jasně převažující prostorovou koncentraci minimálních či maximálních výšek sněhové pokrývky. Dvouletým měřením také nebyl potvrzen jednoznačný vliv klečového porostu na výšku nebo charakter „odbourávání“ sněhu. Vzhledem k převážně plochému reliéfu lokality dochází k diferenciaci výšek sněhové pokrývky zejména vlivem silného větru, který působí vznik čeřin nebo větších tvarů na povrchu sněhu. Je možné předpokládat, že účinek větru na diferenciaci výšky sněhové pokrývky má na této lokalitě náhodný charakter, takže by ani při delším období měření nebylo možné vysledovat místa s pravidelnou akumulací větších výšek sněhové pokrývky. Vzhledem k nepravidelnému charakteru rozložení sněhu na této lokalitě nebyla mapa relativního průměru použita ke srovnání s periglaciálními tvary, protože sněhovou situací nevystihuje.

## 6.2. Lokalita Čertovo návrší

Lokalita se nachází na východním svahu Čertova návrší, ve výškách 1 415 až 1 455 m n. m. Svah má konkávní charakter, dolní část území má sklon 5–10°, výše jsou sklony 10–15°. Jižní část svahu je přemodelována soliflukcí, nachází se zde velký soliflukční proud tvořený neuspořádaným blokovým materiálem. V dolní části území jsou znatelné kamenné základy bývalé Scharfovy boudy, zaniklé v roce 1915 (Lokvenc 1960). V severní části lokality se na-



Obr. 3 – Putující bloky v lokalitě Čertovo návrší. V popředí blok s brázdou znatelnou do vzdálenosti 2,5 m a s dobře vyvinutým čelním valem.



Obr. 4 – Relativní průměr výšek sněhové pokrývky a geomorfologie v lokalitě Čertovo návrší, období 2004–5. Relativní průměr je průměrem z map výšky sněhové pokrývky za každé měření přepočtených na relativní hodnotu 0 až 100 (viz metodika).

cházejí dvě nivační deprese. Výše položená deprese je menší, s délkou 40 m (ve směru vrstevnic) a šířkou 20 m. Druhá nivační deprese v centrální části lokality má podlouhlý tvar, je dlouhá 130 m a je omezená příkrým stupněm o skloních 20–30°. Pod ní se nachází rozsáhlé akumulace ve tvaru soliflukčních jazyků s výrazným čelem vysokým asi 2 m, které naléhají na mírně ukloněný svah. Téměř celé území lokality je pokryto pouze drnovým porostem, okolí bývalé Scharfovy boudy je porostlé klečí až po okraj soliflukčního proudu. V centrální části větší nivační deprese je patrná nivační destrukce vegetačního krytu, který zde na ploše přibližně 8x6 m zcela chybí. Šterkový materiál nepokrytý vegetací je zde splavován do nižších částí nivační deprese.

Na území lokality jsou nepravidelně rozmístěny putující bloky (obr. 3) – bylo jich zde zmapováno celkem 616. Velikost bloků se pohybuje v rozmezí od 0,5 do 3 m délky, většina bloků (69 %) má rozměry delší osy do 1 m. Znatelnou brázdou má za sebou celkem 336 bloků (55 %). Z nich 219 má brázdou kratší než 50 cm, 107 bloků má brázdou 50–200 cm dlouhou a u 10 bloků brázdou přesahuje 200 cm. Nejdelší naměřená brázdou přitom dosahuje délky 480 cm. Putující bloky se nacházejí zejména ve střední části svahu, která má relativně homogenní sklon mezi 10 až 15°. Naopak na mírných svazích pod rozsáhlou nivační depresí, v centrálních částech obou nivačních depresí a pod čelem soliflukčního proudu nejsou bloky vůbec přítomny. V jižní části lokality leží



bloky na povrchu soliflukčního proudu, z celkového počtu 627 zaměřených bloků se jich zde nachází 178. Tyto bloky na povrchu soliflukčního proudu jsou převážně neaktivní – bez přítomnosti brázdy, což pravděpodobně nesouvisí se sněhovou pokrývkou, ale vyplývá z povrchové morfologie celého soliflukčního proudu, který neumožňuje pohyb jednotlivých bloků. Celkově jsou bloky rozmístěny v lokalitě značně nepravidelně a není příliš patrná jejich prostorová koncentrace podle aktivity. Mezi aktivními bloky se místy nacházejí bloky bez jakékoliv brázdy. Lze vysledovat pouze několik zákonitostí: Na strmém svahu větší nivační deprese se nachází větší množství bloků, které nevykazují žádnou aktivitu. Devět z deseti nejaktivnějších bloků se nachází nad hranou dolní nivační deprese, pouze jeden těsně pod ní.

Rozložení sněhové pokrývky na lokalitě Čertovo návrší bylo v obou letech pravidelné, s jasnou koncentrací maximálních hodnot do několika stálých oblastí. Tyto oblasti byly soustředěny především do terénních sníženin (obě nivační deprese a oblast pod čelem soliflukčního proudu – obr. 4), což nasvědčuje tomu, že rozmístění sněhu je na této lokalitě určováno v první řadě tvarem reliéfu. Pro lokalitu byla v obou letech charakteristická velká amplituda výšky sněhové pokrývky, vysoké maximální výšky a dlouho přetrvávající sněžník. Maximální výška sněhu byla v obou obdobích naměřena v nivační depresi v centrální části území, a to 370 cm (20.4.2004), v následujícím roce dokonce 480 cm (28.2.2005). Relativní průměr zde dokonce přesahuje hodnotu 90, což vypovídá o tom, že maxima sněhové pokrývky byla při všech měřeních skutečně koncentrována právě do tohoto místa. Sněhové pole zůstalo v obou letech ležet v místech nejvyšších naměřených mocností, naopak nejdříve byla bez sněhu ta místa, kde se jej po celé období akumulovalo nejméně. Sněhové pole v této lokalitě každoročně zůstává po dlouhou dobu, obvykle do poloviny června (Šebesta 1978). Ve sledovaném období 2003/2004 zůstalo do druhé poloviny května a v období 2004/2005 sněžník zcela roztál až ve druhé polovině června. Z měření v obou letech je patrné, že charakter rozmístění sněhu v lokalitě zůstal zachován i přes změny v převládajícím směru větru. Na ukládání a „odbourávání“ sněhu se však tyto změny nijak významně neprojevíly, jak dokládají také fotografie (obr. 5 a 6). Obě mapy relativního průměru získané za období 2003/2004 a 2004/2005 dobře vypovídají o sněhové situaci a jsou ve srovnatelné části území téměř totožné. Pro lepší přehlednost byla použita ke srovnání s periglaciálními tvary pouze mapa relativního průměru z období 2004/2005, která zaujímá větší rozlohu (obr. 4).

### 6.3. Lokalita Studniční hora

Lokalita na východním svahu Studniční hory leží v nadmořské výšce 1 530 až 1 550 m. Západní část území zasahuje do ploché oblasti větrně exponovaného vrcholu Studniční hory, zatímco východně přechází ve svah rozčleněný kryoplanáčnými terasami, jejichž srázy dosahují výšky 4 až 5 m. Plošiny teras mají mírné sklony 5 až 7°, které přecházejí do srázů o sklonech 13 až 17°. Sráz nejvyšší terasy je navíc rozčleněn nivační depresí. Tvary kryoplanáčných teras jsou dále narušeny soliflukcí. Nacházejí se zde soliflukční laloky, které mají délku ve směru spádnice 3–6 m a jsou ukončeny příkře ukloněným čelem o výšce 40 až 120 cm. Sklony svahu, na kterých jsou vyvinuty, se pohybují od 7 do 18°. Všechny soliflukční laloky na ploše lokality se nacházejí pod nejvyšší kryoplanáčnou terasou a níže, jejich rozmístění je však nepravidelné.

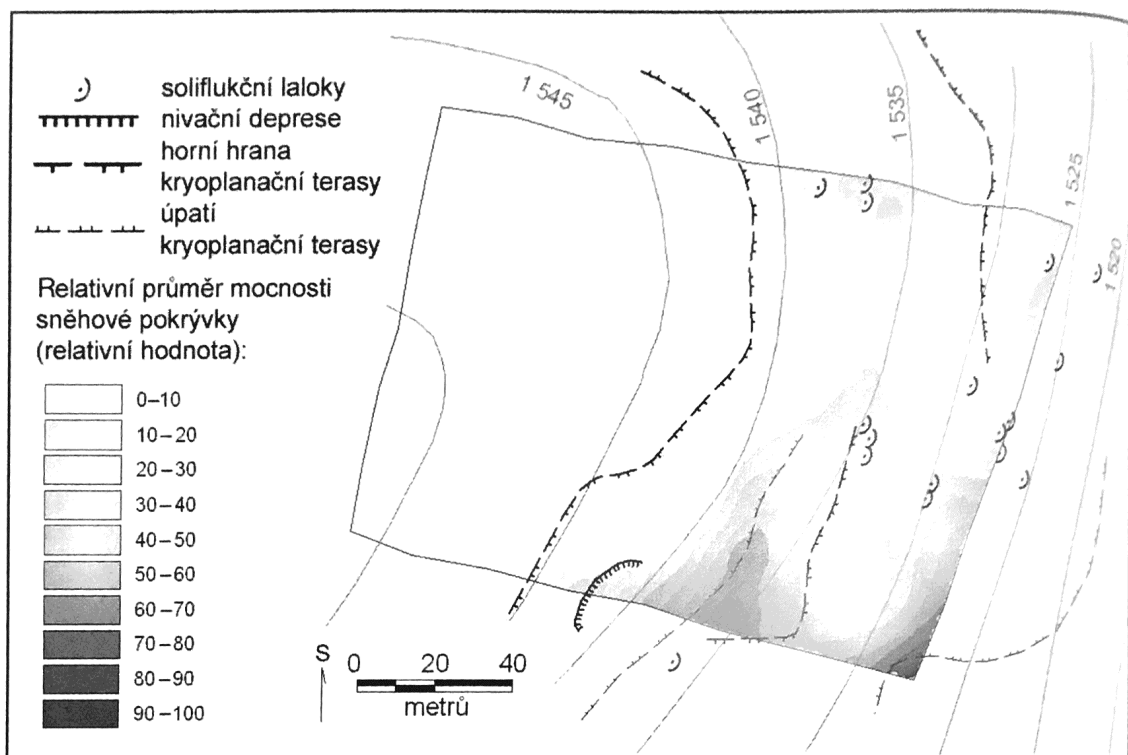
Lokalita Studniční hora je situována na hranici deflační a akumulací oblasti. Horní polovina území leží v oblasti deflačního povrchu, spodní část úze-



Obr. 5 – Sněhové pole na Čertově návrší 15.5.2004. Foto M. Křížek.



Obr. 6 – Sněhové pole na Čertově návrší 2.6.2005. Foto autorka.



Obr. 7 – Relativní průměr sněžové pokrývky a geomorfologie v lokalitě Studniční hora, období 2004–5

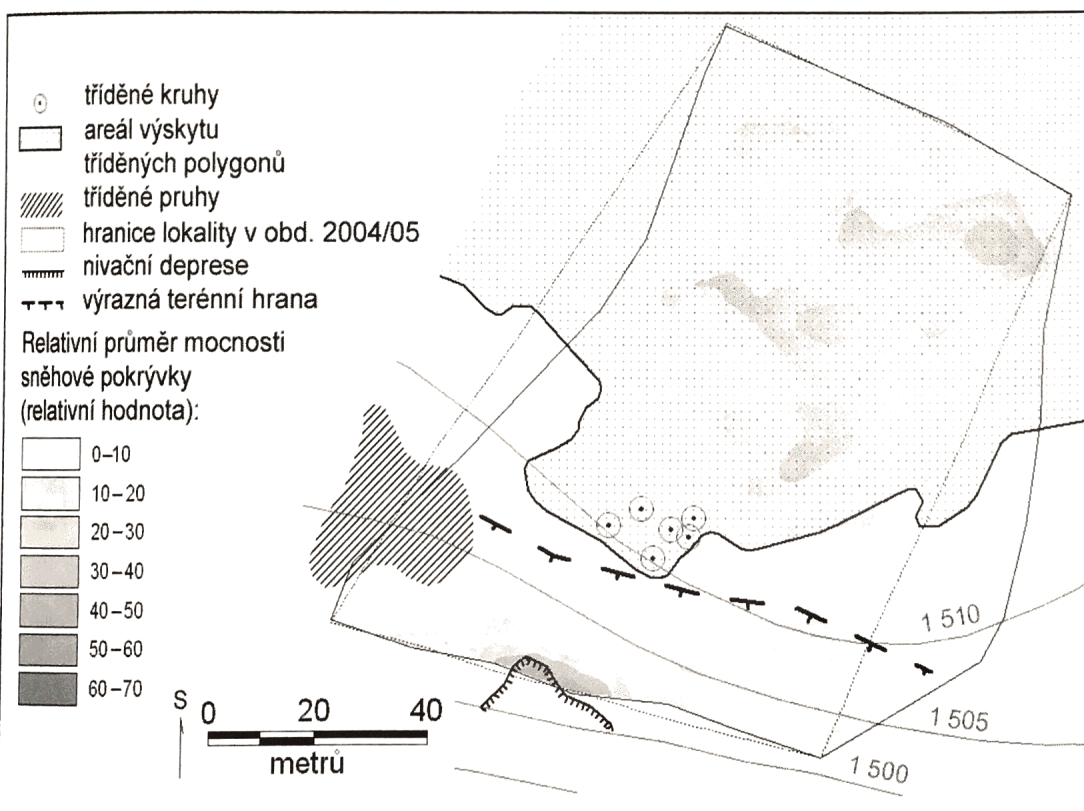
mí je chráněna před převládajícím západním prouděním masívem Studniční hory a převládá zde akumulace sněhu. Lokalita se v obou obdobích vyznačovala pravidelným a stálým rozložením sněhu. Maximální výšky sněžové pokrývky byly soustředěny na povrch druhé nejvyšší terasy a do jihovýchodního okraje lokality na stupeň a úpatí druhé terasy a dosahovaly vysokých hodnot (340 cm 4.3.2004, 520 cm 23.1.2005). Naproti tomu naměřená minima byla konstantně nízká po celé období (pouze 0–20 cm) a v obou letech byla soustředěna do oblasti plochého povrchu nad nejvyšší kryoplanační terasou. „Odbourávání“ sněhu probíhalo nejdříve v místech nejnižších akumulací, v místech obvyklých maxim zůstal ležet sněžník až do druhé poloviny května (období 2003/2004), v dalším roce do druhé poloviny června (období 2004/2005). Rozmístění sněhu na lokalitě Studniční hora bylo celkově pravidelné, ovlivňované převážně reliéfem v návaznosti na směrově stálé větrné proudění. Dvouleté měření dobře vypovídá o dlouhodobém charakteru sněžových poměrů na lokalitě a také získané mapy relativního průměru reprezentují typické rysy rozložení sněhu. Mapy relativního průměru za obě měřená období 2003/2004 a 2004/2005 jsou téměř totožné. Pro srovnání s mapou periglaciálních tvarů bylo proto použito období 2004/2005, kdy měla lokalita větší rozlohu (obr. 7).

#### 6.4. Lokalita Modré sedlo

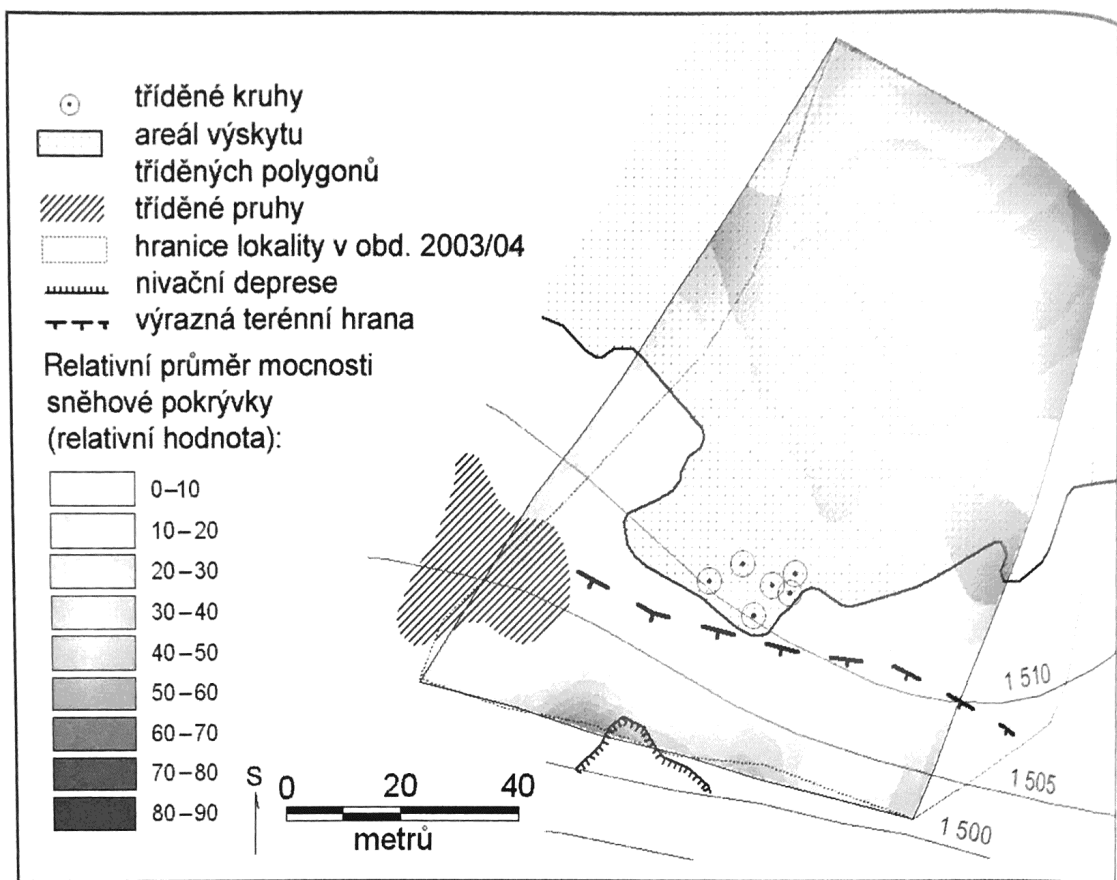
Lokalita leží jihovýchodně od vojenského řopíku v nadmořské výšce 1 500 až 1 510 m. Její severní část má subhorizontální povrch, který jižněji přechází výraznou hranou ve svah o sklonu 15 až 25°. Celý svah pod hranou a zčásti i nad ní je pokryt ostrohrannou sutí a úlomky. Na jižním okraji lokality je ve svahu patrná výrazná nivační deprese. V severní části území jsou vyvinuty tříděné polygony o průměru 3 až 5 m (obr. 8). Jejich centra, tvořená jemnějším materiálem, jsou zarostlá drnovým porostem, zatímco velké klasty na



Obr. 8 – Tříděné kruhy, lokalita Modré sedlo



Obr. 9 – Relativní průměr sněhové pokrývky a geomorfologie v lokalitě Modré sedlo, období 2003–4



Obr. 10 – Relativní průměr sněhové pokrývky a geomorfologie v lokalitě Modré sedlo, období 2004–5

okrajích polygonů pokrývají jen lišejníky. Větší část tříděných polygonů je na studované lokalitě porostlá také klečí. Na okraji plošiny v blízkosti terénní hrany se na tříděných polygonech vytvořily menší tvary tříděných kruhů. Ve studovaném území jich bylo zmapováno celkem šest, všechny jsou koncentrovány do jedné oblasti poblíž terénní hrany. Tříděné kruhy dosahují v delší ose rozměrů 60 až 160 cm, jejich centra jsou tvořena jemnými klasty a zvětřalinou, na okrajích jsou vytríděny větší úlomky. Na jihozápadním okraji lokality se nacházejí tříděné pruhy o šířce 1,5 až 2 m, které jsou zcela zarostlé dřevnou vegetací.

Téměř celé území lokality Modré sedlo leží v deflační části zarovnaného povrchu, která je celoročně vystavena intenzivnímu větrnému proudění. Lokalita byla v obou obdobích typická nízkou sněhovou pokrývkou; minima nepřesáhla při žádném měření 10 cm. Větší výšky byly naměřeny především pod terénní hranou, v nivační depresi a při některých měřeních také v klečovém porostu, absolutní naměřené maximum za obě období však nepřesáhlo 120 cm (28.2.2005). Sněhová pokrývka se na lokalitě drží velmi krátce a roztála v obou letech již během měsíce dubna. Charakter sněhové pokrývky má na této lokalitě některé stálé znaky. Prostorově stálá je koncentrace maxim v nivační depresi a především koncentrace minimálních hodnot poblíž terénní hrany (obr. 9, 10). V ostatních částech lokality dochází v akumulaci sněhu k rozdílným a nepravidelnostem, což je dáno především přítomností klečového porostu, který mění podmínky pro akumulaci i „odbourávání“ sněhové pokrývky. Mapy relativních průměrů se v obou obdobích liší a díky sledovaným nepravidelnostem je nelze považovat za celkově vypovídající. Velmi dobře však vystihují polohu minimálních výšek sněhové pokrývky, které se vyznačují prostorovou stálostí.

## 7. Diskuze

Na rozdíl od pozorování Štursy, Jeníka, Kubíkové, Rejmánka, Sýkory (1973) nebylo na žádné ze sledovaných lokalit pozorováno dřívější odbourání sněhové pokrývky v místech vyšších mocností sněhu. Jako první vždy odtála místa nejmenších naměřených mocností. Další z diskutovaných výsledků jsou již specifické pro každou lokalitu.

Na lokalitě Luční bouda – hranice bylo zjištěno nepravidelné rozložení sněhu, které napovídá, že rozmístění rašelinných kopečků je patrně více ovlivňováno vnitřní stavbou rašeliniště a distribucí vody v něm než rozdílem ve výškách sněhové pokrývky. Vzhledem k nepravidelnému průběhu ukládání i „odbourávání“ sněhu zřejmě na žádném místě lokality nedochází k významnému a pravidelně se opakujícímu krácení regelačního období, které by způsobovala sněhová pokrývka svými izolačními vlastnostmi. Rozmístění rašelinných kopečků na povrchu rašeliniště je na této lokalitě zřejmě více ovlivněno jinými faktory než sněhovou pokrývkou. Vliv mohou mít zejména lokální odlišnosti v náchylnosti půdy k namrzání. Je také pravděpodobné, že odlišnosti ve výšce sněhové pokrývky nejsou příčinou prostorové diferenciaci v distribuci vody na rašeliništi. Různé množství vody na povrchu rašeliniště naopak může ovlivňovat výšku sněhu a rychlost jeho „odbourávání“.

V lokalitě Čertovo návrší s putujícími bloky je z výsledků (obr. 4) patrné, že na strmém svahu nivační deprese, který je zejména ve své dolní části pravidelně po dlouhou dobu pokryt sněhovým polem, se nachází větší množství bloků, které nevykazují žádnou aktivitu. Naproti tomu všech deset putujících bloků s nejdelsí brázdou se nachází v místech převažujících menších mocností sněhu (v porovnání s maximálními výškami sněhové pokrývky naměřenými v lokalitě). Podobně popisují větší pohyb bloků v místech nízké sněhové pokrývky také Berthling, Eiken, Sollid (2001), kteří zjistili, že se bloky během sněhově nadprůměrné zimy pohnuly méně. Rozdíly pozorovali i mezi bloky méně a více pokrytými sněhem během jediné zimy. Podle autorů studie je to důkazem, že velké výšky sněhové pokrývky pohybu bloků zamezují. Naproti tomu Palacios, Andrés, Luengo (2002) uvádějí, že největší pohyby bloků jsou vázány na dlouhotrvající sněhovou pokrývku. Podobně Sekyra, Kociánová, Štursová (2001) zmiňují pro krkonošské lokality s výskytem putujících bloků jako typickou sněhovou pokrývku mocnou přes jeden metr, která zde zůstává dlouho ležet a na jaře zásobuje půdu tavnou vodou. Z uvedeného je vidět, že názory autorů o závislosti putujících bloků na sněhové pokrývce jsou nejednotné. Jednoznačný závěr o větším pohybu bloků v místech nízké sněhové pokrývky na lokalitě Čertovo návrší komplikuje skutečnost, že bloky v oblasti svahu nivační deprese mají morfologické podmínky dosti odlišné od bloků ve svahu nad ní. Mohou být (podobně jako bloky na soliflukčním proudu) více ovlivněny přítomností viditelně většího množství balvanů a úlomků, než sněhovou pokrývkou. Balvany v hloubce zde mohou bránit volnému klouzání bloků po měkké půdě a také ovlivňovat průběh mrazových procesů. Při použití parametru délky brázdy jako jediného ukazatele aktivity je vyloučení možnosti vlivu dalších faktorů obzvláště důležité. Morfologické projevy pohybu bloků přitom mohou být nejednoznačné; podle některých autorů je délka brázdy závislá na velikosti bloku (Washburn 1979, Ballantyne 2001), podle jiných na sklonu svahu (Chattopadhyay 1986, Ballantyne 2001). Žádná z těchto závislostí však dosud nebyla jednoznačně popsána. Při uvažování bloků pouze mimo nivační depresi a soliflukční proud, kde jsou morfologické podmínky převážně jednotné, převažuje jejich nepravidelné rozmístění podle aktivity,

jehož příčinu nelze objasnit ani srovnáním se sněhovou pokrývkou. Bloky s nejdelší brázdou se vyskytují v těsné blízkosti bloků s brázdou kratší i blízko bloků zcela bez brázdy, přestože z hlediska zjištěné sněhové pokrývky jsou jejich podmínky shodné. Díky těmto nepravidelnostem nelze zcela potvrdit jednoznačnou souvislost vyšší aktivity bloků s nižší sněhovou pokrývkou. Pohyb putujících bloků na lokalitě Čertovo návrší je zřejmě ovlivněn kombinací mnoha faktorů, které od sebe lze těžko odlišit. Výška sněhové pokrývky a délka jejího trvání jistě může být jedním z nich, ale podle dosažených výsledků se závislost zatím nepodařilo jednoznačně potvrdit.

V lokalitě Studniční hora leží sledované soliflukční laloky převážně v severní části lokality, která je větrně exponovaná a převažující výšky sněhu jsou zde (v porovnání s jinými místy této lokality) malé. Tato zákonitost jejich rozmístění v rámci lokality by napovídala možnosti jejich koncentrace v místech, která nejsou po dlouhou dobu ovlivněna izolačním účinkem sněhové pokrývky. Jednoznačné potvrzení tohoto závěru by však vyžadovalo delší sledování na větším území. Pro soliflukční laloky je důležitým faktorem vzniku dostatečná vlhkost půdy, která umožňuje rozvoj mrazového působení a soliflukce. Podle Washburna (1979) má vlhkost pro soliflukční pohyb dokonce větší význam než sklon svahu i zpevňující vliv vegetace. Poloha sledovaných soliflukčních laloků v deflační oblasti sledované lokality však nasvědčuje, že jejich výskyt není vázán na dlouhotrvající sněhovou pokrývkou jako zdroj tavné vody. Žádný ze sledovaných soliflukčních laloků není saturován vodou ze sněhového pole, které nejdéle přetrvává při úpatí stupňů kryoplanačních teras v jižní části lokality. Zřejmě je zde pro rozvoj soliflukce dostačující množství vody pouze z malých mocností sněhu v okolí soliflukčních laloků.

V lokalitě Modré sedlo s tříděnými kruhy je z map sněhové pokrývky (obr. 9, 10) patrné, že tříděné kruhy se nacházejí právě v místech stálých minimálních mocností sněhu. Oblast výskytu minim sněhové pokrývky přitom není v lokalitě velká, zejména v období 2004/2005 má podle relativních průměrů podobu úzkého pruhu v blízkosti terénní hrany. Koncentrace tříděných kruhů právě do těchto míst nasvědčuje tomu, že malá výška sněhové pokrývky je důležitým faktorem jejich lokalizace a aktivity. Díky nízké sněhové pokrývce, která je také brzy odbourána, jsou místa výskytu tříděných kruhů vystavena relativně dlouhému období regelace. Délka období regelace je samozřejmě závislá na konkrétních teplotních podmínkách každého roku, ale vzhledem k stále minimální sněhové pokrývce zde bude toto období vždy delší než na ostatních místech vrcholové oblasti Krkonoš, pokrytých vyšší sněhovou pokrývkou. Velký počet regulačních cyklů je přitom pro vývoj tříděných kruhů rozhodujícím faktorem (Washburn 1979). Dosažené výsledky potvrzují možnost recentní aktivity tříděných kruhů, protože podmínky pro jejich aktivitu jsou z hlediska sněhových poměrů příhodné i v současné době. Z naměřených dat je dále možné vyvodit, že sněhové podmínky a tím i míra pravděpodobnosti vyšší regelace nejsou v oblasti lokality Modré sedlo všeobecně stejné, ačkoliv celá lokalita náleží do větrně velmi exponované deflační části vrcholové oblasti Krkonoš. Podmínky pro regulační působení se v jednotlivých místech lokality mohou značně lišit zejména vlivem porostu kleče. V kleči může v některých letech sníh zůstat po dlouhou dobu, i když okolí je již bez sněhu, a svou izolační schopností tak zkracovat dobu vystavení těchto míst účinkům regelace.

Tab. 3 – Shrnutí zjištěných výsledků

Lokalita	Zjištěné ukládání a „odbourávání“ sněhu	Vliv sněhu na periglaciální tvary
Luční bouda – hranice (rašelinné kopečky)	Nepravidelné	Sněhová pokrývka neovlivňuje rozmístění rašelinných kopečků na lokalitě
Čertovo návrší (putující bloky)	Pravidelné	Nezjištěn
Studniční hora (soliflukční laloky)	Pravidelné	Nezjištěn
Modré sedlo (tříděné kruhy)	Pravidelné	Tříděné kruhy se vyskytují v místech konstantně nízké sněhové pokrývky (nepřesahující 10 cm)

## 8. Závěr

U tří sledovaných lokalit byl zjištěn dlouhodobě pravidelný a stálý průběh ukládání a „odbourávání“ sněhu, který byl vystižen mapovými výstupy reprezentujícími hlavní rysy obvyklého rozmístění sněhu a charakteru jeho odtávání. Ve čtvrté lokalitě – Luční bouda – bylo rozmístění sněhu nepravidelné. Výsledky shrnuje tabulka 3.

V lokalitě Luční bouda nebyl nalezen žádný jasný vztah mezi charakterem sněhové pokrývky či jejího „odbourávání“ a rozmístění rašelinných kopečků. Rozmístění a aktivita rašelinných kopečků je na této lokalitě zřejmě ovlivněna převážně jinými faktory než sněhovou pokrývkou.

V lokalitě Čertovo návrší bylo zjištěno, že v oblasti největších mocností sněhu v centrální části nivační deprese se žádné bloky nenacházejí. Na svazích nivační deprese v místech vysokých mocností sněhu se nachází bloky převážně neaktivní, zatímco na svahu nad nivační depresí v místech s nižší sněhovou pokrývkou jsou nepravidelně rozmístěny bloky převážně aktivní, avšak s různou mírou aktivity. Jednoznačný vliv sněhu na rozmístění a aktivitu putujících bloků se zatím nepodařilo jednoznačně prokázat, protože nebylo možné spolehlivě odlišit ovlivnění bloků dalšími faktory.

V lokalitě Studniční hora byl porovnáním se sněhovými poměry zjištěn převažující výskyt sledovaných soliflukčních laloků v oblasti s nižší sněhovou pokrývkou mimo oblast dlouho ležícího sněžníku. Z měření vyplývá, že žádný ze sledovaných soliflukčních laloků není satureován vodou ze sněhového pole, které zůstává na lokalitě ležet po dlouhou dobu.

V lokalitě Modré sedlo byla zjištěna pravidelná koncentrace minimálních výšek sněhové pokrývky do úzkého pásma, které je shodné s výskytem tříděných kruhů. Výsledkem měření byla podpořena hypotéza o jejich recentní aktivitě, protože podmínky pro intenzivní působení regelace jsou právě v místech jejich výskytu i v dnešní době příhodné.

## Literatura:

BALLANTYNE, C. K. (2001): Measurement and Theory of Ploughing Boulder Movement. Permafrost and Periglacial Processes, 12, č. 3, s. 267–288.



- BERTHLING, I., EIKEN, T., SOLLID, J. L. (2001): Frost Heave and Thaw Consolidation of Ploughing Boulders in a Mid-Alpine Environment, Finse, Southern Norway. *Permafrost and periglacial processes*, 12, s. 165–177.
- COUFAL, L. ŠEBEK, O. (1969): Klimatické poměry Krkonoš. In: Fanta, J., ed. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, s. 88–101.
- DVOŘÁK, I. J., KOCIÁNOVÁ, M., PÍRKOVÁ, L. (2004a): Příklad využití technologií GPS a GIS při studiu Kryoplanačních teras na Luční a Studniční hoře. In: Štursa a kol. (eds.), *Geoekologické problémy Krkonoš. Sborník Mezin. věd. konf. 2003, Szklarska Poreba. Opera Corcontica, Vrchlabí*, 41, s. 100–110.
- DVOŘÁK, I. J., KOCIÁNOVÁ, M., HEJCMAN, M., TREML, V., VANĚK, J. (2004b): Vztah mezi geo- a biodiverzitou na příkladu sněhového pole „Mapa republiky“ v Modrém dole. In: Štursa et al., (eds.), *Geoekologické problémy Krkonoš. Sborník Mezin. věd. konf. 2003, Szklarska Poreba. Opera Corcontica, Vrchlabí*, 41, s. 100–110.
- HARČARIK, J. (2002): Microclimatic relationships of the arctic-alpine tundra. *Opera Corcontica, Vrchlabí*, 39, s. 45–68.
- CHALOUPSKÝ, J. (1989) *Geologie Krkonoš a Jizerských hor. Ústřední ústav geologický, Academia, Praha*, 288 s.
- CHATTOPADHYAY, G. P. (1983): Ploughing Blocks on the Drumochter Hills in the Grampian Highlands, Scotland: A quantitative Report. *The Geographical Journal*, 149, č. 2, s. 211–215.
- JAHN, A., CIELIŇSKA, M. (1974): Ruchy gruntu na stokach Karkonoszy. *Acta Universitatis Wratislavenensis*, 236, *Prace Inst. Geogr., ser. A*, s. 5–24.
- JANÁSKOVÁ, B. (2005): Vliv sněhových poměrů na rozmístění a aktivitu periglaciálních tvarů ve východních Krkonoších. *Magisterská práce, PřF UK, Praha*, 96 s.
- JANÁSKOVÁ, B. (2006): Ukládání a odbourávání sněhu ve vrcholové oblasti východních Krkonoš. *Opera Corcontica, Vrchlabí*, 43, s. 57–80.
- JANKOVSKÁ, V. (2004): Krkonoše v době poledové – vegetace a krajina. In: Štursa, J. Mazurski, K. R., Palucki, A., Potocka, J. (eds.): *Geoekologické problémy Krkonoš, Sborn. mez. věd. konf., listopad 2003, Szklarska Poreba. Opera Corcontica, Vrchlabí*, 41, s. 111–123.
- JENÍK, J. (1961): *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: Teorie anemo-orografických systémů. Academia, Praha*, 407 s.
- KLEMENTOWSKI, J. (1975): Płaty śnieżne i procesy niwalne w Karkonoszach. *Opera Corcontica, Vrchlabí*, 12, s. 51–64.
- KOCIÁNOVÁ, M., SPUSTA, V., FRANTÍK, T., HARČARIK, J. (1995): Winter climate and regelation. In: Soukupová, L., Kociánová, M., Jeník, J., Sekyra, J., eds. (1995): *Arctic alpine tundra in the Krkonoše Mountains (the Sudetes). Opera Corcontica, Vrchlabí*, 32, s. 20–32.
- KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H., VÁŇA, J., JANKOVSKÁ, V. (2005): Kryogenní kopečky – pounus – ve Skandinávii a v Krkonoších. *Opera Corcontica, Vrchlabí*, 42, s. 31–55.
- KUNSKÝ, J. (1954): Sněhová erose v Krkonoších. *Ochrana přírody, Praha*, 9, č. 8, s. 233–236.
- KWIATKOWSKI, J. (1985): Szata śnieżna, szadz i lawiny. In: Jahn, A. (1985): *Karkonosze polskie. Polska Akademia Nauk, Wroclaw*, 548 s.
- LOKVENC, T. (1960): *Krkonošské hřebeny (jak člověk dobýval přírodu). Nakladatelství krajského domu osvěty, Hradec Králové*, 163 s.
- Měsíční přehled počasí. 1–6/2004, 11–12/2004, 1–6/2005. ČHMU, Praha.
- NCDC, National Climatic Data Center. <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>, zpoplatněná databáze meteorologických dat.
- PALACIOS, D., ANDRÉS, N., LUENGO, E. (2002): Distribution and Effectiveness of Nivation in Mediterranean Mountains: Peñalara (Spain). *Geomorphology*, 54, s. 157–178.
- PARTSCH, J. (1894): *Die Vergletscherung des Reisengebirges zur Eiszeit. Forsch.z.d.Landes und Volkskunde, Stuttgart*, 8, č. 2, s. 103–194.
- PELÍŠEK, J. (1957): Nové nálezy thufurových půd a soliflukčních zjevů v Krkonoších. *Ochrana přírody*, 12, č. 2, s. 41–43.
- PELÍŠEK, J. (1974): Půdy Krkonošského národního parku. *Opera Corcontica, Vrchlabí*, 11, s. 7–35.
- PROSOVÁ, M. (1961): Recentní regelace v horských oblastech Českého masívu. *Přírodověd. Čas. Slezský, Opava*, 22, s. 217–222.
- SEKYRA, J. (1960): Působení mrazu na půdu. *Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. Geotechnika, Praha*, 27, 164 s.

- SEKYRA, J., KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H. (2001): Origin and significance of ploughing blocks on Labská louka meadow, Western Krkonoše Mountains. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 38, s. 33–46.
- SEKYRA, J., KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H., KALENSKÁ, J., DVOŘÁK, I., SVOBODA, M. (2002): Frost phenomena in relationship to Mountain Pine. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 39, Praha, s. 69–114.
- SEKYRA, J., SEKYRA, Z. (1995): Recent cryogenic processes. In: Soukupová, L., Kociánová, M., Jeník, J., Sekyra, J., eds. (1995): Arctic alpine tundra in the Krkonoše Mountains (the Sudetes). *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 32, s. 33–38.
- SPUSTA, V., KOCIÁNOVÁ, M. (1998): Lavinový katastr české části Krkonoš v období 1961/62–1997/98. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 35, s. 3–205.
- SPUSTA, V., SPUSTA, V., KOCIÁNOVÁ, M. (2003a): Lavinový katastr a zimní situace na hřebenu české části Krkonoš v období 1998/99–2002/03. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 40, s. 5–86.
- SPUSTA, V., SPUSTA, V., KOCIÁNOVÁ, M. (2003b): Ukládání sněhu na závětrných svazích české strany Krkonoš (tundrová zóna). *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 40, s. 87–104.
- SÝKORA, B. (1977): Příspěvek k hodnocení kvality sněhové pokrývky v Krkonoších z hlediska dalšího rozvoje lyžování. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 14, s. 95–113.
- SÝKORA, B., BĚLOCHOVÁ, I., FANTA, J. (1973): Přírodní podmínky Studničné hory a možnosti jejího lyžařského využití. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 10, Praha, s. 147–202.
- ŠEBESTA, J. (1978): Sněhová pole na české straně Krkonoš. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 15, s. 25–49.
- ŠTURSA, J., JENÍK, J., KUBÍKOVÁ, J., REJMÁNEK, M., SÝKORA, T. (1973): Sněhová pokrývka západních Krkonoš v abnormální zimě 1969/1970 a její ekologický význam. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 10, s. 111–146.
- TRACZYK, A. (1995): Morfologia peryglacialna Sniezki i Czarnego Grzbietu w Karkonoszach. *Czasopismo geograficzne*, 66, s. 157–173.
- TREML, V. (2003): Prostorové rozmístění recentních periglaciálních jevů v alpínském bezlesí Východních Krkonoš. In: Mentlík, P. (ed.): *Geomorfologický sborník II*, s. 301–306.
- TREML, V., KRÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2005): Strukturní půdy Vysokých Sudet – rozšíření, aktivita. *Geomorfologický sborník, ČAG, JČU, České Budějovice*, 4, s. 149–153.
- TREML, V., KRÍŽEK, M. (2006): Vliv borovice kleče (*Pinus mugo*) na strukturní půdy české části Vysokých Sudet. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 43, s. 45–56.
- TREML, V., KRÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2006): Strukturní půdy Vysokých Sudet – morfometrická charakteristika a časové zařazení. *Geomorfologický sborník 4, Česká asociace geomorfologů, Olomouc*, s. 119–125.
- VACEK, S. (1983): Mikroklimatický výzkum v Labském dole v zimě 1977/1978 se zaměřením na ekologii sněhové pokrývky. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 20, s. 37–68.
- VRBA, M. (1964): Sněhová akumulace v lavinové oblasti Modrého dolu v Krkonoších. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 1, s. 55–69.
- VRBA, M., SPUSTA, V. (1975): Lavinový katastr Krkonoš. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 12, s. 65–90.
- VRBA, M., SPUSTA, V. (1992): Lavinový katastr Krkonoš. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 28, s. 47–58.
- VULTERIN, Z. (1969): Studie přízemních vzdušných proudů v Modrém dole v Krkonoších a jejich důsledků. *Opera Corcontica*, Vrchlabí, 6, s. 35–43.
- WASHBURN, A. L. (1979): *Geocryology*. Edward Arnold, London, 406 s.

## S u m m a r y

### IMPACT OF SNOW CONDITIONS ON SELECTED PERIGLACIAL LANDFORMS IN THE EASTERN PART OF THE KRKONOŠE MOUNTAINS

Snow cover is one of the factors that affect recent geomorphologic processes. Snow can influence the conditions that are important for development and activity of periglacial landforms, such as regelation, soil moisture and vegetation. The aim of this study is to contribute to the understanding of the impact of snow cover on periglacial landforms, a theme that so far has been investigated just marginally in the Krkonoše Mountains.

The research was carried out on four study sites in the summit parts of the Krkonoše Mountains with occurrence of recently active periglacial landforms (solifluction lobes,

ploughing blocks, peat hummocks and sorted circles). All the study sites are located at altitudes of 1 415–1 550 m, where the mean annual temperature amounts to 1–2 °C. In addition, these study sites are a part of anemo-orographic system of Bílé Labe (Jeník 1961) and are affected by steady prevailing west winds.

After a detailed geomorphologic mapping focused especially on periglacial landforms, depth and duration of snow cover were measured at the study sites for two years. The obtained results were displayed on maps and an analysis focused on regularities in snow distribution was done. The map of “relative average” estimated from maps of single measurements was used for the analysis:  $\text{grid a100} = (\text{grid a} - \text{mingrid a}) * 100 / (\text{maxgrid a} - \text{mingrid a})$ . At the study sites, where the distribution of snow cover was determined as regular, snow cover was confronted with position of periglacial landforms.

At “Luční bouda-hranice” study site, snow cover was detected as mainly irregular with a low amplitude of measured depths. Snow therefore cannot cause differentiation of development conditions for peat hummocks. No connection between distribution of peat hummocks and snow cover was found. The distribution of peat hummocks is probably affected mainly by other factors than snow cover.

At “Čertovo návrší” study site, snow conditions were compared not only with distribution of ploughing blocks, but also with their activity. The lengths of ploughing tracks were chosen as indicators of recent ploughing block activity. The distribution of ploughing blocks activity was found as irregular and did not show any spatial concentration. The relationship between ploughing blocks and snow cover was determined as ambiguous.

The results from the “Studniční hora” study site suggest that solifluction lobes are situated in an area of mainly lower snow cover, out of the long-lasting snowfield. None of the monitored solifluction lobes was saturated by water from the snowfield. The monitored sample of solifluction lobes was too small to draw a definite conclusion about the relationship between snow cover and solifluction lobes. At “Modré sedlo” study site, a regular distribution of minimal snow depth is concentrated in a narrow area, which is identical with the area of sorted circles occurrence. This implies a close dependence of a very low snow cover and location of sorted circles. As the conditions for development of the sorted circles are now good, their recent activity is very likely.

Fig. 1 – Localization of study sites. In key from above: contour lines (25 m interval), studied localities, territory beneath the upper forest-limit, 1–4 – localities.

Fig. 2 – Peat hummocks, “Luční bouda hranice” study site

Fig. 3 – Ploughing blocks at Čertovo návrší study site

Fig. 4 – “Relative average” of snow cover and geomorphology of the “Čertovo návrší” study site, period 2004–05. Relative average is the average of maps of snow cover depth for each measuring calculated as relative value 0 to 100 (see methods). In key from above: solifluction flow, solifluction deposits in a novation depression; novation depression; ploughing blocks: inactive with a furrow up 50 cm, with a furrow of 50–200 cm, with a furrow of more than 200 cm; relative average of snow cover depth (relative value).

Fig. 5 – Snowfield on “Čertovo návrší” study site on 15 May 2004. Photo M. Křížek.

Fig. 6 – Snowfield on “Čertovo návrší” study site on 2 June 2005. Photo author.

Fig. 7 – “Relative average” depth of snow cover and geomorphology of the “Studniční hora” study site, period 2004–05

Fig. 8 – Sorted circles at “Modré sedlo” study site

Fig. 9 – “Relative average” depth of snow cover and geomorphology of the “Modré sedlo” study site, period 2003–04. In key from above: sorted circles, area of the occurrence of sorted polygons; sorted stripes; limits of the locality in the period 2004–05; levelling depression; distinctive relief edge; relative average of snow cover depth (relative value).

Fig. 10 – “Relative average” depth of snow cover and geomorphology of the “Modré sedlo” study site, period 2004–05. In key from above: sorted circles, area of the occurrence of sorted polygons; sorted stripes; limits of the locality in the period 2003–04; levelling depression; distinctive relief edge; relative average of snow cover depth (relative value).

*Autorka je postgraduální studentkou katedry fyzické geografie a geoekologie  
Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2; e-mail: janaskov@centrum.cz.*

*Do redakce došlo 5. 6. 2006*