

VÁCLAV NOVÁK

## PŘÍSPĚVEK K POZNÁNÍ VZNIKU ŘÍČNÍCH TERAS

V. Novák: *On the Origin of River Terraces*. — Sborník ČSGS 92, 2, p. 98–104 (1987). — A mathematical study of the long profil of the Vltava Terraces is presented in this article. The existence of two various senses of the term „river terrace“ is shown and their relation is illustrated.

Výklad vzniku říční terasy je založen na principu střídání akumulace a eroze. Přitom k akumulaci docházelo vždy v období stability hloubkového vývoje toku a k tomuto období je vztahováno stáří terasy. Naproti tomu v období zahlabování došlo vždy k redukci právě vzniklé terasy na malé zbytky a současně k posunu toku na nižší úroveň. (Srov. např. J. Demek, E. Quitt, J. Raušer, 2, s. 207, nebo J. Kuský, V. Šibrava, 5, s. 588). Střídáním uvedených dvou období vznikl postupně v údolí toku systém říčních teras odstupňovaného stáří (ve vertikálním směru), jak bylo zjištěno například v údolí dolní Vltavy (Q. Záruba, V. Bucha, V. Ložek, 9).

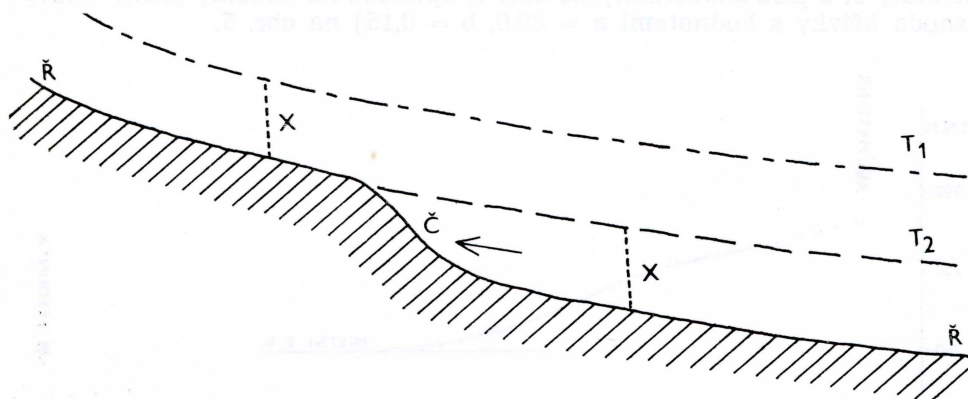
Zahlabování však probíhá nikoliv současně po celé délce toku, nýbrž postupně zpětnou erozí od erozní báze vzhůru proti směru toku (V. J. Novák, 6, s. 154, 204; J. Krejčí, 4, s. 17). Proto i terasa (např.  $T_2$  na obr. 1, který názorně shrnuje dosud uvedené okolnosti) vzniká postupně a její uložení jsou ve směru toku plynule starší. Nejmladší úsek terasy  $T_2$  je ten, který navazuje na úroveň řeky. V úrovni řeky jsou uloženy (nejnižší terasa) recentní v celém rozsahu toku od ústí k prameni. Stávají se fosilními, když je postupující čelo erozní vlny oddělí od říčního toku, takže jejich materiál již nemůže být zaměňován materiálem mladším, jak se neustále děje v nejnižší terase.

Je tedy zřejmé, že stáří terasových uložení odpovídá právě tak stáří jejich sedimentace jako stáří eroze, neboť oba pochody se při vzniku terasy uplatňují současně. Rovněž je zřejmé, že terasa ve smyslu výše uvedeného výkladu, tj. ve smyslu „hydrologickém“ (např.  $T_2$  na obr. 1), nemůže být zaměňována s terasou v běžném smyslu „stratigrafickém“, jejíž uložení jsou v celém svém horizontálním rozsahu jednoho stáří.

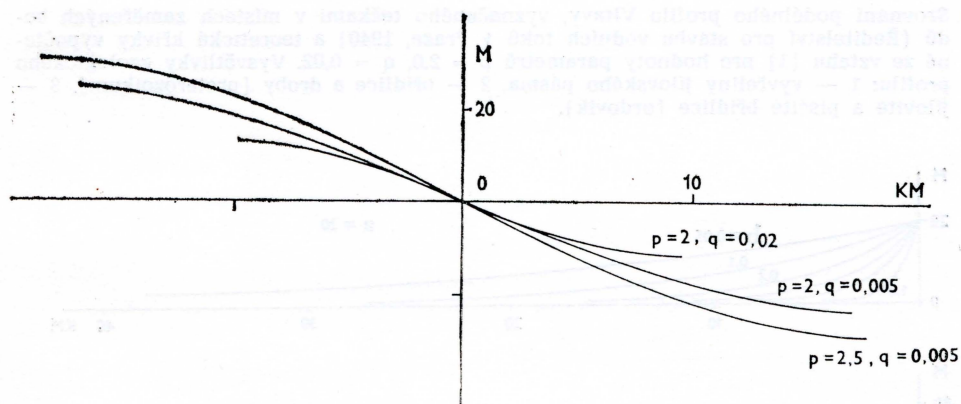
Rozdíl mezi terasami v hydrologickém a stratigrafickém smyslu je zvláště zřetelný při matematickém studiu podélného profilu toku. Výraz pro tvar podélného profilu toku, kterému ovšem vyhovuje i průběh teras vyznačených na obr. 1, odvodil A. E. Scheidegger (8, s. 112):

$$\frac{dz}{dx} = p \cdot \exp \left( - \frac{x^2}{q} \right) \quad (1)$$

kde  $x, z$  jsou souřadnice,  $p, q$  jsou parametry závislé na čase. Výraz lze integrovat pomocí rozvoje v mocninnou řadu. Příslušné křivky pro různé zvolené hodnoty parametrů  $p, q$  jsou znázorněny na obr. 2.



1. Schéma vzniku říčních teras podle J. Krejčího [4]. Vysvětlivky:  $T_1$  — starší terasa,  $T_2$  — mladší terasa,  $X$  — relativní výška,  $\bar{R}$  — řeka,  $\bar{C}$  — čelo erozní vlny (V. J. Novák, 6). Šipkou je označen směr posunu čela erozní vlny (proti směru toku).



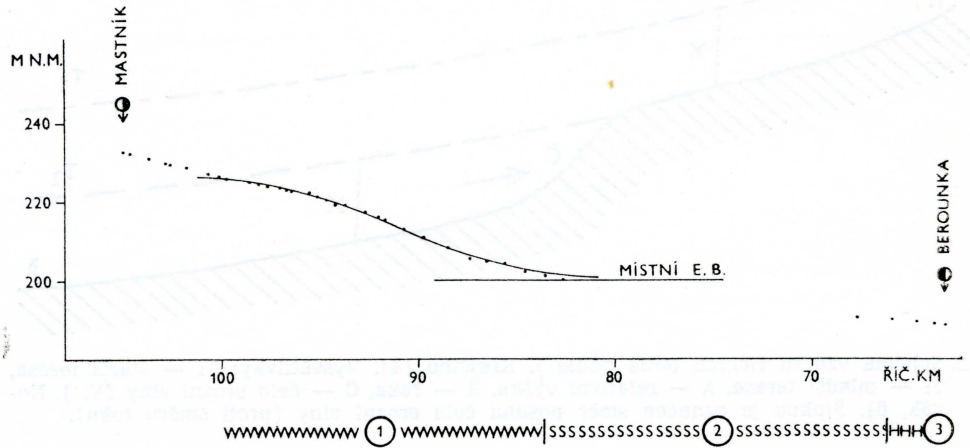
2. Teoretické křivky pro podélný profil toku vypočtené ze vztahu (1).

Obr. 3 je výsledkem aplikace vypočteného souboru křivek z obr. 2 na část podélného profilu Vltavy mezi ústím pravostranného přítoku Mastníku (říč. km 104,943) a ústím Berounky (říč. km 63,169). Z obrázku je patrná dobrá shoda strmé části podélného profilu toku, interpretované jako „čelo erozní vlny“, s křivkou vypočtenou ze vztahu (1) pro hodnoty parametrů  $p = 2,0, q = 0,02$ . V ostatních částech se podélný profil toku s křivkou (1) pro uvedené hodnoty parametrů neshoduje.

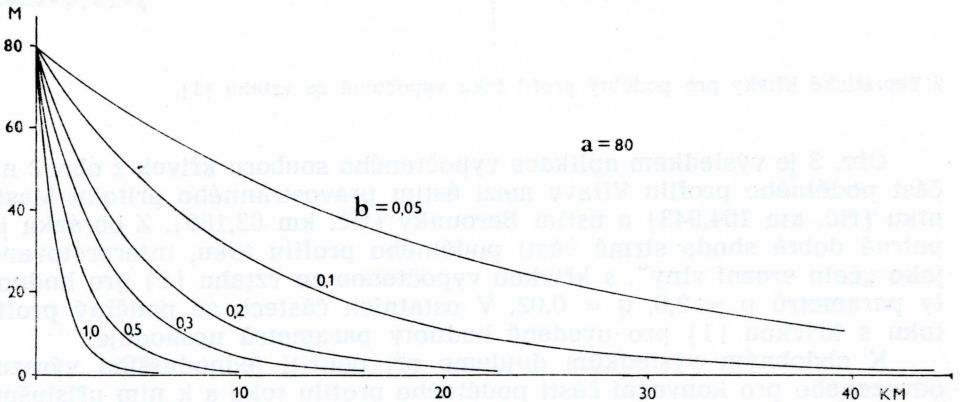
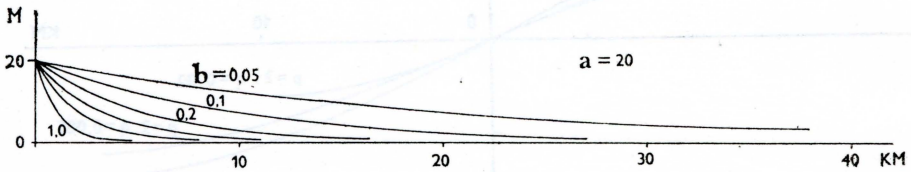
K obdobným výsledkům dojdeme při použití jednoduššího výrazu, odvozeného pro konvexní části podélného profilu toku a k nim příslušné terasy (K. Rektorys a kol., 7, s. 351) B. Hrudíčkou (3) z rovnice integrovatelné v uzavřeném tvaru:

$$z = a \cdot \exp(-b \cdot x) \quad (2)$$

kde  $x$ ,  $z$  jsou souřadnice,  $a$ ,  $b$  jsou konstanty. Příslušné křivky pro různé hodnoty  $a$ ,  $b$  jsou znázorněny na obr. 4, aplikace na podélný profil Vltavy (shoda křivky s hodnotami  $a = 20,0$ ,  $b = 0,15$ ) na obr. 5.

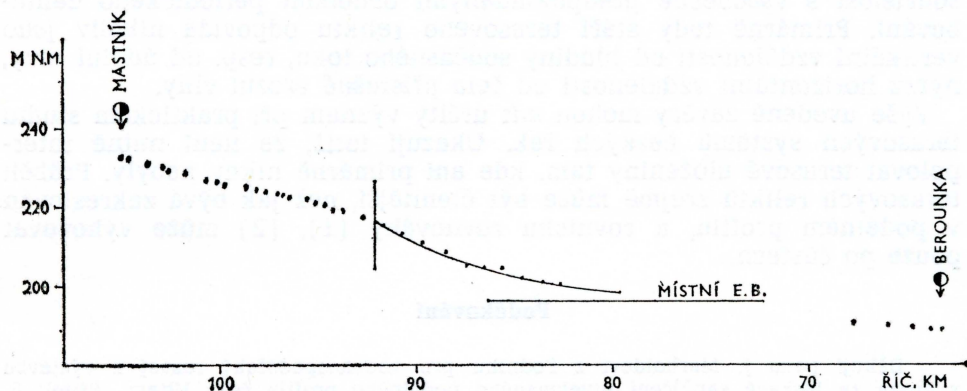


3. Srovnání podélného profilu Vltavy, vyznačeného tečkami v místech zaměřených bodů (Ředitelství pro stavbu vodních toků v Praze, 1940) a teoretické křivky vypočtené ze vztahu (1) pro hodnoty parametrů  $p = 2,0$ ,  $q = 0,02$ . Vysvětlivky geologického profilu: 1 — vyvěřeliny jílovského pásma, 2 — břidlice a droby (preterozoikum), 3 — jílovité a písčité břidlice (ordovik).

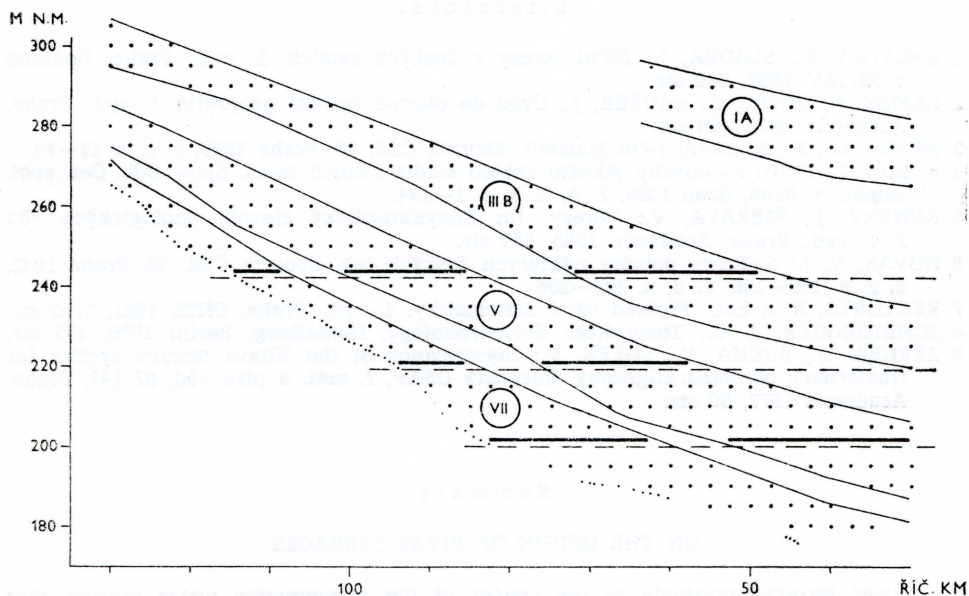


4. Teoretické křivky pro podélný profil toku vypočtené ze vztahu (2).

Z obr. 3 a 5 je patrné, že obě vypočtené křivky se relativně rychle blíží k horizontále, kterou je možno ve smyslu J. Krejčího [4] pokládat za místní erozní bázi. V souladu s tím, že místních erozních bází je obvykle větší počet, lze podélný profil toku uvedenými rovnicemi vystihnout jen po částech. Každé této části odpovídá v prodloužení terasa v hydrologickém smyslu, která není totožná s terasou ve smyslu stratigrafickém. Vzájemný vztah obou je znázorněn na obr. 6.



5. Srovnání podélného profilu Vltavy, vyznačeného tečkami v místech zaměřených bodů, a teoretické křivky vypočtené ze vztahu (2) pro hodnoty parametrů  $a = 20,0$ ,  $b = 0,15$ .



6. Vzájemný vztah teras ve smyslu stratigrafickém a ve smyslu hydrologickém na příkladu teras Vltavy [Q. Záruba, V. Bucha, V. Ložek, 9]. Terasy ve smyslu hydrologickém jsou schematicky vyznačeny silnými úsečkami. Čárkovaně je znázorněn průběh místních erozních bází (200, 219 a 242 m n. m.), odvozených z rovnice (1) pro inflexní body podélného profilu toku v říč. km 92,0 ( $p = 2,0$ ;  $q = 0,02$ ), 104,8 ( $p = 1,0$ ;  $q = 0,005$ ) a 124,4 ( $p = 2,0$ ;  $q = 0,02$ ). (Obr. 2–6: autorské originály.)



Z obrázku je patrné, že terasa ve smyslu stratigrafickém je spojitým tělesem uloženin již primárně jen po úsecích, jejichž délka odpovídá klimaticky podmíněným obdobím s podmínkami vhodnými pro sedimentaci. Není (ani primárně nebyla) spojitým tělesem uloženin v rozsahu celé délky toku, což ostatně odpovídá praktickému pozorování v terénu při studiu terasových systémů českých řek (B. Balatka — J. Sládek, 1). Období s omezenou sedimentací jsou vyznačena horizontálně a nemají souvislost s všeobecně předpokládanými obdobími periodického zahlubování. Primárně tedy stáří terasového reliktu odpovídá nikoliv jeho vertikální vzdálenosti od hladiny současného toku, resp. od údolní nivy, nýbrž horizontální vzdálenosti od čela příslušné erozní vlny.

Výše uvedené závěry mohou mít určitý význam při praktickém studiu terasových systémů českých řek. Ukazují totiž, že není nutné interpolovat terasové uloženiny tam, kde ani primárně nikdy nebyly. Průběh terasových reliktnů zřejmě může být členitější, než jak bývá zakreslován v podélném profilu, a rovnicím rovnováhy (1), (2) může vyhovovat pouze po částech.

### Poděkování

Děkuji panu J. Marholdovi z Podniku pro vodohospodářský rozvoj a výstavbu v Praze za laskavé zapůjčení nivelovaného podélného profilu řeky Vltavy. Příteli F. Ratschmannovi děkuji za provedení numerických operací spojených s konstrukcí teoretických křivek.

### Literatura:

1. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: Říční terasy v českých zemích. 2. vyd., Praha, Geofond v NČSAV 1962, 580 str.
2. DEMEK, J., QUITT, E., RAUŠER, J.: Úvod do obecné fyzické geografie. 1. vyd., Praha, Academia 1976, 404 str.
3. HRUDICKA, B.: K studiu říční činnosti. Sborník ČSZ, 46, Praha 1940, č. 1, s. 11—15.
4. KREJČÍ, J.: Profil rovnováhy jakožto základ studia říčních teras. Spisy Odb. Čes. spol. zeměp. v Brně, Brno 1939, ř. A, č. 5, s. 1—144.
5. KUNSKÝ, J., ŠIBRAVA, V.: Terasy. In: Encyklopedický slovník geologických věd 2. 1. vyd., Praha, Academia 1983, 852 str.
6. NOVÁK, V. J.: Spádové poměry některých českých řek. Sborník ČSZ, 38, Praha 1932, č. 2, s. 150—156, č. 3, s. 201—208.
7. REKTORYS, K. a kol.: Přehled užité matematiky. 4. vyd., Praha, SNTL 1981, 1140 str.
8. SCHEIDEGGER, A. E.: Theoretical Geomorphology. Heidelberg, Berlin 1970, 435 str.
9. ZÁRUBA, Q., BUCHA, V., LOŽEK, V.: Significance of the Vltava terrace system for Quaternary chronostratigraphy. Rozpravy ČSAV, ř. mat. a přír. věd, 87 (4), Praha, Academia 1977, 90 str.

### Summary

#### ON THE ORIGIN OF RIVER TERRACES

River terraces originate in the course of the retrogressive water erosion that segregates gravel accumulations on the valley bottom from the stream (fig. 1). At the same time the stream descends to a lower level. In the upstream direction (T<sub>2</sub>, Fig. 1) gravel accumulations of terraces are progressively younger.

River terraces, however, are defined as bodies composed of deposits of an identical age. There are terraces in a „stratigraphical“ sense and terraces in a „hydrological“ sense. They have not been sufficiently differentiated up to now. That is why both these terms are introduced here by the author for the first time.

The relation of both the „stratigraphical“ and „hydrological“ terraces is shown in Fig. 6. It is evident that the terraces in a „stratigraphical“ sense are not continuous bodies but are constituted of „hydrological“ terrace sections of the same age.

Figures:

1. Scheme of origin of river terraces according to J. Krejčí (1939).  $T_1$  — older terrace,  $T_2$  — younger terrace,  $X$  — relative height,  $R$  — river,  $C$  — front of erosion wave.
2. Theoretical curves for longitudinal profile of the stream calculated from relation (1).
3. Comparison of longitudinal profile of the Vltava dotted in the points of measurement and theoretical curves calculated from relation (1) for values of parameters  $p = 2,0$ ,  $q = 0,02$ . Geological profile: 1 — eruptive rocks in the Jílové zone, 2 — schists and graywackes (Proterozoic), 3 — slates and sandy shales (Ordovician).
4. Theoretical curves for longitudinal profile of the stream calculated from relation (2).
5. Longitudinal profile of the Vltava dotted in points of measurement and theoretical curves calculated from relation (2) for values of parameters  $a = 20,0$ ,  $b = 0,15$ .
6. Inter-relation of terraces in the stratigraphical and the hydrological sense (Q. Záruba, V. Bucha, V. Ložek, 1977). Terraces in the hydrological sense are marked by thick lines. The course of local erosion bases (200, 219 and 242 m above sea level) is dashed. It is calculated from equation (1) for inflexion points of the longitudinal profile in river km 92,0 ( $p = 2,0$ ;  $q = 0,02$ ), 104,8 ( $p = 1,0$ ;  $q = 0,005$ ) and 124,4 ( $p = 2,0$ ;  $q = 0,02$ ).

*(Pracoviště autora: Český hydrometeorologický ústav, M. Gorkého 1, 370 01 České Budějovice.)*

*Došlo do redakce 11. 12. 1985.*

### Poznámky recenzentů

Říční terasa (akumulačního typu) představuje velmi složitý komplex povrchových tvarů a fluvialních sedimentů, které jsou ve vzájemném dialektickém vztahu. Proto pochopení zákonitostí jejího vzniku patří k nejsložitějším otázkám geomorfologie a kvartérní geologie. Postavení říční terasy na rozhraní obou vědních oborů určuje i cesty vedoucí k poznání její geneze. Kromě toho se musí uvažovat i hydrodynamické pochody probíhající v korytech i údolních dnech vodních toků.

Přehlédneme-li dosavadní názory na řešení této problematiky, zjišťujeme, že autoři často vycházeli, popř. zdůrazňovali jen jednu složku (mnohdy lokálního významu) uplatňující se při vzniku říčních teras (klimatické podmínky, tektonické pohyby, oscilace mořské hladiny aj.); jen zřídka volili komplexní přístup, podložený zkušenostmi z poznání širokého spektra rozmanitého regionálního záběru.

Studie V. Nováka respektuje v podstatě jen jeden pohled na řešenou problematiku, a to hydrologický (hydrodynamický), vycházející z logické úvahy o principu působení zpětné eroze a významu místních erozníchází. Nelze souhlasit s názorem, že pouze k období akumulace je vztahováno stáří terasy (omezeně platí jen v geologickém pojetí, a to pro sedimenty), když akumulační terasy v geomorfologickém pojetí netvoří jen říční uloženiny, ale i další prvky (povrch — plošina, hrana, svah, báze); stáří říční terasy bývá často (rovněž nesprávně) ztotožňováno se stářím jejího povrchu. V. Novák vychází z netypických poměrů v hluboce zaříznutých sevřených údolích, kde docházelo „vždy k redukci právě vzniklé terasy na malé zbytky...“. V rozsáhlých akumulačních oblastech s jednostranným posunováním toku nebo překládáním koryta do jiných směrů naopak vzniklé říční terasy zaujímají rozsáhlé plochy a lze je průběžně sledovat i na desetikilometrové vzdálenosti.

Autor vychází z předpokladu, že zahlubování neprobíhá současně po celé délce toku, ale postupně zpětnou erozí proti toku, takže terasa vzniká rovněž postupně a její uloženiny jsou ve směru toku plynule starší. Tento v podstatě logický závěr, podložený matematickým studiem podélného profilu toku, má však v přírodě pouze omezenou platnost. Jak ukazují poměry dnešních údolních den našich řek, jsou pod holocenními sedimenty vyvinuty šterkopské a šterkové sedimenty mladopleistocenního stáří, a to prakticky v celém úseku toku, kde docházelo k akumulaci; tyto sedimentační části jsou místy odděleny erozními úseky prakticky beze stop po říčních náplavech. Bylo tomu podobně i v době vzniku starších teras?

Pojetí V. Nováka lze přijmout částečně pro erozní fáze vývoje údolí, i když nutno mít na zřeteli, že časové odstupy erozní aktivity v jednotlivých úsecích toku byly patrně tak malé, že nemohou být přesvědčivým argumentem pro určení různého stáří geomorfologicky jednotné terasy v různých částech říčního údolí. Kromě toho nelze vyloučit, že následkem změn hydrologických podmínek mohlo docházet k zahlubování toku prakticky současně na celém toku, při zmenšování jeho intenzity směrem proti proudu (vliv klesající vodnosti).

I přes uvedené poznámky lze studii V. Nováka vzhledem k netradičnímu přístupu hodnotit kladně jako příspěvek do diskuse o řešení složité otázky geneze akumuláčnických říčních teras.

*Břetislav Balatka, Jaroslav Sládeček*



1. Údolí Vltavy zaplavené vodou Slapské nádrže; staropleistocenní říční terasy vyplňují jádra zákrutů a meandru.

2. Údolí Vltavy při ústí Sázavy zahloubené do sedimentárních hornin, keratofyrů a porfyrů proteozoika. Snímky B. Balatka.

