

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



Matěj Švec

LEDOPÁDY V KRKONOŠÍCH

ICE CASCADES IN THE KRKONOŠE MOUNTAIN

Bakalářská práce

Špindlerův Mlýn 2014

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

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Ve Špindlerově Mlýně 19. května 2014

Podpis

Zadání bakalářské práce

Téma: Ledopády Krkonoš

Anglické téma práce: Ice cascades in the Krkonoše Mountains

Název: Ledopády Krkonoš

Název v anglickém jazyce: Ice cascades in the Krkonoše Mountains

Akademický rok vypsání: 2013/2014

Typ práce: bakalářská práce

Jazyk práce: čeština

Ústav: Katedra fyzické geografie a geoekologie (31–330)

Vedoucí / školitel: RNDr. Zbyněk Engel, Ph.D.

Řešitel: Matěj Švec

Datum přihlášení: 16.12.2013

Datum zadání: 28.02.2014

Jméno studenta: Matěj Švec

Podpis studenta:.....

Podpis vedoucího práce:

Poděkování

Děkuji RNDr. Zbyňku Engelovi, Ph.D. za odborné vedení práce a konstruktivní připomínky. Poděkování patří i Janu Haisovi za konzultaci ohledně lokalizace ledopádů v okolí Pece pod Sněžkou. Děkuji také Správě krkonošského národního parku za poskytnutí datových souborů a za umožnění výzkumu v chráněné zóně. Velké díky patří i členům Horské služby Milanu Švecovi a Adolfu Klepšovi za poskytnutí pomoci při nehodě způsobené lavinou při měření ledopádů v Labském dole.

Abstrakt

Hlavním cílem bakalářské práce je získat a prezentovat základní poznatky o ledopádech na území Krkonoš. Lokalizace probíhala formou terénního šetření na vytipovaných místech. Zároveň byla pomocí dálkoměru zjišťována i výška ledopádu. Kritéria pro ledopády byla stanovena na minimálně 4 m výšky a 4 m šířky. Pomocí morfometrických analýz v programu ArcGis byly vypočítány hodnoty pro nadmořskou výšku, sklon okolních svahů, orientaci a relativní výškovou členitost. Zjištěné hodnoty byly vzájemně porovnávány a diskutovány s ohledem na tvar reliéfu. Dále bylo záměrem seskupit dosavadní poznatky o tématu ledopádů a provést fyzicko-geografickou charakteristiku s vazbou na ledové útvary. Celkový počet zjištěných ledů je 49, přičemž větší část se nachází v Labském dole (30). Dalšími lokalitami je oblast Obřího dolu (10), okolí jezer Mały a Wielki Staw (7) a Velká Kotelní jáma (2). Ledopády se v Krkonoších vyskytují ve výšce 904–1345 m n. m (průměr 1172 m n. m). Maximální výška ledopádů je až 100 m (v průměru 36 m). Sklon okolních svahů je v rozmezí od 18° do 39°. Relativní výšková členitost nabývá hodnot od 583 m do 740 m (průměr 637 m). V expozici ledopádů převládá východní směr se dvěma větvemi východo-severovýchodní a východo-jihovýchodní. Všechny tyto parametry úzce souvisí s determinací ledopádů na glaciální tvary. Zejména jde o kary (20), skalní stěny (10) a plotny (5). Velký počet ledopádů je také ve skalních roklích (14).

Klíčová slova: Ledopád, Krkonoše, Labský důl, Mały Staw, Wielki Staw, Obří důl, vodopád

Abstract

The objective of this bachelor thesis is to obtain and present basic knowledge of the icefall on the Krkonoše Mountains. Localization has been made by field surveys in selected areas. Height was measured using a laser rangefinder. Criteria for icefalls was fixed at least 4 m height and 4 m wide. Values for the altitude, the inclination of the surrounding slopes, orientation and height difference on the surface were calculated using morphometric analysis in ArcGis. The values were compared and discussed with regard to the relief. Another objective was to make a research of recent publication about the icefall theme and make regional physical characteristics connected to the ice forms. The number of detected icefalls is 49. The biggest concentration is in glacial trough the Labské údolí valley (30). Another areas are in glacial trough the Obří důl valley, around glacial lakes- Wielki and Mały Staw (7) and in the Velká Kotelní jáma cirque (2). Icefalls are located between 904 and 1345 m above mean sea level (average 1172 m). The maximum height of the icefall is 100m (average 36 m). The height difference on the surface range from 583 m to 740 m (average 637 m). The inclination of the surrounding slopes ranged from 18° to 39°. Icefalls are located on east-facing sites with two branches east-northeast and east-southeast. These parameters are closely related with determination of icefalls to landforms transformed by glaciers (e.g., cirques, troughs)

Key words: Icefall, ice cascade, frozen waterfall, the Krkonoše mountain, the Labské údolí vally, Mały Staw lake, Wielki Staw lake, the Obří důl vally, waterfall

Obsah	
Seznam příloh	9
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
1. Úvod.....	10
2. Rešerše na téma ledopádů.....	11
2. 1. Definice ledopádu a publikované studie.....	11
2. 2. Typy ledopádů.....	12
2.3. Vznik ledopádu	14
4. Fyzicko-geografická charakteristika území	20
4.1. Geologické složení	21
4.2. Geomorfologický vývoj	22
4.3. Půdní typy a vegetace	24
4.4. Hydrologie.....	24
4.5. Klima a sněhové podmínky.....	26
5. Výsledky	27
5.1. Rozmístění ledopádů v Krkonoších.....	27
5.1.1 Kotelní jámy	31
5.1.2. Labské údolí.....	31
5.1.3. Mały a Wielki Staw.....	35
5.1.4. Úpská jáma a Čertova zahrádka.....	36
5.1.5. Ledopády na vodních tocích.....	39
5.1.6. Antropogenní ledopády	39
6. Diskuse.....	40
7. Závěr.....	42
8. Zdroje	44
8.1. Literatura	44

8.2. Internet	48
8.3. Disertační, diplomové práce a bakalářské práce	49
8.4. Mapy	49
8.4. Datové zdroje	49
9. Přílohy	50

Seznam příloh

Příloha č. 1: Tabulka charakteristik ledopádů v Krkonoších	50
Příloha č. 2: Geologické složení Krkonoš a oblasti ledopádů	56
Příloha č. 3: Ledopády v Labském údolí a Velké Kotelní jámě	57
Příloha č. 4: Ledopády v oblasti polských jezer a Obřího dolu	58
Příloha č. 5: Oblasti ledopádů a vodopády v Krkonoších	59
Příloha č. 6: Fotografie ledopádů v Krkonoších	60

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Typy ledopádů na základě sklonu a tvaru	13
Obr. č. 2: Schematický obrázek svislého průřezu rostoucího rampouchu	16
Obr. č. 3: Srovnání tvorby ledu v roce 2000 a 2014 na ledopádu v Labské rokli (2.3).....	18
Obr. č. 4: Vymezení zájmového území	21
Obr. č. 5: Rozdělení ledopádů v nadmořských výškách	29
Obr. č. 6: Sklonitost svahů v okolí ledopádů	30
Obr. č. 7: Rozložení expozice ledopádů v Krkonoších	30
Obr. č. 8: Sklonitost a orientace svahů v Labském dole a Kotelních jamách	32
Obr. č. 9: Sklonitost a orientace svahů v okolí karů Wielkego a Małego Stawu	35
Obr. č. 10: Sklonitost a orientace svahů v horní části Obřího dolu	37

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Srovnání parametrů ledopádů v závislosti na reliéfu	28
Tab. č. 2: Zastoupení typů ledopádů podle A. Bianchiho (2004)	31
Tab. č. 3: Hustota ledopádů a vodopádů v Krkonoších a vybraných oblastech Evropy	42

1. Úvod

Ledopády jsou oproti jiným geomorfologickým tvarům velmi opomíjené. Jen ve vědeckých sbornících Opera Corcontica bylo vydáno přes 800 vědeckých prací věnující se chráněnému území Krkonoš a stovky dalších byly vytvořeny mimo ně. Nebyla však nalezena žádná studie, ve které by bylo toto téma zkoumáno. V celosvětovém měřítku je sice situace lepší, nicméně i tak je výčet velmi malý. Ledopády mají přitom výrazný geomorfologický dopad, ať už jde o přímou erozi skalního podloží, nebo o důsledek po pádu ledových bloků (GAUTHIER. F. 2008). Oba případy mohou být o to podstatnější, pokud se nachází poblíž komunikací, kde nečekané zhroucení ledopádu může mít velmi negativní následky. Důvodem pro nedostatek vědeckých článků může být jejich pomíjivost a proměnlivost. Četnost a rozměry ledopádů se často velmi mění v průběhu let, ale i v průběhu jedné zimy. Místa jejich tvorby se ale téměř nemění a tak by bylo vhodné je zdokumentovat a vytvořit předpoklady pro jejich výskyt. Na začátku by však měla být zejména lokalizace a zjištění základních parametrů. Vytvoření této práce je jen logické navázání na výčet lavinišť, míst výskytu různorodé květeny, či živočichů. Je doplnění dalšího a lepšího poznání krkonošských hor.

Na začátek této práce jsou umístěny kapitoly týkající se ledopádů v obecné rovině. Byly shrnuty dosavadní studie a uvedena typologie spolu s informacemi o vlastnostech a tvorbě ledopádu. Fyzicko-geografická složka Krkonoš byla stručně rozepsána v kapitolách o geologii, geomorfologickém vývoji, hydrologii, klimatu, vegetaci a půdních typech, s tím, že v každé kapitole byly komentovány možné dopady na tvorbu ledopádů. Cílem této práce je především zjištění polohy ledopádů na území Krkonoš, změření jejich základních parametrů, jako je šířka a výška, a zároveň určení jejich tvaru. Jednotlivé hlavní lokality výskytu dostaly jednoduchý popis, především z geomorfologického a geologického hlediska. Pomocí morfometrických ukazatelů vygenerovaných pomocí programu ArcGis byly vytvořeny další charakteristiky jako je expozice, sklon v okolí, nadmořská výška a relativní výšková členitost, které mezi sebou byly porovnávány a diskutovány v závislosti na lokalitě ledopádů. Součástí práce jsou mapy oblastí ledopádů a tabulka s jejich parametry a krátkým popisem.

2. Rešerše na téma ledopádů

2. 1. Definice ledopádu a publikované studie

Podle Webstrový encyklopedie je jedna z jejich tří definic ledopádu uváděna v doslovném překladu jako „zmrzlý vodopád, nebo jemu podobná zmrzlá masa ledu“(GOVE, P. B. 1986). Podobně i R. Mikulášek ve své knize Ledové Čechy (2010) rozlišil zmrzlý vodopád a skalní ledopád, který vzniká mrznutím drobných proudů vody po skalních stupních. M. Montagnet (2010, 2013) ve svých pracích vnímá ledopád jako „nestálé ledové struktury tvořené zmrzlou vodou skapávající po strmé skále“. Podobně, jako jeho kolegové i A. Bianchi (2004) ve své práci došel k podobné definici. Ledopád je podle něj buď zmrzlý vodopád, nebo takzvaný "ledopád duchů", čímž upozorňuje na chybějící kontinuální proud vody. Velmi zavádějící jsou definice ledopádů ve výkladových slovnících a encyklopediích. V anglicky psané literatuře byly hledány výrazy-icefall, frozen watterfall a ice cascade. Většinou je pod pojmem ledopád uváděno vysvětlení „ledopád je roztržitá masa ledu, která vznikla při rozlomení ledovce v prudkém svahu“. Tuto definici najdeme nejen v encyklopediích všeobecných (MACDONALD, A., M. 1977), ale i v čistě vědeckých a specializovaných (GOUDIE, A. 2004; SINGH, V., P., SINGH, P., HARITASHYA U., K. 2011; EMBLETON, C., KING C., A., M. 1968; DAVIS, W., M. 1912). V téměř žádné encyklopedii tak nebyla nalezena uspokojující definice. Jedinou výjimkou je Webstrová encyklopedie, která kromě ledopádu na ledovci bere v potaz i ledopád na skalní stěně. Ani ta ale také nevyhovuje potřebám této práce. V tomto textu je použita definice R. Mikuláška. Ideálně vystihuje zvolené ledopády, které nejsou tvořeny zmrznutím vodopádu, ale malými proudy stékajícími po skalním podloží. Takto vytvořené ledové tvary nejlépe odpovídají obecné představě ledopádu. Stejně tak i z horolezeckého hlediska se vnímá ledopád ve smyslu skalní ledopád. Tyto ledopády jsou zpravidla mohutnější, protože je nerozrušuje neustálý silný proud vody. Dalším důvodem pro zvolení této definice je i fakt, že zmrzlé vodopády byly v Krkonoších již nepřímo velmi detailně popsány a zlokalizovány V. Pilousem (1989–2013).

Stejně jako správné definice ledopádů jsou i odborné články o ledopádech velmi ojedinelé a daly by se počítat na první desítky. I proto jsou zde uváděny i popisné a populárně naučné texty, které jsou vydávány čteněji. Jedná se především o horolezecké

publikace a články v tištěných a internetových periodikách (Lidé a hory, Everest, www.horydoly.cz, www.lezec.cz, www.ice-climbing.co.uk, ice-fall.com). Horolezecká činnost, která se na ledopádech po celém světě provozuje, je stejně tak i častým podnětem pro vytváření odborných textů. S takzvaným ledolezením jsou totiž spojena různá rizika. Jde zejména o riziko narušení ledopádu horolezeckým vybavením a jeho následného zhroucení spolu s ledolezcem. Podmínky pro zhroucení se velmi mění a vědci se je snaží analyzovat. Jde hlavně o hustotu a tvrdost ledu a jeho reakce na změnu teploty, vlhkosti, srážek a intenzity slunečního svitu. Velmi zdařilá je například publikace, kterou si objednalo sdružení horských vůdců UIAGM (BIANCHI, A. 2004). Za zmínku jistě stojí dvě práce publikované v časopisu Journal of Glaciology M. Montagnetem a jeho týmem (2010, 2013), který se zabýval výzkumem vlivu teploty na změnu krystalů na dvou ledopádech v blízkosti Chamonix. Tým kanadských vědců pod vedením F. Gauthiera (2008; 2013) nejen pomocí laserscaningu pozoroval vytváření a ubývání ledopádu v závislosti na teplotě, vlhkosti a dalších klimatických podmínkách. Výsledkem byl vytvořený početní model pro vznik a zánik zmrzlého vodopádu.

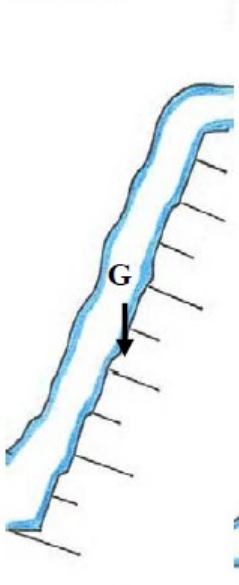
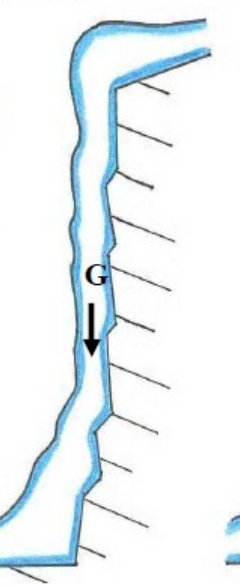
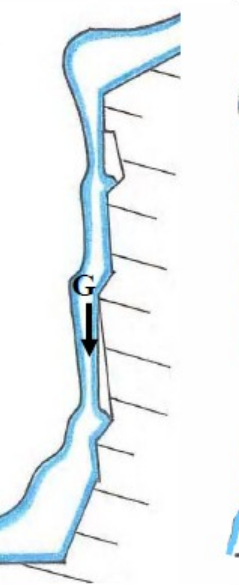
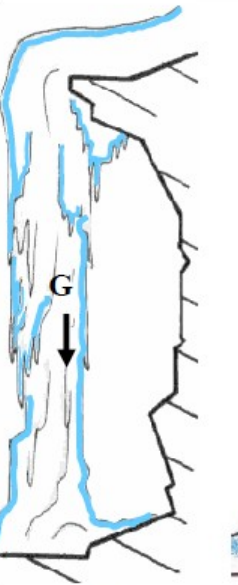
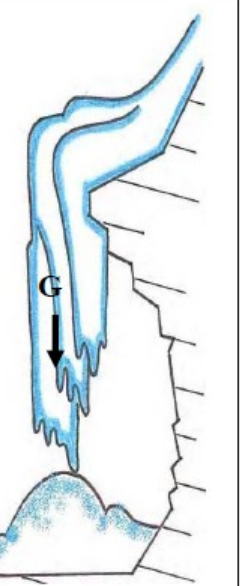
Česky psaná odborná literatura týkající se výhradně ledopádů nebyla nalezena. Je však nezbytné zmínit dva autory, kteří mají k tomuto tématu blízko. Jedná se zaprvé o studii zabývající se výskytem různých druhů lišejníků determinovaných na ledopády v Labském dole (HALDA, J. a kol. 2011). Velmi užitečné byly pro tuto práci také publikace V. Pilouse, který se velmi pečlivě zabýval vodopády Krkonoš (1989, 2009).

V populárně naučné literatuře můžeme zmínit knihu R. Mikuláška, který vytvořil velmi zajímavou publikaci s názvem Ledové Čechy (2010). Věnuje se zde především různým tvarům na horizontálně uložených ledech, jako jsou řeky a rybníky, ale na deseti stránkách popisuje i tvary ledopádů. Další knihy zabývající se ledopády jsou čistě horolezeckého charakteru a popisují zejména lezecké vybavení a způsoby ledolezeckých technik. Vlastnosti ledu jsou zde většinou jen doplňkové informace (GADD, W. 2003; CHOUINARD, Y. 1978; ENG, R., C. 2010; MILLER, F., P., VANDOME, A., F., MCBREWSTE, J. 2010).

2. 2. Typy ledopádů

Jak je patrné z výše uvedeného textu, někteří autoři se již u samotné definice ledopádu nevyhnuli rozdělení. Ledopády primárně rozdělovali z hydrologického hlediska na: zamrzlý vodopád, ledopád vzniklý na skalních stupních disponující malým množstvím vody, nebo ledopád vyživovaný z odtávající sněhové pokrývky. Specifikovat ledopády

můžeme i podle jiných kritérií. Jedním z nich je sklon (Obr. 1), podle kterého A. Bianchi (2004) vytvořil jednoduchou klasifikaci. Sклон se měří vůči pomyslné přímce ve směru gravitačního působení.

směr G mimo základnu	G ve směru do základny ledopádu			
Stěny s nízkým sklonem	Vertikální, nebo místy převislé stěny	Převislé stěny		
				
a	b	c	d	e
Položený	Kompletně přilnutý	Částečně přilnutý	Sloup	Volně visící (stalaktit)

Obr. č. 1: Typy ledopádů na základě sklonu a tvaru
(Zdroj: upraveno na základě BIANCHI, A. 2004)

Ledopády se mohou vyskytnout ve formě položené (a), kdy svírají malý sklon a led je tedy kompletně přilnutý k podkladu (BIANCHI, A. 2004). Pokud je sklon opravdu malý a navíc se vyskytuje vysoká sněhová pokrývka, nemusí být ledopád vidět a může představovat určité riziko pro pád lavin (GAUTHIER, F. 2008). Pokud přichází sněžení bez předchozích mrazivých dní, nemusí ledopád vzniknout vůbec. Vertikální ledopády mají sklon okolo 90° (b, c, d, e). Mohou se zde vyskytovat jak kompletně přilnuté ledopády (b), tak i ty, které mají části nepřípojené k podkladu a vytváří čtené výdutě (c). Můžeme se zde také setkat s případy, kdy je led dokonce převislý, což způsobuje navržení ledu okolo překážky na stěně (c). Převislý led se může vytvořit i na volně visícím ledopádu (e), kde je více ledu naakumulováno v horní části a směrem dolů se průměr zmenšuje. U ledopádů se sklonem okolo 90° lze rozlišit ještě jeden podtyp a to

ledopády vzniklé na převislých skalách (d, e) (BIANCHI, A. 2004). Ledový sloup (d) je v podstatě jen vyvinutější ledový stalaktit. Tyto ledopády nemají dostatečnou oporu okolí, jsou nejnáchylnější ke klimatickým výkyvům, a mají tak potencionálně největší nebezpečí zhroucení. O stupeň větší riziko je však u volně visícího ledového stalaktitu (e) (MONTAGNET, M. 2010). Pod takovýmto stalaktitem často vzniká další ledový útvar, který je pojmenován dle speleologické analogie, stalagmit. Je tvořen díky vodě, která nestihla zmrznout na ledopádu nad ním (MIKULÁŠ, R. 2010, MONTAGNET, M. 2010). Spojený útvar již neoznačujeme jako stalagnát, ale jako ledový sloup. V popisu dalších útvarů část autorů využívá stejné názvosloví, jaké se používá pro krasové jevy. Jsou to například záclony, povlaky, nebo pizolity (DVOŘÁK, J. 2008).

2.3. Vznik ledopádu

Vznik ledopádů začíná na molekulární úrovni působením stejných principů, za kterých vzniká i veškerý led na Zemi. Voda je velmi výjimečný prvek, který se od zbylých kapalin značně liší. Nejdůležitější anomálií je fakt, že se často vyskytuje ve všech třech skupenstvích na velmi malé ploše. Oproti jiným kapalinám má také menší hustotu v tuhém skupenství, při zahřívání z 0°C do 4°C se zmenšuje její objem, nebo má mnohem větší měrnou tepelnou kapacitu a vysoké skupenské teplo (TUTTLE, K. 2009). V podmínkách pod bodem mrazu se z kapaliny stává látka s charakterem nerostu. Mohli bychom ho chemicky popsat, jako oxidan, který se skládá z 11,2 % vodíku a 88,8 % kyslíku (PELETA, O. 2001). Z mineralogického hlediska bychom ho mohli charakterizovat jako čirý, mléčně zakalený nebo namodralý nerost, krystalizující v šesterečné soustavě. Dále také není štěpný, lesk má skelný a na vrypu je bílý. Je průsvitný, v menších vrstvách až průhledný. Hustota je 0,917 g/cm³ a je tedy menší než u vody (1 g/cm³ při 3,95 °C) (DVOŘÁK, J. 2008).

Předchozí informace jsou uváděny pro led, který je označován jako led I_h a jako jediný se nachází na naší planetě. Je stabilní až do teploty přibližně -200°C a tlaku 200 MPa. Kromě tohoto typu ledu je ještě popsáno dalších 14 krystalických fází, které krystalizují v krystalových mřížkách za různých tlaků a teplot, a jsou pouze simulované v laboratořích. Jejich výskyt se zatím pouze předpovídá na planetách, kometách a jiných vesmírných tělesech. Stejně tak je to i u dalších tří amorfních fází a dvou superionických ledů (CHAPLIN, M. 2014).

Pokud teplota vody klesne pod 0°C nezmrzne okamžitě. Mezi přechodem z tekutého do pevného stavu leží 4 oddělené fáze. První z nich je podchlazení. Tento proces

začíná okamžitě se snížením teploty pod bod mrazu. Jednotlivé molekuly se začínají k sobě přibližovat. Tyto malé shluky jsou neustále rozbíjeny vibrací molekul až do doby, kdy jsou dostatečně velké a mají dostatek molekul na udržení stability pro překročení kritického poloměru a vytvoření zárodku krystalu (COOK, K., L., K., HARTEL, R., W. 2010).

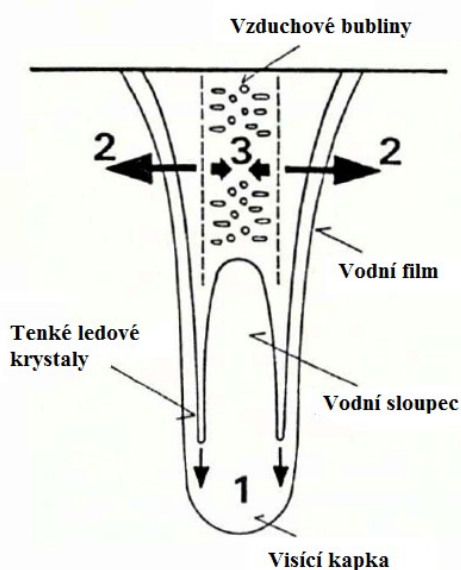
Druhá fáze se nazývá nukleace, při níž se vytváří zárodek nové fáze. V nukleaci začínají být molekuly více uspořádané a začínají tvořit strukturu mřížky, která se stává zárodkem. Poté, co zárodek dosáhne termodynamické rovnováhy s okolní vodou a překoná energetickou bariéru, stává se nukleem. Zároveň také roste počet a velikost nukleí. Nukleus je nejmenším souborem molekul mřížky, která již nebude při stále minusové teplotě rozpuštěna (COOK, K., L., K., HARTEL, R., W. 2010). Rychlost, za které tyto děje probíhají, je velmi důležitá a ovlivňuje počet krystalů i jejich velikost. Tato rychlost je určena rozdílem teplot vody a okolního prostředí. Čím nižší bude teplota okolí, tím menší krystaly vzniknou (JINDRA, J.)

Nukleace může být buď primární, kdy se jedná čistě jen o výše popsany způsob, nebo sekundární. Sekundární nukleace probíhá mimo přirozeně vytvořená ledová krystalizační jádra. Nukleační jádra se mohou velmi dobře vytvářet z drobných částic obsažených ve vodě, jako jsou prach, nebo zrnka půdy. Vytvořením nukleu okolo takovéto částice se sníží hodnota energetické bariéry a růst je tedy následně mnohem rychlejší. Složení vody velmi ovlivňuje rychlost vytváření ledu. Sekundární nukleace může probíhat také na styku s podložím (COOK, K., L., K., HARTEL, R., W. 2010).

Růst zárodku je třetí fáze krystalizace. Tento proces se uskutečňuje díky snížení teploty, která dopomůže k překonání fázového rozhraní spoutávající atomy výchozími vazbami. Zjednodušeně platí, že od 0°C s klesající teplotou rychlost růstu zárodku lineárně roste (ŘEZÁČ, J. 2009). Přesná teplota, za níž led roste nejlépe, závisí na mnoha faktorech, například kinetické energii, nebo na složení vody (COOK, K., L., K., HARTEL, R., W. 2010).

Poslední fází je rekrystalizace, při níž se vytváří konečné krystaly ledu. Děje se tak proto, že jako každý děj směřuje do rovnovážného stavu s minimální energií. Známé jsou tři mechanismy rekrystalizace. První z nich je migrační mechanismus, který vysvětluje zvýšený růst na velkých krystalech. Díky velikosti větší krystal silněji přitahuje krystaly menší a rychleji dochází k vázání atomů. Jako další je děj označován jako „isomass“, kdy krystalizace probíhá snáze na krystalech s drsnějším povrchem a tedy i s větší plochou. Jako poslední je proces srůstání, kdy se krystaly snaží docílit co největší plochy, která by jim umožnila rychlejší růst. (COOK, K., L., K., HARTEL, R., W. 2010).

Jednotlivé krystaly následně vytvářejí různé formy, které závisí na prostředí. Nejpodstatnější je pro tento text tvorba rampouchu. Mechanizmy jeho tvoření jsou velmi podobné tvorbě velkých ledopádů. Na začátku je vždy malý rampouch, který se rozroste často do velkých rozměrů (GAUTHIER, F. 2008). Základem je dostatek vody v kořenové části ledopádu, ať už se jedná o stabilní vodní proudy, nebo o vodu z odtávání spodní vrstvy sněhu. Zde vše začíná tvorbou krystalizačního jádra, jak bylo již popsáno v předešlé kapitole. Vlivem gravitace se krystaly uskupují do podélného tvaru rampouchu. Tvar může ovlivnit také vítr, který může tvořit ukloněné formy. Voda se rozprostře na jednotlivých ledových krystalech ve velmi malých vrstvách (40 –100 μm), díky čemuž může růst do šířky. Do délky rampouch roste díky úzké dutině uvnitř rampouchu, která je částečně odizolovaná a umožní tak vodě dostat se až na špičku, kde mrzne. (TAKAHASHI, M. 1984). Pokud voda nestihne zmrznout, hromadí se, a v kritickém bodě ve formě kapky odpadne. Je zjištěno, že velikost kapky je vždy přibližně 4,8 – 5 mm. Aby rampouch mohl narůstat do délky a ne jen do šířky, musí být rychlost růstu 10 – 30 krát rychlejší, než růst stěn. Podle Szildera a Lozowskeho (2000) lze kvantifikovat růst při teplotě $-5\text{ }^\circ\text{C}$ a průtoku $2,5\text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}$ na přibližně 11,5 cm za hodinu.



Obr. 2: Schematický obrázek svislého průřezu rostoucího rampouchu

Tři směry růstu-šipky: 1- růst na špičce; 2.-růst stěn; 3.- růst ledu uvnitř vnitřního sloupce.

(Zdroj: upraveno na základě MAENO, N. 1994)

Kromě výše zmíněné formy vzniku se na celkové tvorbě ledopádu podílejí i další podstatné způsoby mrznutí. Jedná se zejména o namrzání ledu na stěnách skalního podloží, či na spadlých stromech a podobně. Princip je velmi podobný. Tenký vodní film postupně

teče a namrzá nejprve po skalních stěnách zastupujících nukleační jádro a následně po ledu samotném. Ledopády na vodních tocích mají částečně odlišný způsob vzniku. Prvotní led vzniká buď odspoda na namrzajících kamenech (TURCOTTE, B., MORSE, B. 2011), nebo od vodní tříště (BIANCHI, A. 2004). Na tvorbě ledopádů se kromě proudu vody projevují i další faktory jako mohutnost, nadmořská výška, expozice, nebo sklon stupně.

Snížením teploty, nebo zvýšením rychlosti větru se ovlivní tvorba ledu. Zatímco výrazné zvýšení proudu vody rychlost vzniku snižuje, silný vítr, nebo nízké teploty rychlost naopak zrychlují. Dobré podmínky pro ledopády je hlavně deštivý podzim s následujícím razantním ochlazením a vydatným sněžením (GAUTHIER, F. 2008; MIKULÁŠEK, R. 2010).

3. Metody

Lokalizace ledopádů probíhala především vlastním terénním šetřením. Při vyhledávání lokalit s ledopády byly použity další zdroje. Jedním z nich byla již zmiňovaná studie, zabývající se lišejníky na ledopádech (HALDA, J., a kol. 2011), která posloužila pro srovnání nalezených lokalit a jejich rozměrů. Dalším zdrojem byly také rozhovory s horolezci z daných oblastí, kteří mají terén dobře zmapovaný. Součástí vyhledání vhodných míst byly i ortofotomapy (Google Maps, Mapy.cz). Například oblast Wielkego Stawu byla předem podle kritérií z map vytyčena jako teoreticky vhodná pro tvorbu ledopádů. Výčet ledopádů uvedený v této práci nemusí být kompletní. Autor si však není vědom dalších lokalit, které by nebyly obsaženy v této práci.

Zaměření ledopádu probíhalo vždy na nejvyšší místo zalednění. Samotná lokalizace jednotlivých ledopádů má několik úskalí. Tvar ledopádu je, stejně jako výška, velmi proměnlivý. Je to díky různým vlivům, ať už jde o spadlý strom, oderodování určité části povrchu, nebo jen různý stupeň zámru. Je velmi těžké určit, kdy se již jedná o samostatný útvar a kdy je jen součástí sousedního ledopádu. Jelikož není znám žádný zažitý způsob, bylo rozhodováno dle individuálních okolností. V úvahu byla brána zejména možnost vytvoření společného kořenu ledopádu. U ledopádů tvořených pod sebou bylo pozorováno, zda mohou za určitých podmínek tvořit jeden celek a zda práh mezi jednotlivými ledopády je delší než 20 m. Tyto možnosti byly mimo jiné porovnány s nasbíranou databází fotografií jednotlivých ledopádů.

Jako minimální byla pro ledopád zvolena výška a šířka 4 metry, která odstranila velký počet malých nepodstatných ledopádů. Erozivní vliv ledopádu vysokého 4 metry už

je značný a deponuje množství vody. Vlastní měření výšky probíhalo dálkoměrem (Nikon Laser Forestry Pro). Hodnota byla vypočtena jako průměr z 5-ti měření. Odchylna dálkoměru je 0,2 m, přičemž se může zvětšovat s narůstající délkou. Chyba by u 100 metrového ledopádu neměla přesahovat 0,5 m. Na lokalitách neumožňující měření dálkoměrem, z důvodu jeho omezení na nejmenší měřitelnou vzdálenost, bylo použito horolezecké lano s označenými metry a v jednom případě odhad (uvedeno v poznámkách). Výška byla měřena od kořene ledopádu po nespodnější část viditelného zalednění. Výška jednotlivých ledopádů je velmi proměnlivá, jak v průběhu zimy, tak v průběhu jednotlivých let. Výkyvy jsou velmi specifické a jsou pro každý ledopád jiné. Odchylny v měření tedy mohou vznikat i z těchto důvodů. Část hodnot pro výšky byla měřena v rozmezí určené jasným skalním prahem, bez ledové pokrývky, podle fotografie ledopádu, nebo podle vlastních předešlých pozorování. Bylo to z důvodů abnormálně teplé zimy s velmi nepříznivými podmínkami. Ledopády s výraznějším osluněním nevznikly vůbec, nebo jen velmi omezeně. Viz obrázek 3 na příkladu ledopádu v Labské rokli (2.3). Výrazně méně ledu se ale tvořilo i na ledopádech s krátkým osluněním. Délka byla počítána vždy pro nejvyšší možný běžný stupeň zalednění. Šířka ledopádu, byla provedena buďto měřicím pásmem, nebo za pomoci ortofotomap.



Obr. 3: Srovnání tvorby ledu v roce 2000 a 2014 na ledopádu v Labské rokli (2.3)

Pozn.: Vlevo poměrně běžné zalednění, vpravo pravděpodobně letošní maximum

(Zdroj: vlevo archiv MAREK. O. 2000; vpravo autor)

K charakteristice by bylo vhodné přidat i průměrný sklon, ale jeho zjišťování je technicky a časově velmi náročné. Pro účel této práce, který tkví především v lokalizaci,

zjištěné parametry postačují. Sklon je částečně zastoupen v klasifikaci ledopádů podle A. Bianchiho (2004), která byla jednotlivým ledopádům přiřazena. Sklon zjišťovaný pomocí programu ArcMap je vytvořen pro průměrnou hodnotu okolí a je v této práci popisován jako sklon okolí ledopádu.

Pro lepší orientaci v umístění ledopádů a pro systém inventarizace byla jednotlivým ledopádům přiřazena čísla. První číslo udává lokalitu, a jsou rozdělena následovně: Kotelní jámy-1, Labská důl-2, Mały a Wielki Staw-3, Úpská jáma Čertova zahrádka-4, antropogenně podmíněné ledopády-5. Další číslování probíhalo systematicky od západu na východ, případně ze severu na jih, podle toho, jaká byla expozice celkového území. Např. Wielky Staw-Z část (3.1), je nezápadnější ledopád oblasti Mały, Wielki Staw. Podrobný přehled se zjištěnými charakteristikami nabízí tabulka v příloze č. 1. Spolu s nimi je stručně popsáno i okolí ledopádu, případně i jeho průběh.

Základním datovým prvkem byly vrstevnice z databáze DMÚ 25 s intervalem 5 m, které pokrývaly téměř celé území. Jsou součástí Vojenského informačního systému, který je vytvářen v Toposlužbě AČR, konkrétně v VTOPÚ Dobruška. Informační obsah téměř odpovídá topografické mapě 1:25 000 (TM-25). Správcem a poskytovatelem dat je společnost CENIA. Na 5 km² v severním cípu vymezeného území bylo zapotřebí vrstevnice ručně doplnit podle podkladu z georeferencované turistické mapy (www.mapy.cz). Pro vymezení geomorfologického celku byla pro českou stranu použita již vytvořená data CENIA, ale pro stranu polskou bylo nutné podle georeferencovaného podkladu vrstvu vytvořit (KONDRACKI, J. 1994; WALCZAK, W. 1968). Pro říční síť byly také použity podklady ze zdroje CENIA. Zbylá data byla použita z databáze KRNAP.

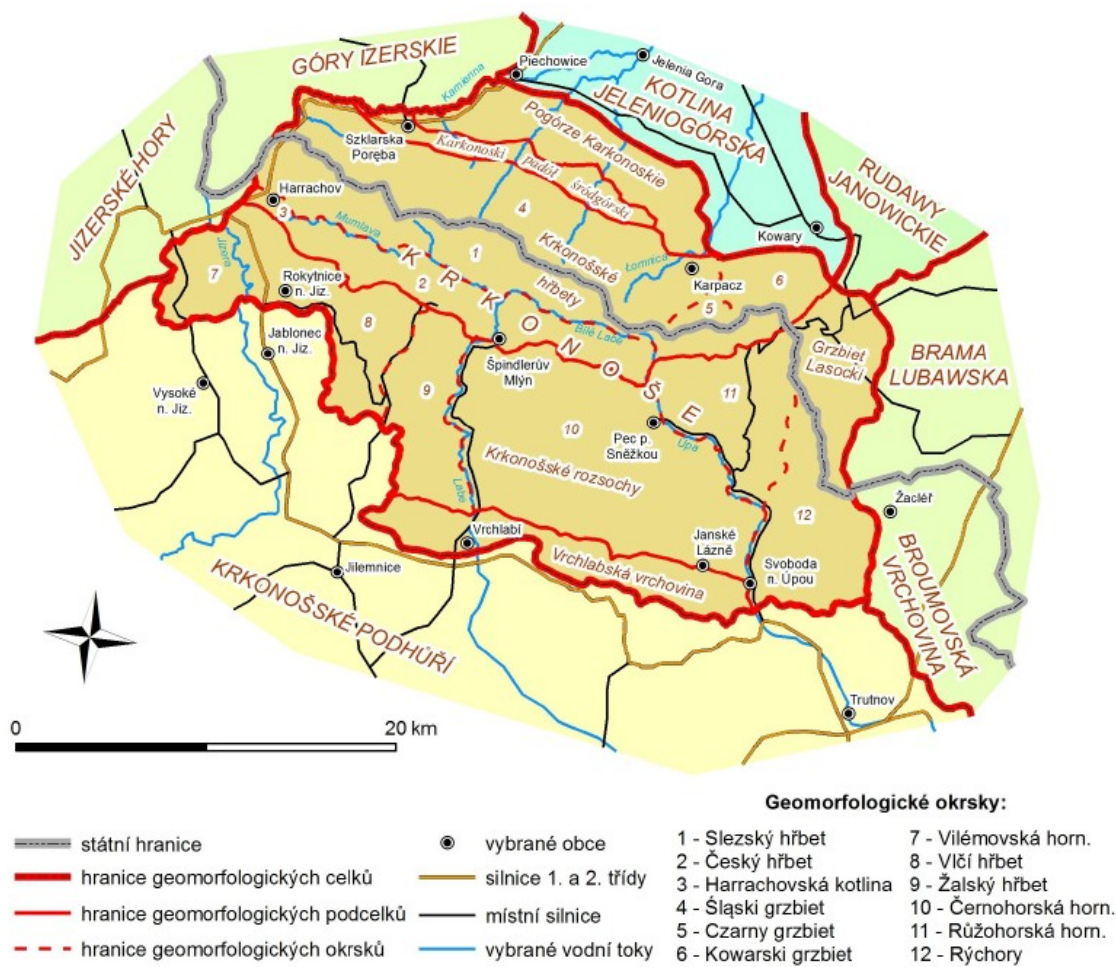
Pro následné zpracování výsledků byl použit program ArcMap (verze 10.0) a jeho funkce morfometrických analýz. Z vrstevnic byl vytvořen digitální model reliéfu (DMR), konkrétněji formát TIN (funkce *Create TIN*). Při tomto procesu je nutné počítat s chybou $\pm 2,5$ m (FEDERICI, P., R, SPAGNOLO, M. 2004). TIN reprezentuje povrch prostřednictvím spojitých, nepřekrývajících se trojúhelníkových plošek (P. ŠTYCH a kol. 2008). TIN byl následně převeden do gridů (*TIN to Raster*) s velikostí buněk 5x5 m. Sklony a orientace svahů byly vygenerovány z gridů nadmořských výšek v rozšíření 3D Analyst pomocí funkce Surface Analysis (funkce *Slope* a *Aspect*). Pro výpočet sklonů svahů je použita Hornova metoda, která využívá 8 sousedních buněk. Vypočítávána je maximální míra změny mezi každou buňkou a jejím okolím (P. ŠTYCH a kol. 2008). Sklony svahů byly v mapách rozděleny do kategorií s hranicemi: 0°, 2°, 5°, 15°, 25°, 35°, 55° (BEZVODOVÁ, B., DEMEK, J., ZEMAN, A. 1985). Pro relativní výškovou členitost

byly vypočítány hodnoty pro síť bodů 2 x 2 km. Hodnoty bodů byly spojeny funkcí *Natural Neighbor*. Metoda je založena na principu, že okolo každého hledaného bodu se vytvoří trojúhelník ze tří nejbližších naměřených hodnot (Delauneyovská triangulace, hledání konvexní obálky) a z těch se na základě vzdálenosti vypočítá hledaná hodnota (P. ŠTYCH a kol. 2008). Hodnoty relativní výškové členitosti byly pro jednotlivé body získány funkcí *Raster to point*. Pro vodopády neexistovala ucelená databáze. V této práci byly zpracovány data z několika zdrojů. Hlavním byla stránka www.vodopady.info (čerpající informace zejména od V. Pilouse 1989–2013), popřípadě turistická mapa na www.mapy.cz

Všechny vygenerované charakteristiky program ArcGis vypočítává z pozice ledopádu. Ta byla, jak už bylo řečeno, zaměřována vždy nejvyšší bod zalednění. Výsledky byly dále statisticky zpracovány v programu Microsoft Office Excel 2007. Pro dané analýzy byl použit vzorek složený pouze z přírodních skalních ledopádů.

4. Fyzicko-geografická charakteristika území

Zájmovému území nejlépe odpovídá hranicím geomorfologického celku. Oblast Krkonoš spolu s dalšími sudeckými pohořími patří do Krkonošsko – jesenické subprovincie, která je součástí provincie Česká vysočina. Krkonoše se řadí do skupiny hornatin s výškovou členitostí 300 – 700 m. Jejich střední nadmořská výška je 901 m a průměrný sklon 13° 23' (PILOUS, V. 2007b). Oblast se ještě dále dělí do podcelků a okrsků. Vrcholové partie, kde se nachází všechny lokalizované ledopády, patří do podcelků Krkonošské hřbety a Główny Grzbiet Karkonoszy. Na české straně se skládají z okrsků Slezský hřbet, Český hřbet a Harrachovská kotlina. Na polské straně z okrsků Śląski (główny) grzbiet, Czarny grzbiet a Kowarski grzbiet (PILOUS, V. 2007b). Nejrozsáhlejším podcelkem jsou Krkonošské rozsochy, které zaujímají prostor středních výšek a dělí se na 6 okrsků (Vilémovská hornatina, Vlčí hřbet, Žalský hřbet, Černoorská hornatina, Růžohorská hornatina a Rýchory). Rozsochy jsou většinou tvořeny výraznými hřbety severojižního směru, které jsou odděleny údolními hlavními toků. Na polské straně jsou ve středních polohách jen dva okrsky (Lasocki Grzbiet a Karkonoski Padoł Środgorski). Nejnižší polohy jsou tvořeny podcelky Vrchlabská vrchovina na české a Pogorze Karkonoskie na polské straně (KONDRACKI, J. 1994, PILOUS, V. 2007b). Geomorfologické jednotky zájmového území jsou zobrazeny na obr. č. 4 spolu se sousedními oblastmi.



Obr. č. 4: Vymezení zájmového území

(Zdroj: TOMÍČEK, J. 2013)

4.1. Geologické složení

Ledopády pravděpodobně vznikají nezávisle na typu horniny nebo nerostu, který vytvoří skalní stupeň. Tvoří se na vápenci (BERGER, H., ZLÖBL, H. 2012), ale stejně tak i na pískovci (FÁREK, V. 2012). Důležitým faktorem však je, aby se skalní stupeň v reliéfu vůbec mohl vytvořit. V Krkonoších to bylo díky žulovému plutonu (LÍBALOVÁ, J. 1964). Velká část ledopádů v Krkonoších leží na žulových stěnách. Výjimku tvoří svorové oblasti v okolí Čertovy zahrádky (OPLETAL, M., KOZDRÓJ, W., KRENTZ, O. 2001). Podrobnější představu o geologickém složení Krkonoš a poloze ledopádů nabízí mapa v příloze č. 2.

Z geologického hlediska patří Krkonoše do celku s názvem Krkonošsko-jizerské krystalinikum, které je součástí lugické (západosudetské) oblasti v severo-východní části Českého masívu (SKÁCELOVÁ, Z., ŽÁČEK, V. 2007). Horninové složení Krkonoš je poměrně jednotvárné. Z velké části je tvořeno fylity, svory a žulou. Velmi výjimečná je ale stratigrafie hornin. Na velmi malé ploše se stýkají sedimentární a vulkanické horniny z

období prekambria i paleozoika, které jsou často zvrásněné a přeměněné v krystalické břidlice. Během předkadmoké, kadmoké, kaledonské a variské orogeneze vznikly rozsáhlé masívy žul a rul, které jsou poměrně dobře odkryty ve vyšších partiích Krkonoš (CHALUPSKÝ J. a kol. 1989).

Nejdůležitější žulové těleso je krkonoško-jizerský pluton. Vytváří takzvaný Slezský hřbet, který se táhne přes celé Krkonoše od úpatí Sněžky až do Harrachova a dále pokračuje téměř přes celé Jizerské hory. Tvoří velmi tvrdé kontaktní pásmo, které mělo velký vliv na tvorbu reliéfu. Například na Český hřbet a výraznou karlingovou podobu Sněžky. V rámci plutonu můžeme pozorovat tři převládající strukturní typy žuly. Hrubozrnná biotická žula je především při jižním okraji, žula drobnozrnná při okraji severním. Největší plochu zaujímá středně, převážně stejnoměrně zrnitá žula, která je dobře odkryta v korytech řek Mumlavy, Bílého Labe a Labe. V Labském dole navíc tvoří vysoké skalní stěny. Krkonošská žula je prostoupena četnými puklinami různého směru. Velmi dobře patrné jsou právě na skalních stěnách Labského dolu (Krkonošova hlava, Jestřábí skály), kde se zároveň objevuje pro Krkonoše typická kvádrová odlučnost, kterou pukliny podmiňují. Podle CLOOSOVA označení dominují hlavně Q-pukliny (SV-JZ) a k nim kolmé S-pukliny (SZ-JV). Téměř horizontální L-pukliny se vyskytují ojediněle (LÍBALOVÁ, J. 1964).

4.2. Geomorfologický vývoj

Pro tvorbu ledopádů jsou velmi důležité glaciální tvary, vzniklé v pleistocénu. Spolu s příkrými roklemi vytváří jediná místa jejich výskytu. Při bližším zkoumání je patrné, že všechny ledopády mají shodný směr s karovými formami. O vazbě geomorfologických tvarů viz kapitola 5.1.

Pro lepší porozumění lokalitám výskytu ledopádů je účelné znát jejich vývoj. I když se z původního horstva nedochovaly žádné tvary, je vhodné se krátce zmínit, že Krkonoše jako pohoří bylo poprvé vytvořeno díky procesům hercynského (též, variského, nebo armorického) vrásnění. Došlo k němu v prvohorách během devonu a karbonu, konkrétně mezi 390–310 Ma. Příčinou horotvorného procesu byla srážka dvou superkontinentů Eurameriky a Gondwany. Na nově vzniklém superkontinentu Pangea tak čněly Krkonoše do výšky několika tisíc metrů. Tento velehorský ráz však neměl dlouhého trvání a již během permu (299–251 Ma) byly srovnány erozí. Stejně jako mnohá dnešní pohoří, která se nacházejí v hercynském geologickém prostoru, tak i Krkonoše získaly

svou dnešní výšku mnohem později (MATTE, P. 2001). Během alpinského vrásnění (druhá polovina třetihor) bylo nejprve území rozlámáno na jednotlivé kry, které byly následně vyzdviženy do dnešní výšky. V celých Krkonoších nenajdeme přímé pozůstatky z hercynského vrásnění. Nicméně zarovnané povrchy, vzniklé erozí původního pohoří, jsou dodnes v nejvyšších partiích patrné (V. KRÁL a kol. 1983). Výzdvihem pohoří se opět nastartovaly procesy erozní činnosti a vytvořily se tak četná údolí (údolí Jizery, Labe, Bílého Labe, nebo Úpy). Uplatnily se přitom strukturní vlivy a to nejvýrazněji v případě tvrdých hornin kontaktního pásma, podél žulového masívu. Měkčí horniny, včetně žuly, byly odplaveny a kontaktní pásmo zůstalo vyvýšené (F. KRÁLÍK, J. SEKYRA 1969).

Výrazný dopad mělo na dnešní podobu reliéfu období pleistocénu, kdy došlo ke změně klimatu a v Krkonoších se vytvořilo několik horských ledovců. Díky nim se zde zachovaly četné ledovcové tvary. Například: ledovcová údolí (Labský a Obří důl), kary (v Krkonoších zvané jámy; např. Kotelní jámy), čelní i boční morény (Labský a Obří důl), nebo ledovcová jezera na polské straně (Mały a Wielki Staw). Na místech nezasazených zaledněním vznikaly díky velkým výkyvům teplot další typické periglaciální tvary. Jedná se zejména o kryoplaneční terasy, kamenná moře, soliflukční pokryvy, pasivní morény a různé mrazové půdní struktury (V. TREML, M. KŘÍŽEK, Z. ENGEL 2005). Výrazné jsou také tory, skalní stupně a mrazové sruby (H. BARTOŠÍKOVÁ, 1973).

V holocénu se již nevyskytovaly žádné zásadní faktory, které by výrazně pozměnily reliéf (M. KOCIÁNOVÁ, V. JANKOVSKÁ, H. ŠTURSOVÁ 2010). V dnešní době se jako nejdominantnější geomorfologický činitel projevuje především vodní eroze. Obzvláště v centrálních Krkonoších jsou také velmi dominantní svahové procesy, nejvíce mury, kterých se zde vyskytuje přes 220 (V. PILOUS, 1973). Ve stejné oblasti se důležitě projevuje také skalní říčení (V. KRÁL a kol. 1983). Dalšími, již o něco méně podstatnými činiteli, jsou také nivální a sněhová eroze (J. ŠEBESTA – V. TREML, 1976; J. ŠEBESTA, 1978; KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H. 2008). V posledních letech výrazně narůstá také antropogenní vliv. Zatímco před stovkami let člověk pouze neinvazivně pásal dobytek na krkonošských loukách, později začal měnit nejen skladbu rostlin, ale také začal vytvářet četné montánní a agrární tvary. Nejvýrazněji se v poslední době projevuje zarovnávaní povrchu pro výstavbu lyžařských sjezdovek (MIGOŇ, P., PILOUS, V. 2007).

4.3. Půdní typy a vegetace

Půdy mohou velmi výrazně ovlivňovat tvorbu ledopádu. Pokud se nad ledopádem vyskytuje nestabilní půda, která uvolňuje do vody drobné částičky, mohou urychlit tvorbu ledových jader a tím i ledopádu. Zároveň svým specifickým složením mohou způsobovat zabarvení ledu. Půdy mohou pravděpodobně ovlivňovat ledopády i jiným způsobem. Různé druhy půd mají různě velkou schopnost odvádět a zadržovat vodu, což také může mít vliv na rychlost a tvorbu ledu. Půdy našeho nejvyššího pohoří jsou poměrně chudé. Je to dáno silnou expozicí, dlouho trvající zimou a chudým, kyselým podložím. (PODRÁZKÝ, V., VACEK, S., MIKESKA, M., BOČEK, M., 2007; TOMÁŠEK, M., ZUSKA, V. 1983) Objevuje se zde vertikální členitost, kde v nižších partiích převládají zejména různé kambisoly. V oblastech kolem vodních toků se vyskytují mocné nivní a glejové půdy. Na rašeliništích obou náhorních plošin se vyskytují rašelinné půdy, jejichž mocnost nepřesahuje 2–3 m (Správa KRNAP, 2010). Zvláštností Krkonoš je v Čechách ojedinělý výskyt strukturních půd. Vyskytují se zde tříděné polygony, tříděné sítě, tříděné kruhy, půdní kopečky (thufury), rašelinné kopečky (pounus) a vymrzající úlomky (TREML, V., KŘÍŽEK, M., ENGEL, Z. 2005).

V bezprostředním okolí ledopádů se mnoho rostlin nevyskytuje, nicméně skalní povrchy pod ledopády poskytují prostor pro četné druhy lišejníků (HALDA, a kol. 2008). Spadlé stromy mohou, především v oblastech nižších poloh, ovlivňovat tvar ledopádu. Celkově jsou Krkonoše, spolu s Rýchorami samostatným fytogeografickým okresem v podoblasti sudetské flóry (Sudeticum). Okrsek leží v oblasti středoevropské lesní květeny – Hercynium. (J. ŠOUREK 1969). Vegetace je podle výšky rozdělena do 4 stupňů. Nejnižší je stupeň submontánní (podhůří). Následuje stupeň montánní (horský), který dosahuje až po alpskou hranici lesa. Ta je v průměru 1229 m n. m., přičemž maxima dosahuje na JZ svahu Sněžky 1367 m n. m. a minima v Labském dole 960 m n. m. (TREML, V. 2003; ŠTURSA, J., JENÍK, J., VÁŇA, J. 2010). Nejvyšší dva stupně jsou již jen na nejvyšších partiích a jejich rozloha je velmi malá. Jedná se o stupeň subalpínský a alpínský (alpínské hole) (ŠOUREK, J. 1969).

4.4. Hydrologie

Pro tvorbu ledových útvarů jsou údolí vodních toků, podobně jako například ledovcové kary, nebo skalní rokle, důležitým místem tvorby. Konkrétně to jsou hlavně místa, kde dochází k prudké změně sklonu toku, tam kde se vytváří vodopád, kaskáda nebo alespoň

peřej. V zimním období se na těchto místech mohou tvořit zajímavé ledové formy. Jak bylo již zmiňováno v úvodu, ledopády jsou dvojího druhu, skalní ledopád a zmrzlý vodopád.

Krkonošemi, konkrétně po Slezském hřbetě, prochází významné rozvodí. Zatímco většina řek české strany přitéká do povodí Labe a následně do Severního moře, tak převážná část vodních toků strany polské nejdříve do povodí Odry a následně do moře Baltského. Kromě zmíněné řeky Labe, která je důležitou evropskou dopravní tepnou, pramení v Krkonoších ještě 6 větších vodních toků. Druhá největší je Úpa vytékající z Úpského rašeliniště v náhorní plošině pod Studniční horou. Další velké krkonošské řeky jsou Jizera, Mumlava, Jizerka, Bílé a Malé Labe. Z polské strany jsou významné toky Kamienna, Podgórna, Wrzosówka, Łomniczka, Łomnica a Jedlica. Celkově tvoří říční síť Krkonoš 140 českých a 31 polských vodních toků. Více než dvě třetiny všech srážek odteče povrchově. Hlavní příčinou jsou především relativně krátké toky, s příkrými spády, strmou sklonitostí povodí a malou retenční schopností matečných hornin (O. HALÁSKOVÁ, E. HAČAROVÁ, I. VAŠKOVÁ 2007). K nejvyšším průtokům dochází v dubnu a květnu. V průměrných hodnotách měsíčních hodnot vyčnívají tři výraznější období. Největší průtok je způsoben vlivem jarních velkých vod z tajícího sněhu a vychází na duben až květen. Další vznikají díky letním srážkovým přívalům a prosincovým rozvodnění. Území má tak niválně-pluviální režim odtoku. Nejméně vody z území odtéká v lednu, únoru, ale také v září (J. HLADKÝ, B. SÝKORA 1983).

V oblasti Krkonoš se nachází velký počet vodopádů. Můžeme je přibližně rozdělit podle vzniku říčních sítí. Nejvýraznější vznikly díky reliéfovým podmínkám v nejvyšších partiích. Stýkají se tu terciérní ledovcové trogy a kary se zarovnaným povrchem (PILOUS, V. 1989). Zde pramenící toky mají visutá ústí a stékají po stěnách karů. Tento fakt je ještě podmíněn výskytem poměrně tvrdého žulového plutonu, který se nachází v podloží a díky němuž mohli prudké skalní srázy vůbec vzniknout (LÍBALOVÁ, J. 1964). Tyto tvary bychom mohli srovnávat například se skandinávskými fjordy a fjeldy, i když v menším měřítku. Díky těmto faktorům vznikají naše nejdelší vodopády, které patří k nejvyšším i ve střední Evropě. Jedná se zejména o vodopády Pančavský (148 m) a Horní Úpský (129 m) (PILOUS, V. 1989). Další, o něco menší vodopády, které také počítáme k visutým, se vyskytují na ústí periglaciálních svahových údolí, která nebyla v pleistocénu zaledněna (Pudlavský vodopád, vodopád Dvorského potoka).

Nejpočetnější část vodopádů (více než dvě třetiny všech zaznamenaných vodopádů; PILOUS, V. 1989–2013) se nachází na strukturně podmíněných nerovnostech dna.

Strukturní mohou být buď na odhalené tektonické skalní puklině (vodopády na Vavřincově a Rudném potoce), nebo na oderodovaných podloží různé tvrdosti (mimo jiné, všechny vodopády na Hrazeném potoce a dva na Bílém Labi) (PILOUS, V. 1989–2013). Průměrně větší jsou ty, které vznikly v glaciálně ovlivněném reliéfu (vodopády Labského údolí, Lavinová strouha, Dolní Úpský vodopád). Na těchto stupních vytvářel tehdejší ledovec ledopády. Ve smyslu rozlámané části ledovce na sklonovém zlomu (PILOUS, V. 1989).

Drtivá většina vodopádů se řadí k vodopádům pravým, tedy vzniklých postupným erozivním vývojem. Nepravé, vytvořené druhotným sesuvem, nebo skalním říčením, jsou v Krkonoších zaznamenané pouze tři a to na Tippeltově potoce a v Labské rokli (PILOUS, V. 2009). Rozložení vodopádů na území Krkonoš zobrazuje mapa v příloze č. 5.

4.5. Klima a sněhové podmínky

I přes to, že Krkonoše patří spíše k hornatinám, i tak jsou díky své poloze dostatečně vysokou bariérou pro vzduch proudící ze západu od Atlantiku. Díky němu zde spadne velké množství srážek. Fronty sebou často přinášejí nejen srážky, ale často podporující i poměrně nízké teploty v rámci celého roku (GRAMSZ, R., POTOČKA, J., KOCIÁNOVÁ, M. 2010), což velmi dobře svědčí tvorbě ledopádů, které byly pozorovány po dobu až 6 měsíců.

V klimatické regionalizaci podle Quitta (J. HLADKÝ, B. SÝKORA 1983) jsou Krkonoše řazeny do klimatické jednotky "Ch". Nejvyšší partie konkrétně třídou CH4, které se tak řadí mezi vůbec nejchladnější oblasti ČR. Jsou typické velmi krátkým a vlhkým létem, dlouhým a chladným přechodovým obdobím a velmi dlouhou a chladnou zimou s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Nižší polohy spadají do oblasti CH6 až CH7, které jsou o něco mírnější. (HLADKÝ, J., SÝKORA, B. 1983; QUITT, E. 1971).

V rámci Krkonoš se projevuje výškový gradient, kdy na každých 100 výškových metrů teplota klesá asi o 0,5 až 1 °C. Průměrné roční teploty se pohybují od 0,2 °C na vrcholu Sněžky a do 6,1 °C v Žacléři. Ve Špindlerově Mlýně 4,7 °C. Nejvyšší průměrné denní teploty jsou v červenci, kdy se pohybují v rozpětí od 8,3 °C na Sněžce a do 14 °C v nižších polohách. Nejchladnější teploty jsou v lednu. Na Sněžce je průměrně -7,2 °C a na jejím úpatí -4,2 °C (Správa KRNAP, 2010).

Výškový gradient se také projevuje i na depozici srážek, které jsou v rámci Česka velmi nadprůměrné a pohybují se v rozmezí 800 mm na úpatí a do 1400 mm na hřebenech hor. Ve vyšších partiích se tuhé srážky (sníh, kroupy, námraza) na celkovém úhrnu podílejí nadpoloviční většinou (HLADKÝ, J., SÝKORA, B. 1983). Vysoké úhrny srážek se

nicméně vyskytují i v uzavřených údolích. Například Špindlerův Mlýn 1322 mm, nebo Pec pod Sněžkou 1405 mm (Správa KRNAP, 2010).

Sněhová pokrývka převládá na území Krkonoš přibližně od začátku prosince do konce března. Na mocnosti a délce trvání se uplatňuje zejména výšková stupňovitost, nicméně vítr a reliéf výrazně ovlivňují depozici sněhu. Jedná se zejména o anemo-orografické systémy. Z plošin a temen hor je sníh přesouván větrem k okrajům údolních depresí, kde se vlivem turbulence na závětrném svahu usazuje, a vytváří mnohametrové vrstvy s častými převějami. Místní podmínky výrazně ovlivňuje orientace svahu. Vzhledem k převažujícímu západnímu až severozápadnímu proudění jsou tyto akumulace soustředěny nejvíce na svazích orientovaných k východu až jihovýchodu (V. SPUSTA sen., V. SPUSTA jun., M. KOCIÁNOVÁ 2003). Ledopády tak mají v průměru téměř shodnou orientaci. Sněhová pokrývka velmi ovlivňuje rozsah a tvorbu ledu. Bez odizolování sněhovou pokrývkou by malé proudy vody zamrzly a nemohli tak ledopád vůbec vytvořit. Zároveň sníh svojí tavnou vodou k vyživování ledopádu sám přispívá (GAUTHIER, F. 2008)

5. Výsledky

5.1. Rozmístění ledopádů v Krkonoších

Jak je patrné z přiložené mapy (příloha č. 3), ledopády se vyskytují téměř výhradně v centrálních Krkonoších. Celkový počet lokalizovaných ledopádů je 49. Většina ledopádů je umístěna na ledovcem ovlivněném reliéfu. Srovnání charakteristik ledopádů v závislosti na reliéfu nabízí tabulka č. 1.

V rozporu s prvotními předpoklady nadpoloviční většina zdokumentovaných ledopádů (20), neleží uvnitř, nebo v těsné blízkosti karů. Nad ostatními oblastmi, ale i tak převládají a vyskytují se tu ty největší a nejrozsáhlejší ledy (1.1, 1.2, 2.6–2.10, 2.12, 2.13, 2.16, 2.17, 3.1, 3.2, 3.5–3.7, 4.1–4.4). I když tyto místa poskytují většinou poměrně dobré prostředí (dostatek vody, příkré skalnaté svahy, výhodná expozice), výskyt ledopádů tu není pravidlem. V Krkonoších se nalézá celkem 14 výraznějších karových forem, ale pouze v 7 z nich se v dnešní době ledopády opravdu vyskytuje. Jedná se o Velkou Kotelní jámu (2), jámy v Labském dole (9), Navorská, Pančavská a Harrachova, karové oblasti okolo polských jezer Mały, Wielky Staw (5) a v Úpské jámě (4). Ve zbývajících 7 karových formách ledopády nejsou vůbec, nebo mají malou velikost. Jámy bez výrazných ledových útvarů jsou Malá Kotelní jáma, Malá a Velká Sněžná jáma, Czarny Kocioł

Jagniątkowski, jáma v údolí Lomničky a také Velká a Malá Studniční jáma. Ledopády mají velkou variabilitu ve výšce i šíře.

Druhým nejčastějším umístěním ledopádů jsou rokly. Ty mají výhodu, že jsou vždy skalnaté a mají kolmé stěny. S dostatečným zdrojem vody vytvářejí ideální podmínky. V Krkonoších se nalézají 14 ledopádů v roklich (2.1–2.5, 2.11, 2.14, 2.15, 4.5–4.10). I přesto, že některé rokly vznikaly v karových uzávěrech, byla jejich lokalizace upřednostňována z důvodu mladšího stáří oproti karům. Ledopády jsou převážně úzké, ale vysoké a strmé.

Další ledopády se vytvořily na ledovcem obnažených skalních stěnách (10) (2.22–2.26, 2.28–2.30, 3.3, 3.4) a samostatných plotnách (5) (2.18–2.21, 2.27). Skalní stěny mají často jako součást plotnu, ale stejně tak i naopak. Jejich tvar je také velmi různorodý.

Tab. č. 1: Srovnání parametrů ledopádů v závislosti na reliéfu

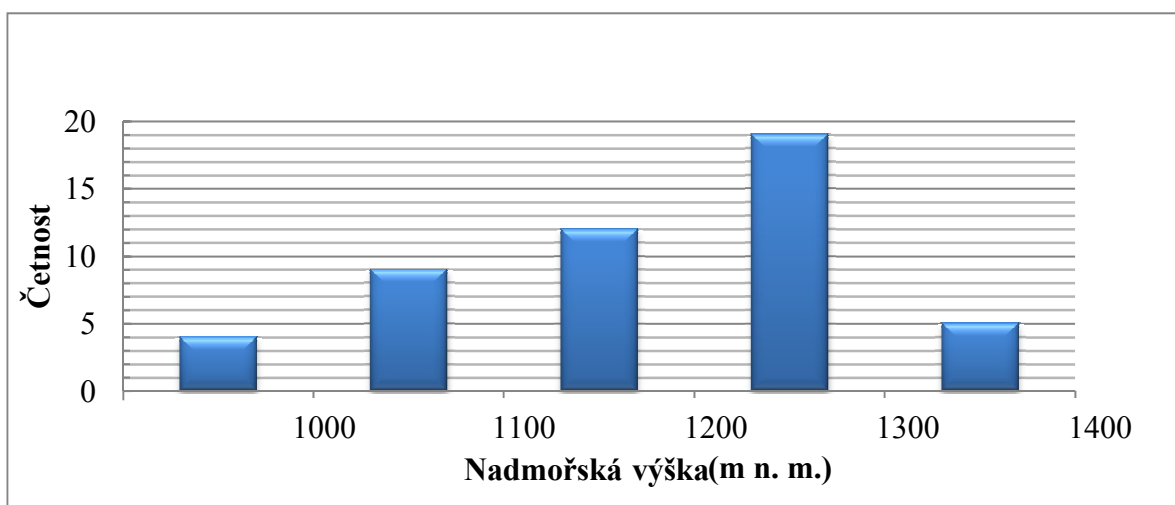
		Šířka ledopádu (m)	Výška ledopádu (m)	Nadmořská výška (m n. m.)	Sklon okolí (°)	Relativní výšková členitost (m)	Orientace (°)
Kary (20)	součet	778	709	x	x	x	x
	průměr	39	35	1258	29	636	84
	max.	160	100	1361	39	740	194
	min.	3	8	1171	19	584	31
Rokle (14)	součet	191	486	x	x	x	x
	průměr	14	35	1157	28	656	131
	max.	191	486	16191	386	9189	1829
	min.	4	5	1010	18	592	54
Skalní stěny (10)	součet	375	287	x	x	x	x
	průměr	38	29	1050	26	629	82
	max.	120	70	1272	33	645	207
	min.	5	4	876	12	610	28
Skalní plotny (5)	součet	390	300	x	x	x	x
	průměr	78	60	1142	31	606	48
	max.	100	100	1200	32	632	54
	min.	30	20	1077	30	593	37

Z tabulky je patrné, že co se týče průměrných hodnot, jsou jednotlivé oblasti poměrně srovnatelné. Rokly mají jen oproti jiným tvarům ledopády užší. Výrazně ovšem vystupují skalní plotny, které mají hodnoty pro výšku a šířku téměř dvojnásobné. Jejich reálný sklon je však nižší a z tabulky není patrný.

Celková naměřená délka ledopádu, které splnily kritéria pro zařazení, činí 1782 m. Průměrná délka je 36 m, medián 32 m. Nejdelší ledopády jsou v Labském dole, kde je 6 ledopádů v délce okolo 100 m (2.11, 2.12, 2.16, 2.17, 2.20, 2.21). I přes velkou rozkolísanost parametrů ledopádů během zimy, jsou tyto ledopády stále nejdelší a to po

většinu sezóny. Mají dobrou pozici vůči slunečním paprskům, které zde přes zimu svítí jen krátkou část dne. Dále mají vhodné velké skalní povrchy a dostatek vody z Labské Pančavské a Hančovy louky.

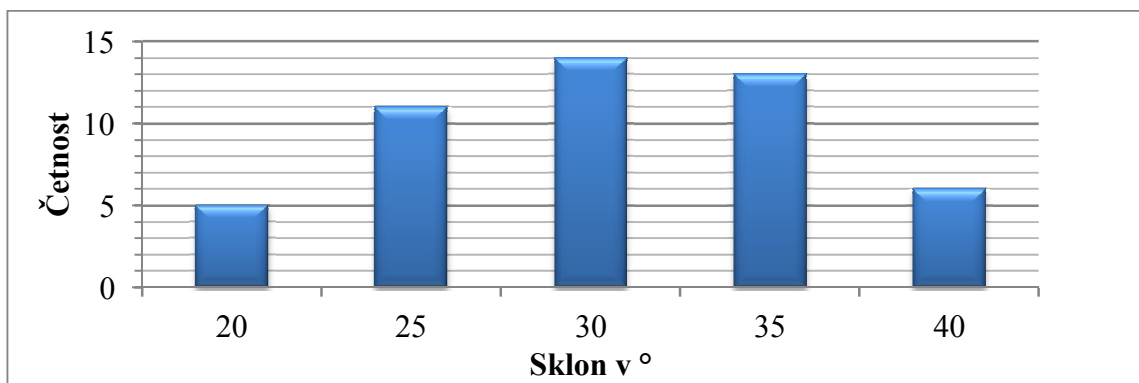
Průměrná nadmořská výška u kořene ledopádu je 1171 m n. m. Medián pro výšku vyšel 1196 m n. m., což v porovnání s průměrem značí, že nadmořské výšky jsou více rozloženy do výšek nad 1200 m n. m. Lepší představu o rozložení ledopádů v jednotlivých nadmořských výškách viz obr. č. 5. Maximální výška je 1345 m n. m. a jedná se o ledopád Žleb Lejowy (3.5) v Malém Stawu. Naopak nejnižší ledopád se nalézá poblíž Dvorského potoka (2.30) ve výšce 904 m n. m. Průměrný sklon okolních svahů je 28°, medián 29°.



Obr. č. 5: Rozdělení ledopádů v nadmořských výškách

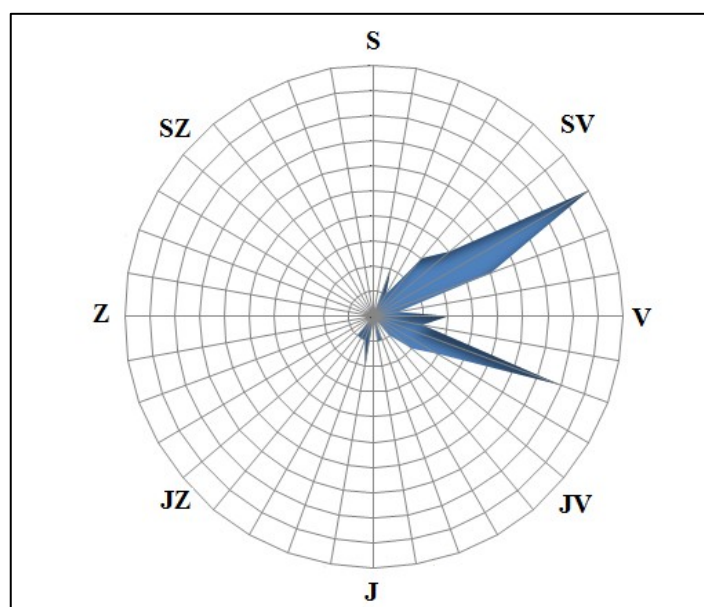
Relativní výšková členitost v lokalitách ledopádů se pohybuje od 583 m (2.16) do 740 m (4.1). Průměrná hodnota 637 m a medián 623 m je ovlivněn zejména daty z Labského dolu, kde je relativní výšková členitost menší. Oproti tomu průměrně větší hodnoty (okolo 700 m) se vyskytují v Obřím dole.

Téměř čtyři pětiny ledopádů se nachází v rozmezí 20–35°. Nejvyšší sklon v okolí ledopádů je severně od Hančova žlebu a pod Krakonošovou hlavou (2.10 a 2.12), kde je hodnota 39°. Nejnižší hodnotu sklonu okolí 18° má ledopád u Dvorského potoka (2.30). Rozdělení sklonitosti do intervalů nabízí obr. č. 6. Se sklonitostí okolních svahů souvisí další parametr pro lokality ledopádů a tím je umístění v lavinovém území, které může ovlivňovat množství vody pro ledopády. Pokud bychom v určování lavínězlosti brali v úvahu pouze průměrný sklon, tak by v podstatě téměř všechny ledopády byly lokalizovány na potenciálně lavinovém svahu. Nicméně i při porovnání lokalit ledopádů s lavinovým katastrem můžeme tento předpoklad potvrdit (VRBA, M., SPUSTA, V. 1975). Detailnější pohled na sklonitostní poměry v okolí ledopádů nabízí mapy na obr. č. 4–6.



Obr. č. 6: Sklonitost svahů v okolí ledopádů

Expozice ledopádů má poměrně převládající východní směr. Rozlišit můžeme dvě části a to východo-severovýchodní a východo-jihovýchodní. Žádný z nich není úzce spjat s konkrétní lokalitou. Směry jsou rozprostřeny poměrně rovnoměrně. Drobné odchylky od převládajícího směru jsou evidovány pouze v Labské rokli (2.1–2.4), kde mají ledopády jihozápadní směr. Rozdělení expozice ledopádů je vidět v obr. č. 7. Orientaci ledopádů lze dále porovnat i na mapách jednotlivých oblastí na obr. č.4–6.



Obr. č. 7: Rozložení expozice ledopádů v Krkonoších

Pozn.: jednotlivé expozice byly dány do intervalů po 10°.

Z hlediska sklonitosti ledopádu podle A. Bianchiho (2004) převládá položený typ, případně položený s kolmými místy. Rozdělení typů je rovnoměrné u karů a skalních stěn. U ploten převažuje typ "a", tedy položený. V roklích je naopak častější svislý typ "b" a "c".

Tab. č. 2: Zastoupení typů ledopádů podle A. Bianchiho (2004)

Pozn.: Typy ledopádu viz obr. č. 1., tučně převládající typ

a	a, b	a,b,c	a,b,c,d,e	a,c	b	b,c	c	c,d,e
8	21	7	2	1	5	3	1	1

5.1.1 Kotelní jámy

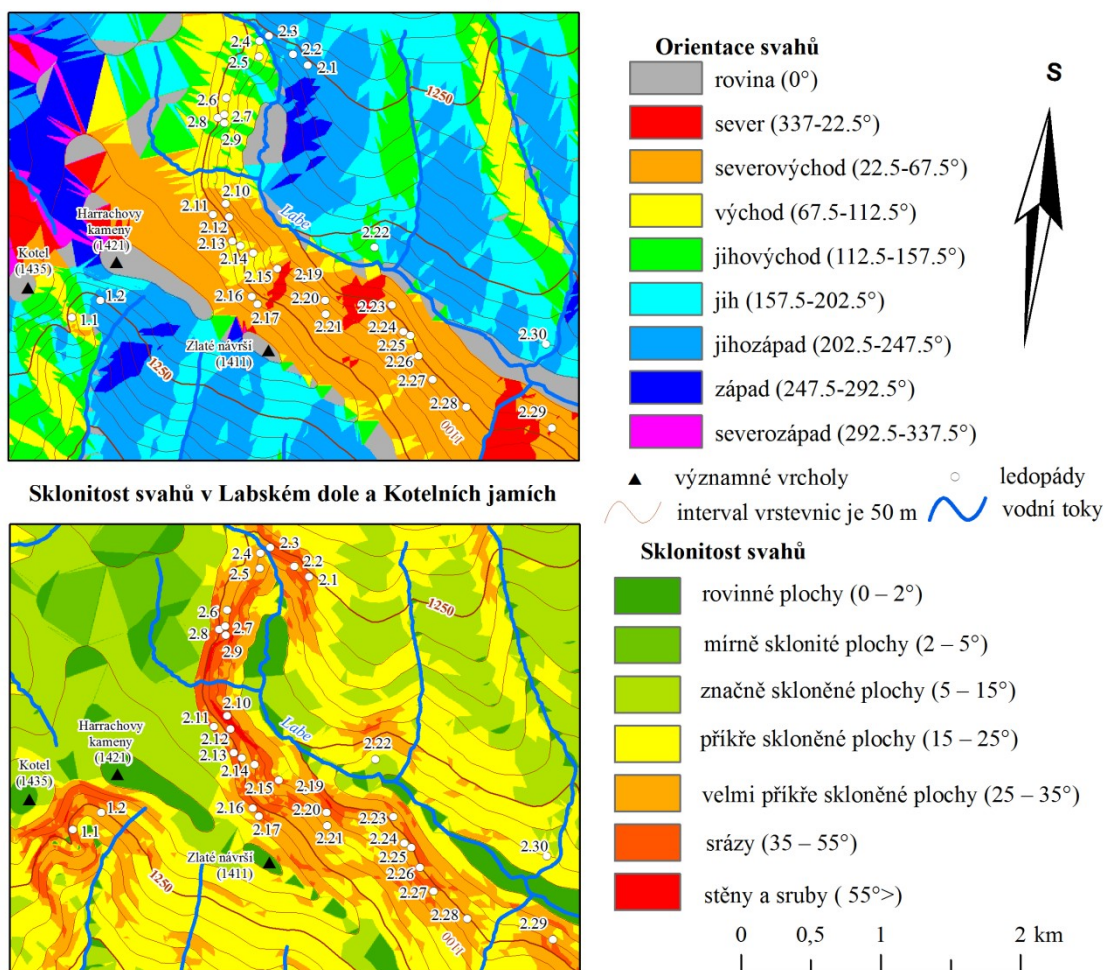
Pod vrcholem Kotle (jindy zvaný též Kokrháč) se ledovcem vytvořil typický dvojkar. Ten lze rozdělit na dvě části. Západnější Malá Kotelní jáma není v zimě obdařena výraznými ledopády a má spíše travinaté, méně sklonité svahy. Je to způsobeno i díky podloží, které je tvořeno svorem a předurčuje tak zaoblenější reliéf. Oba kary dělí Kotelský hřebínek tvořený silně prokřemenělými svory, který je považován za střední morénu (TREML, V. 1972). Velká Kotelní jáma je tvořena převážně porfyrickou žulou. Oproti východní orientaci Malé Kotelní jámy, osa karu Velké Kotelní jámy směřuje více na jihovýchod. Od vrcholu Kotle (1435 m n. m.) spadají strmé svahy až do hloubky 1100 m n. m., kde pramení Kotelský potok (dále Jizerka) (ŠOUREK, J. 1969). Svahy karů jsou velmi příkré (45–70°) a svírají kar v šířce přibližně 500 m (TREML, V. 1972). Na ledopády je daná oblast poměrně chudá. Nachází se zde pouze dva, které splňující minimální kritéria 4 metrů výšky. První (1.1) se tvoří v oblasti Mokrého prahu ve spodní části Západního žlebu (DVOŘÁK, J., WÁGNEROVÁ Z. 1994). Je položený a má délku 35 m. V této oblasti západních až severozápadních svahů je povrch velmi členitý. Vysoké skalní stěny jsou tvořeny výchozy křemenců. Na levé straně karu se přibližně 150 m pod Harrachovými kameny vyskytuje ve skalním žlábků kaskádovitý ledopád s délkou 20 m (1.2). Okolní oblast se nazývá Harrachovy plotny a tvoří velkou souvislou skalní plochu o výšce až 150 m. Rozložení ledopádů v tomto území zobrazuje mapa v příloze č. 5. Sklonitost a orientaci svahů v okolí ledopádů Velké Kotelní jámy je dobře patrná z mapy na obr. č. 4.

5.1.2. Labské údolí

Jedná se o trogové údolí rozkládající se od Labského vodopádu až po soutok s Bílým Labem (JENÍK, J., KOSINOVÁ-KUČEROVÁ, J. 1964). Podle dosavadních studií založených na datování pomocí ¹⁰Be zde povrch ovlivnilo poslední zalednění würmského stáří (ENGEL, Z. 2003). Horský ledovec tady zanechal množství ledovcových forem, například boční a bazální morény, karové mísy, ledovcové stupně, ale především celkový vzhled trogového údolí (ŠEBESTA, J., TREML, V. 1976; PILOUS, V. 2007a). Labský důl je z obou stran svírá dvěma hřebeny. Z jižní strany se jedná o Český hřbet a ze strany

severní Slezký (někdy též Pohraniční) hřeben (DOSTÁL, J. 1954; PILOUS, V. 2007a). Labský důl je tvořen převážně středně zrnitou žulou. Na straně Českého hřbetu ve vyšších partiích vystupuje žula porfyrická, které je dále na rozhraní s horninami kontaktního pásma, zejména s křemenci. V údolí se vyskytuje svahová asymetrie, kdy na jedné straně svahy pozvolna klesají ze Slezkého hřbetu k toku Labe (sklon 6–15°) a na straně druhé z Českého hřbetu příkře spadávají po skalních stěnách (sklon 25–60°, místy svislé úseky). Skalní stěny jsou až 200 metrů vysoké a je na nich dobře patrná kvádrová odlučnost (LÍBALOVÁ, J. 1964). Všechny kary s většinou ledopádů jsou umístěny právě ve strmější oblasti na pravé straně Labe. Ledopády se tady vyskytují nejen díky skalním stěnám, ale také díky tomu, že okolní Labská, Pančavská a Hančova louka mají dostatek vody pro tvorbu ledopádů. Tyto dva základní parametry jsou v Labském dole zastoupeny opravdu nejlépe v celých Krkonoších a tak se tu vyskytuje nadpoloviční většina (30) všech přirozených ledových útvarů. Rozložení ledopádů v tomto území zobrazuje mapa v příloze č. 2. Sklonitost a orientaci svahů Labského dolu znázorňuje obr. č. 8.

Orientace svahů v Labském dole a Kotelních jamách



Obr. č. 8: Sklonitost a orientaci svahů v Labském dole a Kotelních jamách

Labská rokle se nachází bezprostředně pod Labskou boudou. Její vznik byl tektonicky podmíněný, díky čemuž mohla vodní eroze rokli vyhloubit (PILOUS, V. 2007a). Je ostře zaříznuta do středně zrnitého žulového podkladu a její osa směřuje od severozápadu na jihovýchod. Je úzká 20–30 m a hluboká 30–100 m. Levá část je vyšší a více kolmá. Rokle začíná 35 metrů vysokým Labským vodopádem ve výšce 1250 m n. m. a strmě klesá (sklon 30–50°) až do 1100 m n. m. (ŠOUREK, J. 1969; TREML, V. 1972). Na spodní hranici ústí z levé strany ještě jedno skalnaté údolí s názvem Malá Labská rokle. V zimním období zamrzá nejen samotný Labský vodopád, ale vytvářejí se zde také velmi impozantní ledopády na obou stranách rokle (2.3+2.4) a blízkém okolí (2.5). Dva ledopády se dále vyskytují v sousední Malé Labské rokli (2.1 a 2.2).

Visutá Novorská jáma se nalézá jižně od Labské rokle. Začíná jako velmi strmý svah ve výšce asi 1280 m n. m., který se přibližně v 1190 m n. m. mění na skalní stěnu. Níže přechází ve skalní plotnu končící v 1100 m n. m. Orientace karu je převážně východní, nicméně vyčnívající skalní stěny po obou stranách jámy dodávají místu amfiteatrální tvar (ŠOUREK, J. 1969). Šířka karu je 450 m (TREML, V. 1972). V kolmé části jsou celkem 3 ledopády (2.6–2.8). Jeden ledopád je osamocen v jižní části na malém skalním stupni (2.9). Při podmínkách bez vydatného sněžení na začátku zimy se zaledňují i položené skalní úseky, které se napojují na kolmé ledopády.

Pančavská jáma je největší kar (šířka až 900 m) v Labském dole, umístěna je jižně od Navorské jámy a dominuje jí nejdelší vodopád v Česku (TREML, V. 1972). Pančavský vodopád (dříve Pančice) protéká středem jámy a měří 148 m (PILOUS, V. 1992). Vodopád a jáma samotná začínají ve výšce 1330 m n. m. a končí na okraji meandrujícího Labe ve výšce 1020 m n. m. Expozici má, stejně jako Navorská jáma, východní směr (JENÍK, J., KOSINOVÁ-KUČEROVÁ, J. 1964.) Uvnitř velmi členitého karu se nachází několik skalních stěn, roklí a žlebů. Hančův žleb se nachází v těsném sousedství Pančavské jámy. Spolu s Křivým žlebem svírá výraznou skalní dominantu s názvem Krakonošova hlava. Směr žlebu je zhruba severovýchodní. Pozorovat v této oblasti můžeme dva dlouhé a jeden středně dlouhý ledopád. Výrazný je hlavně ledopád v Hančově žlebu (2.11), který je v horní části velmi kolmý. Celkově dosahuje délky až 100 m. Stejně dlouhý může být i méně sklonitý ledopád pod Krakonošovou hlavou (2.12). Západním směrem se vyskytuje na skalních výchozech množství ledopádů, z nichž největší je v úzlabině Jestřábích skal (2.13). O 100 metrů východněji je vyhlouben úzký, maximálně 8 metrů široký, Ledový žlábek. V horní části leží pouze malý ledopád náchylný k zapadání sněhem (2.14).

Poslední jámou v Labském dole je jáma Harrachova. Z hrany karu ve výšce 1330 m n. m. začíná rychle narůstat strmost. Travinatý svah přechází ve skalní stěny a plotny, která jsou místy kolmé až převislé. Dno karu je ve výšce 1230 m n. m. Jedná se o nejsamostatnější visutý kar v údolí (PILOUS, V. 2007a). Tento skalní amfiteátr pokračuje dvěma lavinovými drahami, které rozděluje menší skalní práh (JENÍK, KOSINOVÁ-KUČEROVÁ, 1964). Horní část karu je přibližně v polovině rozdělena úzkým Vrbatovým žlebem na dvě části (2.16 a 2.17), přičemž severní je kolmější. Celková šířka jámy je 450 m (TREML, V. 1972). Nalézají se zde nejimpozantnější led v Krkonoších. Délka ledopádů je až 70 m a je složena ze všech typů ledu – plotny, kaskády, dlouhé kolmé stupně, stalaktity, i menší ledové sloupy. Vrbatův žleb dále pokračuje téměř v severním směru až na dno údolí. Na jeho východní hraně se tvoří úzký 40 – metrový led (2.15). Další dva ledopády se vyskytují pod Harrachovou jámou v místě zvaném Malá lavina (2.18 a 2.19). Velmi výrazné ledopády se vyskytují o něco východněji v místě Velké laviny (2.20, 2.21). Jedná se o široký a zároveň kolmý led. Vrchní části dominuje nevelká kolmá kaskáda (2.20), na ní navazuje méně prudká plotna. Ve spodní, zejména východní části je však ještě nápadná kolmá oblast (2.21).

Ledopády Bud' fit, které převzaly svůj název po běžecké trati ležící na druhé straně řeky, jsou pravděpodobně nejnavštěvovanějším místem v Krkonoších spojeným s ledem. Nalézt tady totiž můžeme jediný ledopád (2.23), který byl vyjmut z ochranného pásma. V zimním období a za dostatečné vrstvy ledu na něm byla povolena horolezecká činnost. Ze skupiny skal se jedná o nejzápadněji ležící, až 32 m vysoký kolmý ledopád. Skládá se z několika částí, které se spojují a oddělují v šířce přibližně 100 m. V okolí leží ještě další dva částečně kolmé a částečně položené skalní prahy, které dosahují výšky 30–50 m (2.24., 2.25). Tamější ledopády jsou rozvětveny do různých směrů. Nejvýchodněji ležící skupina (2.26) má západní expozici. Oproti ostatním, které mají orientaci severozápadní, je tedy mírně odkloněna. Ledopády se tu vyskytují až na jeho východní části, na kterou dále navazují široké ledové plotny (2.27).

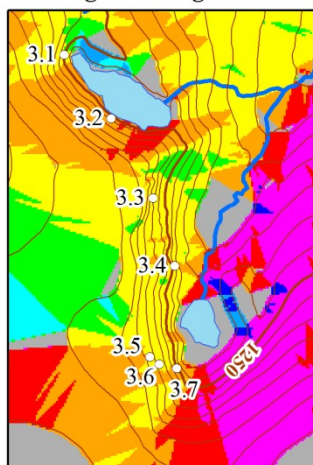
Osamoceně stojí v Labském dole 4 ledopády. Přibližně 250 m severně od soutoku Labe s Pudlavou se nachází skalní výchoz, který má podmínky pro 32 – metrový ledopád (2.22), nicméně jeho jižní expozice mu dává možnost vzniknout jen za příhodných zimních podmínek. V letošním roce proto nevznikl vůbec. Další poměrně malý ledopád je umístěn po levé straně Labe nedaleko soutoku s Dvorským potokem. (2.30). Jižně od tohoto ledopádu leží ve stráni schovaný menší, ale kolmý ledopád (2.29) s výškou 10 m. Mezi tímto a posledními plotnovými ledopády Bud' fit leží ještě na 100 metrové skalní linii

podélný 4 metry vysoký ledopád (2.28). Led natéká z velké části v převisu a vytváří tak v dutinách ojedinělé ledové úkazy.

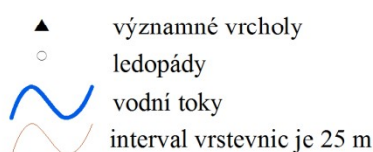
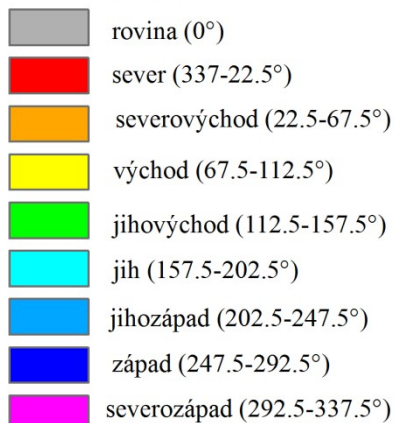
5.1.3. Mały a Wielki Staw

Oba tyto kary spojuje množství atributů. Leží na polské straně Krkonoš, jako jediné polské kary jsou v zimě obdařeny ledopády, vznikly v pleistocénu díky horskému ledovci a oba mají svoje dna vyplněna jezerem. Oba byly také vyhloubeny v žule, jen jihozápadní stěna menšího jezera je prostoupena širokou porfyrovitou žilou (ŠOUREK, J. 1969). Odděluje je Owcze Żebro strukturního původu (PILOUS, V. 2007a). Voda na tvorbu ledopádů je dostupná ze Stříbrného hřbetu a tzv. Roviny pod Sněžkou. Sklonitost a orientaci svahů v okolí karů Wielkego a Małego Stawu je znázorněna na obr. č. 5

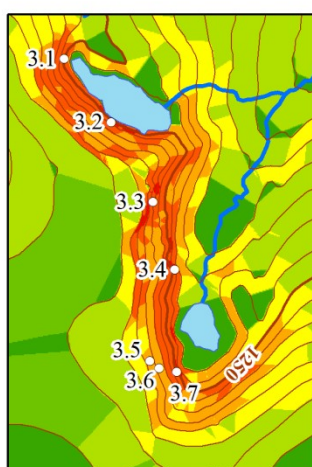
Orientace svahů v jámách Wielkego a Małego Stawu



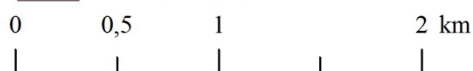
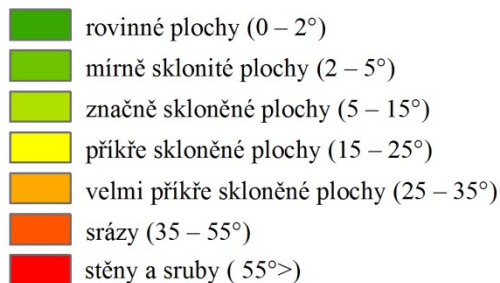
Orientace svahů



Sklonitost svahů v jámách Wielkego a Małego Stawu



Sklonitost svahů



Obr. č. 9: Sklonitost a orientace svahů v okolí karů Wielkego a Małego Stawu

Severněji ležící jezero Wielki Staw má hloubku až 23,5 m a rozlohu 8,3 ha (TESAŘ, M., PILOUS, V. 2007). Hradí jej 30 m vysoká moréna. Leží ve výšce 1225 m n. m. a obklopují ho příkré, až dvousetmetrové svahy končící u Poledních kamenů (ŠOUREK, J. 1969, VRBA, J. a kol. 2008). Úbočí je z části skalnaté a z větší části porostlé klečí. Průměrný sklon se pohybuje okolo 40°. Šířka karu je přibližně 750 m. Expozice směřuje k severovýchodu. Mezi lavinovými drahami se vyskytuje množství menších ledopádů v podstatě v celé šířce karu. Jeden větší se nachází při břehu přibližně v polovině jezera. Jedná se o položený ledopád se svislými stupni. Ledopád je poměrně rozvětvený a není kompaktní v celé šíři. Maximální rozměry jsou 43 m na délku a 90 m na šířku (3.2). Na severním břehu se vyskytuje ještě jeden velký ledopád (3.1), který je tvořen dvěma kolmými stupni oddělenými strmou plotnou (17 + 7 + 15 m).

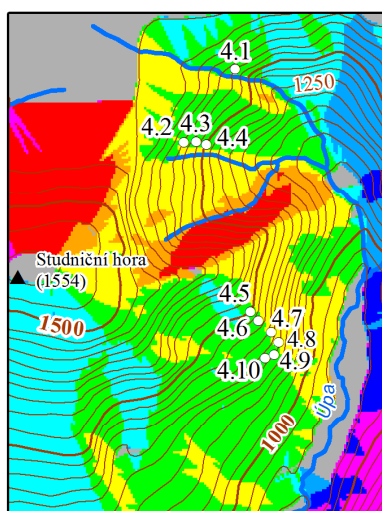
Mały Staw je menší (2,9 ha) a mělčí (max. 7,3 m), než jeho výše položený soused (TESAŘ, M., PILOUS, V. 2007). Leží ve výšce 1183 m n. m. a obklopují ho dominantní, často kolmé, skalní stěny a velmi sklonité svahy a to až do výšky 1400 m n. m. Kar má šířku 550 m. Povrch je oproti Wielkemu Stawu výrazně členitější. Úbočí má vysokou sklonitost (více než 50°), což je způsobeno kolmými stěnami v horní části. Oblasti do 100 m okolo jezera jsou již ve sklonu okolo 25°. Expozice karu je téměř severní (ŠOUREK, J. 1969). Leží zde velké a kolmé ledopády, a to zejména v centrální skalnaté části (3.5, 3.6). Další, více položený, je na hranici Slalomového žlebu a skalních výchozů (3.7). Dva ledopády, které ještě stojí za zmínku, se nalézají v oblasti mezi jednotlivými jámami. Mají roztroušený, stupňovitý charakter. Větší z nich může dosahovat délky až 70m s většími kolmými úseky (3.4), menší pouze 13 m (3.3). Stejně jako v karu Malého Stawu, tady můžeme pozorovat ještě množství menších ledových útvarů, které ale nesplňují minimální parametry. Rozložení ledopádů v tomto území zobrazuje mapa v příloze č. 3.

5.1.4. Úpská jáma a Čertova zahrádka

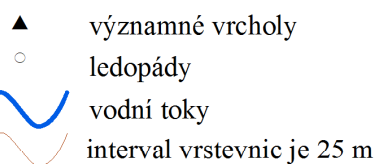
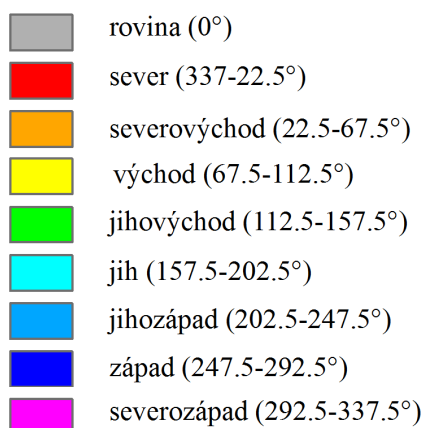
Lokality Úpské jámy a Čertovy zahrádky jsou součástí největšího trogové údolí, Obřího dolu. Jedná se o údolí konsekventního směru, které se rozprostírá od hrany východokrkonoského zarovnaného povrchu (Slezský hřbet) a Sněžky v délce 4 kilometrů až k osadě Růžový důl. Od dna Obřího dolu až k vrcholu Sněžky má na krátkém úseku převýšení více jak 650 m (ŠEBESTA, J. 1972). Svědčí to o výrazném uplatnění zpětné eroze, ale zejména glaciální a periglaciální činnosti (ŠEBESTA, J. 1972). Glaciální tvary, jako jsou kary, různé typy morén, visuté údolí (např. Modrý důl), nebo ledovcové stupně (PILOUS, V. 2007a) jsou zde dochované z posledního würmského glaciálu (ENGEL, Z.

2003). Tvar dolu je poměrně asymetrický ukončený karovým uzávěrem-Úpskou jámou. Obří důl byl vyhlouben do nejvýše položeného zarovnaného povrchu (snížením), mezi Studniční horou (1554 m n. m.) a rozsochou Růžové hory (1390 m n. m.), která zblíhá z vrcholu Sněžky. Složitý reliéf Obřího dolu zapřičiňuje zejména jeho horninové složení. Úpská jáma je vyvinuta na okraji krkonošského žulového masivu (hrubozrná, až středně zrnitá žula), přičemž svoji jižní částí, Lavinovým žlebem, zasahuje již do kontaktního pásma (ŠEBESTA, J. 1972). Dále přechází k horninám českého krystalinika tedy ke svorům až fylitům s vložkami erlanů, zelených břidlic apod. (ŠEBESTA, J. 1972). Kromě Úpské jámy se v trogu vyskytují ještě další dva kary, a to Malá a Velká Studniční jáma. Na obr. č. 10 je znázorněna orientace a sklonitost svahů v horní části Obřího dolu, v oblasti výskytu ledopádů.

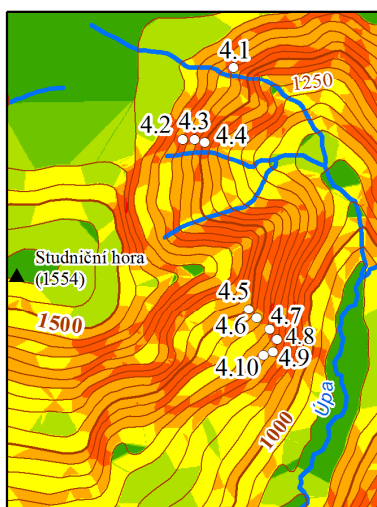
Orientace svahů v Obřím dole



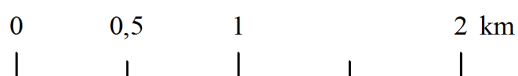
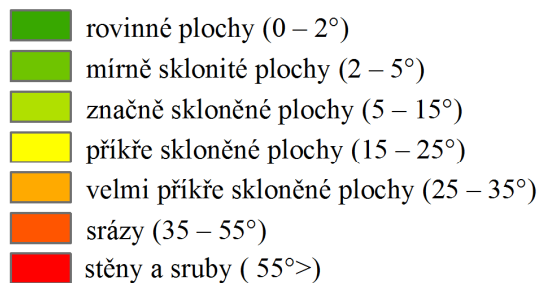
Orientace svahů



Sklonitost svahů v Obřím dole



Sklonitost svahů



Obr. č. 10: Sklonitost a orientace svahů v horní části Obřího dolu

Úpská jáma je největší a nejhlubší kar v Krkonoších. Výška se pohybuje v rozmezí 650 – 350 m, přičemž nejvyšší bod je na konci Sněžky. Šířka celého karového uzávěru může v nejširším místě dosahovat až 1,4 km. Nejstrmější část se nachází pod Úpskou hranou. Kar je rozčleněn fluviálními erozními zářezy na jednotlivé žleby – od severu žleb Úpičky, Úpská rokle, Lavinový žleb a Sněhový žleb (PILOUS, V. 2007a). Osa karu směřuje k jihovýchodu (ŠOUREK, J. 1969). Na západě žleb uzavírá selektivně vyvinutý Čertův hřebínek (ŠEBESTA, J. 1972)

Přímo v Úpské jámě je v těsné blízkosti Horního Úpského vodopádu největší ledopád východních Krkonoš. V horolezecké komunitě nazývaný "Mazáček"(4.1). Jde o impozantní svislou stěnu, která se rozděluje na jednotlivé části v šířce přibližně 120 m. V horní části se nachází méně stupňovitá plotna a tak celý ledopád měří celkem 54 m. Lokalita ledopádu se nazývá Úpská rokle. Tři středně velké ledopády se vyskytují na levé straně Sněžné strouhy ve Sněžném žlebu (4.2, 4.3, 4.4). Rozložení ledopádů v tomto území zobrazuje mapa v příloze č. 4.

Čertova rokle a Čertova zahrádka se nalézají mezi Úpskou a Studniční jámou a modelují tak východní svah Studniční hory. Jedná se o velmi příkré a skalnaté strže ve tvaru sevřeného "V" (úhel sevření 30–40°) (ŠEBESTA, J. 1972). Začínají pozvolna pod Čertovým hřebínkem ve výšce 1400 m n. m. a končí po 600 m jako suťové kužely na dně Obřího dolu ve výšce 950 m n. m (ŠEBESTA, J. 1972). Vypočítaný průměrný sklon je tedy 47°. Rokle byly vyerozovány ve svoru díky tektonickým predispozicím. Patrné jsou tu murové a lavinové modelace spolu se skalním říčením (PILOUS, V. 2007a). Mají východní směr a probíhají velmi blízko vedle sebe (ŠOUREK, J. 1969).

Severněji ležící Čertova rokle má nižší stěny, než sousední Čertova zahrádka a nevyskytuje se tady žádný výraznější ledopád. Naopak rokle Čertovy Zahrádky končí vysokými skalními stěnami, kde se tvoří dva poměrně velké ledopády. Místo je z hlediska geologie výjimečné výraznou porfyritickou žilou (ŠOUREK, J. 1969). První ledopád je zde dlouhý 78 m a až na krátký předstupěň je v celé délce poměrně kolmý (4.6). Jen pár desítek metrů severněji je ještě druhý, méně svažité ledopád, měřící 55 metrů (4.5). Pod oběma ledopády se tvoří výrazný suťový kužel. V těsné blízkosti se nalézají ještě další menší postraní rokle, kde jsou další čtyři ledopády. Jeden menší (10,4 m) položený ledopád s malým kolmým stupněm (4.10), jedna střední (14 m+6m) kaskáda s větším kolmým stupněm (4.9), jeden kolmý 23 m dlouhý ledopád (4.8) a jedna úzká 50m dlouhá kaskáda (4.7) s různě ukloněnými stupni. Rozložení ledopádů v tomto území zobrazuje mapa v příloze č. 4.

5.1.5. Ledopády na vodních tocích

Velký počet ledopádů se nalézá na vodních tocích. V podstatě lze říci, že ve větší, či menší míře vznikají v zimě na všech vodních tocích různé ledové útvary, nebo zmrzlé vodopády. Vodních toků je na námi vytyčeném území přibližně 170 s celkovou délkou téměř 700 kilometrů (správa KRNAP 2011). Registrujeme na nich 110 významnějších stupňů (PILOUS, V. 1989–2013). Pro možnost porovnání s databází skalních ledopádů jsou vybrány pouze ty vodopády, které mají alespoň 4 metry délky. Takových se na vymezeném území nalézá 54 (PILOUS, V. 1989–2013). Kromě počtu, mají s ledopády i stejné místo výskytu. Stejně jako většina všech vodopádů, tak i čtyři pětiny vodopádů nad 4 metry se nachází v centrální části Krkonoš (Glówny Grzbiet Karkonoszy + Krkonošské hřbety). Velikostně se zmrzlé vodopády v Krkonoších nemohou porovnávat se skalními ledopády. Pravděpodobně je to způsobené stálým proudem vody, který růst ledopádu velmi zpomaluje (SZILDER, K., LOZOWSKI, E., P. 2000).

Celková délka vybraných vodopádů je 815 m (PILOUS, V. 1989–2013). Jejich průměrná výška je 15 m, ale medián 8 m, což je způsobeno výrazně dlouhými vodopády (Pančavský, Horní a Dolní Úpský, a Hančův vodopád) (PILOUS, V. 1989–2013). Průměrná nadmořská výška je 1008 m n. m. s mediánem 1155 m n. m. (PILOUS, V. 1989–2013). Nadmořská výška je taktéž počítána od horní hrany vodopádu. Z hlediska počtu vodopádů na vodní tok je v popředí zejména Vavřincův potok, kde se vyskytuje 9 stupňů. Množství vodopádů nalezneme i na Hrazeném potoce (8), Rudném, Černoorském a Krahulčím potoce (5) a také na Bílém Labi (5) (PILOUS, V. 1989–2013). Rozložení vodopádů na území Krkonoš zobrazuje mapa v příloze č. 6.

5.1.6. Antropogenní ledopády

Mimo zmrzlé masy ledu vzniklé čistě přírodně na původních tvarech se v Krkonoších vyskytují ledopády i na místech, které byly přetvořeny člověkem. Jedná se především o místa, kde byl stržen svah za účelem rozšíření silnice. Tímto zásahem byl obnažen skalní podklad, který umožnil tvorbu ledopádu. Voda, která se dříve vsakovala do vegetace na svazích, nyní může volně stékat po skalních stěnách a v zimě namrzat. Ledopády jsou často různě zbarvené, díky hlíně, která je u kořene ledopádu obnažená.

Nalézají se například v blízkosti silnice v údolí Jizery, nicméně jejich rozměry jsou malé. Jediný větší led vzniká v zářezu železniční tratě mezi Kořenovem a Harrachovem, který je však již mimo naše vymezené území. Dalším místem s výraznými ledopády u

silnic je údolí Labe mezi Špindlerovým Mlýnem a Hořejším Vrchlabím (DVOŘÁK, J. 2008). V tomto úseku se dříve vyskytovaly ledopády pouze v blízkosti Špindlerova Mlýna poblíž chaty Michlák (5.2), ale nedávný rozsáhlý zásah, který ještě není v konečné fázi a který má údajně zajistit bezpečnější podmínky pro motoristy, rozsah ledopádů výrazně rozšířil. V blízkosti Herlíkovic jsou tři ledopády (5.3, 5.4 a 5.5). Jeden skalní výchoz dosahuje dokonce výšky 35 m s převislými pasážemi (5.3) a tvoří tak ideální místo pro tvorbu ledopádů. Oblast je nazývána Labská soutěska a leží v zúženém profilu řeky Labe, které si zde proráží cestu v odolných kvarcitových a rulových horninách Kozího a Žalského hřbetu. I přesto, že je tady skála obnažena antropogenně, pravděpodobně by se tu menší ledopády vyskytovaly i bez lidského přičinění. Menší ledopád antropogenního typu lze ještě nalézt na silnici vedoucí na Vrbatovu boudu (5.1). Ve východních Krkonoších lze pozorovat ledopád nedaleko Horních Albeřic v bývalém lomu (5.6) a také nedaleko Malé Úpy (nesplnily minimální výšku 4 m).

Pro kompletní výčet ledopádů, je třeba krátce zmínit, že se v Krkonoších vyskytuje šest člověkem vytvořených ledopádů. Jedná se o uměle nastříkaný led, většinou na dřevěných konstrukcích, které slouží k nácvičení ledolezení. Spolehlivost jejich vytvoření je velmi nepředvídatelná. Hned tři se nachází přímo ve Špindlerově Mlýně. Jedna u hotelu "Pod jasany", druhá a pravděpodobně nejvyšší v Krkonoších je ve Svatém Petru v dojezdu sjezdovek. Měří bezmála 15 metrů. Ledovou stěnou se příležitostně stává i přírodní skála u hotelu Esprit. Další tři se nalézají na hřebenech Krkonoš v blízkosti bud. Jedna u Luční boudy, druhá u boudy Výrovka a třetí u Brádrlerových bud.

6. Diskuse

Ledopády v Krkonoších se přímo determinují na ledovcové tvary. Předurčení pouze na karové formy se přímo nepotvrdilo, nicméně i tak jich je v Krkonoších velký počet (20). Mnohým karům, díky jejich špatné poloze vůči zarovnaným povrchům, chybí dostatečné přísuny vody (např.: Sněžné jámy, částečně i Studniční jámy) a nemohou se tu tím pádem ledopády tvořit. Stejně tak je potřeba i skalního stupně s dostatečným sklonem, který v mnoha karech téměř, nebo úplně chybí. Jde například o Studniční jámy a Malou Kotelní jámy, které díky svému svorovému podloží mají tvary více zaoblené. Podmínky skalního stupně ideálně splňují rokly (14). Díky jejich skalnatým a kolmým stěnám již zbývá pouze zdroj vody. Na podobě roklí se ale často voda podílí, a tak jsou většinou v blízkosti dostatečné vláhly pro ledopády. I zde jsou však výjimky, např. Čertova rokly, rokly ve Sněžných jamách. Podobné podmínky splňují i ledovcem obnažené skalní stěny, kde je

lokalizována další velká část ledopádů (10). Skalní stěny, kde se ledopády vyskytují, byly obnaženy ledovcem ve střední až spodní části svahu údolí. Tato pozice jim proto dává dobrou možnost získat vodu z prostoru nad nimi. Průměrně největší ledopády, co do výšky a šířky se vyskytují na skalních plotnách. Jejich počet je ale malý (5) a mají menší sklon. Jejich lokality jsou také náchylnější k zapadání sněhem, což může způsobit zmenšení rozlohu ledopádu.

Expozice skalních ledopádů má dominantní východní směr. Vysvětlení východo-severovýchodní a východo-jihovýchodní expozice může mít dvě prolínající se varianty. První vysvětlení může být ve větru, který přichází díky západnímu atlantickému proudění během roku (GRAMSZ, R., POTOČKA, J., KOCIÁNOVÁ, M. 2010). Vítr velmi pozitivně ovlivňuje růst ledopádu rychlejším ochlazením vody, která po ledopádech stéká (MAKKONEN, L. 1988). Druhá možnost je, že ledopády jsou často determinovány na ledovcové tvary, které byly díky tomuto proudění vytvořeny prvotně. Ledopády se soustředí zejména do vyšších poloh s nižší průměrnou teplotou, ale vzhledem k jejich lokalizaci na ledovcové tvary je tento fakt podobný v případě s expozicí. Vzhledem k pozici ledopádů v dlouhých svazích karů a údolí mají místa ledopádů velkou relativní výškovou členitost.

Vypočítané hodnoty sklonitostí okolních svahů nám udávaly jako minimální sklon 18°, což předurčuje vznik ledopádů minimálně na příkře skloněné plochy (BEZVODOVÁ, B., DEMEK, J., ZEMAN, A. 1985). Důležitějším faktorem je však i sklon samotného skalního povrchu. I přesto, že bude mít místo skalní podklad i zdroj vody, může při vysoké sněhové pokrývce dojít kvůli vysokému sněžení k omezenému vytvoření ledopádů.

I přes to, že jsou Krkonoše naším nejvyšším pohořím a vyskytuje se tu největší počet ledopádů i vodopádů, není tento výskyt jen dílem nadmořské výšky. V území se ideálně sešli podmínky, které přítomnost těchto tvarů podpořily. Jako základní předpoklad je to geologická stavba, která ovlivnila druhý nejdůležitější faktor a to reliéf. V Krkonoších, díky poměrně pevnému žulovému plutonu mohly po výzdvihu zarovnaného povrchu a následné erozi vznikat kolmé skalní stěny (PILOUS, V. 1989; PILOUS, V. 2009). Právě proto jsou zde delší vodopády než například v sousedních Tatrách, které jsou mladšího stáří a zarovnaný povrch nemají. Oproti tomu ledopády neleží na stabilním vodním toku a stačí jen malý občasný proud vody, například z odtávajícího sněhu a tak ke svému vzniku nutně nepotřebují velké vyživovací plochy (oblast Salzburska). Reliéf vyzdviženého zarovnaného povrchu je jistě pozitivním aspektem, což potvrzuje velká hustota ledopádů ve Skandinávii (viz níže). Vliv stupně vývoje pohoří na četnost a délku

ledopádů je patrný i v porovnání například s Himálajemi nebo Pamírem, jejichž území je na vodopády i ledopády poměrně chudé (PILOUS, V. 2009).

Za jiná území nebyla nalezena žádná relevantní data, která by umožňovala exaktní porovnání rozlohy a počtu ledopádů. Pro přibližnou představu bylo využito horolezeckých průvodců. Zaznamenávají však pouze ledopády vyhovující pro horolezeckou činnost a opomíjejí ledy menších rozměrů. Pro představu můžeme například srovnat oblast v okolí Rjukanu v Norsku, kde se na rozloze přibližně 400 km² nachází asi 170 ledů. (HAUKASSVEEN J., BORDEVIK, T., A. 2005). Oblast má podobný reliéf jako Krkonoše, nicméně výraznější působení ledovce a severské klima vytvářejí lepší podmínky (STRØM, K., M. 1948). Velké ledopády, vznikají i v Alpách, kde však je jejich koncentrace o poznání nižší. Přibližnou představu nabízí tabulka č. 2.

Ledopády v Krkonoších se vyskytují pouze ve dvou nejvyšších geomorfologických podcelcích a jejich hustota je tedy poměrně velká (Tab. 2). V přepočtu na celé území je hustota již méně zajímavá.

Tab. č. 3: Hustota ledopádů a vodopádů v Krkonoších a vybraných oblastech Evropy

Území	Počet ledopádů	Rozloha v km ²	Hustota ledopádů na km ²	Hustota vodopádů na km ²	Hustota ledopádů + vodopádů na km ²
Krkonoše^{*1}	49	670	0,073	0,164	0,252
KRNAP	49	631	0,078	0,174	0,268
Hlavní hřeben^{*2}	49	216	0,227	0,509	0,782
Rjukan ^{*3}	170	400	0,425	x	x
Tirolsko ^{*3}	400	9000	0,044	x	x
Bregenz-Garmish ^{*3}	330	6500	0,051	x	x
Salzburško ^{*3}	330	7000	0,047	x	x
l'Oisans ^{*3}	120	1500	0,08	x	x

^{*1} podle geomorfologického vymezení; ^{*2} Główny Grzbiet Karkonoszki + Krkonošské hřbety

^{*3} obsahuje jen ledopády, které jsou vhodné pro ledolezení

7. Závěr

Na zkoumané lokalitě geomorfologického území Krkonoš bylo zaregistrováno 49 ledopádů delších, nebo širších 4 metrů. Všechny lokality ledopádů se nachází v ledovcem ovlivněné části Krkonoš, konkrétně v Krkonošských hřbetech a Głównym Grzbietu Karkonoszkim. Výskyt ledopádů by se dal rozdělit do karových oblastí (19), strmých roklí (17), oblastí ledovcem obnažených skalních stupňů a stěn (10), a skalnatých, méně sklonitých ploten (3). Zajímavým zjištěním byly hodnoty určující orientaci jednotlivých ledopádů (Graf č.

2), kde dominovala východní expozice se dvěma odlišitelnými směry. Stejný směr má i převažující východní proudění. Vítr tak pravděpodobně vytváří výrazně lepší podmínky pro vznik. Vzhledem k časté determinaci ledopádů na ledovcové tvary se však bude jednat pravděpodobně o společnou podmíněnost. Průměrná nadmořská výška je 1172 m n. m., přičemž výskyt je v rozmezí 904 m n. m. (2.30) až 1345 m n. m. (3.5). Sklonitost okolních svahů se pohybuje mezi 18°–39° s průměrnou hodnotou 28°. Relativní výšková členitost v okolí ledopádů je poměrně vysoká a dosahuje 637 m.

Obecně by si téma ledopádů zasloužilo více pozornosti z vědeckých řad. Ledopády nabízejí množství prostoru pro další zkoumání, ale na začátku by mělo být nejprve vytvoření základních pojmů, které by umožňovaly jasnou formulaci. Proto by bylo vhodné vytvořit detailnější charakteristiky ledopádů, jejich typologii a terminologii. Témata pro další práce mohou být například velké množství vody, které je v ledopádech deponováno, výrazná erozní činnost způsobená na skále nebo pod ní, či samotný vývoj tvarů ledopádu v průběhu zimy. Pro lepší poznání o ledopádech v Krkonoších, by bylo dobré rozšířit jejich základní charakteristiky. V ideálním případě vytvořit průřezové profily, které by dávaly jasnou představu o průběhu jednotlivých linií. Zajímavých informací by se jistě dosáhlo i při soustavnějším sledování jednotlivých ledopádů a jeho okolí. Dlouhodobější pozorování by bylo zapotřebí i pro zpřesnění dosavadních poznatků uvedených v tomto textu.

8. Zdroje

8.1. Literatura

- BERGER, H., ZLÖBL, H. (2012): Eiskletterführer Salzburger Land, ISBN 978-3-926807-57-1, 328 s.
- BEZVODOVÁ, B., DEMEK, J., ZEMAN, A. (1985): Metody kvartérně geologického a geomorfologického výzkumu. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 1985. 207 s.
- BIANCHI, A. (2004): Frozen waterfalls: how they develop, how they collapse. International Federation of Mountain Guides Association, Milan, (Internal Report.), 23 s.
- COOK, K., L., K., HARTEL, R., W. (2010): Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9, s. 213–222.
- DAMILANO, F., GODEFROY, P. (2000): Cascades - Oisans aux 6 vallées - vol 2, Ice Edition, ISBN: 2-95009868-4-6, 272 s.
- DAVIS, W., M. (1912): Die erklärende Beschreibung der Landformen. BG Teubner, s. 416.
- DOSTÁL, J. (1954): Zeměpisné členění Krkonoš. In:Krkonoše, Orbis, Praha. s. 36–48
- DVOŘÁK, J. (2008): Led neobyčejný minerál. In: Krkonoše a jizerské hory, Krkonošský národní park, 2008/2, s. 4–7.
- DVOŘÁK, J., WÁGNEROVÁ Z. (1994): Toponyma Kotelních jam v Krkonoších, Opera corcontica 31, s. 155–161.
- Eiskletterführer Bregenz bis Garmisch (2014), Panico Alpinverlag, ISBN 978-3-936740-93-6, 420 s.
- EMBLETON, C., KING C., A., M. (1968): Glacial and Periglacial Geomorphology. London: Edward Arnold, s. 110.
- ENG, R., C. (2010): Mountaineerin, The Mountaineers Books, 597s.
- ENGEL, Z., a kol. (2007): Doklady vývoje Labského dolu v pozdním glaciálu a holocénu, Opera Corcontica 44/1, s. 89–93.

- FEDERICI, P., R., SPAGNOLO, M. (2004): Morphometric analysis on the size, shape and areal distribution of glacial cirques in the Maritime Alps (Western French-Italian Alps). *Geografiska Annaler*, 86 A. 3: 235–248.
- FORTIN, G., HÉTU, B., GERMAIN, D. (2011): Climat hivernal et régimes avalancheux dans les corridors routiers de la Gaspésie septentrionale (Québec, Canada). *Climatologie*, 8, s. 9–25.
- GAUTHIER, F., a kol. (2013): Ice cascade growth and decay: a thermodynamic approach, *Journal of Glaciology*, 59, Č. 215, s. 507–523.
- GADD, W. (2003): *Ice & Mixed Climbing: Modern Technique*, The Mountaineers Books, ISBN: 089886769, 240 s.
- GOUDIE, A. (2004): *Encyclopedia of Geomorphology*, Routledge, London, ISBN 0-415-32737-7, 458 s.
- GOVE, P., B. (1986): *Webster's third new international dictionary of the English language unabridged: with seven language dictionary*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, ISBN 0-85229-503-0, s. 1120.
- GRAMSZ, R., POTOCKA, J., KOCIANOVA, M. (2010): Istotne cechy klimatu Karkonoszy w porównaniu z północną Skandynawią wzdłuż profilu Andoya – Kiruna. *Opera Concorctica* 47, Praha, s. 29–54.
- HALÁSKOVÁ, 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*. In: *Sborn. Mez.Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou*, Opera concortica, 44/1, s. 171–178.
- HALDA, J., a kol. (2011): Biodiverzita cévnatých rostlin, lišejníků, sinic a řas na skalách s ledopády v Labském dole. *Opera Corcontica* 48: s. 45–68
- HLADKÝ, J., SÝKORA, B. (1983): *Klimatologie, hydrologie, sněhová pokrývka*. In: Sýkora, B. a kol.: *Krkonošský národní park*. SZN, Praha, s. 33–44.
- HAUKASSVEEN J., BORDEVIK, T., A. 2005): *Heavy Water – Rjukan Ice, Rockfax*, ISBN 1-873341-46-6, 130 s.
- CHOUINARD, Y. (1978): *Climbing Ice*, Sierra Club Books, ISBN:0871562081, 192 s.
- CHALUPSKÝ, J. a kol.(1989): *Geologie Krkonoš a Jizerských hor, Ústřední geologický ústav*, Academia, Praha, 286 s.
- JANKOVSKÁ, V. (2004):Krkonoše v době poledové - vegetace a krajina, *Opera Corcontica* 41, s. 111–123.

- JENÍK, J., KOSINOVÁ-KUČEROVÁ, J. (1964): Příspěvek k poznání přírody Labského dolu v Krkonoších, *Opera Corcontica* 1, s. 77–88.
- KOCIÁNOVÁ, M., ŠTURSOVÁ, H. (2008): Jevy spojené s odtáváním sněhové pokrývky v tundrové zóně Krkonoš. *Opera Corcontica* 45: s. 13–34.
- KONDRACKI, J. (1994): *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*. PWN Warszawa. ISBN: 83-01-11422-3, s. 157–183.
- LÍBALOVÁ, J. (1964): Krkonošský žulový masiv, *Opera corcontica* 1, s. 25–33.
- MACDONALD, A., M. (1977): *Chambers Twentieth Century Dictionary*, Edinburgh & London: Chambers, ISBN: 0550102264, 1652 s., s. 646.
- MAKKONEN, L. (1988): A model of icicle growth, *Journal of Glaciology*, 34, č. 116, s. 64–70.
- MAENO, N. a kol. (1994): Growth rates of icicles. *Journa of Glaciology*, 40, Č. 135, s. 319–326.
- MATTE, P. (2001): The Variscan collage and orogeny (480 ±290 Ma) and the tectonic definition of the Armorica microplate: a review". *Terra Nova* 13, s. 122–128.
- MIGONĚ, P., PILOUS, V. (2007): Geomorfologie. In: Flousek, J. a kol.,: *Krkonoše – příroda, historie, život*. Baset, Praha, s. 103 – 124.
- MIKULÁŠ, R. (2010): *Ledové Čechy*, 1. vydání, Academia, Praha, 291 s.
- MILLER, F., P., VANDOME, A., F., MCBREWSTE, J. (2010): *Ice Climbing: Climbing, Waterfall, Mixed Climbing, Icefall, Rock Climbing, Glacier, Ice Axe*, Alphascript Publishing, ISBN: 6130642768, 72 s.
- MONTAGNAT, M., a kol. (2010): Waterfall ice: formation, structure and evolution, *Journal of Glaciology*, 56, Č. 196, s. 255–234.
- PELETA, O. (2001): Novela názvosloví organické chemie – přehled změn. *Chemické listy*, Vysoká škola chemicko-technologická, Prah, s. 650–690.
- PILOUS, V. (1989): Geomorfologie vodopádů Labského a Obřího dolu v Krkonoších, *Opera corcontica* 26, s. 5–49.
- PILOUS, V. (1993): Pseudokrasové jeskyně v Labském dole v Krkonoších, *Opera corcontica* 30, s. 177–130.
- PILOUS, V. (2007a): Horopis In: Flousek, J. a kol.,: *Krkonoše – příroda, historie, život*. Baset, Praha, s. 19 –28.
- PILOUS, V. (2007b): Geografické vymezení In: Flousek, J. a kol.,: *Krkonoše – příroda, historie, život*. Baset, Praha, s. 13 –18.

- PILOUS, V. (2009): Vodopády Krkonoš, In: Krkonoše a Jizerské hory, Správa Krkonošského národního parku, 2009/1, s. 22–25.
- PODRÁZKÝ, V., VACEK, S., MIKESKA, M., BOČEK, M. (2007): Stav a vývoj půd v bilaterální Biosférické rezervaci Krkonoše/Karkonosze. – In: ŠTURSA, J., KNAPIK, R. (eds), Geoeologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou. Opera Corcontica, 44/1, s. 129–139.
- PETZOLD, G., AGUILERA, J., M. (2009): Ice Morphology: Fundamentals and Technological Applications in Foods, Food Biophysics, 4, č. 4, s. 378–396.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, Brno, 82 s.
- RABL A., J., ABLER R., HÖLLWARTH, M., (2005): Eisklettern in Tirol, Panico Alpinverlag, ISBN: 3-9500920-1-3, 336 s.
- ŘEZÁČ, J. (2009): Vliv zmrazení na těsto na pečivo (II.). Pekař cukrář, roč. IXX, č. 5, s. 10–11.
- SEKYRA J. (1964): Kvartérně geologické a geomorfologické problémy krkonošského krystalinika, Opera corcontica 1, s. 7–24.
- SKÁCELOVÁ, Z., ŽÁČEK, V. (2007): Přirozená radioaktivita horninového podloží v oblasti Krkonošského národního parku. – In: ŠTURSA J., KNAPIK, R., (eds), Geoeologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úpou. Opera Corcontica, 44/1, s. 55–60.
- SINGH, V., P., SINGH, P., HARITASHYA U., K. (2011): Encyclopedia of Earth Sciences Series: Encyclopedia of snow, ice and glaciers, ISBN: 978-90-481-2641-5, 1253 s., s. 628.
- SPUSTA, V., sen., SPUSTA, V., jun., KOCIÁNOVÁ, M. (2003): Ukládání sněhu na závětrných svazích české strany Krkonoš (Tundrová zóna). In: Opera concortica 40, Praha, s. 87–104.
- STRØM, K., M. (1948): The Geomorphology of Norway. The Geographical Journal , The Royal Geographical Society, 112, Č. 1/3, s. 19–23.
- SZILDER, K., LOZOWSKI, E., P. (2000): Numerical simulations of pendant ice formations. Cold Regions Science and Technology, 31, s. 1–11.
- ŠEBESTA, J. (1978): Sněhová pole na české straně Krkonoš. In: Opera corcontica 15, Praha, s. 15–49.
- ŠEBESTA, J., TREML, V. (1976): Glacigenní a nivační modelace údolí a údolních uzávěrů Krkonoš. In: Opera corcontica 13, Praha, s. 7–44.

- ŠOUREK, J. (1969): Květena Krkonoš. In: Příroda Krkonošského národního parku, Státní zemědělské nakladatelství Praha, s.119–154.
- ŠTYCH, P. a kol. (2008): Vybrané funkce geoinformačních systémů. Učební text, Praha, 181s.
- ŠŤASTNÁ, P. (2011): Lezení na ledopádech a skialpinismus v Krkonoších, Rekreace a ochrana přírody – ruku v ruce?, sborník příspěvků, Ediční středisko MENDELU, Brno, ISBN 978-80-7375-507-2, s. 65–69.
- TESAŘ, M., PILOUS, V. (2007): Vodopis. In: Flousek, J. a kol.,: Krkonoše – příroda, historie, život. Baset, Praha, s. 29 –38.
- TOMÁŠEK, M., ZUSKA, V. (1983): Půdní poměry. In: Krkonošský národní park. SZN, Praha, s. 59–62.
- TREML, V., KRÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2005): Strukturní půdy Vysokých Sudet – rozšíření, aktivita. In: Geomorfologický sborník, ČAG, JČU, České Budějovice, č. 4, s. 149–153.
- VRBA, J. a kol. (2008): Limnological survey of the lakes Wielki Staw and Mały Staw in the Giant Mts. (Karkonosze). Opera Corcontica 45: s. 45–58.
- VRBA, M., SPUSTA, V. (1975): Lavinový katastr Krkonoš. In: Opera concortica 12, Praha, s. 65–90.
- WALCZAK, W. (1968): Sudety, PWN, Warszawa
- WEISS, J., a kol. (2011): Waterfall ice: mechanical stability of vertical structures, Journal of Glaciology, 57, Č. 203. s. 407–415.
- WOOLDRIDGE, S. W.; MORGAN, R. S. (1959): An outline of geomorphology: the physical basis of geography. 1937. s. 332.

8.2. Internet

- CHAPLIN, M. (2014): Water structure and science, [online], London South bank University [cit. 2014-04-11]. Dostupný z: <<http://www1.lsbu.ac.uk/water/>>
- TUTTLE, K., (2009): SLAC Researchers Reveal the Dance of Water, [online], tisková zpráva, 8/11, [cit. 2014-04-11]. Dostupný z: <<http://home.slac.stanford.edu/pressreleases/pdf/20090811.pdf>>
- JINDRA, J. (2014): Krystalizace. Výukový text, Oddělení fyziky, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita [online], [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://kof.zcu.cz/vusc/pg/termo09/thermodynamics/phase/phase2.htm>

FÁREK, V. (2012): Mrazové jevy v Českém Švýcarsku, [online], [cit. 2014-03-15].
Dostupné z: <http://chmuul.org/aktuality/2012-02-mrazove-jevy-ceskosaske-svycarsko/>

8.3. Disertační, diplomové práce a bakalářské práce

ENGEL, Z. (2003): Vývoj pleistocénního zalednění české části Krkonoš. Dizertační práce. Praha: PřF UK, 168 s.

GAUTHIER, F. (2008): Les glaces de paroi: formation, écroulement et impact géomorphologique, diplomová práce, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Québec, 154 s.

MARTINKOVÁ, S. (2012): Krystalizace vody v podchlazených roztocích cukrů. Bakalářská práce. Katedra fyzikální chemie. Fakulta chemicko-technologická, Pardubice, 45 s.

ŠEBESTA, J. (1972): Nivační až glaciální modelace údolních uzávěrů v povodí řeky Úpy. Diplomová práce, Praha, 63 s. Vedoucí práce Josef Sekyra.

TREML, V. (1972): Pleistocenní modelace Krkonoš: se zřetelem k systému Labe. Diplomová práce Praha, 109 s. Vedoucí práce Josef Sekyra.

8.4. Mapy

OPLETAL, M., KOZDRÓJ, W., KRENTZ, O. (2001): Comments on the geological map Lausitz-Jizera-Karkonosze: without Cenozoic sediments, 1:100 000. Warsaw: Państwowy Instytut Geologiczny, 64 s. ISBN 3-89679-323-3.

REJCHRT, M. (2002): Základní geologická mapa České republiky s vysvětlivkami 1:25 000, list 03-412 Špindlerův Mlýn, Česká geologická služba. Praha.

8.4. Datové zdroje

KRNAP: shapefiles: vrstevnice po 25m, vodní toky

CENIA: shapefiles: geomorfologické celky, geomorfologické podcelky, geomorfologické okrsky

9. Přílohy

Příloha č. 1: Tabulka charakteristik ledopádů v Krkonoších

O.- označení ledopádu, Z. d.-zeměpisná délka, Z. š.- zeměpisná šířka, l- výška ledopádu, N. v.- nadmořská výška, S. o.-sklon okolních svahů, R. v. č.- relativní výšková členitost, O. l.- orientace ledopádu; typ ledopádu na základě typologie BIANCHI, A. 2004, viz obr. č. 1

Název	O.	Z. d	Z. š.	š. l.	l	N. v.	S.o.	R.v.č.	o.l.	Typ	Charakteristika
<i>Jednotky</i>	-	°	°	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m n. m.</i>	°	<i>m</i>	°	-	-
Kotel	1.1	50.751622	15.533889	6	35	1280	32	639	136	a	Zaledněný žlábek středního sklonu s množstvím menšími stupňů.
Pod Harrachovými kameny	1.2	50.752939	15.53655	5	20	1268	30	620	194	a	Ve žlábků vedoucím k od Harrachových kamenů směrem do Kotelní jámy. Ledopád je spíše položený s kolmými stupni.
Malá Labská rokle-V	2.1	50.770395	15.554425	7	10	1241	28	624	225	a,b	Menší ledopád na pravé straně Malé Labské rokle. Složený ze dvou kolmých stupňů.
Malá Labská rokle-Z	2.2	50.770032	15.553210	10	17	1231	29	624	219	a,b	Menší téměř kolmý ledopád na pravé straně Malé Labské rokle
Labský ledopád-levý	2.3	50.769864	15.551399	25	32	1235	23	633	185	b,c	Nachází se na levé straně toku Labe, v Labské rokle. Jedná se o žulovou stěnu protkanou ledopády, výjimečně spojené v jeden celek. Dominantní je hlavní dvoustupňový ledopád s dvěma kolmými stupni-13+19 m
Labský ledopád-pravý	2.4	50.770512	15.54943	40	30	1228	23	627	185	a,b	Ledopád lokalizovaný přímo naproti 2.3. Celkově spíše kolmý, ale složený ze spousty různě velkých stupňů.
u Labského ledopádu	2.5	50.769766	15.549784	4	11	1210	22	622	163	a	Malý kolmý ledopád těsně vedle turistické značky vedoucí na Labskou boudu.

Název	O.	Z.d	Z.š.	š.l.	l	N. v.	S.o.	R.v.č.	o.l.	Typ	Charakteristika
Navorská jáma-severnější	2.6	50.767055	15.548299	20	39	1196	34	616	102	a,b,c	Navorská jáma se nachází hned vedle Labské rokle. Ledopád začíná krátkým plotnovým ledem, který přechází v kolmý stupeň a pokračuje zase plotnou o nízkém sklonu, která za malých sněhových podmínek zamrzá.
Navorská jáma střední	2.7	50.765997	15.548315	3	10	1175	37	613	107	b,c	Úzký ledopád kolmo stékající uprostřed skalní římsy.
Navorská jáma-jihnější	2.8	50.765734	15.547706	30	25	1201	37	611	107	a,b	Na skalním prahu, ledopád stéká v nevýrazných kolmých stupních v rozdělených větvích
Navorská jáma malý JZ	2.9	50.765425	15.548446	5	11	1152	37	611	107	a,b	Malý ledopád složený ze dvou kolmých stupňů.
S od Hančova žlebu	2.10	50.760088	15.548017	10	18	1185	39	598	55	a,b	Ledopád na téměř kolmé stěně přecházející ve stále prudkou ledovou plotnu.
Hančův žleb	2.11	50.759288	15.546828	15 15	100	1282	26	596	54	a,b	Lokalita je rozčleněná žulovými lavicemi a stupni. Stěnou protéká malý proud vody, který hojně zásobuje většinu skalní plochy vodou. V zimě se zde tvoří mohutný ledopád (HALDA, 2011)
Pod Krakonošovou hlavou	2.12	50.759261	15.548502	30	100	1178	39	596	55	a	Souvislá plotna s množstvím stupňů. Ve sněhově bohatých zimách pod vrstvou sněhu.
Jestřábi skály, JV od Krakonošovy hlavy	2.13	50.757771	15.549135	16	20	1295	24	592	68	a,b	Východně od skály Krakonošova hlava. Jedná se o položený led většího sklonu. Ve východní části se nachází poměrně úzký ledopád složený z dvou kolmých stupňů.
Ledový žlábek	2.14	50.75751	15.549993	5	5	1290	24	592	68	c	Malý, kolmý skalní stupeň. Může být zasněžen.
U Vrbatova žlebu	2.15	50.757154	15.551372	7	40	1173	34	593	72	a,b,c	Dlouhý nepříliš široký ledopád spadající po skalních stupních do Vrbatova žlebu. Led není moc prudký, ale s kolmými úseky.

Název	O.	Z.d	Z.š.	š.l.	l	N. v.	S.o.	R.v.č.	o.l.	Typ	Charakteristika
Harrachova jáma Z část	2.16	50.754527	15.550718	160	70	1325	19	584	52	a,b,c,d,e	Na této velmi široké ploše se vyskytuje většina typů ledových útvarů. Od metrových kaskád, kolmých ledových stěn, různě ukloněných ploten až po volně visící stalaktity.
Harrachova jáma V část	2.17	50.754975	15.550025	130	70	1334	19	586	52	a,b,c	Východní část obsahuje také velkou masu ledu, ale je méně kolmá. Jde spíše o prudší plotnu s malým kolmým stupněm v horní části (není v celé šířce).
Mala lavina-horní část	2.18	50.755396	15.554922	30	40	1125	31	593	50	a,b	Téměř kolmá skalní stěna přecházející v méně sklonitý svah.
Mala lavina-spodní část	2.19	50.755925	15.556809	60	40	1104	30	597	37	a	Plotnový led, který je často z části pokrytý vrstvou sněhu.
Velká lavina-Z	2.20	50.754758	15.559053	100	100	1080	32	604	48	a,b,c	Velmi rozsáhlý ledopád, v západní části velmi exponovaný a strmý, přechází do plotnového ledu, který je často kryt sněhem. Ve vrchní části se nachází malé kolmé stupně (nejdou v celé šíři)
Velká Lavina-V	2.21	50.7533156,	15.5605125	100	100	1175	31	606	54	a,b,c	Malý kolmý ledopád s jedním stupněm přecházející v méně sklonitý led.
u Pudlavy	2.22	50.758457	15.563484	5	32	975	12	610	157	b	Jeden z mála ledopádů v Labském dole, který je po levé straně řeky. Díky jižní expozice náročnější na podmínky pro zámrz. Ledopád se vytváří na skalce ve dvou stupních 17 + 15 m.
Bud' fit	2.23	50.754928	15.565973	100	34	950	27	613	32	b,c	Na pravém břehu Labe naproti soutoku s Pudlavou a konci asfaltové cesty Bud' Fit. V celé šířce skalní stěny se vyskytují ledopády oddělené mezi sebou skalními výčnělky. Ledopád je téměř všude velmi kolmý, bez výrazných stupňů. Jedná se o jediný ledopád v Krkonoších, kde je povolena horolezecká činnost.

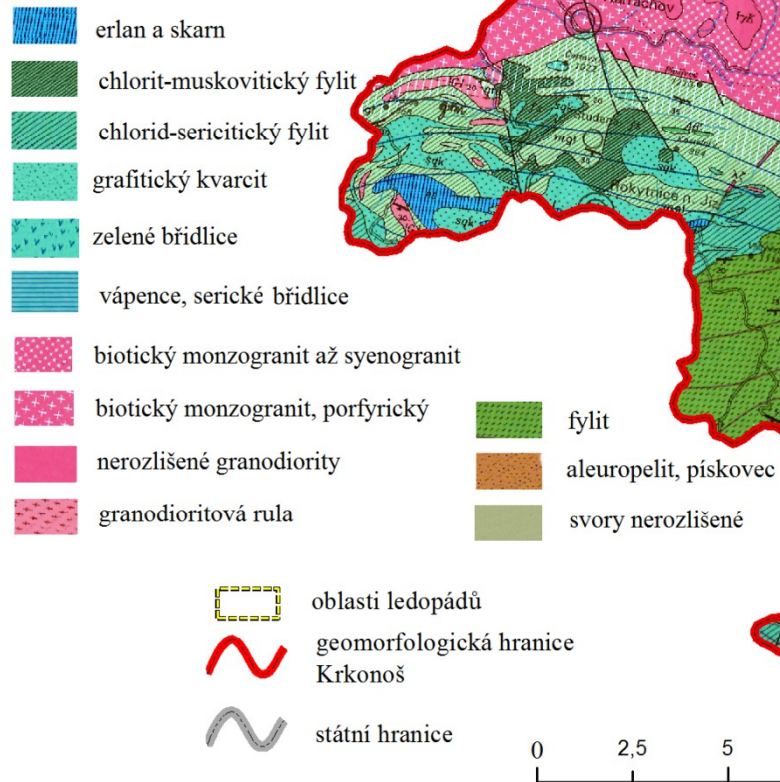
Název	O.	Z.d	Z.š.	š.l.	l	N. v.	S.o.	R.v.č.	o.l.	Typ	Charakteristika
250m JV od stěny Bud' fit	2.25	50.753122	15.568205	48	40	1003	31	621	53	a,b	Rozvětvený ledopád, velmi příkrý, částečně je stupňovitý.
žlábek S od Ploten u Fitky	2.26	50.751898	15.569268	10	23	1007	33	625	54	a,b	Malý skalní žlábek s kaskádovitým ledopádem spíše menšího sklonu.
Plotny za Fitkou	2.27	50.750495	15.570973	100	20	1024	31	632	51	a	Množství ploten spojených v horní části. Ojedinele se nachází malé svislé stupně. Z ploten vytékají dva malé potoky, které za nízkých sněhových podmínek zamrzají.
Liniový led	2.28	50.749002	15.574686	120	4	1032	27	645	48	c,d,e	Ledopád na širokém skalním stupni s malou výškou. Částečně je skála převislá, díky čemuž vznikají ledové jeskyně s různými tvary uvnitř.
Lesní-Pod Haldami	2.29	50.748345	15.58357	12	5	930	29	644	28	b	Malý kolmý ledopád s polohou poměrně daleko od ostatních ledopádů Labského dolu.
U Dvorského potoka	2.30	50.753136	15.583587	5	13	904	12	626	207	a,c	Poměrně malý, ale místy téměř kolmý ledopád v blízkosti vodopádů Dvorského potoka.
Wielky Staw-Z část	3.1	50.759695	15.689329	28	39	1257	23	653	61	a,b,c	Ledopád složený ze dvou kolmých stupňů oddělených strmou ledovou plotnou. Větší spodní stupeň 17 m.
Wielky Staw-J břeh	3.2	50.757161	15.693110	90	43	1278	28	653	31	a,b	Množství ramen, přičemž jen ne všechny dosahují až k jezeru. Středně sklonité, v částech stupňovité.
Wrótka	3.3	50.753881	15.696663	7	13	1300	32	644	92	a	Malý stupňovitý ledopád malého sklonu, v oblasti zvaná Wrótka, mezi kary Wielkego a Małego Stawu.
Srebrne Turniczki	3.4	50.751028	15.698722	30	70	1242	25	644	93	a,b,c	Množství větví ledu v různém sklonu a délce. Od téměř kolmých, až po velmi pozvolné. Lokalizován je mezi kary Wielkego a Małego Stawu (Srebrne Turniczki).

<u>Název</u>	<u>O.</u>	<u>Z.d</u>	<u>Z.š.</u>	<u>š.l.</u>	<u>l</u>	<u>N. v.</u>	<u>S.o.</u>	<u>R.v.č.</u>	<u>o.l.</u>	<u>Typ</u>	<u>Charakteristika</u>
Žleb Lejow	3.5	50.746673	15.697294	21	24	1345	21	617	66	a,b	Žlábek v horní polovině žlebu, velmi prudký, s kolmými pasážemi
Korytarz Rzepióra	3.6	50.746453	15.698035	30	50	1338	21	617	66	a,b	Ledopád se od spodu nahoru velmi rozšiřuje, Žleb Lejowy.
Vedle Slalomového žlabu	3.7	50.746548	15.69973	25	50	1267	24	634	46	a	Nejzápadnější z ledopádů v tomto karu. Jedná se o položený vodopád složený z množství dlouhých ramen.
Mazáček	4.1	50.736182	15.719415	120	54	1270	29	740	128	a,b,c,d,e	Velmi impozantní ledopád nacházející se v těsné blízkosti Horního Úpského vodopádu. Tvoří ho, většinou množství kolmých ramen. V ideálních podmínkách může být i celiství.
U Sněžné strouhy-V	4.2	50.733189	15.716617	5	8	1254	26	709	81	b	Malý kolmý ledový stupeň uprostřed kleče vyskytující se ve stráni na levém břehu Sněžné strouhy.
U Sněžné strouhy-prostřední	4.3	50.73325	15.717315	33	13	1228	26	715	81	a,b	Ledopád na kolmém skalním stupni na levém břehu Sněžné strouhy.
U Sněžné strouhy-Z	4.4	50.733197	15.717747	11	10	1201	26	715	81	b	Ledopád je 50 m pod prostředním ledopádem (4.3.) Je kolmý a malých rozměrů.
Čertova zahrádka-S	4.5	50.727302	15.721995	15	55	1182	38	709	102	a,b	Ledopád s odshora narůstajícím sklonem nacházející se uprostřed skalnatého rokle. Jedná se o prudký, ale téměř nikde kolmý ledopád.
Čertova zahrádka-J	4.6	50.726980	15.722564	25	86	1175	34	709	110	a,b,c	Dlouhý ledopád složený ze dvou téměř kolmých ramen s položeným, 10 – metrovým spojujícím stupněm ve spodní části. Led stéká z boční hrany rokle.
J od Čertovy zahrádky -1	4.8	50.726207	15.724012	8	20	1115	24	714	102	b	Celiství ledopád na kolmé skalní stěně.

<u>Název</u>	<u>O.</u>	<u>Z.d</u>	<u>Z.š.</u>	<u>š.l.</u>	<u>l</u>	<u>N. v.</u>	<u>S.o.</u>	<u>R.v.č.</u>	<u>o.l.</u>	<u>Typ</u>	<u>Charakteristika</u>
J od Čertovy zahrádky-2	4.7	50.726581	15.723468	5	50	1052	34	714	110	a,b	Velmi úzký ledopád složený ze dvou stupňů. Horní z nich sklonitější. Délka odhadnuta dle okolních ledopádů, poloha neumožnila měření.
J od Čertovy zahrádky-3	4.9	50.725503	15.723262	10	20	1043	29	717	120	a,b	Ledopád ve skalnatém žlábků začínající nejprve pozvolna, ve spodní části přechází v kolmý 6 – metrový stupeň.
J od Čertovy zahrádky-4	4.10	50.725688	15.723836	15	10,4	1028	18	717	114	a,b	Malý ledopád začínající malým kolmým stupněm s navazující méně sklonitou plotnou.
Cesta na Vrbatovu boudu	5.1	50.739103	15.567428	13	4	1083	20	683	212	b	Velmi malé kolmé ledopády na obnažené skále.
U Michláku	5.2	50.701602	15.583944	75	11	695	15	497	66	a,b	Množství kolmých stupňů, v linii vedle sebe. Často natékají až na povrch silnice.
Před Herlíkovicemi-S	5.3	50.672503	15.594485	50	20	605	16	507	286	a,b,c	Velmi vysoká obnažená skalní stěna v silniční zatáčce. Velké ledopády, často malé samostatné pilíře, či stalaktity.
Před Herlíkovicemi-J	5.4	50.666383	15.594571	50		576	14	502	240	a,b,c	Menší ledový útvar, kolmého ledu v těsné blízkosti silnice
Herlíkovice	5.5	50.662044	15.59775	80	6	552	5	498	253	a,b,c	Nově vzniklý, široký, kolmý skalní práh s výrazným svahem nad ním dává příležitost vzniku krásných ledopádů. Nicméně v letošní zimě nemohl dosáhnout svého plného rozsahu.
Albeřický lom	5.6	50.696811	15.84638	7	10	771	8	472	233	a,b,c	Malý ledopád ve skalním lomu vzniklý díky vyhloubení lomu.

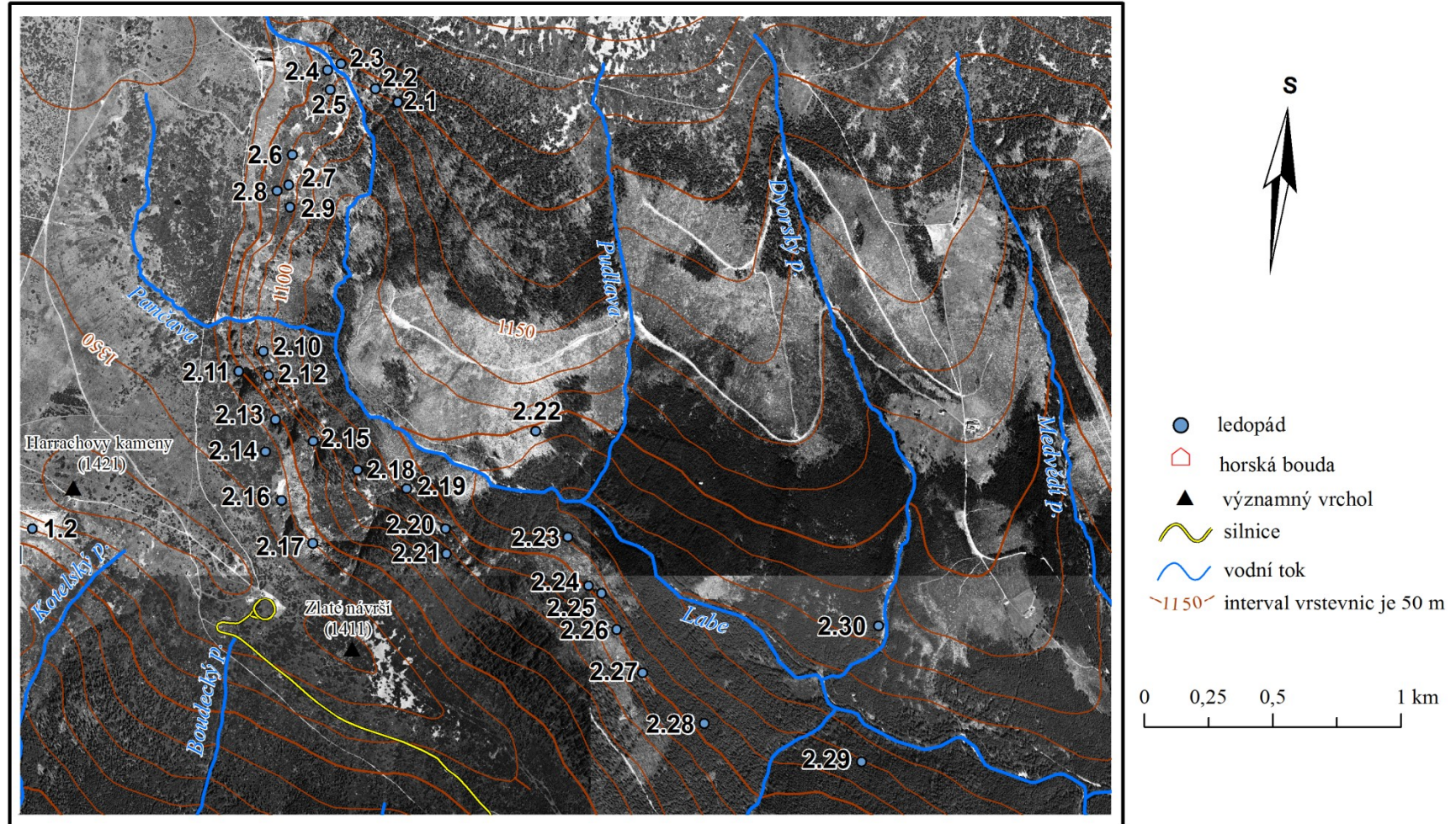
Příloha č. 2: Geologické složení Krkonoš a oblasti ledopádů

Zjednodušená legenda geologického složení:

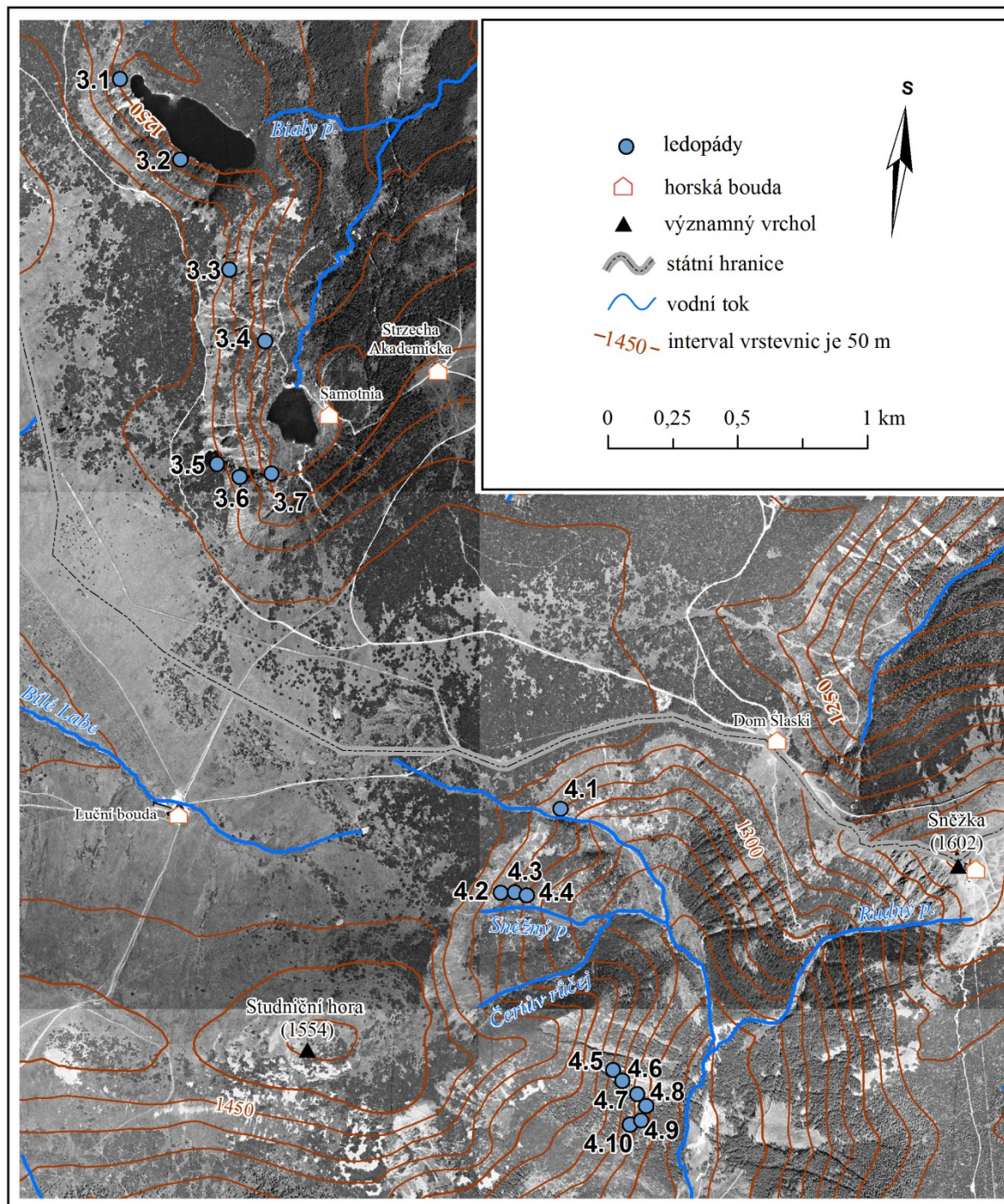


(Zdroj: upraveno na základě OPLETAL, M., KOZDRÓJ, W., KRENTZ, O. 2001)

Příloha č. 3: Ledopády v Labském údolí a Velké Kotelní jámě

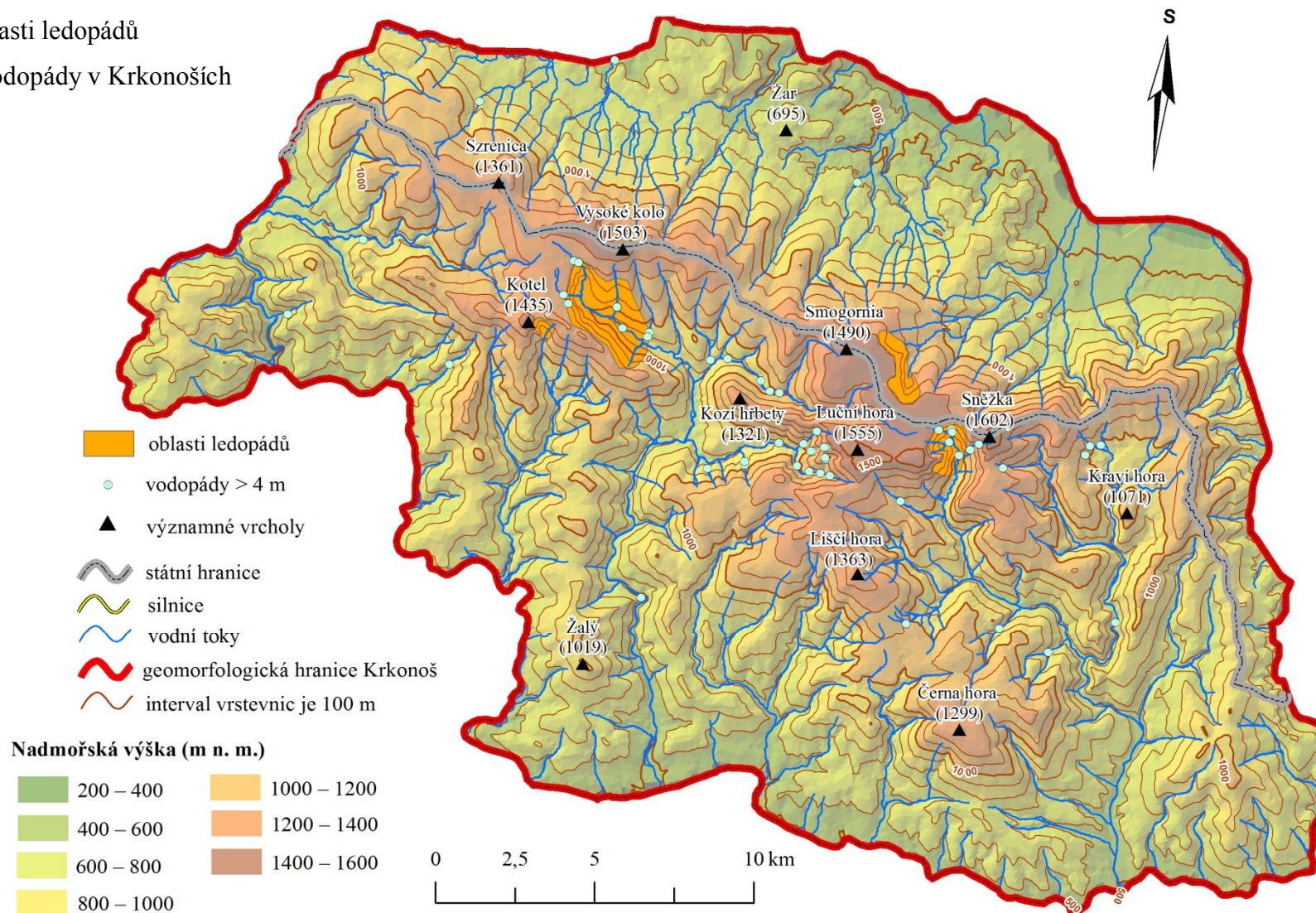


Příloha č.4: Ledopády v oblasti polských jezer a Obřího dolu

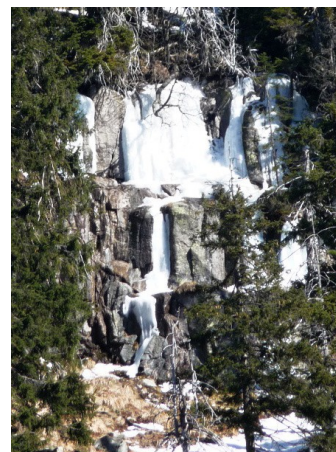
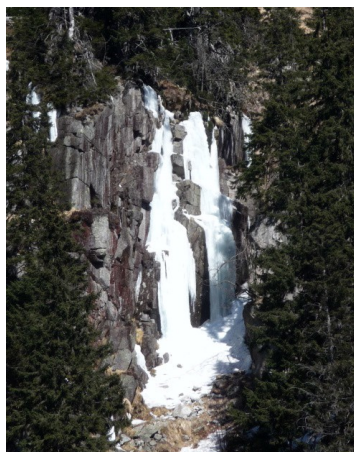


Příloha č. 5:

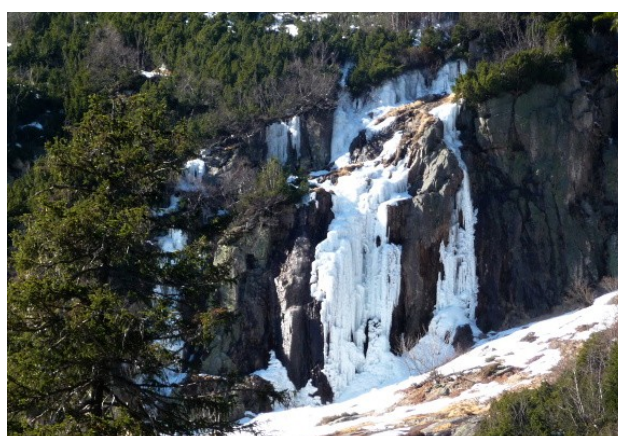
Oblasti ledopádů
a vodopády v Krkonoších



Příloha č. 6: Fotografie ledopádů v Krkonoších



Vlevo nahoře led v Malé kotelní jámě (1.1), Zbylé se nacházejí poblíž Labské rokle. Nahoře uprostřed 2.1, nahoře vpravo 2.2, uprostřed vlevo 2.3 (Zdroj archiv MAREK, O. 2000), vpravo uprostřed 2.4, dole vlevo 2.5, vpravo dole Navorská jáma-severnější (2.6).





Vlevo-Navorská jáma-j jižnější (2.8), Vpravo ledopád severně od Hančova žlebu (2.10)



Vlevo- Hančův žleb (2.11), vpravo Jesřabí skály (2.13)



Vlevo-U Vrbatova žlebu (2.15), vpravo ledová stěna Bud' fit (2.23)

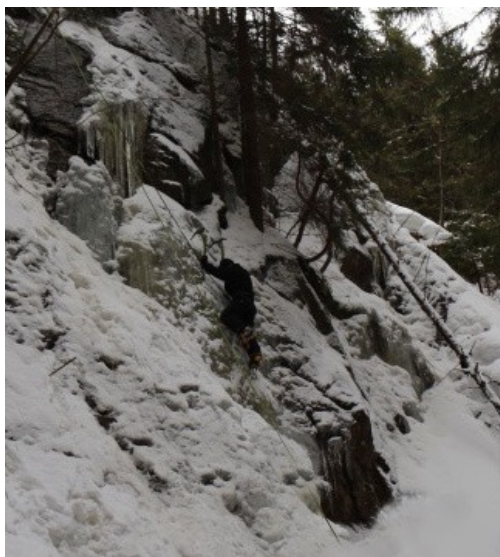
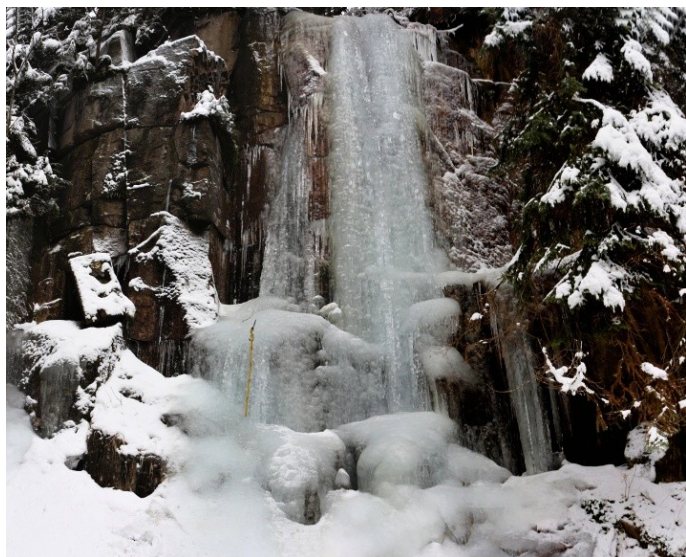


Nahoře panorama Harrachových jam (2.16+2.17). Dále ledopády v okolí ledopádu Bud' fit- vlevo uprostřed 2.24, vpravo uprostřed 2.25, vlevo dole 2.26 a vpravo dole 2.27. Dolní panorama- liniový led (2.28).





Dva ledopády ve Velké lavině v Labském dole. V levé části fotografie se nalézá položený led s kolmou horní hranou (2.21). Vpravo je druhá, samostatná část, která je strmější (2.20)



Vlevo ledopád pod Haldami (2.29), vpravo poblíž Dvorského potoka (2.30)



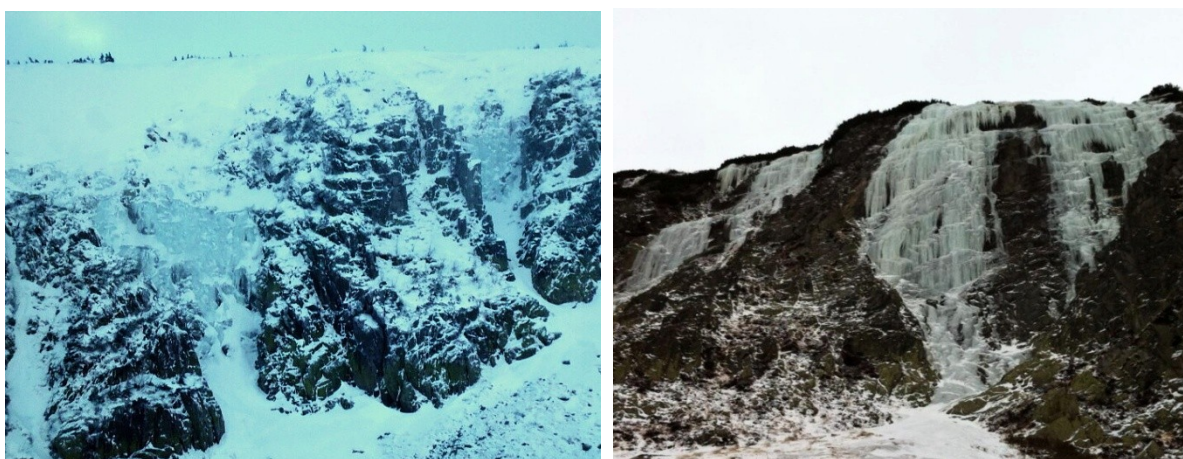
Vlevo led v západní části Wielkiego Stawu (3.1), vpravo ledopád z oblasti mezi jezery (3.3).



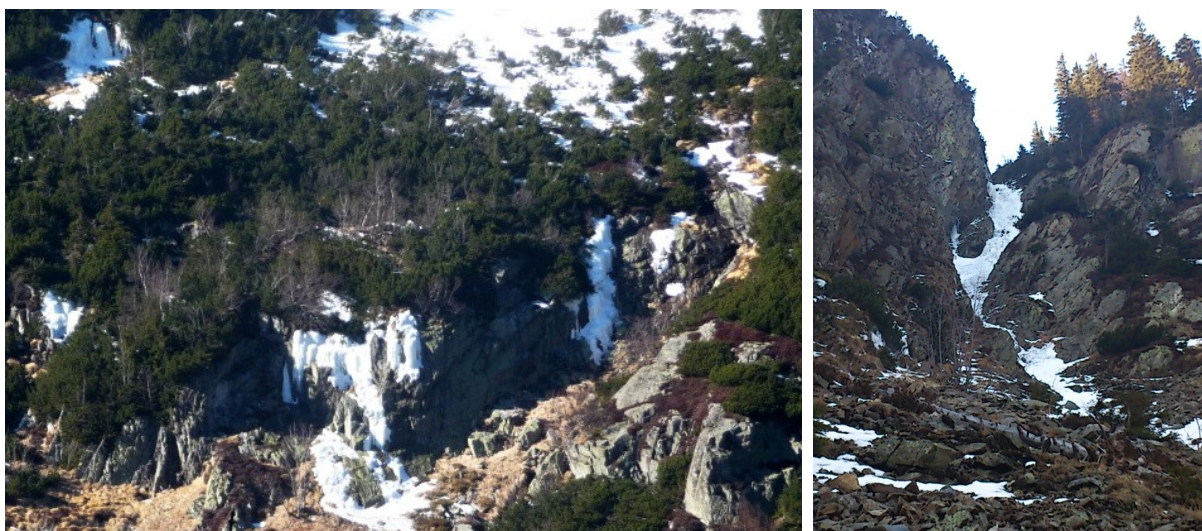
Vpravo ledopád u jižního břehu Wielkego Stawu (3.2), vpravo ledopád u Slalomového žlebu (3.7)



Panorama málo vyvinutého ledopádu mezi jezery (3.4)



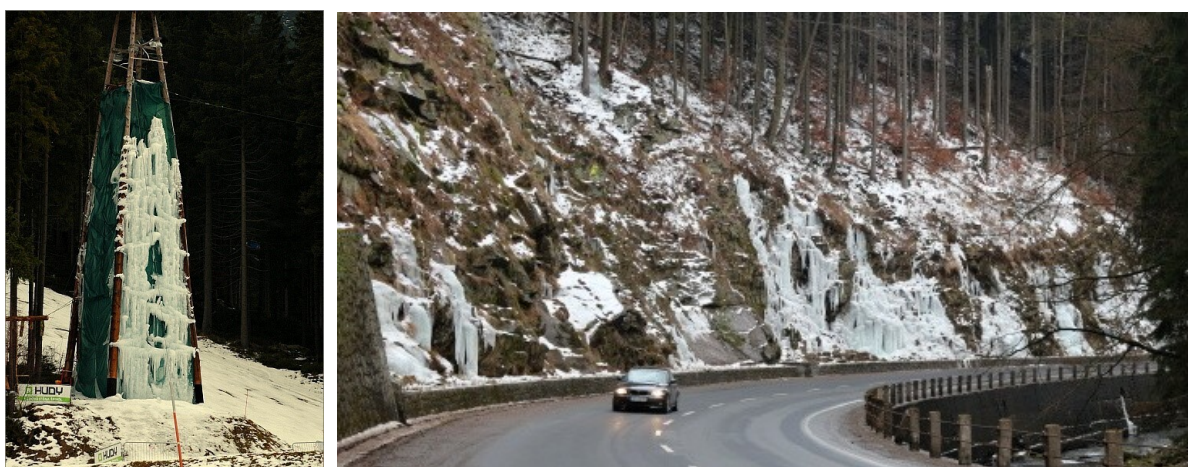
Vlevo pohled na dva velké ledopády u jezera Małego Stawu. V levé části fotografie se ve žlebu Korytarz Rzepióra nachází 3.6 a vpravo od něj ve žlebu Żleb Lejow 3.5. Napravo je fotografie ledopádu Mazáček (4.1) v Úpské jámě.



Vlevo fotografie již zbytku ledopád u Lavinové strouhy 4.3. Malý ledopád v levém rohu fotografie je 4.2. Vpravo je jeden z ledopádů Čertovy rokle (4.5).



Vlevo druhý ledopád Čertovy rokle (4.6), uprostřed úzký ledopád poblíž Čertovy zahrádky (4.7), vpravo kolmý led v Čertově zahrádce (4.8)



Vlevo ukázka umělého ledopádu ze Svatého Petru (Zdroj: <https://www.facebook.com/ledovastenaspindl>), vpravo ukázka antropogenního ledopádu v Herlíkovicích.