

Kapitola 8

Geofyzikálne merania vo vrtoch (karotážne metódy)

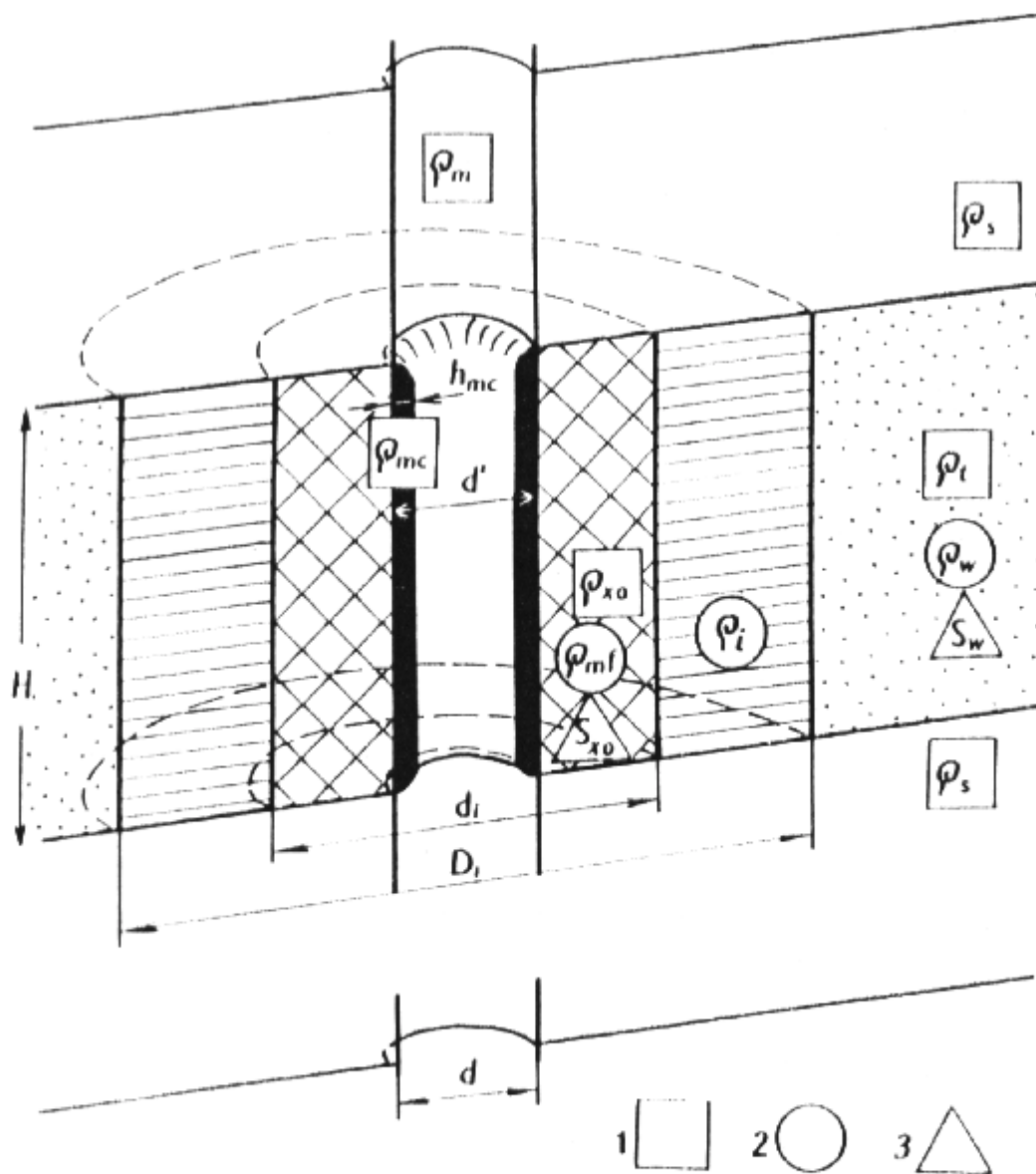
(Doc. RNDr. Viktor Janotka, CSc., RNDr. Andrej Mojzeš, PhD.)

| | |
|---|------|
| 8.1 ROZDELENIE KAROTÁŽNYCH METÓD | 8-3 |
| 8.2 ELEKTRICKÉ KAROTÁŽNE METÓDY | 8-4 |
| 8.2.1 Metóda SP | 8-4 |
| 8.2.2 Metóda EP | 8-6 |
| 8.2.3 Metóda KK | 8-7 |
| 8.2.4 Odporová karotáž Ra | 8-7 |
| 8.2.5 Metóda vybudených potenciálov (VP) | 8-11 |
| 8.2.6 Indukčná karotáž (IK) | 8-12 |
| 8.2.7 Dielektrická karotáž (DK) | 8-12 |
| 8.3 METÓDY JADROVEJ KAROTÁŽE | 8-12 |
| 8.3.1 Gama karotáž (GK) a spektrálna gama karotáž (SGK)..... | 8-13 |
| 8.3.2 Gama-gama karotáž (GGK) | 8-13 |
| 8.3.3 Neutrón-neutrón karotáž (NNK) | 8-13 |
| 8.3.4 Neutrón-gama karotáž (NGK) | 8-14 |
| 8.4 OSTATNÉ KAROTÁŽNE METÓDY | 8-15 |
| 8.4.1 Akustická karotáž (AK)..... | 8-15 |
| 8.5 METÓDY TECHNICKÉHO STAVU (ZISŤUJÚCE GEOMETRICKÉ PARAMETRE) VRTU..... | 8-15 |
| 8.6 MERANIE FYZIKÁLNYCH VLASTNOSTÍ KVAPALÍN..... | 8-15 |
| 8.7 LITERATÚRA..... | 8-16 |

Geofyzikálne merania vo vrte (karotáž) zahrňajú súbor geofyzikálnych metód, ktorých aplikácia vedie k meraniu fyzikálnych vlastností hornín v okolí vrtu, kvapalín vo vrte a k objasneniu technického stavu vrtu. Bezprostrednou podmienkou realizácie karotážnych meraní je prieskumný vrt. Pretože v okolí vrtu sa fyzikálne vlastnosti prostredia a podmienky merania líšia od ideálnych, je potrebné všimnúť si prostredia v okolí vrtu podrobnejšie.

Prieskumný vrt je vo väčšine prípadov vertikálna diera do vrchných častí zemskej kôry. Vrt predstavuje umelý zásah do prirodzených podmienok prostredia, pričom výplach, ktorým je vrt vyplnený (ílovitá emulzia) sa od prirodzeného prostredia svojimi fyzikálnymi vlastnosťami výrazne odlišuje. To znamená, že vrt je nutnou podmienkou realizácie karotážnych meraní, ale na druhej strane nám sťažuje stanovenie reálnych fyzikálnych vlastností horninových prostredí, cez ktoré prechádza. Najviac sú výplachom dotknuté priepustné polohy, pretože do nich výplach preniká a mení ich prirodzené fyzikálne vlastnosti.

Najvýraznejšie sú ovplyvňované elektrické vlastnosti kolektorov. Na obr. 8.1 vrt prenikol cez priepustnú vrstvu o mernom odpore ρ_t , ktorá je ohraničená nepriepustnými vrstvami o mernom odpore ρ_s . Hydrostatický tlak výplachu je väčší, než tlak pórovej kvapaliny a preto výplach preniká do priepustnej vrstvy. Stena vrtu sa chová ako filter a do priepustnej vrstvy prenikne filtrát výplachu o mernom odpore ρ_{mf} , ktorý vytláča z pórov vodu o mernom odpore ρ_w (obr. 8.1). Tým sa mení aj pôvodný odpor vrstvy ρ_t na merný odpor ρ_{x0}



Obr.8.1 Rez priepustnou vrstvou zasiahnutou vrtom (podľa Mareša, 1990)
 1 - merné odpory jednotlivých prostredí
 2 - merné odpory kvapalín vyplňujúcich póry
 3 - vodonasýtenosť jednotlivých zón
 H - mocnosť vrstvy, h_{mc} - hrúbka výplachovej kôrky, d - priemer vrtu
 d_i - priemer premytej zóny, D_i - priemer zóny prieniku

v tzv. premytej zóne a na ρ_i v tzv. zóne prieniku (vid' obr. 8.1). Súčasne na stene vrtu vzniká ílovitá kôrka o mernom odpore ρ_{mc} a mocnosti h_{mc} . Priestorové rozloženie spomenutých

prostredí a ich fyzikálne a geometrické faktory sú zrejmé z obr. 8.1. S_w a tiež S_{x_0} označuje vodonasýtenosť príslušných prostredí.

8.1. Rozdelenie karotážnych metód

Karotážne metódy sú značne rozsiahle a zahrňajú aj metodiky, ktoré sa bezprostredne nezaoberajú meraním fyzikálnych vlastností prostredí zasiahnutých vrtom. Sú to tzv. metódy technického stavu vrtu a špeciálne práce, za účelom odberu pevných aj kvapalných vzoriek.

Nasledovné delenie karotážnych metód nie je úplné. Obsahuje len tie metódy, ktoré sú, z hľadiska požiadaviek kladených na poslucháčov 2. ročníka štúdia geológie, potrebné.

8.1.1. Elektrické karotážne metódy:

Pasívne - s prirodzeným elektrickým poľom:

Metóda spontánnej polarizácie (SP)
Metóda elektródových potenciálov (EP)

Aktívne - s umelým elektrickým poľom:

Prúdová karotáž KK (klzajúcich kontaktov)
Odporová karotáž R_a - s jednoduchým usporiadaním elektród (potenciálovým R_p a gradientovým R_g)
- s fokusáciou poľa (LL7, LL3 – laterológ, SFL)
- odporové mikromerania
Metóda vybudených potenciálov (VP)
Indukčná karotáž (IK)
Dielektrická karotáž (DK)

8.1.2. Metódy jadrovej karotáže:

Pasívne - prírodná rádioaktivita: - Gama karotáž (GK)
- Spektrometrická gama karotáž (SGK)

Aktívne - s umelým zdrojom:

gama žiarenia - Gama-gama karotáž (GGK)
- Roentgen-fluorescenčná karotáž (RFK)
- Gama-neutrón karotáž (GNK)
neutrónov - Neutrón-neutrón karotáž (NNK)
- Neutrón-gama karotáž (NGK)

8.1.3. Ostatné karotážne metódy:

Akustická karotáž (AK)
Vrtná gravimetria (VG)
Magnetická karotáž (MK)
Jadrovo-magnetická karotáž (JMK)

8.1.4. Metódy technického stavu (získujúce geometrické parametre) vrtu:

Kavernometria (KM)
Inklinometria (IM)
Stratametria (SM)

8.1.5. Meranie fyzikálnych vlastností kvapalín:

Termometria (TM)
Rezistivimetria (RM)
Fotometria (FM)
Vrtné prietokomery (PM)
Hustomery
Merače podielu ropa-voda

V ďalšom texte budeme bližšie charakterizovať len niektoré z vyššie uvedených karotážnych metód. Výber bol podmienený zameraním predmetnej prednášky.

8.2 Elektrické karotážne metódy

Súbor elektrických karotážnych metód je veľmi široký a obsahuje veľa variant. Všetky sú však založené na tom, že merajú buď:

- prirodené elektrické polia - SP (spontánna polarizácia - meranie prirodzených potenciálov)
 - EP (meranie elektródových potenciálov)
- umelé elektrické polia
 - meranie merného odporu prostredia
 - meranie polarizovateľnosti prostredia
 - meranie permitivity prostredia

Druhá skupina metód s umelým elektrickým polom, je veľmi rozsiahla. Z nej sa budeme zaoberať len tými metódami, ktoré sa v karotážnej praxi bežne používajú a sú súčasťou obvyklého karotážneho komplexu metód.

A. Metódy, založené na meraní prirodzených potenciálov:

8.2.1 Metóda SP

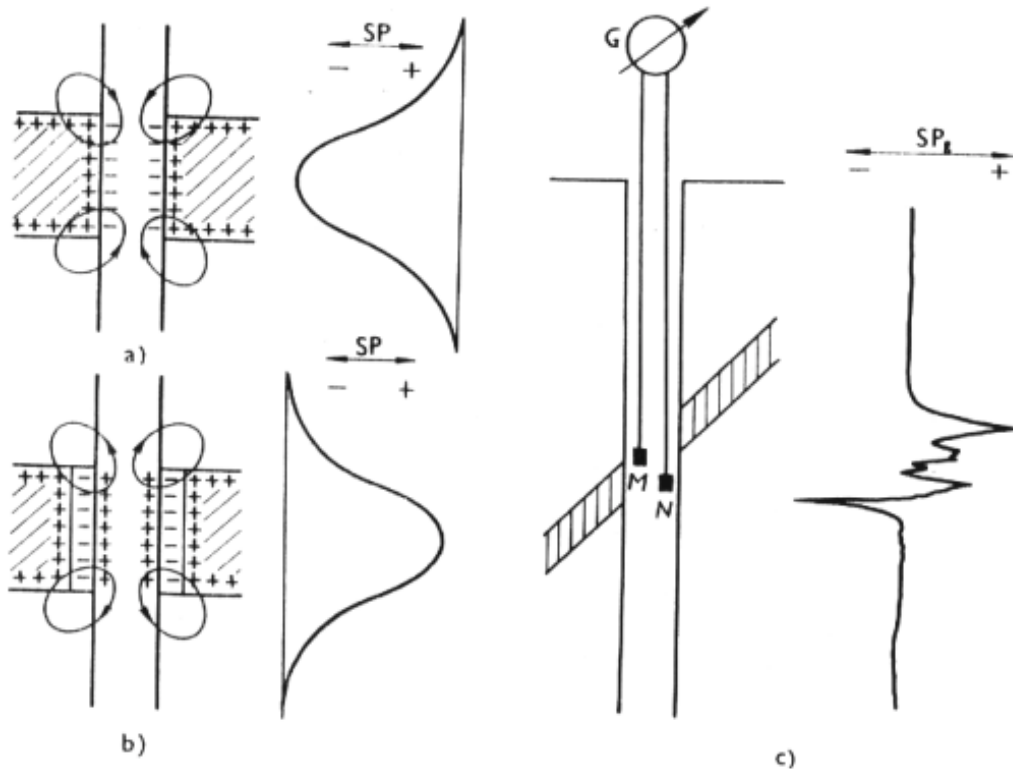
Príčinou vzniku prirodzených elektrických potenciálov môžu byť procesy:

- difúzo-absorpčné (tvorené potenciálom difúznym a membránovým)
- filtračné (vytvárané prenikaním filtrátu výplachu do kolektoru)
- oxidačno - redukčné (vznikajúce v dôsledku oxidácie minerálov s elektrónovou vodivosťou kyslíkom z výplachu)

Prvé dva druhy prirodzených potenciálov sú typické pre sedimentárne komplexy a tretí odpovedá rudným ložiskám, ktoré sú charakterizované elektrónovou vodivosťou.

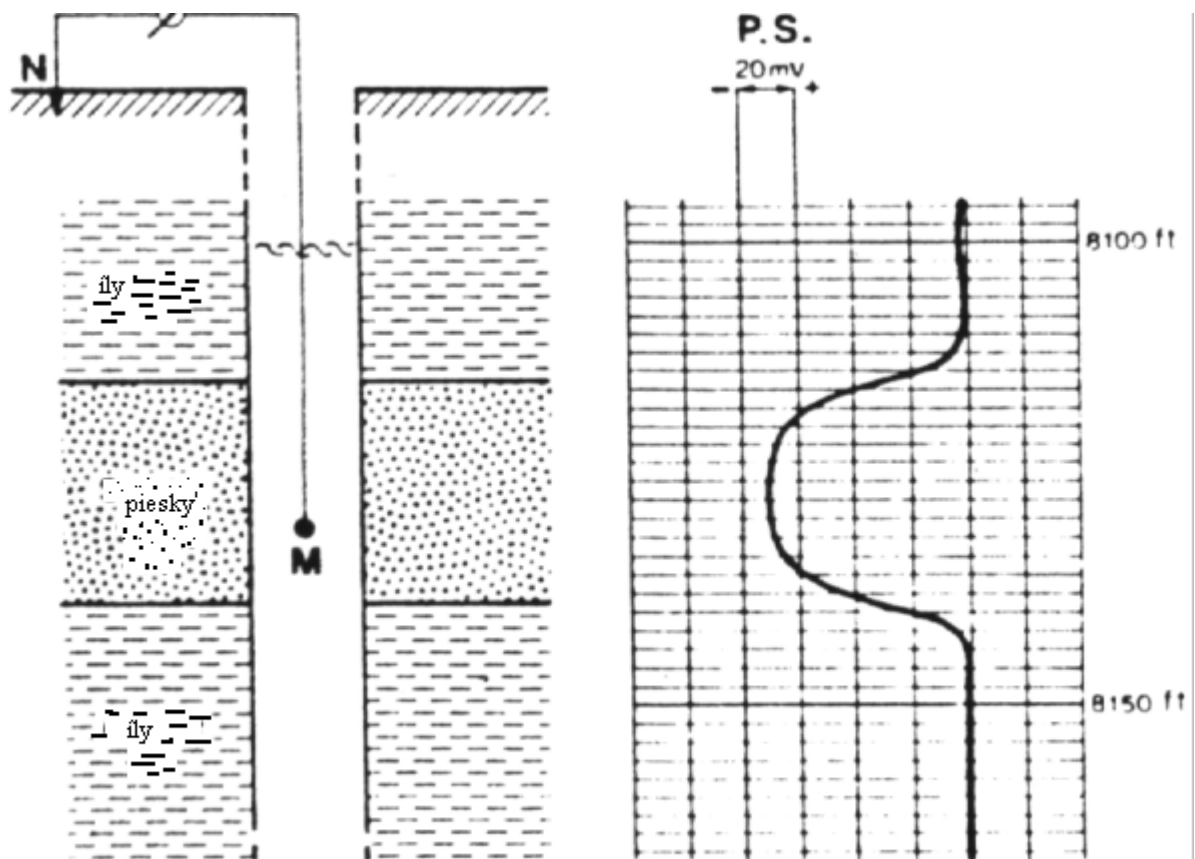
Filtračné potenciály vo väčšine prípadov hrajú v porovnaní s ostatnými dvoma podradnú úlohu v karotáži. Dosahujú veľkosť okolo -10 až -20 mV.

Krivka vlastných (prirodzených) potenciálov umožňuje v sedimentárnom komplexe rozčleniť vrtný profil na vrstvy prevažne piesčité a prevažne ílovité, t.j. umožňuje pozdĺž vrtu vyčleniť priepustné porézne polohy (nazývané kolektory) a vypočítať merný odpor ρ_w nasycujúcej kvapaliny (väčšinou podzemnej vody).



Obr.8.2 : Vznik záporných (a) a kladných (b) anomálií SP proti rudnej polohe.
Gradient SP (c)

Oxidačno - redukčné potenciály sa vyskytujú v rudných vrtoch oproti rudným polohám, na ktorých sa akumuluje kladný náboj (+), zatiaľ čo vo výplachu dochádza k prebytku náboja záporného (-). Takto sa vytvára potenciálový rozdiel, ktorý meriame ako kladnú anomáliu SP oproti rudnej polohe. Záznam SP nám poskytuje predstavu o indikácii rudných polôch a ich štruktúre. Meranie prirodzených polí sa realizuje dvoma potenciálovými elektródami M a N (obr.8.2. a 8.2a.).



Obr. 8.2a: Princíp merania v metóde SP (podľa D. Chapelier, 1987 - upravené)

8.2.2 Metóda EP

Táto metóda využíva elektrónovú vodivosť minerálov, akumulovaných v rudných polohách, ktoré sú preťaté stenou vrtu. Minerálne akumulácie sa chovajú ako kovy s kladným vlastným potenciálom. Ak vložíme takýto minerál do elektrolytu spoločne s kovom, ktorého vlastný potenciál je dostatočne záporný (Fe, Zn, atď.), nameriame výrazný potenciálový rozdiel, tzv. *elektrodový potenciál*. Tento jav využívame v metóde EP k identifikácii rudných polôh, ktoré boli zachytené vrtom. Hlbinná sonda pre meranie EP má dve elektródy z rovnakého kovu. Jedna kľže pozdĺž steny vrtu a druhá, porovnávacia, sa steny vrtu nedotýka. Ak sa kĺzajúca elektróda dotýka jalovej horniny, potenciálový rozdiel je minimálny. Ak sa však dotkne polohy s elektrónovou vodivosťou, meriame výrazné anomálie EP. Anomália nám umožňuje dobre stanoviť mocnosť a štruktúru rudného telesa.

Merania, využívajúce prirodzené elektrické polia majú svoje limity a obmedzené možnosti. Aby sme mohli získať väčšie množstvo informácií o zasiahnutých geologických

štruktúrach, bolo vyvinutých množstvo iných elektrických karotážných metód, využívajúcich umelé elektrické polia.

B. Metódy, využívajúce umelé elektrické polia:

V prípade metód, využívajúcich umelé elektrické polia musíme tieto zaviesť do prostredia v okolí vrtu. Deje sa to prostredníctvom zdroja a prúdových elektród A, B.

8.2.3 Metóda KK

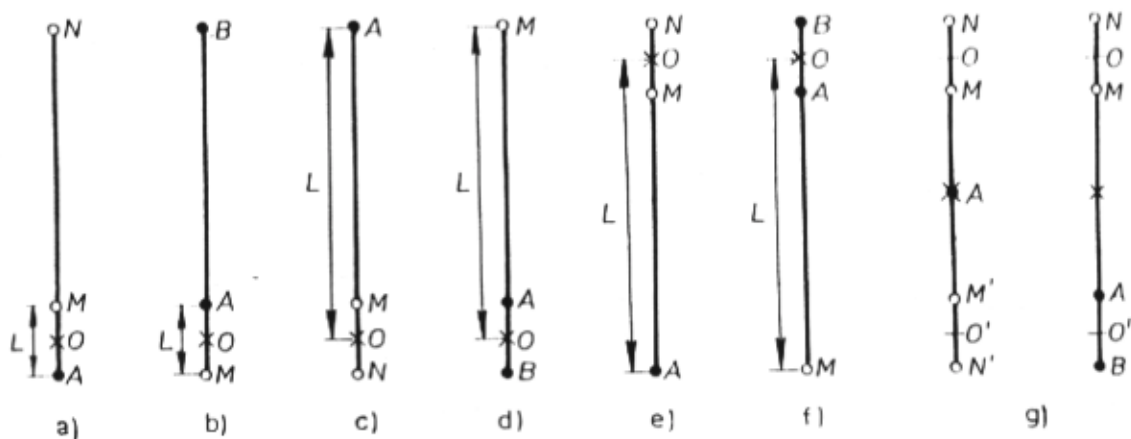
Najrozšírenejší je variant klzajúcich kontaktov na rudných ložiskách. Do vrtu spúšťame prúdovú elektródu A, ktorá má tvar štetky, klzajúcej po stene vrtu. Druhá prúdová elektróda B je na povrchu. Zdrojom umelého poľa je väčšinou anódová batéria. Ak sa elektróda A dotkne rudnej polohy, objaví sa na krivke KK prudký nárast prúdu.

8.2.4 Odporová karotáž R_a

Odporová karotáž využíva zmeny merných odporov jednotlivých geologických formácií, ktoré boli zasiahnuté vrtom. Je založená na rovnakých fyzikálnych predpokladoch, ako je to v prípade aplikácie povrchových odporových metód.

Odporová karotáž s jednoduchým usporiadaním elektród R_{a_p} a R_{a_g}

Bežné karotážne odporové meranie môžeme prirovnať k odporovému profilovaniu na povrchu prostredia. V tomto prípade sú však prúdové aj potenciálové elektródy v podobe prstencov umiestnené na karotážnej sonde, ktorú spúšťame do vrtu. Umiestnenie prúdových aj potenciálových elektród na karotážnej sonde ako aj ich počet môže byť rôzny. Na obr. 8.3 sú uvedené najčastejšie usporiadania elektród u jednoduchých odporových sond.



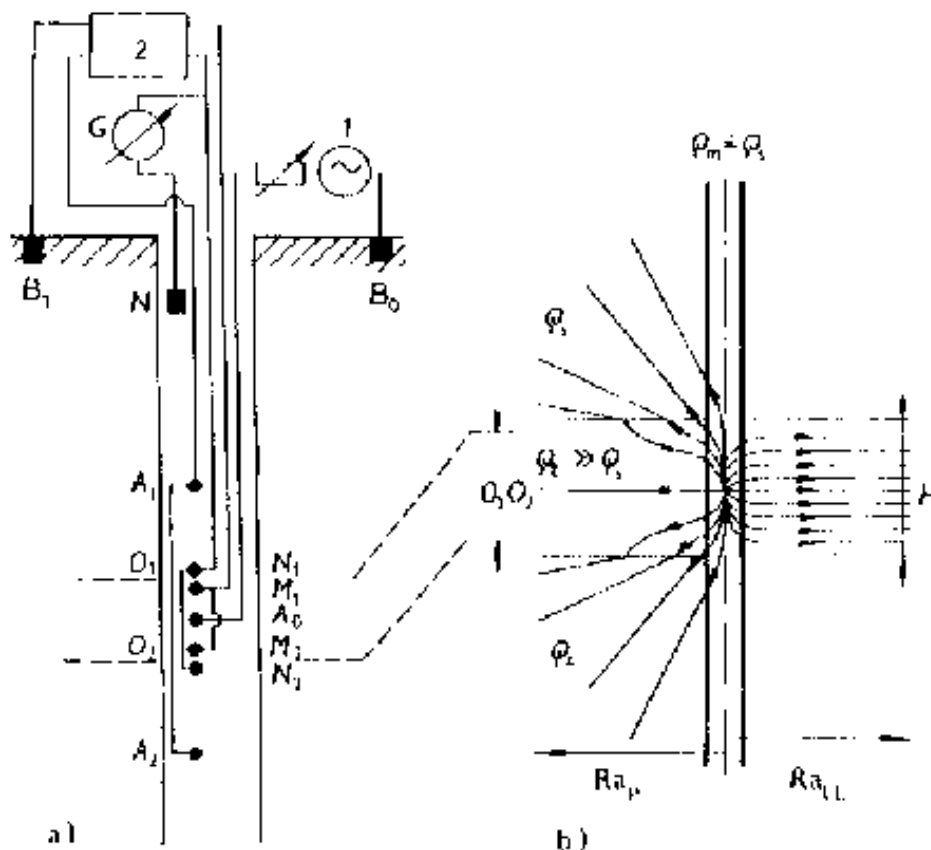
Obr. 8.3 : Schéma najčastejších usporiadaní elektród u jednoduchých odporových sond (Mareš,1990)
 a) potenciálové sondy jednopólové (jedna prúdová elektróda), b) potenciálové sondy dvojpólové (dve prúdové elektródy), c) gradientová sonda podložná jednopólová, d) dvojpólová, e) gradientová sonda nadložná jednopólová, f) dvojpólová, g) špeciálna sonda (symetrická gradientová dipólová).

Pre meraný merný odpor R_a platí podobný vzťah, ako v prípade povrchového prieskumu. $R_a = k \cdot \Delta V / I$, kde ΔV je potenciálny rozdiel nameraný medzi elektródami M a N, I je elektrický prúd, zavedený do prostredia cez elektródy A a B, k je konštanta závislá na vzdialenosti elektród (prstencov), umiestnených na karotážnej sonde.

Tvar odporových kriviek závisí od usporiadania elektród na karotážnej sonde. V podstate poznáme dva základné druhy odporových sond, a to *potenciálové* a *gradientové*. Gradientové sondy ďalej delíme na *podložné* a *nadložné*. Schematicky sú všetky používané typy sond zobrazené na obr. 8.3. Parameter L označuje dĺžku sondy. Tvar meraných odporových kriviek závisí od typu použitej sondy a od jej dĺžky. Krivky, merané potenciálovou sondou sú symetrické voči stredu vrstvy, naopak krivky merané gradientovou sondou sú nesymetrické.

Odporová karotáž s fokusáciou poľa

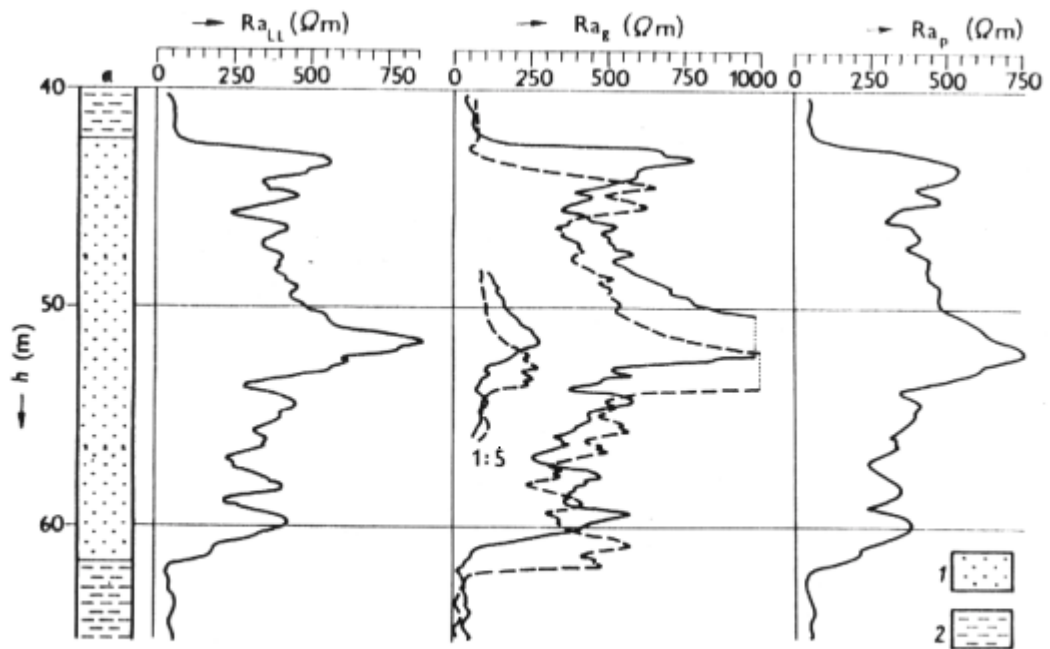
Snaha získať skutočný merný odpor hornín ρ_t a tiež merný odpor zóny prieniku ρ_i viedla k navrhnutiu systému elektród, ktoré zaručujú, že dráha elektrického prúdu výplachom a zónou prieniku je čo najkratšia. Dnes sa vo svete používajú v podstate tri druhy



Obr. 8.4: a) schéma sedemelektrodového laterológu a
 b) tvar prúdových línií pri bočnom meraní s fokusáciou poľa R_{aLL}
 a pri použití obyčajnej potenciálovej sondy R_{ap} (Mareš, 1990)
 1 - generátor striedavého prúdu
 2 - automatický regulátor pomocného prúdu
 G - registráčný prístroj

usporiadania, a to trojelektrodový laterológ (LL3), sedemelektrodový laterológ (LL7) a sférická fokusácia poľa (SFL). Obr. 8.4. schematicky znázorňuje systém fokusácie poľa.

Na obr. 8.5 sú porovnané odporové krivky, namerané sondami sedemelektrodovým laterológom LL7 a jednoduchými potenciálovými R_{ap} resp. gradientovými R_{ag} sondami.

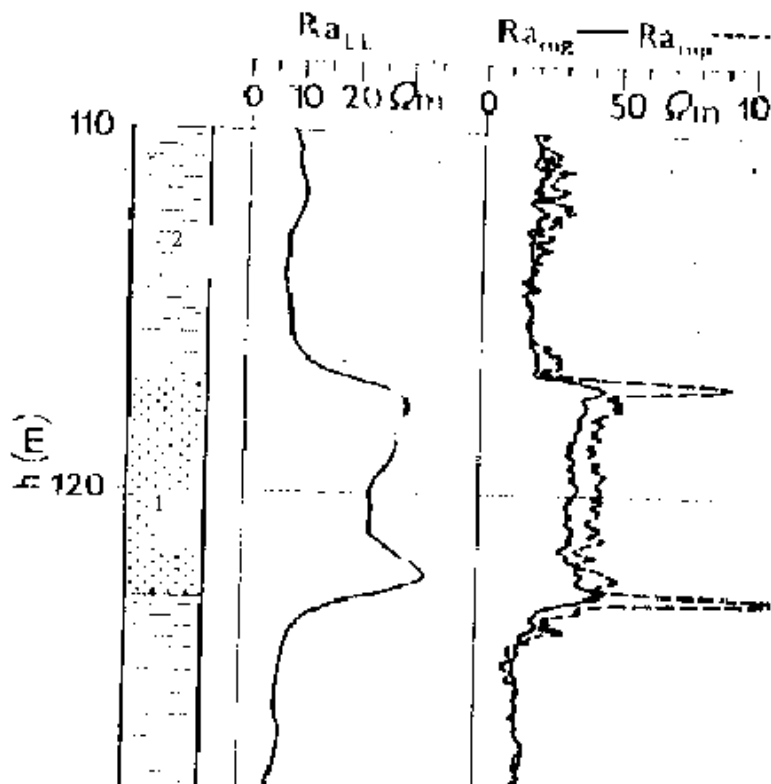


Obr. 8.5 : Záznam sedemelektrodového laterológu (LL7) Ra117 porovnaný s odporovými krivkami, meranými jednoduchými potenciálovými Ra_p a gradientovými Ra_g sondami, litologický profil - 1-pieskovec, 2-ílavec (Mareš,1990).

Mikrokarotážne odporové metódy (odporové mikromerania)

Mikrokarotážne odporové merania umožňujú skúmať odporové vlastnosti hornín, nachádzajúcich sa v bezprostrednej blízkosti steny vrtu. Za týmto účelom je nutné elektródy pritlačiť na stenu vrtu a izolovať tak vplyv odporu výplachu na merané veličiny.

V súčasnosti sa najviac z odporových mikromeraní využíva *mikrológ* (ML), *mikrolaterológ* (MLL) a *karotáž priľahlej zóny* (proximitylog – PL) a odporová *mikrokarotáž so sférickou fokusáciou poľa* (MSFL). Sondy, používané pri mikromeraniach, sa od bežných sond líšia len malými vzdialenosťami kotúčových elektród (napr. 5 až 25 cm). Mikrokarotážne odporové merania sa používajú pre vymedzenie priepustných polôh, ktoré sú na záznamoch mikromeraní vždy zreteľné. Obr. 8.6 znázorňuje porovnanie odporových kriviek oproti priepustnej polohe pieskovec, získaných laterológom a mikrosondami (gradientovou a potenciálovou) s meraním SP.



Obr. 8.6: Krivky odporových mikromeraní R_{aLL} , $R_{a_{mg}}$ a laterológu $R_{a_{rup}}$ oproti poréznej polohe pieskovcov, 1 – pieskovce, 2 – ílovce, (Mareš, 1990 – upravené).

8.2.5 Metóda vybudených potenciálov (VP)

Príčiny vzniku vybudenej polarizácie (VP) boli rozoberané v rámci povrchových geoelektrických metód. Karotážny variant tejto metódy sa líši len usporiadaním elektród na karotážnej sonde. Systém elektród na sonde je väčšinou volený tak, že prúdová elektróda A je rozdelená na dva prstence, uložené symetricky blízko potenciálovej elektródy M. Meriame zdanlivú polarizovateľnosť ako výsledok objemovej polarizácie v prípade výskytu hornín s elektrónovou vodivosťou a povrchovej polarizácie v prípade piesčitoílovitých zemín. Zdanlivá polarizácia η_z je nepriamoúmerná nasýteniu pórového priestoru a narastá s klesajúcou koncentráciou minerálnych látok, obsiahnutých v póroch.

Metóda VP v karotážnej variante dosiahla najväčšie praktické uplatnenie pri vyhľadávaní ložísk čierneho uhlia a pri lokalizácii vtrúseného sulfidického zrudnenia.

8.2.6 Indukčná karotáž (IK).

Táto metóda bola vyvinutá pre stanovenie merného odporu hornín ρ_t pre špeciálne vrty, zaplnené olejovým výplachom alebo vrty suché, bez výplachu. Poskytuje veľmi cenné výsledky o odporových pomeroch v oblastiach, kde sú laterológ, resp. klasické gradientové a potenciálové merania, neúčinné. Do vrtu spúšťame dve cievky: budiacu A, ktorá je napájaná striedavým prúdom stálej intenzity a prijímaciu B. Elektrické prúdy vytvárajú v okolitom geologickom prostredí sekundárne magnetické pole, registrované prijímacou cievkou B vo forme elektromotorického napätia. Toto napätie je priamoúmerné mernej elektrickej vodivosti okolitých geologických štruktúr. Grafický výstup tohto merania je prezentovaný vo forme zmien merného odporu hornín ρ_t pozdĺž steny vrtu.

Indukčná karotáž je dnes nedeliteľnou súčasťou moderného komplexu karotážnych metód, aplikovaných v nízkoodporových ílovitých profiloch.

8.2.7 Dielektrická karotáž (DK)

Táto karotážna metóda umožňuje merať zmenu relatívnej permitivity hornín, vystupujúcich v profile vrtu. Táto meraná veličina je bezrozmerná a závislá na mineralogickom zložení pevnej fázy (skeletu) a chemickom zložení média, vyplňajúceho póry v hornine. Permitivita pevného skeletu sa pohybuje v rozmedzí 2 až 20, pričom zemný plyn a ropa majú toto číslo nízke, rovné 2 – 3. Permitivita nízkomineralizovanej vody sa pohybuje okolo hodnoty 80.

V komplexe s ostatnými karotážnymi záznamami umožňuje dielektrická karotáž rozlíšiť kolektory, nasýtené ropou a plynom od kolektorov, nasýtených vodou, čo je v prípade prieskumu na vyhľadávanie uhľovodíkov veľmi cenná informácia.

8.3 Metódy jadrovej karotáže

Metódy jadrovej karotáže majú v poslednej dobe stále väčšie uplatnenie. Využívajú rovnaké teoretické základy ako povrchové metódy jadrovej geofyziky. V tomto výklade sa omezieme len na metodické zvláštnosti jednotlivých metód a na spôsob ich použitia. Základným prístrojom pre jadrovú karotáž sú karotážne rádiometre pre detekciu

gama žiarenia, resp. hustoty neutrónov. Takmer všetky metódy jadrovej karotáže je potrebné doplniť meraniami kavernometrie.

8.3.1 Gama karotáž (GK) a spektrálna gama karotáž (SGK)

V metóde GK meriame úhrnný expozičný príkon žiarenia gama, ktoré je spôsobené prírodnými rádioaktívnymi prvkami (U, Th, K), obsiahnutými v horninách. Záznamy SGK sa využívajú na stanovenie celkového obsahu U, Th a K, na určenie celkového obsahu U na ložiskách rádioaktívnych surovín, na rozčlenenie litologického profilu v sedimentárnych horninách a na posúdenie stupňa ílovitosti.

8.3.2 Gama-gama karotáž (GGK)

Gama-gama karotáž sa používa v dvoch modifikáciách, ako hustotná GGK-H a selektívna GGK-S. Pri GGK-H registrujeme expozičný príkon rozptýleného gama žiarenia. Ako zdroj žiarenia gama sa používa izotop ^{60}Co , alebo ^{137}Cs . Meranie môže byť výrazne ovplyvnené zmenou priemeru vrtu, preto je kavernometria nutná. GGK-H sa využíva hlavne na stanovenie objemovej hustoty hornín, pórovitosti a stupňa uhoľnatosti.

Pri selektívnej modifikácii GGK-S využívame fotoefekt. Metóda je vhodná na stanovenie celkového obsahu ťažkých prvkov. Veľmi dobré výsledky možno dosiahnuť v prípade veľmi krátkej dĺžky sondy (5 cm) so zdrojom o nízkej energii ^{241}Am pri stanovení stupňa popolnatosti na účely členenia uhoľných slojov.

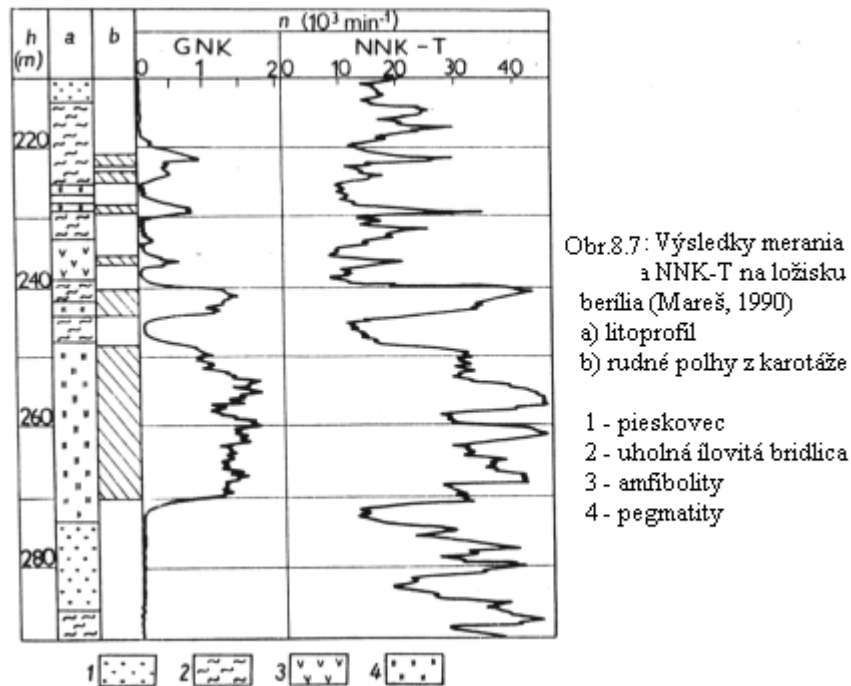
8.3.3 Neutrón-neutrón karotáž (NNK)

Táto metóda existuje v dvoch variantoch, a to k meraniu *hustoty toku tepelných* NNK-T a *nadtepelných* NNK-N neutrónov. Zdroje neutrónov sú Po-Be, Am-Be a.i. Metóda NNK sa používa:

- na stanovenie média vyplňujúceho póry hornín na ložiskách ropy a plynu (NNK-N)
- na stanovenie obsahu B, Cl, Mn, Hg (NNK-T)

Pri stanovení pórovitosti prostredia je rozhodujúci obsah vodíka v póroch. U plynonosných kolektorov je obsah vodíka až 6-krát nižší, ako v prípade vody alebo ropy. NNK anomálie sú oproti kolektorom, nasýteným plynom, výrazne kladné.

Pri stanovení obsahov prvkov ide o zvýšené pohlcovanie tepelných neutrónov v miestach s väčšou akumuláciou spomenutých prvkov. Na obr. 8.7 sú porovnané výsledky karotážneho merania metódou GNK a NNK-T k rozčleneniu litologického profilu vrtu za účelom vyčlenenia ložiska berýlia.



8.3.4 Neutrón-gama karotáž (NGK)

Táto metóda sa tiež využíva v dvoch variantoch a to v *integrálnom* a *spektrálnom*. Zdrojmi neutrónov sú Po-Be a Am-Be. Metóda využíva sekundárne gama žiarenie, ktoré vzniká pri radiačnom záchyte neutrónov. Intenzita sekundárneho gama žiarenia je závislá od obsahu prvkov s veľkým účinným prierezom (predovšetkým vodíka) pre spomalenie rýchlych neutrónov.

Metóda sa hlavne využíva:

- na stanovenie celkového obsahu vodíka v horninách, a teda na stanovenie pórovitosti
- na stanovenie kontaktu plyn-ropa a plyn-voda a na stanovenie nasýtenia kolektorov plynom

- na stanovenie obsahu prvkov so zvýšeným účinným prierezom pre radiačný záchyt (obsah Cl a kontaktu ropa-voda)

8.4 Ostatné karotážne metódy

8.4.1 Akustická (ultrazvuková) karotáž (AK)

Princíp akustickej aj ultrazvukovej karotáže je u všetkých aparatúr v podstate rovnaký. Každá sonda obsahuje minimálne jeden vysielateľ akustických alebo ultrazvukových vln a minimálne jeden prijímač. Meranou veličinou je čas príchodu vlny k prijímaču, priebehový čas Δt alebo intervalová rýchlosť v .

Akustickú karotáž používame na identifikáciu hornín o veľmi nízkej rýchlosti, na koreláciu vrto, spolu s metódami jadrovej geofyziky na litologické členenie vrto, na výpočet nasýtenia vrstvy vodou a na stanovenie pórovitosti hornín.

8.5 Metódy technického stavu (zistujúce geometrické parametre) vrtu

Tieto metódy sú tiež označované ako metódy, ktoré zisťujú technické parametre vrtu. Zahrňajú *kavernometriu* a *profilometriu*, ktoré nám poskytujú skutočný priemer vrtu v rovine kolmej na jeho os, *inklinometriu* na zistenie sklonu vrtu od zvislice a *stratometriu*, ktorá umožňuje stanoviť smer a sklon vrstiev, zasiahnutých vrtom.

8.6 Meranie fyzikálnych vlastností kvapalín

Karotážne metódy, ktoré zahrňujeme do tejto skupiny, sa používajú nielen na zisťovanie fyzikálnych vlastností kvapalín, pohybujúcich sa vo vrte, ale sú veľmi dôležité aj pri riešení problémov ich dynamiky a tiež pri zisťovaní tesnosti zapaženia vrtu a riešení iných technických problémov, spojených s ťažbou ropy a zemného plynu.

Pri *termometrii* meriame teplotu kvapaliny, pohybujúcej sa vo vrte a na základe týchto meraní skúmame prítoky alebo úniky kvapaliny do alebo z vrtu. Merania sa realizujú *termometrami*.

Rezistivimetria umožňuje priebežné meranie odporu kvapaliny vo vrte. Meraná veličina má rozmer ohmmeter a merania sa realizujú *rezistivimetrami*. Táto metóda sa používa na stanoveniu merného odporu hornín ρ_t a merného odporu filtrátu výplachu ρ_{mf} alebo ílovitej kôrky ρ_{mc} .

Fotometria meria priehľadnosť kvapaliny vo vrte a jej schopnosť absorbovať svetelnú energiu, vychádzajúcu z malého svetelného zdroja. Merania sa realizujú *fotometrami* a z nich môžeme získať informácie o vertikálnej rýchlosti pohybu kvapaliny, o miestach prítokov podzemnej vody a tiež o jej filtračnej rýchlosti.

8.7. Použitá literatúra:

Mareš, S. a kolektív (1990): Úvod do užití geofyziky, SNTL, Praha.

Chapelier D. (1987): Diagraphies appliquées a l'hydrologie, TEC&DOC, Lavoisier, Paris.

Kontrolné otázky k predmetnej problematike:

1. *Pomenujte zóny v okolí vrtu a charakterizujte ich fyzikálne parametre*
2. *Rozdeľte karotážne metódy podľa rôznych meraných fyzikálnych veličín*
3. *Metódy SP, EP a KK - stručne popíšte a porovnajte*
4. *Odporové karotážne metódy s jednoduchým usporiadaním elektród*
5. *Nakreslite používané potenciálové a gradientové sondy*
6. *Odporové karotážne metódy s fokusáciou poľa*
7. *Odporové mikromerania*
8. *Stručne charakterizujte metódy VP, IK a DK*
9. *Základné charakteristiky metód GK a SGK*
10. *Základné charakteristiky metód GGGK a GNGK*
11. *Základné charakteristiky metód NNGK a NNGK*
12. *Stručne charakterizujte metódy AK a MK*
13. *Metódy merania technického stavu vrtu*
14. *Metódy merania fyzikálnych vlastností kvapalín*

Cvičenie z karotáže:

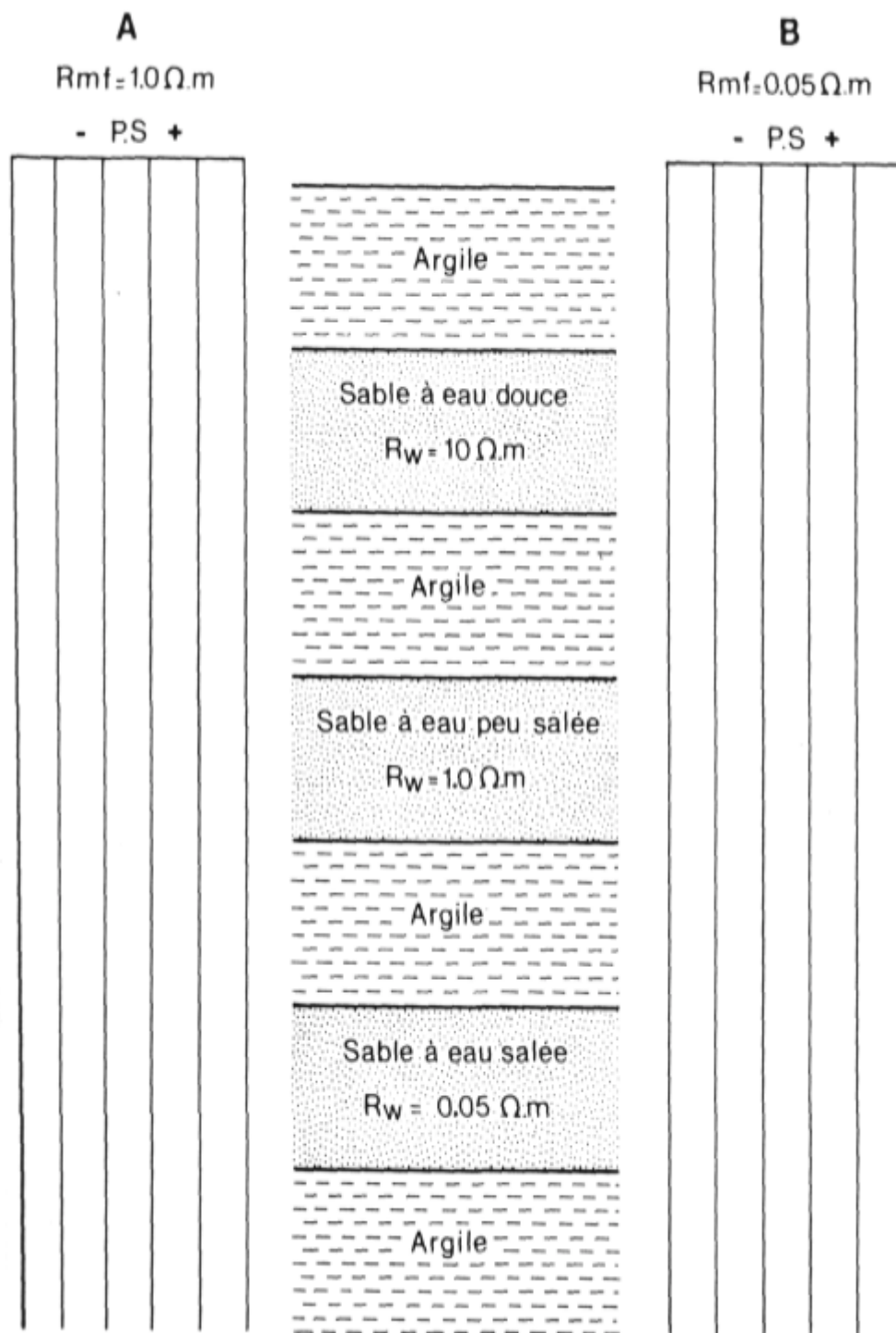
Úloha č.1.

Nakreslite priebeh krivky SP, ktorú by ste namerali oproti vrstvám ílu a piesku, nasýteného sladkou a slanou vodou (obr.1), ak sa odpor výplachu mení:

- A) $R_{mf} = 1.0 \text{ ohmm}$
- B) $R_{mf} = 0.05 \text{ ohmm}$

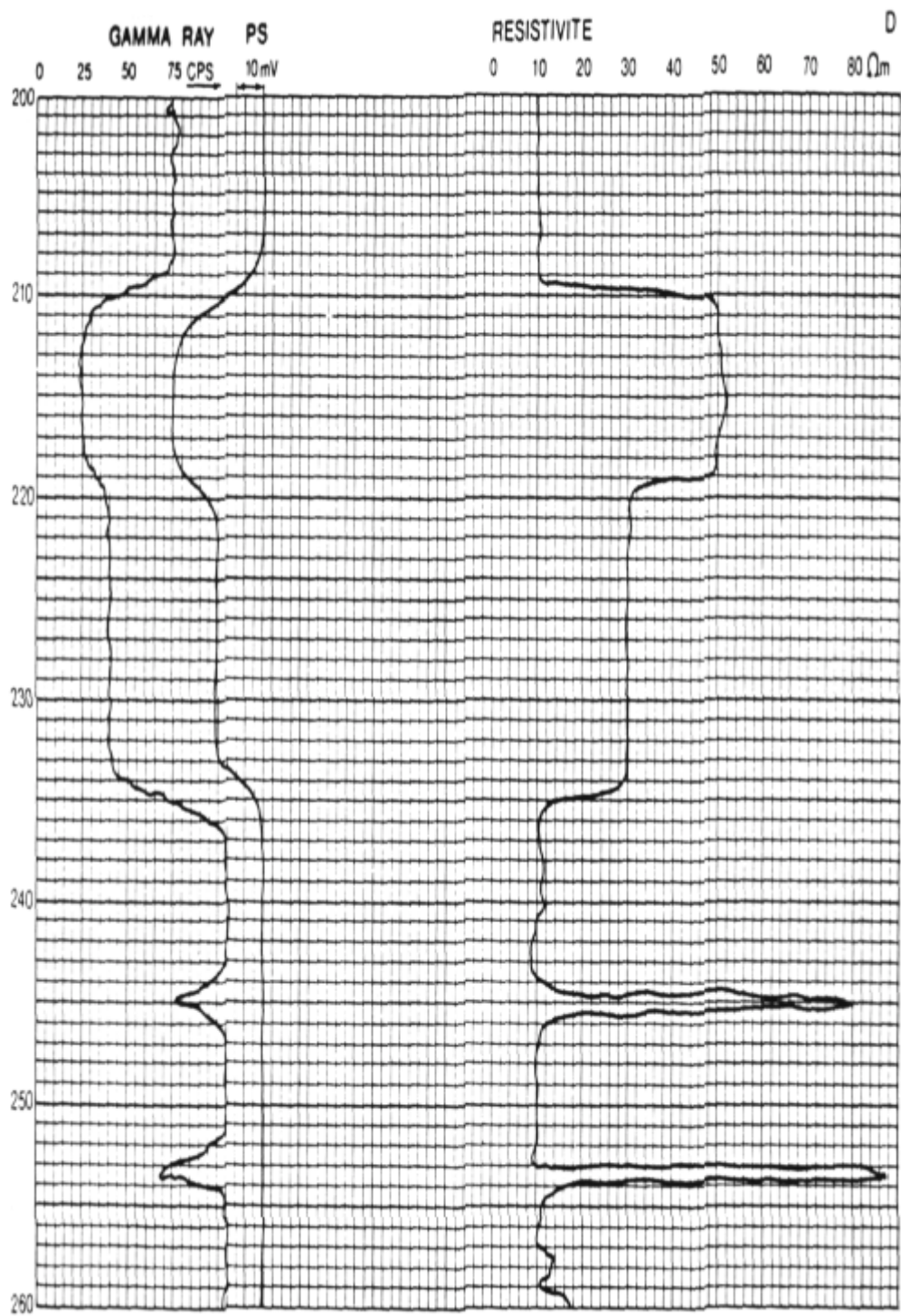
Úloha č. 2.

Využitím vedomostí o vlastnostiach a tvare karotážnych anomálií SP, GK a Rap, nameraných oproti rôznym sedimentárnym geologickým vrstvám, doplňte na predloženom obrázku (obr.2) odpovedajúci geologický rez.



R_w je odpor nasycujúcej kvapaliny, R_{mf} - odpor výplachu, argile - íl, sable - piesok, eau douce - voda sladká, eau salée - voda slaná

Obr.1



Obr.2