

Projevy posunů po vrstevních plochách v křídových pískovcích Podbezděží

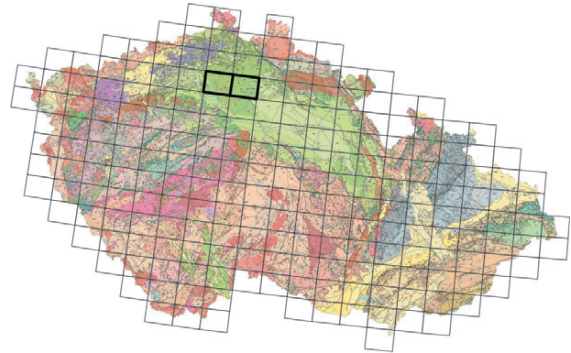
Bedding-plane slip movements in Cretaceous sandstones in the Bezděz area

Jiří ADAMOVIČ – MIROSLAV COUBAL

Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6;
adamovic@gli.cas.cz

Key words: bedding-plane slip movements, paleostress analysis, Bohemian Cretaceous Basin

Abstract: Tectonic deformations of the bedding-plane slip type (also called layer-parallel slip) have been often overlooked in the Bohemian Cretaceous Basin. New examples were identified in the Jizera Formation sandstones (Turonian) in the Bezděz area based on field mapping and tectonic measurement. Their manifestations are lithology-controlled. The slip in quartzose sandstones is accompanied by series of dense *en échelon* fractures (mostly conjugate Riedel shears) dipping at moderate angles, while that in heterolithic sandstones is dominated by slickensides on the principal horizontal fault plane. Paleostress analysis at Katusice re-



(02-44 Štětí, 03-33 Mladá Boleslav)

vealed two closely superimposed phases, possibly of Miocene age: an older WNW-ESE compression and a younger NW-SE compression.

Interpretace tektonické stavby platformního pokryvu Českého masivu zpravidla počítá s výskytem poklesů a přesmyků (dip-slip faults), které jsou snadno identifikovatelné na základě rozdílů nadmořských výšek hlavních litologických rozhraní. Přítomnost horizontálních posunů (strike-slip faults) nelze tímto způsobem prokázat, a tak zůstávají v geologických mapách upozaděny, byť se občas podaří na základě odskočení starší strmě ukloněné struktury doložit i několikasetmetrové pohyby na dosud neznámých zlomech. Nejméně nápadné jsou ale vrstevní posuny, kdy k pohybu došlo na vrstevních plochách nebo na plochách velmi mírně ukloněných (bedding-plane slip faults, Cooke – Pollard 1997). Posuny po vrstevních plochách jsou na výchozech při zběžném pohledu zaměnitelné s mezivrstevními spárami bez smykového oživení. Plošný rozsah přemístěných ker i velikost jejich přemístění lze navíc jen velmi těžko odhadnout, protože se svou výškovou pozicí liší od okolí jen velmi málo.

Jedním z projevů posunu po vrstevních plochách je vznik vyhlazených povrchů sblížených s vrstevními plochami a mnohdy i vznik striací na těchto plochách, někdy s doprovodem silicifikace. Dalším typickým projevem jsou soubory ruptur zpeřených k oživeným plochám, především Riedelovy stříhy a konjugované Riedelovy stříhy (např. Hancock 1985). Tyto jevy se vyskytují výhradně v těsném podloží a nadloží hlavní zlomové struktury, zatímco ve větších vzdálenostech jsou horniny porušeny především soubory puklin regionálního charakteru. K posunům po vrstevních plochách přednostně docházelo v měkkých, plastičtějších vložkách mezi kompetentními členy souvrství nebo při jejich rozhraní. Na zákonitosti jejich vzniku

ukazují dosud popsané i nově zjištěné příklady z české křídové pánve.

Dosavadní pozorování z české křídové pánve

Na ohlasy na vrstevních plochách v předpolí lužického zlomu v Labských pískovcích upozornil Seifert (1932). Jejich doprovod tvoří soubory hustých zpeřených puklin, ukloněných pod středními úhly do přibližně stejného směru, jaký mají striace na těchto i na vrstevních plochách, tj. k J nebo JZ. Vyvinuté jsou na hlavních záplavových plochách svrchněturonsko-coniackého vrstevního sledu, tedy na plochách γ3 a δ2 s vyšším obsahem jílového a prachového matrixu. Na vyšším rozhraní δ2 je tektonickému porušení přičítán i častý výskyt jeskyní a převisů v jeho těsném nadloží. Deformace pozorované Seifertem potvrdil Coubal (1990) a přisoudil jim stejnou příčinu jako hlavním přesmykovým pohybům na lužickém zlomu: napěťové pole se složkou maximální komprese směru S-J.

Existenci vrstevních zlomů v oblasti hlubinné těžby uranu u Hamru a Břevniště odvodil Doležel (1976) na základě pozorovaného náhlého ukončení strmých zlomů ve dvou stratigrafických úrovních – v prachovcích na vrcholu perucko-korycanského souvrství a v heterolitických sedimentech na bázi souvrství. Vznik zlomů vysvětlil stlačením ve směru SV-JZ a rovněž ho časově spojil s hlavními pohyby na lužickém zlomu. Přestože neuvedl velikost pohybu na těchto zlomech, vyjadřoval se o „odtržení“ turonského horninového komplexu od jeho podloží

v široké zóně (alespoň 12 km) v jz. předpolí lužického zlomu.

Posuny po vrstevních plochách v pískovcích teplického souvrství na vrchu Sokol s. od Turnova zdokumentoval Coubal (1989). Rovněž soustředění jeskyní s. od Turnova do jedné výškové úrovně (15 m pod horní hranou klokočské kuesty) vedlo Mertlíka a Adamoviče (2005) k interpretaci horizontální zlomové plochy. Tato představa je podpořena přítomností horizontálních až středně ukloněných ohlázových ploch a tektonických zrcadel uvnitř jeskyní.

Z dosavadních pozorování lze za prokázanou považovat přítomnost horizontálních nebo vrstevních zlomů minimálně v blízkosti lužického zlomu na s. okraji české křídové pánve. Stejně nesporná je jejich souvislost s přesmykovými pohyby na lužickém zlomu. Neznámou ale zůstává velikost pohybu na nich, stejně jako rozšíření tohoto jevu v jiných oblastech české křídvy. Vrstevní členy nejvíc náchylné k tomuto typu deformace (tj. jílovce, prachovce, jílovitoprachovité pískovce) jsou na přirozených profilech bohužel také nejhůře odkryté. Obtížná je i zpětná identifikace těchto struktur na základě vrtných popisů. V řadě případů byly stopy smyku na vrstevních plochách jader považovány za důsledek technologie vrtání a nebyly v dokumentaci vůbec uváděny. Rovněž popisované šmouhované polohy se silným usměrněním částic či neprůběžné blanité povlaky usměrněného či šmouhovaného materiálu na plochách vrstevnatosti slínovců a vápňitých pískovců bělohorského a spodní části jizerského souvrství jsou v popisech interpretovány výhradně sedimentologicky (např. ve vrtu MJ-5, Slavík 1966).

Tektonická stavba křídvy v Podbezděži

Území s nově pozorovanými projevy posunu po vrstevních plochách leží zhruba mezi Mšenem na západě a Bělou pod Bezdězem na východě. Od Z k V zde v jizerském souvrství dochází k významné faciální změně, v rámci níž přecházejí křemenné pískovce z velké části do jemnozrnných vápňitých pískovců a prachovců za současného poklesu mocnosti celého souvrství. Na V tak tvoří křemenné pískovce jako kompetentní horniny jen horní části nahoru hrubnoucích cyklů, zatímco měkčí a více plastické horniny tvoří jejich větší část. Tomu odpovídá i poněkud odlišná podoba tektonické deformace.

V křemenných pískovcích na Mšensku mají ruptury regionálního charakteru směr S-J až SSV-JJZ, jsou subvertikální a většinou na nich došlo k vertikálnímu pohybu jen o velikosti prvních metrů. Výjimkou je zlom běžící přes Mšeno, na němž došlo k relativnímu poklesu východní kry o 35 m (Adamovič 1994). Neméně významným je brusenské pásmo o šířce 150–200 m, sledující zhruba linii Sedlec–Brusné, s celkovým relativním poklesem severozápadní kry o 40 m. Housecké vrchy dále na S jsou součástí bletecké kry (bletecký hřbet, Vejlupek – Kaas 1986). V této kře jsou sedimenty ukloněné poněkud strměji (2–3°) k J a porušené především zlomy směru V-Z. Na ně jsou vázány proniky mladých vulkanitů. Východní omezení bletecké kry tvoří zlom směru SSV-JJZ s poklesem východní kry o 40 m, lokalizovatelný na základě vrtných údajů zhruba

do linie Nosálov–Bezděz. Území s větším podílem aleuropelitů dále na V mezi Bělou, Březovicemi a Katusicemi má podle dostupných údajů jednodušší tektonickou stavbu s mírnými úklony vrstev k JV. Ruptury směru V-Z jsou proniknuté bazaltoidy.

Projevy v křemenných pískovcích – Mšensko, Housecké vrchy

Tektonická deformace se soustřeďuje na spodní členy nahoru hrubnoucích cyklů, tvořené jemnozrnnými prachovitými pískovci. Ty vystupují především při patě skalních pater, takže jsou dobře přístupné pozorování. Typickým projevem pohybů na vrstevních plochách jsou tu soubory hustých ruptur ukloněných pod středními úhly, laterálně sledovatelné na vzdálenost metrů až desítek metrů a nahore a dole omezené vrstevními plochami nebo přímo ploše ukloněnými zlomy (obr. 1). Směr pohybu na ohraničujícím zlomu, indikovaný směrem striací, je zhruba rovnoběžný se směry spádnic ruptur k tomuto zlomu zpeřených. Na samotných šikmých rupturách se smykový pohyb kombinuje s jejich tahovým charakterem a napovídá, že jde o Riedelovy stříhy R nebo konjugované Riedelovy stříhy R'.

Na Mšensku se tento typ deformací soustřeďuje na brusenské pásmo směru SV-JZ. Spíše než souborem zlomů je toto pásmo flexurou s několikanásobně přetrženým ramenem. Velká část pohybu se zde odehrála na vrstevních plochách střední části jizerského souvrství, především na štěrčíkových polohách, které zde mají rozestupy 3–12 m. Husté ruptury jsou ukloněné k VJV až JV pod úhlem 35–63°. Podle geometrického vztahu k řídicím plochám a celkové geologické situace je považujeme za konjugované Riedelovy stříhy a za následek plochého násunu jihovýchodní kry přes severozápadní kru.

V Houseckých vrších lze obdobnou situaci sledovat po obou stranách hřbetu tvořeného vrchy Drnclík a Janova hora j. od Housky. Soubory hustých ruptur se zde uklánějí k S až SZ pod úhly 30–71° a jsou omezené řídicími plochami subhorizontálními nebo ukloněnými mírně k SZ, často silicifikovanými (obr. 2). Striace na řídicích plochách mají zhruba směr 155°, smysl pohybu nelze určit. Na jižní straně hřbetu jsou podobné soubory ukloněné k JJZ pod mírnějšími úhly 8–15°. Vzhledem k průběhu řídicích ploch terénem a zjištěné vyšší pozici kry Drnclíku oproti Janově hoře (o 30 m) lze předpokládat násun severozápadní kry přes jihovýchodní kru na skryté zlomové ploše ukloněné velmi mírně k SZ, doprovázený strměji ukloněnými stříhy R' a mírněji ukloněnými stříhy R.

Projevy ve vápnitoprachovitých pískovcích – Katusice

Nejvýraznější deformace lze pozorovat v nejvyšší části vrchu Bezvel u Katusic. Ta je tvořena silicifikovanými, středně až hrubě zrnitými pískovci svrchní části jizerského souvrství s polohami slepenců (např. Zahálka 1904). Silicifikace je natolik intenzivní, že hornina má v jemněji zrní-



Obr. 1. Pásmo hustých ruptur ukloněné k východu, nahoře a dole omezené mírně ukloněnými řídicími plochami. Brusenské pásmo z. od Brusného, 50,46572°N a 14,61880°E.

tých partiích charakter křemence bělošedé až narůžovělé barvy. Vzhledem k mocnosti silicifikovaných partií přes 9 m a neporušenosti valounů silicifikovaných slepenců byla nejpravděpodobnějším zdrojem křemene hydrotermální alterace v okolí skrytého tělesa neovulkanitu.

V křemencích na vrcholu skalní věže je vyvinuta řada subhorizontálních ohlazových ploch, orientací většinou blízkých plochám vrstevnatosti (obr. 3). Již podle morfologie lze mezi nimi rozlišit dvě skupiny.

Starší smykové oživení je vyvinuto na plochách bělošedých křemenných inkrustací, které pravděpodobně vznikaly jako výplň prvních ruptur, otevíraných současně s probíhající silicifikací. Inkrustace mají tvar nepravidelně zvlněných desek jak subhorizontální, tak i subvertikální orientace. Současnému vzniku silicifikace a oživení nasvědčuje rovněž habitus převážně jemných striací neostřích, zvlněných tvarů, připomínajících až vláknitý vývoj křemene. Podle výsledku analýzy paleonapětí bylo smykové oživení vyvoláno kompresí směru ZSZ-VJV (obr. 5C).

Na tyto struktury byly naloženy ohlazové plochy mladší generace. Jde o rovinná zrcadla s vyleštěnou zlomovou výplní (obr. 4), obsahující na rozdíl od struktury předchozí generace rovněž oxyhydroxidy železa. Striace ostrých tvarů a vznik zlomové výplně kladou oživení do období, kdy produkty silicifikace byly již zcela litifikovány. Příčinou oživení byla komprese směru SZ-JV (obr. 5B).

Kromě oživení smykových ploch vedly obě fáze napětí ke vzniku široké škály fraktografických typů ruptur. Mezi ně patří i tahové ruptury převážně subvertikální orientace s nerovným povrchem, vylučujícím smykový pohyb podél nich. Lze rozlišit tahové ruptury odpovídající oběma fázím: starší směru V-Z a mladší směru SZ-JV.

Diskuse

Posuny na vrstevních plochách v různých částech české křídové pánve vznikaly pravděpodobně v rámci několika tektonických fází. Posuny na lokalitách v s. části pánve



Obr. 2. Pásmo hustých ruptur ukloněné k severozápadu, dole ukončené na subhorizontálním zlomu se silicifikací a striacemi. Černý důl u Housky, 50,48609°N a 14,61950°E.

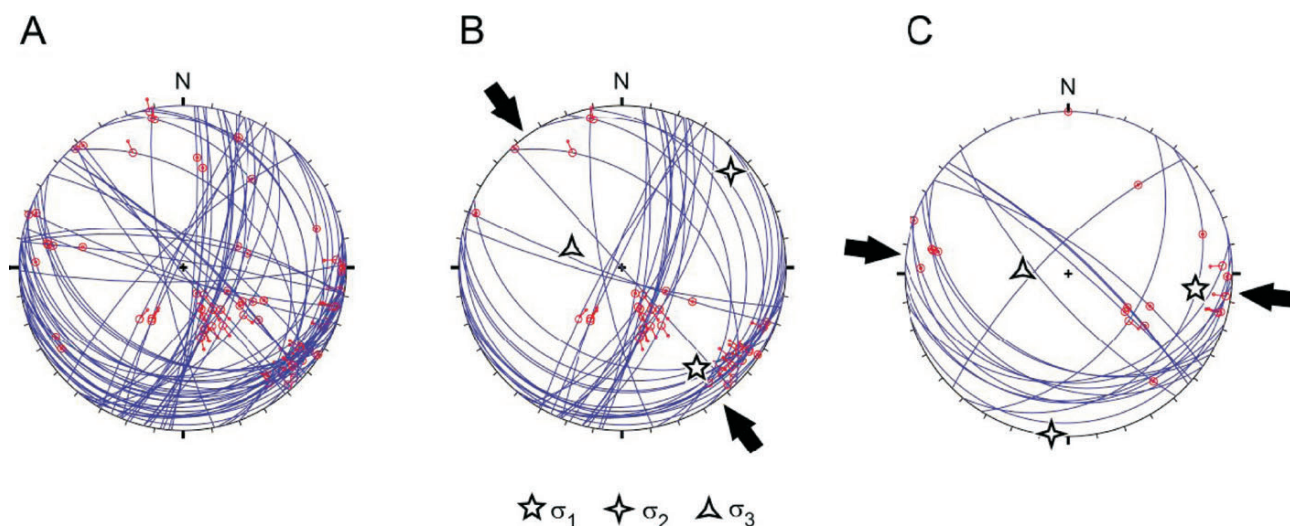


Obr. 3. Subhorizontální ohlazové plochy ve vrcholové části skalní věže na vrchu Bezvel u Katusic. 50,45955°N a 14,78366°E.



Obr. 4. Striace ostrých tvarů na mladší generaci ohlazových ploch. Bezvel u Katusic.

souvisí s násunem na lužickém zlomu, který lze geologicky přibližně datovat do časového intervalu konec svrchní křída až eocén (tzv. fáze α in Adamovič – Coubal 1999).



Obr. 5. Analýza paleonapětí křehkých struktur z vrchu Bezvel u Katusic. A – populace ohlazových ploch se striacemi z vrcholové části skalní věže, B – populace oživených ruptur a orientace hlavních napětí během mladší komprese směru SZ-JV, C – populace oživených ruptur a orientace hlavních napětí během starší komprese směru ZSZ-VJV.

V této oblasti byly zároveň zjištěny účinky dvou mladších kompresí směru ZSZ-VJV a SZ-JV, označených jako fáze γ a δ . Spolehlivé stanovení jejich vzájemného pořadí ani příbližné datování nebylo možné (Coubal 1989, Adamovič – Coubal 2009). Na Bezvelu u Katusic jsou pravděpodobně zaznamenány stopy těchto fází ve zřetelné sukcesi.

Intenzivní silicifikace pískovců, stejně jako tahové ruptury směru V-Z související s kompresí směru ZSZ-VJV, lze časově korelovat s vmístěním žil neovulkanitů stejného směru ve v. okolí Houseckých vrchů (Bezdědice, Kluček, Komošín). Tyto žíly nebyly dosud geochronologicky datovány. Nejbližší datované žíly stejného směru tvoří roje mezi Mladou Boleslaví a Jičínem, kde jsou spolu s povrchovými produkty řazeny k troseckému souvrství stáří kolem 17 Ma (Cajz et al. 2009).

Závěr

Pozorování z Podbezdězí dokládají existenci posunů po vrstevních plochách a zlomech s nimi sblížených v české křídové pánvi. Oproti dříve uváděným pozorováním od lužického zlomu byl stejný typ deformace potvrzen i pro sedimenty značně vzdálené od severního zlomového okraje pánve. Nejvýraznějším projevem v křemenných pískovcích jsou soubory hustých ruptur zpeřených k subhorizontální řídicí ploše; ty nejspíš představují Riedelovy stříhy a konjugované Riedelovy stříhy. V prostředí, kde se křemenné pískovce střídají s méně kompetentními vápnitoprachovitými pískovci, se hlavní deformace soustřeďují na smyk podél řídicích ploch a složité aranže zpeřených ruptur se nevytvoří. Podrobnější rozpracování mechanismu dosud přehlížených vrstevních posunů se může uplatnit při interpretaci vzniku větších deformačních struktur v české křídě, jako např. blatecké kry, maršovické elevace nebo východočeských vrás.

Poděkování. Práce je součástí výzkumného záměru Geologického ústavu AV ČR, v. v. i., v Praze, č. AV0 Z 30130516.

Literatura

- ADAMOVIČ, J. (1994): Paleogeography of the Jizera Formation (Late Cretaceous sandstones), Kokořín area, central Bohemia. – Sbor. geol. Věd, Geol. 46, 103–123.
- ADAMOVIČ, J. – COUBAL, M. (1999): Intrusive geometries and Cenozoic stress history of the northern part of the Bohemian Massif. – Geolines 9, 5–14.
- ADAMOVIČ, J. – COUBAL, M. (2009): Time succession of Cenozoic stress fields in the northern part of the Bohemian Massif. In: RÖHLING, H.-G. – LINNEMANN, U. – LANGE, J.-M., ed.: GeoDresden 2009 – Geologie der Böhmisches Masse, Kurzfassungen der Vorträge und Poster/Abstracts. – Schr.-Reihe Dtsch. Gesell. Geowiss. 63, 269.
- CAJZ, V. – RAPPRIČ, V. – SCHNABL, P. – PÉCSKAY, Z. (2009): Návrh litostratigrafie neovulkanitů východočeské oblasti. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2008, 9–14.
- COOKE, M. L. – POLLARD, D.D. (1997): Bedding-plane slip in initial stages of fault-related folding. – J. struct. Geol. 19, 3–4, 567–581.
- COUBAL, M. (1989): Projevy saxonské tektogeneze v centrální části české křídové pánve. Disertace k získání vědecké hodnosti kandidáta geologických věd. – 236 s. MS Čes. geol. služba. Praha.
- COUBAL, M. (1990): Compression along faults: example from the Bohemian Cretaceous Basin. – Miner. slov. 22, 139–144.
- DOLEŽEL, M. (1976): Radial and horizontal fault tectonics in the northern part of the Stráž block (Cretaceous), northern Bohemia. – Věst. Ústf. Úst. geol. 51, 321–330.
- HANCOCK, P. L. (1985): Brittle microtectonics: principles and practice. – J. struct. Geol. 7, 3–4, 437–457.
- MERTLÍK, J. – ADAMOVIČ, J. (2005): Some significant geomorphic features of the Klokočí Cuesta, Czech Republic. – Ferrantia 44, 171–175.
- SEIFERT, A. (1932): Horizontalverschiebungen im sächsischen Turon-Quader rechts der Elbe als Auswirkungen der Lausitzer Überschiebung. – Neu. Jb. Mineral., Beil.-Bd., Abt. B 69, 35–62.
- SLAVÍK, J. (1966): Petrografie křídý (cenoman až střední turon) na strukturálním vrhu Horní Rokytá MJ-5. – 43 s. MS Čes. geol. služba. Praha.
- VEJLUPEK, M. – KAAS, A. (1986): Strukturně-tektonická stavba křídý Roudnicka. – Čas. Mineral. Geol. 31, 3, 279–284.
- ZAHÁLKA, Č. (1904): Pásmo IX. křídového útvaru v Pojizeří. – Věst. Čes. Společ. Nauk, Tř. mat.-přírodověd. 32, 1–157.