

---

# HORAŽŤOVICE

Posouzení podpovrchové situace  
*Geofyzikální měření – závěrečná zpráva*

---

**Zhotovitel :** G IMPULS Praha spol. s r.o.

Nerudova 232

252 61 Jeneč

pracoviště : Přístavní 24

170 00 Praha 7

**Objednatel :** VODNÍ ZDROJE a.s.

Jindřicha Plachty 535/16

150 00 Praha 5

**Odpovědný řešitel :**

RNDr. Karel ŠPAČEK, Ph.D.

Seismická část:

Mgr. Vladimír BUDINSKÝ

Metoda DEMP:

Bc. Miloslav VESELÁK

**Jednatel spol. s r.o. :**

RNDr. Dušan DOSTÁL

---

*Geofyzikální práce proběhly při dodržení vnitropodnikových norem kvality řízení. Společnost G IMPULS Praha má certifikovaný systém zabezpečování jakosti podle mezinárodní normy ISO 9001:2008. Certifikát č. Q-0178C/09 byl udělen certifikačním orgánem 3EC International.*



---

Praha, 31.3.2011

**Obsah:**

- I.       Zadání úkolu a podmínky měření*
- II.       Metodika měření a přístrojové vybavení*
- III.      Výsledky měření*
- IV.      Závěr*
- V.       Přílohy*

**Rozdělovník:**

- 1.-4.       VODNÍ ZDROJE a.s.*
- 5.       G IMPULS Praha spol. s r.o.*

## I. Zadání úkolu a podmínky měření

Na základě objednávky firmy VODNÍ ZDROJE a.s. (z.č. 100218/-0) ze dne 1.3.2011 byly provedeny geofyzikální práce v prostoru parcel p.č. 1820/2, 4, 5, 6, 7 v k.ú. Horažďovice (chatová oblast u řeky). Práce byly uskutečněny v rozsahu dohodnutém s objednatelem, jehož zástupkyně ing. Mášová byla částí terénních prací přítomna. Cílem prací byl popis geologické a tektonické situace na lokalitě s ohledem na budoucí situování hydrogeologických vrtů. Průběh prací a předběžné výsledky byly s objednatelem průběžně konzultovány.

Geofyzikální měření bylo provedeno pomocí metod VDV a refrakční seismika, jejichž rozsah byl zpřesněn tak, aby bylo dosaženo maximálního zisku informací a vhodně využity plánované finanční prostředky. Tato metodika byla doplněna měřením DEMP (probíhajícím nad rámec projektu a v režii dodavatele), které bylo uskutečněno pro srovnání s historickým měřením obdobnou metodikou. Profilová síť je vyznačena zejména v příloze 1 této závěrečné zprávy. Terénní práce proběhly v první polovině března 2011. Výsledky byly postupně předávány objednateli, se kterým byly diskutovány zejména vhodné pozice pro požadované hydrogeologické vrty, jejich umístění bylo poté s objednatelem konzultováno přímo na lokalitě.



Obr. 1 Lokalita na ortofotomapě

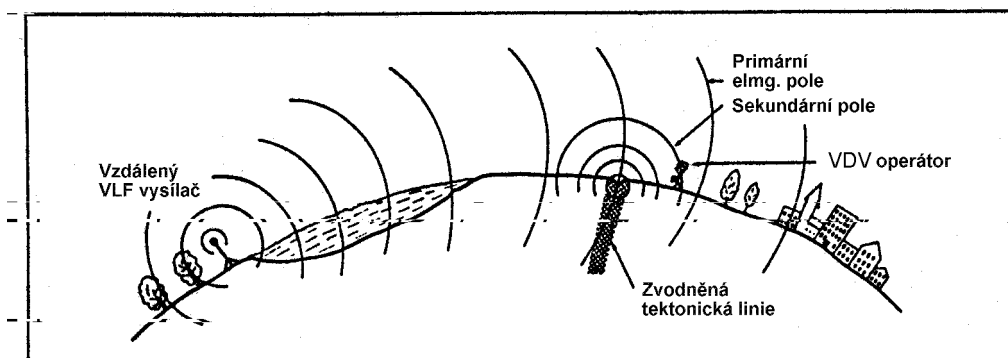
## II. Metodika prací a přístrojové vybavení

### Metoda VDV

Metoda VDV je pasivní elektromagnetická metoda využívající elektromagnetické pole (EM pole) vzdálených silných navigačních a komunikačních radiostanic pracujících v pásmu velmi dlouhých vln na frekvencích 15 - 30 kHz (VLF). Použit byl přístroj ABEM WADI, který je je pravidelně kalibrován ve smyslu mezinárodní normy kvality ISO 9001:2008.

Primární EM pole se v blízkosti radiostanice šíří radiálně na všechny strany. Při povrchu se tedy šíří horizontálně, vzduchem a zemí. V zemi se ale se vzdáleností utlumí díky energetickým ztrátám a k syčení EM pole v zemi pak dochází pouze ze vzduchu, kde se jako v nevodivém prostředí šíří EM pole netlumeně. Ve větších vzdálenostech od zdroje má tedy primární EM pole směr šíření vertikální směrem k zemi. Vzhledem k vzdálenosti také můžeme zanedbat zakřivení pole a považovat je za vertikálně dopadající rovinnou EM vlnu. Vektor intenzity elektrického pole a vektor magnetické indukce je horizontální, kolmý k vertikálnímu směru šíření. Vektor intenzity elektrického pole je orientován v radiálním směru vzhledem k vysílači, vektor magnetické indukce je na tento směr kolmý.

Homogenitu primárního EM pole narušují lokální vodiče přírodního (zvodněné tektonické linie, zrudnění) i umělého původu (kabely, kovové předměty). V lokálním vodiči se koncentrují proudy indukované v okolních horninách a vlivem proměnlivosti magnetického pole se v něm indukují i proudy vířivé. První efekt vytváří anomálie elektrického typu, druhý magnetického typu. V obou případech dochází ke zvýšené koncentraci proudů ve vodiči a tyto proudy generují kolem sebe sekundární magnetické pole (obr. 2). Sekundární magnetické pole je vzhledem k primárnímu poli v prostoru obecně orientováno a fázově zpožděno. Jejich složením vzniká elipticky polarizované pole výsledné.



Obr. 2 Princip metody VDV

Přístroj měří parametry elipsy polarizace. Tangens sklonu hlavní osy elipsy polarizace odpovídá reálné složce magnetického pole ( $Re$ ) synfázní se zdrojem. Tyto křivky jsou nad vodičem charakteristické inflexním bodem. Pro lepší interpretaci výsledků se reálná složka přefiltrovává například dvoučlenným filtrem na tzv. křivku gradientu reálné složky. Vodivé zóny jsou zde lokalizovány maximy křivky. Poměr vedlejší a hlavní osy elipsy polarizace (elipticita) odpovídá imaginární složce magnetického pole ( $Im$ ) mimofázní se zdrojem. Z průběhu křivky lze určit kvalitu vodiče. Měřením impedance zjistíme zdánlivý měrný odpor prostředí. Doplňující informace o geoelektrických parametrech můžeme získat z fázového posunu mezi elektrickým a magnetickým polem.

Největší anomálie vznikne v případě, kdy je vodivé těleso protaženo ve směru elektrického pole a kolmé na magnetické pole, tj. protaženo ve směru ke zdroji. Tím je dána volba radiostanice, která má být ve směru geologických struktur, kolmo na které volíme profilovou síť.

### Mělká refrakční seismika (MRS)

Seismické měření (tj. měření založené na šíření seismických vln prostředím) proběhlo ve variantě nazývané kladivová seismika. To je varianta, při které jsou seismické rozruchy buzeny údery seismického kladiva na podložku. Odezvy těchto rozruchů jsou pak snímány tzv. geofony. Na lokalitě Horažďovice byla seismická metoda použita pro zjištění geologické a tektonické stavby.

Pro měření byla použita digitální aparatura ABEM Terraloc Mk 6 s kapacitou 48 kanálů. Při měření byly od sebe geofony vzdáleny v pravidelném kroku 5 m. Aparatura je pravidelně kalibrována ve smyslu mezinárodní normy kvality ISO 9001:2008.



*Obr. 3 Vytváření seismických impulsů na bodě v blízkosti  
aparatury při měření na lokalitě Horažďovice*

### Metoda DEMP

Metoda DEMP patří mezi elektromagnetické geofyzikální metody. Měřeným parametrem je zdánlivá vodivost (resp. zdánlivý měrný odpor) geologického prostředí v místě měření, v daném případě (aparatura Geophex GEM-2) na několika vysílacích frekvencích zároveň. Podobně jako u odporové tomografie lze na základě naměřených hodnot odporů interpretovat hranice jednotlivých vrstev prostředí a posoudit jejich vlastnosti. Oblasti snížených odporů odpovídají místům se zvýšenou vlhkostí, oblasti vyšších odporů naopak například regiony s menší hloubkou podložního krystalinika. Aparatura je pravidelně kalibrována ve smyslu mezinárodní normy kvality ISO 9001:2000.



Obr. 4 Měření aparaturou GEM -2  
(ilustrační foto)

### III. Výsledky měření

Geofyzikální průzkum lokality Horažďovice byl uskutečněn na základě schváleného projektu prací a detailních dohod s objednatelem. Byl uskutečněn zejména kombinací metod VDV (celkem 255 bodů s krokem 5 m) a MRS (celkem 660 m). Ty byly v režii dodavatele doplněny o měření metodou DEMP, jehož cílem bylo částečně zopakovat měření obdobnou metodou z devadesátých let, dále byla v režii dodavatele uskutečněna i orientační nivelace základních bodů seismických profilů (MRS).

Z výsledků je zřejmé několik základních skutečností. V hlavní (západní) části lokality byly měřeny dva seismické profily (P10 a K3). Z jejich výsledků (příloha 3) je zřetelné, že nejvýraznější seismické rozhraní („tvrdé“ vs. „měkkí“ materiály) se nachází v hloubce 4 – 7 m pod povrchem. Materiál pod tímto rozhraním může být představován např. zvětralým podložím či pevnými terciérními usazeninami, které jsou na lokalitě podle známých podkladů taktéž předpokládány. Naopak je zřejmé, že mocnost nepevných kvartérních usazenin je velmi malá (do 2 m). Na profilu P10 bylo na metrů 210 - 220 zaznamenáno pseudovertikální geologické rozhraní, přičemž v úseku 100 – 215 je větší mocnost (až přes 20 m) vrstvy představující např. porušené podloží či pevné terciérní usazeniny. Mírně zvýšená mocnost mělké „pomalejší“ vrstvy může souviset s blízkým soutokem řeky Otavy a přítoku („náhonu“) – může se jednat o vyšší mocnost říčních usazenin. V úseku metrů 215 – 415 profilu P10 (a taktéž v celé délce příčného profilu K3) je hloubka báze (výše zmíněné) vrstvy porušeného podloží okolo 10 m. Na metrů 320 – 325 bylo zachyceno (zřejmě tektonické) narušení hlubších podložních vrstev.

Projevy tektoniky byly potvrzeny i metodou VDV (přílohy 4a,b), a to jak na profilu P10, tak i na rovnoběžných profilech P8 a P6. Na profilu P10 se obě výše popsané tektonické poruchy projevují velmi zřetelně, a to jako rozsáhlá porušená pásma. Na profilech P08 a P06



bylo zachyceno pouze jedno porušené pásmo, a to v úseku metráží 300 – 360. Z výsledků příčných profilů je velmi zajímavý graf naměřený na profilu K2, který opět potvrzuje zřetelné geologické rozhraní. Toto rozhraní však zřejmě není ve formě ostrého kolmého přechodu, ale rozsáhlejšího či výrazně ukloněného horninového rozhraní. Náznak obdobné situace byl zaznamenán i na zkráceném doplňkovém profilu K2B. Na profilu K3 (ve shodě s výsledky seismiky) nebyla zachycena žádná výrazná tektonika procházející kolmo na tento profil, stejně jako na zbylých profilech i tady bylo zaznamenáno několik méně výrazných tektonických projevů, které byly zaznamenány do grafů. Z těchto projevů byla vybrána místa vhodná pro umístění hydrogeologických vrtů.

Pro doplnění průzkumu bylo změřeno i několik profilů multifrekvenční verzí metody DEMP (přílohy 5 a 6). V rámci možností byly přibližně zrekonstruovány původní profily a jejich měření bylo částečně zopakováno. Co se týče staršího průzkumu, jeho výsledky byly nově odečteny z původních grafů a na základě nových poznatků reinterpretovány. Nová („opakovaná“) měření v základních rysech původní výsledky potvrdila, ač nově probíhala v detailnějším rozsahu a (zřejmě díky odlišné metodice a odlišným povětrnostním podmínkám při měření) vykazovala mírně odlišné absolutní hodnoty. Z obou měření je však opět dobře zřetelné pseudovertikální geologické rozhraní, které již prokázaly výsledky refrakční seismiky. Díky odlišnému profilovému pokrytí bylo možné i lépe popsat jeho průběh, v příloze 5 je dobře zřetelný jeho východozápadní směr. V oblasti metráže profilu d01 (odpovídajícímu přibližně profilu P08) bylo zachycen další lokálně omezený výskyt hornin s vyššími odpory blízko povrchu.

Ve východní části lokality byly na profilu P11 měřeny metody MRS a VDV, částečně byla pro interpretaci použita též data ze staršího měření metodou DEMP. Z výsledků je zřejmé, že na rozdíl od západní části lokality je tady homogennější geologická situace, nebylo zachyceno ani velké množství výrazných projevů tektoniky. Přesto byla vytipována místa vhodná pro umístění hydrogeologických vrtů, zejména na indikaci tektoniky na metráži cca 700, která byla též potvrzena zachyceným geologickým posunem podložních hornin. Seismické rozhraní, zachycující přechod mezi „měkkými“ přípovrchovými a „tvrdými“

podložními horninami, se nachází v hloubce 4 – 6 m, pevné podloží se nachází v hloubce 10 (v oblasti metráží 700-800) až 15 (v oblasti metráží 600-700) metrů.

#### IV. Závěr

Na lokalitě Horažďovice bylo v rámci geofyzikálního průzkumu změřeno 660 m metodou mělké refrakční seismiky a 255 bodů metodou VDV s krokem 5 m. Z jeho výsledků bylo popsáno jednak výraznější geologické rozhraní směru V – Z (které protíná základní profil P10 přibližně v okolí metráže 210), jednak několik více či méně výrazných projevů tektoniky. Na základě těchto výsledků byly na místě ve spolupráci se zástupci objednatele určeny pozice celkem čtyř budoucích hydrogeologických vrtů.

Veškerá naměřená data zůstávají zachována v archivu společnosti G IMPULS Praha spol. s r.o., a je tedy v případě zájmu objednatele možno tato data kdykoliv použít.

## V. Přílohy

- |               |  |
|---------------|--|
| Příloha 1     | Profilové schéma a nivelace                              |
| Příloha 2     | Interpretační schéma                                     |
| Příloha 3     | Seismické řezy   |
| Příloha 4a, b | Grafy metody VDV   |
| Příloha 5     | Výsledky metody DEMP                                     |
| Příloha 6     | Reinterpretované výsledky metody DEMP z devadesátých let |