

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

**Mapování skalních výchozů v okolí PR Klenov na základě dat
leteckého laserového skenování**

Bakalářská práce

2017

David Stuchlík

Prohlašuji, že jsem práci: Mapování skalních výchozů v okolí PR Klenov na základě dat leteckého laserového skenování vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 9.5. 2017

Poděkování

Za vedení mé bakalářské práce děkuji Ing. Tomášovi Mikitovi, Ph.D. Organizaci ČÚZK chci poděkovat za poskytnutí dat z leteckého laserového skenování. Velký dík patří mé rodině za podporu ve studiu.

Abstrakt

David Stuchlík

Mapování skalních výchozů v okolí PR Klenov na základě dat leteckého laserového skenování

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi využití přesného digitálního modelu terénu, vytvořeného z dat získaných pomocí leteckého laserového skenování za účelem identifikace terénních útvarů se zaměřením na skalní výchozy. Měření bylo provedeno na lokalitě PR Klenov a výsledky analýz byly porovnány se skalními výchozy zaměřenými pomocí GPS přístroje. Analýza digitálního modelu byla provedena v programu ArcGIS 10.3., kde byly použity různé metody (geomorfometrické analýzy) na odhalení skalních výchozů. Cílem bylo zjistit přesnost leteckého laserového skenování a také najít nejpřesnější metodu na zjištění skalních výchozů.

Klíčová slova: LiDAR, DMT (digitální model terénu), GPS, skalní výchoz, GIS (geoinformační systémy)

Abstract

David Stuchlík

Mapping of rock outcrops around PR Klenov based on aeronautical laser scanning data

This bachelor thesis deals with the possibilities of using a precise digital terrain model created from data obtained by aerial laser scanning in order to identify terrain formations with an emphasis on the rock outcrops. The measurements were made at the PR Klenov site and the results of the analyzes were compared with the rock outcrops targeted by GPS devices. Digital model analysis was performed in ArcGIS 10.3., where various methods (geomorphometric analysis) were used to detect rock outcrops. The aim was to determine the accuracy of aviation laser scanning and also to find the most accurate method for detecting rock outcrops.

Keywords: LiDAR, DTM (digital terrain model), GPS, rock outcrops, GIS (Geographic information systems)

Použité zkratky

AOPK ČR – Agentura ochrany přírody a krajiny

BK, bk – buk lesní

DGPS – Differential Global Positioning Systém (pokročilý systém GPS)

DMT – Digitální model terénu

DMR 5G – Digitální model reliéfu páté generace

GNSS – Global Navigation Satellite Systém (globální systém družicové navigace)

GPS – Global Position Systém (Globální triangulační systém)

IMU – Inertial Measurement Unit (Inerciální měřicí jednotka)

J – jih

JV, jv – javor mlčč

LiDAR – Light Detection And Ranging (Letecké laserové skenování)

LT – lesní typ

LVS – lesní vegetační stupeň

OP – ochranné pásmo

PPS – Precise Positioning Systém (Systém pro přesné určení polohy)

PR – přírodní rezervace

S – sever

V – východ

Z – západ

Obsah

1.	Úvod	10
2.	Cíl práce	11
3.	Co je to geomorfologie a geomorfometrie	12
3.1.	Geomorfometrie	12
3.2.	Geomorfologie.....	12
4.	Geologické útvary v PR Klenov.....	13
4.1.	Skalní výchozy	13
4.2.	Mrazový srub.....	14
4.3.	Mapováním skalních výchozů	14
5.	Technologie laserového zaměřování	17
5.1.	Konstrukce laserových skenerů.....	17
5.1.1.	Laserová jednotka	17
5.1.2.	Skener	18
5.1.3.	Kontrolní jednotka	19
5.1.4.	Navigační jednotka	19
5.1.5.	GPS	19
5.2.	Technika použitá při leteckém laserovém skenování v ČR.....	19
6.	Technologie zpracování dat z leteckého laserového skenování	21
6.1.	Předzpracování leteckých laserových dat.....	21
6.2.	Robustní filtrace	21
6.3.	Manuální kontrola výsledků robustní filtrace.....	21
6.4.	Výběr reprezentativního výškového bodu reliéfu v zemědělsky obhospodařovaných oblastech.....	22
6.5.	Výběr reprezentativního výškového bodu terénu v ostatních areálech	22
6.6.	Interpolace výškového modelu terénu v oblastech neobsahujících naměřená data	22
6.7.	Zjednodušení modelu reliéfu při zachování maximální úplné výškové chyby	23
6.8.	Odstranění systematické složky měření leteckým laserovým skenerem.....	23
6.9.	Transformace výškových bodů do S-JTSK.....	23
7.	DMT (Digitální model terénu)	24
7.1.	Získávání dat	24
7.1.1.	Přímé.....	24
7.1.2.	Nepřímé.....	26

7.2.	DMR 5G	26
8.	Charakteristika přírodních podmínek PR Klenov	28
8.1.	Poloha a vymezení oblasti	28
8.2.	Geomorfologie.....	30
8.3.	Geologie a pedologie	30
8.4.	Podnebí.....	30
8.5.	Flóra a fauna	31
8.6.	Lesní hospodářství.....	31
9.	Předmět a cíl ochrany PR Klenov	34
9.1.	Předmět.....	34
9.2.	Cíl ochrany	34
10.	Metodika.....	35
10.1.	Datové zdroje.....	35
10.2.	Terénní měření.....	35
10.3.	Porovnání dat v ArcGIS 10.3.	36
10.3.1.	ArcGIS Desktop 10.3	36
10.3.2.	SAGA GIS	37
10.3.3.	Metoda Focal range.....	38
10.3.4.	Metoda Sky View Factor	38
10.3.5.	Metoda s využitím rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem – dmt-prum.....	38
10.3.6.	Metoda Focal Flow	38
10.3.7.	Metoda Terrain View Factor.....	39
11.	Výsledky.....	40
11.1.	Metoda Focal range	41
11.2.	Metoda Sky view	41
11.3.	Metoda s využitím rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem – dmt- prum.....	41
11.4.	Metoda Focal flow.....	42
11.5.	Metoda Terrain view	42
12.	Diskuze	43
13.	Závěr.....	45
14.	Summary	46
15.	Literatura a použité zdroje.....	47
16.	Přílohy	49
16.1.	Mapové výstupy	49

16.2. Seznam skalních útvarů na území PR Klenov	54
---	----

1. Úvod

Už v dávných dobách se lidé snažili zachytit tvar zemského povrchu do papírových map a v dnešní době stále častěji do digitálních map. Než se začali používat digitální mapy bylo jedinou přesnou možností, jak zachytit zemský povrch do mapy, geodetické měření. To je však velmi zdlouhavé a také fyzicky náročné. Metody mapování zemského povrchu se postupem času stále zdokonalovaly až do dnešní doby, kdy nejvíce používanou metodou je letecké laserové skenování neboli LiDAR. Tato metoda patří mezi technologie dálkového průzkumu Země. Mezi její výhody patří rychlost a také schopnost rozlišovat na základě odrazu budovy, lesní porost, vodní hladinu či zemský povrch. Nevýhodou metody je nižší prostupnost laserových pulsů vegetací a s tím spojená nižší přesnost digitálních modelů terénu pod lesními porosty. Tato práce proto řeší přesnost dat leteckého skenování pro identifikaci skalních výchozů na základě porovnání dat získaných z leteckého laserového skenování a poloh skalních výchozů naměřených v terénu přístrojem GPS.

2. Cíl práce

Tato práce je zaměřena na možnost využití leteckého laserového skenování a dat získaných z Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace na mapování skalních výchozů. Mapování bude použito na území PR Klenov a v jeho okolí. V teoretické části bude popsán systém leteckého laserového skenování, ZABAGED® (Základní báze geografických dat) a DMT. V praktické části se bude zjišťovat nejvhodnější metoda na identifikaci a mapování skalních výchozů. Podkladem pro mapování budou data získaná přístrojem GPS v terénu při pochůzce. Tato data budou následně porovnána s mapovými podklady vytvořenými v programu ArcGIS 10.3..

3. Co je to geomorfologie a geomorfometrie

3.1. Geomorfometrie

Geomorfometrie je věda kvantitativní analýzy půdního povrchu. Vyvinula se přímo z geomorfologie a kvantitativní analýzy terénu, dvou disciplín, které vznikly v geometrii 19. století, fyzické geografie a měření hor. Moderní geomorfometrie se zabývá zpřesňováním a zpracováním údajů o výškách, popisem a vizualizací topografie a širokou škálou číselných analýz. Zaměřuje se na souvislý půdní povrch, zahrnuje také analýzu reliéfu, diskrétní funkce, jako je povodí. Operačním cílem geomorfometrie je extrakce opatření a prostorových prvků z digitální topografie. Geomorfometrie podporuje nesčetné aplikace ve vědách o Zemi, stavebnictví, vojenských operacích.

(Hengl, Hannes 2009)

3.2. Geomorfologie

Geomorfologie je část fyzické geografie, nauka o tvarech povrchu zemského a o jejich vývoji. Všeobecná geomorfologie popisuje procesy vytvářející jednotlivé skupiny tvarů, třídí tvary a popisuje jejich postupný vývoj. Toto genetické hledisko nadřazuje geomorfologii na vědy čistě popisné.

(Svoboda 1983)

Systematická geomorfologie třídí povrchové tvary do tvarových skupin (pobřeží, pohoří, údolí, plošiny, stupňoviny, ostrovy, poloostrovy, pevniny) a třídí je dále geneticky i morfometricky. (Svoboda 1983)

Regionální geomorfologie popisuje soubory tvarů určitých oblastí buď přírodních nebo kulturních. (Svoboda 1983)

Úlohou geomorfologie je podat popis a genetické vysvětlení přírodní krajiny v její složce tvarové, povrchové a spolu s klimatografií, hydrografií a biografií podat genetický obraz přírodní krajiny, které je prostředím pro činnost člověka. (Svoboda 1983)

4. Geologické útvary v PR Klenov

4.1. Skalní výchozy

Výchoz (odkryv) je geologický termín označující místo na zemském povrchu, ve kterém je podložní vrstva in situ částečně nebo úplně odkryta a vystupuje na zemský povrch. V krajině jsou nejnápadnější skalní výchozy (skály), kdy vystupuje na povrch skalní podloží zpod mladších, nejčastěji kvartérních uloženin.

(Wikipedie 2017)

Více geologických informací poskytují výchozy, způsobené vodní erozí (podemleté břehy), činností lidí (doly, obzvláště povrchové lomy, pískovny). Výchozy jsou důležitými místy pro geologické poznání Země a také předmětem studia geologů, umožňující přímé studium horninového prostředí.

(Wikipedie 2017)

Podle vyhlášky o geologické dokumentaci (Vyhláška Ústředního baňského úřadu a Ústředního geologického úřadu čj. 1000/1962 ze dne 31. ledna 1962 o vedení a doplňování geologické dokumentace) je odkryv místem na povrchu, kde vystupují v přírodním stavu horniny, jejichž petrografické určení a stanovení strukturních prvků má význam pro poznání geologické stavby zkoumané oblasti.

(Wikipedie 2017)

Výchozy se nenacházejí na zemském povrchu rovnoměrně, na mnoha místech je terén pokryt silnými vrstvami půdy anebo hustou vegetací, což znemožňuje přímé studium podložních hornin. Na místech, kde podložné horniny vycházejí na povrch většinou došlo k odstranění půdního pokryvu, nejčastěji v důsledku eroze, která však musí být rychlejší než zvětrávání hornin, které obnažila. Výchozy jsou proto nejčastější na strmých svazích, hřebenech hor, v zářezích na březích vodních toků a v tektonicky aktivních oblastech. Odstranění půd, potřebné pro studium jejich podloží, někdy způsobuje i činnost člověka, například při těžbě v lomech, stavbě základů budov nebo cest.

(Wikipedie 2017)

Studium odkryvů patří k základním metodám terénního geologického výzkumu. O studium výchozů se opírá i dokumentace a příprava geologických map. V případě absence odkryvů jsou geologové nuceni vyhledávat úlomky podložních hornin v půdě. Tato metoda je však méně přesná a neumožňuje například odběr vzorků neztváralé horniny. Výchozy častěji tvoří pevné horniny, které jsou odolné vůči zvětrávání jako například krystalické břidlice, granity, křemence nebo vápence. Méně odolné horniny, jako například jílovité břidlice nebo vulkanoklastika, jsou náchylnější k zvětrávání, stejně jako slabě litifikované sedimenty.

(Wikipedie 2017)

4.2. Mrazový srub

Na území PR Klenov jsou skalní výchozy označovány jako mrazové sruby. Jedná se o skalní stupně vzniklé ve svahu mrazovým zvětráváním a následným odnosem. Jsou součástí kryoplanační terasy, kde kromě skalního výchozu (mrazového srubu) je výrazně odlišena mírně skloněná plošina (kryoplanační), často překrytá sutí. Stěny mrazových srubů jsou v závislosti na struktuře horniny (zejména puklinách a vrstevních plochách) svislé nebo téměř svislé, případně převislé.

(Lexikon tvarů 2010)

Vznik mrazových srubů souvisí s vývojem kryoplanační terasy. Byl vyvolán intenzivním mrazovým zvětráváním, jehož největší intenzita byla v chladných obdobích pleistocenních glaciálů. Významným faktorem mrazového zvětrávání je srážková nebo tavná voda, která vniká do puklin nebo mezivrstevních spár. Při přechodu do pevného skupenství se zvětšuje její objem (až o 9 %) a led působí na stěny puklin, které rozšiřuje. Dochází tak k mrazovému tříštění (kongelifrakci a gelivaci) spojenému se vznikem příkrých skalních stěn (mrazových srubů) s úpatní hranáčovou sutí.

(Lexikon tvarů 2010)

4.3. Mapováním skalních výchozů

Na území ČR probíhá geologické mapování, což je proces, při kterém jsou získávány údaje o geologické stavbě příslušného území. Na základě těchto údajů jsou

vyhotoveny geologické mapy. Mapováním samotných skalních výchozů pomocí leteckého laserového skenování se v ČR zatím nikdo nezabýval.

Na Základní mapě ČR jsou skalní výchozy vyznačeny svými mapovými značkami. Tyto značky se liší podle měřítka mapy, ve kterém jsou zobrazeny.

Předmět	Grafické znázornění									
	Velikost pro ZM 10	ZM 10	Velikost pro ZM 25	ZM 25	Velikost pro ZM 50	ZM 50	Velikost pro ZM 100	ZM 100	Velikost pro ZM 200	ZM 200
skalní útvar, skály, pískovcové skály										
osamělá skála, osamělý balvan										
skupina balvanů										

Obr. 1: Přehled grafického znázornění skalních výchozů na Základních mapách, Zdroj: Geoportál ČÚZK

Asi nejrozsáhlejší mapování skalních útvarů v rámci ČR provádí Český horolezecký svaz (ČHS). Ovšem tato databáze vznikla pro účely horolezců, a tudíž zde jsou mapovány pouze lezecké terény. Také zde nejsou mapovány jednotlivé skalní výchozy, ale jednotlivé skalní výchozy jsou shlukovány do oblastí a sektorů. Všechny zmapované skalní výchozy náleží do oblasti Moravské pískovce a sektoru Havranka. Mapování pro účely ČHS také není prováděno za pomoci leteckého laserového skenování, ale jedná se o zaměřování přístroji GPS. Na území PR Klenov je také zpracován lokální horolezecký průvodce. Ovšem údaje o poloze skalních výchozů jsou v něm jen orientační a nejsou až na Skalní výchozy č. 5 a č. 22 zaznamenány pomocí GPS.

Mapováním podobným v této práci se také zabývali v roce 2005 Bellian, J.A., Kerans, C., Jennette, D.C., ve své práci Digital outcrop models: Applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. v ní se zabývali vytvářením 3D geologických počítačových modelů na základě dat z leteckého laserového skenování.

(Bellian a kol. 2005)

3D geologickým mapování se také zabývali Guerin. A., Nguyen. L., Abellán. A., Carrea. D., Derron. M., Jaboyedoff. M. v práci Common problems encountered in 3D mapping of geological contacts using high-resolution terrain and image data, 2015. Zde

se zabývali problematikou mapování geologických struktur v oblasti Vaud ve Švýcarských Alpách.

(Guerin a kol. 2015)

5. Technologie laserového zaměřování

Letecké laserové skenování neboli také LiDAR je velmi mladou technologií umožňující sběr bodů pro tvorbu digitálních modelů reliéfu a modelu terénu, a to i v zalesněných oblastech. Ačkoli je tato technologie velmi mladá, již našla své uplatnění v mnoha praktických aplikacích. Laserové skenování je vyvinuto pro rychlé a operativní mapování rozsáhlých území kde standartní metody (tachymetrie, GPS, fotogrammetrie) již nestačí. Celý proces měření a následného zpracování je z velké části automatizován. Všechna data jsou primárně v digitální podobě, a proto je také vyhodnocení prováděno na počítačích.

(Dolanský 2004)

Následující kapitoly 5.1 a 5.2 byly převzaty z (Dolanský 2004)

5.1. Konstrukce laserových skenerů

Laserové skenery se skládají z několika samostatných mapovacích technologií. Ačkoli se jednotlivé komerční systémy navzájem odlišují, mají naprosto totožný základ – GPS s INS jako navigační systém a dále laserovou a skenovací jednotku. Vnitřní parametry jednotlivých jednotek musí být určeny s vysokou přesností, proto každá z těchto samostatných jednotek musí být před měřením kalibrována.

5.1.1. Laserová jednotka

Laserová jednotka (LRF) obsahuje laserový vysílač a přijímač, jejichž optická osa je totožná. Většina komerčních LRF používá vlnovou délku zařízení v rozsahu 1100 – 1200 nm, což odpovídá infračervenému záření. Intenzita odraženého světla je dána vlastnostmi povrchu, na které laserové záření dopadlo. Z hodnot odraženého světla lze generovat pseudo-snímek a interpolací lze získat rastrový obraz.

Pro měření vzdálenosti je světlo modulováno buď pulsně nebo sinusovou (CW) modulací. Pulsní modulací vysílač emituje krátké impulsy s pravoúhlým průběhem o délce 10-15 ns. Díky své šířce se laserový paprsek postupně odráží od jednotlivých vrstev objektů na zemském povrchu. Při mapování lesních ploch lze tedy získat, jak odraz od svrchní části koruny, tak i od jednotlivých pater a rovněž i od vlastního terénu.

V Praxi se převážně používají systémy s pulsní modulací, které svou současnou centimetrovou přesností dostačují. Přesnost měření délky je u nich závislá na přesnosti měření času mezi vysláním pulsu a jeho detekcí po odrazu.

5.1.2. Skener

Pro vychylování paprsku mimo svou osu je ve skeneru umístěno zpravidla rotující zrcadlo, které paprsek vychyluje v příčném směru. Posun paprsku v podélném směru je zajištěn vlastním pohybem plošiny (letadla). Celkový úhel záběru v příčném směru pak definuje šířku záběru čili zorné pole. V praxi je zpravidla zorné pole 20-30°.

V praxi se používá několik druhů skenerů. A to:

Skener s rotačním zrcadlem: měření tímto druhem skeneru je charakteristické paralelními řadami bodů. Poloha zrcadla, které se otáčí stále stejným směrem, je určována buď přímo z motoru zrcadla nebo je k zrcadlu upevněn úhlový senzor. Výhodou je malá chyba při úhlovém měření. Nevýhodou je dlouhý čas mezi jednotlivými cykly, kdy je paprsek odrážen mimo zorné pole.

Skener s oscilujícím zrcadlem: body na terénu mají při použití této metody charakteristické pilovité uspořádání. Výhodou je, že paprsek je odrážen vždy směrem k povrchu a měření je tedy kontinuální. Nevýhodou tohoto řešení je změna rychlosti má za následek nerovnoměrnou hustotu bodů na povrchu, kdy v nadiru je hustota nejnižší a díky zpomalování zrcadla je na okraji zorného pole hustota nejvyšší.

Skener se svazkem optických vláken: místo zrcadla, které odráží paprsek k povrchu, je užito malé zrcadlo k nasměrování paprsku do svazku optických vláken. Svazek vysílá laserový puls stále pod stejným úhlem. Výhodou je větší rychlost snímání než předchozí dva systémy, a to díky méně pohyblivým dílům. Nevýhodou je velmi úzký úhel záběru.

Eliptický skener: zde je využívána soustava dvou zrcadel, které vychylují paprsek tak, že stopa na povrchu opisuje elipsu. Výhodou je dvojnásobné měření povrchu z různých míst, takže pokud nějaká část povrchu nebyla změřena při prvním průchodu, může být změřena při druhém. Nevýhodou je větší mechanická složitost.

5.1.3. Kontrolní jednotka

Skener a laserová jednotka vzájemně spolupracují pomocí kontrolní jednotky. Vnitřní hodiny této jednotky jsou pravidelně synchronizovány s hodinami GPS aparatur pomocí PPS signálem generovaným vnitřními hodinami GPS přijímače. Veškerá měřená data (úhel a délka) jsou provázána s časem vnitřních hodin a dále pomocí PPS s GPS časem.

5.1.4. Navigační jednotka

IMU využívá dvou fyzikálních zákonitostí. V prvním případě využívá vlastnosti velmi rychle rotujících těles, která se snaží udržet svou osu rotace ve směru zemské tíže. Druhým jevem je setrvačnost těles. Oba jevy je možno měřit pomocí několika gyroskopů a akcelerometru. Soustava gyroskopů (jeden svisle a další k němu kolmé) dokáže velmi přesně určit náklony celého systému vzhledem k tížnici. Akcelerometr naopak měří zrychlení. Porovnáním rozdílů zrychlení v čase lze zpětně určit polohovou složku letu.

I při vysoké přesnosti gyroskopů a akcelerometrů vznikají chyby, a proto je nutné měření doplnit měřením GPS.

5.1.5. GPS

Pro určování polohy letadla v referenčním systému je používána soustava GPS přijímačů s využitím metody DGPS. Nejjednodušší formou je kombinace jedné referenční stanice na známém geodetickém bodě a jedné stanice na palubě letadla. Další funkcí GPS na palubě letadla je synchronizace času všech ostatních měřících systémů.
Zpracování dat

Výstupem laserového skenování je soubor 3D souřadnic, také nazývané mračno bodů. Takto získaná data jsou nepřehledná a musí se provést jejich zpracování. Jsou uloženy v datovém souboru, kde každý bod má udané souřadnice a nadmořskou výšku.

5.2. Technika použitá při leteckém laserovém skenování v ČR

Letecké laserové skenování je realizováno systémem LiteMapper 6800 firmy IGI mbH s využitím leteckého laserového skeneru RIEGL LMS – Q680 s příslušenstvím pro autonomní určování polohy skeneru GPS a IMU. Popis základních parametrů jednotlivých zařízení je uveden v Realizačním projektu zpracování výškopisných dat,

kapitola 8. Nosičem leteckého laserového skeneru je speciální letoun MO typu L 410 FG. Vlastní skenování se uskutečňuje z průměrné výšky 1200 m nebo 1400 m nad střední rovinou terénu v jednotlivých blocích dle realizačního projektu a v závislosti na vzrůstu vegetace, přičemž bloky (převážně o šířce 10 km) s podobnou členitostí a v určitém rozmezí nadmořských výšek se pro realizaci LLS spojují do bloků s maximální délkou 60 km.

(Brázdil a kol., 2012)



Obr. 2: Skener RIEGL LMS – Q680,

Zdroj: <http://www.riegl.com/products/airborne-scanning/produktdetail/product/scanner/23/>

Skenování pásma „Střed“ se uskutečnilo v období od 22. března do 10. října 2010, skenování pásma „Západ“ se uskutečnilo v období od 9. března do 27. června 2012, skenování pásma východ se uskutečnilo v období od 8. dubna 2013 do 11. listopadu 2013. V současnosti je naskenováno 100 % území ČR.

(Brázdil a kol., 2012)

6. Technologie zpracování dat z leteckého laserového skenování

Následující kapitoly 6.1. až 6.9. byly převzaty z (Brázdil a kol., 2012)

6.1. Předzpracování leteckých laserových dat

Účelem tohoto procesu zpracování leteckých laserových dat je analýza surových (nezpracovaných) dat s cílem nalezení jednotlivých odrazů laserového paprsku, jejich georeferencování a transformace polohových souřadnic do pracovního souřadnicového referenčního systému UTM/WGS 84-G873 a výškových údajů do výškového referenčního systému Balt po vyrovnání (Bpv).

6.2. Robustní filtrace

Cílem robustní filtrace je separovat (s využitím sofistikovaných automatizovaných metod) body, ve kterých dopadl laserový paprsek na terén (včetně skal), vegetaci, stavby a výškové překážky leteckého provozu (dále kategorie) a přitom identifikovat chybná měření (např. letící pták).

Výsledkem tohoto procesu jsou samostatné soubory dat (kategorie) rozříděné podle dopadu paprsku na vyjmenované druhy půdního krytu a objekty na zemském povrchu. Úspěšnost automatizovaných postupů správné klasifikace výškových bodů značně závisí na ročním období, ve kterém byla data pořízena, tj. na stupni rozvinutí vegetace. Orientačně lze klasifikovat úspěšnost automatického zatřídění dat, pořízených v období bez rozvinuté vegetace (březen – květen), na 90 % a naopak, v oblastech skenovaných později (červen – září), pouze na 30-40 %.

6.3. Manuální kontrola výsledků robustní filtrace

K eliminaci chyb, vzniklých v místech nespolehlivé robustní filtrace, je prováděna následná interaktivní vizuální kontrola dat. Cílem je odhalit a přeřadit chybně zařazené body do odpovídajících kategorií. Pro tuto úlohu je používán software DT Master firmy INPHO GmbH. Výsledkem tohoto procesu jsou samostatné soubory výškových bodů

ležících skutečně na terénu, vegetaci, stavbách a body reprezentující možnou výškovou překážku.

6.4. Výběr reprezentativního výškového bodu reliéfu v zemědělsky obhospodařovaných oblastech

Vzhledem ke skutečnosti, že v některých oblastech, zejména naskenovaných v hlavním vegetačním období, nebylo možné provést manuální přeřazení všech bodů, jež neleží přímo na terénu (jde zpravidla body na nízké vegetaci), do kategorie vegetace a tyto body tedy zůstaly nesprávně zařazeny v kategorii reliéf, byla v této části technologie řešena generalizace modelu uvnitř určených polygonů výběrem reprezentativních výškových bodů v síti 5 x 5 m. K řešení byl zvolen přístup, kdy jednotlivé zpracovávané oblasti (polygony) byly „rozřezány“ na čtverce 5 x 5 m a v každém čtverci byl vybrán pravděpodobný reprezentativní bod reliéfu jako bod s nejnižší výškou. Přitom se kontrolovalo, zda se tento bod extrémně neodlišuje výškou od okolních bodů. Pokud ano, pak se předpokládá, že se jedná o „zbloudilý“ paprsek a v tomto případě byl vybrán jiný reprezentativní výškový bod, který splňoval podmínky přiměřené odchylky výšky od okolních výškových bodů. O těchto bodech se s maximální pravděpodobností předpokládá, že reprezentují terénní reliéf.

6.5. Výběr reprezentativního výškového bodu terénu v ostatních areálech

Vzhledem k nekonzistentní hustotě dat, ale i s cílem odstranění nepodstatných nerovností terénu, byla dále řešena generalizace modelu výběrem reprezentativních výškových bodů v síti 1 x 1 m. K řešení je zvolen přístup, kdy jednotlivé zpracovávané oblasti jsou „rozřezány“ na čtverce 1 x 1 m a v každém čtverci je vybrán pravděpodobný reprezentativní bod reliéfu jako bod s nejnižší výškou.

6.6. Interpolace výškového modelu terénu v oblastech neobsahujících naměřená data

Cílem interpolace výškového modelu v místech, kde nebyla pořízena data terénního reliéfu (vodní plochy, pod budovami a částečně i v hustých vegetačních porostech), bylo

interpolovat z nepravidelné sítě okolních blízkých výškových bodů reliéfu body reprezentující výšku v těchto místech. Model byl v této fázi zpracování doplněn o uměle vytvořené body, a to v pravidelné síti 5 x 5 m zobrazeného souřadnicového referenčního systému UTM/WGS 84 G873.

6.7. Zjednodušení modelu reliéfu při zachování maximální úplné výškové chyby

Vzhledem ke skutečnosti, že model je po předcházejících úpravách velmi detailní a jednotlivé body mohou být zatíženy drobnými chybami v důsledku nízké vegetace, je dále prováděno ředění bodů reliéfu metodou „hoblování“ vyvinutou firmou Atlas, spol. s.r.o. Při řešení dochází jednak k odstranění nadbytečných bodů a jednak k úpravě výšky bodů, přičemž je povolena maximální úprava výšky o 0,16 m.

6.8. Odstranění systematické složky měření leteckým laserovým skenerem

Testování absolutní přesnosti výškového měření bylo provedeno na 178 komparačních základnách rozmístěných po celém pásmu Střed. Komparační základny tvoří geodeticky zaměřená lokální polohová a výšková pole. Kontrolní body byly zaměřeny aparaturami GPS v režimu RTK se středními chybami souřadnic a výšky do 0,03 m.

6.9. Transformace výškových bodů do S-JTSK

S ohledem na skutečnost, že produkt DMR 5G určený pro civilní sektor má být zpracován v souřadnicovém referenčním systému S-JTSK a ve výškovém referenčním systému Bpv, byly souřadnice jednotlivých výškových bodů transformovány v této fázi zpracování do tohoto systému.

Výsledkem jsou georeferencované soubory výškových bodů DMR 5G reprezentované souřadnicemi X, Y v souřadnicovém referenčním systému S-JTSK (realizace S-JTSK/Krovak East North – EPSG:102067, kdy $X = -Y_{JTSK}$, $Y = -X_{JTSK}$) a výškou H ve výškovém referenčním systému Bpv.

7. DMT (Digitální model terénu)

Digitální model terénu (synonymem je DMR = Digitální model reliéfu) je model povrchu Země bez porostu, budov a dalších objektů na povrchu. Právě jeho digitální podoba umožňuje zpracování dat pomocí počítačů. Jedná se množství bodů, v trojúhelníkové síti, reprezentující povrch Země, které mají známé polohové údaje (souřadnice) a výškové údaje (nadmořská výška v systému Balt po vyrovnání).

(Dolanský 2004)

Následující kapitola 7.1 je převzata z (Dolanský 2004)

7.1. Získávání dat

Data pro získávání digitálních modelů terénu můžeme získat různými metodami. Ty lze dělit podle způsobu sběru dat na kategorie:

- přímé
 - kontaktní
 - bezkontaktní
- nepřímé

7.1.1. Přímé

Jedná se o data přímo měřená v terénu, za pomoci geodetických měření (nivelace, tachymetrie) a metody GNSS. Kontaktní jsou přímo měřená v každém bodě a poskytují velmi přesné měření polohy a výšky. Bezkontaktní využívají DPZ (fotogrammetrie, laserové skenování) a poskytují data s přesností na desítky centimetrů.

Nivelace

Je prováděna odečítáním výškového rozdílu mezi dvěma body, přičemž u jednoho z nich známe nadmořskou výšku. Určení polohy může být problematické, a proto se většinou řeší metodou GPS. Nevýhodou této metody je její zdlouhavost, naopak výhodou je její velká přesnost v řádech setinách metru.

Tachymetrie

S její pomocí je současně měřena poloha i nadmořská výška. Výsledné údaje jsou přepočteny na souřadnice X, Y, Z. U této metody se využívá totálních stanic, s jejichž pomocí se měří délky a vodorovný s výškovým úhlem. Přesnost se pohybuje ve stovkách metrů a oproti nivelaci lze měřit i na vzdálenost více jak 200 m (ovšem přesnost s narůstající délkou klesá).

GNSS (Global Navigation Satellite System)

Základem této metody je měření vzdálenosti mezi GPS přijímačem a satelitem. Přesnost metody se pohybuje v rozmezí 0,02 – 0,05 m. Nejčastěji využívaný v dnešní době je GPS NAVSTAR, který provozuje armáda USA. Obdobou je Evropský systém GALILEO, který byl spuštěn v roce 2016.

Fotogrametrie

Velmi rozšířená metoda. Model terénu se získává ze dvou fotografií, pořízených nejčastěji letadlem. Snímky musejí být nejméně dva a pořízeny z jiného místa, ale zobrazující stejné snímané území. Tyto dva snímky se musejí překrývat alespoň na 60%. Přesnost je v desetinách metru, ovšem cena je vyšší a rychlost zase nižší. Také nelze zkoumat velké území.

LiDAR (Light Detection and Ranging)

LiDAR neboli letecké skenování zkoumá terén za pomoci laserového svazku paprsků. Při měření je nutné znát přesnou polohu skeneru a směr vysílání paprsku. Přesnost je v desetinách metru, ovšem cena je vyšší a rychlost zase nižší. Také nelze zkoumat velké území.

Radarové snímání

Je prováděno za pomoci satelitů. Přesnost se pohybuje v desítkách metrů, zato tato metoda vykazuje vysokou rychlost a nízké náklady i při snímání velkého území.

7.1.2. Nepřímé

Nepřímé pracují s již hotovými modely terénu. Ty mohou i nemusí být v digitální podobě. Pro účely tvorby DMT se používá digitalizace vrstevnic a kót analogových dat. Přesnost závisí na grafické přesnosti a měřítku mapy, která je digitalizována.

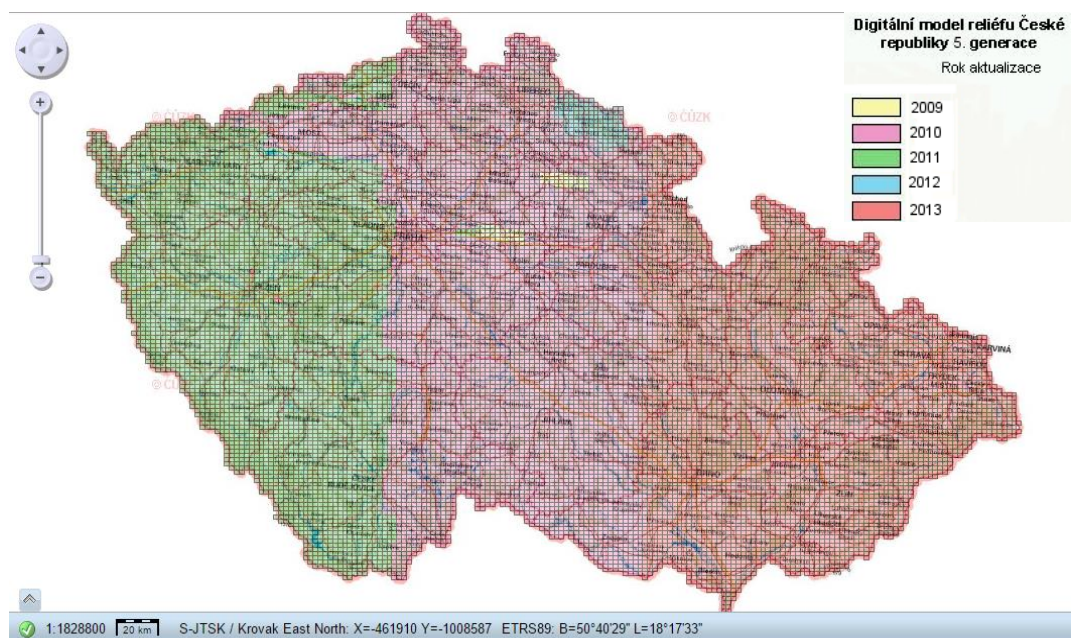
7.2. DMR 5G

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X,Y,H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Model vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013. DMR 5G je určen k analýzám terénních poměrů lokálního charakteru a rozsahu, např. při projektování pozemkových úprav, plánování a projektování dopravních, vodohospodářských a pozemních staveb, modelování přírodních jevů lokálního charakteru, apod. DMR 5G je základní zdrojovou databází pro tvorbu vrstevnic určených pro mapy velkých měřítek a počítačové vizualizace výškopisu v územně orientovaných informačních systémech vysoké úrovně podrobnosti.

(ČÚZK 2010)

DMR 5G je jedním z realizačních výstupů společného projektu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany (MO) a Ministerstva zemědělství (MZe).

(Brázdil a kol., 2012)



Obr. 3: Dokončení jednotlivých etap DMR 5G, Zdroj: Geoportál ČÚZK

8. Charakteristika přírodních podmínek PR Klenov

8.1. Poloha a vymezení oblasti

Přírodní rezervace Klenov se nachází ve východní části České republiky, ve Zlínském kraji a okrese Bystřička. Přírodní rezervaci Klenov tvoří lesní porosty na prudkých svazích v okolí vrchu Zámčisko (666,7 m) a hřbet Klenova s pískovcovými skalními výchozy. Nachází se ve Vsetínských vrších v nadmořské výšce 485 až 666 m, jižně od vodní nádrže Bystřička. Vyhlášeno nařízením č. 21/1999 Okresního úřadu Vsetín ze dne 20. května 1999. Celková výměra 15,35 ha.

(Chráněná území Zlínského kraje)

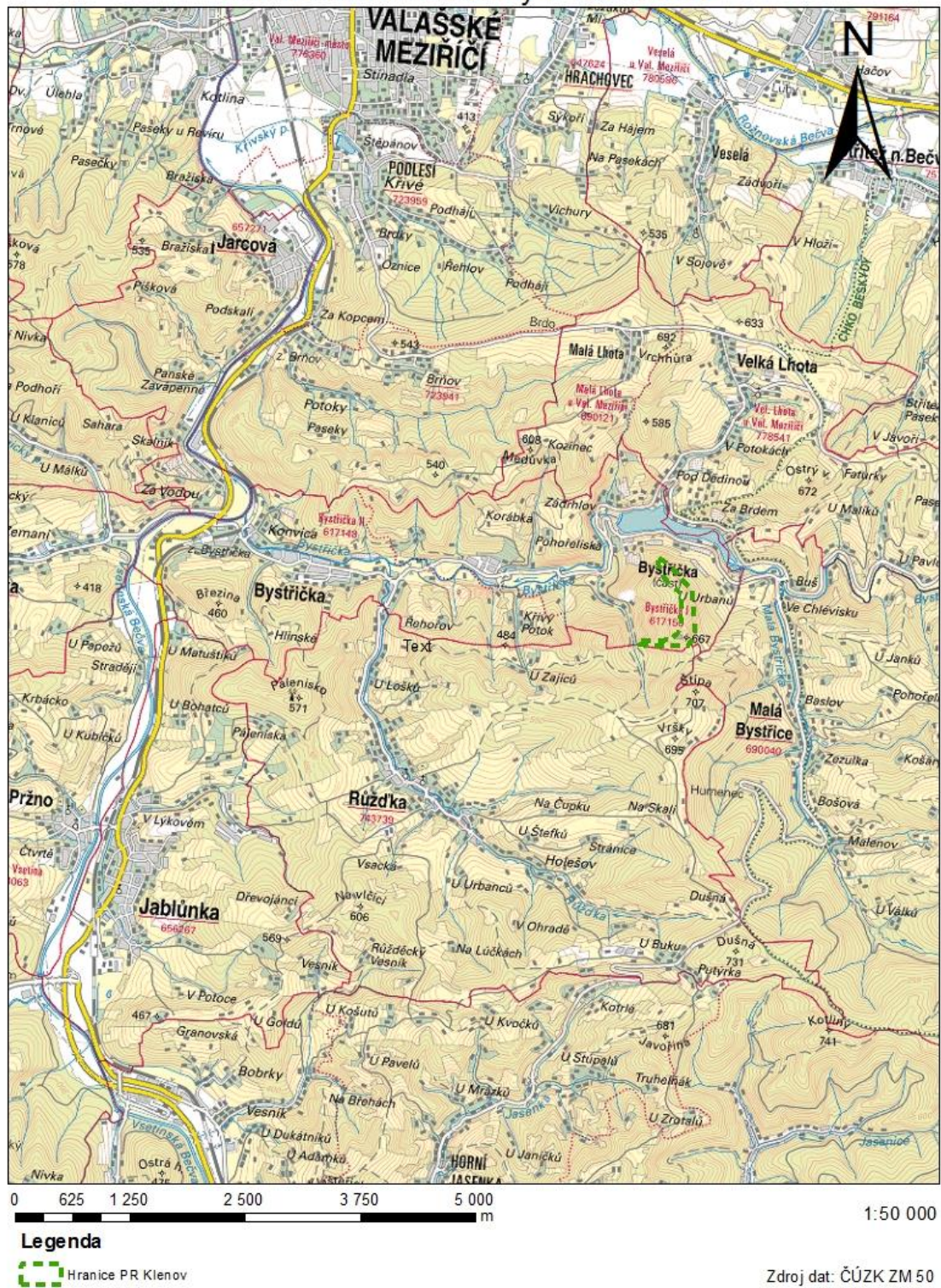
Rezervace se rozkládá jižně od vodní nádrže Bystřička. Nejsevernější bod leží na souřadnicích 49°25'9.193"N, 18°1'35.090"E. Nejjižnější se nachází pod skalním útvarem nazývaný Komín, na souřadnicích 49°24'38.336"N, 18°1'33.854"E. Nejzápadnější bod leží na souřadnicích 49°24'39.040"N, 18°1'28.292"E. Nejvýchodnější bod je na souřadnicích 49°24'43.161"N, 18°1'57.801"E.

(Mapy.cz)



Obr. 5: Mapa ČR s vyznačením PR Klenov, Zdroj: Wikipedie

Širší územní vztahy PR Klenov



Obr. 6: Širší územní vztahy PR Klenov, Zdroj: ArcGIS 10.3., Geoportál ČÚZK

8.2. Geomorfologie

system: Alpsko-himalájský

provincie: Západní Karpaty

soustava: Vnější Západní Karpaty

podstava: Západní Beskydy

celek: Hostýnsko-vsetínská hornatina

podcelek: Vsetínské vrchy

okrsek: Valašskobystřická vrchovina

(Demek, Mackovič 2006)

8.3. Geologie a pedologie

Podloží je tvořeno převážně arkózovými pískovci a slepenci rusavských vrstev zlínského souvrství (eocén) račanské jednotky magurského flyše. Vycházejí na povrch skalními útvary modelovanými selektivním zvětráváním a odnosem do skalních mís, říms, úpatních výklenků, ojediněle s balvanitou sutí. Nejvyšší skalní stěny dosahují výšky 13 – 14 m. Význačné skalní výchozy se nazývají Zámčisko, Havránka (nejvyšší stěny) a Jazévky. Nacházejí se zde také dvě menší pseudokrasové jeskyně o délkách 6 m a 4 m.

(Mackovčín, Jatiová 2002)

Ve středu území PR Klenov se vyskytuje kambizem mesobazická. Ze severu a z jihu do území zasahuje kambizem rankerová mesobazická.

(Česká geologická služba)

8.4. Podnebí

PR Klenov spadá do klimatické oblasti CH7 (chladná). Tato oblast je charakterizovaná průměrnými teplotními hodnotami -3– -4 °C v lednu. V červenci jsou průměrné teploty 15–16 °C. Srážkový úhrn za vegetační období se pohybuje v rozmezí hodnot 500–600 mm, naproti tomu srážkový úhrn v zimním období se pohybuje v rozmezí hodnot 350–400 mm. Počet dní se sněhovou pokrývkou připadne na 100–120 dní.

(Quitt 1971)

8.5. Flóra a fauna

Lesní vegetaci tvoří karpatská bučina s vtroušenou jedlí bělokorou (*Abies alba*) a javorem klenem (*Acer pseudoplatanus*), zejména v okolí skal a na sutích (klenové bučiny), na okrajích přírodní rezervace roste i smrk ztepilý (*Picea abies*). Ve vrcholových partiích Zámčiska se na skalnatém podloží vyvinula zakrslá bučina. Bylinné patro je zastoupeno typickou květenou acidofilní bikové bučiny (*Luzulo-Fagetum*). Mezi vzácnější druhy mechorostů patří šikoušek bezlistý (*Buxbaumia aphylla*). Okolí Klenova je také zajímavou mykologickou lokalitou, ze vzácnějších druhů hub zde byly nalezeny např. ryzec nasládlý (*Lactarius subdulcis*), ryzec lososový (*Lactarius salmonicolor*), ryzec světlý (*Lactarius azonites*), holubinka osmahlá (*Russula adusta*), hřib kaštanový (*Gyroporus castaneus*), hřib siný (*Gyroporus cyanescens*), šupinovka slizká (*Pholiota adiposa*), šupinovka zhoubná (*Pholiota destruens*), bedla ostrošupinná (*Lepiota aspera*), lakovka zakroucená (*Laccaria tortilis*), rudoušek uťatý (*Rhodocybe gemina*), líha srostlá (*Lyophyllum connatum*).

(Chráněná území Zlínského kraje)

Z nápadnějších druhů bezobratlých zde můžeme spatřit např. střevlíka zlatolesklého (*Carabus auronitens*), z ptáků zde nacházejí vhodné hnízdní možnosti např. strakapoud bělohřbetý (*Dendrocopos leucotos*), holub doupňák (*Columba oenas*), lejsek malý (*Ficedula parva*), datel černý (*Dryocopus martius*), v okolí také datlík tříprstý (*Picoides tridactylus*), čáp černý (*Ciconia nigra*) a krkavec velký (*Corvus corax*), ojediněle výr velký (*Bubo bubo*). Ze savců se vyskytuje ježek východní (*Erinaceus concolor*), kuna lesní (*Martes martes*), liška obecná (*Vulpes vulpes*), veverka obecná (*Sciurus vulgaris*) a srnec obecný (*Capreolus capreolus*).

(Chráněná území Zlínského kraje)

8.6. Lesní hospodářství

Z hlediska lesnické typologie náleží lesní porosty k lesním typům (LT): 4F1 (svahová bučina kapradinová), 4S1 (svěží bučina šťavelová), 4A3 (lipová bučina kapradinová), protkaných mozaikou LT 4Y0 (skeletová bučina), 3J2 (lipodubová javořina kapradinová) a ne příliš v regionu se vyskytující LT 4Z2 (zakrslá bučina

borůvková). Diskutabilní je však vylišení LT 4N1 (kamenitá bučina s kapradí osténkatou). Nízká bylinná pokryvnost a dominance druhů *Hieracium silvaticum*, *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella* a *Senecio fuchsii* řadí stanoviště k již zmiňované variantě LT 4S1. V Zlatníkově pojetí (Buček, Lacina 1999) se tak jedná o mozaiku skupin typů geobiocénů *Fageta aceris* (bk s javorem), *Fageta abietino-quercina* (jedlodubové bk), *Fageta typica* (typická bk), *Acereta fagi* (jv s bukem), *Fageta humilia* (zakrslé bk) a *Tili-acereta fagi* (lípové jv s bukem).

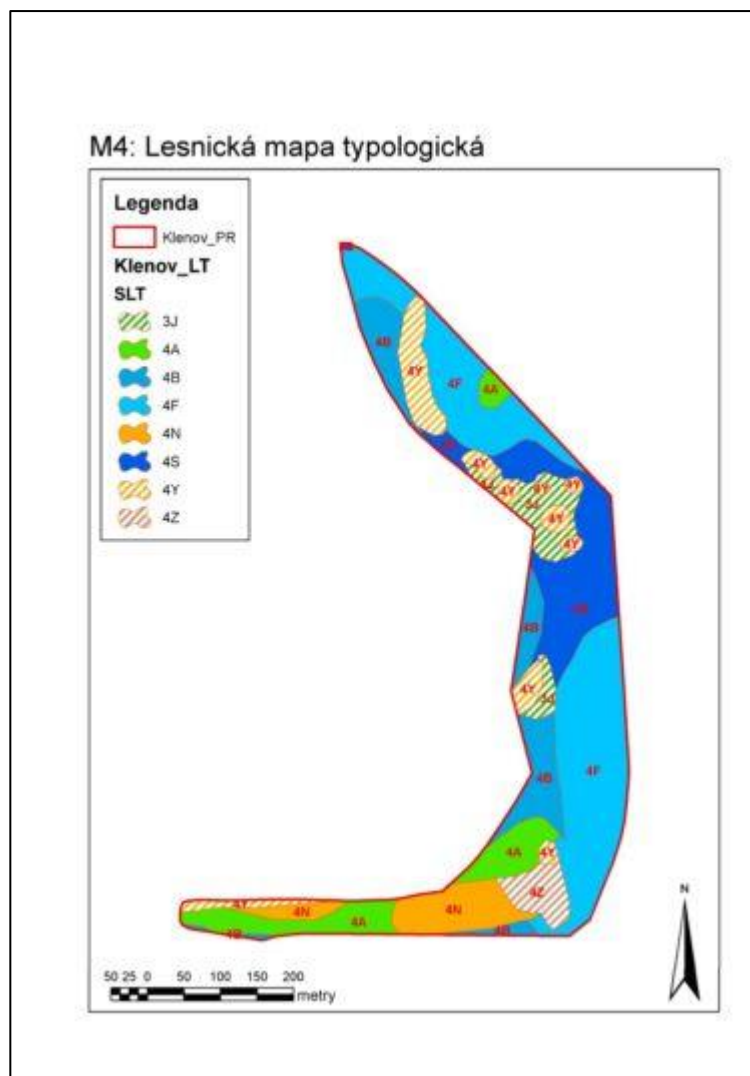
(Lacina 2013)

Na základě aktualizace podrobného mapování biotopů soustavy NATURA 2000 (viz Mapomat AOPK ČR) byla v daném území vymapována mozaika biotopů L5.1 – květnaté bučiny (70 %) a S1.2 – vegetace silikátových skal a drolin (30 %).

(Lacina 2013)

V hlavní hřbetní části se nacházejí četné skalní pískovcové a slepencové výchozy s výškou stěn až 15 m. Na severovýchodních, východních a jihovýchodních prudkých svazích se nachází pestrá mozaika lesních stanovišť horní části bukového a spodního okraje jedlobukového lesního vegetačního stupně (4. a 5. LVS) živné, kyselé, humusem obohacené ale i extrémní ekologické řady a z nich vyplývající mozaikou edafických kategorií a souborů lesních typů. Jde zejména o bohaté, kyselé, svahové a zakrslé bučiny, jedlové bučiny a klenové bučiny. Lesní porosty: ve vrcholové části v úbočí vrcholu hory se nachází komplex přírodě blízkých cca 110 let starých bučin s vtroušenou jedlí, klenem a smrkem. Ve spodní části lesního komplexu především na V úbočí kopce se samovolně přirozeně zmlazuje bohatým náletem z nejbližšího okolí jedle bělokorá. Semenáčky jsou ale silně redukovány zvěří, pouze v nárostech buku dokáží částečně odrůstat, avšak zde jsou postupně utlačovány vitálním bukovým zmlazením. Porosty v OP na SV a V, částečně i na Z jsou v současnosti v počátečním až pokročilém stádiu obnovy, která je prováděna holosečným a násečným způsobem a umělým zalesňováním výhradně smrkem.

(Lacina 2013)



Obr. 7: Lesnická mapa typologická, Zdroj: Lacina 2013

(Lacina 2013)

9. Předmět a cíl ochrany PR Klenov

9.1. Předmět

Přírodní hodnoty hřebenové partie Klenova s význačnými skalními výchozy a přírodně zachovalými lesními porosty s výskytem vzácné fauny vázané na horské bučiny. Zámčisko je také významná archeologická lokalita.

(Lacina 2013)

9.2. Cíl ochrany

Dlouhodobým cílem péče o PR Klenov je zachování pískovcových a slepencových skalních výchozů, ochrana přírodních stanovišť, zejména jedlobukových a bukových lesních porostů a na ně vázaných rostlinných a živočišných společenstev.

(Lacina 2013)

10. Metodika

10.1. Datové zdroje

Byla použita surová data z leteckého laserového skenování z roku 2013. Tato data poskytla organizace ČUZK. Tato poskytnutá data byla ve formě nepravidelné trojúhelníkové sítě a bylo provedeno jejich zpracování do digitálního modelu terénu v softwaru ArcGIS 10.3.. V tomto programu probíhaly i následující analýzy.

Pomocí výše uvedených výpočtů byl vytvořen z dat DMR 5G mapový podklad, na kterém bylo možné identifikovat skalní výchozy. Pro mapování dat v terénu byl použit GPS přístroj Trimble Juno 5D.

10.2. Terénní měření

Ověření dat v terénu probíhalo na jedné obchůzce, která se konala 18. 3. 2017. Při této pochůzce byly zjišťovány souřadnice skalních výchozů pomocí výše zmíněného přístroje, takto naměřené souřadnice byly ukládány do přístroje. Při zjišťování souřadnic byla také měřena výška skalních výchozů za pomoci laserového výškoměru TruPulse 360.

Podle výskytu skalních výchozů by se dalo území rozdělit na 5 částí. Na severní část, kde se nachází nejvyšší a nejširší skalní výchoz s místním názvem Havranka (v příloze označen Skalní výchoz č. 5). V jejím nejbližším okolí se nachází další skalní výchozy, a to předskalí (v příloze označen Skalní výchoz č. 3) a pravá část (v příloze označen Skalní výchoz č. 4). Severně od těchto skal se nachází dva osamocené skalní bloky (v příloze označeny Skalní výchoz č. 1 a skalní výchoz č. 2). 150 m jižně od Havranky se nachází dva výchozy (v příloze označeny Skalní výchoz č. 6 a Skalní výchoz č.7).

Jižně od severní části je rozmístěno 5 skalních výchozů střední části (v příloze označeny jako Skalní výchoz č. 8, č. 9, č. 10, č. 11 a č. 12) Tyto už nedosahují takových rozměrů jako skalní výchozy v severní části. Jsou rozesety v okruhu 150 m od hlavního hřebene PR Klenov.

Dále jižně od střední části se nachází část jižní (v příloze označeny jako Skalní výchoz č. 13, č. 14, č. 15, č. 16, č. 17). Skalní výchozy jsou nahloučené na vrchu

Zámčisko. Největší (v příloze označen Skalní výchoz č. 14) se nachází 40 m východně od tohoto vrchu.

Západně od jižní části se nachází skalní výchozy části západní, zde se jich nachází 6, konkrétně jde o výchozy v příloze označeny jako Skalní výchoz č. 18, č. 19, č. 20, č. 21, č. 22, č. 23. Tyto výchozy jsou rozmístěny za sebou na příkrém hřebeni. Převažují zde velikosti do 5,5 m ale je zde jeden výchoz s výškou 15,2 m, s místním názvem Komín.

Poslední částí byli skalní výchozy mimo území PR Klenov. Ty se nacházeli severně od části západní. Byli zde celkově 3 výchozy (v příloze označeny jako Skalní výchoz č. 24, č. 25, č. 26) Jedná se o výchozy ve svahu, kdy největší má šířku 20 m a výšku 6,5 m (v příloze označen jako Skalní výchoz č. 26)

10.3. Porovnání dat v ArcGIS 10.3.

Analýzy použité v této bakalářské práci byly provedeny v softwaru ArcGIS Desktop 10.3 a SAGA GIS.

10.3.1. ArcGIS Desktop 10.3

ArcGIS for Desktop je plnohodnotný GIS software pro vizualizaci, správu, vytváření a analýzu geografických dat. Pomocí softwaru ArcGIS můžete porozumět geografickému kontextu vašich dat a umožnit tak vidět vztahy a identifikovat vzory novými způsoby. ArcGIS software pomáhá desítkám tisíc organizací činit lepší rozhodnutí a rychleji řešit problémy.

ArcGIS for Desktop je nejpoužívanější desktopový GIS software na světě, protože poskytuje snadný způsob využití geografických dat pro všechny. S velkým množstvím symbolů a kartografických schopností můžete snadno vytvářet vysoce kvalitní mapy. Software ArcGIS spravuje a upravuje správu bezbolestného úkolu, který může provést každý ve vaší organizaci. Prakticky jakýkoli geografický poskytovatel dat může zpřístupnit data ve formátu kompatibilním se softwarem ArcGIS. Protože data mohou být integrována z téměř jakéhokoli zdroje, projekty mohou začít hned s daty, která jsou k dispozici místně nebo na internetu.

Software ArcGIS for Desktop zjednodušuje komplexní analýzy a úkoly správy dat tím, že umožňuje vizuálně modelovat úkol v logickém pracovním toku. Software ArcGIS

je snadno použitelný pro netechnické uživatele a pokročilí uživatelé budou moci využívat sofistikované softwarové nástroje pro pokročilou kartografii, integraci dat a prostorovou analýzu. Vývojáři mohou přizpůsobit software ArcGIS pomocí standardních programovacích jazyků.

(RockWare 2017)

10.3.2. SAGA GIS

SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) je geografický informační systém, který podporuje rastrová i vektorová data. Díky svému zaměření na geovědní obory, nabízí velký počet výpočetních algoritmů a je tak vhodný při analýzách digitálních modelů terénu. SAGA GIS byl navržen tak, aby byl flexibilní a užitečný nástroj pro geovědní komunitu, a tak jsou jednotlivé části zaměřeny na velmi specifické oblasti.

(Málek 2015)

SAGA GIS byl vyvinut v roce 2001 na University of Göttingen v Německu proto, aby existoval nástroj, který umožní zjednodušit zavádění nových algoritmů pro analýzy prostorových dat a umožnil tak jejich okamžitou aplikaci. V roce 2004 byla většina zdrojových kódů publikovaná pod licencí open source, což umožnilo zapojení vědecké komunity do vývoje tohoto programu a umožnilo to implementovat nové algoritmy a opravovat ty staré. V témže roce se začalo pracovat na verzi 2.0, která už byla připravovaná i na operační systém Linux.

(Málek 2015)

Data naměřená v terénu byly poté porovnávány s daty DMR 5G. Pro porovnávání dat v programu ArcGIS 10.3. bylo potřeba nejprve vytvořit rastrovou vrstvu DMT, která byla vytvořena z dat DMR 5G. Z této vrstvy byly poté generovány různými metodami tzv. geomorfometrické charakteristiky reliéfu a následně porovnány s daty naměřenými v terénu.

10.3.3. Metoda Focal range

Metoda Focal range je založena na fokální analýze jednotlivých pixelů DMT pomocí nástroje Focal Statistics v softwaru ArcGIS 10.3.. Pro jednotlivé pixely je počítán maximální rozsah hodnot nadmořské výšky v předem definovaném okolí (zvoleno okolí 3 metry). V místech skalních výchozů je tak předpokládán největší rozsah hodnot nadmořské výšky. Výhodou této metody je, že přímo z rozsahu je možné odhadovat výšky skalních výchozů.

10.3.4. Metoda Sky View Factor

Sky View Factor byl vypočítán v softwaru SAGA GIS a je definován jako částí podílu viditelného nebe nad pozorovaným územím, simulované výpočtem. Do každého pixelu rastru se zapíše taková hodnota, která odpovídá, jak velkou část oblohy lze z daného místa vidět. Čím má daná lokalita omezenější výhled, tím má daný pixel rastru nižší hodnotu, naopak v místech s dobře viditelnou oblohou je hodnota vyšší.

(Zakšek a kol. 2011)

10.3.5. Metoda s využitím rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem – dmt-prum

Při této metodě dochází k nejprve vyhlazení a generalizaci DMT s následným výpočtem rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným DMT. Místa vystupující nad vyhlazený reliéf by opět měla indikovat skalní výchozy.

10.3.6. Metoda Focal Flow

Nástroj Focal Flow používá okolí 3x3 buňky k určení, která z osmi okolních buněk proudí do centrální. Proudění je definováno každou buňkou v okolí, která má větší hodnotu než buňka centrální. Výsledné hodnoty představují pohyb tekutiny nejčastěji vody, pohybující se po různých výškách nebo sklonu povrchu. Jako tok může být brán jakýkoli pohyb, třeba přesun nečistot do poloh s nižší koncentrací. Místa skalních výchozů by měla být identifikována jako pixely s největším prouděním.

(Málek 2015)

10.3.7. Metoda Terrain View Factor

Tento faktor stejně jako Sky View Factor je součástí softwaru SAGA GIS a charakterizuje viditelnost, ale oproti předešlému charakterizuje viditelnost okolí z daného místa.

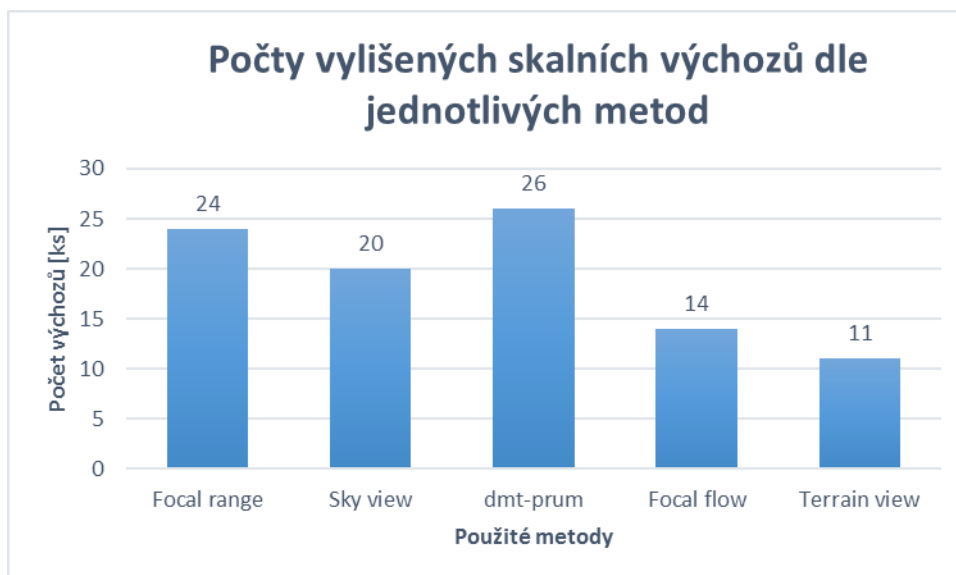
11. Výsledky

Celkově bylo při terénním měření vylišeno 26 skalních výchozů. Největší z nich, s názvem Havranka, měl výšku 15,1 m a šířku 50 m. Nejmenší byl vysoký 2,5 m a široký 3 m. Na následujícím grafu lze vidět počty skalních výchozů v závislosti na jejich výšce potažmo na jejich rozpětí výšky. Nejvíce skalních výchozů se pohybovalo v rozmezí výšek 4,1 – 5 dále 5,1 – 6 a 6,1 – 7 m. V těchto výškových bylo vždy po 4 skalních výchozech. Nezastoupeny byly výšky 0 – 1 poté 1,1– 2 a také 10,1 – 11 dále 13,1 – 14 a 14,1 –15 m.



Obr. 8: Počty skalních výchozů v jednotlivých výškách

Nejúspěšnější, co se týče počtu vylišených se ukázala metoda s využitím rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem. Na druhou stranu tato metoda nebyla přesná, co se týče polohy, jelikož ve 3 případech nešlo rozlišit, o který výchoz se jedná a kde leží. Úspěšné byly také metody Focalrange a Sky view. První jmenovaná vylišila 24 výchozů a druhá 20. Pomocí metody Sky view také bylo nejvíce eliminováno chybného vylišení výchozu, který byl ve skutečnosti prudký kamenitý svah. Nejméně úspěšná byla metoda Terrain view. Jednak byla málo přehledná a také co se týče vylišení výchozů tak se podařilo vylišit pouze 11 výchozů. Metoda Focal flow také nebyla úspěšná. Vylišila pouze 14 výchozů, mezi nimiž chyběl i jeden výchoz vysoký 10,2 m.



Obr. 9: Počty vylišených skalních výchozů dle jednotlivých metod

11.1. Metoda Focal range

Pomocí této metody bylo v programu ArcGIS 10.3. vylišeno 24 výchozů. Hodnoty, které reprezentovaly skalní výchozy jsou hodnoty od 2 m a výše. Nevylišen byl skalní výchoz č. 2, a č. 19. Oba tyto skalní výchozy se řadí k těm menším, a to je jejich důvod nevylišení. Při této metodě byl jako skalní výchoz také označen prudký kamenitý svah. Na obr. 11 tento efekt lze vidět východně od hlavního hřebenu mezi skalními výchozy č. 7 a 8, dále jižně od vrchu Zámčisko a také západně od skalního výchozu č. 23.

11.2. Metoda Sky view

Tuto metodu reprezentuje obr. 12. Touto metodou bylo vylišeno 20 skalních výchozů. Ty byly v hodnotách od 0,5 a níže. Nevylišeny byly skalní výchozy č. 1, 2, 6, 7, 18, 19. Jedná se o výchozy s výškou maximálně 5,5 m. U této metody nebylo tolik výrazné vylišení prudkých a kamenitých svahů jako u metody Focal range.

11.3. Metoda s využitím rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem – dmt-prum

Tato metoda vylišila všechny skalní výchozy. Vylišené skalní výchozy se nacházely v hodnotách 19 a výše. Problémem ale je, že vylišila i prudké kamenité svahy na stejných místech jako metoda Focal range. Dalším problémem je že výchozy č. 2, 3, 4 dále 15, 16,

a také 19, 20, 21, 22, 23 nelze přesně vylišit nebo jsou znázorněny jako jeden velký výchoz, viz obr.13.

11.4. Metoda Focal flow

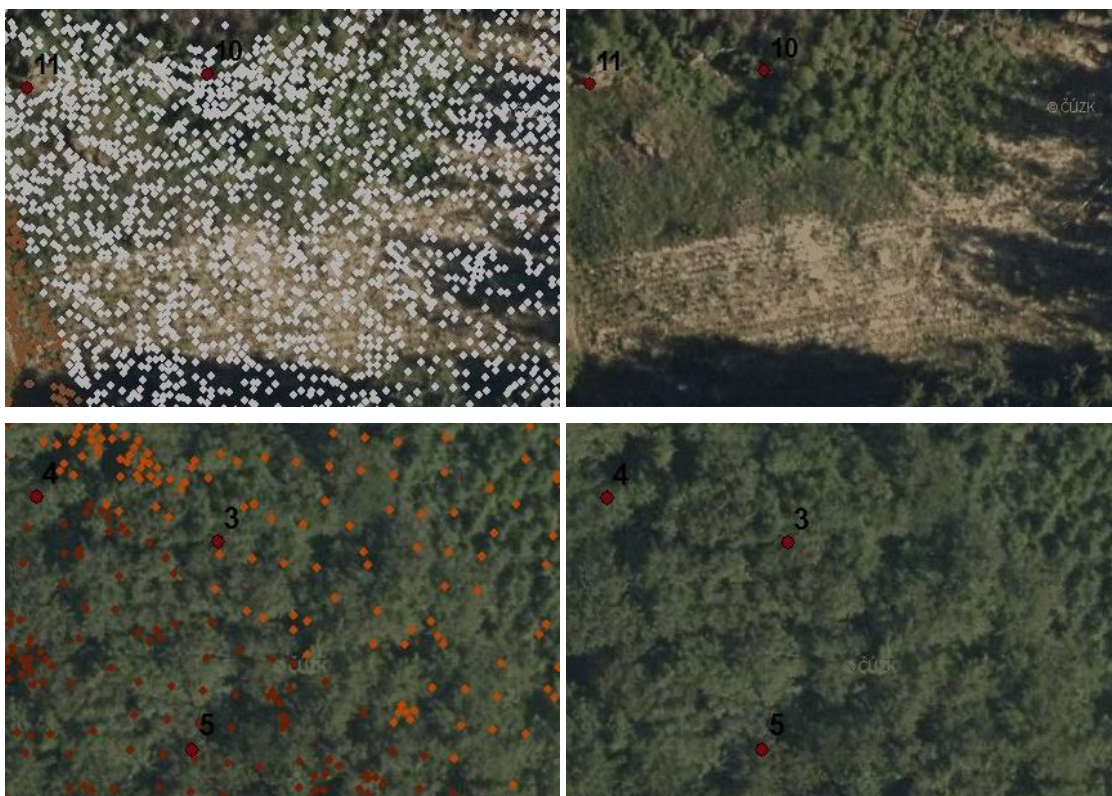
Tato metoda je použita na obr. 14. Při této metodě bylo vylišeno 14 skalních výchozů. V této metodě byly skalní výchozy vylišeny v hodnotách výších než 122,5. Nebyly vylišeny výchozy převážně menších rozměrů do 5 m výšky, ale také výchoz č. 22 o výšce 10,2 m.

11.5. Metoda Terrain view

Touto metodou bylo vylišeno pouze 11 výchozů. Zde byly skalní výchozy vylišeny v hodnotách 0,7. Mapa vzniklá touto metodou byla také velmi špatně čitelná a skalní výchozy se zde identifikovaly velmi obtížně. Viz obr. 15.

12. Diskuze

Během zpracovávání dat a měření v terénu se přišlo na několik chyb, které vyústili v nepřesnosti v poloze skalních výchozů nebo k jejich úplnému nevylišení. Jako největší problém se ukázal ve všech použitých metodách porost. Ten je na sledovaném území převážně listnatý se stářím 115 let a také s velkou hustotou. Tato skutečnost má neblahý vliv na přesnost leteckého laserového skenování, jelikož laserové pulsy jsou zachyceny vegetací. Kvůli tomuto jevu se tedy laserové pulsy v hustém porostu dostanou na zem na méně místech a v menším počtu než na místě bez vegetace, tudíž je mračno bodů potom menší, a jsou větší rozestupy mezi jednotlivými body což vede ke zkreslení vypadající jako skalní výchoz. Tato chyba se pak zvětšuje, když je letecké laserové skenování prováděno při olistění porostu. Tento jev lze dobře pozorovat a porovnat na následujících snímcích. Dva horní snímky ukazují nezalesněné místo, kdy na levém snímku lze vidět mračno bodů a na pravém terén. Dolní dva snímky reprezentují místo porostlé hustým bukovým porostem. Levý je opět s mračnem bodů.



Obr. 10: Porovnání hustoty mračna bodů na nezalesněném a hustě zalesněném pozemku

Další nepřesnost vznikla při měření v terénu za pomoci přístroje GPS. Jednak zde také vadil v některých místech hustý porost, ale dalším problémem byla clonění signálu družic samotným skalním výchozem. Nepřesnost měření se pohybovala od 8 m do 20 m. Naštěstí většina vrcholů skalních výchozů je bezpečně dostupná, takže tento problém se týká jen omezenému počtu výchozů.

Problém způsoboval i příkrý svah, na kterém se nachází sledované území. Na mnoha místech se na zde také vyskytují drobné kameny s průměrem okolo 1 m. Tento faktor společně s hustým a olistěným porostem dává za vznik chybě, při které prudký kamenitý svah vypadá jako skalní výchoz.

Se svou přesností jsou data DMR 5G vhodná k mapování a identifikaci skalních výchozů. Ovšem přesnost mapování se odvíjí od období, kdy došlo k leteckému laserovému skenování. Jestliže k němu došlo v době plného olistění v listnatém porostu nebo hustém jehličnatém porostu, bude přesnost menší. Ta se také sníží v prudce svažitém a kamenitém terénu.

13. Závěr

Tato práce byla zaměřena na možnosti identifikace a mapování skalních výchozů na území a v okolí PR Klenov z dat získaných z leteckého laserového skenování.

Z dat leteckého laserového skenování bylo v programu ArcGIS 10.3. vytvořeno pět map pěti různými metodami, na kterých měly být vylišeny skalní výchozy na sledovaném území. Takto vzniklé mapy byly také porovnávány mezi sebou, aby se zjistilo, která metoda je pro mapování skalních výchozů nejvhodnější.

Terénním měřením byl ověřen výskyt skalních výchozů v terénu. Jejich poloha byla zaznamenána na přístroj GPS.

Následně byly porovnávány výsledky z terénního měření a mapové výstupy z ArcGIS 10.3. Při tomto porovnávání byla zjišťována také přesnost použitých metod. Touto metodou se nakonec ukázala být metoda s využitím rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem, která měla velmi přesnou shodu s terénním měřením, a naopak nejméně vhodná se ukázala metoda Terrain view.

Data získaná z leteckého laserového skenování v podobě DMR 5G jsou vhodná pro mapování skalních výchozů. Ale je nutné výsledná data porovnat se skutečně naměřenými daty v terénu nejlépe pomocí GPS přístroje. Ukázalo se, že pro další zpracování nejlépe vyhovuje metoda s využitím rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem, která měla největší přesnost v rámci hodnocení počtu vylišených skalních výchozů, a i v rámci přesnosti určení jejich polohy.

14. Summary

This work was focused on the possibility of identification and mapping of rock outcrops in and around PR Klenov from data obtained from aviation laser scanning.

From aviation laser scanning data, five maps were created in ArcGIS 10.3. with five different methods to distinguish rock outposts in the monitored area. The maps so created were also compared to each other to determine which method is most suitable for mapping rocky outcrops.

By terrain measurement the occurrence of rock outcrops in the field was verified. Their location has been recorded on the GPS device.

Results from field measurements and map outputs from ArcGIS 10.3. were then compared. In this comparison, the accuracy of the methods used was also determined. This method ultimately proved to be a method using the difference between a real and smoothed relief that had a very exact match with field measurements, and the least suitable was the Terrain view method.

The data obtained from aviation laser scanning in the form of DMR 5G is suitable for mapping rock outcrops. But it is necessary to compare the resulting data with the actual measured data in the field using the GPS device. It has been shown that the method is best suited for further processing, utilizing the difference between the real and the smoothed relief, which has the greatest precision in assessing the number of scarred rock outcrops, and in the precision of determining their location.

15. Literatura a použité zdroje

Bellian, J.A., Kerans, C. and Jennette, D.C., 2005. Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. *Journal of Sedimentary Research*, 75(2), s. 166-176

BRÁZDIL, K. a kol. 2012. Technická zpráva k Digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR G). Praha, Zeměměřičský úřad, Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad. 12 s.

Česká geologická služba [online]. citováno 30. ledna 2017. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.geology.cz/>>

ČÚZK. Geoportál ČÚZK [online]. citováno 24. ledna 2017. Dostupné na World Wide Web: <<http://geoportal.cuzk.cz>>

DEMEK, J., MACKOVČIN, P., ed. 2006. Zeměpisný lexikon ČR. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 610 s. ISBN 80-86064-99-9.

DOLANSKÝ, T. 2004. Lidary a letecké laserové skenování. Ústí nad Labem, Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem Acta Universitatis Purkynianae. 100 s. ISBN 80-7044-575-0.

GUERIN, A., NGUYEN, L., ABELLÁN, A., CARREA, D., DERRON, M.H. JABOYEDOFF, M., 2015. Common problems encountered in 3D mapping of geological contacts using high-resolution terrain and image data. *European Journal of Remote Sensing*, v. 48, s.661-672. doi:10.5721/EuJRS20154836.

HENGL, T., HANNES I. R., 2009. Geomorphometry: concepts, software, applications. Boston [Mass.]: Elsevier,. *Developments in soil science*, 33 s. ISBN 978-0-12-374345-9.

Chráněná území Zlínského kraje [online]. citováno 28. ledna 2017. Dostupné na World Wide Web: <<https://nature.hyperlink.cz/index.htm>>

LACINA, D., 2013. Plán péče o přírodní rezervaci Klenov na období 2014 –2023. Brno. 20 s.

Lexikon tvarů reliéfu České Republiky[online]. Citováno 25- dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <<http://geography.upol.cz.html>>

MACKOVČIN, P., JATIOVÁ M., 2002. Zlínsko. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 376 s. ISBN 80-86064-38-7.

MÁLEK, F., 2015. Možnosti využití kartografického modelování v aplikačních úlohách. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. 60s.

Mapy.cz [online]. citováno 29- ledna 2017. Dostupné z: <<https://mapy.cz>>

QUITT, E., 1971. Klimatické oblasti Československa. Praha: Academia, 73 s.

RockWare, Earth Science and GIS Software [online]. Citováno 30- dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <<https://www.rockware.com>>

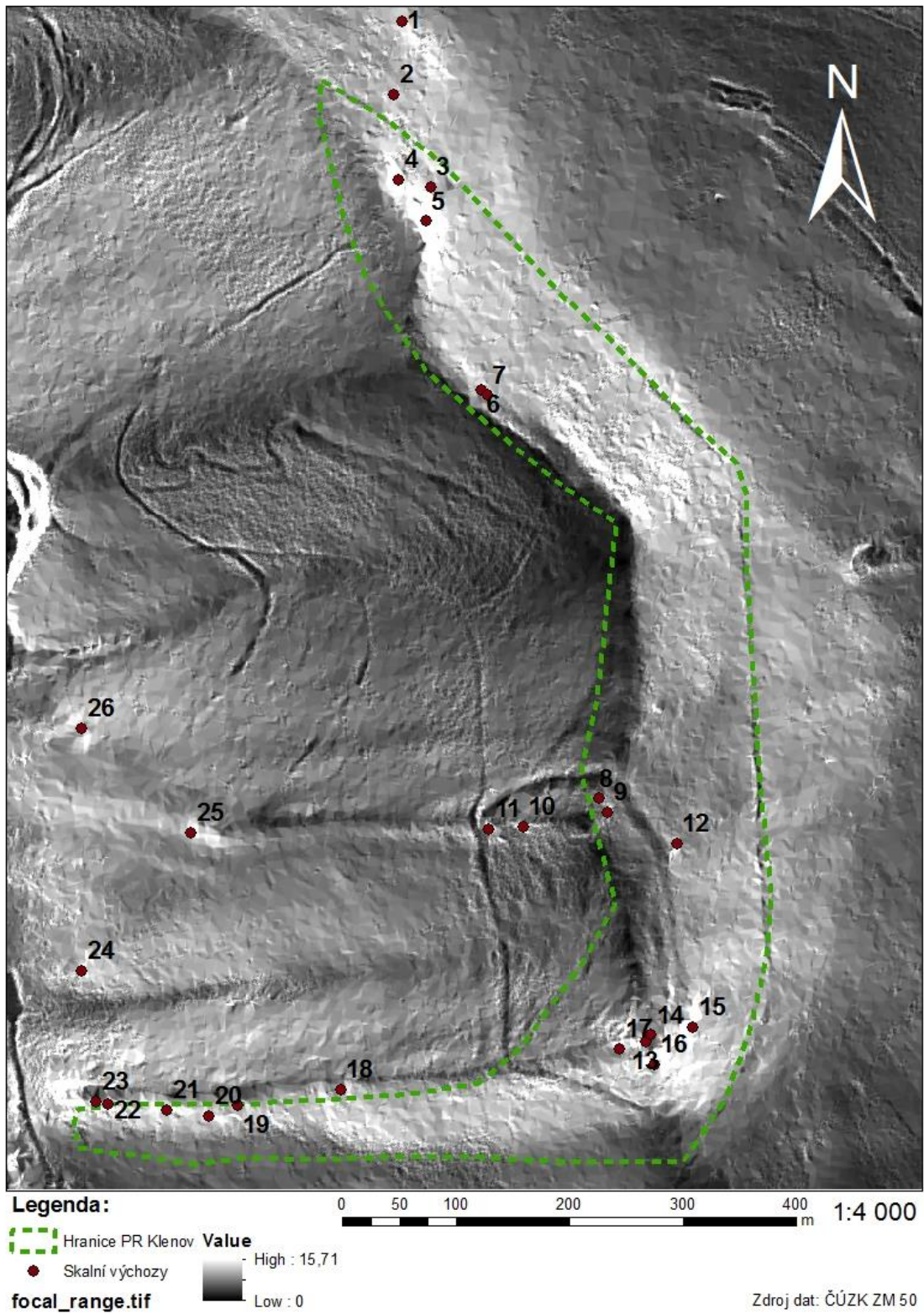
SVOBODA, J. 1983. Encyklopedický slovník geologických věd. Praha: Academia, 920 s.

WIKIPEDIA. Výchoz [online]. citováno 24- dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDchoz>>

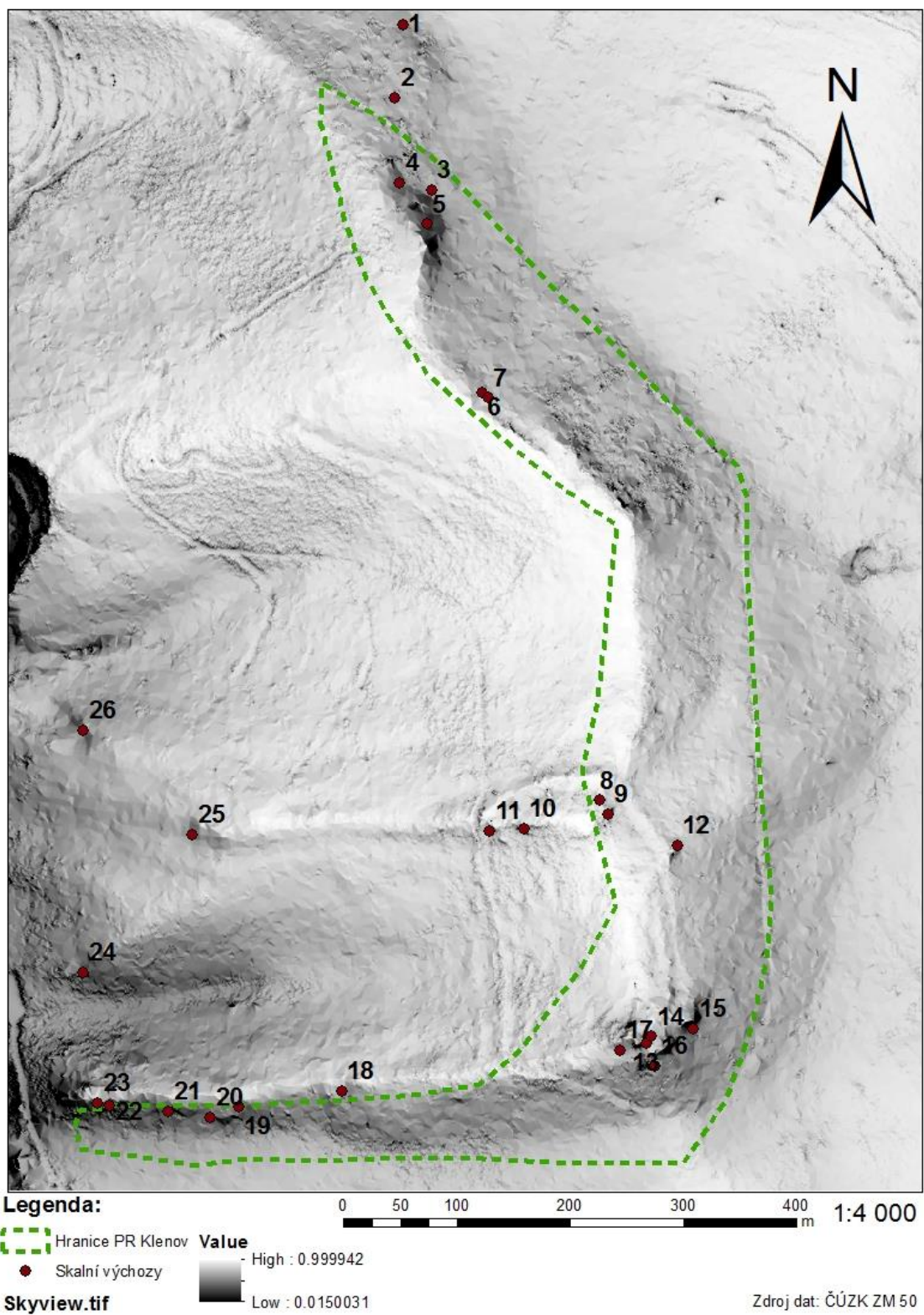
ZAKŠEK, K. a kol. 2011. Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique, Remote Sensing 3, s. 398–415. DOI 10.3390/rs3020398

16. Přílohy

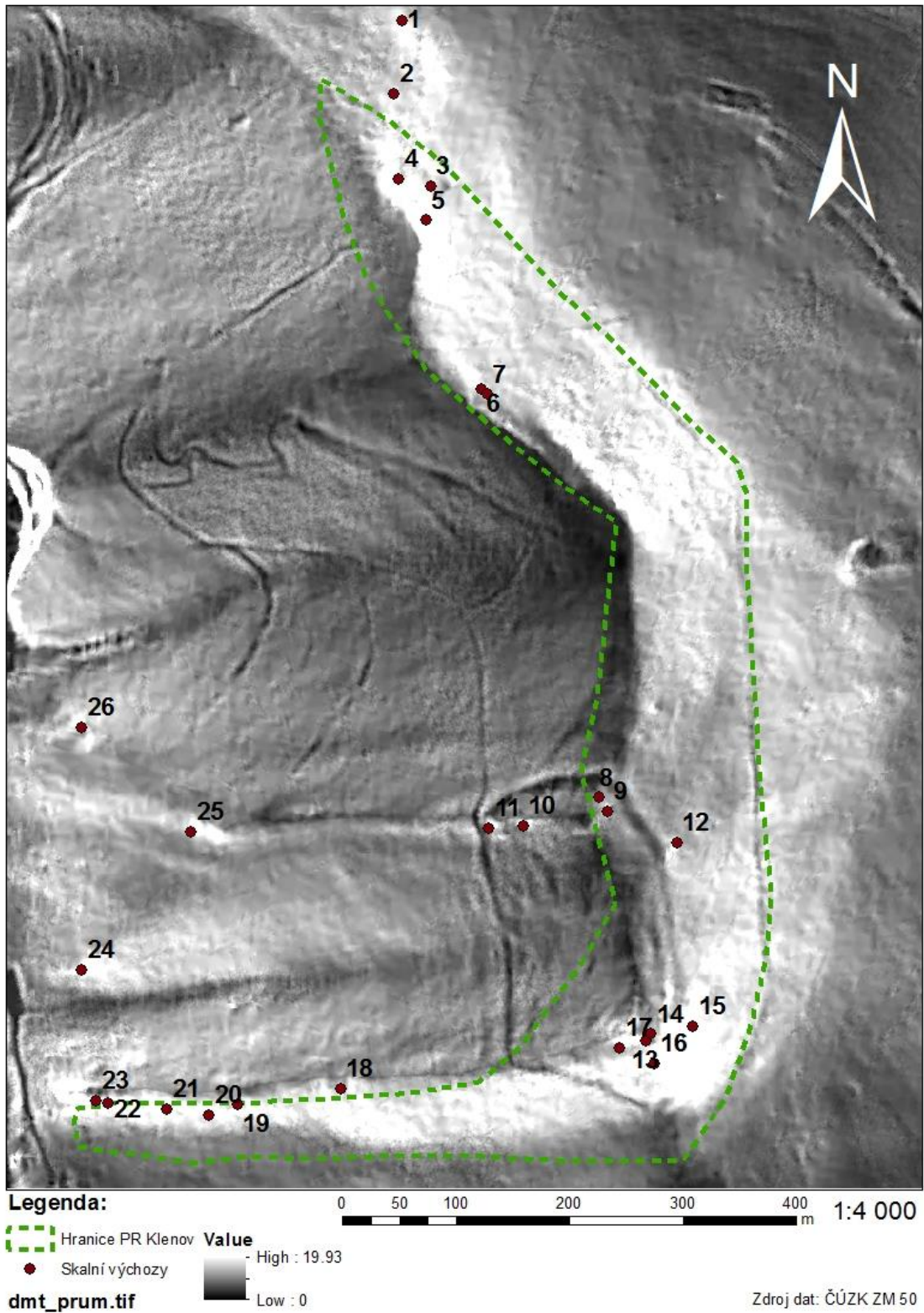
16.1. Mapové výstupy



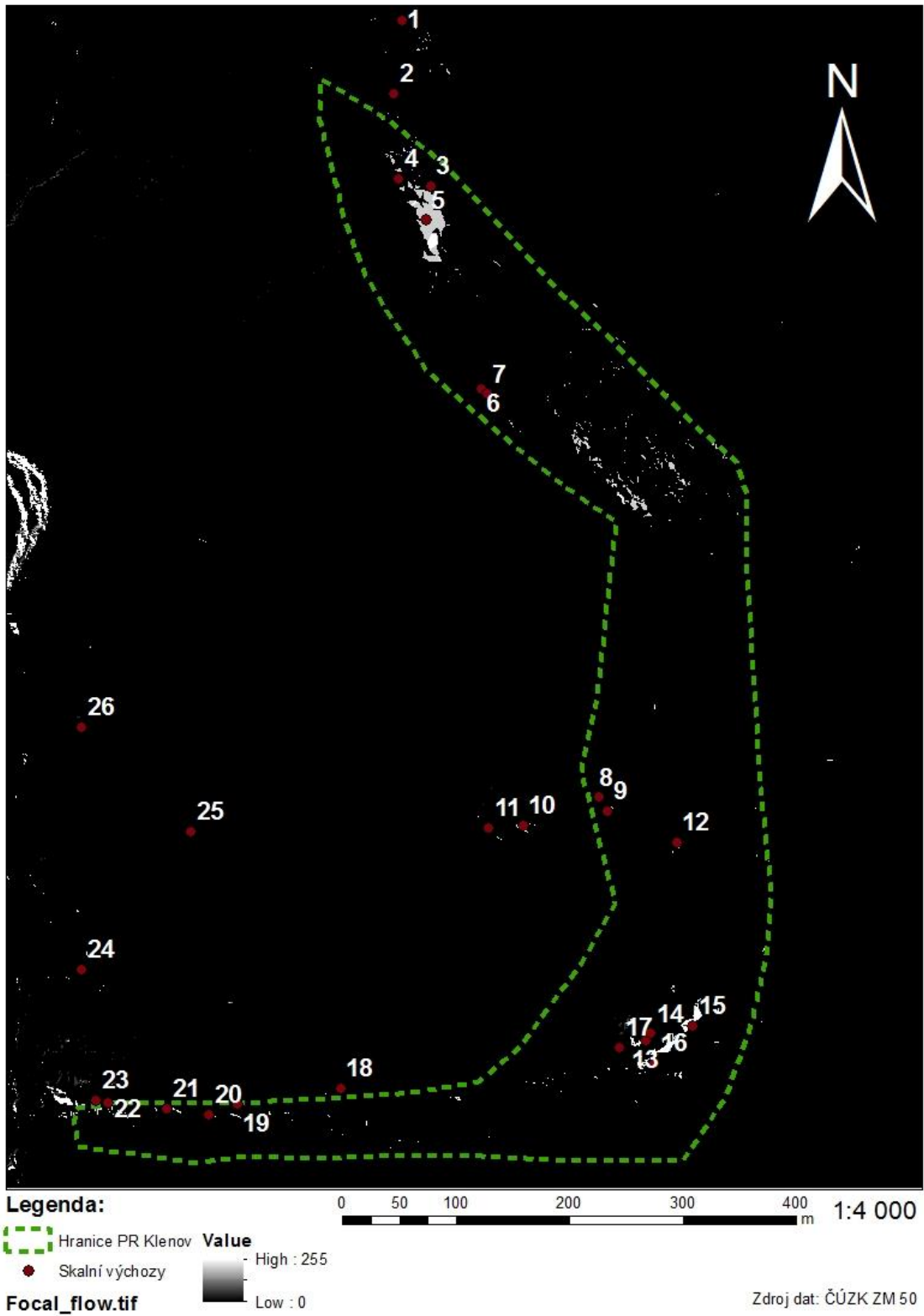
Obr. 11: Vylíšení skalních výchozů metodou Focal range, zdroj: ArcGIS 10.3., autor: David Stuchlík



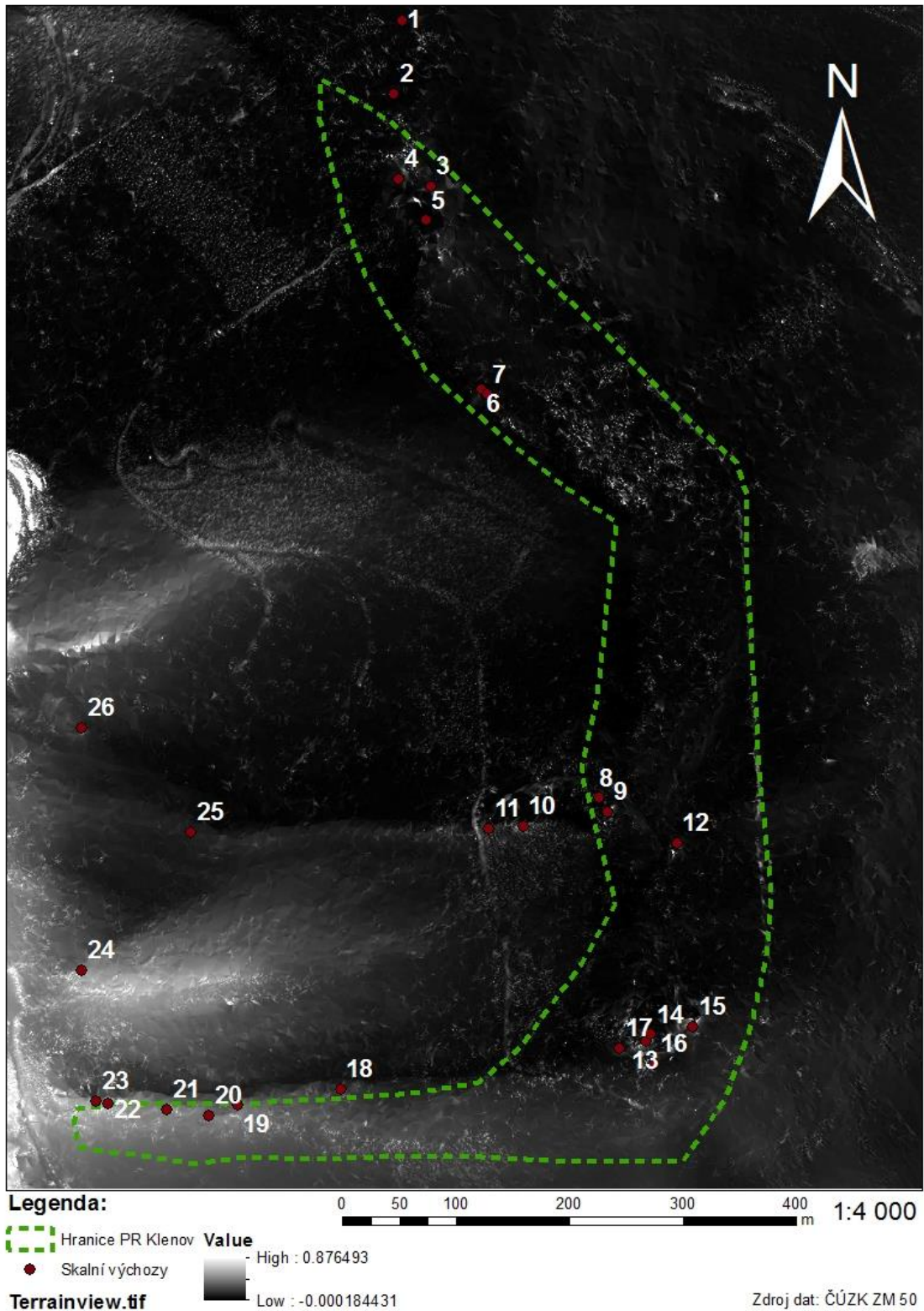
Obr. 12: Vylíšení skalních výchozů metodou Sky view, zdroj: ArcGIS 10.3., autor: David Stuchlík



Obr. 13: Vylíšení skalních výchozů metodou rozdílu mezi skutečným a vyhlazeným reliéfem – dmt-prum, zdroj: ArcGIS 10.3., autor: David Stuchlík



Obr. 14: Vylíšení skalních výchozů metodou Focal flow, zdroj: ArcGIS 10.3., autor: David Stuchlík



Obr. 15: Vylíšení skalních výchozů metodou Terrain view, zdroj: ArcGIS 10.3., autor: David Stuchlík

16.2. Seznam skalních útvarů na území PR Klenov

16.2.1. Skalní útvar č. 1

Souřadnice XY: -493002.9054 -1146022.97

Výška: 5,5 m

Jedná se o ojedinělý balvan se spodní převislou částí. Je umístěn ve svahu a je tedy odkryta jen jedna strana. Šířka 7 m.



Obr. 16: Skalní útvar č. 1, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.2. Skalní útvar č. 2

Souřadnice XY: -493009.7158 -1146087.872

Výška: 3,2 m

Ojedinělý balvan ve svahu s šířkou údolní strany 2 m.



Obr. 17: Skalní útvar č. 2, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.3. Skalní útvar č 3

Souřadnice XY: -492977.8451 -1146169.012

Výška: 10 m

Předskalí před následujícím skalním výchozem. Vytváří polici, na které se dá dojít k následujícímu skalnímu výchozu. Délka 30 m.



Obr. 18: Skalní útvar č. 4, Datum: 16.4.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.4. Skalní útvar č. 4

Souřadnice XY: začátek: -493005.7319 -1146162.482

konec a nejvyšší bod: -493009.3157 -1146147.141

Výška: 10 m

Dlouhý skalní výchoz s položenými až kolmými stěnami. Šířka údolní stěny je 18 m. Vrchol splývá se svahem.



Obr. 19: Skalní útvar č. 3, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.5. Skalní útvar č. 5

Souřadnice XY: začátek: -492982.8838 -1146189.441

nejvyšší bod: -492981.726 -1146199.411

konec: -492964.7515 -1146235.493

Výška: 15,1 m

Mohutný skalní výchoz s kolmými stěnami, místy až převislými. Obnažený je z jedné strany a vrchol splývá s hřebenem. Délka celého výchozu je 50 m.



Obr. 20: Skalní útvar č. 5, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.6. Skalní útvar č. 6

Souřadnice XY: -492933.1419 -1146348.817

Výška: 4,7 m

Skalní výchoz pod hřebenem. Odkrytý pouze z východní strany. Šířka 8 m.



Obr. 21: Skalní útvar č. 6, Datum: 16.4.2017, autor: David Stuchlik

16.2.7. Skalní útvar č. 7

Souřadnice XY: -492927.7132 -1146353.003

Výška: 5,3 m

Skalní útvar pod hřebenem. Ze všech stran obnažený. Šířka 5 m.



Obr. 22: Skalní útvar č. 7, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.8. Skalní útvar č. 8

Souřadnice XY: -492836.1686 -1146722.534

Výška: 2,5 m

Menší balvan z jedné strany zavalen zeminou. Šířka odkryté strany je 3 m.



Obr. 23: Skalní útvar č. 8, Datum: 16.4.2017, autor: David Stuchlik

16.2.9. Skalní útvar č. 9

Souřadnice XY: -492821.246 -1146721.355

Výška: 6,1 m

Skalní blok východně pod hřebenem s šířkou 12 m.



Obr. 24: Skalní útvar č. 9, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.10. Skalní útvar č. 10

Souřadnice XY: -492896.2865 -1146733.901

Výška: 3,5 m

Skalní převis západně od hřebene s šířkou 13 m.



Obr. 25: Skalní útvar č. 10, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.11. Skalní útvar č. 11

Souřadnice XY: -492925.9942 -1146735.925

Výška: 5,5 m

Skalní výchoz západně od hřebenu. Šířka údolní stěny 7 m.



Obr. 26: Skalní útvar č. 10, Datum: 16.4.2017, autor: David Stuchlík

16.2.12. Skalní útvar č. 12

Souřadnice XY: -492760.367 -1146748.865

Výška: 2,4 m

Skalní pás dlouhý 10 m. Nachází se ve svahu východně od hřebene.



Obr. 27: Skalní útvar č. 11, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.13. Skalní útvar č. 13

Souřadnice XY: -492787.9169 -1146923.563

Výška: 6,9 m

Skalní výchoz pod vrcholem Zámčisko s údolní stěnou širokou 7 m. Vrchol lehce dosažitelný ze severní strany.



Obr. 28: Skalní útvar č. 13, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.14. Skalní útvar č. 14

Souřadnice XY: -492783.2985 -1146917.481

Výška: 6,7 m

Skalní výchoz na vrchu Zámčisko, široký 6 m.



Obr. 29: Skalní útvar č. 14, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.15. Skalní útvar č. 15

Souřadnice XY: -492745.9963 -1146910.657

Výška: 13 m

Mrazový srub, 22 m dlouhý, východně od vrchu Zámčisko.



Obr. 30: Skalní útvar č. 15, Datum: 2001-2017, Autor: Zdeněk Podešva

16.2.16. Skalní útvar č. 16

Souřadnice XY: -492780.1498 -1146943.856

Výška: 7,8 m

Skalní výchoz v kamenitém svahu, jižně od vrchu Zámčisko, široký 5 m. Vrchol splývá se svahem.



Obr. 31: Skalní útvar č. 16, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.17. Skalní útvar č. 17

Souřadnice XY: -492810.5997 -1146929.795

Výška: 9,3 m

Skalní pás, dlouhý 15 m, západně od vrchu Zámčisko.



Obr. 32: Skalní útvar č. 17, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.18. Skalní útvar č. 18

Souřadnice XY: -492810.5997 -1146929.795

Výška: 4,4 m

Skalní útvar, široký 5 m, nacházející se na hřebení západně od vrchu Zámčisko.



Obr. 33: Skalní útvar č. 18, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlik

16.2.19. Skalní útvar č. 19

Souřadnice XY: -493057.2625 -1146965.835

Výška: 4,5 m

Skalní blok na hřebeni západně od vrchu Zámčisko. Šířka 5 m.



Obr. 34: Skalní útvar č. 19, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlik

16.2.20. Skalní útvar č. 20

Souřadnice XY: -493148.0597 -1146979.801

Výška: 5,3 m

Převislý, skalní pás, 10 m dlouhý.



Obr. 35: Skalní útvar č. 20, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlik

16.2.21. Skalní útvar č. 21

Souřadnice XY: -493173.024 -1146989.169

Výška: 5,3 m

Skalní výchoz, ze severní strany dostupný. Délka 12 m.



Obr. 36: Skalní útvar č. 21, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.22. Skalní útvar č. 22

Souřadnice XY: -493261.9081 -1146979.113

Výška: 15,2 m

Vysoká skalní věž, s kolmými až převislými stěnami na konci hřebene. Šířka jižní stěny 15 m. Nazývána též Komín.



Obr. 37: Skalní útvar č. 22, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.23. Skalní útvar č. 23

Souřadnice XY: -493268.5118 -1146964.862

Výška: 7,7 m

Menší věž na hřebeni za věží Komín s kolmou jižní stěnou a šířkou 6 m.



Obr. 38: Skalní útvar č. 23, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlik

16.2.24. Skalní útvar č. 24

Souřadnice XY: -493292.742 -1146852.783

Výška: 8,1 m

Ojedinělý, z jedné strany odkrytý a převislý, kamenný blok. Šířka 12 m.



Obr. 39: Skalní útvar č. 24, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík

16.2.25. Skalní útvar č. 25

Souřadnice XY: -493210.8989 -1146752.521

Výška: 12 m

Vícero kamenných bloků nakupeno na sebe.



Obr. 40: Skalní útvar č. 25, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlik

16.2.26. Skalní útvar č. 26

Souřadnice XY: -493295.6078 -1146632.924

Výška: 6,5 m

Skalní stěna dosahující délky 20 m.



Obr. 41: Skalní útvar č. 26, Datum: 18.3.2017, Autor: David Stuchlík