

UNIVERZITA KARLOVA
Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Alexandra Dergunova, Bc.

**STRUKTURNĚ-TEKTONICKÁ ANALÝZA STOLOVÝCH HOR
POLICKÉ PÁNVE**

STRUCTURAL AND TECTONIC ANALYSIS OF THE MESA IN POLICKÁ BASIN

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Filip Hartvich, Ph.D.

Praha, 2022

Zadání diplomové práce

Název práce: Strukturně-tektonická analýza stolových hor Polické pánve

Cíle práce:

Tato magisterská práce má za cíl přispět k pochopení strukturní stavby, vlivu zlomové tektoniky a zejména tektonického vývoje oblasti stolových hor na Broumovsku s důrazem na neotektonické a recentní pohyby. Bude využívat výsledků dlouhodobého dilatometrického monitoringu, již provedených strukturně-geomorfologických a geofyzikálních výzkumů, a studentka se bude v rámci výzkumného týmu rovněž účastnit dalších plánovaných prací v této oblasti.

Použité pracovní metody, zájmové území a zdroje:

Použité pracovní metody: rešerše odborné literatury zaměřena na systematickou analýzu fyzicko-geografických charakteristik vybrané oblasti a metod geomorfologického výzkumu; analýza tomografických a geologických map, leteckých snímků; výběr vlastní zájmové oblasti strukturního měření; analýza dostupných způsobů geomorfologického měření; terénní výzkum a měření puklinových a zlomových systémů; základní operace v prostředí GIS (tvorba a editace vrstev); geofyzikální průzkum vybraných lokalit (elektrická odporová tomografie); provedení geofyzikální a morfostrukturní analýzy oblasti zájmu a vyhodnocení zlomových a tektonických struktur na georeliéf.

Datové zdroje: odborné články a tematicky zaměřeny vědecké práce, databáze; geologické mapy ČGS (1:50 000), DMR 5G (ČUZK), ZM ČR 1:10 000 (ČUZK), letecké snímky (ČUZK).

Datum zadání: 08. 01. 2020

Jméno studenta: Alexandra Dergunova, Bc.

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Filip Hartvich, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Prohlášení:

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

V Praze dne

.....

Alexandra Dergunova, Bc.

Poděkování:

Ráda bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce RNDr. Filipu Hartvichovi, Ph.D., za vedení, konzultace, trpělivost a pomoc. Dále bych velmi ráda poděkovala konzultantu RNDr. Petru Táboříku, Ph.D. za konzultace, pomoc ve zpracování výsledků měření. Velké poděkování patří mé rodině, hlavně moje mamě, která byla vždy velkou podporou pro mě. Chtěla bych poděkovat i svým přátelům a blízkým, které byli oporou pro mě v průběhu celého studia.

Abstrakt

Oblast Polické pánve se nachází v oblasti průběhu zlomových a tektonických struktur. Tady dochází k neotektonickým a recentním dlouhodobým pohybům podél daných systémů. Hlavním spouštěčem aktivity je působení endogenních a exogenních procesů. Polická pánev a její vzhled je podmíněn a ovlivněn geomorfologickými procesy a představuje ideální prostor pro studium aktivních zlomových struktur a jejich průběhu. Tato oblast je vyznačena určitými fyzicko – geografickými charakteristikami, které odráží dlouhodobé procesy probíhající na území a předurčuje průběh vývoje dané lokality. Přes vybrané území probíhá dvě velké zlomové struktury Polického a Skalského zlomu. Průběh těchto systémů je potvrzen předchozími průzkumy a je vyznačen v geologických mapových podkladech. Průběh zlomů, oblast jejich interakcí je oblastí nejvíc ovlivněných geomorfologických prvků reliéfu. Oblast stolových hor Ostaše, Hejdy a Kočičích skal je velice ovlivněna průběhem Polického zlomového pásma, hlavně kvůli blízké poloze zlomu k vybraným geomorfologickým povrchovým tvarům. Důsledky působení tlaku zlomových pásem jsou pozorovány na různých strukturách. V průběhu analýzy a zkoumání reliéfu a povrchových prvků pomocí různých metod bylo možno potvrdit vliv zlomových pásem. Puklinové systémy prokazovaly stejnou orientaci průběhu se směrem průběhu Polického zlomu (JJV – SSZ). Morfolineamenty vznikaly také pod tlakem zlomových struktur. Výsledky měření a analýzy orientaci morfolineamentů potvrdily směr podobný průběhu hlavních zlomových struktur (Polický zlom – JJV – SSZ, Skalský zlom – VSV – ZJZ).

Největším přínosem pro pochopení průběhu a vlivu podpovrchových zlomových a tektonických struktur na povrchové tvary bylo provedení měření geofyzikální metodou ERT. Podpovrchová elektrická odporová tomografie prokázala existenci a průběh Polického zlomové pásma pod nejvýznamnějšími povrchovými strukturami této oblasti, to je Kočičí skály a Hejda. Výsledky ERT měření prostředí vedly k prokázání existence a určení průběhu jiné zlomové struktury v této oblasti. Jedná se o zlom Hejda/Ostaš, který byl prokázán a prozkoumán pomocí geofyzikálních metod. Průzkum této oblasti byl podmíněn hypotézou o existenci zlomové struktury, která probíhá mezi oblastí stolové hory Ostaše a Hejdy. Hlavním důvodem této hypotézy byl velký rozdíl nadmořských výšek kvádrových pískovcových bloků a polohy litologických bází, které nemůžou být vysvětleny denudačním a erozním vlivem. Průběh zlomové struktury byl potvrzen i morfometrickou analýzou této oblasti. Morfolineamenty odpovídají průběhu zlomu na digitálním modelu reliéfu. Odchyly směru průběhu puklinových systémů stolové hory Hejdy je potvrzením existenci zlomové struktury.

Výsledky všech použitých metodických zpracování a analýz vystupují potvrzením předpokládaných hypotéz a spolu korelují. Oblast Polické pánve je současnou aktivní oblastí zlomových a tektonických struktur, které na to území působí a dlouhodobě ovlivňují vzhled jeho georeliéfu.

Klíčová slova: tektonická analýza, zlomová tektonika, strukturní stavba, ERT, Polická pánev, stolové hory, Česká křídová tabule

Abstract

The area of the Polická basin is in fault and tectonic structures region. Neotectonic and recent long-term movements occur along the geomorphological systems. Endogenous and exogenous processes are the main reason of tectonic activity in the area. Polická basin and its look is influenced by geomorphological processes and represents a perfect region for the study of active fault structures. This area is influenced by physical-geographic characteristics of the region and reflects with long-term processes which determine the development of this area. Two large systems of Polický and Skalský fault run across the selected area. The course of these systems is confirmed by previous studies, and it is indicated in geological maps. The area of faults crosses is area with the most affected geomorphological elements of the relief. Ostaš, Hejda and Kočičí skaly mesas is greatly influenced by Polický fault zone, mainly due to fault close location to the selected geomorphological surface forms. Result of the fault zones pressure is observed on various structures and their form. During the relief and surface features analysis and examination were used various methods, which confirmed the influence of fault zones. The fracture systems showed the same orientation as the Polický fault orientation (SSE - NNW). Morpholineaments were also formed under the fault pressure. Measurement and analysis results showing orientation of the morpholineaments confirmed direction similar to the main faults (Polický fault - SSE - NNW, Skalský fault - WSW - SWSW).

ERT is a geophysical method used to understand the influence of fault systems and tectonic structures on surface forms. Electrical resistivity tomography has proved the existence and direction of the Polický fault zone and its location under surface structures of Kočičí skály and Hejda. The results of ERT measurements proved existence and course determination of another fault structure in this area. This is the Hejda/Ostaš fault, which was proven and investigated by using of geophysical methods. Study of this area was conditioned by the existence of a fault structure hypotension. Fault runs between the Ostaš and Hejda mesas. The

biggest support for this hypothesis was large difference of the block sandstone blocks altitude and lithological bases positions, which cannot be explained by denudation and erosion only. Fault system direction was also confirmed by the morphometric analysis. Morpholineaments correspond to fault orientation on the digital model of surface. Deviations in fault system orientation in the area of mesa Hejda confirm fault existence. The results of all used methods and analyses confirm the assumed hypotheses and correlate with each other. The area of the Polická basin is currently an active area of fault and tectonic structures that long-term influence its surface.

Keywords: tectonic analysis, fault tectonics, structural conditions, ERT, Police basin, mesa, Czech Cretaceous plateau

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Seznam obrázků, tabulek a příloh..... | 10 |
| Seznam zkratk..... | 18 |
| 1 Úvod | 19 |
| 2 Vymezení zájmové oblasti..... | 21 |
| 3 Fyzickogeografická charakteristika | 23 |
| 3.1 Geologická charakteristika Polické pánve | 23 |
| 3.1.1 Geologický vývoj širšího okolí | 23 |
| 3.1.2 Geologický vývoj Polické pánve | 25 |
| 3.1.3 Geologická a strukturní stavba Polické pánve | 27 |
| 3.1.4 Tektonický vývoj a stavba Polické pánve..... | 28 |
| 3.2 Geomorfologická charakteristika Polické pánve | 32 |
| 3.2.1 Geologické členění a pozice v regionalizaci | 32 |
| 3.2.2 Geomorfologický vývoj širšího okolí Polické pánve | 35 |
| 3.2.3 Geomorfologie Polické pánve – typické a významné tvary a typy reliéfu ... | 37 |
| 3.3 Klimatické poměry v oblasti Polické pánve | 40 |
| 3.4 Hydrologické poměry v oblasti Polické pánve..... | 43 |
| 3.5 Půdní poměry a biogeografická charakteristika Polické pánve | 47 |
| 4 Metodika zpracování..... | 50 |
| 4.1 Strukturní měření puklinových a zlomových struktur | 53 |
| 4.2 Elektrická odporová tomografie (ERT) | 55 |
| 4.3 Měření 3D dilatometrem TM-71 | 56 |
| 4.4 Morfometrická analýza | 58 |
| 4.4.1 Morfolineamenty..... | 58 |
| 4.4.2 Údolnice..... | 60 |

| | |
|--|------------|
| 5 Výsledky měření..... | 62 |
| 5.1 Strukturní měření puklinových a zlomových struktur | 62 |
| 5.1.1 Ostaš | 62 |
| 5.1.2 Kočičí skály..... | 69 |
| 5.1.3 Hejda..... | 77 |
| 5.1.4 Údolní oblasti..... | 83 |
| 5.2 Elektrická odporová tomografie (ERT) | 87 |
| 5.3 Měření 3D dilatometrem TM-71 | 95 |
| 5.4 Morfometrická analýza | 106 |
| 6 Diskuse..... | 110 |
| 7 Závěr | 119 |
| Použitá literatura | 121 |

SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obrázek 1: Mapa Česka zobrazující polohu oblasti Broumovské vrchoviny. (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Obrázek 2: Mapa DMR, která zohledňuje všechny tři oblasti výzkumu. Broumovská vrchovina – rudá linie, Polická pánev neboli širší oblast měření – zelená linie, oblast vlastního strukturních měření – černá linie. (Zdroj: DMR a vlastní mapování oblastí v program ArcMap 10.7.1)

Obrázek 3: Mapa zobrazující pánve a brázdy na území Česka. Vni – vnitrosudetská pánev, která je oddělena od podkrkonošské karbonové pánve hronovsko-poříčským zlomem (Zdroj: Petránek 2007).

Obrázek 4: Přehled geologie vnitrosudetské pánve (Zdroj: Tásler et al. 1979).

Obrázek 5: Stratigrafie vrstev v oblasti Polické pánve. (Zdroj: Müller et al. 1997)

Obrázek 6: Geologická stavba Polické vrchoviny. 1 – coniac – křemenné kvádrový pískovce, 2 – střední až svrchní turon – vápnité prachovce, pracovitý pískovce a slínovce, 3 – jizerské souvrství – křemenné kvádrové pískovce Broumovských stěn, 4 – cenoman až střední turon – slínovce, prachovce, prachovité pískovce, 5 – korycanské vrstvy – glaukonitické pískovce, jílovito-prachovité pískovce, kvádrové pískovce, 6 – trias – pískovce a slepence (Zdroj: Stejskal 2011).

Obrázek 7: Přehledná orografická mapa Polické vrchoviny a okolí: 1 – hlavní horské hřbety, 2 – kuestové pásmo (2a – vnější, 2b – vnitřní), 3 – pískovcové plošiny, 4 – státní hranice. (Zdroj: Tásler et al. 1979)

Obrázek 8: Průběh tektonických dislokací v oblasti Ostaš, Hejdy a Kočičích skal (Zdroj: Tásler red. 1987, Tásler, Vejlupek 1988a), měřítko mapy – 1:25 000.

Obrázek 9: Mapa tektonických zlomů v zájmové oblasti. (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Tabulka 1: Geomorfologické členění studovaného území. (Zdroj: Demek, ed. (1987) a Sládek (1977))

Obrázek 10: Geomorfologické členění studovaného území. (Zdroj: Demek, ed. (1987) a Sládek (1977))

Tabulka 2: Geomorfologické členění Broumovské vrchoviny nad podcelky (Zdroj: Balaltka, Kalvoda, 2006)

Obrázek 11: Mapa PKP s polohou hlavních zlomů a výškou vertikálního zdvihu křídových vrstev oproti původní poloze) v m 1. Skalský zlom, 2. Polický zlom, 3. Bělský zlom, 4. zlom Klučku. (Zdroj: Krásný et al. 1995)

Obrázek 12: Mapa zohledňující průběh úseků jednotlivých zlomových struktur v oblasti zájmu a měření. (Zdroj: Tábořík, Hartvích 2016, Lysenko, V. nepublikováno)

Obrázek 13: Klimatické oblasti Česka podle Köppenové klasifikace. (Zdroj: Faltysova et al., 2002)

Obrázek 14: Klimatické oblasti Česka podle Quittovy klasifikace. (Zdroj: Quitt 1971)

Obrázek 15: Graf zobrazující průměrný úhrn srážek na stanici Ostaš za dlouhodobý průměr 1901-1950. (Zdroj: Němeček 2008)

Obrázek 16: Mapa zohledňující průběh vodního toku Metuje na území průzkumu. (Zdroj: Ortofoto ČÚZK a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Obrázek 17: Hydrologická mapa vodních toků na území Broumovské vrchoviny. (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Obrázek 18: Hydrologická mapa vodních toků, které zasahují zájmovou oblast měření. (Zdroj: vlastní mapa vytvořená v programu ArcMap 10.7.1)

Obrázek 19: Schéma uspořádání jednotlivých sedimentárních vrstev Polické pánve (Zdroj: Troutnar 2013).

Obrázek 20: Mapa půdních typů v Královéhradeckém kraje. (Zdroj: Tesařová 2006)

Obrázek 21: Potenciální ohrožení vodní eroze v oblasti CHKO Broumovsko dle katastrálních území. (Zdroj: VUMOP Praha)

Obrázek 22: Mapa zobrazující větší oblast průzkumu (červená linie) a menší oblasti průzkumu (černá linie). (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Obrázek 23: Grafické znázornění směru plochy. (Zdroj: Foldyna, Grmela 1988)

Obrázek 24: Grafické znázornění směru sklonu plochy. (Zdroj: Foldyna, Grmela 1988)

Obrázek 25: Grafické znázornění sklonu plochy. (Zdroj: Foldyna, Grmela 1988)

Obrázek 26: Přístroje používána při ERT měření v terénu. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 27: Schematický profil konfigurace elektrodů Wenner-Schlumberger s rozložením elektrodů. (Ekinci et al. 2013).

Obrázek 28: Měřicí přístroj TM-71. (zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 29: Měřidlo TM-71 na zlomové struktuře se zobrazením třech os měření. (Zdroj: ÚSMH AV ČR a vlastní označení os měření)

Obrázek 30: Mapa zobrazující polohy strukturních měření na Ostaše. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Obrázek 31: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů na Ostaše. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 32: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 1. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 33: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 6. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 34: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 8. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 35: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 9/10. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 36: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 11. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 37: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 3.1. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 38: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 3.2 (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 39: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 3.3. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 40: Mapa zobrazující polohy strukturních měření na Kočičích skalách. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Obrázek 41: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů v oblasti Kočičích skal. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 42: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.1. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 43: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.2. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 44: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály NA109. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 45: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.2.2. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 46: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.3. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 47: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.1. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 48: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.2. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 49: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.3. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 50: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.4. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 51: Mapa zobrazující polohy jednotlivých strukturních měření na Hejdě. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Obrázek 52: Mapa zobrazující polohy hlavních skupin strukturních měření na Hejdě. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Obrázek 53: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů na Hejdě. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 54: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 1. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 55: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 1.1. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 56: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 2. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 57: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 2.1. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 58: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 2.2. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 59: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 3. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 60: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 4. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 61: Mapa zobrazující polohy strukturních měření v okolní oblasti. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Obrázek 62: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Dědov. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 63: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Bukalán. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 64: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Maršov nad Metují. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 65: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Vlčinec. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 66: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ledhujka. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 67: ERT profil Ostaš 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 68: ERT profil Ostaš 2. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 69: ERT profil Kocici 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 70: ERT profil Hejda 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 71: ERT profil Hejda 2. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 72: ERT profily Klučánka 1 a Pelegrinka 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 73: ERT profily Klučánka 2, Klučánka 3, Bukalán 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 74: ERT profil Bukalán 2. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 75: Mapa zobrazující průběh zlomových linií v zájmové oblasti a průběh ERT profilů. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Obrázek 76: Mapa zobrazující průběh vybraných lineamentů, které kopírují průběh zlomu Ostaš/Hejda a ERT profilů. (Zdroj: DMR 5G, zmapované profily měření ERT (Tábořík et al. (in prep.)) a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Obrázek 77: Mapa zohledňující polohu všech přístrojů TM – 71 v zájmové oblasti. (Zdroj: ČÚZK topografická mapa a DMR s vlastním upravením)

Obrázek 78: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 1 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 79: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 2 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 80: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 3 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 81: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 4 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 82: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 5 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 83: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 6 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 84: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 7 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 85: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 8 a graf průběhu průměrné roční teploty. (Zdroj: ÚSMH AV ČR)

Obrázek 86: Mapa zohledňující průběh extrahovaných lineamentů ve vybrané oblasti. (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Obrázek 87: Graf orientace morfolineamentů (bez normalizace). (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 88: Graf orientace morfolineamentů (váženo délkou). (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 89: Graf zohledňující rozložení počtu údolnic dle orientace v prostoru. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 90: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů vybraných oblastí měření. (Zdroj: Vaško 2001).

Obrázek 91: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Hejdy a Kočičích skal. (Zdroj: Vaško 2001).

Obrázek 92: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů v zájmové oblasti. (Zdroj: Stejskal 2003).

Obrázek 93: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Ostaše. (Zdroj: Stejskal 2003).

Obrázek 94: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Hejdy. (Zdroj: Stejskal 2003).

Obrázek 95: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Kočičích skal. (Zdroj: Stejskal 2003).

Obrázek 96: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů na Ostaše, Kočičích skalách, Hejda. (Zdroj: vlastní měření)

Obrázek 97: Mapa zobrazující průběh Polického a Skalského zlomů (černá linie), lineamentů, kopírujících průběh zlomu Hejda/Ostaš (šedá linie), a vyznačená místa, kde dochází k horizontálnímu posunu kuest (červená linie). (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1).

SEZNAM ZKRÁTEK

| | |
|----------------|---|
| AV ČR | Akademie věd ČR |
| ČGS | Česká geologická služba |
| ČÚZK | Český úřad zeměměřický a katastrální |
| DMR | Digitální model reliéfu |
| DPZ | Digitální průzkum Země |
| ERT | Elektrická odporová tomografie (<i>Electrical resistivity tomography</i>) |
| GIS | Geografické informační systémy (<i>Geographic information system</i>) |
| CHKO | Chráněná krajinná oblast |
| MA | miliony let |
| OHF | Zlom Ostaš/Hejda (<i>Ostaš/Hejda fault</i>) |
| TM-71 | Týčové měřidlo modelu 71 |
| ÚSMH | Ústav struktury a mechaniky hornin |
| ZABAGED | Základní báze geografických dat |
| ZM ČR | Základní mapy ČR |

1 ÚVOD

Na vývoj a formování krajiny má vliv velké množství faktorů, které působí během dlouhodobého historického období. Geomorfologie je vědou, která se zabývá výzkumem a stavem georeliéfu a jednotlivých prvků, které odráží průběh všech procesů, jak povrchových, tak podpovrchových. Hlavní příčinou změny tvaru georeliéfu je vliv různých geomorfologických procesů. Výzkum geologického vývoje a změn georeliéfu probíhá již delší dobu a vždy byl velice důležitým tématem, nejen pro debatu, ale i pro své praktické závěry. Současný tvar a podoba krajiny je výsledkem dlouhodobého společného působení různých faktorů, endogenních a exogenních, přírodních a antropogenních, dlouhodobých a krátkodobých. Součástí geověd je strukturní geomorfologie, která zkoumá interakce mezi stavem georeliéfu a vnitřní stavbou a složením Země. Současný stav georeliéfu zkoumané oblasti Polické pánve je výsledkem právě takových interakcí a různých procesů ovlivňujících danou oblast. Lze zde pozorovat aktivní zlomové a tektonické struktury a popsat exogenní a erozní procesy. To je důvodem, proč byla jmenovaná oblast Polické pánve vybrána jako vhodná k dlouhodobému průzkumu a stala se fokusem této práce.

První studie, které se zabývaly geologií a geomorfologií zkoumaného území, byly zpracovány a vydány na počátku 20. století německým geologem Walterem Petrascheckem. Velký význam pro průzkum jmenovaného území má pozdější souhrnná studie (Petrascheck, 1934), která je věnována především geologickým poměrům, tektonické a litologické stavbě, české části vnitrosudetské pánve. Pro objasnění geomorfologického vývoje studovaného území má rovněž velký význam práce Krále (1949), jež se zaměřuje na komplexní hodnocení tvarů reliéfu kvádrových pískovců v oblasti Broumovské vrchoviny. Zpracovány jsou také souhrnné studie zabývající se geologickými poměry (Tásler, Kotlář 1987) a geomorfologií CHKO Broumovsko (Vítek 1986). V první polovině 90. let 20. století bylo pak provedeno geomorfologické mapování CHKO.

Předkládaná diplomová práce je souhrnem výzkumných dat o stavu reliéfu a prostředí v oblasti Polické pánve, která se nachází v centrální části CHKO Broumovsko. Práce představuje soubor poznatků a informací, které byly shromážděny z různých odborných a vědeckých prací, z výsledků soustavného průzkumu v oblasti, ale také z vlastního průzkumu v terénu. Rešeršní práce se však dotkla i širšího okolí oblasti zájmu, průzkum probíhal rovněž v přilehlých částech Polické pánve. Tématem představené práce je popis a analýza strukturně-tektonického stavu vybrané oblasti Polické pánve. Hlavním cílem je pochopení strukturní

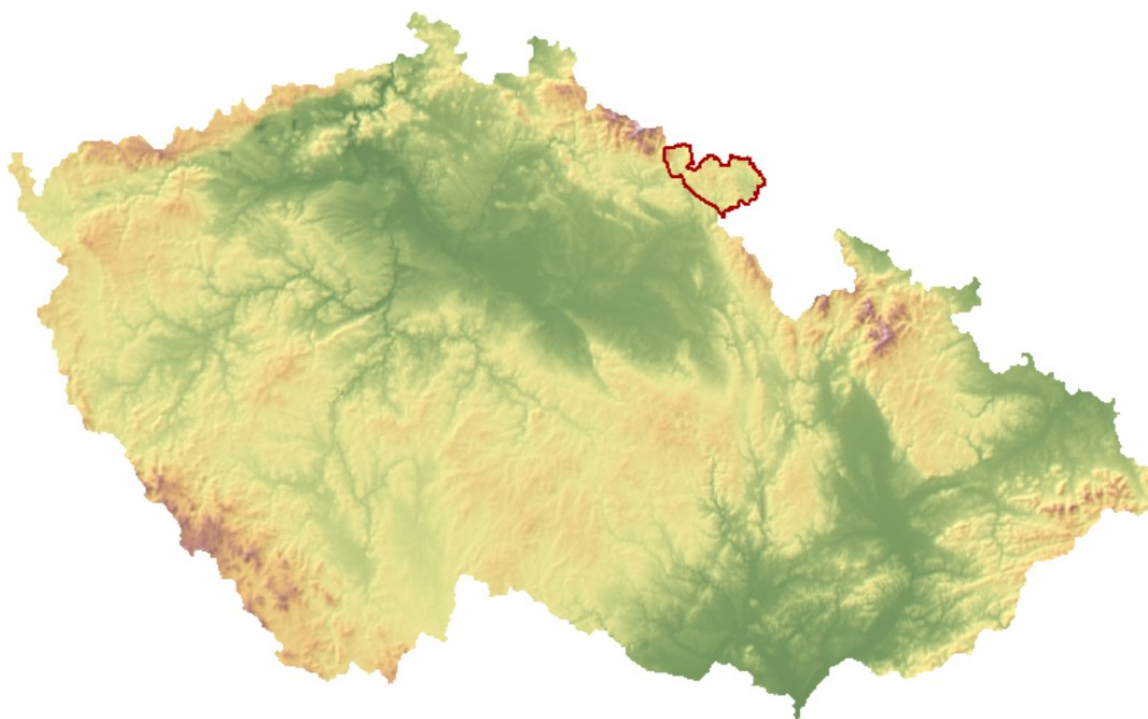
stavby, vlivu zlomové tektoniky, a zejména tektonického vývoje oblasti stolových hor na Broumovsku, a to s důrazem na neotektonické a recentní pohyby.

Tato diplomová práce je zaměřena na geomorfologický průzkum a vyhodnocení vývoje a stavu georeliéfu pozorovaného území Polické pánve. Během zpracovávání diplomové práce byly využity různé metody vedoucí k pochopení celkového stavu prostředí dané oblasti. Struktura závěrečné práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První část zahrnuje rešeršní zpracování české a zahraniční odborné literatury, která se týká fyzicko-geografické charakteristiky zkoumaného území a jeho bližšího okolí. Geologická charakteristika přibližuje geologický a tektonický vývoj, geologickou a strukturní stavbu oblasti. Geomorfologická charakteristika popisuje členění a regionální pozici vybraného území, jeho významné povrchové tvary, ale zároveň i geomorfologický vývoj širšího okolí. Další část diplomové práce představuje klimatické, hydrologické a půdní poměry, které přispívají k hlubšímu pochopení podmínek vybrané oblasti. Závěrečná kapitola první části sumarizuje metodiku zpracování a podává podrobný přehled různých geomorfologických metod. Ve druhé části diplomové práce jsou objasněny metody měření a provedených výzkumů, je předloženo vyhodnocení a jsou představeny vizualizace výsledků. Jedná se o metody strukturního měření a analýzy puklinových a zlomových systémů, stejně jako o analýzy morfolineamentů a sítí údolnic. Následující podkapitoly velice podrobně popisují tyto metody měření i analýzy a shrnují výsledky měření. Jsou zde popsány jednotlivé lokality výzkumu a dostupné výsledky jsou porovnány. Uvedeny jsou jak výsledky dlouhodobého monitoringu provedených strukturně-geomorfologických a geofyzikálních výzkumů, tak použité softwarové programy. Poslední část obsahuje diskusi, v jejímž rámci jsou prezentovány interpretace jednotlivých měření a analýz a je provedeno porovnání výsledků. Výsledky vlastních měření jsou srovnány mezi sebou (na jednotlivých lokalitách), ale jsou rovněž porovnány s jinými metodami a analýzami průzkumu a jejich východisky. Výsledky této diplomové práce jsou konečně porovnány i s výstupy jiných autorů, kteří se zabývali průzkumem vybrané lokality. Závěr práce je představením souhrnných poznatků o stavu georeliéfu a jednotlivých geomorfologických a tektonických prvků, poznatků odvozených z komplexního popisu a představení daného území a z provedených analýz.

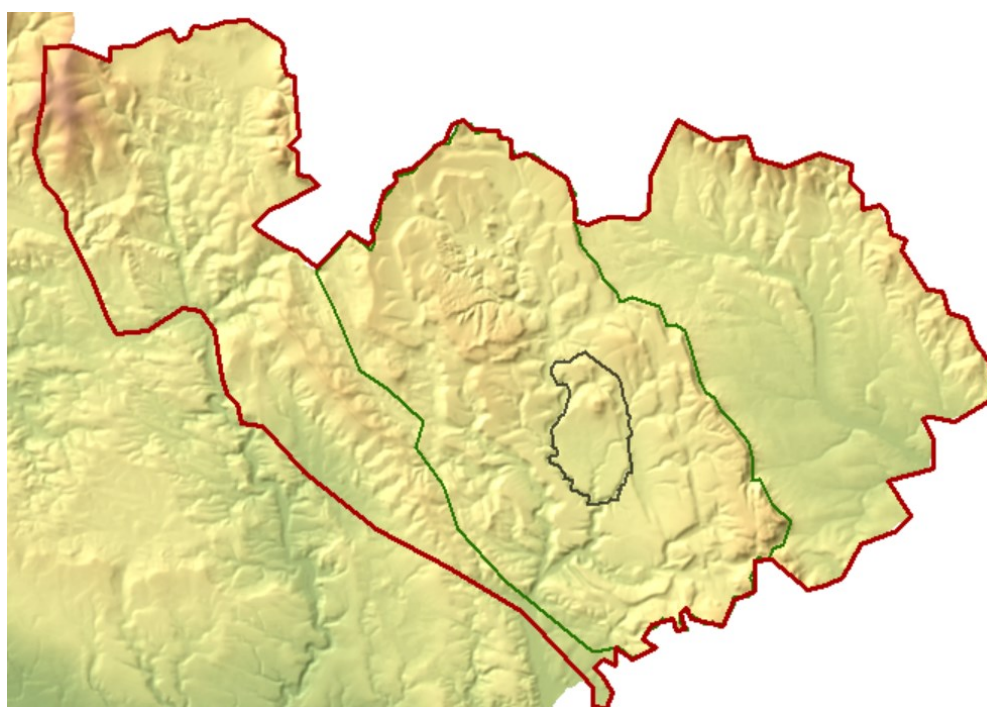
2 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉ OBLASTI

Pro účely diplomové práce bylo vybráno území na severozápadě Česka, mezi Krkonošemi a Orlickými horami. Daná oblast je vymezena hranicemi Polické pánve. Polická pánev je součástí větší orografické jednotky, Polické vrchoviny. Dalšími jednotkami jsou Polická stupňovina a česká část území Stolových hor, které pokračují i na polském území. Území celé Polické vrchoviny je vymezeno Hraničním hřbetem a Mirošovskými stěnami na severozápadě, Broumovskými stěnami na severovýchodě, stolovou horou Bor na jihovýchodě a úpatím Jestřebích hor na jihozápadě. Polická pánev zaujímá střed území, Polická stupňovina je vymezena oválným obvodem oblasti celé Polické pánve a Stolové hory na české straně zasahují jenom severní svahy Machovské kotliny a severovýchodní svahy Broumovské kotliny (viz mapa 1). Stolové hory se vyskytují i na území Polska, kde spadají do národního parku Góry Stolowe. Oblast Polické pánve je velmi významná a cenná i z vodohospodářského pohledu. Geologická stavba a tektonické procesy ovlivňující danou oblast umožňují výskyt velkých zásob podzemní pitné vody.

Zkoumané území bylo úžeji omezeno na několik konkrétních oblastí (viz popis níže). Fyzicko-geografická charakteristika zahrnuje oblast celé Broumovské vrchoviny o ploše přibližně 230 km² (obr. 1). Větší území bylo vybráno i z toho důvodu, že Broumovská vrchovina je jeden geomorfologický celek, který se utvářel v poměrně podobných podmínkách. Širší okolí pozorované oblasti může poskytovat důležité informace pro pochopení různých podmínek jejího vývoje. Další vymezená lokalita je tzv. širší území zájmu, které představuje plochu přibližně 240 km². Dané ohraničení oblasti bylo stanoveno v praktické části práce, při provádění výzkumných aktivit. Toto širší území zájmu se nachází v hranicích geomorfologického celku Polické pánve. V průběhu zpracovávání diplomové práce pak došlo k vymezení dalšího menšího území. Jedná se o lokalitu vlastního terénního měření, která má plochu 16,5 km². Plocha byla vybrána tak, aby vyhovovala účelům prováděných strukturních měření a byla omezena údolními oblastmi a průběhem vrstevnic. Lze říct, že fyzicko-geografická charakteristika popisuje celou oblast Broumovské vrchoviny, zatímco praktická terénní a jiná měření byla prováděna na menších ohraničených celcích (obr. 2).



Obrázek 1: Mapa Česka zobrazující polohu oblasti Broumovské vrchoviny. (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)



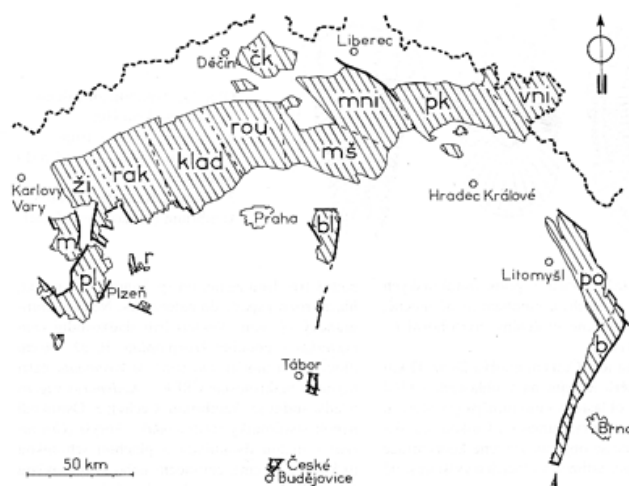
Obrázek 2: Mapa DMR, která zohledňuje všechny tři oblasti výzkumu. Broumovská vrchovina – rudá linie, Polická pánev neboli širší oblast měření – zelená linie, oblast vlastního strukturních měření – černá linie. (Zdroj: DMR a vlastní mapování oblastí v program ArcMap 10.7.1)

3 FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZAJMOVÉ OBLASTI

3.1 Geologická charakteristika Polické vrchoviny

3.1.1 Geologický vývoj širšího okolí

Geologická stavba Polické pánve těsně souvisí s vývojem jejího širšího okolí v průběhu dlouhé geologické historie, která se odehrávala na území Česka již od prvohor. Odborná literatura popisující geologii a vývoj konkrétně Polické pánve je značně omezena a není dostačující pro detailní pochopení geologických podmínek vzniku a změn. Území zkoumané oblasti patří do geologického celku vnitrosudetské pánve, jež vznikala v mladších prvohorách v bretoňské fázi variské orogeneze (cca 330,9–346,7 MA) mezi horskými masivy Krkonoš, Sovích, Bystřických a Orlických hor (Tásler et al. 1979, viz obrázek 3).



Obrázek 3: Mapa zobrazující pánve a brázdý na území Česka. Vni – vnitrosudetská pánev, která je oddělena od podkrkonošské karbonové pánve hronovsko-poříčským zlomem.

(Zdroj: Petránek 2007).

Vnitrosudetská pánev se ze třetiny své plochy rozkládá na českém území, z větší části se pak nachází na území Polska. Podloží vnitrosudetské pánve dodnes není známé, předpokládá se, že je tvořeno metamorfními komplexy proterozoického a staropaleozoického stáří. Vnitrosudetská pánev má brachysynklinální stavbu, respektive strukturu brachysynklinoria, kde osní část je vyplněna mladšími sedimenty a nejstarší horniny vystupují na okrajích. Delší osa vnitrosudetské pánve odpovídá sudetskému směru, tj. SZ-JV. To je výsledkem dlouhodobě probíhajícího vývoje pánve od mladšího paleozoika a mezozoika až do paleogénu (sálská tektogeneze). Poslední změny ve stavbě a přehledu vnitrosudetské pánve nastaly během

saxonského vrásnění, kdy byly sedimenty Broumovského výběžku prohnuty a z okrajů pevnějších vrstev vznikly kuesty (Kunský 1968).

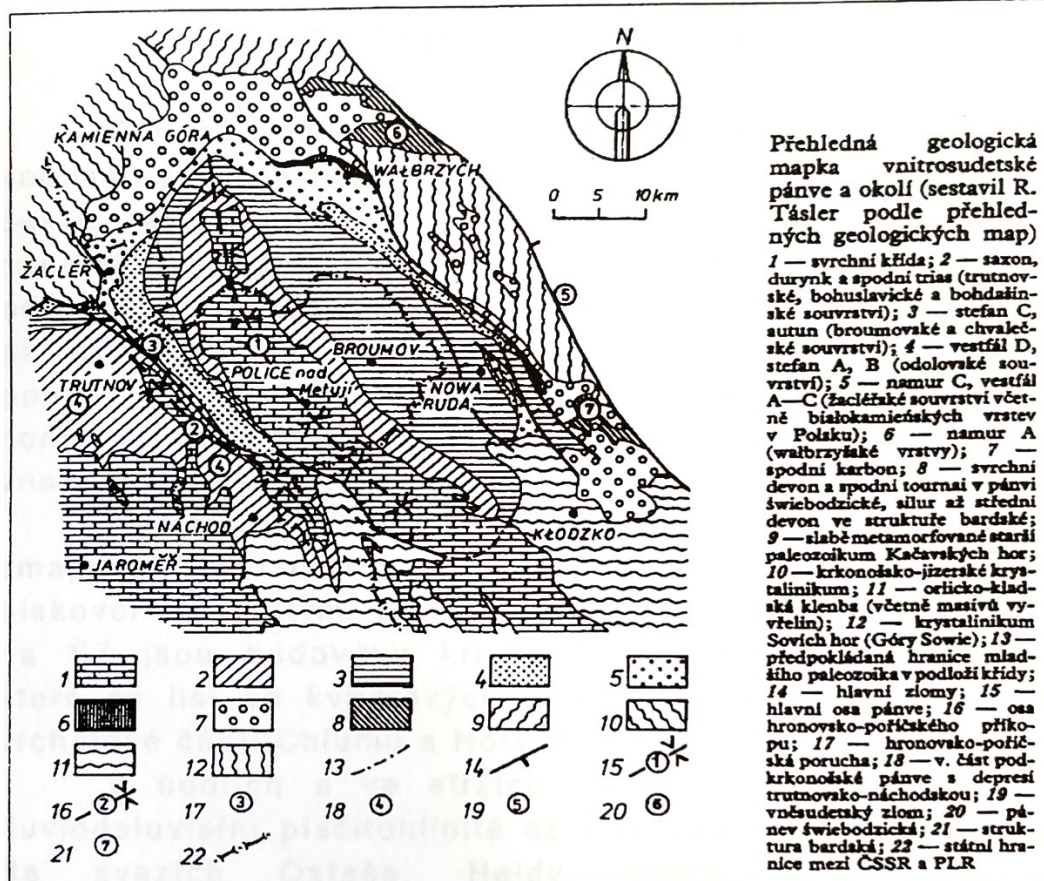
Nejhlubší osní část pánve byla postupně vyplněna kontinentálními uloženinami a také vulkanity, které pronikaly na povrch od spodního karbonu (359–347 MA) až po trias (252–201,3 MA) (Chlupáč, Štorch 1992). Mocnost sedimentárních vrstev na českém území dosahuje až 3 000–4 400 m (Kunský 1968). Horniny uložené během spodního karbonu v Česku byly zaznamenány pouze ve vrtech (Tásler et al. 1979).

Krystalický fundament vnitrosudetské pánve je překryt *žacléřským souvrstvím*, které je tvořeno oligomiktním slepencem arkózy, pískovce, prachovce, jílovce a slojemi černého uhlí. Tyto horniny vystupují na povrch v okrajových partiích vnitrosudetské pánve. Horniny žacléřského souvrství se cyklicky opakují v několika postupných sedimentárních fázích (Stejskal, 2011). Na základě cyklické sedimentace se žacléřské souvrství rozděluje na vrstvy lampertické, dolsko-žďárecké a petrovické. K ukládání docházelo v podmínkách subtropického klimatu svrchního karbonu, proto se v uloženinách objevují i araukarity, tedy fosilizované kmeny tropických dřevin (Troutnar 2013, obr. 4).

V období mladšího permu dosáhla oblast vnitrosudetské pánve svého maximálního rozsahu (Tásler et al. 1979). Převládajícími sedimenty byly červené slepence, pískovce a jílovce, které tvořily *odolovské souvrství*. Mocnost celého sledu dosahuje až 1 000 m (Tásler et al. 1979). Předpokládá se rozlišení dvou mezocyklů – spodní vrstvy svatoňovické a svrchní vrstvy jívecké. Krajina byla plochá a byla pokryta mělkými, vysychajícími jezery, odkud pocházejí pozdější fosilie ryb a obojživelníků.

V období permu došlo k aktivní vulkanické činnosti, jejímž produktem byly andezitové vyvřeliny představované trachybazalty, trachyandezity a melafyry, které vytvářejí *oliretinské vrstvy* (Grygar 2000). Broumovské souvrství, jehož mocnost je 800 m, také souviselo se silnou vulkanickou činností a tvorbou melafyrů a ryolitů. Po uložení výše popsaných souvrství došlo k silným tektonickým pohybům během periody variského vrásnění. Permské sedimenty tvoří úzké západní předpolí Polické vrchoviny, a především oblast Broumovské kotliny (Troutnar 2013). Obdobím triasu skončila první etapa sedimentárního cyklu ve vnitrosudetské pánvi.

Následovalo dlouhé období zvětrávání, eroze, a odnosu zvětralinových produktů a zarovnávaní terénu, které trvalo přibližně do období svrchní křídly (Troutnar 2013).



Obrázek 4: Přehled geologie vnitrosudetské pánve (Zdroj: Tásler et al. 1979).

3.1.2 Geologický vývoj Polické pánve

Křída byla období, kdy došlo k přerušení denudace povrchu oživením tektonické aktivity a k následným pohybům. Příčinou byla zrychlená tvorba středooceánských hřbetů v průběhu otevírání nových oblastí velkých oceánů (Grygar 2000). Docházelo k periodickým transgresím, během nichž byly mělkými epikontinentálními moři zaplaveny značné části kontinentů, včetně převážné většiny Tethydy.

Postupně se utvářela nová sedimentační souvrství, a to hlavně z mořských usazenin. Vzniklo *korycanské souvrství* tvořené glaukonitickými pískovci, křemennými a slepencovými pískovci a prachovci se silicity cenomanského staří. *Bělohorské souvrství* bylo tvořeno slínovci spodního turonu. *Březenské souvrství* se skládalo z křemenných kvádrových pískovců coniakového staří (Faltysová et al. 2002). Březenské souvrství má vyšší příměs nezralého materiálu (živců a úlomků hornin) a ve svrchní části přechází do stadia vývoje, kde se střídaly jílovce a pískovce (obr. 5).

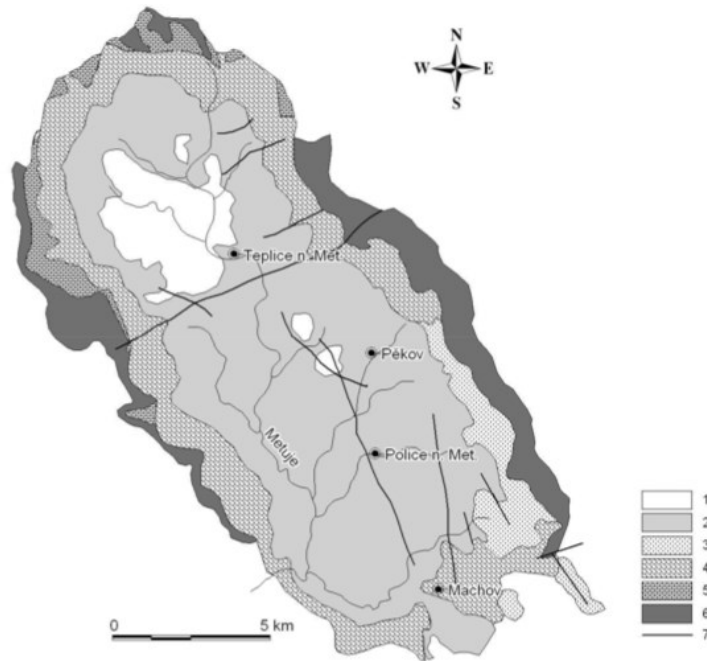
| mezinárodní chronostratigrafické dělení | | oblastní litostratigrafické dělení české křídové pánve (Čech et al. 1980) | litostratigrafické dělení křídových sedimentů v polické pánvi | | |
|---|---------|---|---|--|---|
| KŘÍDA | svrchní | santon | souvrství merboříčské | | |
| | | coniac | svrchní | souvrství březenské | ? |
| | | | střední | | svrchní, Buzová hradě, střední zrně až hrubozrnné křídové písky a Adršpaško-teplických skal, Ostas, Hejda |
| | | | spodní | | vrstvy rohatecké |
| | | turon | svrchní | souvrství teplické | prachovité a jemné písčité slivovce |
| | | | střední | souvrství jizarské | souvrství prachovité a slivovce, šedé křídové vápence, rozpadlé vápenné písky, jemné písčité slivovce |
| | spodní | | souvrství bělohorské | světlé šedé slivky a slivovce, prachovité slivovce | |
| | spodní | cenoman | svrchní | souvrství perucko-korycané | různé typy pískovců a glaukonitů, kalcidy i zbytky kory |
| | | | střední | | |
| | | | spodní | ? | podílí kříd |
| | | alib | svrchní | | |
| | | apt | střední | | |
| | barrem | spodní | | | |

Obrázek 5: Stratigrafie vrstev v oblasti Polické pánve. (Zdroj: Müller et al. 1997)

Mořský charakter dokládají nálezy mořských mlžů a amonitů, jehlice mořských hub a ježovek. Plošina v centrální části Polické pánve je charakteristická velmi mocnou vrstvou opuk neboli mořských sedimentů, které se postupně usazovaly v mělkém křídovém moři. Tvoří je jílovité a prachovité částice, dále obsahují vápencové složky a jehlice mořských hub (Troutnar 2013).

Během svrchnokřídového období se na zájmovém území vytvořily tři hlavní zdejší vrstvy kvádrových pískovců: spodní (glaukonitické), střední (živcové) a svrchní (křemenné). Mocnost jednotlivých vrstev se pohybuje v rozmezí 3–100 m (Stejskal 2011). Facie kvádrových pískovců buduje rovněž Broumovské stěny. Následným rozpadem a denudací kvádrových pískovců březenského souvrství vznikaly povrchové tvary jako Adršpaško-teplické skály, Ostas, Hejda a Stolové hory na území Polska.

Během křídý se také oživily pohyby na mladovariských severozápadních a jihovýchodních zlomech labské tektonické zóny a vnitosudetském zlomu, které měly v této době charakter pravostranných posunů (Uličný 1997). Transtenze v prostoru labské zóny umožňovala dlouhodobý pokles dílčích segmentů variského fundamentu a zakládání rozsáhlejší mořské pánve, jejíž velikost v průběhu cenomanu a turonu rychle rostla (Grygar 2000). Regrese křídového moře byla počátkem následujícího cyklu denudace.



Obrázek 6: Geologická stavba Polické vrchoviny. 1 – coniac – křemenné kvádrový pískovce, 2 – střední až svrchní turon – vápnité prachovce, pracovitý pískovce a slínovce, 3 – jizerské souvrství – křemenné kvádrové pískovce Broumovských stěn, 4 – cenoman až střední turon – slínovce, prachovce, prachovité pískovce, 5 – korycanské vrstvy – glaukonitické pískovce, jílovito-prachovité pískovce, kvádrové pískovce, 6 – trias – pískovce a slepence.

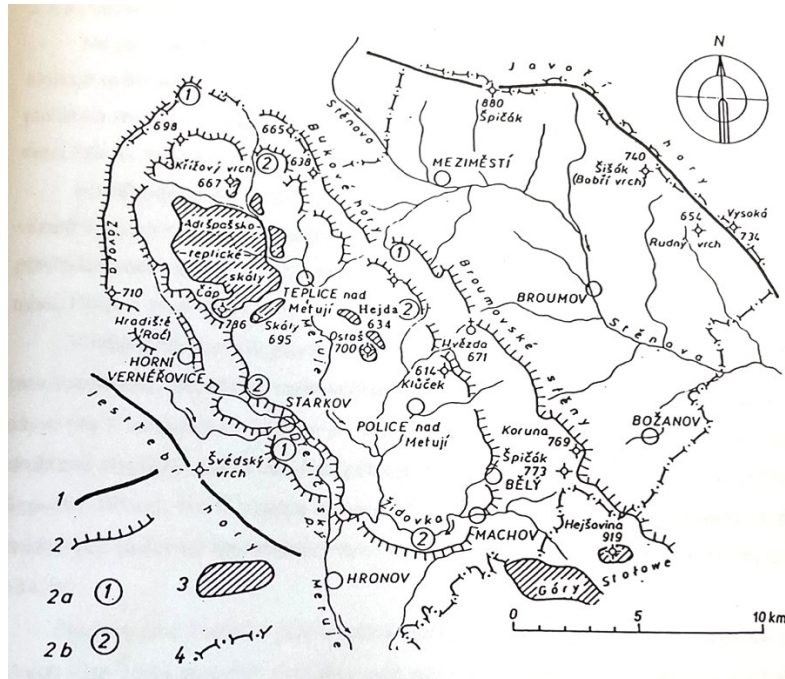
(Zdroj: Stejskal 2011).

3.1.3 Geologická a strukturní stavba Polické pánve

Během kvartéru došlo k výrazným změnám v charakteru klimatu. Ve středním kvartéru (přibližně před 300 000–130 000 lety) ovlivnil Polickou vrchovinu ledovec, který se nasunul od severu jako součást středopolského zalednění, jež zasáhlo zkoumané území až do údolí Stěnavy v Broumovské kotlině (Troutnar 2013). Během zalednění docházelo k promrzání až do hloubek okolo 100 m pod povrch a k rozrušování skalních masivů vlivem klimatických cyklů. Důsledkem této mrazové činnosti byl vznik kamenných moří, aluviálních vějířů a kamenitých sutí, svalovin a plošně rozsáhlých svahových sedimentů, které lze najít zejména na svazích Ostaše a Hejdy. Zároveň byly odnášeny i jemné prachové částice, které byly následně ukládány v závětrných místech (obr. 6).

Intenzivní erozní zahlubování vodních toků vedlo ke vzniku hlubokých kaňonovitých údolí táhnoucích se napříč hřbety kuest a vedlo k rozčlenění původně kompaktních sedimentárních plošin (Troutnar 2013). Kvarterní sedimenty byly zastoupeny povodňovými a sprašovými hlínami. Štěrkové a pískové uloženiny říčních teras se zachovaly ve větší míře

jenom na Broumovsku, kde byly rozšířeny dvě stratigrafické úrovně – spodní a svrchní terasy. Spodní terasa má bázi 8–10 m nad údolní nivou Stěnavy (obr. 7). Uložení spodní terasy nepřesahují mocnost 10 m a pocházejí ze středního pleistocénu. Báze svrchní terasy leží 25 m nad údolní nivou Stěnavy a mocnost uloženin je cca 13 m (Faltysová et al. 2002).



Obrázek 7: Přehledná orografická mapa Polické vrchoviny a okolí: 1 – hlavní horské hřbety, 2 – kuestové pásmo (2a – vnější, 2b – vnitřní), 3 – pískovcové plošiny, 4 – státní hranice.

(Zdroj: Tásler et al. 1979)

3.1.4 Tektonický vývoj a stavba

Od terciéru až do současné doby probíhá nedaleko od Českého masivu horotvorný proces alpinského vrásnění, který vyvolal vznik a reaktivaci tektonických systémů ve studované oblasti (Troutnar 2013). Během období svrchní křídly byly dřív vodorovně uložené sedimenty převráceny působením saxonské tektoniky. Říční síť byla také ovlivněna tektonickými procesy. Největší zahlubování bylo podél saxonských zlomových struktur.

V oblasti Polické pánve tak byly sedimentární vrstvy rozděleny na řadu izolovaných ker, oddělených různě orientovanými zlomy. Povrch horizontálně uložených křídových sedimentů byl nejdříve zvlněn příčnými antiklinálami a synklinálami a následně porušen příčnými a podélnými dislokacemi (Tásler et al. 1979). V oblasti Polické pánve je hlavní poruchou polický zlom, který vede přes Teplici nad Metují, Polici nad Metují a Machov (viz obrázek 8). Souvislé tektonické pohyby vyzvedly oblast polských Stolových hor o cca

300 m nad okolní terén. Aktivní zlomová tektonika vedla také k průnikům magmat. V následujících obdobích pak docházelo ke zvětvávání, erozi a zarovnání reliéfu.

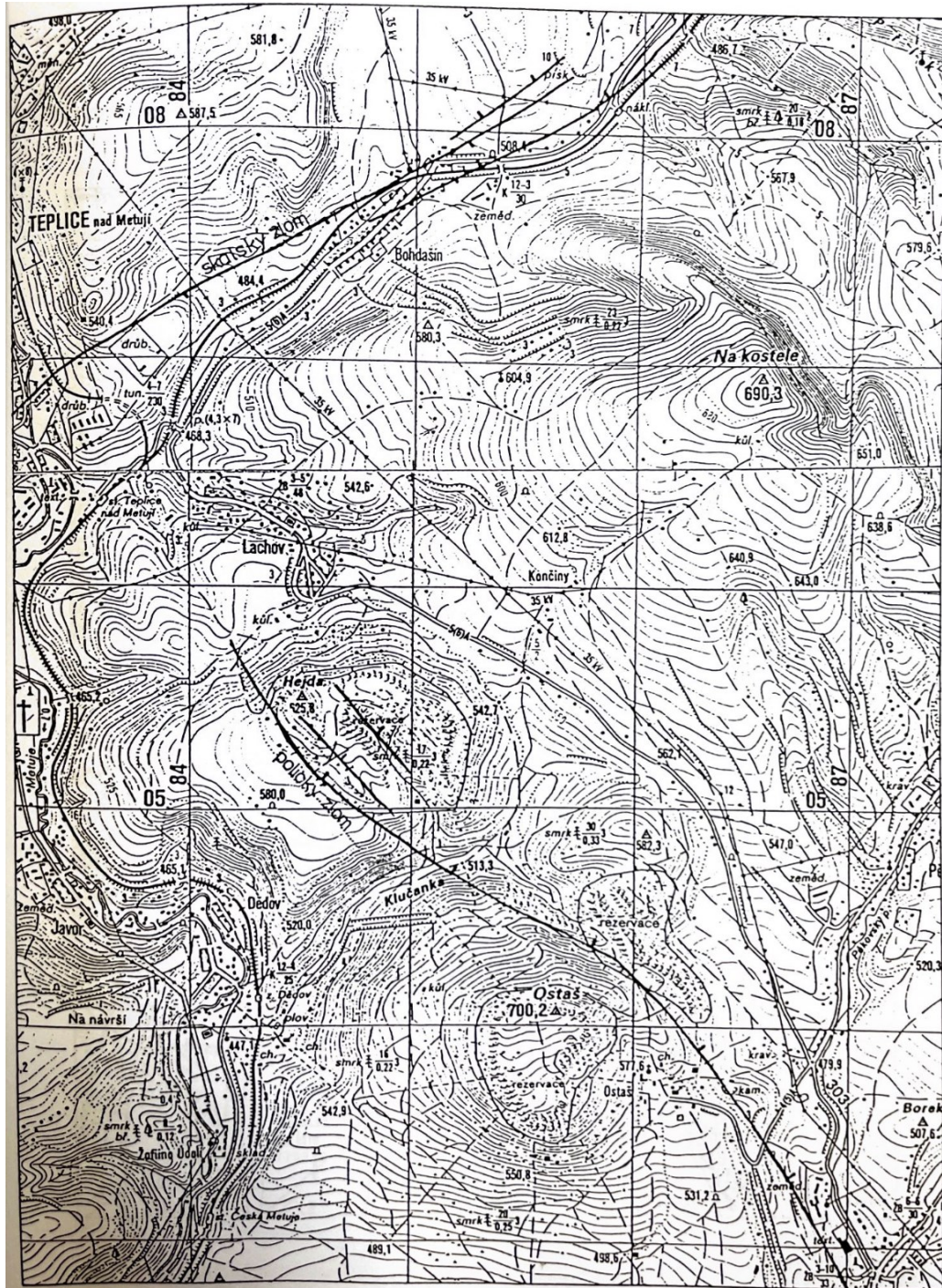
Tektonika silně ovlivňuje stavbu Polické pánve a morfologii reliéfu oblasti. V reliéfu se stopy zlomové tektoniky projevují jako zlomové svahy, svahy na zlomové čáře a údolní tvary na zlomech (Fiala 2005, obr. 8). Polické zlomové pásmo je široké minimálně 60 m a je složeno minimálně ze dvou existujících zlomů v celém jeho průběhu (Krásný et al. 2002). **Polický zlom** nebo Polické zlomové pásmo je kolmé na směr průběhu Skalského zlomu a je sub-paralelní podélné ose pánve. Tektonické zlomy v daném území vytváří pravoúhlý systém SZ – JV a JZ – SV zlomů. Jak již bylo řečeno se Polické zlomové pásmo skládá ze samostatného Polického zlomu a minimálně dvou sub-paralelních zlomů v celém jeho průběhu. Primární směru Polického zlomu dle Táslera a Vejlupka, 1988 je směr SZ – JV ($140^{\circ}/320^{\circ}$). Některé úseky mají odchylné směry od převládajícího. Střední část Polického zlomu se ztočuje na východ (ZSZ – VJV) a má směr 120° . Později v roce 1996 Krásný et al. doložili důkazy o existenci dalších sub-paralelních zlomů. Nejvýznamnější poruchou polického zlomového pásma je hronovsko-poříčská porucha. Polický zlom omezuje severovýchodní svah Ostaše, následně směřuje na Bukovici a Polici nad Metují. Tento zlom ovlivnil pokles kvádrových pískovců v oblasti Hejdy a východní části Ostaše přibližně o 60 m. Oblastí Hejdy probíhá paralelní zlom, jenž způsobil pokles východní kry o 15–20 m (Vejlupek 1986). Průběh polického zlomového pásma je doprovázen oblastmi puklinových zón.

Dalším směrným zlomem je zlom bělský, který se nachází na jihovýchodě pánve a probíhá subparalelně s polickým zlomem. Bělský zlom kopíruje průběh čela vnitřních kuest jižně od Hlavňova na Suchý Důl, Bělý a východní okraj Machova. Podél poruchového bělského pásma došlo k poklesu jihovýchodního ramene brachysynklinály (Sládek 1977). **Bělský zlom** probíhá sub-paralelně Polickému zlomu. Pravděpodobně, Bělský zlom směřuje SSZ – JJV.

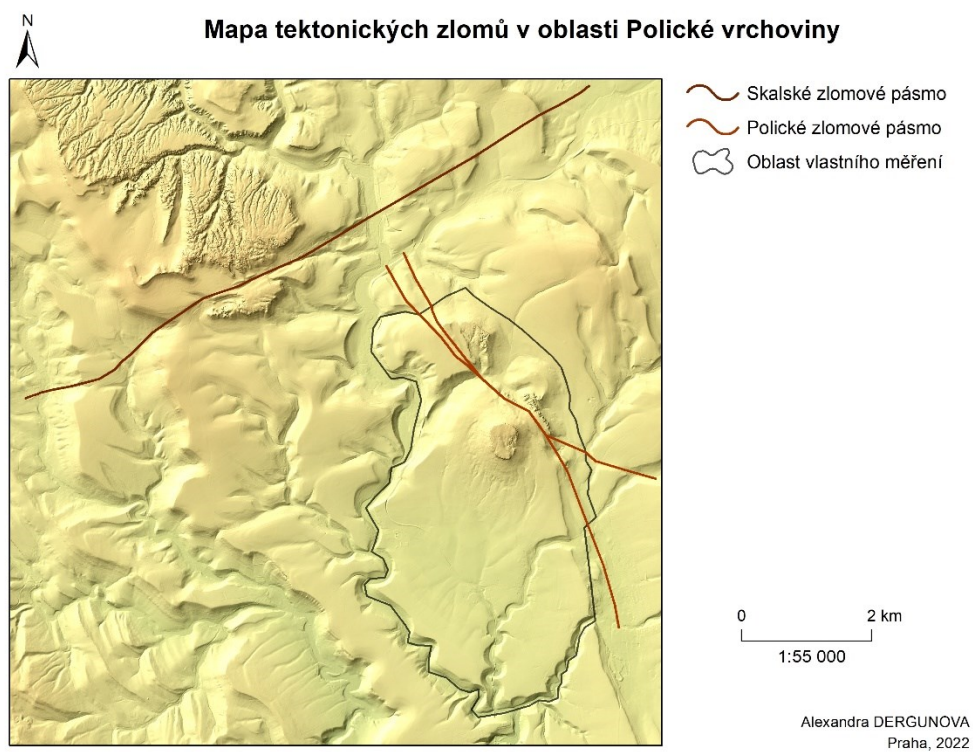
Někteří autoři předpokládají existenci dalšího šikmého zlomu v jižní části pánve. Jedná se o „kosý“ zlom Klůčku, jehož existenci dokládají Čech a Valečka terénním pozorováním a mapováním (Krásný et al. 1996). Podél poruchy došlo k poklesu severo-severovýchodní části kry pískovců o cca 40–50 m.

Nejvýznamnějším příčným zlomem daného regionu je skalský zlom. Je zároveň hydrogeologicky důležitou poruchou. Pokles podél zlomu dosahuje 60–65 m. Souběžně se skalským zlomem probíhá i další podélný zlom (Vejlupek 1968). **Skalský zlom** neboli skalské zlomové pásmo rozděluje oblast Polické vrchoviny na severní a jižní část. Základním prvkem Skalského zlomového pásma je úzká vyzdvižená kra, která je i hranicí. Skalský příčný zlom je

nejvýznamnějším v dané lokalitě a má směr průběhu JZ – SV, hodnoty se málo odchyľují v různých úsecích zlomu. Vliv Skalského tektonického zlomu lze pozorovat ve výsledcích strukturních měření, kde JZ – SV směr je často označován za vedlejší primární směr průběhu puklinových systémů.



Obrázek 8: Průběh tektonických dislokací v oblasti Ostaš, Hejdy a Kočičích skal (Zdroj: Tásler red. 1987, Tásler, Vejlupek 1988a), měřítko mapy – 1:25 000.



Obrázek 9: Mapa tektonických zlomů v zájmové oblasti. (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

3.2 Geomorfologická charakteristika Polické pánve

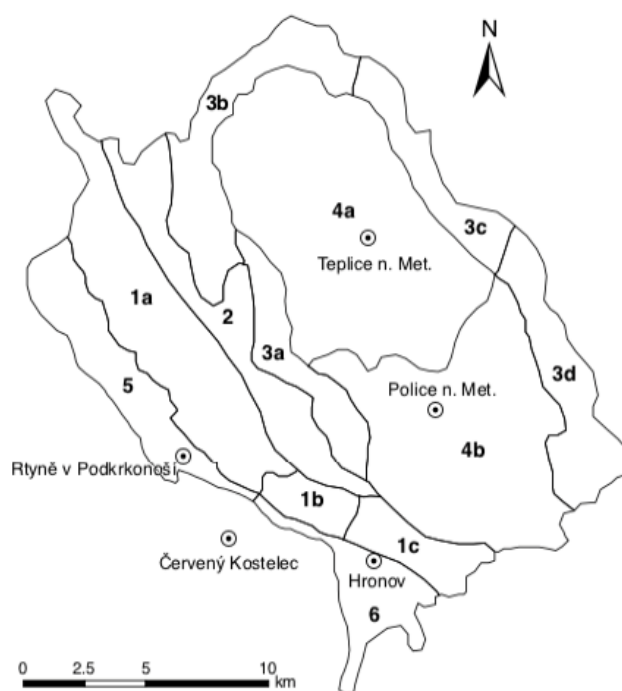
3.2.1 Geologické členění a pozice v regionalizaci

Území zkoumané v diplomové práci odpovídá geomorfologickému celku Broumovská vrchovina, jež se nachází v Orlické oblasti. Plošný rozsah české části Broumovské vrchoviny činí 545,58 km². Broumovská vrchovina je velmi členitým geomorfologickým prvkem se střední nadmořskou výškou 527,1 m n. m. a sklonem 6°55' (Balatka, Kalvoda 2006). Jejím nejvyšším bodem je Královecký Špičák (890,6 m n. m.). Podle morfografické typizace reliéfu Čech spadá převážná část zkoumané oblasti do třídy pahorkatiny s větším výškovým rozpětím (nižší). Broumovská vrchovina náleží do Orlické podsoustavy podle geomorfologického členění. Orlická podsoustava spadá do Krkonošsko-jesenické soustavy, kterou lze zařadit jako jednotku České vysočiny (Balatka, Kalvoda 2006).

Hierarchické pořadí geomorfologických jednotek, celků a podcelků zájmové oblasti podle Demka (1987) je zohledněno v tabulce 1 a graficky zobrazeno na obrázku 10.

| I Broumovská vrchovina | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| <i>IA. Žaclěšská vrchovina</i> | | <i>IB. Polická vrchovina</i> | |
| 1. Jestřebí hory | 2. Radvanická vrchovina | 3. Polická stupňovina | 4. Polická pánev |
| 1a. Žaltmanská část | | 3a. Stárkovské kuesty | 4a. Teplická část |
| 1b. Maternická část | | 3b. Janovické kuesty | 4b. Machovská část |
| 1c. Bukovinská část | | 3c. Zdoňovské kuesty | |
| | | 3d. Broumovské stěny | |

Tabulka 1: Geomorfologické členění studovaného území. (Zdroj: Demek, ed. (1987) a Sládek (1977))



Obrázek 10: Geomorfologické členění studovaného území. (Zdroj: Demek, ed. (1987) a Sládek (1977))

Podle současného geomorfologického členění Česka (Balatka, Kalvoda 2006) se Broumovská vrchovina dělí do 3 podcelků: Žacléřské vrchoviny, Polické vrchoviny a Meziměstské vrchoviny (tabulka 2).

| IVB-1 Broumovská vrchovina | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>IVB-1A Žacléřská vrchovina</i> | <i>IVB-1B Polická vrchovina</i> | <i>IVB-1C Meziměstská vrchovina</i> |
| IVB-1A-1 Bernartická vrchovina | IVB-1B-1 Polická stupňovina | IVB-1C-1 Broumovská kotlina |
| IVB-1A-2 Radvanická vrchovina | IVB-1B-2 Stolové hory | IVB-1C-2 Javoří hory |
| IVB-1A-3 Jestřebí hory | IVB-1B-3 Polická pánev | |
| IVB-1A-4 Vraní hory | IVB-1B-4 Adršpašsko-teplické skály | |
| | IVB-1B-5 Broumovské stěny | |

Tabulka 2: Geomorfologické členění Broumovské vrchoviny nad podcelky (Zdroj: Balatka, Kalvoda, 2006)

Tyto podcelky odpovídají strukturním jednotkám české části vnitrosudetské pánve:

- Žacléřská vrchovina tvoří nejzápadnější část Broumovské vrchoviny;
- Polická vrchovina je největším podcelkem Broumovské vrchoviny a tvoří její střední a jihovýchodní části (obrázek 10);

- Meziměstská vrchovina odpovídá centrální části pánve a severovýchodní části Broumovské vrchoviny.

Žacléřská vrchovina je podcelkem na jihozápadě zkoumaného území o ploše 149,59 km². Tuto členitou vrchovinu lze rozdělit na morfologicky výrazný hřeben Jestřebích hor, který je utvářen jíveckými vrstvy stáří svrchního karbonu, a na relativně nižší vrchovinu (Radvanickou) orientovanou souběžně s Jestřebími horami. Reliéf vrchoviny je erozně a denudačně silně rozčleněný a tektonicky porušený (Balatka, Kalvoda 2006). Významnou ukázkou provázanosti morfologie krajiny a geologické stavby je stolová hora Turov, jež se nachází na území Žacléřské vrchoviny. Její vrchol tvoří tektonicky podmíněný a izolovaný denudační zbytek svrchní křídly na podloží permu a karbonu.

Polická vrchovina zabírá střední část Broumovské vrchoviny, která vyplňuje celý Broumovský výběžek. Polická vrchovina se rozkládá na území o ploše 224,93 km² a je omezena Hraničním hřbetem a Mirošovskými stěnami na severozápadě, Broumovskými stěnami na severovýchodě, stolovou horou Bor na jihovýchodě a úpatím Jestřebích hor na jihozápadě. Dosahuje největší nadmořské výšky 786 m n. m., a to vrchem Čáp v Teplických skalách. Součástí Polické vrchoviny jsou nižší geomorfologické jednotky – Polická stupňovina a Polická pánev (Balatka, Kalvoda 2006). Podloží vrchoviny tvoří svrchnokřídové a triasové sedimenty.

Polická vrchovina je plošně nejrozsáhlejším podcelkem vyšší geomorfologické jednotky Broumovská vrchovina a odpovídá osní části vnitrosudetské pánve. Reliéf celku je silně porušen tektonickou aktivitou a rozčleněn erozí a denudací (Balatka, Kalvoda 2006). Jedná se o specifickou oblast, pro kterou je kromě svérázných geologických a geomorfologických poměrů typická především zvýšená endogenní a exogenní dynamika. Takové podmínky dělají z tohoto území oblast neobyčejně vhodnou ke sledování průběhu současných geomorfologických procesů.

Meziměstská vrchovina se dělí na dvě geologicky a geomorfologicky odlišné jednotky – Javoří hory a Broumovskou kotlinu. Jednotka představuje silně rozčleněný, erozně denudační a tektonicky porušený povrch severovýchodu vnitrosudetské pánve, se strukturálně podmíněnými tvary, např. strukturálně denudačními plošinami, strukturálními hřbety a suky (Balatka, Kalvoda 2006). Plošně největší část vrchoviny je tvořena Broumovskou kotlinou, která se dále dělí na relativně vyšší severozápadní část a plochou jihovýchodní část.

Geomorfologický celek Broumovská vrchovina z části odpovídá oblasti geologické jednotky vnitrosudetská pánev. Jde o poměrně vzácný případ, kdy morfologická tvárnost byla

silně ovlivněna saxonskou orogenezí a natolik přesně kopíruje geologickou stavbu, že se obě členění překrývají.

3.2.2 Geomorfologický vývoj širšího okolí Polické pánve

Reliéf Polické vrchoviny je výrazně podmíněn geologickou stavbou a je charakterizován rozmanitou morfologií. Vzniklé povrchové tvary jsou silně ovlivněny úložnými poměry, litologickými vlastnostmi hornin, zlomovou a puklinovou tektonikou.

Díky brachysynklinální stavbě orografické jednotky vystupují starší jednotky z období křídý symetricky na obvodu pánve, zatímco nejmladší jednotky leží v oblasti při pánevní ose. Centrální oblast, tvořená Polickou pávní, je sestavena ze strukturních denudačních plošin (Tásler 1979). Plochý reliéf centrální části je proříznut řekou Metují.

Střídání pevnějších hornin, jako pískovce a spongilitického prachovce, s měkkými, jako slínovce, zapříčiňuje stupňovitou stavbu neboli kuesty, které jsou v Polické vrchovině díky narušení erozními jevy a selektivní denudací klasicky vyvinuty. Následně vznikla dvě pásma kuest, jež představují Polickou stupňovinu a lemují po celém obvodu okraj Polické vrchoviny (tzv. vnější kuesty) a strukturní plošiny kvádrových pískovců při ose vrchoviny (Tesařová 2009). Obvod území je tvořen oválným věncem vnitřních kuest, který se vyznačuje mírným sklonem k osní části pánve a příkrým sklonem čelní části svahu po obvodu asymetrických hřbetů (Tásler 1979). Celkově se úklony vrstev pohybují v rozmezí od 0° do 15°. Kuesta se skládá z hrany, příkrého svahu neboli čela kuesty, mírného svahu (strukturní svah) a úpatí.

Polická stupňovina je od jihozápadu ohraničena stárkovskými kuestami, které na vnější straně prudce spadají k terénu tvořenému triasem a permokarbonem. Nejvyšším vrcholem je Záhoř (607 m n. m.). Druhé kuestové pásmo utvářejí Janovické kuesty, které představují severní hranici brachysynklinály Polické vrchoviny. Převážná část geomorfologické jednotky obsahuje prachovce a pískovce korycanských vrstev, které se uplatňují v severozápadní a jižní části kuestového pásma, dále pak slínovce až prachovce bělohorského souvrství, které vytvářejí mírnější svah kuest ukloněných ke středu Polické vrchoviny, tedy k Polické pávní (Stejskal 2011).

Morfologicky se velmi výrazně uplatňuje i tektonika, a to zlomovými stupni, z nichž nejdůležitější jsou v podélném směru (SZ-JV) polický a bělský zlom, v příčném směru především skalský zlom (Stejskal 2011). Na základě tektonické stavby je možné oblast Polické vrchoviny rozdělit na dvě velikostně přibližně stejné části oddělené příčným skalským zlomem, který je patrně vůbec nejvýznamnějším příčným zlomovým pásmem. Skalské poruchové

pásmo je komplikovanou tektonickou oblastí, jejíž základním strukturním prvkem je úzká, vyzdvižená kra se širokým podrceným pásmem, zejména na jižní straně (Kašpárek et al. 2006). Hlavní zlomová zóna prochází obcemi Březovou směrem na Bohdašín, Teplíci nad Metují, Skálami a Studnicí. V severní části od zlomu převládají příčné dislokace, na jihu naopak dislokace směrné.

Ve studovaném území a jeho okolí je výrazným endogenním projevem opakovaná seismická aktivita. Spolu s oblastí západních Čech (Kraslicko a Chebsko) náleží zóna podél hronovsko-poříčského zlomu k seismicky nejaktivnějším částem českého masivu (Stejskal 2011). V dané oblasti byly indikovány pohyby po dvou stranách okrajového sudetského zlomu (Kaplun, Cacon 2009). Výzkum současných pohybů, provedený pro celé území ČR Vyskočilem (1984) prostřednictvím rozborů opakovaných geodetických měření, stanovil pokles v oblasti Broumovské vrchoviny o 1–1,5 mm za rok. Odpovídající hodnoty byly naměřeny zároveň i v polské oblasti, v Gorách Stolowych. Od roku 2005 do roku 2011 bylo zaznamenáno více než 250 seismických jevů, které byly v některých případech shlukovány do tzv. zemětřesných rojů (Stejskal 2011). Zemětřesnými roji se rozumí skupina po sobě následujících otřesů podobné intenzity, u které není možné určit hlavní otřes.

Mezi exogenní procesy, které jsou nejvíc zastoupeny a nejvíc ovlivňují zájmové území, lze zařadit erozní procesy a svahové pohyby. Výskyt svahových pohybů je soustředěn v oblasti čel kuest, svahů údolí vodních toků a v okraje pískovcových plošin. Častým doprovodným jevem svahových pohybů jsou blokové svahové pohyby a skalní řícení. K posledně jmenovaným skalním řícením dochází nejčastěji v místech antropogenního narušení svahů, např. v lomech či komunikačních zářezích (Stejskal 2011).

V oblasti vnitrosudetské pánve byla v nedávné minulosti výrazně rozvinutá těžba rud, paliv, nerudných surovin, kamene a stavebních materiálů. Velký význam měla těžba černého uhlí, které se vyskytuje především v karbonských sedimentech v okolí hronovsko-poříčského zlomu a v oblasti Polické pánve. Hlavní nerostnou surovinou těženou na území Polické pánve je svrchnokřídový kvádrový pískovec. V současnosti se pískovec těží ve stěnovém kamenolomu nad obcí Božanov a v zemním kamenolomu nad zaniklou obcí Libná, kde se jedná o glaukonitický kvádrový pískovec. V místech nesoudržných pískovců byly provozovány pískovny, v nichž byl těžen či drcen písek, který se používal pro stavební účely (pískovna na úpatí stolové hory Ostaš). Také se v daném regionu těžily sprašové hlíny, arkózovité pískovce, ryolitový ignimbrit, vápence, červený pískovec, rudy železa a barevné kovy jako měď, olovo a zinek (Troutnar 2013).

3.2.3 Geomorfologie Polické pánve – typické a významné tvary a typy reliéfu

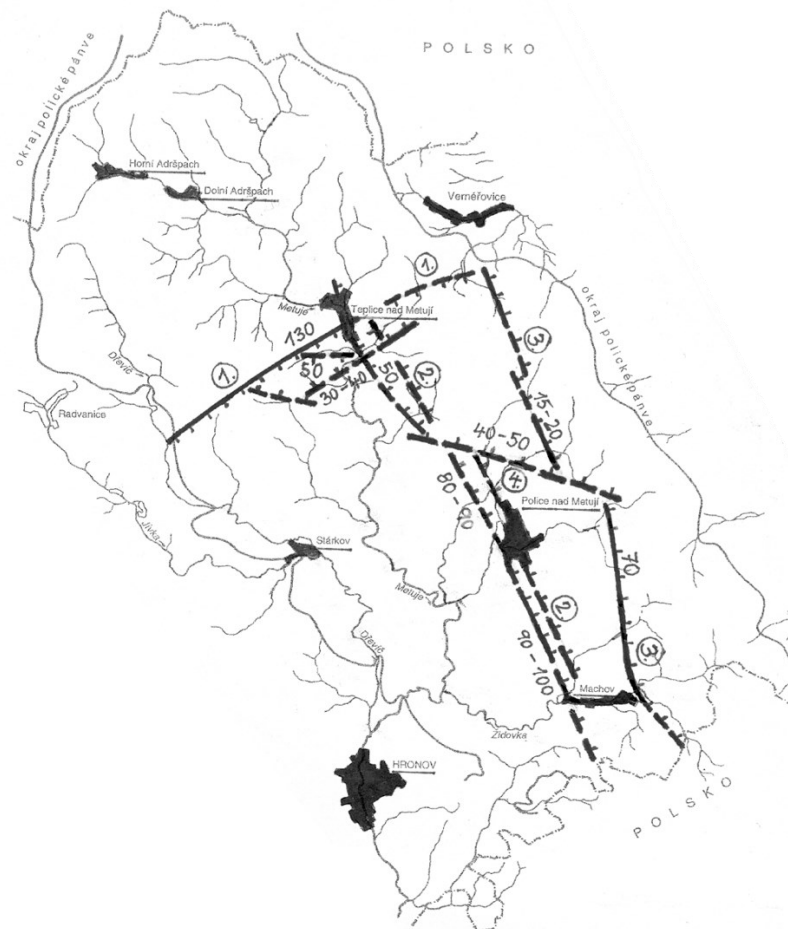
Na základě zlomové stavby Polické pánve rozdělují Balatka a Sládek (1984) celou Polickou pánev na dva podokrsky: Teplická pánev na severozápadě, kde převládají příčné dislokace, a Machovská pánev na jihovýchodě s převládajícími směrnými dislokacemi. Hranice prochází v linii skalského zlomu (Stejskal 2011). Zdejší území bylo silně ovlivněno trvajícím saxonskou tektonikou a tvořilo podloží pro výrazný vývoj pískovcového reliéfu a jeho rozmanitých povrchových tvarů, jež vznikly především v oblasti skalních měst.

Machovská pánev je charakterizována oblastí stolových hor a skalních měst budovaných na kvádrových pískovcích. Zde se nachází Ostaš s příkrými skalními srázy na severovýchodě. Osamocený pískovcový masiv Ostaš vystupuje jako stolová hora, která je lemována strmými skalními stěnami a sruby o výšce až do 40 m (Balatka, Kalvoda 2006). Skalní věže, oddělené od srubů, jsou nakloněny ven a postupně se řítí a mění v nakupení obrovských skalních bloků. Hlubinné ploužení je omezeno sklonem vrstev kvádrových pískovců, pravoúhlým systémem puklin a značným relativním výškovým rozdílem. Úpatní halda je tvořena velkými balvany. Vrcholová strukturní plošina má rozměry 500 x 400 m. V oblasti kolem Ostaše se vyskytují i pseudokrasové tvary – pseudokrasové jeskyně a škrapy, skalní okna (Čertovo auto), skalní brány a mísy, voštiny a balvanové proudy (Adamovič et al. 2002).

Na rozrušených okrajích skalní plošiny se vytvořila malá skalní města s rozmanitými skalními útvary. Na severovýchodě jsou Kočičí skály, které jsou právě na severovýchodě ohraničené polickým zlomem a oddělené od oblasti Ostaše zlomovou linií pokračující k severozápadu. Kočičí skály představují pokleslý ukloněný blok podél polického zlomu se skalními tvary vymodelovanými zvětráváním a odnosem sedimentů (Balatka, Kalvoda 2006). V oblasti Kočičích skal se vyskytují pseudokrasové tvary utvářející skalní město (tzv. Dolní labyrint). Zde jsou pozorovatelné rozmanité skalní útvary – skalní kulisy, věže – a pseudokrasové tvary jako skalní okna, výklenky, mísy a voštiny.

Další příčná zlomová linie od masívu Ostaše a Kočičích skal odděluje pískovcový pahorek Hejda (626 m n. m.), která je stolovou horou se skalním bludištěm vybudovaným ze středoturonských až coniackých kvádrových pískovců (Stejskal, 2011). Hejda je silně rozčleněným povrchovým tvarem s různými skalními pseudokrasovými tvary a odlišnými formami zvětrávání a odnosu – skalní města, stěny, balvanové proudy a jeskyně (Balatka, Kalvoda, 2006). Stolové hory Ostaš a Hejda jsou zároveň známa i mimořádnou sítí kaňonů a soutěsek (Kopecký, 2002, obr. 11).

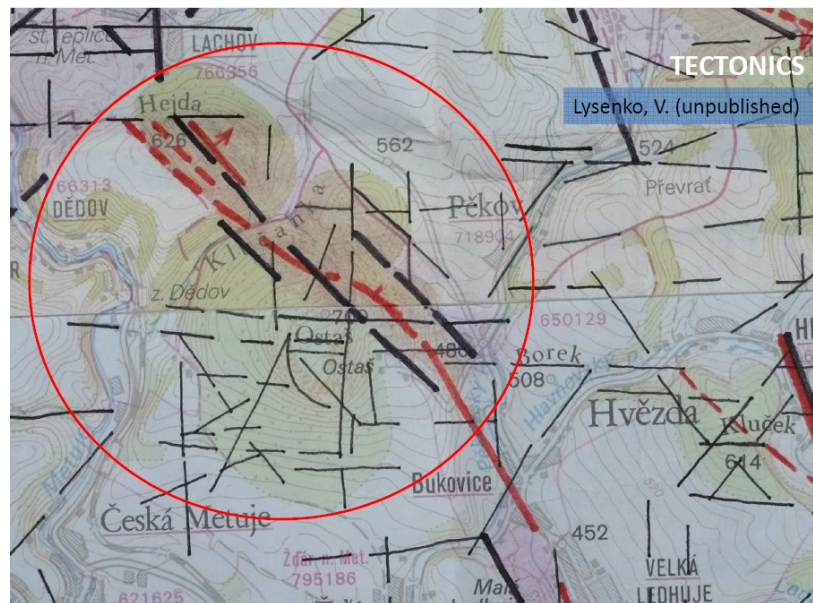
Osní část pánve je tvořena plochým reliéfem, do kterého jsou hluboce zaříznutá údolí řeky Metuje a její přítoků (Honka, 2015). Hrany těchto údolních zářezů jsou často velmi ostré, proto vystupující skalní podloží je představeno v podobě skalních srubů, skalních stěn i izolovaných skalních věží. Skalní výchozy jsou poměrně silně pozměněny vliv erozních jevů.



Obrázek 11: Mapa PKP s polohou hlavních zlomů a výškou vertikálního zdvihu křídových vrstev (oproti původní poloze) v m 1. Skalský zlom, 2. Polický zlom, 3. Bělský zlom, 4. zlom Klučku. (Zdroj: Krásný et al. 1995)

Oblast stolových hor a skalních měst na Broumovsku je vybudována na podloží z kvádrových pískovců. Na kvádrových pískovcích vznikají i další povrchové útvary: kaňony, věže, soutěsky, pilíře. Velmi významným povrchovým tvarem je pseudokrasové útvary, zejména jeskyně v oblasti Broumova. Pseudokrasový terén na zájmovém území je významný kvůli rozsahu ploch s charakterem vysoce dynamického reliéfu skalních měst s převýšením věží a stěn přes 100 m.

V této oblasti puklinová tektonika sehrála významnou roli ve vývoji reliéfu. Závislost na směru puklin ovlivnila vývoj všech výše popsanych tvarů pískovcového reliéfu. Za puklinové směry převládajících v pseudokrasových lokalitách jako Ostaš, Hejda a Kočičí skály byly označeny směry 45 (SV-JZ) a 135 (SZ-JV). Takové rozdíly v orientaci tektonických zlomů a puklin jsou podmíněny existencí určitých rozdílů v charakteru paleonapěťových polí, která působila v době saxonské tektogeneze (Krentz et al., 2020, obr. 12).

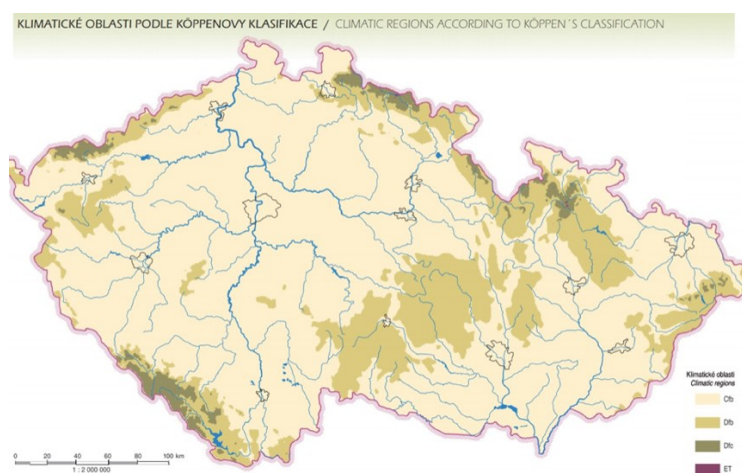


Obrázek 12: Mapa zohledňující průběh úseků jednotlivých zlomových struktur v oblasti zájmu a měření. (Zdroj: Tábořík, Hartvích 2016, Lysenko, V. nepublikováno)

Od roku 1989 byl zahájen monitoring pohybů pískovcových skalních bloků v oblasti stolové hory Ostaš a v centrální části Polické vrchoviny, následně i na Kočičích skalách a Hejdy. Monitoring byl prováděn prostřednictvím vysoce citlivých přístrojů – terčových měřidel TM-71 (Stejskal, Košťák 2004). Podrobným studiem reliéfu byly ve vybraných lokalitách nalezeny příznaky působení blokových svahových pohybů bez typických známek jejich současně urychleného průběhu. Během interpretace získaných dat o svahových pohybech objevovaly se náznaky existence vazby vzniku nestabilit na zvýšené srážky či hluboké poklesy zimních teplot vzduchu. Nebyla, ale nalezena žádná korelace s výskytem lokálních seismických jevů, stejně tak se nepodařilo prokázat přítomnost pohybů. Jejichž původ by souvisel s aktivitou systému dislokací polického zlomu (Stejskal, Košťák 2004).

3.3 Klimatické poměry v oblasti Polické pánve

Území Česka lze podle dvou klasifikací podnebí – Köppenovy a Quittovy – rozdělit na menší specifické oblasti se společnými rysy. Podle Köppenovy klasifikace spadá zkoumané území Polické pánve do kategorie *Dfb*, což znamená vlhké kontinentální podnebí s teplými lety. Širší okolí Polické pánve, které zahrnuje oblast Broumova, lze popsat jako hranici mezi vlhkou a kontinentálnější klimatickou oblastí (obr. 13). Rozpad nízké oblačnosti podél linie klimatického předělu přináší do této oblasti větší srážkové úhrny. Návětrné svahy hřbetů Broumovských stěn vykazují větší výskyt mlhy a mohutných zimních námraz (Faltysová et al. 2002).

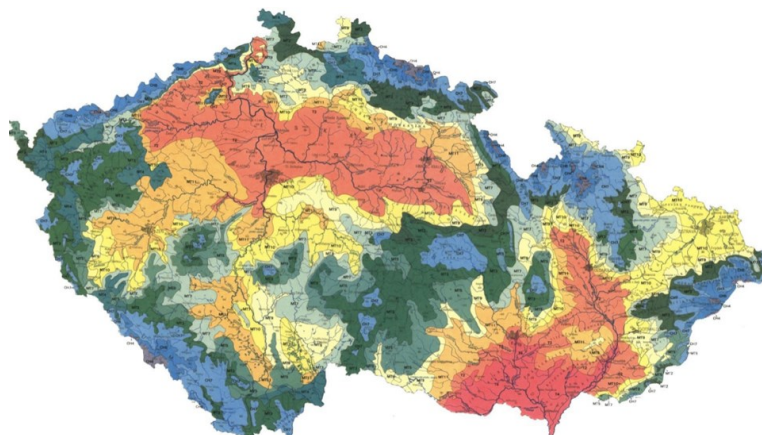


Obrázek 13: Klimatické oblasti Česka podle Köppenovy klasifikace.

(Zdroj: Faltysova et al., 2002)

Podle klasifikace Quitta (1971) patří lokalita Polické pánve zároveň do dvou kategorií – *MT2* (mírně teplá) a *CH7* (chladná). Průměrná roční teplota vzduchu na území Polické pánve odpovídá cca 7 °C s minimální odchylkou od normálu. Průměrné minimální teploty se pohybují kolem -19 °C až -20 °C. Počet arktických dní, kdy denní teplota klesá pod -10 °C, osciluje v rozmezí 1–2 dny ročně. Počet letních dní je za rok 10–30, počet ledových dní je cca 60 během roku. Průměrné roční srážky se pohybují v rozmezí 650–800 mm, a to s převahou během vegetačního období. Sněhová pokrývka dosahuje 17, maximálně 30 cm. Podle vypočítaného koeficientu Langova dešťového faktoru odpovídá zkoumané území humidnímu klimatickému typu či vlhké klimatické oblasti. Langův dešťový faktor ukazuje poměr průměrných ročních srážek v mm a průměrné roční teploty ve stupních Celsia. Výše popsaný faktor zohledňuje zásoby půdní vláhy. V celé oblasti převládají větry západních směru

(kvadrant SZ-JV). Je však třeba zdůraznit, že v zájmové oblasti je celkový hydrometeorologický monitoring nedostatečný a chybí komplexní klimatické stanice.



Obrázek 14: Klimatické oblasti Česka podle Quittovy klasifikace. (Zdroj: Quitt 1971)

Území Polické vrchoviny je významně členité, s výškovým rozdílem do 400 m. Taková odlišnost nadmořských výšek způsobuje na poměrně malém území značnou diverzitu v podnebí a klimatických podmínkách. Zatímco území kotlin a pánve Polické vrchoviny spadá do mírně teplé oblasti (MT2), vrcholy Jestřebích hor, Adršpašsko-teplických skal, Broumovských stěn a Ostaše náleží chladné klimatické oblasti (CH7, obr. 14). Výjimečné mikroklima mají pískovcová skalní města, kde se v hlubokých a zastíněných roklích, rozsedlinách a pseudokrasových jeskyních tvoří výrazná klimatická inverze a teplota s nadmořskou výškou stoupá. Pro takové oblasti je charakteristická nízká oblačnost. To utváří podmínky, které pomáhají firnu a ledu setrvávat až do letního období. Na toto chladné mikroklima je vázán výskyt určitých druhů vysokohorských rostlin (kapradina papratka alpská). Na obrázku 15 lze vypořadovat, že průměrný úhrn srážek zůstává stabilní s minimálními výkyvy. Průměrný úhrn srážek za pozorované období činí cca 60 mm/měsíčně. Výkyvy jsou charakteristické pro odlišná roční období.



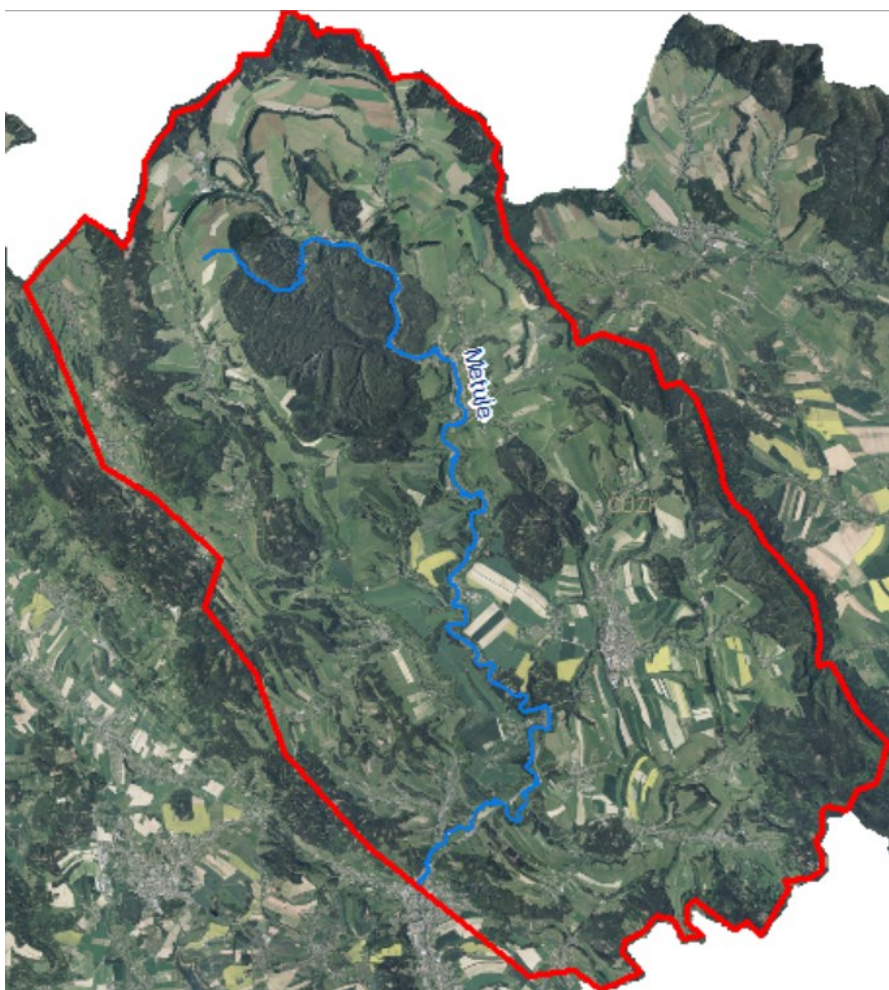
Obrázek 15: Graf zobrazující průměrný úhrn srážek na stanici Ostaš za dlouhodobý průměr 1901-1950. (Zdroj: Němeček 2008)

Velmi důležitou roli měl vývoj klimatu a změna klimatických podmínek během posledního geologického období, kvartéru. Náhlé a rozsáhlé klimatické změny se odehrávaly na území Evropy v etapách chladnějších glaciálů (doba ledová) a teplejších interglaciálů (doba meziledová), a zároveň střídáním období sucha a vlhka. Základní příčina klimatických výkyvů není dosud plně objasněna, ale pravděpodobně je jedním z primárních faktorů vliv Milankovičových cyklů změn ozáření zemského tělesa. Během glaciálů způsobovaly nízké teploty promrzání do hloubek až 100 m a následně rozrušování hornin skalních masívů. Činností mrazového zvětrávání došlo ke vzniku kamenných moří, svalovin a suti. Blokované suti se zformovaly na kvádrových pískovcích Polické pánve.

V dobách meziledových, které byly kratší a trvaly přibližně desítky let, mohla průměrná roční teplota dosahovat až 10–15 °C a docházelo k ústupu ledovců. Pro interglaciál bylo charakteristické oživení říčních sítí, vznik a vybudování nových koryt a akumulace říčních sedimentů v podobě říčních teras. Údolní niva řeky Metuje vznikla právě během kvartérního období a v místech vyústění bočních údolí do ní prstovitě zasahují proluviální výplavové kužele (Petrů et al. 2011). Zvýšení teplot způsobovalo růst rostlin, které stabilizovaly tvar krajiny a zabraňovaly erozi a eolickému zvětrávání. Stálé střídání klimatických podmínek mělo za následek zásadní změny a ovlivnilo geomorfologický tvar a stav povrchu.

3.4 Hydrologické poměry v oblasti Polické pánve

Hlavním tokem Polické pánve je řeka Metuje, která vzniká v severní části pánve soutokem Adršpašského a Zdoňovského potoka (obr. 16). Pramení v nadmořské výšce 630 m n. m. v Broumovské vrchovině, v místě zvaném „Kalousy“. Průběh Metuje podstatně kopíruje podélnou osu pánve. Metuje je levostranným přítokem Labe. Povodí řeky má rozlohu 607,2 km² a malou částí zasahuje i do Polska. Celkový dlouhodobý průměrný průtok Metuje je 2,7 m³/s, specifický odtok činí 11,3 l/s/km² (Hájek et al. 2003).

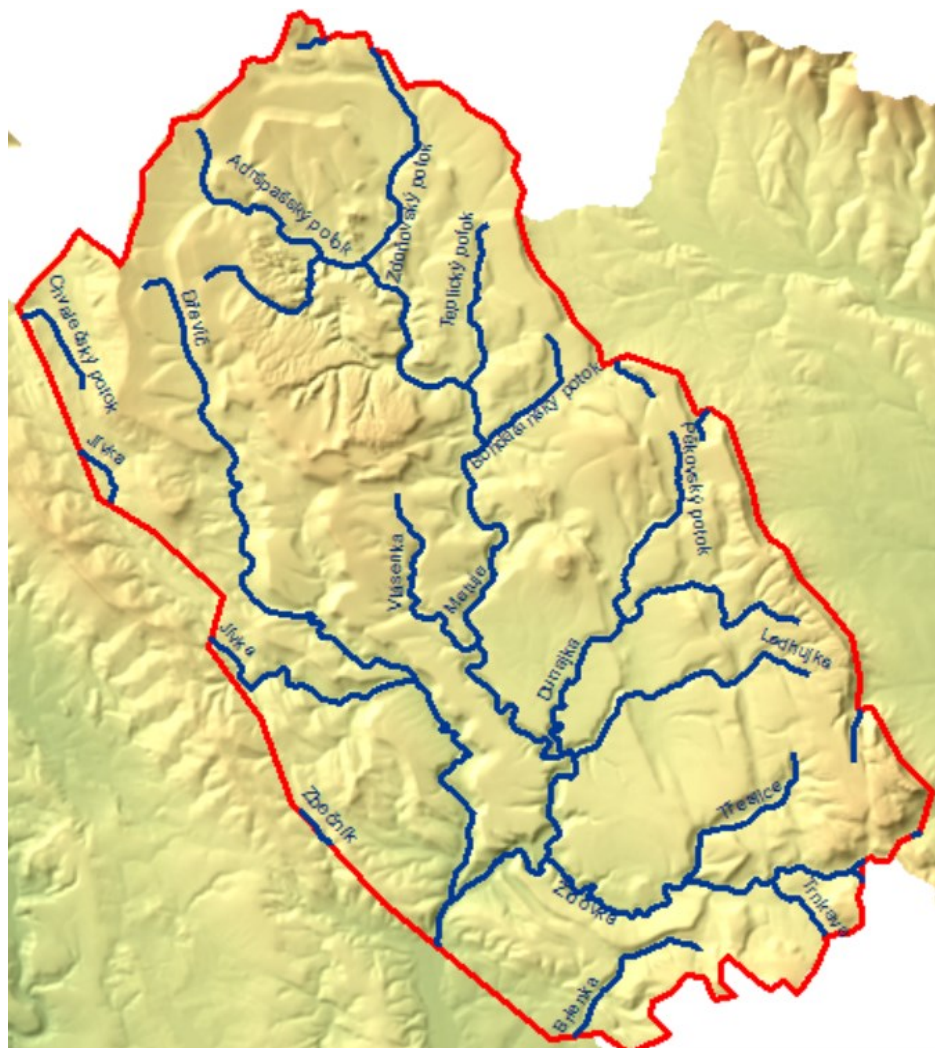


Obrázek 16: Mapa zohledňující průběh vodního toku Metuje na území průzkumu.

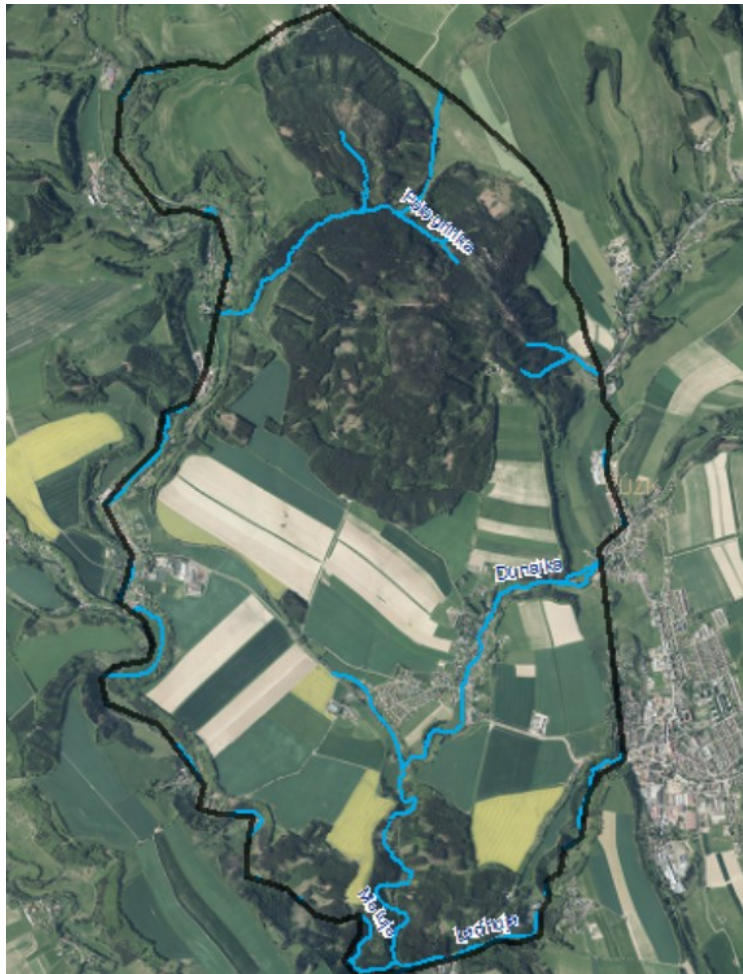
(Zdroj: Ortofoto ČÚZK a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Na horním a středním toku se formují hluboce zaříznutá údolí, v okolí Velkých Petrovic – po soutoku s levostranným přítokem Ledhují (Honka 2015). Velmi důležitým pravostranným přítokem je Dřevíč, který způsobuje významnou drenáž podzemní vody. Horní přítoky Metuje

sezónně vysychají. Metuje opouští zájmové území průtokem karbonskými sedimenty na severovýchodě od Hronova. Řeka Metuje je sevřená či zařiznutá svým meandrujícím korytem do křídových sedimentů a protéká oblastí v jižním směru. Přes území Polické vrchoviny probíhá rozvodnice Baltského a Severního moře. Vede od Závory přes Broumovské stěny, na jihovýchodě pak sleduje Hejšovinu a Bor. Povodí Stěnavy patří k Baltskému moři, povodí řeky Metuje k Severnímu moři (obr. 17).



Obrázek 17: Hydrologická mapa vodních toků na území Broumovské vrchoviny.
(Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

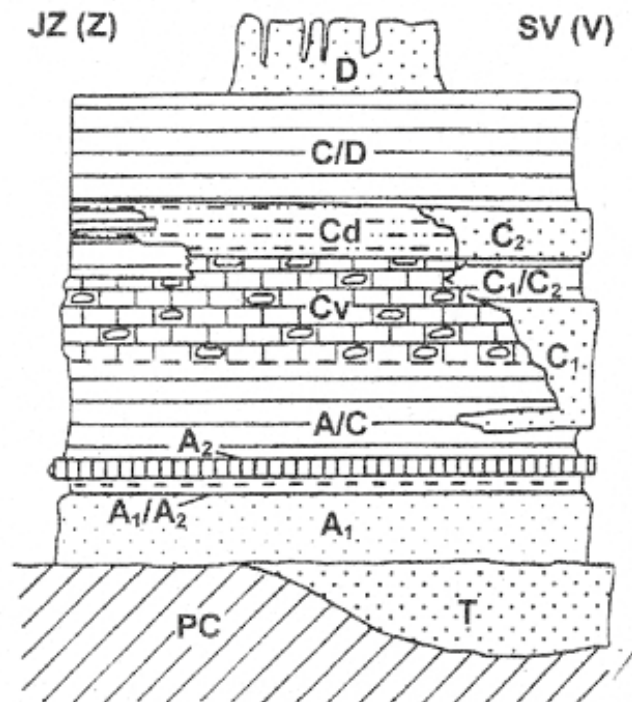


Obrázek 18: Hydrologická mapa vodních toků, které zasahují zájmovou oblast měření.

(Zdroj: vlastní mapa vytvořená v programu ArcMap 10.7.1)

Hydrogeologické poměry a režim proudění podzemních vod jsou v oblasti Polické křídové pánve ovlivněny litologií a porušením hornin tektonickými pohyby. V zájmové oblasti převažuje puklinová propustnost nad průlinovou (Honka 2015). Polická pánev je územím s velkými zásobami podzemní pitné vody. Podzemní vody vystupují ve čtyřech patrech: starohorním, prvohorním, druhohorním, čtvrtohorním. Kolektor je tzv. vodonosnou vrstvou umožňující proudění a jímání podzemních vod. Nejvýznamnějším a nejvydatnějším je druhohorní kolektor. Podloží zkoumané lokality je tvořeno permskými a karbonskými sedimentárními horninami s výše uloženými druhohorními sedimenty. V daných geologických tělesech je vymezeno několik nad sebou se vyskytujících kolektorů (Troutnar 2013). Nadloží bazálního komplexu tvořeného z korycanských vrstev (triasové pískovce T, „psamitické“ souvrství A1, „rohovcové“ souvrství A2) vystupuje jako silný izolátor složený ze slínovců a vápnitých jílovců (A/C). Nad tuto silně izolační vrstvu nasedá komplex kolektorů z rozpukaných slínovců s přechodem do vápenců Cv. Zároveň se tady vyskytují kolektory

tvořené středními pískovci Broumovských stěn – spodní těleso C1, svrchní těleso C2 a jemnozrný ekvivalent Cd (Troutnar 2013). Nad ním následuje další izolátor (vápnité jílovce a slínovce C/D). Nejvyšší část je tvořena kolektorem svrchních pískovců. Schematicky to je zobrazeno na obrázku 19.



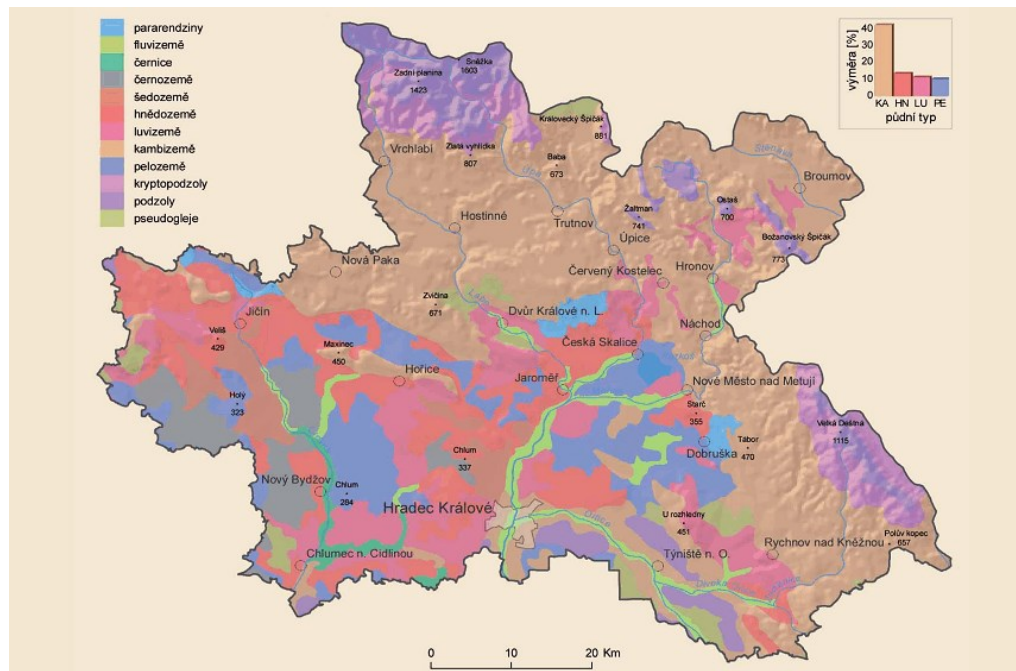
Obrázek 19: Schéma uspořádání jednotlivých sedimentárních vrstev Polické pánve.
(Zdroj: Troutnar 2013)

Podle rozsahu a charakteru proudění podzemních vod lze v oblasti Polické pánve vymežit dva zvodněné systémy – severní a jižní. Severní zvodněný systém odpovídá severní části Polické pánve, v nejvyšší pasáži se subsystémem skalních měst. Jižní zvodněný systém odpovídá jižní oblasti Polické pánve s metujským, bukovickým, suchodolským a borským subsystémem. Proudění podzemních vod je horizontální (uvnitř jednotlivých kolektorů) a vertikální (mezi kolektory, napříč více či méně propustnými izolátory a také podél zlomů). Doplnování podzemních vod v kolektorech nastává infiltrací povrchových odtoků atmosférických srážek. Z oblasti infiltrace směřuje proudění vody k zónám drenáže, kde vystupuje k zemskému povrchu (Troutnar 2013). V severním systému se drenáže nacházejí podél severovýchodního okraje skalních měst, u nichž voda soustředěně pramení do Metuje. V jižním zvodněném subsystému je drenážní oblast soustředěna uvnitř metujského subsystému. Velikost infiltrací podzemních vod v dané oblasti umožňuje jejich jímání pro následné zásobování pitné vody. Specifický odtok podzemních vod činí cca 4 l/s/km².

3.5 Půdní poměry a biogeografická charakteristika Polické pánve

Různé druhy půdy jsou zastoupeny v různých nadmořských výškách studovaného území. Nižší polohy jsou pokryty illimerizovanými podzolovými půdami, výše položené a chladnější oblasti jsou pokryty podzoly a zejména hnědými půdami, kambizemě. Na vulkanitech vznikly kyselé kambizemě. Podél větších i menších vodních toků se vyskytují nivní (fluvizem) a lužní hydromorfní půdy jako pseudogleje a gleje. Pseudogleje, gleje i rašeliny lze také objevit v prameništích a zamokřených oblastech. V některých místech se však vlivem extrémního reliéfu a matečné horniny nebo klimatických a hydrologických podmínek vyvinuly i půdy intrazonální (Tesařová 2006).

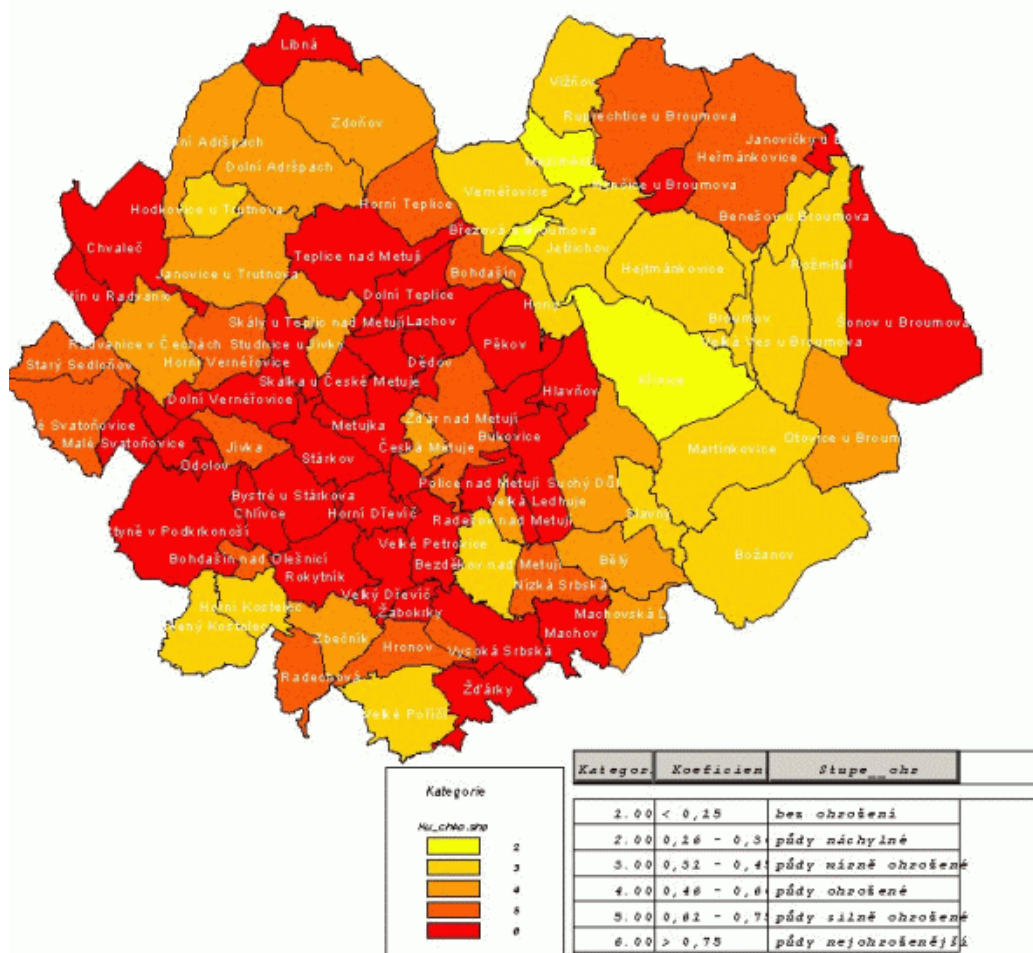
Extrémní geologické a geomorfologické podmínky oblasti kvádrových pískovců, tedy stolových hor a skalních měst, předurčily pedologický vývoj, který je mimochodem velmi mladý. Půdní typ lze označit jako litozem nebo nevyvinutá půda. Je tvořen tenkou vrstvou humusového horizontu na skalním půdotvorném substrátu (Tesařová 2006, obr. 20). Na kamenitých a balvanitých sutích jsou takové půdy označovány též jako ranker. V místech, kde se na skalním povrchu vytvořily hlubší vrstvy půdy, se jedná o podzol (oblast stolové hory Ostaš). V lokalitě roklí mezi skalami může docházet k hromadění rašeliny, jejíž nejhlubší vrstvy byly dle palynologických rozborů usazeny již v dobách poledových (preboreál a boreál).



Obrázek 20: Mapa půdních typů v Královéhradeckém kraji. (Zdroj: Tesařová 2006)

Půdní druh neboli zrnitostní složení je do určité míry podmíněno půdotvorným substrátem. V oblasti Polické vrchoviny lze najít půdy písčito-hlinité (velmi rozšířené), hlinité a jílovito-hlinité s vysokým podílem skeletu. Čelní část kuest má hlinito-kamenitý substrát. Na podloží kvádrových pískovců leží balvanité a blokové svahoviny. V písčitém substrátu jsou zabořeny jednotlivé balvany, které místy vytvářejí oblasti kamenných moří (Tesařová 2006).

Významným problémem v daném regionu je vodní eroze. Hodnoty potenciální vodní eroze jsou vyšší v oblasti Polické pánve (1–5 mm/rok), nižší v lokalitě Broumovské kotliny (0,1–1 mm/rok). Na celém území se lze rovněž setkat s nezanedbatelnými projevy plošné a rýhové eroze (obr. 21).



Obrázek 21: Potenciální ohrožení vodní eroze v oblasti CHKO Broumovsko dle katastrálních území. (Zdroj: VUMOP Praha)

Region Broumovska je ze 40 % tvořen lesy a lesními porosty. Během holocénu se půdy formovaly pod vlivem lesní vegetace. Oblast se nachází v dubobukovém až smrkobukovém vegetačním stupni se zastoupením květnatých a acidofilních bučin. Vegetace pískovcových skalních oblastí je podmíněna především chudým podložím z kvádrových pískovců, velkou

nadmořskou výškou a výraznými teplotními inverzemi. Kyselé podloží způsobuje relativní chudost flóry vyšších rostlin, zatímco flóra mechorostů je poměrně bohatá (a původní). Vznik společenstev mechorostů je typický pouze pro pískovcové oblasti jako skalní stěny, skalní terásy, vrcholové skalní plošiny a skalní sutě (Hájek, Heinzová et al. 2003). Přibližně 34 % rozlohy Broumovska je využíváno jako orná půda, 18 % tvoří louky a pastviny a 40 % jsou lesy (Faltysová et al. 2002).

4 METODIKA ZPRACOVÁNÍ

Povrchové tvary můžou odrážet strukturní charakter podloží, na kterém se nacházejí. To umožňuje pozorování různých charakteristických rysů, například litologických, strukturních a tektonických, na zemském povrchu. Nejlépe lze projevy pozorovat v místech, v nichž se reliéf vyznačuje nápadnými viditelnými prvky, kterými se odlišuje od okolí (Belt, Paxton 2005). V případě této práce se jedná o pukliny, zlomové struktury a geomorfologické jednotky a jejich charakteristické rysy.

Kapitola metodiky zpracování popisuje postupy měření a zhodnocení průběhu a stavu povrchových struktur ve vybraném území. Kapitola je zaměřena na charakteristiku výskytu lokalit stolových hor a puklinových projevů podél průběhu zlomových oblastí na základě porovnání a zhodnocení dostupných dat předchozích terénních výzkumů a vlastního průzkumu. Vymezení zájmové oblasti bylo provedeno na základě topografických dat z DMR, geologických a tektonických mapových podkladů a míst výskytu měřených profilů. Lze říct, že existují dvě oblasti výzkumu závěrečné práce. Širší zájmová oblast odpovídá celé Broumovské vrchovině. Zde byl zjišťován průběh zlomových struktur, průběh lineamentů a údolnic, a zároveň se provádělo ERT měření. Druhá, užší oblast byla vymezena jenom na zájmovou oblast pro provedení vlastních strukturních měření a provedení měření pomocí přístroje TM – 71. Celková plocha oblasti pro strukturní měření pro diplomovou práci byla stanovena na 16,5 km².



Obrázek 22: Mapa zobrazující větší oblast průzkumu (červená linie) a menší oblasti průzkumu (černá linie). (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Výzkum v rámci diplomové práce probíhal v několika fázích. Vlastnímu výzkumu v terénu a zpracování získaných dat a informací předcházela přípravná fáze, která zahrnovala studium odborných publikací, map a digitálního modelu terénu, dále následovaly terénní práce a na závěr proběhlo zpracování a vyhodnocení získaných údajů. Geomorfologický výzkum oblasti Broumova je součástí dlouhodobého výzkumu geodynamiky této oblasti, kterému se věnují od 90. let 20. století odborníci z Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR. Výběr zájmové oblasti byl ovlivněn několika aspekty. Oblast Broumova je velice zajímavá svými geomorfologickými povrchovými tvary, zejména výskytem skalních měst, stolových hor, a také přítomností mnoha zlomových pásem. Během předchozích výzkumů byla využívána zejména dlouhodobá inženýrskogeologická, geofyzikální, a geodetická měření.

Pracovní metody při zpracování přípravné fáze diplomové práce spočívaly v systematické rešerši dostupných odborných regionálně i tematicky zaměřených publikací a specializovaných elektronických zdrojů s následným analytickým zpracováním a uspořádáním vybraných dostupných údajů o zájmové oblasti a stavu jednotlivých přírodních

sfér. Pochopení vlivu historických a současných podmínek slouží k objasnění geomorfologických procesů probíhajících v zájmové oblasti. Další pracovní metodou, byla v průběhu přípravy této studie využita, byla tematicky zaměřená prohlídka a průzkum mapových podkladů, např. přehledných geologických map, map geomorfologického členění území Čech, map morfografické typizace reliéfu Čech a digitálních map reliéfu (ČÚZK ZABAGED, GEOČR).

Další součástí diplomové práce je praktická část, kde jsou popsány praktické metody získávání a zobrazení dat a zhodnocení získaných informací. Některá data byla získána vlastním měřením v terénu na vybraných lokalitách, další sada dat byla získána již dříve provedeným měřením. Data z výsledků ERT měření byla školitelem Dr. Hartvichem, a Dr. Petrem Táboříkem z ÚSMH. Hlavním účelem bylo pochopení celkového stavu povrchových a podpovrchových tvarů a získávání podrobnějších informací o dané lokalitě.

4.1 Strukturní měření puklinových a zlomových struktur

Morfostrukturní analýza reliéfu představuje různé pracovní metody strukturní geomorfologie. Hlavním cílem je vymezení morfostruktur a objasnění vazby mezi reliéfem a geologickou reliéfem (Demek 1987). Morfostrukturní analýza slouží k stanovení původu, vývoje, změn a stáří vybraných částí reliéfu. Lacika (1986) popisuje morfostrukturní analýzu jako soubor metodologických postupů, které slouží k poznání morfostrukturních vlastností zkoumaného území. Mezi metodami morfostrukturní analýzy patří geomorfologické (výzkum od georeliéfu ke struktuře) a negeomorfologické (výzkum od struktury ke georeliéfu) metody (Lacika 1986). Jednou z negeomorfologických metod je strukturní analýza (měření a vyhodnocení strukturních prvků, analýza zlomové a puklinové tektoniky).

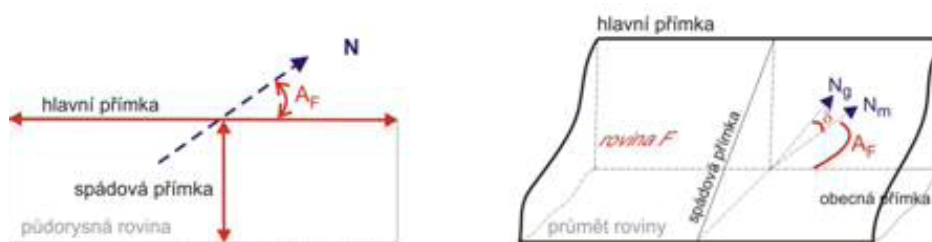
Terénní práce probíhala ve vybrané oblasti stolové hory Ostaš a okolních Kočičích skal, Hejdy a údolích přilehajících oblastí. Mapa zobrazena na obr.22 znázorňuje oblast terénního průzkumu o ploše 6 km². Hlavním cílem terénní práce bylo se zaměřit na podrobné zkoumání povrchových tvarů, které odrážejí tektonický vývoj oblasti a průběh zlomových struktur a jejich vliv na zkoumané území. Měření ve vybrané oblasti probíhalo v několika fázích, převážně během teplého a suchého období roku. Měření proběhlo od dubna do srpna v suché dny s minimálním úhrnem srážek. To bylo uděláno pro vymezení vlivů srážek a vlhkosti na výsledky měření. Měření se provádělo na třech hlavních lokalitách, a to jsou Ostaš, Kočičí skály, a Hejda. Každá lokalita má zvláštní počet lokalit měření a měřených bodů. Odlišnosti byly způsobené hlavně přístupností prostředí. Jednotlivé body měření byly zařazeny do větších skupin dle blízké polohy, naměřených charakteristik, a orientace k ERT profilů. Některé

jednotlivé lokality nemají dost naměřených hodnot a byly také shromážděny do jednotlivých skupin.

Puklinová analýza se prováděla měřeními na výchozech. Pukliny představují diskontinuity v hornině, které vznikají při tektonickém tlaku (Demek 1987). Mají většinou stejný směr a orientaci jako hlavní zlomový systém. Primární puklinový systém se skládá z příčných (Q), podélných (S) puklin, kataklazovaných zón (L) a popisu převládajících směrů. Geologickou stavbu tělesa lze popsat pomocí průběhu hraničních ploch tělesa v prostoru, tedy jeho omezením planárními prvky, které mohou být primární a sekundární. Měřeními se zjišťují plošné a lineární prvky (azimut směru a sklonu, úhel sklonu). Průsečnice ploch a jiné rýhy vzniklé na vrstevních plochách jsou označovány jako lineární prvky. Jedním ze způsobů povrchového průzkumu bylo měření základních geologických prvků pomocí geologického kompasu (Štěpančíková 2005). Součástí kompasu je magnetka, libela, kyvadlový sklonoměr, aretace a otočný sklonoměr. Strukturní měření bylo prováděno na vybraných puklinových a zlomových strukturách. Byla prokázána závislost mezi geologickou stavbou vybrané oblasti a odpovídajícím reliéfem, která může být způsobena hustotou zlomových systémů a puklin (Ivan 1980).

Vlastní výzkum v terénu probíhal pro strukturní měření na vybraných lokalitách. Měření se prováděly během teplejších a sušších ročních období na stěnách a úpatích stolových nebo na skalních výchozech oblasti údolí. Na každé vybrané lokalitě se snažilo provést minimálně 40 až 50 strukturních měření. Lokality, které se nacházely blízko sebe a měly menší počet strukturních měření byly následně propojeny do větší skupiny pro více spolehlivé hodnocení výsledků. První měření byla prováděna spolu se školitelem. Během těchto měření byly vysvětleny základní principy vyhledávání výchozů pro měření a správného postupu při provádění strukturních měření. Další měření byla prováděna samostatně autorkou dle poskytnutých postupů. Během terénní práce došlo k provedení puklinové a zlomové analýzy na území Polické pánve. Dokumentační body představovaly stěny stolových hor Ostaš, Kočičí skály a Hejda, a údolní oblasti. Měření strukturních elementů se provádělo na 53 bodech, umístěných uvnitř hranic vybraného území. Měření se provádělo pomocí geologického kompasu. Studium bylo založeno na měření puklinových a zlomových struktur a zjišťování jejich směru, směru sklonu a sklonu. Směr plochy A_F je úhel, který svírá hlavní přímka roviny se směrem magnetického nebo zeměpisného severu (Foldyna, Grmela 1988). Směr sklonu A_ϕ je úhel, který svírá orientovaný půdorysný průmět spádové přímky roviny se severním směrem. Úhel ukazuje, jakým směrem se rovina uklání. Směr sklonu je odlišný od směru (azimutu) lineace o $+90^\circ$ nebo -90° dle orientace ke světovým stranám (Pouba

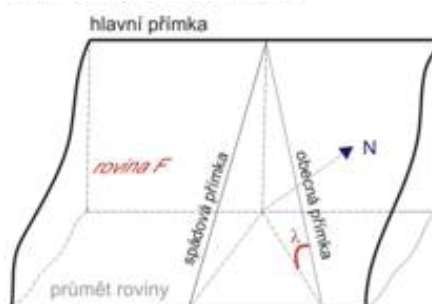
1959). Sklon plochy λ je úhel, který svírá daná přímka s horizontální rovinou (obrázky 23, 24, 25).



Obrázek 23: Grafické znázornění směru plochy. (Zdroj: Foldyna, Grmela 1988)



Obrázek 24: Grafické znázornění směru sklonu plochy. (Zdroj: Foldyna, Grmela 1988)



Obrázek 25: Grafické znázornění sklonu plochy. (Zdroj: Foldyna, Grmela 1988)

Účelem měření bylo sledování geologické stavby a měření orientací strukturně-tektonických prvků stolových hor Polické pánve. Měřeny byly především pukliny a zlomové struktury na stěnách výchozů Ostaše, Kočičích skal a Hejdy. Současně s měřením byla prováděna i fotodokumentace. Pro strukturně tektonickou analýzu byla použita data z vlastního terénního měření pomocí geologického kompasu. Pro analýzu výsledků terénního měření byla provedena geometrizace struktur pomocí MS Excel. Získaná data ze zájmového území byla znázorněna

pomocí konstrukce růžicového diagramu a jeho vyhodnocení. Růžicové diagramy zohledňují směr, směr sklonu a sklon naměřených puklinových ploch.

4.2 Elektrická odporová tomografie (ERT)

Geofyzikální měření bylo využito k objasnění průběhu geologických struktur v území. Cílem geofyzikálních měření bylo rovněž zjistit mocnost jednotlivých bloků kvádrových pískovců a získat podklady k vysvětlení rozdílů v mocnosti. Dalším cílem průzkumu bylo zjištění průběhu zlomových struktur, z nichž některé jsou v literatuře předpokládány, ale nejsou doloženy. Měření byla prováděna v součinnosti se školitelem a jeho týmem.

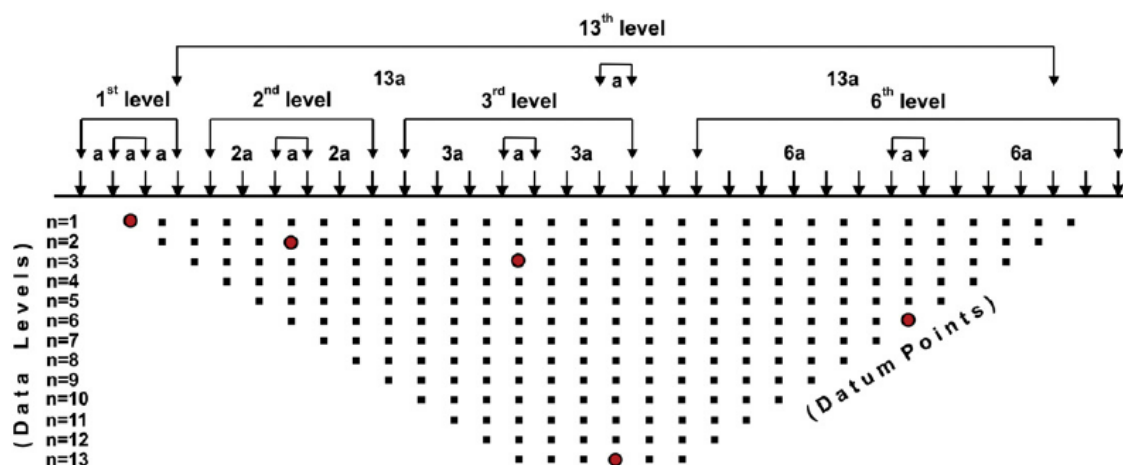
Geofyzikální metody již od 60. let jsou používána v různých geovědách, protože bylo prokázáno rychlý a levný využití a neinvazní aplikace v terénu. Analytické metody geofyziky byly často používány jako prostředek k získání různých informací o stavu horninového podloží (Kycl, Hartvich et al. 2021). V této diplomové práci geofyzika byla použita také za účelem potvrzení průběhu zlomových struktur. Geofyzika využívá k určení stavby, struktury a vlastnosti podloží různé vlastnosti fyzikálních polí a prostředí (Chambers et al. 2012). Typ fyzikálního pole, které bylo využito určuje skupiny geofyzikálních prostředí. Každý druh metod je určen a vhodný pro určité vlastnosti anebo podmínky prostředí.

Metoda elektrické odporové tomografie (zkratce ERT) představuje stejnoměrnou odporovou geoelektrickou metodu měření (Schrott, Sass 2008, Kneisel a Hauck 2008). Elektrická nebo elektrozistivní odporová tomografie (ERT) je 2 rozměrovou nebo 3 rozměrovou geofyzikální metodou, která je využívána pro zobrazování podpovrchových struktur a popis charakteristických rysů podpovrchových materiálů s vysokým rozlišením (Tábořík 2012). Zařízení pro geoelektrický průzkum se skládá z multielektrodových aktivních nebo pasivních kabelových úseků, řídicí jednotky a příslušenství vodivého spojení elektrod se zemí. V Česku je nejpoužívanějším systémem ARES/ARES II (Kycl, Hartvich et al. 2021). Výsledkem měření je rozložení zdánlivého měrného odporu prostředí. Zdánlivý měrný odpor je následně přepočítán na skutečný měrný odpor, ze kterého vycházejí geofyzikálně-geologické interpretace (Loke 1997). Naměřena data jsou uložena do řídicí jednotky (Loke, Barner 2006). Výsledkem je 2D vertikální nebo 3D horizontální odporový řez. Naměřená data představují předpokládané rozpětí odporů pod zemským povrchem (Griffiths, Barner 1993; Loke, Barner 1996; Loke 1997).



Obrázek 26: Přístroje používaná při ERT měření v terénu. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.)).

Při měření metodou ERT dochází k pohybu elektrodového uspořádání po profilu ale s neměnným krokem mezi elektrodami. Jedná se o proměnnou vzdálenost mezi elektrodami při přechodu z jedné hloubkové úrovně do druhé. V metodě ERT nejčastěji využívané uspořádání elektrod jsou Wenner-Schlumberger (W-S), Wenner-aplha (Wa) a osový dipól-dipól (D-D). Měření se provádělo při uspořádání elektrod Wenner-Schlumberger. Daná konfigurace elektrodů je kompromisem mezi dvěma nejvíc používanými metodami, a to je Wenner a dipól-dipól. Wenner-Schlumbergerová konfigurace má vyšší citlivost, lepší poměr rozlišení a hloubkového dosahu, kvalitnější horizontální a vertikální zobrazení struktur (Tábořík, Pánek 2010). Všechny vymezené profily v zájmové oblasti mají danou konfiguraci.

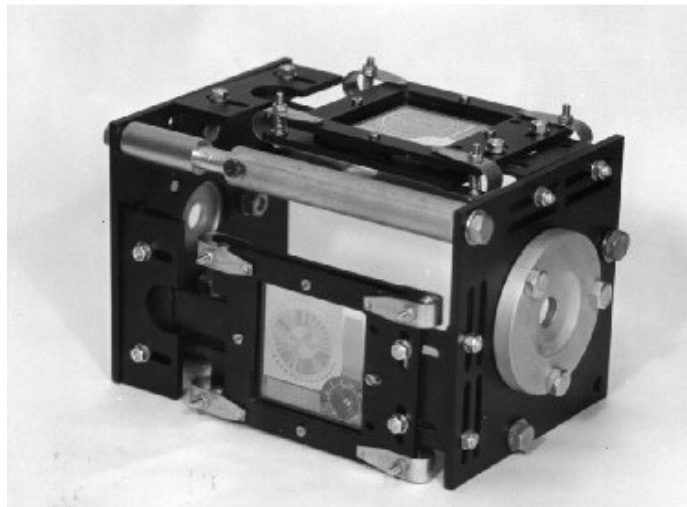


Obrázek 27: Schematický profil konfigurace elektrodů Wenner-Schlumberger s rozložením elektrodů. (Ekinci et al. 2013).

4.3 Měření 3D dilatometrem TM-71

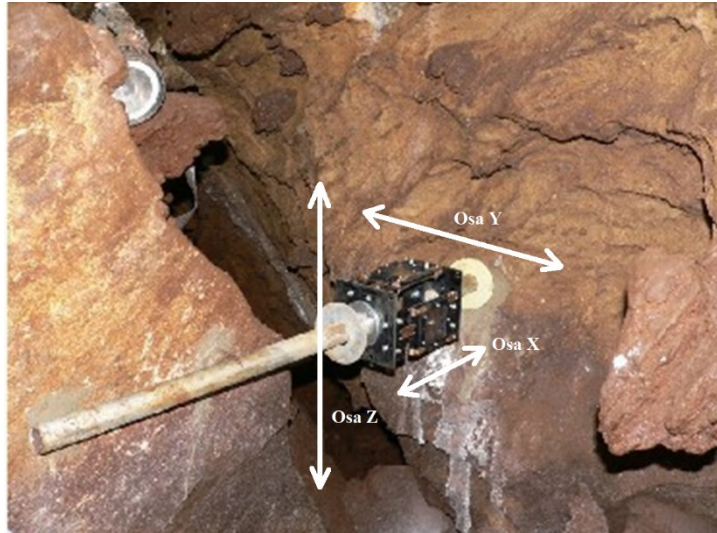
Monitorovací síť přístrojů TM-71, provozovaná ÚSMH (www.tecnet.cz) je instalována v zájmovém území již od 90. let minulého století. Jednalo se o terčová měřidla TM-71, které zaznamenávají pohyb a posun skalních masivů s přesností na 0,01 mm (Stejskal 2005). TM-71 neboli dilatometr je specializovaným měřidlem, zkonstruovaným Ing. Blahoslavem Košťákem v 70. letech 20. století. Přístroj je určen pro zachycení a měření posunů skalních bloků. Posuny

jsou měřeny ve třech prostorových osách. Dilatometr má velice vysokou citlivost k pohybům a stabilitu výsledků (Košťák 1991). Zpracované výsledky z měřidel ukazují na pohyb skalních masivů a bloků v dané lokaci. Odečet se provádí zachycením obrazce pomocí digitálního fotoaparátu nebo přímo na fotopapír pomocí blesku od fotoaparátu. Zároveň z výsledků měření přístrojů bylo možný vyhodnotit směr sklonu a sklon v jednotlivých částích sledovaných geomorfologických struktur. Pomocí měřidla lze určit natočení ploch při posunu (Urban 2015). Posun nainstalovaných indikátorů dodává informaci o posunu a rotaci dvou rovin (Košťák 1991).



Obrázek 28: Měřicí přístroj TM-71 (zdroj: ÚSMH AV ČR).

Efekt moiré, který je základem principu fungování měřidla TM-71, je efektem mechanické interference, která se zobrazuje pomocí bílých a černých pruhů. Světlo působí na mřížky, které jsou předražené, a vyvolávají obrazce. Tato reakce je velice citlivá na posunutí a deformaci. V důsledku se při pohybu mřížky pohybují pruhy. Posuvná mřížka transformuje obrazce, výsledkem je analýza pohybu (Košťák 1991).



Obrázek 29: Měřidlo TM-71 na zlomové struktuře se zobrazením třech os měření.
(Zdroj: USMH CAS a vlastní označení os měření)

Výsledky dlouhodobého měření byly poskytnuty oddělením inženýrské geologie ÚSMH AV ČR. Grafy zohledňují naměřena data za období od 90. let 20. století až do roku 2021. Pohyb byl pozorován ve třech osách x, y, z. Datová řada osy x zohledňuje pohyb ve směru osy přístroje. Osa x popisuje otevírání nebo zavírání trhliny, kde je přístroj umístěn. Osa y ukazuje na pohyb podél trhliny. Osa z zohledňuje vertikální posun, který odpovídá poklesu nebo stoupání jednoho ze skalních bloků. Osy pohybu jsou graficky zobrazeny na obr. 29. Na grafech je také zohledněn průměrný roční průběh teploty pro stejné časové období. Konkrétně monitoring probíhá na vybraných lokalitách stolové hory Ostaš, formace Kočičích skal a stolové hory Hejda. Hlavním účelem je dlouhodobé sledování dynamiky skalních bloků za účelem zjištění příčin a vlivů na jejich pohyby.

4.4 Morfometrická analýza

4.4.1 Morfolineamenty

Morfolineamenty jsou výraznými lineárními prvky krajiny. Lineament je lineární formou reliéfu, která vzniká jako nespojitá nebo spojitá deformace. Nespojité deformace jsou tektonického původu, jejich působením vznikají lineamenty jako zlomy, pukliny, zlomové svahy, terénní stupně, úpatí, svahy a doliny na zlomových liniích. Spojité deformace vytvářejí lineamenty jako vrásky, inverzní hřbety nebo doliny. Pasivní morfostruktury (neaktivní zlomy, puklinové systémy, hranice vrstev podloží) a aktivní morfostruktury (erozně – denudační procesy) mohou způsobit vznik lineamentů (Demek 1987). Dle Minára a Sládka, 2009

za morfolineamenty lze považovat lineamenty, které mají bezprostřední souvislost s tvarem reliéfu. Morfolineament je zároveň vstupem pro zkoumání morfotektonických silových polí.

V rámci této diplomové práce byla provedena práce s rastrovými daty jako vstupní vrstvou pro vymezení a vyhledávání lineamentů. Mapování lineamentů probíhá v programu ArcMap 10.7.1. pomocí digitálních obrazů jako DMR (digitální model reliéfu). Digitální model reprezentuje reliéf zemského povrchu, používaný pro interpolaci výšky mezilehlých bodů. Pro provedení analýzy a zpracování dat v programu ArcMap 10.7.1. lze použít různá zdroje dodání DMR. Nejpodrobnější data jsou poskytována Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK). Data jsou poskytována v podobě výškopisu 3D vrstevnic. Součástí výškopisu ZABAGED je i model reliéfu, který je velice zpřesněn pomocí použití LLS dat. Jedná se o digitální model reliéfu 5. generace. Model DMR 5G má formu nepravidelné trojúhelníkové sítě. Síť je tvořena body s trojrozměrnými souřadnicemi. Výběr určitých bodů je dán výjimečným charakterem vybraného reliéfu, kde je pro členitý reliéf síť více zahuštěna, naopak je pro rovinný reliéf méně zahuštěna. Podle testování je model DMR 5G je detailnější a také přesnější (Brázdil 2010). DMR 5G z datové sady ZABAGED lze zakoupit za určený poplatek. Mapové listy (BROU 32, 33, 42, 43) pro zájmovou oblast Broumova a Polické pánve pro zpracování dat k řešení této závěrečné práce byly poskytnuty ČÚZK.

Výšková data souboru DMR a z něj odvozené povrchy byly použity jako vstupní vrstva pro vyhledávání lineárních prvků povrchu. Pro vymezení lineamentů vrstva byla zobrazena a zohledněna pomocí zvýrazněného stínovaného filtru, a to je tinted hillshade. Takový filtr zvýrazňuje hrany a linie reliéfu. Na DMR vrstvě byly hledány lineamenty v podobě ostrých hran, viditelných a přímých linií. Extrahování lineamentů ve vybraném území bylo provedeno pomocí vizuální metody, to je výše popsaného filtru a způsobu osvětlení a zvýraznění lineárních prvků. Celkově ve vybrané územní jednotce byl zvýrazněn a označen 3295 lineamentů. Do atributové tabulky následně zapsány hodnoty délky jednotlivých lineárních prvků. Převažující většina lineamentů nepřesahuje délku 300 m, jsou to poměrně krátké prvky. Následně pomocí funkce Easy Calculate v programu ArcMap 10.7.1. byly vypočítány azimuty jednotlivých morfolineamentů a určen směr jejich průběhu. Hodnoty byly exportovány a přeneseny do programu MS Excel. Následně byly vytvořeny přehledně grafy, které dodávají informaci o rozložení morfolineamentů v terénu dle směru jejich průběhu a zohledňují vážený průměr délky a počtu lineamentů k orientaci směru průběhu prvků.

4.4.2 Údolnice

Údolnice je čára sledující místa největšího vhloubení údolního terénního tvaru, má ze všech spádnic tohoto terénního tvaru nejmenší sklon (Demek 1987). Sklon údolí je předurčen sklonem údolnicí. V místě protknutí údolnicí údolí mývá směr s nejmenším spadem. Z názvu daného geografického prvku lze pochopit lokalizaci údolnic. Údolnice se sledují sít' toků a kopírují její průběh. Pro vymezení údolnic jsou velice klíčové hydrologické mapy, kde je zvýrazněna celá sít' vodních toků. Vstupní data byla upravena v programu ArcMap 10.7.1. a vybraných funkcí z Toolboxu. *Spatial Analyst Tools* obsahuje různé funkce, ale i nástroje pro plnění různých funkcí pro hydrologické účely (*Hydrology*). Byl použita funkce *Flow Accumulation* k vytvoření údolnic ze vstupní vrstvy vrstevnic. Vytvořená lineární vrstva údolnic byla použita pro zhodnocení základních vlastností prvků v krajině. Sít' údolnic byla rozdělena na jednotlivé úseky se stanovenou délkou 100 m. K tomu byla použita funkce *Split Polylines* od GeoWizards. U jednotlivých úseků údolnic byly vypočítány hodnoty orientace průběhu pomocí funkce *Easy Calculate*, která byla zároveň použita při výpočtu azimutu lineamentů. Vypočítané hodnoty byly zaneseny do atributové tabulky spolu s hodnotami délky jednotlivých prvků údolnic. Data byla vyexportována do programu MS Excel pro uspořádání vytvoření přehledných grafických výsledků.

V praktické části byly zpracovány podklady pořízené od ČÚZK. Jedná se o datový soubor ZABAGED, ze kterého byly využity jednotlivé mapové listy pro vybrané území. Digitální model reliéfu byl použit k extrahování lineamentů a údolnic ve vybraném území. Jednalo se o další metodu strukturně – tektonické analýzy. Data byly sebrána do grafů v programu MS Excel. Ke zpracování získaných data byly použity různé programy. Všechny datové soubory byly přeneseny a zobrazeny v programu ArcMap 10.7.1. Výsledky strukturního měření byly přeneseny do bodové vrstvy v programu pro zohlednění na mapových podkladech. K vyhodnocení výsledků měření a jednotlivých způsobů průzkumu se používal program MS Excel. Do programu byla nahrána data, následně upravena a přehledně zohledněna pomocí různých diagramových grafů. Výsledky strukturních měření byly zaneseny do programu Stereonet pro přehledné zobrazení směru sklonu puklinových systémů.

Interpretační a vyhodnocovací práce spočívaly v syntéze údajů získaných různými metodami. Výsledky každé použité metodiky byly popsány a vysvětleny zvlášť a dohromady. Takový přístup umožnil vyhodnotit získaná data z různých úhlu pohledů. Zároveň se jednalo o vzájemnou interakci a interpretaci výsledků. Výslední hodnoty často se potvrzovaly navzájem a sloužily potvrzením vybrané konkrétní hypotézy. Všechny metodické přístupy byly

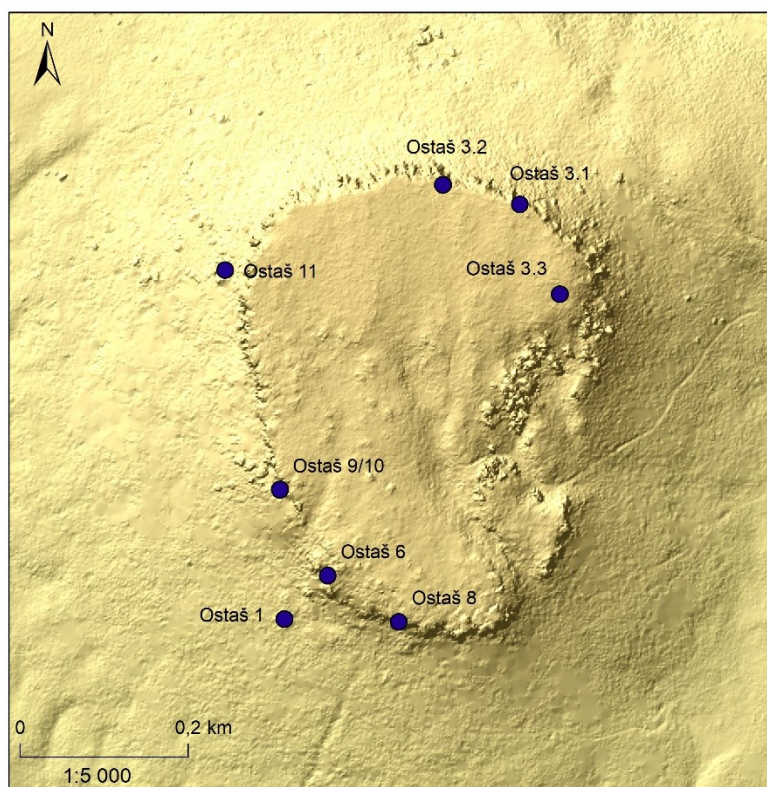
použity pro podrobnější pochopení strukturně – tektonického a geomorfologického stavu Polické pánve.

5 VÝSLEDKY

5.1 Strukturní měření puklinových a zlomových struktur

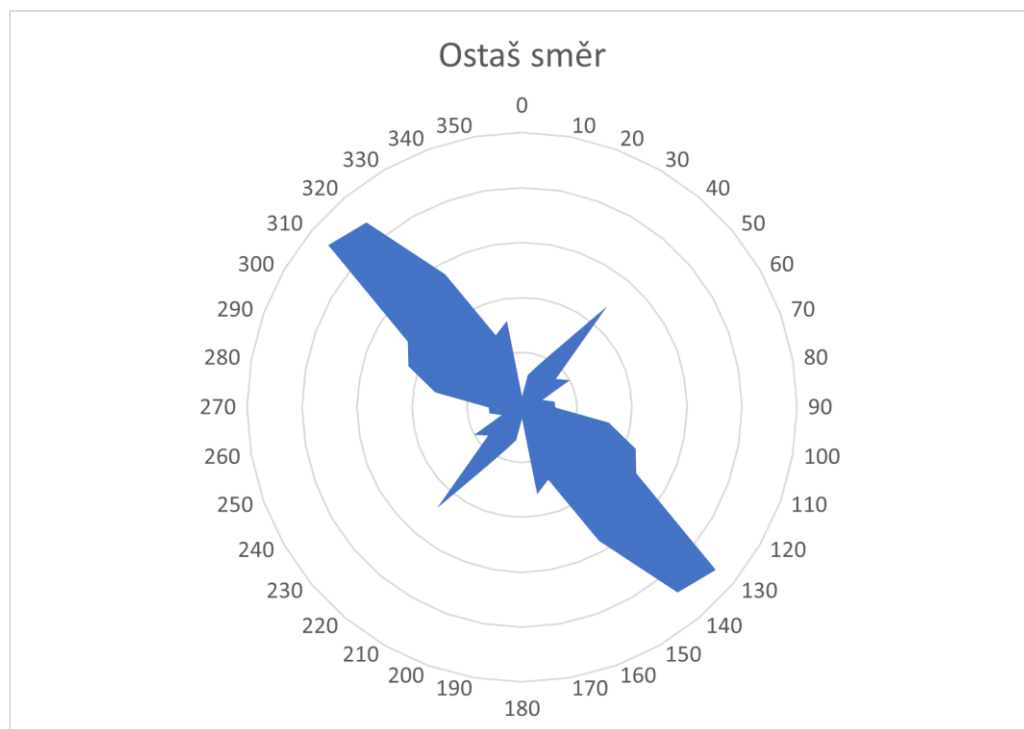
5.1.1 Ostaš

První zkoumanou lokalitou je stolová hora Ostaš, kde celkově bylo provedeno 151 strukturní měření na 17 místech. Pro lepší přehlednost výsledků měření vybrané lokace byly shromážděny do větší skupiny dle blízké k sobě polohy. Lokace 1,2,3,4,5 se nacházejí blízko sebe a byly následně dány do jedné skupiny. Skupina měření číslo 1 je složena z pěti blízkých k sobě lokalit na jihozápadním úpatí stolové hory Ostaš. Lokace 6 a 7 totéž byly dány do jedné skupiny. Skalní masivy na západním úpatí stolové hory Ostaš byly propojené do skupiny (lokace 11). Do dané lokality spadá Prašivá stěna, Stěna mladých pánů, skalní masiv Meteorologická. Jihozápadní úpatí Ostaše nebyla proměřena kvůli sezoně hnízdování v dané lokalitě. Severní a východní část Ostaše je rozdělena na 4 větší skupiny (obr. 30). Měření zde se prováděly u úpatí stolové hory, na stěnách a na vrcholu stolové hory. Měření na vrcholu nemůžou být považována za přesné kvůli sklonu měření, kdy puklinové prvky byly vodorovné zemskému povrchu.



Obrázek 30: Mapa zobrazující polohy strukturních měření na Ostaše. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Celkový převládající směr průběhu lineárních elementů v celé oblasti měření stolové hory Ostaše je přibližně $120^{\circ}/300^{\circ}$ neboli směr ZSZ – VJV. Vedlejší směr průběhu lineárních prvků pro celou lokalitu odpovídá $40^{\circ}/220^{\circ}$ neboli směrů JJZ – SSV. Vedlejší směr lineárních prvků je kolmý na převládající směr (obr. 31). Směr sklonu puklinových systémů měl převládající tendenci v $40-50^{\circ}$ při sklonu lineárních prvků 80° . Směr, směr sklonu a sklon se liší v jednotlivých skupinách.



Obrázek 31: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů na Ostaše. (Zdroj: vlastní měření)

1) Ostaš 1

V jihozápadní části úpatí stolové hory bylo provedeno 17 strukturních měření v 5 lokacích, které se nacházejí velmi blízko. Níže jsou uvedena grafická schémata znázorňující převládající směr puklin, směr sklonu a sklon lineárních elementů vůči horizontální rovině, zohledňující zemský povrch.

Grafický výstup na obrázku 32 identifikuje dva převládající kolmých na sebe směrů lineárních prvků. První směr je $130^{\circ}/310^{\circ}$ nebo směr JZ – SV. Druhý směr, který je vedlejší v dané lokaci je $10^{\circ}/190^{\circ}$ (S–J). Grafy určují převládající směry sklonu 40° a 270° a sklon 80° .



Obrázek 32: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 1. (Zdroj: vlastní měření)

2) Ostaš 6

Body měření 6 a 7 odpovídají západní části úpatí Ostaše. Celkově v okolí skalního masivu Zrcadlo bylo provedeno 23 strukturních měření. Z grafů, vytvořených z výsledků vlastního terénního měření, lze určit převládající směr lineárních prvků, který odpovídá SSZ – JJV ($140^{\circ}/320^{\circ}$), a vedlejší kolmý směr JJZ – SSV ($50^{\circ}/230^{\circ}$). Prostřední graf ukazuje převládající směry sklonu 50° a 320° při sklonu ploch 60° až 70° (obr. 33).



Obrázek 33: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 6. (Zdroj: vlastní měření)

3) Ostaš 8

Lokace Ostaš 8 je souborem 14 strukturních měření z jižního úpatí stolové hory Ostaš. Převládající směr průběhu lineárních prvků je směr SZ – JV ($145^{\circ}/325^{\circ}$). Lze vidět, že na jihu směr se točí směrem na sever – jih. Vedlejší směr je JJZ – SSV ($35^{\circ}/215^{\circ}$), které se také točí na k S – J. Směry sklonu naměřených bodů ukazují dvě převládající hodnoty - 45° a 300° . Sklon ploch 75° zůstává podobný (obr. 34).



Obrázek 34: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 8. (Zdroj: vlastní měření)

4) Ostaš 9

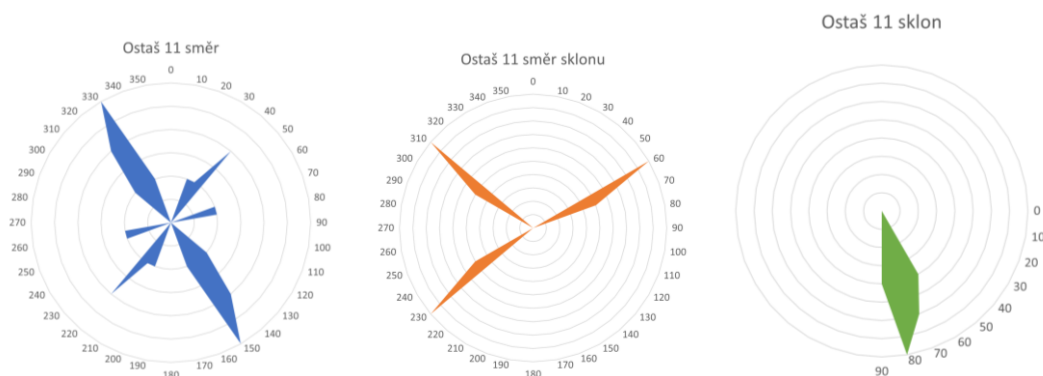
Lokace Ostaš 9 obsahuje strukturální měření jenom z 13 puklin v západní části úpatí poměrně blízko naměřeného ERT profilu. Málopočetný výsledek naměřených hodnot nelze považovat za velice spolehlivý, ale hodnoty odpovídají tendenci celé oblasti Ostaše. Převládající puklinový směr je $140^{\circ}/320^{\circ}$ (SSZ – JJV). Vedlejší směr je velmi odlišný od svého okolí a se rovná $100^{\circ}/280^{\circ}$ (Z–V). Odlišný výsledek může být způsoben nepravidelným a málopočetným měřením v dané oblasti. Směr sklonu lineárních prvků je 50° , některé hodnoty vykazují směr sklonu 20° . Sklon ploch je menší a nepřesahuje 70° (obr. 35).



Obrázek 35: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 9/10. (Zdroj: vlastní měření)

Daná skupina je souborem měření, provedených na stěnách skalních masivů poblíž Bludiště na severovýchodním úpatí. Celkově bylo provedeno 14 strukturálních měření. Měření v dané

lokalitě je málopočetné kvůli velice nepřístupnému terénu. Skalní masiv Meteorologická je nepřístupnou částí úpatí stolové hory kvůli sezoně hnízdění ptáků. Lokace číslo 11 vykazuje jeden převládající a dva vedlejší směry průběhu lineárních prvků. To jsou $150^{\circ}/330^{\circ}$ (JV – SZ), vedlejší jsou $40^{\circ}/220^{\circ}$ (SV – JZ) a $80^{\circ}/260^{\circ}$ (Z-V). Opět lze pozorovat tendenci kolmých vedlejších směrů na primární směr průběhu. Směry sklonu jsou velmi nehomogenní a nelze určit převládající kvůli nedostatečnému počtu měřicích bodů. Převládající směry sklonu jsou kolmé na směry a odpovídají hodnotám 60° , 230° , 310° při sklonu lineárních elementů 80° (obr. 36).

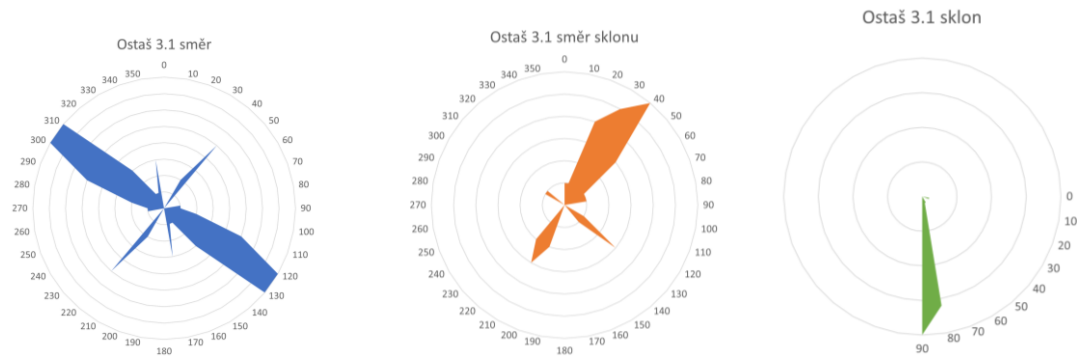


Obrázek 36: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 11. (Zdroj: vlastní měření)

5) Ostaš 3.1

Lokace 3.1 již patří do protilehlé strany stolové hory Ostaš. Měření bylo provedeno na severovýchodní stěně stolové hory. Měření obsahuje body v úpatí, na stěně a na vrcholu stolové hory. Měření obsahuje 40 prozkoumaných bodů, proto výsledky můžeme považovat za spolehlivé. Převládající směr průběhu lineárních prvků lze velmi snad určit dle grafického výsledku na obr. 36. Převládající směr průběhu odpovídá směru $125^{\circ}/305^{\circ}$ (SZ – JV). Primární směr odpovídá i směru průběhu zlomových struktur, čímž potvrzuje souvislost vzniku a vývoje stolových hor na zlomové tektonice. Vedlejší směr je kolmý na primární a odpovídá hodnotám

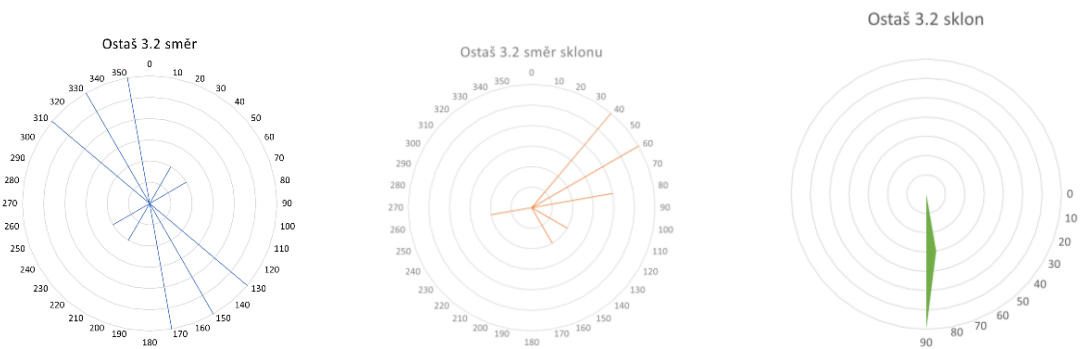
40°/220° (JZ – SV). Zároveň na grafu lze vidět i menší odchylky, které mohou být způsobeny prostředím a podmínkami měření. Z prostředního grafu obr. 37 lze určit převládající směr sklonu, který odpovídá 30° a 230°. Také lze všimnout vedlejší směry sklonu v menším počtu, které jsou kolmé na vedlejší směr lineamentů. Sklon lineárních prvků v dané lokaci je větší než v západní části Ostaše a se pohybuje mezi 80° a 90°.



Obrázek 37: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 3.1. (Zdroj: vlastní měření)

6) Ostaš 3.2.

Další lokalita měření se nachází v severní části stolové hory. Vzhledem k poměrně těžkým prostředním podmínkám měření bodů lineárních struktur se provádělo jenom v oblasti stěn a vrcholu, nikoli úpatí. Celkově bylo provedeno 11 měření, proto dané výsledky nelze považovat za spolehlivé. Na grafickém výkresu lze zhodnotit, že data jsou velice různorodá (obr. 38). Takový malý počet výsledků nelze použít k zhodnocení směru, směru sklonu a sklonu v dané lokalitě. Převládající skupina směru lineárních prvků odpovídá směru 150°/330° (SSZ – JJV). Sekundární směr je kolmý na převládající a průměrně odpovídá 40°/220° (JZ – SV). Hodnoty směru sklonu jsou velice nehomogenní. Daný výsledek je podobný sklonu směru okolních měřených lokalit. Sklon ploch lineárních prvků je 85°. Daný výsledek není považován je spolehlivý i kvůli lokaci měření, a to je na vrcholu stolové hory.



Obrázek 38: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 3.2 (Zdroj: vlastní měření)

7) Ostaš 3.3

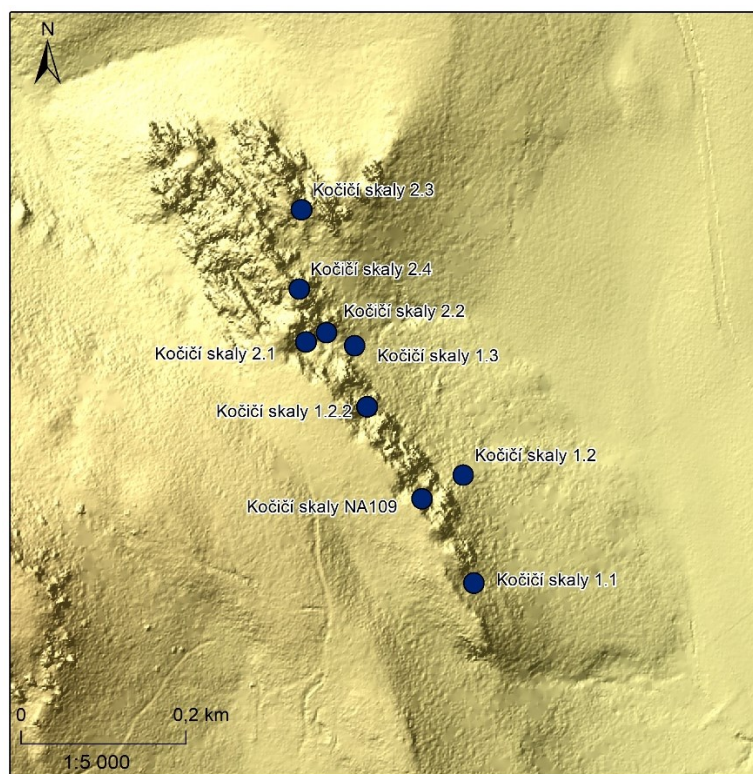
Poslední skupina prozkoumaných lokalit stolové hory Ostaš patří k lokaci 3.3. Do této skupiny patří naměřená data podél východního úpatí stolové hory. Celkově bylo provedeno 20 strukturních měření. Převládající směr lineárních elementů odpovídá 120°/300° neboli směr SZ – JV. Daný směr zcela odpovídá primárnímu směru zlomové struktury, která zjevně velmi ovlivnila vývoj stolové hory Ostaš. Vedlejší směr je kolmý na převládající a odpovídá 50°/230° neboli směr JZ – SV. Data jsou velice homogenní, proto lze vyhodnotit výsledky jako spolehlivé. Primární směr sklonu je 210°, vyskytují se také i jiné hodnoty směru sklonu kolmé na sekundární směr puklinových systémů. Převládajícím lze pojmenovat sklon směru 215°. Daný sklon směru se velmi liší od ostatních hodnot sklonu směru ve výzkumní oblasti. Sklon lineárních elementů se rovná 85° (obr. 39).



Obrázek 39: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ostaš 3.3. (Zdroj: vlastní měření)

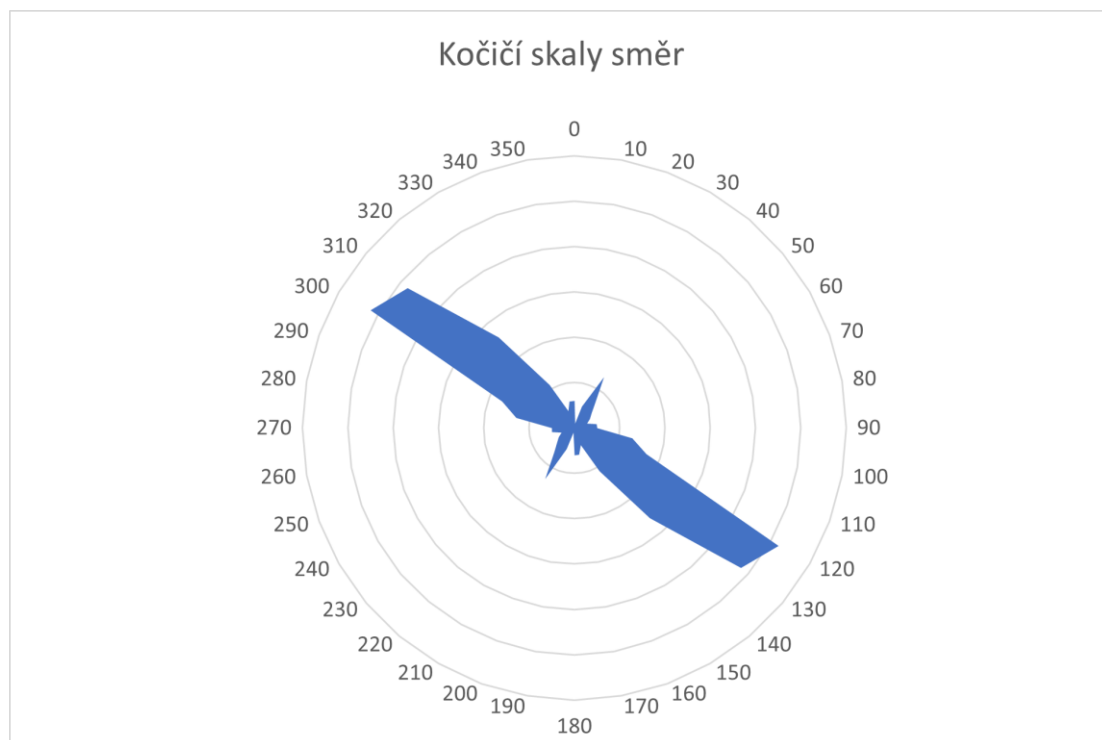
5.1.2 Kočičí skály

Kočičí skály je druhou lokalitou, kde se provádělo měření a terénní výzkum. Kočičí skály se nacházejí na východ od již popsané stolové hory Ostaš. Celkově v dané lokalitě bylo 231 strukturních měření na různých bodech lineárních prvků v krajině. Lokalita Kočičích skal byla rozdělena do 9 skupin dle polohy a měření (obr. 40).



Obrázek 40: Mapa zobrazující polohy strukturních měření na Kočičích skalách. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Převládající směr průběhu lineárních elementů v dané oblasti výzkumu je $115^{\circ}/295^{\circ}$ (ZSZ – VJV). V oblasti Kočičích skal směr průběhu se stlačuje k Z–V směru v porovnání s oblastí Ostaše. Daný směr odpovídá směru průběhu Polického zlomu. Vedlejší směr puklinových systémů Kočičích skal odpovídá směru kolmému na převládající směr a se rovná $30^{\circ}/220^{\circ}$ neboli JJZ – SSV směr. Vedlejší směr průběhu odpovídá směru Skalského zlomu, který mohl ovlivnit vývoj dané lokality. Směr sklonu lineárních prvků nevykazuje jenom jeden primární, ale několik převládajících jako 40° a 220° (obr. 41).



Obrázek 41: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů v oblasti Kočičích skal.
(Zdroj: vlastní měření)

Většina lineárních prvků se nacházejí ve sklonu 80° pro celou oblast výzkumu Kočičích skal. Směr, sklon směru a sklon lineárních prvků v jednotlivých skupinách dodržují hlavní převládající tendence, ale se vykazují i odchylky a jiné nehomogenní hodnoty, které mohou být způsobeny podmínkami vzniku a vývoje geologických prostředí, odchylkami při měření a výzkumu a přírodními vnějšími podmínkami. Výsledky v jednotlivých skupinách jsou popsány v následujících podkapitolách.

1) Kočičí skály 1.1.

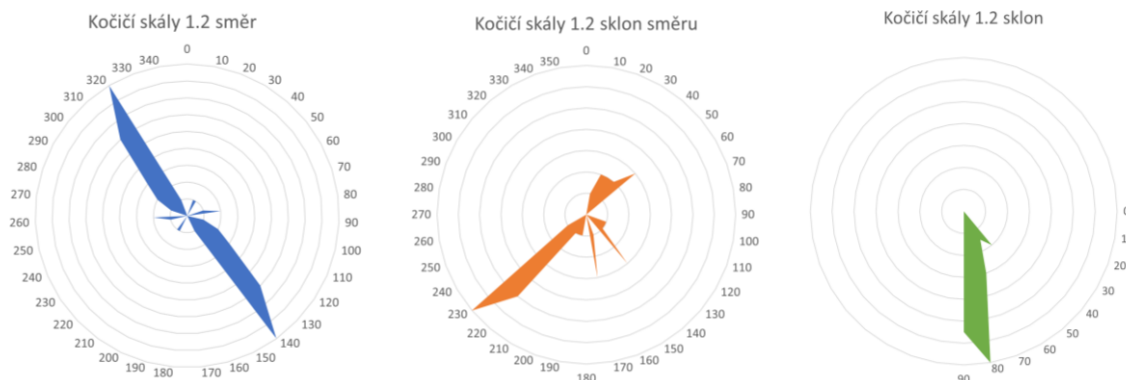
První lokalita 1.1 se nachází v jižní části Kočičích skal, jižně od měřeného profilu ERT. Celkově v dané lokaci bylo provedeno 28 strukturních měření na různých bodech lineárních elementů. Primární puklinových systémů je $120^{\circ}/300^{\circ}$ (SZ – JV), který odpovídá i hlavnímu směru struktury Polického zlomu. Vedlejší směr $25^{\circ}/205^{\circ}$ (SSV – JJZ) odchyluje ke směru S–J a je kolmý na převládající směr lineárních prvků. Za převládající sklon směru dané lokace může být označován směr sklonu 200° (JJZ). Dle grafického výsledku lze určit dva vedlejších směru sklonu JZ-SV (210° a 30°) a VJV (110°). Naměřené hodnoty sklonu jsou velice homogenní a pohybují se v rozmezí 80° až 90° (obr. 42).



Obrázek 42: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.1. (Zdroj: vlastní měření)

2) Kočičí skály 1.2.

Lokace měření se nachází na jihovýchodním úpatí Kočičích skal. Celkově v dané lokalitě bylo provedeno 38 strukturních měření na různých bodech puklinového systémů. Lokace se nachází severně od měřeného ERT profilu. Dle grafického výstupu lze zhodnotit převládající směr puklinových systémů $140^{\circ}/320^{\circ}$ (SSZ – JJV) a také dva vedlejší. To jsou $80^{\circ}/260^{\circ}$ (Z-V) je kolmý na primární směr lineárních prvků a $20^{\circ}/200^{\circ}$ (SSV – JJZ). Směr sklonu není homogenní v dané lokalitě a za převládající se považuje směr sklonu JZ – SV (230° a 50°). Sklon puklinových ploch byl stanoven na 80° (obr. 43).



Obrázek 43: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.2. (Zdroj: vlastní měření)

3) Kočičí skály NA109.

Další lokace byla označena číslem NA109 dle blízké polohy měřících bodů k bodu záchrany NA109. V okolí bylo provedeno 10 strukturních měření s převládajícím směrem $120^{\circ}/300^{\circ}$ (SZ – JV), který odpovídá převládajícímu směru Polického zlomu. Vedlejší směr $30^{\circ}/210^{\circ}$ (JZ – SV) je kolmý na převládající směr průběhu puklin. Převládající sklony směru dle grafického výstupu jsou 215° (JZ) a 125° (JV) při sklonu puklinových ploch 80° (obr. 44).

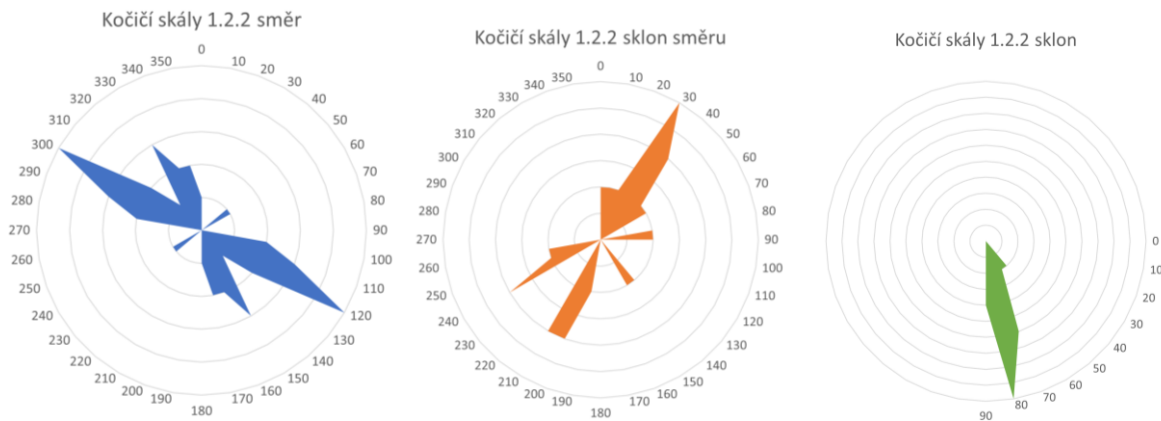


Obrázek 44: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály NA109. (Zdroj: vlastní měření)

4) Kočičí skály 1.2.2.

Další měřená lokace se nachází v prostřední části Kočičích skal na sever od měřeného profilu ERT. Celkově zde bylo provedeno 25 strukturních měření, které nevykazují homogenní

výsledky měření dle grafických výstupů. Převládající směry lineárních prvků jsou dva. Těto směry jsou velice podobné a odpovídají hodnotám $120^{\circ}/300^{\circ}$ a $150^{\circ}/330^{\circ}$. Oba směry odpovídají SZ – JV směru. Vedlejší směr odpovídá hodnotám $55^{\circ}/235^{\circ}$ (JZ – SV) a je kolmý na převládající směr lineárních prvků. Výsledky strukturních měření na prostředním grafu vykazují nehomogenitu sklonu směru. Převládající směry sklonu jsou 30° a 200° (JZ – SV). Sklon puklinových ploch nepřesahuje hodnotu 80° (obr. 45).



Obrázek 45: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.2.2. (Zdroj: vlastní měření)

5) Kočičí skály 1.3.

Lokace 1.3 se totéž nachází v centrální části Kočičích skal, kde bylo provedeno 39 strukturních měření. Grafické výsledky vykazují velmi homogenní hodnoty měření a jistě převládající hodnoty. Dle grafů na obr. 46 lze zhodnotit směr $125^{\circ}/305^{\circ}$ (SZ – JV) jako primární a $30^{\circ}/210^{\circ}$ (JJZ – SSV) jako vedlejší směr, který je kolmý na primární. Na grafu lze vyzorovat odchylky od hlavního a vedlejšího směrů. Převládající sklon směru je velmi zdůrazněn a odpovídá hodnotě 215° (JZ) při sklonu ploch 80° . (obr. 46).



Obrázek 46: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 1.3. (Zdroj: vlastní měření)

6) Kočičí skály 2.1.

Lokace 2.1 se nachází v severozápadní části Kočičích skal v okolí bodu záchrany NA110 a se skládá z 33 strukturních měření v oblasti průzkumu. Dle vytvořeného grafického výstupu lze určit převládající směr průběhu puklin, který odpovídá hodnotě směru $125^{\circ}/305^{\circ}$ (SZ – JV). Vedlejší směr je $170^{\circ}/350^{\circ}$ (S-J) a je kolmý na primární směr průběhu lineárních prvků. Na grafu lze pozorovat i odchylné hodnoty, které mohly být způsobeny různými geologickými a okolními podmínkami. Hodnoty sklonu směru lokace jsou velice nehomogenní. Za převládající směr lze považovat směry 40° a 210° . Naopak hodnoty sklonu ploch lineárních prvků jsou homogenní a sklon je 80° (obr. 47).



Obrázek 47: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.1. (Zdroj: vlastní měření)

7) Kočičí skály 2.2.

Lokace 2.2 se nachází v severovýchodní části Kočičích skal, východně od výzkumní lokace 2.1. Zde bylo provedeno 21 strukturních měření. Výsledky měření se zhodnocují jako homogenní dle grafických výstupů. Primární směr průběhu 90 % lineárních elementů je $130^\circ/310^\circ$ (SZ – JV). Vedlejší směr je kolmý na primární a odpovídá hodnotám směru $95^\circ/275^\circ$ (Z-V). Žádné jiné odchylky směru se v dané lokalitě nevyskytují. Směr sklonu 40° je převládající (SV). Vedlejším směrem sklonu je 220° (JZ). Sklon ploch puklinových systémů se pohybuje mezi 80° a 90° (obr. 48).



Obrázek 48: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.2. (Zdroj: vlastní měření)

8) Kočičí skály 2.3.

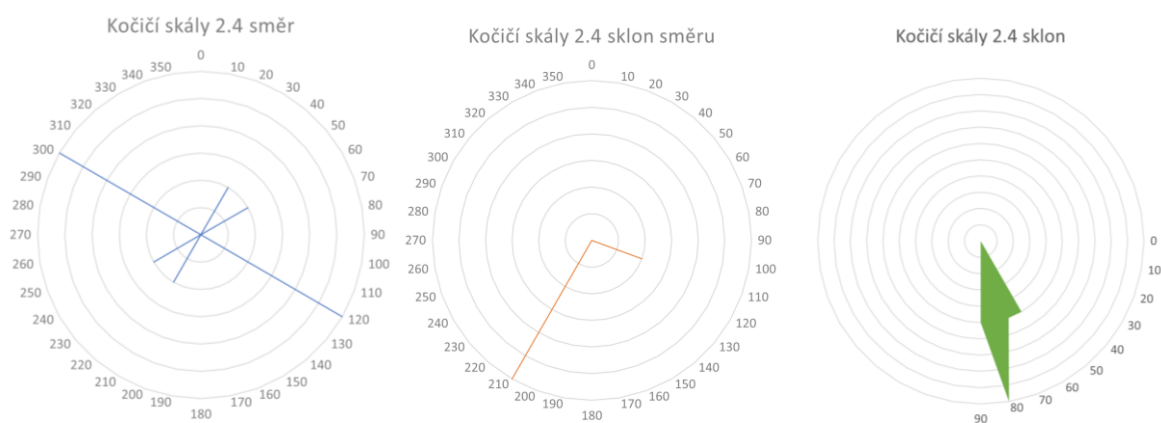
Lokace 2.3 je nejsevernější ležící lokace měření Kočičích skal. Měření se prováděly v okolí bodu záchrany NA111. Celkově do dané lokace spadá 28 strukturních měření. Naměřená data jsou velice různorodá, proto výsledky nejsou totéž homogenní. Za převládající směr průběhu lineárních elementů lze považovat směr $120^\circ/300^\circ$ (SZ – JV). Vedlejší směry jsou dva: $25^\circ/205^\circ$ (JJZ – SSV), který je kolmý na převládající směr, a směr $160^\circ/340^\circ$ (SSZ – JJV). Který je málo odchýlný od převládajícího směru průběhu měřených lineárních prvků. Převládající směr sklonu je 210° . Byly vypočítány i směry sklonu 20° a 110° . Sklon ploch puklin byl naměřen na 80° a 90° (obr. 49).



Obrázek 49: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.3. (Zdroj: vlastní měření)

9) Kočičí skály 2.4.

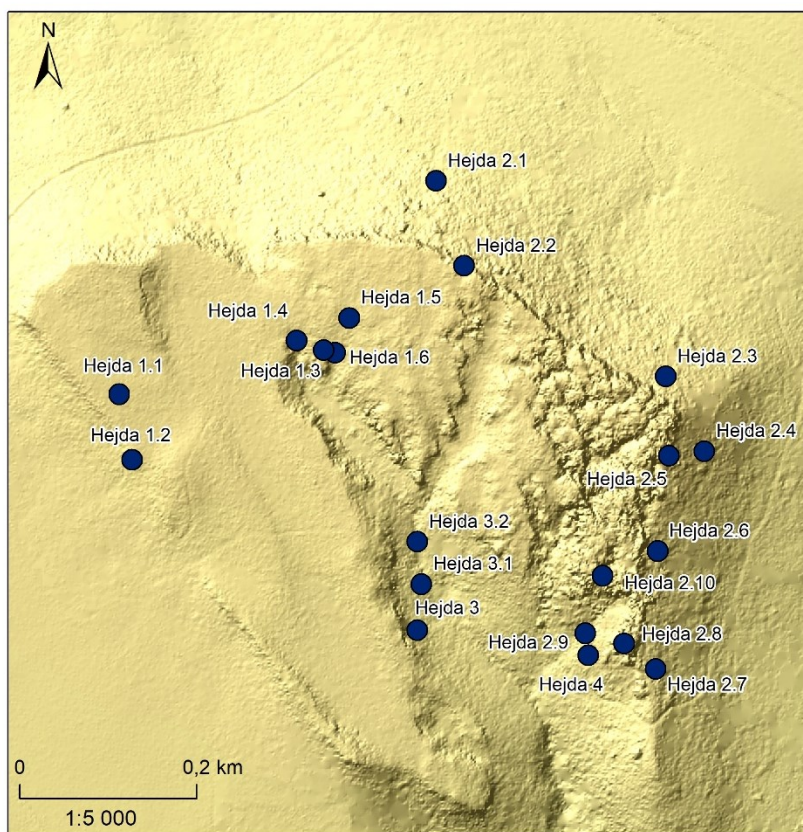
Lokace 2.4 odpovídá významné turistické lokaci Kočičích skal – Kočičí hrad. Zde bylo provedeno jenom 5 strukturních měření, proto dané výsledky nelze zhodnotit jako spolehlivé. Převládající směr lineárních prvků odpovídá tendenci hlavního směru průběhu puklin v oblasti Kočičích skal - $120^{\circ}/300^{\circ}$ (SZ – JV). Vedlejší směry se souhlasí s vedlejšími směry lokace - $30^{\circ}/210^{\circ}$ (JJZ – SSV) a $60^{\circ}/240^{\circ}$ (JZ – SV). Vedlejší směry jsou kolmé na převládající směr průběhu lineárních prvků. Směr sklonu je 210° při sklonu ploch puklin nepřesahujících 80° (obr. 50).



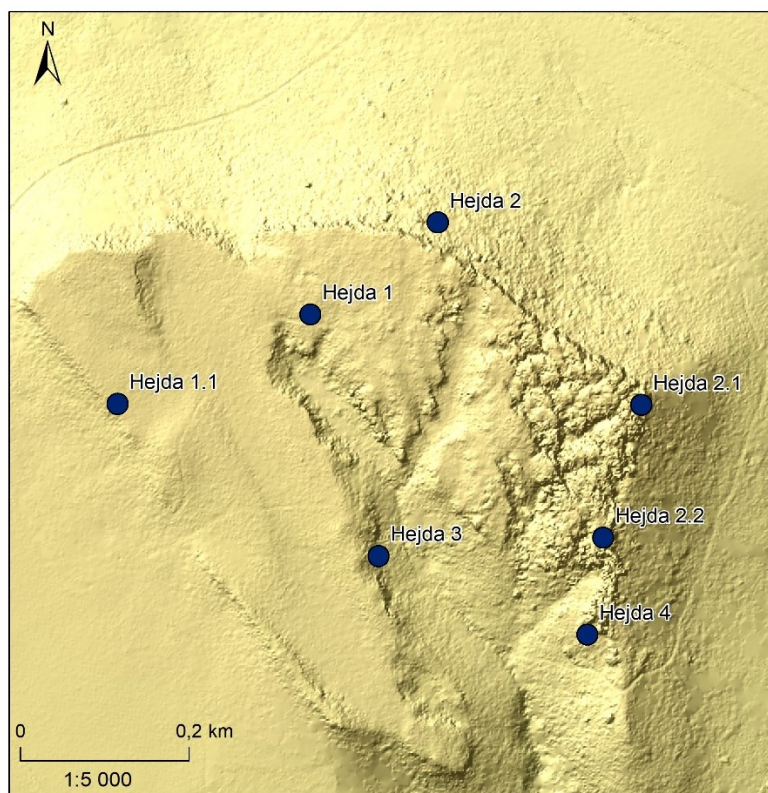
Obrázek 50: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Kočičí skály 2.4. (Zdroj: vlastní měření)

5.1.3 Hejda

Stolová hora Hejda je poslední velkou oblastí terénních výzkumů, která se nachází severně od dvou výše popsaných oblastí. Celkově zde bylo provedeno 235 strukturních měření, které byly následně rozdělené do 7 jednotlivých skupin dle lokalit měření (obr. 51, 52).



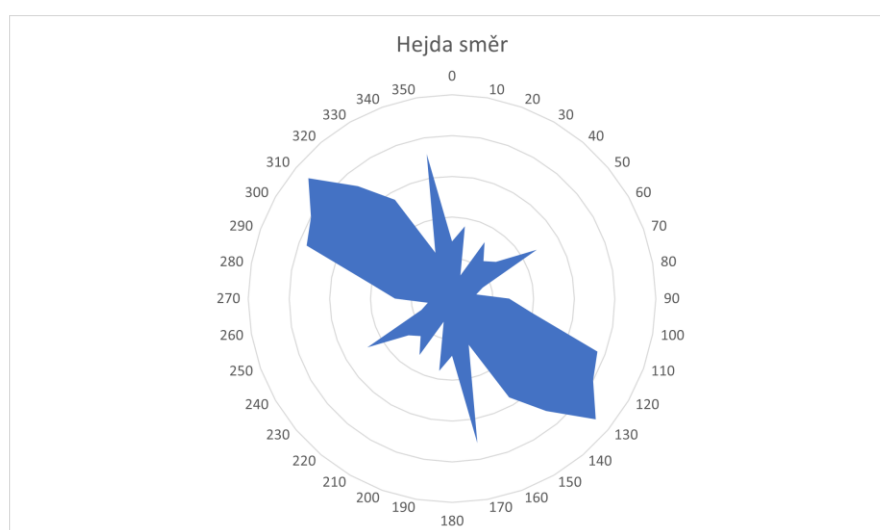
Obrázek 51: Mapa zobrazující polohy jednotlivých strukturních měření na Hejdě.
(Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)



Obrázek 52: Mapa zobrazující polohy hlavních skupin strukturních měření na Hejdě.

(Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

Převládající směr průběhu lineárních prvků v celé oblasti je $120^{\circ}/300^{\circ}$ nebo směr SZ – JV (obr. 53). Tento směr odpovídá převládajícímu směru Polického tektonického zlomu a také směru puklinových systémů Ostaše. Skupiny se skládají z jednotlivých bodů měření.



Obrázek 53: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů na Hejdě. (Zdroj: vlastní měření)

1) Hejda 1.

Do lokace číslo 1 spadá 4 různých bodů na kterých bylo provedeno terénní výzkumní měření. Jedná se o měřicí body 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, které se nachází na severozápadním úpatí formace Hejda. Data jsou velice nehomogenní, i přes to, že do skupiny spadá 40 strukturních měření. Převládajícím směrem je $120^{\circ}/300^{\circ}$ (SZ – JV). Vedlejší směr je $60^{\circ}/240^{\circ}$ (JZ – SV), který je kolmý na převládající puklinový směr. Dle grafického výstupu lze zhodnotit že v dané oblasti existují i odchýlné směry průběhu puklin. Sklon směru v dané lokaci je velice nehomogenní s velkým množstvím odchylek. Za převládající sklon směru lze považovat hodnotu 180° . Sklon plochy puklinových systémů se pohybuje v hodnotách 70° a 80° (obr. 54).



Obrázek 54: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 1. (Zdroj: vlastní měření)

2) Hejda 1.1.

Lokace 1.1 je skupenstvím výzkumných lokalit 1.1 a 1.2 se nacházejících v okolí na severozápad od Hejdy. Výzkumní lokality 1.1 a 1.2 se nachází po různé strany od naměřeného ERT profilu. Celkově bylo provedeno 8 strukturních měření. Převládající směr v dané oblasti je $85^{\circ}/265^{\circ}$ (Z-V), vedlejší směr je kolmý na převládající a odpovídá hodnotě $130^{\circ}/310^{\circ}$ (SZ – JV). Zajímavou výjimkou je převládání směru Z-V nad SZ – JV. Převládající směry sklonu jsou 30° a 150° , vyskytují se i vedlejší směry sklonu. Sklon ploch puklinových systémů je 80° (obr. 55).



Obrázek 55: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 1.1. (Zdroj: vlastní měření)

3) Hejda 2.

Jedná se o skupinu dvou měřících bodů 2.1 a 2.2, které se nacházejí na sever až severovýchodním úpatí Hejdy. Celkově tady bylo provedeno 39 strukturních měření. Za převládající puklinový směr uvažujeme směr $140^{\circ}/320^{\circ}$ (SZ-JV). Vedlejší směry průběhu lineárních prvků jsou kolmé na převládající a odpovídají hodnotám $20^{\circ}/200^{\circ}$ a $50^{\circ}/230^{\circ}$ (JZ – SV). Převládající směry sklonu jsou 50° a 120° . Hlavní sklon puklinových ploch je 80° (obr. 56).



Obrázek 56: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 2. (Zdroj: vlastní měření)

4) Hejda 2.1.

Do lokality spadá měřící body 2.3, 2.4, 2.5, které se nacházejí na západním úpatí Hejda, kde bylo provedeno 42 strukturních měření (obr. 57). Dle grafických výstupů lze zjistit dva převládající směry puklinových systémů - $140^{\circ}/320^{\circ}$ (SSZ – JJV) a $110^{\circ}/290^{\circ}$ (SZ – JV). Vedlejší směr je Sklon ploch puklin, kde probíhalo měření se rovná 80° .



Obrázek 57: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 2.1. (Zdroj: vlastní měření)

5) Hejda 2.2.

Lokace 2.2 do sebe zahrnuje dva měřících bodů 2.6 a 2.10 (obr. 58). Body se nacházejí na jižním úpatí Hejdy, kde bylo provedeno 46 strukturních měření. Převládající směr průběhu lineárních prvků je SZ – JV. Hodnoty se pohybují mezi $130^{\circ}/310^{\circ}$ a $170^{\circ}/350^{\circ}$. Vedlejší směr je 80° (V) kolmý na převládající směr puklin. Směr sklonu odpovídá intervalu hodnot 50° až 80° . Sklon ploch puklin je 80° .



Obrázek 58: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 2.2. (Zdroj: vlastní měření)

6) Hejda 3.

Lokace zabírá oblast jihozápadního úpatí Hejdy, kde bylo provedeno 17 strukturních měření na třech jednotlivých místech. Výsledky jsou homogenní i při malém počtu provedených měření. Převládající směr průběhu puklinových systémů je $120^{\circ}/300^{\circ}$ (SZ – JV), vedlejší směr odpovídá JZ – SV směru ($40^{\circ}/220^{\circ}$). Hodnoty směru se pohybují v rozmezí 20° až 60° při sklonu 80° (obr. 59).



Obrázek 59: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 3. (Zdroj: vlastní měření)

7) Hejda 4.

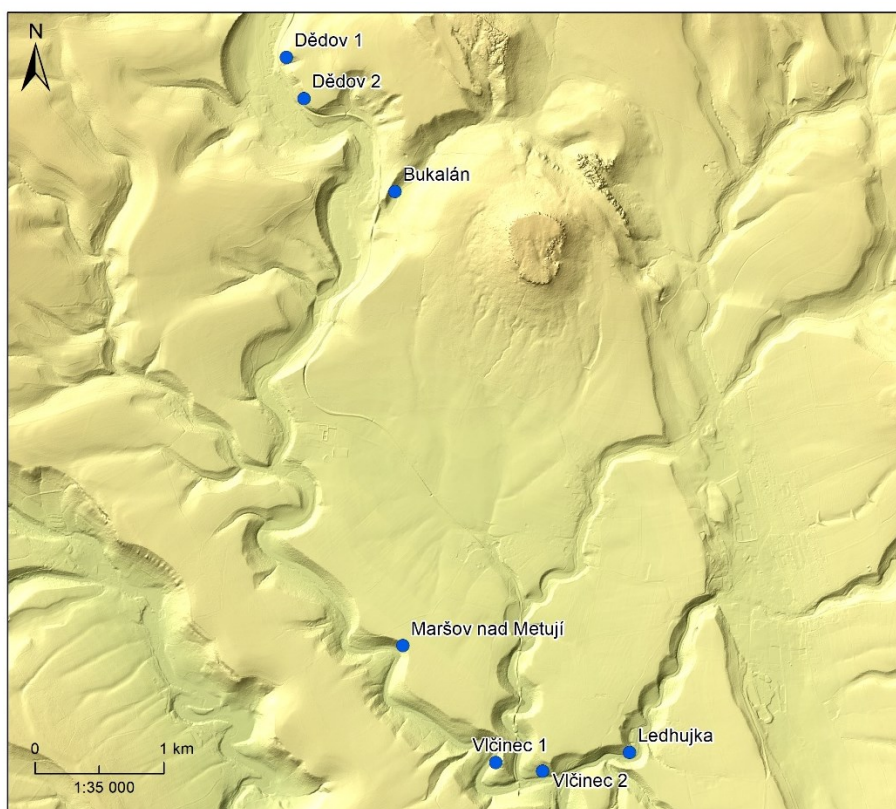
Poslední skupinová lokace zabírá jižní část úpatí Hejdy, kde proběhlo 46 strukturních měření na 4 lokacích. Převládající směr průběhu lineárních elementů je SSZ – JJV neboli hodnotám $130^{\circ} - 170^{\circ}/310^{\circ} - 350^{\circ}$. Směry sklonu puklinových systémů jsou kolmé na směry průběhu systémů puklin. Převládající směr sklonu je 40° při sklonu ploch 80° (obr. 60).



Obrázek 60: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Hejda 4. (Zdroj: vlastní měření)

5.1.4 Údolní oblasti

Pro pochopení geomorfologického stavu celé zkoumané oblasti se měření prováděly jak na skalních výchozech Ostaše, Hejdy a Kočičích skal, tak i v okolní údolní oblasti. Plocha celé měřené oblasti se rovná 16,5 km² a je omezena průběhem údolní sítě. Severní hranice zkoumané oblasti probíhá severně od Hejdy. V oblasti hlavních geomorfologických jednotek Ostaš, Hejda a Kočičí skály a v údolích kolem se prováděly strukturální měření. Měření byly rozdělena na dvě větší skupiny. Celkově bylo vymezeno 5 míst strukturálních měření (obr. 61).



Obrázek 61: Mapa zobrazující polohy strukturálních měření v okolní oblasti. (Zdroj: DMR 5G a mapování v programu ArcMap 10.7.1 dle vlastních měření)

První skupina strukturálních měření zasahuje oblast skalních výchozů v oblasti vesnice Dědov. Celkově na výchozech bylo provedeno 70 strukturálních vyměření. Výsledky vykazují nehomogenní výsledky (obr. 62). Převládající směr orientace puklinových soustav je 140°/320° (JJV – SSZ). Vedlejší směr odpovídá hodnotám 50°/230° (JZ – SV) a tvoří spolu s převládajícím směrem pravoúhlý systém. Dle grafických výsledků lze posoudit, že hodnoty jsou velice odchylné. Naopak směr sklonu je homogenní. Za převládající směr sklonu se považují 40° při sklonu ploch puklinových systémů 80°.



Obrázek 62: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Dědov. (Zdroj: vlastní měření)

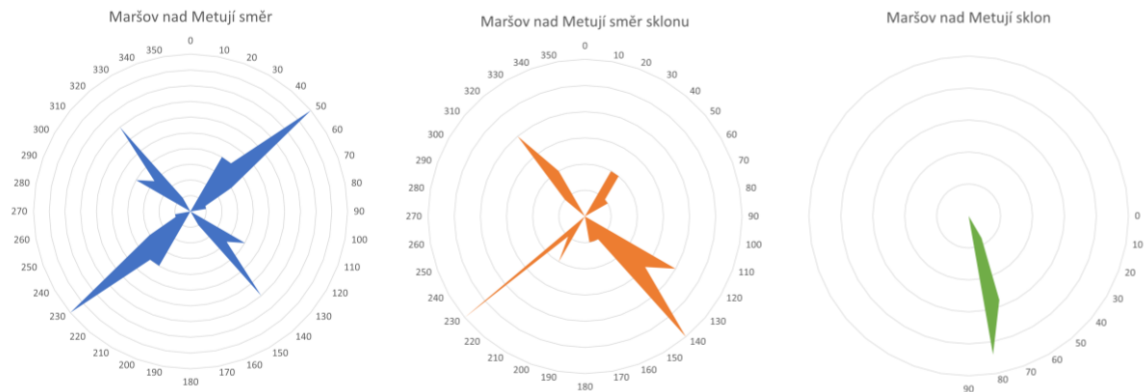
Polohově nejblíže měření k Dědovu probíhalo v údolí potoka Pelegrinky v oblasti Bukalán. Zde celkově proběhlo 56 měření na jednotlivých puklinách. Data jsou velice homogenní a směry průběhu puklinových systémů odpovídají směrům Polického a Skalského zlomového pásma. Převládající směr orientace puklin je $140^{\circ}/320^{\circ}$ (JJV – SSZ), vedlejší je $45^{\circ}/225^{\circ}$ (JZ – SV). Směr sklonu puklin převážně je 50° při sklonu ploch puklinových systémů 80° (obr. 63).



Obrázek 63: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Bukalán. (Zdroj: vlastní měření)

Na digitálním modelu reliéfu lze vidět, že oblast jižně od Ostaše je z velké části tvořena rovinnou oblastí. Vzhledem k okolním podmínkám další strukturální měření proběhly v údolní oblasti na jižním okraji oblasti zajmu. Měření se prováděly v oblasti údolní sítě Mětuje na různých skalních výchozech podél potoka. Podél vodního toka probíhá turistická stezka. Celkově v údolí Mětuje (okolí Maršova nad Metují) bylo provedeno 40 strukturálních měření

na skalních výchozech. Za převládající směr orientace lze považovat směr $50^\circ/230^\circ$ (JZ – SV), vedlejší činí JJV – SSZ směr ($140^\circ/320^\circ$). Naměřené hodnoty směru sklonu se vyskytují v intervalech odpovídajícím směrům JV – SZ, JZ – SV, ale jako převládající můžeme označit směr sklonu 140° . Sklon ploch puklinových systémů je 80° (obr. 64).



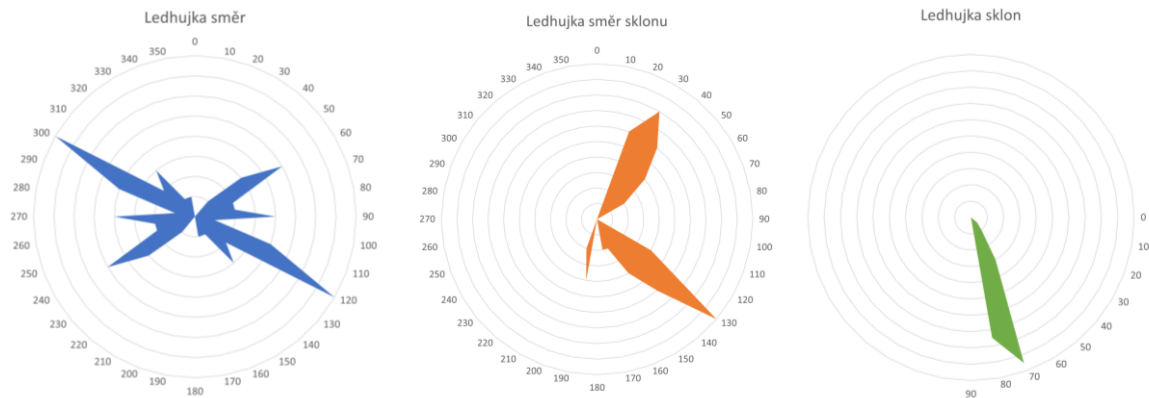
Obrázek 64: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Maršov nad Metují. (Zdroj: vlastní měření)

Další měření podél toku Metuje byla shromážděna do skupiny, která odpovídá lokalitě zříceného hradu Vlčinec. Celkově zde bylo provedeno 83 strukturních měření, kde převládající směr orientace puklinových systémů odpovídá $130^\circ/310^\circ$ (JV – SZ) neboli zároveň průběhu Polického zlomového pásma. Za převládající směr sklonu lze považovat směr SV – JZ v dané lokalitě. Sklon puklin dle výsledků provedených měření nepřesahuje 80° (obr. 65).



Obrázek 65: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Vlčinec. (Zdroj: vlastní měření)

Poslední proměřená lokalita je totéž údolní oblast na jiho-východě zájmové oblasti. Měření odpovídá údolní oblasti vodního toku Ledhujky. Celkově v okolí bylo provedeno 43 strukturních měření s velice odlišnými hodnotami směru průběhu puklinových systémů. Za převládající orientaci puklin lze považovat směr $120^{\circ}/300^{\circ}$ (JJV – SSZ). Tento směr je sub-paralelní průběhu Polického zlomového pásma. Směry sklonu odpovídají směrům SSV (30°) a JV (130°). Sklon ploch puklinových systémů odpovídá hodnotám 70° a 80° (obr. 66).

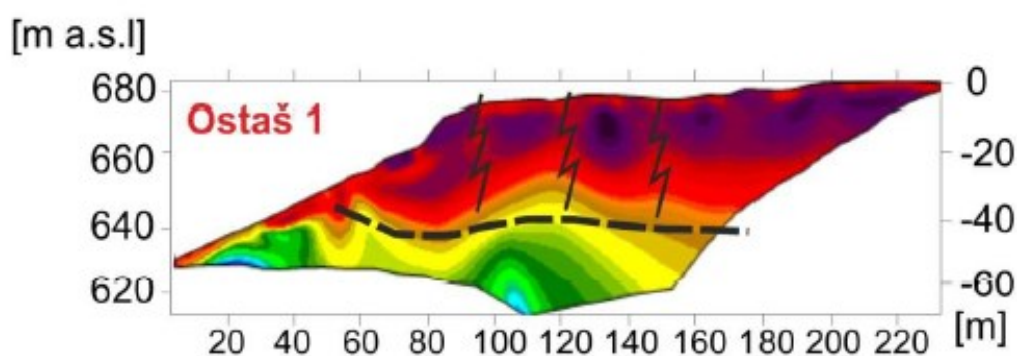


Obrázek 66: Grafy zobrazující směry průběhu, směr sklonu a sklon zlomových systémů na naměřené lokalitě Ledhujka. (Zdroj: vlastní měření)

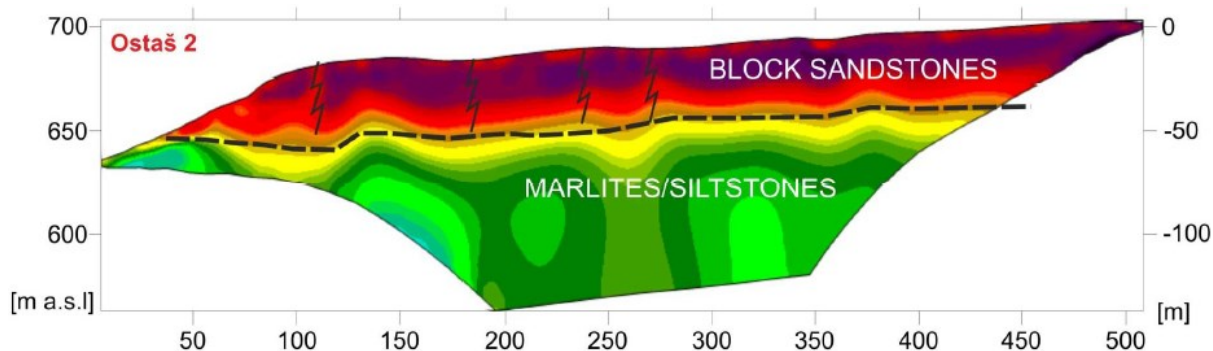
5.2 Elektrická odporová tomografie (ERT)

Měření byla prováděna na hlavních geomorfologických jednotkách oblasti. Přes stolovou horu Ostaš byly vedeny dva profily. Jeden profil protíná Kočičí skály. Tři ERT profily probíhají v oblasti stolové hory Hejdy. Další profily jsou měřeny v údolních oblastech. Měřené délky profilů se liší, ale většinou se pohybují od 350 do 550 metrů. Délka měřeného profilu určuje hloubku profilu. Přibližná hloubka měřených profilů sahá do 150 m pod povrchem.

Profily měřené na stolové hoře Ostaš mají směr průběhu profilů JZ – SV. Profil Ostaš 1 probíhá od západního úpatí formace k vrcholu Ostaš a má celkovou délku profilu 240 m s maximálně dosaženou hloubkou 70 m (obr. 67). Profil Ostaš 2 má počátek na jihozápadním úpatí Ostaše, vede přes vrchol a končí na severovýchodním okraji vrcholové části. Profil Ostaš 2 je delší a zároveň i hlubší (obr. 87). Profil má délku 510 m a maximální hloubku 125 m. Hodnoty měrného odporu byly interpretovány a zobrazeny pomocí programu v podobě barevných 2D profilů (Tábořík et al. (in prep.)). Dle interpretovaných výsledků lze vyhodnotit tloušťku pískovcových bloků a lokalizovat hloubku a hranici litologické báze. Pískovcové bloky v oblasti stolové hory Ostaš jsou 30 až 50 m silně, následuje je litologická hranice báze stolové hory, která je tvořena prachovcem. Litologická hranice báze se nachází v nadmořské výšce cca 650 m n.m. (pro porovnání vrchol Ostaše se nachází v 680 m n.m.). Pod oblasti stolové hory Ostaš neprobíhá žádná zlomová struktura, to bylo potvrzeno ERT měření. V oblasti vrcholu stolové hory Ostaš došlo k lokalizaci několika tahových trhlin, které vznikly tlakem na kvádrové pískovce. Trhliny se objevují jedině mezi pískovcovými bloky a končí na litologické hranici báze formace.

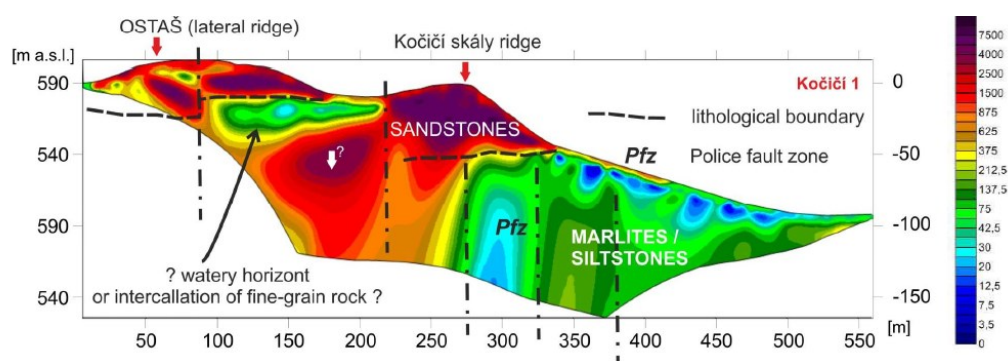


Obrázek 76: ERT profil Ostaš 1 (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))



Obrázek 68: ERT profil Ostaš 2. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

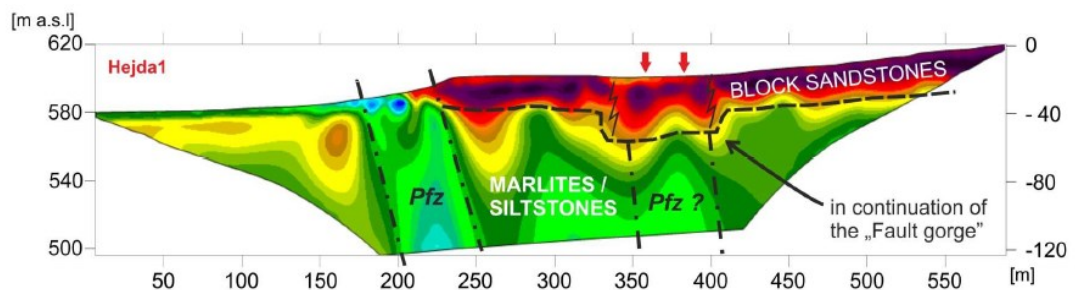
ERT profil Kočičí 1 probíhá od východního úpatí Ostaše přes oblast Kočičích skal až k východnímu úpatí a má délku 555 m (obr. 69). Výsledky ukazovaly že tloušťka kvádrových pískovcových bloků se pohybuje v rozmezí 20 až 50 m, pod kterými se nachází hranice litologické báze formace. Litologická báze Kočičích skal leží v nadmořské výšce 540 m n.m. Pokles litologického podloží začíná již na východním bočním úpatí stolové hory Ostaš. Východní část je pokleslá o přibližně 70 m. Tento pokles je zaznamenány i na geologickém řezu dané lokality. V oblasti Kočičích skal hranice litologického podloží je zároveň nižší. Dle grafického výstupu měření je velice dobře zaznamenán průběh Polického zlomového pásma přímo pod oblasti Kočičích skal. Hodnoty měrného odporu v lokalizovaném místě průběhu zlomové struktury byly velice nízké. Pod východním bočním úpatím Ostaše již bylo zaznamenáno místo nižších hodnot měrného odporu. Je možné, že se jedná o více vodivý horninový horizont nebo formace jemnozrnné horniny (Tábořík et al. (in prep.)). Litologické podloží je tvořeno prachovcem dle hodnot měrného odporu.



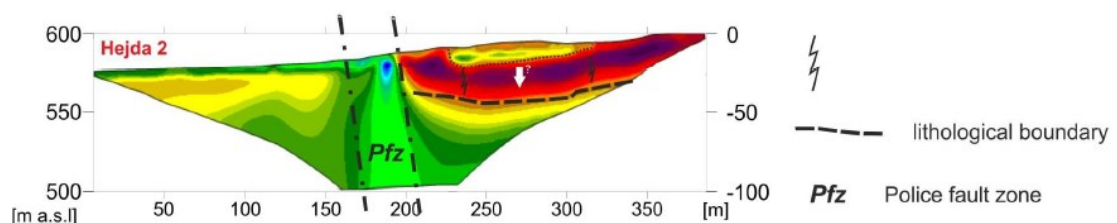
Obrázek 69: ERT profil Kocici 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Další zkoumanou oblasti pro měření ERT je Hejda. V oblasti Hejdy byla provedena tři paralelních měření. Výsledkem jsou Hejda 1, Hejda 2, Hejda 3. Profily mají JZ – SV směr

průběhu a sahají do vnitřní oblasti Hejdy. Profily Hejda 1 a Hejda 2 mají délky 575 a 400 m respektive. Profil Hejda 1 velice dobře a přehledně ukazuje kvádrové pískovcové bloky na Hejdě. Jejich tloušťka tvoří 20 až maximálně 30 m (obr. 70). Dle pískovcových formací lze zjistit i polohu hranice litologického podloží. Báze Hejdy je tvořena prachovcem a nachází se v nadmořské výšce 575 m n.m. Mezi 350 a 400 m od počátku měření dochází k výkyvu měřených hodnot (Tábořík et al. (in prep.)). Kvádrové pískovce a litologické hranice báze jsou pokleslé o několik metrů na rozdíl od okolních hodnot. Důvodem může být průběh jiné zlomové struktury paralelní s průběhem Polické zlomové struktury (Tábořík et al. (in prep.)). Průběh Polické zlomu na západ od Hejdy je zároveň zaznamenán odlišnými hodnotami měrného odporu na ERT profilu. Profil Hejda 2 je kratší a zasahuje do menších hloubek. Také ale potvrzuje přítomnost kvádrových pískovců a jejich tloušťku (25–30 m). Nadmořská výška hranice litologického podloží odpovídá naměřeným hodnotám profilu Hejda 1, a to je 570 m n.m. Na profilu je také zaznamenán průběh Polického zlomu. Zlom probíhá více na východ. To je potvrzením JV – SZ směru průběhu Polického zlomu. Na profilu Hejda 2 je totiž zaznamenán pokles horizontu kvádrových pískovců a výskyt menší lokace jemnozrnných hornin nad pískovci (Tábořík et al. (in prep.), obr. 71). Podél hranice daných pokleslých úseků lze vypožorovat i výskyt menších trhlin. Profil Hejda 3 není zahrnut do závěrečné práce.

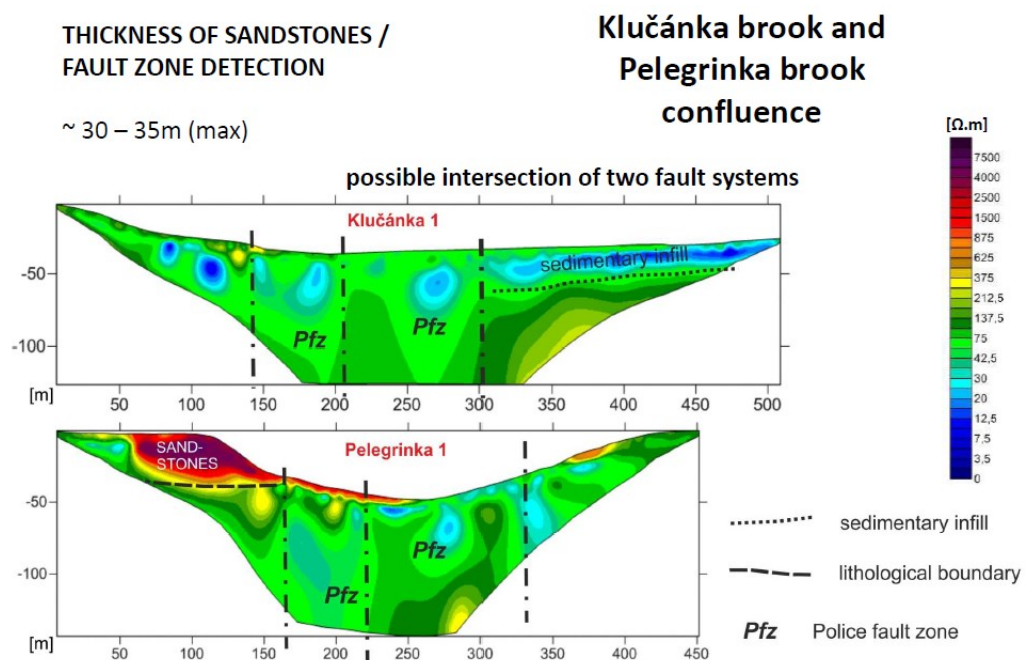


Obrázek 70: ERT profil Hejda 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))



Obrázek 71: ERT profil Hejda 2. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

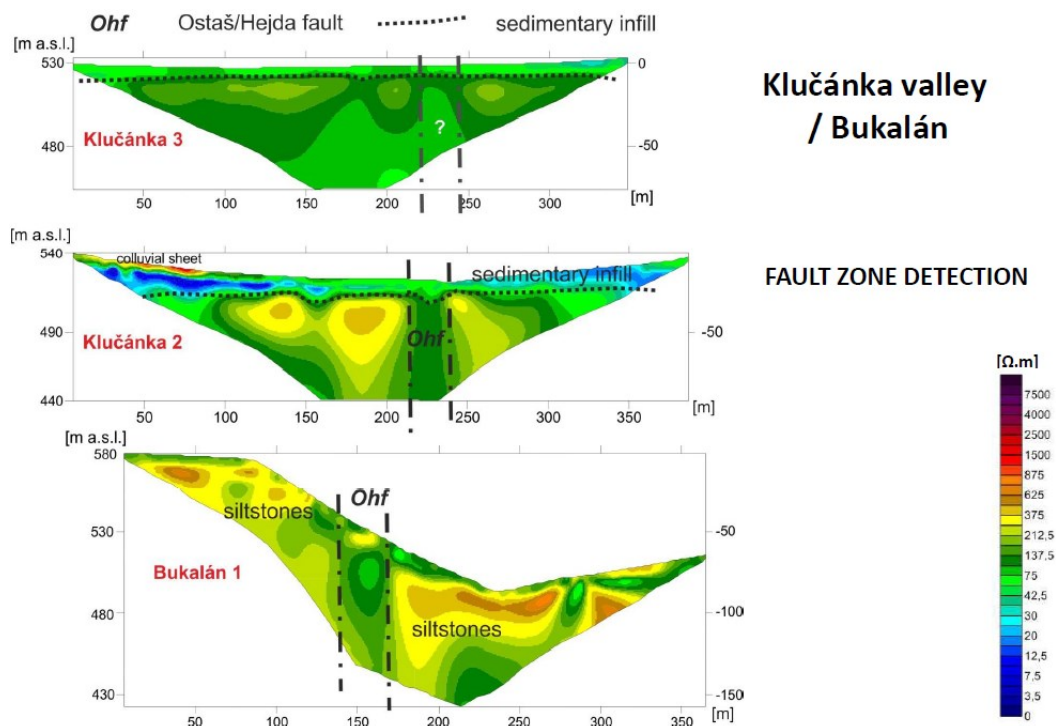
ERT měření se prováděly v okolních oblastech Kočičích skal, Hejdy a Ostaše. ERT profily potvrdily průběh Polického zlomového pásma v zájmové oblasti. Bylo prokázáno, že směr průběhu Polického zlomu skutečně odpovídá předpokládanému JJV – SSZ směru (Tábořík et al. (in prep.)). Hodnoty měrného odporu v oblasti zlomové struktury odpovídají hodnotám prázdného prostředí. Profily měřené na Kočičích skalách jsou potvrzením průběhu Polického zlomu pod oblastí Kočičích skal, jejich směr odchyluje k JJV – SSZ (Tábořík et al. (in prep.)). Výsledky měření v oblasti Kočičích skal potvrdilo existenci jedné lokality průběhu Polického zlomu a naznačilo existenci i druhé možné lokality průběhu zlomové struktury Polického zlomového pásma (obr. 68). Následně náznaky existenci Polického zlomu byly sledovány a potvrzeny profily Pelegrinka 1 a Klučanka 1 (obr. 72). Daný úsek na profilech naznačuje přítomnost dvou zlomových struktur a jejich intersekcii (Tábořík et al. (in prep.)). Hodnoty měrného odporu ukazují na dvě zlomové linie, které pravděpodobně spadají do Polického zlomového pásma.



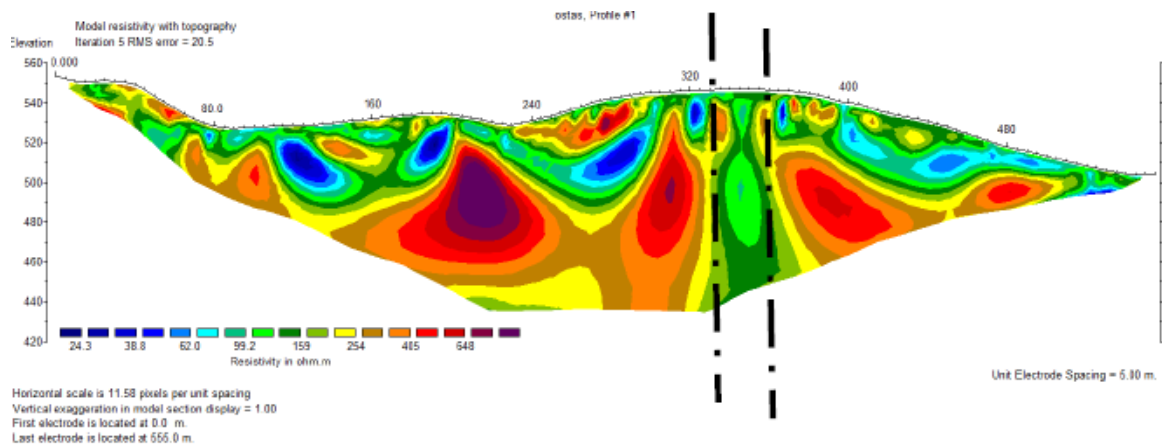
Obrázek 72: ERT profily Klučanka 1 a Pelegrinka 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

Další náznaky Polického zlomu a struktur zlomového pásma byly objeveny i v oblasti Hejdy. Profil Hejda 1 velice dobře ukazuje jednu oblast výskytu Polického zlomového pásma a naznačuje i lokalitu výskytu druhé zlomové struktury, která pravděpodobně bude součástí stejného pásma (obr. 70). Profil Hejda 2 je relativně kratší pro vyhodnocení existence jiné zlomové linie.

Dané výsledky ukazují na schopnost metody vyhodnotit zlomové struktury v prostředí. Měření ERT dodalo informace o možné existenci jiné zlomové struktury, která již není součástí Polické zlomové zóny. Jedná se o zlom, který probíhá mezi oblastmi Ostaše a Hejdy a byl poznamenán jako Ostaš/Hejda zlom (Tábořík et al. (in. prep.)). Zlomová struktura Ostaš/Hejda není označena v geologických mapách, ale její existence je potvrzena výsledky různých měření. Dle předpokladů zlomová struktura je paralelní Skalskému zlomu a probíhá podobným směrem. Zlomová struktura zasahuje území zájmové oblasti a probíhá údolím mezi lokalitami Hejdy a Ostaše (Tábořík et al. (in. prep.)). Podél údolní oblasti byly provedeny ERT měření (obr.72, 74). Výskyt zlomového úseku byl zaznamenán na sedmi profilech, čtyři se nacházejí v zájmové oblasti. Tři další profily potvrzují průběh a existenci zlomu i mimo zájmovou oblast (obr. 75). Zlomová linie Ostaš/Hejda byl potvrzena ERT měřením již v roce 2016 (Tábořík et al. (in. prep.)). Dle výsledků lze říct, že zlom Ostaš/Hejda je paralelní Skalskému zlomu. Pravděpodobně se jedná o zlomové pásmo, které se skládá z jednotlivých paralelních zlomových linií. To vysvětluje i posun zlomu. Profily ERT měření mimo zájmovou oblast jsou již zpracovávají. Předběžné výsledky naznačují výskyt zlomu i mimo zájmovou oblast (Tábořík et al. (in. prep.), obr. 76).

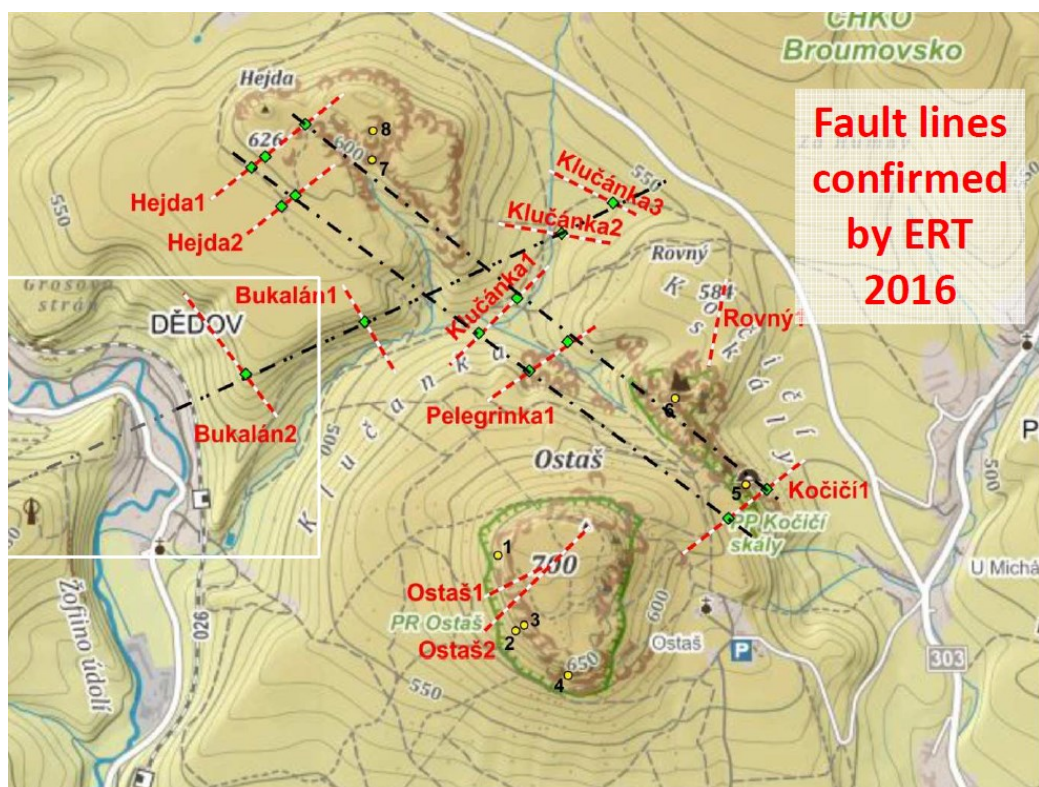


Obrázek 73: ERT profily Klučánka 2, Klučánka 3, Bukalán 1. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

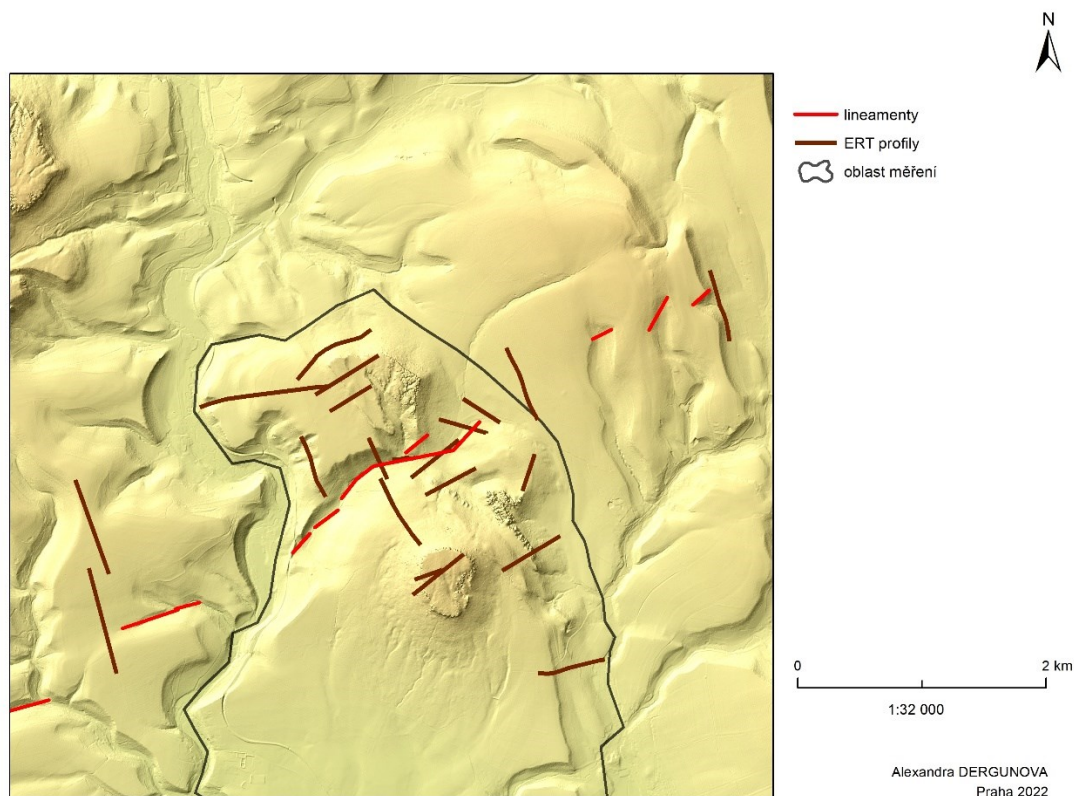


Obrázek 74: ERT profil Bukalán 2. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))

V oblasti údolí potoku Klučánka dochází k protínání Polické zlomové zóny a zlomu Ostaš/Hejda. Posunutí zlomových linií lze vyzorovat v celém průběhu OHF (zlom Ostaš/Hejda). K podobné situaci dochází i v údolí potoku Pelegrinka, kde Polický zlom se zatočí k západu (Tábořík et al. (in. prep.)).



Obrázek 75: Mapa zobrazující průběh zlomových linií v zájmové oblasti a průběh ERT profilů. (Zdroj: Tábořík et al. (in prep.))



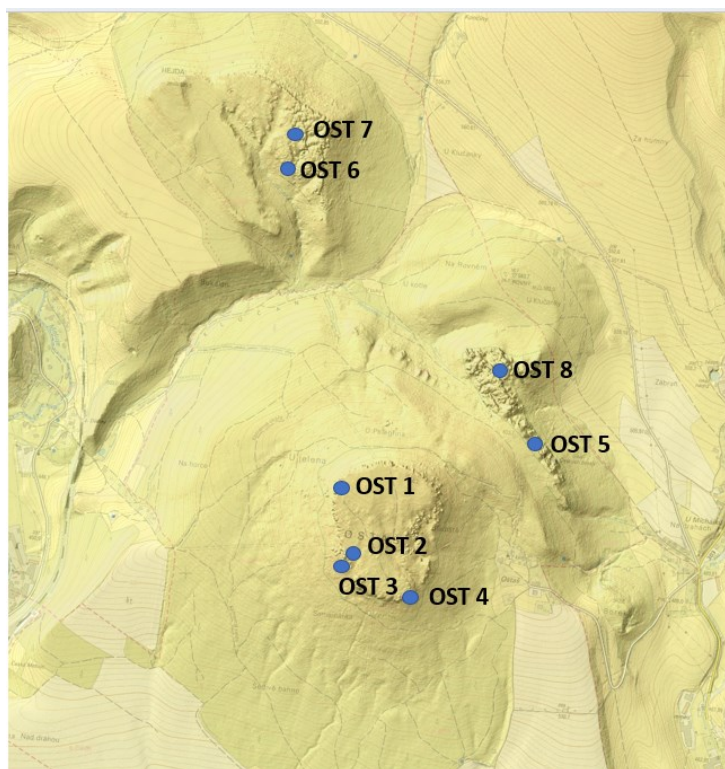
Obrázek 76: Mapa zobrazující průběh vybraných lineamentů, které kopírují průběh zlomu Ostaš/Hejda a ERT profilů. (Zdroj: DMR 5G, zmapované profily měření ERT (Tábořík et al. (in prep.)) a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

Velice zajímavou oblastí zůstává oblast stolové hory Hejda. Dle výsledků elektrické odporové tomografie lze říct o výskytu a průběhu zlomových struktur Polického zlomového pásma v dané oblasti. Profily Hejda 1, Hejda 2, Hejda 3 ukazují na výskyt minimálně dvou zlomových struktur pod stolovou horou Hejda. Obě zlomové linie probíhají v západní části stolové hory a oddělují plošinnou západní a skalní východní část od sebe. Polický zlom mohl oddělit dvě součásti Hejdy a způsobit vznik výchozů, které současně vytváří okraj stolové hory a kolabují do vnitřní části. Posun probíhá podél Zlomové rokle (neboli fault gorge). Vypracované ERT profily Kočičí 1, Pelegrinka 1, Klučánka 1, Hejda 1 potvrdily průběh dvou zlomových struktur. Zlomová rokle se nachází na jedné z objevených paralelních linií zlomů, již následně ukazují, že vznik rokle byl opravdu podmíněn Polickým zlomem (Tábořík et al. (in prep.)). Výskyt zlomové rokle vede k silným gravitačním a erozním pohybům ve vnitřní části Hejdy. Důkazem je i ERT profil naměřený v údolí Pelegrinky. Předběžné výsledky ukazují na existenci písečného kuželu, který je pravděpodobně tvořen materiálem kvádrových pískovců, odnášených ze vnitřní části Hejdy (Tábořík et al. (in prep.)). ERT nebyly již zpracovány během napsání diplomové práce.

Dlouhodobé měření pomocí ERT metody v dané oblasti vede k dalším výsledkům. Byly zjištěny nadmořské výšky litologických podloží a hodnoty mocnosti vrstev kvádrových pískovců na jednotlivých lokalitách. Mocnost pískovcových bloků se velice odlišuje a nemůže vysvětlit značné rozdíly v nadmořských výškách jednotlivých geomorfologických formací (Tábořík et al. (in. prep.)). Pravděpodobně jedná se o zásah tektonické struktury ležící mezi oblastí Ostaše a Hejdy, která podél které by mohlo dojít ke zdvihu. ERT měření odhalilo možné zlomové zóny a zároveň zóny narušení pískovcových masivů (Tábořík et al. (in. prep.)). Z výsledků měření vyplývá možnost vlivů a řízení vývoje kvádrových pískovcových bloků tektonikou. Měření ERT metodou také odhalilo řadu oslabených podpovrchových zón těsně pod oblastmi výrazných pseudokrasových reliéfů (Tábořík et al. (in. prep.)).

5.3 Měření 3D dilatometrem TM - 71

V zájmové oblasti jsou nainstalovány 8 měřících přístrojů TM – 71. Poloha jednotlivých přístrojů je označena v mapě na obrázku 77. V oblasti stolové hory Ostaše měření probíhá ve skalních blocích. Měření se provádí na čtyřech měřidlech. Jedno měřidlo Ostaš 1 se nachází na stolové hoře Ostaš v oblasti Vysoké věži. Údaje z TM-71 ukazují na směr sklonu poruchy 52° a sklon 72° . Měřidlo Ostaš 2 bylo nainstalováno na okraji masivu nad Samaritánkou. Ostaš 3 se nachází v masivu nad Samaritánkou. Údaje z TM-71 Ostaš 3 ukazují směr sklonu poruchy v daném místě (46°) a sklon poruchy (82°) (Stejskal 2005). Měřidlo Ostaš 4 je ukotveno u Žďárské vyhlídky. V oblasti Kočičích skal byly ukotveny další dva měřidla. Dilatometry Ostaš 1,2,3,4 jsou umístěny v rozsedlinách v okrajové části vrcholové plošiny, nejčastěji v místech výrazných blokových deformací (Stejskal 2005). Ostaš 5 se nachází poblíž sluje Českých bratří a bodu záchrany NA109. Ostaš 8 je nainstalován na Kočičí chodbě Dva měřidla se nachází v oblasti stolové hory Hejda. Oba měřidla jsou ve vnitřní části, která odpovídá lokalitě Zlomové rokle. Ostaš 6 se nachází jižně od měřidla Ostaš 7. Měřidla na Hejdě byla umístěna do trhlin erozního původu (Stejskal 2005).



Obrázek 77: Mapa zohledňující polohu všech přístrojů TM – 71 v zájmové oblasti.

(Zdroj: ČÚZK topografická mapa a DMR s vlastním upravením)

Roční chod hodnot na ose x odpovídá tepelně podmíněným otevírání a zavírání trhliny. Průběh osy x se koreluje s průběhem teploty, při vyšších teplotách dochází k uzavírání trhliny a přibližování sklíček přístrojů. Na grafech takový pohyb odpovídá negativním hodnotám. Při nižších teplotách dochází naopak k otevírání trhliny a posunu sklíček od sebe. Na grafech to odpovídá pozitivním hodnotám podél osy x. Na všech grafech lze vyzorovat sinusoidní průběh hodnot podél osy x. Důležitou poznámkou ke všem grafům je opačný průběh hodnot osy x. Na grafech maximální hodnoty odpovídají letnímu období, minimální hodnoty odpovídají zimnímu období, což je důsledek převodu měření na velikost pohybu s opačnými hodnotami. Hodnoty na ose x jsou tedy interpretovány opačně v této diplomové práci po konzultaci a domluvě se školitelem. Průběh hodnot a pohyb na ose y ukazují na horizontální pohyb podél hrany trhliny. Menší odchylky a sinusoidní průběh hodnot nejsou však podstatné a nevykazují žádný trend. Odchylky jsou totiž podmíněny ročním chodem teplot. Podobná situace se stává i na ose z, kde mírnější cyklické odchylky korelují s teplotou. Větší skoky a pochyby odkazují ale na vertikální pohyb skalních bloků.

Naměřené hodnoty z měřidla Ostaš 1 neukazují na žádný trend. Na grafu z obrázku 78 lze pozorovat jen sinusoidní průběh hodnot, který odpovídá průběhu průměrných ročních teplot. Měřidlem je totiž pozorovány cyklické opakování hodnot ve všech směrech. Během měření nebyla zaznamenána aktivita svahového pohybu

Výsledky z měřidla Ostaš 2 mají stabilní průběh. Výjimkou je náhlý posun podél osy y v roce 1999. Horizontální posun skalního bloku podél hrany skalního bloku činil 2 cm. Následně nebyl vyzorován žádný trend (obr. 79). Měřidlo Ostaš 3 totiž nezaznamenalo žádný trendů pohybu. V roce 1997 jediné došlo k horizontálního pohybu ve směru osy měřidla. Trhlina se uzavřela dle pozorování na 1,2 cm. Tento výkyv byl ale následován návratem do předchozího stavu bez náznaků dalšího trendu. Posuny podél jiných os nebyly zaznamenány (obr. 80). Dle Košťáka 1997 posuny jsou způsobeny procesem postupného poklesu vnějšího bloku, který je následován poklesem vnitřního bloku na okraje vrcholové plošiny.

Na měřidle Ostaš 4 nebyl zaznamenán žádný pohyb (obr. 81). Dle výsledků Košťáka 2000 zde může docházet k pomalému bočnímu odklání na okraje masivu při stejné šířce rozsedliny.

Výsledky měření přístroje Ostaš 5 nevykazují žádný nznak pohybu. Na grafech lze ale vyzorovat postupné stoupání hodnot na osách x a y v dlouhodobém průběhu (obr. 82). Dle interpretací Košťáka 2000 jedná se o postupné okrajové horizontální rozvolňování a sesedání bloků.

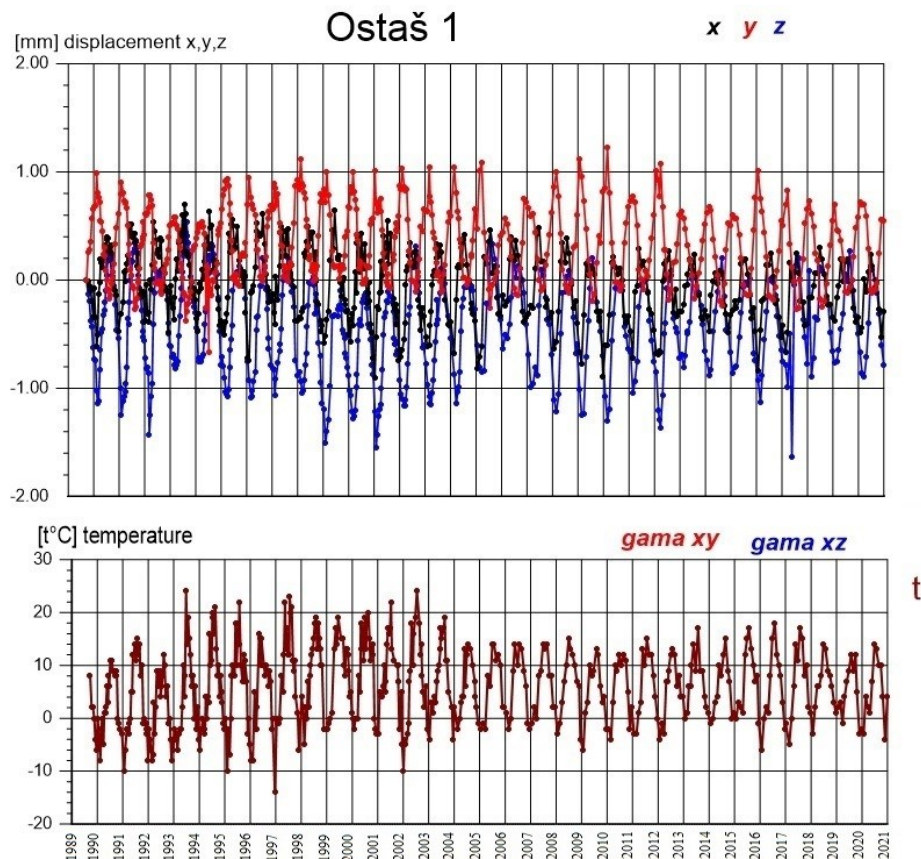
Na výsledcích z měřidla Ostaš 6 lze všimnout velký vertikální svahový pohyb o 8 cm v roce 1998. Menší posun na erozní trhlině byl zaznamenán následně v roce 2001. Pravděpodobně došlo k vertikálnímu poklesu na protilehlé straně trhliny, proto v grafu to je zaznamenáno vzestupem o 1,5 cm. Jedná se o odklánění pískovcových útvarů od vrcholové plošiny. Tento pohyb nebyl nicméně následován žádným trendem. Hodnoty osy x a y jsou stabilní (obr. 83).

Měřidlo Ostaš 7 také zaznamenalo dva posuny ve směru os y a z. V roce 1999 došlo současně k vertikálnímu pohybu a horizontálnímu pohybu ve směru hrany trhliny erozního původu. Jedná se o mírnější pohyb o 0,4 cm. K podobnému pohybu došlo i později v roce 2007. Skalní blok poklesl o 0,4 cm a byl přesunut i horizontálně podél hrany erozní trhliny o stejnou hodnotu. Na erozních trhlinách není umožněn vliv svahových pohybů, proto posun může souviset s pohybem zlomových struktur (Stejskal 2005). Hodnoty osy x nevykazují žádný trend během celého období měření. Cyklický průběh byl zaznamenán i u hodnot os y a z během zbytku měřicího období (obr. 84).

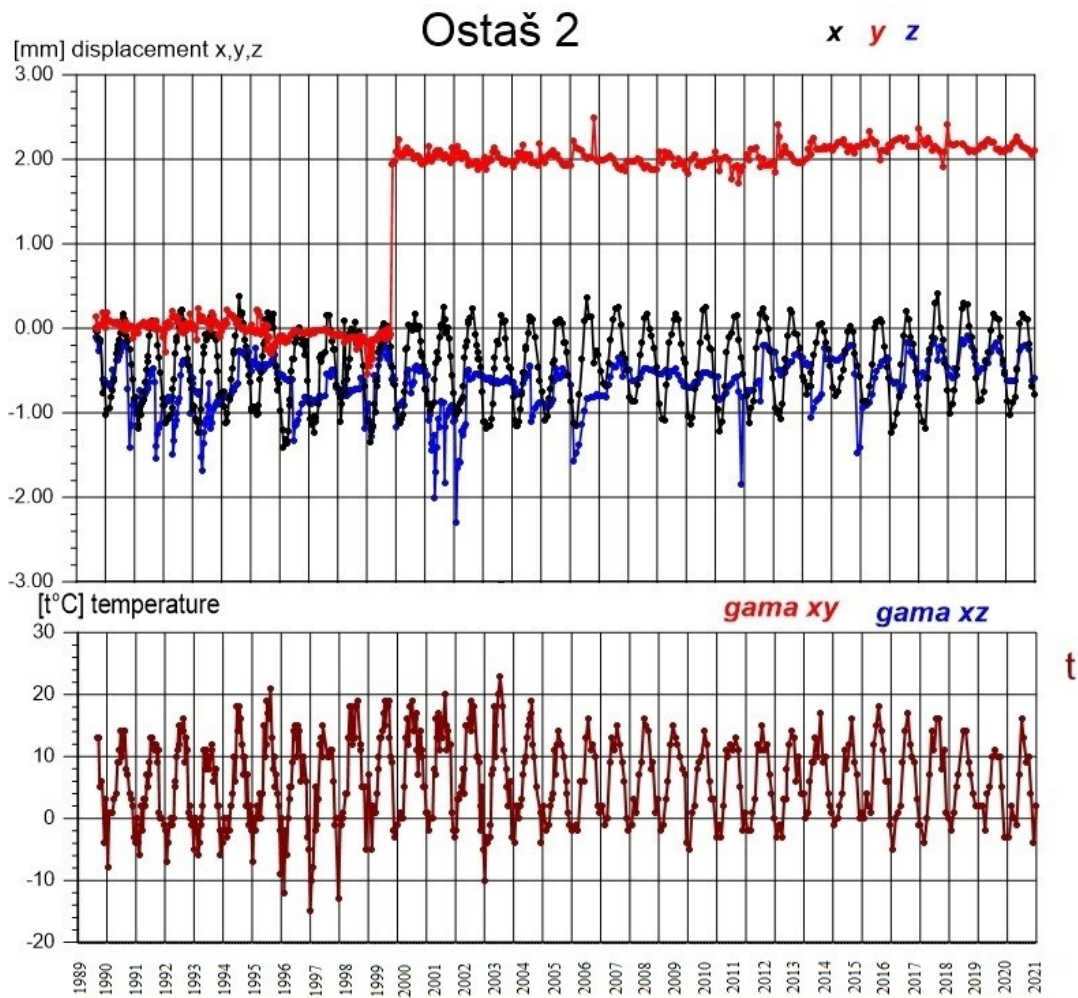
Hodnoty na ose z měřidla Ostaš 8 zaznamenaly několik pohybů ve směru os y a z. Hodnoty na ose x zůstávají stabilní a korelují s teplotou. Od roku 1997 do roku 2000 docházelo k dlouhodobým horizontálním pohybům podél hrany skalního bloku. Hodnoty posunu se pohybovaly v rozmezí od 0,4 cm do 0,8 cm. Mohlo se jednat o pohyb monitorovaného skalního bloku ve směru svahu, který je pokračováním severního okraje kočičího hradu (Stejskal 2005). Od roku 2000 nebyl zaznamenán žádný trend. Stabilní hodnoty osy y korelují s průběhem teplot. V roce 1999 došlo k náhlému vertikálnímu posunu. Skalní blok poklesl o přibližně 1 cm. Následující hodnoty jsou stabilní a nevykazuje se žádný trend (obr. 85). Grafy zohledňující výsledky všech dlouhodobých měření TM – 71 jsou zobrazeny na konci této podkapitoly.

Výsledky měření z přístrojů TM – 71 byly použity v této diplomové práci pro porovnání výsledků ve dvou oblastech. Jedná se o oblast stolové hory Hejda (měřidla Ostaš 6 a 7) a oblast stolové hory Ostaše a Kočičích skal (měřidla Ostaš 1,2,3,4;5,8). Měření na stolové hoře Ostaš (Ostaš 1,2,3,4) potvrzují stabilní stav skalních bloků, kde se nedocházelo k žádným významným trendům pohybu. Oblast Kočičích skal lze totiž považovat za stabilní. Malé výkyvy a posuny zaznamenány na Ostaše 8 byly následovány dlouhodobým obdobím klidu. Měřidla Ostaš 6 a 7, které se nacházejí na Zlomové rokli, naopak potvrzují velké vertikální pohyby a horizontální pohyby podél hrany skalních bloků. Pokles a posun bloků může sloužit potvrzením nestability na stolové hoře Hejda. Dle srovnání dvou oblastí lze vyhodnotit oblast Zlomové rokli a Hejdy za aktivní, kde dochází k současným pohybům

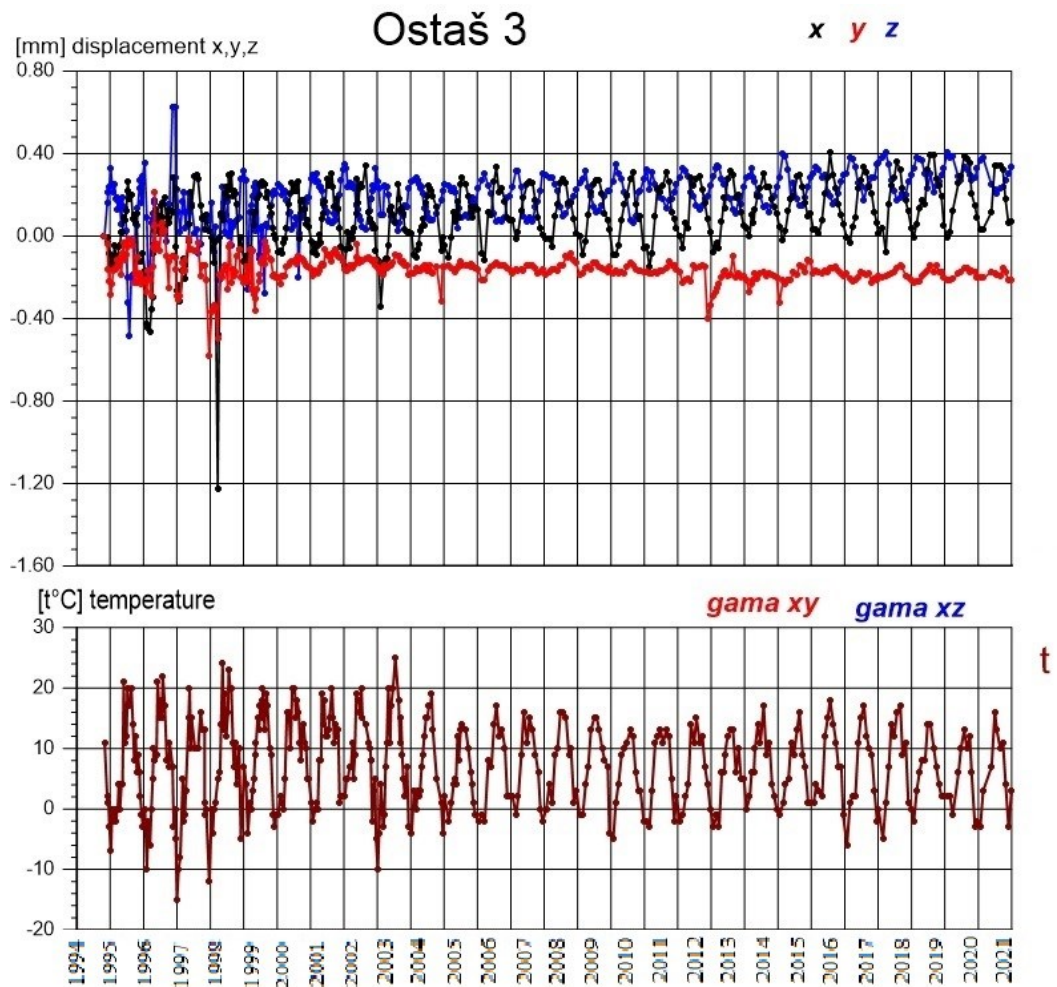
skalním bloků. Povrchové útvary Hejdy, Ostaše a Kočičích skal vznikaly za podobných geologických a jiných podmínek, proto jejich průběh nemůže být velice odlišný. Měření ale ukazují na úplně opak této hypotézy. To může sloužit potvrzením existence zlomové struktury mezi oblastmi Hejdy a Ostaše. Zlomová struktura Ostaš/Hejda může být považována za důvod významného rozdílu trendů pohybů na skalních blocích.



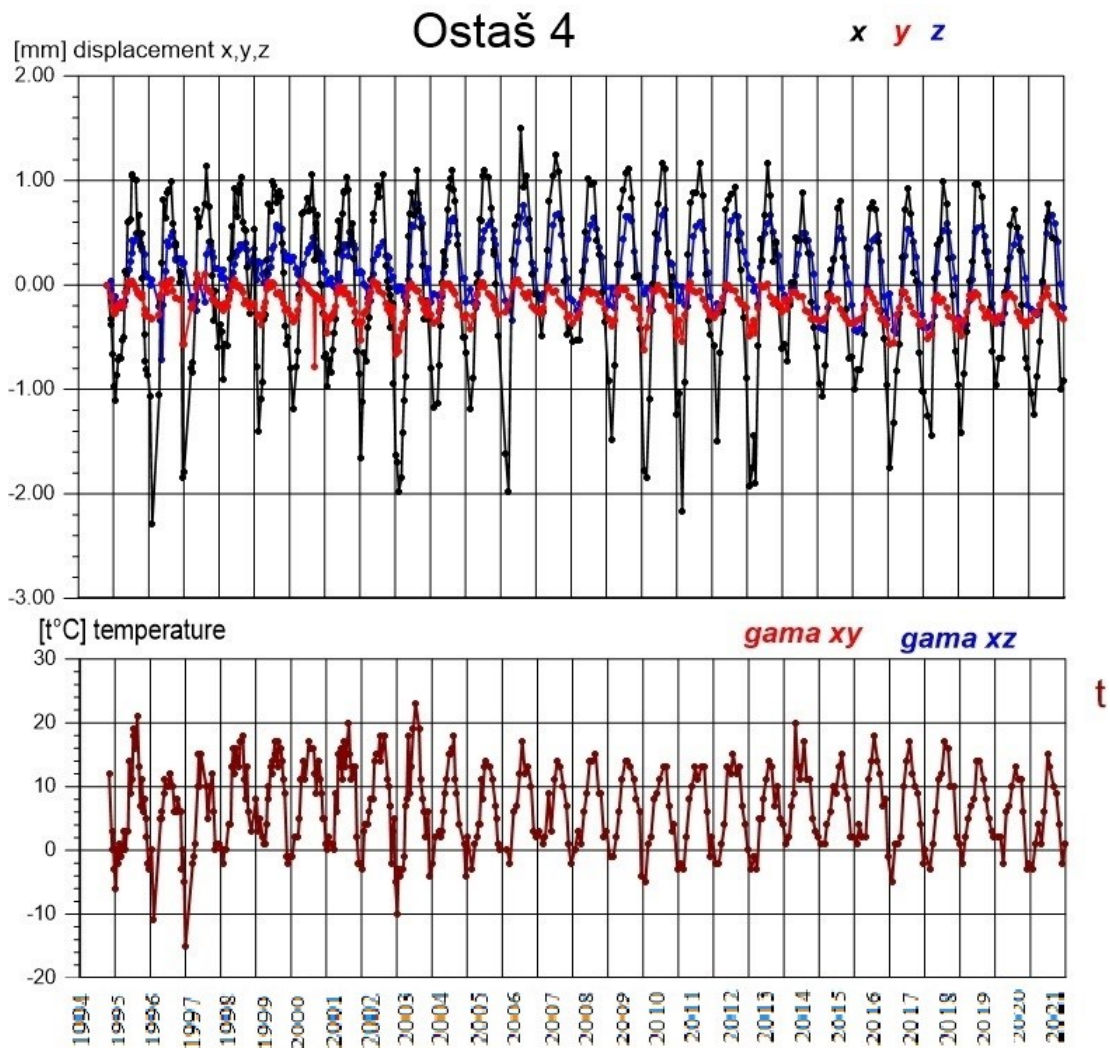
Obrázek 78: Výsledky měření hodnot pohybu na skalních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 1 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).



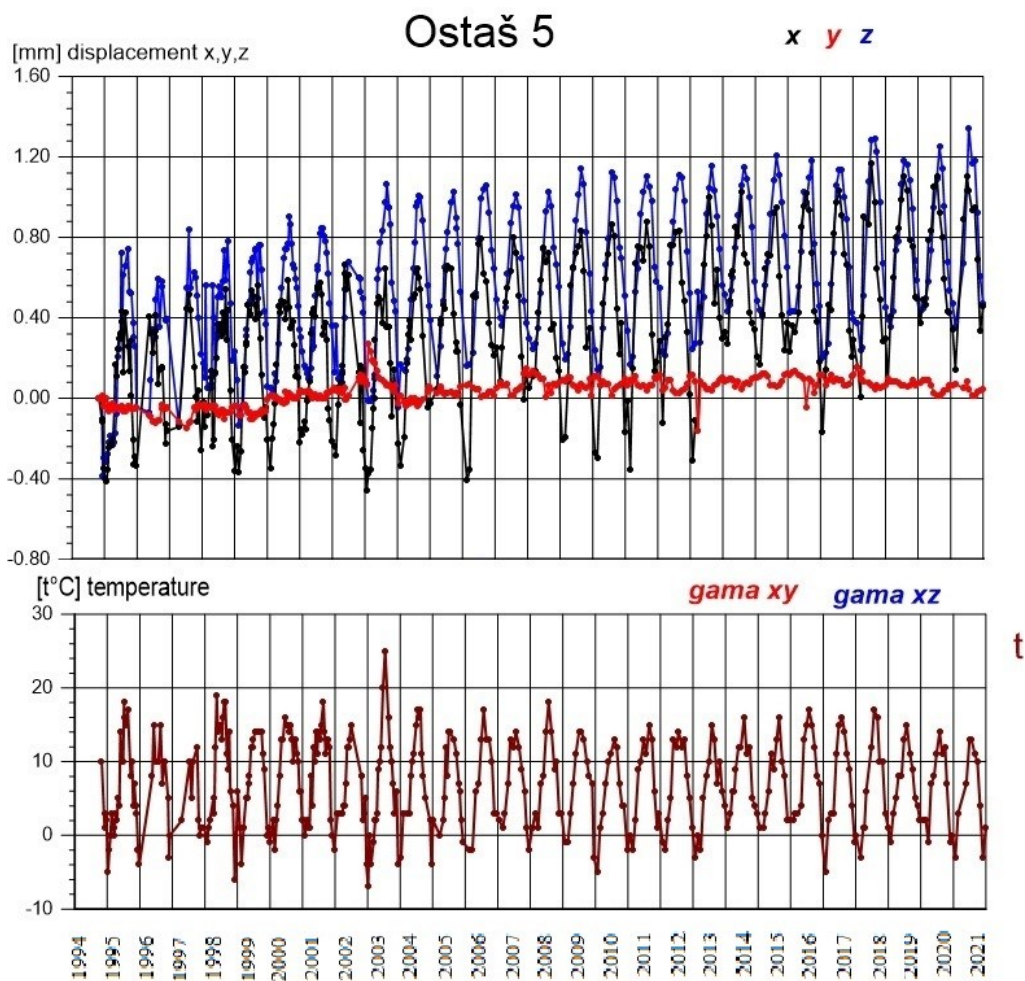
Obrázek 79: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 2 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).



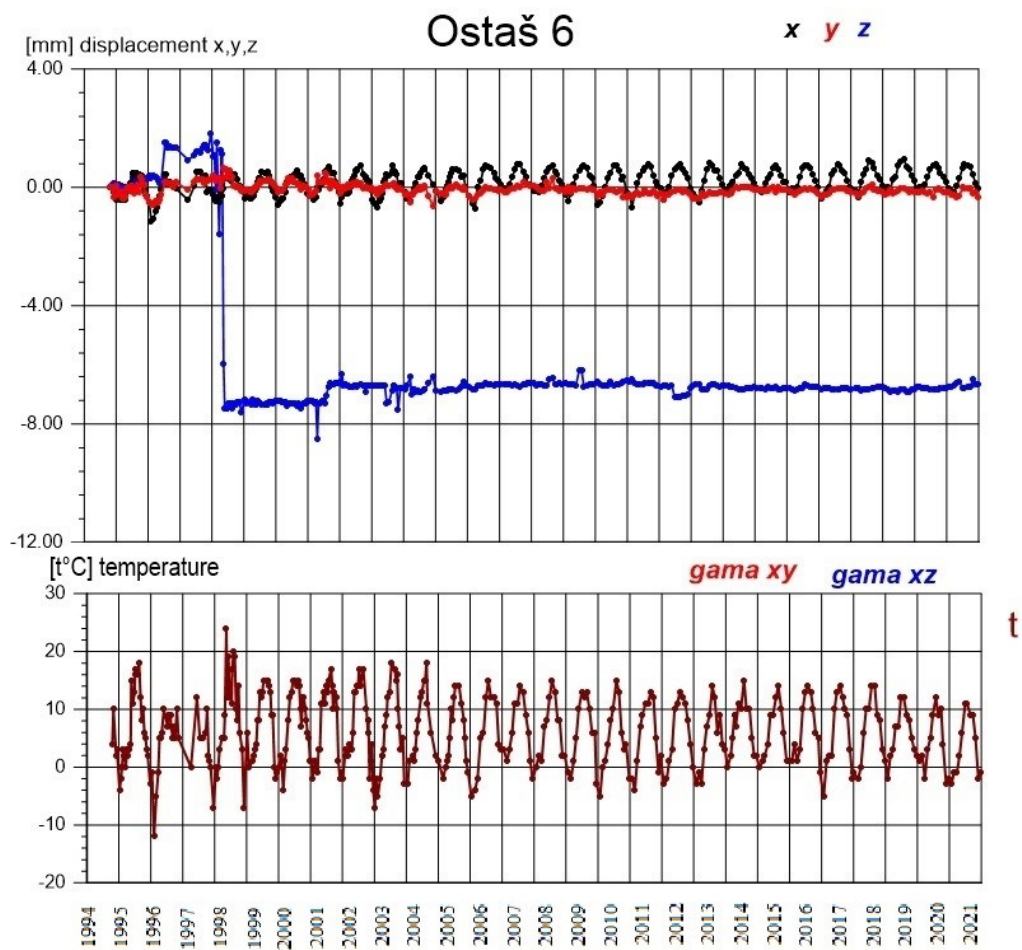
Obrázek 80: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 3 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).



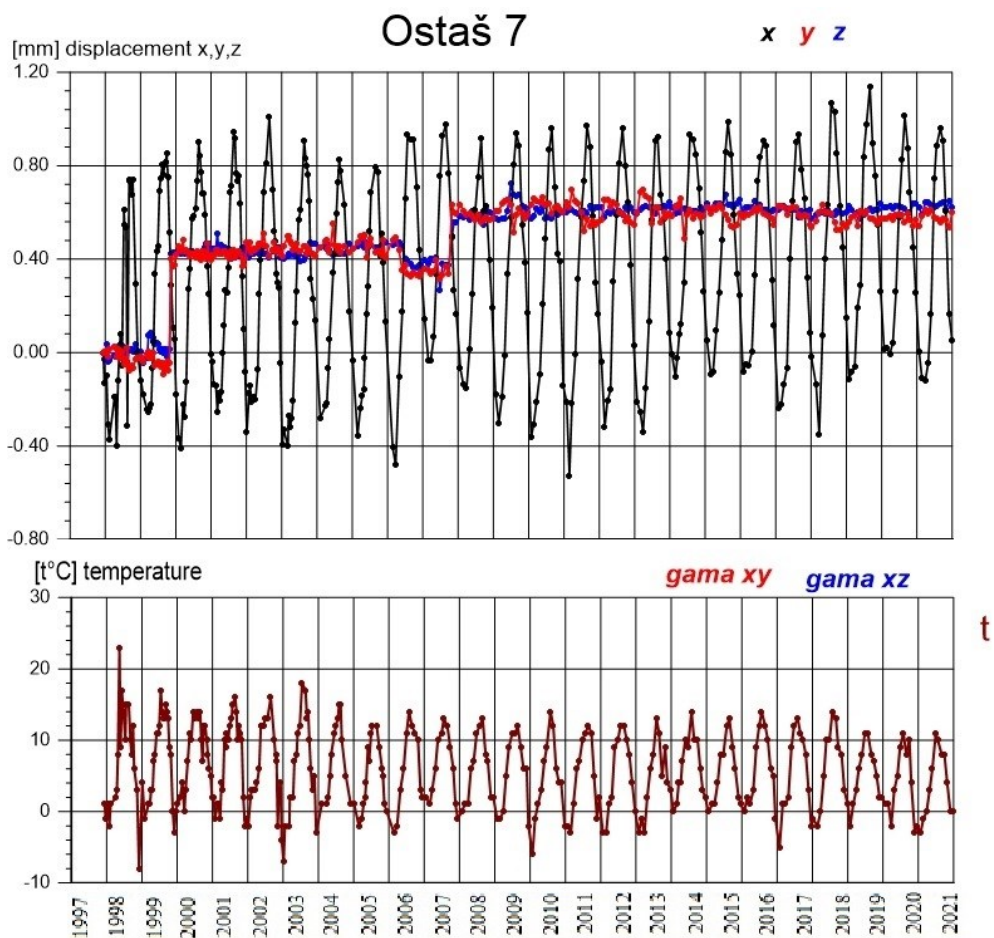
Obrázek 81: Výsledky měření hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 4 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).



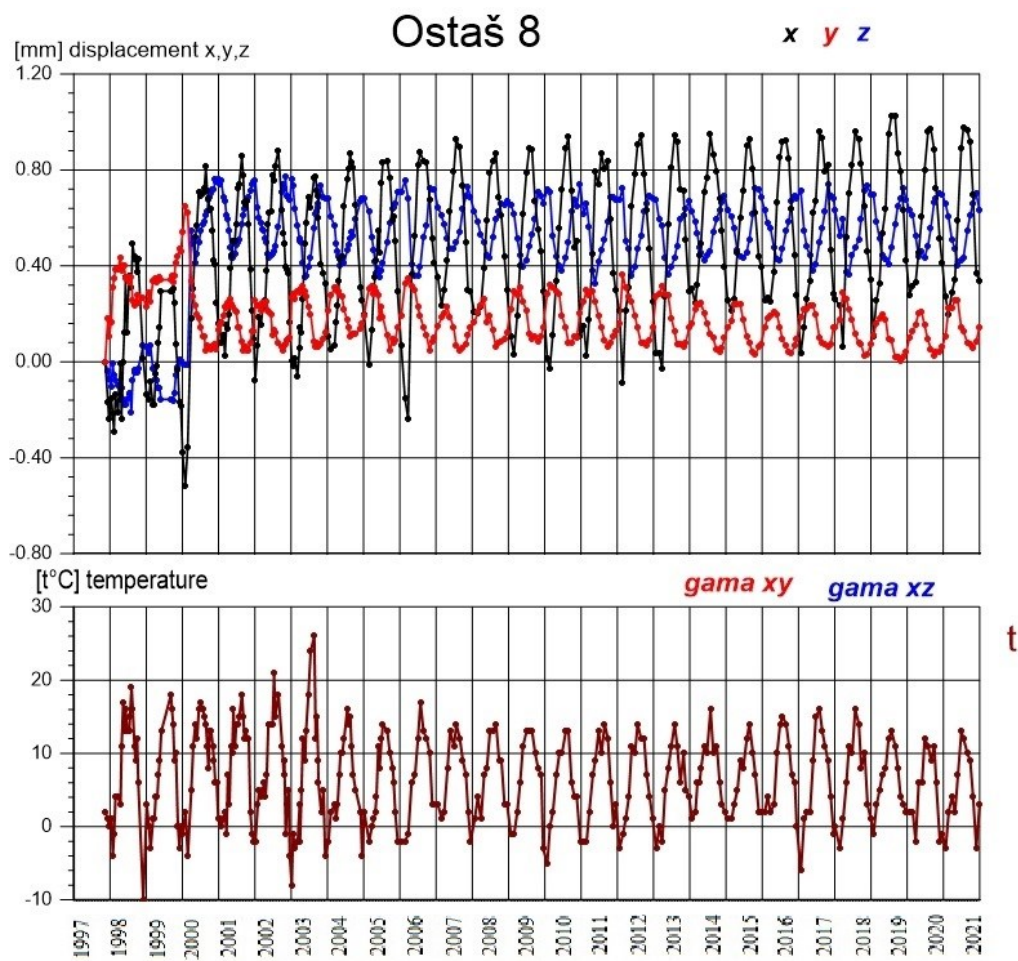
Obrázek 82: Výsledky měření hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 5 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).



Obrázek 83: Výsledky měření hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 6 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).



Obrázek 84: Výsledky měření hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 7 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).



Obrázek 85: Výsledky měřených hodnot pohybu na skálních blocích měřidlem TM – 71 z lokality Ostaš 8 a graf průběhu průměrné roční teploty (Zdroj: ÚSMH AV ČR).

5.4 Morfometrická analýza

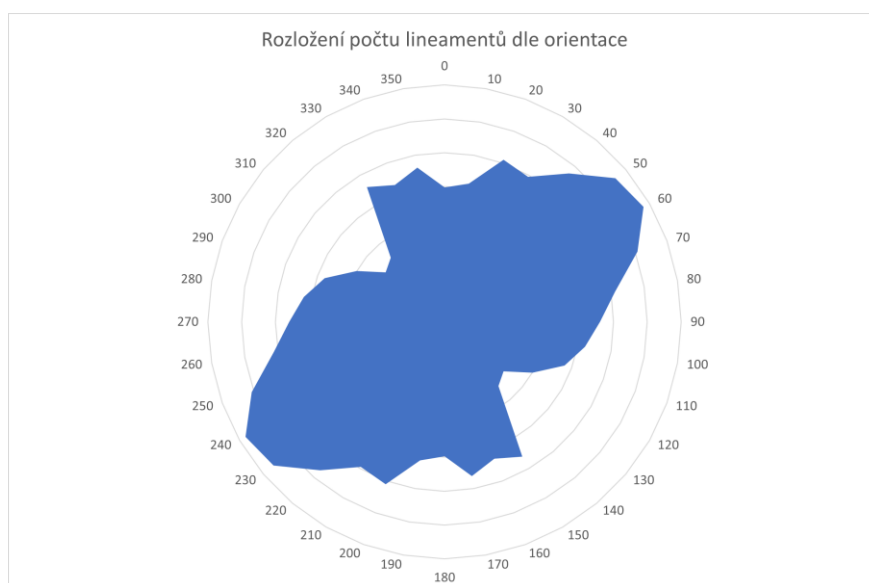
Mapa na obrázku 85 zohledňuje průběh vyextrahovaných lineamentů z materiálu DMR 5G (ZABAGED) v oblasti zájmu. Převažující směr lineárních prvků je $50^\circ - 60^\circ / 230^\circ - 240^\circ$ neboli VSV – ZJZ směr. Sekundárním směrem orientace lineamentů je směr 150° neboli JJZ směr. Vznik a průběh jednotlivých lineamentů může být podmíněn průběhem tektonických linií a systémů zlomů. Převládající směr lineamentů odpovídá směru průběhu velice významné zlomové struktury, to je Skalské zlomové pásmo. Zlomová aktivita způsobuje vznik podpovrchového stresu a tlaku. Výsledkem vlivu jsou lineární prvky v terénu. Směr VSV – ZJZ odpovídá i průběhu současně zkoumané zlomové struktury, a to je zlom Hejda/Ostaš. Lineamenty probíhají podobným směrem a v terénu odpovídají průběhu zlomové poruchy. Představená mapa morfolineamentů potvrzuje vliv tektonické a zlomové aktivity na stav povrchových morfolineamentů.



Obrázek 86: Mapa zohledňující průběh extrahovaných lineamentů ve vybrané oblasti.

(Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1)

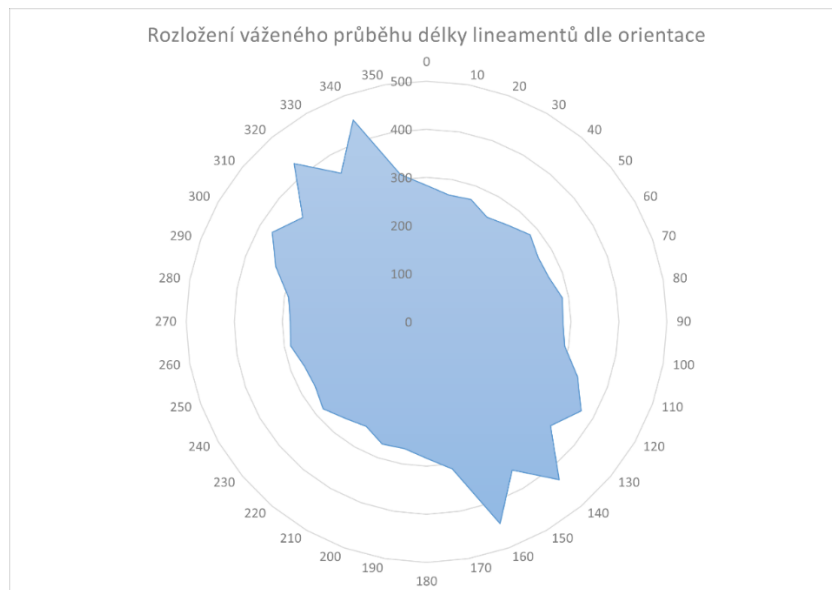
Graf (obr. 87) zobrazuje rozložení váženého poměru délky a počtu morfolineamentů dle orientaci k světovým stranám ve vybraném území výzkumu. Dle grafického výstupu lze usuzovat, že delší a výraznější morfolineamenty mají směr průběhu orientačně 150°/ 330° (JJV – SSZ). Podobným směrem probíhá i Polické zlomové pásmo. Kratší lineární prvky naopak mají směr průběhu 50°/240° (VSV – ZJZ). Podobný směr průběhu má Skalské zlomové pásmo, a případně i zlom Hejda/Ostaš. Delší prvky lineárních struktur kopírují směr průběhu Polického zlomového pásma, kratší lineamenty jsou ovlivněny spíše Skalským zlomovým pásmem. Hlavní příčinou takového rozložení je průběh pravoúhlého systému dvou zlomových zón v oblasti zájmu. Po průzkumu geologických map (ČÚZK, GEOČR) v oblasti křížení zlomových pásem docházelo k horizontálním pohybům. Skalské zlomové pásmo bylo více ovlivněno protínáním a rozděleno na menší lineární strukturní prvky. To způsobovalo větší podpovrchový tlak a vznik kratších lineamentů ve větším počtu, které mají směr shodný s orientací průběhu Skalského zlomové pásma. V zájmové oblasti dochází k rozdělení Polického zlomového pásma na jednotlivé subparalelní linie, křížící se s průběhem Skalského zlomu a zlomu Hejda/Ostaš. Ve výsledku křížení zlomových systémů Polických zlomových linií a skalského zlomu dochází k rozdělení Skalského zlomu na menší lineární prvky v několika bodech křížení. Důsledkem jsou kratší morfolineamenty probíhající směrem podobným orientaci Skalského zlomové pásma. Lineamenty probíhající směrem shodným se směrem Polického zlomové pásma jsou málopočetné, ale jsou delší v průběhu. To naznačuje menší podpovrchový tlak a více homogenní, nepřerušovaný průběh.



Obrázek 87: Graf orientace morfolineamentů (bez normalizace).

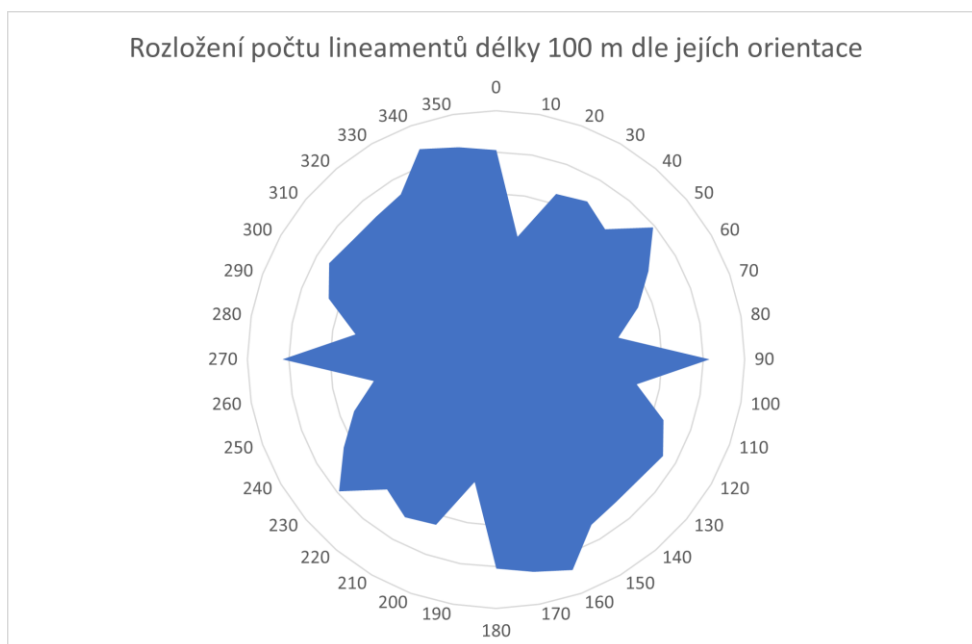
(Zdroj: vlastní měření)

Graf (obr. 88) byl vytvořen pro přehledně pochopení délkového rozložení lineamentů. Přibližně 85 % všech lineamentů leží v délkovém rozmezí 20 až 450 m. Naopak jenom jeden lineament má délku 4800 m. Jedná se o jednu ze zlomových linií Polického zlomového pásma dle její porovnání s geologickými mapami (ČÚZK, GEOČR) a označenými zlomovými strukturami. Daný zlom je jednou kontinuální strukturou, která není nerušená působením jiných faktorů. Rozložení morfolineamentů v terénu napovídá o silném vlivu zlomových struktur a jejich průběhu na stav reliéfu, vznik a působení podpovrchových tlaků a výsledky takového působení.



Obrázek 88: Graf orientace morfolineamentů (váženo délkou). (Zdroj: vlastní měření)

Graf (obr. 89) zohledňuje rozložení údolnic a jejich počtu dle orientace v prostředí. Graf ukazuje velice různorodé výsledky, kde není převládající směr průběhu údolnic. Největší počet prvků má směr 160°/340° neboli VJV směr. Zároveň průběh údolnic odpovídá směru východ-západ neboli 90°/270°. Další skupina údolnic směřuje na SSV – JJZ (50°/230°). Údolní síť vzniká pod vlivem jak geomorfologických procesů, tak i fluvialního vlivu. Údolní síť Polické pánve a okolní oblasti nevykazují příznaky vlivu tektonické a zlomové aktivity, které se podílely na jejich vývoje.



Obrázek 89: Graf zohledňující rozložení počtu údolnic dle orientace v prostoru.
(Zdroj: vlastní měření)

6. DISKUZE

Vybraná oblast v diplomové práci je velice zajímavou pro výzkum z geomorfologického pohledu. Oblast Polické pánve a její okolí byla již zkoumána mnohými autory v minulosti a dodnes je objektem zájmu pro nejrůznější výzkumné práce. Strukturně-tektonická a geomorfologická analýza oblasti již byla popsána v jiných vědeckých pracích, ale data nejsou vystačující pro celostní pochopení strukturního a geomorfologického stavu. Účelem představené práce bylo provedení vlastního výzkumu a měření, které by dodaly nová data k vysvětlení strukturní stavby území. Hlavním účelem této diplomové práce bylo zjištění strukturně-tektonické stavby zkoumané oblasti a vysvětlení původu a příčin jejího vzniku.

V průběhu analýzy výsledků byla zpracována představa o stavbě Polické pánve. Ve zkoumané oblasti probíhají tři zlomové struktury, které se navzájem protínají. Jedná se o Polický zlom, Skalské zlomové pásmo a poruchou strukturu Ostaš/Hejda. ERT profily ukázaly, že Polický zlom se skládá z několika jednotlivých paralelně probíhajících úseků různé délky. ERT profily rovněž potvrdily výskyt minimálně dvou struktur paralelních s Polickým zlomem. Zároveň průběh Polického zlomu byl zaznamenán na několika zpracovaných ERT profilech. Skalské zlomové pásmo probíhá zčásti mimo zkoumanou oblast Polické pánve, ale jeho výskyt stále velice silně ovlivňuje průběh a stavbu povrchových tvarů. Třetí zlomová struktura byla součástí hlavní hypotézy této diplomové práce. Potvrzení její výskytu bylo hlavním cílem závěrečné práce. Použitím různých měřících metod a způsobů analýzy došlo k potvrzení existence zlomu, který probíhá mezi stolovými horami Ostaš a Hejda.

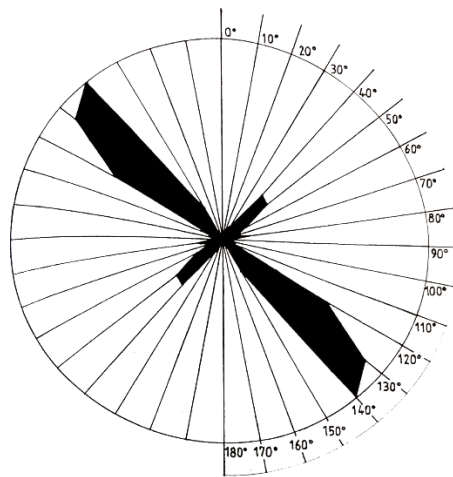
Jiné vědecké práce a odborná literatura již zmiňovaly vybranou oblast a její strukturně-tektonickou stavbu. Dle základních geologických map (ČÚZK) v zájmové oblasti probíhají jenom dvě zlomové struktury. Jedná se o Polický zlom a Skalský zlom. Krásný et al (1995) zohledňuje průběh dvou zlomových pásem, jejich práce potvrzují hypotézu, že zlomové pásmo je tvořeno několika jednotlivými paralelními prvky. Vaško (2001) ve své práci také zmiňuje průběh pouze dvou zlomů. Průběh tektonických dislokací a zlomových struktur zmapovaných Táslerem et al. (1987) a Táslerem a Vejlupkem (1998) zohledňuje také jenom Polický a Skalský zlom. V práci Lysenka (1993) je představena tektonická mapa, která byla vytvořena pomocí DPZ. Lysenko (1993) také zvažuje průběh jenom dvou hlavních tektonických pásem. Dle jeho grafického výsledku lze nicméně vypořádat dělení Polického zlomového pásma na několik paralelních zlomových linií. Porovnáním výsledků vlastního měření a již existujících výsledků průzkumu Polické pánve lze dojít k závěru, že všechna dosavadní měření potvrzují průběh

Skalského a Polického zlomového pásma a jejich dělení na menší subparalelní prvky (Krásný et al. 1996).

Oproti výsledkům předchozích prací, v rámci této práce byla prokázána existenci i třetí zlomové struktury – jedná se konkrétně o poruchu probíhající údolím mezi Hejdou a Ostaší. Její průběh byl prokázán vyhodnocením a analýzou výsledků různých měřicích metod, zejména ERT měření, strukturních měření, a analýzy průběhu morfolineamentů. Nepřímým důkazem byla i měření přístroje TM-71. ERT měření ukázala různé polohy horninového podloží a jednotlivých vrstev (Tábořík et al. (in prep.)). Tyto informace o stavbě stolových hor nebyly dostupné při zpracování dřívějších odborných prací. Nové způsoby průzkumu reliéfu (ERT metoda) umožnily podrobněji pochopit stavbu okolí (Tábořík et al. (in prep.)).

Předchozí odborné a vědecké práce zabývaly se hlavně výzkumem zlomových struktur a jejich průběhu. Výsledky mapování Táslera et al (1987) Táslera a Vejlupka (1988) a Lysenka 1993 považují směr SZ – JV ($140^{\circ}/320^{\circ}$) za převládající směr průběhu Polické zlomové zóny. Některé úseky mají odchylné směry od převládajícího. Střední část Polického zlomu se ztočuje na východ (ZSZ – VJV) a má směr 120° (Tásler, Vejlupka 1988). Skalský příčný zlom má směr průběhu JZ – SV, hodnoty se málo odchylní v různých úsecích zlomu (Krásný et al. 1996). Bělský zlom se nacházející ve východní části Polické pánve je směrným zlomem, který probíhá sub-paralelně Polickému zlomu. Pravděpodobně, Bělský zlom směřuje SSZ – JJV (Tásler et al. 1987). Tektonické zlomy v daném území vytváří pravoúhlý systém SZ – JV a JZ – SV zlomů. Profily ERT měření odkazují na podobný směr orientace Polického zlomového pásma (Tábořík et al. (in prep.)). Při zpracování diplomové práce byly změřeny strukturní měření na vybraných lokalitách, přičemž výsledky měření a analýzy potvrdily značný vliv zlomových struktur na průběh a orientaci puklinových systémů. Výsledky vlastních měření puklinových systémů ukazují na převládající směr puklin v celém území $120^{\circ}/300^{\circ}$ (SZ – JV) a vedlejší směr $60^{\circ}/240^{\circ}$ (JZ – SV). Vliv Skalského tektonického zlomu lze pozorovat ve výsledcích strukturních měření, kde JZ – SV směr je často označován za vedlejší směr průběhu puklinových systémů.

Oblast Polické pánve již i dřív byla významným místem výzkumů a strukturních měření. Převládající směr puklinových systémů dle výsledků vlastních měření v dané lokace je $120^{\circ}/300^{\circ}$ (SZ – JV). V rámci závěrečné práce Vaško 2001 převládající směr puklin je $130^{\circ}/310^{\circ}$ (SSZ – JJV). Za vedlejší směr dle Vaško 2001 byl považován směr $40^{\circ}/220^{\circ}$ (JZ – SV). Vlastní strukturní měření totéž považují směr $60^{\circ}/240^{\circ}$ (JZ – SV) za vedlejší. Ve vybrané oblasti měření (Ostaš, Hejda a Kočičí skály) bylo celkově provedeno 535 strukturních měření (Vaško 2001).

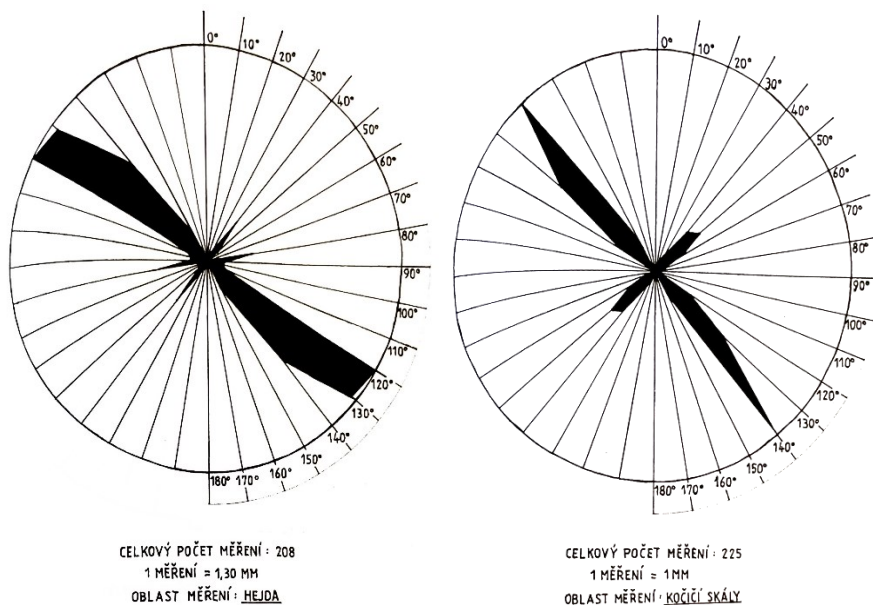


CELKOVÝ POČET MĚŘENÍ : 535
 1 MĚŘENÍ = 0,555 MM
 OBLASTI MĚŘENÍ : KOČIČÍ SKÁLY
HEJDA
OSTAŠ

Obrázek 90: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů vybraných oblasti měření.

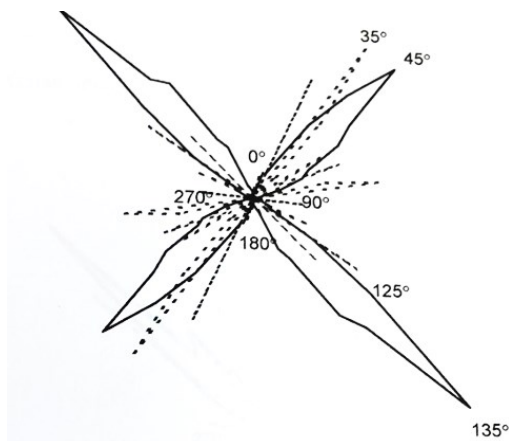
(Zdroj: Vaško 2001)

V práci Vaško, 2001 měření byly rozdělena do dvou skupin dle polohy geomorfologických prvků. Měření, provedeny na Hejdě, prokázaly primární směr 120°-130°/300°-310° (SZ – JV). Směr 140°/320° je méně četný. To je způsobeno, tím že se směr puklin stočil o něco více k Z (Vaško 2001). Jako vedlejší v oblasti Hejdy byly naměřeny hodnoty směru 40°/220° (SZ – JV) a 80°/260° (ZSZ – VJV). Strukturní měření v oblasti Kočičích skal dle výsledků Vaško 2001 považovaly za převládající směr 140°/320°, kde průběh puklinových systémů byl o něco stočen na západ. Vedlejší směr průběhu byl stanoven na 40°/220° (JJZ – SSV). Měření v oblasti stolové hory Ostaš nebyla vyčleněna do jednotlivé skupiny.



Obrázek 91: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Hejdy a Kočičích skal.
(Zdroj: Vaško 2001).

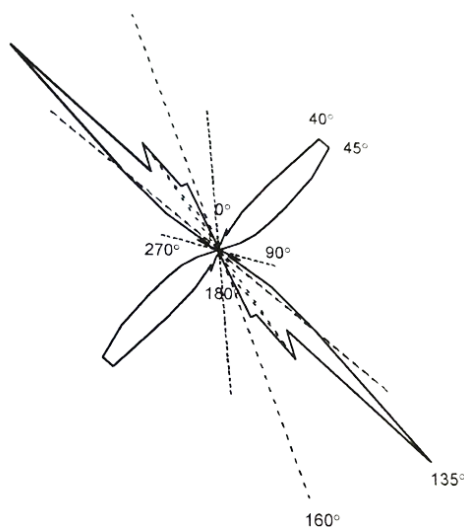
Strukturní měření oblasti Polické pánve bylo provedeno i v rámci závěrečné práci Stejskala 2003. V průběhu zpracování disertační práce bylo provedeno 713 strukturních měření. Dle grafického výstupu převládající puklinový směr je $135^{\circ}/315^{\circ}$ (SSZ – JJV), vedlejší puklinový směr je $45^{\circ}/225^{\circ}$ (JZ – SV).



Obrázek 92: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů v zájmové oblasti.
(Zdroj: Stejskal 2003).

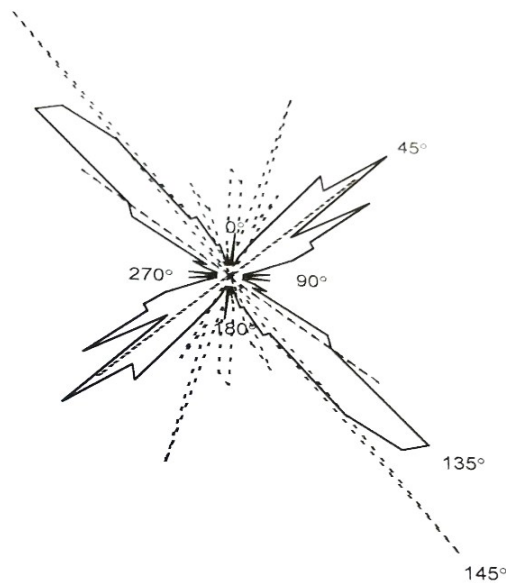
Výsledky puklinových měření na Ostaši odhalily dva intervaly s největší frekvencí puklin 40° - 50° a 135° - 145° . Celkově je patrné, že většina tvarů založených na puklinách je v oblasti

Ostaše podmíněna směrem $135^\circ - 145^\circ$ (SZ – JV). Druhý směr $40^\circ - 50^\circ$ (JJZ – SSV) se v reliéfu projevuje podstatně méně (Stejskal 2003).



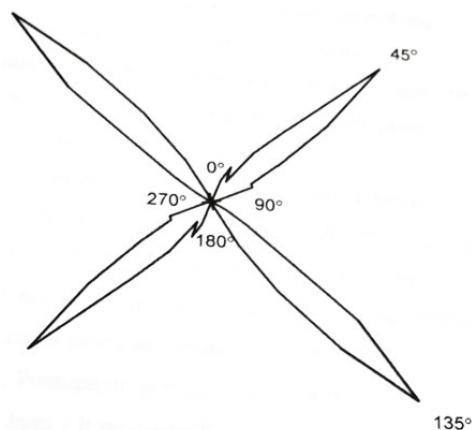
Obrázek 93: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Ostaše.
(Zdroj: Stejskal 2003).

Dle výsledků strukturní měření Stejskala 2003 puklinový systém Hejdy je ze všech třech lokalit se zdá být nejsložitějším. Převládajícími směry průběhu puklin je $135^\circ - 145^\circ$ (26 % všech měření) a $35^\circ - 45^\circ$ (19 % všech měření). V dané lokaci byl vyzorován patrný nárůst frekvence puklin v intervalu $55^\circ - 65^\circ$ (13 % všech měření), který je zřejmě podmíněn nedalekým skalským zlomem, jenž probíhá na S od údolí Bohdašinského potoka ve směru 60° (Stejskal 2003). Horní oblast Zlomové rokly odpovídá směru 140° , který je rovnoběžný se zlomovým průběhem Polického zlomu.



Obrázek 94: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Hejdy.
(Zdroj: Stejskal 2003).

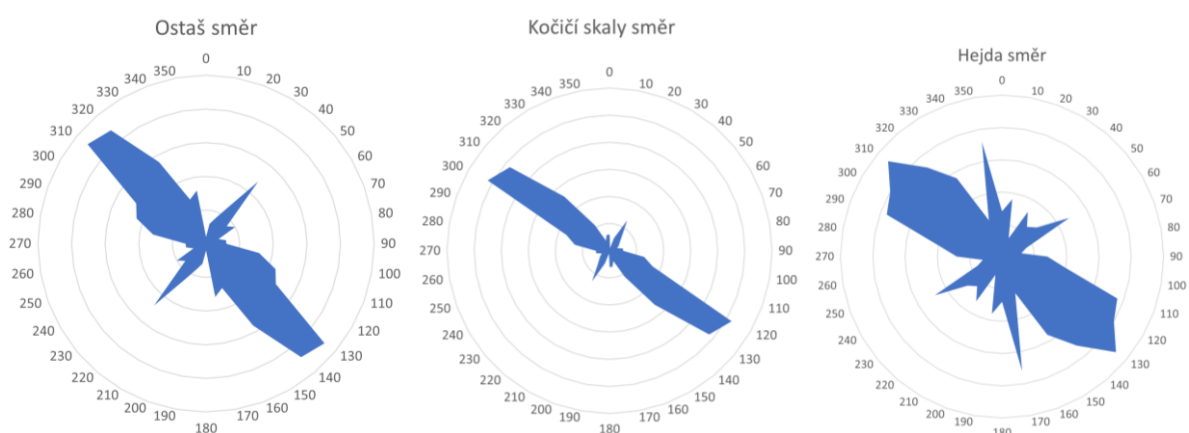
Směr průběhu puklinových systémů Kočičích skal je podstatně jednodušší dle výsledků Stejskala 2003. Převládající puklinové směry dané lokace jsou 40° - 50° (JZ – SV) a 130° - 140° . Pukliny směru SZ – JV (130° - 140°) se v reliéfu projevují výrazněji. Soustava paralelních hřbetů, do kterých je kra Kočičích skal rozčleněna, byla vytvořena destrukcí soustředěnou právě na tyto pukliny (Stejskal 2003).



Obrázek 95: Graf zobrazující směr průběhu puklinových systémů Kočičích skal.
(Zdroj: Stejskal 2003).

Při porovnání výsledků vlastního měření na puklinových strukturách byly potvrzeny výsledky měření Vaško 2001 a Stejskala 2003. Byly srovnány měření na třech hlavních lokalitách. Oblast Ostaše byla vymezena do vlastní skupiny měření v této diplomové práci a v práci

Stejskala 2003. Výsledky převládajícího a vedlejšího směru jsou shodné. Vlastní měření ukázalo směr 125°/305°, měření od Stejskala 2003 ukazují na směr 135°/315°. Výsledky všech měření potvrdily směr JV – SZ. Vedlejší směr puklin podle všech výsledků odpovídá SV – JZ směru. Směr puklinových systémů na Hejdě při vlastních měření odpovídal směru SZ – JV (120°/300°). Vaško 2001 při měření na Hejdě určil převládající směr 120°/300°. Stejskal 2003 vypočítal směr 135°/315°. V terénním průzkumu bylo nicméně konstatováno, že směr průběhu puklin je velice nehomogenní. Výsledky všech strukturních měření prokázaly, že puklinové systémy směrově odpovídají průběhu hlavních zlomových struktur v oblasti průzkumu. To znamená, že puklinové systémy vznikaly pod tlakem a vlivem zlomových zón (Vaško 2001, Stejskal 2003).



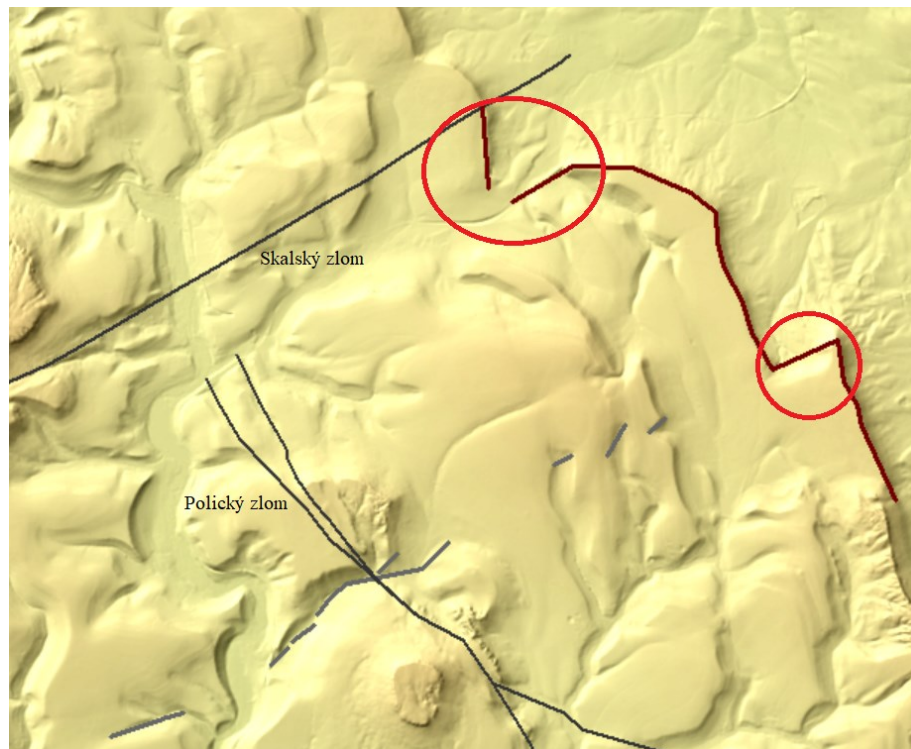
Obrázek 96: Graf zobrazující směry průběhu zlomových systémů na Ostaše, Kočičích skalách, Hejda. (Zdroj: vlastní měření)

Při porovnání hromadných výsledků směrů orientace puklinových systémů lze vyzorovat několik hlavních trendů. Velice odlišné výsledky byly vyzorovány při průběhu strukturních měření na Hejdě. Směry průběhu puklin odpovídají hlavním směrům vyskytujícím v dané oblasti, ale jenom ve velmi zgeneralizované podobě. Lze uvazovat orientaci puklin na Hejdě za různorodou a nehomogenní (Stejskal 2003). Takový rozdíl ve měřeních v poměrně malé oblasti zájmu může být vysvětleno aktivními procesy pohybu, podmíněných gravitací a erozí, a průběhem prvku zlomové struktury mezi oblasti Hejdy a Ostaše, příp. Kočičích skal (Tábořík, et al. (in prep.)). Aktivní pohyby na Hejdě jsou podmíněné erozí, výsledkem je pomalý kolaps kopce do vnitřní části, kdy dochází k posunu, přemístování a rotaci jednotlivých bloku skalního masivu. Lze říct že v oblasti Hejda nepřevládá jeden směr na rozdíl od Ostaše a Kočičích skal, které jsou podobné a se nachází v blízké lokalitě.

Provedení analýzy výsledků z měřidel TM-71 a ERT profilů přispělo k objasnění původu a vzniku Zlomové rokle a aktivních pohybů pískovcových bloků. Zlomová rokle byla popsána Vejlupekem, 1988, ale nebyl vysvětlen původ její vzniku. Původ je vázán na průběh zlomových linií Polického pásma oblastí Hejdy. Průběh této aktivní zlomové linie je potvrzen ERT profily. Pohyb spojený s aktivitou zlomu v této oblasti byl potvrzen dlouhodobým měřením skalních bloků pomocí měřidel TM-71. Výsledky dlouhodobého měření prokázaly pohyb na erozních trhlinách Zlomové rokle.

Analýza výsledků ověřovala hypotézu o závislosti povrchových tvarů a strukturně-tektonické stavby na průběhu tektonických a zlomových struktur. Největší vliv na vybranou oblast Polické pánve má průběh zlomových pásem a s ním spojený tlak. Puklinové a zlomové struktury vznikaly působením tlaku. To je potvrzeno i shodným směrem průběhu puklin a zlomových struktur. Dalším potvrzením je původ Zlomové rokle a aktivní pohyb skalních bloků na Hejdě. Výsledky dlouhodobých měření dilatometru TM-71 ukazují na vertikální a horizontální pohyby skalních bloků, trhlin a rozsedlin. Profily ERT měření zdůrazňují průběh zlomových pásem a výskyty tahových trhlin (Tábořík et al. (in prep.)).

Byla provedena analýza průzkumu zlomové poruchy probíhající mezi Hejdou a Ostaší. Výsledky ERT měření a výsledky strukturního měření potvrdily přítomnost zlomové poruchy. Porucha probíhá údolím Bukalán, kde byla provedena strukturní měření. Výsledky potvrdily shodný směr puklinových systémů se směrem poruchy. Existují i další, nepřímé důkazy o poloze poruchy. ERT profily prokázaly odlišné nadmořské výšky báze pískovců stolových hor Hejdy a Ostaše. Lze předpokládat, že jde o důsledek vertikálních pohybů podél zlomové zóny (Tábořík et al. (in prep.)). Takový posun by odpovídal rozdílům nadmořských výšek litologických bází a vrstev pískovcových bloků. Potvrzení průběhu poruchy bylo doloženo analýzou morfolineamentů. Morfolineamenty v terénu kopírují průběh zkoumané zlomové poruchy Hejda/Ostaš v oblasti měření a mimo území (obr. X). Lineamenty zdůraznily posun na okraje geomorfologické jednotky v oblasti kuest. K posunu o přibližně 600 m ve směru západ – východ dochází v místě výstupu Skalského zlomu. Podobný posun kuesty o přibližně 620 m ve směru západ – východ existuje i na jiném místě. Při podrobnějším průzkumu dané lokality lze všimnout, že poloha zdvihu kuesty leží na přímé linii s průběhem lineamentů, které kopírují průběh zlomu Hejda/Ostaš. Pravděpodobně jedná se o výstup zkoumaného zlomu Hejda/Ostaš, stejně jako v místě výstupu Skalského zlomu (Tábořík et al. (in prep.)).



Obrázek 97: Mapa zobrazující průběh Polického a Skalského zlomů (černá linie), lineamentů, kopírujících průběh zlomu Hejda/Ostaš (šedá linie), a vyznačená místa, kde dochází k horizontálnímu posunu kuest (červená linie). (Zdroj: DMR 5G a vlastní mapování v programu ArcMap 10.7.1).

6 ZÁVĚR

Hlavním úkolem této diplomové práce bylo zjištění nových poznatků o strukturně-tektonické stavbě oblasti Polické pánve, s podrobným zaměřením na okolí stolových hor Ostaš a Hejda. Oproti výsledkům předchozích vědeckých prací a průzkumů na Polické pánve byly rozšířeny znalosti o stavbě jednotky, směru probíhajících zlomových pásem a jejich vlivu na povrchové tvary a podpovrchovou stavbu.

Polická pánev je již dlouho objektem různých vědeckých a výzkumných prací, nicméně teprve tato práce kombinuje výsledky strukturních měření s geofyzikálními výzkumy, geodynamickým monitoringem a morfometrií oblasti. Hlavním cílem představené práce byl průzkum strukturně-tektonické stavby a syntéza poznatků výše uvedených multidisciplinárních poznatků. V rešerši byly sebrány a zhodnoceny výsledky průzkumu Polické pánve a okolí. Pomocí strukturního měření puklin, ERT měření a vymezení morfolineamentů odvozených z digitálního modelu reliéfu byly prozkoumány systémy Polického a Skalského zlomu. Výsledkem analýz bylo zjištění přesného průběhu a orientace zlomů ve zkoumaném území, jeho mocnosti a vlivu na okolí, zejména na reliéf.

Polické zlomové pásmo se skládá minimálně ze dvou paralelních zlomových linií, které protínají zájmovou oblast. Změřené ERT profily zaznamenaly průběh dvou zlomových úseků pod oblastí Kočičích skal, které pokračovaly přes oblast Hejdy a dále k SZ. Měření puklinových systémů na Kočičích skalách ukazují velice homogenní směr puklinových systémů, které odpovídají směru Polického zlomového pásma.

Skalský zlom probíhá ve směru JZ – SV, sice mimo vlastní zájmové území, které nicméně silně ovlivňuje. Tlak od průběhu zlomové zóny způsobil vznik puklinových systémů, které byly změřeny na studovaných výchozech. Zatímco oblast Ostaše a Kočičích skal jsou více ovlivněny průběhem Polického zlomového pásma, puklinové systémy Hejdy nesou strukturní záznamy obou zlomových pásem.

Vznik Zlomové rokle je podle zjištění této práce vázán na průběh dvou úseků tektonických linií pod Hejdou, které vedly ke zvýšené erozi na porušené zóně, jejímž výsledkem byl právě vznik zlomové rokle. Pohyby související s tímto zlomovým pásmem byly zaznamenány i měřidly TM – 71, instalovanými v oblasti Zlomové rokle.

Hlavní hypotézou závěrečné práce bylo vysvětlení strukturně-tektonické stavby Polické pánve a jejího vlivu na reliéf. Hlavními činiteli, ovlivňujícími reliéf, jsou kromě stavby pánve četné tektonické struktury. Dále byla prokázána existence dosud neznámého zlomu, probíhajícího mezi Ostaší a Hejdou a způsobuje vertikální pohyb oblasti Hejdy. Přítomnost zlomu byla doložena nejen ERT profily, strukturními měřeními a morfometrickou analýzou, ale zejména

odhalením různé vertikální úrovně báze pískovce na obou stolových horách. Ačkoli Ostaš a Hejda leží blízko sebe s vznikaly za podobných strukturně-geologických podmínek, nachází se báze pískovců u Hejdy o 50-70 m níže než u Ostaše. Rozdíl může být vysvětlen jen průběhem zlomové struktury, která rozdělila původně jednotnou kru a pozdější vertikální pohyb způsobil tento výškový rozdíl mezi bázemi.

Co se týká dalšího směřování výzkumu, zůstává zde nejasná příčina JZ omezení Ostaše, kde probíhá lineament, jehož původ je patrně také tektonický, ale nebyl dosud spolehlivě prokázán. Budoucí měření mohou ověřit původ lineamentu. Při využití měřicí metody ERT lze ověřit, jestli to je zlomová linie, která by byla přibližně paralelní s Polickým zlomovým pásmem. Rovněž nově zjištěný zlom Ostaš/Hejda by zasloužil další studii, zejména ohledně jeho průběhu dále od stolových hor. Zdá se, že by mohl být příčinou levostranného “uskočení” Broumovských stěn v Honském sedle.

Zdroje

Seznam použité literatury

ADAMOVIČ, J., JENKA, O., KOPECKÝ, J. (2002): Broumovsko. In Adamovič, J., Cílek, V. (eds), *Železivec České křídové pánve*. Knihovna České speleologické společnosti, sv. 38, str. 128–137.

AWDANKIEWICZ, M., KUROWSKI, L., MASTALERZ, K., RACZYNSKI, P. (2002): The Intra-Sudetic Basin—a record of sedimentary and volcanic processes in late-to post-orogenic tectonic setting. *GeoLines*, 16, str. 165-183.

BALATKA, B., SLÁDEK, J. (1977): Evorzní tvary v Čechách a jejich geneze. *Rozpravy ČSAV*, ř. MPV 87, seš. 5, Academia, Praha, 100 s.

BALATKA B., SLÁDEK J. (1984): Typizace reliéfu kvádrových pískovců české křídové pánve. - Rozpravy. ČSAV, řada MPV, r. 94, Academia, Praha, seš. 6, 80 s.

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech [kartografický dokument, CD]. 1 vyd. Praha: Kartografie Praha, 79 str.

BELT, K., PAXTON, T. (2005): GIS as an aid to visualizing and mapping geology and rock properties in regions of subtle topography. *Geological Society of America Bulletin* 117(1-2): s. 149-160.

CZUDEK, T. (2005): Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru. *Moravské zemské muzeum, Brno*, 238 str.

DEMEK, J. (1987): *Obecná geomorfologie*. 1 vyd. Praha: Academia, 476 str.

DEMEK, J., MACKOVČIN, P., BALATKA, B., BUČEK, A., CIBULKOVÁ, P., CULEK, M., ČERMÁK, P., DOBIÁŠ, D., HAVLÍČEK, M., HRADEK, M., KIRCHNER, K., LACINA, J., PÁNEK, T., SLAVÍK, P., VAŠÁTKO, J. (2006): *Hory a nížiny*. *Zeměpisný lexikon ČR, AOPK ČR*.

EKINCI, Y.L., TÜRKES M., ERGINAL, A. (2013): Shallow and deep-seated regolith slides on deforested slopes in Canakkale, NW Turkey, *Geomorfology*, 201:70-79.

FALTYSOVÁ et al. (2002): Chráněná území ČR: svazek V. – Královehradecko. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR; Brno: Ekocentrum, 410 str.

FIALA, T. (2005): Pojetí morfostrukturní analýzy reliéfu v pracech českých a slovenských geomorfologů. Geografie – Sborník ČGS, 2/110, str. 31–43.

FOLDYNA, J., GRMELA, A.: Cvičení z geologie, Ostrava 1988, VŠB Ostrava.

GRIFFITHS, D.H., BARKER, R.D. (1993): Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics* 29, 211-226.

HONKA, D.: Vybrané tvary reliéfu na středním toku Metuje. Olomouc, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie. Vedoucí práce doc. RNDr. Irena SMOLOVÁ, Ph.D.

CHAMBERS, J.E., WILKINSON, P.B., WARDROP, D.R., HAMEED, A., HILL, I., JEEFREY, C., LOKE, M.H., MELDRUM, P.I., KURAS, O., CAVE, M., GUNN, D.A. (2012): Bedrock detection beneath river terrace deposits using three-dimensional electrical resistivity tomography. *Geomorphology*, 177-178, 17-25.

CHLUPÁČ, I., ŠTORCH, P. (1992.): Regionálně geologické dělení Českého masívu na území České republiky. *Čas. Mineral. Geol.*, 37, 4, 258-275. Praha.

IVAN, A. (1980): Lineární rysy v reliéfu České vysočiny a jejich vztah ke zlomům a puklinám. *Studia geographica*, 70/1980, s. 32–43.

KAPLON, J., CACON, S. (2009): Research on the marginal sudetic fault activity with use of GPS and precise levelling techniques. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, Vol. 6, No. 3 (155), 323–329.

KAŠING, M.: Morfostrukturní a geofyzikální analýza vybraného území v rámci GNSS sítě Morava. Olomouc, 2016. Diplomová práce. Technická univerzita v Olomouci, Hornicko-geologická fakulta, institut geologického inženýrství. Vedoucí práce doc. RNDr. Lubomil Pospíšil, Csc.

KAŠPÁREK, L., KNĚŽEK, V., NOWACKI, F., PROCHÁZKOVÁ, J., UHLÍK, J., TYRALSKI, M., SERAFIN, R. (2006): Vodní zdroje vnitrosudetské pánve – výsledky česko-

polské spolupráce při monitoringu a modelování (1975-2004), Výzkumní ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Praha. ISBN 80-85900-58-0.

KNEISEL, C., HAUCK, C. (2008): Electrical methods. In: Hauck, C., Kneisel, C. (Eds.), Applied Geophysics in Periglacial Environments. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3–27.

KNĚŽEK, V., KOROŠ, I. (2014): Polická pánev – fenomén české hydrogeologie. Hydrogeologická společnost, březen.

KOPECKÝ, J. (2002): Proželeznění pískovců skalních oblasti Polické vrchoviny. In Adamovič, J., Cílek, V. (eds), Železivce České křídové pánve. Knihovna České speleologické společnosti, sv. 37, str. 57–62.

KOŠŤÁK, B. (1972): Terčové měřidlo pro zjišťování dilataci v trhlinách sesuvů. MS Geofond ČR, Praha, 68 s.

KOŠŤÁK, B. (1991): Kombinovaný indikátor využívající metody moiré – příspěvek ze 3. mezinár. Symposia o polních měřeních v geomechanice, Oslo, Balkema, Rotterdam/Brookfield.

KOŠŤÁK, B. (1997): Dlouhodobé pohyby pískovcových skalních bloku v přírodní rezervaci Ostaš a Hejda. Etapa 1996, MS USMH AV ČR, Praha, 9 s. 89

KOŠŤÁK, B. (2000): Pohyby skalních bloku na stolové hoře Ostaš. Etapa 1999, MS USMH A VCR, Praha, 8 s.

KRÁL, V. (1949): Terasy řeky Úpy. Sborník ČSZ 54, 3, 179–183.

KRÁSNÝ J. et al. (1996): Optimalizace využívání a ochrany podzemních vod – Polická pánev – závěrečná zprava, MS ČGÚ Geofond Praha, 216 s.

KRÁSNÝ, J., BUCHTELE, J., HRKAL, Z., JAKEŠ, P., KOBR, M., MLS, J., ŠANTRŮČEK, J., ŠILAR, J., VALEČKA, J. (1995): Optimalizace využívání a ochrany podzemních vod s ohledem na ostatní složky životního prostředí: Polická pánev, zpráva za 2. etapu. ČGS – Geofond, P084749.

KRÁSNÝ, J., BUCHTELE, J., HRKAL, Z., JAKEŠ, P., KOBR, M., MLS, J., ŠANTRŮČEK, J., ŠILAR, J., VALEČKA, J. (2002): Hydrogeology of the Police Basin: Optimisation of groundwater development and protection. *J Geol Sci*, 22, str. 5–100.

KRENTZ, O., MLČOCH, B., MRÁZOVÁ, Š., NÁDASKAY, R., ROMMEL, A., SIDORINOVÁ, T., SKÁCELOVÁ, Z., TOMANOVÁ PETROVÁ, P., VALEČKA, J., VOIGT, T. (2020): Geologie česko-saské křídové pánve mezi Krušnými horami a Ještědem. ResiBil. Evropský fond pro regionální rozvoj, str. 1–120.

KUNSKÝ, J. (1968): Fyzický zeměpis Československa. SPN, Praha, 537 str.

KYCL, P., HARTVICH, F., ALEXA, M., BALEK, J., BAROŇ, I., BLAHŮT, J., FÁROVÁ, K., JELENEK, J., KOUCKÁ, L., NEČAS, J., KÝHOS, M., ROHÁČ, J., STRNADOVÁ, V., TÁBOŘÍK, P., VALENTA, J. (2021): Analýza současného poznání obecných faktorů vzniku a vývoje svahových nestabilit (3.1.1), *Rock Environment Natural Resources*, 6, 2021.

LACIKA, J. (1986): Klasifikácia metód morfoštruktúrnej analýzy reliéfu. Bratislava: GGÚ ŠSAC. Sborník prací 12, str. 36–38.

LOKE, M.H., BARKER, R.D. (1996): Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting* 44, 131-152.

LOKE, M.H. (1997): Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys.

LOKE, M.H., (2014): Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Geotomo Software, Malaysia.

LYSENKO, V. (1993): Posouzení tektonické stavby území vnitrosudetské pánve s využitím materiálů DPZ. MS Správy CHKO Broumovsko, Police nad Metují, 8 s.

MAJEROVÁ M.: Historie a vývoj hornictví na území Jestřebích hor. Olomouc, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie. Vedoucí práce doc. RNDr. Irena SMOLOVÁ, Ph.D.

MINÁR, J., SLÁDEK, J., (2009): Morphological network as an indicator of a morphotectonic field in the central Western Carpathians (Slovakia). *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues* 53(2), 23 {29.doi:10.1127/0372-8854/2009/0053S3-0023.

MULLER, V., ed. (1997): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů, 1:50 00, listy 04-31 Meziměstí, 04-32 Broumovsko, 04-33 Náchod, 04-34 Martínkovice. ČGÚ, Praha.

NĚMEČEK L. (2008): Plán péče o přírodní památku Kočičí skály na období 2008-2022. Police nad Metují: Správa CHKO Broumovsko.

NOVAKOVÁ L.: Brittle tectonics in the NE Bohemian Massif as related to recent tectonic movements indicated by GPS measurements. Praha, 2013. Disertační práce. Karlova Univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie. Vedoucí práce Prof. RNDr. HROUDA, F., CSc.

PETRASCHECK, W. (1934): Der Böhmisches Anteil der Mittelsudeten und sein Vorland. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft, 26, 1–134.

PETRŮ, I., PŮLPYTLOVÁ, J., IZÁK, M., LUKÁŠOVÁ, O. (2011): Územní plán Česká Metuje, Atelier AURUM, s.r.o. Pardubice, str. 1–86.

POUBA, Z. (1959): Geologické mapování. Praha. Nakladatelství Československé akademie věd, 1959. 523 s.

QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. [Praha]: Academia. Studia geographica, 16. Praha, s.17-28.

SCHROTT, L., SASS, O. (2008): Application of field geophysics in geomorphology: advances and limitations exemplified by case studies. Geomorphology 93: 55–73.

SLÁDEK, J. (1977): Zeměpisné vymezení a regionální členění. In: Roček, Z. (ed): Příroda Orlických hor a Podorlicka, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 13–87.

STEJSKAL, V. (2003): Fyzickogeografické aspekty dlouhodobého monitoringu pohybů skalních bloků na území CHKO Broumovsko. Diplomová práce KFGG PřF UK Praha, 114 s.

STEJSKAL, V. (2005): Geomorfologické aspekty monitoringu pohybů skalních bloků v pseudokrasových lokalitách Ostaš, Hejda a Kočičí skály. Geografie, Sborník ČGS, č. 2, ročník 110, str. 82–91.

STEJSKAL, V. *Fyzickogeografické aspekty dlouhodobého monitoringu pohybů skalních bloků na území CHKO Broumovsko*. Praha: Magisterská práce, 2003, 114, 67 l. barev. il., tab., mapy.

STEJSKAL, V.: Studium současných geodynamických procesů v oblasti hronovsko-poríčského zlomového pásma. Praha, 2011. Disertační práce. Karlova Univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie. Vedoucí práce Doc. RNDr. VILÍMEK, V., CSc.

STEJSKAL, V. (2022): Morfostrukturní analýza reliéfu Polické vrchoviny. PŘF UK.

STEJSKAL, V., KOŠT'ÁK, B. (2004): Fyzickogeografické aspekty monitoringu pohybů skalních bloků na území Polické vrchoviny.

ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. (2005): Selected analyses of the morphostructure of the ne part of the rychlebské hory mts. (Czech Republic). *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 1, 2, 59–67.

TÁBOŘÍK P., PÁNEK, T. (2010): Elektrická odporová tomografie ve výzkumu horského reliéfu – příkladové studie z flyšových Karpat. In *XXII sjezd české geografické společnosti Ostrava 2010: Sborník abstraktů*. Ostrava. s. 96.

TÁBOŘÍK, P. (2012): Možnosti využití elektrické odporové tomografie ve výzkumu horského reliéfu. Doktorská disertační práce, KFGG, Ostravská universita, 2012

TÁSLER, R., ČADKOVÁ, Z., DVOŘÁK, J., FEDIUK, F., CHALOUPSKÝ, J., JETEL, J., KAISEROVÁ-KALIBOVÁ, M., PROUZA, V., SCHOVÁNKOVÁ-HRDLIČKOVÁ, D., STŘED, J., STRÍDA, M., ŠETLÍK, J. (1979): Geologie české části vnitrosudetské pánve. ÚÚG Academie, Praha, 296 str.

TÁSLER, R., KOTLÁŘ, J. (1987): Geologie chráněné krajinné oblasti Broumovsko, Archiv CHKO Broumovsko, Police nad Metují, str. 1-64.

TÁSLER, R., VEJLUPEK, M. (1988): Základní geologická mapa ČSSR 1: 25 000 - List 04–332 Police and Metují, MS ČGS, Praha.

TAUBER, O. (1987): Periglaciální tvary jihozápadní části Českomoravské vrchoviny, Vlastivědný sborník Vysočiny, VIII, str. 7–91.

ULIČNÝ, D. (1997): Sedimentation in a reactivated, intercontinental, strike-slip fault zone: the Bohemian Cretaceous Basin, Central Europe. – *Gaea Heidelbergensis*, 3, 347.

URBAN, R. (2015): Geodetické práce při zaměření posunů a přetvoření stavebních objektů. 1. vyd., Praha. CTU Publishing House.

URBÁNEK, J. (1993): Geomorfologické formy tektonického povodu (identifikácia a mapovanie). In *Mineralia slovacae*, Vol. 25, s. 131–137.

VAJSAROVÁ, I.: Inventarizace vybraných tvarů reliéfu na území přírodní rezervace Ostaš. Olomouc, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie. Vedoucí práce doc. RNDr. Irena SMOLOVÁ, Ph.D.

VÁŠKO, T. *Morfostrukturní analýza polického zlomu a bělského zlomu*. Praha: Magisterská práce, 2001, 94, [6] l. tab., grafy, mapy, fot. + 4 příl.

VEJLUPEK, M. (1986): Strukturální stavba polické a svatoňovicko – hronovské pánve. *Věstník ÚÚG*, 61, 3, ÚÚG, Praha 111–122.

VITEK, J. (1980): Typy pseudokrasových jeskyní v CSR. *Československý kras*, 30, Academia,

VÍTEK, J. (2012): Geomorfologie pískovcového reliéfu vrchu Lada u Adršpachu. *Informace ČGS*, 31, 2, str. 1-9.

VYSKOČIL, P. (1988): The dynamics of the Hronov-Poříčí seismoactive fault. *Proceedings of the Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography* 17, 93–111.

WARD, S.H. (1990): Resistivity and induced polarization methods: In Mailet et al., 2005. High resolution electrical resistivity tomography (ERT) in a transition zone environment: Application for detailed internal architecture and infilling processes study of a Rhône River paleochannel. *Marine Geophysical Researches*.

Internetové a datové zdroje

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR 2022): Ochrana přírody CHKO Broumovsko (online). Dostupné z: <https://broumovsko.ochranaprirody.cz/ochrana-prirody/> (citováno 11.12.2022)

ARCDATA PRAHA (2016): ArcČR 500 – digitální geografická databáze, verze 3.3. www.arcdata.cz (citováno 20.11. 2022).

BRAZDIL, R., WHEELER, D., PFISTER, C. (2010): European climate of the past 500 years based on documentary and instrumental data. *Climatic change* (online). Heidelberg: Springer, 101(1-2) ISSN 0165-0009. Dostupné z: doi:10.1007/s10584-010-9866-x

ČÚZK (2022): Podkladové vrstvy DMR 5G, ortofoto, geologické a tektonické mapy do o ArcMap 10.7.1 (online). Dostupné z: <https://www.cuzk.cz> (citováno 11. 12. 2022)

ČZU (2014): Půdní mapa ČR 1:250 000 - klasifikace dle TKSP a WRB (cit. 11. 12. 2022).

Geologické lokality (2017): Polické stěny (online). Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/3282> (citováno 11.12.2022)

GeoWeb (2003): Velká křídová záplava, (online). Dostupné z: <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-1/> (citováno 11.12.2022)

GF INSTRUMENTS, s.r.o. (2014): Short guide for resistivity and induced polarization imaging (online). Dostupné z: <http://www.gfinstruments.cz/>. (citováno 5. 5. 2022)

GRYGAR, R. (2000): Regionální geologie České republiky – platformní vývoj Českého masivu v období jury a křídý. Fond rozvoje vysokých škol, Institut geologického inženýrství (online). Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/reg_geol_cr/8_kapitola.htm (citováno 25.2.2022)

HÁJEK, A., HEINZLOVÁ, H. et al. (2003): Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Broumovsko na období 2003–2012. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 396 str. (online), Dostupné z: <https://old.ochranaprirody.cz/lokality/?idmzchu=30&hidemenu=1> (citováno 16.03.2022).

HEINZELOVÁ, H. (2018): Ochrana dochované hodnoty krajinného rázu – problematické záměry, AOPK ČR (online). Dostupné z: https://www.kr-kralovehradecky.cz/assets/rozvoj-kraje/stavebni-rad/3-Podminky_vyuz_uz_ochrana_ver_zajmu_CHKO_1.pdf

(citováno 10.1.2022)

KUNA, P. (2019): Polická křídová pánev – místo, kde geologický vývoj určil tvář živé přírody (online). Dostupné z: <https://slideslive.com/38918823/policka-kridova-panev-misto-kde-geologicky-vyvoj-urcil-tvar-zive-prirody> (citováno 11.1.2022)

PETRÁNEK, P. (2007): Geologická encyklopedie (online). Dostupné z URL: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl> (cit. 11.1.2022)

STEREONET (2022): Program. Dostupné z: <https://www.rickallmendinger.net/stereonet> (cit. 11. 12. 2022).

Svět geologie (2022): Geologie České republiky (online). Dostupné z: <http://www.geology.cz/svet-geologie/poznej-geologii/geologie-cr> (citováno 10.4.2022)

TGM VÚV (2022): Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) – digitální geografická databáze. www.dibavod.cz (citováno 11. 12. 2022)

TROUTNAR, J. (2013): Polická křídová pánev (online). Dostupné z: [https://www.policenm.cz/e_download.php?file=data/editor/365cs_2.pdf&original=Informačn%C3%AD+tabule+-+strana+I..pdf](https://www.policenm.cz/e_download.php?file=data/editor/365cs_2.pdf&original=Informa%C3%AD+tabule+-+strana+I..pdf) (citováno 11.1.2022)

ZABAGED ® (2022): Základní báze geografických dat České republiky (online). Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(yuapaccvwi54eqeja0wyr5db\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZK-ZABAGED-VP&metadataXSL=full&side=zabaged](https://geoportal.cuzk.cz/(S(yuapaccvwi54eqeja0wyr5db))/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZK-ZABAGED-VP&metadataXSL=full&side=zabaged) (citováno 11.12.2022).