

Válasz
Timár Gábornak
Szalai Sándor: „Geoelektromos kvázi null elrendezések”
című MTA doktori értekezéséről adott
opponensi véleményére

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Timár Gábornak, az MTA doktorának az értekezésem bírálata érdekében kifejtett munkáját, észrevételeit és annak pozitív értékelését.

A Bíráló megjegyzésével, mi szerint **a dolgozat címének** az „Egyenáramú geoelektromos szondázások vizsgálata, különös tekintettel a null- és kvázi-null elrendezésekre” jobban megfelelt volna, egyetértek. A címben a dolgozat legfontosabb részének tekintett kvázi-null elrendezéseket tüntettem fel. Tény, hogy a dolgozat ennél szélesebb területet ölel át, amint a Bíráló által javasolt címből is kitűnik.

Amint írja, a dolgozat „nem a szűk szakterületen dolgozó bíráló számára **nem egyszerű olvasmány**”. A dolgozat terjedelmére vonatkozó követelmény miatt erősen szelektálnom kellett, sok - jogosan - várt háttér információ ezért nem került be a dolgozatba.

A Bírálónak az **irodalomjegyzékkel** kapcsolatos megjegyzésével teljesen egyetértek, azt köszönöm. Eddig ez soha nem okozott még zavart, nyilván azért, mert kisebb terjedelmű művekben ez a hiba nem olyan feltűnő. A jövőben ennek megfelelően járok el.

A Bírálónak a **tézisekkel** kapcsolatos álláspontját elfogadom.

A **válaszaim** a Bíráló által feltett kérdésekre a következők:

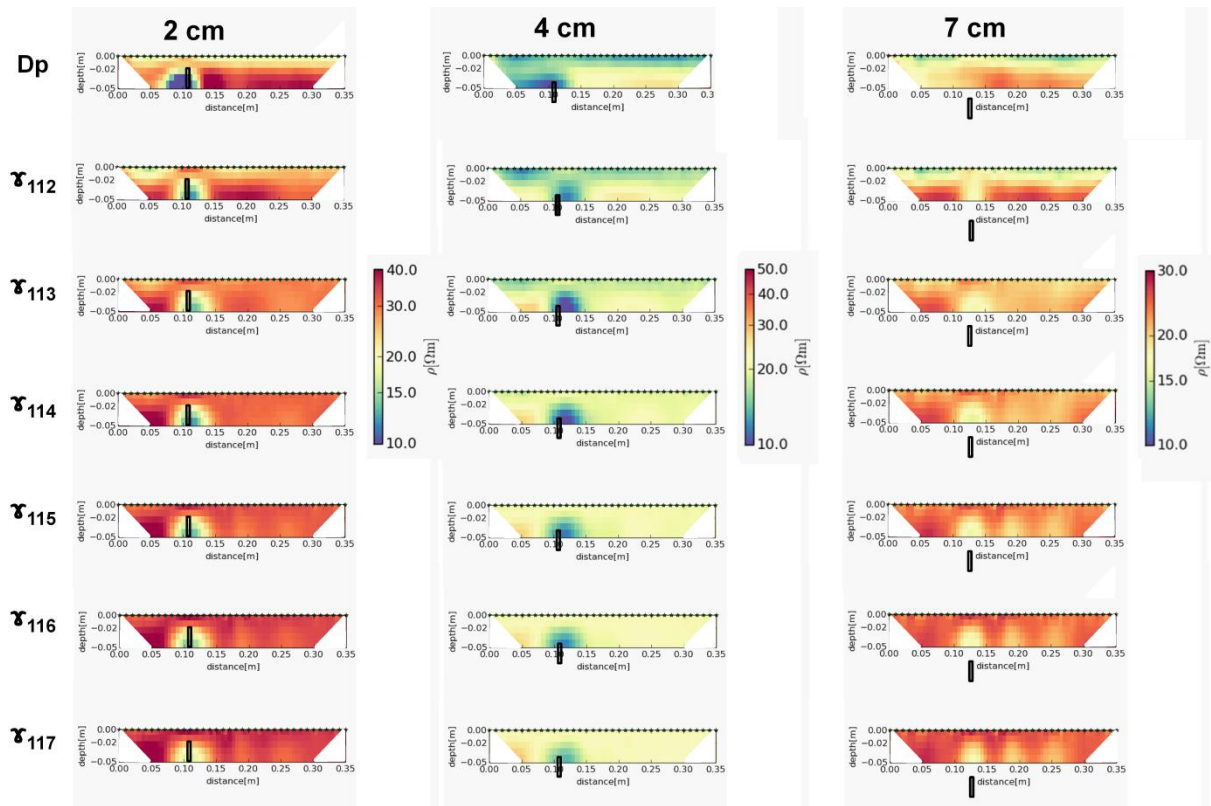
1. kérdés

Hasonlítsa össze a Dp-Dp és a MAN (illetve gyakorlatban pl. gamma-119) elrendezéseket (előny/hátrány)! A 7c tétispontban említi, hogy a gamma-113 elrendezésnek mi az előnye: ez „3” helyett magasabb számokra is igaz?

Az 1. kérdésre adott válaszom:

Először a kérdés második részére adok választ. A 7c tétispont *első* része szerint „a függőleges lemez modellnek a γ_{m113} elrendezéssel kapott képe sokkal kevésbé gyengül a modell mélységével, mint a Dp-Dp elrendezésé”. **Igen, ez a kijelentés a magasabb számokra is igaz.** Ezt illusztrálja az 1. ábra. Amíg a lemez csak 2 cm mélységben van, a Dp-Dp elrendezés anomáliája nagyobb amplitúdójú, mint a γ_{11n} elrendezéseké. 4 cm-es hatómélység esetén már

összemérhetőek az anomáliák amplitúdói (legalábbis $n=3-4$ esetén), a lemez 7 cm-es mélysége esetén pedig a Dp-Dp elrendezés már nem is képes kimutatni a hatót, míg a γ_{11n} elrendezések igen.



1. ábra. Különböző mélységekben lévő jól-vezető lemezek felett kvázi analóg modellmérés során kapott ERT szelvények különböző elrendezések esetén. Az ábra Szalai et al. (2020) 9-11. ábráinak felhasználásával készült.

A tézis 2. része esetében, mely szerint „a γ_{m113} elrendezés még a legnagyobb vizsgált mélységben is egyértelmű, álanomália-mentes képet adott, jól pozicionálva a hatót” már bonyolultabb a helyzet: n növekedésével ugyanis elképzelhető, hogy **nő az álanomáliák fellépésének esélye**. Ez volt a helyzet az 1. ábra 3. oszlopában is: a hatót ugyan nagyon jól sikerült ekkor is pozicionálni, de a nagyobb n -ek (5-7) esetében már számottevő álanomáliák léptek fel, még ha azok amplitúdójukat tekintve kisebbek voltak is a ható anomáliájánál.

Látni kell, hogy amíg a **hagyományos elrendezések esetében inkább megbízható eredmény elérése a cél**, addig a kvázi null elrendezések használata esetén a kapott eredmény esetleg kevésbé megbízható. **Esetükben több olyan anomália** jelenhet meg, amik a hagyományos elrendezések esetében nem láthatóak. Általában ezek egy része kvázi anomália, vagy olyan anomália, ami számunkra nem bír jelentőséggel, a másik része viszont **többletinformatív a hagyományos elrendezésekkel kapott képhez képest**. Amennyiben ehhez a többletinformatícióhoz is hozzá akarunk jutni (részletesebb kép, kisebb hatók, kisebb időbeli változások kimutatása), azaz javítani akarjuk a geoelektromos méréssel kapható képet, annak érdekében némi kockázatot kell vállalnunk. Igaz, a 2. Bíráló egyik kérdésére adott válaszom szerint ez sem feltétlenül áll fenn, mert a kvázi null elrendezések megbízható zónája

is mélyebbnek tűnik, de **ez a kérdés még további tanulmányozást igényel**, ez még nem képezte az értekezésem tárgyát.

Most pedig **a kérdés első részére** adok választ, azaz összehasonlítom a Dp-Dp és a MAN (illetve a γ_{11n}) elrendezéseket (előny/hátrány).

A gyakorlatban a γ_{11n} elrendezések esetében $n=6$, esetleg $n=7$ a maximum, ameddig el szoktunk menni, mert azt követően már nagyon kicsi lenne az adatszám.

Ha csak kimondottan az **előny/hátrány** szemszögéből hasonlítjuk össze a Dipól-dipól és a kérdéses γ_{11n} elrendezéseket, akkor az eddigi eredményeim alapján úgy tűnik, hogy **a Dipól-dipól elrendezés** feltétlenül szükséges a **robosztus szerkezetek jellemzéséhez**, hogy átfogó képet kaphassunk a felszín alatti fajlagos ellenállás eloszlásról. Ez annál is inkább igaz, mert a γ_{11n} elrendezések nagy n esetében nem is adnak képet az 1D szerkezetekről. **A terepi mérések** esetében is **nagyobb a biztonságérzetünk a Dipól elrendezéssel mérve**, mivel esetében a jelek sokkal stabilabbak, kevésbé változnak. Ugyanakkor viszont részben éppen abból eredhetnek a γ_{11n} elrendezések későbbiekben felsorolandó előnyei, hogy azok esetében a jelek vízszintes irányú változása általában sokkal jelentősebb.

Így **a γ_{11n} elrendezések alkalmasak olyan relatíve kisméretű inhomogenitások kimutatására is, amikre a Dipól-dipól elrendezés nem; vízszintes és függőleges felbontóképességük is nagyobb.** Azt is állítom - egyelőre még csak elméleti megfontolások és numerikus szimulációk alapján -, hogy **vékonyabb szigetelő, vagy jól vezető rétegek alatt lévő hatók kimutatására is alkalmasabbak a γ_{11n} elrendezések.** Egyes null elrendezések **tökéletes dimenzióindikátorok**, mert nagyon érzékenyek az adott dimenziótól való kisebb eltérésekre is. Ez a másik oldalról nézve persze hátrány, azaz **a Dipól-dipól elrendezést az elméleti modelltől való eltérések** (pl. nem teljesen 2D modell, vagy a mérési profilnak a szerkezet dőlésirányától való eltérése) **sokkal kevésbé zavarják.**

Összefoglalóan azt mondanám, hogy ha **biztos, de kevésbé információ gazdag képet** akarunk kapni, akkor a **Dipól-dipól**-; ha pedig a globális képet valamennyire elnagyoló, egyébként viszont **részletgazdagabb, a kisebb hatókra érzékenyebb képet** szeretnénk kapni, akkor a **γ_{11n} elrendezésekkel** célszerű mérni. Tekintve azonban azt, hogy akár két különböző γ_{11n} elrendezéssel való mérés is **csak mintegy 20-30%-kal növeli meg a mérési időt** (hiszen a mérőrendszert eleve telepítenünk kell) és, hogy **a Dipól-dipól és a γ_{11n} elrendezések eredményeiket tekintve lényegében komplementerek**, tapasztalataim alapján azt javaslom, hogy **mindkét elrendezés típusal mérjünk**, amennyiben nem elégszünk meg egy áttekintő, leegyszerűsített képpel.

(A kép teljessége érdekében a Dp-Dp és a γ_{11n} elrendezések további paramétereit is összevetem a *Mellékletben*.)

2. kérdés

A dolgozat 59. oldalán a 3. tételbe sorolt kimutathatósági mélység becslésénél említi, hogy 5-10% zajszintet alkalmazott. Beleérti ebbe a modellből származó zajt?

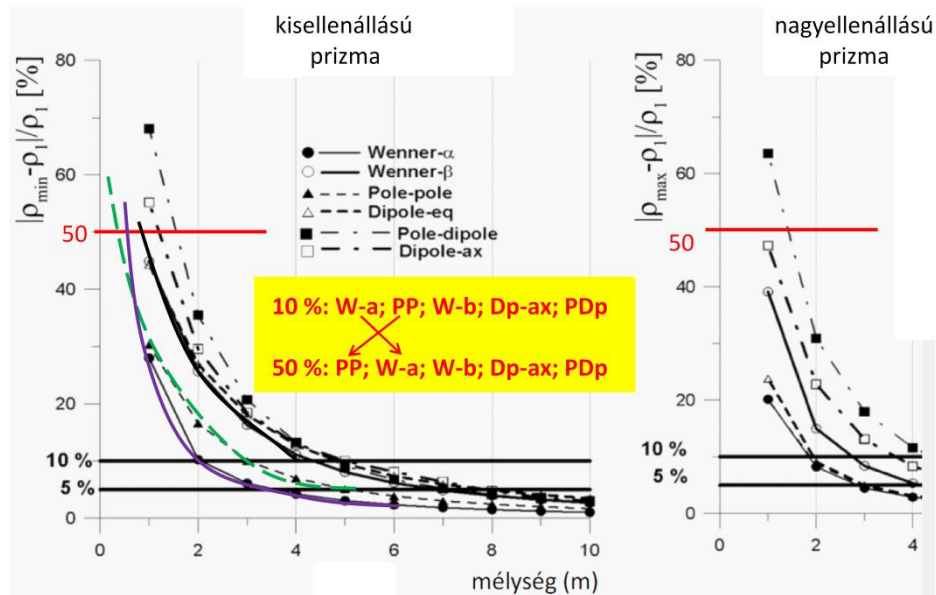
Nem.

Hogyan változtatja meg az eredményeket, ha a zajszintet a valóságoshoz közelibb 50% vagy akár 100% körül állítja be?

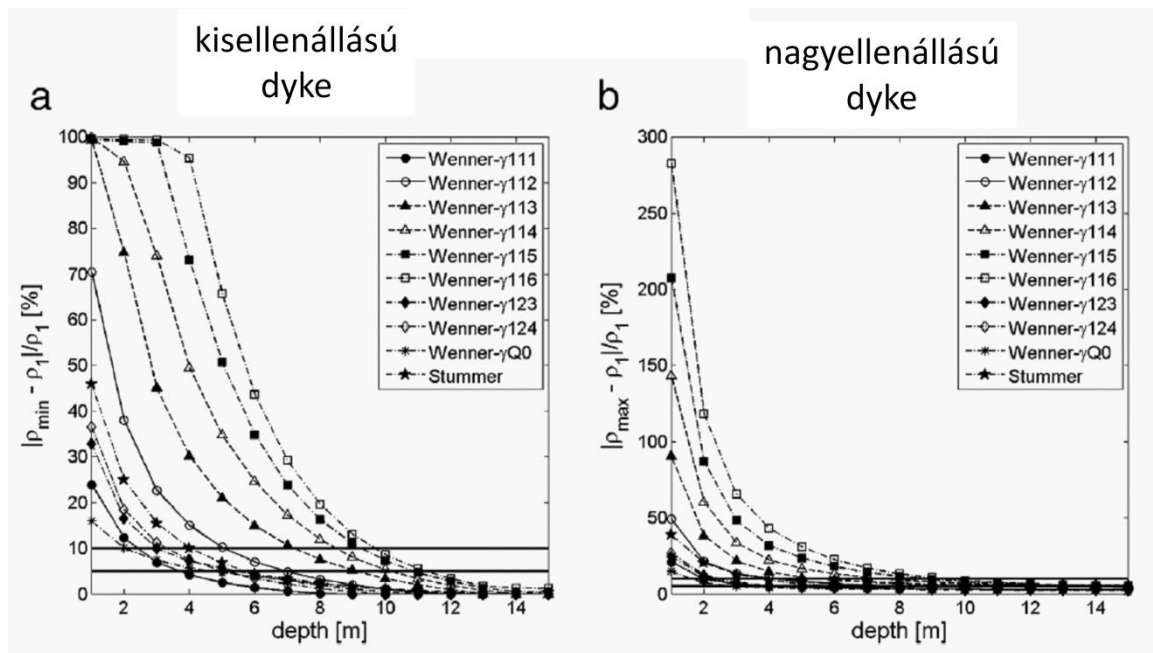
A 2. kérdésre adott válaszom:

Ahogy azt a 2. és 3. ábrákon is láthatjuk, a konkrét értékeket természetesen minden elrendezés esetében drasztikusan lecsökkenti. Az ábrákból azonban az is jól látszik, hogy az elrendezések sorrendje viszont - egyetlen kivételtől eltekintve (2. ábra bal oldalán) – nem változik, legyen bármi is a modell, a görbék ugyanis sehol nem keresztezik egymást (a 3. ábrán ez még jobban látható). Az egyetlen kivétel, hogy a kisellenállású prizma modell esetében a Wenner- α és a PP elrendezések vélhetően helyet cserélnek. Azért mondom, hogy vélhetően, mert a kérdéses tartományból már nincsenek adatok, azokhoz extrapolációval jutottam.

A fenti kijelentések mind a hagyományos, mind a kvázi null elrendezésekre igazak.



2. ábra. A négyzet keresztmetszetű prizma modell kis-, és nagyellenállású változatai és a hozzátartozó $100|\rho_{\text{extr}} - \rho_1|/\rho_1$ értékek a hat elrendezés esetére, az inhomogenitás felső oldalának d mélysége függvényében. A lila görbe a Wenner- α , a zöld szaggatott a PP elrendezés extrapolált görbéje. Ez a két elrendezés esetleg helyet cserélhet a kérdéses tartományban.



3. ábra. A dyke modell kis- (a), és nagyellenállású (b) változataihoz tartozó $100|\rho_{\text{extr}} - \rho_1|/\rho_1$ értékek a speciális, nem-hagyományos elrendezések esetére, a dyke felső oldalának d mélysége függvényében

Ismételten köszönet a bírálatért!

kelt: Sopron, 2020. 04. 15.

Szalai Sándor

Melléklet

A Dp-Dp és a γ_{11n} elrendezések részletesebb összevetése (a kutatások jelen állása alapján)

Dp-Dp

γ_{11n}

I. általános

β -típusú (ABMN elektródasorrend)
hagyományos elrendezés

γ -típusú (AMBN elektródasorrend)
kvázi null elrendezések

II. homogén féltér felett

nagy homogén fél tér érték
a k geometriai faktor értéke átlagos

kis érték
 k értéke nagyon nagy

III. a mért $\Delta U/I$ értékek 2D hatók felett

szinte csak pozitív értékek
az értékek nagyok
az értékek lassan változnak

vannak negatív értékek is
nagyon kicsi, akár nulla értékek
az értékek gyorsan változnak

IV: teljesítőképesség

robosztus
kisebb
kisebb
kisebb

változatos	kép
nagyobb	horizontális felbontóképesség
nagyobb	vertikális felbontóképesség
nagyobb	kimutathatósági mélység

V. konklúziók

1. nagyméretű hatók kimutatására, robusztus
1D, ill. 2D szerkezetek esetére alkalmasabb
2. terepen megbízhatóbb
3. érzéketlen a szerkezet 2D-től való eltéréseire
4. kvázi anomália mentesebb, kisebb RMS
5. agyontanulmányozottak, fejlesztési
lehetőségeik korlátozottabbak

várhatóan kisméretű hatók
esetében jobb
egyelőre még problémásabb lehet
érzékeny, de éppen emiatt jó
dimenzióindikátor
több kvázi anomália léphet fel (?),
általában nagyobb RMS
még rengeteg lehetőség:
különböző n -ek, együttes inverzió,
együttes értelmezés, stb.

Jelenlegi ismereteim alapján azt gondolom, hogy a komolyabb igényekkel fellépő geoelektromos kutatás eredménye a jövőben valamely hagyományos elrendezéssel és egy, vagy két kvázi null elrendezéssel kapott eredmények együttes értelmezése lesz.

Hivatkozások

Szalai, S., Szokoli, K., Prácer, E. Metwaly, M., Zubair M., Szarka L. (2020): An alternative way in electrical resistivity prospection: the quasi-null arrays. *Geophys. J. Int.* 220, 1463–1480 doi: 10.1093/gji/ggz518