

Geoelektromos módszerek

Összeállította: Pethő Gábor

Elektromos vezetési módok(1)

Az ásványok közül a legjobb elektromosan vezetők **elektronos vezetők.**

Nagyon sok szabad –valencia- elektronnal rendelkezik pl. a természetes réz, grafit, de ide tartozik a higany és arany is.

Az alkalmazott elektromos tér esetén a szabad elektronok a tér irányának megfelelően mozdulnak el, a fajlagos ellenállás attól függ, hogy mennyi idő telik el az elektronok és a kristályrácsban lévő atomok közötti ütközések között.

A fajlagos ellenállás 10^{-6} - 10^{-8} ohmm.

Elektromos vezetési módok(2)

Az elektronosan vezető ásványokhoz képest lényegesen kevesebb szabad elektront tartalmaznak a **félvezetők**.

A vezetést tehát itt is az elektronok mozgása eredményezi. Ilyen ásványoknál ha a közölt energia nagyobb mint az elektron kötési energiája, akkor az elektron kiszabadul. Ezzel magyarázható, hogy a félvezetők elektromos vezetőképessége a hőmérséklet növekedésével nő. Ebbe a csoportba tartoznak a szulfidok, oxidok. A fajlagos ellenállás 10^{-8} - 10^2 ohmm. A sajátvezetés mellett jellemzi őket a szennyeződéses vezetés (Schottky- és Frenkel-hibák) is.

Elektromos vezetési módok(3)

A legtöbb kőzetalkotó ásvány **szilárd elektrolit**nak tekinthető. Ide tartozik pl. a kvarc, földpát, muszkovit, anhidrit. Jellemző rájuk, hogy ionos kristályrácsuk van mely rácshibákat tartalmaz, másrészt a kristályrácsukban lévő ionok rezgésük miatt rácshiányba átugorhatnak. Elektromos tér hatására ez az átugrás statisztikusan a tér irányába történik. Fajlagos ellenállásuk 10^3 - 10^{14} ohmm.

A másik ionos vezetés vizes oldatok szabad ionjait tételezi fel. Az elektromos tér hatására a pozitív és negatív ionok a tér irányának megfelelően mozdulnak el. Ez az **elektrolitos vezetés** – amennyiben nincs jelentősebb mértékű elektronos vezető a kőzetben- meghatározza a kőzet fajlagos ellenállását. A tengervíz fajlagos ellenállása 0.2-0.8ohmm, a csapvízé 20-50ohmm, az esővízé 300-1000ohmm.

Elektromos vezetési módok(4)

A **dielektrikum**oknál –szigetelők- sem elektronos sem ionos vezetés nem jelentkezik. Ezen anyagok atomjai vagy ionjai polarizálódnak az elektromos tér hatására. Egészen nagy frekvencián módosítják csak az effektív vezetőképességet.

Összegezve

Fémes (azaz elektronos) vezetést mutató ásványok hiányában a kőzetek pórusait -mely szemcseközi, repedéses, üreges lehet- kitöltő fluidum ionkoncentrációja határozza meg elsősorban az elektromos vezetőképességet.

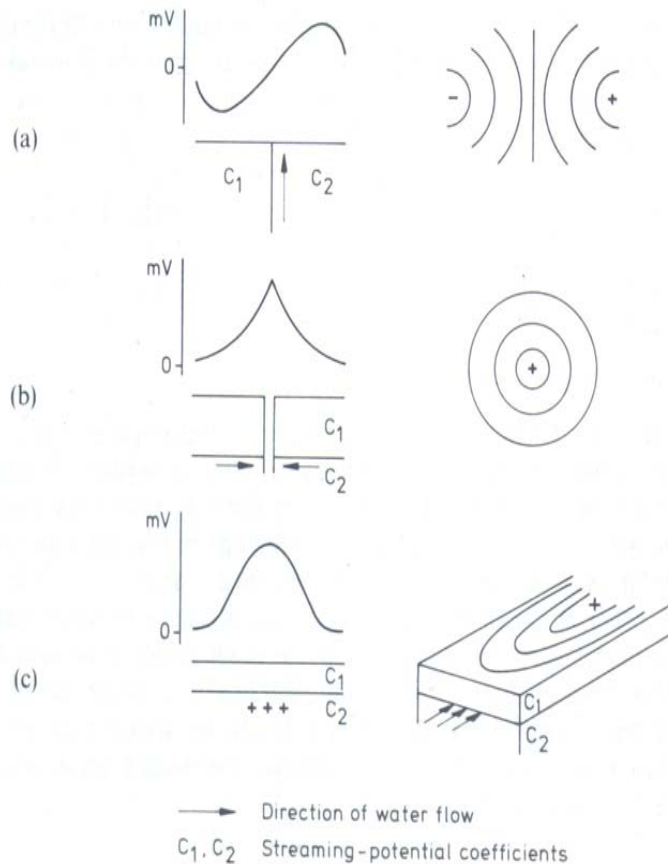
PS Filtrációs potenciál

Egyetlen kapilláris esetén a filtrációs potenciál az alábbi formulával adható meg:

$$E = \frac{\varepsilon \rho \zeta}{4\pi\eta} p$$

E a kapilláris végei közötti elektromos tér nagyságát jelenti, mely p nyomás gradiens hatására az ε dielektromos állandóval, ρ fajlagos ellenállással, η dinamikai viszkozitással jellemezhető folyadék filtrációja miatt alakul ki. A ζ paraméter az abszorpciós vagy zéta potenciál, amely a kapilláris fala és az elektrolit kémiai összetételétől függ. Nem hengeres geometria esetén a pórusszerkezetnek bonyolultabb függvénye. A kialakuló elektromos tér iránya megegyezik a nyomás gradiens irányával, és ellentétes az elektrolit mozgásának irányával. A filtráció ebben az esetben egyrészt a folyadékban lévő ionok kapilláris falon történő abszorpciójával (elsősorban a negatív ionok kötődnek a falhoz, ennek következtében a kapilláris belsejében a pozitív ionok relatív gyakorisága megnő), másrészt a nem kötött rétegben lévő pozitív és negatív ionok eltérő sebességű elmozdulásával jellemezhető.

PS Filtrációs potenciál

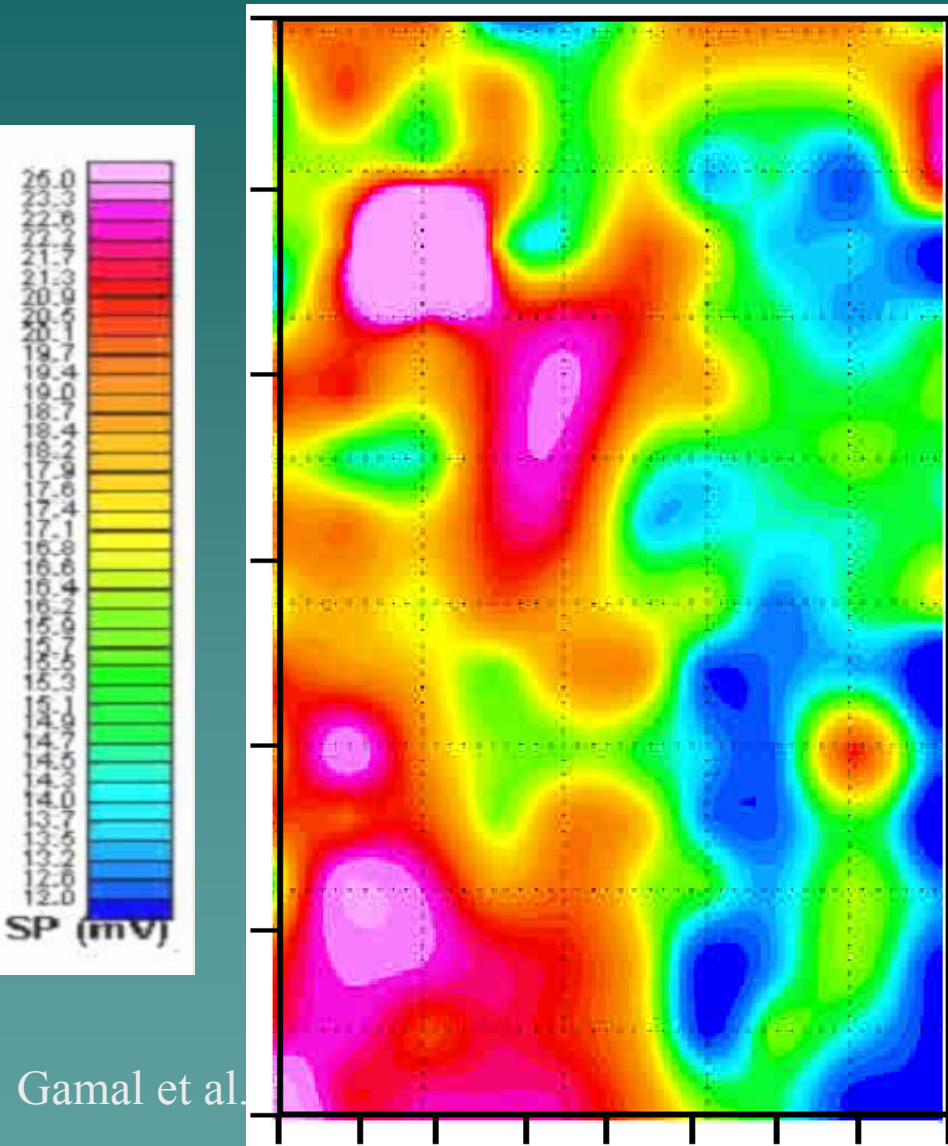


Idealized electrofiltration SP (profiles and maps) on some flow models. After [50]. (a) Vertical boundary; (b) pumping from a well; (c) horizontal boundary flow.

Akkor kapunk nagyobb PS anomáliát, ha egymással kontaktusban lévő eltérő filtrációs elektromos állandójú környezetek egyikében az elválasztó határfelületekkel párhuzamos az áramlás. A filtrációs elektromos állandó (C) a filtrációs potenciál (E) és a nyomás gradiens (p) hányadosa, így egyetlen kapilláris esetén a pórus folyadéktól és a zéta potenciáltól (ζ) való függése a fenti egyenletből megadható. A filtrációs potenciál mérésével többek között folyadékkal töltött betonozott falú létesítmények (pl. víztározó) felszín alatti meghibásodása, vízkivételnek (szivattyúzás) vízszintre gyakorolt hatásának és felszín közeli áramlások vizsgálata oldható meg. Az ábra vertikális határfelület menti, lyukból történő szivattyúzás és horizontális szivárgás esetén kialakuló PS anomália kialakulása látható PARASNIS (1986) nyomán.

A természetes potenciál mérése

-elméletileg- nagy bemeneti ellenállású feszültségmérőt és nem polarizálódó elektródákat (fém saját sójának telített gyakorlatban inkább túltelített oldatába merül, a rendszer egy porózus falú kisebb kerámia edénybe kerül, és időt igényel, míg a környezeti egyensúly kialakul) igényel. A méréseket elsősorban gradiens, másrészt potenciál elrendezéssel végzik, ritkábban a felszínen az ekvipotenciális helyeket keresik meg. A területi mérés eredménye az azonos feszültség értékkel jellemezhető helyeket összekötő ekvipotenciális vonalak, így az izovonalas térképekhez hasonlóan adható meg.



PS Elektrokémiai potenciál

Az elektrokémiai potenciál a diffúziós és a Nernst potenciál összege. A diffúziós potenciál akkor alakul ki, ha a talajban vagy általában a felszín közelében lévő elektrolit koncentrációja a hely függvényében változik. Ilyenkor a rendszer koncentrációkiegyenlítődsre törekszik, amelynek legfontosabb jellemzője, hogy a nagyobb ionkoncentrációjú hely felől ionok diffúziója indul meg a kisebb ionkoncentrációjú hely felé. A kiegyenlítőds a különböző koncentrációjú tértartományok között az anionok és kationok eltérő ionmozgékonytsága mellett valósul meg. Egyetlen ásványi só féleséget eltérő ionkoncentrációban (C_1 és C_2) tartalmazó két folyadékcella közötti potenciálkülönbség az ionkoncentráció arány mellett az ionmozgékonytságot közti különbség függvénye:

$$E_D = \frac{u - v}{u + v} \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

ahol u és v a pozitív és a negatív ion sebessége, n az ionok vegyértéke, R az univerzális gáz állandó, T az abszolút hőmérséklet, F a Faraday-állandó. Az összefüggés szerint akkor mérhető nagyobb diffúziós potenciál, ha jelentős az ionok sebességkülönbsége. NaCl oldat esetén a Cl^- anionok nagyobb ionmozgékonytságúak mint a Na^+ kationok.

PS Elektrokémiai potenciál

Az elektrokémiai potenciál a diffúziós és a Nernst potenciál összege.

Nernst potenciál akkor alakul ki, ha két azonos fém elektród közötti feszültséget vizsgálunk feltételezve, hogy a két elektród eltérő koncentrációjú oldatba merül. Az ekkor mérhető feszültség az ún. **Nernst potenciál** :

$$E_N = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

A két potenciálnak az összege az elektrokémiai potenciál:

$$E_C = E_D + E_N = \frac{-2v}{u+v} \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

Pl. $T=25\text{ °C}$ -os NaCl oldat esetén, $v/u=1.49$ és 5:1 koncentrációarányt feltételezve

$$E_C = E_D + E_N = -70.7 \frac{(T+273)}{273} \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right)$$

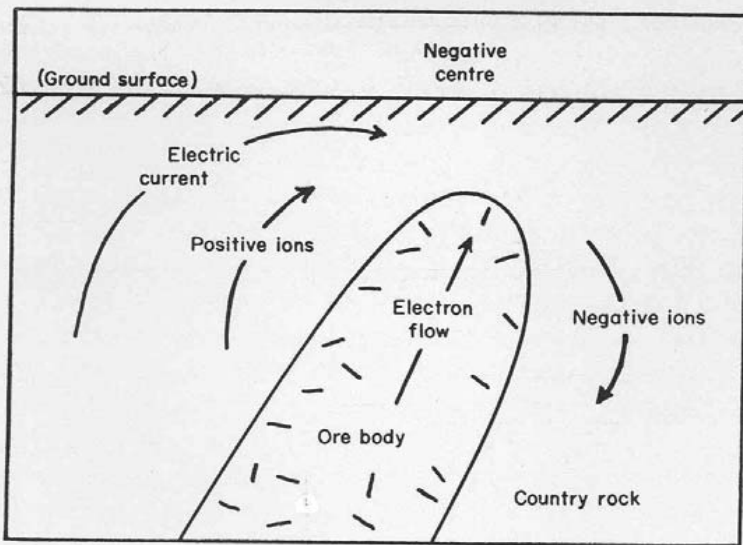
az elektrokémiai potenciálra 50 mV adódik

PS Ásványosodási potenciál

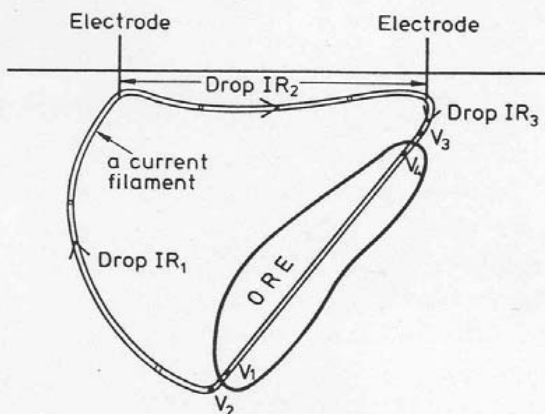
Az ásványosodási potenciál kialakulása akkor figyelhető meg, ha elektronos vezető érintkezésben van ionos vezetővel. Így létre jöhet grafit, pirit, pirrotin, kalkopirit, magnetit felett is. Az elektronos és ionos vezetőképességű határfelületen elektrokémiai reakciók mennek végbe. Ahogy az elektrolitba merülő fémnél is, úgy itt is a fém(Me) és fémszulfid(MeS) a következő reakciók révén iont és elektronokat hoz létre: $\text{Me} \rightarrow \text{Me}^+ + \text{e}^-$, továbbá $\text{MeS} \rightarrow \text{Me}^{2+} + \text{S} + 2\text{e}^-$. Ennél összetettebb kémiai átalakulások révén OH^- és SO_4^{2-} negatív ionok keletkeznek. Általában az elektrolit pH-ja is változik a mélység függvényében. Ha az ionkoncentráció az érctest környezetében fenn és lenn eltérő értékű, akkor az érctestet körülvevő ionos oldatban az ionok áramlása indul meg, mintegy körbe folyva az érctestet (lásd következő dia, felső ábrarész). Maga az elektronos vezetőképességű anyag az, amely biztosítja az elektronok érctesten belüli felfelé áramlását, és ez lehet a magyarázata, hogy az érctest felett az ásványosodási potenciál mindig negatív.

Legnagyobb PS anomália, időben első volt a geoelektromos kutatások között.

PS Ásványosodási potenciál



Current and ion flow in the vicinity of an ore body.



Potential drops in SP observations.

Az ásványosodási potenciál kialakulására Kilty (1984) nem az elektrokémiai egyensúly kialakulását tételezte fel, hanem a jelenség zárt áramkörű leírását felhasználva következtetett az ásványosodási potenciál értékére. Kirhoff törvényét felírva a két felszíni figyelőelektroda közt mérhető feszültségkülönbség kifejezhető. Megközelítése azért realisabb, mert a két felszíni elektróda között mérhető feszültségessét kapcsolatba hozza azzal a kis mértékű áramfolyással ami az elektrolitos vezetőben is jelentkezik, melyet az ércetest határfelülete mentén az elektrokémiai folyamatok miatt jön létre. Amit mérünk az a két mérő elektród közötti IR_2 feszültség különbség.

$$(V_1 - V_2) + IR_1 + IR_2 + IR_3 + (V_3 - V_4) + V_4 - V_1 = 0$$

PS Kontakt potenciál

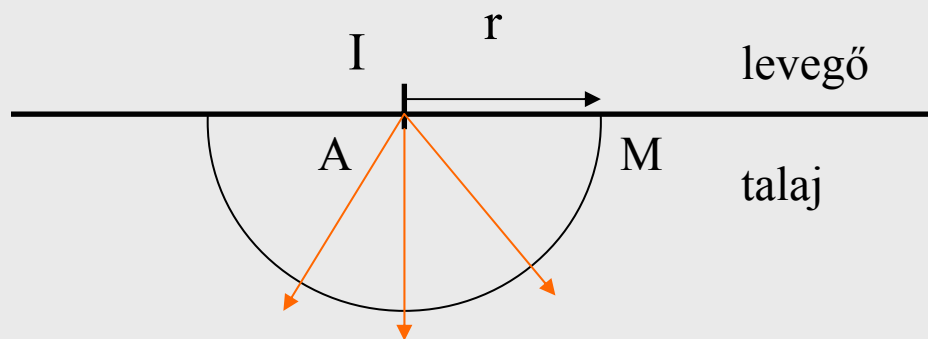
A diffúziós potenciál mellett más körülmények között kialakuló kontakt potenciál is megfigyelhető. Többek között ugyanazon szilárd fázisú anyag allotróp (eltérő kristályszerkezetű) módosulatainak érintkezésekor, vagy ugyanazon közeg eltérő fázisú megjelenése esetén..

Előbbire példa a mészkő márvány kontaktusa,

utóbbira a vízzel telített és az átfagyott talaj közös határfelülete.

Az eddig ismertetett esetek egyikében sem szokott kialakulni olyan nagyságú természetes potenciál mint az ásványosodási potenciál esetén (pl. szulfidos érc-testek felett).

Felszínen elhelyezett pontszerű áramelektóda felszíni potenciáljának meghatározása



Az áram bevezetési ponttól r távolságra elhelyezkedő M felszíni pontban a potenciál a differenciális Ohm-törvény felhasználásával és abból a tényből adható meg, hogy valamennyi áramvonal áthalad a A középpontú, r sugarú talajban lévő félgömb felszínén. A félgömb felületén a **sugárirányú áramsűrűség értéke:**

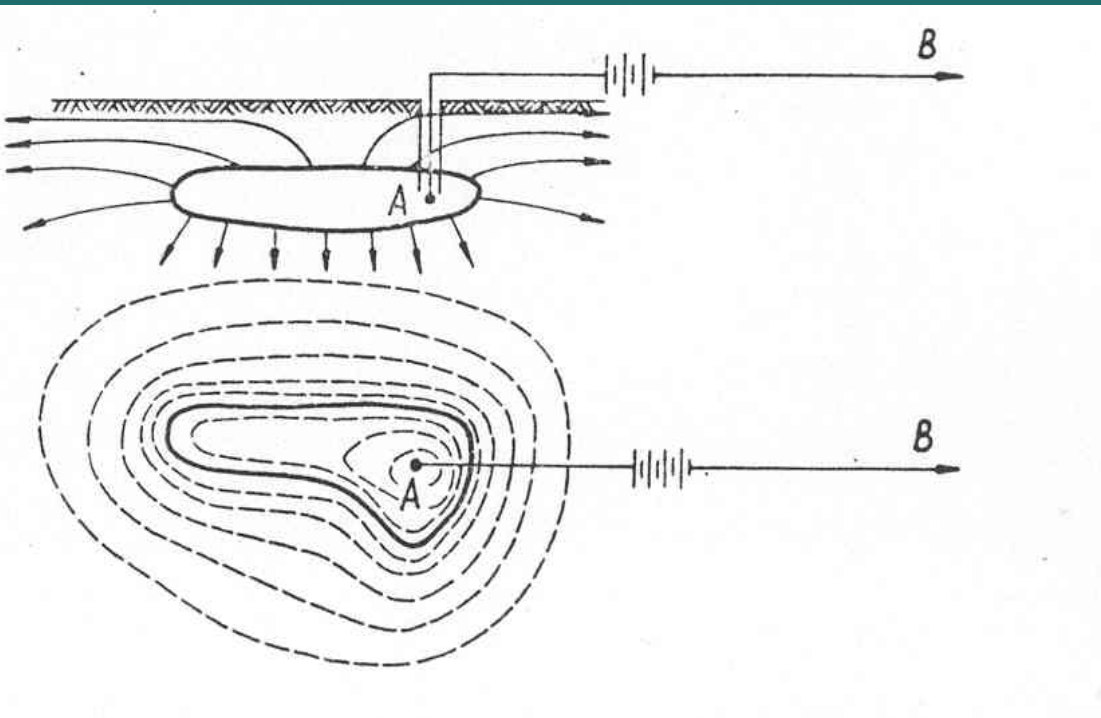
$$\vec{j} = \frac{I}{2\pi r^2} = \sigma \vec{E} = \sigma(-\text{grad}U) = \sigma\left(-\frac{\partial U}{\partial r}\right)$$

Ezen egyenletből a potenciál értékére integrálás után: $U = \frac{\rho I}{2\pi r} + C$

Ha $r \rightarrow \infty$, akkor az U potenciál zérushoz tart, tehát felszíni mérésnél: $U(r) = \frac{\rho I}{2\pi r}$

Felszín alatt a homogén izotróp térbe (teljes tér) történő áram bevezetésnél: $U(r) = \frac{\rho I}{4\pi r}$

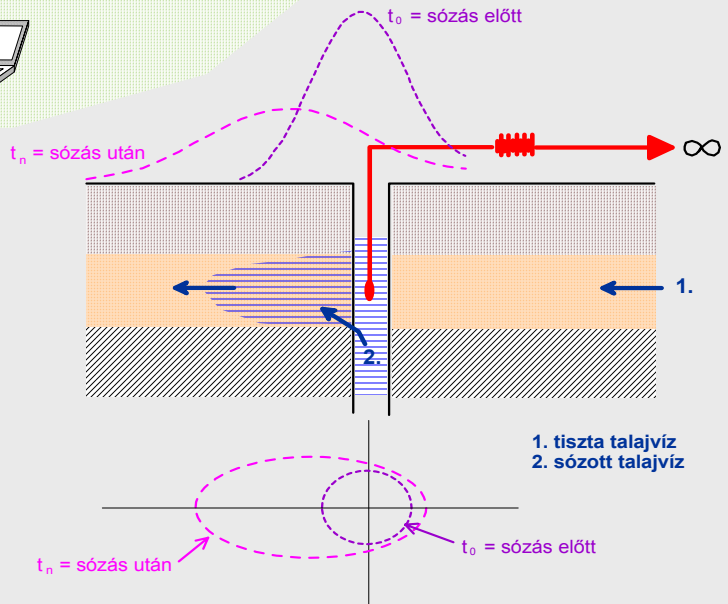
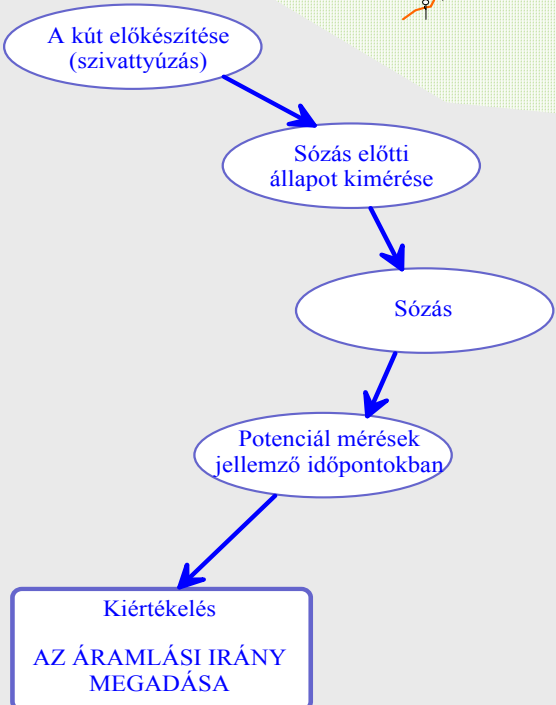
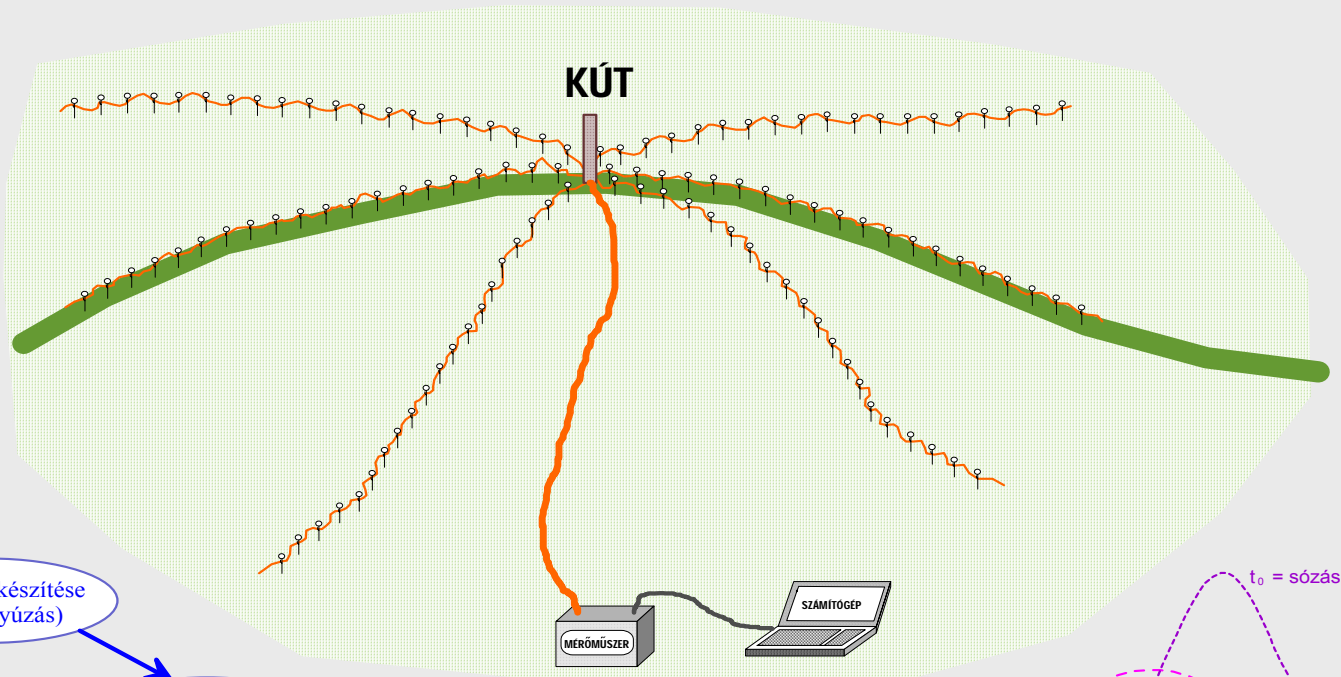
Töltött test módszere



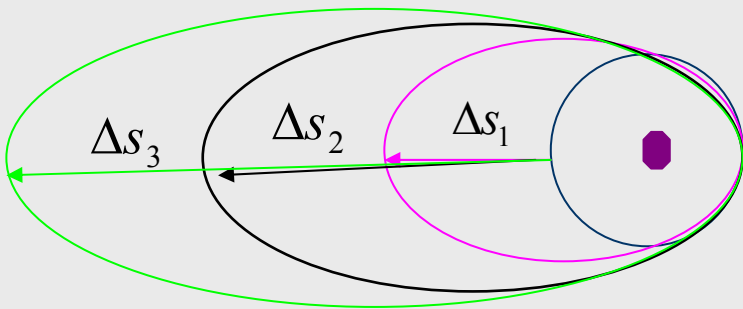
A módszernek az a lényege, hogy a jó vezető felülete az árambevezetés miatt azonos potenciálúvá válik (innen származik a töltött test módszere elnevezés), és a jó vezető képződmény körül kialakuló ekvipotenciális felületek követik a fémes test alakját. Ha a jó vezető fémes test méreteihez képest nem húzódik nagy mélységben, akkor a felszínen kimérhető ekvipotenciális vonalak tükrözik a kimutatni kívánt képződmény felszíni vetületét.

Az eljárás lehetővé teszi környezetéhez képest jó vezető felszín alatti képződmény kiterjedésének jellemzését abban az esetben ha a képződményhez legalább egy ponton az áramforrás egyik pólusa egy tápelektroda révén közvetlenül csatlakoztatható. A módszer csak akkor alkalmazható, ha fúrással vagy vágattal ez a kontaktus kivitelezhető.

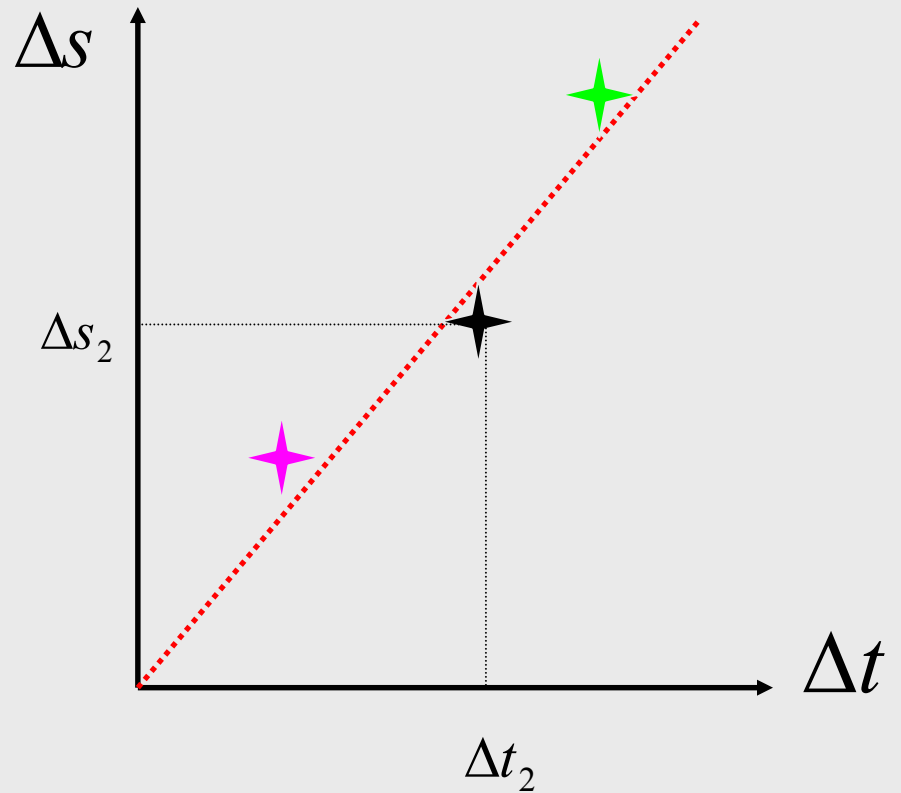
Rétegvíz áramlási irányának és sebességének meghatározása a töltött test módszerével



Sózott rétegvíz mozgásának megfigyelése a "MISE-A-LA-MASSE" módszerrel

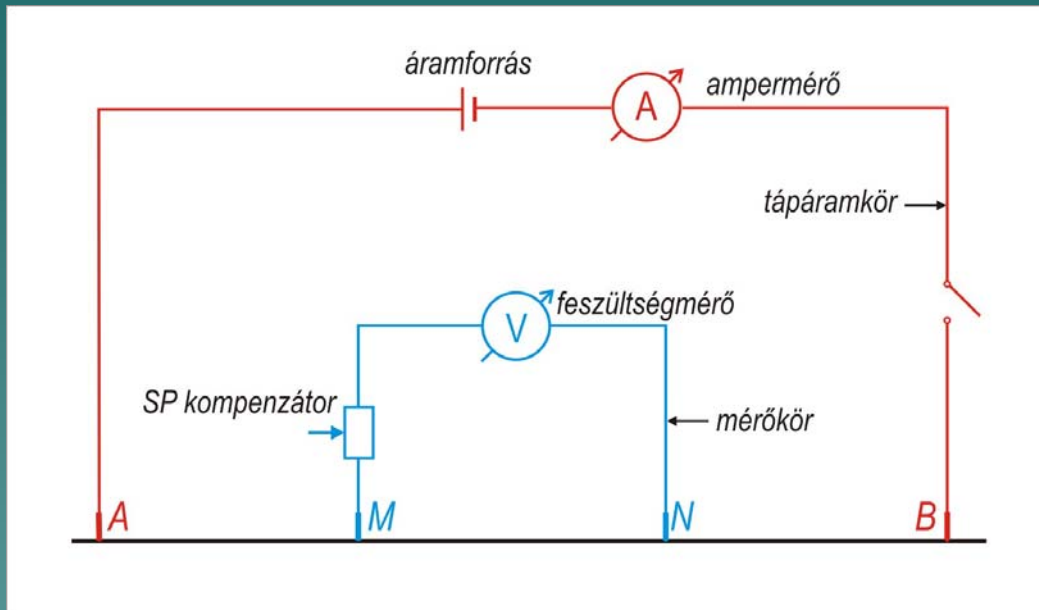


Az ekvipotenciális vonalak felszíni ismételt kimérésével lehet meghatározni az áramló víz terjedési irányának felszíni vetületét.



A kiegyenlítő egyenes iránytényezője adja meg a terjedési sebesség (felszíni vetületének) nagyságát.

Felszíni fajlagos ellenállásmérés négy elektródás elrendezéssel



$$U_M = \frac{\rho I}{2\pi AM}$$

$$U_N = \frac{\rho I}{2\pi AN}$$

$$\Delta U_{MN} = \frac{\rho I}{2\pi AM} - \frac{\rho I}{2\pi AN}$$

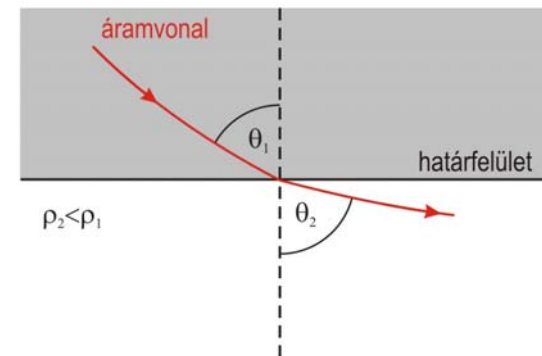
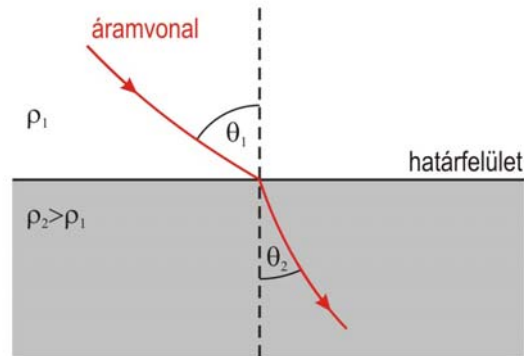
$$\Delta U_{MN} = \frac{-\rho I}{2\pi BM} + \frac{\rho I}{2\pi BN}$$

$$\Delta U_{MN} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

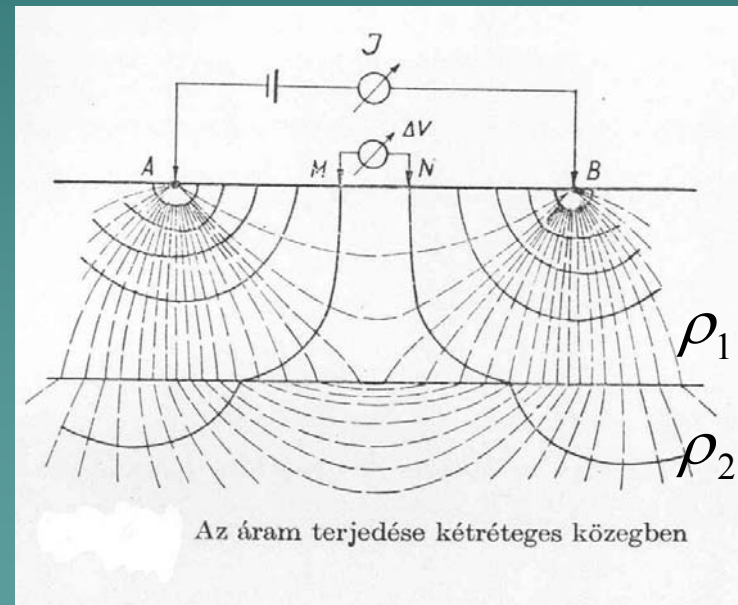
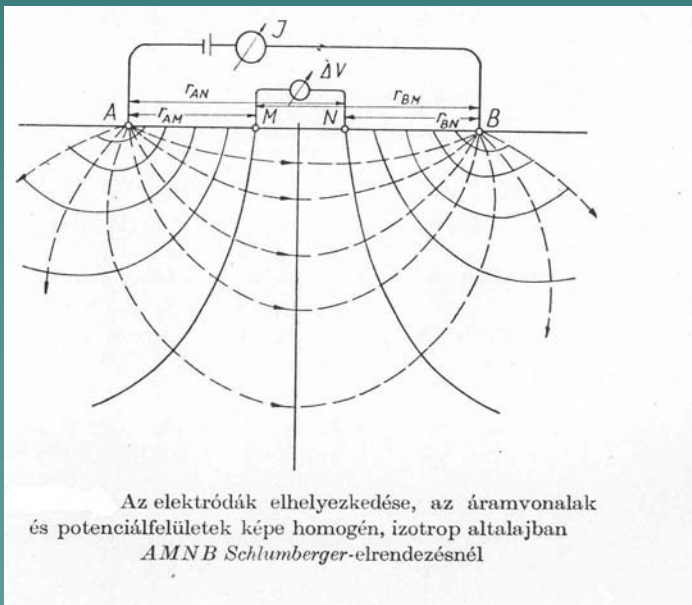
$$\rho = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)} \frac{\Delta U_{MN}}{I}$$

$$\rho = k \frac{\Delta U_{MN}}{I}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \theta_1}{\operatorname{tg} \theta_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

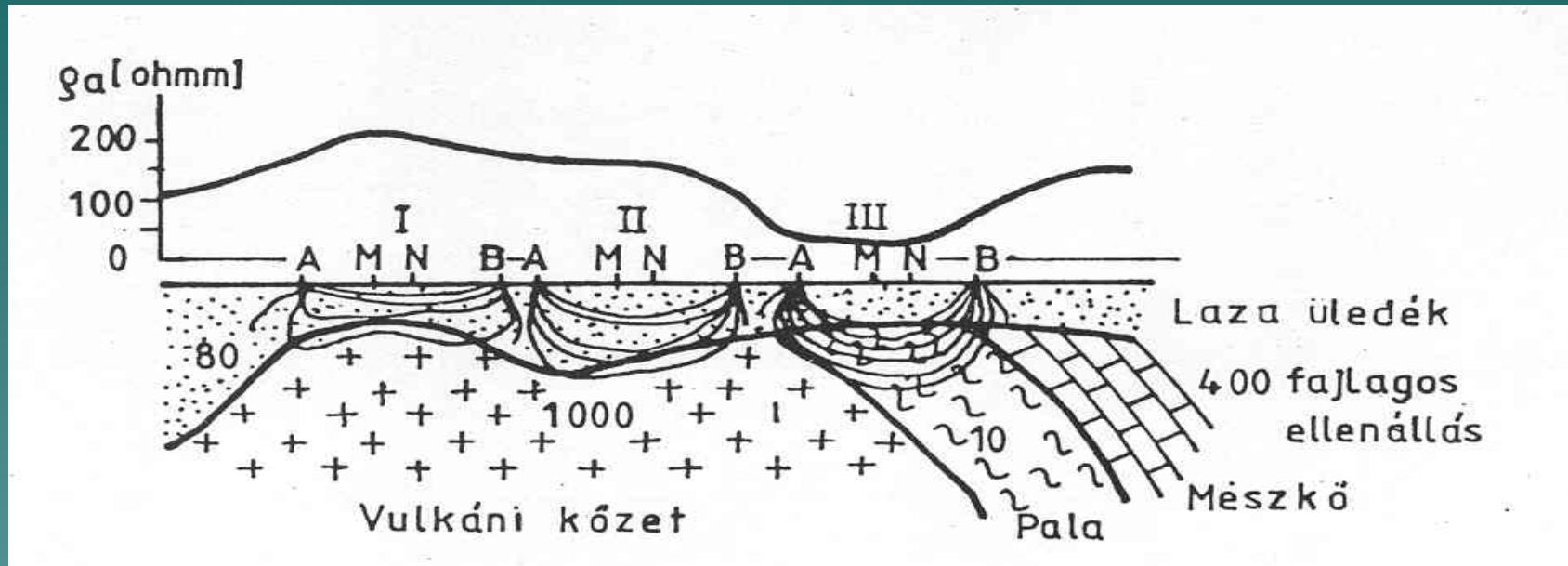


Áramvonalak törése határfelületen



Áram terjedése homogén (baloldal) és kétréteges (jobboldal) feltérben. A jobboldali ábra azt az esetet mutatja, amikor $\rho_2 < \rho_1$.

Horizontális elektromos szelvényezés (HESZ)



A kutatási mélységnek megfelelően választott AMNB tandem mérési rendszer.

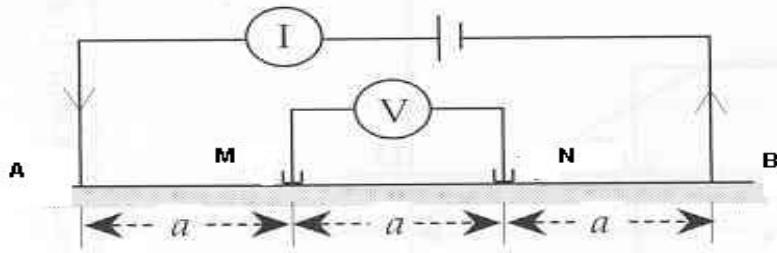
Cél: egy adott mélység szintig a fajl. ell. oldalirányú változásának vizsgálata.

Információ nyerhető a szerkezeti felépítés laterális változásairól.

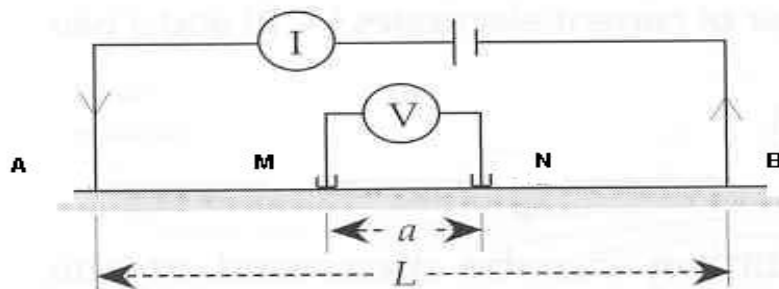
Nagy fajlagos ellenállású aljzat mélységváltozásának nyomon követése.

Vertikális elektromos szondázás (VESZ)

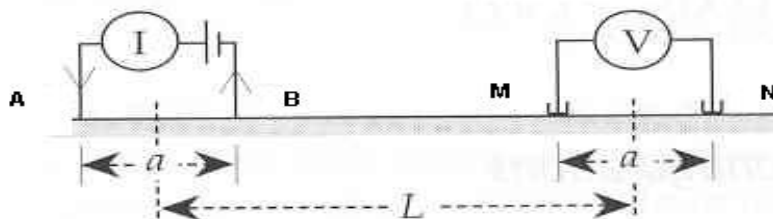
(a) Wenner



(b) Schlumberger

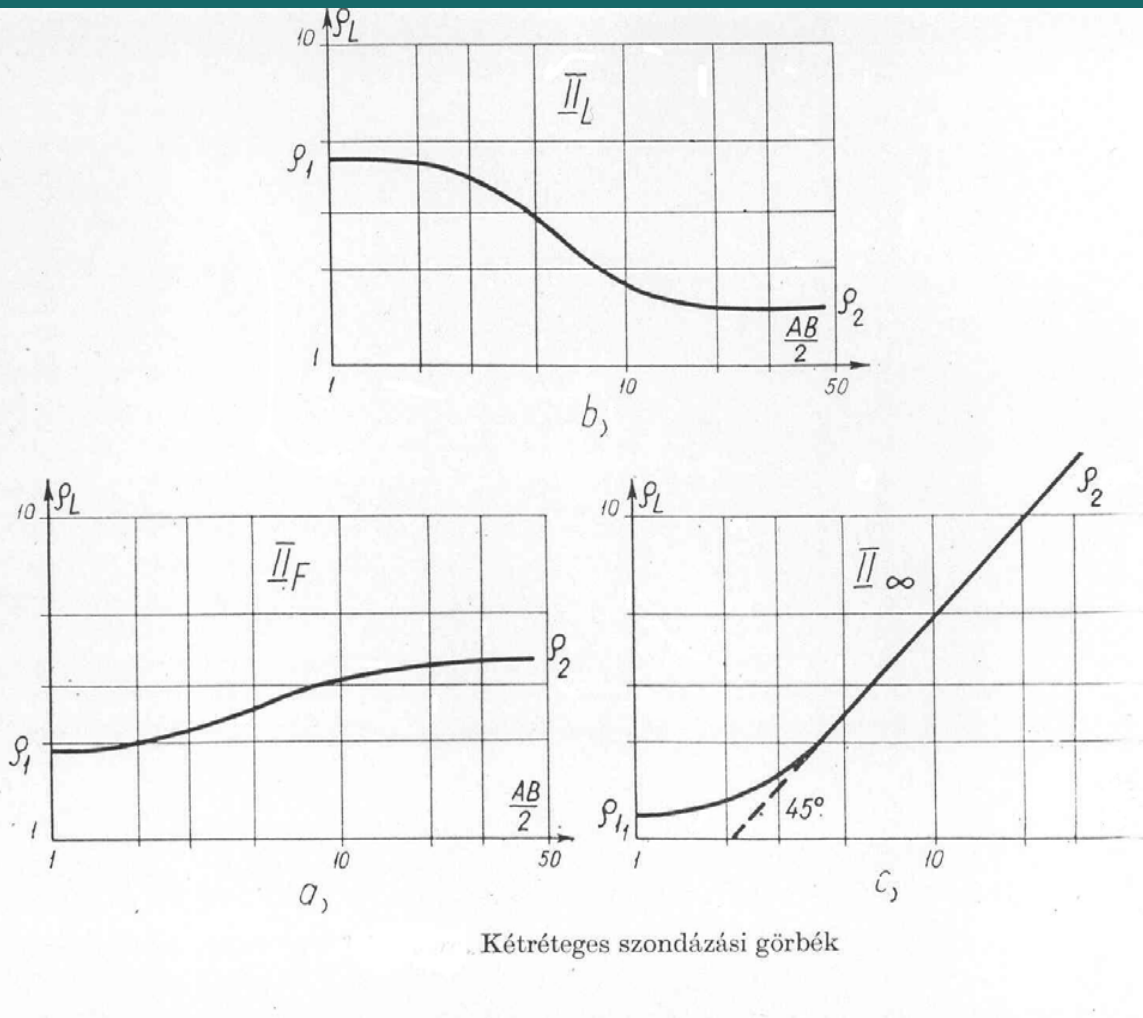


(c) Double-dipole Dipol-dipol



A Wenner, Schlumberger és dipol-dipol elrendezések mélységbehatolása rögzített MN mellett a tápelektrodok (A és B) mérőelektrodokhoz (M és N) képesti távolságának növelésével fokozható. A vertikális fajlagos ellenállás szondázási görbéket épp ezért egy állomásra vonatkoztatva $AB/2$ (vagy az L adó-vevő dipólus távolság) függvényében adják meg. A két skála logaritmikus.

Vertikális elektromos szondázás (VESZ)

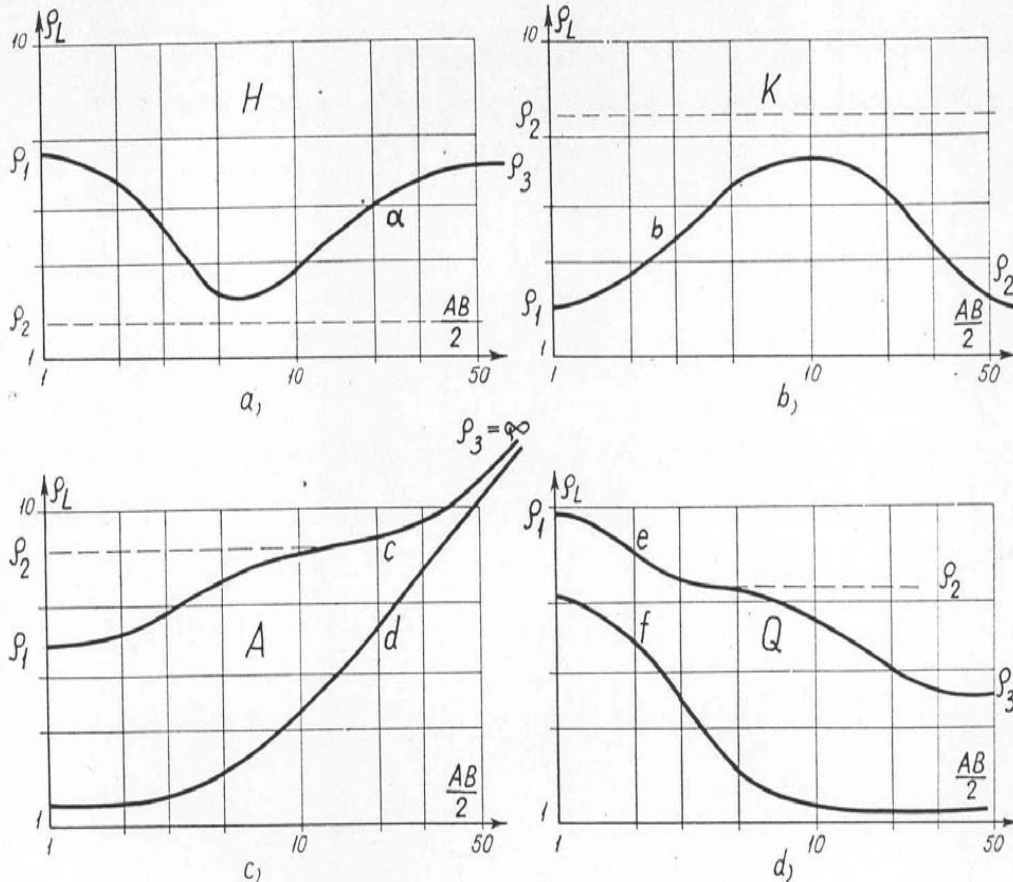


Kétréteges szondázási görbék

Az ábrákon két réteges elméleti görbék láthatók. A felső ábrán a felszín közeli réteg (1) fajlagos ellenállása nagyobb mint a mélyebben fekvőé (2), $\rho_2 < \rho_1$, míg az alsó két ábrán a fajlagos ellenállás viszony fordított. A kettős logaritmikus léptékű rendszerben a szondázási görbe 45° -os emelkedése az elméletileg végtelen nagy fajlagos ellenállású aljzatra utal, és a nagy fajlagos ellenállású aljzatok felett is hasonló szondázási görbe mérhető.

Elegendően vastag felső és végtelen kiterjedésűnek tekinthető alsó réteg esetén a szondázási görbe baloldali szakasza aszimptotikusan a felső, míg jobb oldali része az alsó réteg valódi fajlagos ellenállásához tart. A köztes szakaszon a kettő közötti átlagolt érték, ami nem a tényleges, mérhető, ezért ennek neve látszólagos fajlagos ellenállás (apparent resistivity).

Vertikális elektromos szondázás (VESZ)



Háromréteges szondázási görbék

$$\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$$

H

$$\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$$

K

$$\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$$

A

$$\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$$

Q

A háromréteges VESZ szondázási görbék 4 típusát- H, K, A, Q- különböztetjük meg. A rétegelnyomás jelensége az A és Q típusú rétegződésnél jelentkezik akkor, ha a közrefogott réteg kisebb vastagságú: a második réteg hatása alig jelenik meg a szondázási görbén (d, f).

Vertikális elektromos szondázás (VESZ)

A korábbi 2- és 3-réteges szondázási görbék alapján látható, hogy a látszólagos fajlagos ellenállás növekedése és csökkenése a fajlagos ellenállás mélység szerinti azonos értelmű változására utal és tükrözi a rétegek vastagságát, határfelületek mélységét is.

Akkor jogos a vízszintesen rétegzett féltér feltételezés, ha ugyanazon állomásra két egymásra merőleges terítést alkalmazva gyakorlatilag megegyező szondázási görbét kapunk. Érdeemes keresztaszondázást végezni (különösen a kutatás elején)!

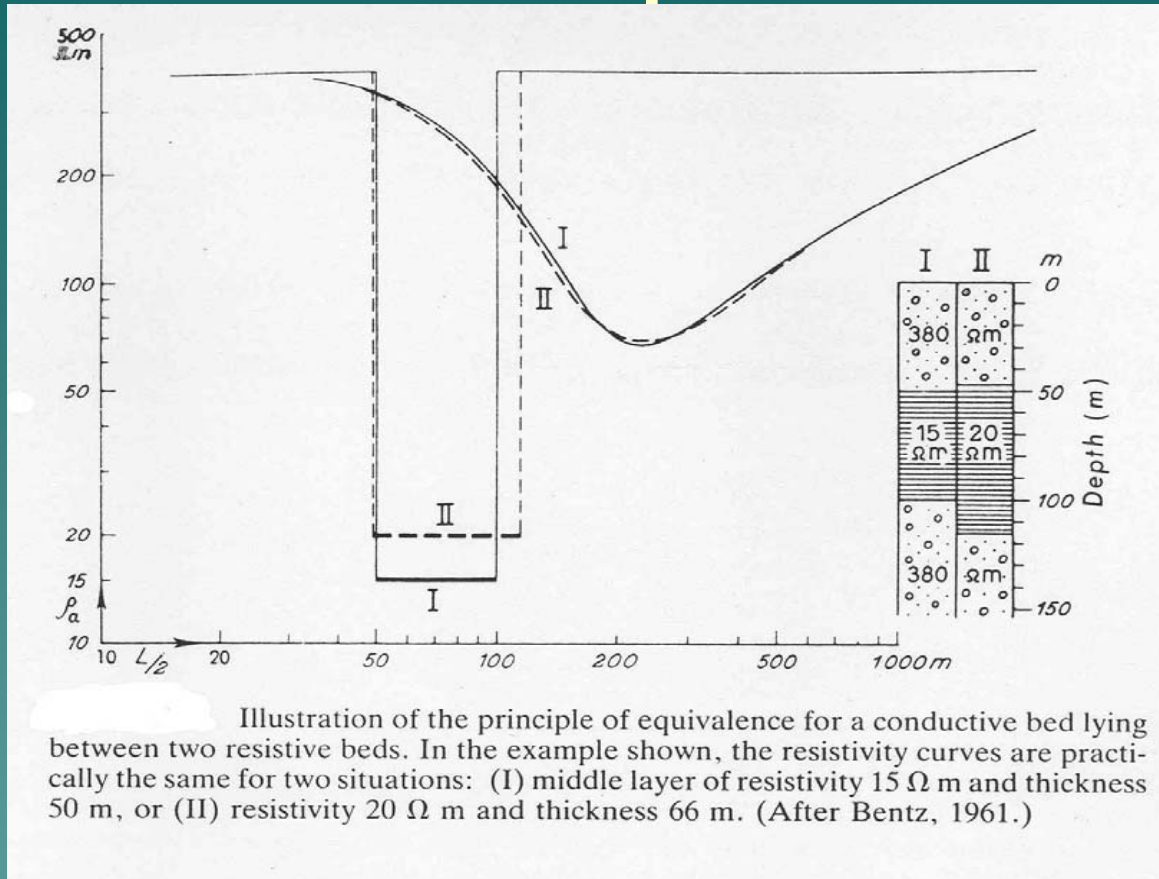
A szondázási görbék a dőlt rétegződés és az összetettebb esetekre bonyolultabbak.

Eltérő geoelektromos modellek (eltérő geológia) esetén megegyező szondázási görbét kaphatunk. Ezt nevezzük ekvivalenciának (azaz ugyanazon mérési eredményhez több megoldás-földtani szerkezet- tartozik). A modellek közt a vízszintesen három réteges szerkezeteknek kiemelt fontosságuk van.

A vízszintesen három réteges szerkezetek esetén S és T típusú ekvivalenciát különböztetünk meg. Az előbbi esetben a második rétegben az áramfolyást a rétegre jellemző hosszirányú vezetőképesség, a másikban pedig a harántirányú ellenállás jellemzi, ui. az első esetben az áram a második rétegben a rétegződéssel párhuzamosan, a másodikban arra merőlegesen folyik.

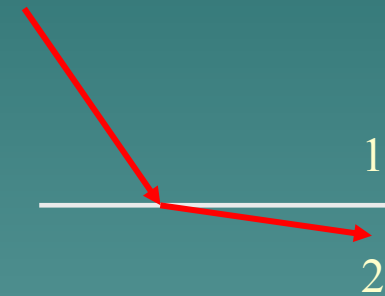
Részletesen: Renner et. el. 1970, Felszíni Geofizika

Vertikális elektromos szondázás (VESZ), S típusú ekvivalencia



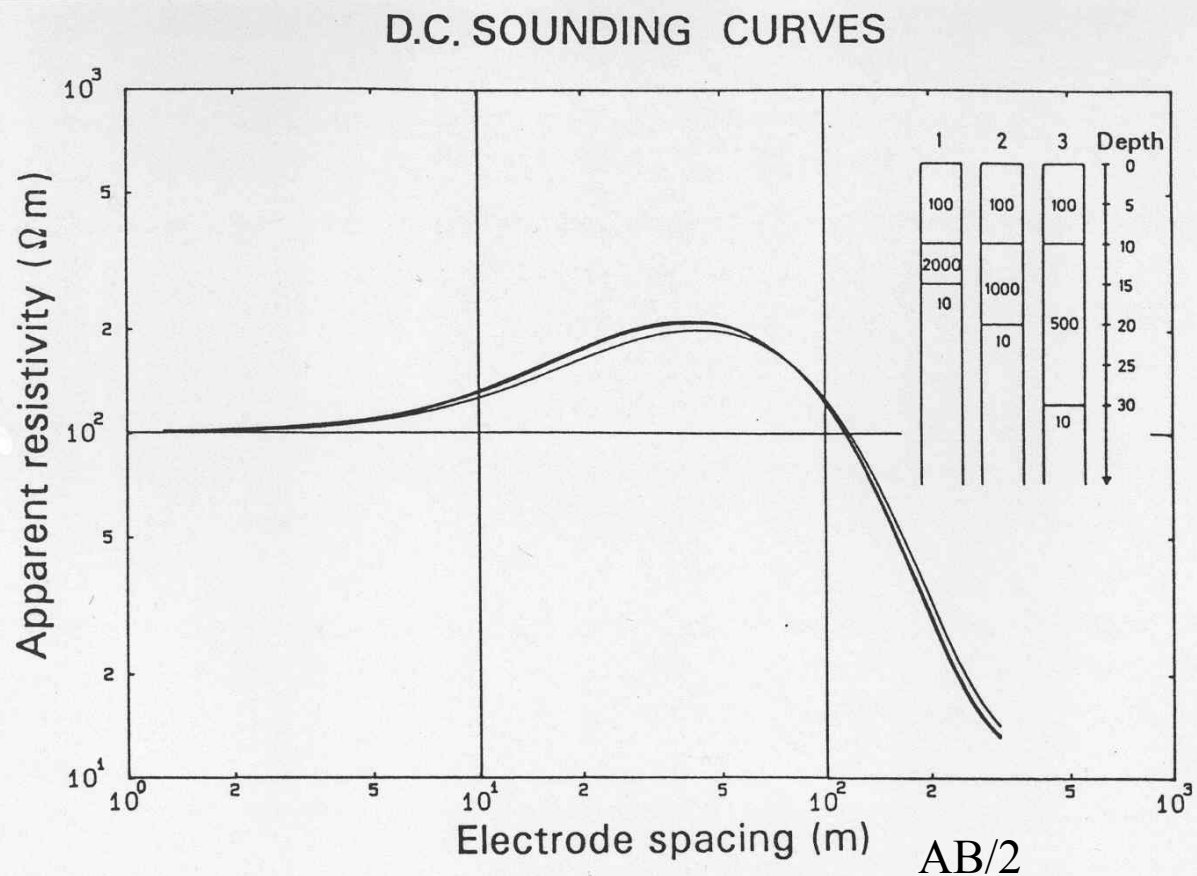
H

$$\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$$



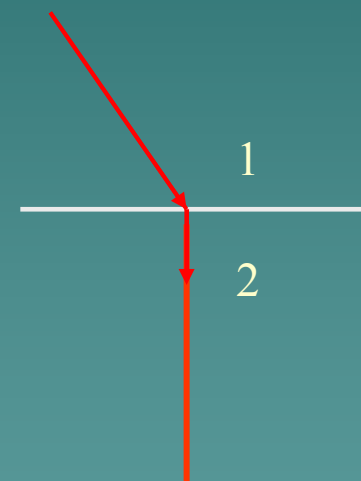
H és A típusú rétegződéseknél bizonyos modell tartományban ha a második rétegre a hosszirányú vezetőképesség - $S_2 = h_2 / \rho_2$ - állandó, akkor a mért VESZ látszólagos fajlagos ellenállás szondázási görbék megegyeznek (a szigorúbb ekvivalencia vizsgálatoknál az első réteg vastagságát is figyelembe veszik, valójában S_2/S_1 állandósága vezet ekvivalenciára). A kis fajlagos ellenállású közre fogott rétegben az áram a rétegződéssel párhuzamosan halad.

Vertikális elektromos szondázás (VESZ), T típusú ekvivalencia



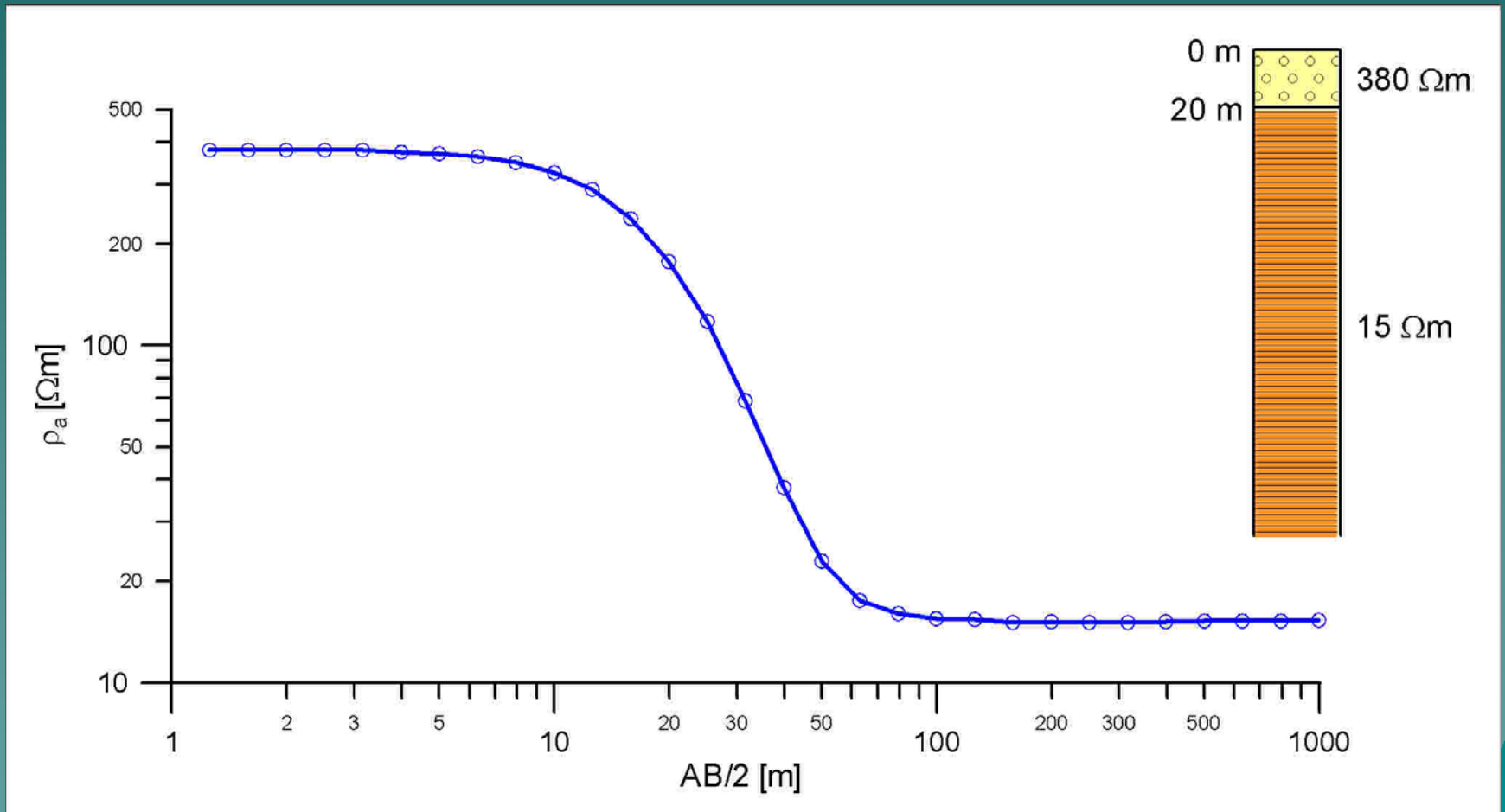
K

$$\rho_1 \langle \rho_2 \rangle \rho_3$$

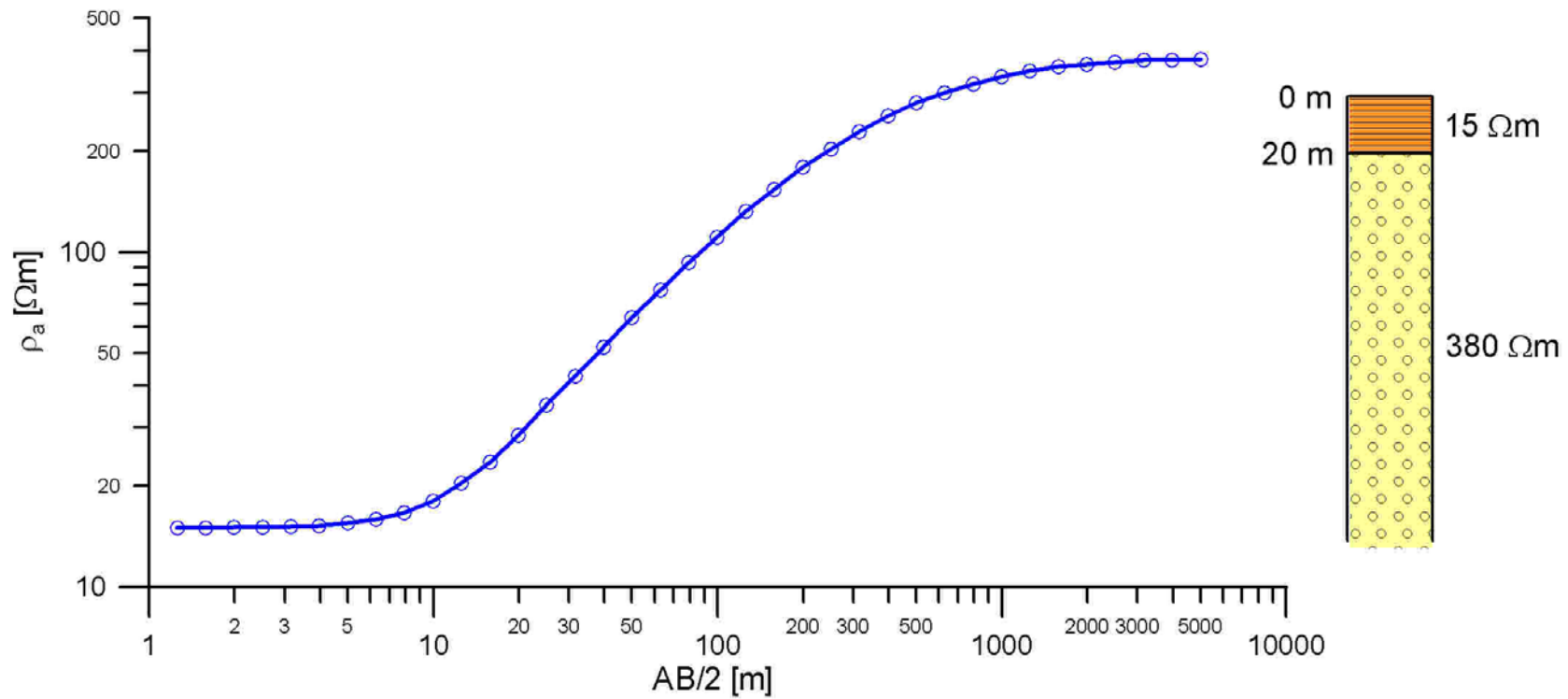


K és Q típusú rétegződéseknél bizonyos modell tartományban ha a második rétegre a harántirányú ellenállás - $T_2 = \rho_2 h_2$ - állandó, akkor a mért VESZ látszólagos fajlagos ellenállás szondázási görbék megegyeznek. A nagy fajlagos ellenállású közre fogott rétegben az áram a legrövidebb úton „igyekszik” átfolyni, ezért a réteghatárra (közel) merőlegesen folyik. (Sharma, 1997: Environmental and Engineering Geophysics)

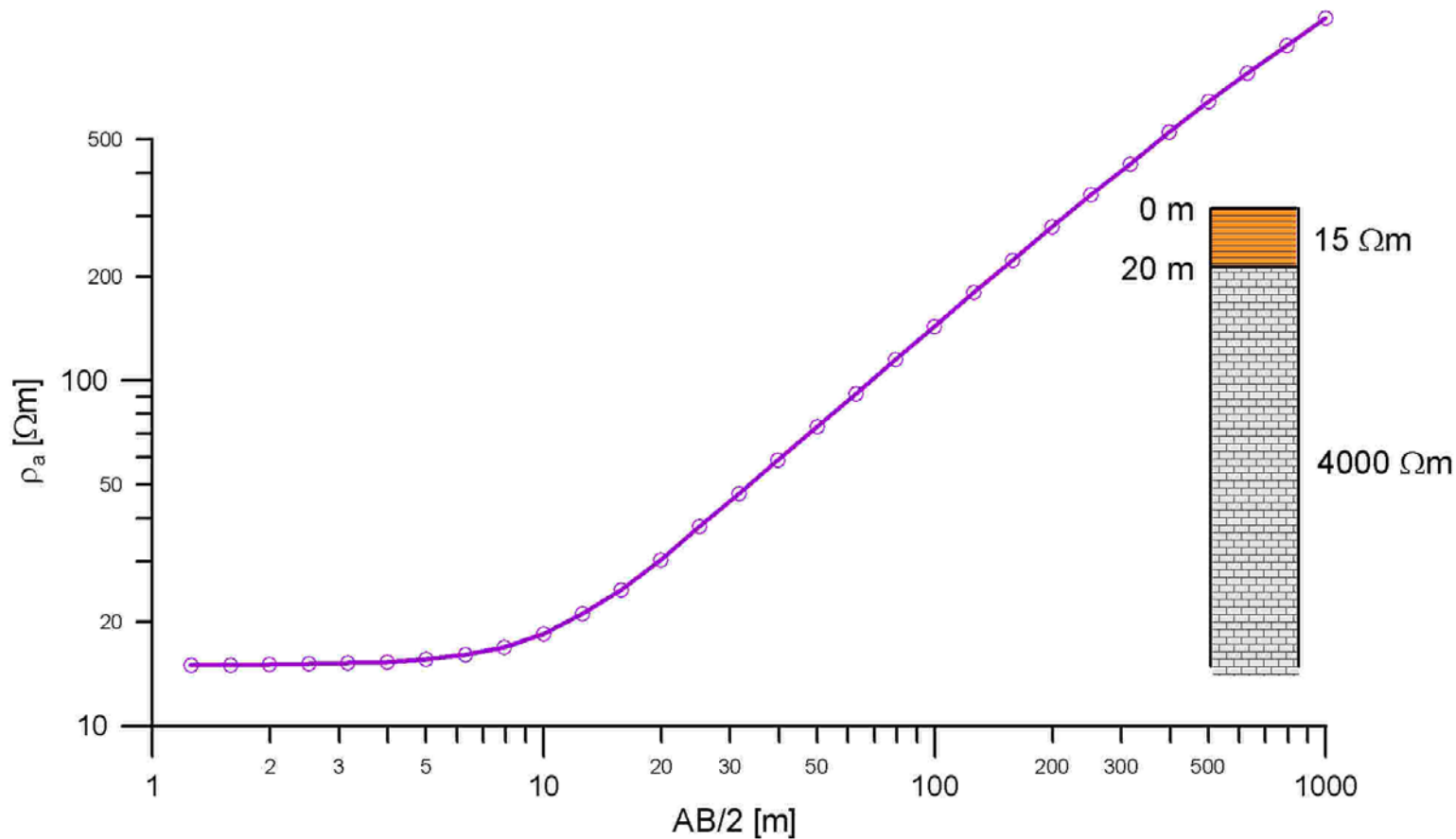
KÉTRÉTEGES VESZ SZONDÁZÁSI GÖRBE



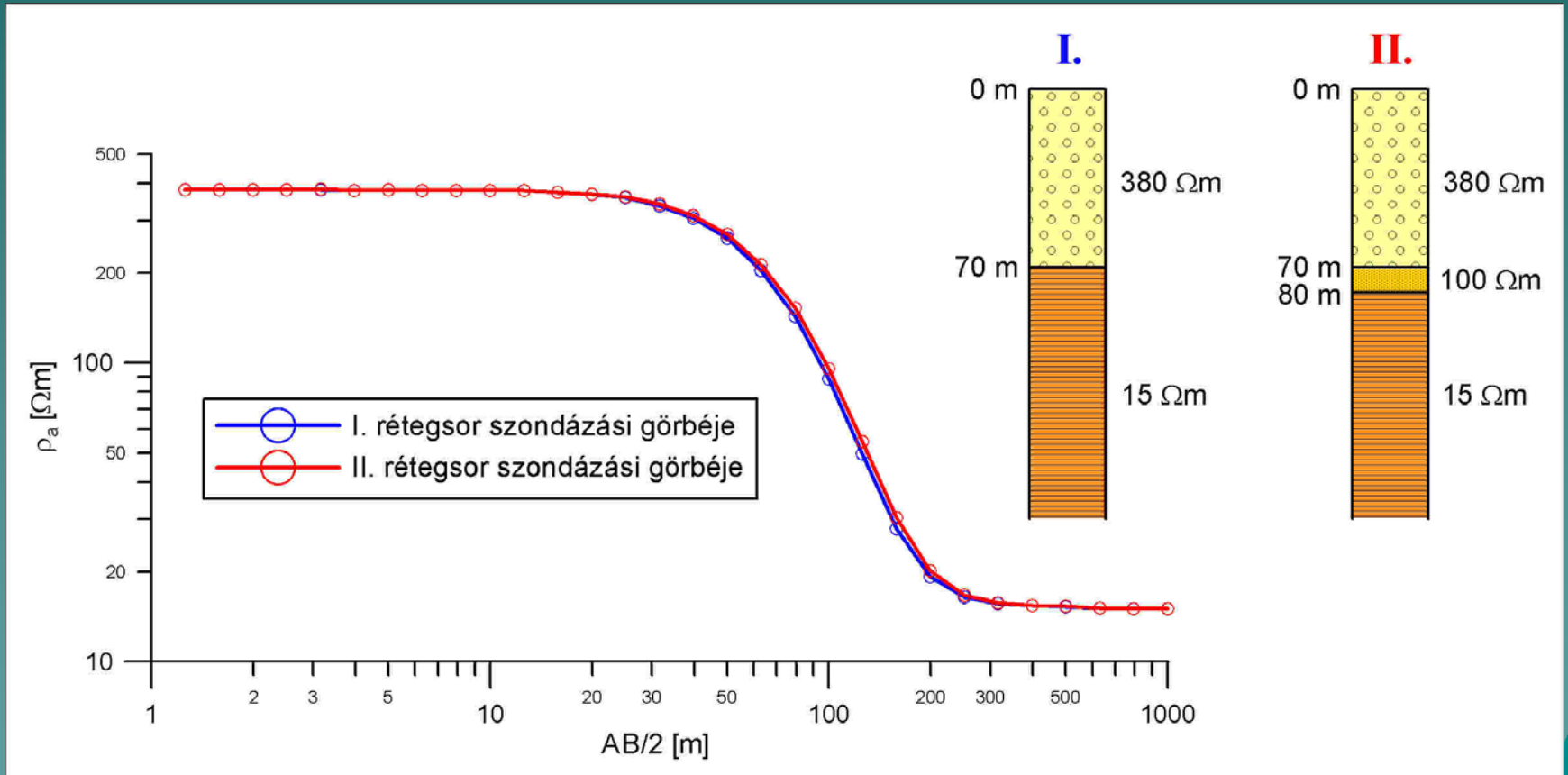
KÉTRÉTEGES VESZ SZONDÁZÁSI GÖRBE



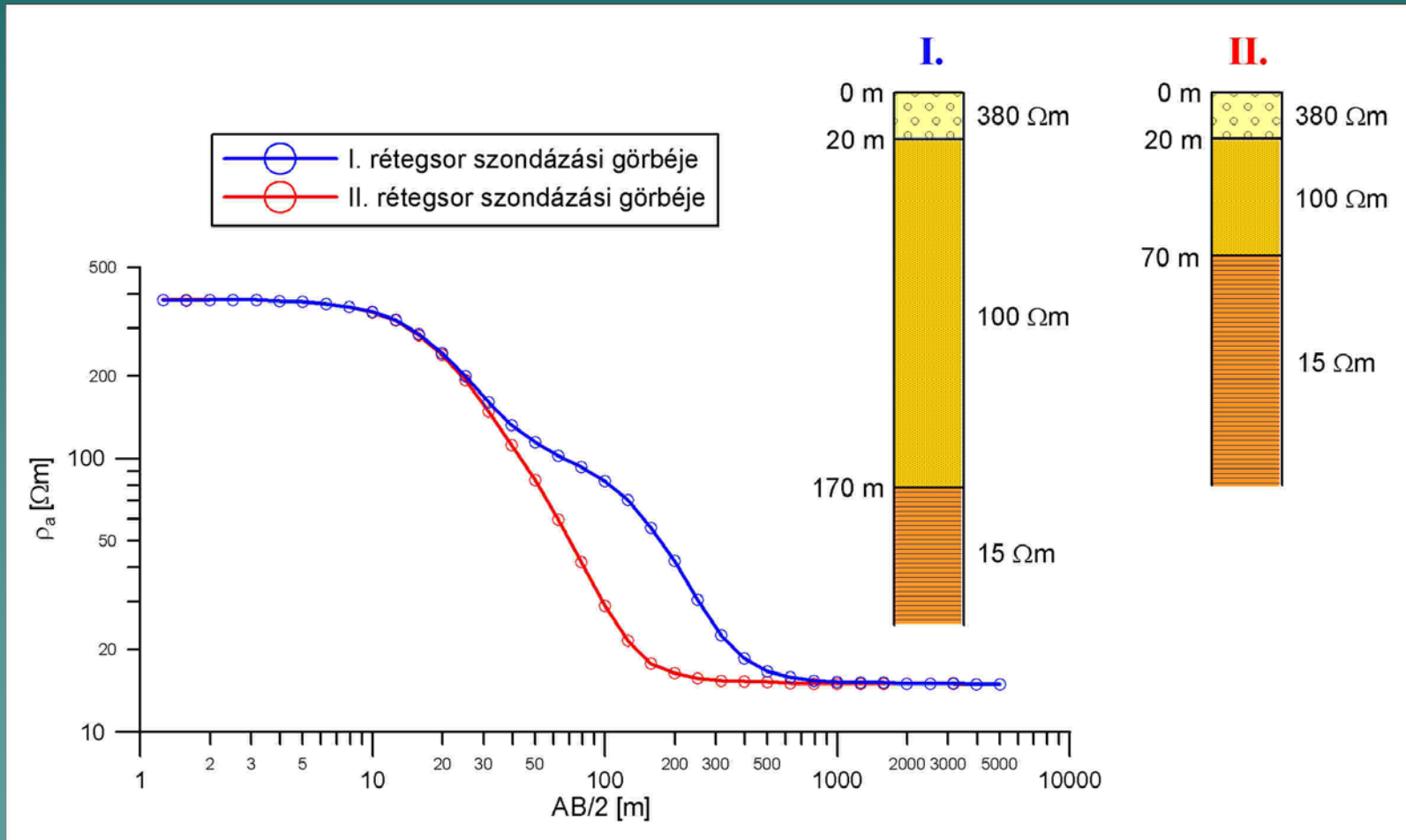
KÉTRÉTEGES VESZ SZONDÁZÁSI GÖRBE



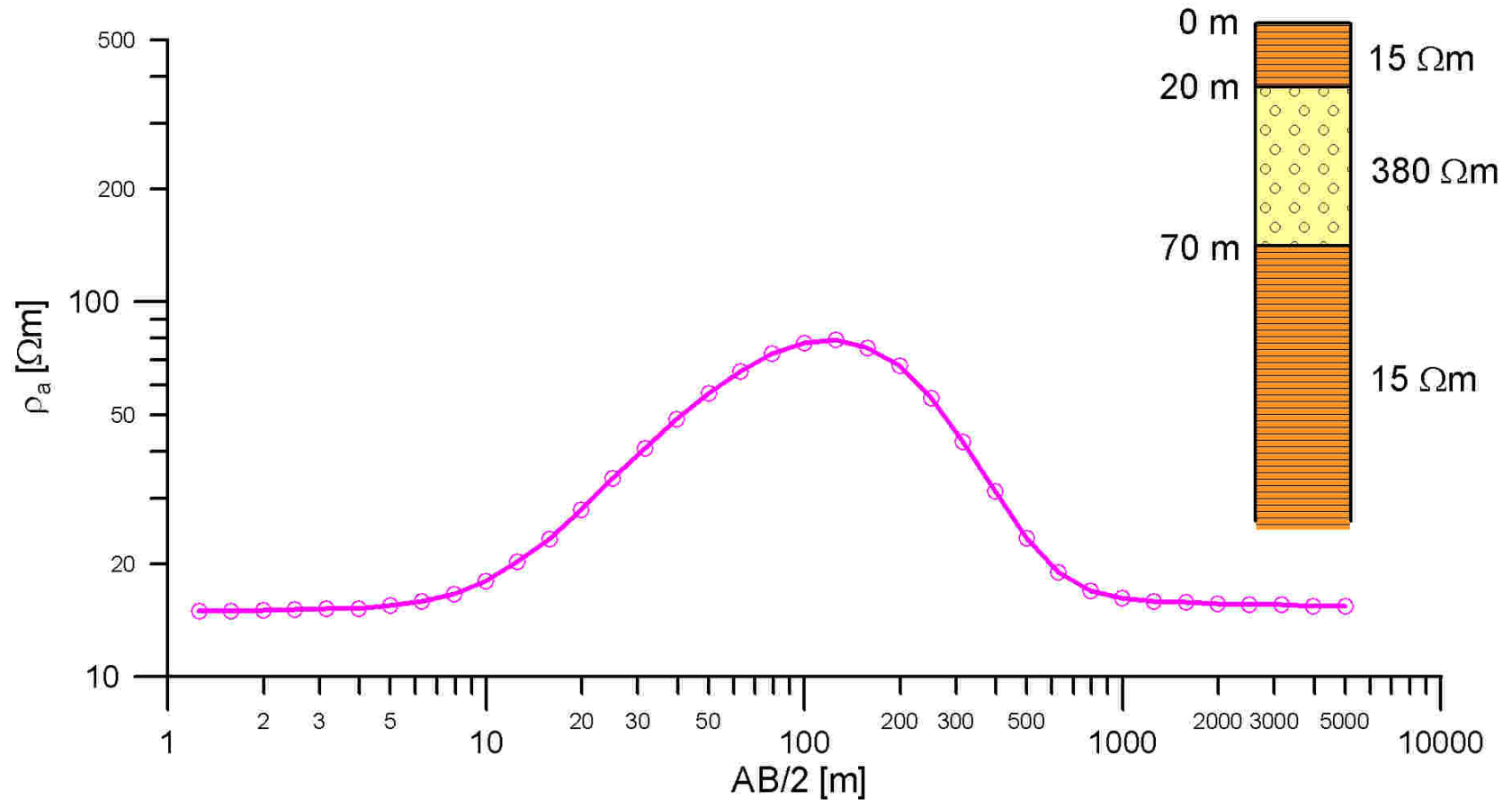
Rétegelelnyomás jelensége



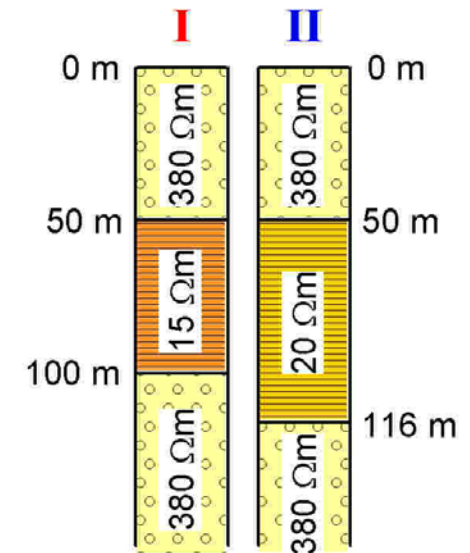
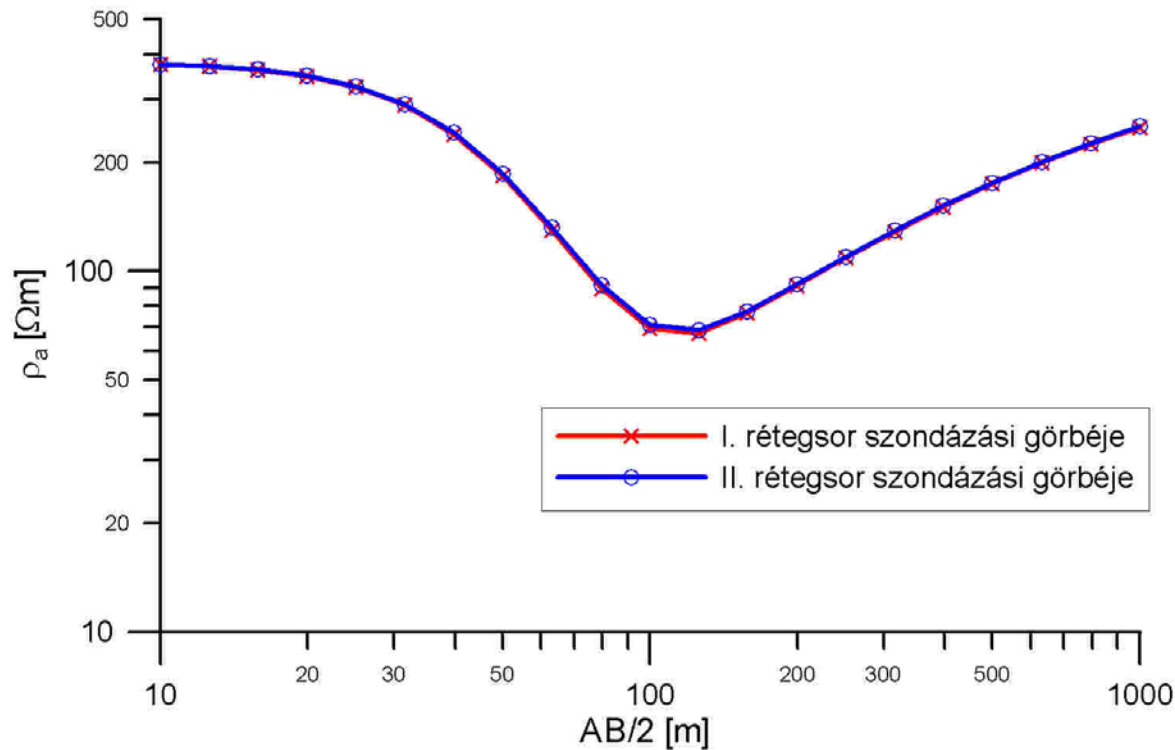
Kimutathatóság és rétegelnymomás jelensége



K típusú rétegződés



S típusú ekvivalencia H típusú rétegződés felett



Néhány fémesen vezető ásvány fajlagos ellenállása

Vascillám	$10^{-2} - 10^{-1} \Omega\text{m}$
Magnetit	$10^{-3} - 10^{-1} \Omega\text{m}$
Markazit	$10^{-2} - 10^0 \Omega\text{m}$
Molibdenit	$10^{-3} - 10^{-2} \Omega\text{m}$
Pirit	$10^{-4} - 10^{-3} \Omega\text{m}$
Kalkopirit	$10^{-3} - 10^{-1} \Omega\text{m}$
Grafit	$10^{-2} - 10^{-1} \Omega\text{m}$
Antracit	$10^{-4} - 10^{-2} \Omega\text{m}$

Néhány ásvány fajlagos ellenállása

Földpát	$10^{11} - 10^{12} \Omega\text{m}$
Kvarc	$10^{12} - 10^{14} \Omega\text{m}$
Kalcit	$10^7 - 10^{12} \Omega\text{m}$
Csillám	$10^{14} - 10^{15} \Omega\text{m}$
Muszkovit	$10^7 - 10^{10} \Omega\text{m}$
Szfalerit	$10^5 - 10^7 \Omega\text{m}$

Nagy fajlagos ellenállású kőzetek

Gránit	200–10 000 Ωm	Diabáz	500–10 000 Ωm
Szienit	100–10 000 Ωm	Mészkö	100– 5 000 Ωm
Diorit	500–10 000 Ωm	Dolomit	100– 5 000 Ωm
Gabbro	500–10 000 Ωm	Gneisz	200–10 000 Ωm

Nagy fajlagos ellenállású kőzetek

Bazalt, andezit, trachit	200–10 000 Ωm
Harmadkorú mészkő	100– 1 000 Ωm
Homokkő, konglomerátum	100– 2 000 Ωm

Száraz és nedves porózus kőzetek fajlagos ellenállása

Kavics (kiszáradt állapotban)	100–10 000 Ωm
(vízzel elárasztva)	50–1 000 Ωm
Homok, murva (kiszáradt állapotban)	50–1 000 Ωm
(vízzel elárasztva)	15–100 Ωm

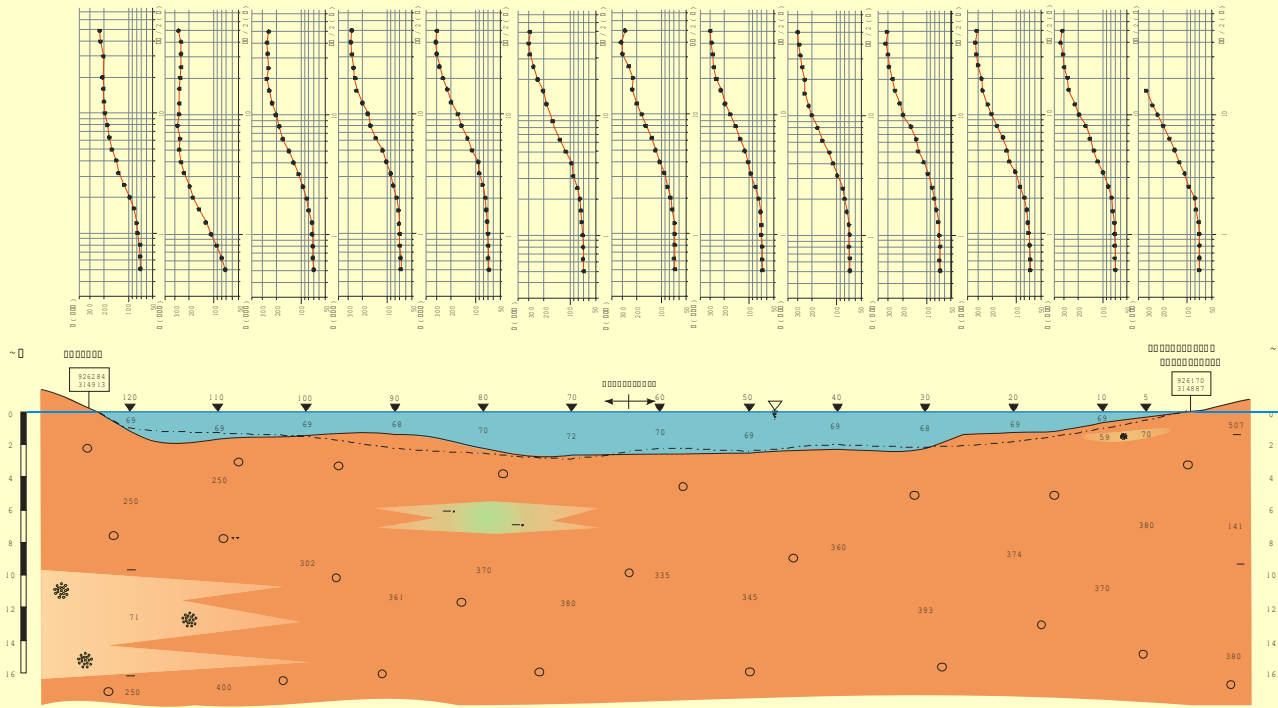
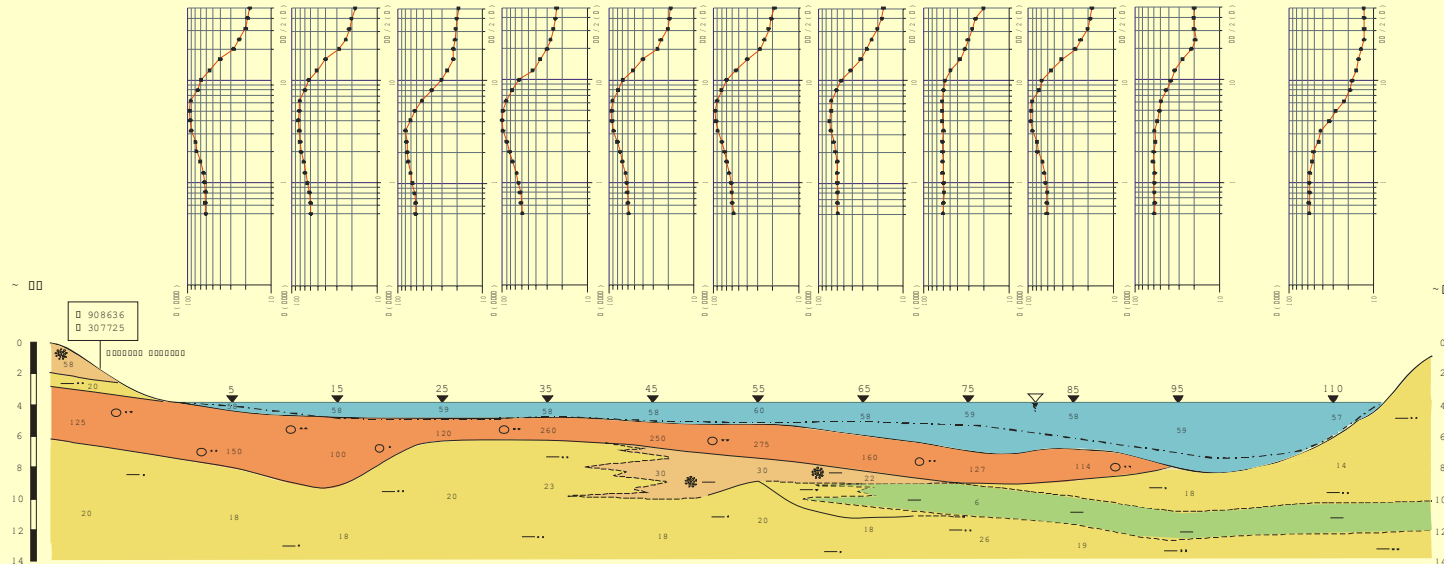
Kis fajlagos ellenállású kőzetek

Tiszta agyag	2–20 Ωm
Agyagmárga, márga	5–50 Ωm
Bentonit, kaolin	1–10 Ωm

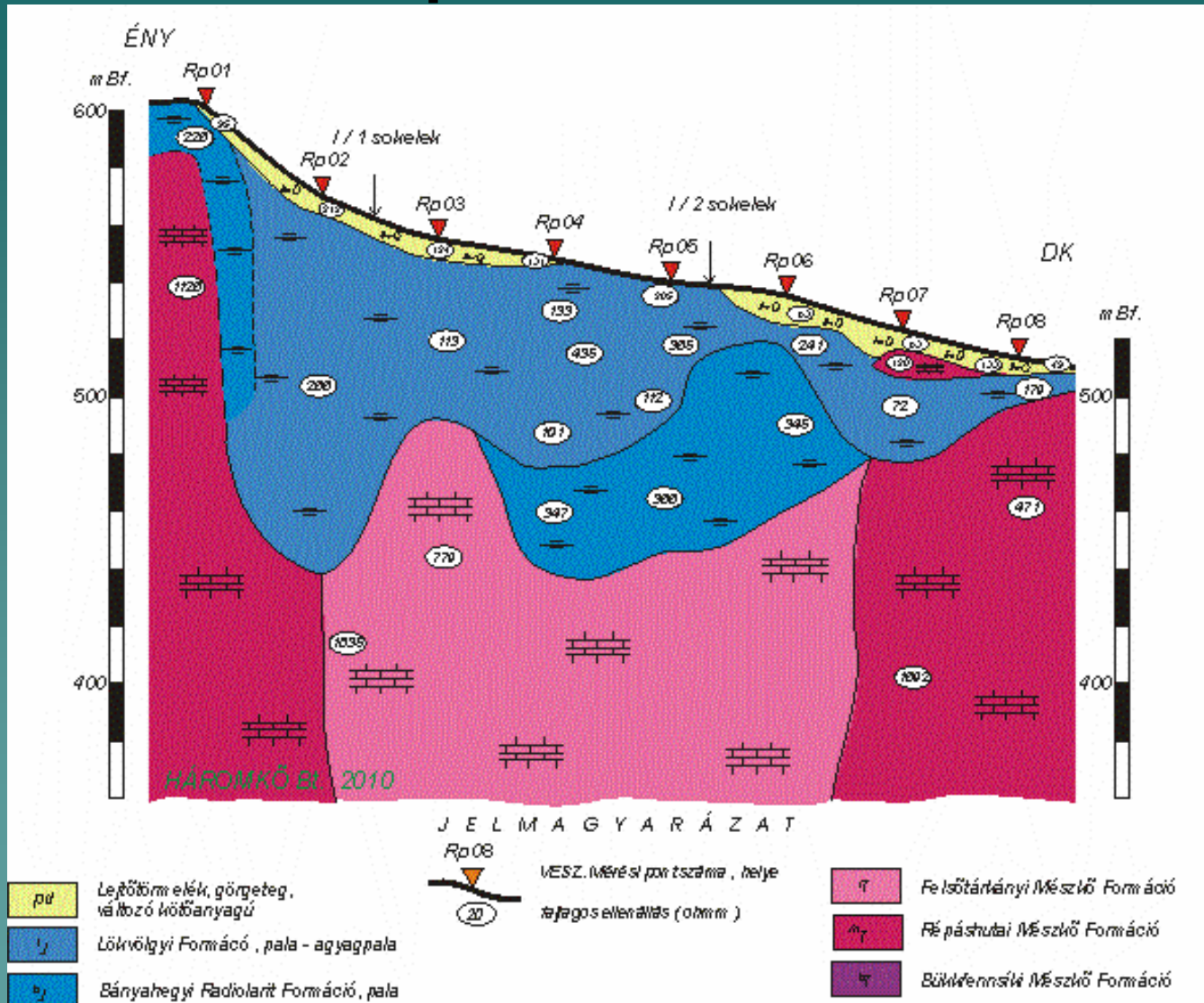
Néhány víz- és nyersanyag fajlagos ellenállása

folyóvíz	20–120	Ωm
tengervíz	0,6	Ωm
esővíz	300–1000	Ωm
bányavíz	0,01–1,0	Ωm
kőolaj	10^9 – 10^{16}	Ωm
kősó	10^4 – 10^6	Ωm
barnaszén	10^1 – 10^2	Ωm
kén	10^{12} – 10^{15}	Ωm

Tivadar – Tiszacsécse

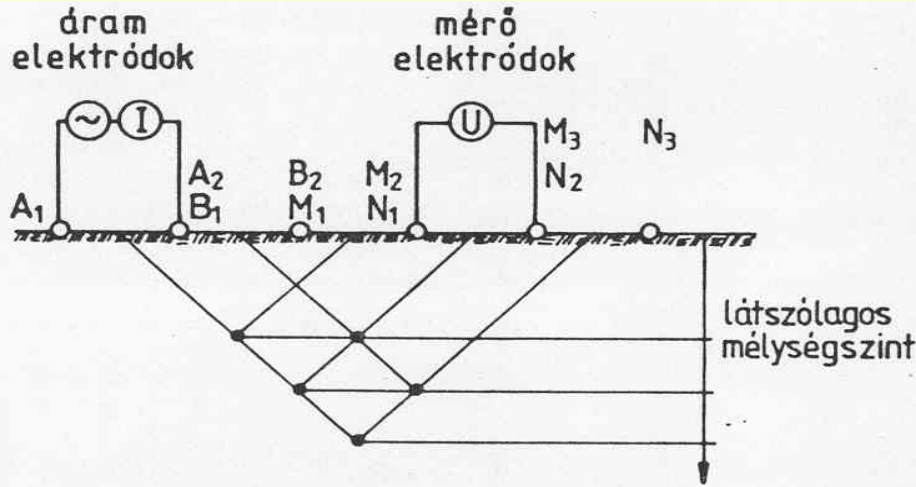


Répáshutai szelvény



Háromkő Bt.

További egyenáramú dipól-dipól elrendezések



Dipól tengelyirányú (DT) elrendezés és a mért látszólagos fajlagos ellenállás mélységvonatköztatási pontja, melyet az adó és vevő dipól felezőpontjából kiinduló 45°-os egyenesek metszéspontja ad meg.

Dipól ekvatoriális (DE)

Dipól azimutális (DA)

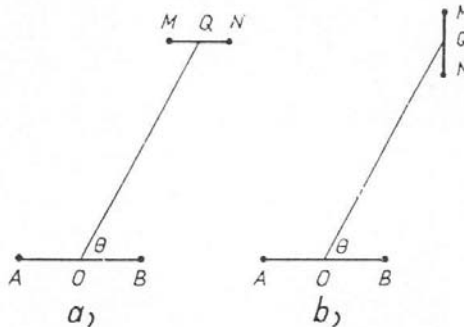
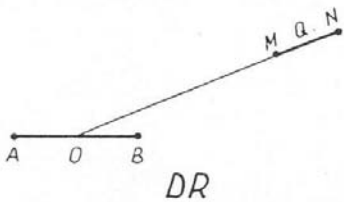
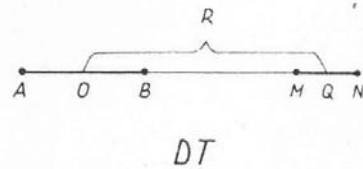
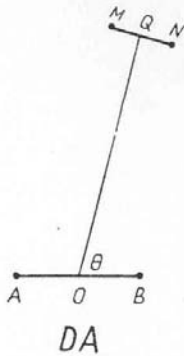
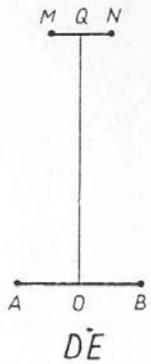
Dipól tangenciális (DT)

Dipól radiális (DR)

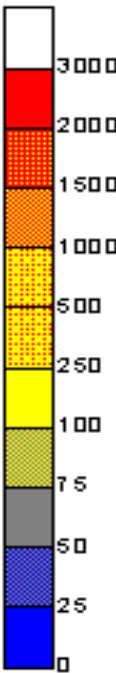
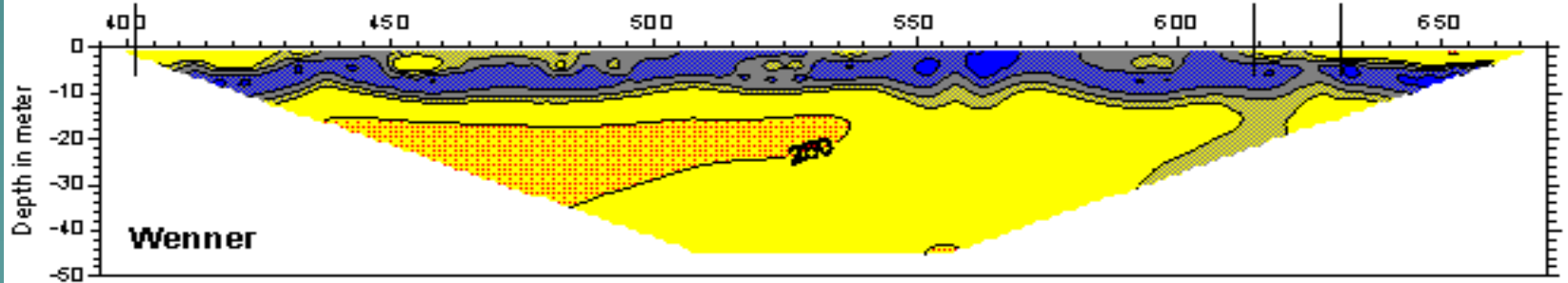
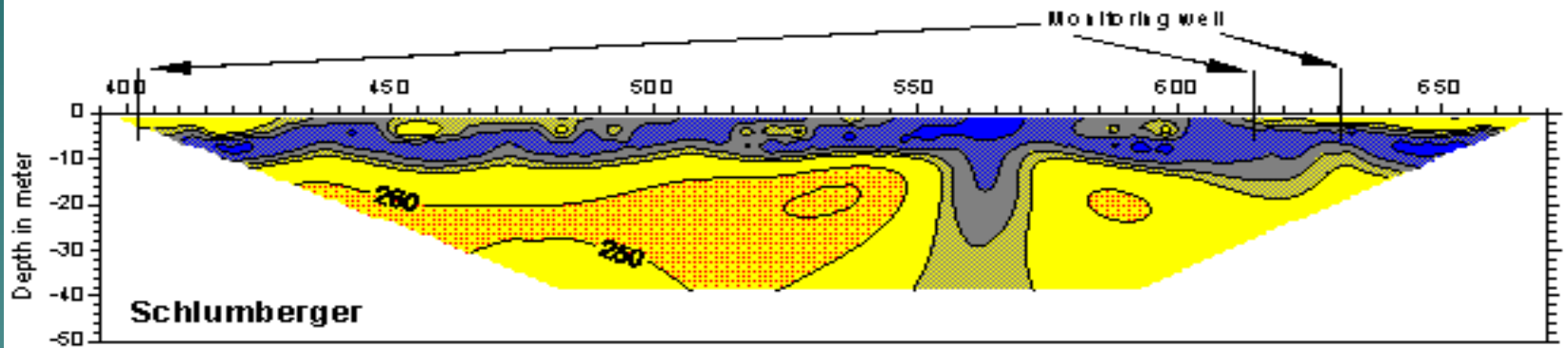
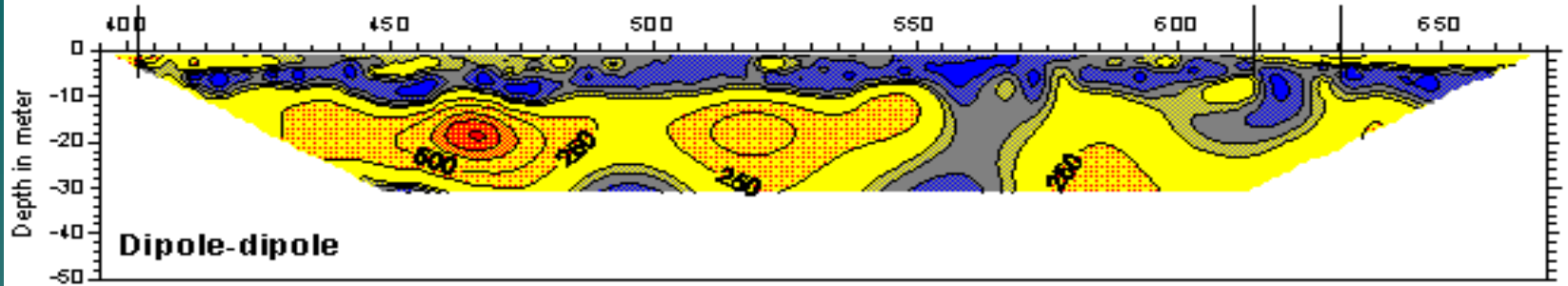
Dipól párhuzamos (a)

Dipól merőleges (b) elrendezések

(nagyobb mélységbehatolás mint a Schlumberger v. Wenner elrend.-nél, domborzati viszonyokhoz alkalmazkodás)

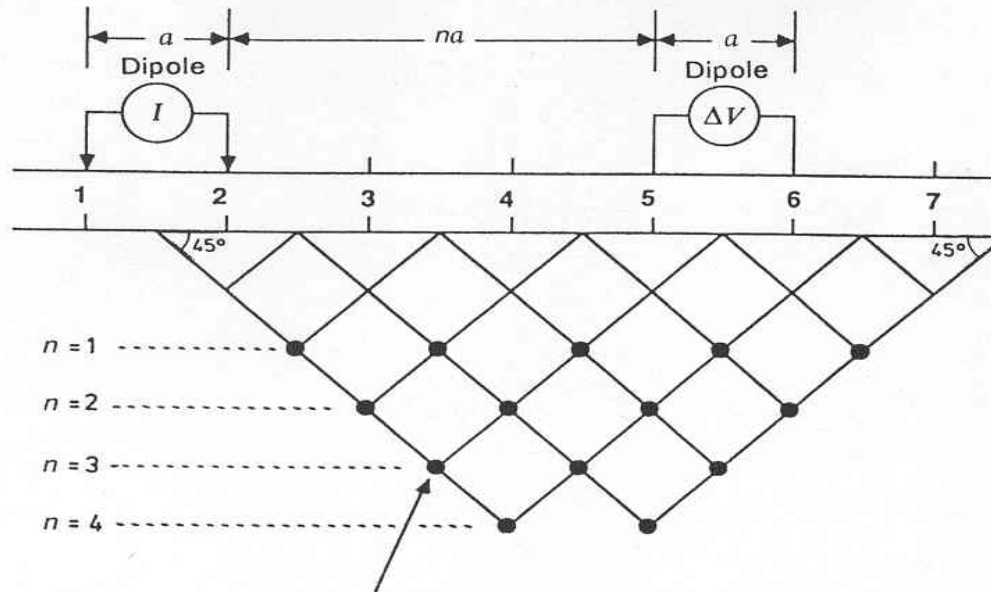


Amistad October 10, 1996



Resistivity in ohm meter

Különböző elrendezések alkalmazása ugyanarra a területre. Karszton belüli vízátengedés

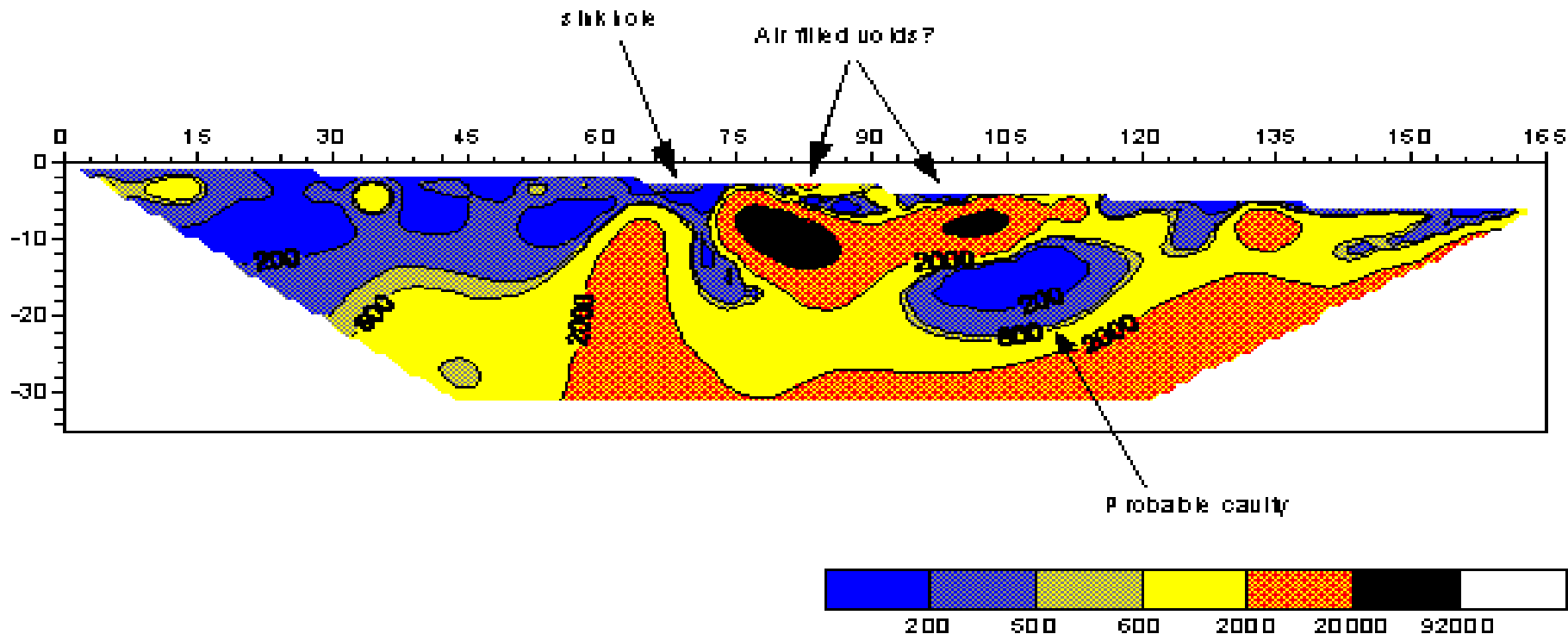


Plot value of app. resistivity at 1-2, 5-6

Method of plotting dipole-dipole apparent resistivity data in a pseudosection. n represents the relative spacing between the current and potential dipoles.

Pellissippi Parkway

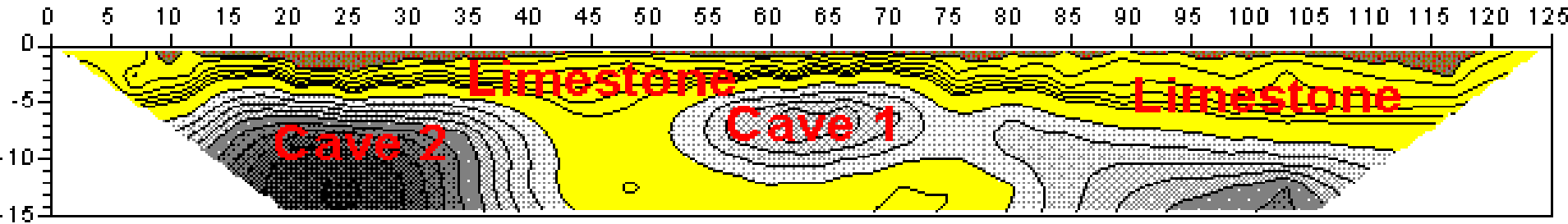
Objective: Locate sinkhole in karst area
Survey date: October 15, 1996
Method: Dipole-dipole resistivity
Unit: Meter and Ohmmeter
Instrument: Sting/Swift, 56 electrodes at 3 meter spacing



Tel: +1 (512) 335-3333
Fax: +1 (512) 258-9958
e-mail: sales@agi-usa.com

Courtesy of Dr. Barry Beck, P.E., LaFayette, Knoxville, Tennessee

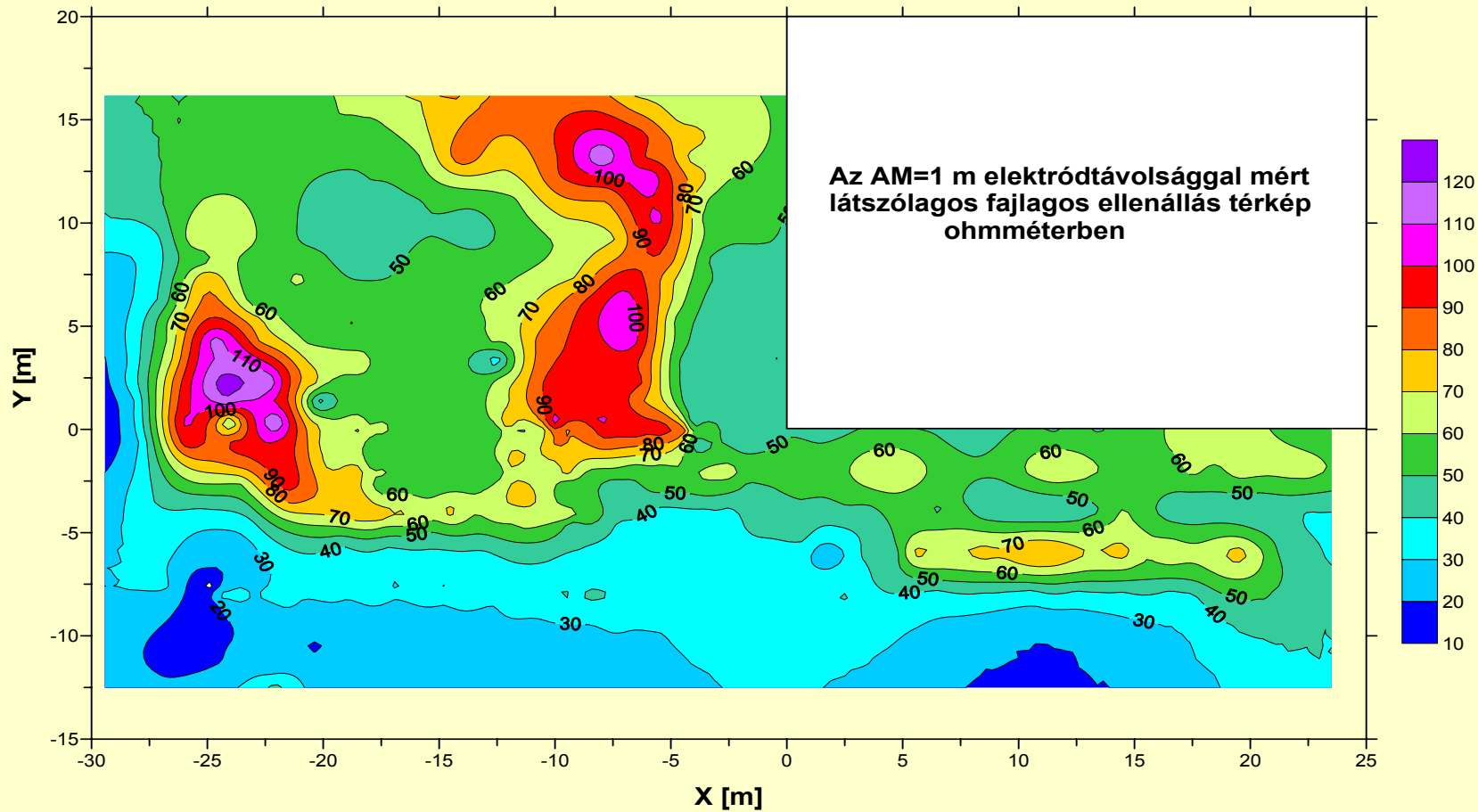
The Sting Cave



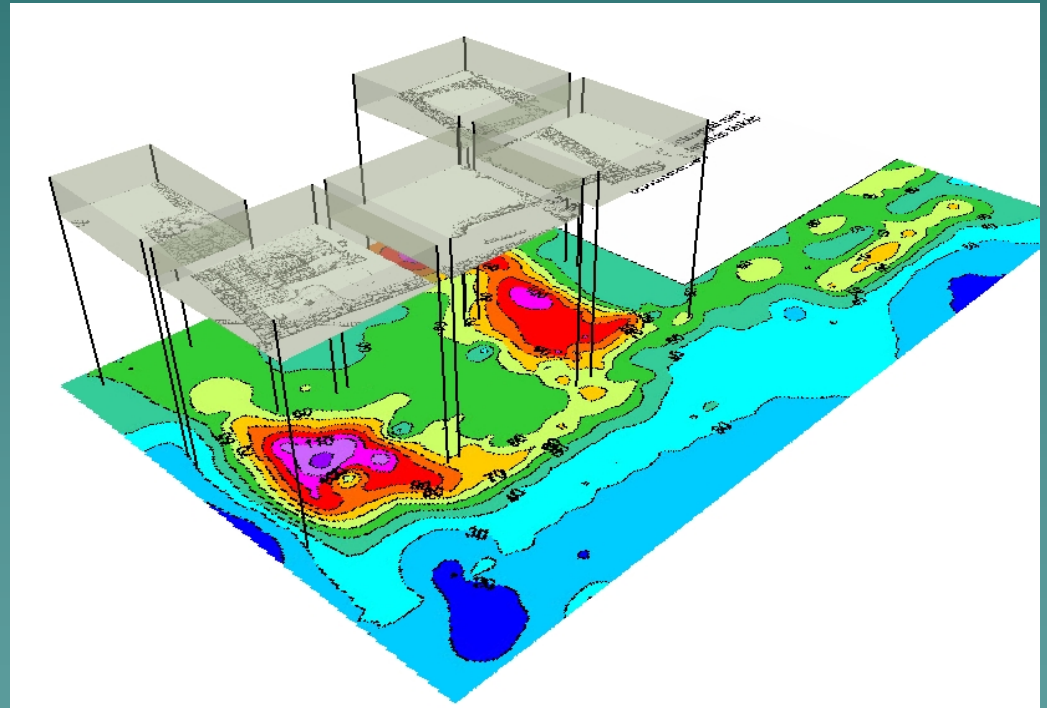
Cave 2, the Sting cave, was detected during a test measurement over a previously known cave, Cave 1. This cave shows lower resistivity than the Sting cave as Cave 1 has floor to ceiling columns which act as current conduits. The Sting cave does not have any columns. Both caves were confirmed by drilling large diameter, 24 inch, entrance holes. Depth to ceiling for Cave 1 is 1.8 m, for Cave 2 is 7.3 m,

The resistivity section above was calculated from the apparent resistivity data using the RES2DINV automatic inversion software. The graphical presentation was made using the Surfer for Windows software.

Survey date: October 29, 1994
Method: Dipole-dipole resistivity (dipole 4.6 m, n=8)
Unit: Meter and ohmmeter
Instrument: Sting/Swift, 28 electrodes at 4.6 m spacing
Survey time: Set-up and take down 1 hour (2 man crew)
Data acquisition 40 min

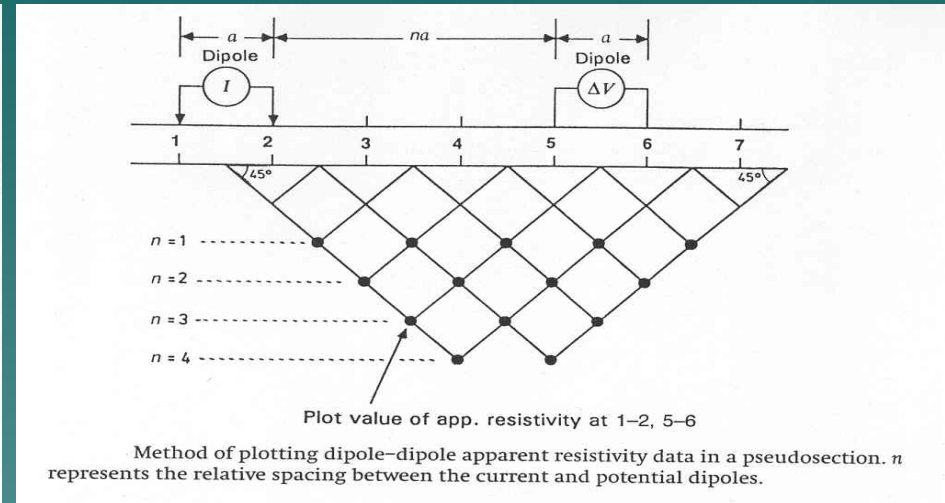
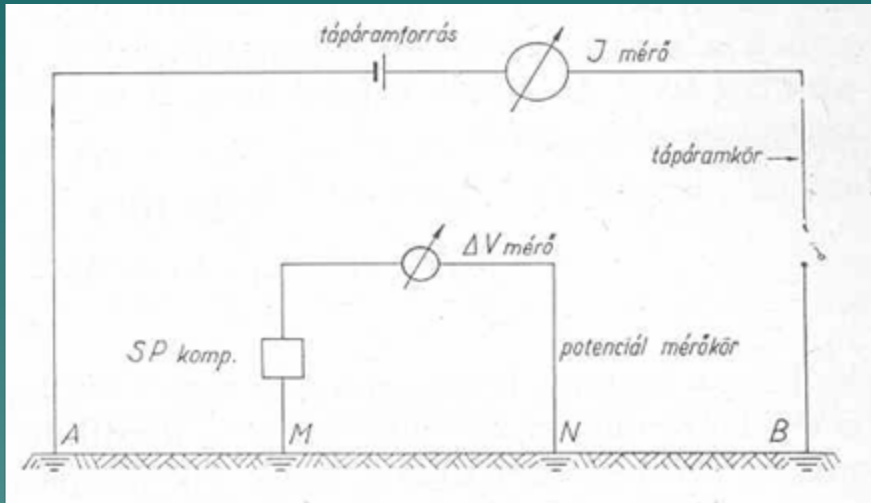


Sárospataki régészeti kutatás , látsz. fajl.ellenállás mérés ME Geof. Tanszék (2006)



Sáropatak, ágyú- és harangöntő műhely archeogeofizikai kutatása ME
Geof. Tanszék(2)

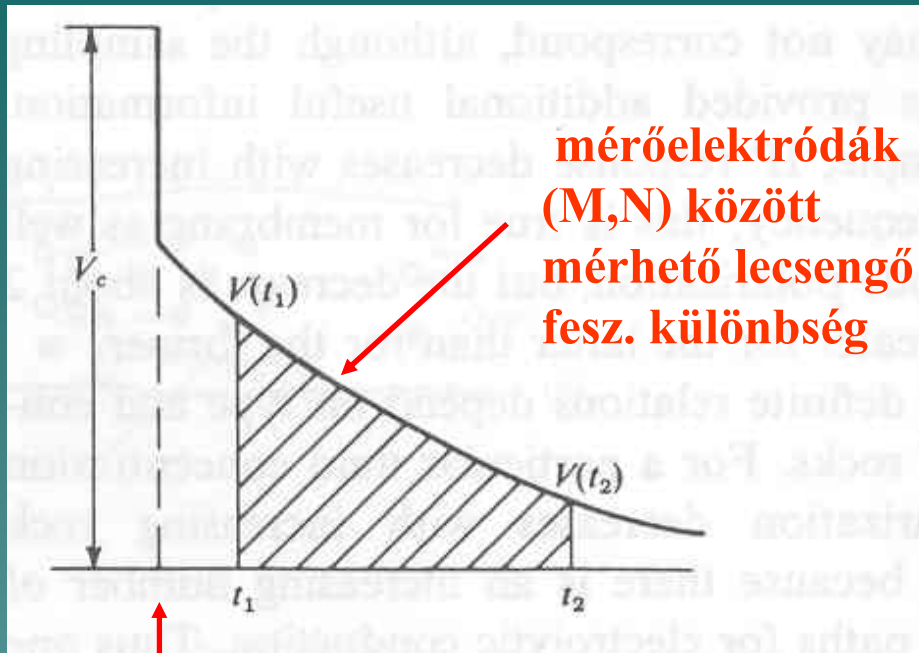
Gerjesztett Polarizáció (GP) időtartományban



A kőzetek fajlagos ellenállásának mérésekor bizonyos földtani körülmények között már az 1920-as években tapasztalták, hogy az adóköri áram kikapcsolását követően a mérő elektródák közötti feszültség nem csökken azonnal ($t=0$ idő alatt) zérus értékűre, hanem egy bizonyos időnek ehhez el kell telnie. Ez a jelenség hasonlítható az RC kör tranziens folyamatára, azzal a különbséggel, hogy kikapcsolást követően a kondenzátor feszültsége a kikapcsoláskor jellemző értékből kiindulva folyamatosan egy exponenciális csökkenést mutat, addig a mért elektódák közötti feszültség egy hirtelen feszültség-ugrást követően kezdi meg exponenciálishoz hasonló csökkenését.

A mérést általában ugyanazon műszerrel végzik mint a fajlagos ellenállás mérést.

Gerjesztett Polarizáció (GP) időtartományban

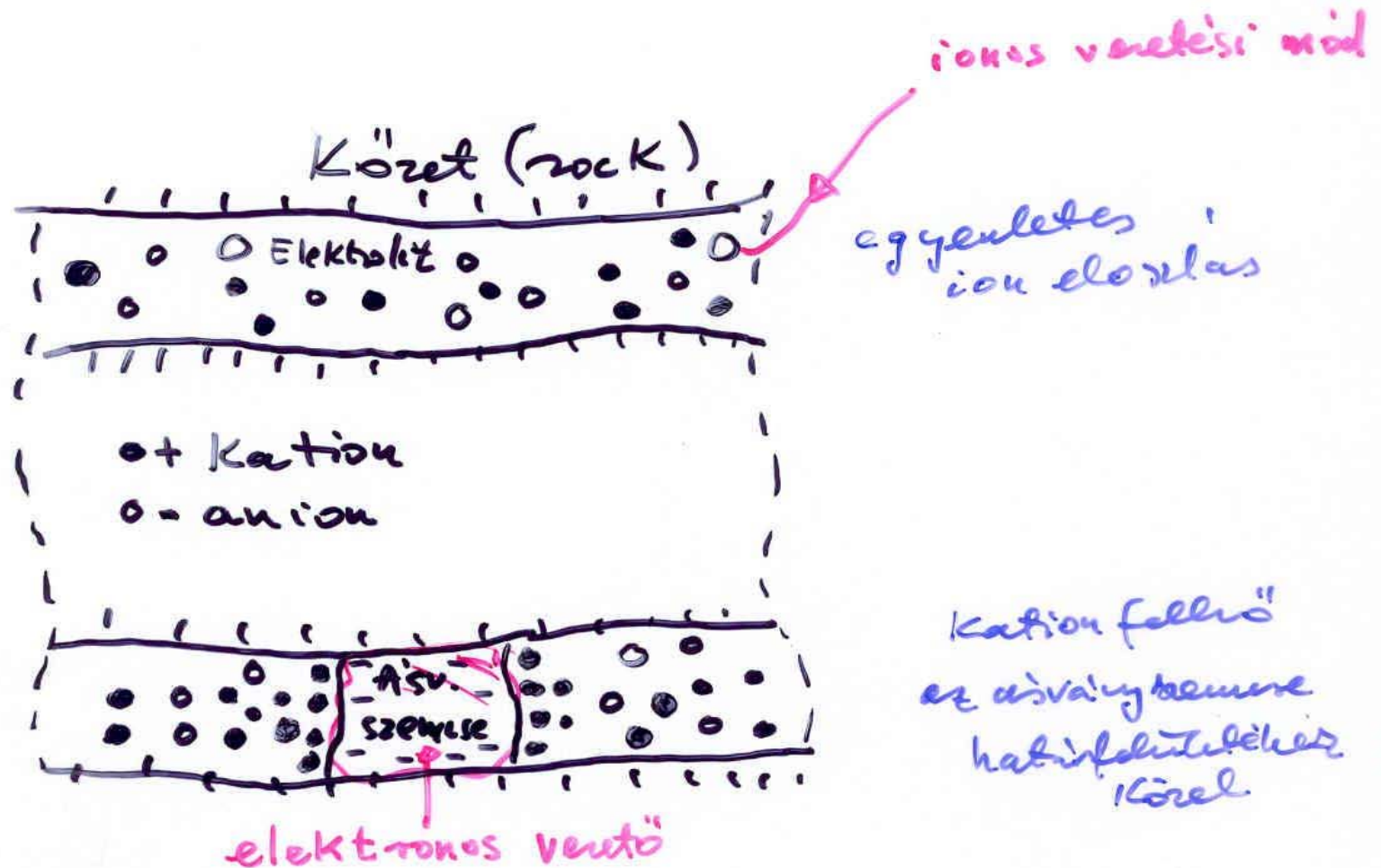


Az időbeli lecsengés részletes elemzése (kapcsolatkeresés az elektronos vezető anyaga, az ionos oldat minősége, az ásványi szemcsék szemcse eloszlása, a texturális jellemzők, és a lecsengő folyamat között) jelenti a GP görbék időbeli analízisét.

**gerjesztés
megszüntetése
(tápáram
kikapcsolása)**

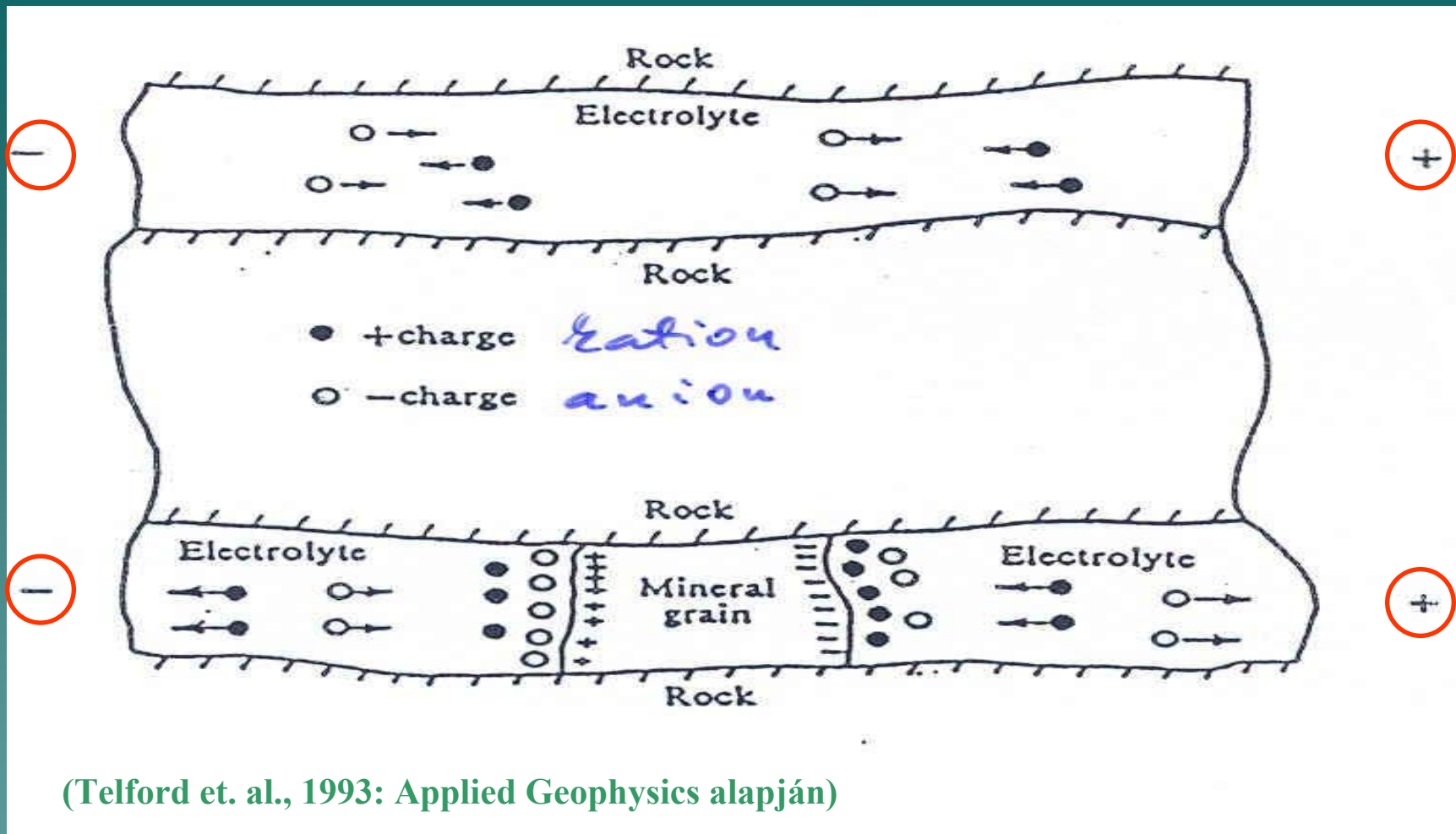
A módszer legfontosabb alkalmazása az érckutatás és ezen belül is a hintett ércesedések kimutatása, továbbá hidrogeológiai feladatokban az agyagos rétegek jellemzése. Két legfontosabb megjelenési formája az elektróda és a membránpolarizáció.

Elektódapolarizáció



Az ábra azt az esetet mutatja, amikor a vizsgált kőzettartományra - amely egy ionos oldatot tartalmazó kapillárist (fent) és egy fémes ásványszemcsével kontaktusban lévő ionos oldat (lent) - nem kapcsolunk külső gerjesztő teret. (Telford et. al., 1993: Applied Geophysics)

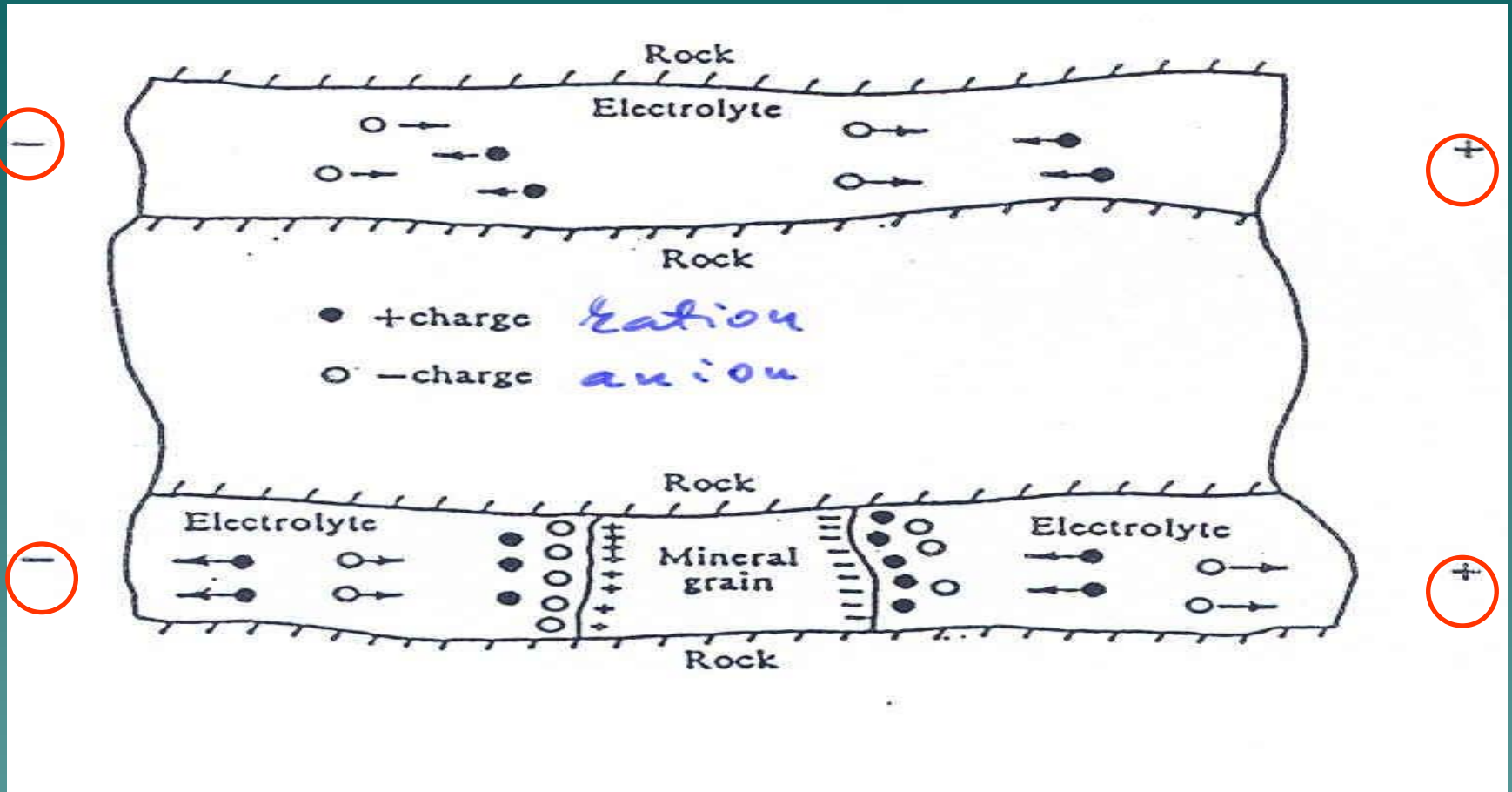
Elektódapolarizáció



(Telford et. al., 1993: Applied Geophysics alapján)

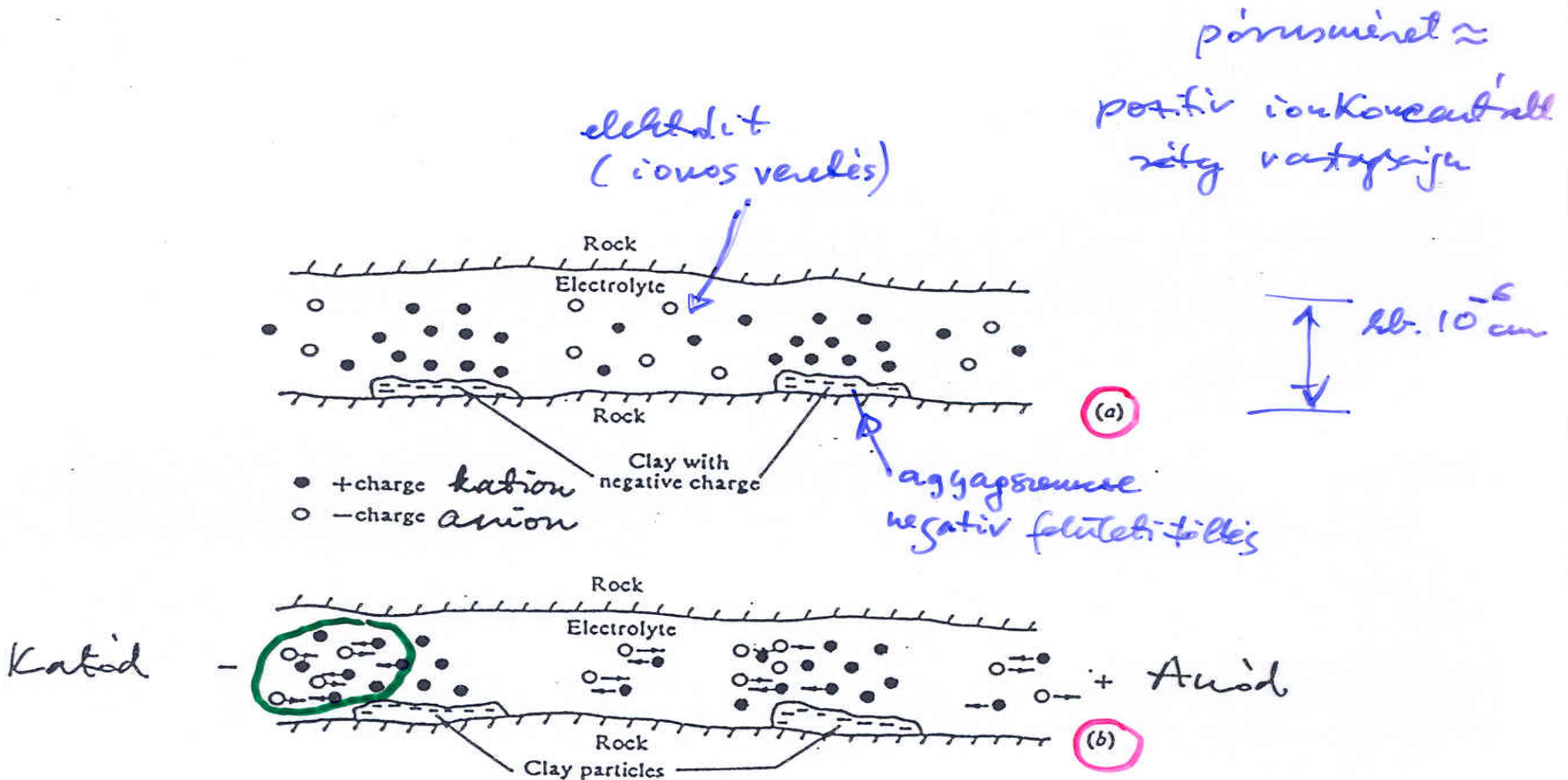
Külső elektromos tér hatására a szemcse polarizálódik, az elektronok mozgékonyasága mintegy 5-6 nagyságrenddel nagyobb a szemcsé(k)ben az oldatban lévő ionok mozgékonyaságához képest. A szemcsén belül az elektronok az áramforrás pozitív sarka irányába fognak elmozdulni. Így a szemcse azon oldalán, ahol elektron többlet van, az oldatban a kationok koncentrációja megnő, ellentétben a másik oldallal.

Elektódpolarizáció



Külső elektromos tér hatására ionok diffundálnak a határfelület felé, ahol oxidációjuk vagy redukciójuk következhet be. Pl. a határfelületnél lévő negatív ionok (anionok) oxidációjára révén semleges atom keletkezik, ugyanakkor az oxidáció révén keletkezett elektront átveszi az ásványi szemcse, így az ionosból elektronosba történő áramvezetés biztosított. Másrészt a fordított átalakulás is jelentkezik, tehát atom alakul át ionná. A Faraday-féle vezetést tehát két soros ellenállással jellemezhető: az iondiffúzióknak megfelelő Warburg impedancia és a kémiai reakció ellenállása. A nem Faraday-féle vezetést nagy frekvencián jellemző.

Membrán polarizáció



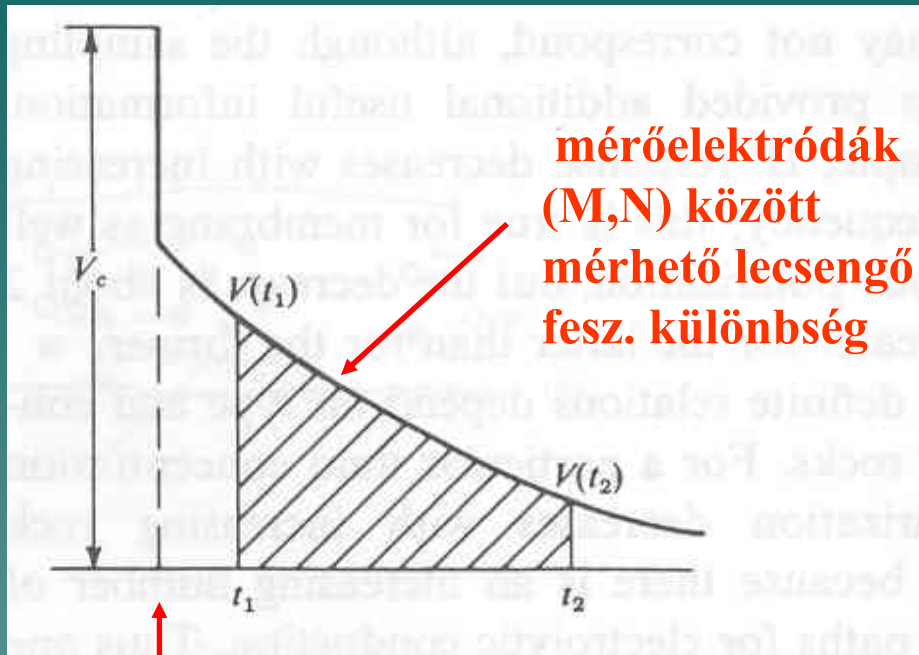
Gerjesztés nélküli (a), külső tér jelenléte (b) eset. Ilyen geometriai viszonyok mellett az anyagszemcsék áramforrás negatív sarkához közelebb eső környezetében ionkoncentrált, míg a szemcse másik oldalán ionhiányos zónák alakulnak ki.

Gerjesztett Polarizáció (GP)

A természetben szinte valamennyi szulfid (pirit, kalkopirit, galenit, markazit, molibdenit, pirrhotin, stb, kivéve a szfalerit) csak néhány oxid (magnetit, ilmenit, piroluzit, kassziterit) és a grafit mutatja az elektróda polarizáció jelenségét.

Ha az agyagszemcsék a teljes porozitást, vagy a porozitás nagy részét kitöltik, akkor nem marad hely a felületi jelenség kialakulására. A membrán polarizáció mértéke függvénye az agyagosság típusának, az agyagásványok összetételének, az ionkoncentrációnak. A megfigyelések szerint 10% körüli diszperz (véletlenszerűen szórt) agyagosság esetén a legnagyobb. A kaolinit nagyobb membránpolarizációt mutat mint a montmorillonit. A rétegekre jellemző ionkoncentrációk tartományában a hatás az ionkoncentráció növekedésével nő (Telford, 1993)

Gerjesztett Polarizáció (GP) időtartományban



$$\eta(t) = \frac{V(t)}{V_c}$$

Látszólagos polarizálhatóság tetszőleges t időpillanatnál

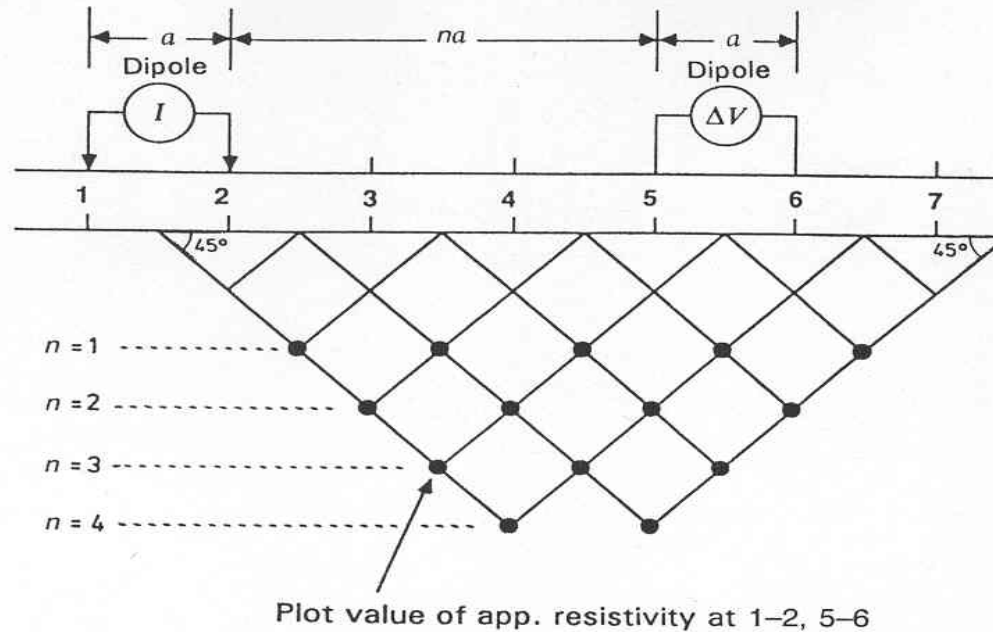
$$\eta(t_2) = \frac{V(t_2)}{V_c}$$

és az ábrán látható t_2 időpontban

gerjesztés megszűntetések (tápáram kikapcsolásának) időpontja

$$M = \frac{\int_{t_1}^{t_2} V(t) dt}{V_c}$$

Látszólagos tölthetőség, mely a lecsengési görbe alatti területtel arányos.

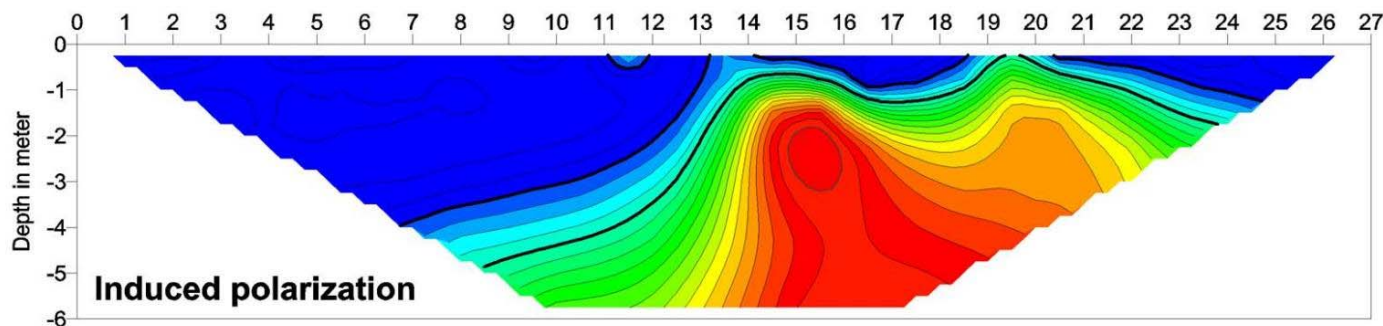
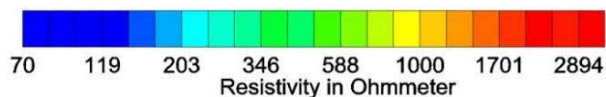
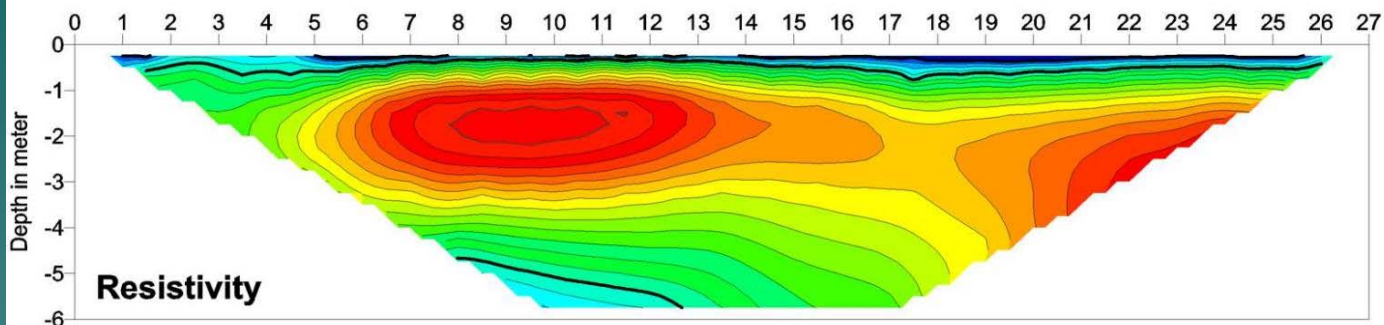


Method of plotting dipole-dipole apparent resistivity data in a pseudosection. n represents the relative spacing between the current and potential dipoles.

A dipól-dipól méréseknél (A Schlumberger és Wenner elrendezésekhez hasonlóan) a mért GP értékek (látszólagos polarizálhatóság v. látszólagos tölthetőség) vonatkoztatási mélységhelye megegyezik a látszólagos fajlagos ellenállás vonatkoztatási pontjával.

Gerjesztett Polarizáció (induced polarization, IP) időtartományban

Resistivity and Induced Polarization Survey

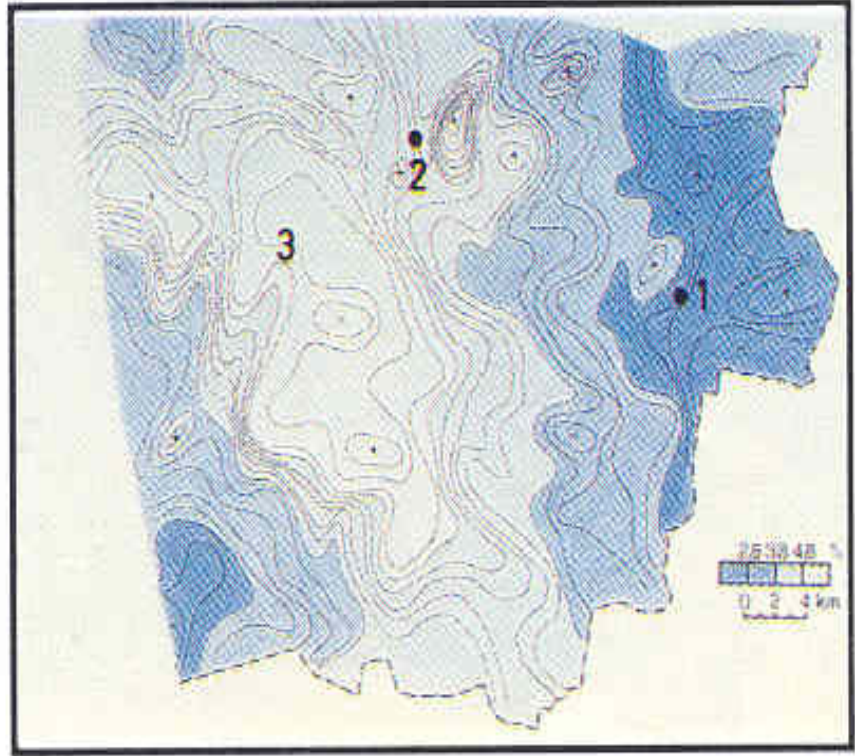
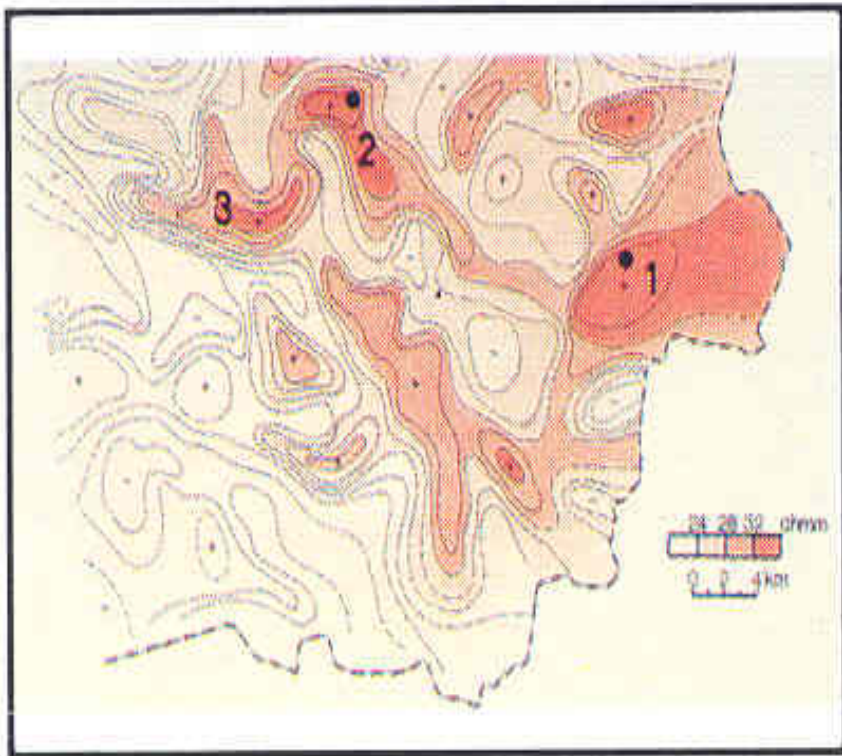


Objective: To investigate a karstic limestone area using resistivity and induced polarization
Survey date: October 21, 1999
Survey site: Austin, Texas
Electrode array: Schlumberger
Instrument: Sting/Swift, 28 stainless steel electrodes at 1 meter spacing
Units: Meter, Ohmmeter and msec

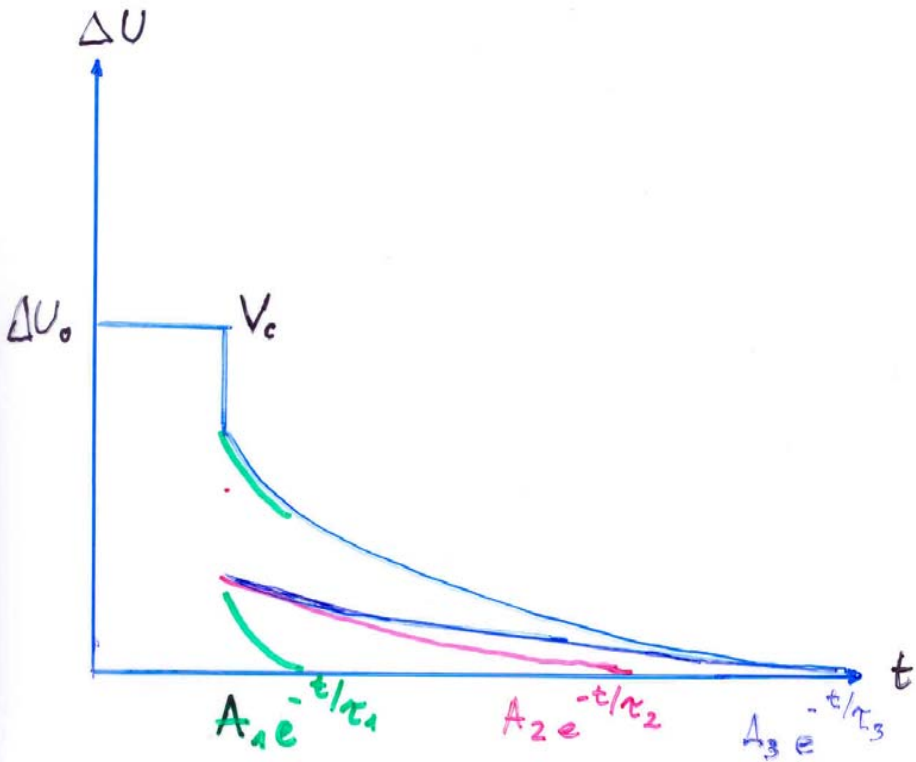
 **AGI** Advanced
Geosciences, Inc.

Tel: +1 (512) 335-3338
Fax: +1 (512) 258-9958
E-mail sales@agiusa.com
Web site <http://www.agiusa.com>

Repedezett,
karsztos területen
egyidejűleg mért
látszólagos
fajlagos ellenállás
(fent) és
látszólagos
tölthetőség (lent)
mélység szerinti
függése dipól-
dipól mérési
elrendezés esetén.



A legjobb vízadó réteg agyagmentes, tehát membránpolarizációt nem mutat. A legjobb vízadó réteget jelen esetben a 2-es fúrás harántolja, míg a 3-as a legrosszabb.



$$U(t) = \sum_{i=1} A_i e^{-t/\tau_i}$$

$$U(t) = \int_0^{\infty} A(\tau) e^{-t/\tau} d\tau$$

↑ időálló amplitúdó spektrum

filtrációs polarizáció: $\tau < 0,4 \text{ sec}$

membrán polarizáció: $0,2 \text{ sec} < \tau < 0,8 \text{ sec}$

elektrida polarizáció: $\tau > 1 \text{ sec}$

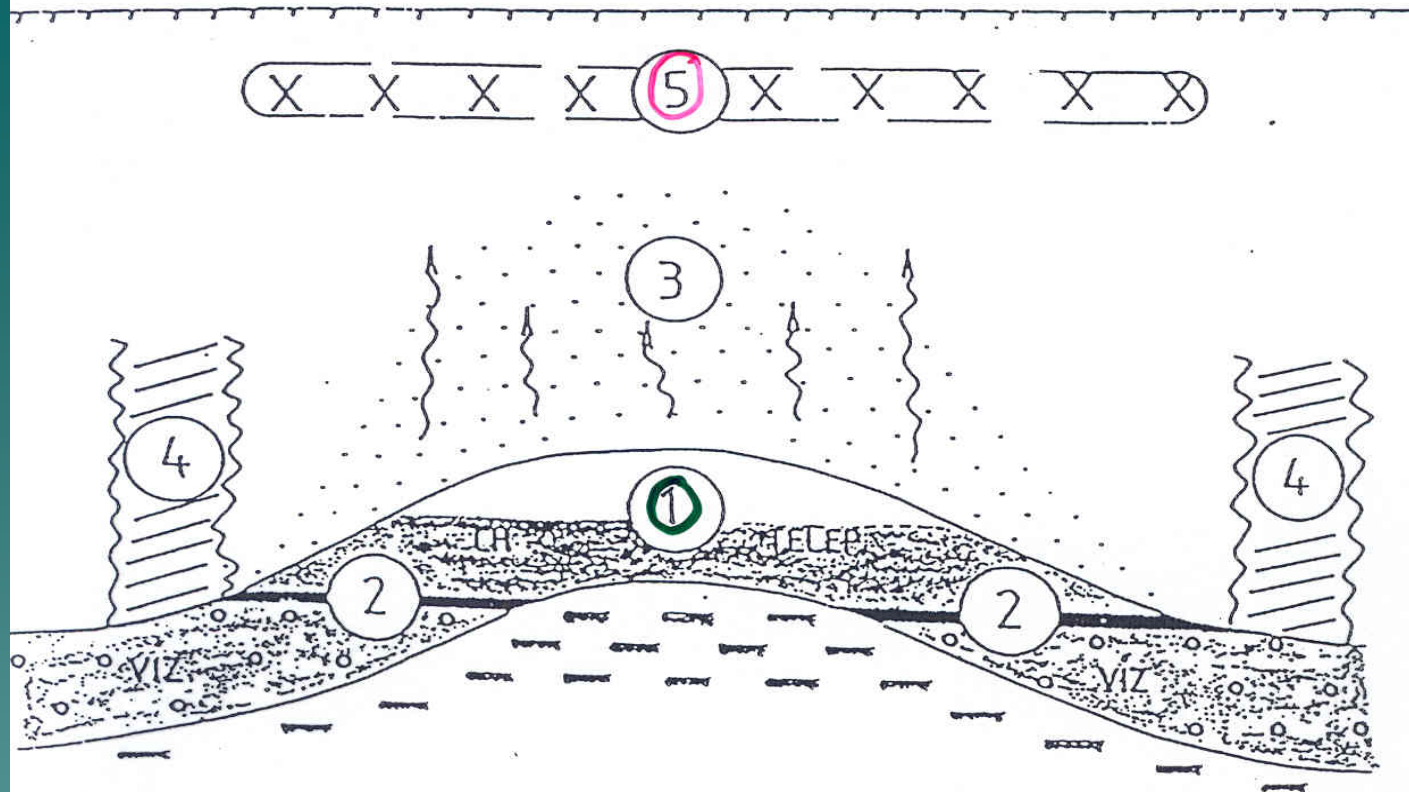
A lecsengési görbe egy lehetséges feldolgozási módja: diszkrét exponenciális lecsengések összegére való felbontás. Az ábrán látható esetben a lecsengési görbe három különböző időállandójú, exponenciális lecsengés összegére bontható fel, az amplitúdójuk közel azonos.

A különböző polarizációs folyamatok más-más időállandóval jellemezhetők.

A különböző típusú ércesedési formák (hintett, tömzsös, repedés menti) és anyagi összetétel ugyancsak különböző időállandójú folyamatokat eredményez.

Időállandóspektrum az ált. megoldás.

FELSZÍN

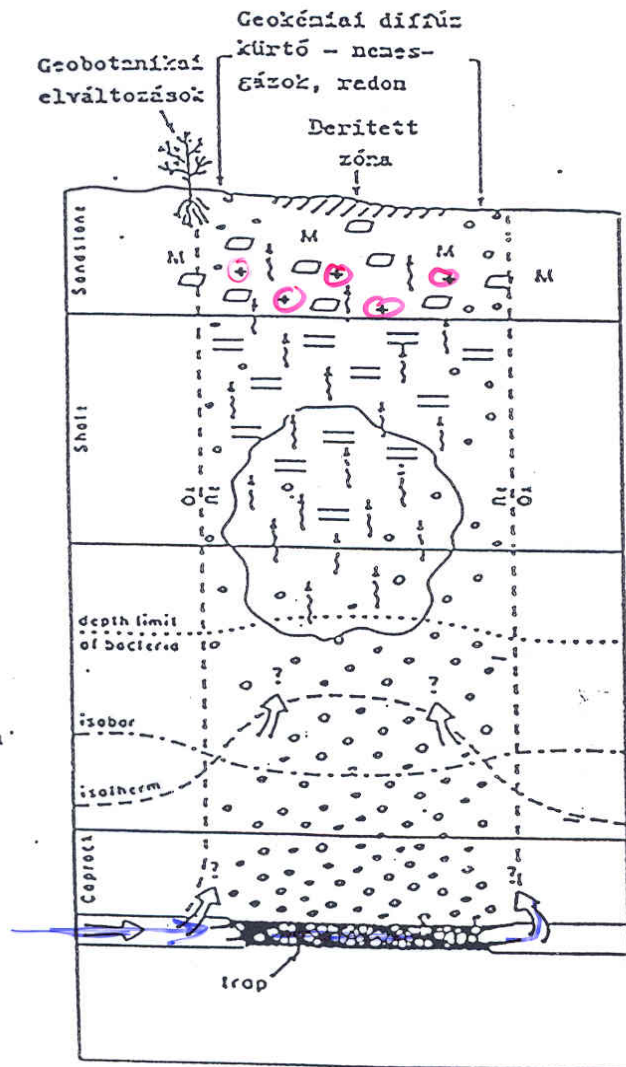


⑤ SZÉNHYDROGÉNELŐFORDULÁSOK ÁLTALÁNOSÍTOTT FIZIKAI-KÉMIAI MODELLJE

(KARUS-KUZNETSOV-KIRICHEK-PETUKHOV-1985, SZERINT)
HUGHES - ZONGE - CARLSON - 1985

- ① CH TELEP, ② CH-VIZ KONTAKTUS (TELEPET LEZÁRÓ FELÜLET)
- ③ KISZIVÁRGÓ SZÉNHYDROGÉNEK ÁLTAL LÉTREHOZOTT „DISZPERZ UDVAR” (HALO EFFEKTUS V. PLUME)
- ④ VERTIKÁLISAN KITERJEDT „GYÜRÜSZERŰ” PEREMZÓNA, VÁLTOZÓ FIZIKAI-KÉMIAI JELLEMZŐKSEL
- ⑤ KARAKTERISZTIKUS FIZIKAI-KÉMIAI VÁLTOZÁSOK A FELSZÍNHEZ KÖZELI TARTOMÁNYBAN

1. Ásványosodás
(kalcit, pírit,
magnetit, kén,
uránium, cink,
réz, agyagok)
2. A bakteriális folya-
matokból eredő, fel-
felé migráló kénhid-
rogén és széndioxid
3. Anaerób baktériumok
redukáló környezet
4. Felfelé migráló netán
5. Kőolajtelep



7. Kalcit-cement: (a
homokkővek porozit-
tását csökkenti)
Elektronos hatása:
nagy fajlagos ellen-
állás

8. Pírit kiválások
Elektronos hatása:
nagy elektromos po-
larizálhatóság

9. Ágyagpalásodás (dia-
genézis, változás a
kation-cserében,
vagy az agyagok geo-
metriájában)
Elektronos hatása:
alacsony fajlagos el-
lenállás, nagy elektro-
mos polarizálhatóság

10. Sós rétegvíz migrá-
ciója (túlzotten
elméleti, - a sós
rétegek felfelé moz-
gása hidrosztatikus,
illetve hidrodinami-
kai erők hatására)
Elektronos hatása:
alacsony fajlagos
ellenállás

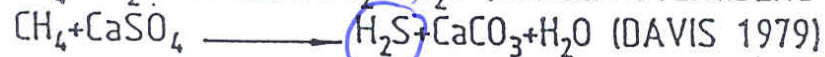
11. REDOX potenciál cella
(galváncella a reduká-
ló zóna jelenléte mi-
att)
Elektronos hatása:
kis fajlagos ellen-
állás

GEOELEKTROMOS VÁLASZT ADÓ KÖZETÁTALAKULÁSI FOLYAMATOK

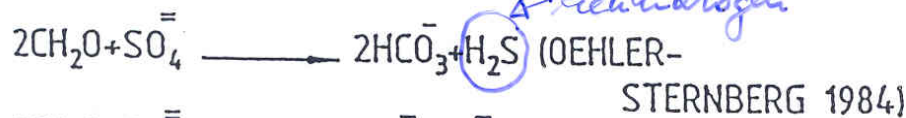
1. PIRIT KIVÁLÁSA
2. KARBONÁTOS CEMENTÁLODÁS
3. AGYAGÁTALAKULÁSOK
4. SÓS RÉTEGVIZEK
5. REDOX-POTENCIÁL CELLA

BAKTÉRIUMOK OKOZTA LEBONTÁS:

1. METÁN+AEROBOK



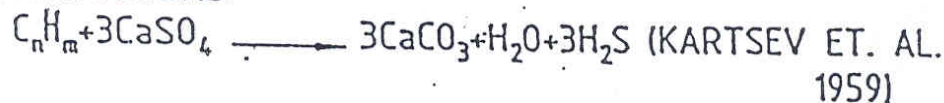
2. ANAEROBOK REAKCIÓI ELŐZETES AEROB LEBONTÁS SZERVES SZÉNMOLEKULÁIN:



PIRITESEDÉS



KARBONÁTOSODÁS:



kénhidrogén

levegőtől elvárt,
oxigénmentes
környezet

kénhidrogén

TAPASZTALATI ADATOK ISMERT MEZŐK FELETTI ELEKTROMOS ANOMÁLIÁKRÓL

(ZONGE RESEARCH CO. 1984, 16 CÉGTŐL GYŰJTVE)

TAPASZTALAT	VEZETŐKÉPESSÉG NÖVEKEDÉSE	NAGY FAJLAGOS ELLENÁLLÁS	POLARIZÁLHATÓSÁG NÖVEKEDÉSE (IP)
GYAKORI	36%	0%	45%
ESETENKÉNT	45%	45%	55%
RITKA	19%	55%	0%