

P.g. Jaroslav U h l í k, VÚHU

Geofyzikální metody pro vyhledávání zpevněných poloh
a nezavalených dutin v uhelné sloji

1. Úvod

Článek se zabývá dvěma hlavními problémy, řešenými na oddělení geofyziky VÚHU Most v období 7. PLP, tj. výzkumem těžko-rozpojitelných poloh v nadloží a zjišťováním nezavalených dutin v uhelné sloji. Je uveden postup při výběru metod zejména s ohledem na provozní podmínky a uplatnění geofyziky jako součásti komplexního geologického průzkumu. V závěru jsou naznačeny možnosti dalšího rozvoje geofyzikálních metod a jejich využívání v SHR a směr výzkumných prací v letech 1986-1988.

Aplikovaná geofyzika je součástí obecné geofyziky, zabývající se fyzikou celé země. Užitá geofyzika se zabývá využitím fyzikálních polí, zejména elektrických přirozených a umělých polí, přirozené i umělé seismicity, magnetického i gravimetrického pole, termického pole i tlakového pole pro geologické účely. Již v tomto definovaném pojetí je poukázáno na pomocný a doplňkový charakter užité geofyziky, což platí i pro všechny geotechnologické vědy. Vzhledem k obsahu práce Výzkumného ústavu hnědého uhlí v Mostě je specifikována užitá geofyzika jako hornická geofyzika, která jako pomocná věda se zabývá řešením geologické a těžební problematiky severočeské hnědouhelné pánve.

Stručný přehled problematiky řešené geofyzikou VÚHU v uplynulém období 7. pětiletky:

- Sledování výchozové linie komplexem geofyzikálních metod s cílem upřesnit polohu výchozů.

Sleduje se

- a) proměnný fyzikální stav nadložních hornin (např. mocnost, počet vrstev, interpolace a extrapolace určitého typu horniny);
 - b) průběh tektoniky (zejména příčné vzhledem k průběhu výchozu);
 - c) charakteristický horizont (např. podložní křemence, typické skupiny vrstev atd.);
 - d) charakteristický průvodní jev výchozových partií uhelné sloje (např. vypálené jíly apod.).
- Výskyt místního zvodnění, zejména elektrickými a indučními metodami a metodami odporovými.

Sleduje se

- a) depresní efekty podložních hornin;
 - b) interpolace a extrapolace průběhu nízkoodporového nepropustného jílového podloží;
 - c) průběh enormně nízkého odporu;
 - d) indikace a extrapolace a interpolace průběhu otevřených tektonických linií.
- Vyšetřování homogenity nadložních hornin pro stanovení prognózy a plánování postupu těžebních prací, a to nejčastěji komplexem geoelektrických a seismických metod.

Sleduje se

- a) vertikální difference (nespojitosť) uhelné sloje při indikování přerubaných prostor;
- b) spojitost a homogenita nadložních sedimentů v souvislosti s výskytem velmi tvrdých poloh;

- c) diferencovanost horninové třídy (např. ohraničení různých typů a poloh vypálených jíílů, štěrkopísků, terciérních efuziv apod.).
- Vyšetřování inhomogenity uhelné sloje komplexem odporových, indukčních, seismických a vysokofrekvenčních metod pro bezporuchovou těžbu zejména v závalových polích.

Sleduje se

- a) změna elektrického odporu a rychlostních parametrů spolu s průběhem koeficientu porozity při orientačním určení kvality uhelné sloje;
- b) termometrické a odporové indikování zápary a ohněm zasažené sloje;
- c) změny a tvar rozložení specifického elektrického odporu a vodivosti spolu s diferencí rychlostních parametrů při indikování nezavalených důlních objektů a ohraničení závalových polí.

Popisovaná řešená problematika ukazuje složitost úložných poměrů a antropomorfních vlivů v oblasti Severočeské hnědouhelné pánve. Úložné poměry jsou složité zejména ve výchozových partiích. Ale i ve střední oblasti pánve komplikuje průzkum deltovitý charakter sedimentace terciérních hornin. Homogenitu úložných poměrů narušuje dále tektonika, stupeň narušení starou dolovou činností prohořelými partiemi uhelné sloje v blízkosti výchozů, výskyt impregnace sloje i nadložních hornin sekundárními minerály.

Pro geofyzikální průzkum je na překážku kromě zmíněných komplexů rušivých vlivů i hloubka, do které se sledování má provádět. Zejména požadavkem určení vysoké přesnosti hloubkového uložení rušivých anomálních jevů nemůže být dnešní geofyzikální průzkum konkurentem vrtnému průzkumu, i když je tento pomalejší a dražší než prognózované geofyzikální metody.

Další neméně důležitou překážkou geofyzikálního průzkumu je vliv antropomorfní činnosti, tj. zakrytí rostlého terénu výsypkovými materiály, zastavěnost terénu, četné energetické sítě, přesunuté zeminy apod..

Vzhledem k uvedeným faktům a k malé kapacitě geofyzikálního oddělení VÚHU bylo nutno zaměřit průzkum na nejdůležitější požadavky provozu a těžby.

Podle prioritních nároků a časově nárokováných požadavků byl geofyzikální průzkum zaměřen nejprve na určení možností geofyzikálního průzkumu při indikování nezavalených dutin po bývalé důlní činnosti a následně pak na stanovení komplexu metod, vhodných pro vyhledávání poloh velmi tvrdých hornin v nadloží uhelné sloje. Popis použitých metod a metodik, specifikace hledaných objektů, postup řešení a "nadějnost" takového ověřování v praxi jsou předmětem následujících kapitol tohoto článku.

2. Geofyzikální metody zjišťování nezavalených dutin v uhelné sloji

Zhruba do počátku první světové války nebyla důlní díla vázána dokumentačními předpisy, předpisy o nutném závalu a kromě toho tzv. "divoké dolování" nebylo vázáno ani lokačními předpisy o poloze svislých šachtic. Ale ani později nebyly dodržovány předpisy o nutném závalu, zejména okrajových partií dolů poblíže tektonických linií či výchozů. Výsledkem je anonymní výskyt nezavalených důlních děl, zejména v blízkosti výchozových partií uhelné sloje.

Pro orientaci uvádíme hrubé třídění dolové činnosti z hlediska odkryvu vrtným průzkumem nebo geofyzikálním měřením.

- a) Šachtice do hloubky cca 12 až 15 metrů s hvězdicovým rozvojem úzkých krátkých chodeb na počvě šachtice. Poloha neudávána.
- b) Hlavní úpadnice, napojená na nepravidelnou síť krátkých chodeb ("rozfárání") s chodbami do délek max. 20 metrů, místy

se zdvojenými chodbami (větrání) bez výstroje.

- c) 20 metrů hluboká šachtice (vystrojená) s rozfáráním mnohdy i dvoupatrovým s primitivní výstrojí a větráním. Místy je i výskyt závalového řízení po těžební činnosti.
- d) Regulérní dobývání bez dokumentačních důlních plánů a bez navázání na jednotnou topografickou situaci na povrchu. Chodby mají již i výstroj. Výskyt řízeného závalu.
- e) Obdobné s víceetážovým dobýváním, s dopravním systémem, s větrací sítí (výdušné jámy) a s řízeným odvodněním.
- f) Regulérní dobývání s důlní situací navázanou na jednotný topografický systém. Výskyt nedokonalých závalů zejména na okrajích jednotlivých dobývacích polí.

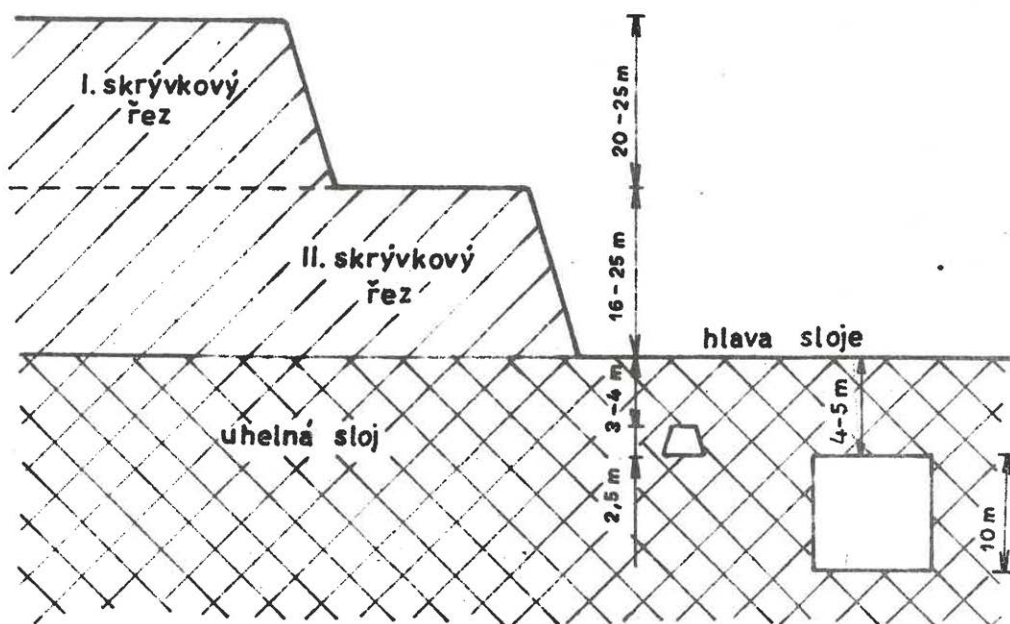
Pro účely geofyzikálního průzkumu (tj. vzhledem k poloze, tvaru a hloubce uložení) lze vytřídit nezavalená důlní díla takto:

Typ dutiny	Velikost	Do hloubky
Jáma neb šachtice	průměr max. 6 metrů šachtice 2 x 2 metry	od 0 do 15 m
Netypizovaná chodba	šířka 0,75 výška 1,2 - 1,5 m	do 10 m
Typizovaná chodba	šířka 1,75 až 1,8 výška 1,8 až 2 m	do 10 až 16 m
Velká komora	šířka 4 - 5 metrů délka 10 - 12 metrů výška 7 - 9 metrů	do 20 metrů
Malá komora	šířka x délka 4 až 5 m výška 3 až 5 metrů	do 15 metrů

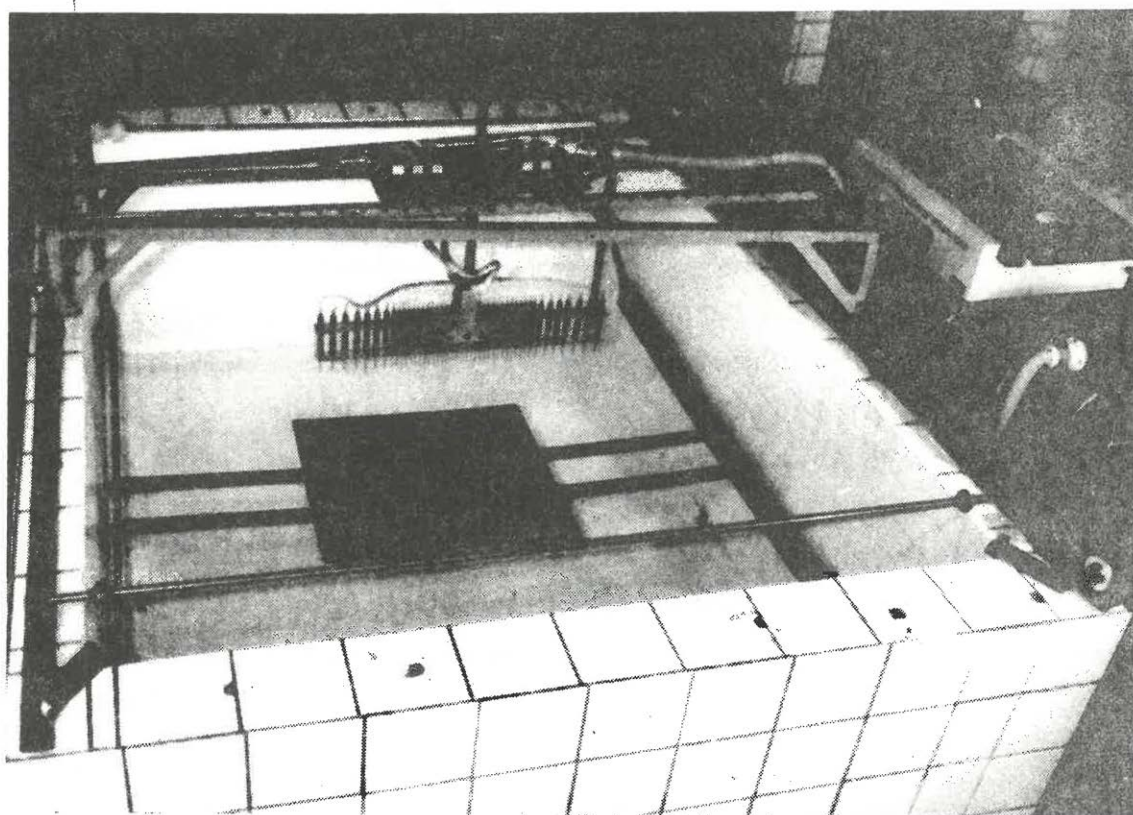
Pro geofyzikální indikování dutin byly vyčleněny postupně následující fyzikální parametry:

Indikace dutiny typu	Fyzikální parametr
chodba, komora, nezavalená, nezvodněná	spec. elektrický odpor vysoký (teoreticky "nekonečný") pro odporové a indukční metody
chodba, komora bez zvodnění a závalu	diference objemové hmotnosti pro gravimetrické metody
chodba, komora část. zavalená, část. zvodněná	podélná a příčná složka seism. rychlosti pružných vln
chodby s kovovou výstrojí (koleje, kovová výztuž atd.)	magnetická susceptibilita a remanentní magnetizace pro geomagnetické metody
chodba, komora v závalových polích se zápary	teplotní difference, koeficient tep. vodivosti pro termické metody
chodba, komora s homogenním prostředím kolem dutiny	vysokofrekvenční elektr. pole, permitivita
dutiny s tlakovou zónou	vysokofrekvenční neb ultrazvukové parametry

Podnětem k výzkumným pracím byl požadavek GR SHD ověřit možnost geofyzikálních metod k zjišťování nezavalených dutin pro zajištění bezpečnosti provozu velkостrojů na uhelných i nadložních řezech. V první fázi geofyzikálních prací bylo provedeno orientační měření pro vymezení hloubkové účinnosti aplikovaných geofyzikálních metod. Vzhledem k výšce nadložního řezu nad hlavou uhelné sloje by byl nutný hloubkový dosah užitých geofyzikálních metod cca 28 - 30 metrů, protože výška řezu je 16 až 25 metrů, strop dutin nad hlavou sloje bývá cca 3 až 4 metry



Obr. 1 Ideální řez



(bezpečnostní faktor). Uvedené poměry jsou ilustrovány na obr. č. 1.

Průzkum proto musel být orientován na nejnižší možnou hladinu, tj. na hlavu uhelného nebo odlehčovacího řezu. Pouze v bezprostřední blízkosti výchozu uhelné sloje bylo měřeno s povrchu terénu. Zde však přistupuje paralyzující vliv nehomogenity nadložních vrstev.

V první fázi průzkumu bylo přikročeno k modelovému měření analogovou metodou. Měřilo se v modelové vaně Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí Most. V uvedené době to byl jediný dostupný analogon v akci kromě obdobného zařízení v Báňském ústavu ve Freibergu (NDR). Na analogovém zařízení v komplexním měřítku 1:100 (viz fotogr. přílohu) byla provedena měření pro všechny varianty vertikálního odporového sondování a rovinného profilování s galvanickým přívodem proudu. Tyto metody byly aplikovány na různé typy modelů schematického tvaru (model chodby válec, trubka, hranol). Rovněž počet "dutin", jejich polohy a vzájemná rekombinace byly voleny až do stupně přibližně shodného s uspořádáním důlních děl v reálu. Z naměřených křivek průběhu specifického elektrického odporu nad zmíněným modelovým uspořádáním byly sestaveny atlasy porovnávacích křivek pro sledování shody modelově zjištěných a v terénu naměřených křivek. Pokud bylo terénní měření prováděno jinými než odporovými metodami, byly odporové metody doplňkem primární metody. Srovnávací měření pak bylo určující pro metodu, jež neměla analogový protějšek.

Geofyzikální metody, aplikované na dutiny, seřazené chronologicky od první fáze pokusného měření až po zkoušení nových nadějných metod.

A - gravimetrické metody - metodika aplikace torzní váhy (Askania);

- | | |
|---|--|
| přímé metody
určení | - metoda statického gravimetru
s nižší přesností; |
| B - elektromagn. metody
nepřímé metody
určení | - jedno- a dvourámové metody Elbof
a Haalck. Profilová měření jedno
a dvourámová; |
| C - geomagnetická met. | - měření Ž/H torzními i břitovými
vahami v jednotkách hT. Podmínkou
byla existence železné výstroje
v chodbách; |
| D - odporové elektrické
metody | - velký počet různých metod a sub-
metod. Popis následuje v kapito-
le: Aplikované metody ve VÚHU; |
| E - termometrické metody
přímá metoda | - nepřímá měření v první fázi vý-
zkumu. Měření vlastního oxidač-
ního tepla uhlí v důlních dílech
jako druhá (přímá) fáze výzkumu.
V poslední fázi s citlivostí 0,01°C; |
| F - speciální metody
nepřímé metody | - metoda vřr (metoda RADAR) a meto-
dy seismické (profilování, meto-
da útlumu a metoda stínová), me-
toda dlouhých vln. |

Vzhledem k vybavení geofyziky VÚHU byly ověřovány metody pod body A, B, C a D. Vypůjčenou aparaturou byly ověřovány metody pod D a C. Ve spolupráci s jinými organizacemi byly ověřovány metody pod D a F.

V době ověřování popisovaných metod nebyl ani v zahraničí průzkum dutin příliš rozšířený. Sledování dutin geofyzikálními metodami bylo nejprve prováděno v oblastech krasových projevů (Francie). Dutiny po antropomorfické činnosti (v neuhelných oblastech) byly zjišťovány v oblastech PLR a NDR. V uhelných

oblastech NDR, SSSR a později USA a PLR byla prováděna geofyzikální měření na dutiny po bývalé dolové činnosti přímo v provozech velkolomů nebo na okrajích výchozových partií. Hloubkový přístup se u všech klasických geofyzikálních metod ustálil na hodnotách blízkých hodnotám, uvedeným v závěrečných tabulkách geofyziky VÚHU.

Specifické podmínky v SHR

- 1 - Teoretické práce a větší objem výzkumu v cizině byl soustředěn na sledování individuální dutiny v homogenním prostředí.

Případ SHR: častější je výskyt celého aglomerátu dutin. Jednotlivé izolované dutiny jsou vzácné. Homogenní prostředí včetně nadloží se nevyskytuje.

- 2 - Pro optimální sledování je výhodný výskyt individuální dutiny bez dalších rušivých jevů.

Případ SHR: rušení tlakovými zónami, bludnými průmyslovými proudy, nehomogeností prostředí i nadloží, různý stupeň zvodnění a závalu.

- 3 - Ověřování dutin je optimální za přítomnosti velkého manipulačního prostoru, za klidu a za podmínky dostatečného dispozičního času proměření i vyhodnocení.

Případ SHR: k dispozici je nejčastěji omezený manipulační prostor rušený navíc těžebními pracemi, přesunem dobývací techniky. Nevýhodou je rovněž krátký dispoziční čas mezi uvolněním prostoru k měření a dobou odtěžení vzhledem k rychlosti těžebních prací v SHR.

- 4 - Pro optimální průzkum je vhodné znát předem přibližnou hloubku a tvar hledané dutiny před vlastním průzkumem.

Případ SHR: v případě primárního průzkumu je hloubka udána jen velmi přibližně a polohu nelze udat předem ani orientačně. Vzhledem k nebezpečí ohrožení těžkých těžebních

strojů je nutný průzkum detailního až mikrodetailního charakteru pro vyčlenění požadovaných parametrů sledovaných nezavalených důlních děl.

Aplikované metody geofyziky ve VÚHU

První fáze průzkumu

V první fázi průzkumu byla sestavena mapa křivek typizovaných tvarů dutin nebo komplexu dutin na modelovém zařízení. Pak byly provedeny teoretické gravimetrické křivky nad modelovými dutinami. Nato bylo přikročeno k vyzkoušení klasických gravimetrických metod v kombinaci s metodami geoelektrickými. Primárně bylo měřeno nad polohově známou individuální dutinou. Po ověřování tzv. "Modelové dutiny" bylo přikročeno k určování hloubkového dosahu různých metod a submetod za kontrolovaných podmínek. Byly stanoveny orientační hodnoty hloubkového dosahu a faktor korelace hloubek. Při měření gravitační vahou byly zjištěny tíhové difference do hloubek 10 až 15 metrů. Měření však bylo pomalé a rušené těžební činnostmi. Pro tento pomalý postup měření a zdoluhavost interpretačního procesu se metoda torzní gravimetrie ukázala jako nevhodnou pro provozní sledování výskytu nezavalených dutin.

Při měření statickým gravimetrem bylo nejprve zjištěno, že přístroje první generace, tj. přístroje s nižší citlivostí, jsou nepřesné a i při zvýšené rychlosti měření nedostačují podmínkách v těžebním provozu velkolomů. Navíc zpracování topografických korekcí a různých typů redukcí prodloužilo neúnosně čas potřebný k interpretaci. Ani měření s přístroji vyšší třídy citlivosti (tzv. setinovými gravimetry) nepotvrdilo vhodnost gravimetrických metod pro hledání dutin v provozech velkolomů SHR.

Zkoušení geomagnetické metody končilo závěrem o specifických aplikacích této metody. Uvedená nepřímá metoda je vhodná

jen pro sledování nezavalených a zavalených důlních děl, v nichž existují zbytky železné důlní výstroje. Zmíněné specifické podmínky odsouvají metodu na okraj aplikovatelných metod, a to pro případy, kdy polohu nelze určit jinými metodami a lze-li spolehlivě předpokládat výskyt železné výstroje v důlních dílech. Identický postup ověřování indikace nezavalených dutin byl zaveden i pro indukční metody shora popsaného typu. Lze jej použít jen okrajově. Měření bylo ovlivněno sekundárními složkami rušivých elektromagnetických polí. Pokud je k dispozici terén s podlimitním rušením a prostor je dostatečně rozměrný pro dispoziční měření, lze uvedené metody použít pro sledování inhomogenit zvodnění, geneticky spojeného výskytem zvodněných dutin. Pro tento účel byla vyzkoušena metoda TURAM a metoda Slingram. Okrajově, vzhledem k většímu ovlivňování rušivými složkami elektromagnetického pole, byla použita též metoda Elbof. Všechny elektromagnetické metody však nemohly určit spolehlivěji hloubku rušivé anomálie (viz závěrečné srovnávací tabulky užitých geofyzikálních metod). Vliv proměnné vlhkosti na lokalizaci individuálních dutin!

Druhá fáze průzkumu

V druhé, závěrečné fázi výzkumu bylo použito převážně geoelektrických odporových metod. Dále byly aplikovány metody termometrická, metoda dlouhých vln (VDV) a vysokofrekvenční metoda RADAR. Vzhledem k dostupnosti elektroodporových aparatur a relativně vysoké citlivosti elektroodporových metod byla druhá část průzkumu věnována aplikaci odporových metod na extrémní podmínky výskytu dutin a hledán optimální hloubkový dosah uvedených metod.

Odporové metody byly aplikovány ve verzi detailního profilování vertikálním odporovým sondováním, dále v různých submetodách geoelektrického profilování, a to ve všech dostupných kombinacích elektrodového uspořádání. Zkoušeno bylo zejména

kombinované profilování, gradientové profilování, a to zejména v Lindgrenově poli i metody s rozmístěním proudových elektrod v různých výškových polohách. I při málo vhodném hloubkovém dosahu byla u těchto popisovaných metod zjištěna vhodná kombinace a optimalizace požadavků. Metody jsou relativně rychlé, určení anomálie dostatečně spolehlivé a rušení lze eliminovat na minimální hodnotu. Metody jsou vcelku univerzální a platné pro širokou paletu fyzikálních podmínek, tudíž i pro spolehlivé určení výskytu dutin v mezích určeného hloubkového dosahu.

Termometrie je opět metodou určenou pro spolehlivou indikaci dutin v mezích tabelovaného hloubkového dosahu. Nevýhodou jinak rychlé metody je však nutnost měření jen v určitých teplotních denních a ročních fázích, v době tzv. tepelné inverze. Nevýhodou je rovněž složitý přepočet rušivých vlivů denních a ročních variací. Termometrické metody jsou perspektivní jen ve variantě bezkontaktního měření, a to IFR termometry se setinovou přesností snímání naměřených hodnot. Perspektivní metoda snímání plošného infračerveného ekvivalentu byla vyzkoušena jen letmo a proto se závěry nepublikují. Vzhledem k dosud uskutečněným bodovým termometrickým měřením lze považovat plošné snímání IFR za velmi perspektivní. Hloubkový dosah bodového snímání je uveden v tabulkách.

Metoda velmi dlouhých vln je okrajová metoda pro určování nezavalených dutin. Spolehlivost určení při daném hloubkovém dosahu (viz tabulka) je omezena proměnlivostí zóny, obklopující dutinu, která vlastní lokaci dutiny určuje. Tento poznatek platí i pro metodu měření RADAREM. Nevýhodou metody dlouhých vln je dále nutnost alespoň přibližné znalosti orientace dutiny, která musí mít navíc charakter dlouhé chodby. V opačném případě nejsou zjištěné anomálie totožné s polohou výskytu nezavalené dutiny. Na překážku je i vysoký stupeň zvlhčení nadložených hornin. V uvedeném případě toto zvlhčení působí jako spolehlivé stínění hledané dutiny.

Metoda vysokofrekvenční geoelektriky ve verzi RADAR byla a dosud je stále ověřována vzhledem k možnosti vysledování nezavalených dutin. Z dosud provedených měření se konstatuje vysoká produktivita průzkumu i interpretace (provádí se strojová interpretace přímo při měření).

Nevýhodou je opět vázanost určení dutiny na proměnné tlakové zóně, což vyvolává zdánlivě větší hloubkovou účinnost, která je pro prosté určení dutiny daleko nižší (viz srovnávací tabulku) a další nevýhodou je vliv zvlhčení, zejména pří-povrchových vrstev, které má stínící účinek na vlastní lokaci dutin. Nicméně je tato metoda spolu s metodou termometrickou velmi perspektivní a zmíněné nedostatky jsou odrazem dosud malých zkušeností s popisovanými metodami při průzkumu nezavalených důlních dutin v lomovém provozu Severočeského hnědouhelného revíru.

Touto druhou fází skončil průzkum a závěrem konstatované výsledky průzkumu jsou prezentovány následující tabulkou. V této tabulce jsou shrnuty výsledky měření prováděná geofyzikou VÚHU Most a měření prováděná ve spolupráci s Ústavem stavební geologie Praha, Geofyzikou Brno a Výzkumným ústavem geodezie, topografie a kartografie Praha. Hloubkový dosah je zjišťován empiricky. V tabulce není uveden vliv těsně sousedících dutin a dutiny jsou indikovány jako jediná anomalie.

Tabulka č. 1

Užité metody	Hloubkový dosah	Aplikace (typ dutiny)	Specif. podmínky	Zhodnocení
Vyšší derivace tíh. pole	do 1 m do 5 m	komora chodba	velmi přesná výšk. topografie	Vzhledem k specifickým podmínkám a pomalosti průzkumu i vyhodnocení, pro lomové řezy nevhodné
Statický gravimetr - setinový	do 10 m do 2-4 m	komora chodba	přesná výšk. topografie blízk. okolí	Vzhledem k uvedeným podmínkám pro lomové řezy, poměry nevhodná metoda, jen pro specif. podmínky
Magnetometrie metoda současného čtení neb gradientu	do 2-6 m	vystrojená chodba	nutné zbytky železné výstroje	Vzhledem k uvedeným podmínkám a k značnému rušení bludnými průmyslovými proudy je tato metoda jen okrajová pro specifické podmínky
Indukční metoda jedno a dvou cívková Slingram, Elbof	do 8 m do 4 m	komora chodba s vodou neb záparou	určení dutiny jen ve spojitosti se zvodněním neb záparami	Metody nepoužitelné již pro nutnost většího volného manipulačního prostoru. Jen pro spec. podmínky

Pokračování tabulky č. 1

Odporové profilování různého typu	do 8 m do 5 m do 3 m	komory chodby větší chodby s část. závalem	znalost geolog. situace a spec. elektr.odporů hornin, homogen- ní prostředí	Reálná metoda do uve- dených hloubek jen mi- mo zvodnění a při ho- mog. nadloží. S růstem nehomogenosti hloubky dosah prudce klesá.
Metoda velmi dlouhých vln	do 4 metrů	chodby i komory	dtto a kromě toho orientace chodeb	Metoda omezená orienta- cí chodeb.
Termometrické metody	do 6 metrů	chodby i komory zápary s část. závalem	nutno měřit v urči- tém režimu dne a ro- ku	Metoda perspektivní, ale jako bodová metoda omezena časově pak je málo produktivní. Plošné IFR snímání výhodnější, ale v SHR dosud nevyzkou- šeno.
Seismické metody	do 2-3 metrů	nezavalené chodby a komory o menší hustotě na plochu	nutno měřit s vyš- ší frekvencí a hus- totou snímačů	Pracná metoda, málo vhodná pro lomové pod- mínky. V případě vfr metody vhodná pro spec. podmínky.
Nekarotážní meto- dy s použitím vrtů	neomezená hloubka daná hloubkou vrtu do 5-6 m kolem vrtu	chodby i komory	potřeba vrtu	Sporadicky ověřováno v SHR. Pouze pro specifické potřeby. V lomových pomě- rech nejsou k dispozici vhodně orientované vrty.

Perspektiva zjišťování nezavaleňých důlních děl

Metoda	Oblast sledování	Aparatura	Hl. dosah
Vfr metody RADAR	velmi malé hloubky i ve složitém těžebním geol. prostředí	Typ SIR A1 (9)	do 4-6 metrů
Termometrie IFR termometr	malé hloubky v oblasti silné oxidace uhlí v dutinách a v oblasti zápar a ohňů	infračervené plošné snímání IFR termometr	do 6-8 metrů podle typu objektu
Odporové metody spojitého snímání v kombinaci s některou z uved. metod	malé hloubky s homog. nadloží a jednoplošnou těžební sítí	selektivní citlivá elektroaparatura s digit. zpracováním	do 6 metrů
Vrtný průzkum s implementovaným geof. měřením	velké hloubky i složité těž. a geolog. poměry	frekvenční snímací aparatury na vrtném soutyčí	neomezená hloubka do 6 - 10 m od osy vrtu

3. Geofyzikální metody vyhledávání zpevněných poloh /VTP/ v nadloží

Velmi tvrdé polohy v nadloží terciérní hnědouhelné sloje představují vážný problém pro kontinualitu těžby, zejména na velkolomech. Postupem lomových řezů do výchozových oblastí nebo do oblastí s výskytem roztroušených depresí s nepropustnou bází stoupá četnost výskytu tvrdých poloh. Pro úspěšné odkrytí a odtěžení VTP je nutná spolupráce více složek a komplexní kooperace specializovaných pracovišť. Rovněž podotýkáme, že dosud není provedeno definiční zařídění VTP do horninového třídění pro terciérní genezi v oblasti SHR. Dále popisované zařídění budiž proto považováno jako za pomocné.

Geologická, technologická a geofyzikální charakteristika VTP

Geologická charakteristika: VTP jsou zástupci terciérních sedimentárních hornin, jejichž obsah pelokarbonátů převyšuje 40 %. Definice pelokarbonátů je známá a platná (Konta, Sloupská).

Technologická charakteristika: Velmi tvrdé (velmi pevné) horniny s vysokou abrazívní schopností, které mají touto vlastností negativní vliv na stav a činnost rypných orgánů těžebních strojů. Těžební postup může být zpomalen havarijními výpady vlivem opotřebení rypných orgánů nebo poškozením rypného ramene vývalky VTP.

Geofyzikální charakteristika: Terciérní inhomogenní a anizotropní horniny odlišné svými fyzikálními parametry od prostředí, umožňujícími s dostatečnou spolehlivostí určit jejich třírozměrnou rozlohu, polohu a charakteristiku v přiměřené hloubce.

Definici VTP lze provést dle fyzikálních, chemických, fyzikálněmechanických parametrů, z hlediska rypatelnosti, druhu chemické příměsi, dle morfologie, dle geneze a podle oblastí výskytu. Vzhledem k specifikaci článku je provedeno třídění dle geofyzikálních parametrů a geofyzikální metodiky a tabulka č.2 uvádí skupiny VTP dle aplikační vhodnosti základních a doplňkových metod pro každou skupinu VTP. Komplex metod je označen písmeny A až F.

Tabulka č. 2

Četnost výskytu VTP v SHR a přehled VTP v SHR

Typ prostoru	Četnost karbonátových poloh v intervalu					suma
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	
Chabařovice						
Proboštov	22	7	2	2	0	33
Barbora						
Velkolom VČSA	360	30	15	5	0	410
Velkolom Kohinoor	220	120	44	20	10	414
Merkur Březno	245	95	20	10	10	380
Chomutov Libouš	240	80	10	5	10	345
VMG Bílinská delta	145	45	20	5	0	220

Kvantitativní zastoupení karbonátů v pelokarbonátových oblastech SHR

(Dle Divoké, VÚHU)

Typ prostoru	Max. % obsah sideritu	Max. % obsah kalcitu	Max. % obsah ankeritu
Doly Nástup a předpolí	48	54	-
Lom Šmeral, Vršany, Bylany	51	-	-
DVIL a předpolí	53	49	-
Velkolom Kohinoor, Kopisty	47	50	37

VMG, předpolí	55	-	-
Chabařovice	44	-	-

Převaha sideritu vytváří vyšší činnost geoelektrických metod a tyto metody (i vzhledem k vysoké citlivosti na odporovou diferenciaci hornin) byly užity v převaze oproti ostatním metodám geofyziky.

Typy VTP z morfologického a geofyzikálního hlediska

Označení komplexu	Popis typu VTP	Označení komplexu VTP
I	Pískovcové konkrece a slepence nepravid. tvaru cca 5 x 5 x 5 metrů	A
II	Pelosideritové polohy větších rozměrů 5 x 5 x 10 až 20 metrů	B
III	Sideritové a limonitové konkrece neprav. tvarů a různých rozměrů	C
IV	Jílovcové lavice se siderit. neb karbonátovým tmelem o mocnosti nad 2,5 metrů	D
V	Nepravidelné karbonátové a pelo- karbonátové vtroušeniny, shluky o blocích 5 x 5 x 5 metrů	E
VI	Křemence a silicity shlukového blokového a čočkovitého tvaru	F

Vhodné komplexy geofyzikálních metod

Označ. kompl.VTP	Základní metoda	Vedlejší metody
A1	Geoelektrické gradientové profilování	Plošné gradientové měření a vertikální elektrické sondování
A2	Metoda středového gradientu	Plošné profilování semigradientem a indukční profilování DEMP, event.Slingram
A3	Indukční profilování DEMP	Seismické profilování a Lindgrenovo pole
A4	Indukční metoda DEMP neb Slingram	Odporové profilování semigradientové, metoda fáze a potenciálu a vert. sondování
A5	Odporové semigradientové profilování	Indukční metody EM, seismické profilování a symetrické odporové profilování

Vymezení objektů geofyzikálního průzkumu

Vymezením objektu rozumíme verifikaci anomálie, tj. ztožnění geofyzikální anomálie s hledaným typem VTP. Vedle určení obrysové charakteristiky je dalším určujícím faktorem:

Hloubková závislost jednotlivých geofyzikálních metod.

Hloubková závislost je dosud definičně nevyhraněný faktor a spojený s faktorem rozlišovací schopnosti vede k několika pojmovým definicím. Zde se omezíme pro stručnost na tzv. omezenou hloubku určení, tj. určení maximální hloubky, ve které může být těleso konkrétního typu, tvaru a velikosti detekováno s pravdivostní prognózou kolem 95 %.

Hloubkový dosah dosud užitých geofyzikálních metod

Metoda označení	Metoda stručný popis	Hloubkový dosah
PG	odporová metoda obecně	do 15 m
SG	odporová metoda semigradientová	do 14 m
PMP	poměrová metoda - plošná	do 13 m
PMKK	poměrová metoda - klouz.kont.	do 14 m
PMKP	poměrová metoda - komb. prof.	do 15 m
SP	seismické profilování - specif.	12 až 14 m
SP - MČP	seismické profilování - metoda čas.prof.	12 až 14 m
GG	gravimetrické profilování	10 až 12 m
DEMP	spec. ind. profilování	15 až 18 m
VDV	metoda dlouhých vln	8 až 10 m
GM	geomagnetické profilování	3 až 6 m
R	radarové profilování	4 - 6 m

Hloubkové určení se týká optimálně definovaného prostředí s extrémními hodnotami fyzikálních parametrů, daných předem pro konkrétní prostředí. Nutná je i znalost geologie blízkého okolí.

V případě předběžného zpracování naměřených hodnot se při měření zadávají některé interpretační předpoklady předem, např. průměrná hodnota naměřeného pole, velikost primárního pole u indukčních metod, rychlostní poměry u seismiky apod.

Pro provozní měření je kromě ekonomiky důležitý faktor spolehlivosti určení anomálie (též faktor spolehlivosti metody). Tento faktor nelze určit jinak než statisticky z běžného měření pro konkrétní území a nemá pak obecnou platnost.

Pro terén VMG (jako hlavní zkušební prostor) byla sestavena prognózní tabulka s vyskytujícími se typy VTP, kde byla uvažována závislost

- na použité metodě a konfiguraci uspořádání metody,
- na velikosti, druhu a tvaru VTP,
- na četnosti a uspořádání včetně homogenity prostředí,
- na fyzikálních parametrech VTP a prostředí,
- na velikosti šumu a požadované přesnosti určení,
- na interpretačním postupu a interpretační zkušenosti v daném území.

Prognostická tabulka pro deskovitá, čočkovitá a mísovitá tělesa

A-deskovité těleso % určení	Mocnost vrstvy k mocn. nadloží	Podíl spec. odporů	Podíl seism. rychlostí
90 - 95	1 : 2	1 : 10	1 : 1,5
85 - 90	1 : 4	1 : 10	1 : 2
60 - 70	1 : 6	1 : 20	1 : 2
55 - 65	1 : 10	1 : 20	1 : 3
B -čočkovité těleso % určení	Mocnost vrstvy k mocn. nadloží	Podíl spec. odporů	Podíl seism. rychlostí
90 - 95	1 : 2	1 : 10	2 : 1
85 - 92	1 : 3	1 : 10	2 : 1
82 - 90	1 : 4	1 : 20	2 : 1
75 - 80	1 : 4	1 : 20	3 : 1
63 - 72	1 : 6	1 : 30	4 : 1
C-mísovitá těleso % určení	Mocnost nadloží k velik. průřezu	Podíl spec. odporů	Podíl seism. rychlostí
90 - 96	1 : 3	1 : 10	neurčeno
80 - 85	1 : 2	1 : 10	
82 - 85	1 : 1,7	1 : 20	
70 - 75	1 : 1,5	1 : 20	

Tabulka z proměřených oblastí

Velkolom Maxim Gorkij - skryvkové řezy	: I - V
Důl Jan Šverma	: III. skryvkový řez
Velkolom ČSL armády	: II. skryvkový řez II. uhelný řez
Lom Most	: I. a II. skryvkový řez
Lom Nástup	: II. skryvkový řez
a jiná pokusná pracoviště s menším objemem terénních prací v SHR.	

Dosažené výsledky řešení při lokaci VTP s komplexem metod

Užitý komplex metod	Typ anomálie a prostředí	Hloubka dosahu	Kriterium spolehlivosti
Geol. odpor. semigrad. profilování + VDV (EDA)	VTP pelokarbonáty odpor 500 ohm objem 10 m ³	V jílech neb písč. jílech 10-12 m max. 13 m	85 - 95 % tol. $\begin{matrix} +1 \\ -3 \end{matrix}$ m
Indukční profilování Slingram + vert. odpor. sondování	VTP pelokarbonáty ve vlhčím prostředí, písky písč. jíly odpor do 500 Ω m objem 15 m	Písky neb zvodnělé písky a písčité jíly do hl. 10 m	85 - 87 % tol. $\begin{matrix} +2 \\ -2 \end{matrix}$ m
Seism. met. časových profilů + metoda poměrů event. semigrad. profilování	VTP křemence odpor cca 1000 ohmmetrů bloky, desky 15 m	Písky, písčité jíly do hloubek 10 - 15 m max. 15 metrů	88 - 92 % tol. $\begin{matrix} +2 \\ -3 \end{matrix}$ m
Metody DEMP profilování + metoda potenc. spádu resp. MČP	Varianta pro zvodnělou oblast s VTP menší bloky	Zvodnělé písky, písč. jíly do 50 ohm max. hl. 12 m	84 - 89 % tol. $\begin{matrix} +3 \\ -4 \end{matrix}$ m

Metoda plošného semigr. profilo- vání + DEMP profi- lování	VTP pelokarbonáty odpor od 300 do 600 ohmmetrů bloky cca 10 m ³	Jíly, písč. jíly, štěrko- písky uhelná sloj. Max. hl. 15 m	89 - 94 % tol. +1 m -4 m
Vertikální odpo- rové sondování + seism. metoda MČP resp. metody DEMP profilování	VTP deskovitého tva- ru nad 300 ohm- metrů, mocnost nad 2 metry. Hloubka do 15 m	dtto dtto	82 - 85 % tol. +3 m -3 m

Terminál pro komplex metod a při hledání VTP na jednotku plochy lha

Označ. Komplex metod	Koef. manipul.	Počet prac.	Suma dní	Náklady v tis./Kčs
I. Gravimetrie a seism. profilování	10	5	9	24
II. Semigradientové a geom. profilování	11,25	5	9	22
III. Seism. profilování MČP a VDV profilování	8,3	4	5	18,5
IV. Udporové nesymetr. a DEMP profilování	6	5	3	17
V. Semigrad. odporové profilování + seismické profilování MČP event. me- toda klouz. kontaktů	10	4	4	16
VI. Gradientová metody + metody DEMP (event. MČP profilová- ní)	8,5	5	3	15,6

VII. Indukční profilování a orient DEMP metoda + VES	13,3	3	4	13,5
VIII. Indukční profilování pro sledování kovových předmětů do malých hloubek	8	3	2	7,5

4. Závěr

Z předchozího rozboru plyne relativně výhodná provozní ekonomie geofyzikálního průzkumu. Operativnost a nízké náklady jej předurčují k doplňkovému průzkumu pro obě popisované tematiky, tj. pro průzkum nezavalených dutin i pro vymapování velmi tvrdých poloh v nadložních horninách SHR. Geofyzikální průzkum umožní získat obraz pod povrchem terénu, a to ve spolupráci s ostatními složkami podobného průzkumného typu jako geologické práce, vrtný průzkum, stanovení fyzikálních charakteristik zemin, geologicko-inženýrské charakteristiky i pro stanovení geotechnických parametrů. (Zde představuje důležitou doplňkovou složku.)

Z dat uvedených v druhé kapitole je nutno konstatovat, že v době vydání sborníku nejsou k dispozici vhodné a hlavně spolehlivé metody, které by v provozním měřítku určily polohu a hloubku jednotlivých dutin v starých narušených těžebních polích. Mezní kritérium dosud užitých metod je (a platí to i pro výsledky obdobného průzkumu v PLR, SSSR, NDR a NSR podle objemu prací) cca 3 m nadloží nad dutinou v případě nehomogenního nadloží a 5 metrů nadloží v případě homogenních nadložních hornin. S větší hloubkou prudce klesá spolehlivost polohového určení, jež je hlavním kritériem průzkumu na dutiny a zůstává pouze vrtný průzkum progresivní vrtnou technikou (do 6-10 m) doplněný vrtným průzkumem, např. soustrojí Böhler nebo Hausherr.

Z dat uvedených v kapitole 3 je patrná větší perspektivnost geofyzikálního průzkumu na VTP a v dnešní době, samozřejmě opět

v kombinaci s vrtným průzkumem, je tato metoda vhodným komplexem pro určení velmi tvrdých poloh. Vyhledávání VTP v nadloží uhelné sloje bylo dovedeno již do fáze provozního průzkumu (výsledky měření a postup interpretace odporovou geoelektrickou metodou byly například předány operativní skupině na VMG Bílina). V současné době jsou zjišťovány polohy VTP do hloubek 10 až 12 metrů přímo pro provozní účely ve spolupráci s vrtným průzkumem na lomech. Současně je respektován časový faktor, který není důležitý v jiných oblastech průzkumu tak, aby byl zajištěn potřebný předstih před postupem vlastní těžby. Vzhledem k tomuto faktoru byly do průzkumného komplexu včleněny jen produktivní metody se zajištěnou modelovou přípravou interpretace a zavedena strojová interpretace pomocí malé výpočetní techniky (programovatelnými kalkulátory a osobním počítačem), což podstatně urychlilo interpretační operace a tím i vlastní geofyzikální průzkum. Pro zajištění progresivních výpočetních metod a měřicí techniky byla vytvořena kooperace výzkumu s katedrou geofyziky PřFUK Praha.

Počáteční podmínky průzkumu a existující stav průzkumu

Faktory	Počáteční podmínky	Existující stav
Hloubkový dosah na dutiny	Hl. dosah neurčen	Do 3 m v složitých nadložních poměrech Do 5 metrů v relativně homogenním nadloží
Hloubkový dosah VTP	Hl. dosah 4 - 5 metrů	Do 10 - 15 metrů dle typu VTP a podmínek měření
Komplex metod	Nebyl stanoven	Stanoven komplex metod pro 7 až 8 typů uložení VTP
Typizace terénu	Nebyla stanovena	Stanoveny reálné modely vzhledem k provozní spolehlivosti

Spolehlivost určení dutin	V rámci hl. dosahu cca 75 %	Při daném vhodném komplexu a def.hloubce 80 - 93 % dle typu objektu
Spolehlivost určení VTP	Neurčena	Při daném komplexu a def. hloubce 82-93 %

Pozn.: uvedené údaje platí pro homogenní prostředí anomálních objektů.

Pro oba typy průzkumu je nutno zvýšit dosud nedostatečný hloubkový dosah. Hloubka dosahu pro sledování nezavalených dutin je zcela v moci produktivních vrtných automatů typu Böhler nebo Hausherr a hloubkový dosah na velmi pevné polohy nedosahuje stále výšky řezu. Dosažení hloubky na výšku řezu by zajistilo nutný předstih plánovaného nasazení těžkých těžebních strojů. Proto je na další etapu osmé pětiletky navržen následující plán výzkumu.

Předmět řešení	Cíl řešení	Postup	Časový průběh
Zjišťování VTP	Dosáhnout hloubko- vého dosahu jedno- ho řezu	Ověření EM-34 Získat účinnější aparaturu Vypracovat nové inter- pretační postupy	1986 Do r. 1988 Průběžně
Sledování inhomogenit uhelné sloje a výskytu dutin	Rozpracovat geofyzikální provozní me- todiku a zvět- šit hloubkový dosah	Vypracování nové metodi- ky a důsledná aplikace výpo- četní techniky	Do r. 1987

aplikace Průběžně
nové mě-
řicí
techniky

Přehled aplikované literatury

1. Cyrus-Foltýn - Pelokarbonátové konkrece
Hnědé uhlí 2/1977
2. Čech - Koncepce inženýrsko-geologického
průzkumu podkrušnohorského okraje
Severočeské hnědouhelné pánve
GŘ SHD 1980
3. Fischera - Problematika pevných poloh
Praha 1975
4. Hurník - Dnešní představy o vzniku Severočeské
hnědouhelné pánve
VÚHU 1981
5. Klimecký - Veverková - Technologie dobývání VTP v nadloží
VÚHU 1985
6. Klimecký - Veverková - Rozbor problematiky dobývání VTP
v nadloží
VÚHU 1985
7. Těšitel - Rozbor a návrh komplexního programu
řešení problematiky dobývání VTP
GŘ SHD 1982
8. Thiele - Jungman - Zhodnocení výskytu pelokarbonátů
v prostoru Velkolomu Jiří HDBS
VÚHU 1979
9. Uhlík - Metodické návody pro zjišťování VTP
VÚHU 1979