

PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ – TECHNICKÁ SPECIFIKACE

VYBAVENÍ FIRMY SIHAYA GEOFYZIKÁLNÍMI APARATURAMI



Brno

2020

Zhotovitel:



SIHAYA, spol. s r.o.

Veleslavínova 6

612 00 Brno

www.sihaya.cz

sihaya@sihaya.cz

autor textu: Viktor Valtr

OBSAH

1. Vybavení geofyzikálními přístroji	3
1.1 Aparatura pro měření metodou DEMP (s frekvenční změnou dosahu)	4
1.2 Aparatura pro měření metodou VDV	5
1.3 Aparatura pro měření metodou mělké refrakční a reflexní seismiky (MRRS) – SEISMUT 6.....	5
1.4 Aparatura pro měření vertikálního elektrického sondování (VES) a jiných bodových stejnosměrných geoelektrických metod	7
1.5 Aparatura pro vyzvanou polarizaci ve variantě VES (VES-VP).....	9
1.6 Aparatura pro měření multielektrodovými stejnosměrnými geoelektrickými metodami (MEM) - GEA 7.....	9
1.7 Aparatury pro magnetometrii – ENVI SCINTREX MAG a PMG-2.....	12
1.8 Aparatury pro georadarový průzkum Ramac X3M.....	12

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Měření metodou DEMP – přístroj GEM 2-181.....	4
Obrázek č. 2: Měření metodou DEMP – přístroj CM031	4
Obrázek č. 3: Měření metodou VDV – křivka VDV nad zlomem	5
Obrázek č. 4: Měření metodou MRRS – Seismut 6	6
Obrázek č. 5: Měření metodou VES – GEA 6 s elektrodami 391 m (AB 782 m).....	7
Obrázek č. 6: Měření metodou VES – GEA 4 s bubny A a B 660 m, s AB 1320 m.....	8
Obrázek č. 7: Měření metodou VES – GEA 4 s mobil. bubny na elektrodách A a B – 392 m.....	9
Obrázek č. 8: Měření MEM aparaturou GEA 7.....	10
Obrázek č. 9: Měření aparaturou PMG2	12
Obrázek č. 10: Měření georadarem Ramac X3M s přítlač. mechanismem pro stěnu tunelu..	13

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Fyzikální

symbol	Jednotka	Popis
E	[MPa]	Youngův modul pružnosti
EC	[mS/m]	(zdánlivá) elektrická konduktivita
J	[A/m ²]	výpočtová proudová hustota
I _{AB}	[A]	proud protékající mezi elektrodami A a B (metoda VES)
MS _{zd}	[/]	zdánlivá magnetická susceptibilita hornin
U _{mx} ^{MN}	[V]	maximální napětí mezi M a N elektrodami při zapnutém I _{AB}
U _{inTW} ^{MN}	[V]	průměrné napětí v daném časovém okně po vypnutí I _{AB}
V _s	[m/s]	rychlost šíření seismické P-vlny (podélné vlny)
V _p	[m/s]	rychlost šíření seismické S-vlny (střížné vlny)
Y _{zd}	[mS/m]	zdánlivá elektrická konduktivita hornin
K _{zd}	[1/1000]	zdánlivá magnetická susceptibilita hornin
η _{app}	[%]	zdánlivá polarizovatelnost
ρ	[kg/m ³]	objemová hmotnost
ρ _z	[Ωm]	rezistivita (elektrická) hornin
ρ _{zd}	[Ωm]	zdánlivá rezistivita hornin

Zkratky	Jednotka	Popis
AB	[m]	rozteč proudových elektrod (metoda VES)
AB/2	[m]	poloviční rozteč proudových elektrod ~ fiktivní hloubka
BP		bludné proudy
DEMP		(metoda) dipólové elektromagnetické profilování
DEMP-FS		(metoda) DEMP s frekvenční změnou hloubky (bezkontaktní konduktometrie)
DDOP		(metoda) dvoustranné dipólové odporové profilování
ERT		(interpretační metoda pro data z MEM) elektrická rezistivní tomografie
GPR		(metoda) georadar - ground penetrating radar
h.p.v.		hladina podzemní vody
MEM		(metoda) multielektrodové stejnosměrné rezistivní měření
MK		(metoda) multikabel
MN	[m]	napěťové elektrody (metoda VES)
MRS		(metoda) mělká refrakční seismika
MRRS		(metoda) mělká refrakční a reflexní seismika
S		sever
SP		(metoda) spontánní polarizace
SOP-MK		(metoda) symetrické odporové profilování – multielektrodovým kabelem
V		východ
VDV		(metoda) metoda velmi dlouhých vln
VES		(metoda) vertikálního elektrického sondování
VES-VP		(metoda) vyzvaná polarizace ve variantě vertikálního elektrického sondování
WP		(metoda) odporové profilování Wenerovým uspořádáním el.

1. Vybavení geofyzikálními přístroji

Pro řešení daných úkolů předpokládáme použití kombinace těchto metod:

- metoda dipólového elektromagnetického profilování (DEMP) s použitím více frekvencí vysílaných elektromagnetických vln, a tím i s více hloubkovými dosahy umožňuje určení zdánlivé konduktivity respektive rezistivity přivrchné vrstvy horninového prostředí s různým hloubkovým dosahem od 1 m do X0 m. Umožňuje lokalizovat místa s rozdílně mocným nebo vodivým (jílovitost, vlhkost, propustnost apod.) pokryvem, či výchozy porušených zón na povrch podloží v dosahu metody a umožňuje rozlišit i horniny s různou magnetickou susceptibilitou. Použitá aparatura Geophex GEM2-181.
- metoda velmi dlouhých vln (VDV) s 2 až 3 různými frekvencemi od vysílačů VDV v různém směru (pro zachycení vodivějších poruch v co nejširším spektru směrů) s max. hloubkovým dosahem zachycení vodivé anomálie do asi 50 až 90 m podle vodivosti (aparatura SCINTREX – ENVI) s krokem měření 5 m.
- metoda multielektrodového rezistivního měření (MEM / ERT) umožní upřesnit polohu i sklon tektonických poruch – zvláště v geometrii dvoustranného dipólového odporového profilování multikabelem (DDOP-MK) - a vymezení polohy méně vodivých písků a štěrků v pokryvu a rozčlenění podloží podle rezistivit – zvláště v geometrii symetrického odporového profilování multikabelem (SOP-MK) – s interpretací metodou rezistivní tomografie (ERT).
- vertikální elektrické sondování (VES) – tato metoda umožňuje kvantitativně určovat rezistivity jednotlivých vrstev, resp. hloubky rozhraní těchto vrstev. Z výsledků metody VES lze sestavit geoelektrický, resp. geologicko-geoelektrický řez a odvodit pravděpodobnou relativní zrnitost, propustnost, anebo i porušenost hornin.
- metoda mělké refrakční a reflexní seismiky (MRRS) umožňuje určení rychlosti šíření seismické P-vlny (V_p) v horninách s RC snímačem času odpalu. Podle rozložení V_p lze rozčlenit horniny do mechanicky kvazihomogenních bloků. V příznivých případech umožňuje zjistit hloubku povrchu skalního podloží a jeho stav – nalézt na jeho povrchu tektonicky porušené zóny. Hlubší partie podložních hornin jsou zkoumány pomocí odrazů seismických vln od nehomogenit v podloží reflexní seismikou.
- metoda vyzvané polarizace ve variantě VES (VES-VP) umožňuje určovat zdánlivé polarizovatelnosti jednotlivých horninových vrstev ve více časových oknech po vypnutí proudu tekoucího mezi elektrodami A a B. Podle tohoto parametru lze odlišit mocnější průlinově propustné horniny zvodnělé od zajiňovaných, rozpoznat grafitizaci poruch, nebo vymezení polohy s větším podílem více polarizovatelných jíílů.
- metoda georadarového měření (GPR – ground penetrating radar) aparaturou Ramac X3M (s přízřusobitelným krokem měření 1 až 20 cm, s anténami 800 až 100 MHz) může být použita pro vyhledávání nehomogenit typu dutina, anomálie v ostění a ve složení náspu v podloží komunikací a podobně.

1.1 Aparatura pro měření metodou DEMP (s frekvenční změnou dosahu)

Měření DEMP-FS obvykle provádíme aparaturou **GEM 2-181 (GEOPHEX, Ltd., USA)**. Aparatura umožňuje současné měření dvou parametrů: zdánlivé konduktivity hornin γ_{zd} , která může být prezentována i jako zdánlivá rezistivita ρ_{zd} , a zdánlivou magnetickou susceptibilitu κ_{zd} (MS_{zd}), (u starších aparatur byl tento parametr reprezentován poměrnou hodnotou relativní vertikální složky indukovaného magnetického pole - In Phase - značena symbolem IF), a to pro více zvolených frekvencí s různým hloubkovým dosahem.

Obrázek č. 1: Měření metodou DEMP – přístroj GEM 2-181



Někdy může být použita i starší aparatura **DEMP-CM031 (Geofyzika Brno, a.s.)**, pokud je GEM 2 v zahraničí, viz foto dole:

Obrázek č. 2: Měření metodou DEMP – přístroj CM031



1.2 Aparatura pro měření metodou VDV

Pro měření VDV používáme aparaturu: **SCINTREX ENVI – VLF** s následujícími parametry měření:

- přibližný hloubkový dosah: 50 až 90 m podle rezistivit (dosah je jim přímo úměrný)
- frekvence signálu: tři nebo dvě frekvence (18.2 kHz, 23.4 kHz, 22.1 kHz, 20.9 kHz, nebo jiné, podle směru hledaného vodiče a toho, které stanice momentálně vysílají)
- krok měření: 5 m až 10 m

Křivky VDV jsou zorientovány dle přechodu antropogenních vodičů (vodovod, vedení NN apod.) a programem VDVint (SIHAYA 2013) byly pro jednotlivé profily zkonstruovány pseudohloubkové vertikální i horizontální řezy zdánlivých proudových hustot (Karous, Hjelt 1983), které umožňují lokalizovat tektonickou zvodnělou poruchu i určit její přibližný sklon.

Obrázek č. 3: Měření metodou VDV – křivka VDV nad zlomem



1.3 Aparatura pro měření metodou mělké refrakční a reflexní seismiky (MRRS) – SEISMUT 6

Pro toto měření používáme moderní aparaturu – 50 kanálových seismograf **SEISMUT 6**, brožura ke stažení zde: www.sihaya.cz/vyvoj.html, výrobce SIHAYA, spol. s r.o..

Tento seismograf je schopen provést synchronizované měření ve dvou či třech aparaturách, kdy stejný odpal zaznamenává na 50 až 150 tras (**spřažené tři synchronizované seismografy SEISMUT 6**). Umožňuje rychle a přesně sčítat slabé signály od jednotlivých úderů do výsledného, seismického záznamu (24 bitové delta sigma A-D převodníky) a tak nahradit dříve používané trhaviny (jako zdroje seismické energie) slabším mechanickým zdrojem i sumací výrazně snížit poměr šumů v okolí k užitečnému signálu.

Geometrie měření: Na přímé linii dlouhé 147 m je rozmístěno 50 aktivních reflexních geofonů (snímačů seismického chvění) s rozestupy 3 m mezi sebou. Tuto linii nazýváme

"seismické položení". Na jednom refrakčním položení budíme seismickou energii mnohonásobnými údery těžkého kladiva v sedmi až devíti bodech na refrakční položení (odpaly součástí reflexního měření kromě přístřelu ve velkých metrážích) pro výpočet statických korekcí.

Pro reflexní seismiku používáme 3 až 6 m krok odpalu a 100 kanálové rozložení geofonů (100 aktivních geofonů) i grupování odpalů (zdrojů seismické energie) a geofonů s takovým posunem podél linie měření, aby došlo k oslabení zvukové a přímé vlny oproti odražené vlně.

Odražené vlny byly zpracovány vyřazením špatných tras a po zavedení statických korekcí, bandpass filtrací, f-K filtrací, rychlostní analýzou a dynamických (NMO) korekcí a součtem programem SEIS-RX (Valtr, 2015) nebo RadexPro do formy časového i hloubkového řezu. Dosah hloubkových reflexních řezů s buzením seismické energie kladivem 5 kg je 200-350 m.

Obrázek č. 4: Měření metodou MRRS – Seismut 6



1.4 Aparatura pro měření vertikálního elektrického sondování (VES) a jiných bodových stejnosměrných geoelektrických metod

Pro měření metodou vertikálního elektrického sondování (VES), VES-VP, SP, SOP a DDOP používáme přístroj **GEA 4** a **GEA 6** (k dispozici jsou 3 aparatury) s automaticky volitelným výstupním napětím až 400 V, (brožura ke stažení zde: www.sihaya.cz/vyvoj.html, výrobce SIHAYA, spol. s r.o.), parametry přístroje GEA 6 jsou zde:

- resistivity, IP and SP data at highest possible efficiency
- easy acquisition of VES data
- acquired VES data interpretation is possible already in the field on instrument's notebook.

Technical specification: GEA 6, resistivity, IP and SP

General:

Notebook operated instrument, which enables full interpretation of VES and resistivity profiling measurements immediately in terrain

Weight: receiver-measuring device box: 5.7 kg / power supply box 16 kg

Dimensions both receiver and power supply boxes: 430x370x160 mm

Ambient temperature: 0° C to 40° C

Receiver – measuring device:

Number of MN pairs (measuring potential electrodes): 4 pairs

Number of AB pairs (current electrodes): 1 pair

Two 21 bits A/D converters

Precision of measurement is at least 5 μ V and 5 μ A

Resistivity measuring in both modes: commutated or non commutated

Input impedance: 10 M Ω

Up to 20 IP chargeability windows (in raw result file unlimited number]

Chosen IP chargeability or polarizability window results showed right during the measurement

Optional number of measuring cycles (average resulting)

Resistivity measuring in both modes: commutated or non commutated

Obrázek č. 5: Měření metodou VES – GEA 6 s elektrodami 391 m (AB 782 m)



Use of preset parameter files

Digital record format in ASCII (GEF)

Preinstalled interpretation programme for profile VES measurement VIS-IP (Valtr&Chyba, SIHAYA Ltd. 2009)

Transmitter – power supply box:

Output current from: 1 mA to 1.5 A

Output voltage from 12 to 400 V


Accessories for VES measurements:

- 10 MN Cu / brass electrodes
- 2 AB current electrodes with 391 m of wire at each one's drum or 2 stable drums with 660 m of wire.
- MN cable with length 50 m for 4 pairs of MN electrodes

Obrázek č. 6: Měření metodou VES – GEA 4 s bubny A a B 660 m, s AB 1320 m



Obrázek č. 7: Měření metodou VES – GEA 4 s mobilními bubny na elektrodách A a B – 392 m



1.5 Aparatura pro vyzvanou polarizaci ve variantě VES (VES-VP)

Geofyzikální měření metodou VES-VP provádíme přístrojem **GEA-4** a **GEA6**...podobné jako u metody VES. Používáme osm nepolarizovatelných elektrod **Cu – CuSO₄**. Zpracování do parametru zdánlivé polarizovatelnosti η_{app} bylo provedeno pro časový interval 550 až 700 ms po vypnutí I_{AB} dle vztahu:

$$\eta_{app} = \frac{U_{mx}^{MN}}{U_{inTW}^{MN}}, \text{ kde:}$$

U_{mx}^{MN} - maximální napětí mezi M a N elektrodami při zapnutém I_{AB}

U_{inTW}^{MN} - průměrné polarizační napětí vybíjecí křivky v daném časovém okně po vypnutí I_{AB} .

1.6 Aparatura pro měření multielektrodoými stejnosměrnými geoelektrickými metodami (MEM) - GEA 7

Pro zjišťování průběhu parametru zdánlivé rezistivity ρ_{zd} [Ωm] hornin podél daného profilu (měření napětí U_{MN} a proudu I_{AB}) používáme aparatur **GEA 7** (brožura ke stažení zde: www.sihaya.cz/vyvoj.html, výrobce SIHAYA, spol. s r.o.), a multikabel 4 x 25 elektrod) s krokem měření 1 až 3 m a s ideálním krokem zvyšování hloubkového dosahu. Výstupem

z multikabelového měření (MEM), který odpovídá výsledku měření metodou symetrického odporového profilování (SOP) nebo DDOP, mohou být i řezy zdánlivých rezistivit v závislosti na čtvrtině až šestině vzdálenosti proudových elektrod AB, nebo tomografické jejich zpracování (ERT) do rezistivních vertikálních řezů.

Obrázek č. 8: Měření MEM aparaturou GEA 7



Parametry aparatury GEA 7 (max. 100 kanálová stejnosměrná geoelektrická aparatura):

- resistivity, IP and SP data at highest possible efficiency
- easy acquisition of VES, VES-IP data
- easy automatic acquisition of multielectrode data
- acquired VES and MEM (multielectrode measurements)

data interpretation is possible already in the field on

instrument's notebook.

Technical specification: GEA 7, resistivity via 100 channel MEM, IP and SP with ERT interpretation

General:

- Notebook operated instrument, which enables full interpretation of VES and MEM interpretation and ERT inversions immediately in terrain
- Weight: receiver and transmitter in one device box: 19 kg
- Dimensions: 500 x 400 x 225 mm. Ambient temperature: 0°C to 40°C

Receiver – measuring device:

- Number of MN pairs (measuring VES potential electrodes): 6 pairs
- Number of AB pairs (current electrodes): 1 pair

- Number of MEM channels: 100 electrodes
- Two 21 bits A/D converters with precision at least 5 μV and 5 μA
- Resistivity measuring in both modes: commutated or non commutated
- Input impedance: 10 M Ω
- Up to 20 IP chargeability windows (in raw result file unlimited number)
- Chosen IP polarizability window results showed during the measurement
- Optional number of measuring cycles (average resulting)
- Resistivity measuring in both modes: commutated or non commutated
- Use of preset parameter files
- Digital record format in ASCII (GEF)
- Preinstalled interpretation programme for profile VES measurement VIS-IP (Valtr&Chyba, SIHAYA Ltd. 2014)

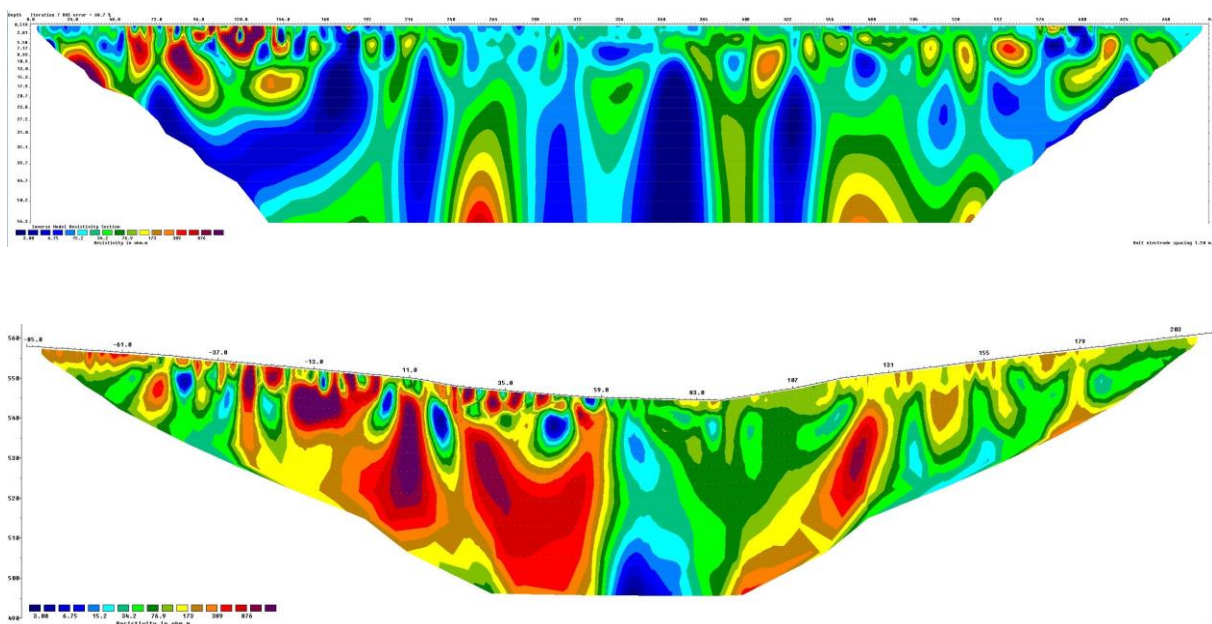
Transmitter – power supply box:

- Output current from: 1 mA to 1.5 A
- Output voltage from 12 to 400 V

Accessories for VES measurements:

- 10 MN Cu / brass electrodes
- 2 AB current electrodes with 302/660 m of wire at each one's drum
- MN cable with length 50/160 m for 4/5 pairs of MN electrodes
- 4 MEM multielectrode 75 m long cables with 25 electrodes with 3 m step (100 electrodes together)

Maximální hloubkový dosah řezu při použití aparatury GEA 7 a multikabelu s 3 m krokem o stu aktivních elektrodách odpovídá vzdálenosti proudových elektrod 297 m tj. je menší než 75 m a maximální dosah souvislý při posunu po 25 elektrodách odpovídá vzdálenosti proudových elektrod 222 m tj. je menší než 55 m, např.:



1.7 Aparatury pro magnetometrii – ENVI SCINTREX MAG a PMG-2

Magnetometrie zjišťuje průběh velikosti totálního vektoru geomagnetického pole s časem (variace) a místem (mobilní magnetometr). Používáme ji ve dvou variantách. Ve vertikální gradientové variantě (Z-grad) pro měření gradientu tohoto pole ve vertikálním směru ve dvou sondách (ve výšce 1.5 a 2 m nad zemí) zároveň. Ve variantě měření velikosti totálního geomagnetického pole (TF) byla použita protonová variační stanice **ENVI SCINTREX MAG** (Scintrex Canada) nebo PMG1 měřící TF na stabilním místě s intervalem měření 10 s. O hodnotu takto získaných variací pak bylo opraveno měření mobilním synchronizovaným protonovým magnetometrem **PMG2**, který kromě TF měříme i v gradientové variantě. Oba použité přístroje mají přesnost měření 0,1 nT.

Podrobné parametry přístroje jsou zde:

<http://www.satisgeo.com/index.php/products/magnetometers/pmg-2-proton-magnetometer-and- gradiometer>

a zde: <http://www.satisgeo.com/index.php/downloads>

Obrázek č. 9: Měření aparaturou PMG2



1.8 Aparatury pro georadarový průzkum Ramac X3M

Pulzní geofyzikální radar umožňuje na principu vysílání a přijímání odražených vysokofrekvenčních elektromagnetických pulsů nedestruktivně zkoumat svrchní část horninového prostředí podél proměřovaných profilů.

V trase profilu měření je situován přijímač a vysílač signálu. Jejich vzdálenost, frekvence a krok měření po profilu závisí na povaze řešeného úkolu (očekávaná hloubka hledaných těles, jejich rozměr apod.). Část vyslaného signálu se po odrazu od fyzikálního rozhraní vrací k

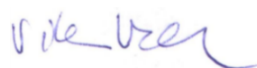
povrchu země, je přijata přijímačem, zaregistrována aparaturou a uložena do řídicího počítače typu PC. Signál je při měření dále zpracováván a jednotlivé reflexy je možno sledovat na obrazovce, kam je postupně přímo v terénu vykreslen celý georadarový řez podél proměřeného profilu.

Naměřená data se pak dále zpracovávají pomocí programového vybavení, které je součástí přístroje, popřípadě s pomocí dalších programových systémů jako Sandmeier software. Systém zpracování umožňuje zvýrazňovat hledané struktury v různých částech řezu, zatímco jiné je možno potlačit. Výsledné řezy s interpretací naměřených hodnot je možno převést do formátu použitelného v projekčních systémech na bázi AUTOCAD (formát DXF). Systém zpracování umožňuje vykreslení řezů s použitím zjištěných nadmořských výšek bodů na profilu. Výsledky zpracování poskytují obraz o rozložení reflexů od sledovaných těles v hloubkovém řezu a o jejich vzájemných vztazích (relativní výška jednotlivých objektů, strukturní rysy horninových vrstev apod.).

Obrázek č. 10: Měření georadarem Ramac X3M s přitlačným mechanismem pro stěnu tunelu



Vypracoval: Mgr. Viktor Valtr



V Brně dne 26. května 2020

SIHAYA GEOLOGICKÝ
 ,spol. s r.o. PRŮZKUM
 Veleslavínova 6, Brno 612 00, ČR
 Mgr. Viktor Valtr- jednatel
 tel. / fax: 549 211 828, www.sihaya.cz
 DIČ: CZ46346414 IČO: 46346414