

GEOFYZIKA

A

SVAHOVÉ DEFORMACE



Pavel Bláha

O čem je kniha „Geofyzika a svahové deformace“

Geofyzika a sesuvy, nebo aplikovaná geofyzika a svahové deformace? Ať to beru z kterékoli stránky, tak jsou to jevy, nebo problematika, nebo fenomén, nebo úkazy, nebo záhady anebo koníček (můj případ) a je to velmi zajímavé téma. Každopádně mne oba obory provází celou mou profesní kariérou. V této práci jsem se pokusil popsat své zkušenosti za období delší než padesát let. Předkládám nejen své zkušenosti, ale snažil jsem se využít i poznatků, které je možné získat studiem literatury, ať vědeckých článků, nebo „jen“ čtením různých závěrečných zpráv, ať již inženýrskogeologických nebo geofyzikálních. Kniha je výsledkem práce a zkušeností geofyzika, který byl celý svůj odborný život neustále v kontaktu s vynikajícími českými i zahraničními inženýrskými geology.

Předkládaná publikace je určena zájemcům o problematiku svahových deformací a jejich průzkumu či výzkumu pomocí geofyzikálních metod. Monografie může dobře sloužit ke vzájemnému pochopení a dorozumění mezi geofyziky, inženýrskými geology a dalšími specialisty, kteří se zajímají o tento obor. Další skupinou, kterou jsem chtěl oslovit, jsou pracovníci organizací, kteří z titulu své funkce se touto problematikou musí zabývat, nebo je pro ně tato problematika zajímavá jako jedna ze stránek soužití člověka s přírodou. Stejně tak může kniha posloužit jako učební text pro studium na vysokých školách.

V úvodu je popsán současný stav problematiky a je konstatováno, že geofyzikální metody při průzkumu svahových deformací zaujímají čím dál významnější místo. Je dokumentován stav v zahraničí a pro mladou českou generaci geofyziků, inženýrských geologů a dnes i geomorfologů je popsán vývoj používání geofyziky v sesuvářské problematice za celou dobu tohoto směru aplikace užití geofyziky, tj. za více než za padesát let.

Druhá kapitola je spíše věnována geofyzikům, než specialistům z jiných oborů. Uvádím v ní různé druhy dělení svahových deformací používaných u nás i v zahraničí. Nakonec zavádím dělení svahových deformací z hlediska používání geofyzikálních metod při jejich průzkumu, a jakou má geofyzika naději na úspěch při jejich průzkumu. V druhé části této kapitoly je ukázáno, jaký je účel, přínos a výhody aplikace geofyzikálních metod v tomto oboru.

Následující kapitola je opět věnována spíše geofyzikům a popisuje metody přímého vymezení svahových deformací, a to jak hloubkové, tak i plošné. Je podán obraz metod, ze kterých se v minulosti vycházelo, ale jsou prezentovány i metody nové. Je nastíněn i vývoj do blízké budoucnosti, kdy lze očekávat velký přínos dálkového průzkumu, ať pomocí družic, letadel nebo dronů.

Čtvrtá kapitola je zásadní kapitolou práce. Mimo krátkého uvedení popisujícího přechod od průzkumu bodového, přes průzkum v rovině (2D) až k průzkumu v prostoru (3D). Kapitola pak pokračuje popisem možností jednotlivých geofyzikálních metod. Netradičně se začíná karotáží, kterou v tomto případě považují de facto za metodu přímou. V ní je ukázáno, které metody přináší nejvíce poznatků a jaké jsou jejich možnosti. Podkapitola je dělena do dílčích celků, které popisují jednotlivé karotážní metody nebo jejich skupiny. V některých dílčích celcích jsou ukázány i netradiční možnosti karotáže. Na závěr podkapitoly je uvedeno zhodnocení přínosu karotážních metod.

Další podkapitola je věnována geoelektrickým metodám. Nejprve jsou prezentovány fyzikální předpoklady nasazení metody a v dalších celcích se rozebírají jednotlivé geoelektrické metody. Na závěr podkapitoly je popsáno zhodnocení přínosu geoelektrických metod. Obdobně je členěna i podkapitola o seizmických metodách. Poslední podkapitola se věnuje ostatním geofyzikálním metodám, jejichž použití při průzkumu svahových deformací je výrazně nižší než u geoelektrických a seizmických metod.

Pátá kapitola je věnována popisu komplexního použití geofyzikálních metod při průzkumu jednotlivých typů svahových deformací. Vycházím z dělení podle vhodnosti použití geofyzikálních metod při jejich průzkumu, nikoli podle dělení inženýrskogeologického. Pro každý typ deformací jsou dva příklady s výjimkou typu tečení, kdy je příklad jediný. K prezentaci jsem

vybíral lokality, kdy jsem byl řešitelem geofyzikální části průzkumu, nebo alespoň spoluřešitelem.

Šestá kapitola je věnována geofyzikálnímu monitoringu. Opět vycházím z československých zkušeností začínajících již v sedmdesátých letech. Později u nás geofyzikální monitoring začal upadat a naopak se rozvíjel v zemích na západ od nás. Dnes již existují v Evropě pracoviště, ve kterých geofyzikální monitoring tvoří výraznou část jejich pracovní náplně.

Knihy je uzavřena závěrem, který hodnotí možnosti jednotlivých geofyzikálních metod, ale i geofyziky jako celku, při průzkumu a výzkumu svahových deformací. Zde je zdůrazňováno, jak důležitý je společný přístup odborníků všech spřízněných oborů při inženýrskogeologické a geotechnické interpretaci geofyzikálního měření na svahových deformacích. Právě v této skutečnosti byla síla tohoto oboru u nás. Ten předběhl aplikaci geofyziky při průzkumu svahových deformací ve světě o řadu let. Bohužel, objektivní skutečnosti nám znemožnily tento styl práce dostatečně prezentovat ve světové literatuře.

Ke knize jsou připojeny dva appendixy. První je věnován geoakustice, která dlouhá léta byla u nás jedinou metodou, která dokázala spolehlivě ve vrtech určit polohu smykové plochy nebo zóny. Postupně byla nahrazena jinými metodami, ale je nutné připomenout, že tato metoda začíná být ve světě znovu používána jako metoda monitorovací. Druhý appendix je věnován také impulzní metodě, tj. metodě elektromagnetických emisí. U ní je složitější definovat měřenou veličinu, a proto bylo u nás od jejího používání upuštěno. V některých případech metoda dokázala identifikovat smykovou plochu, v jiných případech selhávala. Opět se ukazuje, že v západní Evropě jí začíná být znovu věnována zvýšená pozornost. Tamní specialisté vychází z jejího používání pro sledování aktivity zlomových pásem, ale ukazuje se, že elektromagnetické emise jsou emitovány i rozsáhlými svahovými deformacemi.

V celé knize jsem se snažil vše ukazovat na konkrétních případech. Kniha tak obsahuje více než dvě stě padesát příkladů z průzkumu našich, ale i zahraničních svahových deformací. Nestanovil jsem si za úkol věnovat se teoretickým rozborům, poučkám a normám, ale vše jsem se snažil dokumentovat na konkrétních příkladech. Mým cílem bylo i poukázat na skutečnosti, jejichž zanedbání vede ke hmotným škodám nebo i ztrátám na lidských životech.

Autor

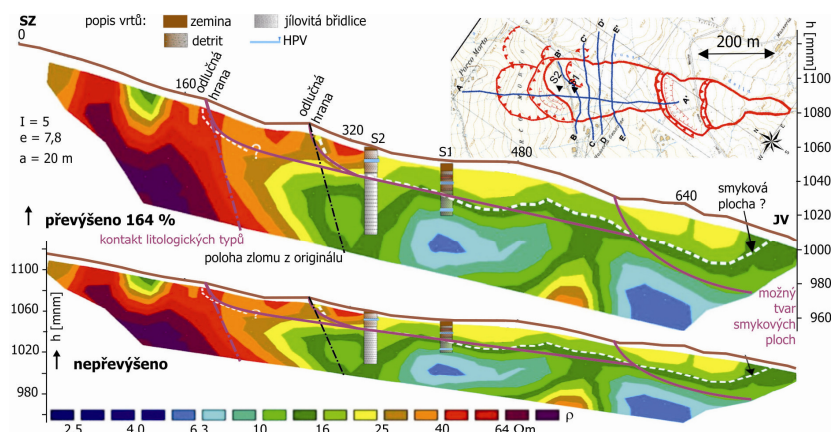
Obsah

1	Úvod	1
1.1	Současný stav problematiky	1
1.2	Vývoj používání geofyziky při průzkumu svahových deformací	4
2	Rozbor problematiky svahových deformací	8
2.1	Klasifikace svahových deformací z hlediska geofyziky	8
2.2	Účel, přínos a výhody geofyzikálních měření	14
3	Metody přímého vymezení svahových deformací	20
3.1	Určování hloubek smykových ploch	21
3.1.1	Metody přesné inklinometrie	21
3.1.2	Impulzní metody	25
3.1.3	Ostatní metody	28
3.2	Určování plošného rozsahu svahových deformací	30
4	Specifika geofyziky při průzkumu stavových deformací	35
4.1	Rozbor přínosu karotážních metod	43
4.1.1	Metody akustické karotáže	44
4.1.2	Metody "hustotní" a elektrické karotáže	51
4.1.3	Sledování stěn vrtu	57
4.1.4	Sledování vodního režimu	62
4.1.5	Nestandardní aplikace karotáže	65
4.1.6	Zhodnocení přínosu karotážních metod ke studiu svahových deformací	69
4.2	Rozbor přínosu geoelektrických metod	72
4.2.1	Fyzikální předpoklady	72
4.2.2	Vertikální elektrické sondování (VES)	76
4.2.3	Elektrická odporová tomografie (ERT)	81
4.2.4	Geologický radar (GPR)	92
4.2.5	Odporové profilování	99
4.2.6	Spontánní polarizace	104
4.2.7	Elektromagnetické metody	108
4.2.8	Neobvyklé použití geoelektrických metod	111
4.2.9	Elektromagnetické emise	112
4.2.10	Zhodnocení přínosu geoelektrických metod	114
4.3	Rozbor přínosu seizmických metod	116
4.3.1	Fyzikální předpoklady	116
4.3.2	Refrakční seizmika	120
4.3.3	Reflexní seizmika	131
4.3.4	Přirozené mikroseizmické jevy	134
4.3.5	Atypické použití seizmických metod	145
4.3.6	Zhodnocení přínosu seizmických metod	147
4.4	Rozbor přínosu ostatních geofyzikálních metod	148
4.4.1	Gravimetrické metody	149
4.4.2	Magnetometrické metody	155
4.4.3	Geotermická měření	158
4.4.4	Radiometrická měření	163
4.4.5	Letecké metody	164
4.4.6	Gravimetrie, magnetiky, termometrie, radiometrie a leteckých metod	168
4.5	Přínos geofyzikálních metod ke studiu svahových deformací	169
5	Komplexní geofyzikální studium svahových deformací	171
5.1	Sesuvy v zeminách	171
5.1.1	Ujala I	171
5.1.2	Třinec	181
5.1.3	Geofyzikální metody při studiu sesuvů v zeminách	187

5.2	Zemní proudy	188
5.2.1	Potok	189
5.2.2	Geofyzikální metody při studiu svahových deformací typu tečení	192
5.3	Blokové deformace	192
5.3.1	Rovný	192
5.3.2	Hrhov	196
5.3.3	Geofyzikální metody při studiu blokových deformací	201
5.4	Skalní sesuvy	202
5.4.1	Dalešice	202
5.4.2	Mingčukur	206
5.4.3	Geofyzikální metody při studium skalních svahových deformací	207
5.5	Vrstevní sesuvy	207
5.5.1	Karolinka	208
5.5.2	Šance	214
5.5.3	Geofyzikální metody při studiu vrstevních sesuvů	222
6	Geofyzikální monitoring	223
6.1	Karotážní monitoring	223
6.2	Geoelektrický monitoring	226
6.3	Seizmický monitoring	240
6.4	Monitoring ostatními geofyzikálními metodami	248
6.4.1	Gravimetrický monitoring	248
6.4.2	Magnetometrický monitoring	250
6.4.3	Teplotní monitoring	253
6.4.4	Možnosti geofyzikálních metod pro monitorování svahových deformací	255
7	Závěr	256
A	Apendix A, Geoakustická metoda	261
A.1	Princip metody	261
A.1.1	Principy geoakustické metody	262
A.1.2	Možnosti geoakustické metody	268
A.2	Systém měření a zpracování	269
A.2.1	Geoakustické aparatury	269
A.2.2	Metodika měření	270
A.2.3	Metodika zpracování	275
A.2.4	Česká metodika geoakustického měření a zpracování výsledků	277
A.3	Geoakustická měření na svahových deformacích	278
A.3.1	Vrtná geoakustická měření	279
A.3.2	Speciální geoakustická měření na svahových deformacích	284
A.4	Aplikace geoakustické metody mimo svahové deformace	287
B	Apendix B, Metoda elektromagnetických emisí	293
B.1	Princip metody	294
B.2	Krátkodobá měření vysokofrekvenčního elektromagnetického pole	297
B.3	Časové změny VEP	301
B.4	Sledování pole VEP v HG vrtech	305
B.5	Sledování pole VEP na svahových deformacích	207
B.6	Zhodnocení přínosu metody VEP	312
	Zkratky	315
	Literatura	317
	Obsah	336
	Reklama	338

Úspěšnou aplikaci ERT i s geologickou interpretací je možné najít v úvodu čtvrté kapitoly na obrázku 4.0.2. Je samozřejmé, že na geologickou interpretaci geofyzikálních výsledků není vždy jednoznačný náhled, což samozřejmě neznamená, že předvedená ukázka nemá svoji váhu. Další ukázkou úspěšného použití metody ERT při výzkumu svahových deformací podávají de Bari C. a kol., 2011 (obr. 4.2.20). Svahová deformace Picerno leží v jižní Itálii a při jejím průzkumu byl proměřen jeden podélný a čtyři příčné profily. Jako podklad pro zpracování řezů ERT bylo použito digitální model terénu. Celá oblast se vyznačuje častým výskytem svahových deformací a geologicky je tvořena vápenato-křemitými horninami. Křemité břidlice jsou triasového a jurského stáří, flyšové sedimenty se skládají z jílovců, křemitých slínovců, jílu a slínů. K prvnímu pohybu sesuvu došlo v březnu 2006. Sesuv je 600 metrů dlouhý a 230 metrů široký a rozdíl nejvyšší a nejnižší kóty sesuvu dosahuje cca 95 metrů a je charakterizován jako rotačně translační. K průzkumu sesuvu byla použita fotogrametrie, metoda DEM, inženýrskogeologické a geomorfologické mapování, z geofyzikálních metod pak metoda elektrické odporové tomografie.

Měrné odpory části horniny se dosahují relativně nízkých hodnot, 2–70 Ωm . Horniny s měrnými odpory okolo 20 Ωm tvoří tělo sesuvu a představují porušený a porézní materiál. Horniny s měrným odporem menším než 10 Ωm ležící pod smykovou plochou jsou jílovité a vyznačují se vysokou vlhkostí. V metrů 280 metrů byl vymapován zlom, který podmínil polohu hlavní odlučné hrany sesuvu. Vlastní zlom odděluje horniny s vysokým měrným odporem výše do svahu od hornin od hornin se středním a nízkým měrným odporem pod sesuvem. Originální znázornění výsledků ERT na tomto sesuvu má jeden základní nedostatek, a tím je převýšení řezu. V tomto momentě se ztrácí možnost rychlého odhadu tvaru či dokonce existence smykové plochy. Je možné, že autoři byli vedeni myšlenkou lépe zobrazit odporové pole, ale v tomto případě měli uvést profil převýšený i nepřevýšený. K původní interpretaci je možné přidat několik poznámek. Jiná možnost interpretace je v obrázku 4.2.20 vkreslena fialovou barvou. Z předchozího textu o modelování metody ERT vyplývá, že je málo pravděpodobné vést smykovou plochu na rozhraní dvou barev, tj. na jedné hodnotě měrného odporu horniny. Je pravděpodobné, že smyková plocha je planární, a pak pravděpodobně probíhá tak, jak ji na obrázku představuje fialová čára. Je překvapující, že ani v jednom vrtu nebyla určena poloha smykové plochy. Zde se ukazuje, jakým nedostatkem je absence karotážních měření, zejména pak v hlubším vrtu S2. Je samozřejmé, že bez hlubší znalosti geologických podmínek na lokalitě, je možné pronášet pouze obecné připomínky a spíše než jako skutečnou geologickou interpretaci je brát jako námět k věcné diskuzi. V mnoha pracích publikovaných v časopisech i na odborných konferencích se zdá, že ve světě není běžné to, co u nás bylo v sedmdesátých a osmdesátých letech samozřejmé, tj. společná závěrečná interpretace výsledků



Obr. 4.2.20 Metoda ERT na sesuvu Picerno (profil A-A'), podle: de Bari C. a kol., 2011