

Tektonická a geomorfologická analýza Lužického zlomu

Pecina Jakub

sektce PŘÍRODNÍ, HUMANITNÍ a SPOLEČENSKÉ VĚDY

FP, 3 ročník

Bakalářský studijní program – Aplikovaná geografie

Abstrakt: Práce se zabývá analýzou pásma Lužického zlomu v celém jeho průběhu od Drážďan po Kozákov a jeho blízkého okolí. Zaměřuje se na geologické, geomorfologické a tektonické aspekty zlomu, projevy přízlomové deformace hornin, jejich odraz v krajině a vymezení jednotlivých tektonicko-geomorfologických úseků. Podrobněji jsou popsány vybrané lokality z různých částí zlomu, u nichž je uvedena teoretická charakteristika, výsledky vlastního terénního průzkumu, jejich analýza a interpretace.

Klíčová slova: geologie, geomorfologie, tektonika, Lužický zlom, Česká křídová pánev, Lugikum, neovulkanismus, Labské pískovce, Lužické hory, Ještědský hřbet, Hodkovická kotlina, Maloskalsko, Kozákov, deformace hornin

1. Úvod

1.1. Cíle práce

Cílem této práce je analyzovat průběh a charakter Lužického zlomu a jeho vliv na geologické a geomorfologické procesy v zájmové oblasti. Konkrétně se zaměřuji na:

- Terénní průzkum, popis a interpretaci typových lokalit podél zlomu.
- Interpretaci širších lokalit z více hledisek
- Interpretaci tvarů reliéfu i nepřímo vázaných na tektonickou situaci
- Vztah Lužického zlomu i dalších okolních dislokací ke georeliéfu, zejména vliv na morfologii krajiny.
- Vymezení a charakteristiku tektonicko-geomorfologických úseků zlomu, které jsou v rámci jednotek homogenní, ale mezi sebou heterogenní a jasně rozeznatelné v krajině.
- Charakterizovat deformace podél Lužického zlomu – včetně dokumentace křehkých a duktilních deformačních prvků a jejich vztahu k tektonickým procesům.
- Analýzu napětových polí z přízlomových deformací hornin měřením smykových ploch.
- Měření sklonu vrstevnatosti křídových sedimentů podložní kry a stanovení relativního stáří deformačních struktur.
- Vyhodnotit rozdíly v přeměněných vlastnostech hornin podél zlomu – zejména jejich vliv na morfologii a vývoj georeliéfu (např. vznik tektonických depresí a elevací)
- Zmapovat interakce Lužického zlomu s jinými tektonickými strukturami – například Krušnohorským zlomem a zlomy kosého směru, a určit jejich vliv na deformace a odskok hlavního zlomu.

Porovnat různé segmenty Lužického zlomu a jejich tektonicko-geomorfologickou variabilitu – což umožňuje rozdělení zlomu na jednotlivé úseky podle jejich specifických rysů.

1.2. Lužický zlom

Lužický zlom, či Lužická poruchová zóna, je významná pokřídově aktivovaná tektonická struktura, přesmykové stavby v celém průběhu, táhnoucí se v délce přes 110 km téměř od Míšně, přes Šluknovský výběžek, Žitavskými horami a Ještědským hřbetem až ke Kozákovu, kde mizí pod terciérními vulkanity a jeho další průběh je zatím neznámý (obrázek 2). Vznikla jako důsledek sledů napětových sil alpinské orogeneze. Principiálně jsou severovýchodní kry tektonicky výše než jihozápadní a to i o více než 1 km (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018). Zlom po své délce mění svůj charakter (úklon zpravidla roste od Drážďan ke Kozákovu, respektive Malé Skále). Zlomová plocha se uklání pod mírných až středním úhlem k SV (od 16° na SZ k 61° na JV) Odděluje zpravidla křídové sedimenty podložní kry a krystalinikum kry nadložní (Lužický masiv, krkonošsko-jizerské krystalinikum) (ČGS, 2025a).

Jeho tektonická stavba je tvořena hlavním zlomem (místy zdvojeným, často erozním řezem posunutým) a častými kratšími kosými zlomy, podél kterých hlavní plocha odskakuje až o stovky metrů.

Nejširší je pásmo zlomu v Severních Ještědských horách (až přes 7km), běžně je ale užší (kolem 1 km). Mocnost dislokované podložní kdy se také mění, od úplné absence, přes vyvlečené samostatné kry na Krásnohorské na úzké pásmo v Ještědských horách, až po obsáhlé sledy hornin turonu, cenomanu a permu u Hodkovic (ČGS, 2025a).

Na západním konci, u Míšně, se zlom rozmršťuje do několika struktur o menší výšce skoku. Na konci východním, u Kozákova, je jeho zakončení nejasné (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018).

1.3. Horniny v zájmové oblasti a jejich geneze

Souvrství křídly v podložní kře

Česká křídová pánev je největší dochovaný sedimentační prostor v České republice, s rozlohou 14,6 tisíc km². Její vznik začal v období cenomanu, kdy byla sladkovodní sedimentace nahrazena mořskou transgresí. K té došlo v oslabené zóně mezi krustálními bloky Moldanubika, Barrandienu a severním okrajem Českého masivu (MU, n.d.).

Vývoj pánve během cenomanské transgrese byl poměrně komplikovaný. V této době se zde střídaly různé typy sedimentů, a to říční, jezerní, lagunové, plážové i mělkomořské. Podloží křídové pánve je z 60% tvořena předkarbonskými horninami krystalinika a ze 40% permokarbonem. Ve spodním turonu, po pokračující mořské transgresi, došlo k rozdělení sedimentů do dvou základních faciálních typů (MU, n.d.):

- facie kvádrových pískovců – oblast s přínosem klastického materiálu z pevniny
- facie vápnitých jílovců a slínovců s přechody do jílovitých vápenců – oblast vzdálenější od pevniny s přínosem jemnějších částíček

Postupně vznikla následující souvrství (od nejstaršího období): cenoman (perucko-korycanské souvrství), turon (bělohorské souvrství), jizerské souvrství (teplické souvrství (přechází do coniacu)), coniac (rohatecké vrstvy, březenské souvrství (přechází do santonu)), santon (merboltické souvrství).

Vývojové skupiny Krkonošsko-jizerského krystalinika v rámci Lugika

Krkonošsko-jizerské krystalinikum tvoří nadložní kru zhruba mezi Vysockým hřbetem a Kozákovem, tedy ve východní, respektive jihovýchodní polovině průběhu zlomu. Vývojové skupiny krystalinika se navzájem liší stářím i typem horninových souborů. Tektonicky se prolínají a přecházejí do sebe (ČGS, 2025a), hranice je většinou nejasná (Krentz et al., 2020).

Lužický masiv

Rozlehlý pluton zabírající většinu Šluknovského výběžku a část Saské Horní Lužice částečně zasahuje i do oblasti kolem Hrádku nad Nisou. Je tvořen granitem až granodioritem ordovického stáří (ČGS, 2025a). Intruze granitoidů Lužického masivu proběhla na přelomu proterozoika a paleozoika, intruze Rumburského granitu na přelomu kambrium/ordovik (Krentz et al., 2020).

Terciární vulkanity

Neovulkanity se v pásmu (nikoliv přímo na zlomu) Lužického zlomu vyskytují nejčastěji v rámci oblasti Oherského riftu. Jedná se o trachyty, fonolity a bazaltoidy Lužických hor a melilitické nefelinity, bazaltoidy, plozenity a jiné silně bazické horniny pásma Čertových zdí. Dále různé osamocené průniky vulkanitů mezi Hodkovicemi a Kozákovem (nefelinity u Zabolet, subvulkanické bazaltoidní brekie na Frýdštejně, bazanity u Hamštejna a na Sokole, bazaltoidní horniny Čertího kopečku, Prackovského vulkánu a Kozákova) (ČGS, 2025a). Z tohoto pohledu je Lužický zlom rovněž jižním ohraničením Lužické antiklinální zóny. Ta je protáhlá v Sudetském směru a ze severovýchodu omezena tzv. Hlavním Lužickým zlomem (v těchto zdrojích je poté Lužický zlom o kterém pojednává tato práce nazýván „Lausitz overthrust“ a nikoliv „fault“) společně se Zhořeleckou synklinální zónou na sever od Zhořelce. V tomto pojetí pak patří vulkanity Lužických hor, Žitavska i Frýdlantska do takzvaného Lužického vulkanického pole. Žitavská a Berzdorfská pánev se v rámci těchto polí vytvořily uvnitř Lužického bloku v paleogénu (Tietz a Büchner, 2015).

2. Shrnutí a diskuze vlastního výzkumu

Deformace hornin

Zdroje zabývající se tektonickými deformacemi hornin přímo v oblasti Lužického zlomu (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018) popisují (od jádra směrem ven) zejména brekciaci, proželeznění, celkové přízломové porušení a silicifikaci. Všechny tyto projevy jsem v různých mírách zmapoval na lokalitách podél celého zlomu. Zejména kvůli absenci hlubší a odbornější analýzy ale u některých projevů nemohu potvrdit genezi vázanou čistě jen na Lužický zlom. Například proželeznění se z teorie vyskytuje i v blízkosti neoidních vulkanitů, které byly zdrojem železa pro nasycení pískovcem difundujících vodních roztoků. Brekciaci, kterou zdroje uvádí ve velice úzkém pásu jsem zmapoval i na od zlomu vzdálených lokalitách, což přičítám jednak jiným tektonickým strukturám a v menší míře třeba i špatné interpretaci jistého typu vnitroskalního gravitačního řízení.

Deformace hornin je přímo vázána na **vlastnosti horniny** samotné. To je nejlépe pozorovatelné v podložní kře, konkrétně v křídových sedimentech. Nejvíce deformačních projevů v sobě zanechávají křemenné pískovce Perucko-korycanských vrstev stáří cenoman, tedy nejspodnější sedimentární sled. Vyšší vrstvy, tedy vzdálenější od zlomu, potom mají celkově tyto projevy mnohem slabší, ale jsou zde určité zákonitosti. Křemenné souvrství obecně lépe zachovávají deformační projevy, které tak najdeme alespoň v malém množství až do vzdálenosti několika set metrů od plochy zlomu (Horní skály, Horka u Hodkovic). Vápno-jílovité, tedy měkkí, pískovce stejného souvrství mají deformačních projevů (stejně tak jako skalních výchozů) naprosté minimum a jsou mnohem hůře interpretovatelné.

Charakter samotného zlomu rovněž silně ovlivňuje deformační projevy na horninách. Deformace se může projevit duktilní (spojitá), nebo křehká (nespojité). Zdá se, že sklon plochy zlomu má také velký vliv. V Labských pískovcích a na Krásnolipsku, kde byl sklon plochy zlomu naměřen maximálně do 20°, jsou deformační projevy velice slabé a vzácné. Oproti tomu například v Hodkovické kotlině, na Maloskalsku, nebo v okolí Kozákova, kde se sklon plochy zlomu dostává do mnohem vyšších stupňů a často je podpořen i Frýdštejným a doprovodnými zlomy (což vede místy až k překocení podložní kry) jsou projevy na horninách nejsilnější z celého průběhu zlomu. Často až smývají jakékoliv jiné detaily. Hlavní vliv má také typ zlomu. Poklesové zlomy (například doprovodné zlomy Frýdštejnského typu v Hodkovické kotlině) mají obecně minimální deformační projevy, přesně tak, jak uvádí například Adamovič (2024). Přesmyky (Lužický zlom) mají principiálně deformační projevy silnějšího rázu.

Vzdálenost od zlomu skutečně ovlivňuje projevy deformace. S jejím růstem klesá počet i hustota projevů (Sloní kameny bez viditelných deformačních projevů, ač se jedná o křemenné pískovce, asi 600 m od dnešního erozního řezu Lužického zlomu.).

Podstatnou roli hraje i úroveň dnešního **erozního řezu**, která určuje možnou studovatelnou oblast.

Souvislost deformačních projevů zlomu s geomorfologií

Deformační projevy Lužického zlomu a geomorfologie jeho blízkého okolí spolu úzce souvisejí, neboť charakter a intenzita deformací hornin přímo ovlivňují vznik a vývoj terénních tvarů.

V místech, kde docházelo k silné deformaci do **tektonické brekcie nebo drceného pásma** se horniny často stávají méně odolnými vůči erozi, což vede k vytvoření **terénních depresí (tektonických)**. Ty jsou patrné například přímo v oblasti **jádra zlomu** (svah nad železnicí nad levým břehem v průlomu Mohelky), v jeho širším okolí (tektonické údolí Vranského potoka) nebo na drobných **kosých zlomech** (průlom Radoňovického či Pelíkovického potoka a mnohé další). Naopak **odolnější horniny**, například silicifikované pískovce, tvoří geomorfologické **elevace (pozitivní reliéf)**.

Z geomorfologického hlediska lze na základě reliéfu do určité míry analyzovat či odhadnout sklon a charakter zlomu – například výskyt facet na severních svazích Lužických hor ukazuje na dlouhodobý tektonický zdvih, zatímco přítomnost roklí a údolí kolmých na průběh hřbetu může naznačovat příčné rozčlenění zlomu doprovodnými dislokacemi.

Geomorfologie okolí zlomu

Drobnými odlišnými vlastnostmi reliéfu podložní kry v Hodkovické kotlině se ještě zřejmě ve větší míře nikdo přímo nezabýval, ale z geologických map (ČGS, 2025a), vlastního průzkumu, porovnání s jinými místy i konzultací (Adamovič, 2024) se zdají být snadno interpretovatelné.

Svahové facet na severních svazích Lužických hor popisuje například kniha Lužický zlom (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018). Výsledky z této publikace souhlasí s jinými zdroji i vlastní analýzou území. O kvarcitových elevacích a jejich genezi se lze více dočíst třeba v knize PP Ještěd (Honsa a kol., 2021) a mé mapování v terénu rovněž podporuje geologická mapa (ČGS, 2025a).

Jiří Adamovič (Adamovič, 2024) podpořil správnost pojmu „tektonické údolí“ například v případě údolí Vranského potoka nad Malou Skálou. Jelení rokle pod Vápenným vrchem je zase ve zdrojích (ČGS, 2025g) zmiňována jako místo odkryvu jádra zlomu, který přesně těmito místy prochází (ČGS, 2025a). Některá další drobná údolí (například na Lužický zlom kosá údolí drobných vodních toků na severních svazích Hodkovické kotliny) jsou hůře podpořitelná jako jednoznačná údolí tektonická (tedy na zlomu přímo založená) a to pro nedostatečnou přesnost geologických map (ČGS, 2025a) a hlubší neprozkoumanosti území pramenící z pouze místního významu. K podpoře těchto myšlenek mohou vézt například nalezené horninové vzorky typické pro jádro zlomu (tektonická brekcie).

Deprese či příkop v místě jádra zlomu sice přímo nezmiňuje žádný zdroj, ale lze ho interpretovat z popisů jeho odolnosti (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018).

Terénní deprese a elevace (tedy **pozitivní a negativní reliéf**) v blízkosti zlomu přímo vázány na **typ horniny**. Nejlépe pozorovatelné jsou deprese a elevace **permokarbonu** podložní kry (zejména svahy Hodkovické kotliny a Hamštejnského hřbetu), kde principálně odolnější horniny (ryolit, bazaltandezit) vytváří prudší svah s přechodem do elevací (hřbetů rovnoběžných s hlavním hřbetem přímo na jeho svahu) a horniny odolné méně (permské

sedimenty) vytváří stagnaci svahu až drobné deprese, rovněž rovnoběžné s hlavní linií hřbetu, což koresponduje s tektonicky vyzdvíženými sledy, tedy s linií směru zlomů.

Další elevace tvoří silicifikované souvrství stáří **cenomanu** zpravidla na začátku svahu podložní kry. Zde je oproti permským elevacím skalní masiv maximálně obnažen a to nejvíce ze strany příkloněné zlomu, což lze interpretovat jako důsledek odnosu méně odolného raně transgresního souvrství v jeho těsném podloží (tedy tektonicky směrem do svahu). Některé skály jsou ale odhaleny na druhou stranu, tedy od zlomu (Bezděčinské skály), což by se dalo odůvodnit například silnější silicifikací transgresních sledů, postupným erozním vývojem drobných vodních toků či naopak absencí relativně větších vodních toků, které by vytvořily vhodné podmínky pro vznik roklí ve směru zlomu ústících do kosých údolí těchto větších toků.

Významné jsou i **kvarcitové** elevace nadložní kry v oblasti Ještědského hřbetu, které jsou v tektonických páslech a minimálně v jedné oblasti pravděpodobně tvořené prealpickým příkrovem (vrchol Ještědu a okolí).

Přímá přítomnost hlavního nebo jiných drobnějších zlomů utváří tzv. **tektonická údolí**. Ta jsou založena na méně odolném jádru zlomu tvořeném tektonickou brekcií a na okolních drcených pásmech. Hlavní zlom tak prochází například středem údolí Vranského potoka nad Malou Skálou či Jelení roklí na severním svahu Vápenného vrchu u Krásné Lípy. Podobnou genezi prodělalo třeba i sedlo mezi Dlouhou horou a Velkým Vápenným v Ještědských horách, kde se navíc jedná o zdvojenou řadu příkrovů. Další drobné zlomy pak tvoří nejčastěji kratší tektonická údolí kolmá na hlavní zlom, dobře patrná například v Hodkovické kotlině.

Samotné **jádro zlomu** může za vhodných nejspíš tvořit mělký pár metrů úzky příkop založený přímo na nejměkčích tektonických brekciích či jílech a vymletý povrchovou vodou, zanesený svahovinami. Takovýto jev jsem pozoroval pouze na jednom místě a to nad železnicí nad levým břehem v průlom Mohelky u Hodkovic.

Jiné reliéfní tvary utvářené Lužickým zlomem se vyskytují zejména na severních svazích Lužických hor. Jedná se o tzv. **svahové facety**, které vznikly pohybem po zlomu a následným erozním narušením a gravitačními pohyby po svahu. Nejčastěji mají tvar trojúhelníkových či lichoběžníkových 55 ploch a jsou dobře zachované Šibeničním vrchu u Jiřetína, Luži, Heidebergu nebo Vysoké u Jítravského sedla.

Geomorfologii nejbližšího okolí Lužického zlomu utváří také **okolní zlomy**. Pominu-li drobnější dislokace popsané výše, vyskytuje se zde několik dalších významných tektonických struktur, které se projevují v reliéfu. Křížanský zlom, jakožto přímé pokračování Strážského zlomu, tedy jižní ohraničení Oherského riftu, vyzdvihl Krkavčí návrší a dále pokračuje přes sníženinu Křížanského sedla do obce Novina, kde odskakuje k severozápadu a pokračuje pod nezměněným směrem průlomem Rokytky do zápolí Lužického zlomu. Severní svahy Ještědského hřbetu, tedy svahy mezi Jítravským sedlem a Panenskou Hůrkou jsou zase utnuty zlomem promítnutým ze složité zlomové zóny od Jablonného a stejně jako zlom Křížanský pokračuje do zápolí Lužického zlomu. Šimonovicko-Machnínský zlom je interpretovatelný ve změnách reliéfu v oblasti Rašovského sedla a dále může utínat východní svahy Kostelního vrchu u Hodkovic.

Horniny indikující blízkost zlomu

Odborné zdroje na toto téma nejčastěji popisují pískovcové brekcie, silicifikované pískovce a tektonické brekcie jádra zlomu (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018). Tyto horniny jsem v terénu zmapoval. Našel jsem ale i odlišné (popsané dále), které pro analýzu pouhým pohledem a porovnáváním nelze interpretovat na základě odborných zdrojů.

Dle nalezených vzorků, pominu-li horninové deformace popsané výše: Blízkost zlomu indikují typické, ale často obtížně určitelné horniny. **Přízломově drcený i silicifikovaný pískovec až raně transgresní slepenec** stáří cenomanu se dá nalézt na úpatí podložní kry pokud je cenoman přítomen.

Další špatně určitelné horniny (**tektonická brekcie nebo andezitový tuf**) jsou z těsné blízkosti linie zlomu (některé vzorky s intenzivní striací) v odstínech od bílé přes žluté, oranžové až hnědé. Některé vzorky připomínají granitoidy.

Nalezeny byly i další blíže neurčené horniny (brekcie, tektonicky drcené, s různorodou hmotou).

Interpretace zaměřené napěťové síly ve výchozech

Interpretací napěťových sil se někteří autoři v oblasti Lužického zlomu (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018) i jiných místech České křídové pánve (Coubal, 1990) zabývali v široké míře mnohem hlubší analýzou. Odtud, nebo třeba z geologických map (ČGS, 2025a), vyplývá správnost zaměření některých okolních zlomů nebo odchylek viditelných v reliéfu krajiny (kry cenomanu pod Kozákovem, části podložní kry na Krásnolipsku).

Z vlastního průzkumu pro měření napěťových sil po celém průběhu zlomu vyplývá, že nejlépe jsou zaměřitelné deformační projevy Lužického zlomu zastihnutele v jeho **těsné blízkosti** a konkrétně v křemenných pískovcích cenomanu. Další aspekty (viz výše) poté snižují možnosti měření i přesné interpretace.

Byly zaměřeny i další směry tlaků, které lze interpretovat buď jako důsledek tlaku kosých zlomů, nebo zkrátka jako těžko interpretovatelné jiné pohyby.

Významné **okolní zlomy** schopné intenzivně porušovat horniny, zejména Strážský zlom, byly jednoznačně zaměřeny na Vajoletkách Krkavčího návrší, kde byl rovněž zjištěn i významný podíl deformací Lužického zlomu stoupající směrem k němu.

Některá místa více vzdálená od Lužického zlomu se silnými deformačními projevy tlaku z nepředpokládaných směrů mohou být důsledkem přímé polohy na okolních zlomech jiného směru (Lužické a Žitavské hory kolem zemské hranice, kry cenomanu na svazích Kozákova).

V průlomu Jizery či Mohelky lze jen odhadovat interpretaci některých měření jako důsledek Jizerského zlomu respektive zlomu průlomu Mohelky.

Sklon vrstevnatosti nejen cenomanu

Obdobné práce se zabývají jednak přímo sklonem vrstevnatosti podložní kry nejbližšího přípolí zlomu (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018) a druhak v menší míře i regionální geologií vzdálenější podložní kry. Dostupná měření vrstevnatosti (která reflektuje původní horizontální plochu) podložní kry i geologické řezy ukazují na postupné zvyšování sklonu podél jednotlivých zlomů (Frýdštejnského 56 typu) až ke zlomu hlavnímu, na jehož sklonu plochy nemusí nutně záviset. Spíše se zde projevuje aktivitu doprovodných zlomů uvnitř podložní kry.

Z **naměřených sklonů** vrstevnatosti křídových sedimentů podložní kry v blízkosti zlomu lze interpretovat, že sklon se vzdáleností od zlomu principiálně klesá (což je dáno fragmentací a ukláněním podložní kry) a že ve směru od Labských pískovců ke Kozákovu principiálně stoupá (což je dáno formou podložní kry). Maxima dosahuje na Maloskalsku v oblasti křížení Lužického zlomu s Koberovskou flexurou. Umocněním poklesovými zlomy Frýdštejnského typu v Hodkovické kotlině a již zmíněným křížením k Koberovskou flexurou na Maloskalsku dochází až k úplnému překocení.

Problém může nastat ve chvíli, kde jsou naměřeny údaje sklonu vrstevnatosti vyvlečených částí podložní kry po kře nadložní (podobnost s vyvlečenými krami jury a permu na Krásnolipsku). Takovéto údaje nelze dávat do souvislosti s údaji ker lámaných podél zlomů Frýdštejnského typu (například skály cenomanu v Hodkovické kotlině), protože se jedná o úplně jiný charakter pohybu z horizontálních vrstev do vrstev ukloněných. Tuto situaci lze s trochou snahy odhadnout v terénu (zúžený pás cenomanu), ale pro jistější interpretaci je vždy třeba vyčistit situaci z odborné literatury podložené kvalitním měřením a vrty.

Změna charakteru Lužického zlomu na křížení s jinými tektonickými strukturami

Tuto situaci, kdy Lužický zlom mění významně svůj charakter (ať už změna sklonu, či projevů), nacházíme na několika místech po jeho průběhu.

V oblasti **Jítravského sedla** prochází zlomy z vnitra Oherského riftu od Jablonného, utínají severní svahy Ještědského hřbetu a procházejí do jeho zápolí do Jizerských hor. Oblast severně od tohoto křížení, tedy Vysocký hřbet, je charakteristická fragmentovanou podložní krou díky zlomům Frýdštejnského typu a samotným Lužickým zlomem promítnutým až do krystalinika. Oproti tomu oblast jižně od křížení, tedy severní část Ještědského hřbetu, mění svůj charakter. K východu je odskočený zlom Dlouhé hory zdvojující nadložní kru, zlomy Frýdštejnského typu ztrácejí geomorfologický význam a dochází k pouhému přesmyku nadložní kry přes podložní s občasnými tektonickými krami podloží taženými po kře nadložní.

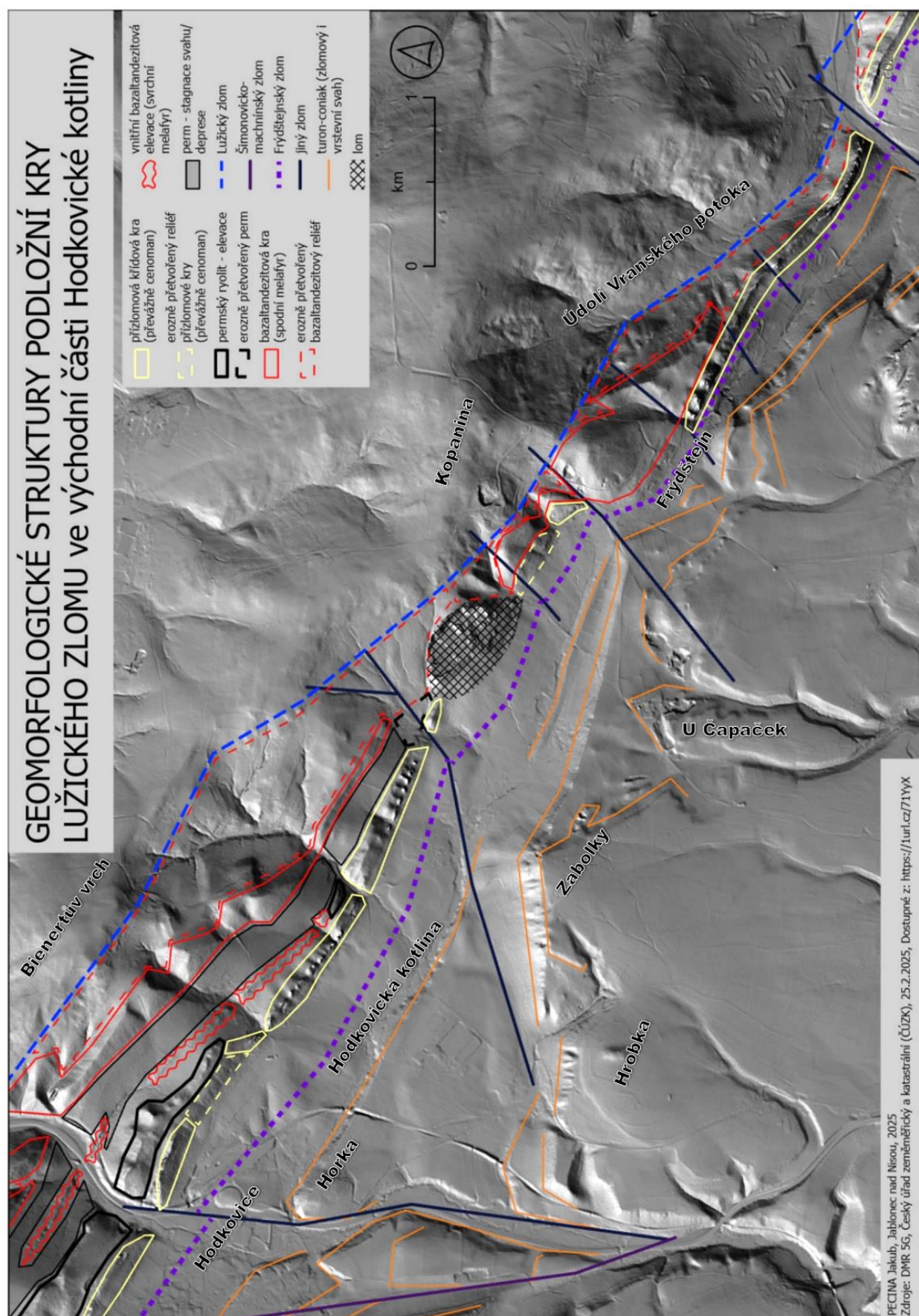
Pásmo Čertových zdí by rovněž mohlo mít vliv na změnu charakteru zlomu. V těchto místech dochází k rozbíhavé tendenci Frýdštejnského a Lužického zlomu a největšímu rozšíření podložní kry. Umocňuje se tu fragmentace podloží známá už z Vysockého hřbetu.

Další změna je na **křížení Lužického a Jizerského zlomu** (u Malé Skály), kde je patrná sbíhavá tektonická tendence ze západu (vychýlení Frýdštejnského zlomu) a naopak rozbíhavá k východu (Koberovská flexura, Rovenský zlom).

Relativní stáří deformačních proužků

Relativní stáří deformačních proužků (smykových ploch) bylo na vybraných místech (zejména mezi Vysockým hřbetem a Kozákovem) zakresleno. Pro porovnání jednotlivých lokalit bylo zapotřebí přesně určit sklon vrstevnatosti a výsledný úhel odečíst od zakreslených směrů smykových ploch, jelikož se předpokládá, že k jejich vzniku došlo ještě před samotnými pohyby ker.

Pro vysokou chybovost takového postupu i pro absenci následné hlubší analýzy jsem od dalšího postupu v měření relativního stáří upustil.



Obrázek 1: Geomorfologické struktury podloží kry Lužického zlomu ve východní části Hodkovické kotliny

3. Závěr

V úvodu práce jsem vytyčil následující hypotézy:

1. Odolnější paleovulkanity permu a silicifikované pískovce křídý vytváří pozitivní reliéf v podložní kře a méně odolné sedimenty permu a křídý vytváří reliéf stagnující a negativní.
2. Lužický zlom i drobné na něj kosé zlomy tvoří v terénu zřetelná tektonická údolí na nich založená.
3. Lužický zlom nepřerušuje významné zlomové struktury jiných směrů jako jsou Strážský zlom nebo Šimonovicko-machnínský zlom
4. Intenzita horninové deformace klesá se vzdáleností od zlomu a stoupá s narůstajícím sklonem plochy zlomu.
5. Pásmo Čertových zdí je přímo zodpovědné za rozšíření podložní kry Lužického zlomu ve východním směru.
6. Lužický zlom intenzivně silicifikuje pískovce cenomanu v podložní kře.

Níže popisují výsledky práce přiřazené k jednotlivým hypotézám:

1. Tato hypotéza byla **podpořena**. Nejlépe viditelný pozitivní, stagnující či negativní reliéf utvářený rozdílnou odolností hornin je vidět v podložní kře v oblasti Hodkovické kotliny případně mezi Malou Skálou a Kozákovem. Pozitivním reliéfem je například Kozí brada (ryolit) nad Hodkovicemi. Ve stagnujícím až negativním reliéfu jsou například louky mezi obcemi Žďárek a Záskaří (aleuropelity, pískovce, slepence).
2. Tato hypotéza byla **podpořena**. Tektonickým údolím je například údolí Vranského potoka nad Malou Skálou, Jelení rokle pod Vápenkou u Krásné Lípy, či drobná údolí potoků kolmá na hřbet nad Hodkovickou kotlinou, která byla všechna vytvořena přímo na tektonické linii.
3. Tato hypotéza byla **podpořena**. Viditelné pokračování tektonických struktur je třeba v případě Strážského zlomu přes průlom Rokytky, tektonických dislokací přes Jítravské sedlo, Šimonovicko-machnínského zlomu do oblasti kolem Hodkovic nebo Frýdštejnského zlomu do oblasti krystalinika nadložní kry.
4. Tato hypotéza byla **podpořena**. Intenzita a míra deformace skutečně klesá se vzdáleností od zlomu (například porovnání severního a jižního okraje Maloskalské Drábovny, kde významnější přízломové deformace nalezneme pouze na tom severním) a s narůstajícím sklonem plochy zlomu skutečně přibývá deformačních projevů (porovnání lokalit na Krásnolipsku a Maloskalsku), ale obojí je ovlivněno mnoha faktory tak, jak je popsáno ve shrnutí (typ horniny, erozní řez, souvrství, jiné tektonické struktury).
5. Tato hypotéza **nebyla ničím přímo podpořena, ale zároveň ani vyvrácena**. Lužický zlom v místech pásma Čertových zdí skutečně mění svůj charakter (stejně jako na jiných místech, jak je popsáno v souhrnu), ale žádný poznatek z terénu ani z odborných zdrojů či následná analýza nevedla přímo k podpoření této myšlenky. Určité zdroje poukazují spíše na jiné důvody rozdílného charakteru (přechod mezi deformacemi (Adamovič, 2024)).
6. Tato hypotéza byla **podpořena**. V blízkosti Lužického zlomu (zejména cenoman, ale i stratigraficky vyšší souvrství) se skutečně na některých místech vyskytují silicifikované pískovce křídového stáří (ve velké míře například skály nad hřbitovem v Proseči pod Ještědem, Matoušovy skály pod Malým Ještědem, v nižší míře potom ve většině výchozů cenomanu v těsném přípolí zlomu – Raubířské skály, Bezděčinské, skály u Frýdštejna, Suché skály). Silicifikaci podporují i odborné zdroje (Coubal, Adamovič a Šťastný, 2018), které ale zároveň poukazují na poměrně úzký pás tohoto prokřemenění a proto zůstává otázkou, zda do tohoto projevu nezasahují i jiné tektonické struktury.

V této práci jsem úspěšně dosáhl stanovených cílů. Provedl jsem analýzu průběhu a charakteru Lužického zlomu na základě vlastního výzkumu a odborných zdrojů. Popsal jsem jeho vliv na geologické a geomorfologické procesy, interpretoval jsem lokality a geomorfologické tvary, které jsou přímo či nepřímo vázány na tektonickou strukturu zlomu, a zkoumal vztah tohoto zlomu k morfologii krajiny. Vymezil jsem tektonicko-geomorfologické úseky a charakterizoval je. Dále jsem identifikoval a popsal projevy tektonické deformace na okolních horninách a podrobně je analyzoval. Zaměřil jsem se na sklon vrstevnatosti pískovců podložní kry a analyzoval směr napětových sil na smykových plochách. Vyhodnotil jsem rovněž rozdíly v přeměněných vlastnostech hornin podél zlomu a jejich vliv na morfologii krajiny a vývoj reliéfu. Zmapoval jsem vybrané interakce Lužického zlomu s jinými tektonickými strukturami a zaznamenal jsem je v mapách s příslušnými reliéfními interpretacemi. Upustil jsem od analýzy sesbíraných dat relativního stáří smykových ploch v podložní kře pro vysokou chybovost postupu i pro absenci následné hlubší analýzy.

Mezi přínosy patří: detailní popis a analýza pásma Lužického zlomu, zhodnocení vlivu na reliéf, vlastní terénní průzkum a interpretace, porovnání s odbornou literaturou, případně zvýšení povědomí o regionální geodiverzitě spolu s přehlednou dokumentací.

Místo (ve směru ze Saska ke Kozákovu)	Přibližná vzdušná vzdálenost od hlavního zlomu (v metrech)	Interpretace (LZ= Lužický zlom)
Hohnstein (Sasko)	500	Jednoznačně zaměřen LZ
Krkavčí kameny (Jonsdorf)	850	Snad jeden z odskokových zlomů, na které navazuje zlomové pásmo v centrálních Lužických horách
Nonenfelsen (Jonsdorf)	200	Nelze interpretovat, směsice směrů
Alpenpfad (Jonsdorf)	800	Nelze interpretovat, směsice směrů
Spitzstein (Jonsdorf)	800	Zaměřen snad odskokový zlom ohraničující Jonsberg ze západu, stejně orientované ohraničení i z východu
Scharfenstein (Ojvín)	1200	Nelze interpretovat, směsice směrů
Horní skály	Leží přímo ve složitě tektonické kře	Věže Liberecká a Dvojče jednoznačně zaměřen LZ, u věže Sokol mimo majoritní LZ snad zaměřen i kosý odskokový zlom
Krkavčí skály (Vajoletky)	Od LZ 2000, od Strážského zlomu jednotky metrů	Převládá zaměření ve směru Strážského zlomu (podél něj vyzdviženy), ale často zaměřena orientace ve směru LZ
Kamenný (Proseč p.J.)	250	Zaměřen snad jen kosý zlom
Skály a lom v Proseči p.J.	750	Zaměřen snad jen kosý zlom
Kóta 502m (Vlčetín)	Přes 1000	Jednoznačně zaměřen LZ
Štefanka (Hodkovice)	Přes 1000	Jednoznačně zaměřen LZ
Raubířské skály	1000	Zaměřen kosý zlom, snad zlom v průlomu Mohelky
Melafyrový lom na Mandlové hoře	250	Jednoznačně zaměřen LZ
Hrad Frýdštejn	650	Dominance LZ, minoritně snad kosý zlom
Nadzámčí (Vranovský hřbet)	400	Dominance LZ, minoritně snad kosý zlom
Posel (Vranovský hřbet)	230	Majoritně LZ, ale často různé odchylky
Pantheon (Vranovský hřbet)	50-150	Dále od Jizery převládá LZ, blíž k řece zase S-J (snad Jizerský zlom?)
Sokol (Malá Skála)	800	Vše kosé na LZ
Hřbitovní stěna (Malá skála)	Jednotky desítky až	Pouze ve směru SSV-JJZ, snad Jizerský zlom
Skály u Libentín (Malá skála)	Jednotky desítky až	Jednoznačně zaměřen LZ
Suché skály – sever	Jednotky desítky až	Jednoznačně zaměřen LZ
Suché skály - střed	Jednotky desítky až	Zaměřen LZ, na jednom místě snad kosý zlom všemi měřeními
Suché skály – jih	Jednotky desítky až	Zaměřen LZ, často drobné odchylky od osy zlomu
Skály nad Hlubočkem	Jednotky desítky až	Jednoznačně zaměřen LZ
Kry Pod Březím a Na Kostelíku	1000	Orientace měření snad kopíruje hranu kry, na severu občas kosý směr
Proskalí JV	Nelze určit	Na jižní straně orientace po hraně kry, na severní straně nelze interpretovat
Kozákovská Drábovna	Nelze určit	Většinou nelze interpretovat, minoritně ve směru hrany kry (JV i JJZ)

Tabulka 1: interpretace vlastního měření deformačních projevů

4. Zdroje

- (1) Česká geologická služba, 2025a. Geologická mapa 1:50 000. Dostupné na: <https://www.geology.cz> [Přístup 4. března 2025].
- (2) Seznam.cz, 2025. Mapy.cz. Dostupné na: <https://mapy.cz> [Přístup 4. března 2025].
- (3) Adamovič, J., 2024. Email.
- (4) Česká geologická služba, 2025b. Geovědní mapy 1 : 25 000. Dostupné na: <https://mapy.geology.cz/geocr25/> [Přístup 4. března 2025].
- (5) COUBAL, M.; ADAMOVIČ, J. a ŠTASTNÝ, M. (ed.), 2018. Lužický zlom: hranice mezi dvěma světy. Praha: Novela bohemia. ISBN 978-80-87683-87-3
- (6) Správa jeskyní České republiky, 2025. Kras Turnovské pahorkatiny. Dostupné na: <https://www.caves.cz/k15175> [Přístup 4. března 2025].
- (7) Havránek, P., 2023. Dobývání železných rud u Horního Sedla. In: Bezdez: Vlastivědný sborník Českolipska 32. Česká Lípa: Muzeum Českého ráje. Dostupné na: <https://muzeumcl.cz/clanek/bezdez-vlastivedny-sbornik-ceskolipska-32-2023> [Přístup 4. března 2025].
- (8) CHALOUPSKÝ, J.; 1989. Geologie Krkonoš a Jizerských hor. Praha: Ústřední ústav geologický vydavatelství v Akademii
- (9) HONSA, I.; ČTYROKÝ, P.; BERAN, R.; LOŽEK, V. a FOUQUEOVÁ, A., 2001. Přírodní park Ještěd. Liberec: Jizersko-ještědský horský spolek.
- (10) Česká geologická služba, 2025c. Významné geologické lokality: Lom Basa a okolí. Dostupné na: <https://lokality.geology.cz/551> [Přístup 4. března 2025].
- (11) Jizersko-Ještědský horský spolek, 2025. Naučná stezka Ještědské vápence. Dostupné na: <https://www.horskyspolek.cz/naucna-stezka-jestedske-vapence> [Přístup 4. března 2025].
- (12) Česká geologická služba, 2025d. Významné geologické lokality: Bílé kameny. Dostupné na: <https://lokality.geology.cz/34> [Přístup 4. března 2025].
- (13) Česká geologická služba, 2025e. Významné geologické lokality: Kopec u Brtníků. Dostupné na: <https://lokality.geology.cz/521> [Přístup 4. března 2025].
- (14) Česká geologická služba, 2025f. Významné geologické lokality: Brtníky - jura. Dostupné na: <https://lokality.geology.cz/1876> [Přístup 4. března 2025].
- (15) Česká geologická služba, 2025g. Významné geologické lokality: Vápenka. Dostupné na: <https://lokality.geology.cz/30> [Přístup 4. března 2025].
- (16) Malý, K., 2006. Sulfidická a U-Zr-Ti mineralizace z nesilicifikovaných a silicifikovaných pískovců březenského souvrství (Milštejn v Lužických horách). Zprávy o geologických výzkumech 39, pp. 114
- (17) Kolaříková, I., 2002. Geologie a mineralogie Miliřské doliny u Jiřetína pod Jedlovou. Zprávy o geologických výzkumech 35, pp. 39–41.
- (18) Honzejek, J., 2024. Ústní sdělení. Speleolog, Liberec.
- (19) Česká geologická služba, 2025h. Geovědní mapy 1 : 25 000. Dostupné na: <https://mapy.geology.cz/geocr25/> [Přístup 4. března 2025].
- (20) Prouza, V., Coubal, M. and Adamovič, J., 2013. Problematika jihovýchodního pokračování lužického zlomu v západním Podkrkonoší. Zprávy o geologických výzkumech 46, pp. 59–63.
- (21) Česká geologická služba, 1998a. Významné geologické lokality: Kozákov. Available at: <https://lokality.geology.cz/1208> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (22) Česká geologická služba, 1998b. Měsíční údolí. Available at: <https://lokality.geology.cz/3200> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (23) Česká geologická služba, 1998c. Prackov. Available at: <https://lokality.geology.cz/3203> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (24) ČECH, S., HRADECKÁ, L., ŠVÁBENICKÁ, L., 2010. Příspěvek k poznání průběhu libuňského zlomu v Českém ráji. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2009, Česká geologická služba, Praha, pp. 33–38. ISSN 0514-8057. Available at: <https://app.geology.cz/img/zpravavyzkum/fulltext/2009-10.pdf> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (25) Ekolist, 2019. Jizerské hory jsou geologicky pestřejší než se dosud udávalo. Available at: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/jizerske-hory-jsou-geologicky-pestrejsi-nez-se-dosud-udavalo> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (26) Česká geologická služba, 1998d. Významné geologické lokality: Čertova zeď. Available at: <https://lokality.geology.cz/44> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (27) Česká geologická služba, 1998e. Významné geologické lokality: Kozí hřbety. Available at: <https://lokality.geology.cz/4057> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (28) Česká geologická služba, 1998f. Významné geologické lokality: Lom u Bezděčína - andezitoidy. Available at: <https://lokality.geology.cz/1460> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (29) Česká geologická služba, 1998g. Významné geologické lokality: Lomy ve Frýdštejně - andezitoidy. Available at: <https://lokality.geology.cz/1459> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (30) Česká geologická služba, 1998h. Významné geologické lokality: Anděl Strážce. Available at: <https://lokality.geology.cz/1967> [Accessed 4 Mar. 2025].
- (31) Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, n.d. Naučná stezka Kozákov.
- (32) KRENTZ, O.; MLČOCH, B.; MRÁZOVÁ, Š.; NÁDASKAY, R.; ROMMEL, A. et al. Geologie česko-saské křídové pánve mezi Krušnými horami a Ještědem. Praha: Česká geologická služba, 2020. ISBN 978 80-7075-971-4.
- (33) Masarykova univerzita, n.d. Česká křídová pánev. Available at: https://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz/regionalni_geol/kridova_panev.htm [Accessed 4 Mar. 2025].
- (34) Beránek, J., Korandová, B. & Vrublová, D., 2019. The mesa of Oybin (Upper Lusatia, Germany) and

its importance for geology and geotourism. *Geographia Technica*, 12(2), s. 391–398. Dostupné na:

https://gtg.webhost.uoradea.ro/2019_2_vol_25.html [Accessed 4 Mar. 2025].

(35) Adamovič, J., Mikuláš, R. & Cílek, V., 2021. *Geolines*, 21. Praha: Institut geologie Akademie věd ČR. Available at: <https://home.gli.cas.cz/volume21.html> [Accessed 4 Mar. 2025].

(36) Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J. & Stráník, Z., 2002. *Geologická minulost České republiky*. Praha: Academia.

(37) Rapprich Vladislav., 2025. Email.

(38) Grygor, R. & Jelínek, J., n.d. *Strukturní geomorfologie kontinentů*. *Geomorfologie*. Available at: http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/4_kapitola.htm [Accessed 4 Mar. 2025].

(39) DEMEK, Jaromír a kol., 1987. *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny*. Brno: Academia

(40) Adamovič, J., Mikuláš, R. a Cílek, V., 2010. *Atlas pískovcových skalních měst České a Slovenské republiky*. Praha: Academia.

(41) Miller, N. 2025. 'Deformation', in *A Brief Introduction to Geology and Geomorphology*. Toronto: Seneca Polytechnic. Available at:

<https://pressbooks.senecapolytechnic.ca/millergeolgeomorph/chapter/deformation/> [Accessed 4 Mar. 2025].

(42) Tietz, O. & Büchner, J., 2015. The landscape evolution of the Lausitz Block since the Palaeozoic – with special emphasis to the neovolcanic edifices in the Lausitz Volcanic Field (Eastern Germany). *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 166(2), pp.125–147. Available at: <https://doi.org/10.1127/zdgg/2015/0031> [Accessed 4 Mar. 2025].

(43) ADAMOVIČ, J., COUBAL, M. 1999. Intrusive geometries and Cenozoic stress history of the northern part of the Bohemian Massif. – *Geolines* 9, 5–14.

(44) COUBAL, M. 1990. Compression along faults: example from the Bohemian Cretaceous Basin. – *Miner. slov.* 22, 139–144.

(45) Rapprich, V. 2011. *Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000 s Vysvětlivkami 03-324 Turnov*. - Česká geologická služba. Praha.

(46) Nádaskay, R. Uličný, D. 2014. Genetic stratigraphy of Coniacian deltaic deposits of the northwestern part of the Bohemian Cretaceous Basin – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*

(47) COUBAL, M. ADAMOVIČ, J. MÁLEK, J. PROUZA, V. 2014. Architecture of thrust faults with along-strike variations in fault-plane dip: anatomy of the Lusatian Fault, Bohemian Massif. – *J. Geosci.* 59

(48) FOSSEN, H. (2010): *Structural Geology*. – Cambridge Univ. Press, New York