

Technická zpráva číslo TZ 177/2017

---

**Lokalita Magdaléna –  
geologická stavba a technická  
specifikace geofyzikálních prací**

---

**Autoři:** Petr Mixa, Jan Franěk,  
Zuzana Skácelová a kolektiv

Česká geologická služba

**Praha, říjen 2017**



ČESKÁ  
GEOLOGICKÁ  
SLUŽBA



SÚRAO

**Název projektu: Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště**

**Název dílčího projektu: Geologická interpretace terénních geofyzikálních dat pro aktualizaci 3D strukturně-geologických modelů potenciálních lokalit HÚ**

**Název zprávy: Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací**

**Technická zpráva**

*Evidenční číslo objednatele: SÚRAO TZ 177/2017*

*Evidenční číslo poskytovatele: PB-2017-TZ-U2196-037-Geofyzika-Magdaléna*

**ŘEŠITEL: Česká geologická služba**

**Autoři: Petr Mixa, Jan Franěk, Zuzana Skácelová, Ondřej Švagera, Vladimír Kolejka, Michaela Zemková, Radek Kučera**



**ČESKÁ  
GEOLOGICKÁ  
SLUŽBA**




**SÚRAO**



ČESKÁ  
GEOLOGICKÁ  
SLUŽBA



SÚRAO

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## Obsah


<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Geofyzikální metody pro výzkum lokalit .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Geologická stavba oblasti .....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Přehled požadovaných profilů a kombinace použitých geofyzikálních metod s popisem geologických fenoménů .....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Požadované finální výstupy .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Nakládání s daty .....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Časový harmonogram prací .....</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>32</b>

## Seznam obrázků:

Obr. 1	Schéma regionálně-geologických jednotek lokality Magdaléna.....	15
Obr. 2	Topografická mapa s vyznačením studovaných profilů .....	20
Obr. 3	Účelová geologická mapa s vyznačením studovaných profilů.....	21
Obr. 4	Situace profilů MAG-01, MAG-01A a MAG-01B.....	22
Obr. 5	Situace profilu MAG-02.....	24
Obr. 6	Situace profilu MAG-03.....	24
Obr. 7	Situace profilu MAG-04.....	25
Obr. 8	Situace profilu MAG-05.....	26
Obr. 9	Situace profilu MAG-06.....	26
Obr. 10	Situace profilu MAG-07.....	27
Obr. 11	Situace profilů MAG-08A, B a C.....	28
Obr. 12	Situace profilu MAG-09A a B.....	29
Obr. 13	Situace profilu MAG-10.....	30
Obr. 14	Situace profilu MAG-11.....	30


## Seznam tabulek:

Tab. 1	Přehled a délka profilů.....	19
--------	------------------------------	----


 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## Seznam použitých zkratk:

2D	dvojměrný
3D	trojměrný
AMS	anizotropie magnetické susceptibility
ASCII	American Standard Code for Information Interchange (kódová tabulka znaků užívaných v informatice)
CDP	Common Deep Point, označení reflexního bodu v reflexní seismice RXS
ČGS	Česká geologická služba
DB	dokumentační bod
DEM	digitální model reliéfu
DEMP	dipólové elektromagnetické profilování
DMR	digitální model reliéfu
DOP	dipólové odporové profilování
DPZ	dálkový průzkum Země
DVD-ROM	Digital Versatile Disc - Read Only Memory
EM	elektromagnetické metody
ERT	electrical resistivity tomography (multielektrodová metoda, multikabel)
ESRI	název společnosti vyvíjející GIS software
GIS	geoinformační systém
$h_{ef}$	efektivní hloubka
HG	hydrogeologický
HÚ	hlubinné úložiště
IAEA	International Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)
ID	identifikační číslo tabulkové položky
J	jih
j.	jižní/ě
JJV	jihojihovýchod
JJZ	jihojihozápad
JSTK	jednotná trigonometrická síť katastrální: souřadnicový systém – Křovákovo zobrazení
JV	jihovýchod
ju.	jihovýchodní/ě
JZ	jihozápad
ju.	jihozápadní/ě
k. ú.	katastrální území
KOP	kombinované odporové profilování
KSG	kombinovaný středový gradient .
Ma	milion let
MRS	mělká refrakční seismika
nT	nanotesla
OP	odporové profilování
P	magnetická anizotropie
RAO	radioaktivní odpad
REE	prvky vzácných zemin (rare earth elements)
RXS	reflexní seismika
S	sever
s.	severní/ě
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SSV	severoseverovýchod
SSZ	severoseverozápad
SUJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
SV	severovýchod
sv.	severovýchodní/ě
SZ	severozápad

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

sz.	severozápadní/ě
txt.	přípona textových souborů
V	východ
v.	východní/ě
VDV	metoda velmi dlouhých vln
VES	vertikální elektrické sondování
VJP	vyhořelé jaderné palivo
VJV	východojihovýchod
VSV	východoseverovýchod
xls	přípona souborů specifikace Office Open vytvořených v aplikaci Microsoft Excel.
ZJZ	západojihozápad
ZSZ	západoseverozápad

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## Abstrakt

Tato zpráva shrnuje přehledně dostupná geologická data z lokality Magdaléna a identifikuje geologická rozhraní různého typu (tektonika, litologie, žíly, alterace, aj.) jejichž směr, mocnost a případně sklon je žádoucí ověřit geofyzikálním výzkumem. Na lokalitě bylo vyprojektováno 16 geofyzikálních profilů o celkové délce 46,1 km a stanoveny kombinace různých geofyzikálních metod vhodných pro ověření daných geologických jevů (metody, elektrické, elektromagnetické, magnetické, seismické, gravimetrické). Veškerá data budou pořizována ve formátech vhodných k aktualizaci 3D geologického modelu lokality Magdaléna.

## Klíčová slova

*Hlubinné úložiště, geologická stavba, geofyzika*


## Abstract

This report summarizes the available geological data from the Magdaléna locality, and identifies the geological boundaries of various types (structure, tectonics, lithology, veins/dykes, alterations, etc.) of which the strike, thickness and inclination need to be verified by geophysical survey. 16 geophysical profiles of a total length of 46.1 km were allocated at the locality. A combination of different geophysical methods (electrical, magnetic, seismic, gravity surveys) considered to be most suitable for verifying the geological phenomena were selected and suggested to be applied. All data will be produced in formats appropriate for updating the 3D geological model of the Magdaléna locality.

## Keywords

*Deep geological repository, geological setting, geophysics*



 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## 1 Úvod

Výběr lokalit pro umístění hlubinného úložiště je třeba v souladu s doporučeními IAEA a směrnicí Rady EU pro nakládání s VJP a RAO provádět postupnými kroky, jejichž důležitou a nedílnou součástí je výzkum geologické stavby, sloužící jako jeden z kroků pro zpracování bezpečnostní analýzy každého území.

Důležitou technikou, sloužící k poznání horninového prostředí, je komplex geofyzikálních metod. Tyto metody jsou – jako jedny z mála technik nemajících charakter zvláštního zásahu do zemské kůry – schopny identifikovat geometrii základních horninových celků, směry a sklony jejich hranic, tektoniku ve studované oblasti i homogenitu jednotlivých horninových bloků.

Za tímto účelem Objednatel zadává dále uvedené geofyzikální a další výzkumné práce, jež následně – v kombinaci s daty povrchové geologie, geochemie, geomechaniky aj. – slouží k tvorbě geologického a hydraulického 3D modelu, zjištění homogenity horninových bloky a kvantifikaci míry jejich křehkého porušení.

Veškeré požadované práce mají charakter prací výzkumných.


Objednatel stanovuje provedení prací ve dvou na sebe navazujících časových periodách. V rámci první periody (předpokládaná většina prací v průběhu roku 2017 – 2018) zhotovitel provede měření na níže uvedených profilech s cílem objasnit geologické fenomény uvedené u popisu každého profilu a komplexem geofyzikálních metod stanoveným v zadávací dokumentaci. Geofyzikální práce, jež budou součástí třetí periody (předpokládaná většina prací v průběhu roku 2019), nejsou v současné chvíli lokalizovány a jejich lokalizace i kombinace metod vyplyne ze zjištění měření provedených v periodě první. Bude se jednat zejména o ověření nově nalezených struktur, případně o detailní měření uzlových bodů tektonické stavby území. Objem geofyzikálních prací je uveden v tabulce rozpočtu v podobě požadovaných bodů či kilometrů profilů tou kterou metodou a zahrnuje v sobě práce obou zmíněných period.

Na veškerých pracích zadaných Objednatel tímto výběrovým řízením provede supervizi Česká geologická služba (dále ČGS).

Objednatel si vymíňuje právo v odůvodněných případech a na podkladě geologických zjištění pracovníků České geologické služby, zajišťujících supervizi geofyzikálních měření, změnit délku či průběh měřených profilů stejně tak jako komplex geofyzikálních metod.

## 2 Geofyzikální metody pro výzkum lokalit

Metodika geofyzikálního průzkumu na výzkum lokalit hlubinného úložiště je zaměřena především na posouzení homogenity horninového prostředí, příp. charakteru jeho porušení na povrchu i ve větších hloubkách (řádově stovky metrů až kilometry). Základními metodami jsou elektrické odporové, elektromagnetické a seismické metody v kombinaci s tíhovými

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

daty. Tyto mohou být kombinovány s magnetometrií podle fyzikálních vlastností daných litologických typů v horninovém masívu.

## GEOELEKTRICKÉ ODPOROVÉ METODY

Odporové metody jsou používány ve dvou variantách – při profilování se sledují změny odporů v horizontálním směru podél geofyzikálního profilu, při sondování ve vertikálním směru pod měřeným bodem. Odporovými metodami jsou určovány odporové poměry v různých místech a hloubkách měřením na povrchu země. Proudovými elektrodami AB je do země vháněn proud I, měřicími elektrodami MN se měří vzniklé napětí. Hodnoty I a  $\Delta V$  jsou měřeny odporovými aparaturami, z nichž se počítá měrný odpor (rezistivita) hornin  $\rho_z$ .

Měrné odpory hornin (rezistivita) jsou závislé jednak na litologii hornin, jednak na jejich stavu. Kompaktní neporušené (krystalické) horniny se projevují nevodivě (vysoký měrný odpor), porušené horniny mají odpory i o více než řád menší, protože mají vyšší poróznost, která je nasycena podzemní vodou.


### Odporové profilování (OP)

Dipólové odporové profilování (DOP) je jednou z variant odporového profilování, které mapuje kontakty hornin o různých odporech a strmé geologické vodiče, např. tektonické poruchy a zlomové systémy, které mají vyšší poróznost díky drcené zóně nebo jsou vodivé díky nasycení vodou, popř. živce a další minerály bývají rozloženy na vodivé jíly. Při této variantě profilování se pohybuje celé elektrodové uspořádání ABMN ( $BM > AB = MN$ ). DOP je univerzální a nejefektivnější odporovou metodou jak z hlediska terénní metodiky, tak i z hlediska ekonomického. Rozměry uspořádání jsou voleny podle požadavku hloubkového dosahu  $h_{ef}$  (efektivní hloubka). Předpokládá se, že hloubkový dosah je obecně roven  $AM/2$ , je však závislý na odporových poměrech.

Podobné výsledky jako DOP má také varianta *kombinovaného odporového profilování* (KOP) a varianta *kombinovaného středového gradientu* (KSG). Výhodou těchto variant je jednodušší, příp. i jednoznačnější interpretace dat. Značnou nevýhodou je však těžkopádnost terénní metodiky, protože vyžadují i několik kilometrů vzdálené uzemnění jedné proudové elektrody, tzv. nekonečna  $C_\infty$ . V metodě KOP se kromě elektrody  $C_\infty$  všechny ostatní elektrody pohybují v konstantní vzájemné vzdálenosti podobně jako v metodě DOP a tím je zajištěn její konstantní hloubkový dosah. V metodě KSG jsou proudové elektrody AB stabilně uzemněny v dostatečně velké vzdálenosti od sebe (vyšší stovky m až km) a tak je zajištěn ve středu uspořádání velký hloubkový dosah (i první stovky m), mnohem menší dosah je však v blízkosti stabilních uzemnění A a B.

### Odporové sondování (VES)

Odporové vertikální elektrické sondování (VES) slouží k určení změn měrných odporů prostředí s rostoucí hloubkou. Při měření VES se používá tzv. Schlumbergerovo symetrické

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

uspořádání AMNB, MN<<AB. Hloubkový dosah  $h_{ef}$  je řízen vzdáleností proudových elektrod AB od středu uspořádání, obecně se předpokládá, že hloubkový dosah je roven  $AB/4$ , v konkrétních podmínkách je silně závislý na odporových vlastnostech horninového prostředí a jeho homogenitě.

Závislost odporu na poloviční vzdálenosti proudových elektrod  $AB/2$  se nazývá odporovou křivkou VES. Automatizovanou interpretací křivek VES na PC lze určit mocnosti sedimentárních vrstev a hloubku rozhraní vrstev pod měřeným bodem, pokud se odporově liší od svého nadloží a podloží, nalezením teoretického modelu, jehož odporový projev se nejlépe shoduje s měřenými hodnotami. Výsledkem interpretace VES v daném bodě je vertikální odporový profil, při měření série bodů VES podél profilu lze tak sestavit 2D odporový řez.

### **Multielektrodová metoda (ERT)**


Odporová metoda **ERT** (**e**lectrical **r**esistivity **t**omography) je moderní geoelektrická metoda, která kombinuje automatickým způsobem odporové sondování a profilování. Při terénním měření je položen speciální mnohazilný kabel (multikabel), k němuž je připojeno velké množství elektrod. Řídící jednotka se pak podle zvolené metody automaticky připojuje postupně k elektrodám a na vybraných párech elektrod měří elektrické napětí a proud. Takto se proměří všechny možné páry a rozestupy zvolené metody a data uloží do paměti přístroje. Výsledkem měření a zpracování dat je pak interpretovaný detailní 2D odporový řez pod měřeným profilem, který je sestaven vhodným softwarem. Metoda zjišťuje odporové změny prostředí jak v horizontálním tak vertikálním směru. Pro dosažení srovnatelného hloubkového dosahu jako při odporovém sondování je třeba použít velké množství elektrod a dlouhé kabely. Roste tím časová a ekonomická náročnost měření.

### **ELEKTROMAGNETICKÉ METODY (EM)**

#### **Metoda velmi dlouhých vln (VDV)**

Elektromagnetická geofyzikální metoda velmi dlouhých vln (VDV) je určena pro mapování mělkých geologických vodičů. Využívá stávající elektromagnetické zdroje - vojenské navigační stanice pracující v intervalu frekvencí 10 - 30 kHz. Jako vodiče se většinou projevují dlouhé tektonické linie, někdy se však také jedná o mocnější úzký pruh pokryvu, resp. zvětralejšího podloží. Může se jednat i o relativní vodič, který se projevuje na kontaktu odporově kontrastních hornin.

Primární – zdrojová elektromagnetická vlna radiostanice indukuje v geologickém vodiči vířivé proudy a ty vytvářejí sekundární elektromagnetické pole, které se skládá s příchozím (primárním) polem. Měřený signál se skládá ze synfázní - tzv. reálné složky  $Re$  přijímaného signálu a fázově posunuté imaginární složky  $Im$  složky. Anomálie sekundárního pole indikují geologické vodiče do hloubek prvních desítek metrů.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

Nevýhodou je, že elektrická vedení (nadzemní i podzemní) a další liniové produktovody působí rušivě. Pás cca 50 až 100 metrů široký kolem těchto rušivých vlivů je většinou pro interpretaci VDV nepoužitelný. Další nevýhodou metody VDV je to, že navigace vojenských plavidel se v nové době odklání od radiového spojení a přechází na GPS navigace a další sofistikovanější způsoby s větším hlubším dosahem.

### **Dipólové elektromagnetické profilování (DEMP)**

Jedná se o elektromagnetické měření na frekvencích řádově kolem kHz. Přístroje (konduktometry) měří vodivost horninového prostředí, přičemž různý hloubkový dosah je zajišťován změnou vzdáleností antén (dipólů) nebo změnou vysílané frekvence, případně obojím. Hloubkový dosah tohoto měření bývá jednotky až první desítky metrů, takže uplatnění této metody je při mapování mělkých struktur. Měření je ovlivňováno blízkými umělými (i izolovanými podzemními) vodiči.

### **SEISMICKÉ METODY**


Seismické metody sledují horninové prostředí z hlediska rozložení rychlostí šíření seismických vln a tím jeho elastických parametrů. Rychlost šíření seismických vln je materiálovým parametrem úzce spojeným s litologickým typem horninového prostředí, porozitou, charakterem výplně pórů a v neposlední řadě geomechanickým stavem sledovaného prostředí (porušením skalního masívu v tektonické zóně, intenzitou navětrání). Značný vliv na velikost rychlosti šíření má tlak, rychlost tak přirozeně narůstá s hloubkou.

### **Mělká refrakční seismika (MRS)**

Metoda MRS (metoda lomených vln) využívá šíření lomené vlny horninovým prostředím, která podává informaci o rychlostech šíření seismické vlny v jednotlivých vrstvách. Příchod lomené vlny je v jisté vzdálenosti od zdroje seismické energie registrován jako čas prvního nasazení a zaznamenáván jako tzv. hodochrona. Kombinací různých pozic zdrojů seismické energie a snímačů rychlosti kmitání je získán soubor závislostí času šíření na vzdálenosti od zdroje.

Tato metoda je používána pro zjištění geologické situace do hloubek max. kolem první stovky metrů, kde vzniká lomená vlna na rozhraní s rychlostním kontrastem. Umožňuje sledovat průběh tzv. refrakčního rozhraní, tj. sledovat reliéf pevného podloží (seismické rozhraní) a odlišit horniny v podloží (skalní masív), odlišit jednotlivé homogenní bloky a jejich stav na základě jejich pevnosti. Lokalizuje vertikální porušené zóny, tektonické linie a umožňuje určit jejich směr do hloubky.

Ze záznamů závislosti času příchodu signálů ke geofonům na vzdálenosti od bodů úderů (hodochron) je možné interpretovat seismické řezy. Tyto tzv. hloubkové a rychlostní řezy ukazují modulaci reliéfu pevného podloží a proměnnost seismických rychlostí v podložních horninách. Pevnost hornin (hustota hornin) je přímo úměrná rychlosti

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

seismického signálu, který se v nich šíří. U pevných podložních hornin krystalinika mohou být rychlosti až 6 000 m/s a v porušených zónách seismické rychlosti klesají.

### Reflexní seismika (RXS)

K posouzení hlubších struktur v geologickém řezu je užívána reflexní seismika. Na rozdíl od refrakční seismiky neposkytuje přímou informaci o rychlostech seismických vln. Seismická měření v reflexní variantě charakterizují sledované prostředí pomocí průběhu subhorizontálních odrazných rozhraní, která vznikají na základě odrazu seismické vlny. Taková rozhraní oddělují prostředí s dostatečným kontrastem seismické impedance, tj. součinu rychlosti šíření seismických vln a hustoty (v nepříznivém případě změna rychlosti šíření představovat reflexní horizont).

Tato metoda poskytuje informace o hlubší stavbě a charakteru horninového prostředí (řádově stovky až tisíce metrů). Umožňuje sledovat jednotlivé subhorizontální reflexy a vymezit rozhraní litologických vrstev, okraje homogenních masívů a silně porušené tektonické násunové plochy. Výsledkem měření jsou časové řezy, pro které je při převodu na hloubkové nutné znát rychlosti šíření horninovým prostředím. Tuto informaci lze získat pro první stovky metrů z výsledků refrakční seismiky, příp. využít výsledky karotážního měření ve vrtech.

### GRAVIMETRIE


Gravimetrie (tíhová měření) slouží k sestavení strukturně geologických modelů dané oblasti do velmi značných hloubek. Detekuje nehomogenity horninového prostředí na základě rozdílných hustotních podmínek. Využívá se k vyhledávání skrytých těles a struktur s odlišnou hustotou od okolního prostředí, magmatických intruzí a některých zlomových struktur, a to v měřících od několika metrů až po desítky km.

Principem metody je přesné měření tíhového zrychlení v terénu na zaměřených bodech s přesnou nivelací. Nežádoucí faktory se odstraňují několika redukcemi:

- Redukce Fayeova (z volného vzduchu)
- Redukce na povrch (Bouguerova redukce s topokorekcí)
- Izostatická redukce

Další opravy se zavádí následně (chod přístroje, normální tíhové zrychlení, nadmořská výška, topokorekce apod.). Výsledkem jsou pak úplné Bouguerovy anomálie, které vyjadřují účinky hustotně anomálních geologických struktur a těles.

Interpretační postupy jsou poměrně jednoduché, bohužel labilita interpretace je u tíhových měření velmi značná. Kvantitativní interpretace proto vyžaduje znalost hustot zastoupených hornin a také množství opěrných objektivních údajů o tektonické stavbě.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## MAGNETOMETRIE

Metoda využívá přirozeného magnetického pole Země, které může být ovlivněno odezvou hlubokých geologických struktur. Geologická tělesa porušují normální geomagnetické pole, pokud obsahují feromagnetické minerály. Tuto metodu lze úspěšně použít k vyhledávání magnetických těles.

Principem metody je měření složky magnetického pole – totálního vektoru magnetického pole (T). Měření je ovlivněno dvěma faktory:

- tzv. variacemi (magnetické pole Země je v čase proměnné), které mohou být krátkodobé a dlouhodobé (sekulární)
- chodem přístroje.


Mezi pravidelné variace patří denní variace o periodě slunečního dne. Ve složkách pole se jedná o desítky nT. Nepravidelné krátkodobé variace od zlomků sekund po desítky minut se vyskytují během celého dne, jsou to tzv. pulsace a vznikají sluneční aktivitou. Mimořádná sluneční aktivita je příčinou náhlých magnetických bouří (sluneční vítr), mohou se vyskytnout až několikrát za měsíc, trvají i více dní a mají za následek nepravidelné variace až několik set nT.

Při pozemním terénním měření se většinou používá protonový magnetometr, který má rozlišovací schopnost asi 0,1 nT, absolutní přesnost kolem 1 nT. Registrace geomagnetického pole trvá na bodě několik vteřin. Opravy hodnot totálního vektoru magnetického pole o variace a chod přístroje se určují buď kontinuálním měřením druhým magnetometrem na jednom bodě, nebo opakovaným měřením na opěrném bodě (opakovaná měření na jednom zvoleném bodě cca každou hodinu). Měření vertikálního gradientu je v některých případech výhodnější. K vyhodnocovací jednotce se připojí nad sebou dvě sondy tak, aby mezi nimi byla pevná vzdálenost. Rozdíl obou naměřených údajů umožňuje vypočítat průměrný vertikální gradient. Gradientové (diferenciální) měření odstraňuje vliv časových variací magnetického pole, odstraňuje vliv anomálií velkých rozměrů a lépe definuje mělčí zdroje.

Výsledný model magnetické struktury je dán srovnáním naměřeného pole a pole vypočítaného nad zjednodušeným magnetickým tělesem.

## 3 Geologická stavba oblasti

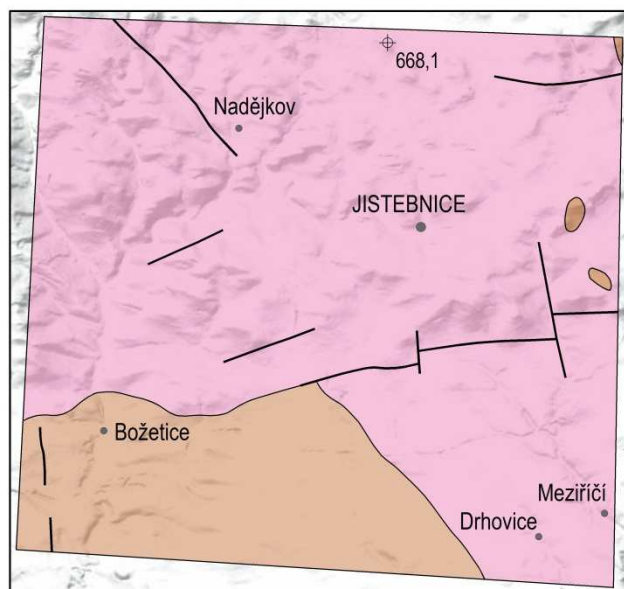
Na základě platného regionálně-geologického členění Českého masivu horninové komplexy této oblasti patří regionálnímu celku moldanubika, respektive k jednotkám moldanubika jižních Čech Na území 3D regionálního modelu byly identifikovány horniny pestré skupiny moldanubika (migmatizované pararuly až migmatity, pararuly s tělesy amfibolitů, kvarcitů, ortorul a perlových rul), granitoidy středočeského plutonického komplexu (milevský a tábořský pluton) a sedimenty pokryvných útvarů, mezi které patří kvartérní uloženiny ve formě svahových a říčních sedimentů.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

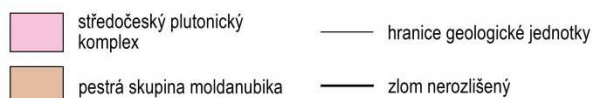
## REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÁ STAVBA ÚZEMÍ

Území 3D regionálního modelu je litologicky i tektonicky relativně jednoduché. Horninové komplexy v oblasti náleží svou geologickou pozicí a charakterem k moldanubiku jižních Čech jako součásti Českého masivu; Chlupáč a Štorch 1992; obecný přehled také v Mísař et al. 1983; Franke 2000). Tektonometamorfne nejstarší jednotku 3D regionálního modelu představují horniny moldanubika. Moldanubikum je zde tvořeno pestrou skupinou, pravděpodobně se zavrásněnými partiemi monotónní skupiny a gföhlské jednotky.

Monotónní a pestrá skupina vznikly metamorfózou vulkanosedimentárních komplexů v podmínkách střední kůry (4–8 kbar, 630–760 °C, např. Racek et al. 2006). Poté byly horniny poměrně rychle vyzdviženy do svrchní kůry, což mělo za následek jejich parciální tavení. Pestrá skupina se od monotónní liší převážně vyšším obsahem vložkových hornin, např. vápence nebo amfibolity. V obou případech jsou však dominantními horninami těchto skupin pararuly až migmatity. V rámci obou skupin vystupují tělesa rul, která připomínají ruly podolského komplexu řazené ke gföhlské jednotce moldanubika (Suk et al. 1970).




0 1 2 km



Obr. 1 Schéma regionálně-geologických jednotek lokality Magdaléna

V celé rozloze 3D regionálního modelu do těchto vysoce metamorfovaných hornin intrudovaly před cca 340 Ma granitoidy středočeského plutonického komplexu (např. Holub 1997), konkrétně durbachity milevského plutonu (někdy též nazývaného pluton či typ Čertova břemene) a následně syenity tábořského plutonu (strukturní charakteristika viz Žák et al. 2005). Tuto variskou sekvenci postihuje menší množství zlomů variabilní orientace.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

Nejmladší geologický záznam představují kvartérní fluviální a splachové sedimenty menšího rozsahu.

### **Metamorfované horniny moldanubika**

Moldanubikum buduje jižní část území 3D regionálního modelu, dále vystupuje v drobných uzavřeninách a reliktech pláště v oblasti středočeského plutonu. Zastoupením petrografických typů i celkovým množstvím pestrých vložek odpovídá jeho převážná část pestré skupině sušicko-votické, k níž je v souladu s údaji z okolních oblastí zařazováno. Jižně od pestré skupiny vystupují horniny skupiny monotónní. Hranici mezi oběma skupinami nelze spolehlivě vymezit, protože nebyla zjištěna dostatečná kritéria k rozlišení pararul obou skupin v této oblasti (Suk et al. 1970). Kontakt s milevským durbachitovým masívem je zcela ostrý, v celém průběhu na území listu sice konformní, ale v úklonu diskordantní; moldanubikum se pod úhlem asi 60° noří pod milevský pluton (Tomas et al. 1986).


Je budováno sillimanit-biotitickou pararulou, migmatitizovanou pararulou místy s granátem a cordieritem a v zóně přiléhající k j. okraji středočeského plutonického komplexu perlovou rulou. Z vložek, které lze sledovat ve zvrásněných pružích, převládají leukokratní metamorfity. Menším podílem je zastoupen erlan, amfibolit, kvarcit a grafitické horniny (rula i kvarcit). Jednotvárná skupina je budována biotitickou a sillimanit-biotitickou pararulou, která tvoří jižní část území 3D regionálního modelu a vyskytuje se i v zóně přiléhající k milevskému plutonu u Sepekova (Suk et al. 1970).

### **Metamorfované horniny monotónní skupiny moldanubika**

Hlavním horninovým typem jsou biotitické a sillimanit-biotitické pararuly ve variabilní míře migmatitizace, místy s cordieritem nebo granátem. V těchto horninách se ojediněle nacházejí vložky erlanů, kvarcitů a amfibolitů. Protolitem hornin monotónní skupiny byly jílovitopísčité a písčité sedimenty pravděpodobně neoproterozoického až devonského stáří s omezenými horizonty sekvencí

křemenců, karbonátových a vulkanických hornin (např. Košler et al. 2014). V období variských orogenních procesů (~360–325 Ma) docházelo společně s geodynamickým vývojem hlubších částí variského orogenního pásma k polyfázové metamorfóze, tavení a deformaci těchto hornin, jejich PT podmínky odpovídají podmínkám střední kontinentální kůry (3–6,5 kbar, 630–720°C). Stáří regionální metamorfózy a tavení hornin monotónní skupiny na území 3D regionálního modelu a v jeho nejbližším okolí je pravděpodobně obdobné jako krystalizační stáří granitoidů středočeského plutonického komplexu, který je ve vztahu k regionálnímu vývoji částečně syntektonický. Vztahy mezi dílčími litologiemi metamorfovaných hornin jsou definovány orientací regionální metamorfní foliace, která napříč mapovanou jednotkou upadá pod mírnými až středními úhly k ZSZ až S.



 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## **Pestrá skupina moldanubika**


Moldanubikum je v jižní části území 3D regionálního modelu zastoupeno převážně pestrá skupinou, která je součástí tzv. sušicko-votického pruhu (Suk et al. 1970; Tomas et al. 1986). Tento je zde tvořen migmatitizovanou biotitickou pararulou, místy s granátem a cordieritem. Perlová rula vystupuje v úzké zóně při kontaktu se středočeským plutonem, jehož působením na sillimanit-biotitickou pararulu vznikla. Z vložkových hornin jsou zastoupeny zejména kvarcicity a grafitické kvarcicity, erlany a amfibolity. Kvarcicit je charakterizován střídáním pravidelných pásků světlešedé a tmavošedé barvy, jejichž šířka kolísá od mm do 1 cm, často obsahuje významnější příměs grafitu. Erlan je většinou nevýrazně břidličnatý se střídáním centimetrových pásků tmavších, kvarcitickejších, a světlejších, bohatších pyroxenem. Amfibolit je charakteristický variabilním minerálním i chemickým složením a zrnitostí, obsahuje často nepravidelně omezené čočkovité agregáty bohatší plagioklasem protažené paralelně s foliací.

## **Granitoidy středočeského plutonického komplexu**

Středočeský pluton je litologicky dosti variabilní, v rozsahu území 3D regionálního modelu však zcela převládají granitoidy až syenitoidy milevského a táboorského plutonu, lokálně se vyskytují granodiority sedleckého typu (Franěk et al. 2016b).

Porfyrické amfibol-biotitické melagranity až melasyenity (durbachity) typu Čertova břemene budují tzv. milevský pluton. Dle popisu Tomase et al. (1986) je hornina tmavošedá až šedočerná s porfyrickými vyrostlicemi K-živce a se středně zrnitou základní hmotou složenou zejména z biotitu, amfibolu a plagioklasu. Jeho facií je výrazněji usměrněná drobnozrná varieta typu Čertova břemene, někdy označovaná jako typ Dehetník, která tvoří zónu poblíž kontaktu s moldanubikem. Typ Čertova břemene obsahuje místy dosti hojné enklávy mafických magmatických hornin centimetrových až metrových rozměrů a částečně asimilované xenolity okolních metamorfovaných hornin moldanubika (migmatitů a migmatitizovaných pararul) o rozměrech několika centimetrů až stovek metrů (např. z vrhu u Chlumu, sev. od Jistebnice). Stavby v obou typech granitoidů mají magmatický až submagmatický charakter, což dokládá jejich syntektonický vývoj. V milevském plutonu se foliace definované přednostním uspořádáním vyrostlic draselných živců uklánějí pod mírnými úhly generálně k SZ. Hranice s rulovými horninami moldanubika je intruzivní, netektonická, místy však může být druhotně tektonizována.

Táborský pluton minerálním složením rovněž představuje melagranity až melasyenity s minerální asociací K-živce, plagioklas, biotit, křemen a pyroxen. Hornina se vyznačuje absencí porfyrických vyrostlic. Primární ortopyroxen a klinopyroxen bývají místy druhotně nahrazovány amfibolem nebo biotitem. Těleso táboorského plutonu ukazuje strmé stavby subkoncentrické orientace, které jsou paralelní s intruzivními kontakty tělesa a diskordantní orientace vůči regionálním stavbám v okolních horninách moldanubika (Žák et al. 2005).

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

Sedlecký granodiorit tvoří menší těleso uvnitř milevského plutonu v sv. části 3D regionálního modelu. Bližší popis tohoto tělesa není v dostupných archivních materiálech k dispozici.


### **Žilné horniny v moldanubiku**

Po intruzi středočeského plutonického komplexu došlo k umístění hornin jeho žilného doprovodu, které složením a texturou patří mezi leukogranity, méně aplity až pegmatity. Tyto žily vytvářejí hustou suitu převážně V-Z směru v horninách typu Čertovo břemeno a VSV-ZJZ směru v tábořském masívu, ale v menší míře se objevují i v moldanubiku ve V-Z až SV-JZ směrech. Frekvence žil značně kolísá, generálně lze však konstatovat, že maximální hustota žil lemuje kontakt hornin typu Čertova břemene s pestrou skupinou moldanubika, zatímco v S části území těchto žil výrazně ubývá. Mladší jsou křemenné žíly, které vystupují na puklinách a zlomech S-J až SSV-JJZ směru (Suk et al. 1970; Tomas et al. 1986).

### **Sedimentární pokryv kvartérního stáří**

Popisovaná část Českého masívu náleží k denudační oblasti, kde dnes převažují procesy eroze a transportu materiálu. Proto mají sedimenty na tomto území malý rozsah a jsou zpravidla vázány na plošně omezené výskyty v podobě denudačních reliktních. Dle Suka et al. (1970) a Tomase et al. (1986) jsou kvartérní sedimenty zastoupeny svahovými uloženinami, sprašovými hlínami, splachovými a fluviálními sedimenty. Mají však na území jen malý rozsah v podobě denudačních reliktních. Výskyt kvartérních sedimentů byl ovlivněn geomorfologickými jevy a antropogenní činností. Recentní tvorba vodních nádrží a s tím související změny spádových křivek toků měly za následek vyšší akumulaci fluviálních a splachových sedimentů.

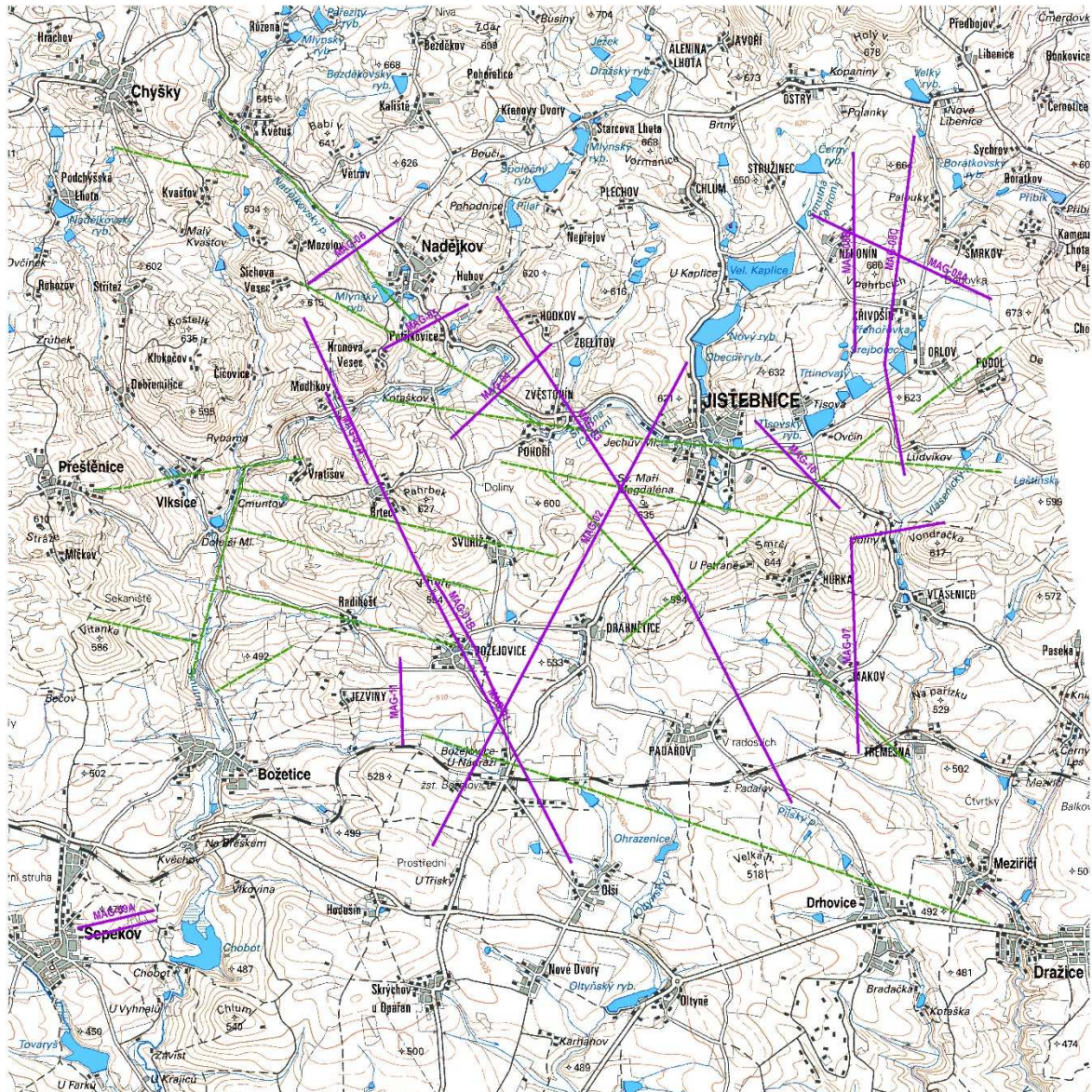
Od permu byla oblast listu územím intenzivního větrání a denudace. Na četných místech jsou dosud zachovány zbytky těchto starých předterciérních zvětralinových plášťů. V terciéru zasáhlo na tektonicky predisponovaném údolí Milevského potoka v JZ cípu území 3D regionálního modelu v době svého největšího rozšíření miocenní jezero, v němž vznikaly sedimenty nynější treboňské pánve (Suk et al. 1970, Tomas et al. 1986).

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

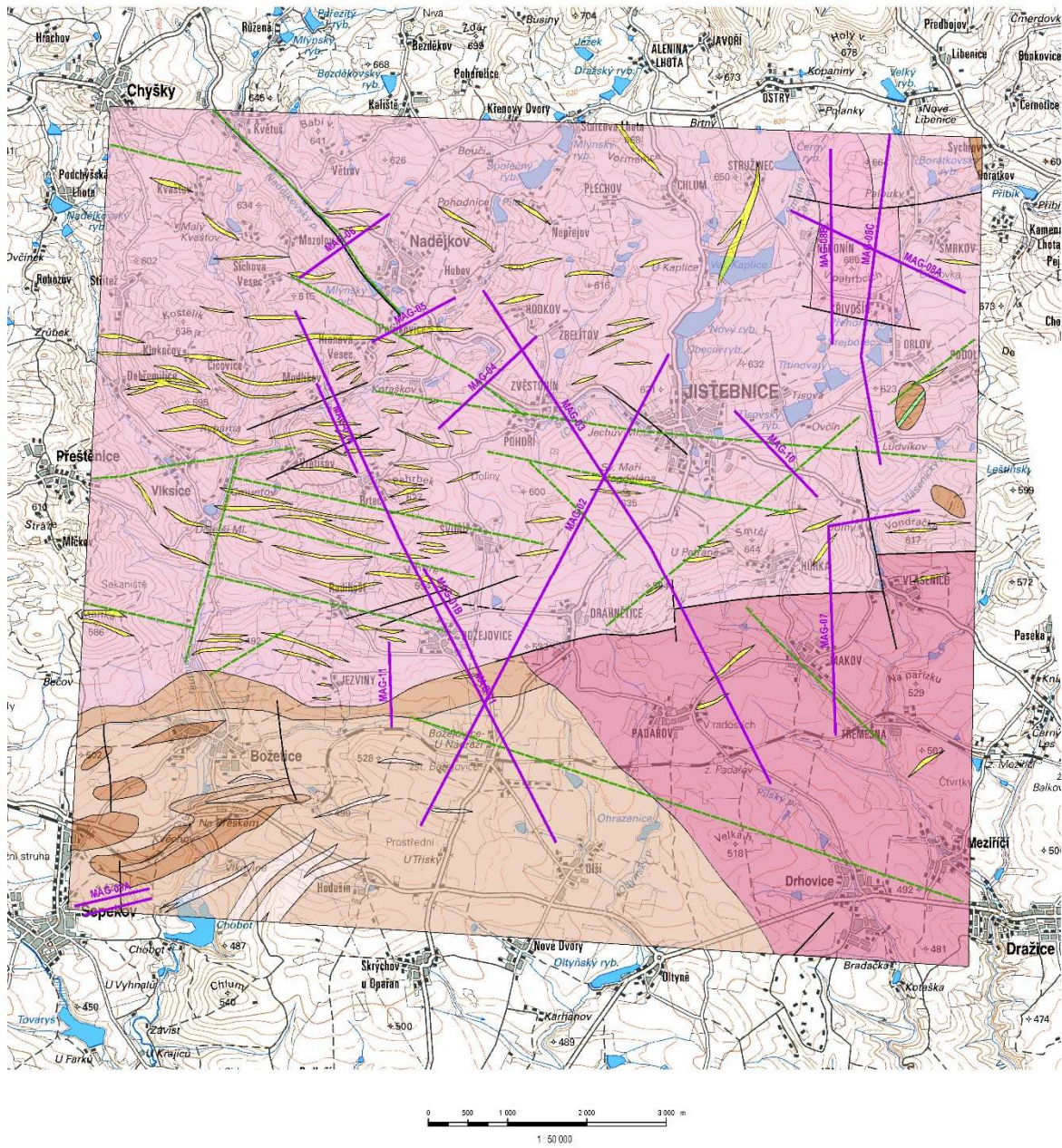
## 4 Přehled požadovaných profilů a kombinace použitých geofyzikálních metod s popisem geologických fenoménů

Tab. 1 Přehled a délka profilů


<b>profil</b>	<b>délka řezu [km]</b>
MAG-01	7,47
MAG-01A	1,24
MAG-01B	1,76
MAG-02	6,72
MAG-03	7,22
MAG-04	1,70
MAG-05	1,19
MAG-06	1,40
MAG-07	3,81
MAG-08A	2,44
MAG-08B	2,46
MAG-08C	4,21
MAG-09A	0,98
MAG-09B	0,89
MAG-10	1,50
MAG-11	1,08



Obr. 2 Topografická mapa s vyznačením studovaných profilů



Obr. 3 Účelová geologická mapa s vyznačením studovaných profilů

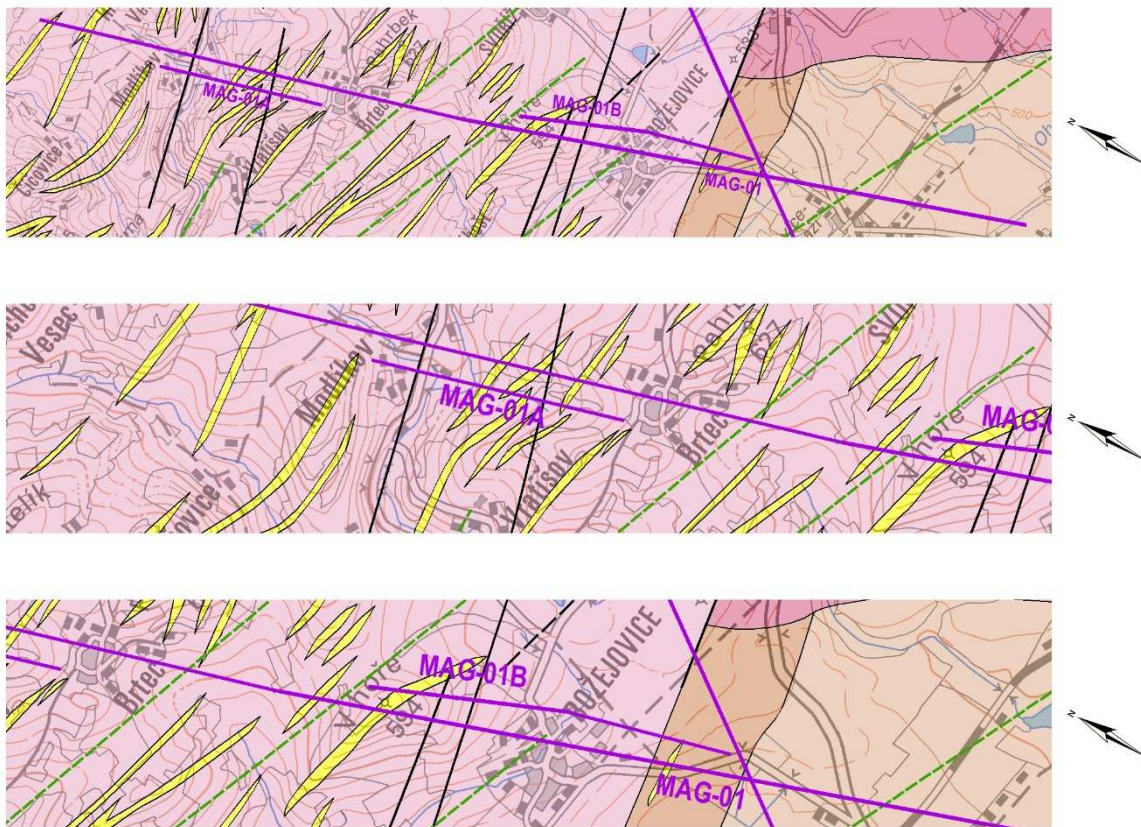
 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## MAG-01, MAG-01A A MAG-01B

SSZ profil skládající se ze tří částí o celkové délce cca 10,47 km (viz tab. 1).


Cílem profilu je ověření kontaktu moldanubika a milevského durbachitového plutonu včetně určení sklonu tohoto kontaktu. Profil probíhá přes 4 zlomy kategorie 2 (dle členění SKB – zlom významný) téměř kolmo na jejich průběh, dalším jeho cílem je tedy ověření a případné zpřesnění lokalizace těchto 4 zlomů. Dále probíhá přes 3 morfolineamenty, které umožní lépe interpretovat. Posledním z cílů tohoto profilu je určení počtu a parametrů leukogranitových žil (např. mocnost, detailnější stavba – jednoduchá žíla / komplex žil apod.), které profil ve větším množství protíná pod úhlem cca 70° k jejich V- Z průběhu.

Výsledky budou následně korelovány s profily MAG-02 a MAG-03 za účelem porovnání východní částizájmového území se západní částí, zejména z hlediska četnosti výskytu zlomů a leukogranitových žil.



Obr. 4 Situace profilů MAG-01, MAG-01A a MAG-01B

Pro tyto účely je v celé délce profilu navrženo odporové profilování a mělká refrakční seismika, v jižní části profilu na kontaktu moldanubika a plutonu v délce 5 km (z toho 4 km v plutonu na zjištění mocnosti durbachitové intruze) také mělká reflexní seismika. Pro zpřesnění údajů o 4 zlomech a charakteru kontaktu plutonu s metasedimenty moldanubika jsou navrženy 2 paralelní profily ve vzdálenosti cca 200 m od MAG-01 – severní úsek 01A a

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

jižní úsek 01B (dohromady 4,6 km), které budou k výše uvedenému odporové profilování a mělké refrakční seismice zahrnovat navíc profilovou gravimetrii.

## Metody

*Odporové profilování* na třech profilech MAG-01, MAG-01A a MAG-01B (celková délka cca 10,47 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón) a změnu litologie.

*Mělká refrakční seismika* na třech profilech MAG-01, MAG-01A a MAG-01B (celková délka 10,47 km) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem durbachitu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky.

*Mělká reflexní seismika* v jižní části profilu MAG-01 (v délce 5 km) – indikace reflexních ploch pro určení směru a hloubky zapadání okraje durbachitového plutonu

*Detailní gravimetrie* na profilech MAG-01A a 01B (celková délka 3 km) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobná orientace do hloubky, sestavení tíhového řezu v korelaci s reflexními daty.

*Magnetometrie* na profilech MAG-01A a 01B (celková délka 3 km) – vyhledání kontaktu durbachitového tělesa s horninami moldanubika.

## MAG-02

SSV profil o délce cca 6,72 km.


Cílem profilu je ověření vnitřní stavby hornin a charakteru kontaktu moldanubika a milevského durbachitového plutonu (intruzivní / zlomový) včetně určení sklonu tohoto kontaktu. Dalším jeho cílem je ověření a případné zpřesnění lokalizace 1 zlomu kategorie 2 (dle SKB). Dále probíhá téměř kolmo na 3 morfolineamenty, které umožní lépe interpretovat. Podružným cílem tohoto profilu je také určení počtu a parametrů leukogranitových žil, které profil v menším množství protíná.

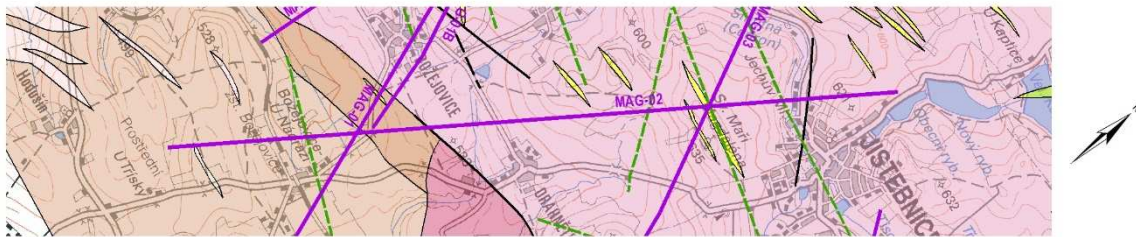
## Metody

*Odporové profilování* (celková délka 6,72 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón) a změnu litologie.

*Mělká refrakční seismika* na části profilu (celková délka 3,5 km měřená od bodu vymezení západního okraj profilu) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem durbachitu, ověření homogenity plutonu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky.

*Detailní gravimetrie* na části profilu (celková délka 3,5 km měřená od bodu vymezení západního okraj profilu) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobná orientace do hloubky, určení homogenity horninového prostředí.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017



Obr. 5 Situace profilu MAG-02

### MAG-03

SSZ profil o délce cca 7,22 km.

Cílem profilu je ověření vnitřní stavby hornin a charakteru kontaktu táboorského syenitového a milevského durbachitového plutonu (intruzivní / zlomový) včetně určení sklonu tohoto kontaktu. Dalším jeho cílem je ověření indicií zlomového porušení nalezených úlomkovým mapováním. Dále protíná 3 morfolineamenty, které umožní lépe interpretovat.

Podružným cílem tohoto profilu je také určení počtu a parametrů leukogranitových žil, které profil v menším množství protíná.



Obr. 6 Situace profilu MAG-03

### Metodika

*Odporové profilování* (v délce celého profilu) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit homogenitu horninového prostředí a pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón), změnu litologie.


*Elektromagnetické profilování* (v délce celého profilu) – na základě změny vodivosti určit homogenitu horninového masívu a vyhledání porušených zón.

*Magnetometrie* (v délce celého profilu) – vyhledání změny charakteru hornin, leukogranitových těles.

### MAG-04

SV profil o délce cca 1,70 km.



 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

Cílem profilu je ověření vnitřní stavby horninového prostředí a hypotetického pokračování SZ-JV zlomu kategorie 1 (dle SKB zlom regionálního významu), včetně určení mocnosti a sklonu tohoto zlomu, případně jeho dalších parametrů. Dále protíná 2 morfolineamenty, které umožní lépe interpretovat. Podružným cílem tohoto profilu je také určení počtu a parametrů leukogranitových žil, které profil v menším množství protíná.



Obr. 7 Situace profilu MAG-04

## Metody

*Odporové profilování* (celková délka 1,7 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit homogenitu hornin a pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

*Mělká refrakční seismika* (celková 1,7 km) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem durbachitu, ověření homogenity plutonu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky.


*Elektromagnetické profilování* (celková délka 1,7 km) – na základě změny vodivosti určení homogenity horninového masívu a vyhledání porušených zón.

*Detailní gravimetrie* na části profilu (celková délka 1,7 km) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobná orientace do hloubky, určení homogenity hornin.

## MAG-05

SV profil o délce cca 1,19 km.

Cílem profilu je ověření hypotetického pokračování SZ-JV zlomu kategorie 1 (dle SKB), včetně určení mocnosti a sklonu tohoto zlomu, případně jeho dalších parametrů. Dále protíná 1 pramenní linii, kterou umožní lépe interpretovat. Podružným cílem tohoto profilu je také určení počtu a parametrů leukogranitových žil, které profil v menším množství protíná.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017



Obr. 8 Situace profilu MAG-05

## Metody

*Odporové profilování* (celková délka 1,19 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit homogenitu hornin a pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

*Mělká refrakční seismika* (celková délka 1,19 km) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem durbachitu, ověření homogenity plutonu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky, souvislost se zvodněním.

*Elektromagnetické profilování* (celková délka 1,19 km) – na základě změny vodivosti určit homogenitu horninového masívu a vyhledání porušených zón, žilných pásem.

*Detailní gravimetrie* na části profilu (celková délka 1,19 km) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobná orientace do hloubky, určení homogenity hornin.


## MAG-06

SV profil o délce cca 1,40 km.

Cílem profilu je ověření SZ-JV zlomu kategorie 1 (dle SKB), včetně určení mocnosti a sklonu tohoto zlomu, případně jeho dalších parametrů. Dále protíná 1 pramenní linii, kterou umožní lépe interpretovat. Podružným cílem tohoto profilu je také určení počtu a parametrů leukogranitových žil, které profil v menším množství protíná.



Obr. 9 Situace profilu MAG-06

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## Metody

*Odporové profilování* (v délce celého profilu) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit homogenitu hornin a pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

*Mělká refrakční seismika* (v délce celého profilu) – určení průběhu refrakčního rozhraní představovaného povrchem durbachitu, ověření homogenity plutonu a vyhledání porušených zón, jejich pravděpodobnou orientaci do hloubky.

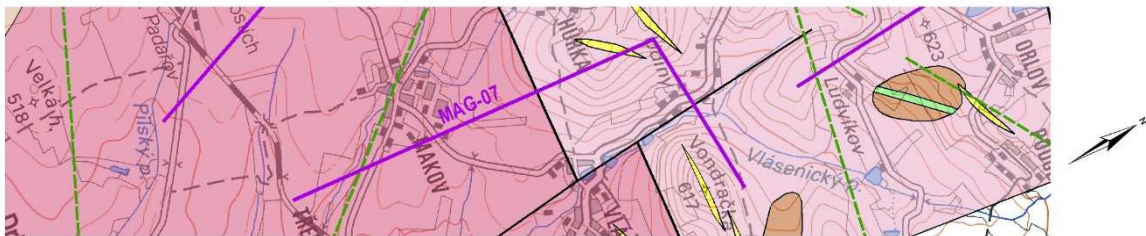
*Elektromagnetické profilování* (v délce celého profilu) – na základě změny vodivosti určit homogenitu horninového masívu a vyhledání porušených zón, žilných pásem.

*Detailní gravimetrie* (v délce celého profilu) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobná orientace do hloubky, určení homogenity hornin.

## MAG-07

Zalomený profil o délce 3,81 km.

Cílem profilu je ověření charakteru kontaktu táboorského syenitového a milevského durbachitového plutonu (intruzivní / zlomový) včetně určení sklonu tohoto kontaktu. Dalším jeho cílem je ověření a případné zpřesnění lokalizace S-J zlomu kategorie 2 (dle SKB). Dále protíná 1 morfolineament, který umožní lépe interpretovat. Podružným cílem tohoto profilu je také určení počtu a parametrů leukogranitových žil, které profil v menším množství protíná.



Obr. 10 Situace profilu MAG-07

## Metody

*Odporové profilování a magnetometrie profilová* (celková délka 3,81 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

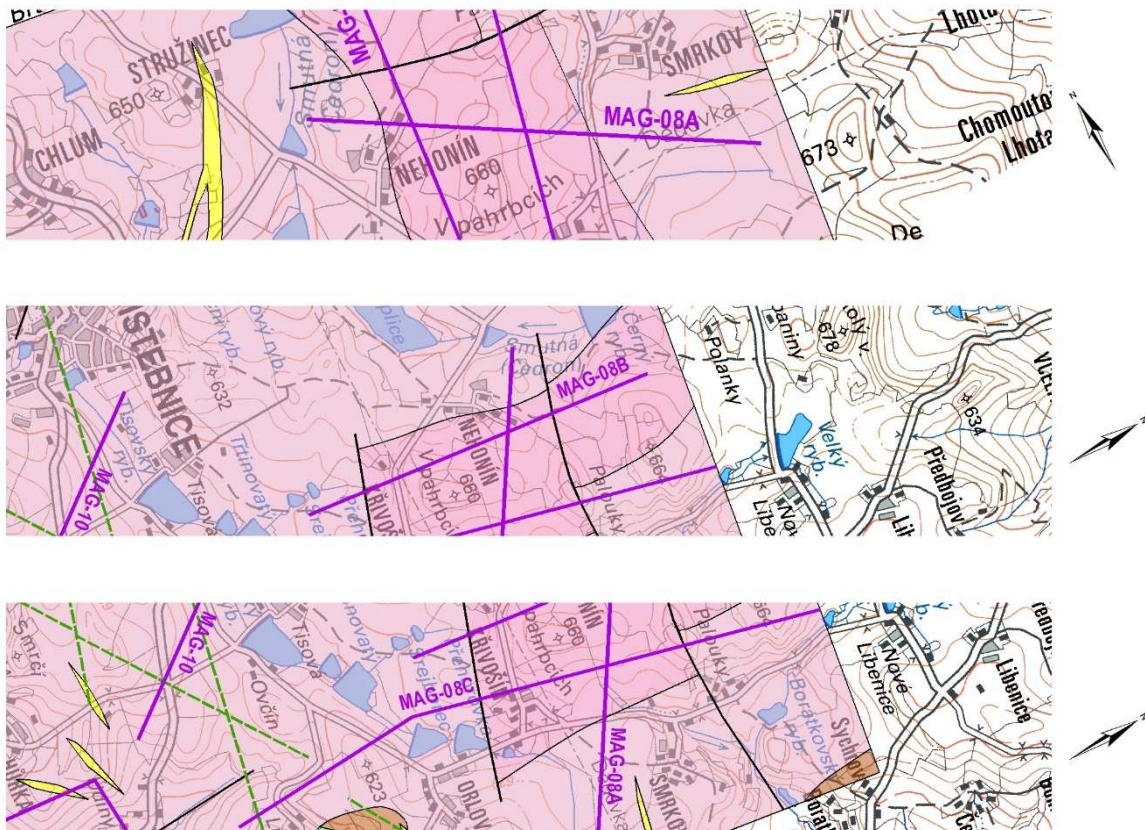
## MAG-08A, MAG-08B A MAG-08C

Síť tří profilů o celkové délce cca 9,11 km.

Cílem profilů je ověření charakteru kontaktů sedleckého granodioritu a milevského durbachitového plutonu (intruzivní / zlomový) včetně určení sklonu těchto kontaktů (dle



archivních materiálů 2 zlomy kategorie 2 + intruzivní kontakty). Dále identifikace zlomů předpokládaných v této oblasti na základě úlomkového mapování. Nejdelší z profilů protíná 1 morfolineament, který umožní lépe interpretovat.



Obr. 11 Situace profilů MAG-08A, B a C

## Metody


*Odporové profilování* (celková délka 9,11 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

*Mělká refrakční seismika* na východním profilu MAG-08C v sj. části (celková délka 4,21km) – určení průběhu refrakčního rozhraní, ověření homogenity hornin a vyhledání porušených zón (fylonitových), určení jejich sklonu a mocnosti, případně dalších parametrů.

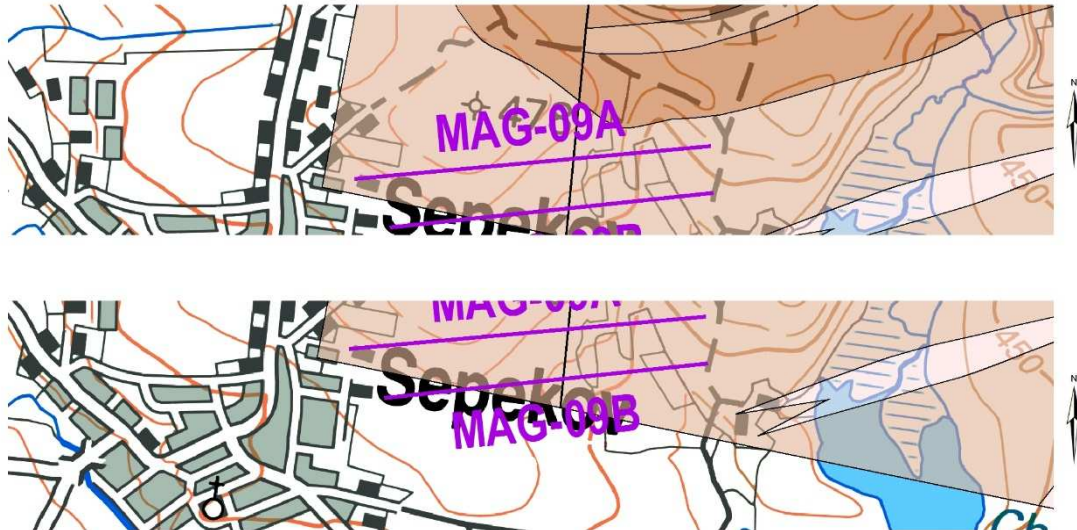
*Multielektrodová metoda (ERT)* na východním profilu (MAG-08A, celková délka 2,44 km) – zjištění odporové změny prostředí jak v horizontálním tak vertikálním směru pro indikaci zlomů a porušených zón (mylonitových či fylonitových).

## MAG-09A A MAG-09B

Dvojice V-Z profilů vzdálených 200 m, v souhrnné délce cca 1,87 km.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

Cílem profilů je ověření charakteru S-J zlomu (jednoduchý zlom / složitější zlomová síť), jeho přesná lokalizace, určení jeho sklonu a mocnosti, případně dalších parametrů (odlišení mocnosti křemenné výplně a hydrotermální alterace apod.).



Obr. 12 Situace profilu MAG-09A a B

## Metody

*Odporové profilování* (celková délka cca 1,87 km) – na základě změny měrného odporu hornin při povrchu na linii profilu určit pozice jednotlivých poruch (zlomů, puklinových zón).

*Mělká refrakční seismika* (celková délka cca 1,87 km) – určení průběhu refrakčního rozhraní a vyhledání porušených zón, určení jejich sklonu a mocnosti.


*Multielektrodová metoda* (ERT) (celková délka cca 1,87 km) – zjištění odporové změny prostředí jak v horizontálním tak vertikálním směru pro indikaci zlomů a porušených zón, odlišení křemenné výplně.

*Detailní gravimetrie* na části profilu (celková délka cca 1,87 km) – podle tíhové křivky lokalizace porušených zón a jejich pravděpodobná orientace do hloubky.

## MAG-10

SZ profil o délce cca 1,5 km.

Cílem profilu je ověření charakteru SSV-JJZ pramenní linie a 2 morfolineamentů.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017



Obr. 13 Situace profilu MAG-10

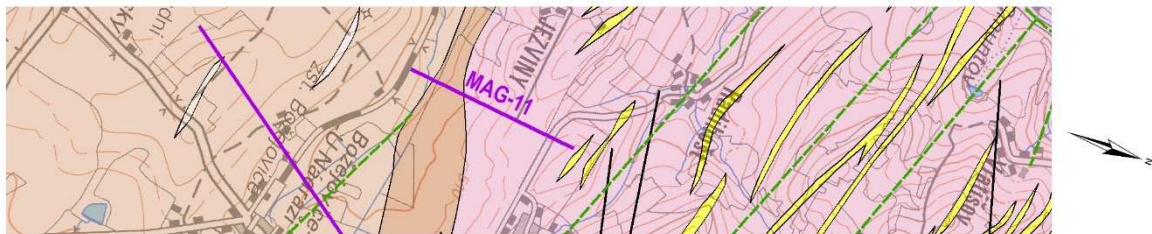
### Metody

Pro tyto účely je v celé délce profilu navrženo odporové profilování a mělká refrakční seismika.

### MAG-11

S profil o délce cca 1,08 km.


Cílem profilu je ověření charakteru kontaktu moldanubika a milevského durbachitového plutonu (intruzivní / zlomový) včetně určení sklonu tohoto kontaktu. Dále ověření přítomnosti zlomu předpokládaného zde na základě úlomkového mapování, a pramenní linie s vývěry nadprůměrně teplé podzemní vody. Podružným cílem tohoto profilu je také určení počtu a parametrů leukogranitových žil, které profil případně protne.



Obr. 14 Situace profilu MAG-11

### Metody

Pro tyto účely je v celé délce profilu navrženo odporové profilování a elektromagnetické profilování.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## 5 Požadované finální výstupy


Veškerá geofyzikální měření budou dokladována, majitelem primárních a interpretovaných dat bude Objednatel. Zároveň budou primární a interpretovaná data odevzdána do archivu Geofondu České geologické služby, která je pověřeným správcem geofyzikálních dat v České republice.

### Finální výstupy prací:

- 1. Mapy** se situací odměřených bodů a profilů, profilové křivky a mapy odměřených fyzikálních parametrů.
- 2. Fyzikální modely** interpretované z geofyzikálních měření, kalibrované podle dostupných geologických údajů (v návaznosti na geologické práce).
- 3. Geologická interpretace** geofyzikálních dat (mapy zjištěných geologických struktur).
- 4. Digitální data** – Mapové výstupy budou odevzdány digitálně ve formátu kompatibilním s mapovými výstupy objednatele SÚRAO a supervizora České geologické služby (pro ESRI mapové výstupy). Body a profily měření v tabulkovém formátu (xls) obsahujícím ID bodu (gravimetrická a magnetometrická měření, VES, reflexní seismika – body CDP), souřadnice bodu v JTSK (u odporového profilování a MRS počátku a konce profilu, příp. lomových bodů) a měřené parametry. Pro mapové výstupy formáty shp. U plošných gravimetrických měření formát databázového systému ČGS (Geofond). Primární data v souborech ASCII, txt. Kalibrace v txt, xls.
- 5. Závěrečná zpráva.** Výstupy budou odevzdány ve dvou pare v tištěné podobě a také v digitální podobě na nosiči dat (DVD-ROM).

## 6 Nakládání s daty

Veškerá primární i interpretovaná data, včetně kalibrací, budou předány Objednateli a v jedné kopii též archivu Geofond České geologické služby.

 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

## 7 Časový harmonogram prací

Plošné komplexní geofyzikální měření je rozděleno do tří časových etap s následujícími požadovanými termíny plnění:

*Pozn.: termíny plnění vyplývají z předpokladu zahájení terenních prací v průběhu měsíců srpen až říjen 2017.*

### **Etapa 1: termín do 31. března 2018**

Terénní měření, zpracování dat a jejich předání k archivaci, sestavení fyzikálních modelů, geologická interpretace dat a zpracování etapové zprávy minimálně profilů MAG-01, MAG-01A a MAG-01B.

### **Etapa 2: termín do 31. března 2019**

Terénní měření, zpracování dat a jejich předání k archivaci, sestavení fyzikálních modelů, geologická interpretace dat a zpracování etapové zprávy všech zbývajících profilů MAG uvedených v zadávací dokumentaci.


### **Etapa 3: termín do 6. prosince 2019**

Terénní měření, zpracování dat a jejich předání k archivaci, sestavení fyzikálních modelů, geologická interpretace dat a zpracování etapové zprávy zatím nelokalizovaných geofyzikálních prací, zpracování závěrečné zprávy.

## 8 Literatura

- FRANĚK J., BUKOVSKÁ Z., ČEJCHANOVÁ A., JELÉNEK J., MLČOCH B., PERTOLDOVÁ J., SKÁCELOVÁ Z., SOEJONO I., ŠVAGERA O., VERNER K., MILICKÝ M., BARTÁŠKOVÁ L. (2016b): Regionální 3D strukturně geologický model lokality Magdaléna. Technická zpráva – MS SÚRAO Praha.
- FRANKE W. (2000): The middle-European segment of the Variscides: tectonostratigraphic units, terrane boundaries and plate tectonic evolution. In: Franke W., Haak U., Oncken O., Tanner D. (eds): Orogenic Processes: quantification and Modelling in the Variscan belt. – Geol. Soc. London Spec. Publ., 179, 35–61.
- HOLUB F. V. (1997): Petrology of Inclusions as a Key to Petrogenesis of the Durbachitic Rocks from Czechoslovakia – Tmpm Tschermarks Min. Petr Mitt. 24, 133–150.
- CHLUPÁČ I., ŠTORCH P. (EDS) (1992): Regionálně geologické dělení Českého masívu na území České republiky – Čas. Mineral. Geol. 37, 257–275.
- KOŠLER J., KONOPÁSEK J., SLÁMA J., VRÁNA S. (2014): U–Pb zircon provenance of Moldanubian metasediments in the Bohemian Massif – Journal of the Geological Society, 171, 83–95.



 <b>SÚRAO</b>	Lokalita Magdaléna – geologická stavba a technická specifikace geofyzikálních prací	Evidenční označení:
		TZ 177/2017

MÍSAŘ Z., DUDEK A., HAVLENA V., WEISS J. (1983): Regionální geologie ČSSR I – Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

RACEK M., ŠTÍPSKÁ P., PITRA P., SCHULMANN K., LEXA O. (2006): Metamorphic record of burial and exhumation of orogenic lower and middle crust: new tectonothermal model for the Drosendorf window (Bohemian Massif, Austria) – *Mineralogy and Petrology*, 86, 221–251.

SUK M. ET AL. (1970): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000, list 22–243 Bernartice. – ÚÚG Praha.

TOMAS J. ET AL. (1986): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000, list 22–241 Milevsko – ÚÚG Praha.

ŽÁK J., HOLUB F. V., VERNER K. (2005): Tectonic evolution of a continental magmatic arc from transpression in the upper crust to exhumation of mid-crustal orogenic root recorded by episodically emplaced plutons: The Central Bohemian Plutonic Complex (Bohemian Massif) – *International Journal of Earth Sciences*, 94, 385–400.

# NAŠE BEZPEČNÁ BUDOUCNOST



**SÚRAO**

Správa úložišť radioaktivních odpadů

Dlážděná 6, 110 00 Praha 1

Tel.: 221 421 511, E-mail: [info@surao.cz](mailto:info@surao.cz)

[www.surao.cz](http://www.surao.cz)