

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA EKONOMICKÁ

Bakalářská práce

**Morfometrická analýza buližnickových útvarů na
jižním Plzeňsku**

**Morphometric analysis of lydite landforms in the south
Pilsen region**

Anna Kaprová

Plzeň 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Morfometrická analýza bulžnickových útvarů na jižním Plzeňsku vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

V Plzni dne 28.4.2013

.....

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce Doc. RNDr. Pavlu Mentlíkovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a cenné připomínky při vedení mé práce. Dále můj dík patří Ing. Jakubovi Šilhavému za vypočtení orientace zkoumaných útvarů, Mgr. Monice Čechurové, Ph.D. za poskytnutí softwaru Matkart a rodině za neustálou podporu.

Obsah

ÚVOD.....	6
1 CÍLE PRÁCE.....	7
1.1 ANALÝZA VYBRANÝCH MORFOMETRICKÝCH CHARAKTERISTIK BULIŽNÍKOVÝCH VÝCHOZŮ.....	7
1.2 VÝZKUM GENEZE BULIŽNÍKOVÝCH TVARŮ.....	7
1.2.1 <i>Koncept zarovnaných povrchů.....</i>	<i>7</i>
1.2.2 <i>Koncept akumulovaných buližnickových bloků.....</i>	<i>7</i>
2 VYMEZENÍ ÚZEMÍ.....	8
3 METODIKA.....	10
3.1 ROZBOR LITERATURY.....	10
3.1.1 <i>Obecná literatura.....</i>	<i>10</i>
3.1.2 <i>Regionální literatura.....</i>	<i>10</i>
3.1.3 <i>Metodická literatura.....</i>	<i>11</i>
3.2 ZAROVNANÉ POVRCHY.....	11
3.2.1 <i>Zarovnaný povrch typu etchplén.....</i>	<i>11</i>
3.3 METODIKA ZÍSKÁNÍ DAT.....	13
3.3.1 <i>Primární data.....</i>	<i>13</i>
3.3.2 <i>Sekundární data.....</i>	<i>14</i>
3.4 METODY PRO VÝZKUM ÚZEMÍ.....	14
3.5 METODY PRO VÝBĚR ZKOUMANÝCH BULIŽNÍKOVÝCH ÚTVARŮ.....	16
3.6 METODY MORFOMETRIE.....	16
3.7 MORFOMETRICKÁ ANALÝZA.....	17
3.7.1 <i>Výběr morfometrických charakteristik.....</i>	<i>18</i>
4 ANALYTICKÁ ČÁST.....	21
4.1 MORFOMETRICKÉ MAPY.....	21
<i>Rozložení nadmořských výšek.....</i>	<i>21</i>
<i>Rozložení sklonu svahů.....</i>	<i>23</i>
4.2 VYBRANÉ BULIŽNÍKOVÉ ÚTVARY.....	24
4.3 MORFOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY ÚTVARŮ.....	25
4.4 TYPOLOGIE BULIŽNÍKOVÝCH TVARŮ RELIÉFU.....	36
4.4.1 <i>Typologie hlavních tvarů.....</i>	<i>36</i>
4.4.2 <i>Typologie doprovodných tvarů.....</i>	<i>37</i>
5 ZÁVĚR.....	40
SEZNAM TABULEK.....	43
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	43
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	44
SEZNAM PŘÍLOH.....	46
PŘÍLOHY.....	47
ABSTRAKT.....	54
KLÍČOVÁ SLOVA.....	54
ABSTRACT.....	55
KEY WORDS.....	55

Úvod

Předkládaná bakalářská práce se zaměřuje na získání nových poznatků o buližnickových útvarech jižně až jihovýchodně od města Plzně. Tyto útvary jsou tvořeny horninou typickou pro toto území – buližníkem, který se díky své vysoké odolnosti vůči exogenním procesům (zejména chemickému zvětrávání) výrazně uplatňuje v morfologii zdejší krajiny. Starší geologové a geomorfologové tyto vyvýšené útvary se skalnatými výchozy označovali jako suky či kamýky (MERGL 1994 in CIMPELOVÁ 2009).

Tato práce si klade za cíl vyhledat a zmapovat vybrané útvary a vytvořit databázi s jejich morfometrickými charakteristikami. Je první prací svého druhu, která se zaměřuje na kvantitativní analýzu buližníků Plzeňska. Vzhledem ke značnému rozšíření nezachycuje zdaleka všechny útvary, ať už se jedná o hřbety, suky či další buližnicková tělesa, které se v tomto regionu nachází. Tak jako předkládaná práce navazuje na studie LIŠKY (2005) a CIMPELOVÉ (2011), předpokládá se rozvoj této problematiky dalším výzkumem.

1 CÍLE PRÁCE

1.1 Analýza vybraných morfometrických charakteristik buližnickových výchozů

Hlavní cíl práce je vymezit buližnickové tvary reliéfu a provést vymezení s následným zhodnocením jejich morfometrických charakteristik. Věrohodnost morfometrických charakteristik a jejich doplnění bude dále ověřeno terénním výzkumem. Podle terénního výzkumu a analýzy morfometrických charakteristik bude vytvořena typologie (klasifikace) buližnickových výchozů podle jejich morfologického projevu, podle níž budou zkoumané útvary klasifikovány.

V rámci tohoto cíle bude vytvořen datový soubor morfometrických charakteristik buližnickových útvarů, který bude možno využít pro další výzkumy a práce s podobnou tematikou.

1.2 Výzkum geneze buližnickových tvarů

V závěru práce CIMPELOVÉ (2011) byly vysloveny 2 hypotézy řešící genezi buližnickového suku Radyně. Na základě získaných morfometrických charakteristik se pokusíme testovat tyto hypotézy.

1.2.1 Koncept zarovnaných povrchů

Tato hypotéza považuje vrcholovou oblast území za reliktní zarovnaného povrchu typu etchplénu, který zde vznikl a následně se oproti okolí uchoval díky vysoké odolnosti buližníků vůči denudaci. V tomto případě by buližnicková tělesa v okolí měla mít podobnou nadmořskou výšku a uspořádání. V rámci širšího výzkumu dále předpokládáme, že buližnickové výchozy se v rámci jednotlivých morfostruktur vyvíjely současně, za působení stejných procesů a měly by tedy mít podobné morfometrické charakteristiky.

1.2.2 Koncept akumulovaných buližnickových bloků

Druhá hypotéza považuje buližníky ve vrcholových partiích Radyně za akumulace velkých bloků (v podstatě jednotlivých buližnickových formací), které se zde akumulovaly po odnosu okolní masy méně odolných proterozoických břidlic. Tyto akumulace z odolnějších hornin brání dalšímu odnosu a území si tak uchovává

kuželovitý tvar. V tomto případě by mělo být výzkumem širšího území zjištěno nahodilé a různorodé uspořádání buližníkových útvarů.

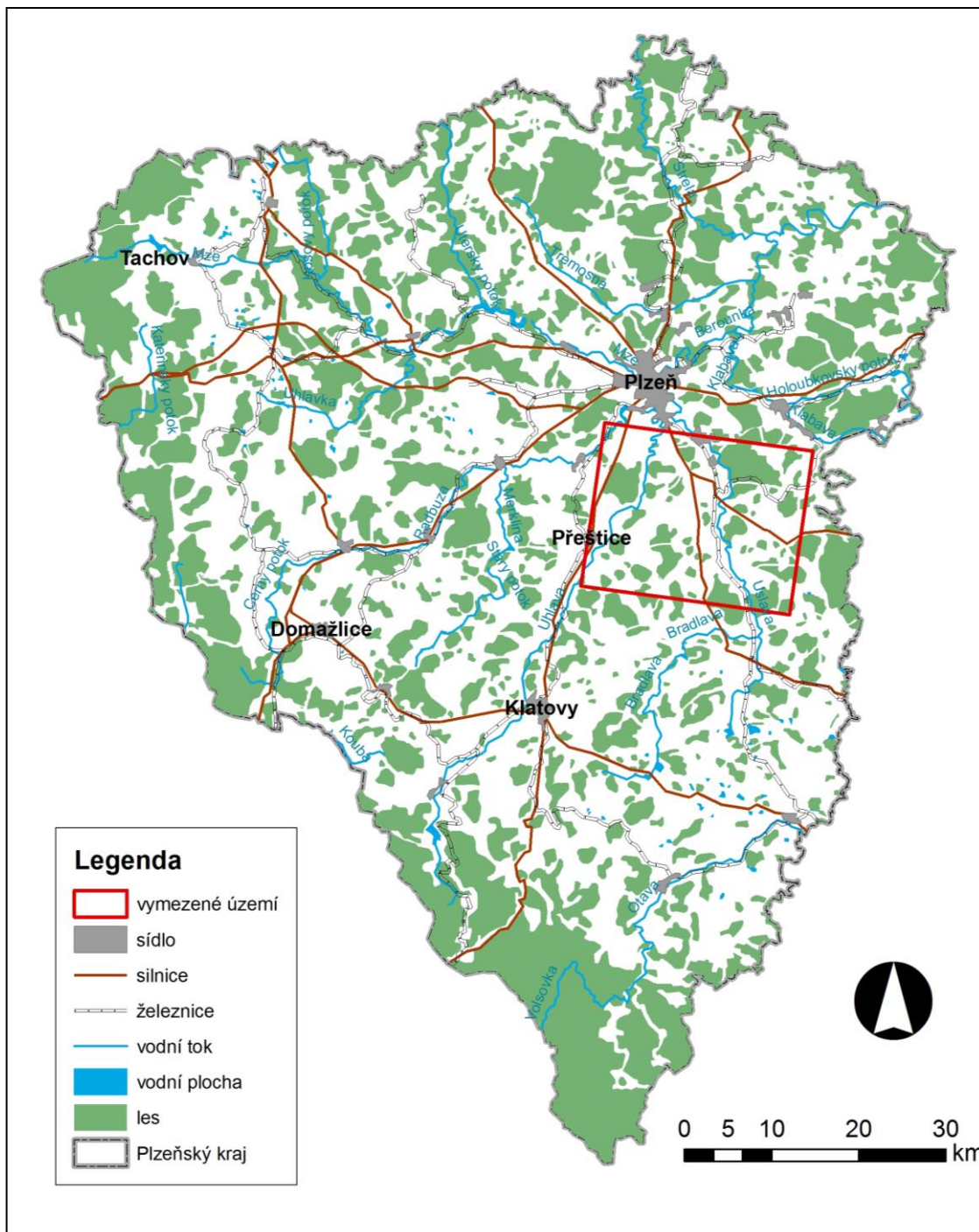
2 VYMEZENÍ ÚZEMÍ

Území je vymezeno podle mapového listu Přeštice 22-11 Základní mapy České republiky 1:50 000 (ZM 50). Toto území má tvar obdélníku s délkou stran 24 a 18 km a jeho rozloha je 460 km². Vymezeným územím protékají řeky Úhlava (č. h. p. 1-10-03-001) a Úslava (č. h. p. 1-10-05-001) s pravostrannými přítoky Bradavou (č. h. p. 1-10-05-046) a Kornatickým potokem (č. h. p. 1-10-05-052), které jsou výraznými krajinnými činiteli oblasti (VLČEK 1984).

Průměrná nadmořská výška území je 448 m n. m. Nejvyšším bodem území je vrchol Maštýře ve výšce 662 m n. m. ležící v jihovýchodní části území. Maštýř je podle DEMKA (1987b) tvořen břidlicemi s vložkami buližníků tvořících ve vrcholových partiích četné skalky. Nejnižší položený bod je břeh řeky Radbuzy v severozápadním cípu vymezené oblasti.

Z geomorfologického hlediska spadá území do provincie České Vysočiny, subprovincie Poberounské soustavy a oblasti Plzeňské pahorkatiny. Západní část území v blízkosti města Přeštice se nachází v geomorfologickém celku Plaské pahorkatiny a podcelku Plzeňské kotliny. Naprostá většina území náleží celku Švihovské vrchoviny a podcelku Radyňské pahorkatiny s nejvyšším vrcholem Radyně (567 m n. m.) (DEMEK 1987b).

Na území najdeme horniny z různých období – vyvýšeniny jsou tvořeny neoproterozoickými břidlicemi, drobnými se spility a prachovci a samozřejmě buližníky, v nivách řek najdeme kvartérní sprašové hlíny nebo nezpevněné hlinitopísčité sedimenty. V severozápadní části území se nachází štěnovický žulový masiv z období prvohor (MAŠEK 1994). Z hlediska utváření reliéfu jsou velmi důležitými horninami proterozoické břidlice, které jsou méně odolné a jsou nejčastěji denudovány v okolí buližníkových tvarů. Buližník je naopak hornina velmi odolná vůči exogenním procesům (zvětrávání, eroze) a díky jeho velké odolnosti tvoří buližníky tělesa čočkovitého tvaru, obvykle v řádu několika set metrů dlouhá, která se v krajině mohou morfologicky výrazně projevit jako suky, hřbety nebo skalní útvary (MERGL 1994 in CIMPELOVÁ 2009).



Obr. 1: Vymezení území v rámci Plzeňského kraje (vlastní zpracování s podkladem dat VTOPÚ a S-JTSK západ Čech)

3 METODIKA

3.1 Rozbor literatury

Vzhledem ke složitosti tématu bylo třeba studovat literaturu před samotným zahájením výzkumu, během něj při sběru, zpracovávání a vyhodnocování dat i při hodnocení výsledků a cílů práce. Ke studiu byla používána obecná a regionální geomorfologická literatura a literatura metodická.

3.1.1 Obecná literatura

Aby bylo možné používat geomorfologické pojmy a pochopit georeliéf, jeho složitost, vazby a vztahy mezi jeho složkami, musela být studována obecná literatura o geomorfologii (DEMEK 1987a, SUMMERFIELD 1991). Dalším důležitým zdrojem informací byly odborné geomorfologické články z odborných periodik. Byly studovány články s tematikou zarovnaných povrchů, zabývající se podrobněji především zarovnaným povrchem etchplénem, např. článek z časopisu *Geomorphology – Planation Surfaces in Northern Ethiopia* (COLCORTI, DRAMIS, OLLIER 2007) testující hypotézy vzniku zarovnaných povrchů na území severní Etiopie, kde je doložen výskyt těchto ploch, nebo článek z *Chinese Science Bulletin* z pekingské univerzity – *Comment on planation surface* (CUI, Z. et al. 1999) shrnující vývoj konceptů zarovnaných povrchů od doby představení Davisovy koncepce peneplénu a Gilbertovy koncepce pediplénu před přibližně 100 lety a vliv zarovnaných povrchů ve vývoji geomorfologie a geomorfologickém myšlení.

3.1.2 Regionální literatura

Bylo třeba studovat literaturu, která se zaměřuje na geologický vývoj a stavbu širšího okolí vymezené oblasti (CHLUPÁČ et. al. 2002). Nutné bylo použití mapových podkladů jak v papírové formě (MAŠEK 1994), tak v digitální formě (geologická mapa 1: 50 000 ČGS 2012, VTOÚP 2002) pro zpracování a tvorbu výstupů v prostředí GIS. Dále bylo třeba zabývat se literaturou s tematikou samotných buližnickových oblastí jižně od Plzně. Tímto tématem se dříve ve své bakalářské práci zabýval LIŠKA (2005), který se zaměřil na mikroformy a mezofomy, které na buližnicích vznikají, na příkladu buližnickového výchozu Radyně a jeho okolí. Pro předkládanou práci byly stěžejní především bakalářská a diplomová práce CIMPELOVÉ (2009, 2011), která detailněji popisovala 2 území (Radyně, Baba u Zdemyslic), ke kterým vytvořila geomorfologické mapy. Testování hypotéz z práce CIMPELOVÉ (kap.1.2.) je jeden z cílů práce.

3.1.3 Metodická literatura

Pro pochopení systému GPS a aplikace GPS a GIS do geomorfologického výzkumu byla studována publikace VOŽENÍLKA (2001) zabývající se integrací těchto systémů do geomorfologie. V průběhu práce s programem ArcGIS bylo využíváno systematické nápovědy samotného programu (záložka ArcGIS Desktop Help) a publikacemi od společnosti ESRI popisujícími praktické úlohy v tomto programu, např. Using ArcGIS 3D Analyst (BOOTH 2000).

3.2 Zarovnané povrchy

V souvislosti se zvolenými cíli (zejména kap. 1.2.1.) bylo třeba se intenzivněji věnovat problematice zarovnaných povrchů. Zarovnané povrchy jsou velmi důležitým prvkem při formování krajiny v minulosti stejně jako dnes, protože právě obnažování starých zarovnaných povrchů, které se zachovaly díky mocnému sedimentárnímu krytu, je jedním z procesů utvářejících současný georeliéf (COLTORTI, DRAMIS, OLLIER 2007). Místa s doloženým dřívějším výskytem rozsáhlých zarovnaných povrchů (např. východní Afrika, plošina Deccan v Indii) jsou důležité také z hlediska poznání vývoje krajiny a podmínek, které ji v minulosti utvářely.

Zarovnaný povrch lze popsat jako erozně-denudační plochu, která vznikla ústupem nebo snižováním svahů nebo celkovým snižováním reliéfu. Podle SUMMERFIELDA (1991) lze zarovnaný povrch (*erosion surface* nebo *planation surface*) definovat také jako konečné stadium Davisova geografického (též erozního cyklu), kdy krajina po dlouhém časovém období přestává být v rovnováze.

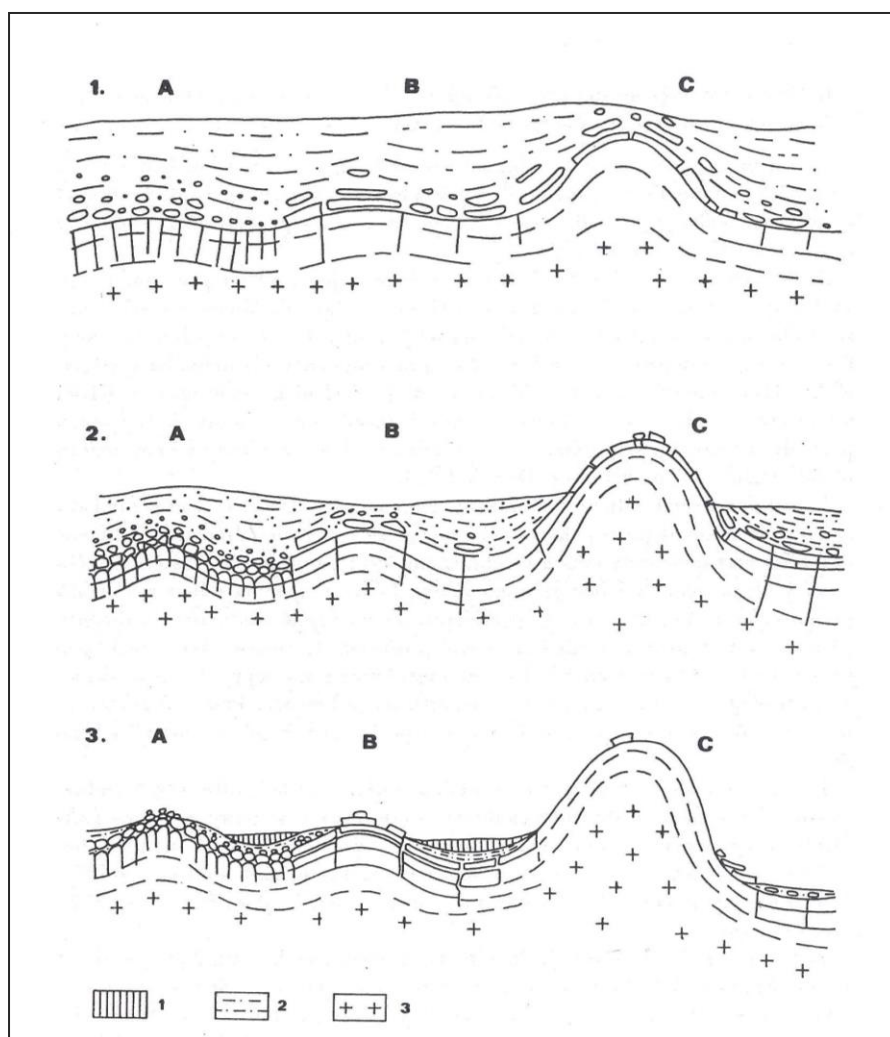
Zarovnaný povrch můžeme rozdělit do základních typů peneplén, pediplén, etchplén a kryoplén v závislosti na klimatických podmínkách, za kterých vznikaly, a převažujícími exogenními procesy, které je utvářely (CUI, Z. et al. 1999).

3.2.1 Zarovnaný povrch typu etchplén

Jedním z dílčích typů zarovnaných povrchů je etchplén (etchplain). Jedná se o povrch, který se mohl vyvinout ze staršího zarovnaného povrchu peneplénu (paroviny), který se na Zemi vytvořil v období dlouhého tektonického klidu mezi hercynskou a alpsko-himalájskou orogenezí (DEMEK 1987a).

Wayland, autor původní teorie vzniku etchplénu, pojmenoval proces, při kterém dochází k odnosu ze silné pokrývky zvětralin, *etching*. Tento koncept následně

podrobněji popsal Büdel ve svém díle *Die Doppelten Einebnungsflächen* z r. 1957 (BUMBA 2013), který rozdělil vývoj etchplénu do dvou fází. V první fázi dochází ke hloubkovému zvětrávání, ve druhé fázi je následně silná vrstva zvětralin z povrchu odstraňována (denudací, plošným splachem). Během odstraňování zvětralin může na rozhraní mezi zvětralinovým pláštěm a nezvětranou horninou (bazální zvětrávací plocha) docházet k chemickému zvětrávání, které podmiňuje vzniklé formy na vzniklých reliktech z odolnější horniny, která původně byla v podloží. Kombinace zvětrávání a povrchové odnosu zvětralin tedy vytváří etchplén (etchplain). Celý proces vzniku lze souhrnně nazvat etchplanací (etchplanation) (SUMMERFIELD 1991).



Obr. 2: Model vývoje etchplénu v masivních horninách (žulách) a vliv exfoliace na vývoj zarovnaného povrchu. 1. Původní zarovnaný povrch se zvětralinami, 2. Částečné odnesení zvětralin, obnažení vrcholu vysoké exfoliační klenby, 3. Obnažení bazální zvětrávací plochy a vznik nového zarovnaného povrchu (etchplénu) s ostrovními horami (vysoké exfoliační klenby, bornhardty) a nízkými exfoliačními klenbami (ruwary). Vysvětlivky: A. oblast s četnými puklinami, B. oblast s menším počtem vertikálních puklin (nízká exfoliační klenba, ruware), C. masivní oblast téměř bez vertikálních puklin (vysoká exfoliační klenba, bornhardt). 1. Kvartérní sedimenty, 2. Hluboké kaolinické zvětraliny (terciér), 3. Skalní podloží, (převzato z DEMEK, ZEMAN 1979, s. 162)

Vyvýšeniny etchplénu jsou tvořeny odolnými, masivními horninami (žula, buližník), ve sníženinách jsou naopak méně odolné a k rozpuštění náchylné horniny. Z toho vyplývá, že etchplén není úplná rovina, je více zvlněný než např. pedimenty (plochy tvořící pediplén), jejichž sklony nepřesahují 7° (DEMEK, ZEMAN 1979). Na Obr. 2 vidíme model vývoje etchplénu. Jednotlivé fáze ukazují postupný odnos zvětralín a obnažování skalního podloží tvořeném odolnější horninou.

3.3 Metodika získání dat

3.3.1 Primární data

Data byla získána pomocí aplikace *GPS Coordinates and Location* přímo v terénu. Konkrétně byly vymezovány hraniční body buližníkových útvarů (hřbetů) patrných z terénu, tj. linie úpatnice a hřbetnice.

Úpatnici můžeme definovat jako linii na rozhraní 2 různě skloněných ploch (např. údolí a úbočí morfologicky nápadnějšího tvaru), které spolu svírají zpravidla úhel od 90° do 180°. Hřbetnice jsou linie spojující body s nejvyšší nadmořskou výškou na sledované konvexní formě (hřbetu nebo hřebenu). Zpravidla tvoří v krajině přirozenou rozvodnici (DEMEK 1987a). Schéma průběhu úpatnice a hřbetnice viz Obr. příl. B.

Tyto linie jsou v krajině velmi důležité, neboť jsou vlastně hranicí působení charakteru a intenzity geomorfologických procesů. Při geomorfologickém výzkumu se často v prvotní fázi mapování vymezují tyto hrany (úpatnice, hřbetnice, údolnice) pomocí kterých se od sebe oddělí geneticky homogenní plochy (elementární formy), které vytvoří základ pro další mapování sledovaných objektů (DEMEK 1987a).

U mapovaných buližníkových hřbetů bylo pomocí GPS zaměřeno několik bodů na úpatnicích a hřbetnicích. Souřadnice byly měřeny s přesností 4-6 metrů podle možností přístroje v závislosti na hustotě lesního porostu a dalších faktorech ovlivňujících příjem signálu ze satelitů. Získané souřadnice byly převedeny ze systému WGS 84 (World Geodetic System) do systému S-JTSK (Systém- jednotná trigonometrická síť katastrální) geografickým kalkulátorem *MATKART VB105*, umožňující oboustranný převod souřadnic mezi těmito systémy (ČECHUROVÁ a VEVERKA 2007), který pro tuto práci poskytla Mgr. Čechurová, Ph.D. Souřadnice byly načteny do prostředí ArcGIS a na základě naměřených bodů byly vytvářeny polygony a linie, které byly dále v tomto prostředí analyzovány pomocí vybraných nástrojů a funkcí.

3.3.2 Sekundární data

Sekundární data byla použita z několika zdrojů, především se jednalo o data, které je možné zobrazit v prostředí GIS a je možné s nimi dále pracovat.

Základním zdrojem pro analýzu reliéfu byl Digitální model území 1: 25 000 (DMÚ 25). Data jsou v něm organizována podle mapových listů měřítka 1: 25 000, pro větší území je nutné načíst data z každého mapového listu zvlášť.

Kromě nutnosti přidat každý mapový list jako novou vrstvu je zvlášť nevýhodou to, že hodnoty objektů jsou uvedeny v externích tabulkách. Proto je nutné tuto tabulku k shapefile připojit funkcí *Join and Relates*, abychom dostali k příslušným bodům, liniím či polygonům data o jejich vlastnostech. Pro možnost vytvořit DMR (digitální model reliéfu) byly z Digitálního modelu území 1 :25 000 vybrány shapefile vrstevnic s intervalem 5 metrů z 12 mapových listů (seznam použitých mapových listů viz Seznam použité literatury a zdrojů). Ke každému zobrazenému shapefile byla připojena externí tabulka s hodnotami nadmořské výšky. Takto ohodnocené shapefile vrstevnic byly následně spojeny v jednu vrstvu nástrojem *Data management tools - Merge* pro snazší ovladatelnost a přehlednost.

3.4 Metody pro výzkum území

Pro možnost získání morfometrických dat k daným formám (průměrná nadmořská výška a rozpětí nadmořských výšek) byl vytvořen digitální model reliéfu (DMR) zkoumaného území. V prostředí ArcGIS byl na podkladě dat z DMÚ 25 (digitální model území 1: 25 000), konkrétně vrstvy ohodnocených vrstevnic (po 5 metrech), vytvořen DMR v reprezentacích TIN a GRID.

TIN (Triangulated Irregular Network) je tvořen nepravidelnou sítí různě velkých a orientovaných trojúhelníků, hodnoty jsou přiřazeny k vrcholům každého z nich. Toto uspořádání neumožňuje využití mapové algebry jako u GRIDU, nicméně TIN se může více přizpůsobit reálnému reliéfu díky možnosti volby hustoty vstupních bodů (VOŽENÍLEK a kol. 2001).

GRID je rastrový model tvořený maticí buněk nejčastěji ve tvaru čtverce. Ke středu každé buňky je přiřazena hodnota (nadmořská výška, sklon apod.). Pravidelnost rozložení buněk usnadňuje výpočty a statistické analýzy (VOŽENÍLEK a kol. 2001).

Pro zájmové území byly generovány morfometrické mapy: mapa rozložení nadmořských výšek a mapa sklonů svahů. Z mapy rozložení nadmořských výšek byly

pro jednotlivé bulžníkové tvary zjišťovány morfometrické údaje (např. průměrná nadmořská výška formy), mapa sklonů svahů sloužila pro získání představy o zkoumaném území.

Orientace svahů ke světovým stranám, která se obvykle řadí mezi základní morfometrické charakteristiky pro zkoumané území, nebyla v této práci zařazena, jelikož zkoumané území je poměrně rozsáhlé a orientace, která je ke všem světovým stranám odlišná v řádu jednotek procent, nemá v takto velkém území (rozloha 460 km²) žádný vliv.

Mapa rozložení nadmořských výšek (Obr. 4) byla vytvořena v prostředí ArcGIS z vrstvy ohodnocených vrstevnic s intervalem 5 m, ze které byl vytvořen TIN pomocí nástroje *Create Tin from Features*, kde byla jako zdroj výšky uvedena hodnota vrstevnic. Tento TIN byl následně v 3D Analystu konvergován na raster s velikostí buněk 10 m. Kvůli přehlednosti a možnosti porovnání hodnot v jednotlivých intervalech byl raster reklasifikován (*Reclassify v Spatial Analyst Tools*) do 8 intervalů po 50 metrech. Z reklasifikovaného rastru byla nástrojem *Zonal Statistics as Table* vytvořena tabulka, která udává počet buněk v každé kategorii, plochu, kterou kategorie zabírá a další hodnoty, ze kterých byl v MS Excel vytvořen graf a tabulka rozložení hodnot v intervalech, uvedené v kap. 4.2.1.

Mapa sklonů svahů byla vytvořena podobným způsobem – v programu ArcGIS. U výsledného rastru byly navíc analyzovány svahy nástrojem *Surface Analysis* v 3D Analystu výběrem funkce *Slope*. Třídy sklonů svahů byly vymezeny podle DEMKA (1972) do 7 kategorií podle Tab. 1. Hodnoty ze *Zonal Statistics as Table* byly taktéž analyzovány v MS Excel. Kvůli poměrně rozsáhlému území neměla mapa sklonů svahů dostatečnou vypovídací hodnotu, proto je v analytické části zařazen pouze Graf sklonů svahů (Obr. 6) a Tab. 5 s konkrétními hodnotami.

Typ plochy	Sklon (°)
rovinné plochy	0-2
mírně skloněné plochy	2-5
značně skloněné plochy	5-15
příkře skloněné plochy	15-25
velmi příkře skloněné plochy	25-35
srázy	35-55
stěny	55-90

Tab. 1: Klasifikace sklonů svahu podle DEMKA (1972)

3.5 Metody pro výběr zkoumaných buližnickových útvarů

Ve vymezeném území se podle geologické mapy MAŠKA (1994) nachází 245 buližnickových těles o ploše 2 376 až 679 709 m². Z tohoto souboru byly na základě vrstvy ohodnocených vrstevnic vybrány takové útvary, které mají tvar hřbetu či hřebenu. Jde o konvexní protáhlé tvary s délkou několikanásobně přesahující šířku. Hřbet je ve vrcholové části zaoblený a zhlazený, oproti tomu hřeben je charakteristický obnaženým skalním podkladem ve vrcholových partiích (DEMEK 1987a).

Během výběru útvarů a ověřování jejich existence v terénu bylo zjištěno, že Geologická mapa MAŠKA (1994) zcela neodpovídá údajům získaných z terénního měření ani ohodnoceným vrstevnicím DMÚ. Na tomto místě je také nutné podotknout, že výsledky popisované dále v této práci jsou limitované přesností získaných terénních dat. Zejména nepřesnosti GPS měření způsobují odchylky vyplývající z výše uvedené chyby, se kterou bylo možné daná data získat. Navíc, jako nejvhodnější získání údaje výšky hřbetů (vzhledem k často nepřehlednému a zalesněnému terénu) se ukázal odhad podle předmětů známé velikosti. Přesnější data by mohlo přinést využití Lidar (Light Detection and Ranging) dat – za využití zonální statistiky (viz níže).

Z výzkumů Katedry archeologie ZČU (JOHN 2010) je patrné, že buližnickové protáhlé elevace byly v minulosti důležitými lokalitami pro vývoj osídlení v tomto regionu. Buližnickové tvary tvořily výrazný prvek reliéfu, který poskytoval přirozenou ochranu výše položených sídlišť, což dokládají nálezy pravěkých artefaktů v těchto lokalitách. Vytvořený Katalog nalezišť pravěkých artefaktů (JOHN 2010) byl proto využit jako doplňující materiál při výběru útvarů. Toto rané osídlení nemělo výrazný vliv na morfologii těchto útvarů, naopak od 14. stol. je patrný antropogenní vliv člověka, který svou činností začal tyto útvary přetvářet. Na buližnickových sucích byly založeny hrady Radyně, Vlčtejn, Lopata, v pozdějším období se buližník začal využívat jako stavební materiál pro domy nebo silnice. Tyto antropogenní transformace byly zohledňovány, i když ne vždy je možné míru lidského vlivu zcela odhadnout.

3.6 Metody morfometrie

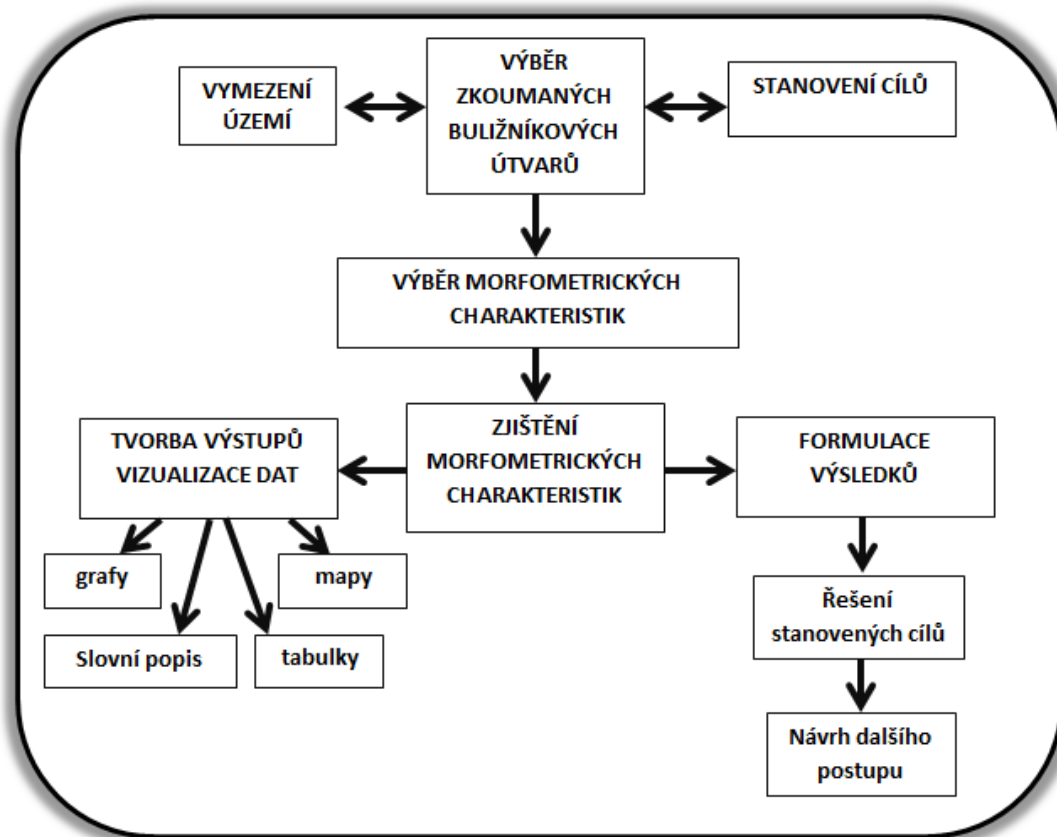
Morfometrii můžeme podle KUDRNOVSKÉ (1975) chápat jako způsob aplikování kartometrických (měření na mapách) metod na mapový obraz, který představuje reliéf nebo část reliéfu povrchu Země. Dříve byla morfometrie, nebo spíše popis a číselná charakteristika prvků krajiny nazývána orografie a orometrie, název

morfometrie a morfografie jsou používány od konce 19. stol. po vydání Morphologie der Erdoberfläche (Morfologie zemského povrchu) německým geografem A. Penckem (KUDRNOVSKÁ 1975).

Jedná se vlastně o slovní popis a zejména číselné údaje charakteristických znaků prvků krajiny, které mohou být bodové a plošné (KUDRNOVSKÁ 1975). Mezi základní morfometrické charakteristiky patří výšková členitost, objem, orientace, expozice, střední a průměrné výšky plošných prvků, sklon a další.

3.7 Morfometrická analýza

V dřívějších pracích (LIŠKA 2005 a CIMPELOVÁ 2009, 2011) byla provedena morfometrická analýza celých zkoumaných území (tj. rozložení nadmořských výšek, analýza sklonu a orientace svahů) v prostředí GIS, LIŠKA (2005) vzhledem k charakteru své práce provedl analýzu puklin a jejich sklonů a analýzu směru čel skalních výchozů. Postup morfometrické analýzy, který je poněkud odlišný od výše zmiňovaných prací, je uveden na Obr. 3.



Obr. 3: Postup morfometrické analýzy (vlastní zpracování)

3.7.1 Výběr morfometrických charakteristik

Metodický postup pro výběr a mapování morfometrických charakteristik bulžnickových útvarů není jednotný a v minulosti se ani neobjevuje práce, která by systematicky mapovala větší množství bulžnickových útvarů na rozsáhlejší území a srovnávala jejich charakteristiky. Proto byly v této práci převzaty a upraveny morfometrické charakteristiky z mapování skalních výchozů na vrchu Slunečné na Šumavě (STACKE 2008) a morfometrické charakteristiky pro kary Černého, Čertova, Prášílského jezera a Staré jímky z dizertační práce MENTLÍKA (2006).

Charakteristiky zjišťované u skalních výchozů v oblasti Slunečné (STACKE 2008):

- Výška (m)
- Délka (m)
- Převis (°)
- Spádnice (°)
- Nadmořská výška (m n. m.)
- Orientace (°)
- Sklon (°)
- Druh horniny
- Forma
- Morfologická klasifikace

Charakteristiky zjišťované u karů Černého, Čertova, Prášílského jezera a Staré jímky (MENTLÍK 2006):

- Celková (2D) plocha karu (m²)
- Celková (3D) plocha karu (m²)
- Členitost karu
- Minimální nadmořská výška karu (m n. m.)
- Maximální nadmořská výška karu (m n. m.)
- Rozpětí mezi nejnižším a nejvyšším bodem karu (m)
- Průměrná nadmořská výška karu (m n. m.)
- Průměrný sklon svahu karu (°)
- Délka karu (m)
- Šířka karu (m)
- Azimut osy karu (°)

- Cirkularita
- Poměr šířky a výšky karu
- Poměr délky a šířky karu

Vzhledem k faktu, že v obou pracích (MENTLÍK 2006 a STACKE 2008) byly morfometrické charakteristiky určené pro jiné útvary, byly pro účely této práce vybrány takové, které je možné aplikovat na zkoumané útvary, které byly omezeny oproti okolnímu reliéfu na všech stranách, a byly orientovány, resp. výrazně protaženy v jednom směru.

Morfometrická charakteristika	Označení	Jednotky	Metoda zjištění hodnoty
Délka	L	[m]	nástroj <i>Measure</i> v ArcGIS
Průměrná šířka	W_{mean}	[m]	nástroj <i>Measure</i> v ArcGIS
Maximální šířka	W_{max}	[m]	nástroj <i>Measure</i> v ArcGIS
Poměr délky a šířky	R	-	Vlastní výpočet
Výška	H	[m]	Vlastní výpočet
Průměrná nadmořská výška	E_{mean}	[m n. m.]	Funkce <i>Zonal Statistics</i> v ArcGIS
Min. nadmořská výška	E_{min}	[m n. m.]	Funkce <i>Zonal Statistics</i> v ArcGIS
Max. nadmořská výška	E_{max}	[m n. m.]	Funkce <i>Zonal Statistics</i> v ArcGIS
Rozpětí nadmořských výšek	E_{span}	[m]	Funkce <i>Zonal Statistics</i> v ArcGIS
Průměrný sklon svahů útvaru	S_{mean}	[°]	Funkce <i>Zonal Statistics</i> v ArcGIS
Celková plocha (2D)	P	[m ²]	Funkce <i>Calculate areas</i> v ArcGIS
Orientace	A	[°]	Výpočet Ing. Šilhavého

Tab. 2: Vybrané morfometrické charakteristiky pro bulžnickové útvary (převzato a upraveno podle MENTLÍKA (2006) a STACKEHO (2008))

Jako délka útvaru byla uvažována úsečka spojující 2 koncové body útvaru (nejvzdálenější naměřené body na úpatnici). Na tuto linii byly v 50 metrových intervalech naneseny kolmice, ze kterých byla následně vypočtena hodnota průměrné šířky. Nejdelší kolmice na linii délky bez ohledu na 50 metrový interval byla charakterizována jako maximální šířka útvaru.

Poměr délky a průměrné šířky byl počítán jako $R = L / W_{\text{mean}}$, kde L je hodnota délky útvaru a W_{mean} je průměrná šířka útvaru.

Výška útvaru odhadnutá v terénu (viz výše) je doplňující údaj získaný vlastním odhadem při terénním výzkumu a analýzou vrstevnic v ArcGIS.

Průměrná nadmořská výška, maximální i minimální výška byly vypočteny v ArcGIS z rastru rozložení nadmořských výšek s velikostí buňky 10 metrů a shapefilu polygonů útvarů. Pomocí funkce *Zonal Statistics as Table* byl rastr oříznut podle shapefilu útvarů a u každého polygonu byl vypočten počet buněk v polygonu, rozloha podle počtu buněk, hodnota minimální, maximální a průměrné nadmořské výšky, rozpětí mezi minimální a maximální n. výškou a směrodatná odchylka.

Hodnoty rozpětí nadmořských výšek byly získány z rastru rozložení nadmořských výšek funkcí *Zonal Statistics as Table* (uvedeno výše). Z výsledné atributové tabulky byla vybrána hodnota Range.

Průměrný sklon svahů k jednotlivým útvarům byl vypočten z rastru sklonu svahů analogicky s výpočtem průměrné, minimální a maximální nadmořské výšky (viz výše). Z tabulky vytvořené funkcí *Zonal Statistics as Table* byla vybrána hodnota Mean, která byla dále analyzována spolu s rozpětím nadmořských výšek v kap. 4.3.

Celková plocha útvaru byla získána za použití funkce *Calculate Area* v prostředí ArcGIS.

Orientace útvarů byla spočítána jako směr hřbetnice v kvadrantu sever-jih (0° až 180°) z počátečních a koncových bodů linie. Hodnoty v ArcGIS byly vypočteny za použití skriptu (autor Ing. Jakub Šilhavý) napsaném v jazyce Python. Výsledný azimut byl klasifikován do příslušných směrů podle Tab. 3.

Směr	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
Azimut (°)	337,5	22,5	67,5	112,5	157,5	202,5	247,5	292,5
	22,5	67,5	112,5	157,5	202,5	247,5	292,5	337,5

Tab. 3: Rozdělení světových stran

4 ANALYTICKÁ ČÁST

V této kapitole byly analyzovány morfometrické mapy celého území (mapa rozložení nadmořských výšek a sklonů svahů), aby bylo možné lépe pochopit morfologii území a lépe prostudovat reliéf v okolí buližnickových útvarů. V další kapitole byly popsány vybrané buližnickové útvary - jejich lokalizace a stručný popis. Následně, v hlavní části této práce, byly morfometrické charakteristiky těchto útvarů utříděny do tabulek a grafů, které jsou podkladem pro následnou analýzu. Na základě analýzy morfometrických charakteristik a terénního výzkumu byla v závěru kapitoly provedena typologie buližnickových tvarů reliéfu.

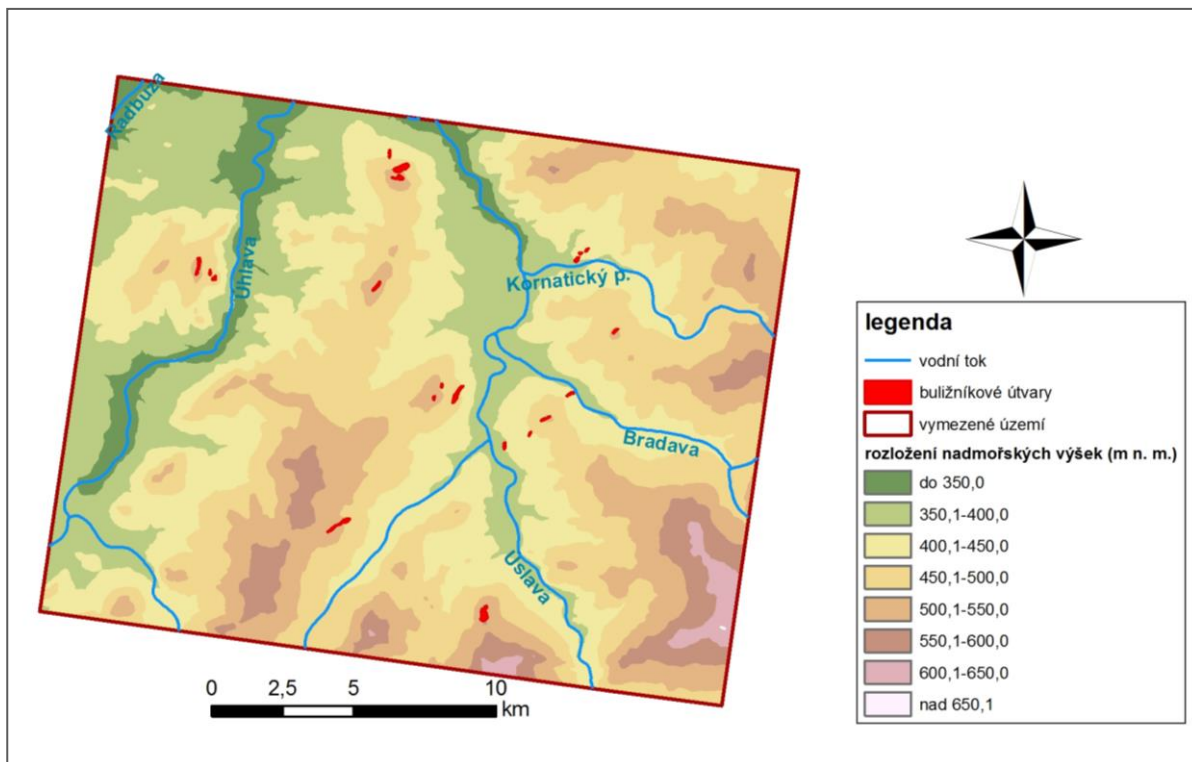
4.1 Morfometrické mapy

Podle metodického postupu uvedeného v kap. 3.5. byly generovány morfometrické mapy pro lepší poznání reliéfu.

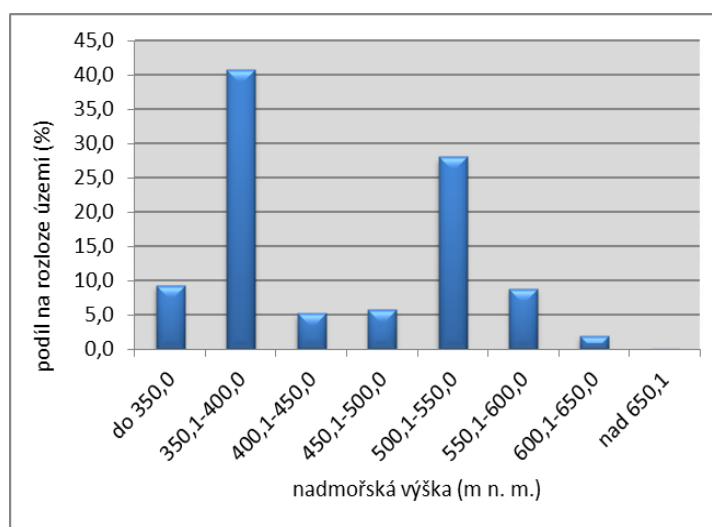
Rozložení nadmořských výšek

Nejvyšší bod ve vymezeném území je vrchol Maštýř s výškou 662 m n. m., tvořený proterozoickými břidlicemi s buližnickovými vložkami, které ve vrcholové části tvoří nízký hřbet s relikty zarovnaného povrchu z období třetihor se skalními výchozy (DEMEK 1987b). Nejnižším bodem je niva řeky Radbuzy (315 m n. m.) u Plzně–Lhoty v severozápadní části území. Procentuálně nejvíce zastoupený interval nadmořských výšek je interval mezi 350–400 m se 40,7 % plochy (Obr. 5 a Tab. 4). Naopak nejméně zastoupený je interval nad 650 m n. m., výšky nad touto hodnotou lze nalézt pouze v okolí nejvyššího vrcholu Maštýře.

Celkově lze z mapy na Obr. 4 vyčíst, že v blízkosti větších vodních toků (Radbuza, Úhlava, Úslava) jsou nadmořské výšky nižší a směrem po proudu těchto vodních toků tyto hodnoty klesají. Směrem od severozápadu k jihovýchodu naopak v zájmovém území nadmořské výšky rostou.



Obr. 4: Mapa rozložení nadmořských výšek ve vymezeném území s vyznačenými buližníkovými útvary sledovanými v této práci (vlastní zpracování na podkladě dat VTOPÚ 2002)



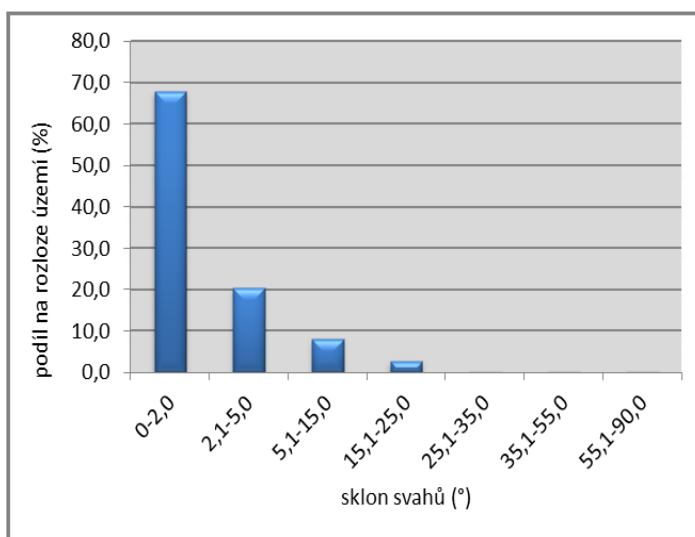
Obr. 5: Graf rozložení nadmořských výšek ve vymezeném území (vlastní zpracování dle Tab. 4)

Nadmořská výška (m n. m.)	Podíl na rozloze území (%)
do 350,0	9,3
350,1 – 400,0	40,7
400,1 – 450,0	5,3
450,1 – 500,0	5,8
500,1 – 550,0	28,1
550,1 – 600,0	8,8
600,1 – 650,0	2,0
nad 650,1	0,0

Tab. 4: Rozložení nadmořských výšek ve vymezeném území (vlastní zpracování z programu ArcGIS)

Rozložení sklonu svahů

Z obr. 6 je patrné, že ve vymezeném území se vyskytují sklony do 25°, zastoupení prudších svahů je mizivé, jak vyplývá z Tab. 5. Tato skutečnost může být ovlivněna také vstupními daty, kdy vrstevnice, použité k tvorbě DMR, a jejich následná interpolace obvykle zhlazují povrch a tedy i zmenšují sklony svahů. Největší zastoupení mají rovinné plochy (0–2°), které zabírají 68 %a rozlohy území. Tyto plochy se nacházejí v nivách vodních toků procházejících územím. Druhé největší zastoupení mají mírně skloněné plochy (2–5°), které zabírají oproti rovinným plochám už pouze 20 %. Naopak svahy se sklonem větším než 25° se v zájmovém území nacházejí zcela minimálně, převážně ve svazích modelovaných fluvialní činností (strže, zakleslé meandry) vodních toků Úhlavy, Úslavy a Kornatického potoka.



Obr. 6: Graf rozložení sklonů svahů ve vymezeném území (vlastní zpracování dle Tab. 5)

Sklon svahu (°)	Podíl na rozloze (%)
0 – 2,0	67,9
2,1 – 5,0	20,5
5,1 – 15,0	8,2
15,1 – 25,0	2,9
25,1 – 35,0	0,3
35,1 – 55,0	0,2
55,1 – 90,0	0,2

Tab. 5: Sklony svahů ve vymezeném území (vlastní zpracování z programu ArcGIS)

4.2 Vybrané buližníkové útvary

Výběr buližníkových útvarů byl podmíněn analýzou mapových podkladů (Geologická mapa ČGS 2012 a MAŠEK 1994), vrstvy vrstevnic DMÚ, dokumentací katalogu archeologických nalezišť Katedry archeologie ZČU (JOHN 2010) a vlastní znalostí některých lokalit. V několika případech nebylo u útvarů, které se podle podkladů zdály být vhodnými lokalitami, měření provedeno kvůli nevýraznému projevu v terénu (lokalita Na Kukačce u Štáhlav, Rohatá u Zdemyslic), nebo kvůli rozsáhlému odtěžení horniny (lokalita Bambousek u Losiné). Naopak hřbítok Kamensko 2, zařazený mezi vybrané útvary, není v Geologické mapě 1:50 000 (ČGS 2012 a MAŠEK 1994) zaznamenán, i když se v krajině výrazně morfologicky projevuje.

Ve vymezeném území bylo zmapováno 20 buližníkových útvarů (lokalizace v rámci vymezeného území Obr. příl. D). Jejich přehled s lokalizací v rámci vymezeného území je uveden v Tab. 6. V této fázi je nutno poznamenat, že ve vymezeném území se nachází další nezmapované buližníkové útvary, jejichž mapování by mohlo být realizováno v rámci dalšího výzkumu.

U vybraných útvarů bylo nejprve provedeno terénní měření bodů na liniích hřbetnice a úpatnic. Takto získané body byly převedeny do prostředí ArcGIS, kde byly pomocí nástrojů a funkcí vektorizovány (linie, polygony). Dále byly zjišťovány jednotlivé morfometrické charakteristiky. Jejich seznam a metody získání dat je popsán v kap. 3.6.

Název útvaru	Katastr obce	Lokalizace
Farská skála	Chválenice	500 m SZ od obce Chválenice
Babiny	Spálené Poříčí	2 km jihovýchodně od obce Žákava
Čertovo břemeno	Únětice	1,5 km západně od obce Chocenský Újezd
Vlčejn svah	Vlčejn	700 m západně od útvaru Vlčejn vrch
Hrubá skála	Vlčejn	500 m severně od osady Chlumánky
Kamensko 1	Blovice	Útvar v lokalitě Kamensko 1,6 km severozápadně od obce Štítov
Kamensko 2	Blovice	Útvar v lokalitě Kamensko 1,5 km severozápadně od obce Štítov v blízkosti komunikace vedoucí do chatové osady
Polánka	Zdemyslice	Útvar uprostřed chatové osady Kamensko 1 km od obce Zdemyslice
Pramný	Spálené Poříčí	1 km východně od obce Milínov
Vlčejn vrch	Vlčejn	Útvar v zastavěném území osady Chlumánky se zříceninou středověkého hradu
Hádky 1	Milínov	400 m SV od útvaru Lopata
Hádky 2	Milínov	200 m SV od útvaru Lopata
Lopata	Milínov	300 m severně od silnice mezi Šťáhlavicemi a Kornaticemi se zříceninou středověkého hradu
Andrejšky	Starý Plzenec	500 m JZ od obce Starý Plzenec, v těsném sousedství se zastavěným územím
Kozí kámen 1	Útušice	Útvar
Kozí kámen 2	Útušice	1,3 km západně od obce Čížice
Vysoká	Útušice	2 km západně od obce Čížice
Chocenská skála	Blovice	1 km východně od obce Chocenice
Radyně vrch	Starý Plzenec	Vrchol stejnojmenného kopce 1,3 km jižně od Starého Plzně se zříceninou středověkého hradu
Radyně 2	Starý Plzenec	300 m severně od útvaru Radyně vrch

Tab. 6: Přehled vybraných bulžnickových útvarů (vlastní zpracování)

Pozn. Červeně jsou uvedeny lokality s archeologickými nálezy podle Katalogu nalezišť pravěkých artefaktů (JOHN 2010).

4.3 Morfometrické charakteristiky útvarů

U každého bulžnickového útvaru byly vypočteny morfometrické charakteristiky (více kap. 3.7.1.), které byly dále analyzovány formou grafů nebo tabulek. Morfometrické charakteristiky byly popisovány jednotlivě nebo byly porovnávány s dalšími charakteristikami, u kterých byla zjištěna jistá závislost nebo podobnost hodnot. V Tab. 7 jsou uvedené extrémní (minimální a maximální) hodnoty zjištěné u zkoumaných útvarů a průměrné hodnoty reprezentující celý soubor. Celkový přehled konkrétních dat k jednotlivým útvarům je uveden v Příloze (Obr. příl. C)

	L (m)	W_{mean} (m)	W_{max} (m)	R	H (m)	E_{mean} (m n. m.)	E_{min} (m n. m.)	E_{max} (m n. m.)	E_{span} (m)	S_{mean} (°)	P (m ²)	A (°)
Min.	108	34	43	1,8	8	402	396	405	1	1,16	5069	5
Max.	909	165	246	15,4	30	544	527	565	65	3,63	90674	174
Prům.	348	67	98	5,6	17	482	469	492	23	2,53	25408	48

Tab. 7: Extrémní a průměrné hodnoty morfometrických charakteristik (vlastní zpracování)

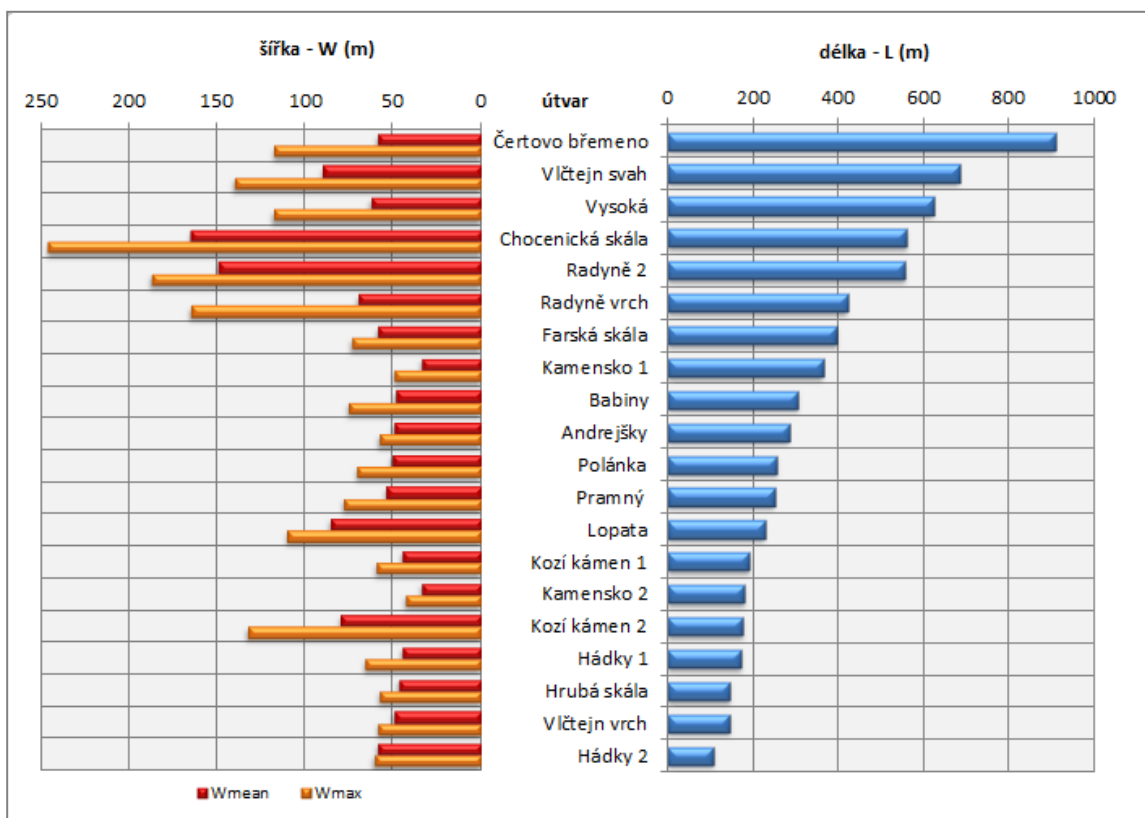
Porovnání délek a šířek útvarů

Při porovnávání délek a šířek útvarů nebyla zjištěna přímá vazba mezi délkou a šířkou. Rozpětí délek je 801 m, hodnoty ale nejsou v souboru rozloženy rovnoměrně. 14 útvarů (70 % souboru) není delší než 400 metrů a 19 útvarů nepřesahuje délku 700 metrů. Ze souboru podle Obr. 7 vybočuje útvar Čertovo břemeno, který je se svou délkou 909 m nejdelším útvarem. Jeho průměrná šířka 59 metrů se blíží průměrné hodnotě získané ze všech útvarů ($W_{\text{mean}} = 67$ metrů).

Nejkratší útvar, Hádky 2, je se svou délkou 108 m 8krát kratší než Čertovo břemeno, ale je stejně široký (59 m).

U srovnávání hodnoty průměrných šířek útvarů W_{mean} , která byla počítána jako průměrná hodnota (hodnoty byly měřeny po 50 metrových intervalech kolmic na linii délky sledovaného útvaru) byla analyzována i maximální šířka útvaru W_{max} . Průměrný rozdíl mezi W_{mean} a W_{max} je 32 metrů. W_{max} je důležitá hodnota z hlediska dalšího možného vývoje útvaru. Lze předpokládat, pokud není bulžníkové těleso celé odkryto a na povrchu se morfologicky projevuje jen jeho část, že při pokračování procesů eroze a zvětrávání se může tato hodnota měnit.

Při porovnávání hodnot délky a šířky byla zjištěna velká podobnost mezi 2 útvary – Chocenickou skálou a Radyní 2, které měly podobné hodnoty u více kategorií. Lze předpokládat, že tato podobnost není náhodná a může souviset s podobným vývojem těchto 2 lokalit (viz níže).

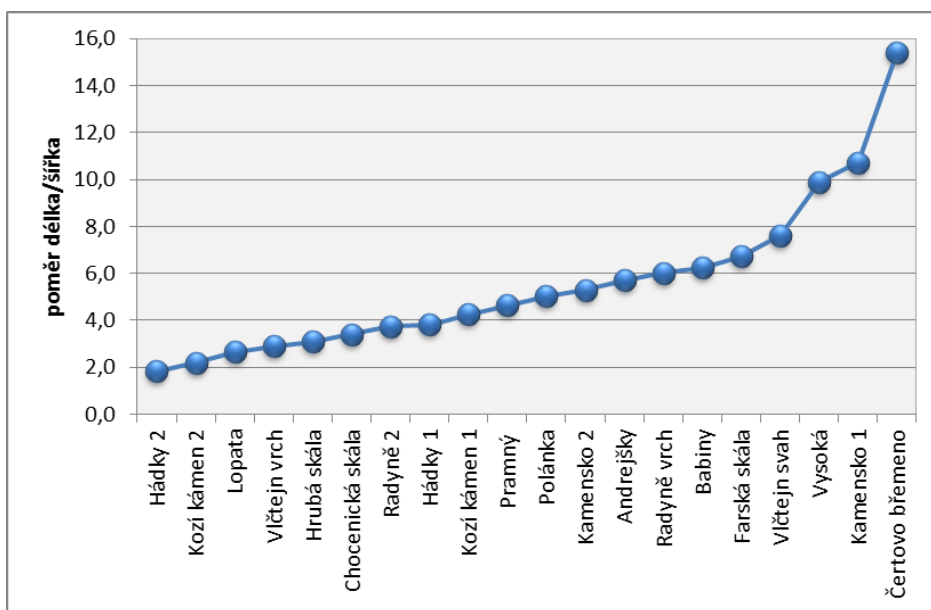


Obr. 7. Graf znázorňující délky a šířky útvarů (vlastní zpracování)

Poměr délky a šířky

Poměr délky a šířky útvarů (Obr. 8) je hodnota charakterizující protažení v jednom či druhém směru. Obecně platí, že pokud se poměr délky a šířky rovná hodnotě 1, útvar je kruhového tvaru. Pokud je hodnota vyšší, tolikrát je jedna (v tomto případě délka) osa delší než druhá (šířka). V případě, že je hodnota poměru menší než 1, je šířka delší než délka.

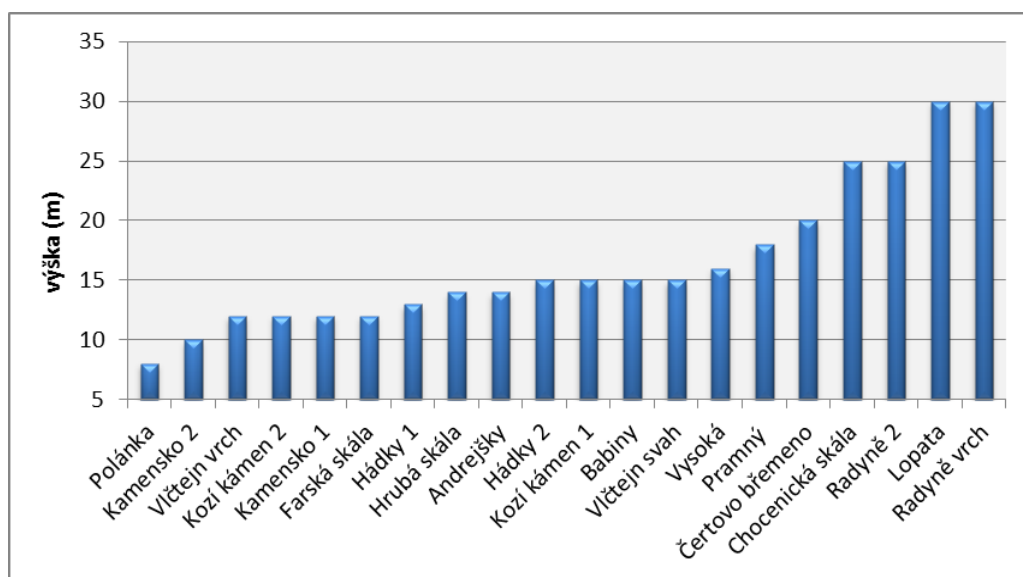
Všechny zkoumané útvary mají poměr $R > 1$, tzn. jedná se o útvary protažené v ose délky. Nejmenší hodnotu, a tedy půdorysem nejvíce se přibližující kruhu, má útvar Hádky 2, jehož délka je pouze 1,8krát delší než šířka. Útvar s největším poměrem je Čertovo břemeno, u kterého délka 15,8krát převyšuje šířku. Tento útvar je zároveň nejdelším zkoumaným útvarem (909 m), jeho šířka je však z hlediska celého souboru podprůměrná.



Obr. 8: Poměr délky a šířky útvarů (vlastní zpracování)

Výška

I když z technických důvodů byly hodnoty výšky pouze odhadovány přímo v terénu, jedná se o velmi důležitou charakteristiku. Podle Obr. 9 se výška útvarů pohybuje v rozmezí od 8 do 30 metrů. Nejmenší výšku mají útvary Polánka a Kamensko 2, které se v terénu příliš neprojevují. Naopak nejvyšší výšku má útvar Radyně vrch, který je nejvýše položeným útvarem a tvoří i díky antropogennímu zvýraznění výraznou dominantu regionu.

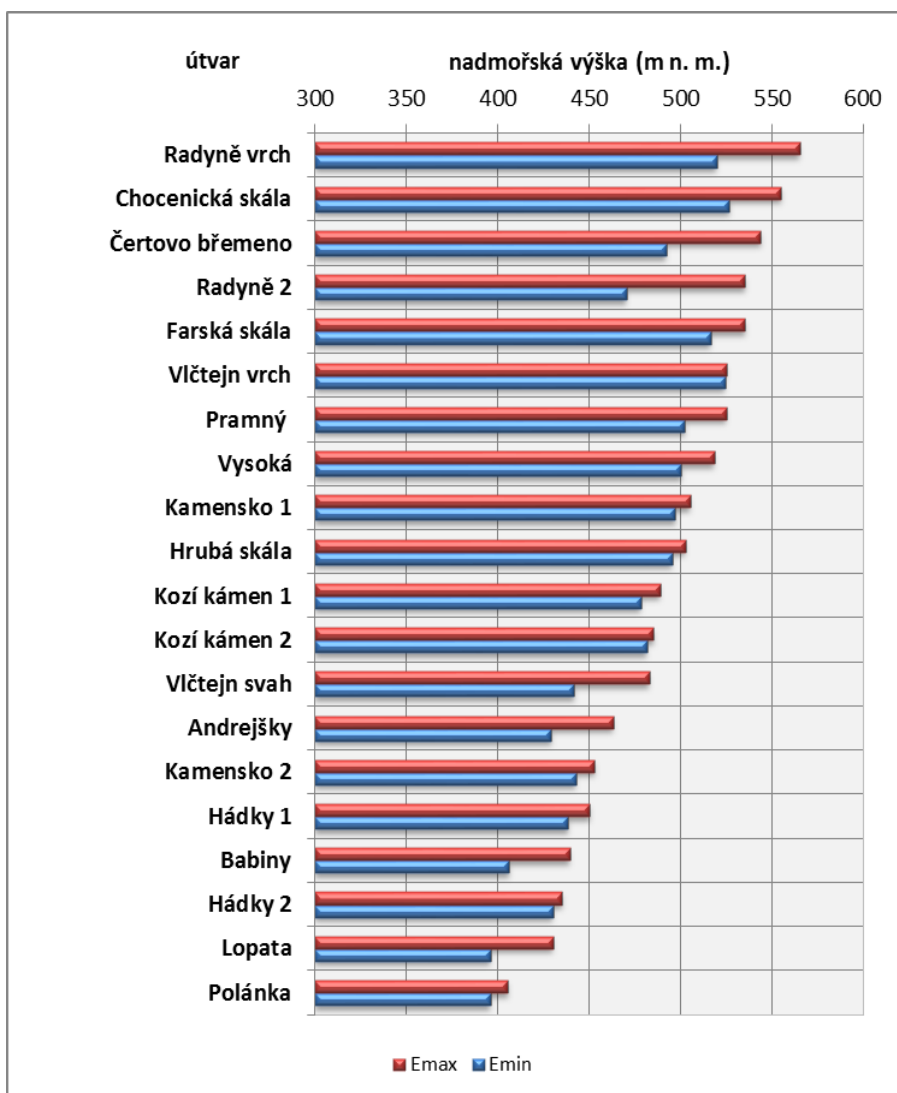


Obr. 9: Odhadovaná výška útvarů (vlastní zpracování)

Nadmořská výška

Analýza nadmořské výšky, vizualizovaná na Obr. 10, je velmi důležitou morfometrickou charakteristikou zejména pro následné testování hypotéz (viz kap. 1). Nejvýše položeným útvarem je vrcholový hřbet Radyně se skalním sukem v nejvyšší části hřbetu, na němž byl v minulosti vybudován stejnojmenný hrad. E_{\max} je 565 m n. m., E_{\min} 520 m n. m., E_{mean} Radyně je 542 m n. m. Oproti tomu u druhého nejvyššího útvaru – Chocenické skály, je rozpětí mezi nejvyšším a nejnižším bodem menší než u Radyně (45 metrů– Radyně, 28 m– Chocenická skála), proto je E_{mean} nejvyšší ze všech útvarů– 544 m n. m. Útvar s nejnižší průměrnou, maximální i minimální nadmořskou výškou je útvar Polánka, který leží v průměrné nadmořské výšce 402 m n. m. Polánka leží 400 metrů vzdušnou čarou od současného koryta řeky Úslavy.

V průměrné nadmořské výšce v rozmezí 400–450 metrů se nachází 7 útvarů (25 %), nad 500 metrů se nachází 9 útvarů (55%).



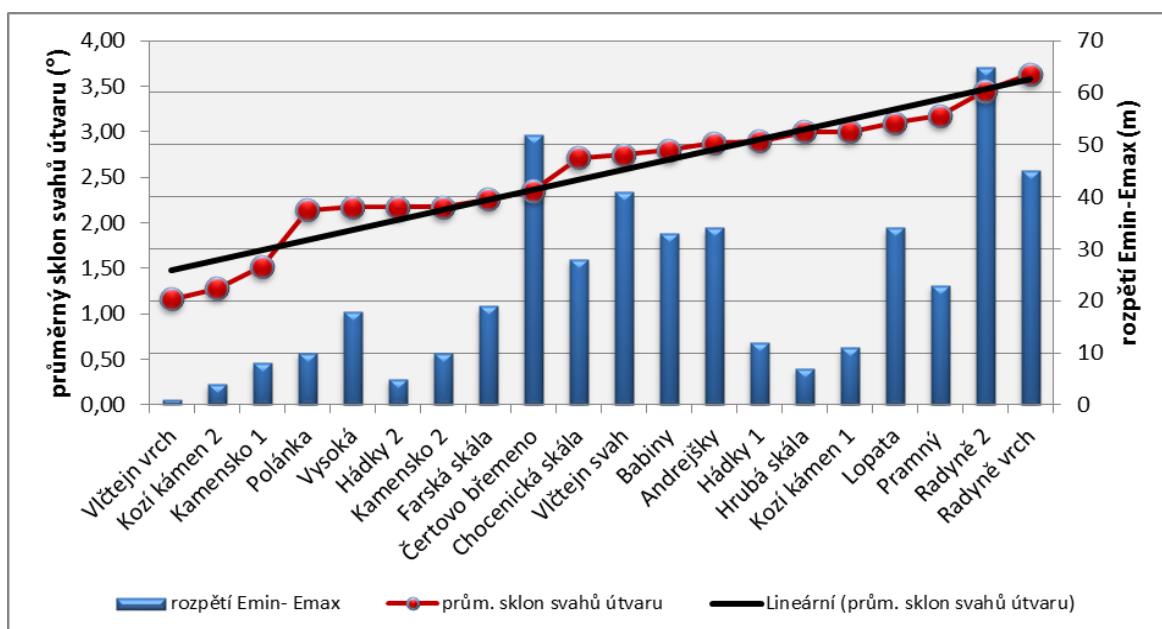
Obr. 10: Minimální a maximální výška vybraných útvarů (vlastní zpracování)

Rozpětí nadmořských výšek a rozložení sklonů svahů

Pro možnost dalšího srovnání sledovaných bulžnickových útvarů bylo nezbytné zabývat se rozpětím nadmořských výšek a rozložením sklonů svahů u jednotlivých útvarů.

Rozpětí nadmořských výšek je specifická hodnota, která může vypovídat o více vlastnostech reliéfu. Pokud např. bulžnickový hřbítok leží na vrcholové plošině (reliktu etchplénu), vypovídá převážně o výšce hřbetu, tedy rozdílem mezi nejvyšším bodem na hřbetu a bodem úpatnice, která leží v nejnižší nadmořské výšce. Ale u útvarů, které leží ve svahu, dochází k tomu, že rozpětí nadmořských výšek udává, jaký bod leží nejnižší ve svahu a jaký nejvyšší – charakteristika tedy částečně vypovídá o tom, zda sledovaný hřbet leží ve svahu nebo na plošině, než o převýšení útvaru nad okolním terénem.

Z obr. 11 je vidět, že mezi rozpětím nadmořských výšek a sklonem svahů na útvarech je určitá vazba. Při proložení přímkou hodnotami průměrného sklonu svahů je patrné, že ve většině případů se zvyšujícím se rozpětím nadmořských výšek roste i sklon svahů. To znamená, že útvary, které mají vysoké rozpětí nadmořských výšek, leží ve svahu s nezanedbatelným sklonem a jedná se tedy s určitou pravděpodobností o svahové hřbety. Jednu z výjimek tvoří útvar Čertovo břemeno, u kterého je hodnota sklonu svahu menší ($2,35^\circ$), přes velké $E_{\min}-E_{\max}$.



Obr. 11: Srovnání rozpětí nadmořských výšek útvarů a průměrného sklonu svahů útvarů (vlastní zpracování)

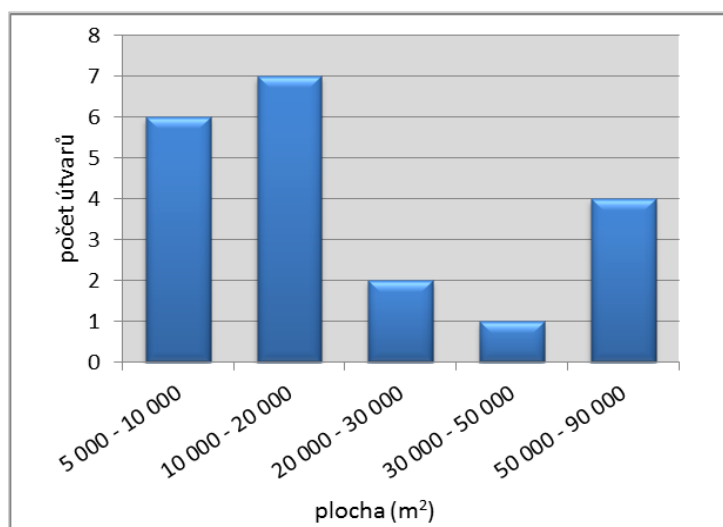
Průměrný sklon svahů

Tato morfometrická charakteristika byla vypočítána v prostředí ArcGIS na základě dat z DMÚ a polygonů útvarů. Výsledné hodnoty určují, jaký sklon svahu má území, na němž byl mapován buližníkový tvar, bez ohledu na to, jestli je tento konvexní tvar ve vrstevnicové mapě, ze které byl vytvořen rastr sklonů svahů, který byl analyzován, zaznamenán, nebo jestli v místě útvaru probíhají vrstevnice podle charakteru okolního reliéfu.

Plocha

Plocha útvarů reprezentuje jejich celkovou (2D) rozlohu. Je to vlastně plocha, ve které buližníková tělesa vystupují na povrch. Těleso s největší plochou 90 674 m² je Choceniccká skála, která zároveň leží v nejvyšší průměrné výšce 544 m n. m. Druhým nejrozsáhlejším útvarem je Radyně 2 s plochou 83 793 m². U útvaru Radyně 2 je však nutné zmínit, že jeho severovýchodní část byla v minulosti značně přemodelována antropogenní činností, konkrétně těžbou materiálu na dopravní komunikace ve 20. stol. (KUKLA a SOUSEDÍK 1956 in LIŠKA 2005) (Obr. příl. D).

Více než polovina útvarů (13 útvarů) zaujímá plochu do 20 000 m². Plochu mezi 20 000 a 30 000 m² mají 2 vrcholové útvary (Farská skála a Radyně vrch). Útvar Vysoká s plochou přibližně 38 000 m² je jediným zástupcem v intervalu 30 000 a 50 000 m². Třetí nejpočetnější skupinou jsou útvary s největší plochou, tj. 50 000–90 000 m² (Obr. 12). Jedná se o Čertovo břemeno, Vlčtejn svah, Radyni 2 a Chocenicckou skálu. U útvaru Radyně 2, poznamenaného antropogenní činností, je pravděpodobné, že mohlo před zahájením těžby buližníkového kamene zabírat plochu o něco větší.



Obr. 12: Plocha útvarů podle kategorií (vlastní zpracování)

Orientace

Při výzkumu orientace byl u jednotlivých útvarů měřen azimut ve stupních. Tento azimut byl rozdělen do jednotlivých směrů. Tímto postupem bylo zjištěno, že 11 útvarů (55 %) je orientováno k severovýchodu (Tab. 8). Další významnou orientací je směr sever–jih, který byl zjištěn u 7 útvarů. Dva útvary leží ve směru východ–západ.

Spilitové a lyditové (buližníkové) pruhy v oblasti směru SV–JZ až SSV–JJZ vznikly assyntskou (kadomskou) tektogenezí v průběhu proterozoika a jsou dokladem tektogenetického vývoje, assyntského (kadomského) vrásnění, které rozčlenilo oblast na několik synklinál a antiklinál. Jižně od Plzně je důležitou oblastí mělký široký synklinální pruh, lemovaný nepomucko–příbramským a radnicko–kralupským pruhem s četným výskytem spilitů (ČEPEK, ZOUBEK 1961). Tento pruh vystupující na povrch, s osou SV–JZ směru, se u Mirošova noří pod sedimentační oblast barrandienského paleozoika. V této oblasti se podle MAŠKA (1994) buližníky přestávají objevovat a znovu se vynořují v okolí Zbiroha, odkud jejich výskyt pokračuje až do okolí Prahy (ČEPEK, ZOUBEK 1961).

Útvar	Orientace osy (°)	Dominantní kvadrant
Andrejšky	5	sever–jih
Radyně vrch	8	
Vysoká	10	
Hrubá skála	12	
Babiny	13	
Hádky 2	17	
Kamensko 2	174	
Pramný	23	severovýchod– jihozápad
Farská skála	29	
Hádky 1	34	
Radyně 2	42	
Kozí kámen 1	42	
Vlčejn svah	48	
Kamensko 1	54	
Čertovo břemeno	62	
Chocenická skála	65	
Polánka	66	
Vlčejn vrch	67	
Lopata	93	východ–západ
Kozí kámen 2	94	

Tab. 8: Orientace a směr vybraných útvarů (vlastní zpracování)

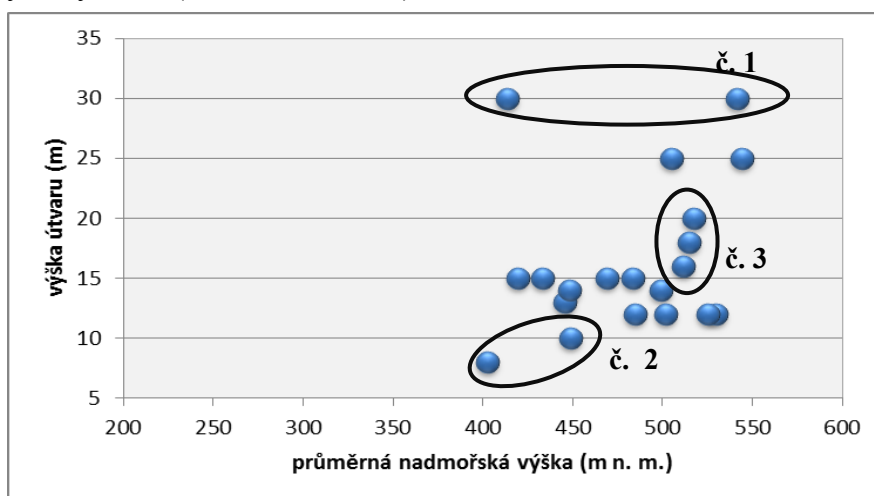
Porovnání nadmořské výšky, plochy a orientace útvarů

V souvislosti se zvolenými cíli (zejména kap. 1.2.) byly analyzovány hodnoty výšky, nadmořské výšky, plochy a orientace útvarů pro možnost testování hypotéz z práce CIMPELOVÉ (2011). Tyto hypotézy pokládají bulizníkové oblasti buďto za relikty vrcholových částí zarovnaného povrchu etchplénu (více viz kap. 3.2.) nebo za akumulované skupiny bloků, jejichž vysoká odolnost vůči exogenním procesům (zejména chemickému zvětrávání) brání odnosu méně odolných hornin v podloží. Pokud by se tedy mělo jednat o relikty etchplénu, lze předpokládat, že v podobné nadmořské výšce nalezneme podobně vysoká tělesa s celkově podobnými parametry.

Výška a nadmořská výška

Graf na Obr. 13 srovnává výšku útvarů (odhadnutá hodnota během terénního výzkumu) s nadmořskou výškou, ve které se útvary nacházejí. Podle stanovených hypotéz (kap. 1) by měly mít vrcholové útvary (tedy takové, které se v zájmovém území nacházejí v nejvyšších nadmořských výškách) podobný charakter, zatímco útvary ležící v jiných nadmořských výškách by se měly morfometricky lišit.

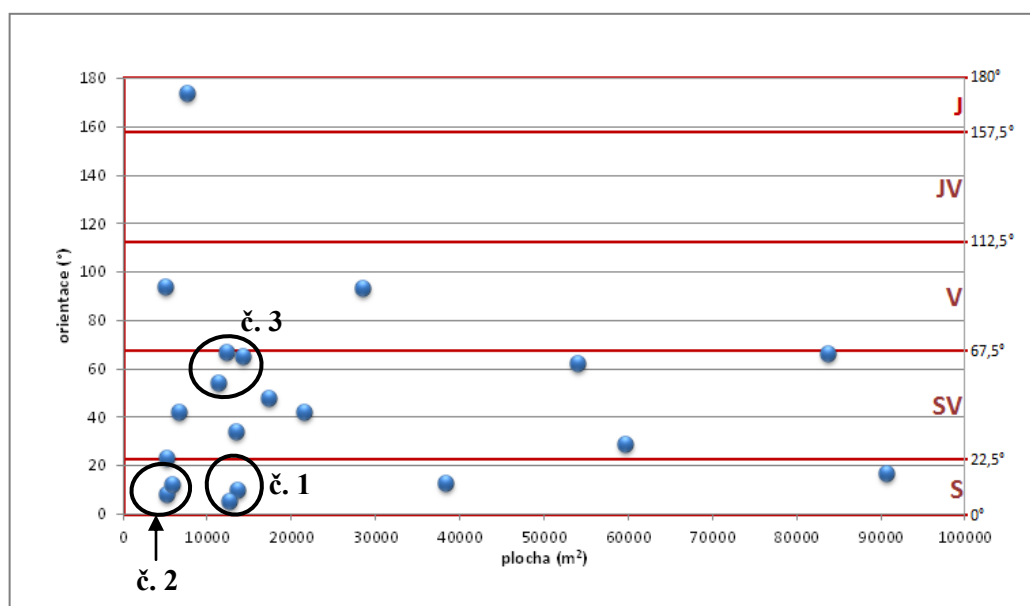
Nejvýraznější výšku (30 m) mají útvary Lopata a Radyně vrch (č. 1 v Obr. 13). Útvary Kamensko 2 a Polánka (č. 2 v Obr. 13) s výškami 10 a 8 metrů jsou nejnižšími útvary. Kamensko 2 je výraznější než Polánka, která se morfologicky projevuje velmi málo. Ve výšce 511–517 m n. m. najdeme útvary Čertovo břemeno, Pramný a Vysoká (č. 3 v Obr. 13), které mají výšku mezi 15–20 m. Skupina č. 3 a další útvary s výškou 15 m a více nacházející se ve výšce nad 500 m n. m. signalizují zvýšenou existenci vyšších útvarů ve vyšší nadmořské výšce. Na druhou stranu je z Obr. 13 patrné, že nejčastější výška útvarů je mezi 10 a 15 m. Útvary s touto výškou nalezneme v různých nadmořských výškách (400–550 m n. m.).



Obr. 13: Srovnání výšky a nadmořské výšky útvarů (vlastní zpracování)

Orientace a plocha

Při zkoumání Obr. 14 výrazně vybočuje útvar Kozí kámen 1 kvůli své orientaci S–J. Většina hřebítků (plošně malé i velké) má směr S až SV, pouze 2 útvary jsou orientovány na východ (Lopata, Kozí kámen 2). Na grafu můžeme dále vidět 3 skupiny útvarů s blízkými hodnotami, které jsou detailněji popsány v Tab. 9. První dvojice (č. 1 v Obr. 14) – útvary Andrejšky a Polánka – mají sice podobné charakteristiky orientace a plochy, ale jejich projev v terénu je odlišný (typologie útvarů Tab. 13). Oba útvary mají kromě analyzovaných morfometrických charakteristik společnou polohu na svazích řeky Úslavy. Další dvojice útvarů (č. 2 v Obr. 14) (Hrubá skála a Vlčtejn vrch) leží od sebe ve vzdálenosti přibližně 500 metrů s rozdílem průměrných nadmořských výšek 26 m. Útvary ze třetí skupiny (č. 3 v Obr. 14) se nachází ve stejné oblasti svahů (Babiny) a rozvodních hřbetů řeky Bradavy. Útvar Pramný leží na pravé straně toku na rozvodním hřbetu mezi Bradavou a Kornatickým potokem, Kamensko 1 leží na rozvodním hřbetu mezi Bradavou a Úslavou.



Obr. 14: Porovnání orientace a plochy útvarů (vlastní zpracování)

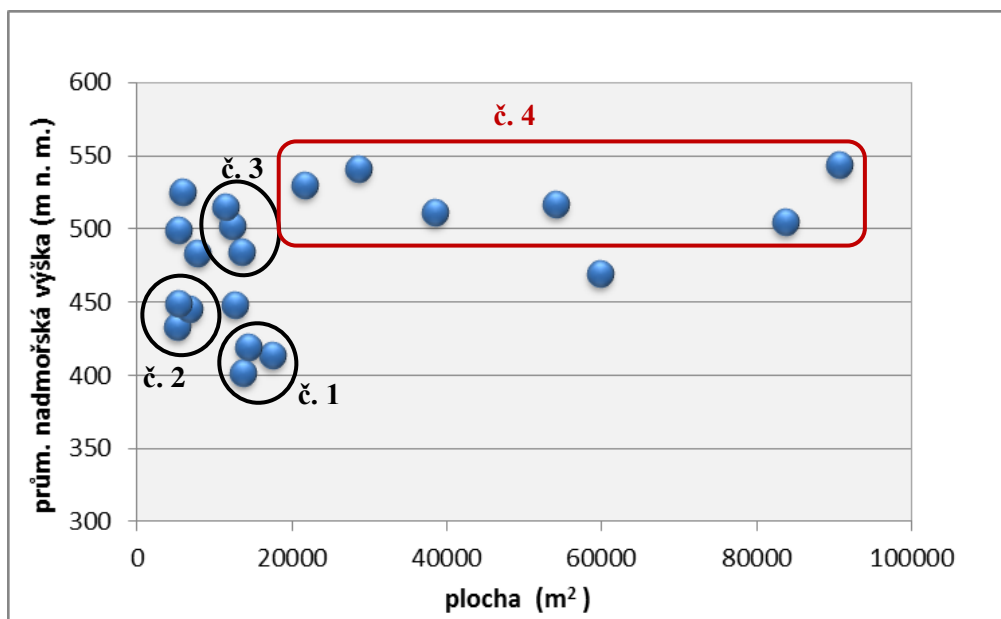
Skupina 1			Skupina 2			Skupina 3		
útvár	A (°)	P (m ²)	útvár	A (°)	P (m ²)	útvár	A (°)	P (m ²)
Andrejšky	5	12 652	Hrubá skála	8	5 304	Babiny	65	14 292
Polánka	10	13 719	Vlčtejn vrch	12	5 924	Kamensko 1	67	12 347
						Pramný	54	11 375

Tab. 9: Skupiny útvarů s podobnými hodnotami orientace (směru) a plochy (podle Obr. 14) (vlastní zpracování)

Prům. nadmořská výška a plocha

Obr. 15, porovnávající plochu útvarů P s jejich průměrnou nadmořskou výškou E_{mean} , ukazuje opět několik skupin s podobnými hodnotami. Ve výšce okolo 400 m n. m. se nachází první skupina útvarů (č. 1 v Obr. 15) (Babiny, Polánka a Lopata), které si jsou svými hodnotami velmi podobné. Všechny útvary leží ve svazích blízko vodních toků a je tedy pravděpodobné, že vznikly ve stejném období a prošly podobným vývojem ovlivněným fluviální činností. Druhá skupina (č. 2 v Obr. 15) je tvořena třemi útvary s plochou pohybující se v rozmezí 5069–6749 m² a průměrnou nadmořskou výškou v rozmezí 446–449 m. Tyto útvary leží podobně jako první skupina v blízkosti vodních toků Úslavy a Kornatického potoka. Třetí skupina (č. 3 v Obr. 15) je tvořena vrcholovými útvary z lokalit Pramný, Kamensko 1 a Kozí kámen 2, jejichž konkrétní hodnoty E_{mean} a P jsou uvedeny, stejně jako ostatních útvarů, v Tab. 10. U hřbetů Pramný a Kamensko 1 je také velmi podobná orientace (viz výše), což vypovídá o velké podobnosti těchto útvarů.

Z Obr. 15 (č. 4) také vyplývá, že plošně nejrozsáhlejší útvary, Farská skála, Radyně vrch, Vysoká, Čertovo břemeno, Radyně 2 a Chocenická skála, se nacházejí v nadmořské výšce nad 500 m n. m., s výjimkou útvaru Vlčejn svah, ležícího ve výšce 469 m n. m. Z toho lze usuzovat, že se jedná o útvary na vrcholových plošinách, které na rozdíl od útvarů z první a druhé skupiny (viz výše), byly obnažovány shora celkovým snižováním reliéfu, čímž došlo k jejich obnažování.



Obr. 15: Porovnání prům. nadmořské výšky a plochy útvarů (vlastní zpracování)

Skupina 1			Skupina 2			Skupina 3		
útvár	E_{mean} (m n. m.)	P (m ²)	útvár	E_{mean} (m n. m.)	P (m ²)	útvár	E_{mean} (m n. m.)	P (m ²)
Babiny	419	14 292	Hádky 1	446	6 749	Kamensko 1	502	12 347
Lopata	414	17 387	Hádky 2	433	5 069	Kozí kámen 2	485	13 545
Polánka	402	13 719	Kamensko 2	449	5 326	Pramný	515	11 375

Tab. 10: Skupiny útvarů z podobnými hodnotami z Obr. 15 (vlastní zpracování)

4.4 Typologie bulžnickových tvarů reliéfu

Na základě analýzy morfometrických charakteristik a terénního výzkumu byla vytvořena typologie bulžnickových tvarů reliéfu, podle které byly útvary zkoumané v této práci klasifikovány. V tab. 11 jsou vymezeny strukturně podmíněné konvexní tvary reliéfu, které jsou závislé na morfostruktuře (strukturně geologickém základu reliéfu zahrnující horniny a starší tektonické vlivy – např. vrásnění, rozpukání apod. – DEMEK 1987a) a jejichž výskyt je podmíněn výskytem odolných hornin (žula nebo v tomto regionu dominantní bulžník).

4.4.1 Typologie hlavních tvarů

Genetické pochody vedoucí ke vzniku tvaru	Tvar	Postavení v georeliéfu
strukturní	hřbet	vrcholový
		svahový
	hřeben	vrcholový
		svahový
	suk	

Tab. 11: Typologie bulžnickových tvarů reliéfu (vlastní zpracování podle SMOLOVÉ, VÍTKA a kol. 2010 a RUBÍNA, BALATKY a kol. 1986)

Jako hřbet (někdy používán i termín „hřbítek“) byla označena protáhlá vyvýšenina s délkou přesahující šířku (zjištěno u všech zkoumaných útvarů viz Obr. 8 v kap. 4.3.), která je charakteristická zaoblenou vrcholovou částí (Obr. příl. E).

Při porovnávání útvarů bylo zřejmé, že útvary nelze rozdělit pouze na hřbety a suky, protože některé útvary nemají charakter ani jednoho z těchto tvarů reliéfu. Proto byl do typologie zařazen hřeben (Obr. příl. F), který je na rozdíl od hřbetu charakteristický skalnatou vrcholovou částí. RUBÍN, BALATKA a kol. (1986) popisují skalní hřeben jako rozeklaný skalní masiv a zařazují ho pouze do velehorských oblastí,

ale v tomto případě bylo přihlédnuto spíše ke klasifikaci SMOLOVÉ a VÍTKA (2010), kteří hřebeny lokalizují i v oblastech nižších nadmořských výšek a od hřbetu je odlišují právě obnaženými vrcholovými partiemi, stejně jako např. DEMEK (1987a).

Suk (též kamýk, tvrdoš) definovali RUBÍN, BALATKA a kol. (1986) jako vyvýšeninu pravidelného (kupa, homole, kužel až protáhlý hřbet či hřeben) nebo nepravidelného tvaru vystupující výrazně nad okolní níže položený reliéf (Obr. příl. G). Jeho vznik je podmíněn odolností hornin tvořících suk, který je reliktem staršího povrchu vytvořený plošným zarovnáváním reliéfu. Podoba suku závisí především na klimatických podmínkách, které ovlivňují intenzitu zvětrávání a denudace. Typický buližnickový suk, popsáný PURKYNĚM (1913) jako jeden z nejmohutnějších a nejvyšších na území tehdejšího Plzeňského okresu, je útvar ležící na vrcholu Radyně (lokalita Radyně vrch) sahající do výšky 565 m n. m. Tento útvar je tedy považován za typický suk a při klasifikaci tvaru ostatních útvarů bylo k tomuto faktu nahlíženo.

4.4.2 Typologie doprovodných tvarů

Na zkoumaných buližnickových tvarech byl během terénního výzkumu zjištěn výskyt dalších tvarů, které se vyskytují na zkoumané lokalitě, ale nelze je považovat za převládající formu. Tyto formy jsou však výrazným dokladem o procesech probíhajících v tomto území v minulosti i současnosti. Jedná se o strukturně-denudační tvary s možným dokladem průběhu periglaciálních procesů a zčásti i o antropogenní tvary, které nelze opomenout, neboť se jedná o krajinu, která je v blízkosti sídel výrazně ovlivněna lidskou činností. Proto byla vytvořena druhá typologie doprovodných tvarů (Tab. 12).

Hlavní genetický pochod vedoucí ke vzniku tvaru	Periglaciální projev	Doprovodný tvar
Strukturně denudační	nevýrazný	skalní věž
		skalní stěna
antropogenní	výrazný	skalní hradba
		kamenné pole – balvanové pole
	žádný	těžební – stěnový kamenolom

Tab. 12: Typologie doprovodných tvarů reliéfu (vlastní zpracování podle SMOLOVÉ, VÍTKA a kol. 2010)

Podle Tab. 12 byl v terénu na buližnickových útvarech určen výskyt těchto tvarů. Jako skalní věž (Obr. příl. H) byly klasifikovány takové formy, které osamoceně vystupují nad okolní reliéf ve vrcholových partiích útvaru nebo se nachází v okrajové nebo přerušené části hlavního tvaru (hřbet, hřeben, suk), kde tvoří osamocené skalisko,

vytvořené destrukcí části hřbetu či hřebenu nebo odnosem méně odolné horniny z okolí.

Za skalní stěnu (Obr. příl. I) byla pokládána příkře ukloněná plocha se zřetelně obnaženou horninou (tj. buližníkem), která omezuje plochu útvaru a tvoří tak v krajině přirozenou hranici forem reliéfu (úpatnice) (RUBÍN, BALATKA a kol. 1986). V případě skalních stěn na buližníkových tvarech mají stěny výšku několik metrů, nesrovnatelnou se skalními stěnami ve velehorských nebo pískovcových oblastech. Jejich vznik je spíše než strukturně tektonicky podmíněn exogenními procesy (denudací a vypreparováním odolné horniny z méně odolných hornin a s mrazovým zvětráváním v pleistocénu (RUBÍN, BALATKA 1986).

Skalní výchoz ve vrcholových partiích převážné části hřbenů s převažující rozlohou nad výškou byl klasifikován jako skalní hradba (Obr. příl. J). Významným procesem utvářejícím tento tvar je podle RUBÍNA, BALATKY a kol. (1986) mrazové zvětrávání, kterým byl rozrušen topografický povrch, a následně byla odkryta odolnější hornina.

Plošná akumulace větších úlomků horniny na svazích útvarů byla klasifikována jako balvanové pole, vznikající rozpadem skalních výchozů kryogenními procesy nebo jejich obnažováním z vrstvy zvětralin. Vznik balvanových polí je převážně podmíněn periglaciálním klimatem, které v chladných obdobích pleistocénu podstatně urychlilo vývoj těchto tvarů. V případě příkřeji ukloněných svahů bychom mohli hovořit o suťovém poli, které se nachází ve strmých svazích pod skalními výchozy. Suťové pole vzniká destrukcí skalního výchozu a působením gravitace jsou jeho úlomky transportované po svahu směrem dolů (RUBÍN a BALATKA 1986). Vzhledem k tomu, že akumulace úlomků buližníku byly nalezeny i na svazích hřbetů, které nemají skalnatou vrcholovou část, a hřbenů s méně rozsáhlými skalními hradbami, budeme tyto akumulace klasifikovat pod jednotným tradičním termínem balvanové pole (Obr. příl. K)

U útvaru Radyně 2 byl při terénním výzkumu zjištěn výskyt výrazného antropogenního tvaru – stěnového kamenolomu (obr. příl. L). Tento konkávní destrukční tvar dokumentuje dřívější těžbu buližníku na komunikace a stavbu domů (KUKLA a SOUSEDÍK 1956 in LIŠKA 2005). Do klasifikace byl tento tvar zařazen proto, aby při komparativním srovnávání klasifikace s morfometrickými charakteristikami útvarů bylo zřejmé, že morfometrické charakteristiky jsou tímto tvarem ovlivněny.

Vlastní klasifikace podle typologie z Tab. 11 a Tab. 12 byla vytvořena podle výše popsaných charakteristik jednotlivých tvarů. V první fázi byly útvary klasifikovány na hlavní tvary, podle výše zmíněného popisu útvarů během terénního výzkumu a podle analýzy grafů v kap. 4.3. (zejména Obr. 13), který oproti ostatním útvarům vymezuje bulžnickové suky Lopatu a Radyni vrch a vrcholové hřebeny Čertovo břemeno, Pramný a Vysokou. Ve druhé fázi byly podle charakteristiky jednotlivých tvarů určeny doprovodné tvary, jejichž výskyt lze potvrdit pouze při terénním výzkumu lokality, neboť nejsou patrné z žádných morfometrických charakteristik.

Název útvaru	Hlavní tvar	Doprovodné tvary
Farská skála	Vrcholový hřbet	-
Babiny	Svahový hřeben	Balvanové pole, skalní hradba
Čertovo břemeno	Vrcholový hřeben	Skalní hradba, skalní věže
Vlčejn svah	Svahový hřbet	Skalní stěna
Hrubá skála	Svahový hřbet	Skalní stěna
Kamensko 1	Vrcholový hřbet	Skalní hradba
Kamensko 2	Svahový hřeben	Balvanové pole, skalní hradba
Polánka	Svahový hřbet	-
Pramný	Vrcholový hřeben	Balvanové pole, skalní hradba
Vlčejn vrch	Suk	-
Hádky 1	Vrcholový hřeben	Balvanové pole, skalní hradba
Hádky 2	Vrcholový hřeben	Balvanové pole, skalní hradba
Lopata	Suk	Balvanové pole
Andrejšky	Svahový hřeben	Skalní hradba, skalní věže
Kozí kámen 1	Svahový hřbet	-
Kozí kámen 2	Vrcholový hřeben	Balvanové pole, skalní hradba
Vysoká	Vrcholový hřeben	Skalní hradba, skalní věž
Choceniccká skála	Vrcholový hřbet	Balvanové pole
Radyně vrch	Suk	Balvanové pole
Radyně 2	Svahový hřbet	Balvanové pole, skalní věž, stěnový kamenolom

Tab. 13: Klasifikace zkoumaných bulžnickových útvarů podle Tab. 11 a Tab. 12 (vlastní zpracování)

5 ZÁVĚR

Hlavní cíl této práce bylo ověřit existenci buližnickových tvarů reliéfu podle mapových podkladů (ČGS 2012, Mašek 1994, VTOÚP 2002) a analyzovat jejich morfometrické charakteristiky. Ve vymezeném území bylo vymapováno a zkoumáno 20 útvarů. Existence útvarů byla ověřena terénním výzkumem, v rámci kterého bylo provedeno měření hraničních bodů tvarů pomocí GPS pro možnost zjištění morfometrických charakteristik v prostředí ArcGIS. Analýza morfometrických charakteristik je uvedena v kap. 4.

Zkoumané buližnickové útvary byly dále klasifikovány podle 2 vytvořených typologií na základě terénního výzkumu a analýzy morfometrických charakteristik. První typologie (Tab. 11) klasifikuje útvary na hlavní tvary hřbet, hřeben, které podle postavení v georeliéfu dělíme dále na svahový a vrcholový, a suk. Druhá typologie (Tab. 12) vymezuje doprovodné tvary, které se na útvarech mohou vyskytovat, zjištěné pouze během terénního výzkumu. Na útvarech se nejvíce vyskytují tvary balvanové pole a skalní hradba, jejichž vznik je podmíněn periglaciálním klimatem.

V rámci tohoto cíle byl vytvořen datový soubor (polygonová vrstva útvarů v programu ArcGIS) s atributy morfometrických charakteristik, který je přiložen na CD. U morfometrické charakteristiky výška (H) je nutné podotknout, že tato charakteristika byla odhadována a v budoucnu by bylo vhodné ji zpřesnit (např. za použití laserového výškoměru nebo přesného DMR, např. na základě LIDAR dat). S dalším vývojem geoinformačních technologií bude možné výšku i další charakteristiky upřesňovat, při současném výzkumu lze počítat s přesností měření v rámci metrů, což značně ovlivňuje naměřená data a jejich analýzu.

Vzhledem k tomu, že ve vymezeném území bylo zkoumáno přibližně 10 % ze všech buližnickových těles, které by se v oblasti měly nacházet, bylo by vhodné v rámci dalších výzkumů doplnit tento soubor o další útvary. To by umožnilo lépe analyzovat morfometrické charakteristiky a případně lépe odhalit jejich vlastnosti a vzájemné vazby.

Další cíle (hypotézy) popisují možnou genezi lokality Radyně, které se pokusíme testovat na všech zkoumaných lokalitách na základě naměřených morfometrických charakteristik.

Srovnání nadmořské výšky a výšky útvarů (Obr. 13) naznačuje, že ve vyšší nadmořské výšce (nad 500 m n. m.) je zvýšená existence vyšších útvarů (výška 15 m a výše). Naopak útvary s výškou 10–15 m se vyskytují v celém rozpětí nadmořských výšek (400 až 550 m n. m.). Tato skutečnost, kdy na území nenacházíme více či méně vyvinuté útvary, které byly denudovány různě dlouhou dobu, vyvrací hypotézu zarovnaných povrchů. Pro úplné potvrzení nebo vyvrácení tohoto konceptu by mělo být srovnání těchto dvou charakteristik provedeno na dalších buližnickových útvarech.

Z analýzy morfometrické charakteristiky plochy (P) vyplývá, že většina plošně rozsáhlejších útvarů (6 útvarů ze 7 s plochou větší než 20 000 m²) se nachází v nadmořských výškách nad 500 m n. m. Naopak ¾ útvarů (10 útvarů z 13) s plochou menší než 20 000 m² se nachází ve výšce 400 – 500 m n. m. Z tohoto lze usuzovat, že plošně rozsáhlé útvary se nacházejí na vrcholových plošinách a celkovým snižováním reliéfu shora dochází k jejich obnažování, tak jako u zarovnaných povrchů typu etchplén. V souvislosti s touto teorií by vrcholové útvary měly být vyšší, to však platí jen u 4 útvarů ze 7 s plochou větší než 20 000 m²). Z hlediska plochy tak můžeme říci, že vrcholové útvary jsou relikty etchplénu, srovnání nadmořské výšky a výšky útvarů však tuto hypotézu vyvrací.

O méně rozsáhlých útvarech (s plochou do 20 000 m²) v nižších nadmořských výškách klasifikovaných jako svahové hřbety nebo svahové hřebeny (viz kap. 4.4.), které mají ostatní morfometrické charakteristiky odlišné, můžeme říci, že se jedná o buližnickové akumulace, které byly fluviální činností řek, modelujících v minulosti tyto svahy, nebo jinými procesy zvýrazněny oproti okolnímu svahu do podoby tvarů příznačných spíše pro vrcholové oblasti.

Při porovnávání morfometrických charakteristik byla zjištěna určitá podobnost parametrů některých útvarů. Největší podobnost vykazují vrcholové útvary Kamensko 1 a Pramný (Tab. 14), které leží na elevacích v rozvodních oblastech řeky Bradavy. Při klasifikaci tvaru však byl útvar Kamensko 1 klasifikován jako hřbet, i když je u něj v jedné části vyvinuta skalní hradba, zatímco Pramný byl definován jako hřeben. I přes podobné morfometrické charakteristiky jsou tedy oba útvary rozdílné. Další útvary s podobnými morfometrickými charakteristikami (s výjimkou orientace) a podobnou klasifikací v rámci typologie buližnickových tvarů reliéfu jsou Andrejšky a Babiny (Tab. 14), které jsou shodně klasifikovány jako svahové hřebeny.

	L (m)	W _{mean} (m)	W _{max} (m)	R	H (m)	E _{mean} (m n. m.)	E _{min} (m n. m.)	E _{max} (m n. m.)	E _{span} (m)	S _{mean} (°)	P (m ²)	A (°)
Kamensko 1	365	34	49	10,7	12	502	497	505	8	2,14	12347	67
Pramný	250	54	78	4,6	18	515	502	525	23	2,90	11375	54
Andrejšky	285	50	58	5,7	14	448	429	463	34	2,80	12652	5
Babiny	306	49	76	6,2	15	419	406	439	33	1,28	14292	65

Tab. 14: Podobnost morfometrických charakteristik vybraných útvarů (vlastní zpracování)

Závěrem tedy můžeme říci, že hlavní cíle práce, tj. potvrdit existenci, analyzovat morfometrické charakteristiky a vytvořit typologii těchto bulžnickových forem reliéfu se podařilo splnit. Pouze morfometrickou charakteristiku výška (H) by bylo vhodné zpřesnit. Celkem bylo tímto způsobem analyzováno 20 útvarů, pro lepší kvantitativní srovnání by bylo vhodné v budoucnu tento soubor doplnit dalšími útvary nacházejícími se na stejném území. Další cíle práce, tj. testování hypotéz geneze bulžnickových tvarů z práce CIMPELOVÉ (2011) se podařilo objasnit jen zčásti, vhodnější by zřejmě bylo testovat tyto hypotézy v souboru s větším počtem bulžnickových tvarů v méně rozsáhlém vymezeném území, aby bylo možné analyzovat i mapu sklonů svahů, která pro větší území nemá příliš velkou vypovídací hodnotu.

Seznam tabulek

Tab. 1: Klasifikace sklonů svahu podle DEMKA (1972).....	15
Tab. 2: Vybrané morfometrické charakteristiky pro bulžníkové útvary.....	19
Tab. 3: Rozdělení světových stran	20
Tab. 4: Rozložení nadmořských výšek ve vymezeném území.....	22
Tab. 5: Sklony svahů ve vymezeném území.....	23
Tab. 6: Přehled vybraných bulžníkových útvarů.....	25
Tab. 7: Extrémní a průměrné hodnoty morfometrických charakteristik.....	26
Tab. 8: Orientace a směr vybraných útvarů.....	32
Tab. 9: Skupiny útvarů s podobnými hodnotami orientace (směru) a plochy.....	34
Tab. 10: Skupiny útvarů z podobnými hodnotami z Obr. 15.....	36
Tab. 11: Typologie bulžníkových tvarů reliéfu.....	36
Tab. 12: Typologie doprovodných tvarů reliéfu.....	37
Tab. 13: Klasifikace zkoumaných bulžníkových útvarů	39
Tab. 14: Podobnost morfometrických charakteristik vybraných útvarů.....	42

Seznam obrázků

Obr. 1: Vymezení území v rámci Plzeňského kraje.....	9
Obr. 2: Model vývoje etchplénu (převzato z DEMEK, ZEMAN 1979,s. 162).....	12
Obr. 3: Postup morfometrické analýzy.....	17
Obr. 4: Mapa rozložení nadmořských výšek ve vymezeném území s vyznačenými bulžníkovými útvary sledovanými v této práci.....	22
Obr. 5: Graf rozložení nadmořských výšek ve vymezeném území.....	22
Obr. 6: Graf rozložení sklonů svahů ve vymezeném území.....	23
Obr. 7: Graf znázorňující délky a šířky útvarů.....	27
Obr. 8: Poměr délky a šířky útvarů.....	28
Obr. 9: Odhadovaná výška útvarů.....	28
Obr. 10: Minimální a maximální výška vybraných útvarů.....	29
Obr. 11: Srovnání rozpětí nadmořských výšek útvarů a průměrného sklonu svahů útvarů.....	30
Obr. 12: Plocha útvarů podle kategorií.....	31
Obr. 13: Srovnání výšky a nadmořské výšky útvarů.....	33
Obr. 14: Porovnání orientace a plochy útvarů.....	34
Obr. 15: Porovnání prům. nadmořské výšky a plochy útvarů.....	35

Seznam použitých zdrojů

Monografické publikace:

- BOOTH, B. 2000. Using ArcGIS 3D Analyst. Redlands: ESRI. 212 s.
- BUMBA, T. 2013. Balvaniště a kamenná stáda v oblasti třebíčského masivu. Bakalářská práce. Brno: MU geografický ústav. 89 s.
- CIMPELOVÁ, K. 2009. Geomorfologie vybraných buližnickových oblastí v okolí Plzně. Bakalářská práce. Plzeň: ZČU katedra geografie. 73 s.
- CIMPELOVÁ, K. 2011. Geomorfologický výzkum buližnickových oblastí Plzeňska pomocí fuzzy přístupu. Diplomová práce. Plzeň: ZČU katedra geografie. 80 s.
- COLTORTI, M., DRAMIS, F., OLLIER, C. D. 2007. Planation surfaces in Northern Ethiopia. *Geomorphology*. No. 89, s. 287–296
- CUI, Z. et al. 1999. Comment on planation surface. *Chinese Science Bulletin*. No. 44 s. 2017–2022
- ČECHUROVÁ, M., VEVERKA, B. 2007. Software Matkart- současný stav a vývojové trendy. *Kartografické listy* č. 15. s. 34–40.
- ČEPEK, L., ZOUBEK, V. 1961. Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1: 200 000 -list M–33–XX Plzeň. Praha: ÚÚG. 214 s.
- DEMEK, J. ed. 1972. Manual of detailed geomorphological mapping. Praha: Academia. 344 s.
- DEMEK, J. 1987a. Obecná geomorfologie. 1. vydání. Praha: Academia. 476 s.
- DEMEK, J. 1987b. Zeměpisný lexikon ČSR- Hory a nížiny. 1. Vydání. Praha: Academia. 580 s.
- DEMEK, J., ZEMAN, J. 1979. Typy reliéfu Země. Praha: Academia. 327 s.
- HORNÍK, S. a kol. 1986 Fyzická geografie II. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 320 s.
- CHLUPÁČ, I. et al. 2002. Geologická minulost České republiky. 1. vydání. Praha: Academia. 436 s.
- JOHN, J. 2010. Katalog lokalit a artefaktů. ZČU katedra archeologie ZČU. 118 s.
- KUDRNOVSKÁ, O. 1975. Morfometrické metody a jejich aplikace při fyzikogeografické regionalizaci. Brno: Geografický ústav ČSAV. 175 s.
- LIŠKA, M. 2005. Mikroformy a meziformy georeliéfu na buližnicích v okolí Radyně u Plzně. Bakalářská práce. Plzeň: ZČU Katedra geografie. 80 s.
- MENTLÍK, P. 2006. Geomorfologická analýza a tvorba GmIS pro okolí Prášílského jezera a

jezera Laka na Šumavě (Česká republika). Disertační práce. Bratislava: Katedra fyzickej geografie a geoekológie. 252 s.

PURKYNĚ, C. 1913. Geologie okresu Plzeňského. Plzeň: okresní výbor v Plzni. 137 s.

RUBÍN, J., BALATKA, B., LOŽEK, V., MALKOVSKÝ, M., PILOUS, V., VÍTEK, J. 1986. Atlas skalních, zemních a půdních tvarů. Praha: Academia. 385 s.

SUMMERFIELD, M. A. 1991. Global geomorfology: An introduction to the study landforms. Harlow: Pearson/ Prentice Hall. 537 s.

STACKE, V. 2008. Geomorfologie Slunečné na Šumavě. Bakalářská práce. Plzeň: ZČU katedra geografie. 65 s.

VLČEK, V. ed. 1984. Zeměpisný lexikon ČSR: Vodní toky a nádrže. 1. vyd. Praha: Academia. 316 s.

VOŽENÍLEK, V. 2001. Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého. 185 s.

Mapové podklady:

ČGS. 2012. Geologická mapa České republiky 1: 50 000 [online]. Webová mapová služba. Vektorová vrstva GEO50. Dostupné z www:

<http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/wms>

MAŠEK, J. red. 1994. Geologická mapa ČR 1:50 000. 1. vydání. Praha: ČGÚ S-JTSK Západ Čech.

VTOÚP. 2002. DMÚ 25: Digitální model území 1:25 000: mapové listy M-33-75-D-c, M-33-75-D-d, M-33-76-C-c, M-33-76-C-d, M-33-87-B-a, M-33-87-B-b, M-33-87-B-c, M-33-87-B-d, M-33-88-A-a, M-33-88-A-b, M-33-88-A-c, M-33-88-A-d. Dobruška

Elektronické zdroje:

SMOLOVÁ, I., VÍTEK, J. a kol. 2010. Lexikon tvarů reliéfu České republiky [online].

Olomouc: UP katedra geografie, projekt FRVŠ. Dostupné z www:

<http://geography.upol.cz/soubory/studium/e-ucebnice/Smolova-2010/projekt.html>

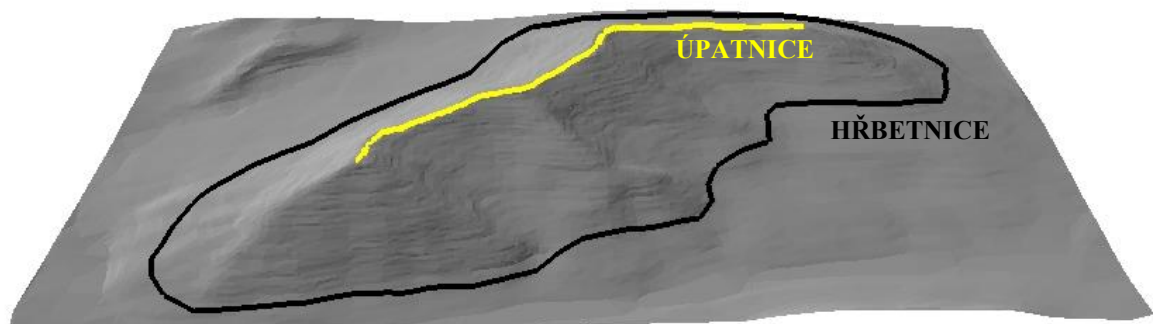
Seznam příloh

Obr. příl. A: Úpatnice oddělující svah s kamennými bloky a rovinou (lokality Radyně vrch).....	47
Obr. příl. B: Schéma průběhu úpatnice a hřbetnice.....	47
Obr. příl. C: Morfometrické charakteristiky útvarů.....	48
Obr. příl. D: Lokalizace zkoumaných útvarů ve vymezeném území.....	49
Obr. příl. E: Hřbet (lokality Kozí kámen 1).....	49
Obr. příl. F: Hřeben s obnaženou vrcholovou částí (útvary Vysoká).....	50
Obr. příl. G: Část suku útvaru Lopata.....	50
Obr. příl. H: Skalní věž nepravidelného tvaru (útvary Andrejšky).....	51
Obr. příl. I: Skalní stěna vymežující zčásti útvary Hrubá skála.....	51
Obr. příl. J: Skalní hradba ve vrcholové části útvaru Andrejšky.....	52
Obr. příl. K: Balvanové pole ve svahu útvaru Radyně vrch.....	52
Obr. příl. L: Bývalý kamenolom v SV části útvaru Radyně 2.....	53

Přílohy



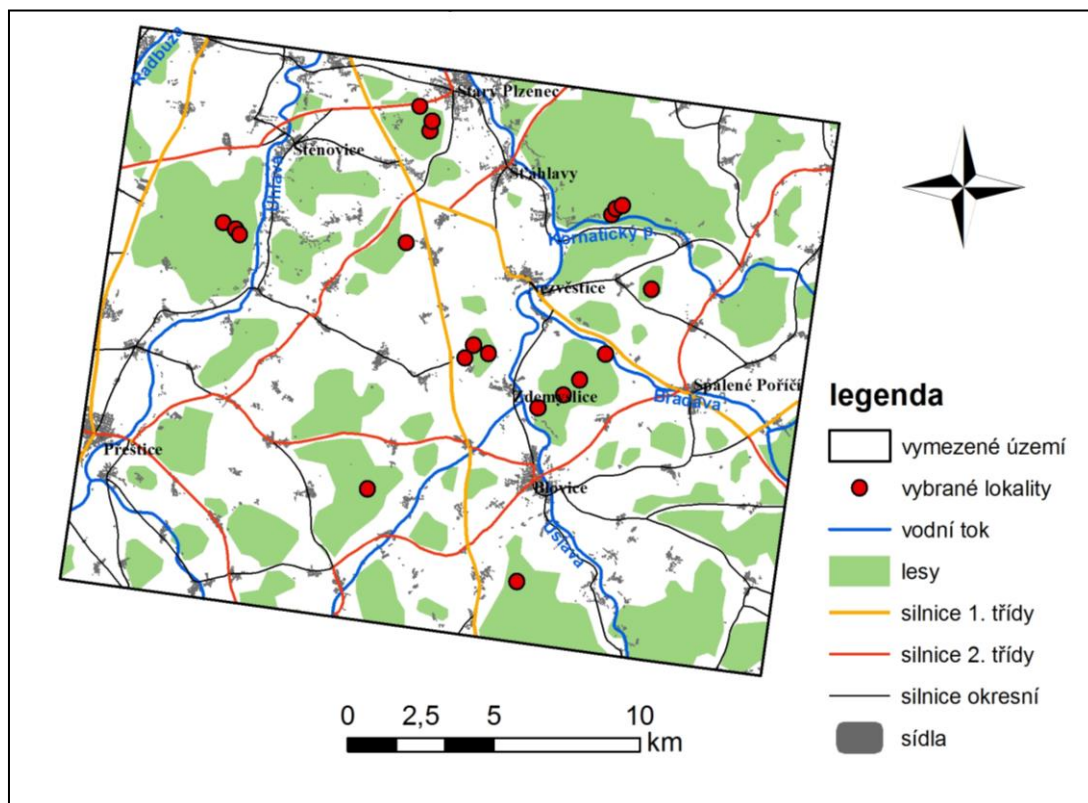
Obr. příl. A: Úpatnice oddělující svah s kamennými bloky a rovinu (lokalita Radyně vrch)



Obr. příl. B: Schéma průběhu úpatnice a hřbetnice

útvár	délka (m)	šířka (m)	max. šířka (m)	poměr délka/šířka	výška (m)	E (m n. m.)	Emin (m n. m.)	Emax (m n. m.)	rozpětí Emax - Emin (m)	prům. sklon svahu (°)	plocha (m ²)	A (°)
Farská skála	397	59	74	6,7	12	530	516	535	19	2,26	21611	42
Babiny	306	49	76	6,2	15	419	406	439	33	2,80	14292	65
Čertovo břemeno	909	59	118	15,4	20	517	492	544	52	2,35	54072	62
Vlčejn svah	685	90	140	7,6	15	469	442	483	41	2,74	59709	29
Hrubá skála	146	47	58	3,1	14	499	495	502	7	3,00	5304	8
Kamensko 1	365	34	49	10,7	12	502	497	505	8	1,52	12347	67
Kamensko 2	180	34	43	5,3	10	449	443	453	10	2,18	5326	23
Polánka	256	51	71	5,0	8	402	396	405	10	2,14	13719	10
Pramný	250	54	78	4,6	18	515	502	525	23	3,18	11375	54
Vlčejn vrch	144	50	59	2,9	12	525	524	525	1	1,16	5924	12
Hádky 1	172	45	66	3,8	13	446	438	450	12	2,90	6749	42
Hádky 2	108	59	61	1,8	15	433	430	435	5	2,17	5069	94
Lopata	228	86	110	2,6	30	414	396	430	34	3,10	17387	48
Andrejšky	285	50	58	5,7	14	448	429	463	34	2,88	12652	5
Kozí kámen 1	191	45	60	4,3	15	483	478	489	11	3,00	7716	174
Kozí kámen 2	176	80	133	2,2	12	485	481	485	4	1,28	13545	34
Vysoká	623	63	118	9,9	16	511	500	518	18	2,17	38374	13
Chocenická skála	560	165	246	3,4	25	544	527	555	28	2,71	90674	17
Radyně vrch	422	70	165	6,0	30	542	520	565	65	3,45	28529	93
Radyně 2	558	149	188	3,7	25	505	470	535	45	3,63	83793	66

Obr. příl. C: Morfometrické charakteristiky útvarů (vlastní zpracování)



Obr. příl. D: Lokalizace zkoumaných útvarů ve vymezeném území (vlastní zpracování s podkladem dat VTOPÚ a S-JTSK západ Čech)



Obr. příl. E: Hřbet (lokalita Kozí kámen 1)



Obr. příl. F: Hřeben s obnaženou vrcholovou částí (útvár Vysoká)



Obr. příl. G: Část suku útvaru Lopata



Obr. příl. H: skalní věž nepravidelného tvaru (útvár Andrejšky)



Obr. příl. I: Skalní stěna vymezující zčásti útvár Hrubá skála



Obr. příl. J: Skalní hradba ve vrcholové části útvaru Andrejšky



Obr. příl. K: Balvanové pole ve svahu útvaru Radyně vrch



Obr. příl. L: Bývalý kamenolom v SV části útvaru Radyně 2

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na bulžnickové tvary reliéfu v okolí Plzně, kde se tyto formy reliéfu v krajině výrazně projevují. U vybraných útvarů ověřuje jejich existenci v terénu, porovnává morfometrické charakteristiky a jejich analýzou se pokouší vysvětlit vznik těchto území na základě hypotéz z práce CIMPELOVÉ (2011). Podle morfometrických charakteristik a terénního měření je dále vytvořena typologie bulžnickových tvarů reliéfu. Ze získaných dat je vytvořen datový soubor v programu ArcGIS, se kterým je možno dále pracovat a použít ho v rámci dalších výzkumů.

Klíčová slova

Bulžník, etchplén, morfometrická analýza, morfometrická charakteristika, tvar reliéfu

Abstract

This Bachelor thesis deals with lydit landforms around the Pilsen, where these landforms are evident in the landscape relief. There is realized the verification of the existence of landforms by the field research and there is made the comparison of their morphometric characteristics. Following analysis try to elucidate creating of defined areas according to hypothesis from Cimpelová work (2011). Then the typology of lydit landforms is created from morphometric characteristics and field research. From obtained data is created shapefile with attributes in ArcGIS, which is able to use and to work with in further research.

Key words

Lydit, etchplain , morphometric analysis, morphometric characteristic, landform