Ing. František M e i s e l

G e o f y z i k á l n í z j i š ť o v á n í d ů l n í c h d u t i n

Určování polohy dutin /nezavalených komor/ geofysikálním způsobem.

S postupující mechanizací odklizových a těžebních prací jest dnes možno ekonomicky povrchově těžit uhlí z hloubek, jež v dřívějších dobách byly doménou hlubinných dolů. Uhelné lomy v současné době zasahují většinou území bývalých hlubinných dolů, kde velmi často bývají nezavaleny původní komory. Poněvadž jsou v provozu těžké dobývací stroje, jest nebezpečí, že by se takový stroj mohl do volné, nezavalené komory propadnout. V zájmu bezpečnosti provozu se proto před takovými stroji zjišťují nezavalené komory prozatím systematickým odvrtáváním terénu, což jest způsob velmi zdlouhavý a nákladný, vzdor tomu však neskýtá dostatečné jistoty, neboť vrt může být veden mezi komorami v pilíři.

V zájmu zlevnění a zrychlení průzkumu území podezřelého z výskytu důlních dutin byla provedena řada zkoušek různých geofysikálních metod na známém terénu, kde dutiny byly zjištěny. Výsledky zkoušek vyzněly v tom smyslu, že k řešení uvedeného problému přicházejí v úvahu pouze tři metody a to :

Gravimetrická - /torsní vahou/, elektrická odporová sondáž a metoda kapacitní. Z nich nejvhodnější za daných poměrů jest metoda kapacitní, která však působí pouze do max. hloubek kolem 20 až 25 m. Ve většině případů jest však tato hloubka dostatečná k zajištění bezpečného provozu velkostrojů na uhelných lomech a proto jejímu vývoji a zdokonalení byla věnována další práce. Současný stav měřicí aparatury jest již takový, že ji lze doporučit k dostatečně spolehlivému průzkumu nejistého terénu před postupujícími dobývacími stroji v provozním měřítku.

Princip kapacitní metody jest jednoduchý. Isolovaně napjatý vodič - drát - v dané výšce nad zemí může za určitých fyzikálních podmínek pojmout pouze jisté množství elektrické energie, závislé jednak na geometrických rozměrech vodiče a na napětí napájecího zdroje, jednak na fyzikálních vlastnostech prostředí, v němž

se uvažovaný drát - antena - nachází. Uvedená vlastnost vodiče se nazývá kapacita čili jímavost a fyzikální parametr prostředí, který má vliv na celkovou kapacitu anteny jest jeho dielektrická konstanta.

Kapacita vodiče - anteny - není závislá na použitém napětí zdroje a jest pro isolovaně napjatý drát vedený v určité výšce nad zemí dána jednoduchým vzorcem /viz obr.1/.

$$C = \frac{24 \cdot \varepsilon \cdot l}{\log \frac{h}{d} + 3{,}6},$$

v němž značí: C = kapacitu v pF /= 0,9 cm/
l = délku anteny v metrech
h = výšku anteny nad zemí v metrech
d = průměr anteny /vodiče/ v milimetrech.
ε = dielektrická konstanta prostředí /1 až 81/.

Při tom se předpokládá, že země jest dokonalým elektrickým vodičem, což však neplatí v plné míře s hlediska geofyzikálního. V důsledku toho bude se skutečně naměřená kapacita od vypočtené hodnoty lišit, což jest způsobeno dielektrickou konstantou horniny, nad kterou se antena nachází.

Přemístíme-li po změření kapacity antenu za jinak stejných fyzikálních podmínek na jiné stanoviště, kde opět změříme kapacitu, můžeme z její změny usuzovat na změnu v petrografickém složení půdy. Systematickým měřením konaným buď v profilech nebo v plošné síti můžeme ze změn kapacity určit rozlohu jednotliyých hornin, čili geologicky mapovat.

Dielektrická konstanta se pohybuje v rozmezí od 1 pro vzduch až do 81 pro chemicky čistou vodu. Běžné horniny vykazují hodnoty v rozmezí asi od 3 do 8. Jest na snadě, že volná dutina, která je vyplněna vzduchem /nebo plynem/, bude průměrnou dielektrickou konstantu horniny podstatně snižovat, prostory zavodněné naopak zvyšovat. Proto jest možno kapacitní metody využít pro vyhledání nezavalených komor, kde fyzikální podmínky jsou většinou zjednodušeny tím, že měření se může konat buď přímo na povrchu sloje nebo na poměrně slabém nadloží, takže zde jde do jisté míry o celkem homogenní prostředí, v němž se jak dutiny, tak také zavalené komory mohou jednoznačně projevit /viz obr.2/. Dutiny se pro-

jeví poklesem, plně zavalené komory zvýšením kapacity.

Pro praktickou práci nemá smyslu určovat absolutní hodnoty kapacity anteny. Rozhodující pro interpretaci jest pouze relativní změna kapacity.

Hloubkové působení popisované metody není příliš veliké. Z dosavadních pokusů vyplývá, že při průměrně dobrých podmínkách lze touto metodou sledovat průběh normálních důlních chodeb v uhlí ražených až do hloubek kolem 20 m a to pod štěrkovým a jílovým nadložím o mocnosti 10 až 15 m s průměrnou vlhkostí obou hornin. Jest pravděpodobné, že při homogenním nadloží se docílí ještě větších hloubek.

Přesnost v určení polohy závisí hlavně na hustotě proměřovaných bodů a nepřímo na délce použité anteny. Velikost rozdílu kapacit je přímo úměrná velikosti /objemu/ dutiny, nepřímo její hloubce pod povrchem. Určení hloubky jest sice možné, avšak výsledky jsou velmi nepřesné. Všeobecně platí, že čím je dutina blíže povrchu, tím prudčí je pokles kapacity na jejím okraji, čili minimum jest strmé. Při větších hloubkách jsou minima plochá.

Praktické provádění měření.

V terénu se používá anteny délky 10 až 50 m, která se zavěšuje na dvě tyče v různých výškách nad terénem, obvykle 0,5, 1,0 a 1,5 m, případně i výše. Další anteny mají větší hloubkový dosah, avšak přesnost lokalisace dutiny je mnohem menší než při použití anteny kratší. Pro řešení daného úkolu se nejlépe osvědčuje antena délky kolem 10 m. Dlouhé anteny se také obtížně napínají a výška anteny nad zemí velmi podstatně ovlivňuje její kapacitu. Výšku anteny, při níž jsou indikace dutin nejvýraznější lze vhodněji určit pokusně v daném terénu. Podle dosavadních zkušeností nejlépe vyhovuje výška závěsu 1,5 m.

Měření se provádí nejlépe při konstantní výšce anteny. V nejistých případech jest výhodné vykonat na tomtéž místě měření při několika různých výškách. Toto měření se potom vynáší do grafů jako závislost kapacity na výšce anteny a to pro každý měřený bod zvláště. Z průběhu křivky změny kapacity lze získat další parametr, z něhož lze usuzovat na hloubku dutiny pod povrchem, v určitých případech také na její velikost. Výsledky však bývají zatíženy

značnými chybami následkem nesprávně prováděného měření z hlediska fysikálního hlavně při malých výškách anteny, kdy již změna výšky o 1 cm podstatně změní kapacitu. Proto užíváme při praktickém měření výhradně metody konstantní výšky anteny.

Proměřování terénu se provádí jednak v profilech, jednak plošně v síti čtvercové, nebo obdélníkové. Vzdálenosti jednotlivých bodů měření se řídí podle požadované podrobnosti.

Při plošném vyšetřování jest výhodné, když z každého stanoviska zaměříme kapacitu ve dvou na sebe kolmých směrech. Při detailním vyšetřování rozlohy nebo tvaru dutiny provádíme z jednoho stanoviska měření v několika směrech, nejlépe hvězdicovitě v pravidelných změnách azimutu. Při pokračování měření přerušeného na této ploše, musíme alespoň dvě až tři měření předešlé etapy opakovat, k vůli redukci na stejnou bázi.

Interpretace naměřených hodnot.

Pro praktické účely provádíme pouze relativní měření. Vyhodnocení jest jednoduché bez matematických úkonů a provádí se graficky ve formě kapacitních profilů, nebo se konstruují mapy čar o stejných hodnotách rozdílu kapacit /isolinie/. V profilech se vynáší na vodorovnou osu vzdálenosti bodů měření, na svislici jim odpovídající kapacitu. Spojením takto vynešených bodů dostaneme kapacitní křivku, která svými minimy indikuje přítomnost dutin, ovšem za předpokladu geologické homogenity zkoumaného terénu. Maxima mohou indikovat zvodněné partie, případně plně zavalené komory.

V plánech isolinií rozdílu kapacit jsou dutiny vyznačeny negativními úchylkami - minimy, - a uzavřený průběh isolinií minim odpovídá tvaru dutiny. Geologicky homogenní terén jest charakterisován klidným průběhem isočar. Místo rozdílů kapacit můžeme vynášet přímo naměřené hodnoty. Výsledek je stejný, avšak plán není tak výrazný. Rozdíly kapacit získáme odečtením naměřených hodnot od hodnoty normální, kterou získáme při větším počtu zaměřených bodů na větší ploše jako průměrnou hodnotu všech naměřených hodnot.

Ukázky praktických měření.

Vzhledem k jednoduchosti a otřesuvzdornosti aparatury potřebné ku kapacitnímu měření, dále pro velmi snadnou a jednoduchou interpretaci naměřených hodnot, užíváme kapacitní metody k rychlému

orientačnímu proměření terénu, kde má být proveden detailní geofyzikální průzkum. Pro vyhledávání dutin užíváme této metody jako specifické, poněvadž dielektřická konstanta vzduchu se velmi liší od konstant všech hornin jež v našem území přichází v úvahu. Provádíme vždy měření relativní a kvalitativní grafickou interpretaci. Podle dosavadních zkušeností souhlasí výsledky měření se skutečností na 75 - 80 %. Na připojených přílohách jsou znázorněny jako ukázky interpretace některé úseky z měření v oblasti SHR.

Obr. 1 - Srovnání kapacitní a termální křivky.

Na obr.1 jest ukázka průběhu kapacitní křivky získané proměřením profilu po severním okraji silnice před budovou pošty v Modlanech. V okolí bodu č. 5 kapacitního měření byl proveden zaplavovací vrt, který dutinu sice přímo nenavrtal, avšak byl ve volném závalu, takže zaplavování popílkem bylo možné. Situace měření je patrna z připojeného náčrtu.

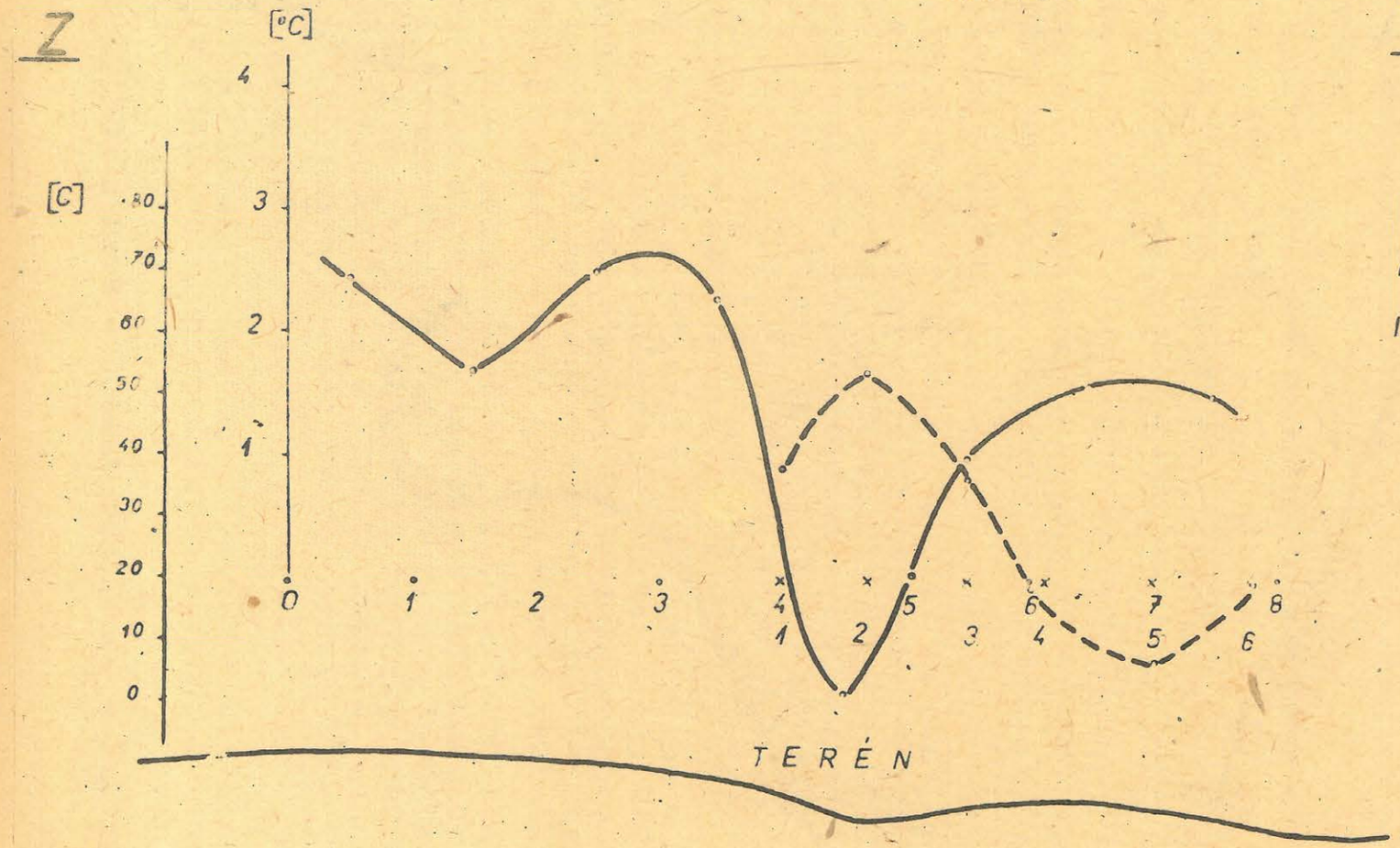
Plnou čarou je vyznačen průběh kapacity v pF; jím odpovídá měřítko označené C. Měření je relativní, vynášeny jsou rozdíly kapacity oproti nejnižší hodnotě uprostřed mezi body 4 a 5 kapacitního měření. Maximální rozdíl kapacit dosahuje 72 pF, při hloubce chodby kolem 5 m pod povrchem. Průběh kapacity vyznačuje po obou stranách minima stoupnutí, které může být způsobeno kondensací vodní páry vzniklé hořením sloje na chladnějších místech. Tento tvar křivek je charakteristický pro všechny profily vedené nad hořící slojí. Čárkovanou čarou je vyznačen průběh teploty, měřený elektrickým odporovým teploměrem v hloubce 75 cm.

Další měření, které bylo až dosud ověřeno, bylo provedeno na povrchovém dole Pokrok I u Duchcova. Zde měla být určena poloha starých chodeb, po případě nezavalených komor. Geologické poměry byly příznivější než v případě Modlan, poněvadž měření bylo konáno prakticky přímo na sloji, takže jde vlastně do jisté míry o homogenní prostředí - uhlí - kde možno předpokládat stálost dielektrické konstanty. Inhomogenyty, které jsme mohli očekávat, byly pouze dvojího, vzájemně velmi odlišného charakteru a to na jedné straně jílové závaly, charakterisované vyšší dielektrickou konstantou a volné prostory vyplněné vzduchem s konstantou podstatně nižší. Z této úvahy plyne, že by očekávané anomálie mohly být dosti značné

SROVNÁNÍ TEPLOTNÍ A KAPACITNÍ KŘIVKY

MĚŘ. 1:500

Z



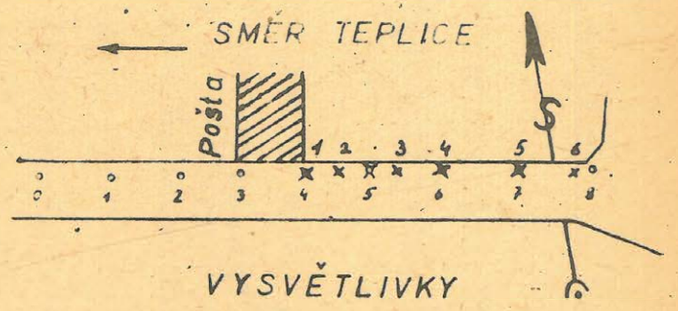
Obr. 1

V

SITUAČNÍ NÁČRT

I. KAPACITNÍ PROFIL

II. TERMOMETRICKÝ PROFIL



VYSVĚTLIVKY

——— KŘIVKA NAMĚŘENÉ KAPACITY

– – – – TERMOMETRICKÁ KŘIVKA

° BODY MĚŘ. KAPACITY

× TERMOMETRICKÉ BODY

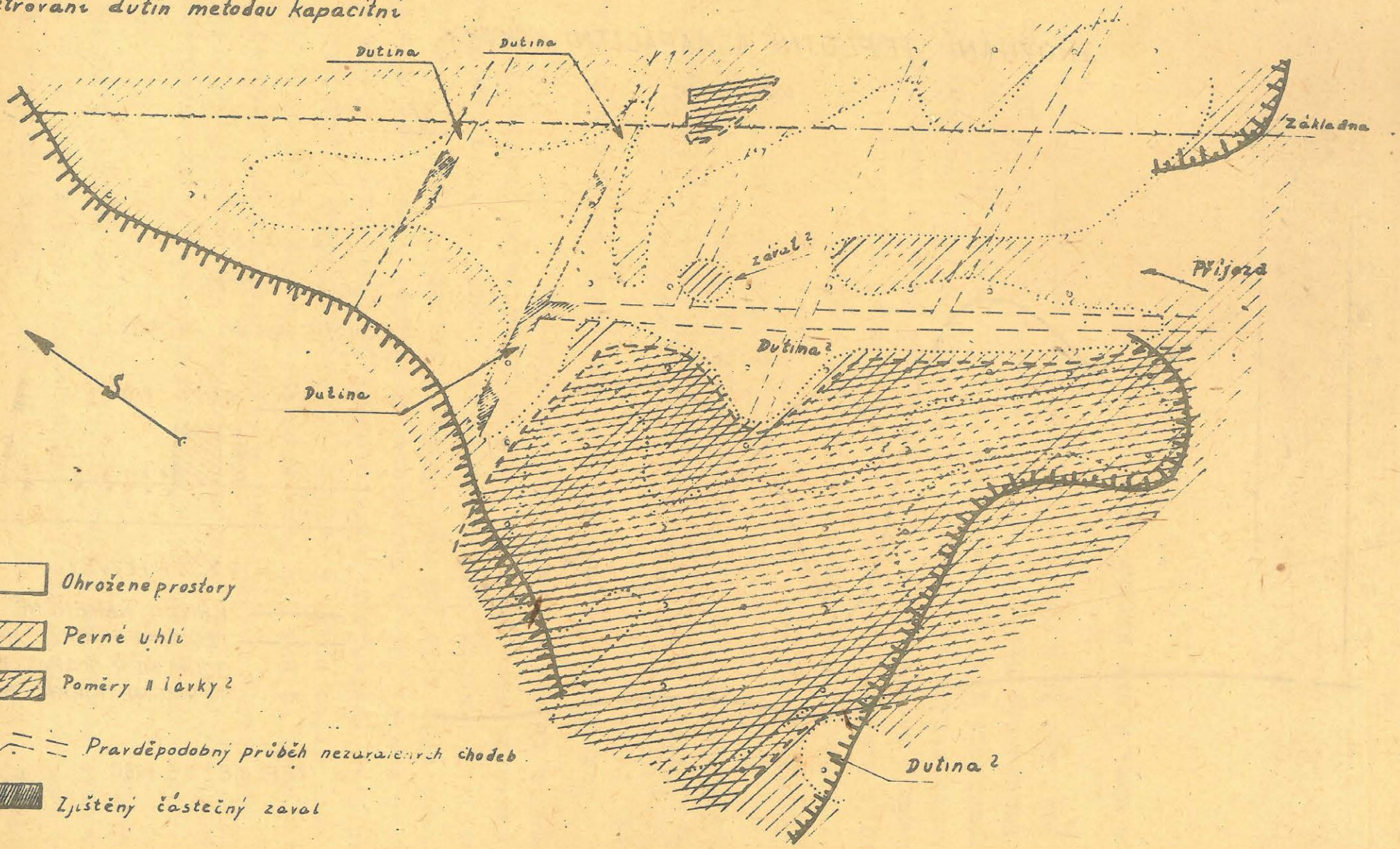
TEPLICE 2.5.1960

Jirsa

Důl Pokrok I u Duchcova

1:500

Vyšetřování dutin metodou kapacitní



Obr 2

Teplice 20 II 1961