

Agyagtelepek kimutatása elektromágneses dipolmérések segítségével

R. FRANKÉ - N. PANNER

Az NDK-ban újabban sikerrel végeztek dipol-eljárással méréseket művevaló agyagelőfordulások kutatására. Műszerberendezésként a Svédországban kifejlesztett *E. M. Gun* műszert alkalmazták, mely a slingram-berendezés módosított alakja. A módszernek az ellenállásmérésekkel szemben a szóban forgó feladat megoldásánál sok előnye van. Ezek közül első helyen említendő a költségmegtakarítás, amely a mondott eljárással szemben az 50%-ot is elérheti. Azonkívül olyan területeken is elvégezhető a dipolmérések, ahol az ellenállásmérésnek nehézségekbe ütköznek (nagy átmeneti ellenállások).

A kutatásoknál abból indulnak ki, hogy egyrészt az elektromágneses tér komponensei, másrészt pedig a mérési berendezés geometriája, a mérési frekvencia, valamint az általa jellemző ellenállás között összefüggés áll fenn. Ezekre támaszkodva megfelelő mérési frekvencia alkalmazásával pl. a függélyes mágneses dipol normálterének lefutása segítségével könnyen elhatárolhatjuk az agyagot a hordalékmárgától, az iszaptól vagy a homoktól.

Szerzők bevezetik itt is a látszólagos fajlagos ellenállás fogalmát.

За последнее время в ГДР метод дипольного зондирования успешно применялся для выявления промышленных запасов глинистых залежей. В качестве измерительной аппаратуры используется прибор типа *E. M. Гун*, представляющий собой вариант аппаратуры „Слингграм”. При решении данной задачи метод дипольного зондирования обладает рядом преимуществ по сравнению с методом сопротивлений. Среди них в первую очередь следует отметить экономию, достигающую 50% от расходов метода сопротивлений. Кроме этого, дипольное зондирование может проводиться даже в районах, в которых применение метода сопротивления связано с большими затруднениями (за счет высоких величин переходных сопротивлений).

В основе метода лежит связь между составляющими электромагнитного поля с одной стороны и между геометрией измерительной установки, частотой измерений и удельным сопротивлением среды – с другой. На основании этого, при соответствующем подборе измерительной частоты, с учетом поведения нормального поля вертикального магнитного диполя, можно легко отделить глины от наносного мергеля, ила или песка. В качестве параметра интерпретации вводится понятие кажущегося удельного сопротивления.

In der DDR werden in jüngster Zeit in immer grösserem Umfang elektromagnetische Dipolmessungen zum Nachweis von abbauwürdigen Tonlagerstätten durchgeführt. Als Instrumentierung wird die schwedische *E. M. Gun* Einrichtung – eine modifizierte Form der Slingram-Apparatur – angewendet. Die Methode weist gegenüber der Widerstandsverfahren mehrere Vorteile auf, wie z.B. die Kosteneinsparung, die sogar 50% betragen kann, dann die Anwendbarkeit auch in solchen Fällen und Umständen, wo die Durchführung von Widerstandsmessungen erheblichen Schwierigkeiten begegnen würde (hohe Übergangswiderstände).

Bei den Messungen wird davon ausgegangen, dass zwischen den Komponenten des elektromagnetischen Feldes einerseits und der Geometrie der Messeinrichtung, der Messfrequenz und den spezifischen Widerstand des Untergrundes andererseits ein Zusammenhang besteht. Auf diesen gestützt und eine gehörige Messfrequenz gebrauchend können wir z.B. aus dem Ablauf des Normalfeldes des vertikalen Dipols eine Abgrenzung von Ton gegen Geschiebemergel, Schluff oder Sand ohne weiteres erreichen.

Verfasser führen auch hier den Begriff des scheinbaren Spezifischen Widerstandes ein.

1. Bevezetés

Mivel az építőanyagok iránti kereslet állandóan nő, a művevaló agyagtelepek geoelektromos mérések útján való felkutatása néhány éve a geoelektro-

mos kutatások feladatát képezik. Ehhez a legutóbbi időkig kizárólag az ellenállásmérések klasszikus eljárását alkalmazták, amelynek segítségével az agyagelőfordulások határai és mélysége megállapítható.

Újabban az NDK-ban nagy sikerrel alkalmaztak elektromágneses dipolméréseket ilyen telepek kimutatására. Néhány mérési eredmény alapján foglalkozunk a fellépő problematikával, és megmutatjuk az elektromágneses dipolmérések előnyét az ellenállásmérésekkel szemben.

2. Agyagtelepek kimutatása geoelektromos ellenállásmérésekkel

A geológusok már hosszabb ideje felismerték, hogy az agyagtelepek kimutatása megfelelő kutatómódszerek alkalmazása nélkül, tisztán fúrások útján, még egyszerű viszonyok között is költséges, nem beszélve a komplikált települési viszonyokról.

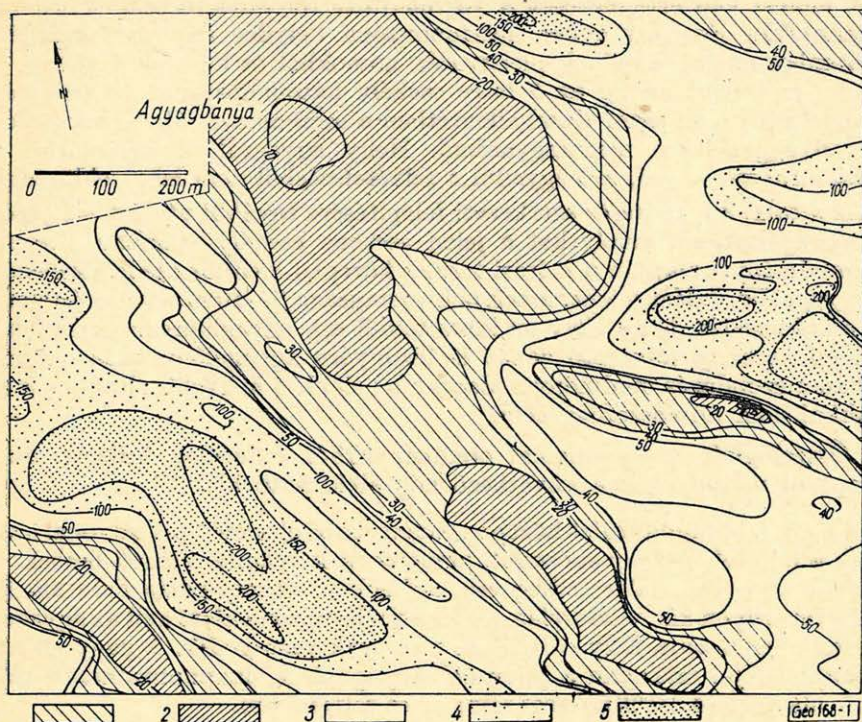
Az agyagtelepek felkutatásának rentabilitása nagymértékben emelhető, ha a fúrások egy része helyett geoelektromos ellenállásméréseket végeznek. Tekintettel az agyag viszonylag alacsony fajlagos ellenállására és a mérési eljárásnak a helyi viszonyokhoz alkalmas behatolási mélységére, az ilyen kutatások rendszerint sikeresek és a kutatási terület geológiai felépítéséről általában nagyon jó képet szolgáltatnak. Az ilyen jellegű előzetes kutatást egy példával kívánjuk illusztrálni.

A középnevet agyagiparnak *Bitterfeld-Dommitzsch-Belgern* vidékén történő kiépítése keretében először kellő mennyiségű nyersanyagot kellett hozzáférhetővé tenni. Ezért a geológusok egy agyagelőfordulásnak tartott területen számos kutatófúrást mélyítették le. Ezen fúrások eredménye azt mutatta, hogy glaciális letarolódások következtében komplikált teleptani viszonyok vannak és ennek következtében szükséges a további, részletekbe menő kutatás, amely tekintélyes költséget igényel. Másrészt a területen végrehajtott geoelektromos kutatómérések megerősítették azt a feltevést, hogy nagyellenállású homok- és kavicszónák a kisellenállású agyag- és iszapzónáktól elválaszthatók és így a geoelektromos módszer nagyobb arányú alkalmazása jogos.

A geoelektromos kutatások számára kijelölt terület egy fennsíkon fekszik, ahol regionálisan véve egy ÉK felé nyitott ívben terciér üledékek rakódtak le. A rétegösszlet felépítésében lényegében agyag, homok, agyagpala és barnaszén vesz részt, ezt vékony pleisztocén takaró fedi. Sztratigráfiailag ezek a terciér előfordulások a szudéta barnaszénelőfordulásokhoz tartoznak (miocén).

A geoelektromos felvételt $a=5$ m hatásmélységre Wenner-módszerrel végezték el. A kutatás eredményeit az *1. ábra* mutatja.

Ennek alapján a mérési terület középső részén egy nagyobb kisellenállású összletet mutattak ki, amelynek a csapásiránya nagyjából ÉNy – DK. Mindkét oldalán rosszabb vezetőképességű zónák határolják. Ez a minimumzóna, amelynek legnagyobb szélessége az ÉNy-i részen 270 m, DK-en az északi maximumvonalat egyik nyúlványa következtében erősen leszűkül és ezenkívül egy relatív ellenállásmaximum által két részre osztódik. A délnyugaton előrenyúló nagyellenállású területhez egy keskeny, kisellenállású zóna csatlakozik azonos csapásiránnyal. A két markáns minimumzónában részben 20 ohmméternél kisebb látszólagos fajlagos ellenállásokat mértek. A tagoltabb nagyellenállású területeken helyenként 200 ohmméternél nagyobb látszólagos fajlagos ellenállások lépnek fel.



1. ábra. Geoelektromos ellenállástérképezés WENNER módszerrel:

Látványlagos fajlagos ellenállások

Jelmagyarázat

1. $< 20 \Omega\text{m}$
2. 20-től 40 Ω -ig
3. 40-től 100 Ωm -ig
 $> 100 \Omega\text{m}$

Фиг. 1. Картирование электроразведочным методом по способу ВЕННЕРА; Величины кажущегося удельного сопротивления

Условные обозначения

1. $< 20 \text{ омм}$
2. от 20 до 40 омм
3. от до 40 100 омм

Abb. 1. Geoelektrische Widerstandskartierung nach WENNER; scheinbare spezifische Widerstände

Zeichenerklärung

1. $< 20 \Omega\text{m}$
2. 20 bis 40 Ωm
3. 40 bis 100 Ωm
4. $> 100 \Omega\text{m}$

A mérési kép értelmezését a végrehajtott terepmegfigyelések jelentősen megkönnyítik. Eszerint a két maximumzóna helyileg egybeesik egynéhány terepdomborulattal, amelyek pleisztocén homokból és kavicsból állnak. Ez a felszínen szétterült anyag az 5 m-es csekély hatómélységnél általános ellenállásnövekedést hoz létre. Ezzel ellentétben a minimumzónákat csak nehezebb tercieranyaggal lehet megmagyarázni. Hogy agyagról, agyagpaláról, vagy barnaszénről van-e szó, azt egyedül a felvételezésből nem lehet eldönteni.

Az altalaj anyagára és szerkezeti felépítésére további utalást mélyszondázások szolgáltatnak, amelyeket a jelen esetben csekély számban elvégeztek. Ezek eredményei alapján a mérési terület közepén levő kiterjedt kisellemállású rész agyagelőfordulást jelent, amelynek vastagsága 5–10 m. Ezt az értelmezést az is alátámasztja, hogy ÉNy-on közvetlenül egy agyagbányához csatlakozik. A DNy-i keskeny jólvezető zónát is bizonyára agyagelőfordulás okozza, ez azonban a szondázás eredményei alapján az előbb a mélyebb altalajra is mondotakkal nem áll összefüggésben.

Összefoglalóan a geofizikai eredményekből a terület érdekes részében a teleptani viszonyokra a következő kép alakítható ki:

A nagy minimumterület közepén, amelyet a 30 ohmméteres izovonal határol, fekszik a feltételezett agyagösszlet, amelyet csak vékony rétegek fednek. DK-i irányban az agyag valószínűleg egy erősebben iszapos-palás fedő alá kerül. Az ÉK-i szárnyon kis, viszonylag vastagabb, iszapzóna alatt kell az agyagrétegnek lennie, ez a zóna ÉNy-ról DK-re még csak vastagodik. A nagy ellenállás-minimum DNy-i szárnyán a jólvezető anyagnak a maximumzónához tartozó homok alá történt lesüllyedését nem lehet feltételezni.

Ezen előkutatásként végrehajtott ellenállásmérések eredményei alapján lehetséges volt geológiai céllal fúrásokat telepíteni és ezzel a kutatási költségeket csökkenteni.

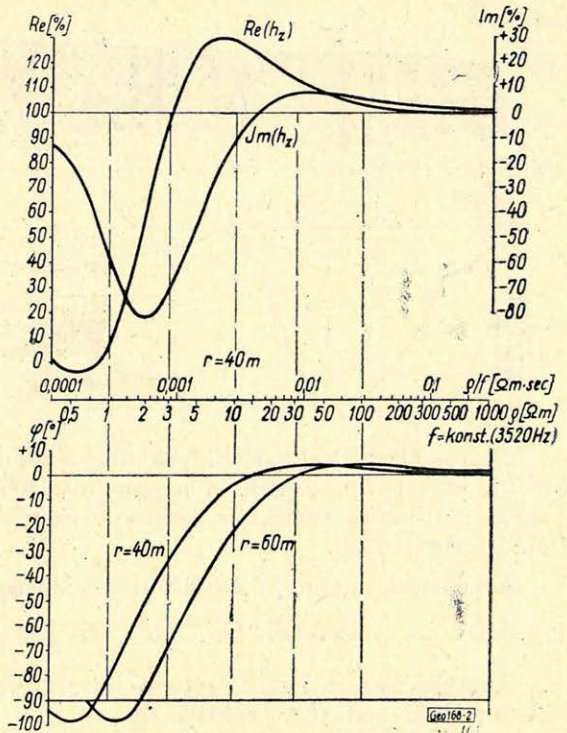
Egy ellenálláskép értelmezése, mint ahogy a fenti példa is mutatja, problematikussá válhat, ha az altalaj felszínközeli felépítésében résztvevő kötött komponensek (agyagpala, barnaszén, hordalékpala, agyag) elektromosan közel azonos fajlagos ellenállásuk, vagy pl. az agyag fölött száraz homok van és az integrálhatás következtében olyan látszólagos ellenállást mérnek, amely nagyjából a hordalékmárgának felel meg. Ezért ilyen esetekben az interpretációtól gyakran el kell tekinteni. Az értelmezés ilyenkor általában csak arra korlátozódik, hogy hol vannak tömött anyagokból álló lerakódások. Ha azonban járulékos mélyszondázásokat végeznek, amelyek bizonyos geológiai feltételek esetében a részletes értelmezéshez további támpontokat szolgáltathatnak, a viszonylag olcsó mérés megdrágul.

Az esetenként problematikussá váló értelmezés mellett, magánál az ellenállásmérések végrehajtásánál is gyakran léphetnek fel technikai nehézségek, bármilyen szondaelektroda elrendezést alkalmazunk is. Pl. különlegesen száraz fedőréteg esetében vagy fagyott talajon nagy átmeneti ellenállások lépnek fel, amelyek a mérési eredményeket meghamisítják. Ezeket a nagy átmeneti ellenállásokat csak további intézkedésekkel (több elektroda alkalmazása, öntözés sós vízzel) lehet csökkenteni. Ilyen esetekben azonban egy ellenállásmérő csoport 5 főből álló standard személyzete már nem elég. Kellő mérési sebesség elérése céljából további személyzet szükséges, amely természetesen az előzetes kutatás költségeit lényegesen megemeli.

2. ábra Egy vertikális dipol függélyes komponensének valós és képzetes része (fent) és normálfázisgörbéje (lent) homogén altalaj felett a mérési frekvencia (f) és a fajlagos ellenállás (ρ) függvényében; r = a dipoltávolság

Фиг. 2. Истинная и мнимая части вертикальной составляющей поля вертикального диполя (наверху) и нормальная фазовая кривая (внизу) над однородной средой, в функции от измерительной частоты (f) и удельного сопротивления (ρ) r = разнос диполя

Abb. 2. Real- und Imaginärteil (oben) sowie Normalphasenkurve (unten) der Vertikalkomponente eines vertikalen magnetischen Dipols über homogenem Untergrund in Abhängigkeit von der Messfrequenz (f) und dem spezifischen Widerstand (ρ). r = Dipolabstand



3. Elektromágneses dipolmérések végrehajtása agyagkutatások céljából

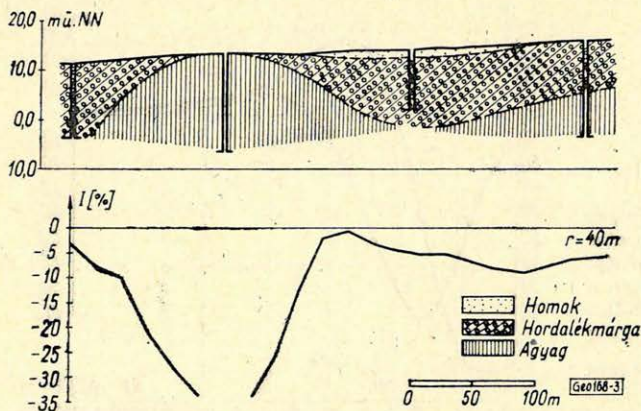
Tekintettel azokra a nehézségekre, amelyek ellenállásmérések végrehajtásánál felléphetnek, széleskörű módszertani vizsgálatok folytak azirányban, hogy az elektromágneses módszereket miként lehetne agyagkutatásoknál alkalmazni. A kapott mérési eredmények azt mutatták, hogy az elektromágneses dipolméréseket agyagtelepek felkutatásánál sikerrel lehet alkalmazni.

A kutatással kapcsolatban végzett munkálatoknál a Svédországban kifejlesztett *E. M. GUN* műszerrel – a *slingram*-készüléknek egy továbbfejlesztett változatával – dolgoztak. Az eljárás elvi alapja a következő:

Egy teleppel működtetett oszcillátor általában függőlegesen orientált adóhurkot táplál, amely elektromágneses dipolteret sugároz ki. Ez a primér tér hatósugarán belül az elektromos vezetőkben örvényáramokat hoz létre, ezek a váltakozó mágnestérrel keltenek. Ez a mágnestér a primér térre szuperponálódik és egy, a gyakorlatban függőleges vevőkörben áramot indukál, amelynek reális és imaginárius része külön összehasonlítást nyer az adóköri folyó árammal.

Elektromágneses dipolméréseknek az agyagtelepek kutatására való felhasználásánál a következő megfontolás szolgál alapul:

Egy talaj felszínén fekvő elektromágneses dipolusnál a valós (Re) és az imaginárius (Im) komponensek nagyságát a mérési elrendezés geometriáján (a táp- és mérődipolus helyzete) és a mérőfrekvencián kívül az altalaj fajlagos ellenállása befolyásolja. A 2. ábra mutatja, hogy a térkomponensek és a φ fázisszög milyen függvénye a mérőfrekvenciának és egy homogén, izotróp fél-



3. ábra. Agyag és hordalék márga szétválasztása elektromágneses dipol mérésekkel (a képzetes komponens menete)

Fig. 3. Раздтние глины и наносного мергеля по данным электромагнитного дипольного зондирования (поведение мнимой составляющей)

Abb. 3. Abgrenzung von Ton gegen Geschiebemergel durch elektromagnetische Dipolmessungen. Verlauf der Imaginärkomponente

tér fajlagos ellenállásának. Figyelembe véve az E.M. GUN berendezés adó- és vevőkörének rutinnéréseknél megszokott felállítását, itt csak egy vertikális mágneses dipolus vertikális komponensének mágneses komponenseit ($Re(h_z)$, $Im(h_z)$) ábrázoltuk.

A két térkomponens amplitúdóit a levegő normáalterére vonatkoztattuk, úgy, hogy $\rho = \infty$ esetében $Re = 100\%$, $Im = 0\%$ és $\varphi = 0^\circ$ $\left(\operatorname{tg} \varphi = \frac{Im}{Re} \right)$.

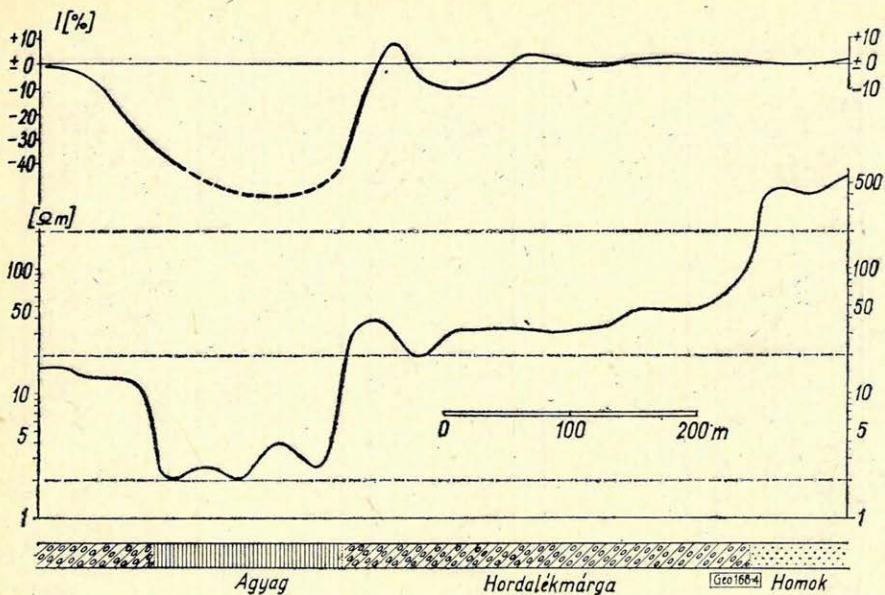
Az abszcisszára egyik esetben ρ/f arányt, másodsor konstans (3520 Hz) frekvenciánál pedig ρ -t raktuk fel.

A felső két görbe ($Re(h_z)$ és $Im(h_z)$) azt mutatja, hogy az 1 és 3 ohmm közötti tartományban csak valós komponens esetében van Re amplitúdója és a homogén féltér fajlagos ellenállása között egyértelmű összefüggés. Ha a fajlagos ellenállás 1 ohmm-nél kisebb, vagy 3 ohmm-nél nagyobb, minden valós értékhez legalább két ρ érték tartozik. A mért valós komponensek egyedüli kiértékelése tehát nem vezetne egyértelmű eredményre.

A helyzet az imaginárius komponens esetében is hasonló. Ha azonban figyelembe vesszük, hogy az agyagkutatásoknál 2,5 ohmm-nél nagyobb fajlagos ellenállások csak ritkán lépnek fel, akkor a 2,5-től 13 ohmm-ig terjedő tartományban az imaginárius komponens minden egyes amplitúdójához egy fajlagos ellenállásértéket rendelhetünk. Ha ennek következtében az E.M. GUN eredmények kiértékelése során csak az imaginárius komponens negatív értékeit vesszük figyelembe, akkor szükségképpen elválasztódnak a magasabb ellenállású zónák azoktól a tartományoktól, ahol a fajlagos ellenállás kisebb, mint 13 ohmm. Míg azonban a kisellenállású tartományban az imaginárius komponens változó amplitúdói következtében bizonyos szétválasztás lehetséges, a 13 ohmm-nél nagyobb területeken ilyen szétválasztás nem lehetséges.

Ha a kiértékelés alapjául a valós és imaginárius komponensek helyett a φ fázisszöveget vesszük alapul, a helyzet valamivel előnyösebbé válik, mert ekkor a ρ fajlagos ellenállással nagyobb tartományban (1–13 ohmm) áll fenn egyértelmű kapcsolat.

A dipoltávolságok növelésével, ill. a mérőfrekvencia emelésével a mérendő ellenállástartomány a nagyobb értékek irányában eltolható. Így pl. 60 m-es dipoltávolságnál és 3520 Hz frekvenciánál a mérhető ellenállástartomány 2,5 ohmm és 30 ohmm között van.



4. ábra. Elektromágneses dipolmérések és geoelektromos ellenállásmérések összehasonlítása. A képzetes komponens menete (fent) és a látszólagos fajlagos ellenállásé (középen)

Фиг. 4. Сопоставление данных электромагнитных дипольных зондирований с данными электроразведки по методу сопротивлений. Поведение мнимой составляющей (наверху) и кажущегося удельного сопротивления (посередине)

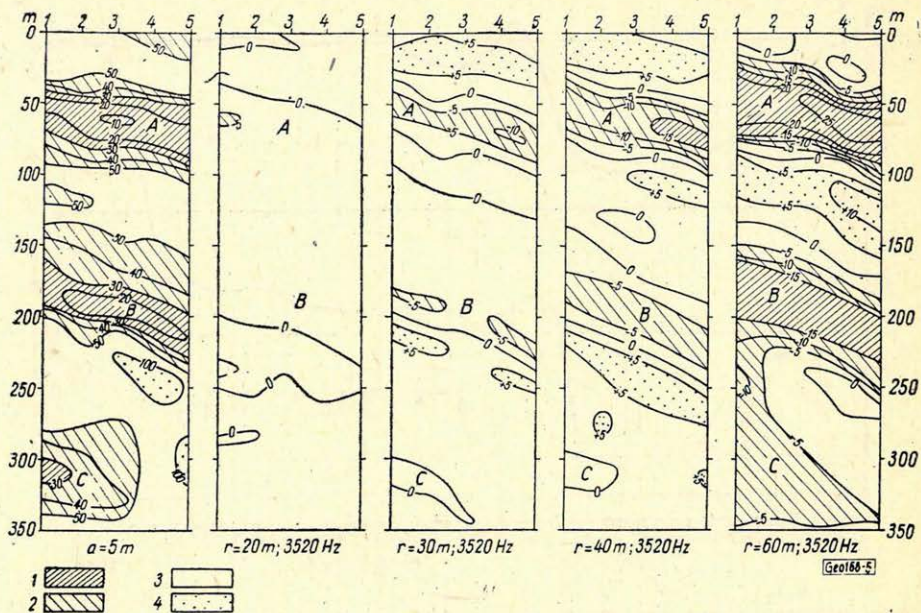
Abb. 4. Vergleich elektromagnetischer Dipolmessungen mit geoelektrischen Widerstandsmessungen. Verlauf der Imaginärkomponente (oben) und des scheinbaren spezifischen Widerstandes (mitte)

Ezen elvi megfontolások alapján lehetségesnek kellene lennie pl. a 20 ohmm körüli fajlagos ellenállású agyagoknak a hordalékos márgától (40–60 ohmm) és a vízvezető homoktól (100 ohmm) való elválasztása.

A végrehajtott próbamérések igazolták az elméleti kutatásokat (3. ábra). Ennek alapján megállapítható, hogy a felkutatandó agyagok, alacsony fajlagos ellenállásuk következtében, a hordalékmárgából és homokból álló mellékközektől teljesen egyértelműen elválaszthatók. Míg az agyagelőfordulások tartományában az imaginárius komponensre – 20%-nál kisebb értékeket olvastak le, a hordalékmárga és a homok tartományában a mért értékek szintje kb. –5% körül van.

A 4. ábra egy további példát mutat, amelyben az imaginárius komponens minimuma egy agyagelőfordulás helyzetére utal, amelyet hordalékmárga vesz körül. Érdekes az összehasonlítás az ellenállásmérések görbéjével, amelyben agyag (kb. 2 ohmm), hordalékmárga (20–40 ohmm) és homok (>400 ohmm) szétválasztása lehetséges, míg a dipolméréseknél az elméleti megfontolások szerint a hordalékmárga és a homok szétválasztása nem volt várható, és az E.M. GUN görbe e két lazakőzet fölött azonos nívója nem meglepő.

A módszertani vizsgálatok során a továbbiakban a gyakorlatban vizsgáltuk a dipoltávolságoknak elméletileg ismert befolyását a méréseknél. Ezen kísérleti mérések eredményét az 5. ábra mutatja. A rendelkezésre álló ellenállásmérések szerint a kimutatott *A*, *B* és *C* kisellenállású zónák esetében három



5. ábra. A dipoltávolság befolyása az elektromos dipolmérések eredményére, összehasonlítva azt a geoelektromos ellenállástérképezés eredményeivel

Jelmagyarázat

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| < 30 Ω m | 1. < -15% I |
| 30-tól 50 Ω m-ig | 2. - 5-től -15% I-ig |
| 50-től 100 Ω m-ig | 3. + 5-től - 5% I-ig |
| > 1000 Ω m | 4. > +5% I |

Fig. 5. Влияние дипольного разнеса на результаты ДЭЗ в сопоставлении с результатами электроразведки по методу сопротивлений

Условные обозначения

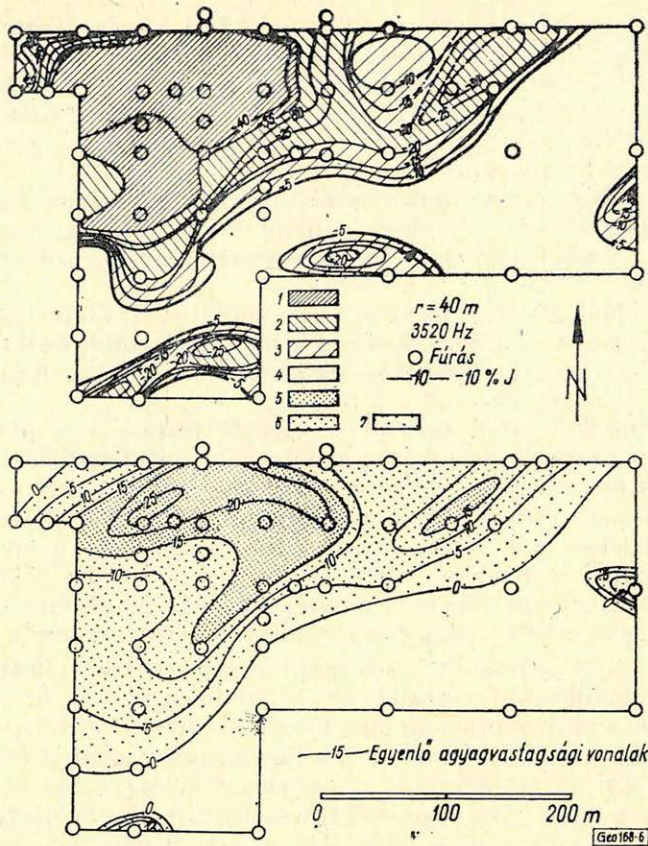
- | | |
|------------------|--------------------|
| < 30 омм | 1. < -15% I |
| от 30 до 50 омм | 2. от -5-15% до -I |
| от 50 до 100 омм | 3. от +5-5% до I |
| > 100 омм | 4. > +5% I |

Abb. 5. Einfluss der Dipolabstandes auf das Ergebnis elektromagnetischer Dipolmessungen im Vergleich zu dem Ergebnis einer geoelektrischen Widerstandskartierung

Zeichenerklärung

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| < 30 Ω m | 1. < -15% I |
| 30 bis 50 Ω m | 2. - 5 bis -15% I |
| 50 bis 100 Ω m | 3. + 5 bis -5% I |
| > 100 Ω m | 4. > +5% I |

felszínközeli agyagelőfordulásról van szó (hatásmélység = $a = 5$ m), amelyek valódi fajlagos ellenállása 10 ohmm körüli. Az agyagok felszínközeli helyzetére való tekintettel 20 m-es dipoltávolságoknál a hatásmélységnek elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy ezt az alacsony ellenállású anyagot kimutassa. Másrészt azonban az elméleti megfontolások szerint egy 10 ohmm körüli fajlagos ellenállású zavaró vezetőréteg 20 m-es dipoltávolságnál az imaginárius komponensben csak gyengén pozitív értékeket okoz, amivel a



6. ábra. Elektromágneses dipolmérések (fent) összehasonlítása agyagelődfordulás vastagságel-
oszlási görbéivel (lent)

Jelmagyarázat

- | | |
|--|--|
| 1. $< -35\% \text{ I}$ | 5. Agyagrétegvastagság $> 15 \text{ m}$ |
| 2. $-20\text{-től } -35 \text{ I-ig}$ | 6. " " $5 \text{ és } 15 \text{ m között}$ |
| 3. $-5\text{-től } -20\% \text{ I-ig}$ | 7. " " $< 5 \text{ m}$ |
| 4. $> -5\% \text{ I}$ | |

Фиг. 6. Сопоставление данных электромагнитных дипольных зондирований (наверху)
с кривой распределения мощности глинистой залежи (внизу)

Условные обозначения

- | | |
|--|--|
| 1. $< -35\% \text{ I}$ | 5. Мощность глинистого слоя $> 15 \text{ м}$ |
| 2. $\text{от } -20 - 35 \text{ до I}$ | 6. " " " $\text{от } 5 \text{ до } 15 \text{ м}$ |
| 3. $\text{от } -5 - 20\% \text{ до I}$ | 7. " " " $< 5 \text{ м}$ |
| 4. $> -5\% \text{ I}$ | |

Abb. 6. Elektromagnetische Dipelmessungen (oben) im Vergleich zum Isopachenplan (unten)
eines Tonvorkommens

Zeichenerklärung

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. $< -35\% \text{ I}$ | 5. Tonmächtigkeit $> 15 \text{ m}$ |
| 2. $-20 \text{ bis } 35\% \text{ I}$ | 6. Tonmächtigkeit zwischen $5 \text{ und } 15 \text{ m}$ |
| 3. $-5 \text{ bis } -20\% \text{ I}$ | 7. Tonmächtigkeit $< 5 \text{ m}$ |
| 4. $> -5\% \text{ I}$ | |

három agyagelőfordulás fölötti negatív indikáció kimaradása magyarázatot nyert. Csak miután a kerettávolságokat 30, ill. 40 m-re növeltük, mérhetünk ezen kisellenállású zónák fölött negatív imaginárius komponenseket, miközben a kerettávolság növelésével párhuzamosan az indikációk intenzitása nő. A három agyagelőfordulás a leghatározottabban az $r=60$ m kerettávolsággal történő mérésnél jelentkeznek.

Az elméleti és módszertani vizsgálatokból kiindulva az NDK-ban 1963 óta az agyagkutatások keretében, különböző vidékeken nagykiterjedésű. E.M. GUN méréseket végeztek. Eddig összesen mintegy 100 km² területet vizsgáltak meg.

Alábbi példánk kutatási területe a szárazföldi jég frankfurti és pomerániai szegélyvidékei között fekszik. A frankfurti jégnek több közbenső hulláma, amelyek K–Ny csapású morénatorlódásokként dombhátak formájában morfológiailag is jelentkeznek, osztja a területet.

A felszínközeli talaj felépítésében jelentős része van a pleisztocén laza kőzeteinek és a hordalékmárgának egyaránt. Ebbe a pleisztocén anyagba két, geológiai kutatómunka által felfedezett agyaglencse van, ezek eocén korúak. Mind a pleisztocén, mind az eocén rétegek zavart helyzetűek. A mérési területen agyagot, hordalékmárgát és homokot találtak, helyenként a jégnyomás okozta, fordított települési sorrendben. Az agyag legnagyobb részt kiemelkedik a talaj alatt, vagy csak nagyon vékony fedőréteg van felette. Maximális vastagsága 25 m. A két agyaglencse fekéjében a fúrások kizárólag márgát mutattak ki.

Az E. M. GUN méréseket $E-D$ profil mentén 20 m-es ponttávolsággal és $r=40$ m dipoltávolsággal végezték el, az eredményeket a 6. ábra mutatja. A mérési képet a rétegprofilok alapján készített izovonal-térképpel összehasonlítva – mint ahogy várható volt – a különböző nagyságú A és B indikációk hely- és irány szerint megegyeznek a már ismert két agyaglencsével. Eltérések csak ott mutatkoznak, ahol a fúrások távolsága nagyobb és ezáltal az izovonalak szerkesztése bizonytalanná válik. Míg az A indikációs zóna centrumában a térerősség imaginárius komponensének a normáltértől – 40%-ig való eltéréseit mérték, addig a B indikáció centrumában az imaginárius komponens értékei csak – 30%-ig érnek.

A mérési és geológiai eredmények egybehangzásán kívül határozott összefüggés mutatkozik az indikációk erőssége és a két agyagtelep vastagsága között. Az összehasonlítás azt mutatja, hogy az intenzitást akkor lehet a vastagság mértékeként tekinteni, amikor – mint jelen példánál is – az agyagok állandó elektromos sajátságait feltételezve csak jelentéktelen fedőréteg van, vagy az agyag a felszínre kibújik.

Másrészt – ahogy azt számos más példa igazolta – fennáll az a lehetőség, hogy az indikációk erősségéből az esetleg mégis jelentősebb fedővastagságra következtessünk. Ekkor azonban – ugyancsak konstans elektromos tulajdonságokat feltételezve – az agyagelőfordulás vastagságának nagyobbak kell lennie mint az elért hatásmélység.

Másik példánkban geológiai szempontból az volt a feladat, hogy egy tetőcserépgyár közvetlen közelében E.M. GUN méréseket végezzünk és még ismeretlen, felszínközeli agyagelőfordulások esetleges felkutatásával a gyár tartalékbázisát feljavítsuk.

Az agyagreményesnek ismert terület a rosenhali küszöb ÉNy-i részén fekszik, amely 6–8 egymásután következő torlaszmorénahátságból áll. E torlaszmorénák ÉK-i határánál a hasonló alakú pleisztocén homokokhoz való át-

menetnél egy legyezőalakú zónában nagyobb agyaglencsékre bukkantak. A torlaszmorénavonulatok között ezzel szemben csak kisebb, kutatásra nem érdemes előfordulásokat fúrtak meg.

Az agyagtelepekben oligocén agyag részben eocénnel váltakozik. Az előfordulások elnyújtott alakúak, észak felé laposan, dél felé meredeken dőlnek.

Az elektromágneses dipolméréseket két különböző ($r=40$ m és $r=60$ m) dipoltávolsággal végezték, mert ezáltal lehetőség volt arra, hogy egyszer kikapogassuk a felszínközeli teleprészeket ($r=40$ m) és azután ezek mélység felé való folytatását kövessük ($r=60$ m). A 7. ábrán az $r=40$ m-es dipoltávolsággal kapott eredményeket ábrázoltuk.

Észerint négy indikációt lehetett meghatározni. Ezek inkább kiterjedésben különböznek, irányban kevésbé. A nagy indikáció helye a még üzemben levő agyagbányára esik. A mérési kép alapján ezt még északi és keleti irányban ki lehetne terjeszteni. Ezenkívül még az indikáció területére esnek, az agyagbányától keletre, régi fúrások, amelyek az agyagot váltakozó vastagságú pleisztocén takaró alatt harántolták. Ezért kézenfekvő, hogy a többi indikációt is további, ismeretlen agyagelőfordulásként értelmezzük.

Az indikációk erőssége és a fedőréteg vastagsága közötti közvetlen kapcsolat, amelyre már korábban rámutattunk az említett fúrások példáján világosan felismerhető. Míg a -15% és -20% közötti intenzitástartományban az agyagot 6 m vastag pleisztocén takaró alatt harántolták, a -5% és -10% közötti tartományban a takaró vastagsága már 8 m. A -5% -os izovonalon kívül eső 8. és 9. sz. fúrásokban már 10,5 m ill. 14 m a fedővastagság.

Ezenkívül abból kiindulva, hogy a még agyagot harántoló 8. és 9. fúrások már az indikáción kívül fekszenek, lemérhető az $r=40$ m-es dipoltávolsággal elérhető hatásmélység. Ez ebben az esetben csak mintegy 10 m.

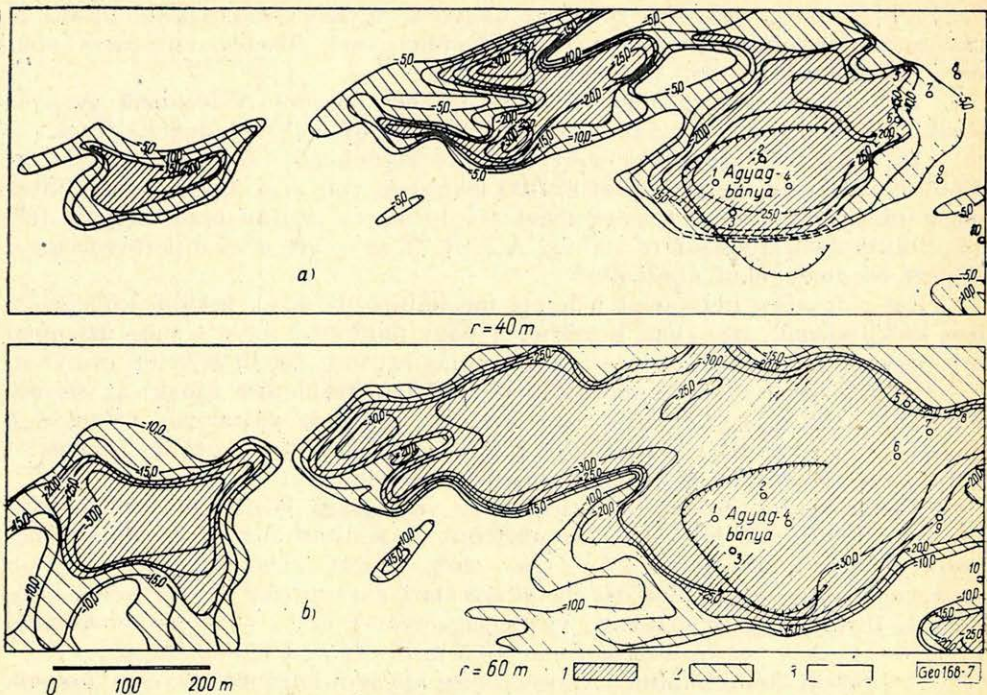
A 7. ábra megmutatja, hogy $r=60$ m-es dipoltávolsággal még lényegesen mélyebb részeket is ki lehet mutatni. Mindkét fúrás a nagy kiterjedésű A indikációs zónában fekszik. A mérési kép ezenkívül arra utal, hogy a kis, egymástól részben független kisellenállású zónák a mélyebb altalajban zárt egyseget képeznek.

A mért Re és Im térkomponensek ábrázolása mellett egy ún. látszólagos fajlagos ellenállás is levezethető. Ezt a $\bar{\rho}$ látszólagos fajlagos ellenállást az egyenáramú mérésekből ismert ρ_s látszólagos fajlagos ellenállásra támaszkodva úgy definiáltuk, hogy értéke homogén altalaj felett, az alkalmazott mérési módszertől és a mérési elrendezés geometriájától függetlenül, a féltér valódi fajlagos ellenállásával egyezik meg.

Mivel $\bar{\rho}$ kiszámításánál az $\frac{Im}{Re}$ hányadosból indulunk ki, ebből látszólagos fajlagos ellenállás egyértelmű meghatározása ered. Ezenkívül az $\frac{Im}{Re}$ hányados független az E. M. GUN méréseknél egyébként szükséges távolsághitelesítéstől.

Mivel a $\bar{\rho}$ érték messzemenően függ a gerjesztőforrástól és az elektromágneses tér komponensétől, amelyet mérünk, helyénvalónak látszik azt a betű feletti indexszel jelölni. *Vesnev* javaslatának megfelelően következőképp kellene jelölni:

ρ_{mz}^{eh} = horizontális elektromos gerjesztődipolussal és vertikális (z) mágneses vevődipolussal mért látszólagos fajlagos ellenállás.



7. ábra. Elektromágneses dipolmérések változó dipoltávolsággal ($r=40$ m fent, $r=60$ m lent)

Jelmagyarázat

	fent	lent
1.	$< -15\% I$	$< -20\% I$
2.	$-5\text{-től} - 15\% I\text{-ig}$	$-10\text{-től} - 20\% I\text{-ig}$
3.	$> -5\% I$	$> -10\% I$

Fig. 7. Электромагнитные дипольные зондирования с переменным разномом ($r=40$ м наверху, $r=60$ м внизу)

Условные обозначения

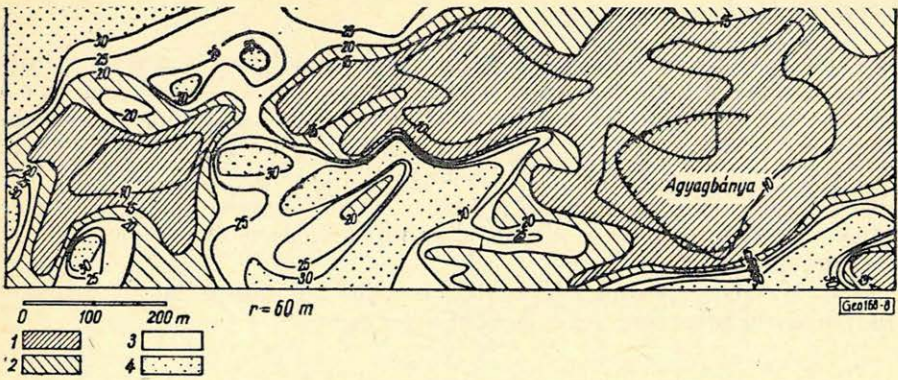
	наверху	внизу
1.	$< -5\% I$	$< -20\% I$
2.	от $-5 - 15\%$ до I	от $-10 - 20\%$ до I
3.	$> -5\% I$	$> -10\% I$

Abb. 7. Elektromagnetische Dipolmessungen mit variablen Dipolabstand ($r=40$ m oben, $r=60$ m unten)

Zeichenerklärung

	oben	unten
1.	$< -5\% I$	$< -20\% I$
2.	-5 bis $-15\% I$	-10 bis $-20\% I$
3.	$> -5\% I$	$> -10\% I$

$\bar{\rho}$ kiszámítása messze körülményesebb, mint ρ_s -é, mivel váltóáramú méréseknél az elektromágneses tér komponensei és az altalaj fajlagos ellenállása között lényegesen komplikáltabb összefüggés áll fenn. L. B. Gasanenko és G. V. Molocnov munkáiban a horizontális és vertikális alacsonyfrekven-



8. ábra. Látszólagos fajlagos ellenállások elektromágneses dipolmérések alapján

Jelmagyarázat

1. $< 15 \Omega \text{ m}$
2. 15-től 20 $\Omega \text{ m}$ -ig
3. 20-től 30 $\Omega \text{ m}$ -ig
4. $> 30 \Omega \text{ m}$

Фиг 8. Величины кажущегося удельного сопротивления по данным электромагнитных дипольных зондирований

Условные обозначения

1. $< 15 \text{ omm}$
2. от 15 до 20 omm
3. от 20 до 30 omm
4. $> 30 \text{ omm}$

Abb. 8. Scheinbare spezifische Widerstände nach elektromagnetischen Dipolmessungen

Zeichenerklärung

1. $< 15 \Omega \text{ m}$
2. 15 – 20 $\Omega \text{ m}$
3. 20 – 30 $\Omega \text{ m}$
4. $> 30 \Omega \text{ m}$

ciás mágneses dipolusok normáalterének komponensei a szabványosított távolság (ξ) függvényében táblázatba vannak szedve. Ezen normáltérkomponensek egy részét a 2. ábra mutatja.

Az E.M. GUN mérések kiértékelésénél a Re és Im értékeknek $\bar{\rho}$ értékekre való könnyebb átszámítása céljából a 50 m-es dipoltávolságra nomogramot számítottunk. Ennek segítségével történt a 7b ábrán mutatott Im értékek és a hozzájuk tartozó Re értékek átszámítása $\bar{\rho}$ értékekké. Az eredményt a 8. ábra mutatja.

A $\bar{\rho}$ értékek és a megfelelő Im értékek felületre való ábrázolásának összehasonlítása azt mutatja, hogy az erősen negatív imaginárius komponensek területileg a kisellenállású zónákkal egyeznek meg és analóg módon a nagy $\bar{\rho}$ értékek az imaginárius komponens $\pm 0\%$ értékű helyeire esnek. A jóvezető zónák centrumában úgy látszik, hogy a $\bar{\rho}$ térképnek az erősebb tagoltság következtében nagyobb kifejezőereje van.

4. Következtetések

Az eddig rendelkezésre álló eredmények, amelyekről néhány példával kapcsolatban beszámoltunk, bizonyítják, hogy az E.M. GUN mérések az ellenállásmérések klasszikus módszerét az agyagkutatásban teljes mértékben helyettesítik. Amellett 50–70%-kal olcsóbbak és különösen ott lehet őket előnyösen alkalmazni, ahol nagy átmeneti ellenállások (fagyott talaj, száraz homok) az ellenállásmérések végrehajtását erősen akadályozzák. A nagyobb mérési sebesség mellett különösen a kisebb létszámú mérőszemélyzet jelent lényeges költségmegtakarítást.

Az E. M. GUN mérések hátránya abban jut kifejezésre, hogy a nagyellenállású zónák között nem lehet különbséget tenni.

IRODALOM

1. *Versnyev, A. B.*: A mérési eredmények előállítása specifikus látszólagos ellenállás alakjában a váltóáramú geoelektromos méréseknél. Voproszi geofiziki 1962, 167–186.
2. *Gasanenko, L. B.*: Egy vertikális alacsonyfrekvenciájú harmonikus dipol normáltere. Uc. zap. LGU, Nr. 249, Vyp. 10, 1958.
3. *Molodcov, G. V.*: Egy horizontális mágneses dipol elektromágneses tere horizontálisan rétegezett szerkezet felett. Uc. zap. LGU, Nr. 249, Vyp. 10, 1958.
4. *Brieden, J. H.* – *Franko, R.* – *Fröhlich, L.*: Geoelektrische Ergebnisberichte des VEB Geophysik, Leipzig (a jelentéstárban).

Egyesületi Hírek

Néhány szó a 3. Vándorgyűlésről

Egyesületünk 1967. máj. 31-én és jún. 1-én kétnapos vándorgyűlést tartott Veszprémben. Annak ellenére, hogy más témájú, de a szakterület rokon területén tartott rendezvényvel sajnálatos módon ütközött és az időjárás is kedvezőtlen volt, a résztvevők száma és az előadások látogatottsága igen jó volt.

A megnyitó előadáson és az azt követő előadásokon a vendéglátó Veszprém megye és Veszprém város pártbizottsága és a házigazda Vegyipari Műszaki Egyetem rektora képviselte magát.

Az Egyesület Elnöksége részéről elhangzott megnyitó és Dr. Fülöp József ak. lev. tag bevezető előadása egyaránt azt fejtegette, hogy a Vándorgyűlés rendezésének és témájának aktualitását az adja, hogy a Dunántúl, jelen fázisban a Dunántúli Középhegység, rendszeres és módszeres kutatása folyamatban van. A készülő földtani, geofizikai térképek és összefoglaló monográfiák olyan ismeretanyagot adnak a gyakorlati nyersanyagkutatás számára, mely a jelenleg megvalósítható legkorszerűbb szinten áll és egy-két évtizedre eldönti az ásványi nyersanyagkutatás lehetőségeit.

A további előadások főleg a Dunántúli Középhegységben folyó felszíni és mélyfúrású geofizikai kutatások egyes részeredményeit vagy problémáit ismertették. Hangzottak el előadások a Dunántúlon folyó kőolajkutatás egyes kérdéseiről is.

Néhány előadás módszertani kérdéseket tárgyalt. Müller Pál igazgató zárszavában megállapította, hogy az elhangzott előadások helyesen tükrözték azokat az erőfeszítéseket, melyeket a földtani, geofizikai kutatóhelyek a Dunántúli Középhegység megismerésére végeztek. A Vándorgyűlés kedvező lehetőségeket teremtett a különböző kutató egységek együttműködéséhez.