

BŘETISLAV BALATKA, JAN KALVODA

**KVARTÉRNÍ TERASY ŘEKY ŽELIVKY**

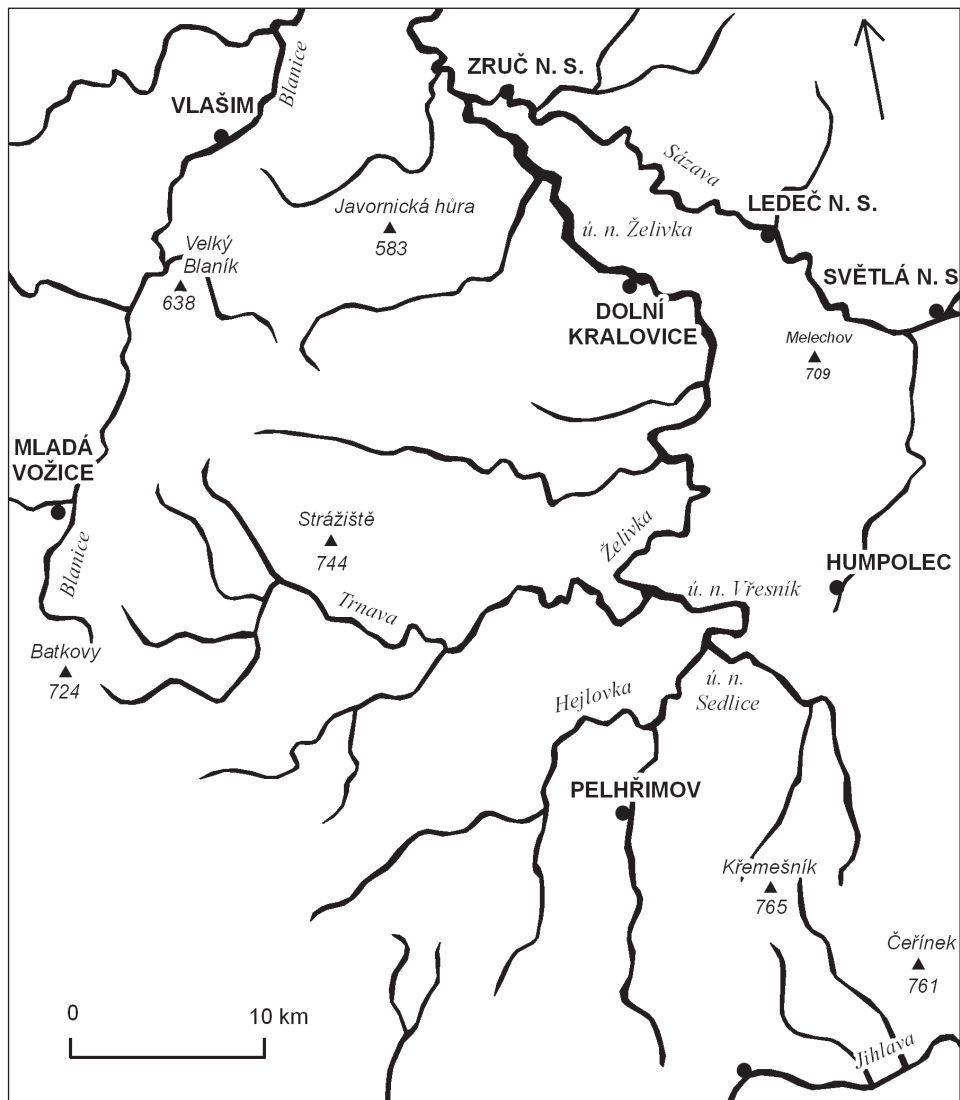
**BALATKA, B., KALVODA, J. (2010): Quaternary terraces of the Želivka River. Geografie, 115, No. 2, pp. 113–130.** – This article presents the results of a geomorphological analysis of localities of Quaternary river terraces along the Želivka River and its historical-genetic interpretation in light of the formation of the Sázava terrace system. In addition, the morphogenetic characteristics of the Želivka Valley are presented and the fluvial sediments and terrace system of its river are described, including a chronostratigraphic correlation with other river terraces of the Bohemian Massif. Situational data concerning the Neogene sediments and Quaternary terraces of the Želivka River, including correlation with the Sázava River's terrace system, are presented in Table 1. In accordance with current Quaternary stratigraphic classification, the entire system of terraces along both the Želivka and Sázava Rivers corresponds mainly with the Middle and Late Pleistocene, since the Cromerian Complex up to the Weichsel periods. The erosion phase previous to the accumulation of the first terrace in the Želivka and Sázava valleys belongs to the end of the Early Pleistocene. Older levels of fluvial sediments in the studied area, which are situated in a higher morphological position and which had previously been classified as Pliocene, have, therefore, been stratigraphically shifted into the Early Pleistocene.

**KEY WORDS:** River terraces – fluvial sediments – Quaternary – Želivka River.

Práce byla připravena v rámci fyzickogeografických témat výzkumného záměru Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze MSM 0021620831 „Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn“.

**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. Jméno Želivka řeka nese od ústí Jankovského potoka, které je dnes ve vzdutí vodní nádrže Sedlice, a to 64 km před soutokem se Sázavou. 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 km<sup>2</sup> (obr. 1). Průměrný průtok při ústí řeky za období 1931–1960 činil 7,20 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a po výstavbě vodní nádrže Želivka (též Švihov) je průměrný průtok řeky pouze 2,93 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (za období 1979–2005, ČHMÚ). Výrazné zmenšení vodnosti v říčním korytě Želivky pod hrází vodní nádrže Želivka (včetně drastického snížení hodnot povodňových průtoků) podstatně utlumilo intenzitu erozně-akumulačních pochodů nejen v korytě řeky, ale i na povrchu údolní nivy a nejnižší terasy, které se před výstavbou vodního díla nacházely v dosahu inundace velkých vod. Sypaná zemní hráz této vodní nádrže je vysoká 58 m a zadržuje vodu Želivky



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

v úseku dlouhém 39,1 km až téměř po silniční most na Z od Miletína. Voda přehradní nádrže zaplavila řadu terasových lokalit dolního toku, které tak již nejsou dostupné terénním výzkumům.

Cílem předložené práce je geomorfologická analýza lokalit kvartérních říčních teras a mladotřetihorních sedimentů Želivky a její historicko-genetické interpretace s ohledem na genezi terasového systému Sázavy (Balatka, Kalýoda 2008, 2010). Ve studii je uvedena morfogenetická charakteristika údolí Želivky, podrobně jsou popsány fluvialní sedimenty a terasový systém této řeky, včetně jeho chronostratigrafické korelace s komplexem říčních teras Českého

masivu. Při zpracování tohoto tématu byla použita metoda geomorfologické analýzy údolí Želivky s přednostním zaměřením na lokality kvartérních teras a neogenních fluvialně-limnických sedimentů v této morfostrukturně a morfo-geneticky výjimečné oblasti středního Posázaví. Terasový systém byl stanoven pomocí metody rekonstrukce příslušných terasových úrovní v podélném profilu. Rekonstrukční metoda vychází z teoretického předpokladu profilu rovnováhy (srv. Novák 1932; Záruba, Rybář 1961; Záruba et al. 1977), jehož řeka dosáhla při tvorbě hlavních terasových prvků, tj. terasové báze a povrchu.

## Geomorfologická charakteristika údolí Želivky

Převážná část povodí Želivky se z hlediska geomorfologické regionalizace 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 prekambričského 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. Řeka nad Želivem prořezává asi 1,5 km široký pruh odolnější biotitické ortoruly. V území mohutného želivského údolního oblouku pod nádrží Sedlice se vyskytuje flebit-nebulický migmatit a na pravé straně údolí se místy vyskytuje cordieritická rula.

Sklonové poměry hladiny Želivky (popř. povrchu její údolní nivy) a přilehlého úseku Hejlovky do značné míry odpovídají sklonové situaci hladiny Sázavy v úseku Světlá nad Sázavou–ústí Želivky. 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 (popř. měla před výstavbou vodního díla) 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 Sporkického potoka (1,7 ‰). Sklon dolní Želivky pod sklonovým stupněm nad ústím Trnavy v podstatě odpovídá sklonu hladiny Sázavy nad ústím Želivky.

Z geomorfologického hlediska má údolí Želivky převážně erozní ráz a pouze místy akumulačně-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 neckovitého tvaru, s výraznou a poměrně úzkou nivou, která je sevřena okolními příkrými svahy (obr. 2). Pouze vzácně se objevuje v příčném profilu údolí tvar písmene V a jen místy, zejména



Obr. 2 – Údolí Želivky pod vodní nádrží Želivka (Švihov). Foto: B. Balatka.

v úseku vodní nádrže Želivka, má (popř. mělo) údolí úvalovitý ráz. Údolí Želivky má převážně výrazně zvlněný průběh, a to s nápadnými údolními zákruty a meandry. „Zákrutovitá“ údolí jsou příznačná pro úseky mezi nádrží Sedlice a Vojslavicemi a mezi Kožlím a ústím řeky do Sázavy. Tvarem výjimečný je mohutný meandrovitý oblouk s dílčími drobnými zákruty 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 (Štěpánek et al. 1995). Na dolním úseku sleduje údolí Želivky směr VJV–ZSZ (obr. 1), takže probíhá téměř souběžně s blízkým údolím Sázavy.

### **Fluviální sedimenty a terasový systém Želivky**

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 (převážně miocenní, srv. Malkovský 1975, 1979) usazeniny, a to želivského původu. Neogenní sedimenty se nacházejí na 14 izolovaných výskytech v pruhu dlouhém asi 14 km od okolí Ledče nad Sázavou a Kožlí až po jv. sousedství Zruče nad

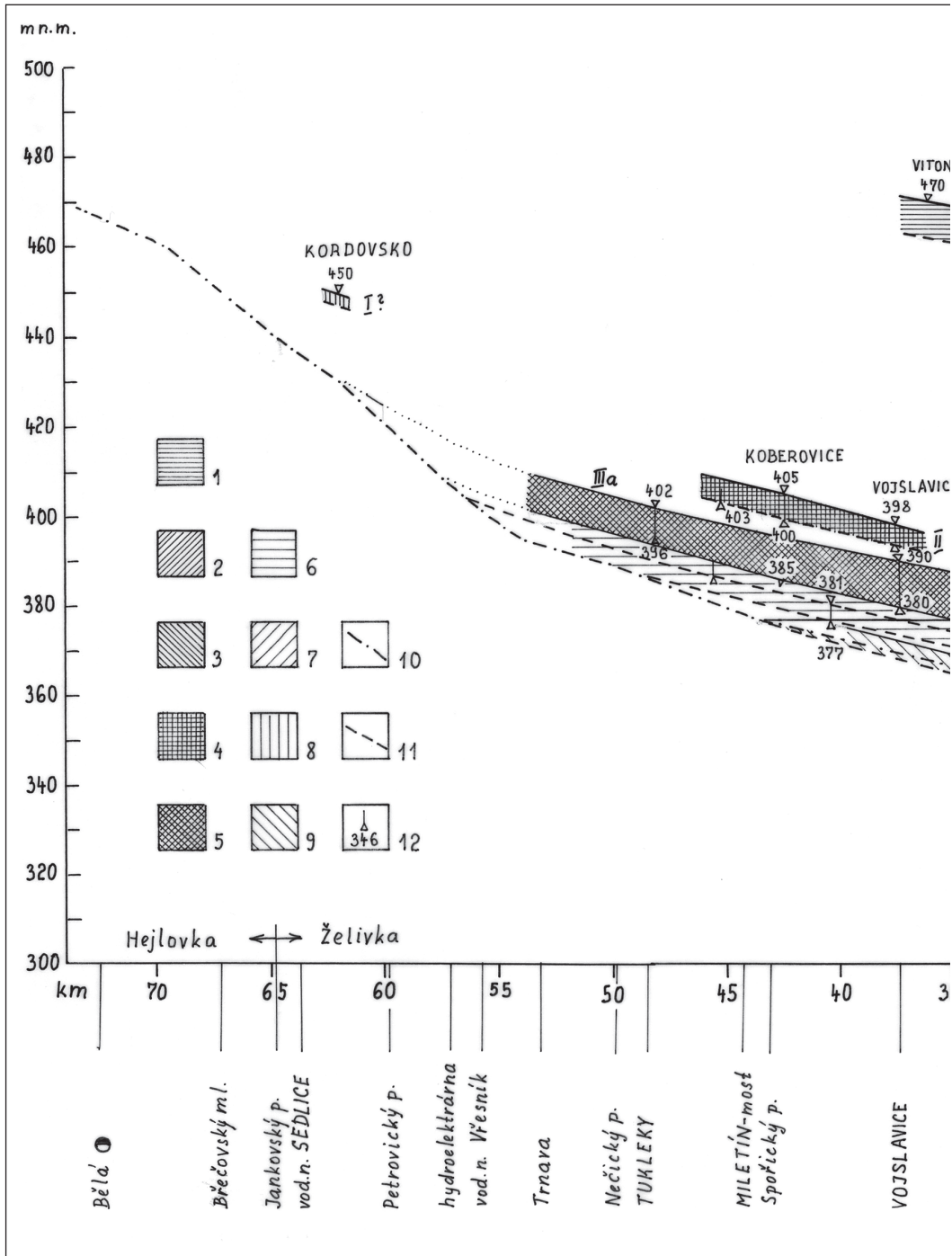
Sázavou (Král 1971a, b). Většina těchto lokalit písků a štěrků s polohami jílu o celkové mocnosti až 10 m, výjimečně až 15 m, patří k úrovni A (bojištské, Balatka, Kalvoda 2010), patrně spodnomiocenního stáří (Malkovský 1975, 1979).

Povrch nejvýše položených neogenních výskytů u Bojiště se nachází 133 m, báze až 118 m nad původní hladinou Želivky, zatímco povrch některých níže položených lokalit leží ve 105–113 m nad řekou (obr. 3). Tento značný výškový rozptyl výskytů neogenních sedimentů mohl být způsoben vznikem dvou různě starých úrovní nebo je výsledkem mladších tektonických pohybů (s vertikálním rozsahem cca 20–35 m). K nižšímu stupni úrovně A patří pravděpodobně i lokalita u Vitonic 4,0–4,5 km sz. od Vojslavic (Štěpánek et al. 1995), s povrchem 102 m nad původní hladinou Želivky. Kromě převládající úrovně A se na pravém břehu Želivky j. od Kožlí (lokalita Ve vrchu) a u Habrovčic nacházejí níže položené lokality fluvialních sedimentů s povrchem v 74–82 m nad původní hladinou Želivky. Tyto výskyty označujeme jako úroveň B (habrovčická) a přisuzujeme jim předběžné pliocenní stáří. Nacházejí se již v široké úvalovité sníženině mezi kvartérním zářezem údolí Želivky a rozvodní oblastí s lokalitami úrovně A. S ohledem na posun časové hranice terciér–kvartér na 2,6 mil. let (Gibbard et al. 2004, 2009) bude však možné úroveň B (např. po jejím radiometrickém datování) zařadit již do spodního pleistocénu.

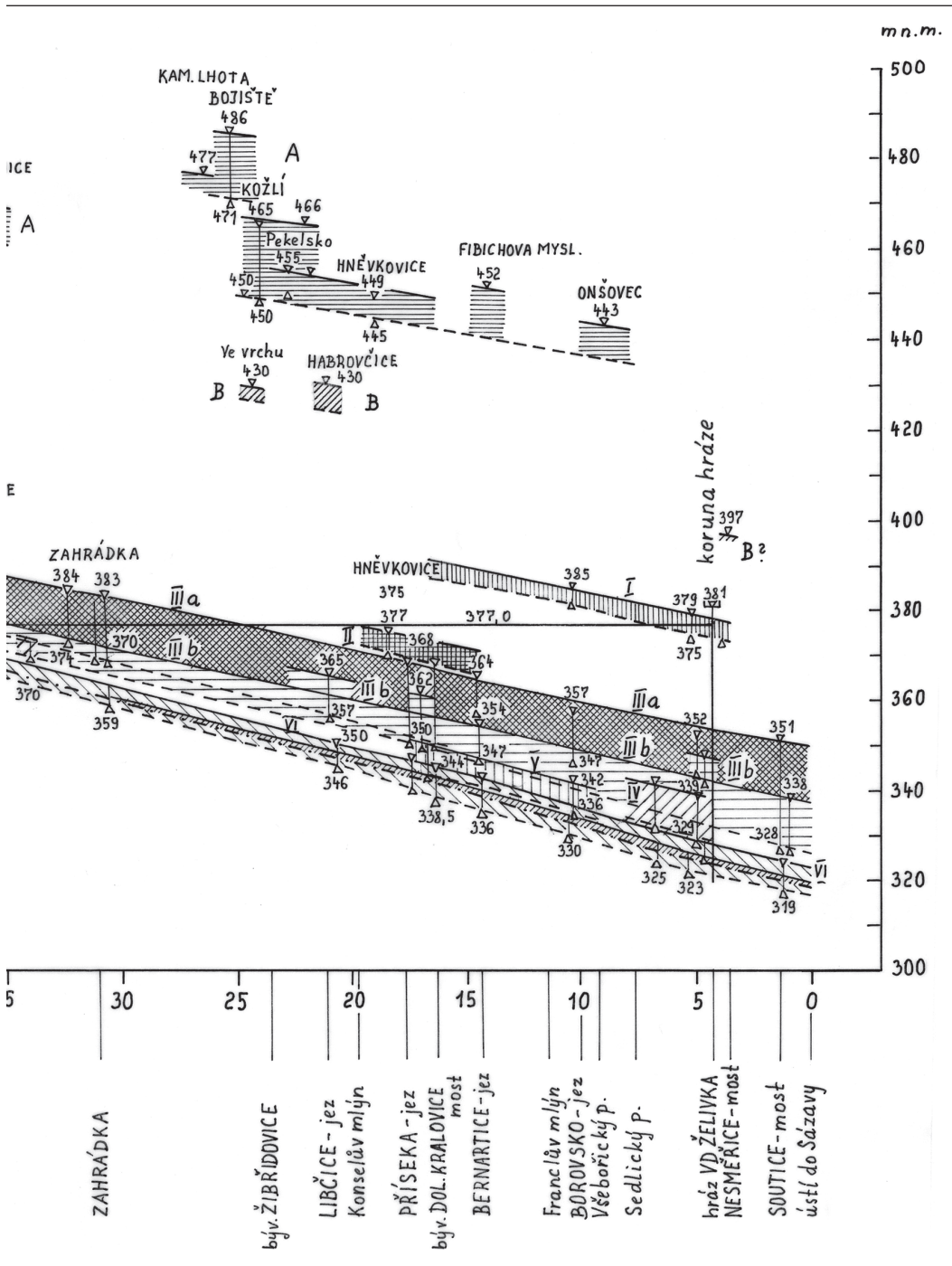
Kvartérní terasový systém Želivka vytvořila na svém dolním toku mezi ústím Trnavy a soutokem se Sázavou, tedy v úseku dlouhém kolem 50 km (viz obr. 3). Podobně jako na středním toku Sázavy vznikla soustava želivských teras pod výrazným sklonovým stupněm, který na Želivce vznikl mezi říčními km 69,7 a 53,2. Na rozdíl od poměrně krátkého sklonového ohybu na Sázavě (jen asi 4 km, Balatka 2007; Balatka, Kalvoda 2008, 2010), je sklonový stupeň na Želivce podstatně delší, a to 16,5 km. Podstatná část hlavních terasových lokalit se dnes nachází pod hladinou vodní nádrže Želivka. Proto jsme při rekonstrukci terasového systému vycházeli jednak ze starších geologických map a jednak z údajů inženýrskogeologických průzkumných akcí, které byly uskutečněny před výstavbou uvedeného vodního díla. Při konstrukci podélného profilu terasami Želivky jsme také použili údaje z vrtné sondáže obsažené v práci Hušnera (1972) a ve výzkumných zprávách z archivu Geofondu (Hušner 1964a, b, 1969, 1970; Juvanka 1966, 1967; Štěpánek 1963; Štěpánek et al. 1963). Vlastní terénní výzkumy jsme pak mohli provést zejména na nejdolejším toku Želivky pod přehradní hrází Švihov (obr. 2 a 4) a zčásti nad vzduťm nádrže.

Ze starších písemných materiálů lze kromě Hušnerovy rukopisné práce o terasách Želivky (Hušner 1972) uvést Novákovu monografii o vývoji údolí a údolí řeky Sázavy (Novák 1932). Tento autor se zmiňuje z povodí Želivky o několika výskytech sedimentů převážně neogenního stáří (v relativních výškách 74–106 m nad hladinou) a z kvartérních teras uvádí pouze lokalitu u bývalé Příseky (ve 47 m relativní výšce). Hušner (1972) kromě neogenních sedimentů (s povrchy 120–130 m a bázemi 110–120 m nad řekou) rozlišil celkem pět terasových úrovní (viz tab. 1), a to včetně sedimentů údolního dna. Tento autor provedl rekonstrukci fluvialních lokalit v podélném profilu terasami (v úseku mezi Tukleky a ústím Želivky do Sázavy) a v 10 podrobných příčných profilech (v úseku mezi Vojslavicemi a Souticemi). Ve schematické mapce s měřítkem 1 : 50 000 Hušner (1972) také vyznačil desítky terasových lokalit zpravidla malého rozsahu, a to s rozlišením příslušných úrovní. V této mapě rovněž znázor-





Obr. 3 – 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.



Obr. 4 – Úvalovitě údolí Sázavy při ústí Želivky. Foto: B. Balatka.

nil průběh přehloubených koryt u Vojslavic, bývalých obcí Zahrádka, Příseka, Dolní Kralovice a u Soutic.

Porovnání Hušnerových terasových výskytů v polohách nad hladinou vodní nádrže Želivka s geologickými mapami měřítka 1:50 000 (Štěpánek, Hrubeš 1993; Štěpánek et al. 1995) ukazuje, že většina lokalit není na uvedených geologických mapách vyznačena. Na těchto mapách jsou zaznamenány pouze dva drobné terasové výskyty na Z od Vojslavic a u Koberovic na Z od Bělského Dvora. Na geologické mapě, list 23-14 Pelhřimov, je znázorněna lokalita jz. od Bolechova (Hora, Štěpánek 1995). Ani na geologické mapě 1:75 000, list 4154 Vlašim, není většina Hušnerových terasových výskytů (zejména vyšších úrovní) zaznamenána a místy je značen jen „roztroušený štěrk terasový“ podle Čecha, Koutka (1954).

V údolí dolní Želivky (přibližně od ústí Trnavy) jsme rozlišili celkem sedm terasových úrovní (obr. 3 a tab. 1), které v podstatě odpovídají pětistupňovému terasovému systému stanovenému Hušnerem (1972). Terasový systém Želivky navazuje na geomorfologickou klasifikaci teras Sázavy, takže jsme příslušné úrovně na Želivce označili stejnými indexy jako na Sázavě (Balatka, Kalvoda 2008, 2010). U teras shodných s Hušnerovými úrovněmi jsme ponechali označení zavedená jmenovaným autorem.

Nejvyšší I. terasa (švihovská podle Hušnera, 1972), s povrchem 50–55 m nad původní hladinou Želivky, byla rozlišena jen při nejdolejším toku pod bývalými Dolními Kralovicemi. Vyznačuje se malou mocností sedimentů 1–3 m, nejvýše do 5 m. Většinou se jedná pouze o rozptýlené štěrky na denudačních plošinách, takže tyto lokality představují polohu terasové báze. Švihovská terasa navazuje na Sázavě na terasu Ia (střečovskou), která stratigraficky odpovídá v cromerskému komplexu glaciálům a, b (Balatka, Kalvoda 2008, 2010).



II. terasa Želivky (vojslavická u Hušnera, 1972), s povrchem přibližně 30 m nad původní hladinou řeky, byla rozlišena ve dvou úsecích říčního údolí: 1. mezi Miletínem a Vojslavicemi a 2. mezi bývalou Přísekou a Bernarticemi (zde již pod hladinou přehradní nádrže). Říční uloženiny jsou mocné převážně kolem 3 m a maximálně 5 m. Tato II. terasa Želivky představuje silně erodovanou úroveň s pokryvem reliktních štěrků. Vojslavická terasa Želivky odpovídá sázavské II. terase (českošternberské), která je stratigraficky řazena do glaciálu cromer c.

III. terasa Želivky (soutická u Hušnera 1972) představuje obdobně jako v údolí Sázavy hlavní terasovou úroveň (obr. 3 a tab. 1). Kromě terasy IIIa (u Hušnera terasa III – soutická akumulární), která je maximální úrovní akumulace terasových nánosů, vznikla v náplavech této terasy nižší erozní, popř. vložená terasa IIIb (u Hušnera IIIa – soutická erozní), a to s povrchem o 8–13 m nižším. Povrch soutické akumulární terasy (v našem systému IIIa, podle Hušnera III) se nacházel 22–31 m nad původní hladinou a vykazoval směrem po proudu zřetelnou divergenci s povrchem údolní nivy (nyní od bývalých Žibřidovic již pod hladinou přehradní nádrže). Nejnižší poloha báze byla zastížena vrty v 5–8 m nad někdejší hladinou řeky. Například v opuštěném meandru u Soutic (obr. 5) je báze želivské terasy IIIa o 5 m výše než je nejnižší poloha skalního podloží odpovídající terasy Sázavy. Místy byla zaznamenána také vyšší úroveň báze želivské terasy IIIa, a to až o 15 m nad bývalou hladinou řeky. V těchto případech se však může jednat i o údolní svah zakrytý terasovými sedimenty.

Největší mocnost sedimentů III. terasy (23 m) byla zaznamenána na dolním toku u Soutic, výše proti toku 17–10 m (Příseka–Vojslavice) a u Tuklek jen 6 m. Maximální mocnosti štěrkovitých písků až (vzácnějších) písčitých štěrků jsou vázány na přehloubené deprese (brázdy, „koryta“ u Hušnera 1972) na dně pleistocenního údolí Želivky, a to v místech údolních zákrutů a meandrů: u Vojslavic, bývalých sídel Zahrádka a Příseka a u Soutic (obr. 5). Fossilní „přehloubené koryto“ (Hušner 1972) vykazuje odlišný průběh než současné údolí a svědčí tak o výrazných změnách ve směrech toku při meandrování v úrovni nejnižší polohy báze III. terasy (soutické, IIIa). Nejdelsí přehloubené koryto (kolem 4 km) bylo zaznamenáno v okolí bývalých sídel Příseka a Dolní Kralovice (mezi říčními km 19 a 15, obr. 3). Šířka těchto přehloubených brázd se podle Hušnera (1972) pohybuje přibližně mezi 50–100 m a výjimečně dosahuje až 200 m. U soutického opuštěného meandru byly pomocí vrtné dokumentace zjištěny dvě větve přehloubených brázd (Hušner 1970, Juvanka 1966, 1967, Štěpánek 1963, Štěpánek et al. 1963). Jedna větev sleduje nárazový svah pleistocenního meandru a druhá probíhá středem meandru.

Na rozdíl od středního toku Sázavy, kde v okolí Zruče nad Sázavou vzniklo několik později opuštěných údolních úseků s výplní sedimentů terasy IIIa (Balatka 2007; Balatka, Kalvoda 2008, 2010), vytvořila dolní Želivka ve stejné době pouze řadu údolních zákrutů až meandrů, které jen výjimečně po dosažení maximální úrovně akumulace řeka opustila. U většiny dalších údolních ohybů jejich vývoj pokračoval i při vzniku nižších teras. V údolí Želivky sledují přehloubené brázdy jen vzácně téměř přímé údolní úseky v blízkosti současného koryta, např. u Vojslavic a bývalých Dolních Kralovic. Nejvýraznější opuštěný údolní meandr se nachází na dolním toku Želivky v. od Soutic (obr. 5), mezi říčními km 1,5–2, což je přibližně 2 km pod přehradní nádrží.

Tab. 1 – Korelace neogenních sedimentů a kvartérních teras Želivky s terasovým systémem Sázavy a jejich chronostratigrafické zařazení

Úsek toku Želivky Klasifikace a zařazení neogenních sedimentů a kvartérních teras Želivky	Tukleky–Vojslavice	Zahrádka	Žibřidovice–Dolní Kralovice	
Úroveň A neogén (miocén)	Vitonice 102/(94?)		Bojiště 133/118 Kožlí 113/98	
Úroveň B spodní pleistocén (eburon–menap)			Habrovčice 82/(77)	
Terasa I střední pleistocén (cromerský komplex: glaciály a, b)			50/(45)	
Terasa II střední pleistocén (cromerský komplex: glaciál c)	29/25		31?/27	
Terasa IIIa střední pleistocén (cromerský komplex: glaciál c)	22/11 (8)	22/9 (5)	26/9	
Terasa IIIb střední pleistocén (elster)	11/5	11/9 (5)	20/8 15/8	
Terasa IV střední pleistocén (saale–fuhne)				
Terasa V střední pleistocén (saale–drenthe)			8/1	
Terasa VI (+VII?) střední pleistocén (saale–warthe)	4/–2	4/–2	4/–3	
Terasa VII svrchní pleistocén (weichsel)				

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

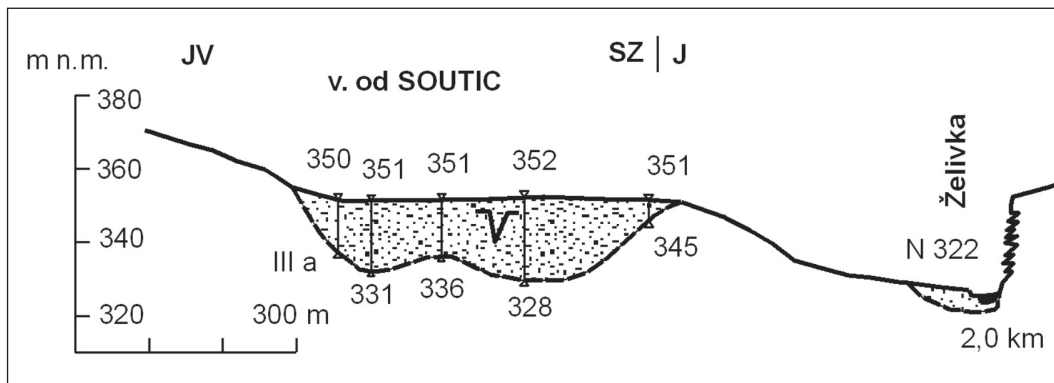
Tento opuštěný meandr leží mimo zátopové území přehradní nádrže a proto bylo možné geomorfologickou analýzou studovat vývoj údolí dolní Želivky.

Soutický meandr zasahuje do levého boku údolí Želivky výrazným obloukem nárazového svahu téměř 1 km na J od současného říčního koryta. Délka meandru ve směru SZ–JV dosahovala asi 700 m, poloměr zakřivení byl přibližně 350 m. Hlavní přehloubená brázda, sledující nárazový svah meandru, měla meandrovou šíji u Kopečků (v okolí dnešního toku) širokou jen asi 100 m. Charakter fluvialních sedimentů výplně tohoto meandru bylo možné sledovat

	Borovsko	Nesměřice–Soutice	Želivka (podle Hušnera 1972)	Sázava v okolí ústí Želivky (Balatka 2007; Balatka, Kalvoda 2008, 2010)
	113/?		120–130 / 110–120	bojištská 135/120 Kožlí 115–110
		?/74		radvanická
	53/49	55/50	I švihovská 50–53 / 47–50	Ia střečovská 62/55
			II vojslavická 26–30 / 23–27	II česko-šternberská (37)/(22)
	28/15–8	31/8	III soutická akumulací 22–27 / 5–10	IIIa chabeřická 31/3
		23/18 18/8	IIIa skytická erozní 15–19 / 5–10	IIIb budská 24/3
	13/?	14/4		IV týnecká 15/(3)
	10/3			V městečská 9/(5)
	5/–2	4/–1	IV údolní 2–5/1 až –2	VI pořičská 5/1
		(2)/–2 až –3		VII pikovická (2–3)/–4

v roce 1994, kdy zde ještě byly zachovány profily terasovými uloženinami neodtěženými pro stavbu přehradní hráze. Profil na nejvyšším místě akumulace v sz. části soutického meandru (tedy směrem k současnému údolí Želivky) odkryl svrchní polohy terasových sedimentů na pohřbeném rulovém hřbetu:

- povrch profilu: 351 m n. m.
- 30 cm: šedohnědý hlinitý písek až písčitá hlína s drobnými valouny
- 160 cm: rezavě až načervenalé hnědý jílovitý štěrkopísek, silně zhutnělý, s polohami jemného až středně hrubého písku a štěrčiku (1–2 cm)
- 210 cm: červenavě hnědý jemnozrnný až středně hrubý písek a drobný štěrkopísek (valouny 1–3 cm) s polohami šedého sypkého písku



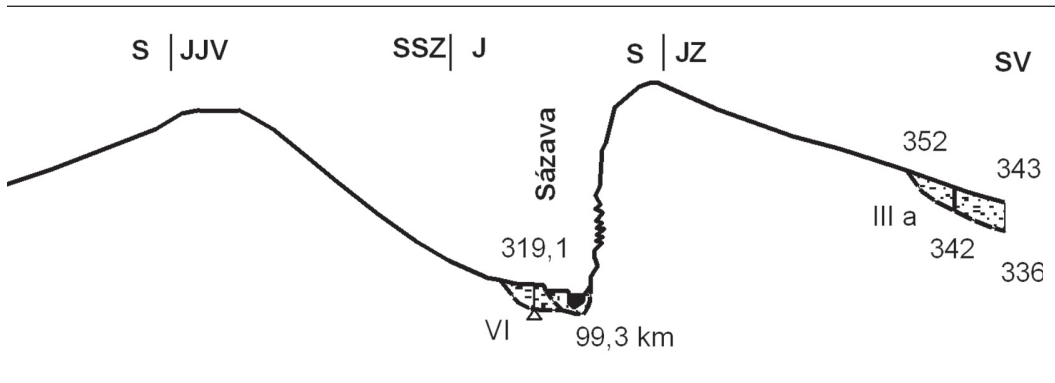
Obr. 5 – Příčný profil údolím Želivky u Soutic (s opuštěným středopleistocenním meandrem) a Sázavy nad soutokem obou řek. Vysvětlivky: tečkovaně – fluviální sedimenty, IIIa resp. VI – říční terasy, N – údolní niva, 2 km resp. 99,3 km – říční km (od ústí řek).

– 300 cm: světle šedý až šedý drobný písčité štěrky a štěrkyopisek, od 270 cm hrubší písčité štěrky (do 4 cm, maximálně až 7 cm); většinou subangulární štěrky byly velmi silně zvětralé).

V hloubce 350 cm pod úroveň povrchu akumulace byla silně zvětralá pararula (asi ve 347,5 m n. m.). Jedná se o rulový hřbet zakrytý terasovými sedimenty, který odděloval jádro pleistocenního meandru od dnešního údolí Želivky (povrch nivy ve 323 m n. m., obr. 5). Asi 50 m na V od popsaného profilu byl v písčitém patrný stupňovitý pokles rulové báze směrem k V, a to ze 344 m na 339 m a v jámě na dně písčité se nacházelo nejnižší místo odkryvu ve 336 m n. m. Ve stěně jámy (vysoké 1,8 m) byly odkryty rezavě až žlutavě hnědé jemnozrnné siltové písky, místy jílovité, s drobnými úlomky a zrny křemene (0,5–2 cm), které na spodu přecházely do rezavě hnědých až tmavohnědých drobných až středně hrubých písčitéch štěrků (1–6 cm, vzácně kolem 10 cm). Štěrky poměrně čerstvého vzhledu byly většinou dobře oválené a jen zčásti úlomkovité. Ve v. sousedství popsaného odkryvu vystupovaly šedé až hnědošedé hrubozrnné až středně hrubé písky a drobné písčité štěrky (0,5–3 cm) až štěrkyopisky, s vrstvičkami sypkých písků, šikmo a křížově zvrstvených. Místy se zde nacházely i čočky rezavých a šedých jílu. Kromě převládajících málo navětralých rul a křemenů se mezi štěrky vzácně vyskytovaly žuly. Podle provedených analýz byly valouny tvořeny převážně křemenem (55–60 %), žulou a ortorulou (18–25 %), pararulou (15–17 %) a pegmatitem (3–6 %). Křemenný písek obsahuje četné šupinky biotitu (Štěpánek et al. 1963).

V roce 2001 byla ve dně sz. části této písčité vyhloubena asi 4 m hluboká jáma založená ve středně hrubém a na spodu hrubém písčitém štěrku (5–12 cm, ojediněle 20 cm). Štěrky zde vyplňovaly několik drobných erozních depresí v hrubozrnných píscích a drobných štěrčích (do 2 cm). Tyto deprese, široké 1,5–2,5 m a hluboké 0,3–0,7 m, připomínaly mrazové hrnce s náznaky mrazového zvěření štěrkové výplně. V nadloží písčité štěrky vystupovala 0,9–1,5 m mocná poloha zelenavě šedého až rezavého jemně písčitého jílu až jílovitého siltového písku, lístkovitě odlučného. Tato jílovitá poloha představovala patrně přeplavené fosilní zvětraliny moldanubické pararuly. Nejvyšší místo popisovaných terasových sedimentů bylo až 28 m nad hladinou Želivky





a nejnižší poloha dna pískovny (báze sedimentů) byla asi 10 m nad hladinou řeky.

Těžbou terasových uloženin byl zvýrazněn nárazový svah meandru, zřetelně oválného tvaru v j. části lokality. Podle vrtů je nejnižší poloha rulové báze vázána na mělkou brázdou ve střední části lokality (328 m n. m., 8 m nad hladinou řeky), zatímco druhá deprese skalního podloží sleduje nárazový svah meandru (331,5 m n. m., 11 m nad hladinou, Hušner 1964a, b, 1972). Maximální mocnost sedimentů terasy IIIa dosahovala v soutickém meandru 23 m, tedy téměř srovnatelnou hodnotu s mocností chabeřické terasy Sázavy. V údolí Sázavy mezi ústím Želivky (obr. 4) a okolím Čížova (2 km od dnešního ústí), popř. Holšic (5 km), se nezachovala žádná lokalita želivské terasy IIIa.

Želivská terasa IIIb (Hušnerova terasa IIIa – „soutická erozní“) představuje podobně jako na Sázavě erozní, popř. vloženou terasu v sedimentech terasy IIIa (obr. 3). Její povrch rovněž diverguje směrem po toku s povrchem údolní nivy, a to z cca 8–10 m pod ústím Trnavy na 18 m na nejdolejším toku. Na posledních asi 22 km toku (pod bývalými Libčicemi) se na několika místech nachází vrty prokázány asi o 5 m vyšší povrch, který v podélném profilu navazuje na nejvyšší povrch terasy IIIb (budské, stratigraficky elster) na Sázavě (Balatka, Kalvoda 2008, 2010). Vrty potvrdily mocnost těchto říčních sedimentů terasy IIIb mezi 5–12 m, tedy ve vyšší úrovni než je nejnižší poloha báze terasy IIIa. Terasové uloženiny jsou tvořeny převážně jemnozrnnými až středně hrubými písky s polohami písčitých štěrků, které jsou více zastoupeny při terasových bázích.

V úrovni IV. terasy Sázavy se na Želivce nachází pouze terasové lokality u Borovska, Hrádku a u Nesměřic, kde terasa byla potvrzena dvěma vrty (povrch 14 m, báze 4 m nad řekou). Tato báze navazuje u Sázavy v podélném profilu na společnou bázi teras III., IV., a patrně i V. úrovně. Na dolní Želivce je však tato báze asi o 4 m níže než je skalní podloží terasy IIIa v opuštěném soutickém meandru. Sedimenty u Hrádku jsou tvořeny hlinitými písky s drobnými valouny a při bázi písčitými štěrky.

Problematickou úroveň představuje na Želivce V. terasa, kterou bylo možno rozlišit podle vrtů pouze na posledních 18 km dolního toku pod bývalou Přisekou, a to s povrchem 8–10 m a bází 1–3 m nad původní hladinou (obr. 3). Naopak VI. terasa sleduje řeku průběžně na posledních 40 km (od Vojslavic), kde jsou její lokality kromě nejdolejšího toku zatopeny vodou nádrže. Povrch této

terasy leží 4–5 m nad původní hladinou Želivky a její báze 1–3 m pod původní hladinou řeky (obr. 3). Skalní podloží VI. terasy se shoduje s bází sedimentů současného údolního dna. Písčité štěrky pod holocenními uloženinami údolní nivy jsou zřejmě ekvivalentem VII. terasy Sázavy, která stratigraficky odpovídá glaciálu weichsel (tab. 1).

Popsaný terasový systém Želivky je nutné přijímat s určitou rezervou, neboť řadu lokalit (zejména nižších terasových úrovní) již není možné v terénu znovu ověřit, protože se dnes nacházejí pod hladinou vodní nádrže Želivka. Zařazení teras Želivky do kvartérního stratigrafického schématu (tab. 1) umožnila paralelizace želivských teras s terasovým systémem Sázavy (Balatka, Kalvoda 2008, 2010), který byl navázán na systém teras Vltavy-Labe.

## Diskuze a závěry

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 v podstatě 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 podle Nováka (1932) jako Řeplická řeka přes dnešní želivsko-sázavské rozvodí u Ledče nad Sázavou (obr. 1), tedy v pokračování směru údolí od J k S mezi Ježovem a jz. okolím Kožlí. Dále tato řeka tekla podél dnešního údolí Sázavy po Vlastějovice a odtud na Bohdaneč, Řeplice, blízkou rozvodní sníženinu s rozptýlenými křemennými štěrky ve 489 m na Kutnohorskou plošinu a přes Červené Janovice do dnešní Časlavské kotliny a středního Polabí.

Ke sjednocení povodí jednotlivých třetihorních toků v povodí Sázavy docházelo zejména postupným vývojem sázavského údolí. Počátek vývoje údolí dolní Želivky časově spadá do období akumulace neogenních, převážně miocenních sedimentů (Malkovský 1975, 1979), 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 etapovitého zahlabování želivského údolí probíhaly v kvartéru, a to s největší intenzitou v erozní fázi mezi vznikem II. a III. akumulací teras (obr. 3), kdy bylo toto údolí výrazně prohloubeno o 25–30 m. Stejně jako v blízkém údolí Sázavy byla erozní aktivita Želivky vyvolána zřejmě tektonickým vystupováním oblastí s výraznými stupni ve sklonu říčních hladin. Na Sázavě se jedná zejména o území melechovského masivu a na Želivce o areály odolnějších hornin moldanubického krystalinika. Podobná hodnota erozního zahlabování údolí byla v uvedeném období zaznamenána např. na dolní Vltavě (30–35 m), na středním Labi na Královéhradecku (30 m), na dolní Tiché Orlici a spojené Orlici (30–33 m), na Jizeře u Turnova (kolem 35 m) a na Labi v Českém středohoří (35 m).

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

genní Želivkou a Blanicí bylo zřejmě morfologicky podstatně méně výrazné. Mezi povodími Blanice a dolního toku Želivky se rozkládal vyšší reliéf sv. výběžku Benešovské pahorkatiny, místy vrchovinného rázu a bez významnějších levostranných přítoků. 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 obrat 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 chabeřícké terasy na střední Sázavě 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 agradací vyvýšeno o 10–23 m nad bázi III. terasy. Touto agradací byly z velké části vyplněny sníženiny výrazných údolních zákrutů a meandrů. Sníženiny byly založeny v období po vzniku I. a II. terasy, a to pravděpodobně v souvislosti s tektonicky podmíněným relativním poklesáváním území dolního toku Želivky v širší oblasti morfostrukturního styku Českomoravské vrchoviny a Středočeské pahorkatiny.

Po ukončení akumulace sedimentů III. terasy (obr. 3) došlo místy k opuštění oblouků údolních zákrutů, většinou však v jejich jádrech vznikly při etapovitěm zahlubování nižší terasy. Některé z těchto úrovní lze označit jako erozní nebo vložené v uloženinách III. terasy (terasa IIIb, případně IV. terasa). Přemístování 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 reliéfovorných procesů souvisely jak s neotektonickými pohyby a s různou odolností podložních hornin, tak se změnami klimatických podmínek v mladším kenozoiku.

Výškové poměry neogenních sedimentů a kvartérních teras Želivky, včetně jejich korelace s terasovým systémem Sázavy, jsou uvedeny v tabulce 1. Podle aktuálního stratigrafického členění kvartéru (např. Gibbard et al. 2004, 2009) odpovídá celý systém teras Želivky a Sázavy převážně střednímu a mladému 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.

Fluviální sedimenty v údolích centrální části Českého masivu jsou zachovány převážně jako rozsáhlý systém říčních teras, který vznikl interakcí klimato-morfogenetických a neotektonických procesů v mladším kenozoiku. Systematické snahy o širší srovnávání velmi variabilního vývoje říčních sítí a fluvialních tvarů ve střední Evropě prostřednictvím historicko-genetických korelací s nedávno opakovaně aktualizovaným chronostratigrafickým systémem kvartéru (např. Záruba et al. 1977; Balatka, Kalvoda 1995; Kalvoda, Balatka 1995; Tyráček et al. 2004; Balatka, Kalvoda 2008, 2010; Tyráček, Havlíček

2009) jsou při stálém nedostatku radiometrických a dalších výsledků datování mladokenozoických sedimentů v tomto regionu optimálním a poměrně efektivním přístupem. Sedimentární a morfologický záznam vývoje antecedentních údolí a říčních akumulčních teras vede k postupnému vytvoření chronostratigrafického schématu erozních a akumulčních období a jejich vztahů ke dlouhodobým změnám klimatu a zároveň k prostorově a časově variabilnímu tektonicky podmíněnému výzdvihu centrální části Českého masivu v mladším kenozoiku.

## Literatura:

- BALATKA, B. (2007): River terraces and the Sázava Valley evolution. In: Goudie, A. S., Kalvoda, J. (eds.): *Geomorphological variations*. P3K Publ., Praha, s. 361–386.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (1995): Vývoj údolí Labe v Děčínské vrchovině. *Geografie*, 100, č. 3, s. 173–192.
- 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, č. 3, Praha, s. 205–222.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2010): Vývoj údolí Sázavy v mladším kenozoiku. *Geographica, ČGS*, Praha, 198 s.
- ČECH, V., KOUTEK, J. (1954): Geologická mapa Československé republiky 1:75 000. List Vlašim (4154). Ústřední ústav geologický, Praha.
- DEMEK, J., MACKOVČIN, P., eds. et al. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Vydaní II. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 582 s.
- 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 s.
- GIBBARD P. L., HEAD M. J., WALKER M. J. C., 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. 1:50 000. Soubor geologických a účelových map, Český geologický ústav.
- HUŠNER, V. et al. (1964a): Závěrečná zpráva o inženýrsko-geologickém průzkumu ložisek písečných sedimentů a těsnících hlín pro uvažovanou zemní hráz na Želivce u Švihova. Geologický průzkum n. p. Praha. Závod Stavební geologie, Praha, MS Geofond P16 876, Praha.
- HUŠNER, V. (1964b): Švihov III/4-2. Závěrečná zpráva o inženýrsko-geologickém průzkumu objektů v zátopném území. Geologický průzkum n. p. Praha. Závod Stavební geologie, MS Geofond P 16 878, Praha.
- HUŠNER, V. (1969): Závěrečná zpráva o podrobném průzkumu zásob stabilizačního a těsnícího materiálu v zemníku Soutice a Švihov. Stavební geologie Praha, MS Geofond P 21 445, Praha.
- HUŠNER, V. (1970): Závěrečná zpráva o inženýrsko-geologickém průzkumu podloží hráze pro II. etapu výstavby. Želivka II/1. Stavební geologie Praha, MS Geofond P 21 918, Praha.
- HUŠNER, V. (1972): Želivské terasy mezi Zručí nad Sázavou a Tukleky (pleistocenní agra-dace údolí). *Rigorózní práce*, PřF UK Praha, 46 s., 17 příloh.
- JURANKA, P. (1966): Želivka – zemníky. Závěrečná zpráva o výsledcích podrobného inženýrsko-geologického průzkumu. Geologický průzkum n. p. Praha. Závod Stavební geologie, MS Geofond P 18 061, Praha.
- JURANKA, P. (1967): VD Želivka. Zemník Soutice III. Zpráva o podrobném geotechnickém průzkumu v rozšířené části zemníku a zahušťovací sondáži v severní části naleziště. IGHP n. p. Žilina. Závod 01 Praha, MS Geofond, P 19 229, Praha.



- KALVODA, J., BALATKA, B. (1995): Chronodynamics of the Labe River Antecedence in the Děčínská vrchovina Highland. *Acta Montana, Ser. A*, 8 (97), Praha, s. 43–60.
- KRÁL, J. (1971a): Zpráva o ložiskovém průzkumu štěrkopísků Bojiště. Vojenský projektový ústav Praha, MS Geofond P 22 678, Praha.
- KRÁL, J. (1971b): Zpráva o ložiskovém průzkumu štěrkopísků Kozlí. Vojenský projektový ústav Praha, MS Geofond P 22 588, FZ 5170, Praha.
- MALKOVSKÝ, M. (1975): Palaeogeography of the Miocene of the Bohemian Massif. *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 50, č. 1, Praha, s. 27–31.
- MALKOVSKÝ, M. (1979): Tektogeneze platformního pokryvu Českého masívu. *Ústřední ústav geologický, Academia, Praha*, 176 s.
- NOVÁK, V. J. (1932): Vývoj úvodí a údolí řeky Sázavy. *Věstník Královské České společnosti nauk*, 11, Praha, 47 s.
- ŠTĚPÁNEK, M. (1963): Závěrečná zpráva o inženýrsko-geologickém průzkumu podmínek výstavby vodního díla na Želivce u Švihova. Část II. Zátopné území. *Geologický průzkum n. p. Praha. Závod Stavební geologie, MS Geofond P 17 063*, Praha.
- 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 Ledec nad Sázavou. Měřítko 1:50 000. Soubor geologických a účelových map, Český geologický ústav, Praha.
- ŠTĚPÁNEK, M., JONÁŠ, J., PAVLŮ, R. (1963): Závěrečná zpráva o inženýrsko-geologickém průzkumu podmínek výstavby vodního díla na Želivce u Švihova. *Geologický průzkum n. p. Praha. Závod Stavební geologie, MS Geofond P 17 464*, 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, s. 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. *Rozpravy ČSAV, MPV*, 87, č. 4, Academia, Praha, 90 s.
- ZÁRUBA, Q., RYBÁŘ, J. (1961): Doklady pleistocenní agradace údolí Sázavy. *Geografie*, 16, Praha, s. 23–30.

## S u m m a r y

### QUATERNARY TERRACES OF THE ŽELIVKA RIVER

The objective of the submitted work is a geomorphological analysis of localities with Quaternary terraces of the Želivka River and its historical-genetic interpretation in light of the genesis of the Sázava River's terrace system (Balatka, Kalvoda 2008, 2010). Morphogenetic characteristics of the Želivka valley, its fluvial sediments and terrace system as well as a chronostratigraphical correlation with other river terrace systems of the Bohemian Massif are described in detail.

The lower Želivka Valley began to develop in the Neogene, and particularly in the Miocene, with sediment accumulations, which are found in the area of the Želivka-Sázava confluence and in a broad area around Ledec nad Sázavou and Zruč nad Sázavou. The primary relicts of these Miocene sediments fill up shallow depressions which follow the direction of the Želivka Valley. The more recent valley of the Želivka River probably developed during the Pliocene as a wide vale-shaped depression. The intensive processes of stage deepening of the Želivka Valley were in progress during the Quaternary. These processes reached their highest activity in the erosional stage between the evolution of the II<sup>nd</sup> and III<sup>rd</sup> accumulation terraces, at a time when the valley was significantly deepened, by about 25 to 30 m. The massive accumulation of the III<sup>rd</sup> (Soutice) terrace, which is similar to the Chabeřice terrace of the middle Sázava, originated in the lower Želivka valley.

During the erosional stage, subsequent to the evolution of the II<sup>nd</sup> terrace, the valley was deepened to a level 5 to 8 m above the present water level and, during the following accumu-

lation stage, the riverbed was elevated by an aggradation of about 10 to 23 m above the base of the III<sup>rd</sup> terrace. The depressions of the indicated valley's meanders and bends were filled primarily by this aggradation. These depressions were formed during the period after the origination of the I<sup>st</sup> and II<sup>nd</sup> terraces. Such depressions are probably related to downward movements of a tectonic nature in the area of the lower Želivka River, within the broader area of a morfostructural connection between the Českomoravská vrchovina Highland and the Středočeská pahorkatina Upland.

After the end of sediment accumulation for the III<sup>rd</sup> terrace, the valley's bends and meanders were abandoned in some places, but have, for the most part, developed lower terraces as a result of accumulation during the erosional process of stage deepening. Some of these levels could be considered as erosional or incised, considering the deposits of the III<sup>rd</sup> terrace (terrace IIIb, alternatively the IV<sup>th</sup> terrace). Riverbed dislocations and deep erosion have been caused by changes in the local erosional base, during highly variable erosional-denudational and accumulation processes. Changes in the intensity of these morphogenetic processes have been connected with neotectonic movements and differing levels of bedrock resistance, as well as changes in climatic conditions during the late Cenozoic.

Figure 3 and Table 1 present height conditions of the Neogene sediments and Quaternary terraces of the Želivka, including their correlation with the terrace system of the Sázava. According to the most recent chronostratigraphical classification of the Quaternary (i.e. Gibbard et al. 2004, 2009), the entire terrace system of the Želivka and Sázava Rivers corresponds primarily with the Middle and Late Pleistocene, from the Cromerian through the Weichselian periods. The erosional stage preceding accumulation of the I<sup>st</sup> terrace in the Želivka and Sázava Valleys corresponds with the end of the Early Pleistocene. Older levels of fluvial sediments in the studied area of the Bohemian Massif, which are topographically situated in a higher position and which have, up to now, been classified as Pliocene, have been shifted into the Early Pleistocene.

Fig. 1 – Assymetrical pattern of the river network in the Želivka Catchment, which is located in the Českomoravská vrchovina Highland. The confluence of the Želivka and Sázava Rivers is situated in the Středočeská vrchovina Upland.

Fig. 2 – The valley of the Želivka below Želivka Reservoir (Švihov). Photo: B. Balatka.

Fig. 3 – A longitudinal profile of the Želivka River terraces. Explanations: 1 – level A, 2 – level B, 3 – terrace I, 4 – terrace II, 5 – terrace IIIa, 6 – terrace IIIb, 7 – terrace IV, 8 – terrace V, 9 – terraces VI and VII, 10 – present-day valley floor, 11 – reconstruction of earlier valley floors, during the erosional deepening of the valley in the Quaternary, 12 – sites of borings and heights of their base and surface (a.s.l.).

Fig. 4 – The vale-shaped Sázava Valley at the mouth of the Želivka. Photo: B. Balatka.

Fig. 5 – A cross-profile of the Želivka near Soutice (with an abandoned Middle Pleistocene meander) and Sázava above the confluence of these rivers. Explanations: spotted – fluvial sediments, IIIa and/or VI – river terraces, N – flood plain, 2 km and/or 99.3 km – river km (above mouths of rivers), m n. m. – m a.s.l., J – South, V – East, Z – West, S – North.

*Pracoviště autorů: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 128 43, Praha 2; e-mail: kalvoda@natur.cuni.cz.*

*Do redakce došlo 4. 12. 2009, do tisku bylo přijato 30. 4. 2010.*

#### **Citační vzor:**

BALATKA, B., KALVODA, J. (2010): Kvartérní terasy řeky Želivky. *Geografie*, 115, č. 2, s. 113–130.