

Analysis of valley fill deposits in the Morávka River basin using electrical resistivity tomography (Moravskoslezské Beskydy Mts)

Analýza sedimentární výplně vybraných údolí v povodí řeky Morávky pomocí elektrické odporové tomografie (Moravskoslezské Beskydy)

Václav ŠKARPICH^a, Petr TÁBORÍK^b, Tomáš GALIA^c, Jan HRADECKÝ^d

Ostravská univerzita, ^askarpich@centrum.cz, ^bpetr.taborik@post.cz, ^ctom.galia@seznam.cz, ^djan.hradecky@osu.cz

Abstrakt

Local accumulation processes of channel-floodplain system depend on neotectonic moves and changes of climate and land cover. Transverse constructions placed in streams are significant factors which perform as limiting sediment transport barriers. In context of factors mentioned above, we observe trends of accelerated lateral and vertical erosion recently. One of the main goals of the research is to establish genetic type of quaternary accumulations in stream valleys of the Morávka River basin and to determine volumes of potential sediment sources for transport. We used a method of electrical resistivity tomography (ERT) to determine valley fill deposits. This method is based on measuring of electrical potential in the subsurface. Different subsurface structures are distinguished by various distribution of electric resistivity. For our case, it was appropriate to apply the Wenner-alpha configuration, one of the commonly used ERT electrode array. The Wenner-alpha method is well applicable to determine volumes and inner structure of sediment infill.

Keywords: fluvial sediments, valley fill, electrical resistivity tomography, Morávka River basin, Moravskoslezské Beskydy Mts.

Klíčová slova: fluviální sedimenty, údolní výplně, elektrická odporová tomografie, povodí Morávky, Moravskoslezské Beskydy.

1. Úvod

Distribuce sedimentárních forem v povodí je odrazem úložných poměrů, tektonické predispozice, klimatických faktorů a krajinného krytu (Schrott et al. 2003). V posledních 500 letech musíme také zahrnout neopomenutelný vliv člověka, který významně působí na akumulaci a erozní procesy koryto-nivního systému (Knighton 1998, Hradecký 2002, Gregory 2006). V popředí zájmu je v současnosti především problematika akcelerované hloubkové eroze (Kondolf 1997) a s tím spojené narušení fluviálního (dis)kontinua (Hooke 2003, Fryirs et al. 2007). Problémem současného výzkumu (dis)kontinua je v interpretaci forem ovlivňujících distribuci sedimentů v povodí, kdy např. Fryirs et al. (2007) bere ploché akumulaci formy reliéfu jako bariéru narozdíl od Owczarka (2008), který považuje tyto formy jako dočasné uložený materiál potenciálně dostupný pro budoucí transport.

Hlavním cílem tohoto výzkumu je určení genetického typu a mocnosti kvartérních akumulací údolního dna řeky Morávky a jejich přítoků a stanovení objemů potenciačních zdrojů transportovatelného klastického materiálu. Ke zjištění mocností a objemů sedimentární výplně údolí bylo využito metody elektrické odporové tomografie. Mocnosti sedimentů některých měřených profilů byly následně ověřeny a zpřesněny na základě dat

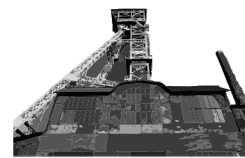
poskytnutých Českou geologickou službou – Geofondem.

2. Metody

Hlavní část terénního výzkumu proběhla na jaře a v létě v roce 2010. Jednalo se o terénní geomorfologické mapování a měření mocnosti sedimentární výplně pomocí metody elektrické odporové tomografie (dále jen ERT), která patří mezi tzv. stejnosměrné geoelektrické metody (Colella et al. 2004, Gourry et al. 2003, Kneisel 2003, Sass 2006).

Jedná se o dvourozměrnou geofyzikální techniku mělkého podpovrchového průzkumu podloží s vysokým stupněm rozlišení (Ward 1990 in Malett et al. 2005). ERT měření je založeno na výpočtu rozložení odporů pod zemským povrchem. Mezi párem elektrod je měřen elektrický potenciál, který je způsoben průchodem stejnosměrného proudu mezi párem dalších dvou elektrod. Naměřená data jsou uváděna ve formě "pseudosekcí", které představují předpokládané rozpětí odporů pod zemským povrchem. (Griffiths and Barker 1993; Drahor et al. 2006)

ERT měření bylo uskutečněno za použití více-elektrodového kabelu („multi-cable“). Nastavení elektrod pro různé konfigurace měření bylo potom řízeno



systémem ARES, který sdružuje ampérmetr, voltmetr, přepínací jednotku a počítač.

Vzhledem k subhorizontálním až horizontálním úložným poměrům údolních sedimentů byla zvolena konfigurace elektrod Wenner-Alpha, která má vyšší rozlišovací schopnost ve vertikálním směru (Griffiths and Barker 1993; Loke 1996) a taktéž je z běžně užívaných ERT uspořádání nejméně citlivá na zvýšený přípovrchový odpor, který hraje značnou roli při uzemňování elektrod (Schrott and Sass 2008).

Díky relativně malým hloubkám, respektive mocnostem fluvialních uloženin (zejm. štěrků, písků, povodňových hlín) a ve snaze o co nejpodrobnější průzkum těchto sedimentů byl zvolen rozstup elektrod 2 m.

Zpracování výsledků ERT měření bylo provedeno v programu RES2DINV prostřednictvím dvourozměrné tomografické inverze. Proces pracuje s inverzí dat z jednotlivých „pseudosekcí“ za použití zhlazení pomocí metody nejmenších čtverců. Tímto algoritmem je podpovrchová zóna rozdělena na pravoúhlé bloky o konstantním měrném elektrickém odporu. Měrný elektrický odpor každého bloku je následně vyhodnocen minimalizací rozdílu mezi skutečně naměřenými a teoreticky vypočítanými hodnotami odporů v každé „pseudosekci“. Následně je vytvořen dvourozměrný model rozložení odporů pod zemským povrchem v ose geoelektrického profilu. Model znázorňuje oblasti zvýšených a snížených odporů a přechodné oblasti mezi nimi. Po zanesení topografie do modelu v programu RES2DINV získáme převýšený dvourozměrný inverzní model rozložení odporů pod povrchem (Griffiths and Barker 1993; Loke 1996, 2002; Loke and Barker 1996).

3 Sedimentární výplň údolního dna v povodí vodního toku Slavič

Na základě terénního výzkumu byly rozlišeny 3 typy vúdčích akumulacních forem tvořící údolní výplně v povodí Slaviče:

- nejnižší část údolní nivy,
- vyšší terasové stupně,
- kužely.

Údolím vodního toku Slavič bylo vedeno několik příčných ERT profilů. Ze záznamu měření je patrný relativně vysoký měrný odpor ($> 1\ 000\ \Omega\cdot m$) v rámci sedimentárních uloženin. Tyto vyšší hodnoty jsou způsobeny vzduchem vyskytujícím se v průlinách sedimentární výplně. Hranici mezi sedimentární výplní a skalním podložím reprezentuje oblast nižších měrných odporů ($< 400\ \Omega\cdot m$). V centrální části se vyskytuje struktura vertikálního charakteru s nízkými měrnými odpory ($< 100\ \Omega\cdot m$). Tato situace je patrně způsobena

zlomovou linií predisponující průběh údolí. Nízké hodnoty měrného odporu jsou s největší pravděpodobností důsledkem vody vyskytující se podél této linie.

V oblasti přiléhajících svahů je možné identifikovat relativně mocnou vrstvu koluviálních sedimentů, charakterizovanou velmi vysokými měrnými odpory ($> 2\ 000\ \Omega\cdot m$). Tyto vysoké hodnoty mohou být způsobeny buďto velmi suchým charakterem materiálu tvořícího koluvium nebo vyšším zastoupením větších klastů resp. většími průlinami mezi těmito klasty. Mocnost nejnižší části údolní nivy byla odhadnuta na cca 2-3 m a pro vyšší terasovou úroveň cca 4-5 m. Pro jednotlivé akumulacní formy bylo vypočteno plošné a objemové zastoupení. Nejvíce plošně zastoupena je nejnižší část údolní nivy. Vyšší terasová úroveň je charakterizována výrazně menším plošným zastoupením, avšak velmi vysokým objemovým zastoupením sedimentární výplně potenciální k transportu.

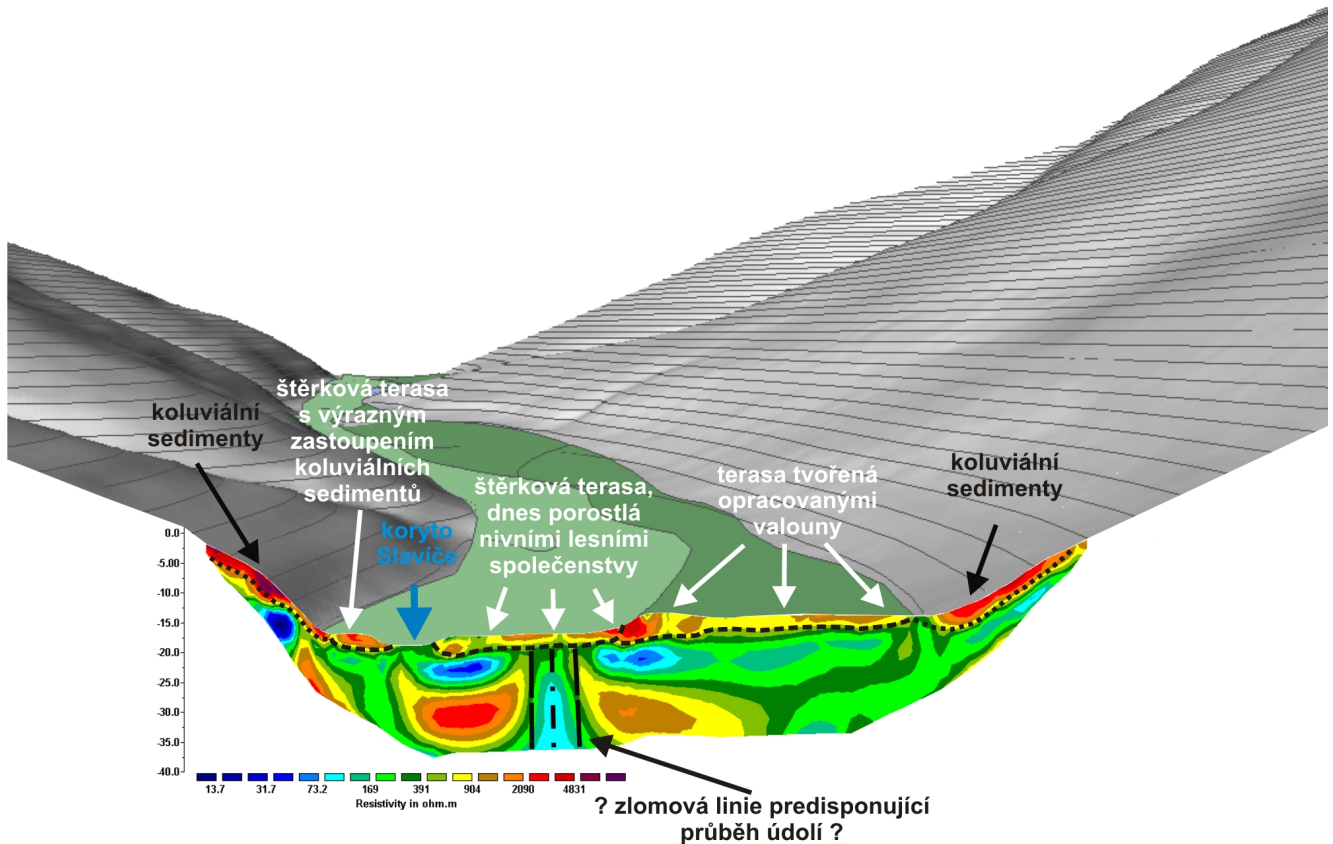
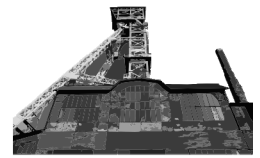
Tab 1. Plošné a objemové zastoupení jednotlivých akumulacních forem v povodí Slaviče

Akumulacní forma	Plocha (%)	Objem (%)
nejnižší část údolní nivy	64,7	51,1
vyšší terasový stupeň	25,93	41,7
kužel	9,36	7,21

Výsledky měření metodou elektrické odporové tomografie zodpověděly základní otázky potřebné ke stanovení mocností a objemů sedimentárních výplní. Z hlediska vnitřní struktury a určení genetického typu sedimentárních výplní není možné z daných měření vyvodit závěry a je nutná analýza kopaných sond a odkryvů. Pro následující výzkum (dis)kontinuální distribuce sedimentů v povodí se jeví využitelné především analýzy interakce morfometrických (např. lokálního gradientu nebo šířky údolních den) a morfologických predispozičních faktorů reliéfu se zjištěnými mocnostmi a vypočtenými objemy sedimentárních výplní.

Použité zdroje:

- COLELLA, A., LAPENNA, V., RIZZO, E. (2004): High-resolution imaging of the High Agri Valley Basin (Southern Italy) with electrical resistivity tomography. *Tectonophysics*, 386, s. 29-40.
- DRAHOR, M. G., GÖKTÜRKLER, G., BERGE, M. A., KURTULMU, T. Ö. (2006): Application of electrical resistivity tomography technique for investigation of landslides: a case from Turkey. *Environmental Geology*, 50, s. 147-155.



Obr. 1. ERT profil údolím vodního toku Slavič nad soutokem s Frankovým potokem - Wenner alpha 190m/2m
Zdroj: topografický podklad ČÚZK

FRYIRS, K. A., et al. (2007): Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, 53, s. 49 - 67.

GOURRY, J.-C., Françoise VERMEERSCH, F., GARCIN, M., GIOT, D. (2003). Contribution of geophysics to the study of alluvial deposits: a case study in the Val d'Avaray area of the River Loire, France. *Journal of Applied Geophysics*, 54, s. 35- 49.

GREGORY, K., J. (2006): The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79, s. 172-191.

GRIFFITHS D. H., BARKER R. D. (1993): Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*, 29, s. 211-226.

HOOKE, J.M. (2003): Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology. *Geomorphology*, 56, s. 79-94.

HRADECKÝ, J. (2002): Contribution to the morphodynamic chronology of Beskydian rivers (Morávka River 1780-1997). In: Kirchner, K., Roštinský, P. (eds.): *Geomorfologický sborník*

1. Stav geomorfologických výzkumů v roce 2002. Brno: PpF MU v Brně, ČAG. s. 50-56.

KNEISEL, C. (2003): Electrical resistivity tomography as a tool for geomorphological Investigations - some case studies. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplementband*, 132, s. 37-49.

KNIGHTON, D. (1998): *Fluvial forms and processes*. Arnold, London - New York - Sydney - Auckland, 383 s.

KONDOLF, G.M. (1997): Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management*, 21, s. 533-551.

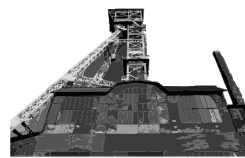
LOKE, M. H. (1996): *Manual for the RES2DINV*. Advanced Geosciences Inc, Austin, Texas.

LOKE, M. H. (2002): *RES2DMOD ver. 3.01: Rapid 2D resistivity forward modelling using the finite difference and finite-element methods - Software manual*.

LOKE, M. H., BARKER, R.D. (1996): Rapid least-square inversion of apparent resistivity pseudo-



XXII SJEZD ČESKÉ GEOGRAFICKÉ SPOLEČNOSTI OSTRAVA 2010



sections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, s. 131–152.

SASS, O. (2006): Determination of the internal structure of alpine talus deposits using different geophysical methods (Lechtaler Alps, Austria). *Geomorphology*, 80, s. 45-58.

SCHROTT, L., SASS, O. (2008): Application of field geophysics in geomorphology: Advances and limitations exemplified by case studies. *Geomorphology*, 93, s. 55-73.

SCHROTT L. et al. (2003): Spatial distribution of sediment storage types and quantification of

valley fill deposits in an alpine basin, Reintal, Bavarian Alps, Germany. *Geomorphology*, 55, s. 45-63.

WARD, S.H. (1990): Resistivity and induced polarization methods. In Ward, S.H. (Ed), *Geotechnical and Environmental Geophysics*, S.E.G, Tulsa, O.K. s. 147–189, In Mailett et al. High resolution electrical resistivity tomography (ERT) in a transition zone environment: Application for detailed internal architecture and infilling processes study of a Rhône River paleo-channel, *Marine Geophysical Researches* 26. 2005. s. 317-328.

Adresa autora:

Mgr. Václav Škarpich
Katedra fyzické geografie a geoekologie
Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity
Chittussiho 10
71000 Ostrava - Slezská Ostrava
skarpich@centrum.cz