

# Zvukolokačné mapovanie vylúhovaných priestorov v ložisku soli

Ľudovít Kovanič<sup>1</sup>

## Echolocating methods for mapping of exploited spaces in a salt deposit

The paper shortly shows the possibilities of utilizing echolocating methods for mapping of exploited spaces in the salt deposit. On the basis of the research results and experience in testing, semiprocessing and working measurements by echolocating equipment, we suggest the measurement and interpretative procedure of gained data and their final elaboration.

**Key words:** echolocating, leaching, calibrating, echogram, salt deposit

## Úvod

Článok sa zaoberá možnosťami využitia zvukolokačných meracích metód v podmienkach dobývania ložiska soli lúhovaním pomocou vrtov. V takýchto podmienkach je zvukolokácia prakticky jedinou metódou na priestorové mapovanie vylúhovaných komôr. Aby bolo možné maximálne využitie ložiskovej výplne pri zachovaní stability nadložia, je potrebné lúhovacie vrty situovať tak, aby nedochádzalo k vzájomnému prepojeniu komôr a aby súčasne zostávali medzi komorami len podľa projektu dimenzované ochranné piliere, čím možno predísť následným banským škodám. Systematické mapovanie vylúhovaných priestorov v pravidelných časových intervaloch poskytuje obraz o ich postupnom vývoji. Na jeho podklade možno potom riadiť lúhovací proces pomocou regulácie výšky päty stupačky a vrtej kolóny, prípadne aj ďalšími spôsobmi tak, aby sa vytvárala lúhovaná komora v tvare dostatočne zabezpečujúcom stabilitu okolitého prostredia.

## Princíp zvukolokačného merania

Zvukolokačné meranie dĺžok (Kovanič, 1988) je založené na princípe merania času, ktorý uplynie od vyslania zvukového signálu po jeho opätovný príjem, pričom zvukový signál vykoná dráhu od zdroja k stene komory a po odraze sa vráti do prijímača. Pre zisťovanú dĺžku  $l$  platí:

$$l = \frac{c \cdot t}{2},$$

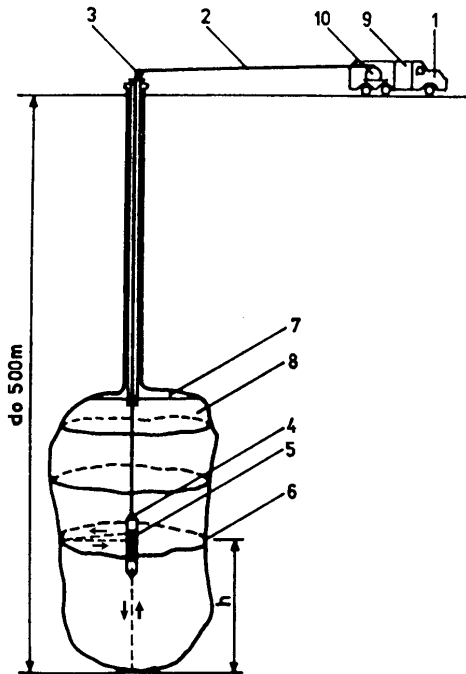
kde:  $c$  - rýchlosť šírenia zvuku v prostredí,  
 $t$  - časový interval od vyslania zvukového signálu po jeho opätovný príjem.

Zvukolokačné meracie systémy pracujú na báze ultrazvukových frekvencií s kmitočtom nad 40 kHz vyvolaným elektrostatickými, elektrodynamickými, piezoelektrickými, alebo magnetostrickými meničmi. Konštruované sú obvykle tak, že vysielateľ býva súčasne aj prijímačom.

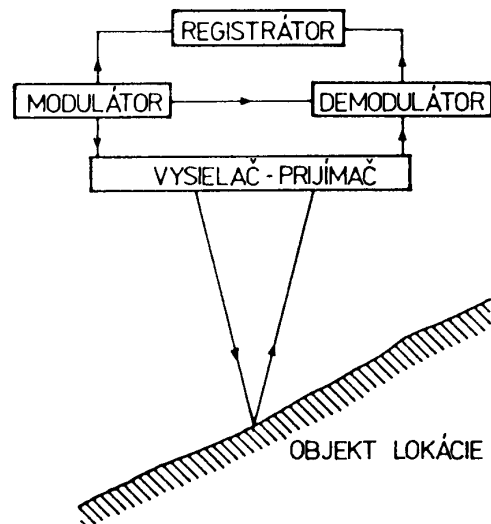
Zvukolokačný systém (obr. 1) je zabudovaný v sonde zapúšťanej na karotážnom kábli cez vrt do vylúhovaného priestoru. Jeho činnosť musí byť zaistená aj pri vysokých hodnotách hydrostatického tlaku média, obklopujúceho sondu. Okrem toho musí mať aj systém na orientáciu zameriavaných profilov, ktorý býva spravidla magnetický. V sonde musia byť dva vibrátory - meniče s rovnakým výkonom: základný - na zisťovanie vodorovných vzdialeností od sondy po steny komory a kalibračný - pôsobiaci v smere zhora nadol na určovanie rýchlosti šírenia zvuku v prostredí, resp. kontrolu zvislej vzdialenosti sondy od dna komory pri zapúšťaní alebo vyťahovaní sondy. Kalibračný vibrátor má pri takýchto meraniach zvlášť veľký význam, pretože na základe jeho echogramu sa korigujú výsledky merania základným vibrátorom.

<sup>1</sup> Katedra geodézie a geofyziky, F BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 19  
 (Recenzenti: Prof. Ing. Tobiáš Lazar, DrSc. a Doc. Ing. Vladimír Sedlák, CSc. Revidovaná verzia doručená 21.11.1996)

Princíp zvukolokačného merania spočíva v tom, že modulátorom (obr. 2) sa vyvolávajú elektrické impulzy určitej frekvencie. Každý elektrický impulz vyvoláva kmity vysieláča, z ktorého je vysielaný sondážny impulz k lokovanej odrazovej ploche. Odrazený zvukový signál sa vracia k prijímaču,

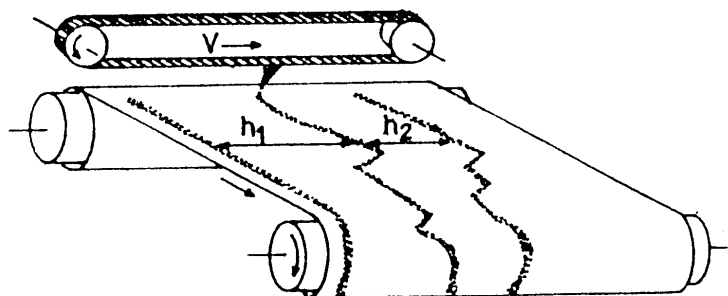


Obr. 1. Schéma zvukolokačného merania  
1-automobil, 2- karotážny kábel, 3-kladka, 4-sonda, 5-horizontálny menič, 6-skúmaný horizontálny profil, 7-nerozpúšťadlo, 8-vylúhovaná komora, 9-oddelenie ovládania a registrácie, 10-vrátok.



Obr. 2. Princíp zvukolokačného zariadenia.

vyvoláva opäť elektrický impulz, ktorý vstupuje do demodulátora. Demodulátorom sa odrazený signál zosilní spracuje pre registráciu časových intervalov medzi vyslaním a prijatím zodpovedajúcich signálov. Stupeň spracovania je závislý od typu registračného zariadenia. Registračným zariadením sa nezaznamenávajú výsledky merania v časových jednotkách, ale priamo v jednotkách lokovaných dĺžok, ktoré sa potom spracovávajú na základe výsledkov kalibrácie. Stupeň automatizácie grafického spracovania nameraných výsledkov môže byť rôzny. Sú zariadenia, ktorými možno získať priamo polárny záznam lokovaného profilu. Popisovaným zariadením sa lokovaný profil zaznamenáva v pravouhlom súradnicovom systéme (obr. 3) a nadväzným grafickým vyhodnotením sa získa polárny záznam profilu. Ak je žiadúca smerová orientácia lokovaných profilov, táto sa zabezpečuje orientačným magnetickým, prípadne gyroskopickým zariadením.



Obr. 3. Registračné zariadenie.

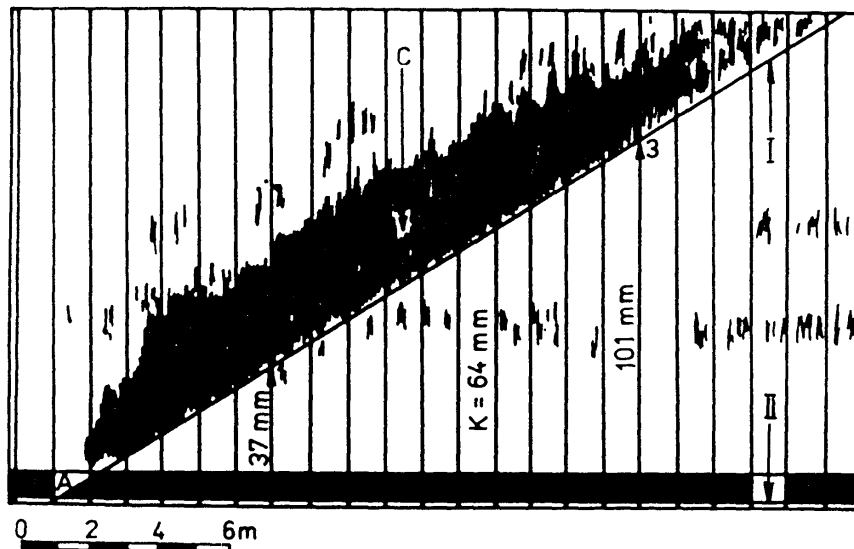
### Metodika merania

Zvukolokačnou sondou možno vykonávať merania (Ralowicz, 1982) tromi spôsobmi:

- vertikálne profily vertikálnym meničom  $/V_p-V_m/$ ,
- vertikálne profily horizontálnym meničom  $/V_p-H_m/$ ,
- horizontálne profily horizontálnym meničom  $/H_p-H_m/$ .

Merania  $/V_p-V_m/$  sa robia v priebehu zapúšťania alebo vyťahovania sondy, za účelom zistenia vodorovných rozhraní - stropu, prípadne dna vylúhovanej komory, ale najmä za účelom stanovenia mierky lokovaných záznamov - kalibrácie.

Interpretácia kalibračných echogramov (obr. 4) začína narysovaním kalibračnej priamky  $I$ . Táto priamka je dotyčnicou k dolnej časti záznamu ech odrazených od dna komory. Priesečník  $A$  kalibračnej priamky s priamkou počiatku emitovania signálu  $II$ , určuje úroveň dna komory. Jej hĺbka sa určí odčítaním polohy bodu  $A$  na osi hĺbok.



Obr. 4. Kalibračný echogram.

Na určenie mierky záznamu treba odčítať vzdialenosti dvoch priesečníkov priamok hĺbky s kalibračnou priamkou  $I$  od priamky  $II$ . Priamky hĺbok sa volia tak, aby zodpovedali výškovému rozdielu 10 m. Rozdiel týchto dĺžok vyjadrený v milimetroch zodpovedá skutočnému rozdielu hĺbok o 10 m a označujeme ho ako kalibračné číslo  $K$ . Na echograme (obr. 4) je hodnota

$$K = 101 - 37 = 64 \text{ mm} ,$$

z ktorej možno pre lokované dĺžky stanoviť zodpovedajúcu mierku záznamu

$$s = \frac{K}{10^4} = 1:156,25.$$

Modul tejto mierky nie je teda celé číslo, čo by mohlo spôsobiť ťažkosti pri prevode záznamu na náčrt polárnou metódou v rozdielnej mierke. Na odstránenie tohoto problému môžeme s výhodou použiť redukčné kružidlo. Koeficient  $k$  nastavenia redukčného kružidla je daný vzťahom

$$k = \frac{K.M}{10^4},$$

kde  $M$  je modul požadovanej mierky zobrazenia.

Echogramy  $V_p-H_m$  sú významné najmä z hľadiska poznatkov o profile vertikálnej členitosti komory, určenia jej stropu a hĺbky päty zapaženia. Skutočné lokované vzdialenosti stien komory od osi vrtu /sondy/ sa určia na základe mierky vypočítanej z kalibračného čísla  $K$ . Takéto profily sa robia obvykle dva; jeden pri nastavenom azimute a druhý pri azimute pootočenom o  $180^\circ$ .

Na detailné mapovanie vylúhovaných priestorov sú najdôležitejšie merania  $H_p-H_m$ . Pre ich realizáciu treba zapustiť sondu do zodpovedajúcej hĺbky a vykonať lokáciu otočným horizontálnym meničom okolo osi sondy o  $360^\circ$ . Výškový rozdiel medzi jednotlivými  $H_p-H_m$  sa volí obyčajne od 2 do 5 m.

Na vyhodnotenie (Kovanič,1987) sa vykreslí krivka plynule ohraničujúca dolnú hranicu registrovaných záznamov získaných dát (obr. 5). Potom sa záznam rozdelí po dĺžke na 36 rovnakých úsekov, vynášaných od stredu značky registrovaného smeru k severu vľavo a vpravo, narysujú sa v nich kolmice na priamku počiatku vysielaného signálu a pripíše sa k nim zodpovedajúca hodnota magnetického azimutu. Odmerajú sa dĺžky jednotlivých kolmíc od priamky počiatku vysielaného signálu po priesečník s krivkou. Tieto dĺžky sa prevodom do mierky náčrtu vynesú v smeroch zodpovedajúcich azimutov polárnej ružice (obr. 6) v uhlových intervaloch po  $10^\circ$ . Pri malých rozdieloch dĺžok kolmíc postačí rozdeliť echogram na 18, prípadne na 12 dielov a na ružicu vynášať dĺžky v uhlových intervaloch po  $20^\circ$  alebo  $30^\circ$ . Použitím kompletu  $H_p-H_m$  možno vykresliť aj vertikálne profily komory v ľubovoľnej azimutálnej rovine.



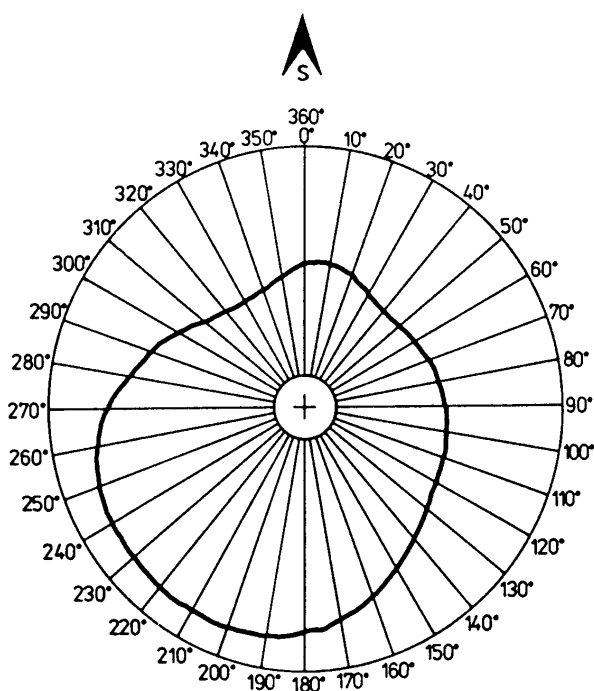
Obr. 5 Echogram  $H_p-H_m$ .

## Záver

K finálnemu spracovaniu výsledkov zvukolokačných meraní patrí aj výpočet objemu vylúhovaných priestorov a ich priestorovo názorné, prípadne modelové zobrazenie. Na výpočet objemu vylúhovaných priestorov prichádza do úvahy najmä metóda vodorovných rezov  $H_p-H_m$ , systematicky lokovaných v komore s vhodne volenými výškovými intervalmi. Na vyhodnotenie je vhodné použiť vzorec lichobežníkový, vzorec pre komolý kužeľ, alebo vzorec Simpsonov.

Na zobrazenie komplexu vylúhovaných priestorov prichádzajú do úvahy metódy vodorovných a zvislých rezov, ale pre väčšiu názornosť najmä metódy priestorové (axonometria, afinita)

alebo priestorovo videné (anaglyfy). Najnázornejšie je však modelové znázornenie negatívnymi modelmi jednotlivých komôr alebo pozitívnymi modelmi celých komplexov vylúhovaných priestorov.



MIESTO	MÉRITKO	ČÍS. VRTU	HĽBKAM <sub>pp</sub>	DÁTUM	PRÍLOHA	ČÍS. OBR.
SOLIVAR	1:200	PF 7	253	27.9.1984		X

Obr. 6. Polárny záznam vodorovného profilu.

### Literatúra

- Kovanič, L.: Zvukolokačné mapovanie vylúhovaných priestorov v ložisku soli a možnosti jeho využitia pri dobývaní. *Kandidátska dizertačná práca, BaÚ SAV, Košice 1988.*
- Kovanič, L.: Správa o zvukolokačnom meraní za rok 1987. *BaÚ SAV, Košice 1987.*
- Ralowicz, B.: Instrukcja wykonywania pomiarów kawern lugowniczych za pomoca sondy ultradźwiękowej. *Chemkop, Krakov 1982.*