

The evolution of accumulation terraces of the Želivka River in the Quaternary *Vývoj akumulčních teras řeky Želivky v kvartéru*

Břetislav BALATKA, Jan KALVODA

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, kalvoda@natur.cuni.cz

Abstract

The work is aimed at a geomorphological analysis of Quaternary terraces of the Želivka river and its historical-genetic interpretations regarding the genesis of the Sázava River's terrace system. A morphogenetic characteristic of the Želivka valley, its fluvial sediments and the terrace system of this river including its chronostratigraphical correlation with the river terrace system of the Bohemian Massif are described.

Keywords: river terraces, fluvial sediments, Quaternary, Želivka.

Klíčová slova: říční terasy, fluviální sedimenty, kvartér, Želivka.

1. Úvod

Geomorfologická analýza říčního údolí a terasového systému Želivky byla provedena souběžně s výzkumem vývoje údolí Sázavy (Balatka 2007, Balatka, Kalvoda 2008). Želivka je největším přítokem Sázavy a pramení jako Hejlovka u Vlášenic – Drbohlav v 631 m n. m. Ústí Želivky s hladinou ve 318 m n. m. se nachází na sázavském říčním km 98,9 (od soutoku s Vltavou). Celková délka toku Želivky (včetně Hejlovky) je 99,2 km a plocha jejího povodí je 1 188,6 km² (obr. 1). Cílem předložené studie je geomorfologická analýza lokalit kvartérních říčních teras Želivky a její historicko-genetické interpretace s ohledem na genezi terasového systému Sázavy (Balatka, Kalvoda 2008, 2010).

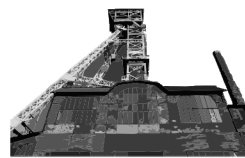
Ve studii je uvedena geomorfologická charakteristika údolí Želivky, jsou popsány fluviální sedimenty a terasový systém této řeky, včetně jeho chronostratigrafické korelace s komplexem říčních teras Českého masivu.

2. Geomorfologická charakteristika údolí a terasového systému řeky Želivky

Převážná část povodí Želivky se nachází na území Českomoravské vrchoviny, a to v celku Křemešnická vrchovina, v jejích podcelcích Želivská pahorkatina a Humpolecká vrchovina. Pouze povodí krátkého úseku nejdolejšího toku pod ústím Sedlického potoka zaujímá celek Středočeské pahorkatiny – Vlašimská pahorkatina, zastoupená podcelkem Mladovožická pahorkatina (Balatka, Kalvoda 2006, Demek, Mackovčín et al. 2006). Povodí Želivky je od údolní nádrže Sedlice až po ústí do Sázavy (obr. 1) budováno horninami moldanubika prekambriického stáří. Jedná se převážně o biotitické, sillimanit-biotitické a dvojslídne pararuly, prostoupené vložkami erlanu, krystalického vápence, žilného granitu, biotitické ortoruly, hadce, amfibolitu a žilného křemene

(Štěpánek, Hrubeš 1993, Hora, Štěpánek 1995, Štěpánek et al. 1995). Tato tělesa jsou převážně protažena ve směru JJZ – SSV, takže většinou napříč přetínají údolí Želivky a pouze výjimečně probíhají shodně se směrem toku. Tyto odolnější horniny zřejmě přispěly k založení údolních zákrutů a meandrů.

Podobně jako Sázava v melechovském granitovém masivu vykazuje také Želivka mezi říčními km 69,7 a 53,2 (ústí Trnavy) zřetelné zvětšení sklonu hladiny, a to průměrně 4,0 ‰ na 16,5 km toku, odpovídající výskytu odolnějších hornin moldanubického krystalinika. Ve výše položeném úseku řeky má hladina Hejlovky průměrný sklon pouze 2,0 ‰ (na 2,8 km). Mezi ústím Trnavy a soutokem se Sázavou má hladina Želivky v úseku o délce 53,2 km průměrný sklon pouze 1,44 ‰. Sklonová křivka má zde vyrovnaný a téměř přímkový tvar, pouze s mírným zvětšením sklonu mezi ústími Trnavy a Spořického potoka (1,7 ‰). Sklon dolní Želivky pod sklonovým stupněm nad ústím Trnavy odpovídá sklonu hladiny Sázavy nad ústím Želivky. Údolí Želivky má převážně erozní ráz a pouze místy akumulčně-erozní charakter. Toto údolí je středně hluboké a většinou zahloubené 30 – 60 m do úrovně okolního zvlněného erozně-denudačního povrchu. Jedná se o typické údolí neckovitěho tvaru, s výraznou a poměrně úzkou nivou, která je sevřena okolními příkrými svahy. Pouze vzácně se objevuje v příčném profilu údolí tvar písmene V a jen místy, zejména v úseku vodní nádrže Želivka, má (popř. mělo) údolí úvalovitý ráz. Údolí Želivky má převážně výrazně zvlněný průběh, a to s nápadnými údolními zákrutami a meandry. Tvarem výjimečný je meandrovitý oblouk s dílčími drobnými zákrutami mezi údolními nádržemi Sedlice a Vřesník. Jediný delší úsek přímého toku Želivka vyhloubila mezi Ježovem a Kožlím. Toto údolí směru JJV – SSZ sleduje po z. straně předpokládaný zlom, který vymezuje melechovský masiv proti rulovému plášti. Na dolním úseku sleduje údolí Želivky



směr VJV – ZSZ (obr. 1), takže probíhá téměř souběžně s blízkým údolím Sázavy.

Fluviální sedimenty Želivky se vyskytují ve dvou stratigraficky a geomorfologicky podstatně odlišných pozicích, a to ve starším mladotřetihorním komplexu, který je zachován v neterasové podobě a v mladším kvartérním systému říčních teras. Nejstarší, fluviální až fluviálně-limnické sedimenty se zachovaly v širší oblasti rozvodí mezi Sázavou a dolní Želivkou, na SZ od strukturní granitové hrástě Melechova (709 m).

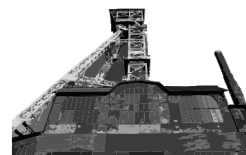
Geomorfologicky se jedná o území níže položeného zarovnaného povrchu, který odpovídá tektonicky mírně zaklesnuté morfostrukturní zóně. Vzhledem k charakteru těchto sedimentů a jejich geomorfologické pozici se pravděpodobně jedná o mladotřetihorní usazeniny (převážně miocenní, srv. Malkovský 1975, 1979), a to želivského původu. Neogenní sedimenty se nacházejí na 14 lokalitách v pruhu dlouhém asi 14 km od okolí Ledče nad Sázavou a Kožlí až po jv. sousedství Zruče nad Sázavou. Většina těchto lokalit písků a štěrků s polohami jílů o celkové mocnosti až 10 m, výjimečně až 15 m, patří k úrovni A (bojišťské, tab. 1). Kromě převládající úrovně A se na pravém břehu Želivky j. od Kožlí

(lokalita Ve vrchu) a u Habrovčic nacházejí níže položené lokality fluviálních sedimentů s povrchem v 74 – 82 m nad původní hladinou Želivky (úroveň B, habrovčická). Nacházejí se již v široké úvalovité sníženině mezi kvartérním zářezem údolí Želivky a rozvodní oblastí s lokalitami úrovně A.

Kvartérní terasový systém Želivka vytvořila na svém dolním toku mezi ústím Trnavy a soutokem se Sázavou, tedy v úseku dlouhém kolem 50 km (viz obr. 2). Hušner (1972) kromě neogenních sedimentů (s povrchy 120 – 130 m a bázemi 110 – 120 nad řekou) rozlišil celkem pět terasových úrovní (srv. tab. 1), a to včetně sedimentů údolního dna. V údolí dolní Želivky (přibližně od ústí Trnavy) jsme rozlišili celkem sedm terasových úrovní (obr. 2 a tab. 1). Terasový systém Želivky navazuje na geomorfologickou klasifikaci teras Sázavy (Balatka, Kalvoda 2008, 2010, v tisku). Zařazení teras Želivky do postupně se vyvíjejícího aktuálního kvartérního stratigrafického schématu (viz např. Záruba et al. 1977, Tyráček et al. 2004, Tyráček, Havlíček 2009, Gibbard et al. 2004, 2009, Balatka, Kalvoda 2008, 2010) umožnila paralelizace želivských teras s terasovým systémem Sázavy, který byl navázán na systém teras Vltavy – Labe.

Tabulka 1: Korelace neogenních sedimentů a kvartérních teras Želivky s terasovým systémem Sázavy a jejich chronostratigrafické zařazení (Balatka, Kalvoda, v tisku)

Úsek toku Želivky ---- Klasifikace a zařazení fluviálních sedimentů	Tukleky – Vojslavice	Zahrádka	Žibřido-vice – Dolní Kralovice	Borovsko	Nesměřice – Soutice	Želivka (podle Hušnera 1972)	Sázava v okolí ústí Želivky Balatka 2007, Balatka, Kalvoda 2008, 2010
Úroveň A neogén (miocén)	Vitonice 102/(94?)		Bojiště 133/118 Kožlí 113/98	113/?		120-130/110-120	bojišťská 135/120 Kožlí 115-110
Úroveň B spodní pleistocén (eburon – menap)			Habrovčice 82/(77)		?/74		radvanická
Terasa I střední pleistocén (cromerský komplex: glaciály a, b)			50/(45)	53/49	55/50	švihovská 50-53/47-50	střečovská 62/55
Terasa II střední pleistocén (cromerský komplex: glaciál c)	29/25		31?/27			II vojslavická 26-30/23-27	II česko-šternberská (37)/(22)
Terasa IIIa střední pleistocén (cromerský komplex: glaciál c)	22/11(8)	22/9(5)	26/9	28/15-8	31/8	III soutická akumulární 22-27/5-10	IIIa chabeřická 31/3



Terasa IIIb střední pleistocén (elster)	11/5	11/9(5)	20/8 15/8		23/18 18/8	IIIa soutická erozní 15-19/5-10	IIIb budská 24/3
Terasa IV střední pleistocén (saale – fuhne)				13/?	14/4		IV týnecká 15/(3)
Terasa V střední pleistocén (saale – drenthe)			8/1	10/3			V městská 9/(5)
Terasa VI (+VII?) střední pleistocén (saale – warthe)	4/-2	4/-2	4/-3	5/-2	4/-1	IV údolní 2-5/1 až -2	VI poříčská 5/1
Terasa VII svrchní pleistocén (weichsel)					(2)/-2 až -3		VII pikovická (2-3)/-4

Poznámka: Čísla (v metrech) odpovídají zjištěným relativním výškám povrchu a báze příslušné terasy, jejich předpokládané hodnoty v závorkách jsou odvozeny z podélného profilu říčními terasami Želivky (obr. 2).

3. Vývoj údolí a kvartérních teras řeky Želivky

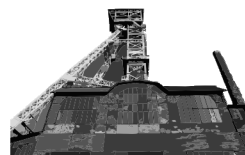
Povodí Sázavy tvořilo v neogénu pravděpodobně několik dílčích povodí. Kromě nejhořejšího toku s předpokládaným odvodňováním k Oslavě to byla Světelská Sázava, Želivka, Blanice a povodí dolního toku. V práci Balatka, Kalvoda (2010) je akceptována hypotéza Nováka (1932), podle níž nejprve došlo ke spojení toku Želivky s Blanicí a následně k připojení Světelské Sázavy přes bariéru nižší okrajové části Melechova k systému Želivka – Blanice. Třetihorní Želivka původně směřovala jako Řeplická řeka přes dnešní želivsko-sázavské rozvodí u Ledče nad Sázavou (obr. 1) a dále tekla podél dnešního údolí Sázavy po Vlastějovicích a odtud na Bohdaneč, Řeplice, blízkou rozvodní sníženinu s rozptýlenými křemennými šterky ve 489 m na Kutnohorskou plošinu a přes Červené Janovice do dnešní Čáslavské kotliny a středního Polabí.

Ke sjednocení povodí jednotlivých třetihorních toků v povodí Sázavy docházelo zejména postupným vývojem sázavského údolí. Počátek vývoje údolí dolní Želivky spadá do období akumulace neogenních, převážně miocenních sedimentů, které jsou zachovány v oblasti želivsko-sázavského meziříčí v širším okolí Ledče nad Sázavou a Zruče nad Sázavou. Hlavní reliktů těchto miocenních sedimentů jsou výplně mělkých depresí, které směrem navazují na údolí Želivky. Současné údolí Želivky bylo založeno pravděpodobně v pliocénu jako široká úvalovitá údolní sníženina. Intenzivní procesy etapovitě zhlubování želivského údolí probíhaly v kvartéru, a to s největší intenzitou v erozní fázi mezi vznikem II. a III. akumulací terasy (obr. 2), kdy bylo toto údolí výrazně prohloubeno o 25 – 30 m.

Mezi Světelskou Sázavou a Želivkou leželo výrazné rozvodí na vystupující morfostruktuře Melechova a Žebrákovského kopce. Naopak rozvodí mezi neogenní

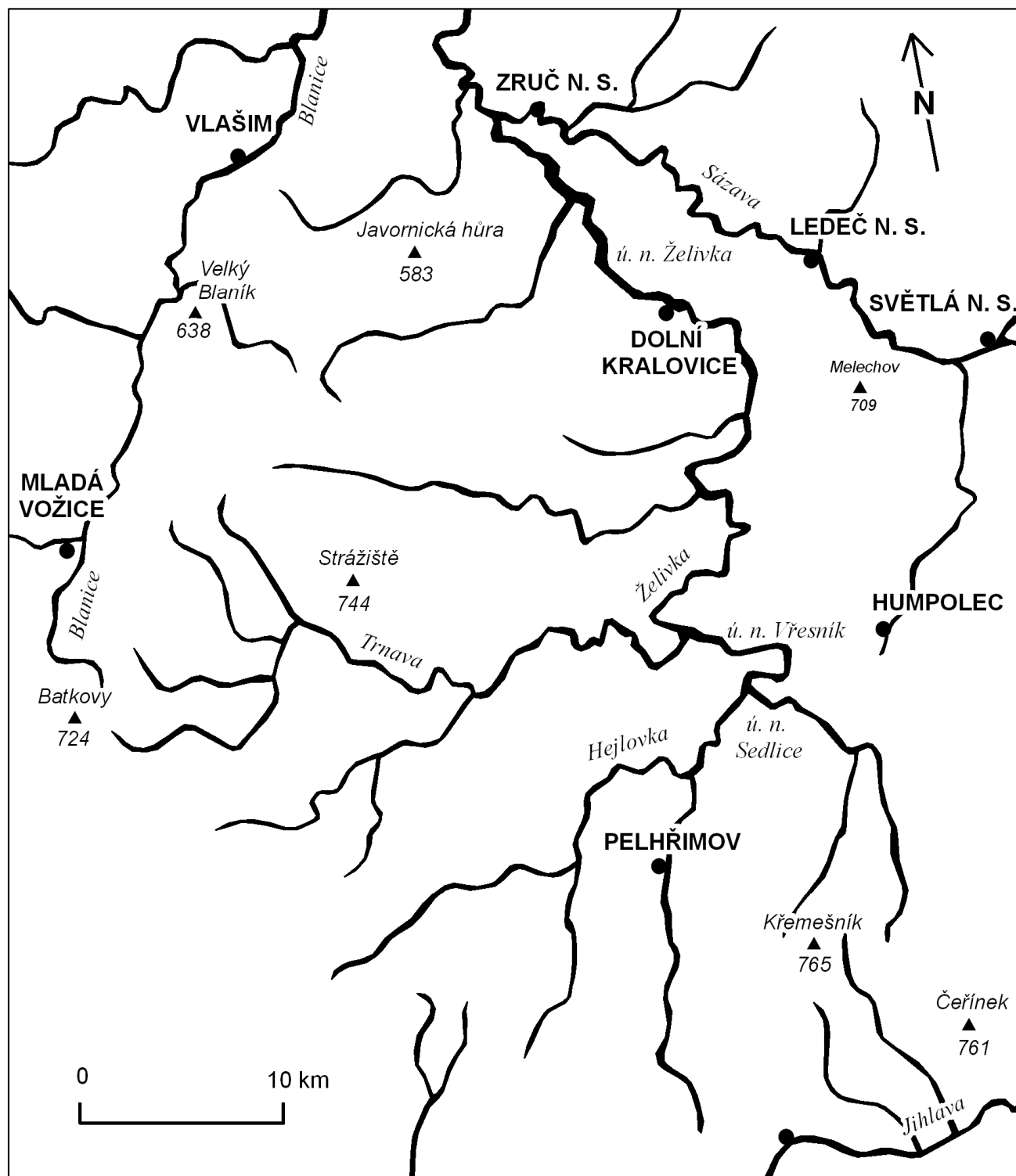
Želivkou a Blanicí bylo zřejmě morfologicky podstatně méně výrazné. Údolí Sázavy mezi Ledčí nad Sázavou a Vlastějovicemi sleduje zhruba předpokládaný průběh neogenní Želivky. Úsek údolí Sázavy od soutoku s Blanicí po město Sázavu, sledující po v. straně průběh blanické brázdy, je velmi pravděpodobně pozůstatkem toku třetihorní Blanice. Teprve v poslední etapě významných změn konfigurace říční sítě proběhl obrát tehdejší střední Sázavy u dnešního stejnojmenného města k Z, tedy do současného směru jejího dolního toku.

Morfologicky výrazný terasový systém sleduje Želivku na posledních asi 50 km dolního toku, tedy pod relativně dlouhým úsekem zvětšeného sklonu hladiny. Tento terasový systém vznikl v údolním úseku s vyrovnaným sklonem říční hladiny (průměrně 1,44 ‰), který v podstatě odpovídá profilu rovnováhy. Podobně jako u chabeřické terasy na střední Sázavě (Záruba, Rybář 1961) vznikla v údolí dolní Želivky mohutná akumulace III. (soutické) terasy. V erozní fázi po vzniku II. terasy bylo údolí prohloubeno až na úroveň 5 – 8 m nad dnešní hladinu a v následující akumulací fázi bylo říční koryto agrační vyvýšeno o 10 – 23 m nad bázi III. terasy. Touto agrační byly fluvialními sedimenty z velké části vyplněny sníženiny výrazných údolních zákrutů a meandrů. Po ukončení akumulace sedimentů III. terasy (obr. 2) došlo místy k opuštění oblouků údolních zákrutů, většinou však v jejich jádrech vznikly při etapovitě zhlubování nižší terasy. Některé z těchto úrovní lze označit jako erozní nebo vložené v uložení III. terasy (terasa IIIb, případně IV. terasa). Přemísťování koryt Sázavy a Želivky a hloubková eroze byly vyvolány změnou polohy místních erozních bází v průběhu velmi variabilních erozně-denudačních a akumulací procesů. Změny intenzity těchto reliéfových procesů souvisely jak s neotektonickými pohyby a s různou odolností

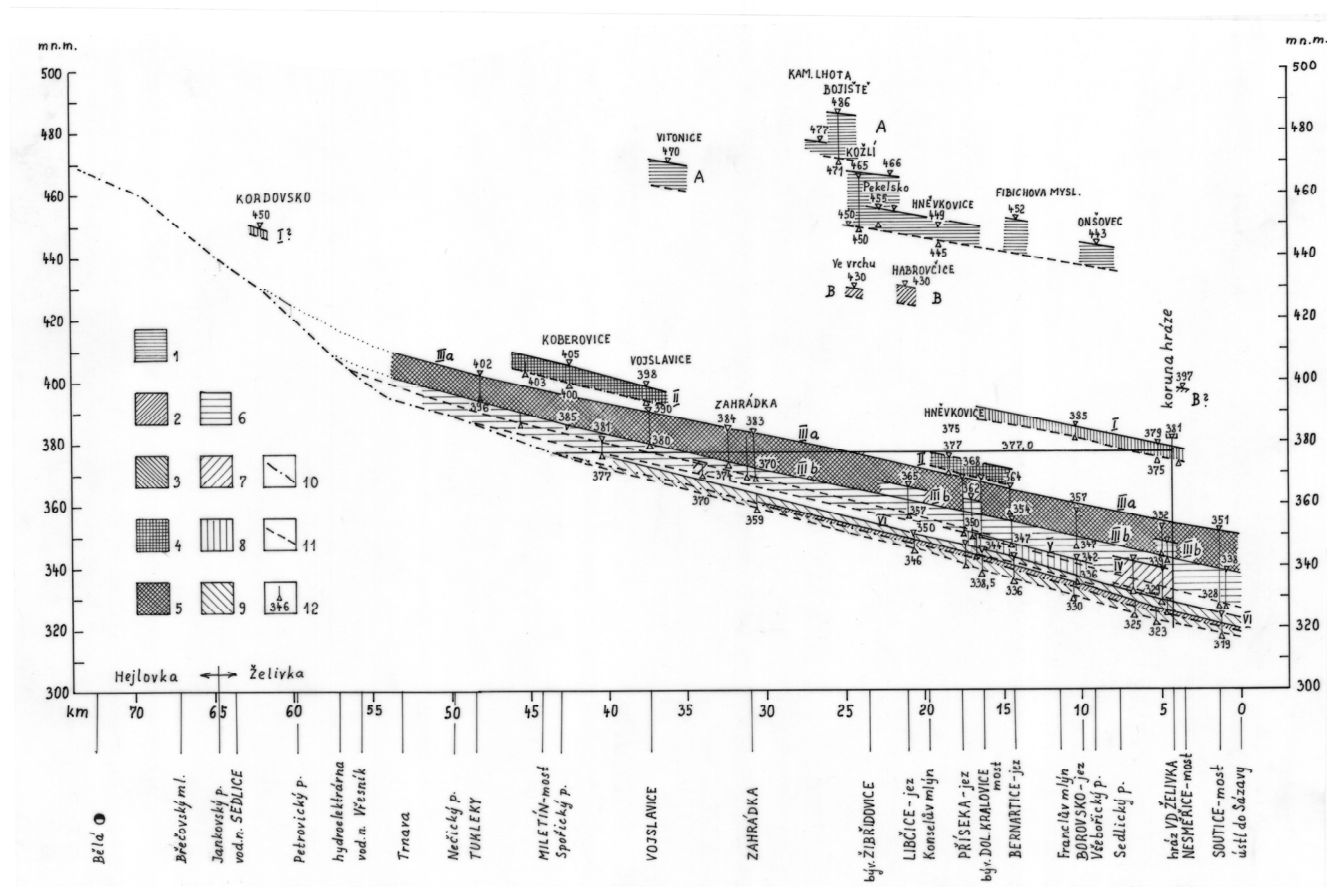
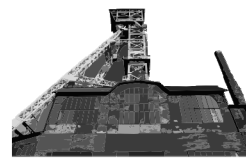


podložních hornin, tak se změnami klimatických

podmínek v mladším kenozoiku.



Obr. 1: Asymetrický tvar říční sítě povodí Želivky v Českomoravské vrchovině. Soutok Želivky a Sázavy již leží ve Středočeské pahorkatině.



Obr. 2: Podélný profil terasami Želivky. Vysvětlivky: 1 – úroveň A, 2 – úroveň B, 3 – terasa I, 4 – terasa II, 5 – terasa IIIa, 6 – terasa IIIb, 7 – terasa IV, 8 – terasa V, 9 – terasa VI a VII, 10 – současné dno údolí, 11 – rekonstrukce dna údolí při zahlubování v kvartéru, 12 – průzkumné vrty a nadmořské výšky jejich báze a povrchu.

Výškové poměry neogenních sedimentů a kvartérních teras Želivky, včetně jejich korelace s terasovým systémem Sázavy, jsou uvedeny v tab. 1. Podle aktuálního stratigrafického členění kvartéru (např. Gibbard et al. 2004, 2009) odpovídá celý systém teras Želivky a Sázavy převážně střednímu a svrchnímu pleistocénu, a to od období komplexu cromer po weichsel. Erozní fáze před akumulací I. terasy náleží v údolí Želivky a Sázavy do závěru spodního pleistocénu. Starší úrovně fluvialních sedimentů, které ve zkoumané oblasti Českého masivu zaujímají ještě vyšší morfologickou polohu a byly dosud zařazovány do pliocénu, se tak stratigraficky posunuly do spodního pleistocénu.

Použité zdroje:

BALATKA, B. (2007): River terraces and the Sázava Valley evolution. In: Goudie, A. S., Kalvoda, J. (eds.): Geomorphological variations. P3K Publ., Prague, pp. 361–386.

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie a. s., Praha, 79 s.

BALATKA, B., KALVODA, J. (2008): Evolution of Quaternary river terraces related to the uplift of the central part of the Bohemian Massif. Geografie, 113, 3, Praha, pp. 205–222.

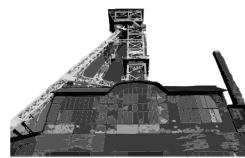
BALATKA, B., KALVODA, J. (2010): Vývoj údolí Sázavy v mladším kenozoiku. Edice „Geografie“, Česká geografická společnost, 198 s., Praha.

BALATKA, B., KALVODA, J. (v tisku): Kvartérní terasy řeky Želivky. Geografie – Sborník České geografické společnosti, Praha

DEMEK, J., MACKOVČIN, P. eds. et al. (2006): Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Vydání II. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 582 s.



XXII SJEZD ČESKÉ GEOGRAFICKÉ SPOLEČNOSTI OSTRAVA 2010



- GIBBARD, P., BOREHAM, S., COHEN, K. M., MOSCARIELLO, A. (2004): Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. Quaternary Palaeoenvironment Group, University of Cambridge, Cambridge, 2 p., 1 plate.
- GIBBARD P. L., HEAD M. J., WALKER M. J. C. and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (2009): Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. Journal of Quaternary Science. doi: 10.1002/jqs.1338
- HORA, J. (ed.), ŠTĚPÁNEK, P. (1995): Geologická mapa ČR. List 23 – 14 Pelhřimov. Měřítko 1 : 50 000. Soubor geologických a účelových map, Český geologický ústav.
- HUŠNER, V. (1972): Želivské terasy mezi Zručí nad Sázavou a Tukleky (pleistocenní agraďace údolí). Rigorózní práce, PŘF UK Praha, 46 s., 17 příloh.
- MALKOVSKÝ, M. (1975): Palaeogeography of the Miocene of the Bohemian Massif. Věstník Ústředního Ústavu geologického, 50, 1, Praha, pp. 27–31.
- MALKOVSKÝ, M. (1979): Tektogeneze platformního pokryvu Českého masívu. Ústřední ústav geologický v Akademii, Praha, 176 s.
- NOVÁK, V. J. (1932): Vývoj úvodí a údolí řeky Sázavy. Věstník Královské České společnosti nauk, 11, Praha, 47 s.
- ŠTĚPÁNEK, P. (ed.), HRUBEŠ, M. (1993): Geologická mapa ČR. List 13-34 Zruč nad Sázavou. Měřítko 1 : 50 000. Soubor geologických a účelových map ČR, Český geologický ústav, Praha.
- ŠTĚPÁNEK, P. (ed.), HRUBEŠ, M., HRADECKÝ, P. (1995): Geologická mapa ČR. List 23-12 Ledč nad Sázavou. Měřítko 1 : 50 000. Soubor geologických a účelových map, Český geologický ústav, Praha.
- TYRÁČEK, J., WESTAWAY, R., BRIDGLAND, D. (2004): River terraces of the Vltava and Labe (Elbe) system, Czech Republic, and their implications for the uplift history of the Bohemian Massif. Proceedings of the Geologists' Association, 115, London, pp. 101–124.
- TYRÁČEK, J., HAVLÍČEK, P. (2009): The fluvial record in the Czech Republic. A review in the context of IGCP 518. Global and Planetary Change. doi:10.1016/j.gloplacha.2009.03.007
- ZÁRUBA, Q., BUCHA, V., LOŽEK, V. (1977): Significance of the Vltava terrace system for Quaternary chronostratigraphy. Rozprawy ČSAV, ř. MPV, 87, 4, Academia, Praha, 90 p.
- ZÁRUBA, Q., RYBÁŘ, J. (1961): Doklady pleistocenní agraďace údolí Sázavy. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 66, Praha, s. 23–30.

Studie byla připravena v rámci výzkumného záměru PŘF UK v Praze MSM 0021620831 "Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn".

Adresa autorů:

RNDr. Břetislav Balatka
CSc., Prof. RNDr. Jan Kalvoda, DrSc.
Katedra fyzické geografie a geoekologie
Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Albertov 6
128 43 Praha 2
(kalvoda@natur.cuni.cz)