

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY  
Katedra fyzické geografie a geoekologie

**SNĚHOVÉ POMĚRY NA ČERTOVĚ LOUCE A  
V MODRÉM SEDLE V ZIMĚ 2008/2009**

**SNOW COVER IN THE LOCALITIES OF ČERTOVA LOUKA AND  
MODRÉ SEDLO DURING WINTER 2008/2009**

(bakalářská práce)

Lenka Horáčková

Vedoucí práce: RNDr. Zbyněk Engel, Ph. D.

PRAHA 2009

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala sama, a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje.

V Praze dne 15.8. 2009

-----  
Lenka Horáčková

**Poděkování:**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce RNDr. Zbyňku Engelovi, PhD., za věnovaný čas, poskytnuté materiály a cenné rady a připomínky, a svým přátelům za pomoc při terénních měřeních.

## **ABSTRAKT**

This thesis contains evaluation of snow conditions in selected locations in Giant Mountains. I used data from meteorologic stations "Snezka" and "Lucni bouda" for final evaluation. For evaluation of territory distribution of snow layer, I used datas from terrain measurement. In both locations were discovered significant differences in accumulation of snow layer. "Modre sedlo" location has a deflationary character, during the whole winter are here low snow layers. In location called "Certova louka" is high average snow thickness. In negative elevations layed snow until June.

## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2. FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>8</b>
2.1. VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A STUDOVANÝCH LOKALIT .....	8
2.2. GEOLOGICKÁ STAVBA.....	9
2.3. RELIÉF .....	10
2.3.1. Vývoj reliéfu .....	10
2.3.2. Periglaciální jevy.....	11
2.4. KLIMA .....	13
2.4.1. Teplota .....	13
2.4.2. Srážky.....	14
2.4.3. Povětrnostní situace .....	14
2.4.4. Oblačnost a sluneční svit.....	16
2.5. HYDROLOGICKÉ POMĚRY.....	16
2.6. PŮDY A VEGETACE .....	17
<b>3. SNĚHOVÉ POMĚRY.....</b>	<b>20</b>
3.1. VZNIK A VÝVOJ SNĚHOVÉ POKRÝVKY .....	20
3.2. VLASTNOSTI SNĚHU .....	22
3.3. UKLÁDÁNÍ A ODBOURÁVÁNÍ SNĚHU .....	24
3.4. VÝZKUM SNĚHOVÉ POKRÝVKY.....	25
<b>4. METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>27</b>
4.1. STUDOVANÉ LOKALITY .....	27
4.2. MĚŘENÍ MOCNOSTI SNĚHU .....	27
4.3. ZPRACOVÁNÍ DAT.....	29
<b>5. SNĚHOVÉ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ V ZIMĚ 2008/2009.....</b>	<b>29</b>
5.1. CHARAKTERISTIKA ZIMY 2008/2009 NA ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ.....	30
5.2. SNĚHOVÉ POMĚRY STUDOVANÝCH LOKALIT .....	33
5.3. DISKUZE .....	34
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>32</b>
<b>7. LITERATURA.....</b>	<b>33</b>

## SEZNAM GRAFICKÝCH PRVKŮ

### Obrázky:

Obr. č. 1: Vymezení zájmového území.....	7
Obr. č. 2: Geologická stavba zájmového území.....	8
Obr. č. 3: Rozmístění periglaciálních tvarů ve východních Krkonoších.....	11
Obr. č. 4: Směry větrů na meteorologické stanici Sněžka.....	14
Obr. č. 5: Klasifikace sněhu podle tvaru zrn.....	20
Obr. č. 6: Měřicí stanice ČHMÚ s polskou stanicí na Sněžce a hlásné povodňové profily...25	
Obr. č. 7: Měřicí body na lokalitě Čertova louka.....	28
Obr. č. 8: Měřicí body na lokalitě Modré sedlo.....	28

### Tabulky:

Tab. č. 1: Výšková půdní pásmovitost.....	16
Tab. č. 2: Velikost sněhových zrn.....	21
Tab. č. 3: Vlhkost sněhu.....	21
Tab. č. 4: Tvrdost sněhu.....	22
Tab. č. 5: Nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty v zimě 2008/2009.....	32
Tab. č. 6: Počty dní se sněhovou pokrývkou.....	35

### Grafy:

Graf č. 1: Průměrné měsíční hodnoty teplot.....	31
Graf č. 2: Průměrné měsíční mocnosti sněhu.....	31
Graf č. 3: Průměrné měsíční srážky.....	31
Graf č. 4: Převládající směr větru na Luční boudě v zimě 2008/2009.....	32

# 1. ÚVOD

Sníh, především v horských oblastech, má velice významnou roli. Nejen v minulosti se sníh spolupodílel na utváření reliéfu Krkonoš a díky jeho tepelně-izolačním vlastnostem má velký vliv na půdní procesy a vegetaci (zabraňuje rychlému rozvoji vegetace v jarních měsících, a tím je chrání před mrazy). Nezanedbatelnou součástí je i jeho vodohospodářský význam (tvorba povrchových a podzemních zásob vody) význam ekonomický, tedy vliv na život člověka. Záporný význam mají časté jarní povodně a špatná dopravní komplikace v zimních měsících, kladný pak rozvoj rekreace v lyžařských areálech.

Cíl mé práce je zhodnotit vývoj sněhové pokrývky na Čertově louce a v Modrém sedle v zimě 2008/2009, na základě terénního měření přispět k poznání procesu ukládání a odbourávání sněhu v nejvyšších partiích Krkonoš. Zájmové území se nachází v oblasti recentně aktivních periglaciálních tvarů, které jsou intenzivně studovány od roku 2003 (Tremel et al. 2004). Hodnocení sněhových podmínek, může být podkladem pro výzkumy, které se zabývají vlivem sněhové pokrývky na tyto tvary, popřípadě na výskyt a růst vegetace atd.

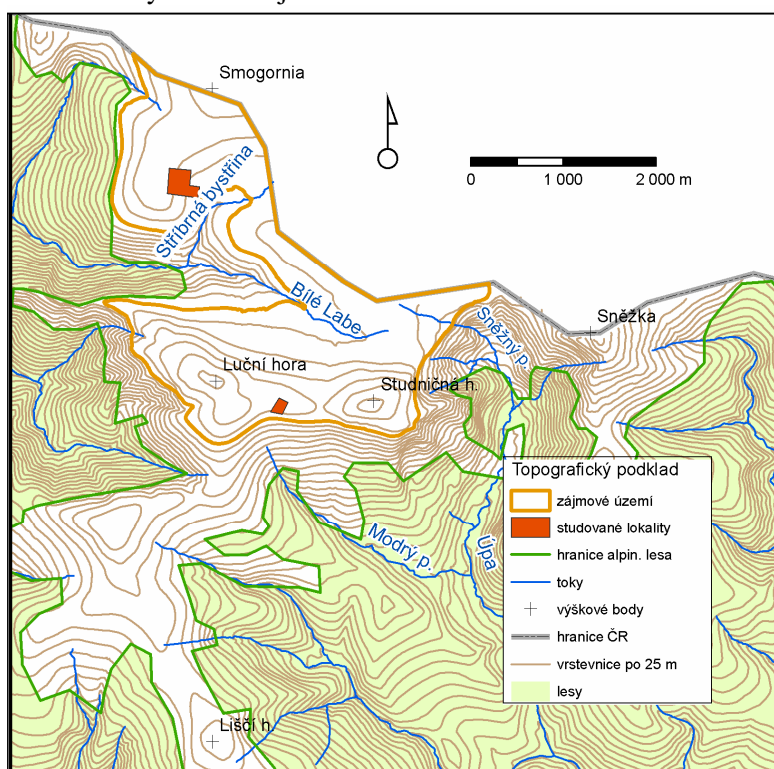
V první části bakalářské práce popisují fyzicko-geografickou charakteristiku zájmového území a studovaných lokalit. Druhá část je věnována obecným poznatkům o vývoji sněhové pokrývky a dosavadním výzkumu sněhových poměrů na území východních Krkonoš. V poslední části se zabývám vlastním hodnocením sněhových podmínek na studovaných lokalitách a porovnáváním naměřených dat s klimatickými podmínkami v zimní sezóně 2008/2009.

## 2. FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

### 2.1. Vymezení zájmového území a studovaných lokalit

Zájmové území se nachází v oblasti vysoko položeného zarovnaného povrchu ve východních Krkonoších. Celá oblast se vyskytuje nad alpínskou hranicí lesa.

Obr. č. 1: Vymezení zájmového území



Zdroj: Datové vrstvy KRNAP, upraveno

Oblast je ohraničena linií krkonošského hlavního hřbetu Stříbrného návrší a Stříbrným hřbetem s jižním výběžkem, které se nazývá Čertovo návrší. Přírozenou hranicí na východě je hrana Úpského karu, dále hranice vede na jižních svazích Studniční a Luční hory podél linie ostrého sklonitostního zlomu (přibližně ve výšce 1490 m n. m.). Západní hranicí je linie ve výšce 1400 m n. m., kde se stýká zarovnaný povrch a strmé svahy údolí Bílého Labe.

Na obrázku č. 1 jsou na dvou místech zájmového území zobrazeny lokality, kde bylo prováděno měření mocnosti sněhové pokrývky. Jedná se o studované lokality Čertova louka a Modré sedlo. Na obou lokalitách se vyskytují periglaciální tvary se známkami recentní

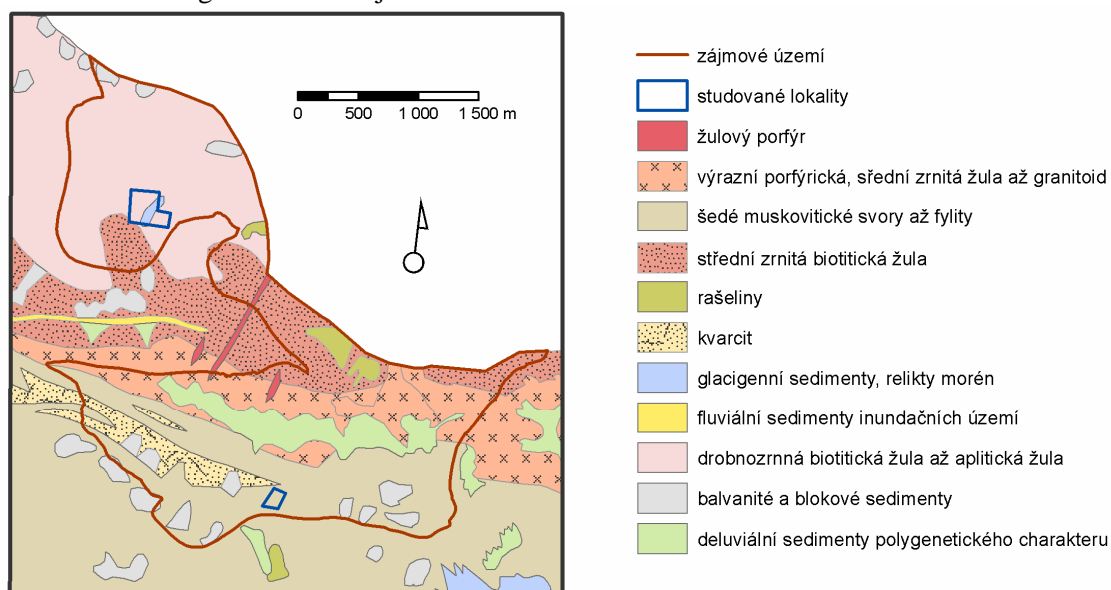


aktivity, zároveň však reprezentují extrémy v ukládání sněhové pokrývky. Čertova louka je závětrná akumulární plocha a lokalita Modré sedlo je oblastí s deflačními podmínkami.

## 2.2. Geologická stavba

Zájmové území patří do oblasti krkonošsko-jizerského krystalinika, které leží v severovýchodní části českého masivu (Chráněná území ČR 2002). Nejhojnější a zároveň nejstarší horninou jsou různé typy břidlic (svory, fylity), společně s žulovým masivem, který tvoří hlavní linii krkonošských hřbetů (Chaloupský 1983). V žulovém masivu nalezneme tři strukturální typy žuly. Je to hrubozrnná biotická žula, středně zrnitá biotická žula, tvořící severní úpatí Luční a Studniční hory, a drobnozrnná žula (nejodolnější), jenž při rozpadu tvoří tory a kamenná moře (Jeník et Sekyra 1995b).

Obr. č. 2: Geologická stavba zájmového území



Zdroj: Datové vrstvy KRNAP, upraveno

Žulový masiv, který v zájmovém území tvoří Stříbrný hřbet a Čertovo návrší (společně se studovanou lokalitou Čertova louka), vznikl v závěru variského vrásnění proniknutím žuly do krystalických břidlic. Později již žulový masiv nebyl metamorfován (Chaloupský 1983). Studovaná lokalita Čertovy louky je tvořena drobnozrnnou žulou.

Lokalita Modré sedlo spadá do kontaktního pásma metamorfovaných hornin. Toto pásmo se vytvořilo na okraji žulového masivu a je široké 1,6 km (Chaloupský et al. 1968). Svory a fylity se díky výrazným teplotám od tuhajícího magmatu přeměnily na pevné

rohovce (Chaloupský 1983). Kromě studované lokality Modré sedlo tvoří na zájmové území také Luční a Studniční horu. Nejčastějšími horninami jsou svory a fylity. Na několika místech se zde vyskytují i balvanité a blokové sedimenty (viz obr. č. 2). Od karbonu nebylo již zájmové území výrazněji přeměněno (Chaloupský 1983).

## **2.3. Reliéf**

### **2.3.1. Vývoj reliéfu**

Studované lokality se nacházejí ve vrcholové části Krkonoš, která byla formována od paleogénu postupnou erozí a odnosem materiálu do okolních pánví (Králík et Sekyra 1969). Postupně se zájmové území, i celé Krkonoše, staly zarovnaným povrchem (Sekyra 1964).

Po penneplenizačních procesech došlo k tektonickému rozlámání zemské kůry (tzv. saxonská tektonika) a k vertikálnímu pohybu jednotlivých ker, podél starých zlomových systémů, až do dnešních nadmořských výšek (Chlupáč et al. 2002). Následovala zesílená říční eroze, která vytvářela široká říční údolí. Při zpětné erozi se výrazně uplatnila nestejná odolnost hornin. Bílé Labe pramenící u Luční boudy vytvořilo údolí zahluobené do měkkého žulového podkladu, vedoucí podél kontaktního pásma tvrdých metamorfovaných hornin. Zpětná říční eroze působí dodnes. Zájmové území patří mezi starý zarovnaný povrch (ve výšce 1400 – 1500 m n. m.), který si stále zachovává tehdejší rysy (Králík et Sekyra 1969). V pleistocénu (doba ledová) došlo k výraznému ochlazení klimatu, díky blízkosti kontinentálního ledovce (Šebesta et Trembl 1976). Toto období se vyznačuje výraznou glaciální a periglaciální modelací (Králík et Sekyra 1969). V okolí zájmového území se předpokládá výskyt ledovce v údolí Modrého dolu i v údolí Bílého Labe (Šebesta et Trembl 1976). Pouze v době největšího rozšíření ledovce (würmské zalednění), ledovcové či firnové příkrovy pokrývaly nejvyšší náhorní plošiny (Engel 2003). Sekyra et Sekyra (2002), studují výskyt ledovce v oblasti Bílé louky. Tento výskyt však ještě nebyl prokázán.

Reliéf Čertovy louky se vyznačuje mírným severovýchodním sklonem. V horní části louky jsou sklony  $10^{\circ}$  –  $15^{\circ}$ , v dolní mírnější části pak  $5^{\circ}$  –  $10^{\circ}$ . V okolí dvou nivačních depresí, které leží na studované lokalitě, se nepravidelně vyskytují putující bloky. Rozměry menší nivační deprese v horní části louky jsou přibližně 4 x 20 m. Větší deprese podlouhlého tvaru v centrální části je omezena příkrým svahem ( $20^{\circ}$  –  $30^{\circ}$ ).

Druhá studovaná lokalita Modré sedlo je z větší části zarovnanou plošinou. V jižní

části se však vyskytuje výrazná terénní hrana, na kterou navazuje prudší svah se sklonem 20° – 30°. Na jižním okraji této lokality se nachází část nivační deprese. Obě studované lokality se vyznačují výskytem periglaciálních tvarů (viz kapitola 2.3.2).

### 2.3.2. Periglaciální jevy


Ve vrcholových oblastech východních Krkonoš byly v minulosti příhodné podmínky pro vývoj periglaciálních tvarů. Ke vzniku většiny periglaciálních tvarů došlo v závěru posledního glaciálu až začátkem holocénu (Sekyra et Sekyra 1995). Oblast zájmového území je zmiňována i souvislosti se svou recentní aktivitou periglaciálních tvarů, kdy ve studovaném území působily intenzivní periglaciální procesy, jejichž současná intenzita je však mnohem menší, než která působila ve vrcholném období glaciálů (Sekyra 1960).


Nejčastější tvary, které můžeme nalézt na zájmovém území (viz obr. č. 3), jsou mrazové půdní formy, především polygonální půdy a brázděné půdy (porušené polygonální půdy na svahu (Král et al. 1983)). Vyskytují se na Luční a Studniční hoře (Králík et Sekyra 1969). Do skupiny strukturních půd můžeme zařadit i rašelinné kopečky, které se vyskytují na rašeliništi severně od Luční boudy (Janásková 2005). Periglaciálním zarovnáváním vznikly kryoplanační plošiny s terasami a stupni (Králík et Sekyra 1969). Společně s mrazovými sruby (skalní stupně oddělující terasy) jsou nejvyvinutější kryoplanační terasy na svazích Luční a Studniční hory. V oblasti východních Krkonoš dále můžeme najít vymrzající úlomky a kamenné ledovce (severní svah Luční hory) (Traczyk 2004). Rašelinné vany a rašelinné kaskády jsou tvary, které nově popisují Kociánová a Štursová (2002). Vznikají působením mrazu a vegetace. Rašelinné vany se vyskytují v pramenné oblasti Úpy a Bílého Labe, či na severních svazích Luční a Studniční hory. Na lokalitě Čertova louka se vyskytují osamocené bloky hornin, posunující se po svahu a zanechávající za sebou brázdu. Tyto bloky hornin jsou známy jako putující balvany (Sekyra 1960). Areál putujících bloků na Čertově louce byl podrobně zkoumán Kadlečíkem (2007). Rychlost recentně aktivních bloků na Stříbrném hřbetu udává Prosová (in Sekyra et Sekyra 1995) 20 cm za tři roky. V jižní části lokality nalezneme soliflukční proudy a polygonální půdy, spíše kruhového tvaru (Tremel 2005). Nově popsané rašelinné mikrokaskády nalezneme podle Kociánové et Štursové (2002) na východním svahu Čertovy louky a na Stříbrném hřbetu.


Velká část Modrého sedla je pokryta tříděnými polygony, v jihozápadní části se vyskytují tříděné pruhy a nalezneme zde i několik tříděných kruhů. Oblasti terénní hrany a


Obr. č. 3: Rozmístění periglaciálních tvarů ve východních Krkonoších


**Periglaciální tvary:**


 tříděné polygony


 tříděné kruhy


 tříděné sítě


 tříděné pruhy


 rašelinné kopečky

 netříděné pruhy


 soliflukční pokryv


 soliflukční lalok


 soliflukční stupeň


 areál putujících bloků


 blokový proud




 pata kryoplanační terasy

 hrana kryoplanační terasy


 nivační deprese


 nivační val

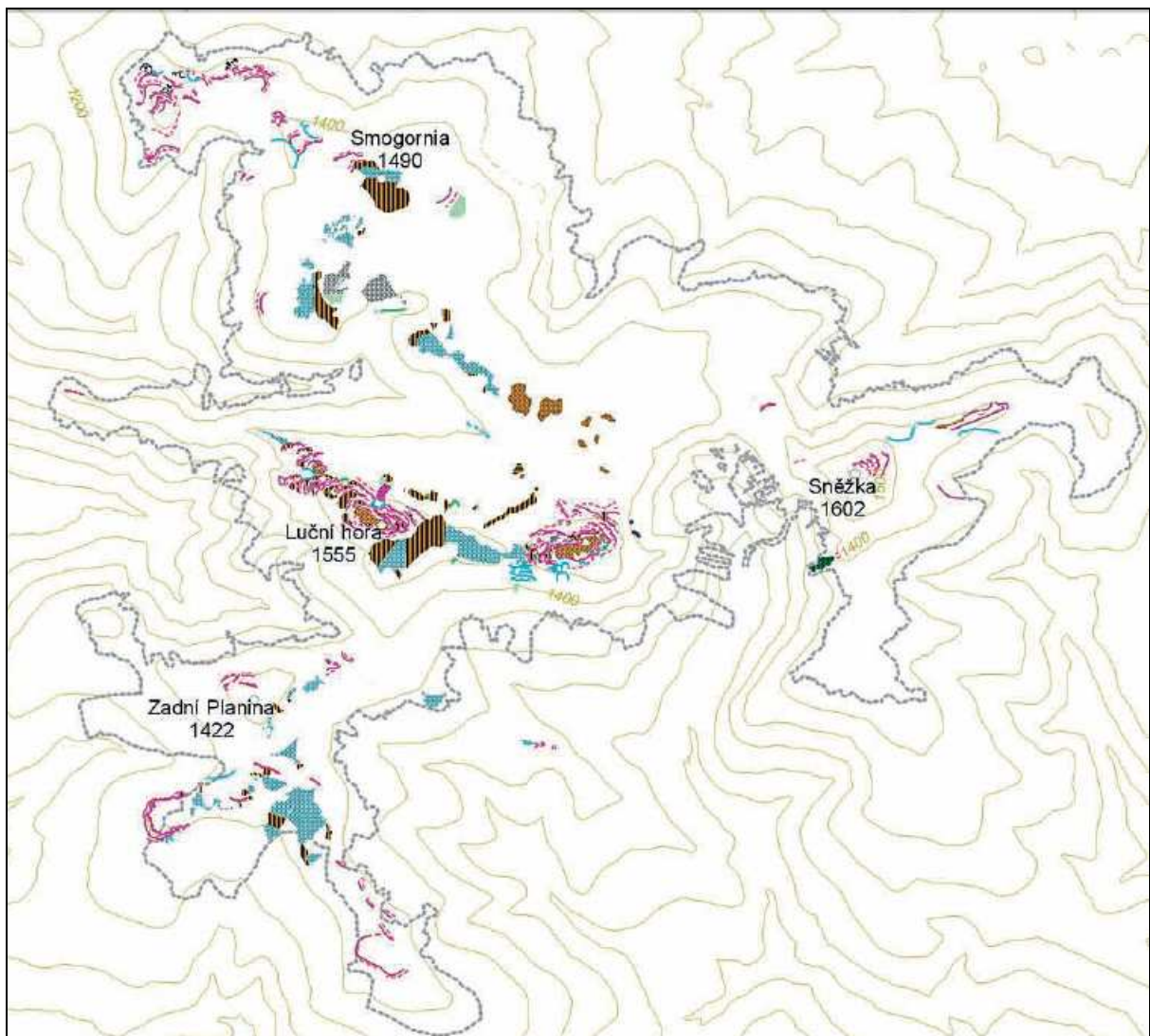
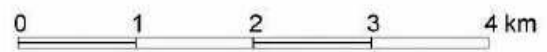
 polygenetická akumulace

 tor



 alpinská hranice lesa

 vrstevnice po 100 m



Zdroj: Křížek, Tremel et Engel 2007

svahu v jižní části lokality je pokryta suťovými úlomky.

## **2.4. Klima**

Vrcholové části Krkonoš spadají podle Quitta (1970) do chladné klimatické jednotky CH4. Pro vrcholové partie označené třídou CH4 je charakteristická chladná, vlhká zima s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, dlouhá jarní a podzimní období a krátké, chladné léto, které se vyznačuje vysokou vlhkostí (Sýkora 1961). Klima v této oblasti není ovlivněno jen úbytkem teploty s výškou, intenzivnějším slunečním zářením a rychlejším prouděním vzduchu, ale i členitostí Krkonoš a polohou v rámci Evropy (vliv oceánského i kontinentálního klimatu) (Jeník 1961). Vliv má převládající západní proudění vlhkého oceánského vzduchu (anemo-orografický systém bílého Labe (viz kapitola 2.4.3)), ale i expozice svahu (nejchladnější je severovýchodní a nejteplejší jihozápadní) (Prosová et Sekyra 1961).

### **1.1.1. Teplota**

Na teplotu vzduchu má velký vliv oblačnost, sluneční záření a s tím související expozice svahu. Největší vliv má však nadmořská výška. Oblast zájmového území leží v nadmořské výšce od 1400 do 1550 m n. m., tedy o 50 – 200 metrů níže než stanice na vrcholu Sněžky. Na základě dlouhodobé průměrné teploty vzduchu Sněžce (0,2 °C) (Coufal et Šebek 1969), a s přihlédnutím k teplotnímu gradientu (0,6 °C/100 m), lze průměrné roční teploty vzduchu v zájmovém území přibližně odhadnout na 1 °C.

Teplota vzduchu na zájmovém území závisí také na zvrstvení atmosféry. V zimě, kdy je zvrstvení více stabilní, se často vyskytují inverze. Na vrcholcích hor je příjemné slunečné počasí a v údolích je sychravé studené počasí. „Dochází k ní tím, že se spodní vrstva atmosféry prochlazuje vyzařováním a studený vzduch, který je těžší, "stéká" z okolních hor do nížin a kotlin. Jelikož je často prochlazen pod rosný bod, páry se v ovzduší kondenzují v mlhu a inverze je tak vlastně "vizuálně" znázorněna. Na hřebenech hor pak svítí přes celé dny slunce a je zde příjemné teplo, zatímco údolí tonou v sychravé, studené mlze“ (KRNAP [online]).

Dostupný z WWW [<sup>1</sup>]).

### **2.4.2. Srážky**

Srážky v Krkonoších mají velkou prostorovou proměnlivost, závisí na nadmožské výšce, expozici svahu, ale také na orientaci údolí. Vzhledem k převládajícímu západnímu proudění, se množství srážek směrem k východu snižuje (Coufal et Šebek 1969). Roční maximum srážek nastává v srpnu a minimum v březnu. Díky pronikání vlhkého oceánského vzduchu se zde v lednu vyskytuje i vedlejší zimní maximum. Průměrný úhrn srážek naměřených na Sněžce je 1227 mm za rok (Coufal et Šebek 1969). Tato hodnota je dle Kwiatkowskeho (1982) ovlivněná nepřesností standardních metod měření srážek, zejména vlivem větru a ztrátou vody ve srážkoměru (odpařování, zvlhčování srážkoměru a navátí a vyvátí sněhu ze srážkoměru). Po započítání korekcí těchto chyb uvádí Kwiatowski (1982) pro Sněžku úhrn srážek 1880 mm. Ve vrcholových partiích východních Krkonoš (okolo 1400 – 1500 m n. m.) uvádí Kwiatowski (1982) skutečné (vypočítané) roční úhrny 2020 – 2060 mm. Tato hodnota je nižší oproti srážkovým úhrnům v západních Krkonoších (2150 – 2240 mm) a to v důsledku anemo-orografického systému. Západní Krkonoše jsou pod vlivem anemo-orografického systému Mumlavy – podél údolí je k hlavnímu systému přiváděn vlhký vzduch. Vzduch proudící ve východních Krkonoších (vliv anemo-orografického systému Bílého Labe), ztrácí většinu své vlhkosti na druhořadých hřebenech (Kozelský hřeben, Vlčí hřeben). Tím se vysvětluje, proč nejvýše položená stanice na Sněžce, nemá největší úhrny srážek. Sněžka leží ve srážkovém stínu Studniční hory, kde je zanechána většina vlhkosti proudící anemo-orografickým systémem Bílého Labe (Kwiatowski 1982).

### **2.4.3. Povětrnostní situace**

Převládající směr větru ve východních Krkonoších je dlouhodobě směr západní. Vyskytuje se však i několik výjimek, jak je vidět např. na obrázku 4. Dle dlouhodobého průměru (1961 – 1991) meteorologické stanice, je převládající směr větru na Sněžce jihozápadní (Jeník et Sekyra 1995b).

Vysokých hodnot rychlosti větru se můžeme dočkat spíše v zimním období a

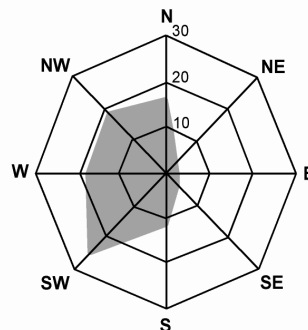
---

<sup>1</sup> [http://www.krnep.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=92&Itemid=50](http://www.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=92&Itemid=50)

v nejvyšších partiích pohoří (se zvyšující se nadmořskou výškou se zmenšuje tření). Za největrnější místa Krkonoš jsou považovány Bílá a Labská louka, kde rychlosti větru dosahují hodnoty až 150 km/h (Coufal et Šebek 1969).

Hlavní vliv na povětrnostní podmínky má reliéf území. Význam mají především hluboká údolí západovýchodního směru. „Ve spojitosti se západovýchodní orientací hlavních údolí centrálních Krkonoš, zde existuje

Obr. č. 4: Směry větrů na meteorologické stanici Sněžka



Zdroj: Jeník et Sekyra (1995b)

specifický jev, označovaný jako anemo-oroграфické systémy. Západní větry stoupají údolními otevřenými k západu (Mumlava, Bílé Labe) vzhůru a nabývají současně se zužováním údolí na rychlosti. Na otevřených pláních zarovnaných povrchů (Labská louka, Bílá louka) se pak jejich rychlost ještě zvětšuje. Propadáním větru do hlubokých karů za těmito pláněmi (Labský důl, Kotelní jámy, Obří důl) dochází k mohutné turbulenci. Tyto větrné systémy mají velký vliv na sněhové poměry, geomorfologické a pedologické procesy i na vznik a vývoj rostlinných a živočišných společenstev“ (KRNAP [online]. Dostupný z WWW [2]). Zájmové území je ovlivňováno anemo-oroграфickým systémem Bílého Labe, které charakterizoval ve své práci Jeník (1961): Návětrné vodící údolí je v tomto případě důl Bílého Labe, který usměrňuje a urychluje západní proudění, vítr stoupá až k zarovnanému povrchu (Čertova louka, Bílá louka, Pláně pod Sněžkou), kde nabírá největší rychlost, především v zimních měsících, kdy sníh vytváří hladký povrch bez terénních nerovností. Přibližně u soutoku Bílého Labe a Stříbrné bystřiny se vítr rozděluje do 4 směrů. Nejmohutnější větev míří nad Bílou louku a Úpské rašeliněště jihovýchodním směrem. Další větev se stáčí severovýchodním směrem k Čertově louce, kde se spojuje se západním větrem vanoucím přes Stříbrný hřeben a pokračuje nad kary Wielki a Maly Staw. Poslední větev se stáčí na masiv Luční a Studniční hory. Ve všech těchto směrech vítr spadá do karů, kde vytváří významné turbulence (Jeník 1961).

V Krkonoších se vyskytují lokální větry s denním chodem, které ve dne vanou

<sup>2</sup> [http://www.krnep.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=92&Itemid=50](http://www.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=92&Itemid=50)

k vrcholům a v noci naopak dolů. Dalším typem lokálního větru vyskytujícího se v Krkonoších je fén. Vlhký vzduch vanoucí z Polska, který ztrácí svoji vlhkost a ochlazuje se pomaleji, než se na české straně Krkonoš otepluje. Tento suchý teplý vítr je spojován hlavně s Alpami, kde má mnohem větší intenzitu, ale i u nás může způsobovat výraznější tání, či dokonce sesuvy lavin (KRNAP [online].[cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW [<sup>3</sup>]).

#### **2.4.4. Oblačnost a sluneční svit**

Oblačnost a sluneční svit jsou základními prvky, bezprostředně ovlivňujícími termický režim a tím i bioklimatické podmínky. Podle Hladného a Sýkory (1983) jsou to značně proměnlivé prvky působící proti sobě. „Důvodem je zahřívání zemského povrchu v průběhu dne a vznik konvekce, jejímž následkem je rychlé tvoření oblaků.“ (Hladný et Sýkora 1983, str 33.) Na horách je však chod oblačnosti opačný než v nížinách. Nejvíce slunečního svitu je zde v zimních až jarních měsících, díky často se vyskytujícím se inverzím s nízkou oblačností. V létě, kdy se inverze vyskytují zřídka, je zde oblačnosti naopak více (Hladný et Sýkora 1983).

### **2.5. Hydrologické poměry**

Vývoj říční sítě úzce souvisí s vývojem reliéfu (viz kapitola 2.3 Geomorfologie). Zájmové území ve východních Krkonoších spadá do povodí Labe. Západní část je Stříbrnou bytřinou a Bílým Labem odvodňována přímo do Labe. Bílé Labe, jehož tok je subsekventní, teče podél pásma kontaktních tvrdých hornin směrem k západu. Východní část odvodňují Úpa (levostranný přítok Labe), pramenící stejně jako Bílé Labe v Úpském rašeliništi. Z větší části spíše její pravostranný přítok – Modrý potok.

Maximální průtoky řek nastávají díky tání sněhu v jarních měsících květnu a dubnu, nejmenší v lednu a v únoru, vedlejší minimum připadá na září. Na východní Krkonoše připadá o něco menší rozkolísanost a vodnost než na návětrnou stranu západních Krkonoš. Přesto se zde často vyskytují průtokové extrémy (jak výrazné průtokové poklesy, tak i vysoké

---

<sup>3</sup> [http://www.krn timer.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=92&Itemid=50](http://www.krn timer.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=92&Itemid=50)



stavy povodňové vlny), které ovlivňují nejen horní, ale i střední tok Labe (Hladný et Sýkora 1983).

Studovaná lokalita Čertovo návrší je odvodňována Stříbrnou bystřinou, která se vlévá do Bílého Labe. Modré sedlo, stejně jako jižní svahy Luční a Studniční hory, odvodňuje Modrý potok.

Jak zájmové území, tak i celé pohoří má velice nízké zásoby podzemní vody (můžeme hovořit pouze o puklinové vodě) (Fanta 1969). Hlavním zdrojem vody jsou srážky (ve vrcholové oblasti až 1600 mm za rok), avšak na horních tocích je díky nepropustnému podloží povrchový odtok až 80% (Hladný et Sýkora 1983). I přes to, že náhorní plošiny mají větší množství srážek, vyznačují se větší mocností průměru sněhové pokrývky a menším sklonem, povrchový odtok je tu stále vysoký. Důležitou retenční funkci zde mají kleče, které byly v 17. a 18. století z velké části vymýceny a na počátku 20. století, po extrémních povodních v roce 1897, znovu vysazovány. Přirozenými zásobárnami vody jsou rašeliniště, které mají pozitivní vliv na stabilizaci režimu vodních toků (Fanta 1969). V oblasti zájmového území zabírají plochu okolo 0,30 km<sup>2</sup> (Janásková 2005).

## 2.6. Půdy a vegetace

Tab. č. 1: Výšková půdní pásmovitost

Pásmo	Výskyt	Půda
<b>Pásmo hydromorfních půd</b>	Podél vodních toků (600 – 1100 m n. m.)	gleje, semigleje, oglejené aluviální půdy
<b>pásmo rezivých lesních půd</b>	600 – 1200 m n. m.	Hnědé lesní půdy, rezivé půdy, okrové půdy
<b>Pásmo horských podzolů a rašeliništních půd</b>	1100 – cca 1400 - 1500 m n. m.	Horské podzoly, rašeliništní vrchoviště
<b>Pásmo sutí a skal</b>	1400 – 1600 m n. m.	Sutě, skály, kryogenní formy půd

Zdroj: Pelíšek (1974), vlastní úprava

Studované území patří, dle regionálního členění Pelíška (1974), částečně do vyšší části pásma horských podzolů a rašeliništních půd (tab. č. 1). Pásmo horských podzolů (podzoly humusoželezité a železité) má kyselou, písčitou až hlinitou půdu, různě šterkovitou, místy až kamenitou. Tyto půdy jsou klasickými zásobárnami vody, lehce přístupných živin je však málo. Rašeliništní půdy najdeme na náhorních plošinách ve výšce 1200 – 1400 m n. m., kde tvoří různě velké ostrůvky, často porostlé klečí. Mají velice vysoký obsah humusu, avšak na

minerály jsou velice chudé. Také se vyznačují vysokou kyselostí a vysokým obsahem vody.

Posledním pásmem sahající do výšky 1400 až 1600 m n. m. je pásmo sutí a skal. Sutě mohou být štěrkovité až balvanité, ojediněle pokryté humusovým ostrůvkem, či klečí. Okolo 1500 m n. m. se vyskytují různé kryogenní typy půd a kamenité zvětraliny (viz kap. 2.3.2).

Na zájmovém území náhorních plošin se vyskytují převážně horské podzoly. V menší míře se na extrémně podmáčených stanovištích objevují rašeliništní vrchoviště s vysokým obsahem organických látek a na místech, které jsou vystaveny extrémním klimatickým podmínkám, jsou nevyvinuté půdy (litozemě), vyznačující se vysokým obsahem nezvětralé horniny (Pelíšek 1974).

Vegetace v Krkonoších má poměrně rozmanitý původ a stáří, vyskytují se zde jak prvky severské tundry, tak i alpských, subalpínských a alpínských typů (Tomášek et Zuska 1983). Existuje zde několik druhů endemitů, jako například jestřábník krkonošský, zvonek český, či světlík drobnokvětý. Krkonošské endemity se vyznačují svým nedávným vznikem. Jsou staré přibližně 10 000 – 15000 let. Vznikly v době, kdy se Krkonoše izolovaly od ostatních tundrových ostrůvků (Tomášek et Zuska 1983). Na pohoří mají značný vliv velké výškové rozdíly na krátkou vzdálenost. Vegetace je přímo závislá na podnebí a půdním podkladu, tudíž je úzce spojena s výškovými klimatickými a půdními stupni. Tomášek a Zuska (1983) rozdělují Krkonoše do čtyř základních vegetačních stupňů. Z hlediska vegetační stupňovitosti připadají studované lokality do pásma kosodřevin (do 1500 m n. m.) a alpínských holí. Zájmové území se nachází nad alpínskou hranicí lesa, která se v oblasti východokrkonoské vrcholové plošiny pohybuje v rozmezí 1220 – 1325 m n. m. (Tremel 2004). V pásmu kosodřevin se hojně vyskytující rašeliniště, které jsou zastoupeny i v dolní části studované lokality Čertova louka. Alpínský stupeň je poměrně chudý na vegetaci, najdeme zde pouze některé trávy a lišejníky (Tomášek et Zuska 1983).

Nejhojnější kosodřevinou v oblasti zájmového území je borovice horská (*Pinus mugo ssp. pumilio*), pro tuto dřevinu jsou Krkonoše severní hranicí výskytu. Rozmnožuje se především vegetativně, pomocí kořenících větví, které leží na zemi (Sýkora 1983). Ojediněle se zde vyskytuje na vlhčích půdách v okolí vodních toků vrba slezská (*Salix silesiaca*) (Černý et Doskočil 1969). V nejvíce exponované kryo-eolické zóně můžeme nalézt travinu sítinu trojklannou (Jeník et Sekyra 1995a) a různé druhy mechů.

Na studované lokalitě Čertovy louky převažuje smilka tuhá (*Nardus stricta*) (Jeník 1961), s roztroušenými porosty kleče ve spodní části svahu. Na modrém sedle je větší část

území porostlá souvislým klečovým porostem. Kosodřeviny mají několik významných funkcí. Jednou z nich je retenční schopnost, regulují podpovrchový i povrchový odtok vody a zabraňují erozi. Často se však na nich vyskytují i různí škůdci, především houby, např. přípletka sazová (*Herpotrichia nigra*). Kosodřeviny mohou být s houbami i v symbióze, jedná se o symbiózu borovice a hub strakoše či klouzka. Na rašeliništích můžeme narazit na různé druhy ostřic, rašeliníku a také na ostružníka morušku (*Rubus chamaemorus*), jenž se vyskytuje spíše v severní Evropě (Krkonoše jsou jeho jižní hranicí výskytu). Na území Čertovy louky se vykytují tzv. společenstva na rašelinných kopečkách, kde můžeme hledat např. šichu, vlochyni, klikvu drobnoplodou a různé druhy řas a hub.

Podle převažujících kryogenních, nivačních a eolických procesů, které se vyskytují v těchto nadmořských výškách, můžeme říci, že se jedná o tundrovou oblast (Jeník et Sekyra 1995a).

## 3. SNĚHOVÉ POMĚRY

### 3.1. Vznik a vývoj sněhové pokrývky

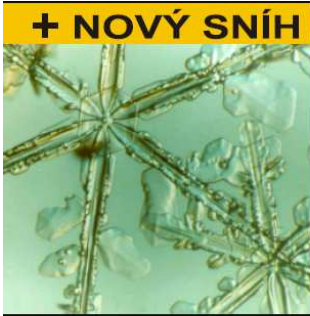
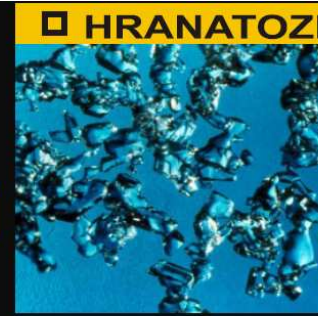
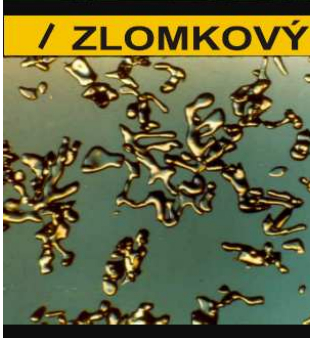



Sníh je pevná, krystalická fáze vody. Jeho vznik je popsán v Obecné geomorfologii (Demek 1987) takto: „Při kondenzaci ovzdušné vlhkosti (vodní páry) při teplotě kolem 0 °C nebo častěji při nižších teplotách začínají vznikat ledové krystaly a obvykle se spojují ve sněhové vločky. Začáteční krystalizace obvykle vyžaduje určitou formu kondenzačního jádra. Sněhové krystaly se rovněž mohou tvořit i přímo z vodní páry, zpočátku na sublimačním jádře. Sníh tak vzniká v oblacích buď zmrznutím tekutých kapek, nebo kondenzací aerosolových částic.“ Dále se uvádí, že kondenzace může být formou filmu na tekutém jádře nebo sublimací vodní páry v aerosol.

Sněhové krystaly se vyznačují pravidelnou šestiúhelníkovou mřížkou. Při pádu atmosférou vznikají různé typy částic (v závislosti na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu). Při velice nízkých teplotách a vlhkosti vzduchu se vytváří tzv. dendrity (jednotlivé neslepené krystalky) (Doležal et Pollak 2004). Hanousek, Spusta a Soukup (1981) uvádí, že dendrity vznikají za mírného větru, nízké relativní vlhkosti a velice nízkých teplot (až -10 °C), jsou velice nestabilní a vyskytují se vzácně (v průměrném vzorku činí podíl dendritů méně než 5 %). V článku Hanouska, Spusty a Soukupa (1981) jsou popisovány i další počáteční formy sněhu (např. prachový sníh, vatový sníh, sněhová krupice) a jejich vznik. Prachový sníh obsahuje jehličkové, hranolovité a destičkové útvary, či prostorové dendrity. Vzniká při teplotách (-5 °C až -10 °C) a v podmínkách střední relativní vlhkosti. Díky nízké hustotě (0,1 až 0,2 g/cm<sup>3</sup>) je tento typ sněhu snadno převíván. Vatový sníh tvoří již objemnější vločky (dendrity s námrazou), které se tvoří za teplot kolem bodu mrazu. Při vysoké vlhkosti a rozkolísanosti teplot vzniká sněhová krupice. Klasifikaci sněhu podle tvaru zrn, můžeme vidět na obrázku č. 5.

Sníh se neustále vyvíjí a vrstvy sněhové pokrývky dosahují různého stavu metamorfózy. Marchand (1987) uvádí tři základní procesy přeměny: destruktivní metamorfóza, konstruktivní metamorfóza a přeměna táním (firnovatění). Destruktivní metamorfóza je tzv. přeměna rozpadem. Vlivem tlaku výše ležících vrstev se komplikované sněhové vločky mění na ledová zrna, která se dále spojují. Zmenšuje se objem vzduchu ve sněhu, dochází k nárůstu objemové hmotnosti sněhu a sněhová pokrývky se stává stabilnější

(Marchand 1987). Jak uvádí Marchand (1987), ideální podmínky pro konstruktivní metamorfózu (přeměna narůstáním) jsou při velkém teplotním gradientu ( $< 0,25 \text{ }^\circ\text{C/cm}$ ). Tato přeměna probíhá výhradně v částicích uvnitř vrstev, s velkým teplotním rozdílem. Dochází k sublimaci dolních vrstev a namrzání vodní páry v horních vrstvách sněhové pokrývky v prostoru mezi částicemi. Vznikají vrstevnatá hranatá zrna až nálevkovité krystaly (dutinová jinovatka) (Hanousek, Spusta et Soukup 1981).

Obr. č. 5: Klasifikace sněhu podle tvaru zrn

<p><b>+ NOVÝ SNÍH</b></p> 	<p>Sloupečky    Jehličky</p> <p>Destičky    Hvězdičky</p> <p>Nepravidelné krystaly    Kroupy</p> <p>Krupky    Ledová zrna</p>	<p><b>□ HRANATOZRNNÝ SNÍH</b></p>  <p>Částice s krychlově uspořádanými ploškami □</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- krychlově uspořádané</li> <li>- obvykle šestiboké hranoly</li> </ul> <p>Částice s fasetovanými ploškami ▣</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velikost do 0,5 mm</li> <li>- poblíž povrchu</li> </ul> <p>Smišené tvary ▢</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nedávné zaoblení plošek</li> </ul>
<p><b>/ ZLOMKOVÝ SNÍH</b></p> 	<p>Částečně rozbité částice /</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- původní tvary nového sněhu jsou ještě patrné</li> <li>- nízká počáteční pevnost</li> <li>- čerstvě uložený sníh</li> </ul> <p>Velmi rozbité částice /</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- už jen střípky či zaoblené zlomky</li> <li>- pevnost narůstá</li> <li>- náhlé těsné ztmelení větrem</li> </ul>	<p><b>△ POHÁRKOVÉ KRYSY</b></p>  <p>Pohárkový krystal △</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pohárkovité, příčně pruhované krystaly</li> <li>- duté nebo jen částečně plné</li> </ul> <p>Sloupečky pohárkových krystalů ▲</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velké pohárkovité, příčně pruhované krystaly</li> </ul> <p>Sloupečkové krystaly ≡</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velmi velké sloupečkové krystaly</li> </ul>
<p><b>● OKROUHLOZRNNÝ SNÍH</b></p>  <p>Malé oblé částice ●</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zakulacené částice</li> <li>- velikost do 0,5 mm</li> <li>- často dobře vázané</li> </ul> <p>Velké oblé částice ●</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zakulacené částice</li> <li>- velikost nad 0,5 mm</li> <li>- pevnost se začíná snižovat</li> </ul> <p>Smišené tvary ●</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zaoblené částice s několika ploškami, které dál narůstají</li> </ul>	<p><b>○ FIRN (PŘETAVENÉ FORMY)</b></p>  <p>Nakupené oblé krystaly ○</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zhluklá zrna</li> <li>- chybí teplo/mráz cyklus</li> <li>- vazba led - led</li> </ul> <p>Zaoblené polykrystaly ○</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- jednotlivé krystaly zmrzlé do jednoho polykrystalu</li> <li>- teplo/mráz cyklus</li> </ul> <p>Rozbředlý sníh ○</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- oddělené zaoblené krystaly úplně ponořené ve vodě</li> </ul>	
<p><b>V POVRCHOVÁ JINOVIATKA</b></p> <p>Povrchová jinovatka ▽</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vějířovité, obvykle prachové krystaly</li> <li>- chladný povrch sněhu</li> </ul> <p>Jinovatka v dutinách ▽</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vějířovité nebo prachové krystaly</li> <li>- vyrůstají v dutinách</li> </ul>	<p><b>■ KOMPAKTNÍ LED</b></p> <p>Ledová vrstva ■</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- horizontální ledová vrstva</li> <li>- uvnitř profilu</li> </ul> <p>Ledový sloupec ■</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- svislé ledové těleso</li> <li>- uvnitř profilu</li> </ul> <p>Podkladní led ■</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- podkladní ledová vrstva</li> </ul>	
<p><b>▽ KRUSTY (POVRCHOVÉ VRSTVY)</b></p> <p>Jinovatka ▽</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- jemná jinovatka</li> <li>- nepravidelné ukládání</li> </ul> <p>Dešťová krusta —</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tenká průhledná poleva, čirá povrchová vrstva</li> </ul> <p>Sluneční krusta —</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tenká průhledná poleva nebo povrchový film</li> </ul> <p>Větrná krusta ☐</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- malé zlámané nebo těsně ztmelené a obroušené částice</li> </ul> <p>Teplo/mráz krusta ☉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rozpoznatelné teplo/mráz polykrystaly</li> </ul>		

Zdroj: Alpy4000 (HS ČR) [online]. [cit. 2009-05-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.alpy4000.cz/laviny-info-expert.php>>.

Posledním typem přeměn, je přeměna táním (firnovatění). Při teplotách nad bodem mrazu vznikají velká zaoblená zrna o průměru větším než 1 mm (Hanousek, Spusta et Soukup 1981). Podle Marchanda (1987) dochází k sevření střední chladné vrstvy mezi dvě teplejší a v chladné vrstvě nastává namrzání tavné vody z povrchu.

### 3.2. Vlastnosti sněhu

Tab. č. 2: Velikost zrn

Typ	velikost [mm]
velmi jemnozrný	< 0,2
jemnozrní	0,2 - 0,5
střední	0,5 - 1,0
hrubozrný	1,0 - 2,0
velmi hrubozrný	2,5 - 5,0
extra hrubozrný	> 5,0

Zdroj: Colbeck et al. 1990

Jak můžeme vidět v tab. č. 2, **velikost sněhových zrn** se uvádí v milimetrech. Nejmenší zrnka mají velikost menší než 0,2 mm, zatímco největší dosahují velikosti přes 5 mm. **Vlhkost sněhu** záleží na obsahu vody (viz tab. č. 3). Při vyšších teplotách, je obsah vody samozřejmě největší. Typy vlhkého sněhu můžeme rozpoznat i podle přilnavosti jednotlivých krystalků k sobě. Pro klasifikaci typů sněhu podle **tvrdosti** existuje jednoduchý test, tzv. hand test. Velmi měkký sníh rozpoznáme tak, že do něj zaboříme celou pěst, do tvrdého sněhu, už nezaboříme ani prsty, ale tvrdší předměty, jako např. tužku. Další známou metodou je metoda Swiss ramsonde. Užívá se speciální sonda s kuželovitým hrotem, který proniká do sněhové pokrývky definovanou silou (Colbeck et al. 1990). Tvrdost se uvádí v newtonech a závisí na síle, kterou sonda proniká do sněhu (viz tab. č. 4).

Tab. č. 3: Vlhkost sněhu

typ	Charakteristika	prům. obsah vody
suchý	teplota sněhu pod 0 °C	0%
vlhký	teplota sněhu 0°C, při stlačení se lepí k sobě	0 - 3 %
mokrý	voda je vidět při desetinásobném zvětšení	3 - 8 %
velmi mokrý	voda může být vytlačena při stlačení v rukou	8 - 15 %
rozbředlý	odplavován vodou, obsahuje malé množství vzduchu	> 15 %

Zdroj: Colbeck et al. 1990



Tab. č. 4: Tvrdost sněhu

Tvrdost	hand test	Swiss rammsonde [N]	velikost síly [Pa]	značka
velmi měkký	pěst	0 - 20	0 - 10 <sup>3</sup>	R1
měkký	4 prsty	20 - 150	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>	R2
střední	prst	150 - 500	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	R3
tvrdý	tužka	500 - 1000	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup>	R4
velmi tvrdý	nůž	>1000	> 10 <sup>6</sup>	R5
led				R6

Zdroj: Colbeck et al. 1990

Další důležitou vlastností je tepelně-izolační schopnost sněhu. Vrstva sněhu působí jako izolace od vnějších teplotních podmínek a redukuje hloubku teplotních změn v půdě. Závisí na mocnosti sněhové pokrývky a stupni přeměny sněhu. Marchand (1987) uvádí, že k tomu aby nedocházelo k ovlivnění půdy povrchovou teplotou, stačí 50-ti centimetrová vrstva sněhu. Pro ochranu před krátkodobými teplotními změnami postačí pouze 20 cm. Intenzita tepelně-izolační valstnosti nezávisí pouze na mocnosti, ale také na stáří a struktuře sněhu. Lepší tepelný izolant je nově napadaný sníh, který má malou hustotu a tím i nízkou vodivost (při hustotě 0,1g/cm<sup>3</sup> je tepelná vodivost 0,0003 W/cm/°K). Oproti tomu starý sníh je díky své hustotě až 10x lepší vodič tepla (při hustotě 0,4g/cm<sup>3</sup> je tepelná vodivost 0,004 W/cm/°K) (Marchand 1987).

Tato vlastnost sněhu má vliv na aktivitu periglaciálních jevů, neboť ovlivňuje dobu trvání regelačních procesů. V místech s dlouho trvajícím sněhovou pokrývkou, nastává regelace později a je méně intenzivní (Prosová 1961).

Tepelné záření (delší vlnové délky) je sněhem vysoce pohlcováno. V okolí předmětů vyzařujících tepelné záření (např. sluncem ohříváné kameny nebo kmeny stromů) sníh odtává rychleji. Tento proces je způsoben tím, že sníh pohlcuje záření s delšími vlnovými délkami (tedy tepelné záření) (Marchand 1987). Oproti tomu vysoké procento krátkovlnného záření (většina sluneční energie) sníh odráží. Podíl odraženého a přicházejícího záření se nazývá albedo, většinou se udává v procentech. Albedo sněhové pokrývky závisí na typu a čistotě sněhu. Nejvyšší albedo dosahuje nový sníh, nejnižší velmi znečištěný firn.

### 3.3. Ukládání a odbourávání sněhu

Mocnost sněhové pokrývky závisí na konkrétní lokalitě, morfologii reliéfu a větrném proudění. Již při prvotní sedimentaci sněhu se větší množství hromadí v závětrných polohách. Další změna nastává při druhotném převívání, kdy je sníh svíván z plošin do závětrných prostorů, např. karových sníženin (Partsch 1894). Závětrné místo můžeme určit i podle organických (pyl), či anorganických (prach, písek) spadů, které jsou navátý na závětrné území. Nejvíce patrný je tento indikátor, když napadne v krátkém časovém období větší množství sněhu s příměsí spadu a následně nastane rychlé období tání (Spusta, Spusta et Kociánová 2003).

V závětrném prostoru se vytvářejí velké sněhové převěje. Díky vzdušným proudům a turbulencím v závětrí, se sníh ukládá i v několikametrových vrstvách (Spusta, Spusta et Kociánová 2003). Výška sněhu v převějích může být až dvanáctkrát větší než na náhorních plošinách (Jeník et Sekyra 1995b). Podle výzkumu Vrby (1964), na lavinovém svahu v Modrém dole může být za příznivých podmínek deseti až patnácti metrová vrstva sněhu. I za podprůměrných podmínek je to dokonce 3,5 – 8 m. Tání takovýchto mohutných vrstev sněhu může probíhat až do konce letních měsíců. Ke zvýšené akumulaci sněhu často dochází v nivačních depresích. Spusta, Spusta et Kociánová (2003) uvádí, že nejvyšší intenzita ukládání nastává při intenzivních srážkách a za bouřlivého větru (nad 90 km/h). Tento stav byl zaznamenán na konci března 2002, a na mnoha místech se tak objevily několikametrové převěje. Například na hraně Obřího dolu byla naměřena 9-ti až 12-ti metrová akumulace sněhu. Naproti tomu v sezóně 2002/2003, kdy byla velice chladná a suchá zima, se převěje nevyskytovaly skoro žádné, nebo velice malé (Spusta, Spusta et Kociánová 2003).

Největším a nejdéle trvajícím sněhovým polem ve východních Krkonoších je tzv. Mapa republiky. V minulosti (v období 1958/59, 1961/62 a 1963/64) se horská služba pokoušela změřit výšku sněhové akumulace, pomocí zabetonovaných tyčí. Ovšem díky vysokému deformujícímu efektu plazícího se sněhu, byly tyče zohýbány (Spusta, Spusta et Kociánová 2003). V nedávné době (1999/2000 – 2002/2003) byla výška akumulovaného sněhu změřena pomocí GPS (Dvořák et al. 2002, 2003). Další akumulace můžeme nalézt v nivační depresi na východním svahu Stříbrného hřbetu (Spusta, Spusta et Kociánová 2003).

Při odtávání sněhové pokrývky můžeme pozorovat různé jevy s vazbou na jarní období tání. Tyto jevy popisuje ve své práci Kociánová a Štursová (2008). Jde například o



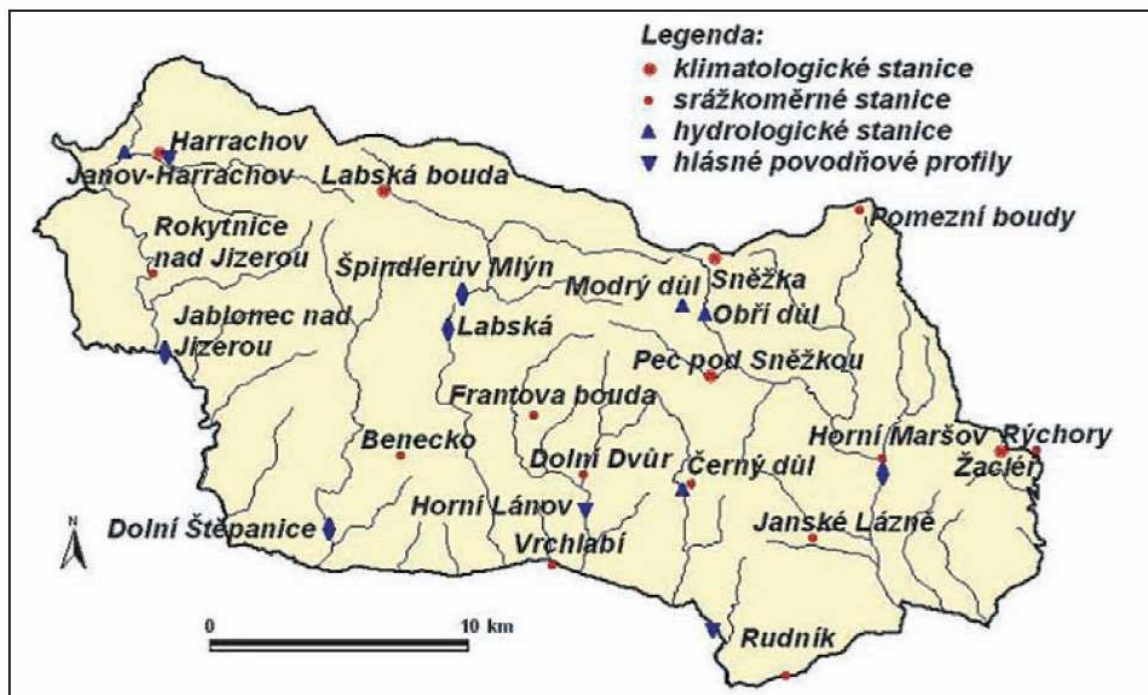
tunely ve sněhové pokrývce (voda z potoků tekoucí pod sněhovou pokrývkou), či břečkotok (*slushflow*; rozbředlý sníh nasycený vodou, který stéká po svahu dolů). Pro další jevy flow fingers a ice columns navrhnou autorky české ekvivalenty: perkolační kanálky a vertikální sloupky.

### 3.4. Výzkum sněhové pokrývky

První zmínky o sněhových poměrech (zápisy extrémního množství sněhu) můžeme nalézt ve starých obecních kronikách. První pokusy měření klimatologických jevů se objevily na Sněžce již v roce 1681 (jde o nejdelší řadu meteorologického pozorování v Krkonoších), první systematické pozorování však pochází z 19. století. Bylo to například měření z let 1824 – 1834 u kapličky sv. Vavřince, či další měření (1880 – 1890). V roce 1900 se postavila bouda na polské straně, která fungovala až do roku 1976, kdy se postavila nová observatoř. Pravidelné hydrologické pozorování se datuje od roku 1907 (Halásová, Vančová et Vašková 2007). Systematický výzkum sněhu (z hlediska krystalografického, stratigrafického a mechanického) se datuje od ledna roku 1954 (Vrba 1964). Horská služba prováděla rozbory a měření sněhu pro stanovení kritérií sesuvů lavin a jejich předpovídání (Vrba 1964). S měřením v zimním období souvisely určité problémy, i dnes jsou některé stanice stále manuální a je zapotřebí nepřetržité obsluhy. To způsobovalo problém s obsluhou zařízení především na horských hřebenech, kde v zimním období přetrvávají velice nepříznivé klimatické podmínky. Kromě lidského faktoru jsou v zimním období problémy i s namrzáním přístrojového vybavení, zamrzáním člunkového srážkoměru, či obtížné měření přízemní teploty při vydatném sněžení.

Meteorologická stanice na Sněžce spadá pod správu meteorologického a vodohospodářského institutu v Polsku. Současnou sítí klimatologických stanic na české straně Krkonoš spravuje Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ). Stanice jsou srážkoměrné nebo klimatologické, které mohou být interové nebo profesionální. Klimatologické stanice zaznamenávají třikrát denně hodnoty těchto veličin: teplota a vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru, množství oblačnosti a stav počasí, extrémní teploty, délku slunečního svitu, množství srážek, nový a celkový sníh. Interové klimatické stanice jsou již plně automatizované a zaznamenávají stejné veličiny v kroku pozorování 15 minut.

Obr. č. 6: Měřicí stanice ČHMÚ s polskou stanicí na Sněžce a hlásné povodňové profily



Zdroj: Halášová, Vančarová et Vašková 2007

Profesionální stanice kromě uvedených veličin zaznamenávají navíc tlak vzduchu, výšku a druh oblačnosti a zaměřují se na synoptická pozorování. Jednodušší srážkoměrné stanice zaznamenávají pouze druh a množství srážek, nový a celkový sníh. Přehled stanic nacházející se na území Krkonoš (nejen horské oblasti východních Krkonoš) je na obr. č. 6. Na obrázku jsou znázorněny i hydrologické stanice a hlásné povodňové profily. Ve východních Krkonoších nalezneme jednu profesionální stanici (Pec pod Sněžkou), dvě klimatologické stanice (Rýchorská bouda, Luční bouda) a tři srážkoměrné stanice (Frantova bouda, Horní Maršov, Pomezní boudy). Další stanice, které nespádají pod správu ČHMÚ, jsou účelová automatická klimatologická stanice Krkonošského národního parku na Studniční hoře a automatické srážkoměrné stanice Povodí Labe. Zdrojem informací obsažených v této kapitole je český hydrometeorologický ústav (<http://www.chmi.cz>).

## 4. METODIKA PRÁCE

### 4.1. Studované lokality

V zájmovém území byly pro měření mocnosti sněhové pokrývky vybrány dvě lokality: Čertova louka a Modré sedlo. Obě tyto lokality spojuje výskyt periglaciálních tvarů se známkami recentní aktivity (Trem et al. 2004). Liší se však způsobem ukládání a rozložením sněhové pokrývky. Čertova louka je závětrná akumulací plocha, která se vyznačuje velkými amplitudami mocnosti sněhu během celého zimního období, oproti tomu exponovaná lokalita Modré sedlo je deflačního charakteru a mocnost sněhu zde nenabývá vysokých hodnot.

Čertova louka leží na mírném JV svahu Čertova návrší. Studovaná lokalita (o velikosti přibližně 4 ha) leží ve výšce 1415 – 1455 m n. m., na jejím území se nachází dvě nivační deprese (viz obr. č. 7), kde se během zimy ukládá velké množství sněhu. Mocnost sněhu zde často nabývá hodnot i přes 5 m (Janásková 2005).

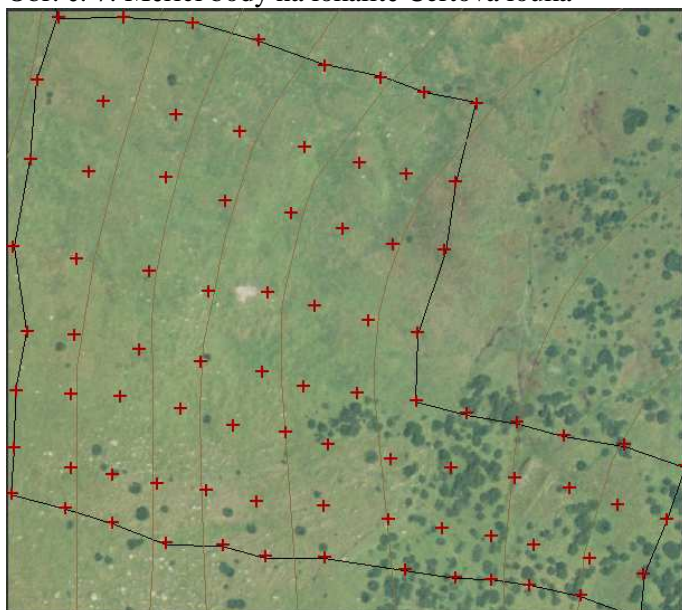
Studovaná lokalita Modré sedlo se nachází na plošině v blízkosti vojenského řopíku, 750 m východně od vrcholu Luční hory. Část lokality s plochým povrchem je porostlá klečí (viz obr. 8). V jižní části lokality je výrazná terénní hrana, na které přechází reliéf plošiny ve svah o sklonu  $15^\circ - 20^\circ$ . Terénní hrana a svah je bez vegetace a nachází se zde pouze ostrohranná suť. Jižní okraj lokality je již v závětrné oblasti a nachází se zde část nivační deprese.

### 4.2. Měření mocnosti sněhu

Měření probíhalo pomocí nastavitelné lavinové sondy na daných bodech o pravidelném uspořádání. Na lokalitě Čertova louka se nachází celkem 84 bodů od sebe vzdálených 20 – 25 m (obr. č. 7). Na lokalitě Modrého sedla je hustší síť 58 bodů o průměrné vzdálenosti 12 m (obr. č. 8). K navigaci na body jsem používala Garmin GPSMAP 76S. Měření bylo prováděno v intervalu jednoho měsíce s mírnými odchylkami (řádově ve dnech), způsobenými nepříznivým počasím. První měření bylo provedeno 5. 12. 2008, poslední 10.6. 2009. V době nesouvislé sněhové pokrývky probíhalo měření častěji. Pro lepší zhodnocení odbourávání sněhu je interval měření v době tání 14 dní. Na svažitém terénu se měří svislá vzdálenost mezi povrchem sněhové a pokrývky povrchem země. Vzhledem k charakteru povrchu lokalit (bez větších nerovností) a extrémním hodnotám mocnosti sněhové

pokrývky na obou lokalitách (Čertova louka 425 cm, Modré sedlo 170 cm) byla na každém měřeném bodě zjišťována mocnost sněhové pokrývky jednou sondou.

Obr. č. 7: Měřicí body na lokalitě Čertova louka



Obr. č.8: Měřicí body na lokalitě Modré sedlo



### **4.3. Zpracování dat**

Z naměřených hodnot byly interpolací vytvořeny mapy rozložení sněhové pokrývky pro každé měření, dále mapy, které znázorňují změny v rozložení sněhové pokrývky (vždy dvě po sobě jdoucí měření) a mapy znázorňující průběh odbourávání sněhové pokrývky. Pro zpracování dat byl použit program ArcGis (verze 9.2). Jako metodu interpolace naměřených hodnot byl použit kriging. Tato metoda je vhodná pro malá území s pravidelně uspořádanou hustou sítí bodů. Kriging je založen na statistickém modelu, který zahrnuje autokorelaci, a pro tento soubor dat se zdál být nejvhodnější volbou.

## 5. SNĚHOVÉ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ V ZIMĚ 2008/2009

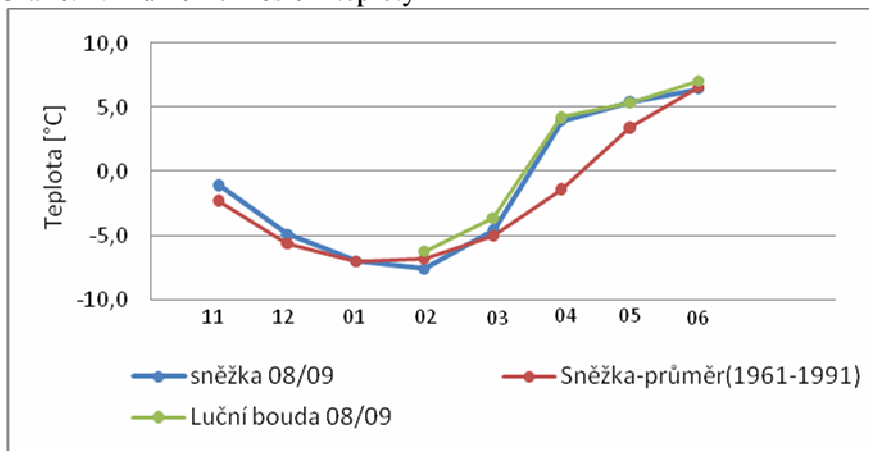
### 5.1. Charakteristika zimy 2008/2009 na zájmovém území

Pro charakterizování klimatických podmínek pro vývoj sněhových poměrů v zimě 2008/2009 byla použita data z meteorologické stanice na Sněžce (1602 m), která je z krkonošských stanic zájmovému území nejbližší. Vzhledem k exponovanosti nejvyšší hory Krkonoš, zde nalezneme určité odlišnosti v povětrnostních podmínkách. Na Sněžce se mj. častěji vyskytují vyšší rychlosti větru a díky vyšší nadmořské výšce (rozdíl cca 150 m) zde bývá naměřena nižší teplota vzduchu. Uvedené rozdíly, potvrzují výsledky měření na nově založené meteorologické stanici Luční bouda, která se nachází přímo v zájmovém území. Data z této stanice však pro aktuální zimu nejsou úplná (začátek měření stanice je 20. 1. 2009), a proto jsou v této práci využita jako doplňková. Průměrné měsíční hodnoty teplot jsou uvedeny v grafu č. 1.

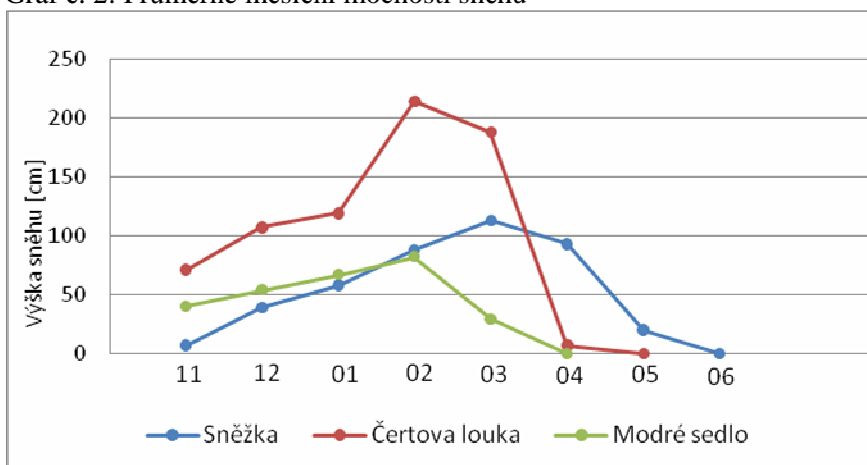
Zimu 2008/2009 lze charakterizovat jako období bez výrazných extrémních podmínek. Teplotní, sněhové a srážkové charakteristiky se významně nelišily (až na výjimky) od průměrných hodnot dlouhodobých měření. Díky teplejší první dekádě listopadu, se první sníh na zájmovém území objevil až 13. listopadu. Záhy však sníh roztál a stálá sněhová pokrývka se vytvořila až 17. listopadu. Výška sněhové pokrývky postupně narůstala (i díky chladnějšímu počasí v poslední dekádě) a na konci listopadu dosahovala na Sněžce 24 cm. V prosinci narůstání sněhové pokrývky pokračovalo, teploty byly stále a pohybovaly se okolo průměru  $-4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Díky slunečnému počasí beze srážek, nastal pouze mírný pokles sněhové pokrývky na konci roku 2008 (od 28. 12. 2008 do 1. 1. 2009). Průměrná teplota pro leden 2009 ( $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) byla stejná jako dlouhodobá průměrná teplota vypočítaná za období 1961 až 1991. V první lednové dekádě panovaly velice chladné teploty blížící se k hranici  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V nechladnější den z celého zimního období (3. 1. 2009) klesla průměrná teplota pod  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Za celý měsíc leden přibylo pouze 19 cm sněhu. Srážkově se leden nacházel pod dlouhodobým průměrem a v období od 8. do 13. ledna se výška sněhové pokrývky zmenšila. Maximum sněhové pokrývky v tomto období (65 cm), bylo pouze o 7 cm větší, než činil celkový průměr tohoto měsíce. Na datech z Luční boudy můžeme pozorovat rozdílnou mocnost sněhové pokrývky na zarovnaném povrchu zájmového území a na Sněžce (viz graf č. 2). Na konci

ledna bylo u Luční boudy naměřeno o 20 cm více sněhu než na Sněžce. 1. února činil tento rozdíl již 45 cm.

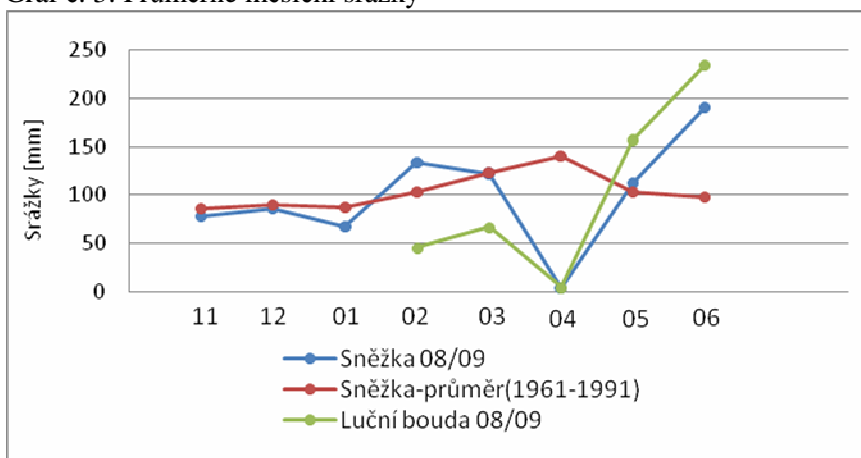
Graf č. 1: Průměrné měsíční teploty



Graf č. 2: Průměrné měsíční mocnosti sněhu



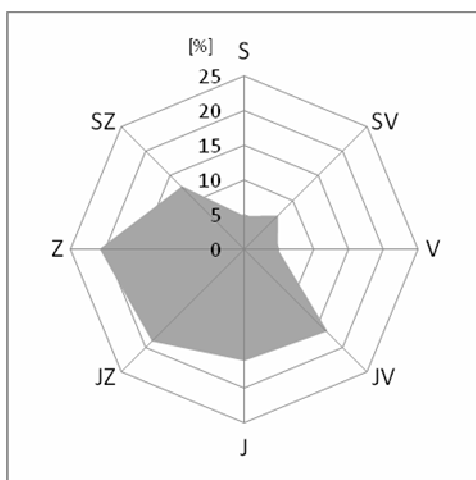
Graf č. 3: Průměrné měsíční srážky



Únor můžeme rozdělit na tři teplotní období. Po první části, kdy byly teploty nadprůměrné a mocnost sněhu mírně klesala, přichází do Krkonoš studená fronta, která s sebou přináší také srážky a vysoké rychlosti větru převážně severozápadního směru. V období mezi 10. a 13. březnem narostla sněhová pokrývka o 20 cm. Následovalo teplotně průměrné období s mírným přírůstkem sněhu. Průměrné teploty v březnu nedosáhly kladných hodnot, po celé období se teploty nacházely mírně pod bodem mrazu. Výrazná odchylka od průměru nastala 26.3, kdy teplota klesla na  $-12^{\circ}\text{C}$ , což je  $7,5^{\circ}\text{C}$  pod dlouhodobým průměrem. Díky významným srážkovým úhrnům (15 mm a 13,9 mm), došlo k výraznému růstu sněhové pokrývky na Sněžce, která dosahuje 30. března svého maxima (148 cm) za celé zimní období. Mezi dny 24. a 30. března napadlo až 33 cm sněhu. Na konci měsíce dosahuje maxima i sněhová pokrývka u Luční boudy. Na této meteorologické stanici se však nacházelo 235 cm sněhu, tj. téměř o 90 cm více než na Sněžce.

Od počátku dubna do konce května se mocnost sněhové pokrývky kontinuálně snižovala. V dubnu a květnu pomáhaly procesu tání nadprůměrné teploty, v celém následujícím období se vyskytovaly pouze 4 dny s průměrnou denní teplotou pod bodem mrazu (17.4., 23.4., 5.5., 30.5.). Průměrná denní teplota za měsíc duben dosáhla hodnoty  $3,9^{\circ}\text{C}$ , rozdíl mezi dlouhodobým průměrem a průměrem pro rok 2009 činí celých  $5^{\circ}\text{C}$ . Srážkové úhrny dosáhly v dubnu extrémně nízkých hodnot. Za celý měsíc spadlo jak na Sněžce, tak i na Luční boudě pouze 4 mm srážek. Rozdíl od dlouhodobého průměru je zde až 135 mm srážek za měsíc (viz graf č. 3). Za toto období se snížila mocnost sněhové pokrývky na Sněžce ze 145 cm na 50 cm (tedy necelých 90 cm), na Luční boudě byl úbytek sněhu dokonce 160 cm.

Graf č. 4: Převládající směr větru na Luční boudě v zimě 2008/2009



Srážky v květnu se nacházely již v normálu, minimální teploty zůstaly, maximální teploty se dostaly až na  $14^{\circ}\text{C}$  (maximum 26.5). Sníh na stanici Sněžka roztál počátkem května (6.5). Na zarovnaném povrchu zájmového území sníh zůstával v nivačních depresích až do počátku června. Na stanici Sněžka ještě počátkem června napadla nízká vrstva sněhového poprašku, který však do 5. června roztál.

Rozdíly v průměrné rychlosti větru mezi Sněžkou a Luční boudou dosahují až 7 m/s. Na Sněžce se v zimních měsících často vyskytuje průměrná



rychlost větru 15 m/s. Na stanici Luční bouda byla průměrná rychlost v únoru a v březnu pouze 8 m/s. V grafu č. 4 můžeme vidět, že převládající směr větru v zimě 2008/2009 byl západní. Výrazné jsou však i jihovýchodní až jihozápadní směry.

## 5.2. Sněhové poměry studovaných lokalit

Na vybraných lokalitách Čertovy louky a Modrého sedla bylo v zimě 2008/2009 zkoumáno rozložení sněhové pokrývky během zimy a s tím spojené ukládání a odbourávání sněhu. Z naměřených dat byly zjištěny výrazné rozdíly mezi oběma lokalitami.

Čertova louka leží na mírném svahu s východní expozicí. Tato závětrná oblast je tedy vyživována sněhem, který je svíván z Čertova návrší. V oblasti studované lokality se nachází dvě nivační deprese, kde se po celé období vyskytují vysoké akumulace sněhu. Převažující vliv na prostorové rozložení sněhové pokrývky má tedy tvar zemského povrchu. Vysoké amplitudy byly naměřeny již na počátku zimy (mapa č. 1). V prosinci rozdíl mezi minimem a maximem sněhové pokrývky činil již 190 cm. Největší rozdíl mocnosti sněhu byl naměřen v březnu, kdy amplituda dosáhla 325 cm (tab. č. 6). Průměrná mocnost sněhu v tomto měsíci byla až 214 cm. Při tomto měření bylo zároveň i nejvyšší maximum sněhu za celé zimní období. Více než čtyři metry (425 cm) byly naměřeny v nivační depresi přibližně uprostřed studované lokality (mapa č. 4). Průměrná mocnost sněhové pokrývky za celé zimní období (prosinec – květen) byla 102 cm. Nejmenší hodnota mocnosti sněhu na studované lokalitě 16. 3. 2009 byla 100 cm. Na mapě 12 v období mezi březnem a dubnem je naznačen mírný pokles mocnosti sněhu.

Tab č. 5: Nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty v zimě 2008/2009

lokality	datum měření	5.12.	10.1.	9.2.	16.3.	10.4.	13.5.	25.5.	období prosinec - květen
<b>Čertova louka</b>	max	220	255	250	425	400	135	70	-
	min	30	35	40	100	90	0	0	-
	průměr	71	107	119	214	188	13	1	102
<b>Modré sedlo</b>	max	85	90	115	170	100	0	0	-
	min	5	10	30	35	0	0	0	-
	průměr	40	54	67	82	29	0	0	39
<b>Sněžka</b>	průměr	-	-	-	-	-	-	-	66

I díky jasnému a slunečnému počasí bez srážek a nadprůměrným teplotám (viz. kapitola 5.1), nastal největší úbytek sněhu v dubnu (mapa č. 5). Na některých místech klesla výška sněhové pokrývky i o více než dva metry (mapa č. 13). Začátkem května se objevila první místa bez sněhové pokrývky (mapa č. 6). Na konci května je již většina vrcholové plošiny zájmového území bez sněhové pokrývky (mapa č. 7). I přes to, že na více než polovině studované lokality sněh již odtál, v místech největší akumulace je stále až 100 cm sněhu (největší množství na daných měřených bodech bylo 70 cm). V době posledního měření (10. 6. 2009) dosahoval sněžník v nivační depresi maximální mocnosti 60 cm sněhu (mapa č. 8).

Na lokalitě Modré sedlo byly po celou zimu zaznamenány velice malé rozdíly mocnosti sněhové pokrývky (mapa 15 – 19). Z většiny povrchu byl sněh svívan přes výraznou terénní hranu do závětrné nivační deprese. Velice malá část nivační deprese zasahuje i do studované lokality. V těchto místech se také vyskytují maximální mocnosti sněhu. Maximum sněhové pokrývky (170 cm) nastalo v těchto místech v měsíci březnu (mapa č. 18). Vedlejší maximum bylo objeveno v severovýchodním cípu lokality s naměřenou výškou sněhové pokrývky 160 cm. Největší průměrná mocnost sněhové pokrývky byla s hodnotou 82 cm naměřena taktéž v měsíci březnu. Výrazné rozložení mají minimální hodnoty, které se vyskytují v oblasti terénní hrany. Za celé zimní období nepřesáhla minimální výška sněhu hodnotu 35 cm. Na počátku května byla studovaná oblast Modrého sedla již bez sněhu.

### **5.3. Diskuze**

Lokality Modré sedlo a Čertova louka byly z hlediska sněhové pokrývky podrobně studovány v letech 2003 – 2005 v práci Janáskové (2005), zabývající se vyhodnocením sněhové pokrývky a vlivem na periglaciální tvary. S výsledky uvedenými ve zmiňované práci byly porovnány sněhové poměry na studovaných lokalitách v sezóně 2008/2009. Jak již bylo řečeno, na území studované lokality Čertovy louky se vyskytují významné akumulace sněhu, které většinou více než dvakrát převyšují výšku sněhu naměřenou na stanici Luční bouda. V tabulce č. 6 jsou mimo minimálních a maximálních hodnot měření uvedeny také průměrné výšky sněhu pro každou studovanou lokalitu a daný termín měření, které můžeme porovnat s výškou sněhu na stanici Sněžka. Rozložení sněhu a tendence odbourávání sněhové pokrývky, které Janásková uvádí, platí i pro zimu 2008/2009. Největší mocnosti sněhu na

lokalitě Čertova louka se vyskytovaly v nivačních depresích. Při následném tání sněhové pokrývky, se sníh v těchto depresích udržel až do června, jak tomu bylo i zimě 2008/2009. První odtátá místa byly oblasti s menší mocností sněhu. Co se týče rozdílů, tak u výzkumu Janáskové (2005) byla výraznější akumulace sněhu v oblasti menší nivační deprese v horní části svahu Čertovy louky. Nepotvrdily se ani extrémní hodnoty sněhové pokrývky. V zimě 2003/2004 uvádí Janásková maximální mocnost sněhu pouze 270 cm, naopak v zimě 2004/2005 až 480 cm. Průměrné hodnoty zimy 2008/2009 dokládá i hodnota počtu dní se sněhovou pokrývkou (tab. č. 7), která se nachází mezi hodnotami těchto dvou extrémních zim (2003/2004 a 2004/2005).

Tab. č. 6: Počty dní se sněhovou pokrývkou

období	počet dní se sněhovou pokrývkou	1. den se sněhovou pokrývkou	poslední den se sněhovou pokrývkou	maximum sněhové pokrývky
zima 2003/2004*	152	7.12.	7.5.	270
zima 2004/2005*	200	6.11.	12.5.	480
zima 2008/2009	175	13.11.	6.5.	425
průměr (1966 - 1875)**	220	-	-	-

\*Janásková (2005)

\*\*Kwiatowski (1985)

Podmínky pro tvorbu sněhové pokrývky v této sezóně byly zhodnoceny v závislosti na průměrné výšce sněhu na stanici Sněžka. Stanice Luční bouda nemohla být použita, z důvodu neúplných dat.

V porovnání s hodnotami naměřenými na Sněžce je deflační oblast Modrého sedla, co se týče výšky sněhové pokrývky, vysoce podprůměrná. Za celé zimní období 2008/2009 byla průměrná mocnost sněhové pokrývky pouze 54 cm (tab. č. 6), zatímco na Sněžce 66 cm (na stanici Sněžka bylo v době nejvyšší sněhové pokrývky až o jeden metr méně sněhu než na Luční boudě). V Modrém sedle jsou výrazné hlavně minimální hodnoty vyskytující se po celou zimu v oblasti terénní hrany (mapa č. 16 – 19). Kromě této oblasti minimálních hodnot a oblasti maxim v nivační depresi na jižním okraji lokality (mapa č. 18), nelze na ostatním území Modrého sedla určit tendence ve změnách rozložení sněhové pokrývky (z důvodu malých změn mocnosti sněhové pokrývky).

## 6. ZÁVĚR

Pro studování sněhových podmínek zarovnaného povrchu ve východních Krkonoších, byly vybrány dvě lokality, na kterých probíhá intenzivní výzkum periglaciálních tvarů. Na studovaných lokalitách (Čertova louka a Modré sedlo) se nalézají 142 předem určených měřících bodů, které jsou pravidelně rozloženy po celé studované lokalitě. Měření mocnosti sněhové pokrývky na těchto bodech probíhala v zimě 2008/2009 každý měsíc. Z těchto naměřených hodnot je patrné zcela rozdílné prostorové rozložení sněhové pokrývky na obou lokalitách.

Na lokalitě Čertova louka, po celé zimní období převládaly vysoké amplitudy sněhu. Čím větší byla mocnost sněhu na zarovnaném povrchu zájmového území, tím se amplituda zvětšovala. Největší mocnosti byly naměřeny v nivačních depresích, kde výška sněhu dosahovala až 4 metry, na rozdíl od okrajových oblastí lokality, kde nejvyšší výška byla pouze 1 metr. I přes relativně krátké období měření byly vyzorovány hlavní rysy v ukládání a tání sněhové pokrývky. Na Čertově louce bylo po celou dobu pravidelné rozložení sněhu. Maxima sněhové pokrývky se držela v nivačních depresích, kde se také sníh udržel nejdéle. Lze tedy říci, že nejdříve sníh odtává na místech s menší mocností sněhové pokrývky.

Modré sedlo je na rozdíl od Čertovy louky deflačního charakteru. Po celou zimu jsou zde nízké hodnoty výšky sněhu. Výrazná je zde oblast terénní hrany, kde minimální hodnoty sněhové pokrývky v zimě 2008/2009 nepřesáhly výšku 35 cm. Při dubnovém měření se v oblasti terénní hrany již nevyskytoval sníh. Byla potvrzena tendence odbourávání sněhové pokrývky, kdy nejdříve odtávají oblasti s menší akumulací sněhu.

Při porovnání výsledků s Janáskovou (2005) byly potvrzeny tendence ukládání a tání sněhu na studovaných lokalitách. Největší mocnosti sněhu vykazovaly nivační deprese. Na lokalitě Čertova louka dosahoval sněžník v zimě 2008/2009 v nivační depresi mocnosti přes 4 m, u Janáskové (zima 2004/2005) dokonce přes 5 m. V této depresi sníh zůstal nejdéle a roztál až během června. Bylo vyzorováno, že jako první odtávají oblasti s nízkou výškou sněhové pokrývky. Potvrzuje to i oblast terénní hrany v Modrém sedle, která v obou výzkumech vykazovala po celé období minimální hodnoty a zároveň již na začátku května nebyla v celé lokalitě oblastí sněhová pokrývka. V oblasti zarovnaného povrchu Modrého sedla uvádí Janásková nepravidelné rozložení sněhové pokrývky. V zimě 2008/2009 se vytvořilo vedlejší maximum na severovýchodním okraji lokality. Tento okraj se nachází v závětrné oblasti menší vojenské pevnosti a během zimy je na toto místo svíván sníh.

## 7. LITERATURA

COUFAL, L., ŠEBEK, O. (1969): Klimatické poměry Krkonoš. In: Fanta, J. et al.: Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 88-101.

ČERNÝ, W., DOSKOČIL, J., (1969): Zvířena Krkonoš. In: Fanta, J. et al.: Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 161-178.

DEMEK, J., (1987): Obecná geomorfologie. Academia, Praha, 476s.

ENGEL, Z. (2003): Pleistocénní zalednění české části Krkonoš. Przyroda Sudetów Zachodnich, 6, Jelenia Góra, s. 223-234.

FALTYSOVÁ H., MACKOVČIN P., SEDLÁČEK M. (2002): Chráněná území ČR: Královéhradecko. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 409s.

FANTA, J., (1969): Voda a vodní hospodářství v Krkonošském národním parku. In: Fanta, J. et al.: Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 196-205.

HALÁSOVÁ O., HANČAROVÁ E. & VAŠKOVÁ I. 2007: Časová a prostorová variabilita vybraných klimatologických a hydrologických prvků na území Krkonoš za období 1961–2000. – In: ŠTURSA J. & KNAPIK R. (eds), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou. Opera Corcontica, 44/1: 171–178.

HANOUSEK, F., SPUSTA V., SOUKUP, M., (1981): O práci a významu střediska lavinové prevence v Krkonoších. Krkonoše, 2, s. 24-27.

HANOUSEK, F., SPUSTA V., SOUKUP, M., (1981): O práci a významu střediska lavinové prevence v Krkonoších. Krkonoše, 3, s. 24-26.

HLADNÝ J., SÝKORA, B. (1983): Klimatologie, hydrologie, sněhová pokrývka. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 33-44.

CHALOUPSKÝ, J. (1969): Geologický vývoj Krkonoš. In: Fanta, J. et al.: Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 42-48.

CHALOUPSKÝ, J. et al. (1989): Geologie Krkonoš a Jizerských hor. Academia, Praha, 288s.

CHALOUPSKÝ, J. (1983): Geologický vývoj. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 11-18.

CHLUPÁČ, I. et al. (2002): Geologická minulost české republiky. Academia, Praha, 436s.

JANÁSKOVÁ, B. (2006): Vliv sněhových poměrů na rozmístění a aktivitu periglaciálních tvarů ve východních Krkonoších. Diplomová práce, Praha, 95s.

JENÍK, J. (1961): Alpínská vegetace Krkonoš, Kralického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Praha, 409s.

JENÍK, J., SEKYRA, J. (1995a): The concept of arctic alpin tundra. In: Soukupová, L. et al.: Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes. Opera Corcontica, 32, Vrchlabí, s. 6 – 12.

JENÍK, J., SEKYRA, J. (1995b): Exodynamic and climatic factors. In: Soukupová, L. et al.: Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes. Opera Corcontica, 32, Vrchlabí, s. 13 - 19,.

KADLEČÍK, P. (2005): Recentní pohyby putujících bloků na Čertově louce v Krkonoších. Diplomová práce, Praha, 102s.

KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H. (2002): Problematika dosud nepopsaných reliéfových forem vzniklých za spolupůsobení mrazu a vegetace. Opera Corcontica, 39, Vrchlabí, s. 115-142.

KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H. (2008): Jevy spojené s odtáváním sněhové pokrývky v tundrové zóně Krkonoš. Opera Corcontica 45, Vrchlabí, s. 13–34.

KRÁL, V. et al. (1983): Vývoj reliéfu. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 19-32.

KRÁLÍK, F., SEKYRA, J. (1969): Geomorfologický přehled Krkonoš. In: Fanta, J. et al.: Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, s. 59-87.

KWIATKOWSKI, J. (1982): Skutečné srážky v Krkonoších. Opera Corcontica, 19, Praha, s. 45-64.

MARCHAND, P. J. (1987): Life in the cold. University press of New England, Hannover, 304s.

PARTSCH (1894): Die vergletscherung des reisengebirges zur eiszeit. forsch. z. d. Landes und Volkskunde, Stuttgart, roč. 8, č. 2, s. 103-194.

PELÍŠEK, J. (1974): Půdy Krkonošského národního parku. Opera Corcontica, 11, Praha, s. 7-35.

- PROSOVÁ, M. (1961): Recentní regelace v horských oblastech Českého masivu. Přírodovědný časopis slezský, 12, Opava, s. 217-222.
- SEKYRA, J. (1960): Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. Geotechnika, sv. 27, Praha, 164 s.
- SEKYRA, J. (1964): Kvarérně geologické a geomorfologické problémy krkonošského krystalinika, Opera Corcontica, 1, Vrchlabí, s. 7-24.
- SEKYRA, J., SEKYRA, Z. (1995): Recent cryogenic processes. In: Soukupová, L. et al.: Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes. Opera Corcontica, 32, Vrchlabí, s. 31-37,.
- SEKYRA, J., SEKYRA, Z. (2002): Former existence of plateau icefield in Bílá louka meadow. eastern Giant mountains. Hypothesis and evidence. Opera Corcontica, 39, Vrchlabí, s. 35-43.
- SPUSTA, V., SPUSTA, V., KOCIÁNOVÁ, M. (2003): Ukládání sněhu na závětrných svazích české strany Krkonoš (tundrová zóna). Opera Corcontica, 40, Vrchlabí, s. 87-104.
- ŠEBESTA, J., TREML, V. (1976): Glacigenní a nivační modelace údolí a údolních uzávěrů Krkonoš. Opera Corcontica, 10, Praha, s. 7-44.
- TOMÁŠEK, M., ZUSKA, V. (1983): Půdní poměry. In: Sýkora, B. et al.: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 59-62.
- TRACZYK, A. (2004): Late pleistocéne evolution of periglacial and glacial reliéf in the Karkonosze Mountains. New hypotheses and research perspectives. Acta Universitatis Carolinae, Geographica, Praha, č. 1, s. 59-79.
- TREML, V. (2004): Recentní dynamika alpské hranice lesa v Krkonoších. Opera Corcontica, 42, Vrchlabí, s. 367-375.
- TREML, V., KRÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2005): Strukturní půdy Vysokých Sudet – rozšíření, aktivita. Geomorfologický sborník, ČAG, JČU, České Budějovice, č. 4, s. 149-153.
- VRBA, M. (1964): Sněhová akumulace v lavinové oblasti Modrého dolu v Krkonoších. Opera Corcontica, 1, Vrchlabí, s. 55-69.

**Další zdroje:**

Data meteorologické stanice Luční bouda, Český hydrometeorologický ústav.

Geografický informační systém správy KRNAP, datové vrstvy: vrstevnice int. 25 m, geologie, toky.

Správa Krkonošského národního parku [online]. 2003 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.krnep.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=92&Itemid=50](http://www.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=92&Itemid=50)>.

MRKVICA, Zdeněk, PROSOVÁ, Olga. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2000 [cit. 2009-07-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.chmi.cz/BR/metspol/seminar/PDF/Mrkvica.pdf>>.

Alpy4000 [online]. 2009 [cit. 2009-05-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.alpy4000.cz/laviny-info-expert.php>>.



## **PŘÍLOHY**

**Příloha č. 1:** Mapy rozložení sněhové pokrývky na lokalitě Čertova louka za jednotlivá měření (Mapa č. 1 – 8)

**Příloha č. 2:** Mapy změn výšky sněhové pokrývky na lokalitě Čertova louka mezi jednotlivými měřeními (Mapa č. 9 – 14)

**Příloha č. 3:** Mapy rozložení sněhové pokrývky na lokalitě Modré sedlo za jednotlivá měření (Mapa č. 15 – 19)

**Příloha č. 4:** Mapy změn výšky sněhové pokrývky na lokalitě Modré sedlo mezi jednotlivými měřeními (Mapa č. 9 – 14)

**Příloha č. 5:** Foto 1: Modré sedlo – terénní hrana

**Příloha č. 6:** Foto 2: Čertova louka – 13.5. 2009

**Příloha č. 7:** Foto 3: Čertova louka – 25.5. 2009

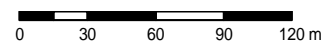
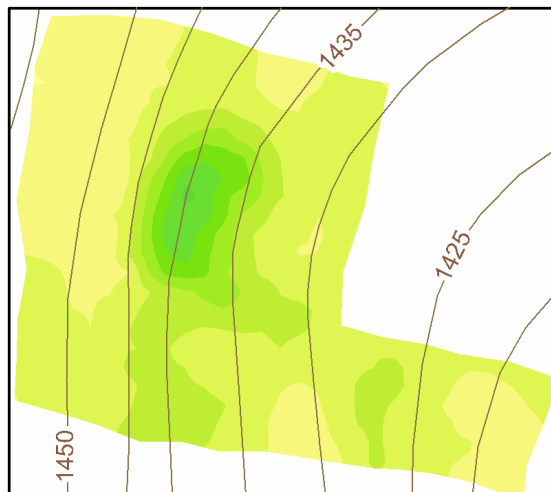
## Příloha č.1

### Mapa č. 1:

Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 5. 12. 2008

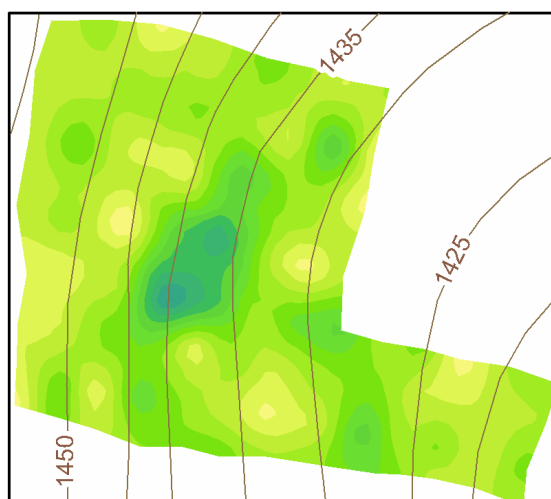


### Mapa č. 2:

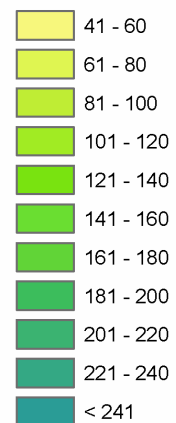
Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 10. 1. 2009



### Výška sněhu [cm]

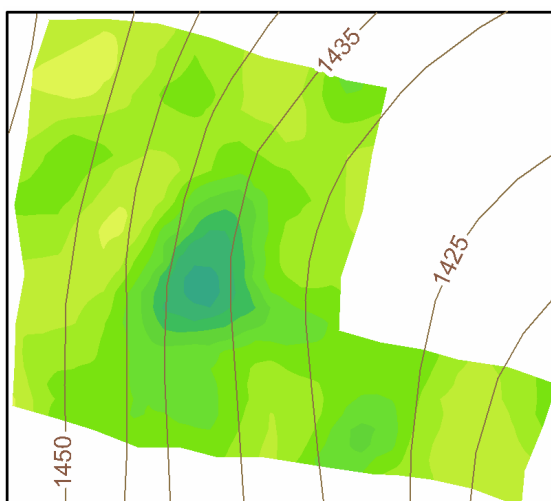


### Mapa č. 3:

Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 9. 2. 2009

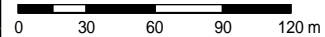
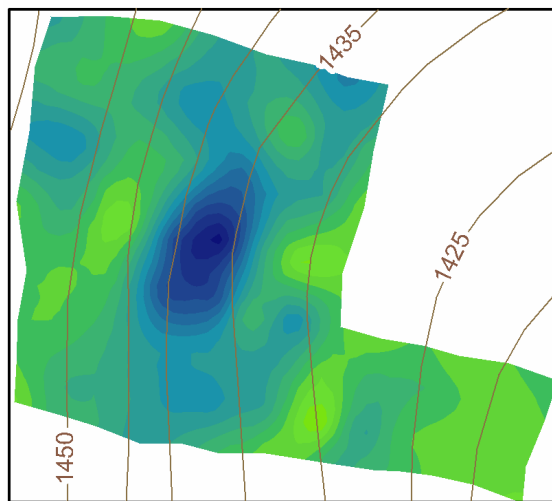


Mapa č. 4:

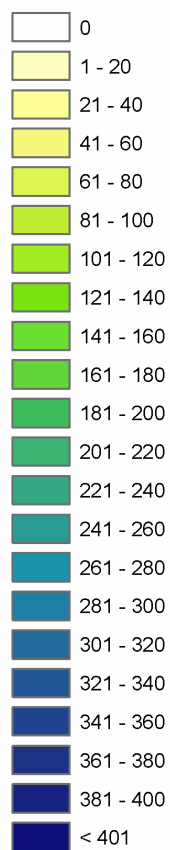
Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 16. 3. 2009



**Výška sněhu [cm]**

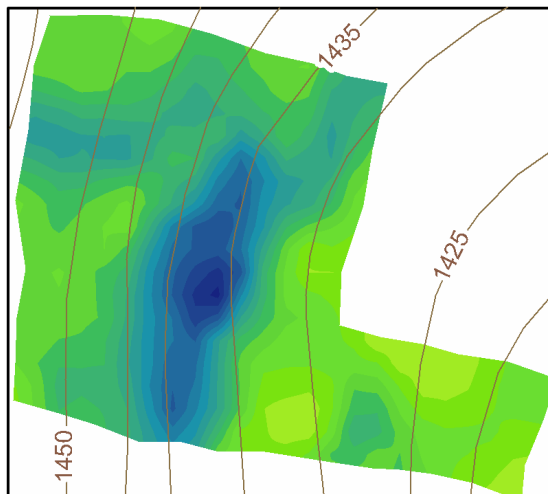


Mapa č. 5:

Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 10.4. 2009

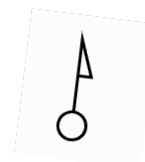
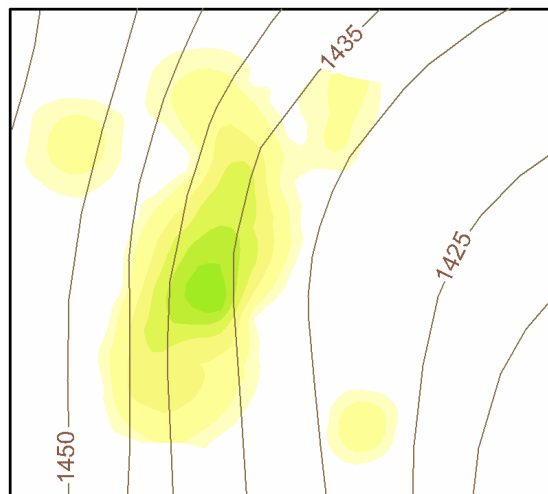


Mapa č. 6:

Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 13. 5. 2009

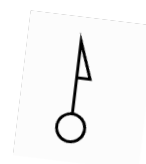
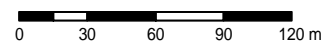
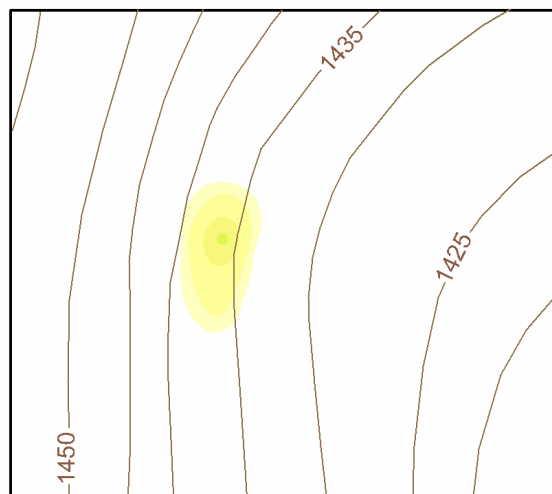


Mapa č. 7:

Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 25. 5. 2009

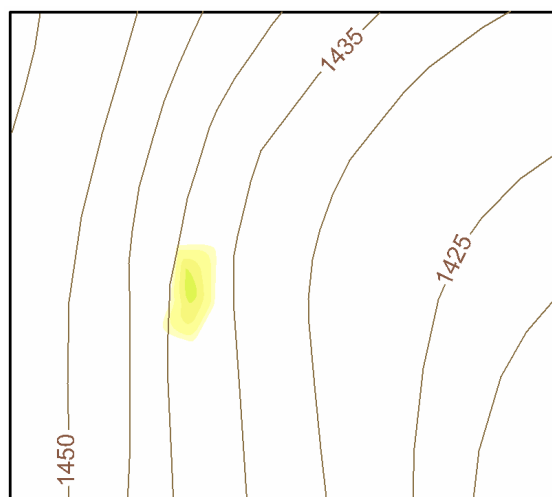


Mapa č. 8:

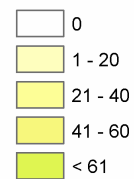
Výška sněhové

pokrývky na lokalitě

Čertova louka 10.6. 2009



**Výška sněhu [cm]**



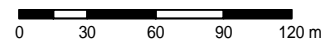
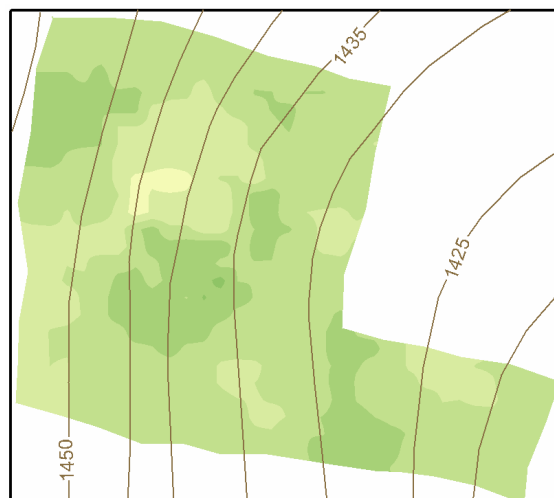
## Příloha č: 2

### Mapa č. 9:

Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Čertovo návrší

5. 12. 2008 – 10. 1. 2009

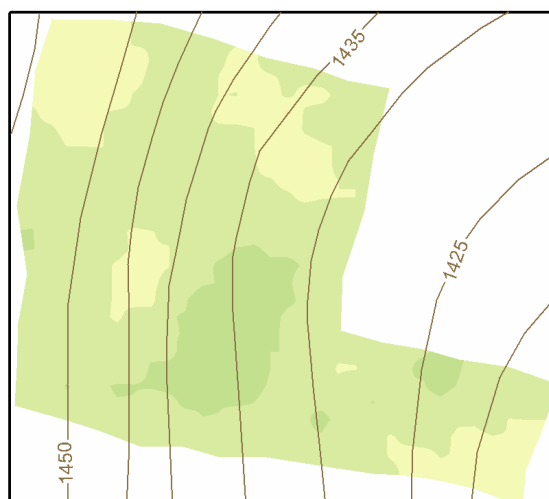


### Mapa č. 10:

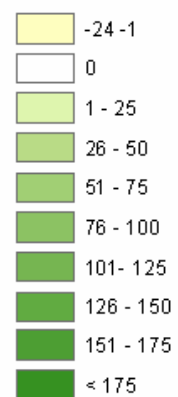
Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Čertovo návrší

10. 1. 2009 – 9. 2. 2009



Změna výšky sněhu  
[cm]

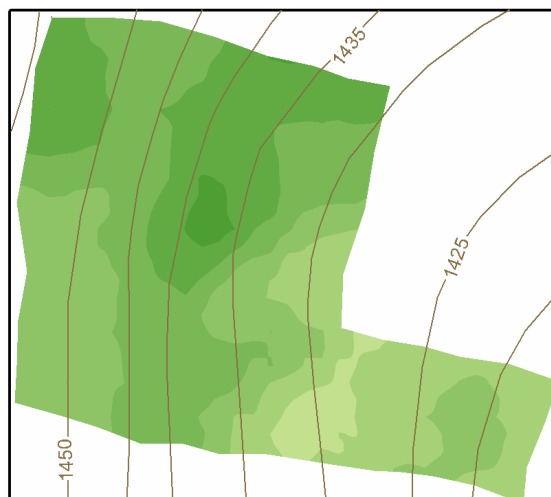


### Mapa č. 11:

Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Čertovo návrší

9. 2. 2009 – 16. 3. 2009

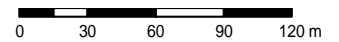
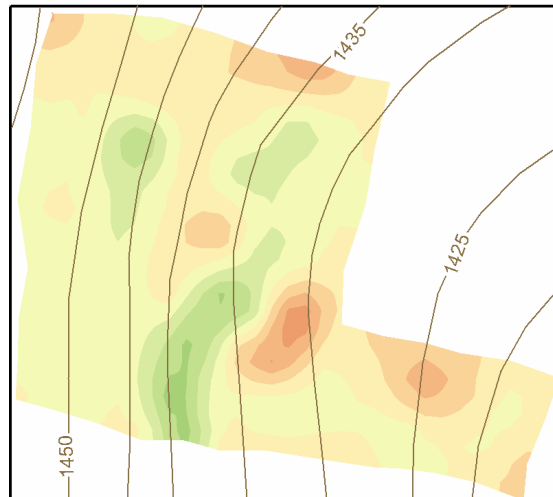


Mapa č. 12:

Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Čertovo návrší

16. 3. 2009 – 10. 4. 2009

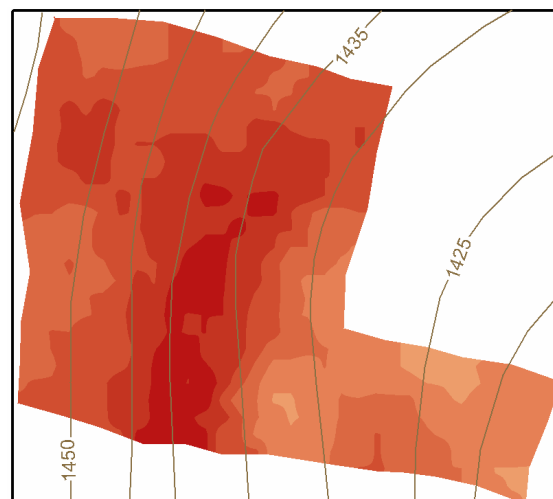


Mapa č. 13:

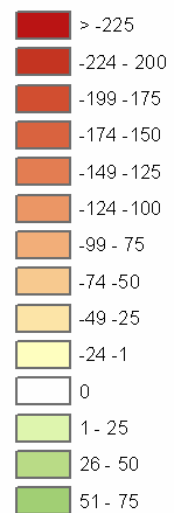
Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Čertovo návrší

10. 4. 2009 – 13. 5. 2009



**Změny výšky sněhu [cm]**

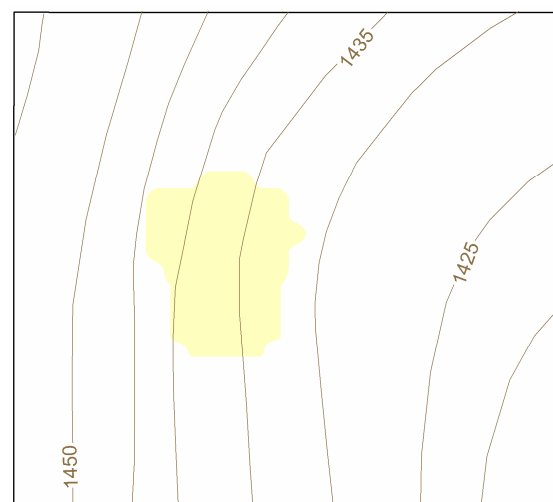


Mapa č. 14:

Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Čertovo návrší

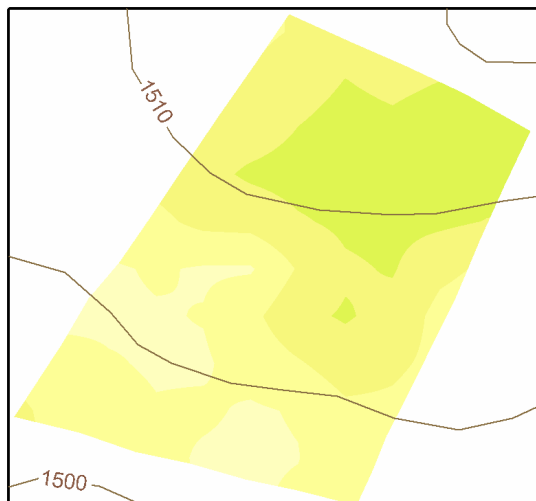
13. 5. 2009 – 25. 5. 2009



### Příloha č. 3

#### Mapa č. 15:

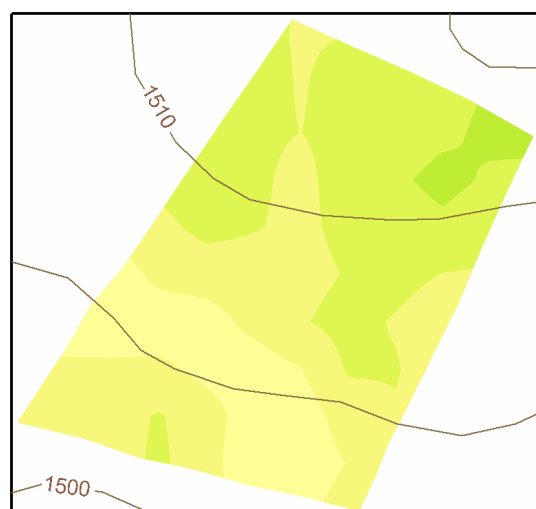
Výška sněhu na lokalitě  
Modré sedlo 5. 12. 2008



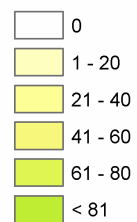
0 10 20 30 40 m

#### Mapa č. 16:

Výška sněhu na lokalitě  
Modré sedlo 10. 1. 2009

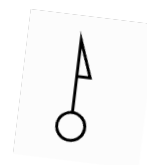
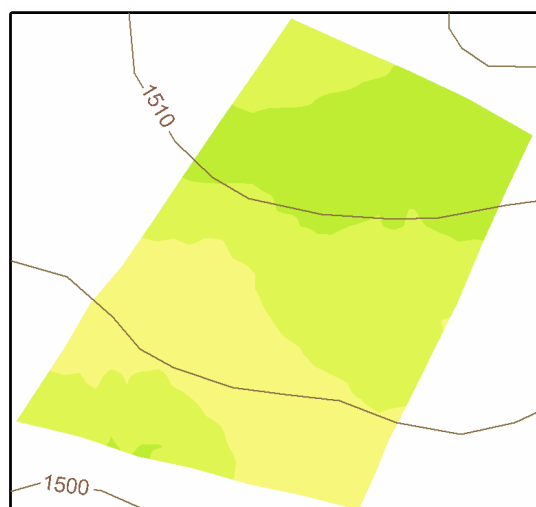


#### Výška sněhu [cm]



#### Mapa č. 17:

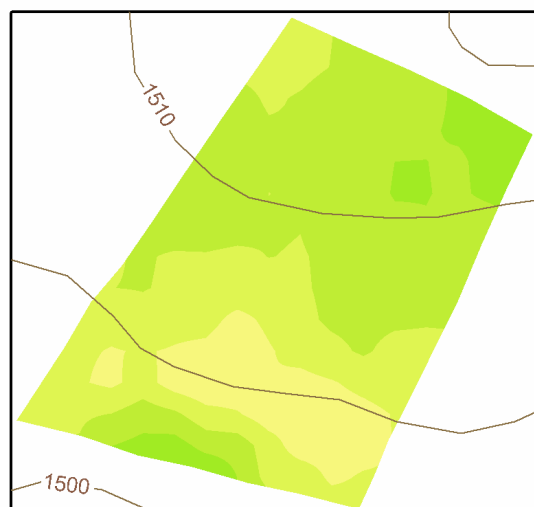
Výška sněhu na lokalitě  
Modré sedlo 9. 2. 2009



Mapa č. 18:

Výška sněhu na lokalitě

Modré sedlo 16. 3. 2009

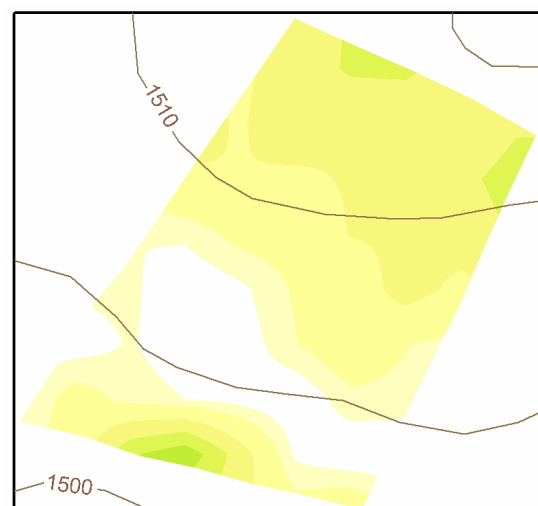


0 10 20 30 40 m

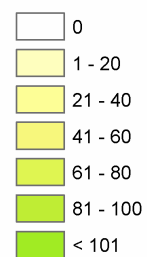
Mapa č. 19:

Výška sněhu na lokalitě

Modré sedlo 10. 4. 2009



**Výška sněhu [cm]**





**Příloha č. 4:**

Mapa č. 20:

Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Modré sedlo

5. 12. 2009 – 10. 1. 2009



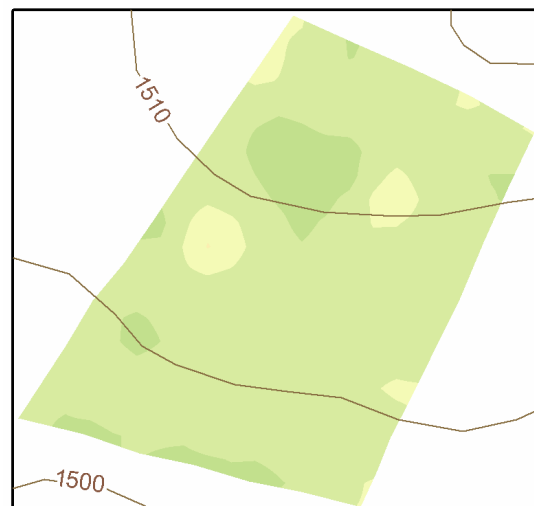
0 10 20 30 40 m

Mapa č. 21:

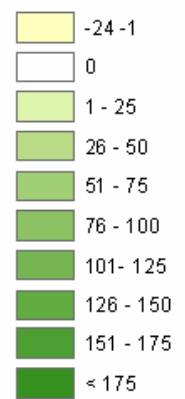
Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Modré sedlo

10. 1. 2009 – 9. 2. 2009



**Změna výšky sněhu  
[cm]**

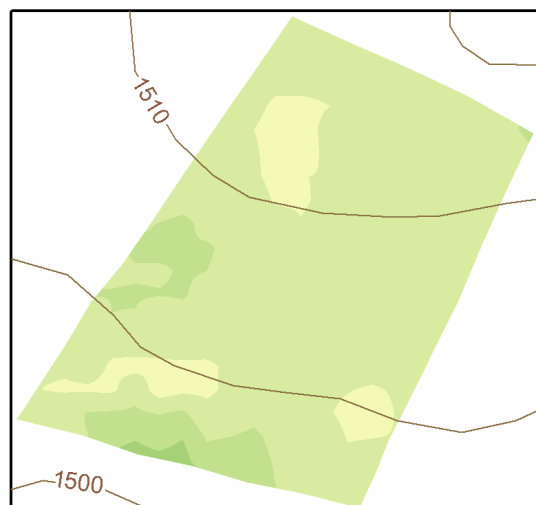


Mapa č. 22:

Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Modré sedlo

9. 2. 2009 – 16. 3. 2009

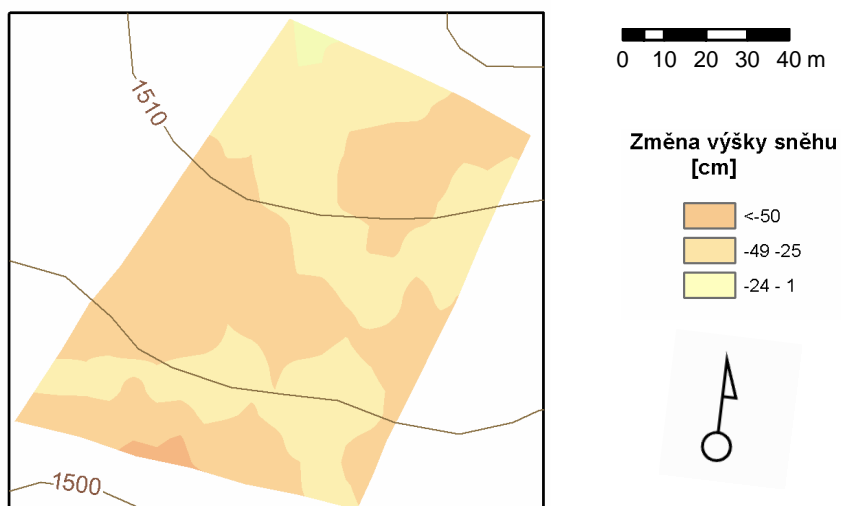


Mapa č. 23:

Změna výšky sněhové  
pokrývky na lokalitě

Modré sedlo

16. 3.2009 – 10. 4. 2009



**Příloha č. 5:** Foto 1: Modré sedlo – terénní hrana



**Příloha č. 6:** Foto 2: Čertova louka – 13.5. 2009



**Příloha č. 7:** Foto 3: Čertova louka – 25.5. 2009

