



Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH** **ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra krajinného managementu

## **Bakalářská práce**

GIS analýza viditelnosti významného bodu v krajině  
a její ověření v terénu

Autorka práce: Lorencová Iva

Vedoucí práce: Ing. Bystřický Václav, Ph.D.

České Budějovice  
2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne .....

.....

Podpis

---

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na analýzu viditelnosti státního zámku Hluboká nad Vltavou, s využitím softwaru ArcGIS. Cílem této práce bylo vytvoření analýzy viditelnosti pro dva různé digitální modely a jejich porovnání. Teoretická část práce obsahuje literární rešerši, která popisuje geografické informační systémy, tvorbu digitálních modelů a viditelnost. Praktická část práce je zaměřena na popis vytvoření 3D a 2D digitálních modelů a také obsahuje podrobnější popis zájmového území, pro které byla analýza viditelnosti zpracována. Metodika práce obsahuje podrobný popis zpracování dat pro vytvoření digitálního modelu povrchu 1. generace a digitálního modelu reliéfu 5. generace. Dále je v praktické části práce popsán podrobný postup vytváření analýzy viditelnosti. Následně jsou výsledky vyhodnoceny a ověřeny v terénu.

**Klíčová slova:** Digitální model terénu (DMT), digitální model povrchu (DMP), analýza, viditelnost, ArcGIS

## Abstract

This bachelor thesis focuses on the analysis of the visibility of the Hluboká nad Vltavou state chateau, using ArcGIS software. The aim of this work was to create a visibility analysis for two different digital models and compare them. The theoretical part of the thesis contains a literature search that describes geographic information systems, the creation of digital models and visibility. The practical part of the work is focused on the description of obtaining data for the work and also contains a more detailed description of the area of interest for which the visibility analysis was processed. The methodology contains a detailed description of data processing for the creation of a digital model of the surface of the 1. generation and digital model of the relief of the 5. generation. Furthermore, the practical part of the work describes a detailed procedure for creating a visibility analysis. Subsequently, the results are evaluated and verified in the field.

**Keywords:** Digital terrain model (DMT), digital surface model (DMP), analysis, visibility, ArcGIS

---

## Poděkování

Mé poděkování patří především vedoucímu práce Ing. Václavu Bystřickému, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady, ochotný přístup, trpělivost a za čas, který mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval. Také bych chtěla poděkovat Českému zeměměřičskému úřadu za poskytnutá data pro práci.

---

# Obsah

Úvod.....	6
1 Literární rešerše .....	7
1.1 Geografické informační systémy.....	7
1.2 Digitální modely reliéfu.....	12
1.2.1 Rastrový model.....	13
1.2.2 Polyedrický model – TIN.....	15
1.2.3 Plátový model.....	16
1.2.4 Digitální modely reliéfu ČR.....	17
1.2.5 Metody získání dat pro tvorbu DMT .....	17
1.3 Software ArcGIS .....	19
1.4 Viditelnost .....	20
2 Materiál a metody .....	23
2.1 Cíl práce .....	23
2.2 Materiál .....	23
2.3 Metody .....	25
3 Výsledky a diskuze .....	26
3.1 3D modely.....	26
3.2 Výsledná viditelnost .....	27
3.3 Zhodnocení výsledků a diskuze.....	54
Závěr .....	56
Seznam použité literatury.....	57
Seznam internetových zdrojů .....	61
Seznam obrázků.....	62

---

## Úvod

Analýza viditelnosti patří mezi základní GIS analýzy, které probíhají na digitálním modelu terénu. V současné době se tato analýza řadí k nejrozšířenějším analýzám, které se využívají například v procesu krajinného plánování. Tato bakalářská práce se zaměřuje na GIS analýzu viditelnosti významného bodu v krajině a její ověření v terénu.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí. První částí je literární rešerše, která se věnuje popisu témat týkajících se GIS. Druhá část práce je praktická. Popisuje vytvoření digitálních modelů, zpracování analýzy viditelnosti a její ověření v terénu.

Cílem této práce je vytvoření dvou digitálních modelů, které jsou použity pro výpočet analýzy viditelnosti a jejich následné porovnání. Data pro vytvoření digitálních modelů bezplatně poskytl Český zeměměřičský a katastrální úřad.

Jako významný bod pro určování analýzy viditelnosti byl zvolen státní zámek Hluboká nad Vltavou. Analýza viditelnosti byla zpracována pro okolí zámku. Praktická část je doplněna o vlastní mapy, které charakterizují polohu významného bodu a definují rozlohu zájmového území.

# 1 Literární rešerše

## 1.1 Geografické informační systémy

V současné době není k dispozici jednotná definice pro geografické informační systémy. V dostupné literatuře jsou však k nalezení různé definice tohoto pojmu. Například Julínek (2003) rozsáhleji popisuje definici GIS jako objekty a jevy z reálného světa, které se vyskytují na zemském povrchu v určitém místě. Současně se objekty nacházejí v určitém prostoru společně s množstvím jiných objektů, čímž se navzájem ovlivňují. Znalost polohy a vzájemných prostorových souvislostí mezi jednotlivými objekty, je velmi důležitá a je nedílnou součástí různých oborů lidské činnosti. V praxi je důležité vědět o všech vlastnostech objektu a o jeho poloze. Tento typ dat je nazýván geografická, či prostorová data. Arnoff (1989) oproti Julínkovi jednoduše popisuje GIS jako „jakýkoliv soubor manuálních nebo počítačových procedur používaných k ukládání a manipulaci geograficky definovaných údajů.“ Burrough (1986) podobně jako Julínek má pro geografické informační systémy rozsáhlejší definici která uvádí, že GIS je „soubor prostředků pro sběr, ukládání, vyhledávání, transformaci, analyzování a zobrazování prostorových údajů z reálného světa z hlediska:

- Jejich polohy vzhledem k definovanému souřadnicovému systému
- Jejich popisných – atributových vlastností
- Jejich prostorových vztahů k jiným objektům, jejich topologie“.

Geografické informační systémy obsahují mnoho nástrojů, které umožňují pracovat s prostorovými daty.

Moderní doba umožnila vývoj počítačového systému, který je označován jako geografický informační systém – tedy GIS. Parker (1989) tento systém definuje jako „informační technologie, která ukládá, analyzuje a zobrazuje prostorové a neprostorové údaje.“ Parker a Julínek se v těchto definicích shodují, pouze je vykládají svými slovy. Julínek (2003) tento počítačový systém blíže analyzuje jako systém který má možnost uložit, prohlédnout a zpracovat geografická data. Geografické informační systémy spojují možnost použití databáze, tabulkových procesorů, statistických programů, nebo také technické kreslení. To umožňuje kombinaci dotazů ohledně vlastností vybraných objektů, potřeby znát jejich polohu a vztah k ostatním objektům. Aby bylo možné zpracovat takovéto dotazy, je nutné použít specializovaný program GIS, který je používán pro práci s topologií objektů. Zpracování dotazů nese výsledek v podobě mapových forem, tabelárních výstupů, nebo i grafů. Transparentnost systému utváří

důležitá vlastnost GIS, která umí dekomponovat celiství systém na jednotlivé komponenty, podle tematických celků, nad kterými je možné provádět další operace. Další důležitou vlastností GIS je možnost operace s daty. Nyní je možné pracovat s daty hlavně za pomoci nástrojů které jsou vestavěné do GIS a umožňují vkládat a ukládat různé formáty dat. Tyto nástroje umožňují správu různých typů dat jako například: digitální obrázky, naměřená data, která mohou být v tabelárním i textovém formátu. Dále také vektorová a rastrová data, data GPS. Julínek (2003) tak říká, že popis děje, který je ve formě vybrané databáze grafických a popisných dat, je jen zjednodušená realita. S vybranými softwarovými prostředky, je uživatel schopen tato vstupní data zpracovat. Výsledky a vyhodnocení dat, jsou prezentovány v grafické podobě a jsou užity jako vstupní data pro další analýzy, či jako podkladové materiály pro rozhodovací proces.

Minami (2000) říká, že „geografický informační systém je organizovaný souhrn počítačové techniky, programového vybavení a dat, jenž je pracovníky navržený tak, aby umožnil efektivně získávat, ukládat, aktualizovat, analyzovat, přenášet a zobrazovat veškeré typy geograficky vázaných dat.“

### **Geografická data**

Jaké vlastnosti geodat je potřebné znát a jaké jsou jejich způsoby využití je velmi dobře popsáno v díle od Karla Charváta (2007). Mezi vlastnosti, které jsou známé, Charvát (2007) řadí dva modely dat: rastrový a vektorový model dat. Vektorová data, mohou být stažena ve formátech DGN a SHP, taktéž se objevují jako obrázky ve formátech JPG. Všechny výše uvedené formáty je možné použít v GIS. Informační systémy používají textové formáty, které se označují jako registry a číselníky. Tato data obsahují údaje o geografické lokalizaci, jako jsou geografické souřadnice místa, určení polohy adresou, nebo vymezení regionu. Český statistický úřad je pověřen vyhlášením statistické klasifikace a také vyhlášením číselníků. Číselník je uspořádaný seznam kódů, kdy každý kód má přidělen určitý význam. Tyto číselníky jsou nedílnou součástí informačního systému. Statistická data je možné použít například při tematickém mapování, při tvorbě kartodiagramů, nebo kartogramů.

Pechanec (2006) uvádí, že geodata jsou v největší míře sdílena za pomoci standardizovaných rozhraní a formátů. Uvádí dvě možnosti, jak data sdílet: jako obrázky, nebo prvky. Také zmiňuje technologii Open GIS, která se v době vydání díle teprve



dostávala do popředí. Technologie obsahuje Web Map Service – WMS službu, která je dnes běžně používaná.

Charvát s Pechancem ohledně sdílení a umístění geodat na webových stránkách souhlasí, avšak zmiňuje že tento způsob sdílení sebou nese několik problémů, co se objemu a rozsahu dat týče. Pokrytí celé České republiky nabízí jen některé internetové zdroje, jiné mohou nabídnout jen nějaké zájmové oblasti. Poskytovatelé geodat se potýkají s problémy především, pokud nemají dostatečný internetový prostor, kam by mohli data umístit. Někteří poskytovatelé také nemají zájem poskytovat všechna data zdarma, což řeší tak, že na internetové stránky umístí pouze ukázky ze svých dat, či metadat. Pro poskytovatele tak vyvstávají pouze dvě možnosti, jak zpřístupnit data. První možnost je poskytnutí dat za úplaty, druhou možností je poskytnutí zdarma. Pokud se poskytovatel uvolí k nabídnutí dat zdarma, je to obvykle pouze pro nekomerční účely.

Krömer (2010) uvádí, že data, která mají prostorový charakter, jsou nazývána jako data prostorová. Tato data obsahují prostorové informace o poloze, s níž je možné data zobrazovat v prostoru zakreslením do mapy.

### **Co je to reliéf a terén**

Demek (1979) popisuje reliéf Země jako soubor vzedmutých a propadlých tvarů povrchu kůry zemské. Tato definice se vztahuje na pevninu, dna oceánů a moří.

S definicí Demka, souhlasí Křížek (2017), který mluví o vzniku reliéfu naší planety jako o působení různorodých endogenních procesů. Tento vznik probíhal včetně geomorfologických tvarů. Tyto endogenní procesy se mezi sebou různě kombinovaly, což má za následek, že většina reliéfu byla polygeneticky vyvinuta.

V knižním díle *Nauka o terénu a jeho znázorňování* od Černocho (1927) je terén definován několika různými způsoby. Je dělen na volný terén, jenž se vyznačuje nízkým počtem překážek, terénních objektů a vzrostlé zeleně. Dále terén rozlišují na terén pokrytý, kde je k nalezení velký počet vzrostlé vegetace, kterou se rozumí stromy, keře, nebo shluk keřů, či aleje. Dalším typem, jenž uvádějí je terén hustě kultivovaný. Tím se rozumí takový terén, kde je k nalezení například vinice, chmelnice, ale také ohrady a zahrady. Rozeklaným terénem je chápán terén takový, na kterém jsou pozorovatelné strže, násep, nebo zářez a další podobné terénní útvary. V poslední řadě jsou zde uvedeny označení významných terénních útvarů a schůdnosti terénu: terén otevřený, zvlněný terén, terén rovinatý, nebo nerovný. Dále je to terén plochý, přerývaný

a střídavý, různotvárný. Pokud bychom chtěli vyjádřit množství vegetace na terénu, použijeme výraz jako: terén porostlý, terén nepřehledný, nebo terén lesnatý.

### **Digitální reprezentace reliéfu**

Voženílek (2001) uvádí, že i přes rozcházející se názory autorů jež se již dříve zabývali problematikou jaké jsou možnosti reprezentace digitálního modelu reliéfu (Krcho 1990, Rapant 1998, Burrough 1986, McDonnell 1989), jsou určeny tři základní způsoby, kterými je možné reprezentovat reliéf: vrstevnice, grid a TIN.

Tuček (1998) ve své knize říká, že získané hodnoty z pozemního geodetického měření, je možné v nynější moderní době přenést v digitální podobě z paměti geodetických přístrojů, do softwaru, jenž umí vytvořit model. Tímto tvrzením se shoduje se svými kolegy, jako Voženílek, od něhož je níže popsáno, jak je možné takový model vytvořit. Dále Tuček (1998) upozorňuje že naměřené údaje jsou velmi přesné, ale jejich získání je velice náročné jak z hlediska pracnosti, tak z hlediska finančních nákladů. Je důležité, jakým způsobem budou vybrány body, jejichž hodnoty jsou předmětem zaměření. Tento způsob je obvykle používán u malých ploch, kde je potřebné, aby vytvořený model byl vysoce přesný.

Definici výše uvedených vrstevnic, popisuje Voženílek (2001) jako tradiční vyjádření nadmořské výšky zemského povrchu. Metoda vrstevnic je doplněna o významné výškové body. Vyjádření nadmořské výšky zemského povrchu vrstevnicemi, je však nespojité. Vrstevnice totiž umí reprezentovat jen vybrané nadmořské výšky. Popis reliéfu, jenž se řadí mezi liniové, obsahuje také vertikální profily, síť údolnic a hřbetnic. Tato reprezentace reliéfu, tedy liniová reprezentace, je obvykle využívána pro geomorfologické studie na analogových mapách. V prostředí GIS aplikace, je vrstevnice obvykle využívána jako podklad, jenž generuje složitější DMR.

S Voženílkem se shoduje popsání vrstevnic od Tučka (1998), který říká, že vrstevnice se aplikují k znázornění povrchů, zvláště terénu. Tento způsob označuje za velmi používaný a poměrně jednoduchý pro hardwarové a softwarové vybavení. Popis potupu práce začíná u použití digitizéru, kterým sejme průběh jednotlivých vrstevnic. Vektorové soubory tak vytvoří rastrovou reprezentaci vrstevnic, do příslušných buněk, jež jsou prostorově lokalizovány, se uloží hodnota výšky vrstevnice.

Grid Voženílek (2001) přiřazuje k pravidelným rastrovým strukturám. V těchto pravidelných rastrových strukturách se nacházejí matice buněk, do kterých je povrch diskretizován. Obvyklým tvarem těchto buněk je čtverec. Tento tvar buněk je upřednostňován zejména pro snadnější výpočet algoritmů. Ovšem je možné používat také obdélník, šestiúhelník, nebo také rovnostranný trojúhelník. Každá vytvořená buňka obsahuje hodnotu nadmořské výšky, která je vztažná ke středu buňky – grid, nebo je její nadmořská výška vztažná k uzlu mřížky který je vytvořený buňkami – tehdy je hovořeno o lattice. Jednoduché statistické analýzy, při kterých je použita mapová algebra, je umožněna matematickou kontinuitou, která předpokládá proměnlivost mezi jednotlivými buňkami. Mapová algebra je používána k různým operacím na pravidelných strukturách, včetně grid a lattice, totožným způsobem jako jsou prováděny na dvou číslech.

Kennedy (2009) popisuje Tin jako strukturu vektorových dat. Tato struktura definuje povrchu jako nepravidelnou síť trojúhelníků, kteří se nepřekrývají. Vzájemně se ovšem liší svojí velikostí, orientací a sklonem. Každý jednotlivý trojúhelník obsahuje informace o nadmořské výšce. Tyto hodnoty se s každým trojúhelníkem liší. Trojúhelníky jsou interpolovány z okolních bodů.

Morfometrie je část geometrické kartometrie, která umí charakterizovat tvar reliéfu. Křížek (2017) tento způsob vyjádření reliéfu popisuje jako soubor veličin, jimiž je možné charakterizovat daný tvar reliéfu. Pomocí morfometrie je možné uvést části reliéfu, jak je daná forma široká, dlouhá, vysoká, jaký má sklon nebo orientaci vztažnou ke světovým stranám. Tato vědní disciplína nevyjadřuje pouze geometrický tvar, ale také pozici zájmového objektu k ostatním částem reliéfu. Dále se Křížek ve svém článku zabývá morfometrickou analýzou, mezi jejíž hlavní a také základní úlohy patří analýza sklonu a tvaru svahů a určení výškových stupňů reliéfu.

### **Výškopis**

„Výškopis je obrazem reliéfu na mapě. Reliéfem se přitom rozumí zemský povrch, ať již vytvořený přírodními silami, nebo činností člověka, avšak vždy bez objektů a jevů v něm, nad ním a pod ním. Pro výškopis souše se používá termín hypsometrie, pro výškopis zemského povrchu zakrytého vodou termín batymetrie.“ Čapek et al. (1992). Dle Čapka je použito pro znázorňování výškové složky je v mapě používáno hned několika metod – bodové, liniové nebo plošné značení, popřípadě lze tyto metody li-

bovolně kombinovat. U bodového značení jsou jako značky používány kóty. U liniového značení je užíváno vrstevnic a u technického šraf. Pokud se jedná o plošné znázornění, lze za něj považovat jevy, které pokrývají víceméně souvisle celou plochu mapového listu. Jako příklady lze uvést stínování, tónování, barevnou stupnici nebo sklonové šrafy.

Analýzou výškopisu vyvstává možnost zjistit a následně posoudit, jaký je terén mezi dvěma zájmovými body. Český úřad zeměměřičský a katastrální (ČÚZK) nabízí možnost aplikaci analýzy výškopisu. Tato aplikace je veřejně dostupná na stránkách Českého úřadu zeměměřičského: <https://ags.cuzk.cz/av/>. Existují také další podobné, veřejně dostupné aplikace. Například aplikace Google Earth, dostupná na: <https://www.google.cz/intl/cs/earth/>, poskytuje možnost zobrazení výškového profilu cesty, nebo také na stránkách [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz), je možnost ručního měření úseku, které poskytuje výpočet výškového profilu mezi zadaným bodem A a B. Výše zmiňovaná aplikace od ČÚZK byla naposledy aktualizována 1. 11. 2016. Z hlediska zaměření této BP jsou zajímavé nástroje umožňující uživatelům provádět analýzy viditelnosti. Jedním z nástrojů je pole viditelnosti, které umožňuje zjistit, zda je území viditelné z vybraného stanoviště do určené vzdálenosti. Dalším nástrojem je nástroj viditelnost po linii. Tento nástroj poskytne možnost zjistit, jaká je přímá viditelnost, dále jaká je viditelnost povrchu, nebo zjistit případné překážky přímé viditelnosti mezi dvěma vybranými body. Na určeném výškovém modelu se vybere výška stanoviště a také výška cíle. Další možnost je použít atributy objektů, které jsou k nalezení v databázi Registru výškových objektů a v Databázi bodových polí.

## 1.2 Digitální modely reliéfu

Miller a Laflamme (1958) uvádí, že v geoinformatice jsou digitální modely terénu, přibližně používány od roku 1950.

Gojda et al. (2013) uvádí dva základní digitální modely:

DMP – digitální model povrchu, v anglickém překladu digital surface model, proto je možné se setkat také se zkratkou DSM. Model definuje povrch krajiny včetně všech objektů na něm. Jedná se tedy o zobrazení vegetace a také budov. V praxi jsou na modelu viditelné i střechy nebo koruny stromů.

DMR – digitální model reliéfu. V praxi je možné se také setkat se zkratkou DMT – digitální model terénu. Tento model zobrazuje zemský povrch bez jakékoli vegetace, či objektů vytvořených lidskou činností. Jde tedy o „holý“ povrch. Tento model je

přesnější a detailnější než běžná mapa, nesmí se ovšem zapomenout, že model nemusí reálně kopírovat skutečný terén. Tento problém je zapříčiněn nepřesností při skenování a klasifikaci.

Krcha (1979) definuje digitální modely terénu jako „reprezentativní soubor bodů reliéfu terénu vybraných podle určitých pravidel polohově lokalizovaných a přiřazeným vektorem (sloupcem hodnot) parametrů reliéfu terénu. Jde tedy o body, informace o nich a pravidla používaná těchto informací“.

Jasnou definici uvádí Burrough, (1986), „každá číselná reprezentace souvislých změn reliéfu terénu v prostoru je digitálním modelem“.

Burrough, (1986), dále povrchy popisuje jako matematicky vyjádřitelné plochy v prostoru. Uvádí, že plochy není možné definovat jako celek, proto je nutné je rozdělit do menších a jednodušších bloků. Pro získání hodnot funkce, jsou využity různé typy interpolace na jednotlivých plochách. Dále povrchy popisuje jako obrazy. Dělí je na bodové a liniové. Bodové rozděluje na ty s pravidelnou strukturou, jimiž jsou mřížky či rastr a na bodové s nepravidelnou strukturou. Body s nepravidelnou strukturou jsou nepravidelné trojúhelníkové sítě – systém TIN – polyedrický model terénu. Liniové jsou dále děleny na vrstevnicové, profilové a kritických čar (např.: údolnice).

Evans (1972) je toho názoru, že analýzou digitálních modelů terénu, je možné se dozvědět o celé řadě důležitých informací, které jsou k dostání ve formě atributů. Tyto atributy jsou vztažné k povrchu terénu, který je reálný. Analýzy probíhají ve dvěma způsoby, obvykle se však používá jejich kombinace. Jedná se tedy o grafickou, vizuální analýzu, nebo jde o kvantitativní analýzu. Výstupy analýz jsou využívány dalšími složkami GIS, nebo slouží jako vstup do dalších modelů, které se mohou týkat například hydrologie, či eroze. Specifická geomorfometrie a obecná geomorfometrie, jsou klasickým rozdělením pro analýzu geomorfologických parametrů.

### **1.2.1 Rastrový model**

Kraus (2000) říká, že rastrový model je možné chápat jako dvě varianty modelů. První varianta uvádí pixel jako buňku – která je uzavřena čtyřmi body rastrové sítě. Každý tento pixel nabývá jiné výškové hodnoty. Vzniklé zborcené čtyřúhelníky tak tvoří výsledný model. Druhá varianta rastru považuje pixel za objekt, který reprezentován jako pravoúhlá integrální ploška. Nabytá hodnota této buňky představuje výškový atribut, Z souřadnice, pro celou plochu buňky. Tato varianta je nejčastěji používána v rastrově zaměřených GIS.

Výpočty výšek tohoto modelu je možné provést dvěma metodami, prostorovou aproximací a lineární predikcí.

#### Lineární predikce

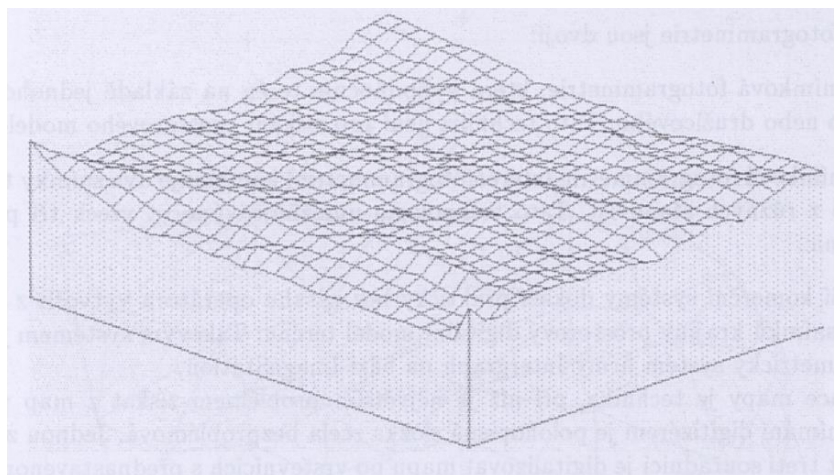
Preparata a Shamos (1985) uvádí, že typ triangulace je nejdůležitější částí pro tento model. Samotná triangulace se týká výhradně rovinných souřadnic daných vstupních bodů. Delaunayho podmínka je obvyklým kritériem které se používá. Podmínka říká, že vnitřek kruhu opsaného libovolnému z trojúhelníků sítě neobsahuje čtvrtý bod sítě. Halmer et al. (1996) naproti tomu uvádí, že pro zobrazení singularit terénu je nutné, aby navzdory optimálnosti Delaunayho kritéria, byly prvky terénu vyjadřovány trojúhelníkovými hranami, čímž na nich dále nebude probíhat aproximace.

#### Prostorová aproximace konečných prvků

Ebner (1980) vysvětluje prostorovou aproximaci jako obecnou metodu, která se úspěšně používá v numerické matematice a dalších technických oborech. Dalším obor, který pro tuto metodu našel využití je geodézie. Interpolace je založena na relativně jednoduchých a pravidelných strukturách. Tyto struktury povrchu modelu jsou definovány metodou nejmenších čtverců, které tvoří síť mřížek interpolačních bodů. Tyto konečné body, jsou poskládány dohromady a je tak vytvořena ucelená interpolační plocha. Výsledkem této metody je interpolační plocha, která je minimálně zakřivená a přibližuje se co nejvíce daným referenčním bodům.

Ackerman (2004) uvádí jako problém obou těchto metod zobrazování terénních singularit, typu ostrých hran, zlomů, teras, právě pro jejich princip vyhlazování.

Kraus (2000) řeší tyto dva případy řeší zavedením zlomových linií spojujících vstupní body na těchto singularitách, kde neprobíhají výpočty uvedených metod (vyhlazování povrchu), nebo zavedením hybridního modelu, kde jsou tyto linie povinnými hranami triangulace. Na obrázku 1.1, je možné vidět zobrazení rastrové plochy.



**Obrázek 1.1: rastrový model plochy, (Mayer, 1995)**

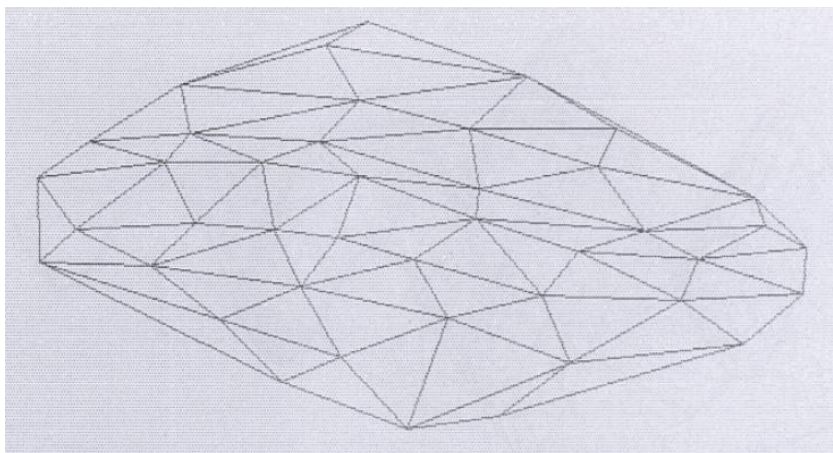
### **1.2.2 Polyedrický model – TIN**

Kraus (2000) tvrdí že terén je v tomto případě reprezentován trojúhelníky čili sadou vrcholů (vertices, vertex), hran (edges) a plošek (faces). Vstupní zdrojová data jsou vyjádřena X, Y a Z souřadnicemi vrcholů, každá hrana tak spojuje 2 vrcholy a rozděluje 2 plošky, každá trojúhelníková ploška je potom ohraničena 3 hranami a je považována za rovinný útvar. Na obrázku 1.2 je možné vidět polyedrický model terénu.

Pfeifer a Pottmann (1996) uvádí, že v některých případech však nejsou z hlediska přesnosti rovinné trojúhelníky dostačujícím řešením a jejich povrch může být modelován pomocí specifických algoritmů jakou jsou například Bezierův plát nebo Coonsova plocha.

Voženílek (2001) říká, že TIN vychází z nepravidelné trojúhelníkové sítě a elementární geometrická plocha zemského povrchu je reprezentována trojúhelníkem. K vektorově topologickým strukturám je řazen právě TIN. K vrcholům trojúhelníku jsou přiřazovány výškové hodnoty. Pole výškových bodů je tvořeno trojúhelníky, které jsou voleny způsobem, který splňuje podmínku absence dalšího uvnitř kružnice opsané trojúhelníku. Hovoří se o tzv. Delaunay kritérium. Výhoda přístupu je hustota vstupních bodů, které je možné volit podle členitosti reliéfu, což vede k maximálnímu přizpůsobení reliéfu. Další výhodou TIN je detailnější vizualizace reliéfu. Je vhodné také zmínit nedostatky modelu TIN. Pokud je model TIN tvořen vrstevnicemi, je možnost vzniku tzv. umělých teras. Tyto umělé terasy vznikají obvykle v okolí plochých hřbetů a údolí, následně neumožňují automatickou tvorbu linií odtoku či rozvodnic. Tuto

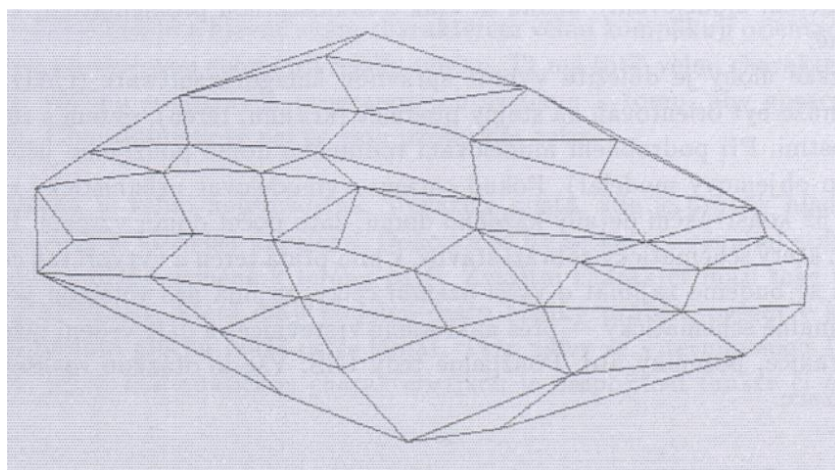
chybu je možné řešit druhotným ručním vkládáním kritických bodů hřbetnic a údolnic. Další nevýhoda spočívá v nemožnosti použít k modelování a analýze mapovou algebru.



**Obrázek 1.2: Polyedrický model terénu. (Mayer,1995)**

### **1.2.3 Plátový model**

Tuček (1998) říká, že plátový model využívá dělení ploch na plochy nepravidelné, rozdílně velké plošky, které jsou většinou trojúhelníkového tvaru, což je možné vidět na obrázku 1.3. Na rozdělených plochách jsou použity nelineární interpolace a také je zohledněn průběh plochy na sousedních plátech.



**Obrázek 1.3: Plátový model terénu. (Mayer, 1995)**



#### 1.2.4 Digitální modely reliéfu ČR

Vybraná níže uvedená data, byla použita v praktické části této bakalářské práce.

Brázdil (2009) popisuje budoucí vznik produktů DMR 5G a DMP 1, jenž se mají stát hlavními výškovými modely ČR. Dnes je jeho popis realitou, proto jeho definice mohou být interpretovány do současnosti.

Vstupní data, která byla získaná metodou laserového leteckého snímání, byla automatizovanými a manuálními postupy zpracována do čtyř skupin. Skupiny se dělí podle způsobu odrazu laserového paprsku od tzv.: rostlého terénu, budov, vegetace, náhodných objektů ve vzduchu jako jsou ptáci a konstrukcí které se mohou v terénu vyskytovat.

##### Digitální model povrchu území ČR 1. generace

1G – digitální model povrchu 1. generace. Model je převedený do rastrového formátu, jeho rozlišení je 2 m. Tento model povrchu zobrazí zemský povrch, jenž je přirozený, nebo lidskou činností změněný. Zobrazuje také stavby i vegetaci. Je vhodný pro analýzu viditelnosti, modelování radiových vln a další.

##### Digitální model reliéfu území ČR 5. generace

Má formát nepravidelné trojúhelníkové sítě v určených výškových bodů (TIN). Model je zdrojem databáze pro tvorbu vrstevnic, z nichž mají vzniknout mapy velkých měřítek.

##### Digitální model reliéfu území ČR 4. generace

DMR 4G je ve formě mřížce, tedy v rastrovém formátu s rozlišením 5 x 5 m. Model nezobrazuje vegetaci ani stavby, dokáže zobrazit zemský povrch přirozený, nebo lidskou činností upravený. Model byl vytvářen vždy po jednotlivých částech ČR, které byly rozdělené do tří pásem. DMR 4G je určen pro analýzu terénních poměrů regionálního charakteru a rozsahu. (Brázdil, 2009)

#### 1.2.5 Metody získání dat pro tvorbu DMT

##### **Zaměření výškopisu geodetickými metodami**

Tuček (1998) označuje data získaná pozemním geodetickým měřením za údaje které jsou velmi přesné, ovšem jejich získání je také velice pracné a finančně náročné. Toto měření se podle Tučka používá u malých ploch, kde je zapotřebí velmi vysoká přesnost modelu, obvykle je tato metoda používána pro projekční účely. Hermann (2003) ozna-

čuje geodetické měření jako přímý zdroj dat, protože data byla získána přímým měřením a zkoumáním na prostorových objektech a jsou využity přímo v GIS. Mezi tato měření se řadí například:

#### Tachymetrie

Donath (2008) tachymetrii popisuje jako geodetickou metodu, pomocí které je možné rychle získat hodnoty výšek měřených bodů. Měření probíhá s totální stanicí, jenž má zabudovanou aritmetickou jednotku pro uložení a výpočet naměřených hodnot.

#### Plošná nivelace

Doušek (1998), popisuje plošnou nivelaci jako zvláštní případ nivelace technické. V tomto případě se ze stanoviska přístroje určuje bočními záměry převýšení většího počtu situačně určených podrobných bodů. Plošná nivelace se podle Douška používá při vyhotovení výškopisných plánů a při vyhotovování detailních geodetických podkladů, které budou sloužit pro projekci staveb, nebo terénních úprav.

### **Nepřímé metody získávání dat**

#### Metoda leteckého skenování

Tato metoda se řadí mezi dálkové průzkumy Země. Dolanský (2004) vysvětluje, že pro letecké skenování se používá LIDAR. Jedná se o přístroj, ve volném překladu jde také o technologii, která slouží k detekci objektů a měření vzdáleností. Princip lidarů je dle Dolanského (2004) jednoduchý. Přístroj sestává ze zdroje laserového záření, optické soustavy, mechanického prvku, detektoru elektromagnetického záření a velmi přesných hodin. Tato metoda umožňuje sběr bodů pro tvorbu digitálního modelu reliéfu a modelu terénu. Důležité je, že tato metoda je použitelná i v zalesněných oblastech. Úplný proces měření a zpracování je ve větší míře automatizován. Z toho vyplývá že veškerá data jsou získána již v digitální podobě. Proto je vyhodnocení dat nutné provádět na počítačích. Brázdil (2009), definuje základ laserového leteckého snímání jako určení geocentrických souřadnic: X, Y, Z. Body jsou určeny na zemském povrchu za pomoci metody prostorového rajonu. Počátek zájmového rajonu je určený polohou ohniska leteckého laserového skeneru, která je určena GPS v souřadnicovém systému.

Gojda et al. (2013) uvádí jako nevhodnější období pro skenování za účelem vytvoření DMT, v klimaticky průměrném roce jaro. Přelom března a dubna je nejvýhodnější, jelikož již roztála sněhová pokrývka a zároveň je vegetace ještě dostatečně prostupná.

### Metoda stereoskopického měření

Dolanský (2004) tvrdí, že pro vnik stereoskopického vjemu, je nutné nasnímat jedno místo zemského povrchu ze dvou různých míst. S Dolanského tvrzením souhlasí definice od Mayera (1995), který stereoskopické měření popisuje jako dvousnímkovou fotogrammetrii, která kombinuje dva snímky jednoho území, které je získáno ze dvou různých pozic. Dvousnímková fotogrammetrie stereofotogrammetrie, slouží k výpočtu tří prostorových souřadnic. Mayer (1995) také uvádí druhou metodu fotogrammetrie, kterou je jednosnímková fotogrammetrie. Tato metoda není vhodná pro získání prostorového modelu. Výše zmíněný způsob získání dat podobně popisuje Zhilin et al. (2005), který popisuje realizaci fotogrammetrie za pomoci stereofonních párů leteckých snímků a fotogrammetrických nástrojů.

### Metoda digitální vektorizace

Digitální vektorizace je podle Brázdila (2009) možné získat digitalizací vrstevnic například ze základních map ČR. Zmiňuje také, že množství digitalizovaných vrstevnic již pochází z původního topografického mapování ČR. S výše uvedeným popisem získání dat se shoduje popis od Zhilin et al. (2005), který kartografickou digitalizaci popisuje jako jeden ze způsobů získání dat pro tvorbu DMT, za pomoci stávajících topografických map a digitezerů.

## **1.3 Software ArcGIS**

Podle Minamiho (2000) lidé technologii geografického informačního systému využívají v převážné většině pouze k vytváření map. Je ovšem toho názoru, že GIS, umí mnohem víc. Za užití příkazů pro analýzu, je GIS schopen zjistit a určit, proč jsou objekty tam, kde jsou a jak spolu souvisejí. Tyto analýzy mohou pomoci lépe porozumět zájmovému místu a v návaznosti na získané informace učinit efektivnější rozhodnutí, nebo se připravit na budoucí události či podmínky.

Minamiho (2000) tvrzení potvrzuje Souček (2017) v článku časopisu ArcRevue, který popisuje, co nyní aplikace ArcGIS dokáže

ArcMap je Součkem (2017) popisován jako jednou ze základních aplikací pro práci s prostorovými daty, kterou doplňuje ArcCatalog, tato druhá aplikace v první řadě prostorová data spravuje. Tyto dvě aplikace se navzájem doplňují, také jejich instalace probíhá souběžně. Tato dvojice tvoří tradiční základ ArcGIS Desktop.

Souček (2017) dále popisuje desktopovou aplikaci ArcGIS Pro. Tato aplikace umí využívat možnosti již existujících grafických karet a grafických ovladačů. Dokáže pracovat s vícejádrovými procesory. Další výhodou je, že umí využít celkovou kapacitu operační paměti RAM, což vede k možnosti vizualizace a analýzy 2D a 3D dat. Zároveň je možné také provádět správu těchto dat. V této aplikaci je tak k nalezení funkcionality aplikací ArcMap, ArcCatalog a nadstavby 3D Analyst.

Minami (2000) popisuje, že GIS analýza je proces, jenž se umí dívat na geografické vzorce v datech a vztah mezi funkcemi. Některé použité metody mohou být velmi jednoduché, například vytvoření mapy, která bude použita pro analýzu. Složitější metody mohou zahrnovat modely, jenž se snaží napodobit skutečný svět, za pomoci kombinace mnoha datových vrstev.

Jak uvádí Souček (2017), platforma ArcGIS obsahuje řadu aplikací. Celkový GIS není tvořen pouze desktopovou aplikací, jenž pracuje výhradně s privátními daty. Jeho hlavní využití vyplývá z propojení s různými daty z různých zdrojů, jenž je možné dále analyzovat.

#### **1.4 Viditelnost**

Smith et al. (2018) popisuje viditelnost jako oblasti viditelnosti, které jsou pozorovatelné z jednoho nebo více pozorovacích bodů. Obvykle se jedná o viditelnou plochu, která je definovaná číslem, nebo barevným kótováním rastrového obrázku. Definice značí, zda cílovou buňku lze vidět, nebo pravděpodobně lze vidět, z pozorovacích bodů.

Kudrnovská s Čapkem (1982) uvádí, že pro určení viditelnosti je obvyklá úloha kartometrické praxe. Jako původní využití viditelnosti uvádí vojenské účely. V roce 1982, kdy byla vydána Kudrnovské publikace, uváděla jako aktuální využití pro analýzu viditelnosti, civilní sféru. Příkladem uvádí turistiku.

Felleman (1979) uvádí příklad viditelnosti na představě modelu krajiny umístěného v tmavé místnosti s malým zdrojem světla, jenž je umístěn na povrchu modelu a v pozici pozorovatele. Povrchy, které jsou přímo osvětleny, reprezentují místa všech viditelných bodů a jsou hodnoceny jako shoda. Povrch modelu blokuje světlo, které nemůže dosáhnout na neosvětlená místa. Tato blokáce světla je nazvaná jako zprostředkování. Pokud by se promítl svisle osvětlený pohled do vodorovné roviny, pak je zkonstruovaná potenciální viditelnost.

Podobný příklad pro pochopení viditelnosti popisuje Kudrnovská a Čapek (1982). Do místa určeného k pozorování, je umístěn bodový zdroj světla, podmínkou je zamezení rozptylu tohoto světla. Stíny, jež vniknou, ohraničují neviditelné prostory.

Mnoho dnes dostupného geoinformatického programového vybavení nabízí možnosti analýz viditelnosti s různým stupněm funkcionality. Většinou však vychází ze stejného základu, a to užití funkce „line of sight“, tedy linie přímé viditelnosti a „viewshed“, tedy samotné analýzy viditelnosti podávající jako výstup území viditelné ze specifikovaného místa, či série míst. (Smith, 2013)

Pro analýzu viditelnosti je zapotřebí výpočtů, jimiž se získají rastrové vrstvy. Definovaná rastrová vrstva umožní zobrazit zájmové body viditelnosti. Pro body je nutné určit polohu, ze které je možný výhled na určený významný bod. Základem analýzy viditelnosti je digitální výškový model. Analýza viditelnosti je tvořena v programu ArcMap a je řešena příkazem VISIBILITY.

Další nástroj viditelnosti popisuje Nijhuis (2011), který říká že GIS aplikace obsahuje nástroj Viewshed, kterým je možné vypočítat viditelný prostor mimo osídlené území. Výpočet probíhá nad digitálním modelem terénu. Následně definuje oblasti, které jsou spojeny nenarušenou linií pohledu. Nástroj viewshed analyzuje rastrový digitální model terénu, nebo povrchu.

V programu ArcGis for Desktop, existuje sada nástrojů VISIBILITY tools, jež obsahuje nástroje jako například:

Viewshed – nástroj určuje území, které je viditelné z vybraných výhledových míst. Výhledová místa je možné určit formou bodů, nebo polyliniových vrstev. Je nutné zde zadat hodnotu zorného úhlu. To znamená, že je nutné si vybrat v jakém pohledu analýza proběhne. Výběr se skládá z jednoho zorného úhlu, který platí pro horizontální i vertikální směr.

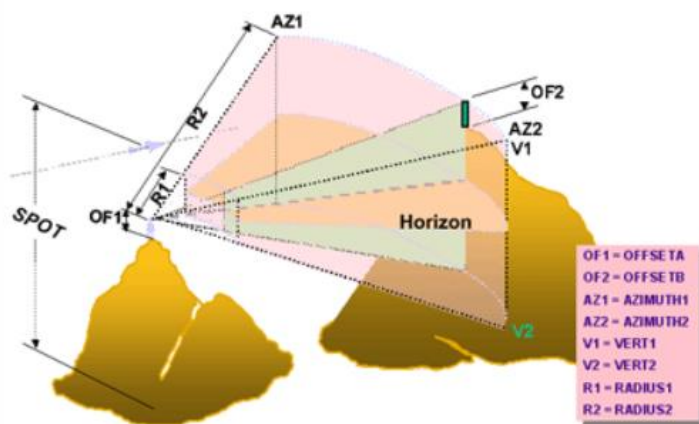
Další z určovaných hodnot, je OFFSET. Tato hodnota říká, v jaké výšce od povrchu, bude analýza probíhat. Při nahlédnutí do nastavení nástroje Viewshed, je možné vybrat, zda analýza viditelnosti bude počítat se zemským zakřivením, refrakcí světelného záření. Parametry tohoto nástroje jsou azimut, vert a radius. Azimut určuje rozsah šířky, kterou pozorovatel využije pro svůj výhled. Z praktického hlediska to znamená, že pokud je pozorující omezován nějakou překážkou, například alejí, je možné tuto skutečnost v analýze zohlednit. Parametr Azimut1 je určený jako počáteční úhel, Azi-

mut2 nese úlohu koncového úhlu. Parametr Vert udává možnost výšky a hloubky, kterou je pozorovatel schopen vidět. Pro definici výšky se používá Vert1, hloubka je označována Vert2. Parametr radius definuje minimální a maximální vzdálenost viditelnosti. Pro představu slouží obrázek 1.4.

Visibility – nástroj je rozšířením nástroje Viewshed. Nástroj říká, která ze zájmových výhledových míst jsou viditelná, ze všech zorných úhlů.

Line of Sight – tento nástroj určuje viditelnost podél definované linie. Nástroj umožňuje viditelnost z jednoho bodu na druhý. Kolem viditelné linie se mohou vykytovat překážky. Překážkami, které mohou narušovat viditelnost je myšlena například vzrostlá vegetace

Skyline – tento nástroj umí hodnotit horizont. Je tvořen v 3D polylinii. 3D model slouží k oddělení nebe a zemského povrchu. Je zde možnost spojit nástroje Skyline a Barrier. Tímto se otevře možnost analyzovat siluety. Definicí siluety je možné určit jaký je objem vrženého stínu libovolného objektu.



Obrázek 1.4: Analýza viditelnosti v ArcGIS, (esri)

## 2 Materiál a metody

### 2.1 Cíl práce

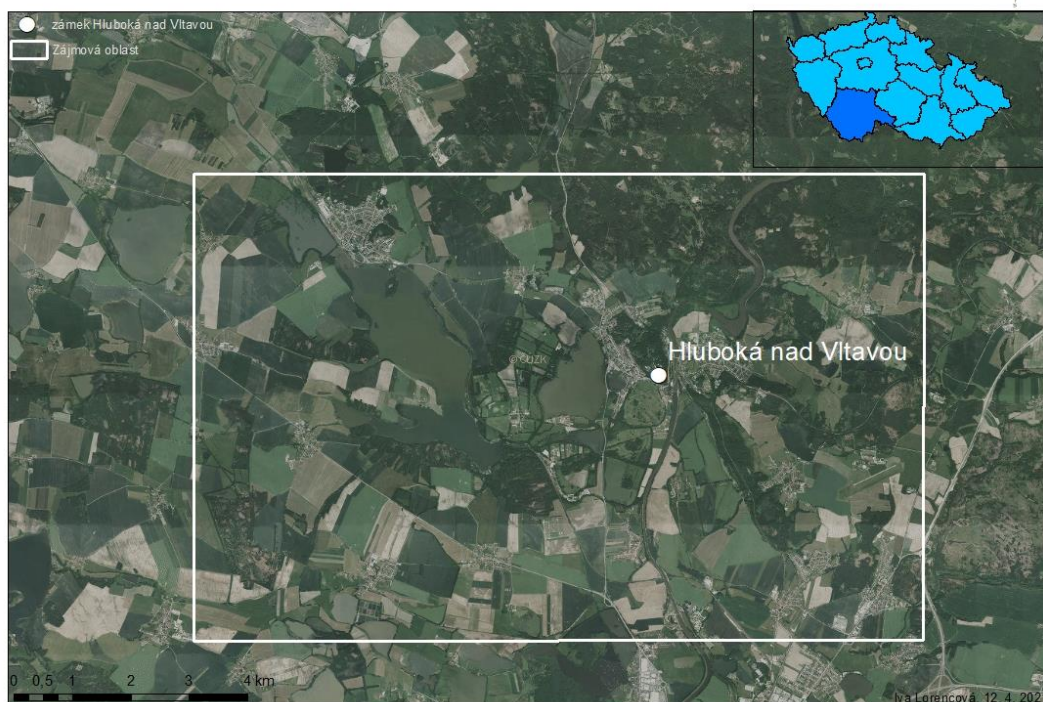
Cílem této bakalářské práce je vytvoření dvou digitálních modelů, které jsou následně použity pro analýzu viditelnosti významného bodu v krajině. Prvním modelem je digitální model povrchu 1. generace. Druhým modelem je digitální model reliéfu 5. generace. Oba modely jsou vytvořeny ve 3D a 2D. 2D modely jsou vytvořeny pro analýzu viditelnosti a následné porovnání rozdílů mezi těmito digitálními modely. Pravdivost obou modelů byla ověřena v terénu, za pomoci určených výhledových bodů. 3D modely jsou vytvořeny za účelem přehledné reprezentace území.

### 2.2 Materiál

Praktická část práce byla zpracována v programu ArcGIS. Konkrétně viditelnost byla vypočtena v ArcMap 10.7.1., digitální modely 3D byly vytvořeny v programu ArcScene. Pro tvorbu digitálního modelu reliéfu byla zapotřebí data obsahující souřadnice X, Y a Z, kde souřadnice X je zeměpisná délka, souřadnice Y zeměpisná šířka a souřadnice Z obsahuje informace o nadmořské výšce daných bodů. Tato data byla pro práci poskytnuta Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním (ČÚZK) na základě písemné žádosti. Data byla poskytnuta bezplatně, a to v rozsahu dvaceti mapových listů pro DMP 1G i DMR 5G.

Významným bodem pro analýzu viditelnosti byl zvolen státní zámek Hluboká nad Vltavou. Zámek Hluboká, se nachází v Jihočeském kraji, okrese České Budějovice. Jako významný bod byl zvolen pro svoji polohu na skalní vyvýšenině. Přesnou polohu zvoleného významného bodu je možné vidět na obrázku 2.1. Oblast, pro analýzu viditelnosti a tvorbu digitálních modelů byla vymezena na území 100 Km<sup>2</sup>, kolem významného bodu. Vymezené území je viditelné rovněž na obrázku 2.1. Výhledové body pro ověření analýzy viditelnosti, byly zvoleny na základě výsledků získaných z výpočtu viditelnosti v programu GIS. Na obrázku 2.2., je znázorněna poloha výhledových, ověřených bodů. Celkový počet bodů je 24. Počet bodů a jejich rozmístění bylo zvoleno tak, aby bylo možné podrobné ověření analýzy viditelnosti v GIS.

## VÝZNAMNÝ BOD HLUBOKÁ NAD VLTAVOU



Obrázek 2.1: Významný bod Hluboká nad Vltavou (vlastní)

## VÝZNAMNÝ BOD HLUBOKÁ NAD VLTAVOU POLOHA VÝHLEDOVÝCH BODŮ



Obrázek 2.2: Významný bod Hluboká nad Vltavou, výhledové body (vlastní)



## 2.3 Metody

### Vytvoření digitálního modelu

Data přišla ve formátu xyz a byla rozdělena do několika souborů podle jejich souřadnic. Pro vložení těchto dat do softwaru ArcMap funkcí Add X, Y Data, se musela data nejdříve převést do jiného formátu, který tato funkce podporuje. Převedení dat probíhalo v textovém editoru, který se uložil do formátu .txt. Zároveň bylo nutné tato data vložit do jednoho souboru, aby z nich následně vznikla pouze jedna vrstva a lépe se s vytvořenou vrstvou pracovalo. Tato úloha proběhla taktéž v textovém editoru, kam se vložili do jednoho souboru jednotlivá data. Přes zmíněnou funkci Add X, Y Data byla data vložena do ArcMapu. Zde bylo prvním krokem vytvoření vrstvy z jednotlivých bodů. To proběhlo skrze označení všech bodů a následně funkce Make a layer from selected features. Dále bylo třeba z této vrstvy udělat rastrovou vrstvu. Vytvoření rastrové vrstvy přes nástroj Point to Raster, byly převedeny vektorové body na rastrové body. Nástrojem Natural Neighbor, vznikly rastrové vrstvy digitálních modelů terénu. Do okna Input features byla vložena vrstva bodů a poté bylo třeba ještě zvolit souřadnici, podle které funkce vykreslí rastr. K tomu slouží okno Value field, kde se zvolila souřadnice Z, obsahující informace o nadmořské výšce bodu. Tím byla hotová základní část tvorby digitálního modelu.

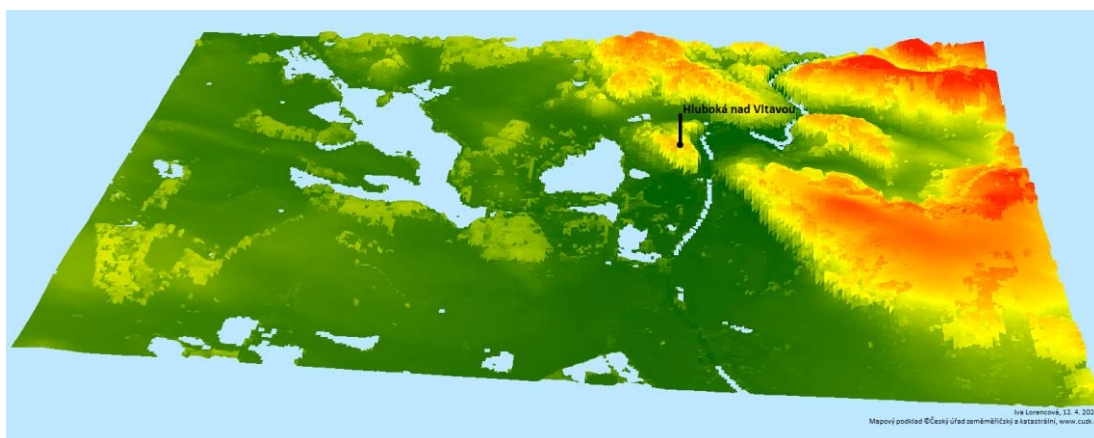
### Výpočet viditelnosti

Pro viditelnost území bylo třeba zvolit bod, na základě, kterého se bude viditelnost vykreslovat. Viditelnost zámku Hluboká, se dělala přes příkaz Visibility. Do okna Input raster se vložila vrstva s vytvořeným rastrem digitálního modelu, do okna Input point or polyline observer feature se následně vložila vrstva s vytvořeným bodem. Po stisknutí tlačítka Ok se vykreslila viditelnost významného bodu, ze zájmového okolí. Následně již zbyla pouze úprava mapového výstupu do práce a jeho následný export. Pro vizualizaci digitálního modelu ve 3D byl použit doplňkový software ArcScene. Do něj se vložila vytvořená vrstva rastru z ArcMapu. Následně byla třeba přidat nadmořská výška rastru. Ta se dělala přes vlastnosti vrstvy a záložky Base Heights. Na ní bylo třeba zaškrtnout pole Floating on a custom surface. Poté se již v poli Factor to convert layer elevation values to scene units upravila hodnoty převýšení podle potřeby. Čím vyšší tato hodnota je, tím větší rozdíly nadmořské výšky vznikají mezi jednotlivými body. Pro tvorbu digitálního modelu ve 3D pro tuto práci byla použita hodnota 4.0. Následně zbývala úprava mapového výstupu a jeho následný export.

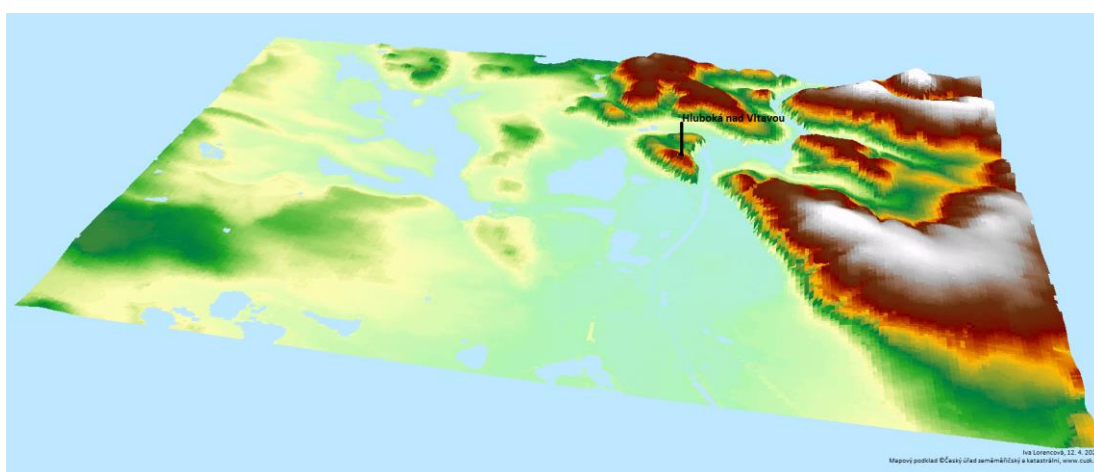
### 3 Výsledky a diskuze

#### 3.1 3D modely

Digitální model povrchu 1. generace má znázorňovat povrch Země, včetně vegetace, budov a dalších lidskou činností vytvořených konstrukcí. Na výsledném modelu je možné si všimnout větší členitosti, než na digitálním modelu reliéfu 5. generace. Digitální model 5. generace je hladší a není tak členitý jako druhý model. Tato skutečnost je způsobena tím, že digitální model reliéfu 5. generace zobrazuje povrch Země bez jakékoli vegetace, a staveb vytvořených člověkem. Na obrázku č. 3.1, je možné si digitální model povrchu 1. generace prohlédnout a porovnat s digitálním modelem reliéfu 5. generace, který je na obrázku č. 3.2.



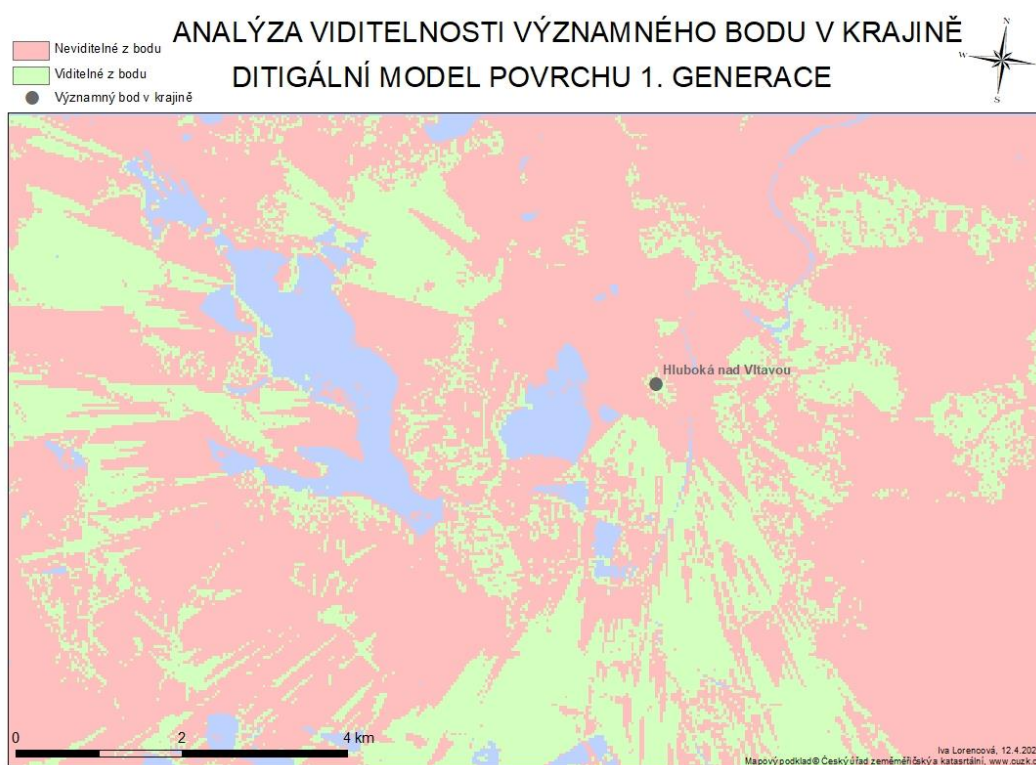
Obrázek 3.1: Digitální model povrchu 1. generace, (vlastní)



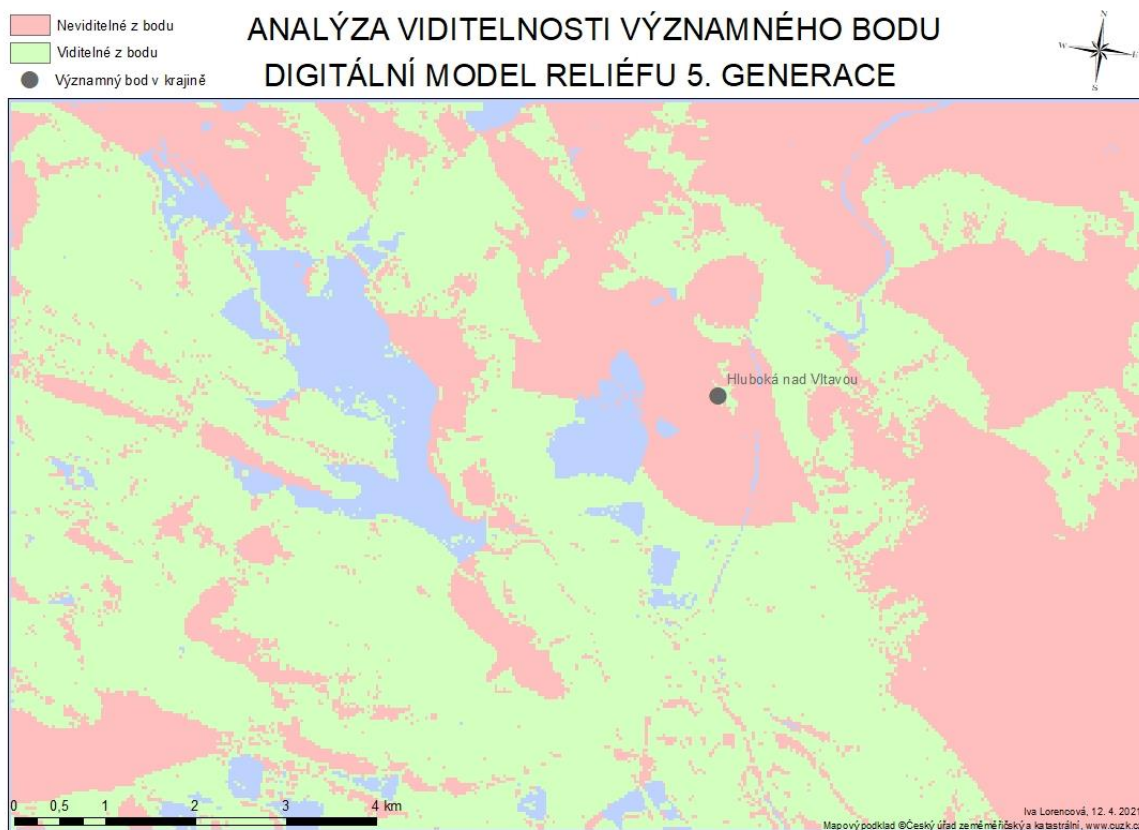
Obrázek 3.2: Digitální model reliéfu 5. generace, (vlastní)

### 3.2 Výsledná viditelnost

Postup výpočtu viditelnosti je již výše uveden. Nyní je možné porovnat výsledky obou modelů. Na první pohled je zřejmé, že výsledná viditelnost se u modelu 1G a 5G značně liší. Z důvodu zachycení vegetace a budov digitálním modelem povrchu 1. generace, je celková výsledná viditelnost významného bodu zobrazena jako menší, v porovnání s digitálním modelem reliéfu 5. generace, který zachycuje „holý“ povrch. Obrázek č. 3.3 je výsledným zobrazením viditelnosti modelem povrchu 1. generace. Obrázek č. 3.4 zobrazuje jaká je viditelnost významného bodu modelem reliéfu 5. generace.



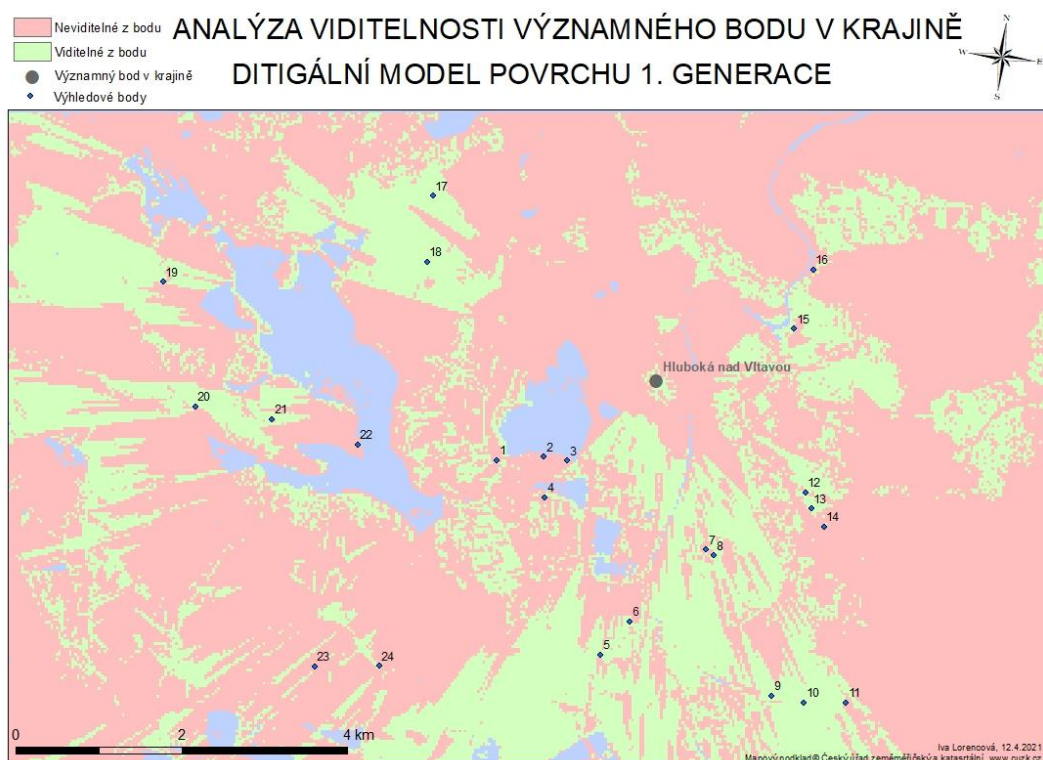
Obrázek 3.3. Analýza viditelnosti významného bodu v krajině, digitální model povrchu 1. generace



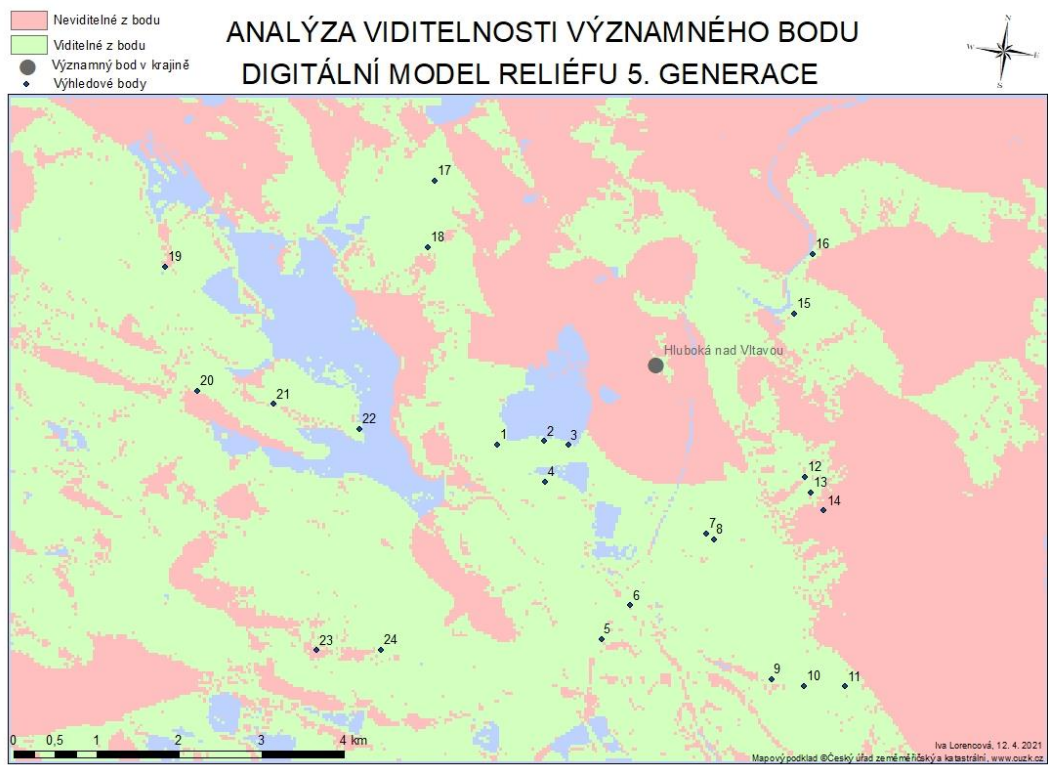
**Obrázek 3.4. Analýza viditelnosti významného bodu v krajině, digitální model reliéfu 5. generace**

## Ověření analýzy viditelnosti

Důležitou částí této bakalářské práce, je ověření výsledků analýzy viditelnosti v terénu. Níže jsou uvedeny všechny body, kterými byla analýza viditelnosti ověřena. Každý bod je zvlášť popsán a vyhodnocen. Již na obrázku 3.5 a 3.6 je zřetelné, že digitální modely 1G a 5G se v určitých částech zájmového území, ve výpočtu analýzy rozcházejí.



**Obrázek 3.5: Analýza viditelnosti významného bodu v krajině, digitální model povrchu 1. generace, umístěné výhledové body**



**Obrázek 3.6: Analýza viditelnosti významného bodu v krajině, digitální model reliéfu 5. generace, umístěné výhledové body**

### Bod č. 1

První bod se nachází nedaleko břehu Munického rybníka. Digitální model povrchu 1G uvádí bod na pomezí viditelnosti a neviditelnosti. Model reliéfu 5G, uvádí bod jako zcela viditelný. Ověření v terénu zdokumentované fotografiemi, v tomto případě uvádí model 1G jako vhodnější. Na obrázku 3.7 je jasně vidět, že viditelnosti překáží vzrostlá vegetace, se kterou model 5G nepočítá, proto významný bod uvádí jako viditelný.



**Obrázek 3.7: ověření bodu viditelnosti č. 1, (vlastní)**

## Bod č. 2

Bod se nachází na břehu Munického rybníka 570 m od bodu č. 1. Viditelnost tohoto bodu je u obou modelů rozličná. Model 1G uvádí bod jako zcela neviditelný, naopak model 5G jako zcela viditelný. Ověření v terénu se u tohoto bodu shoduje s tvrzením modelu 5G. Je nutné podotknout, že ani výsledek modelu 5G není zcela přesný, protože okolí bodu není zcela viditelné, jak model uvádí. Reálně se v okolí výhledového bodu nachází vzrostlá vegetace, na obrázku 3.8 je ale jasně vidět, že konkrétně zvolenému bodu ve výhledu nijak nebrání.



**Obrázek 3.8: ověření bodu viditelnosti č. 2, (vlastní)**



### Bod č. 3

Tento bod je posledním bodem nacházejícím se na břehu Munického rybníka. Je umístěn v poloze, u které jsou výsledky viditelnosti obou modelů sporné. Analýza viditelnosti digitálního modelu povrchu 1. generace zobrazuje, že z tohoto bodu zámek Hluboká vidět není. Naopak analýza viditelnosti modelu reliéfu 5. generace, zobrazuje jasnou viditelnost z určeného bodu. Obrázek 3.9 dokumentuje reálný stav viditelnosti, jenž odpovídá stavu, který uvádí model 1G. Z tohoto bodu vlivem vzrostlé vegetace není vidět zámek Hluboká.



**Obrázek 3.9: ověření bodu viditelnosti č. 3, (vlastní)**

#### Bod č. 4

Bod je umístěn v části Hluboké nad Vltavou, nedaleko nádraží. Na modelu 1G je bod umístěn na území, ze kterého má být vidět zámek Hluboká. Podle modelu 5G, je významný bod také viditelný. V tomto případě jsou oba modely nepřesné. Jak je možné vidět na obrázku 3.10 dokumentující skutečný stav viditelnosti, je jasné, že z tohoto bodu není viditelný významný bod. Nepřesnost analýzy viditelnosti modelu 1G, je způsobena vlivem rychle rostoucích dřevin, které nejsou modelem zaznamenány, protože měření pro vytváření digitálního modelu 1G a 5G probíhalo v letech 2009–2013.



**Obrázek 3.10: ověření bodu viditelnosti č. 4, (vlastní)**

## Bod č. 5

Poloha bodu se nachází na začátku obce Bavorovice. Zámek Hluboká, má být podle analýzy viditelnosti z tohoto bodu vidět, u obou modelů je analýza shodná. Ověření v terénu viditelnost potvrdilo. Obrázek 3.11, dokumentuje přesnost modelů.



**Obrázek 3.11: ověření bodu viditelnosti č. 5, (vlastní)**

### Bod č. 6

Bod je umístěn na druhém konci obce Bavorovice. Z bodu je podle obou modelů viditelný významný bod. Ověření v terénu toto tvrzení nepotvrdilo ani u jednoho z digitálních modelů. Na obrázku 3.12 je vidět, že významný bod je z polohy tohoto bodu zcela neviditelný.



**Obrázek 3.12 ověření bodu viditelnosti č. 6, (vlastní)**

### Bod č. 7

Bod se nachází na okraji obce Opatovice. Analýza viditelnosti modelu 5G zobrazuje zámek Hluboká jako dobře viditelný. Naopak model analýzy viditelnosti 1G, zobrazuje, že z vybraného bodu, zámek Hluboká vidět není. Terénním šetřením bylo zjištěno, že významný bod není vidět vlivem vzrostlé vegetace, se kterou model 1G počítá a která je také vidět na obrázku 3.13.



**Obrázek 3.13: ověření bodu viditelnosti č. 7, (vlastní)**

### Bod č. 8

Bod se nachází stejně jako bod č. 7 v obci Opatovice, ovšem ve vzdálenosti 118 m od bodu č. 7. Z tohoto bodu je podle modelu 5G zámek Hluboká viditelný, stejně tak podle modelu 1G. Zde byla viditelnost významného bodu prokázána. Na obrázku 3.14, který ověřuje tuto skutečnost, je významný bod zřetelně vidět.



**Obrázek 3.14: ověření bodu viditelnosti č. 8, (vlastní)**

### Bod č. 9

Bod leží na silnici mezi obcemi Hrdějovice a Opatovice. Oba modely tvrdí viditelnost významného bodu. Ověření v terénu tvrzení neprokázalo. Viditelnosti významného bodu z tohoto výhledového bodu, brání vzrostlá vegetace. Na obrázku 3.15, který dokumentuje terénní ověření, je možné vidět, že hustota vegetace brání viditelnosti. Model 1G vzrostlou vegetaci nereprezentuje, protože se jedná o rychle rostoucí dřeviny.



**Obrázek 3.15 ověření bodu viditelnosti č. 9, (vlastní)**

Bod č. 10

Bod č. 10 je opět umístěn v oblasti ze které je podle obou modelů viditelný zámek Hluboká. I tentokrát se oba modely shodují na jeho viditelnosti. Na obrázku 3.16 je vidět, že nyní na rozdíl od bodu č. 9, je možné správnost tvrzení potvrdit.



**Obrázek 3.16: ověření bodu viditelnosti č. 10, (vlastní)**



### Bod č. 11

Bod je umístěn na okraji zástavby obce Hrdějovice. Bod je umístěn na modelu 1G v oblasti, ze které není možné významný bod vidět. Model 5G oproti modelu 1G uvádí zcela jasnou viditelnost. Ověření v terénu potvrdilo viditelnost významného bodu, která je doložena obrázkem 3.17. Viditelnost je ale narušena vzrostlými stromy, které jsou zachyceny v modelu 1G, který je vyhodnocuje jako překážku, která viditelnosti brání. Model není schopen rozeznat, zda je možné v rozestupu mezi stromy významný bod vidět.



**Obrázek 3.17 ověření bodu viditelnosti č. 11, (vlastní)**

Bod č. 12

Tento bod byl vybrán pro ověření přesnosti modelu 5G. Podle analýzy viditelnosti nemá být zámek Hluboká z tohoto bodu vidět. Situace je stejná i u modelu 1G, podle kterého není zámek vidět. Ověření v terénu prokázalo, že zámek Hluboká z tohoto bodu skutečně vidět není, protože se nachází za horizontem kopce, který je zdokumentován na obrázku 3.18.



**Obrázek 3.18 ověření bodu viditelnosti č. 12, (vlastní)**

### Bod č. 13

Bod je umístěn výše než bod č. 12. Na modelech je možné si všimnout, že bod je umístěn na hranici oblasti, ze které je zámek Hluboká vidět. Terénní ověření zdokumentované obrázkem 3.19 ukázalo, že zámek je zřetelně viditelný. Modely jsou přesné, protože opačným směrem od významného bodu je v modelech znázorněn hřeben kopce, který je ověřený následujícím bodem, za kterým už zámek Hluboká vidět není, a proto je u obou modelů oblast v „neviditelné zóně“.



**Obrázek 3.19: ověření bodu viditelnosti č. 13, (vlastní)**

#### Bod č. 14

U obou modelů je tento bod v oblasti, z níž není zámek Hluboká vidět. Ověření v terénu doložené obrázkem 3.20, prokázalo přesnost obou modelů, co se znázornění povrchu Zemského týče. Bod č. 14 se v terénu nachází na okraji obce Hosín a konkrétně je umístěn za horizontem kopce, na kterém jsou umístěny předešlé dva body.



**Obrázek 3.20: ověření bodu viditelnosti č. 14, (vlastní)**

### Bod č. 15

Bod se nachází na okraji města Hluboká nad Vltavou. Na tomto bodě je možné porovnat výsledky výpočtu viditelnosti. Výsledná analýza viditelnosti modelu 1G, zobrazuje, že z tohoto bodu, zámek Hluboká není vidět. Oproti tomu, analýza viditelnosti modelu 5G, zobrazuje, že zámek je možné z určeného bodu vidět. Ověření v terénu potvrdilo přesnost modelu 1G, který znázorňuje vzrostlé stromy, které jsou patrné na obrázku 3.21.



**Obrázek 3.21: ověření bodu viditelnosti č. 15, (vlastní)**

### Bod č. 16

Bod je umístěn na okraji břehu řeky Vltavy, která protéká přesně pod skalní vyvýšeninou zámku Hluboká. Podle analýzy viditelnosti modelů 5G a 1G, se bod nachází v místě, ze kterého je viditelný zámek Hluboká. Ověření v terénu prokázalo, že modely jsou přesné. Obrázek 3.22 dokumentuje, že z vybraného bodu je skutečně zřetelně vidět zámek Hluboká.



**Obrázek 3.22: ověření bodu viditelnosti č. 16, (vlastní)**

### Bod č. 17

Bod je umístěn ve vzdálenosti 1 km od obce Munice. Na obou modelech je zřejmé, že bod se nachází v místě, ze kterého je viditelný významný bod. Ověření v terénu dokumentované obrázkem 3.23 tento předpoklad ale vyvrátilo. Ve skutečnosti z tohoto bodu zámek vidět není. Na vině jsou opět nově vzrostlé stromy, se kterými nepočítá ani jeden z modelů.



**Obrázek 3.23: ověření bodu viditelnosti č. 17, (vlastní)**

## Bod č. 18

Bod se nachází půl kilometru od obce Munice. Z bodu č. 18, by podle obou modelů měl být vidět významný bod. Výsledná analýza viditelnosti u obou modelů zobrazuje, že zámek Hluboká je z tohoto bodu viditelný. Oba modely v tomto případě vykazují chybu. Na obrázku 3.24 jsou zřetelné stromy, s hustými korunami, které viditelnosti jasně brání.



**Obrázek 3.24: ověření bodu viditelnosti č. 18, (vlastní)**



### Bod č. 19

Bod leží mezi vesnicemi Češňovice a Zliv. Bod je podle modelu 1G umístěn tak, že viditelnost významného bodu je nemožná. Na modelu 5G, je naopak výhledový bod umístěn v oblasti, která říká, že významný bod viditelný je. Ověření v terénu podložené obrázkem 3.25, potvrzuje výpočet o viditelnosti modelem 1G, z čehož vyplývá, že významný bod viditelný není.



**Obrázek 3.25: ověření bodu viditelnosti č. 19, (vlastní)**

## Bod č. 20

Bod se nachází ve vzdálenosti dvou kilometrů vzdušnou čarou od obce Zálužice. Bod se nachází na modelu 1G v místě, které je výpočtem viditelnosti označeno jako místo, ze kterého je vidět významný bod. Model 5G viditelnost znázorňuje stejně. Ověření v terénu obě tvrzení o viditelnosti potvrdila. Na obrázku 3.26, který byl pořízen na terénním ověření je nutné se na zámek zaměřit, neboť je ve vzdálenosti pěti kilometrů vzdušnou čarou od výhledového bodu. Ve skutečnosti je zámek pohodlně viditelný a je tak možné říci, že modely jsou v tomto případě přesné.



**Obrázek 3.26: ověření bodu viditelnosti č. 20, (vlastní)**

### Bod č. 21

Bod se nachází necelý jeden kilometr vzdušnou čarou od bodu č. 20, u kterého byla potvrzena viditelnost významného bodu. Na obou modelech je bod umístěn na území, které modely vyhodnocují jako místo, ze kterého je možné vidět významný bod. Zámek Hluboká, ale vidět není. Ověření v terénu podložené obrázkem 3. 27 určilo, že i menší změna vzdálenosti mezi výhledovými body má vliv na viditelnost. Bod č. 21 není na rozdíl od bodu 20 viditelný.



**Obrázek 3.27: ověření bodu viditelnosti č. 21, (vlastní)**

Bod č. 22

Bod je umístěn na břehu rybníka Bezdrev. Bod je podle modelu 1G umístěn v poloze, ze které není možné vidět zámek Hluboká. Naopak model 5G, uvádí že viditelnost je zcela jasná. Ověření v terénu doložené obrázkem 3.28 vyvrací tvrzení modelu 5G, že je z tohoto bodu možná viditelnost významného bodu.



**Obrázek 3.28: ověření bodu viditelnosti č. 22, (vlastní)**

Bod č. 23

Bod je umístěn za obcí Čejkovice. Z tohoto bodu je podle modelů nemožná viditelnost významného bodu. Terénní ověření potvrdilo domněnku, že významný bod skutečně není vidět. Na obrázku 3. 29 je zřetelně vidět, že viditelnosti brání vzrostlé stromy, se kterými počítá pouze model 1G.



**Obrázek 3.29: ověření bodu viditelnosti č. 23, (vlastní)**

Bod č. 24

Bod zaujímá polohu mezi obcí Čejkovice a Dasný, blíže k Dasnému. Model 5G uvádí jasnou viditelnost zámku Hluboká. Je tak v rozporu s modelem 1G, na kterém je zobrazeno, že zámek není vidět. Tento rozpor byl vyřešen terénním ověřením, které potvrdilo přesnost modelu 1G, tedy z výhledového bodu č. 24 zámek Hluboká není vidět. Obrázek 3. 30 dokumentuje ověření bodu v terénu.



**Obrázek 3.30: ověření bodu viditelnosti č. 24, (vlastní)**

### **3.3 Zhodnocení výsledků a diskuse**

Pro analýzu viditelnosti byly použity dva typy digitálních modelů. Model digitálního povrchu 1. generace a digitální model reliéfu 5. generace. Kuzma a Lieskovský (2008) uvádí digitální model povrchu jako vhodný pro analýzu viditelnosti, protože zohledňuje přírodní a antropogenní překážky, které mohou bránit ve výhledu. Toto tvrzení dokládá výsledek analýzy digitálního modelu 1G. Území, ze kterého nelze vidět zámek Hluboká, je větší než území, ze kterého zámek vidět je. Analýza viditelnosti je ověřena celkem čtyřadvaceti body. Zámek Hluboká není vidět z šestnácti bodů, přičemž by

podle digitálního modelu 1. generace neměl být vidět pouze z dvanácti bodů. Z dalších osmi bodů, vidět je, přičemž by podle analýzy viditelnosti měl být vidět z dvanácti bodů. Chyby v analýze viditelnosti jsou způsobeny nově vzrostlou vegetací, se kterou model 1G nepočítá, protože jak již bylo výše zmíněno, měření pro vytvoření modelů 1G a 5G probíhalo v letech 2009-2013.

Analýza viditelnosti digitálního modelu reliéfu 5. generace, zobrazuje často opačné výsledky oproti výsledkům analýzy digitálního modelu povrchu 1. generace. Digitální model reliéfu Klimánek (2006) popisuje jako model terénu který je bez vegetace. Gojda et al. (2003), jehož definice je zmíněná v kapitole literární rešerše, popisuje tento model jako přesnější a detailnější než běžně dostupné mapy. Terén je skutečně modelem 5G podrobně zobrazen, výsledky viditelnosti ovšem přesné nejsou. Zámek Hluboká, má být viditelný z dvaadvaceti bodů z celkového počtu dvaceti čtyř výhledových bodů. Ověřením v terénu bylo zjištěno, že zámek je vidět pouze z osmi bodů. Zbývající dva body jsou podle analýzy viditelnosti na území, ze kterého zámek nemá být viditelný. Ověřením v terénu bylo potvrzeno, že skutečně zámek vidět není.

Jombach et al. (2010) vyhotovil studii hodnocení viditelnosti a vizuálního dopadu větrných elektráren. GIS analýzou viditelnosti zjišťoval viditelnost větrné elektrárny z jejího okolí. Nástrojem pro analýzu viditelnosti, stejně jako v této bakalářské práci, byl použit ArcGIS systém. Pro práci Jombach použil digitální model povrchu, protože se rozhodl do hodnocení viditelnosti zahrnout lesní porost. Dále také zmiňuje, že systém může zobrazit, zda elektrárna není vidět z důvodu lesního porostu, nebo výhledu brání okolní hornatý reliéf. Hodnocení viditelnosti prováděl více způsoby, pro potřeby této práce je zajímavý jen jeden z jím použitých způsobů – pro stanovení viditelnosti větrné elektrárny určil vyhlídková místa, ze kterých následně viditelnost hodnotil. Posouzení viditelnosti, která byla vyhotovena v ArcGIS, byla hodnocena jako přínosná. Jombach analýzu viditelnosti navrhuje jako součást plánování výstavby větrných elektráren, z důvodu ochrany scenérie.

Pro účely této bakalářské práce, byly stejně jako v Jombachově studii, určeny výhledové body, ze kterých byla skutečná viditelnost hodnocena. Výsledky byly ve většině případů shodné s výslednou analýzou digitálního modelu 1. generace. Výhledových bodů bylo celkem 24 a jejich poloha byla určena na základě výsledků analýzy viditelnosti.

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vyhotovení GIS analýzy viditelnosti významného bodu v krajině a jeho ověření v terénu. Rešerše pojednává o tématu geografických informačních systémů, o tématu digitálních modelů a také o tématu viditelnost. Metodika je zaměřena na tvorbu 3D a 2D digitálního modelu povrchu 1. generace a digitálního modelu reliéfu 5. generace. Dále je v metodické části podrobně popsána tvorba analýzy viditelnosti, výběr zámku Hluboká nad Vltavou coby významného bodu a také kolik a proč bylo vybráno výhledových bodů pro ověření GIS analýzy viditelnosti v terénu.

3D digitální modely byly použity pro lepší vizualizaci zájmového území, na kterém probíhala analýza viditelnosti. 2D modely byly použity pro vytvoření analýzy viditelnosti, která byla ověřena v terénu. Ověřením v terénu bylo zjištěno, že model 1. generace je pro analýzu viditelnosti vhodnější, než digitální model reliéfu 5. generace.



## Seznam použité literatury

Ackermann, F., Kraus, K. (2004). Reader Commentary: Grid Based Digital Terrian Models. *GEOInformatics, Magazine for Surveying, Mapping and GIS Professionals*. vol. 7, no. 6.

Arnoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Publikace WLD, Ottawa

Brázdil, K. (2009). Projekt tvorby nového výškopisu. *Geodetický a kartografický obzor*, 55/97 (7), 145-150.

Burrough, P. A. (1986). *Principles of geographical informations systems for land reources assessment*. Clarendon Press, Oxford.

Čapek R., Kudrnovská, O. (1982). *Kartometrie*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha

Čapek, R. et al. (1992) *Geografická kartografie*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. ISBN 80-04-25153-6

Černoch, M., Hejda, J. (1927) *Nauka o terénu a jeho znázorňování*. Čsl. Vědecký ústav vojenský, nákladem MNO, Praha

Demek, J. a Zeman, J. (1979). *Typy reliéfu Země*. Academia, Praha.

Dolanský, T. (2004). *Lidary a letecké laserové skenování*. Univerzita J.E. Purkyně. Ústí nad Labem 99. ISBN 80-7044-575-0

Donath, D. (2008). *Bauaufnahme und Planung im Bestand*. Vieweg, Teubner. ISBN 978-8348-9236-2

Doušek, F. (2005). *Geodézie*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 80-7157-913-0

Ebner, H., Wellenhof, H. B., (1980). *Hifi – a minicomputer program package for height interpolation by finite elements*. Congress of the international society for photogrammetry, Hamburg. Technische universitat München.

Evans, I.S. (1972). *General geomorphopetry, derivatives of altitude and descriptive*. In: Chorley, R.J. (ed.) *Spatial Analysis and geomorphology*. pp 17-90. Harper and Row, London

Felleman, J. P. (1979). *Landscape visibility mapping: theory and practice*. Technical report, School of Landscape Architecture. Syracuse, New York.

Gojda, M. et al. (2013). *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*. Západočeská univerzita, Plzeň. ISBN 978-80-261-0194-9.

Halmer, A. et al. (1996). *3 D – surface Modelling with Basic Topologic Elements*. Archivy ISPRS, vol. XXXI-B4, Vienna, Austria.

Hermann, J. (2003). *Úvod do Geografických informačních systémů*. Ostravská univerzita, Ostrava. ISBN 80-7042-932-1

Charvát, K. (2007). *Geografická data v informační společnosti*. Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, Odvětvové informační středisko, Zdiby. ISBN 978-80-85881-28-8

Julínek, T. (2003). *GIS pro bilanční model jakosti vody v síti vodních toků*. ECON publishing, Brno. ISBN 80-86433-25-0

Jombach, S. et al. (2010), *Peer reviewed Proceedings of Digital Landscape Architectura. Conference paper: Using GIS for Visibility Assessment of a Wind Farm in Perenye, Hungary*. VDE Verlag GmbH.

Kennedy, H. K. (2009). *Introduction to 3D data*. Wiley, Canada. ISBN 978-0-470-38124-3

Klimánek, M. (2006), *Digitální modely terénu*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 978-80-7157-982-3

Kraus, K. (2000). *Photogrammetrie Band 3. Topograpische Informationssysteme*. Dümmler Verlag: Köln, Germany

Křížek, M. (2017). Měření reliéfu. *Geografické rozhledy* 26, č. 3. Česká geografická společnost, Praha. ISSN 1210-3004

Krömer, A. et al. (2010). *Mapování rizik*. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Ostrava. ISBN 978-80-7385086

Kuzma, I., Lieskovský, T. (2008). Analýza viditelnosti rondelov v prostředí GIS. *Ve službách archeologie*, 2008(2), 5-14. ISBN 80-86023-13-3

Nijhuis, S. a Reitsma, M. (2011). *Landscape policy and visual landscape assessment: The Province of Noord-Holland as a case study*. Research in Urbanism Series. Vol.2 (1), pp 229-259

Mayer, P. (1995). *Počítačové modelování krajiny*. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 80-01-01389-8

Miller, C.L., Laflamme, R. A. (1958) *The digital terrain model theory and application*. Photogrammetric Engineering 24 (3), p. 433-42.

Minami, M. et al. (2000). *Using ArcMap*. Esri Press, New York. ISBN 1879102692

Parker R. G., Rardin, R. L. (1989). *Discrete Optimization*. Academic Press, San Diego.

Pechanec, V. (2006). *Nástroje podpory rozhodování v GIS*. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Olomouc ISBN 80-244-1553-4

Preparata, F. P., Shamos, I. M. (1985). *Computational geometry an introduction*. Springer, New York. ISBN 978-4612-7010-2

Pfeifer, N., Pottmann, H. (1996). *Surface models on the basis of a triangular mesh – surface reconstruction*. Archivy ISPRS, vol. XXXI, IWG III/IV, p. 638-643, Vienna, Austria.

Smith, R. (2013) *Partial automation of the cartographic process*

In Proceedings of the 26th Internatioal Cartographic Conference, Dresden: ICA, 16 s. ISBN 978-1-90-70-75-06

Smith, M. et al. (2018) *Geospatial Analysis. A comprehensive Guide to Principles Techniques and Software Tools, six edition*. ISBN-13 978-1-912556-05-2

Souček, J. (2017). Průvodce platformou ArcGIS. *ArcRevue Časopis pro uživatele softwaru Esri a ENVI*, 2017 (1), 10-13.

Tuček, J. (1998). *Geografické informační systémy, principy a praxe*. Computer press, Praha. ISBN 80-7226-091-X

Voženílek, V. (2001). *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. Univerzita palackého, Olomouc. ISBN 80-244-0383-8

Zhilin, L. et atl. (2005) *Digital terrain modeling Principles and Methodogy*. CRC Press, New York.

## Seznam internetových zdrojů

1. Český zeměměřičský úřad, (2021). *Geoportál ČÚZK přístup k mapovým produktům a službám resortu*. [online] [2. 3. 2021]. Dostupné z: [https://geoport.al.cuzk.cz/\(S\(w5iilyedench53tucubfao0q\)\)/Default.aspx?mode=eShop&head\\_tab=sekce-01-gp&menu=13](https://geoport.al.cuzk.cz/(S(w5iilyedench53tucubfao0q))/Default.aspx?mode=eShop&head_tab=sekce-01-gp&menu=13).
2. Esri, (2021). *Arc GIS Desktop* [online] [15. 4. 2021]. Dostupné z: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/3d-analyst-toolbox/using-viewshed-and-observer-points-for-visibility.htm>.

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1: rastrový model plochy, (Mayer, 1995).....	15
Obrázek 1.2: Polyedrický model terénu. (Mayer,1995) .....	16
Obrázek 1.3: Plátový model terénu. (Mayer, 1995) .....	16
Obrázek 1.4: Analýza viditelnosti v ArcGIS, (esri) .....	22
Obrázek 2.1: Významný bod Hluboká nad Vltavou (vlastní).....	24
Obrázek 2.2: Významný bod Hluboká nad Vltavou, výhledové body (vlastní) .....	24
Obrázek 3.1: Digitální model povrchu 1. generace, (vlastní) .....	26
Obrázek 3.2: Digitální model reliéfu 5. generace, (vlastní).....	26
Obrázek 3.3. Analýza viditelnosti významného bodu v krajině, digitální model povrchu 1. generace .....	27
Obrázek 3.4. Analýza viditelnosti významného bodu v krajině, digitální model reliéfu 5. generace.....	28
Obrázek 3.6. Analýza viditelnosti významného bodu v krajině, digitální model reliéfu 5. generace, umístěné výhledové body .....	30
Obrázek 3.7: ověření bodu viditelnosti č. 1, (vlastní).....	31
Obrázek 3.8: ověření bodu viditelnosti č. 2, (vlastní).....	32
Obrázek 3.9: ověření bodu viditelnosti č. 3, (vlastní).....	33
Obrázek 3.10: ověření bodu viditelnosti č. 4, (vlastní).....	34
Obrázek 3.11: ověření bodu viditelnosti č. 5, (vlastní).....	35
Obrázek 3.12 ověření bodu viditelnosti č. 6, (vlastní).....	36
Obrázek 3.13: ověření bodu viditelnosti č. 7, (vlastní).....	37
Obrázek 3.14: ověření bodu viditelnosti č. 8, (vlastní).....	38
Obrázek 3.15 ověření bodu viditelnosti č. 9, (vlastní).....	39
Obrázek 3.16: ověření bodu viditelnosti č. 10, (vlastní).....	40
Obrázek 3.17 ověření bodu viditelnosti č. 11, (vlastní).....	41
Obrázek 3.18 ověření bodu viditelnosti č. 12, (vlastní).....	42
Obrázek 3.19: ověření bodu viditelnosti č. 13, (vlastní).....	43
Obrázek 3.20: ověření bodu viditelnosti č. 14, (vlastní).....	44
Obrázek 3.21: ověření bodu viditelnosti č. 15, (vlastní).....	45
Obrázek 3.22: ověření bodu viditelnosti č. 16, (vlastní).....	46
Obrázek 3.23: ověření bodu viditelnosti č. 17, (vlastní).....	47
Obrázek 3.24: ověření bodu viditelnosti č. 18, (vlastní).....	48

Obrázek 3.25: ověření bodu viditelnosti č. 19, (vlastní).....	49
Obrázek 3.26: ověření bodu viditelnosti č. 20, (vlastní).....	50
Obrázek 3.27: ověření bodu viditelnosti č. 21, (vlastní).....	51
Obrázek 3.28: ověření bodu viditelnosti č. 22, (vlastní).....	52
Obrázek 3.29: ověření bodu viditelnosti č. 23, (vlastní).....	53
Obrázek 3.30: ověření bodu viditelnosti č. 24, (vlastní).....	54