

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Bc. Jan DOLEŽAL

POKROČILÉ ANALÝZY VIDITELNOSTI

Magisterská práce

Vedoucí práce: Mgr. Jana SVOBODOVÁ, Ph.D.

Olomouc 2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Jany Svobodové, Ph.D.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 23. dubna 2012

Děkuji své vedoucí práce Mgr. Janě Svobodové, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a přímení: **Bc. Jan DOLEŽAL**
Osobní číslo: **R100119**
Studijní program: **N1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika**
Název tématu: **Pokročilé analýzy viditelnosti**
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Hlavním cílem práce je sestavení algoritmu (nástroje) pro vyhledávání tras s nejlepším/nejhorším rozhledem do okolí. Součástí algoritmu bude možnost použití různých omezení (např. vedení tras pouze po cestách). V rámci diplomové práce bude výsledný nástroj použit na vybraném území pro zhodnocení již existujících liniových tras (např. turistických tras, silniční sítě). Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI (2010). Na závěr diplomové práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

ArcGIS Resource Center: Web-based help [online]. Dostupné z www:
<<http://resources.arcgis.com/content/web-based-help>> Caldwell, D. R. (2003): **Analysis and Visualization of Visibility Surfaces. Geocomputation, 11 s.** Mineter, M. J. (2003): **High-throughput Computing to Enhance Intervisibility Analysis. Geocomputation, 10 s.** Popelka, S. (2010): **Analýzy viditelnosti a jejich vizualizace, Diplomová práce, Katedra geoinformatiky, PřF, Univerzita Palackého v Olomouci, 65 s.** Voženílek, V. (2002): **Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.**

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Jana SVOBODOVÁ, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: **13. června 2010**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2012**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 13. června 2010

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	X
ÚVOD	X
1 CÍLE PRÁCE.....	8
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	9
2.1 Použitá data	9
2.2 Použité programy	10
2.3 Postup zpracování	10
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
3.1 Analýzy viditelnosti	12
3.2 Pokročilé metody výpočtu.....	12
3.2.1 Descriptive Metrics.....	14
3.2.2 Tactical Decision Aids.....	15
4 VÝPOČET TRAS S VÝHLEDEM DO OKOLÍ.....	17
4.1 Teoretické základy výpočtu	17
4.2 Zájmové území.....	17
4.3 Rastr kumulovaných viditelností.....	20
4.4 Trasa s největším či nejmenším rozhledem do okolí	23
4.5 Jiné analýzy charakteristik území	25
4.5.1 Sklon kumulovaných viditelností	25
4.5.2 Viditelné procento z území	25
5 HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH TRAS	27
5.1 Teoretické základy hodnocení.....	27
5.2 Zájmové území.....	27
5.3 Příprava digitálních modelů terénu	28
5.4 Hodnocené trasy.....	29
5.5 Výpočet hodnocení.....	31
5.6 Viditelnost bodů zájmu	33
6 VÝSLEDKY	35
6.1 Trasa s největším nebo nejmenším rozhledem do okolí	35
6.2 Hodnocení existujících tras	36
7 DISKUZE	37
8 ZÁVĚR	39
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SUMMARY	
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AGS	ArcGIS Server
ANUDEM	Australian National University Digital Elevation Model
API	Application programming interface
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CID	Complete Intervisibility Database
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMÚ 25	Digitální model území 1:25 000
KML	Keyhole Markup Language
KMZ	zipped Keyhole Markup Language
LVP	Least Visible Path
MVP	Most Visible Path
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission

ÚVOD

Analýzy viditelnosti jsou jednou ze základních geoinformačních analýz. Jejich užitečnost spočívá v identifikaci míst, která jsou viditelná z určitého bodu. Používají se v případech, kdy je potřeba určit lokality, které jsou v přímém viditelném dosahu nebo naopak tehdy, když se vybírá nová, nejlepší pozice, ze které je dostupná největší či zájmová oblast. Pokud je ale potřeba provést analýzu viditelnosti v rámci nějaké trasy, nebo určit nejvhodnější trasu, je nutné se k celé problematice postavit odlišným způsobem.

Analýzy viditelnosti mají dnes využití v oblastech stavebnictví či telekomunikací. Jedná se většinou o vytipování vhodných míst pro rozhlednu nebo vysílač a s tím spojené určení oblastí, které jsou viditelné, nebo jsou v dosahu vysílače. Méně častou analýzou je určení viditelnosti z trasy. Ve vojenství se tato analýza používá již dlouhou dobu při plánování přesunů vojsk. S rozvojem geografických informačních systémů se ale objevují další oblasti, kde najdou uplatnění analýzy viditelnosti z tras.

Jednou z nich může být cestovní ruch. Z mapy nyní nelze jednoduše zjistit, co všechno je a není vidět. Hezký výhled je přitom častým cílem výletů a pochodů. V této oblasti jistě nemají analýzy viditelnosti svůj potenciál využitý.

Ambicí této magisterské práce je odhalení nových možností využití analýz viditelnosti, které by se daly použít k rozvoji například cestovního ruchu, ale i v jiných oblastech lidské činnosti.

1 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této magisterské práce je sestavení postupu pro vyhledání tras s nejlepším či nejhorším rozhledem do okolí. K této problematice přistupuje každý řešitelský tým odlišně. Proto je nutné vybrat a přizpůsobit takový postup, který je v našem prostředí aplikovatelný.

Tato část práce se nezabývá pouze vyhledáním trasy s nejlepším a nejhorším rozhledem do okolí. Analýzy viditelnosti lze využít i pro popis charakteristik dané lokality, jejichž popis je další, vedlejší cíl této práce.

Druhým hlavním cílem je zhodnocení již existujících liniových tras na vybraném území. Těmito trasami mohou být turistické stezky, cyklotrasy nebo silniční síť. Pro tyto trasy bude určeno území, které je z nich viditelné. V území budou označeny různé body zájmu a bude možné identifikovat ty, které jsou z dané trasy viditelné. Pokud budeme chtít výhled na určitý bod zájmu, opět bude možné určit nejlepší trasu, po které se vydat.

Informace o veškerých nových datových sadách vytvořených v průběhu práce budou zadány do Metainformačního systému katedry geoinformatiky. Veškeré výstupy a zdrojová data budou přiloženy v digitální podobě na DVD. Dále bude vytvořena webová stránka prezentující tuto magisterskou práci a jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Použitá data

Správnost výsledku analýz viditelnosti závisí z největší části na vstupních výškových datech. S rostoucí kvalitou dat roste i kvalita výsledků, ale také časová náročnost celého výpočtu, v určitých případech i velikost potřebného úložného prostoru. Proto je nezbytné ujasnit si, jak přesný výsledek očekáváme, s jakým hardwarovým vybavením budeme pracovat a jaké množství času chceme výpočtu věnovat.

Pro první část této práce byl zvolen digitální model terénu pocházející z mise Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ve verzi 4. Consortium for Spatial Information (2011) udává, že mise SRTM byla hlavním cílem letu STS-99 (Space Transportation System), který podnikl raketoplán Endeavour v únoru 2000. Cílem mise bylo pořízení výškových dat pro území mezi šedesátou severní rovnoběžkou a padesátou šestou jižní rovnoběžkou. Měření probíhalo pomocí speciálně upraveného radarového systému, který byl umístěn ve zmíněném raketoplánu.

Čtvrtá verze SRTM se od předchozích verzí liší především vylepšenými interpolačními metodami odstraňování prázdných míst, která vznikla při sběru dat z raketoplánu. Nová metoda spojuje dohromady několik interpolačních algoritmů. Reuter (2007) se problematikou interpolace prázdných míst v SRTM datech zabývá podrobněji, avšak obecně byly použity metody Kriging, Spline, Trend, Inverse Distance Weighting, Moving Windows Average, Fill and Feather, Triangulated Irregular Network a ANUDEM. Metody a jejich kombinace byly nasazovány v závislosti na velikosti a povaze prázdných míst.

Data SRTM byla pořízena v rozlišení jedné úhlové vteřiny, což odpovídá prostorovému rozlišení přibližně 30 m na rovníku. V této podobě jsou data dostupná pro území Spojených států amerických. Pro zbytek světa jsou data volně dostupná v rozlišení tří úhlových minut, což na rovníku odpovídá přibližně 90 m. Výšková chyba dat je menší než 16 m. Data lze stáhnout po dlaždicích o velikosti 5×5 stupňů ve formátech ArcInfo ASCII a GeoTiff.

Pro testovací území v okolí Lysé hory nebyl použit hotový digitální model terénu, ale byl interpolován nový. Zdrojem výškových dat byla datová sada DMÚ 25 (Digitální model území), konkrétně liniová třída prvků vrstevnic o základním intervalu vrstevnic 5 m.

Data o výšce lesa, zástavbě a výšce výrazných staveb byla získána digitalizací nad leteckými snímky poskytovanými Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním. Snímky jsou aktuální k roku 2009 a mají prostorové rozlišení 50 cm. Pro malou jihovýchodní část zájmového území, která spadá do Slovenské republiky, bylo nutné použít satelitní snímky, jejichž poskytovatelem je i-cubed. Ty mají prostorové rozlišení 15 m a jsou aktuální k roku 2000.

Digitalizace lesa a blokové zástavby probíhala nad měřítkem 1:20 000. Třídě prvků lesa byla přiřazena konstantní výška lesa 18 m a blokové zástavbě 12 m. Výškově významné objekty byly digitalizovány zvláště nad měřítkem 1:2000. Jednalo se v naprosté většině případů o věže kostelů. Jejich výšky ale nebylo možné vždy přesně dohledat, proto byla všem přiřazena výška 30 m.

Hodnocené turistické trasy a cyklotrasy vznikly také digitalizací. V tomto případě byla použita Základní mapa České republiky v měřítku 1:10 000, poskytovaná přes službu ArcGIS Online Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním.

Poslední datovou sadou získanou pro tuto práci byly body zájmu. Ty byly staženy ze stránek poi.cz. Staženy byly třídy prvků kaplí, klášterů, kostelů, přehrad, rozhleden, turistických známek, vrcholů, zámků a zřícenin.

2.2 Použité programy

Pro zpracování naprosté většiny dat byl použit produkt ArcGIS Desktop 10. Pro práci s rastrovými daty je nutné mít i rozšíření Spatial Analyst. Jedná se o nástroj, který umí pracovat s analýzami viditelnosti. ArcGIS patří k nejrozšířenějším geografickým informačním systémům na světě a obsahuje pokročilé nástroje pro práci s rastry. V koncové fázi práce byly exportované KMZ soubory upravovány v programu Google Earth a následně exportovány do výsledných KML souborů.

2.3 Postup zpracování

První část práce se zabývala zejména vyhledáním trasy s největším či nejmenším rozhledem do okolí. Pro tento výpočet je naprosto nezbytné vytvořit rastr kumulovaných viditelností (cumulative visibility raster). Jeho výpočet je časově velmi náročný a ve výsledku trval 1 800 hodin. Takto dlouhý výpočet nebylo možné provést na jednom počítači. Bylo nutné přistoupit k rozdělení úlohy na menší části. Bylo provedeno několik testovacích výpočtů, jejichž cílem bylo určení takového množství vstupních dat, aby

jeden výpočet trval přibližně 11 hodin. Následně byly jednotlivé výpočty spouštěny přes noc v učebně na Katedře geoinformatiky.

V ideálním případě probíhá ukládání výsledného viewshedu pro každý bod rastru. To ovšem v podmínkách, které byly k dispozici, nebylo možné. Objem výsledných dat by byl v řádech TB. Takové množství dat nebylo možné uchovávat a také by bylo náročné takový objem zpracovávat. Z tohoto důvodu nebyly ukládány viewshedy pro každý jednotlivý bod, ale pro větší počet bodů.

V rámci první části této magisterské práce byl vytvořen rastr kumulovaných viditelností pro území ostrova Mallorca. Autor hledal území, pro které byla dostupná výšková data a zároveň bylo přirozeně ohraničené. Ostrov byl zvolen právě z tohoto důvodu, protože je přirozeně ohraničený mořem. Mallorca má vhodnou rozlohu a výškovou členitost. Nacházejí se zde i vrcholky s výškou více než 1 400 m n. m. Digitální model terénu byl vytvořen ve dvou variantách. První z nich zahrnovala do výpočtu i oblasti moře. Druhá brala v úvahu pouze pixly, kde se nacházela souš. Důvodem bylo porovnání výsledků a zjištění vlivu moře na výsledek.

Ve druhé části práce, kde se hodnotily již existující trasy, bylo vhodné pracovat s podrobnějším digitálním modelem terénu a také přesunout zájmové území do České republiky. Výsledky hodnocení tras se díky tomu daly vztáhnout na obecně známé lokality. Bylo zvoleno území v okolí Lysé hory.

Zdrojem výškových dat byly v tomto případě vrstevnice, ze kterých bylo nutné interpolovat digitální model terénu. Jako interpolační metoda byla zvolena funkce Topo to Raster. Podle manuálu Esri Desktop Help je funkce Topo to Raster interpolační metoda navržená speciálně pro tvorbu hydrologicky správných digitálních modelů terénu. Je založena na algoritmu, který používá program ANUDEM. Topo to Raster zajišťuje, že výsledný digitální model terénu bude správně reprezentovat hřbety a vodní toky a také celou odtokovou strukturu.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Analýzy viditelnosti jsou ve svém základu poměrně jednoduchou a nenáročnou analýzou. Rozšířenými možnostmi těchto analýz se ale mnoho odborníků nezabývá. Je to způsobeno velmi vysokou náročností na výpočetní výkon a úložný prostor. Tyto omezující faktory nedovolují mnoha výzkumným ústavům zabývat se problematikou pokročilých analýz viditelnosti nebo výpočtem trasy s největším nebo nejmenším výhledem do okolí.

3.1 Analýzy viditelnosti

Zjištění, zda je jeden bod viditelný z bodu jiného a výpočet viditelné oblasti je podle Kima (2004) jednou ze základních analytických funkcí geografických informačních systémů.

Analýzami viditelnosti se na Univerzitě Palackého zabýval Popelka (2010). Ve své diplomové práci se zabýval jejich základními možnostmi a nástroji. Na území ORP Olomouc vytipoval nová území pro rozhledny. Z těchto a dalších míst vyšetřoval viditelnost do okolí. Nově vytipované vyhlídky měly tři různé výškové parametry, a tím pádem i různé výsledky viditelnosti. Zájmové území bylo vymodelováno velmi podrobně, včetně zástavby a zeleně, která zahrnovala i aleje a velmi podrobné jevy. Zároveň byla hodnocena i funkcionality různých aplikací pro výpočet viditelnosti.

3.2 Pokročilé metody výpočtu

Problematiku viditelností povrchu poprvé nastínil ve své disertační práci Clark K. Ray (1994). Všimá si možností, které takové analýzy mohou do budoucnosti mít, a také správně identifikuje problém s exponenciálně rostoucí složitostí výpočtů při zvětšujícím se území a rostoucí podrobností vstupního rastru.

Jedním z výzkumných týmů, které se zabývaly problematikou výpočtu trasy s největším či nejmenším rozhledem do okolí, byl tým okolo D. R. Caldwell. Ten popsal v roce 2003 postup, kterým lze charakterizovat území z hlediska viditelnosti. V rámci své práce mimo jiné definoval nové pojmy a rozdělení pokročilých analýz viditelnosti.

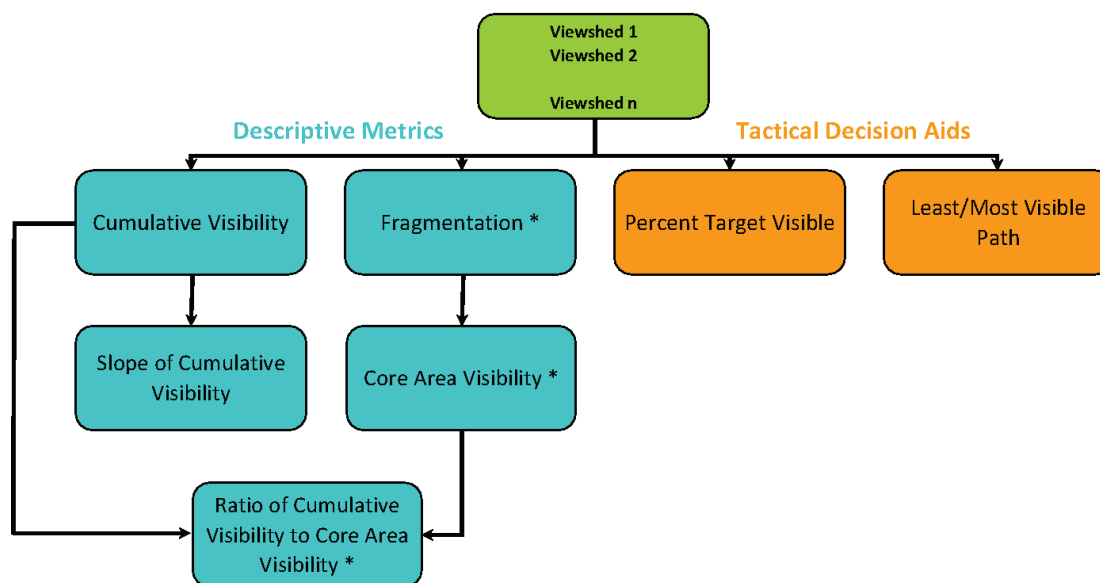
Prvním krokem je výpočet viditelnosti pro každý bod vstupního digitálního modelu terénu. Počet těchto viditelností je samozřejmě závislý na velikosti území a prostorovém rozlišení digitálního modelu terénu. V případě velkých počtů viditelností je velmi komplikované uchovávat je bez struktury. Velmi špatně se totiž na ně zpětně odkazuje a

dotazuje. Pro zrychlení a zefektivnění těchto činností je vhodné všechny vypočítané viditelnosti ukládat do nějaké struktury. Caldwell (2003) proto zavádí pojem Complete Intervisibility Database (CID).

CID uchovává informace o viditelnosti z každého bodu digitálního modelu terénu. Výsledkem jsou informace, které charakterizují viditelnost pro celé zájmové území. Je vhodné tuto databázi napočítat zvlášť a předem, protože poté zjednodušuje získávání vstupních dat pro navazující charakteristiky reliéfu. Strukturou a návrhem CID se podrobněji zabývá Mineter (2003). Jedná se o pokročilou databázi, do které se najednou připojuje více klientů s požadavky. Celá databáze tedy pracuje na UNIX systémech a klienti s Esri ArcGIS se do ní připojují vzdáleně. Kidner (1997) se zabývá výpočtem rastru kumulovaných viditelností pomocí paralelních výpočtů.

V podmínkách, které byly k dispozici, ale nebylo možné CID vytvořit. I přes nepopiratelné výhody v podobě rychlejšího přístupu k jednotlivým viditelnostem je tato databáze stále příliš objemná a nebylo technicky možné ji uchovávat. Třebaže díky tomu nebylo možné vypočítat některé charakteristiky území, které Caldwell popisuje, hlavní cíl této práce ale CID nezbytně nevyžaduje.

Caldwell (2003) rozděluje navazující analýzy charakteristik území do dvou skupin (viz obr. 1.). První skupinou jsou tzv. Descriptive metric products, které poskytují základní viditelnostní charakteristiky reliéfu. Jsou jimi Cumulative visibility, Slope of cumulative visibility, Fragmentation, Core Area Visibility a Ratio of Cumulative Visibility to Core Area Visibility. Druhou skupinou jsou tzv. Tactical Decision Aids, jejímiž výsledky jsou produkty pro rozhodovací činnost. Konkrétními analýzami jsou Percent Target Visible a Least/Most Visible Path.



Obr. 1. Rozdělení pokročilých analýz viditelnosti podle Caldwell (analýzy označené hvězdičkou vyžadují CID).

3.2.1 Descriptive Metrics

Cumulative visibility

Rastr kumulovaných viditelností je jednoduše součet všech viditelností dohromady. To znamená, že teoreticky může nabývat hodnot od 0 do celkového počtu pixelů v rastru. Hodnoty mohou být uvedeny absolutně, nebo relativně v procentech. Čím vyšší hodnotu pixel nabývá, tím má vyšší viditelnost. Kumulovaná viditelnost je užitečná pro rychlé identifikování míst s vysokou a nízkou viditelností do okolí. Tento rastr je také nezbytný pro výpočet některých dalších charakteristik, včetně výpočtu trasy s největším nebo nejmenším rozhledem do okolí.

Slope of cumulative visibility

Sklon kumulovaných viditelností lze využít jako identifikátor ostrých změn v míře viditelnosti. Vstupním rastrem pro výpočet je rastr kumulovaných viditelností. Čím vyšší hodnotu pixel nabývá, tím ostřejší změna v míře viditelnosti v tomto místě nastává.

Fragmentation

Fragmentace udává počet spojených oblastí, které jsou viditelné z daného bodu. Hodnota 1 by znamenala, že existuje pouze jedna oblast, která je celá spojená. Čím vyšší hodnotu pixel nabývá, tím jsou spojené viditelnosti roztržštěnější. Tato hodnota udává stupeň spojitosti viditelností. Území s mnoha hřebeny by mělo teoreticky mít vyšší hodnoty. K výpočtu této veličiny je nutný CID.

Core Area Visibility

Viditelnost jádrové oblasti značí, kolik je vidět regionů z fragmentace. Čím vyšší hodnotu pixel nabývá, tím je vidět větší území. Teoreticky rozsáhlá rovinná území, jako např. vodní plochy nebo nížiny, by měla mít vyšší hodnoty. Vstupním rastrem pro výpočet je rastr fragmentace.

Ratio of Cumulative visibility to Core Area Visibility

Poměr kumulované viditelnosti k viditelnosti jádrové oblasti je vypočítán jako podíl rastru kumulovaných viditelností k rastru viditelné jádrové oblasti. Tato hodnota udává informaci o vztahu těchto dvou hodnot. Ploché oblasti by měly mít nižší hodnoty a členité oblasti by měly mít významně vyšší hodnoty.

3.2.2 Tactical Decision Aids

Percent Target Visible

Viditelné procento z území ukazuje procento území, které je z daného bodu viditelné. Tato informace je užitečná pro identifikaci vhodných vyhlídkových míst, ze kterých je vidět dané území. Tato analýza je stěžejní v druhé část této práce, kde jsou hodnoceny existující trasy z hlediska viditelnosti.

Least/Most Visible Path

Výpočet trasy s největším (MVP) či nejmenším (LVP) rozhledem do okolí je hlavním cílem první části této práce. Protože je tato analýza zřejmě nejužitečnější analýzou spojenou s viditelností, zabývá se jí spousta autorů a výzkumných týmů. Každý z autorů přistupuje k výpočtu odlišným způsobem.

Jedním z prvních, kdo se touto problematikou zabýval, byl Richbourg (1995). Výpočty nejméně viditelné trasy používá k vojenským účelům. Spojuje poznatky z vojenské taktiky a geoinformačních analýz. Kromě vhodných tras pro přesun vojsk touto metodou také vyhledává vhodná obranná místa.

Caldwell (2003) generuje LVP a MVP z předem vypočítaného rastru kumulovaných viditelností. Tento rastr vstupuje do výpočtu jako nákladový rastr. V případě výpočtu MVP jsou vyšší hodnoty „lepší“ a trasa v ideálním případě prochází přes pixely s nejvyšší hodnotou. V případě LVP jsou „nejlepší“ pixely s nízkými hodnotami. Tato metoda má výhodu v tom, že rastr kumulovaných viditelností může být kombinován s jinými nákladovými povrchy, např. sklon svahu, vegetační pokryv nebo síť komunikací.

Lu (2008) vytvořil odlišnou metodu výpočtu LVP. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že použil planární vzdálenost místo prostorové vzdálenosti. Prostorová vzdálenost uvažuje vzdálenost pouze ve dvou rozměrech. Ignoruje změny v nadmořské výšce. Naopak planární vzdálenost nadmořské výšky bere v úvahu. Tato metoda obecně generuje kratší a kvalitnější (méně viditelnou) LVP. Výpočet trasy touto metodou však trvá déle. Lu v závěru hodnotí svoji i Caldwellovu metodu jako dobré a každá z nich se hodí pro rozdílné situace.

4 VÝPOČET TRAS S VÝHLEDEM DO OKOLÍ

V první polovině této práce byl modifikován postup podle Caldwell (2003) a napodoben v podmínkách, které byly k dispozici na Katedře geoinformatiky. Hlavním cílem byl výpočet trasy s největším, respektive nejmenším rozhledem do okolí.

4.1 Teoretické základy výpočtu

Jako první krok k celkovému popisu viditelnostních charakteristik území uvádí Caldwell (2003) přípravu CID, která zjednodušuje následné analýzy. Podrobný popis a přípravu této databáze rozpracoval Mineter (2003). Záhy se ukázalo, že zabývat se programovou přípravou této databáze nemá význam, protože podobnou databázi stejně nebylo možné uchovávat z důvodu jejího velkého objemu a absence nástroje, který by s ní dokázal pracovat. Svým rozsahem by tvorba podobné databáze odpovídala další diplomové práci.

Esri ArcGIS dokáže provádět výpočet viditelnosti Viewshed pro větší množství vstupních bodů a výsledky sečte dohromady. Pokud by do funkce vstupovalo pouze jediné stanoviště pozorovatele, výsledný rastr viditelnosti by nabýval pouze hodnot 0 a 1. Hodnotu 0 mají oblasti, které nejsou viditelné, a 1 oblasti, které vidět jsou. Pokud do funkce vstupuje x vstupních bodů, ze kterých se viditelnost vyšetřuje, potom výsledek nabývá hodnoty 0 až x . Tato vlastnost má tu výhodu, že analýzy není potřeba dávkovat přes metodu Batch, ani připravovat skript, který by dávky zadával automaticky. Výpočet viewshedů tedy probíhal vždy zadáním většího množství vstupních pozorovacích bodů a CID nebyla vytvářena.

4.2 Zájmové území

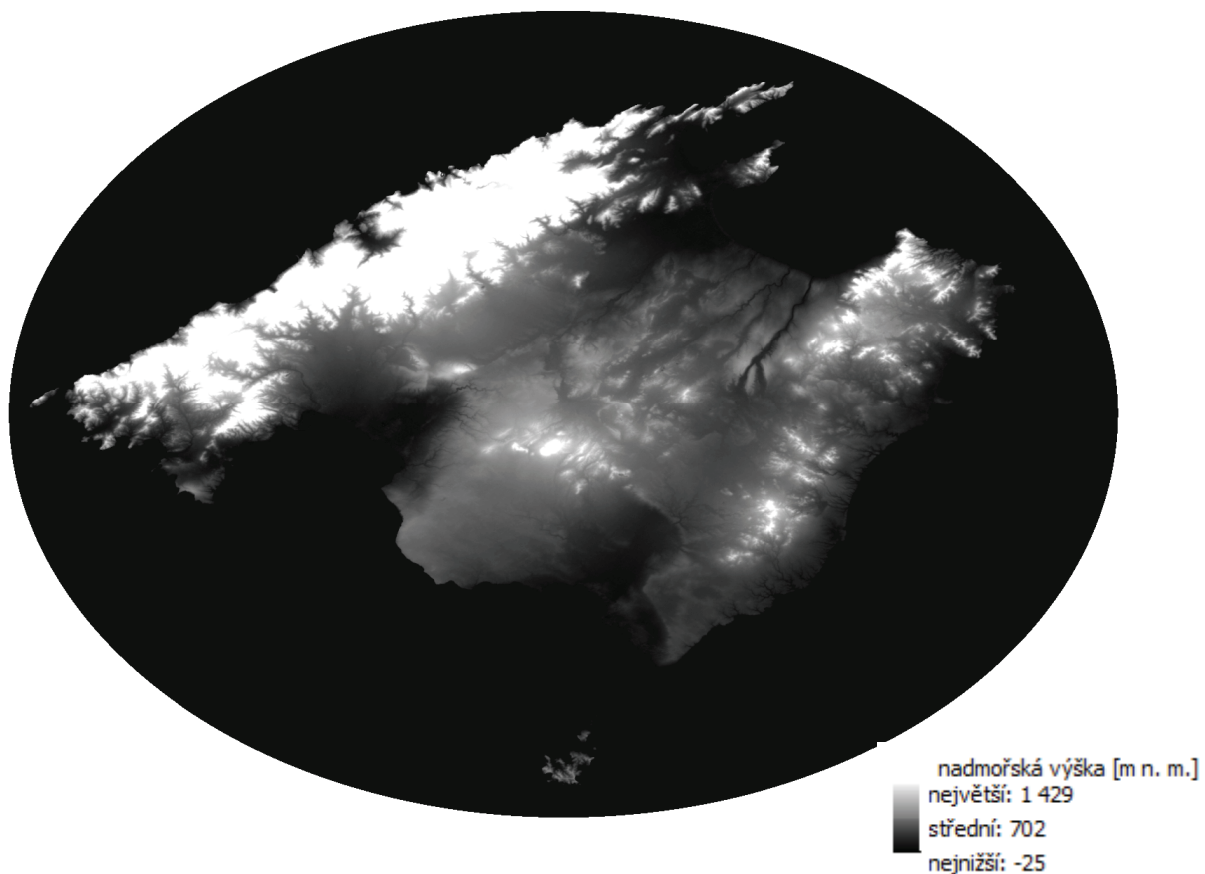
Výběr území byl závislý na přírodních poměrech, rozloze území a také na dostupných výškových datech. Bylo žádoucí, aby zájmové území bylo dostatečně členité, aby se v něm nacházely vysoké kopce, rovinatější oblasti, údolí a hřbety. Zároveň bylo vhodné, aby celé území bylo přírodně ucelené a oddělené od okolí. Na krajích území totiž v průběhu analýz vznikají chyby. To je způsobeno tím, že na krajní pixly má mnohem větší vliv i území mimo zájmovou oblast, než na pixly uprostřed. Proto je vhodné nemít na krajích zájmového území žádné podstatné přírodní jevy. I kdyby se tam nacházel například výrazný vrchol, hodnota jeho viditelnosti nemusí být dostatečně vysoká, aby vynikl, protože je vidět pouze z jedné strany.

Hledalo se také území, které je dostatečně velké, a na kterém se nacházejí zajímavé lokality. S velikostí území také souvisí kvalita a dostupnost výškových dat. Zprvu se uvažovalo o velké části České republiky s relativně velkým prostorovým rozlišením pixlu digitálního modelu terénu. Od tohoto záměru se ale ustoupilo. Kvalita výsledku by hrubým prostorovým rozlišením zbytečně klesla a to by bylo pro obecně známé lokality škoda. S podrobnějším, ale menším územím se počítalo do druhé části práce, kde se měly hodnotit stávající trasy.

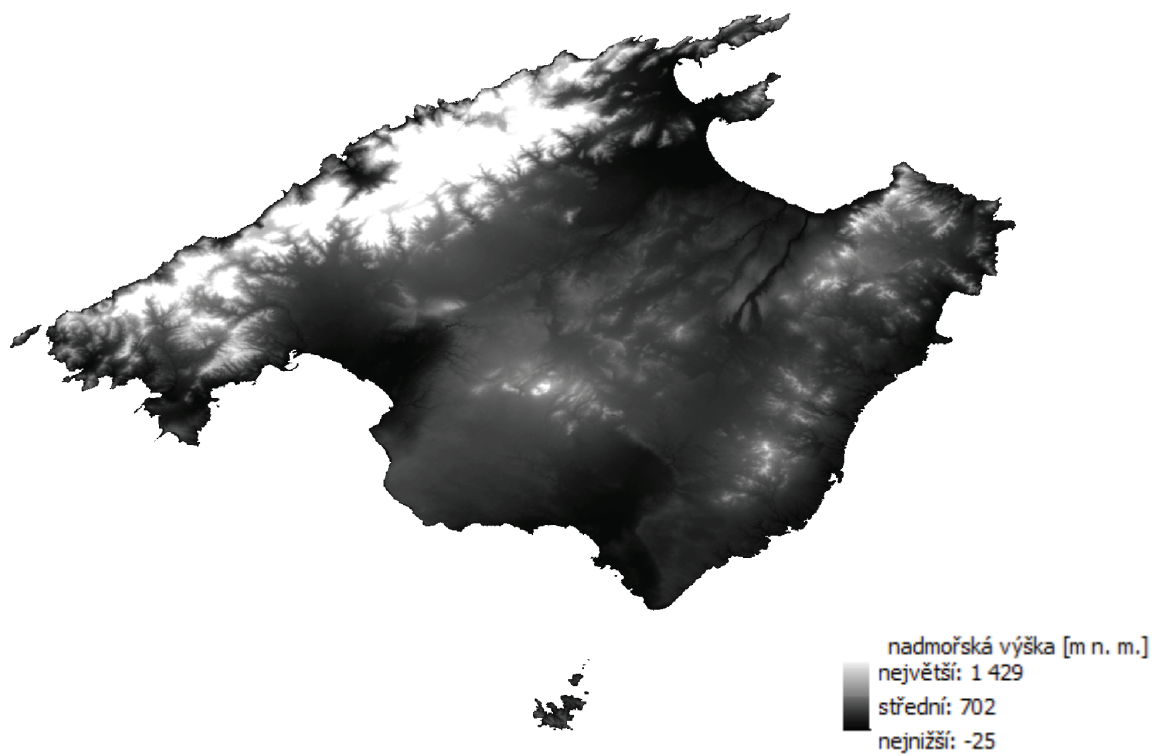
Místo toho bylo rozhodnuto, že zájmovým územím pro první část této práce bude ostrov Mallorca a jeho blízké okolí. Důvodem pro výběr byl fakt, že je přirozeně ohraničená mořem, nachází se zde vysoké hory, údolí a území je značně členité.

Zdrojem výškových dat se stal již hotový digitální model terénu pocházející ze SRTM mise. Prostorové rozlišení rastru je v oblasti zájmu přibližně 70 m. Hodnota pro tuto datovou sadu není pro celé území jednotná, protože se data pořizovala v rozlišení úhlových vteřin. Absolutní délka se potom v různých oblastech Země mění. Data jsou dostupná ve verzi 4, kde jsou prázdná místa interpolována novými, pokročilejšími metodami.

Zájmové území se nacházelo na listech 37_04 a 37_05. Proběhlo spojení těchto dvou listů a výběr testovací oblasti. Celá oblast má rozlohu 9 031 km² a souš 3 461 km². Rastr má přibližně 1,4 milionů pixelů. Souš zahrnuje trvale obydlený ostrov Mallorca, sezónně obydlený ostrov Cabrera a několik neobydlených skalnatých ostrovů. Nejvyšším bodem území je vrchol Puig Major s výškou 1 445 m, který se nachází v severozápadní části ostrova. Vzdálenost jeho vrcholu od hladiny moře je vzdušnou čarou necelé 4 km.



Obr. 2. Vstupní digitální model terénu uvažující moře.

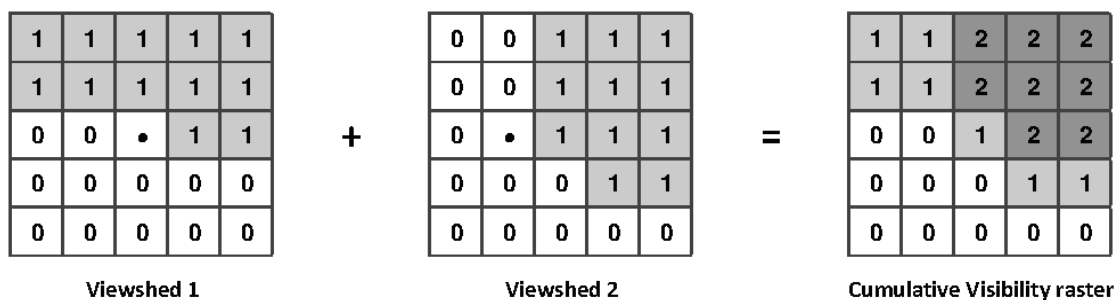


Obr. 3. Vstupní digitální model terénu bez pixlů moře.

4.3 Rastr kumulovaných viditelností

Prvním krokem pro nalezení trasy s největším nebo nejmenším rozhledem do okolí je výpočet rastru kumulovaných viditelností. Caldwell (2003) tuto část provedl tak, že sečetl všechny jednotlivé viditelnosti v CID území. Protože tato práce CID nevytváří, musel celý výpočet proběhnout od začátku.

Rastr kumulovaných viditelností je součet viditelností z každého bodu rastru dohromady (viz obr. 4.). Digitální model terénu, který uvažoval ve výpočtu i moře, má přibližně 1,4 milionů pixlů. Musí tedy proběhnout stejný počet výpočtu funkce Viewshed. Při testování bylo zjištěno, že jeden výsledný rastr má velikost přibližně 1 MB. CID by tedy teoreticky měla v tomto případě 1,4 TB. Takové množství dat nebylo možné uchovávat. Výpočet by navíc musel probíhat na jednom zařízení, což by trvalo neúměrně dlouho.



Obr. 4. Princip výpočtu rastru kumulovaných viditelností

Celý výpočet byl tedy rozdělen na 163 podúloh, do kterých vstupoval vždy stejný digitální model terénu a část z bodů, ze kterých byla viditelnost vyšetřována. Každá část obsahovala 9 000 bodů. Jednotlivé výsledky potom byly sečteny do jednoho rastru (viz obr. 5.).

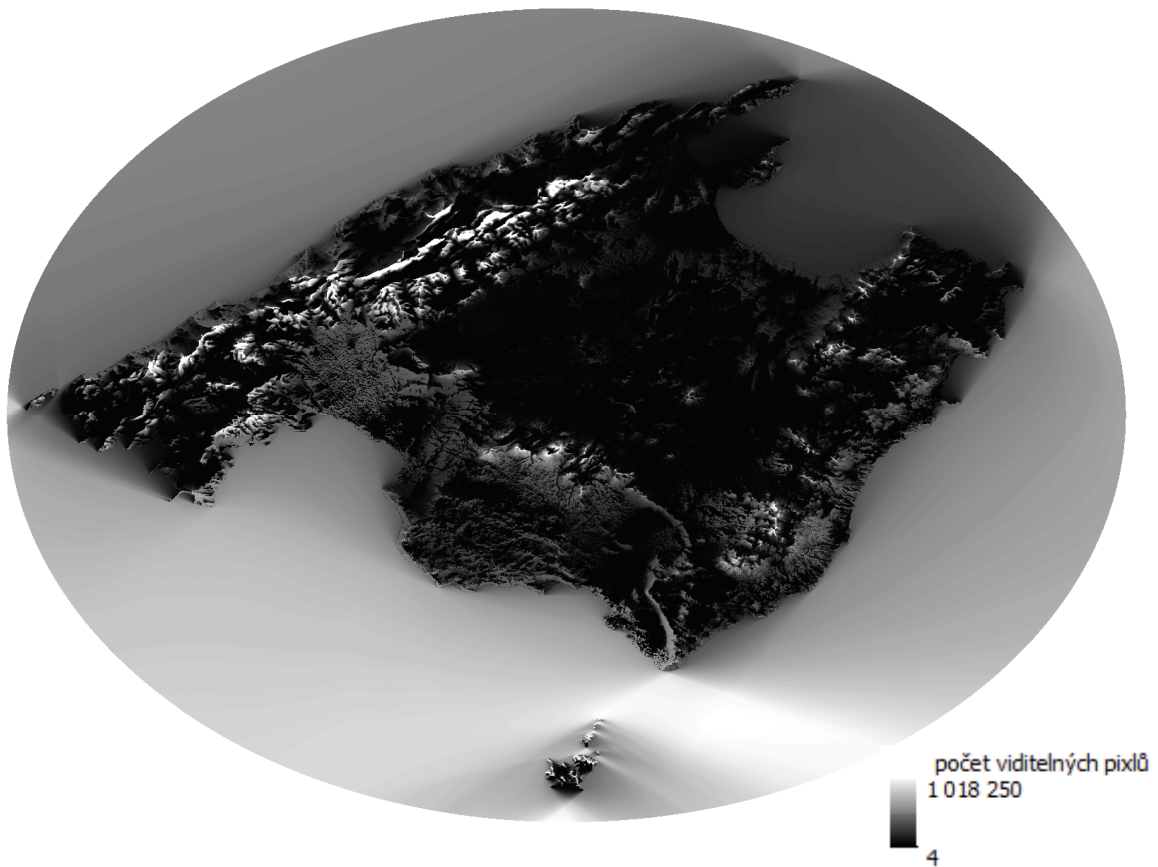
Výpočet probíhal na 16 počítačích Intel Core 2 Duo (3,16 GHz), 4 GB DDR-2 800 MHz, HDD 500 GB, HP nVidia Quadro FX1700 512 MB. Čas výpočtu jedné podúlohy byl asi 11 hodin. Doby trvání všech výpočtů byly zaznamenávány a celkový výpočetní čas pro tento rastr kumulovaných viditelností byl více než 1 800 hodin.

Podobným způsobem byl vypočítán i rastr kumulovaných viditelností pro případ, kdy nebyly brány v úvahu pixly, kde se nachází moře (viz obr. 6.). Tento rastr měl přibližně 550 tisíc pixlů. Podúlohy zde měly na vstupu 10 000 bodů a bylo jich celkem 56. Výpočet každé podúlohy trval přibližně 10 hodin. Celkově výpočet trval asi 580 výpočetních hodin.

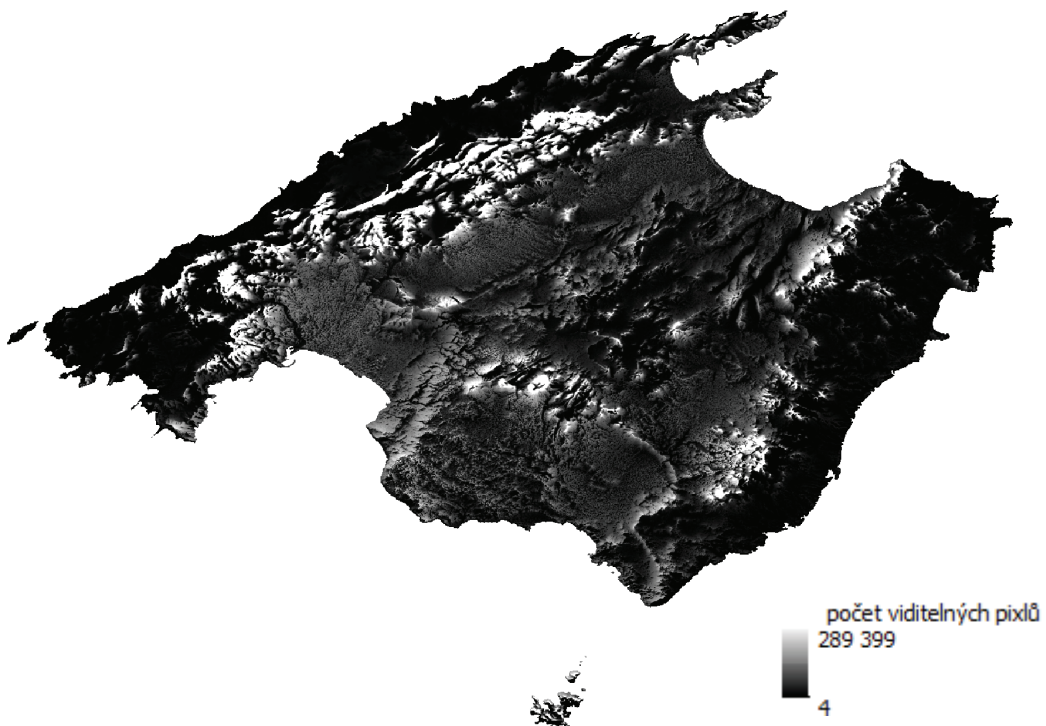
Při pohledu na oba výpočty je zřetelný nepoměr mezi časy jednotlivých mezivýpočtů. Zatímco v prvním případě trval výpočet pro 9 000 bodů nad rastrem s 1,4 miliony pixelů asi 11 hodin, v druhém případě měl výpočet s 10 000 body a rastrem s 550 tisíci pixelů 10 hodin. Je to způsobeno tím, že složitost výpočtu zde neroste lineárně, ale exponenciálně. Pokud se na problém podíváme zcela jednoduše, tak v druhém případě musí program porovnat viditelnost z počátečního bodu s 550 tisíci pixelů, zatímco v druhém případě je to už s 1,4 miliony pixelů. Tento se rozdíl se v celkovém měřítku promítne do výrazně delšího výpočetního času.

Výsledky ukazují, že místa s nejvyšší viditelností se nacházejí na vrcholcích kopců, hřebenech a také na jihovýchodních svazích pod vrcholy. Tímto směrem je totiž vidět většina ostrova a velké část moře s menšími ostrovy. Vysokou viditelnost má také oblast moře jižně od nejj jižnějšího cípu ostrova Mallorca (Cabo de Salina). Jsou odtud totiž vidět rozsáhlé oblasti severovýchodním i severozápadním směrem. Pro kontrolu byl vyhledán pixel s nejmenší hodnotou 4, který se nachází v centrální části ostrova Mallorca poblíž města Petra, a bylo určováno, co se na tomto území nachází. Z leteckých snímků tohoto území bylo zjištěno, že se zde nachází povrchový důl na těžbu soli. Výsledky se tedy jeví jako věrohodné.

Pokud se podíváme na rozdíly mezi oběma kumulovanými rastry, je na první pohled patrné, že v druhém případě se na ostrově nacházejí místa s podobnými viditelnostmi. Vrcholky totiž nejsou ovlivněny okolním mořem. Severozápadní a jihovýchodní pobřeží ostrova, která jsou obě za hřebeny hor, mají v druhém případě velmi nízké hodnoty. Opět je to dáno tím, že není uvažováno moře. Správnější je ale zcela jistě rastr kumulovaných hodnot i s mořem, protože i když má moře nadmořskou výšku 0, je ale stále viditelné, a proto je nutné s ním pracovat.



Obr. 5. Rastr kumulovaných viditelností uvažující moře.



Obr. 6. Rastr kumulovaných viditelností neuvažující moře.

4.4 Trasa s největším či nejmenším rozhledem do okolí

Podle Caldwellovy (2003) metody je potřeba pro výpočet trasy s největším či nejmenším rozhledem do okolí rastr kumulovaných viditelností. Protože je tento rastr již připraven, lze se zabývat tímto výpočtem. Jelikož bylo v předchozí kapitole odůvodněno, že je potřeba uvažovat i okolní moře, bude výpočet probíhat na této verzi rastru.

Rastr kumulovaných viditelností je v tomto kroku uvažován jako nákladový rastr. Pro výpočet trasy s nejmenším rozhledem do okolí (nebo také LVP podle Caldwellovy terminologie) lze použít rastr tak, jak je. Algoritmus totiž bude vyhledávat trasu s nejmenším odporem, tedy nejnižšími hodnotami.

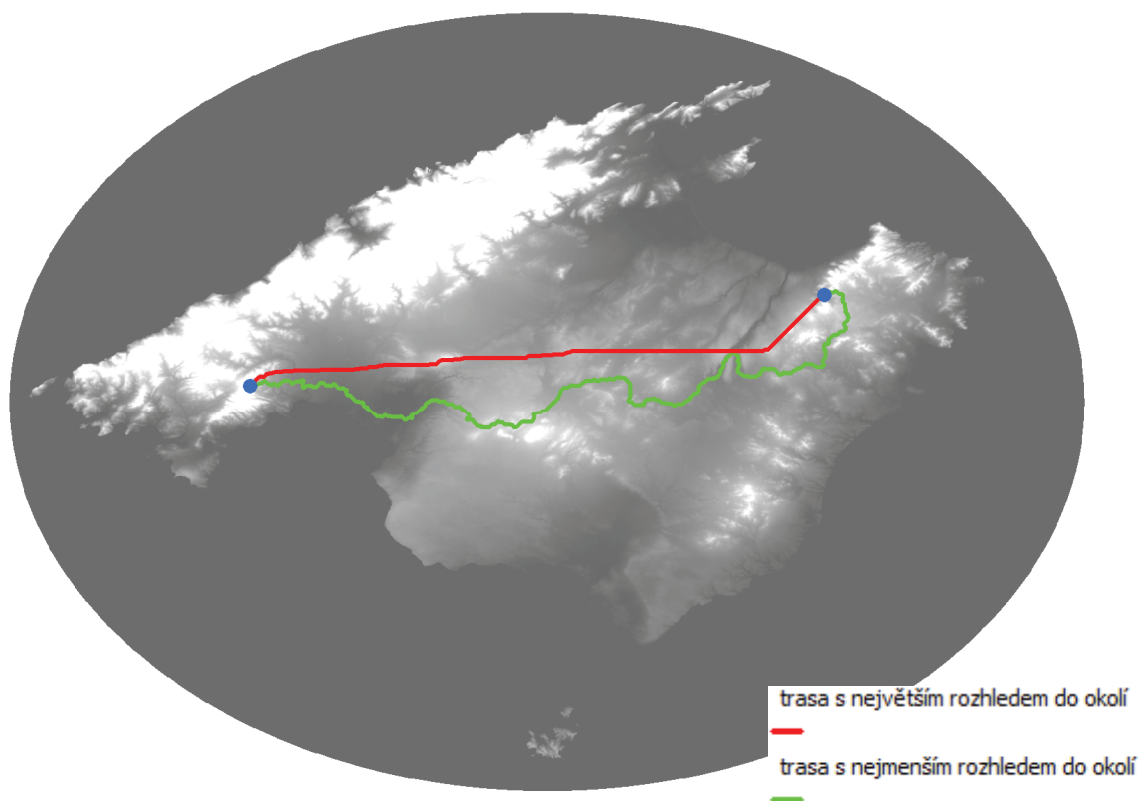
Pokud máme vybrány počáteční a koncovou pozici pro vyhledání trasy, v aplikaci Esri ArcGIS následují tři jednoduché kroky. Prvním je vytvoření rastru s hodnotami, které udávají celkové náklady k nejbližšímu zdroji (v tomto případě počáteční pozici) nad nákladovým rastrem pomocí funkce Cost Distance. Druhou funkcí je Cost Back Link, která probíhá nad stejným zdrojovým nákladovým rastrem. Výsledkem je rastr, který udává směr sousedního pixlu po nejméně nákladné trase k počátečnímu bodu. Posledním krokem je zadání obou rastrů vypočítaných v předchozích krocích a zadání koncového bodu do funkce Cost Path. Výsledkem je trasa s nejmenším rozhledem do okolí.

Velmi podobně lze vytvořit i trasu s největším rozhledem do okolí. Je nutné pouze změnit nákladový rastr. V tomto případě postačí jednoduchá inverze již spočítaného rastru kumulovaných viditelností, aby bylo dosaženo toho, že původní nejvyšší hodnoty budou nejnižšími a nejnižší hodnoty budou nejvyššími. Nebo-li že vrcholky kopců a hřbety budou mít nízké hodnoty a různé malé sníženiny budou mít vysoké hodnoty. Toho lze docílit třeba odečtením zmíněného rastru kumulovaných viditelností od hodnoty, kterou nabývá pixel s nejvyšším číslem. Poté lze již postupovat podobně, jak bylo popsáno výše.

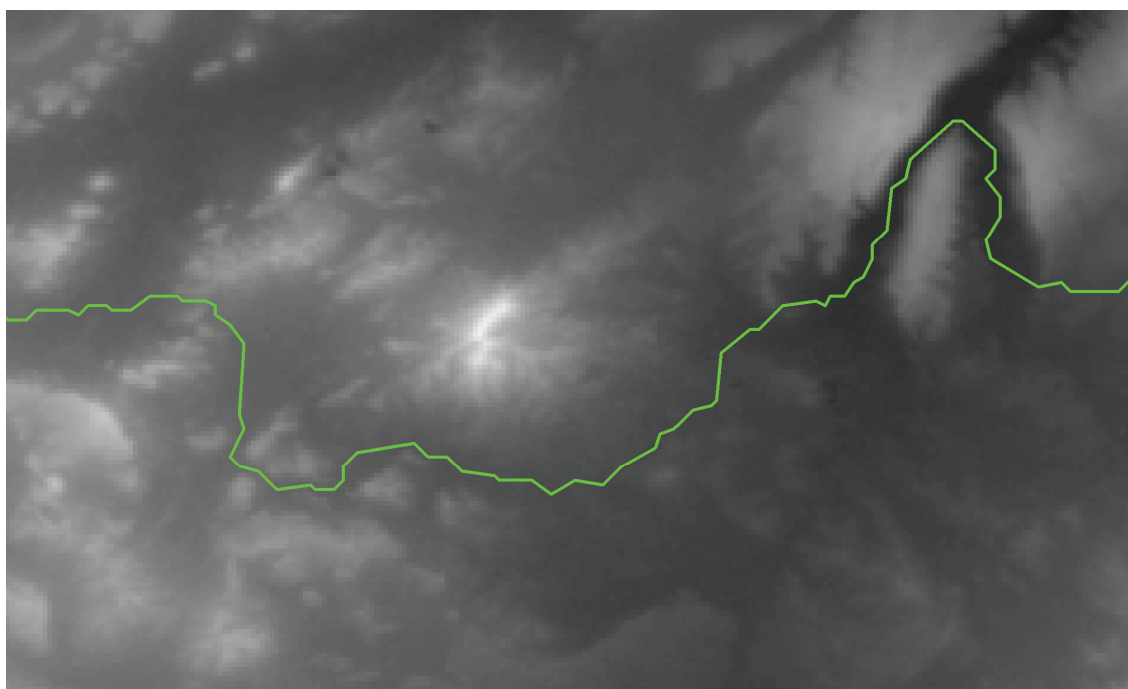
Výhodou této metody je fakt, že nákladový rastr může být libovolně modifikován a tím i upravován pro konkrétní potřeby šetření. Lze ho omezit například ponecháním pixelů, kde se nacházejí komunikace, čímž bude vyhledána pouze cesta po komunikacích. Nákladový rastr lze také doplnit o další limitující faktory, jako například sklon svahu, vegetační porost, zástavba a mnoho dalších. Tímto způsobem lze docílit výsledků, které odpovídají zadání konkrétního šetření.

Z obrázku 8 je evidentní, že trasa s nejmenším rozhledem do okolí skutečně prochází údolím a vyhýbá se kopcům a exponovaným oblastem. Trasa s největším rozhledem do

okolí je velmi přímá z toho důvodu, že kratší vzdálenost na inverzním rastru kumulovaných viditelností více ovlivňuje výběr trasy než cokoli jiného. Ale i zde lze pozorovat průchod trasy přes hřebeny a vrcholy kopců.



Obr. 7. Trasy s největším a nejmenším rozhledem do okolí s podkladem nadmořských výšek.



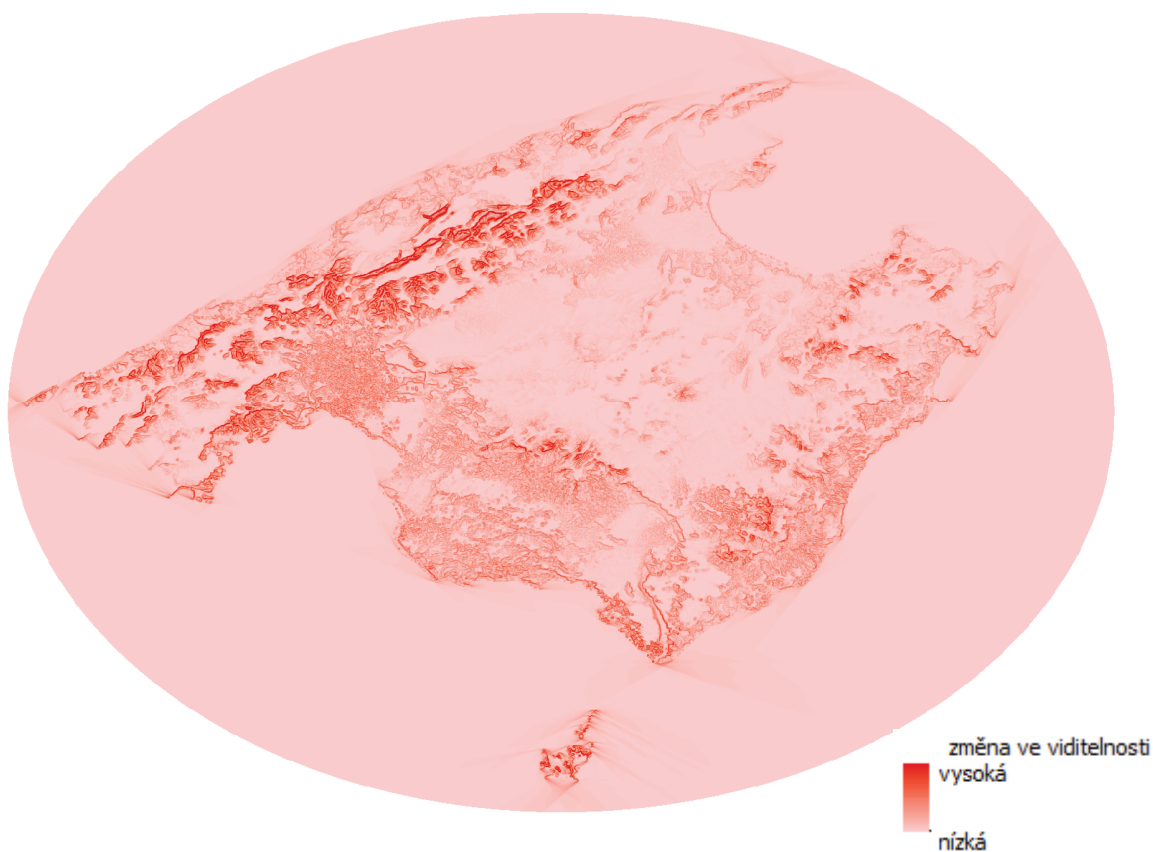
Obr. 8. Detail na část trasy s nejmenším rozhledem do okolí.

4.5 Jiné analýzy charakteristik území

4.5.1 Sklon kumulovaných viditelností

Sklon kumulovaných viditelností identifikuje oblasti, kde dochází k ostrým změnám ve viditelnosti. Analýza se provádí jednoduchou funkcí Slope nad rastrem kumulovaných viditelností. Jednotka se zadává PERCENT_RISE.

Na obrázku 9 jsou patrné oblasti s velkou změnou ve viditelnosti. Nacházejí se zejména v severozápadní části ostrova, kde leží rozsáhlá pohoří. Nejvyšší hodnoty se nacházejí při hřebenu a na severozápadním svahu. Je to proto, že hřeben a jihovýchodní svah mají vysoké viditelnosti, protože je z nich vidět velká část ostrova a okolního moře. Zatímco ze severozápadního svahu je výhled pouze na moře severozápadním směrem.



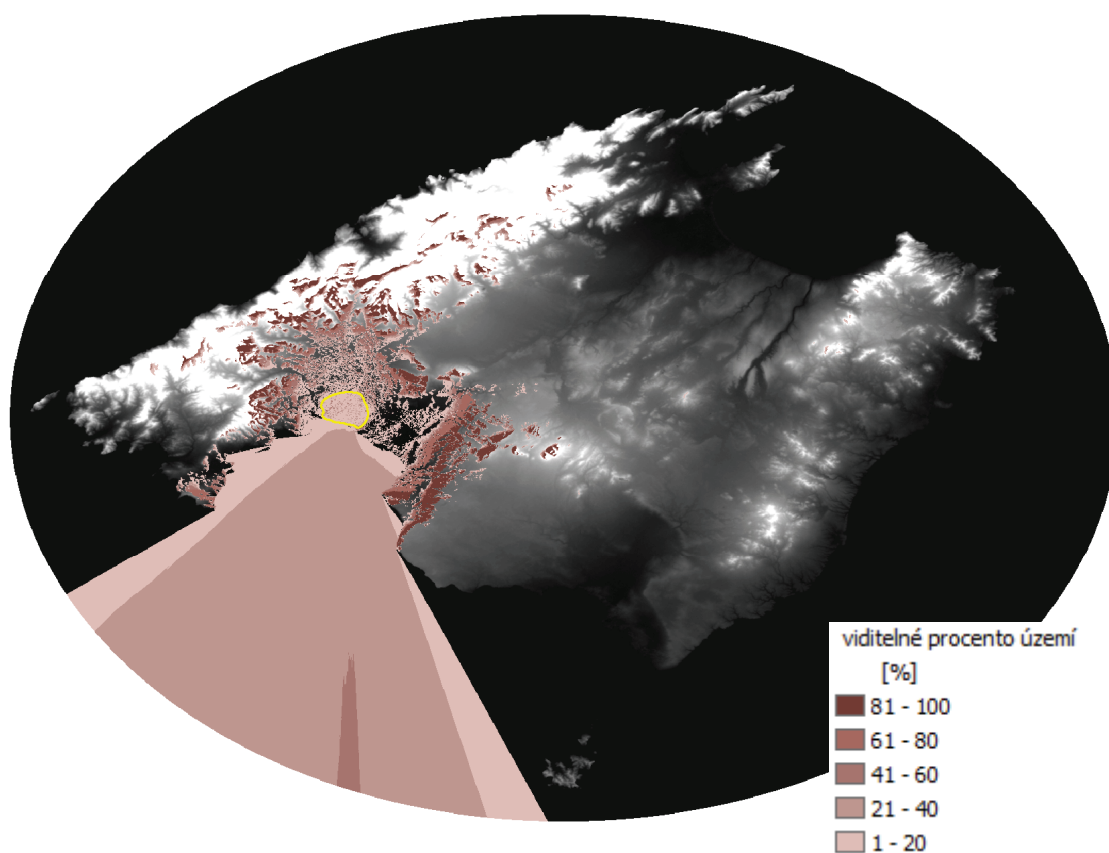
Obr. 9. Sklon kumulovaných viditelností.

4.5.2 Viditelné procento z území

Výpočet této charakteristiky není zcela závislý na CID, ačkoli by její výpočet byl mnohem rychlejší, pokud by existovala CID. Absenci CID ale lze obejít tím, že bude proveden výpočet funkce Viewshed pro zvolené území.

Pro modelový příklad byla zvolena centrální část hlavního města ostrova Mallorca, Palmy. Ta je na obrázku 10 znázorněna žlutým obrysem. Celkem toto území zabíralo bezmála 2 500 pixlů. Pro tyto pixly byl proveden výpočet funkce Viewshed. Výsledek byl vizualizován do pěti kategorií, každá po 20 %. Hodnota procenta říká, že z daného bodu je vidět právě tolik ze zájmového území, v tomto případě z města Palmy. Na Palmu je tedy nejlépe vidět z kopců jihovýchodně od města, nebo z vrcholků severozápadně.

Princip této metody byl využíván v celé druhé části této práce pro hodnocení existujících tras.



Obr. 10. Viditelné procento území pro město Palma.

5 HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH TRAS

Kromě vyhledávání zcela nových tras, které mají největší nebo nejmenší výhled do okolí, je také velmi zajímavou možností pokročilých analýz viditelnosti hodnocení již existujících tras z hlediska viditelnosti. Zejména turistické trasy je vhodné tímto způsobem popsat, protože právě po nich se často vydávají na cestu turisté s cílem, že budou mít krásný výhled na nějakou památku, kopec nebo město. Pouhým pohledem do turistické mapy člověk není schopen zjistit, jestli skutečně z daného místa uvidí to, co chce.

5.1 Teoretické základy hodnocení

I v této části práce nebylo možné hodnotit trasy ideálním způsobem. Nejlepší by bylo, kdyby bylo možné určit, co je a není viditelné z každého bodu trasy. Pro toto řešení by ale opět bylo potřeba mít předem vypočítanou viditelnost z každého bodu trasy a mít je uložené v CID. Dále by byl potřeba nástroj, který by se na ni dokázal dotazovat.

Místo toho bylo nutné vypočítat kumulované viditelnosti pro jednotlivé předem vybrané trasy. Filozofie celého výpočtu odpovídá metodě viditelného procenta území (Percent target visible) podle Caldwell (2003). Tyto viditelnosti se vyšetřují pro celou trasu. Nelze charakterizovat viditelnost pro jeden bod.

5.2 Zájmové území

Protože se v této části práce hodnotily existující trasy a určovalo se, zda je objekt nebo bod viditelný nebo ne, bylo vhodné zvolit zájmové území, které je obecně známé. Jako vhodná lokalita bylo nakonec vybráno území v okolí Lysé hory.

Jedná se o obdélníkové území o stranách přibližně 40×23 km a celkové rozloze 900 km². Nachází se jižně od Frýdku-Místku a Třince. Za hranicí území na východě se nachází Jablunkov. Největšími obcemi v území je Frýdlant nad Ostravicí a na západním okraji Frenštát pod Radhoštěm. Na jihu je oblast ukončena přibližně Rožnovskou brázdou. Na území se nacházejí dvě významná vodní díla – Šance a Morávka a velké množství beskydských vrcholů. Z nich nejznámější jsou Lysá hora, která se nachází uprostřed území, dále pak Smrk a Radhošť. Nejvyšším místem je vrchol Lysé hory s nadmořskou výškou 1 323 m n. m. a nejnižší se nachází místo, kde zájmové území opouští vodní tok Ondřejnice s nadmořskou výškou asi 298 m n. m. Na jihovýchodě území zasahuje do Slovenské republiky.

Toto území je velmi členité, má mnoho vysokých kopců a údolí. Výškové rozdíly a charakteristiky jsou lépe patrné až z obrázku 12, který znázorňuje digitální model terénu zájmového území.



Obr. 11. Zájmové území druhé části práce. (podklad: Základní mapa ČR 1:200 000, zdroj: Prohlížeč AGS, ČÚZK)

Zájmové území nepostihuje celou oblast, která je reálně viditelná z vrcholů Beskyd. Vždy bude možné pozorovat nějaké další území nebo vrcholy. V tomto konkrétním případě je při dobrých podmínkách vidět z některých vrcholů Beskyd Ostravsko, Jeseníky či Tatry. Takto rozsáhlé území ale není technicky možné vyšetřovat. Ostrov Mallorca byl relativně izolovaný a pevnina z něj nebyla viditelná. Právě z tohoto důvodu byl vybrán. Nebylo třeba řešit oblasti mimo zájmové území, protože viditelné bylo pouze moře.

Oblasti mimo zájmové území Beskyd nejsou v hodnocení uvažovány, i když jsou reálně viditelné.

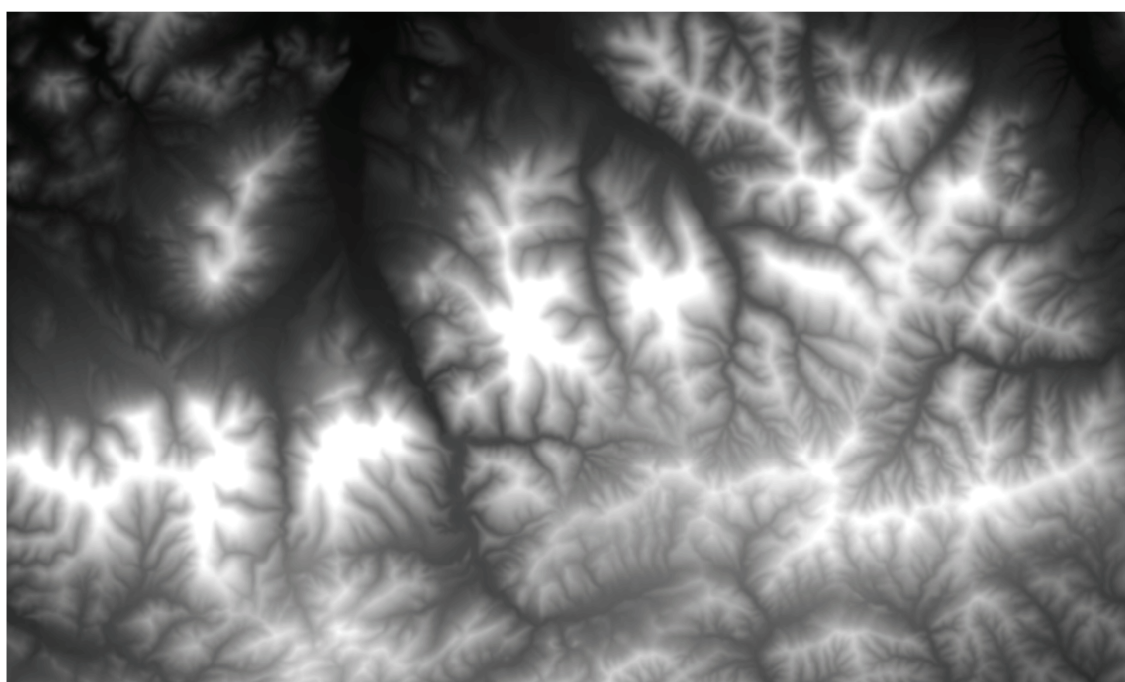
5.3 Příprava digitálních modelů terénu

Pro toto území bylo potřeba v prvním kroku připravit digitální model terénu. Jako zdroj výškových dat posloužila datová sada DMÚ 25, konkrétně byly využity vrstevnice. Interpolace proběhla pomocí funkce Esri ArcGIS Topo to raster, která vytváří hydrologicky korektní digitální modely terénu. Využívá interpolační metodu ANUDEM. Model má prostorové rozlišení 20 m.

Byly připraveny celkem dva vstupní digitální modely terénu. První, tzv. „holý“, který byl pouze interpolován a neobsahoval žádné další informace. Na viditelnost má však vliv také porost, zástavba a jiné bariéry v území, a proto by bylo chybné, kdyby se tyto vlivy do analýz nezahrnuly. Proto byly digitalizovány lesy a bloková zástavba a přidány k vygenerovanému modelu.

V místech, kudy procházely hodnocené trasy, byly hodnoty výšek lesa odečteny zpět. Takže v těchto místech je nadmořská výška rastru bez výšek lesa. Člověk, pohybující se po turistické trase, totiž jde po zemi a ne po vrcholcích stromů. Z vrcholků stromů by měl stejný rozhled jako z „holého“ rastru, kde vlastně žádné lesy nejsou. Stromy působí jako bariéra a není přes ně vidět do okolí, proto je správné, že ani z tras, které vedou skrz les, není nic vidět.

Na obrázku 12 je vidět vstupní digitální model terénu. V tomto případě je to varianta bez výšek lesa a blokové zástavby. Rozdíly mezi rastry jsou na první pohled nepatrné, proto je zde znázorněna pouze jedna verze.



Obr. 12. Digitální model terénu zájmového území.

5.4 Hodnocené trasy

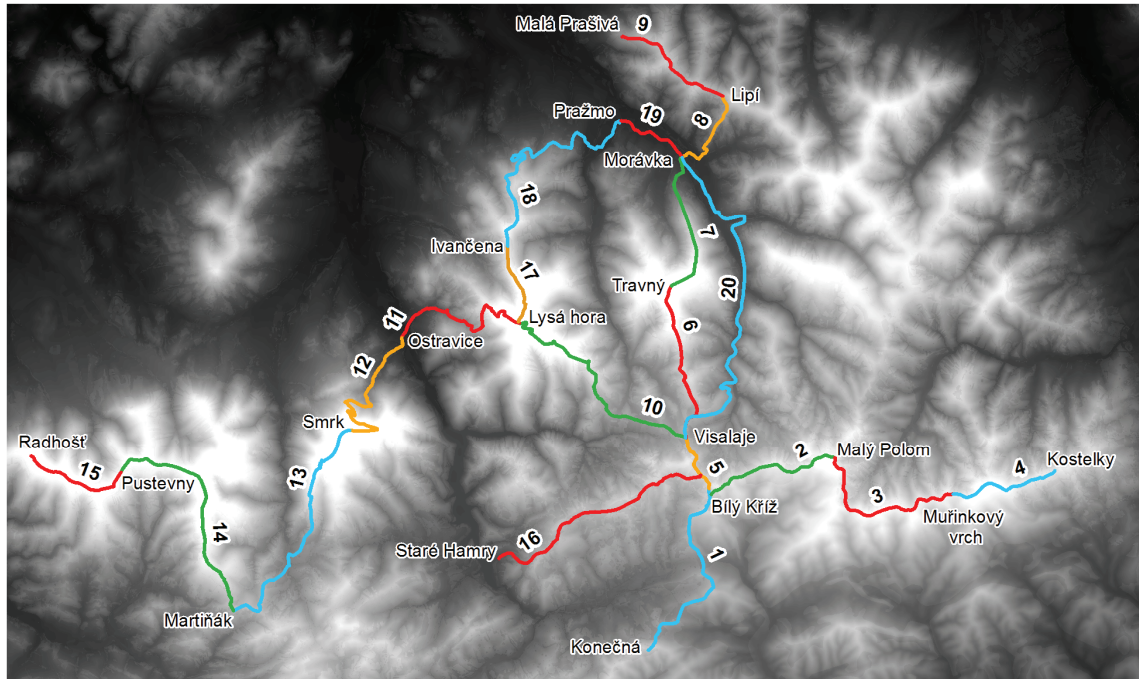
Pro hodnocení autor vybral celkem více než 120 km turistických tras a cyklotras. Pozemní komunikace nebyly zvoleny žádné. V oblasti se jich mnoho nenachází, většinou to jsou úseky do osad, ve kterých končí. Špatně by se určovalo, odkud silnici hodnotit.

Jedinou komunikací, která prochází skrz celé území, je silnice první třídy I/56 směřující z Frýdku-Místku na jih. Vede kolem vodní nádrže Šance. Od ní se směrem na Slovensko ještě odpojuje silnice číslo II/484. Turistické trasy ale nabízejí mnohem lepší možnosti a nelze předpokládat, že by tyto hlavní silnice byly využívány k turistice.

Aby bylo přeci jen možné trasy hodnotit po kratších částech, byly všechny hodnocené trasy rozděleny do 20 úseků. Úseky na sebe navazují a lze je kombinovat a spojovat do různých tras. Úsek začíná a končí vždy na nějakém křížení s jinou turistickou trasou. Hodnocená část cyklotrasy 6113 byla rozdělena do úseků 19 a 20 v obci Morávka, protože ji zde křížila také hodnocená turistická trasa. Tabulka 1 znázorňuje výpis všech úseků, jejich číselné označení, turistické označení (barva) a jejich délku.

Tab. 1. Seznam hodnocených úseků.

Číslo úseku	Průběh úseku	Označení trasy	délka [km]
1	Konečná - Bílý Kříž	červená	7,60
2	Bílý Kříž - Malý Polom	červená	4,86
3	Malý Polom - Muřinkový vrch	červená	6,11
4	Muřinkový vrch - Kostelky	červená	3,92
5	Bílý Kříž - Visalaje	modrá	2,16
6	Visalaje - Travný	zelená	5,77
7	Travný - Morávka	zelená	5,20
8	Morávka - Lipí	modrá	3,39
9	Lipí - Malá Prašivá	červená	4,38
10	Visalaje - Lysá hora	červená	8,49
11	Lysá hora - Ostravice	červená	6,22
12	Ostravice - Smrk	červená	7,07
13	Smrk - Martiňák	červená	9,02
14	Martiňák - Pustevny	zelená	8,03
15	Pustevny - Radhošť	modrá	3,80
16	Bílý Kříž - Staré Hamry	žlutá	8,48
17	Lysá hora - Ivančena	modrá	2,79
18	Ivančena - Pražmo	červená	9,97
19	Pražmo - Morávka	cyklotrasa 6113	2,69
20	Morávka - Visalaje	cyklotrasa 6113	13,46



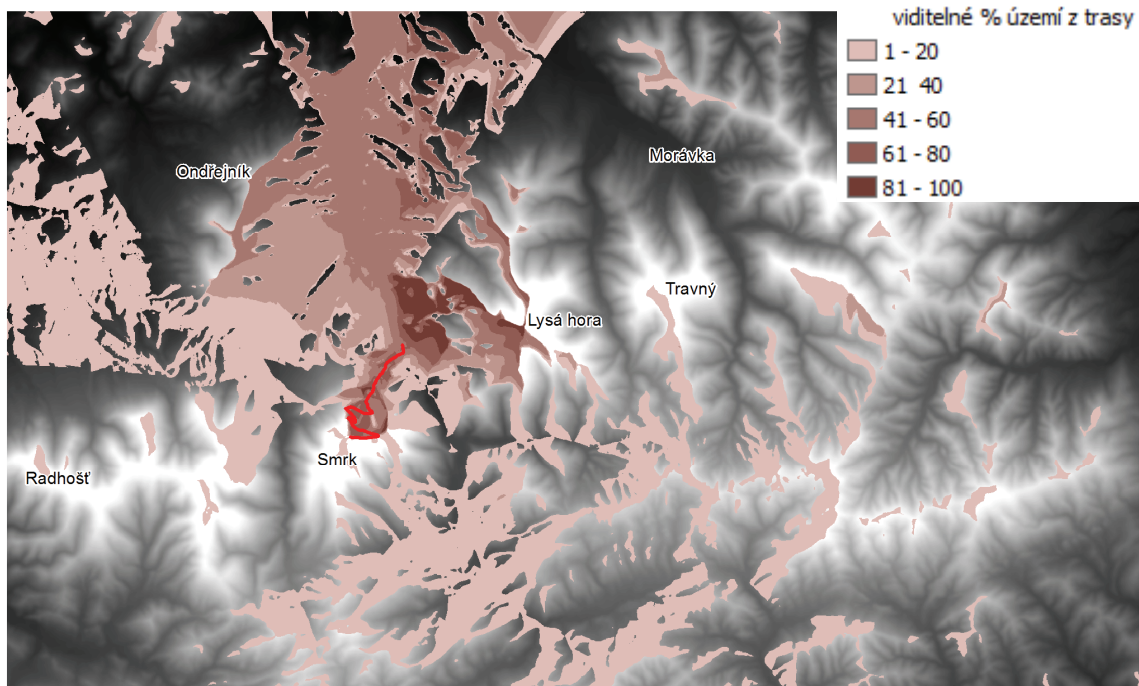
Obr. 13. Hodnocené úseky (barvy neodpovídají skutečnému značení turistických tras).

5.5 Výpočet hodnocení

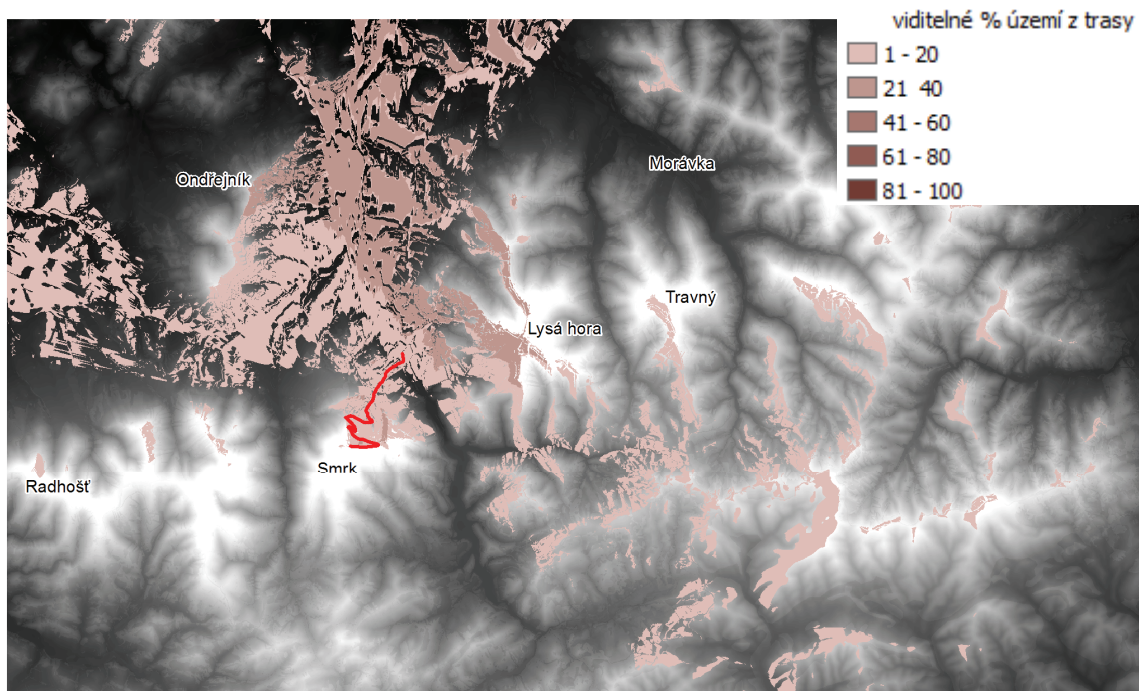
Pro výpočet byla použita stejná funkce jako v předchozí části této práce, tedy funkce Viewshed. Testování probíhalo nad oběma rastry, tedy nad „holým“ rastrem a nad rastrem s informacemi o výškách lesa a blokové zástavbě. Druhou vstupní třídou prvků byly jednotlivé úseky tras. Dohromady tedy proběhlo 40 výpočtů viditelnosti. Délka výpočtu samozřejmě závisela na délce úseku, ale průměrně trval jeden výpočet přibližně 30 min. Dohromady tedy celé testování zabralo asi 20 hodin výpočetního času. V tomto případě všechny výpočty proběhly na konfiguraci Intel Core i3 (2,27 GHz), 4 GB DDR-3 1066 MHz, HDD 500 GB, ATI Radeon HD 5145 512 MB.

Výsledkem jsou rastry s hodnotami mezi 0 a počtem pixelů, kolika prochází daný úsek v rámci jedné trasy. Aby bylo možné výsledky mezi sebou srovnávat, je vhodnější tato čísla udávat relativně v procentech. Potom lze říci, že daný pixel je vidět např. z 40 % celého úseku. Relativní hodnoty musely být vypočítány zvlášť a dodány ručně. Nebylo možné je nastavit přímo v aplikaci ArcGIS. Ta totiž zadává relativní hodnoty z maximální hodnoty konkrétního rastru a ne z počtu pixelů dané trasy. Nikdy nenastala situace, že by nějaký bod byl vidět z celé trasy, tedy z každého bodu.

V této části vzniklo celkem 40 výsledných rastrů viditelností. Pro ukázkou a komentář jsou zde vloženy výsledky pro úsek 12 mezi Ostravicí a vrcholem Smrk (obr. 14 a 15).



Obr. 14. Oblasti viditelné z úseku 12 (Ostravice-Smrk). Verze pro „holý“ DMR.



Obr. 15. Oblasti viditelné z úseku 12 (Ostravice-Smrk). Verze pro DMR s výškou lesa a zástavby.

Úsek 12 mezi Ostravicí a vrcholem Smrk je turistická červená trasa dlouhá asi 7 km. Téměř celou dobu stoupá po severovýchodním úbočí Smrku. Stejným směrem je také nejlepší výhled.

Z obou výsledků je patrné, jak rozdílné jsou výsledky, pokud výpočet probíhá nad „holým“ digitálním modelem terénu, nebo nad modelem, kde jsou dodány informace o

výškách lesa a zástavby. Polohově je pozorovatelné zhruba shodné území (údolí Frýdlantu nad Ostravicí a částečně i Rožnov pod Radhoštěm). Zásadní rozdíl je v hodnotě, která určuje, po jak dlouhý úsek je daný bod vidět. Je také patrná větší kompaktnost u „holého“ rastru. Viditelné území je ucelenější. Oblast pod vrcholem Lysé hory je u výsledku s rastrem s výškami lesa a zástavby viditelná z přibližně 25 % trasy a u „holého“ rastru z více než 80 % trasy. To je významný rozdíl.

U „holého“ rastru se objevuje viditelné území i na jih a jihovýchod od Smrku (vodní nádrž Šance, Staré Hamry a okolí). Tyto oblasti jsou viditelné až z míst kolem vrcholu Smrku. Smrk je ale víceméně celý zalesněn. Tyto oblasti by tedy neměly být vidět. Přesně tomu odpovídá výsledek v případě digitálního modelu terénu s výškami lesa a zástavby.

Zbytek výsledků je možné prohlédnout si na webových stránkách této práce nebo na příloženém DVD. Zde je vytvořený strukturovaný ArcGIS projekt se všemi výstupy obou částí této práce - trasy, které byly hodnoceny, oba digitální modely terénu a další doplňující prostorové informace.

5.6 Viditelnost bodů zájmu

Viditelnosti zpracované v předchozí kapitole jsou jistě dobrým a nenahraditelným výsledkem, ale špatně se interpretují. Jak je vidět i v této práci, i pro relativně malé území vzniká velké množství výsledků, které se překrývají a špatně se s nimi pracuje. Nelze z nich určit, zda je viditelná konkrétní lokalita nebo stavba. Na jejich základě můžeme bez problémů tvrdit, že z dané trasy bude dobrý výhled na údolí, horu nebo obec. U menších objektů ale nastává problém. Tuto situaci lze vyřešit vytvořením seznamu bodů zájmu a viditelnost vyšetřovat vzhledem k nim.

Pro zájmovou oblast Beskyd bylo vytvořeno celkem 203 bodů zájmu. Více než polovinu z nich tvoří body vrcholů. Dále jsou součástí seznamu kostely, kaple, kláštery, přehrady, rozhledny, zámky, zříceniny a turistické známky. Tyto body byly staženy ze stránek poi.cz a byly vymazány duplicity. Většině záznamů chyběla česká diakritika, která musela být doplněna. Také byla zběžně provedena kontrola, zda nějaký významný bod zájmu neschází. Za úplnost seznamu nelze ručit.

Ne všechny jevy ze seznamu je vhodné vyjadřovat bodově. Například vodní díla jsou rozlohou natolik rozsáhlá, že je lepší převést je na plošný jev. Stejně tak některé turistické známky nejsou vždy samostatné budovy. Objevuje se zde například obec Ostravice nebo

třeba prales Minoší. Zatímco přehrady byly kromě bodu vyjádřeny i polygonem, turistické známky takto převáděny nebyly z důvodu nejasného vymezení.

Hodnoty již vypočítaných rastrů viditelnosti byly přiřazeny k bodům zájmu pomocí funkce Extract Values to Points. Třída prvků bodů zájmu tak získala 40 nových atributů. Záznam u každého bodu udává, z kolika pixelů je bod viditelný z daného úseku. Hodnoty jsou tedy absolutní. Pokud je třeba převést je do relativní podoby, je potřeba tuto hodnotu opět vydělit celkovým počtem pixelů každého úseku.

Problém se vyskytl také u vrcholů vyjádřených bodem. Z některých míst nemusí být samotný vrchol, tedy bod, vidět. Toto místo může být v údolí pod kopcem a ve viditelnosti na vrchol může bránit nějaká terénní hrana. Analýza potom uvádí, že vrchol není vidět. Masiv kopce přitom může být viditelný. Při pozorování kopce nebo hory nemusí být nutně vidět vrchol, aby bylo možné prohlásit, že je kopec viditelný. Podstatný je také samotný masiv kopce.

Tento nedostatek byl odstraněn tím, že kolem vrcholů byl vytvořen buffer o velikosti 200 m a viditelnost kopce byla vyšetřována vzhledem k němu. Viditelnost se tak nevyšetřovala k jedinému bodu, který reprezentoval samotný vršek kopce, ale k vrcholové oblasti kopce. Kopci potom byla přiřazena maximální hodnota viditelnosti, která spadala do bufferu. Podobným způsobem byla přiřazena hodnota viditelnosti i polygonově vyjádřeným vodním dílům.

V příloze 1 je tabulka 2 s výslednými relativními hodnotami viditelností všech bodů zájmu (polygonově vyjádřené vrcholy a vodní díla a zbytek vyjádřený bodově). Výsledky jsou znázorněny pouze pro rastr doplněný o výšky lesa a zástavby. Podrobnější tabulky s absolutními hodnotami, hodnotami pro bodově vyjádřené vrcholy a pro „holý“ rastr jsou přiložené na DVD.

6 VÝSLEDKY

Analýzy viditelnosti jsou užitečným nástrojem, který není stále plně využíván. Existuje velké množství oborů lidské činnosti, kde by našly svoje uplatnění. Výsledky této práce naznačují, k jakým úlohám lze analýzy viditelnosti používat a kde všude je lze aplikovat.

6.1 Trasa s největším nebo nejmenším rozhledem do okolí

Výpočtem trasy s největším nebo nejmenším rozhledem do okolí se nezabývá velké množství odborníků. Každá skupina přistupuje k problému odlišně a vytváří vlastní postup výpočtu, který někdy srovnává s ostatními přístupy. Každá z metod má své výhody a nevýhody a neexistuje univerzální postup. Vždy záleží na prioritách výpočtu, požadované rychlosti a zejména na dostupném vybavení. Tato práce sledovala postup, který vytvořil tým okolo Caldwell (2003). Ze studia dostupných materiálů a jiných metod plyne, že je to metoda jedna z nejjednodušších. K jejímu provedení stačí standardní nástroje aplikace ArcGIS. Není nutné sestavovat složitý algoritmus a psát skript. Výsledky jsou přitom dostatečně kvalitní a i Lu (2008) tvrdí, že mohou být ve specifických případech lepší, než jím navržená metoda výpočtu.

Obecně není vyhledání trasy s nejlepším či nejmenším rozhledem do okolí složitý proces. Využívány jsou pouze základní nástroje analýz viditelnosti a vyhledání trasy na základě nákladového rastru. Potíže nastávají ve chvíli, kdy se přistupuje k samotné kalkulaci. Je totiž potřeba vypočítat rastr kumulovaných viditelností, což je součet výsledků funkce Viewshed pro každý bod rastru. Tento výpočet trval dohromady 1 800 hodin výpočetního času.

Výsledné trasy s největším a nejmenším výhledem do okolí, vypočítané nad územím ostrova Mallorca, jsou zcela jistě korektní a správné. Je patrné, že trasa s nejmenším rozhledem do okolí prochází skrze údolí a vyhýbá se kopcům a hřbetům. Trasa s nejlepším rozhledem do okolí není na první pohled tak jednoznačná. V extrémním případě by taková trasa mohla procházet skrz všechny body rastru, čímž by se zajistilo, že má skutečně nejlepší možný rozhled. Vyhledávaná trasa má být ale zároveň co možná nejkratší, což se v tomto případě ukázalo jako faktor s vyšší vahou. Trasa je proto velmi přímá, ale i na ní je lokálně vidět, že si vybírá hřbety a kopce.

Kromě těchto tras byly vypočítány další charakteristiky území. I ty se ukazují být prospěšné pro identifikaci různých charakteristik území.

Pro porovnání byl výpočet rastru kumulovaných viditelností proveden pro dvě verze digitálního modelu terénu. První uvažovala i pixly, kde se nacházelo moře, a druhá brala v úvahu pouze souš. Ukázalo se, že by bylo chybou ignorovat mořskou hladinu jen proto, že má konstantní výšku 0 m n. m. I když se na mořské hladině nenacházejí žádné kopce, lze ji stále pozorovat, a proto musí být v analýzách vždy zahrnuta. I z mořské hladiny lze pozorovat kopce na ostrově.

6.2 Hodnocení existujících tras

Druhá část práce hodnotila výhled z existujících tras. Ukázalo se, že podobná analýza má smysl. Je možné relativně snadno zjistit, co všechno je z dané trasy viditelné a co není. Tyto informace jistě naleznou uplatnění v oblasti turistického ruchu, ale také v jiných oborech lidské činnosti.

Správnost výsledků hodnocení zcela závisí na kvalitě vstupního digitálního modelu terénu. Dvě verze modelů ukázaly, jak moc se mohou výsledky od sebe lišit. Bylo dokázáno, že les a zástavba jsou bariérami ve viditelnosti, se kterými je nutné počítat.

Problematickou interpretaci výsledků viditelností, kdy místy nelze zcela zaručeně určit, zda je daný bod viditelný, nebo jak moc je viditelný, lze zmírnit rozšířením analýzy o body zájmu. Každému bodu zájmu lze přiřadit atributově hodnotu míry viditelnosti z dané trasy. Potom lze zcela přesně určit, zda je daný objekt vidět, nebo není. Takto ohodnocené body lze tabulkově publikovat téměř kdekoli.

Pokud je ale žádoucí publikovat celá území, která jsou vidět, nastává problém. Vzniká totiž velké množství výstupů pro jedno území. Pro každou trasu musí být generována nová mapa. Počet map se ještě zvětší, pokud se trasy rozdělí do kratších úseků, aby bylo možné viditelnost postihnout podrobněji. Tisk papírových map není dle názoru autora vhodným řešením.

Výbornou alternativou je znázornění výsledků na webu nad nějakým topografickým podkladem. Uživatel si může jednoduše přepínat mezi viditelnostmi jednotlivých tras a vybrat, která trasa se mu zamlouvá nejvíce. Výsledky viditelností byly publikovány právě tímto způsobem na stránkách této práce pomocí Google Maps API. Byla použita pouze základní funkcionalita a velmi jednoduchá podoba. Cílem bylo naznačit způsob publikace.

7 DISKUZE

Tato magisterská práce musela čelit řadě problémů. Některé se podařilo vyřešit nebo přiměřeně obejít, jiné se bohužel zcela nepodařilo odstranit.

Nejzásadnějším omezením byla absence výkonnějšího hardwaru, který by umožnil práci s podrobnějšími daty. Rastr s prostorovým rozlišením 70 m není pro analýzy viditelnosti ideálním vstupem. Jednalo se ale o data volně dostupná pro celý svět, což umožnilo testovat na území, které přesně odpovídalo požadavkům. Území bylo přírodně ohraničené, dostatečně členité a rozsáhlé. Druhý testovací rastr s rozlišením 20 m také nebyl podle představ autora. Uvažovalo se nad rozlišením 10 m, ale právě z důvodu absence lepších výpočetních podmínek bylo zvoleno hrubší rozlišení.

Výsledky druhé části, tedy hodnocení existujících tras, mohou být zkresleny. Samotný interpolovaný digitální model terénu je dostatečně přesný. Velmi hrubé jsou ale informace o výšce lesa a blokové zástavbě. Bohužel se nepodařilo získat data o výšce lesa z Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa, kde tyto informace jsou. Nově uplatňované podmínky vydání dat, které důsledně uplatňují Lesy České republiky, neumožnily vydání dat. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k digitalizaci lesa. Samotná digitalizace a prostorová přesnost nebyly na špatné úrovni. Velice špatně se ale odhadovala výška lesa. Nakonec všechny lesy dostaly shodnou výšku 18 m. Různé aleje a drobné lesnaté oblasti byly ignorovány zcela. Fakt, že nebyla získána přesná data z Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa, ale byla digitalizována ručně, může být vnímán také jako výhoda. Lesy totiž pomalu rostou a místy dochází k jejich kácení. Získaná data by tedy časem byla stále více nepřesnější. Digitalizace a dodání konstantní výšky sice zanesla hned na začátku významnou chybu do dat, ale ta se časem nebude tolik měnit. Je tedy pouze otázkou, která z popsanych chyb je přijatelnější. Zástavba byla digitalizována blokově. Byly ignorovány malé mezery mezi domy. Při prostorovém rozlišení rastru 20 m a ve srovnání s chybami o výšce lesa je to chyba přijatelná.

Pro lepší manipulaci s vypočítanými daty a podrobnější hodnocení existujících tras bylo vhodně vytvořit CID. To ovšem nebylo možné, protože tato databáze by zabírala obrovské množství fyzického místa a její vytvoření by vyžadovalo mnohem sofistikovanější přístup k výpočtům, než jaký měla tato práce. Vytvoření návrhu takové databáze a její uvedení do praxe by svou náročností a obsahem zcela jistě dalo na další diplomovou práci s důrazem na informatiku.

Tato práce také trpí tím, že výsledky minimálně druhé části práce nebyly konfrontovány s realitou. Ačkoli se mohou zdát určité výsledky správnější než jiné, dokud nebudou ověřeny v terénu, je jejich hodnocení pouze teoretické. Pro terénní šetření v rámci této práce nebyl prostor.

Výstup na webových stránkách této práce je velmi jednoduchý a jistě má prostor pro zlepšení. Mohlo by být přítomno více ovládacích prvků. Obsah mapy by šel zajisté také upravit a doplnit pro větší přehlednost. Dodání průhlednosti výstupům by řešení také jistě prospělo. Toto všechno je ale značně pokročilá funkcionalita. Zpracováním prostředí výstupu na webu by se dalo strávit velké množství času a také by se o něm dala sepsat rozsáhlá práce. Tato práce ale chtěla touto formou nastínit, jakým způsobem je vhodné data o viditelnosti vizualizovat a publikovat.

I přes tyto nedostatky a prostor pro zlepšení tato práce přináší kvalitní náhled na problematiku pokročilých analýz viditelnosti. Tímto tématem se mnoho odborníků nezabývá, což svědčí o jeho náročnosti. Na dostupném hardwarovém zařízení bylo provedeno výpočetní maximum.

8 ZÁVĚR

Hlavním cílem této magisterské práce bylo nalezení postupu, který by umožnil vyhledání tras s nejlepším nebo nejhorším výhledem do okolí. Jako vzor byl zvolen postup D. R. Caldwelly z University of Edinburgh, kteří se nezabývali pouze výpočtem tras s nejlepším či nejhorším výhledem do okolí, ale pomocí analýz viditelnosti charakterizovali různé vlastnosti zájmového území. Jejich postup byl upraven do podoby, která byla proveditelná v podmínkách na Katedře geoinformatiky.

Tato část práce byla provedena s výškovými daty Shuttle Radar Topography Mission s prostorovým rozlišením 90 m. Zájmové území zahrnovalo ostrov Mallorca a blízké okolí. Nejprve byl vytvořen rastr kumulovaných viditelností, jehož výpočet trval více než 1 800 hodin. Pro porovnání rozdílů byly vypočítány dvě verze tohoto rastru. První uvažoval i hladinu moře v blízkém okolí ostrova a druhý pouze souš. Dále bylo provedeno několik analýz, které byly popsány v Caldwellově postupu. Zejména výpočet nejméně a nejvíce viditelné trasy, které jsou shodné s trasami s největším a nejmenším rozhledem do okolí.

Druhá část této práce hodnotila již existující trasy z hlediska viditelnosti. Zájmové území se přesunulo do Moravskoslezských Beskyd, do okolí Lysé hory. Byl vytvořen podrobnější digitální model terénu s rozlišením 20 m. Aby bylo možné zhodnotit vliv výšky lesa a zástavby, výpočty probíhaly opět nad dvěma různými výškovými rastry. První, takzvaný „holý“, neuvažoval žádný porost ani zástavbu. K druhému rastru byly dodány informace o výšce lesa a blokové zástavbě.

Autor vybral několik turistických tras a cyklostezek, které byly rozděleny do dvaceti úseků, aby bylo možné trasy hodnotit po kratších částech. Následně byly všechny úseky hodnoceny z hlediska výhledu do okolí nad oběma výškovými rastry a výsledky porovnávány. Pro každý úsek byl vytvořen rastr výhledu do okolí. Tyto výsledky byly publikovány na webových stránkách této magisterské práce.

V zájmovém území byl vytvořen také seznam 203 bodů zájmu. Jednotlivé úseky byly hodnoceny i vzhledem k nim. Ve výsledku lze tedy říci, ze kterého úseku je nejčastěji vidět daný bod a kterou cestou se vydat, aby měl člověk výhled na bod zájmu.

Tato diplomová práce ukázala, že analýzy viditelnosti se dají používat k mnohem širší škále analýz, než k jaké jsou dnes často využívány. Analýzy viditelnosti mají velký

potenciál nejen v tradičních odvětvích, kde se již využívají, ale i v oblastech, kam teprve pronikají, což může být třeba cestovní ruch a turistika.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Tištěné zdroje:

CALDWELL, D. R., M. J. MINETER, S. DOWERS a B. M. GITTINGS. Analysis and Visualization of Visibility Surfaces. *Proceedings of the 7th International Conference on GeoComputation*. 2003.

Dostupné z: <http://www.geocomputation.org/2003/Papers/Caldwell_Paper.pdf>.

KIDNER, David B., Philip J. RALLINGS a J. Andrew WARE. Parallel Processing for Terrain Analysis in GIS: Visibility as a Case Study. *GeoInformatica*. 1997, roč. 1, č. 2, s. 183-207.

KIM, Young-Hoon, Sanjay RANA a Steve WISE. Exploring multiple viewshed analysis using terrain features and optimisation techniques. *Computers & Geosciences*. 2004, č. 30, 1019–1032.

LU, M., J. F. ZHANG, P. LV a Z. H. FAN. Least visible path analysis in raster terrain. *International Journal of Geographical Information Science*. 2008, roč. 22, č. 6, s. 645-656.

MINETER, M. J., S. DOWERS, D. R. CALDWELL a B. M. GITTINGS. High-throughput Computing to Enhance Intervisibility Analysis. *Proceedings of the 7th International Conference on GeoComputation*. 2003.

Dostupné z: <http://www.geocomputation.org/2003/Papers/Mineter_Paper.pdf>.

POPELKA, Stanislav. *Analýzy viditelnosti a jejich vizualizace*. Olomouc, 2010. Magisterská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

Dostupné z: <http://www.olomouckevyhledy.upol.cz/Popelka_DP.pdf>.

RAY, Clark K. *Representing visibility for siting problems*. New York, 1994. Dostupné z: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA284076>>.

RICHBOURG, Robert, Clark K. RAY a Larry CAMPBELL. Terrain analysis from visibility metrics. *Proceedings of the SPIE Conference*. 1995, Vol. 2486, s. 208-219.

REUTER, H. I., A. NELSON a A. JARVIS. An evaluation of void filling interpolation methods for SRTM data. *International Journal of Geographic Information Science*. 2007, roč. 21, č. 9, s. 983-1008.

Dostupné z: <<http://www.cgiar-csi.org/images/stories/docs/Reuteretal2007.pdf>>.

Elektronické zdroje

CONSORTIUM FOR SPATIAL INFORMATION. *SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1* [online]. 14 November 2011 [cit. 2012-04-15].

Dostupné z: <<http://www.cgiar-csi.org/data/elevation/item/45-srtm-90m-digital-elevation-database-v41>>.

ESRI. *Desktop Help 10.0* [online]. © 1995-2012 [cit. 2012-02-17].

Dostupné z: <<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html>>.

GOOGLE, Inc. *Google Maps API* [online]. 2012 [cit. 2012-04-17].

Dostupné z: <<https://developers.google.com/maps/>>.

Poi.cz. [online]. 2008 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <<http://www.poi.cz/>>.

SUMMARY

The master thesis Advance Analysis of Visibility was processed at the Department of Geoinformatics at the Faculty of Science at Palacký University in Olomouc. Supervisor was Mgr. Jana Svodobová, Ph.D. The main goal of the thesis was to create a procedure that would allow finding routes with the best or worst view to the surroundings. Another main goal was evaluation of the current routes such as hiking trails, biking routes or road network.

There are several methods for calculating routes with the best or worst view to the surroundings. Procedure of D. R. Caldwell from the University of Edinburgh was chosen as a model approach. This approach didn't engage only calculation of the most and least visible path (which are similar to routes with best or worst view to the surroundings) but they also made various characteristics of the test area. This procedure was modified into a form that was feasible in the Department of Geoinformatics.

First part of the work was applied at island Mallorca and its close surroundings. As a source elevation data was taken Shuttle Radar Topography Mission 90 m raster. First step was to calculate cumulative visibility raster which is sum of viewsheds from each grid point of the test area. This calculation lasted over 1800 hours. Two versions of this raster were calculated. First one included pixels of the sea. Another one reflected only dry land. The differences were significant and conclusion of this is that sea cannot be excluded. Even though it isn't dry land it is still observable.

Furthermore, several analyzes that were described in Caldwell's procedure were accomplished. They helped to characterize the area and determine its specifications. Calculation of the least and most visible path was the most important analysis. The cumulative visibility raster entered this analysis as a cost raster. Raster of roads can be added so current roads will be favoured. Naturally, another cost raster can be added.

Second part of this work evaluated current routes in terms of visibility. As test area surrounding of Lysá hora mountain was chosen. Digital elevation model was created more detailed with spatial dimension of 20 m. There were created two digital elevation models. First one, the so-called "bare", with no vegetation or buildings. Second one with supplied information about the forest high and block built-up area. This was done to examine the differences and evaluate the effect of vegetation on visibility analysis.

Several hiking trails and biking trails were chosen to evaluate them. They were divided into twenty sections, in order to evaluate them in shorter sections. Subsequently, all

sections were evaluated in terms of view with both elevation grids entering the calculation. The differences between both elevation grids were evaluated. For each section the viewshed was created and published on this website on page “Výstupy” and on DVD which is attached to this master thesis.

For this area of interest a list of 203 points of interest was created. Individual sections were evaluated with respect to these points. As a result, we can say from section is each point the most visible and which way to go to have best view on specific point of interest.

This master thesis has shown that analysis of visibility can be used to much wider range of analyzes than they are used now. Analysis of visibility doesn't have great potential in traditional areas, which are already being used, but also in the areas where they start to get through, such as tourism.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

Příloha 1 Relativní hodnoty viditelnosti bodů zájmu.

Volné přílohy

Příloha 2 DVD

Příloha 1

Tab. 2. Relativní hodnoty viditelnosti bodů zájmu. Čísla 01, 02... jsou označení jednotlivých úseků.

NÁZEV	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
areál Fojtství a Obecná škola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Babí vrch (952 m.n.m.)	0	1	1	8	0	0	0	0	1	4	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Bačův kopec (529 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	3	0	0	0	7	0	44	15	0	0
Bahaňa (827 m.n.m.)	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bečovská Kyčera (783 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0
Beskyd (681 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bílý Kříž	3	5	0	0	0	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	11	0	0	0	0
Blato (938 m.n.m.)	6	18	0	0	4	0	0	0	0	2	0	0	8	0	0	13	0	0	0	0
Boží muka na Husinci, Raškovice	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Boží muka, Metylovice	0	0	0	0	0	0	0	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
Bukovina (995 m.n.m.)	12	20	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	8	7	7	17	0	0	0	0
Burkův vrch (1031 m.n.m.)	5	2	5	1	0	2	0	0	0	13	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Bystré (416 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	3	27	0	0	0	0	27	12	0	0
Čeladná	0	0	0	0	0	0	0	0	13	1	3	11	0	0	0	0	28	0	0	0
Čerčok (800 m.n.m.)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Červenec (759 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0
Čudácká (827 m.n.m.)	13	25	0	0	0	2	0	0	0	13	0	1	1	0	0	23	0	0	0	0
Čupel (872 m.n.m.)	0	3	0	0	0	0	45	7	12	2	1	14	0	0	1	0	1	33	63	11
Čupel (943 m.n.m.)	2	12	0	0	2	1	0	0	0	2	10	16	0	0	0	5	0	0	0	1
Dolní Lomná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frenštát pod Radhoštěm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	5	0	0	0	0	0
Frýdlant nad Ostravicí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24	0	0	0	0	31	2	0	0
Godula (737 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gruň, hotel Charbulák	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
Gruník (741 m.n.m.)	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gutský vršek (741 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Helštýn (482 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	4	0	40	0	0	0
Hliněné (874 m.n.m.)	17	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	1	2	0	0	21	0	0	0	0
Horka (599 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	23	0	0	0	0	7	0	0	0
horská chata Bílá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horská chata Kozinec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hrad Hukvaldy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hradní kaple sv. Ondřeje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hukvaldy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hůrka (441 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	1	11	0	0	0	0	0	5	0	0	7	0	0
Hůrky (416 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	1	2	15	0	3	24	0	0	0	0	35	15	0	0
chata Dorotka	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
chata Kamenitý	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
chata Sklaka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ivančena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0
Janíkula (832 m.n.m.)	14	1	0	0	4	1	0	0	0	15	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0
Javorový (1031 m.n.m.)	0	0	0	7	0	0	12	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Javořina (832 m.n.m.)	10	15	0	0	4	1	0	0	0	16	0	0	2	0	0	13	0	0	0	0
Kalužný vrch (993 m.n.m.)	0	1	1	9	8	0	3	0	0	5	0	10	0	0	0	0	0	6	0	0
Kamenice (441 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	1	18	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Kamenná chata Velký Polom	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kaple sv. Cyila a Metoděje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kaplička Prostřední Bečva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazničov (601 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	2	21	1	0	0	0	0	6	0	1	19	0	0
Kladnatá (715 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3	4	0	0	0	0	0	40	3	0	0
Kladnatá (918 m.n.m.)	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	9	0	10	0	1	0	0	0

Tab. 2. - pokračování

NÁZEV	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
klášter milosrdných sester sv. Karla Boromejského, Frýdlant nad Ostravicí	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	3	24	0	0	0	0	31	5	0	0
Klubovec (638 m.n.m.)	11	7	0	0	4	2	0	0	0	9	5	0	2	0	0	13	1	0	0	0
Kněhyně (1256 m.n.m.)	14	24	0	2	4	0	0	1	19	5	23	0	8	5	16	13	40	3	0	0
Kobylanka (1053 m.n.m.)	4	13	0	2	4	6	0	0	0	4	2	22	0	0	0	6	0	0	0	1
Kobylská (804 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	4	1	10	0	0	0	0	0
Kolářova chata Slavič	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konečná (865 m.n.m.)	18	22	0	0	2	2	0	0	0	14	0	0	3	0	0	28	0	0	0	0
kostel Českobratrské církve evangelické, Hamrovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
kostel Nejsvětější Trojice, Ostravice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	19	0	0	0	0	1	0	0	0
kostel Neposkvrněného početí Panny Marie, Pržno	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	3	25	0	0	0	0	30	13	0	0
kostel Panny Marie Pomocnice, Staré Hamry	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0
kostel Panny Marie Sedmibolestné, Palkovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kostel Povýšení Svatého Kříž, Horní Lomná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kostel Sv. Antonína Paduánského	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
kostel sv. Bartoloměje, Frýdlant nad Ostravicí	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	3	24	0	0	0	0	31	12	0	0
Kostel sv. Cyrila a Metoděje, Radhošť	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kostel sv. Ignáce z Loyoly, Malenovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	19	0	0	0
kostel Sv. Jana Křtitele, Palkovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kostel sv. Jana Nepomuckého, Čeladná	0	0	0	0	0	0	0	0	14	1	7	11	0	0	0	0	31	0	0	0
kostel Sv. Martina, Frenštát pod Radhoštěm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
kostel sv. Máří Magdalény, Kunčice pod Ondřejníkem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
kostel Všech svatých, Metylovice	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	3	18	0	0	0	0	36	15	0	0
Kostelky (933 m.n.m.)	0	0	1	0	0	1	2	0	0	11	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Kotly (444 m.n.m.)	0	0	0	0	0	15	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	21	5	0	0
Kozí hřbet (985 m.n.m.)	0	0	3	7	13	7	0	0	5	22	0	8	0	0	0	0	0	0	13	4
Kozlená (885 m.n.m.)	13	11	0	0	4	2	0	0	0	25	0	2	0	0	0	17	0	0	0	0
Kozlovická hora (612 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	5	21	0	4	0	0	0	5	0	44	19	0	0
Kozubová (981 m.n.m.)	0	2	0	7	13	1	1	0	0	7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
Kožná (505 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0	44	11	0	0
Králova hora (555 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0	44	1	0	0
Kubánkov (660 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	2	7	18	0	4	13	0	0	8	0	44	19	10	0
Kunčice pod Ondřejníkem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0	0	0	0	23	1	0	0
Kyčera (656 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Kyčera (768 m.n.m.)	0	6	0	0	0	0	9	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kyčera (906 m.n.m.)	0	8	0	0	5	0	5	17	18	0	4	25	0	0	0	0	12	4	58	0
Kyčera u Morávky (833 m.n.m.)	0	7	0	0	15	0	23	29	4	1	0	0	0	0	0	0	9	69	13	0
Kykulka (995 m.n.m.)	0	3	0	0	0	0	3	14	19	0	4	31	0	0	1	0	39	7	0	0
letišť Frýdlant nad Ostravicí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	26	0	0	0	0	30	5	0	0
Lipí (901 m.n.m.)	0	8	0	0	5	0	33	9	11	2	0	0	0	0	0	0	20	29	13	0
Lučkov (792 m.n.m.)	6	15	0	0	4	1	0	0	0	11	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0
Lučovec (908 m.n.m.)	8	16	0	0	4	1	0	0	0	12	6	0	3	0	10	15	1	0	0	0
Lysá hora (1393 m.n.m.)	11	18	0	4	6	7	0	3	22	10	11	33	0	0	4	8	39	11	14	1
Magurka (1067 m.n.m.)	13	18	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	8	0	0	14	9	1	0	0
Malá Kyčera (744 m.n.m.)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Malá Kykula (788 m.n.m.)	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malá Prašivá (706 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	16	0	5	2	3	0	0	0	0	0	0	39	0	0
Malá Skalka (797 m.n.m.)	0	0	1	0	0	0	4	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Malá Stolová (1009 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	16	4	13	0	1	0	0	0	40	2	0	0
Malchor (1219 m.n.m.)	0	15	0	5	4	7	1	13	21	2	3	31	0	0	4	3	35	17	7	1

Tab. 2. - pokračování

NÁZEV	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Skalní vrch (459 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	3	6	0	0	4	0	39	17	0	0
Slavič (1054 m.n.m.)	0	7	0	9	21	3	8	4	5	6	0	10	1	0	0	1	0	6	67	1
Smolkov (751 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Smrček (858 m.n.m.)	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	21	20	0	0	0	0	18	1	0	0
Smrčina (1014 m.n.m.)	0	0	0	8	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
Smrk (1276 m.n.m.)	16	21	0	4	4	4	0	0	19	10	27	17	4	0	0	19	35	2	0	1
Smrkovina (923 m.n.m.)	9	8	0	0	2	10	0	0	0	33	0	5	0	0	0	6	0	0	0	1
Staré Hamry	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Strážnice (480 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Stupný (600 m.n.m.)	2	3	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Suchý (628 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulov (942 m.n.m.)	12	23	0	0	19	7	0	5	1	14	0	5	0	0	0	18	0	0	0	3
Šagatka (671 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Šance (606 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Šance (675 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Šebestýna (1057 m.n.m.)	0	12	0	4	4	4	0	2	20	1	0	0	0	0	0	0	0	12	9	1
Šindelná (1000 m.n.m.)	0	0	0	2	0	0	12	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Šorštýn (708 m.n.m.)	5	11	0	0	4	1	0	0	0	11	0	0	2	0	0	8	0	0	0	0
Tábor (472 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Tanečnice (1084 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4	3	0	0	12	11	0	41	2	0	0
Tanečnice (820 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	4	29	0	0	0	0	18	4	0	0
Těšíňočka (990 m.n.m.)	13	15	0	0	4	4	0	0	0	16	0	2	1	0	0	14	0	0	0	0
Tetřev	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tichavská hůrka (543 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	7	1	0	6	0	0	0	0	0
Travný (1203 m.n.m.)	5	11	0	7	21	2	10	24	22	17	0	1	0	0	0	4	0	5	69	1
Tribulka (891 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	28	0	0	0	0	0	0	0	0
Trojačka (987 m.n.m.)	12	17	0	0	4	2	0	0	0	11	8	0	9	0	0	17	1	0	0	0
Trojanovice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U Veličků	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	16	0	0	0
Úbočí (863 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	1	18	1	5	10	0	0	5	0	45	16	0	0
Uhorská (1028 m.n.m.)	14	26	0	1	0	2	0	0	5	20	0	5	0	0	0	22	0	0	0	0
Úplaz (949 m.n.m.)	0	0	2	5	0	1	2	0	0	12	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Velká Kyčera (906 m.n.m.)	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Velká Kykula (811 m.n.m.)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Velká Polana (893 m.n.m.)	0	0	1	9	0	1	3	0	0	9	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Velká stolová (1049 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	17	4	14	0	3	1	3	0	42	3	0	0
Velký Lipový (1003 m.n.m.)	0	0	0	5	0	0	25	27	2	1	0	0	0	0	0	0	0	11	67	0
Velký Lučný (745 m.n.m.)	11	0	0	0	4	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
Velký pahorek (468 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	1	17	0	3	27	0	0	0	0	22	13	0	0
Velky Polom (1067 m.n.m.)	0	0	8	9	0	1	1	0	0	14	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Visalaje	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vodní nádrž Morávka	0	0	0	0	0	0	0	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
vodní nádrž Šance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Vrchy (446 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	15	0	0	0	0	24	0	0	0
vyhlídka Cyrilka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0
Vysoký Rykali (911 m.n.m.)	0	10	0	0	23	9	0	0	0	22	0	9	0	0	0	2	0	0	0	4
zámek Sklenov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zar (630 m.n.m.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	17	0	0	0	0	27	1	0	0
Zimný (1080 m.n.m.)	4	12	0	3	5	7	0	0	19	11	0	15	0	0	0	6	0	2	0	1