

Vojtech GAJDOŠ<sup>1</sup>, Kamil ROZIMANT<sup>2</sup>, Andrej DAO<sup>3</sup>

GEOELEKTRICKÁ DOKUMENTÁCIA SYPANÉJ HRÁDZE  
GEOELECTRIC DOCUMENTATION OF GRITED DAM

**Abstract**

In paper is discussed of possibilities and limitation of geoelectric documentation of grited dam. Those is presented on characterisation one of dam and time changes of resistivity at other dam.

**Key words:** grited dam, resistivity measurement

**Úvod**

Sypané hrádze sú jedným z častých stavebných prvkov hydrotechnických, ale aj dopravných stavieb. Svojou prítomnosťou sú súčasne krajinotvorným prvkom a tým sa stávajú aj súčasťou prírodných a antropogénnych nebezpečí ohrozujúcich prírodu a život ľudí v dosahu ich pôsobenia. Je preto aktuálnou úlohou hľadať a rozvíjať metódy a spôsoby hodnotenia miery nebezpečia, ktoré sypané hrádze predstavujú a posudzovania rizika realizácie ich poškodenia a havárie. Jedným v významných prostriedkov poznania stavu a vývoja telesa hrádze ako umelého sedimentu sú geofyzikálne metódy a informácie ktoré poskytujú.

Využívanie geofyzikálnych informácií v problematike sypaných hrádzí je dlhodobá záležitosť. Sú to hlavne geoelektrické metódy, seizmika a karotáž, ktoré sa najviac pre tieto účely využívajú. Pomocou nich je možné určiť vnútornú štruktúru telesa hrádze a lokalizovať anomálne miesta z hľadiska jej stability, vyšetriť stav naviazania hrádze na intaktné horninové prostredie a stav kontaktu telesa hrádze s konštrukciou výpustného objektu, stanoviť priebeh hladiny podzemnej vody v telese hrádze a sledovať jej pohyb v čase, sledovať zmeny uvedených charakteristík hrádze v priestore a čase. V ostatnom čase inovácie v spomínaných metódach a tým aj nárast informačnej hodnoty geofyzikálnych informácií si vyžadujú adaptovať a systematicky rozvíjať stav a metodické prostriedky geofyzikálnej charakterizácie telesa hrádze a procesov ktoré v nej prebiehajú. Navyše hrádze boli budované podľa starej ČSN, v zmysle ktorej sa seizmická sila chápala ako statická sila avšak dnes pri nových prísnejších kritériách je seizmická sila považovaná za dynamickú silu.

Zostavenie geofyzikálnych charakteristík telesa sypanej hrádze je potrebné aj na pochopenie jeho prejavu v jednotlivých druhoch geofyzikálnych polí a na pochopenie procesov, ktoré tieto polia produkujú. Najviac informácií je možné získať z aplikácie geoelektrických metód. Z nich sú to hlavne odporové metódy a metódy využívajúce zmeny elektrickej vodivosti (napr. georadar), pretože hodnota rezistivity veľmi citlivo reaguje na materiálové zloženie telesa hrádze, na mieru a geometriu pórovitosti a na obsah vody a vlhkosti v telese hrádze. Ďalšou významnou geoelektrickou metódou je

---

<sup>1</sup> Doc., RNDr., CSc., Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, Slovensko, gajdos@fns.uniba.sk

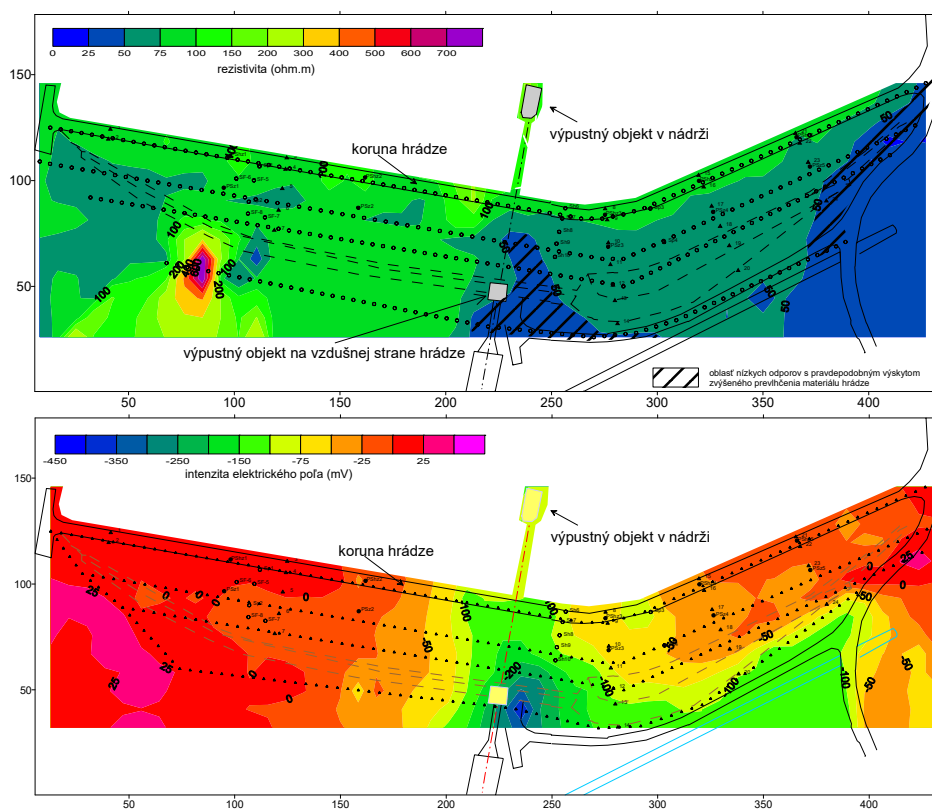
<sup>2</sup> RNDr., CSc., Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, Slovensko, rozimant@fns.uniba.sk

<sup>3</sup> Mgr., Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, Bratislava, Slovensko, dao@fns.uniba.sk

metóda spontánnej polarizácie ktorá umožňuje získať prehľad o pohybe podzemnej vody v telese hrádze. Aktuálnou požiadavkou hodnotenia sypanej hrádze rozpracovanie metodiky posúdenia jej seizmickej stability pre prípad seizmickej udalosti, aplikácia mikrogravimetrického vyšetrenia telesa hrádze pre posúdenie jeho homogenity a zhodnotenia anomálnych miest zistených pri geoelektrickom posúdení, ako aj rádiometrické meranie pre stanovenie vodo a plyno priepustnosti telesa v porovnaní s intaktným horninovým prostredím a tiež na zostavenie doplnkovej informácie k predošlým geofyzikálnym meraniam hodnotiacim stav tektonickej poruchy v prípade, že je táto prítomná na dne údolia v ktorom je hrádza postavená. To sa týka aj bočných hrádzi v miestach, kde prechádzajú naprieč tektonickými poruchami a kde je potrebné zhodnotiť nebezpečie neotektonickej aktivity na stabilitu hrádze a posúdiť seizmickú stabilitu hrádzi.

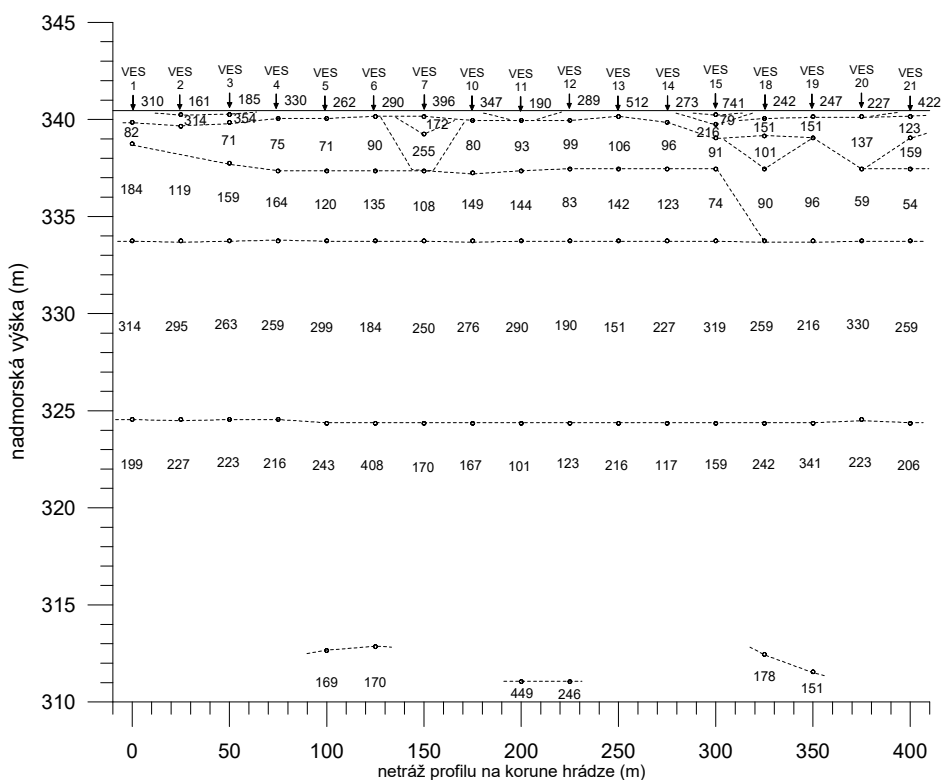
### Geoelektrické charakteristiky sypanej hrádze

Pri vyšetrovaní telesa hrádze je potrebné zhodnotiť homogenitu uloženého materiálu (zmeny jeho zloženia, zmeny v jeho zhutnení) a preferované cesty pohybu podzemnej vody cez teleso hrádze. Pre uvedené potreby sa bežne používajú odporové metódy a metóda spontánnej polarizácie.



**Obr.1** Mapa rezistivity (zostavená na základe výsledkov merania metódou DEMP) a mapa prírodného stacionárneho elektrického poľa (zostavená na základe výsledkov merania metódou SP)

Na obr.1 sú zobrazené výsledky merania metódami DEMP (dipólové elektromagnetické profilovanie) a SP (spontánna polarizácia) na vzdušnej strane vodnej nádrže, ktorá vznikla prehradením údolia sypanou hrádzou. Z mapy plošných zmien rezistivity je zrejmé, že materiál hrádze naľavo od výpustného objektu má v priemere vyššie hodnoty rezistivity ako časť hrádze napravo od výpustného objektu. Príčinou tohto stavu môže byť vyšší podiel ílovej zložky v materiáli napravo od výpustného objektu, alebo menší stupeň zhutnenia pravostrannej polovice hrádze. Druhá príčina je málo pravdepodobná, pretože hrádza sa zrejme zhutňovala pojazdom po celej jej dĺžke. Druhý záver, ktorý z analýzy mapy zmien rezistivity vyplýva sú jej nízke hodnoty v okolí výpustného objektu a v mieste pravého naviazania hrádze na intaktné horninové prostredie. To by mohlo svedčiť o zvýšenom obsahu podzemnej vody v tomto priestore. Uvedené otázky vyplývajúce z interpretácie výsledkov merania metódou DEMP do určitej miery pomáha vysvetliť analýza mapy elektrického poľa zostavená z výsledkov meraní metódou SP. Z analýzy mapy vyplýva, že v celej ploche vzdušnej strany hrádze sa neprejavuje prítomnosť preferovaných ciest prúdenia podzemnej vody s výnimkou výpustného objektu, kde toto prúdenie dosahuje výrazné hodnoty. Časť hodnôt tejto anomálnej zóny je tvorená riadeným prúdením, časť však môže byť spôsobená anomálnym prúdením cez materiál hrádze a toto by malo byť monitorované v piezometroch vybudovaných napravo od výpustného objektu. V miestach pravého naviazania hrádze na intaktné horninové prostredie zvýšenie prúdenia podzemnej vody v mape elektrického poľa nebolo pozorované.



**Obr.2** Vertikálny rez zostavený z výsledkov interpretácie meraní metódou VES.

Okrem uvedených dvoch metód boli na korune hrádze vykonané aj merania metódou VES. Na obr.2 sú uvedené výsledky kvantitatívnej interpretácie výsledkov týchto meraní vo forme vertikálneho rezu. Z rezu je zrejmé, že štruktúra hrádze odpovedá bežnému konštrukčnému prevedeniu s horizontálnymi vrstvami zapracovávaného materiálu. Vrstva medzi rozhraniami vo výške 324,5 a 334 m má zväčša vyššie hodnoty rezistivity ako pod ňou ležiaca vrstva a zrejme predstavuje zhutnenú bázu hrádze. Vrstva nad rozhraním vo výške 334 m obsahuje väčší podiel ílovej zložky, pričom tento podiel na pravej strane hrádze stúpa (čo je v zhode s výsledkami merania metódou DEMP). Hodnoty rezistivity v rámci jednotlivých vrstiev kolíšu, čo je možné interpretovať ako premenlivú zrnitosnú skladbu materiálu, ktorý sa do hrádze ukladal.

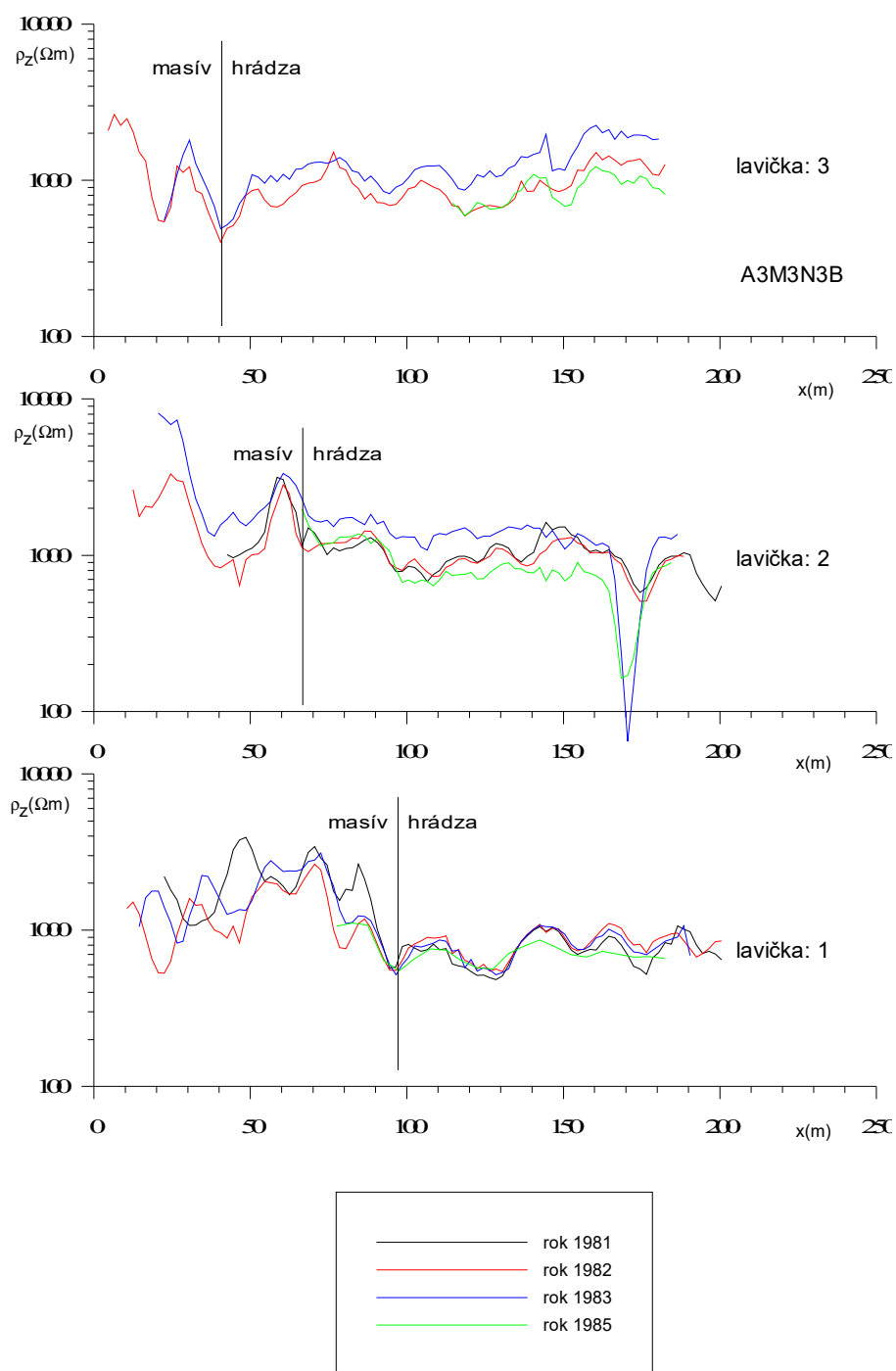
Na obr.3 sú uvedené výsledky opakovaných meraní metódou odporového profilovania na ďalšej sypanej hrádzi. Merania vzhľadom na rozsiahlosť hrádze boli robené na jednej jej časti v blízkosti naviazania na skalný masív (vápence). Z analýzy opakovaných meraní (robených s ročným odstupom) vyplýva, že charakter líniových zmien hodnôt rezistivity sa zachováva, zmeny nastávajú hlavne v posúvaní úrovne nameraných priebehov hodnôt rezistivity medzi jednotlivými rokmi. Tieto zmeny sú spôsobené obsahom zrážkovej vody v materiály hrádze a pri konkrétnom meraní odrážajú intenzitu zrážok v období bezprostredne predchádzajúcom realizáciu merania.

Z grafov na obr.3 tiež vyplýva, že materiálová skladba (charakter zrnitosti) je stabilná (k vyplavovaniu jemnozrnných zložiek nedochádza. Keďže na lavičkách 2 a 3 je hladina podzemnej vody hlbšie, namerané krivky charakterizujú nenasýtenú zónu a preto posun kriviek je výraznejší. Lavička 1 je v dolnej časti hrádze, kde je hladina podzemnej vody blízko povrchu, takže ani zmeny obsahu vody v pórovom priestore tu kolíšu len v malom rozsahu čo sa prejavuje aj na zmenách úrovne hodnôt rezistivity v jednotlivých rokoch.

## **Záver**

Z prezentovaných príkladov je možné vyvodiť, že výsledky odporových meraní pomerne presne charakterizujú materiál sypanej hrádze a jeho zmeny v telese hrádze. Tento materiálový charakter sa v čase pomerne dobre zachováva (s výnimkou miest s vyplavovaním jemnozrnných zložiek) a tak pozorované zmeny pri opakovaných meraniach sú spôsobené prakticky výlučne zmenou obsahu vlhkosti v nenasýtenej zóne nad hladinou podzemnej vody a výsledok konkrétneho pozorovania závisí na zrážkovej aktivite bezprostredne pred realizáciou merania. Z opakovaných meraní je možné posúdiť rozptyl hodnôt rezistivity a tak posúdiť stanovištné pomery z hľadiska retenčných vlastností nenasýtenej zóny. Žiadaným doplnkom rezistivitných meraní sú merania metódou spontánnej polarizácie, ktoré dovoľujú vysvetliť povahu niektorých anomálií hodnôt rezistivity a zhodnotiť preferované cesty prúdenia podzemnej vody v telese hrádze a po opakovaných meraniach posúdiť vývoj zmien intenzity prúdenia v týchto miestach, či lokalizovať nové.

*Príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry VEGA prostredníctvom projektov č. 1/4041/07 a 1/3073/06 a tiež projektu č. APVV-0158-06, podporovaného agentúrou APVV.*



**Obr.3** Výsledky opakovaného merania metódou odporového profilovania.

