

Módszer vertikális hőfluxus horizontális változásainak hővezetőképesség-adatok nélküli meghatározására

HARTNER MIHÁLY – STEINER FERENC

A dolgozatban ismertetett és példán bemutatott módszer a földi (vertikális) hőfluxus horizontális változásainak meghatározását teszi lehetővé. Alkalmazhatóságának feltétele, hogy a vizsgált területen mélyült fúrások hőfokgradiens-adatai pontosan ismertek s a harántolt rétegek (legalább részben) korrelálhatók legyenek. Hővezetőképesség-adatra a módszer alkalmazásakor nincs szükség. Azonban ha a terület néhány fúrásában ismert a hőfluxus, akkor a módszer nemcsak a hőfluxus relatív horizontális gradienseit adja, de lehetővé teszi az egész mérési terület hőfluxus térképének a megszerkesztését is.

Описываемый в настоящей работе метод позволяет, как это показано на примерах, определить горизонтальные изменения земного (вертикального) теплового потока. Условием применения метода является точное знание температурного градиента из имеющихся в районе работ скважин, а также коррелируемость (хоть бы частичная) пройденных скважинами пластов. В данных о тепловой проводимости нет надобности при применении метода. Но если тепловой поток известен из нескольких скважин района работ, то метод позволяет не только получить относительный горизонтальный градиент теплового потока, но и построить карту теплового потока для всего района работ.

Die im Aufsatz beschriebene und an einem Beispiel dargestellte Methode ermöglicht die Bestimmung der Änderungen des terrestrischen (vertikalen) Wärmeflusses. Eine Bedingung der Anwendbarkeit besteht darin, dass die Wärme-grad-Gradientendaten der im untersuchten Gebiet abgeteuften Bohrungen genau bekannt und die durchsetzten Schichten (wenigstens teilweise) korrelierbar seien. Wärmeleitfähigkeitsdaten werden nicht benötigt bei der Anwendung der Methode. Wenn aber in einigen Bohrungen des Gebietes der Wärmefluss bekannt ist, dann ergibt die Methode nicht nur die relativen horizontalen Gradienten des Wärmeflusses, sondern sie ermöglicht auch die Konstruktion einer Wärmefluss-Karte des gesamten Messgebietes.

Jelen dolgozatban egy egyszerű módszerre szeretnénk felhívni a figyelmet, mely a vertikális földi hőfluxus horizontális eloszlásának meghatározását teszi lehetővé hővezetőképesség-mérés nélkül, csupán a vizsgált sekély- vagy mélyfúrásaiban végzett hőmérsékletmérések vagy hőfokgradiens-mérések alapján. Az eljárás alkalmazását arra a Tiszakécske – Lakitelek között fekvő területre mutatjuk be, melynek termikus mérési anyagát [3]-ban ismertettünk. Ez a mérési anyag, minthogy a mérés kifejezetten termikus célt szolgált, alkalmas volt az eljárás alapjául szolgáló elgondolás közvetlen gyakorlati igazolására, az eljárás az adott mérési anyag egy részére való eredményes alkalmazása útján. – Mindezeknek az ismertetését az a nézetünk indokolja, mely szerint, korrekciók esetleges figyelembevételével, az eljárás termikus szelvénnel vagy termogradiens-szelvénnel bíró mélyfúrások esetében is alkalmazható lesz. Véleményünk szerint az ilyen jellegű alkalmazás eredménye nemcsak szűkebb termikus szempontból bírhat jelentőséggel, hanem általános, geológiai jellegű információt is adhat, mégpedig a mindenkor adott fúrások talpánál mélyebb, a kutatás következő fázisát jelentő szintre vonatkozóan.

Legyen adva a vizsgált területen bizonyos számú termikusan karottált fúrás. A terület termikus viszonyairól a szerkeszthető hőfokgradiens-térkép, valamint az izoterma-térkép tájékoztat. Tudomásul kell azonban vennünk,

hogy ezeken a térképeken a fúrások által feltárt szintnél mélyebbről jövő hatások mellett ismeretlen mértékben jelentkeznek a fúrások révén geológiaiilag és geofizikailag már ismert, hővezetési paramétereikre nézve azonban általában továbbra is ismeretlen rétegek hatásai. Ha azonban meg tudjuk adni a vertikális földi hőfluxus eloszlását a területre vonatkozóan, ez a térkép a gradiens és izoterma térképhez viszonyítva feltétlenül kevésbé zavartan tükrözi a mélyebb szint termikus viszonyait. Ezért, ha módunkban áll, célszerű fluxus-térkép szerkesztésére törekedni.

Hőfluxus-adatokat a különböző mélységekben mért hőfokmérések eredményeiből a következőképpen szokás számítani:

1. A nyert hőfokgradiens-értéket megszorozzák egy (vagy csekély számú) mintán végzett laboratóriumi mérés eredményéből adódó hővezetőképesség-adattal.

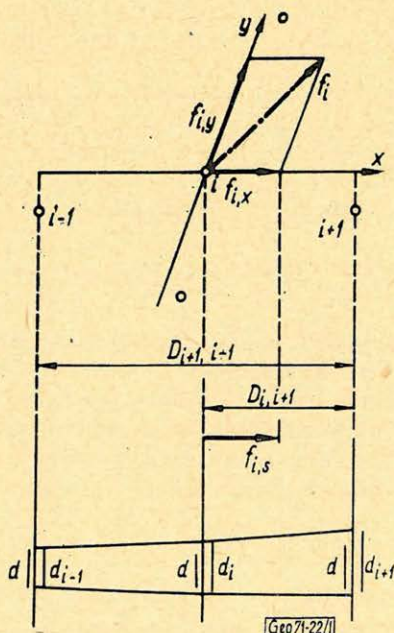
2. A hőfokgradiens-értéket az irodalomból az illető rétegsornak megfelelően vett hővezetőképesség-értékkel szorozzák meg.

A fenti eljárások megbízhatóságával kapcsolatban a következő észrevételek tehetők:

☉ *Az első esetben:* Ha magát a laboratóriumi mintamérést az adott mintán sikerülne is olyan pontossággal végrehajtani, hogy a mérés körülményeinek az in situ viszonyoktól való eltérése ne jelentkezzen a mérés eredményében, akkor sem tekinthetjük teljesen megbízhatónak az így kapott hőfluxust, mivel a számítás burkoltan a minta méreténél nagyságrendekkel nagyobb hosszra való vertikális extrapolációt jelent. Minthogy a geológiai rétegösszleteken belül általában éppen vertikális irányban adódnak a kőzetfizikai paraméterek legnagyobb mérvű változásai, ezért a nyert hőfluxus-értékek ellenőrizhetetlen nagyságú hibával terheltek. — *A másodikkal említett módszer* pedig nyilván csak tájékoztató adatokat szolgáltathat.

Ha a kapott adatokból fluxus-térképet akarunk szerkeszteni, mindkét eljárásnál nagyfokú bizonytalansággal számolhatunk, ami várhatóan az adatok egymáshoz viszonyított, statisztikus jellegű ingadozásaiban nyilvánul meg. Kivételt képez az az eset, amikor (bármelyik megoldást is követjük egyébként az említett kettő közül) egyetlen (átlag-) hővezetőképesség-adattal történik egy területre a hőfokgradiensekből a hőfluxusok számítása. Ekkor azonban nem tettünk mást, mint hogy (dimenzióval ellátott) konstanssal szoroztuk végig hőfokgradiens-eredményeinket. Az így kapott fluxus-térkép tehát semmiféle új információt nem tartalmaz a hőfokgradiens-térképhez viszonyítva. —

☉ A fentiekben már érintettük azt a geológiaiilag indokolt tapasztalati tényet,



1. ábra $\Phi_{uz. 1. Fig. 1.$

hogy vertikális irányban lényegesen nagyobb a rétegek fizikai paramétereinek (váltakozó) változása, mint horizontálisan. A geofizikai lyukvizsgálatok gyakorlata bőven szolgáltat példát arra nézve, hogy egy rétegösszlet akár több kilométeren keresztül is követhető úgy, hogy a rétegösszletre jellemző szakasz hasonlóan jelentkezik (pl. az elektromos szelvényeken l. pl. [5]), ugyanakkor azonban ez korántsem jelent egységességet a rétegösszleten belül (ahol több száz százalékos változás is lehetséges, l. az ellenállás szelvények esetét).

A fent mondottak szolgáltatják az alapot a jelen dolgozatban javasolt módszer számára. — Meggondolásunk a következő (1. ábra).

Egy kiszemelt, i -vel jelölt sorszámú fúrás valamely irányban vett szomszédját az $i+1$, ezzel ellentétes (vagy közel ellentétes) irányban vett szomszédját az $i-1$ fúrás-sorszámok jelöljék. Legyen továbbá $D_{i-1, i+1}$ az $i-1$, $i+1$ pontok egymástól való távolsága és F_i és F_{i-1} a földi hőáram az illető fúrásokban egy bizonyos mélységintervallumra vonatkozóan. Az

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i-1, i+1}} \cdot \frac{F_{i+1} - F_{i-1}}{F_i} \quad (1)$$

mennyiséget az i pontból, az $i-1$ és $i+1$ pontok összekötő egyenesével párhuzamosan, (a hőfluxus növekedése irányában) vektorkomponensként hordjuk fel ($s = x$). Ugyanezt a számítást egy másik (lehetőleg az előbbire merőleges) irányban is végrehajtjuk ($s = y$); a számítás eredménye hasonlóan kerül felhordásra. A két komponens eredője „a vizsgált mélységintervallumra vonatkozó vertikális földi hőáram relatív horizontális gradiense” (f).

f alkalmazásának előnye az, hogy gyakorlati számításához nincs hővezetőképesség-adatra szükség (1) ugyanis nyilván így is írható:

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i-1, i+1}} \cdot \frac{\Delta T_{i+1} - \Delta T_{i-1}}{\Delta T_i}, \quad (2)$$

ahol a ΔT -k korrelálható, azonosnak minősülő rétegek azonos d vastagságú szakasza mentén mért hőfokkülönbségek.

Adott esetben nem biztos, hogy mindhárom fúrás tartalmazza a korrelálható réteget (ugyanazt a korrelálható réteget). Gyakorlati számításra tehát a következő, (2)-nél általánosabb képlet használható:

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i-1, i+1}} \left(\frac{\Delta T_{i+1}}{\Delta T_i} - \frac{\Delta T_{i-1}}{\Delta T'_i} \right). \quad (3)$$

A jelzett mennyiségekkel emeltük ki azt, hogy nem szükségképpen azonos a korrelálható réteg az $i+1$ és i , valamint az $i-1$ lyukpároknál. A (3) szerinti felírás gyakorlati szempontokat tekintve azért is előnyös, mert, ha egy adott lyukpárra több korrelálható rétegünk van, akkor a ΔT -k hányadosa helyébe (3)-ban a ΔT -arányok középértéke írható, s ezáltal több adat figyelembevétele válik általában lehetővé, mint (2) alkalmazásával. Képletben:

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i-1, i+1}} \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\frac{\Delta T_{i+1}}{\Delta T_i} \right)_k - \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \left(\frac{\Delta T_{i-1}}{\Delta T_i} \right)_l \right]. \quad (4)$$

Ha a ΔT -k alatt tetszőleges d_{i-1} , d_i , d_{i+1} vastagságú szakaszok mentén mért hőfokkülönbségeket értünk, akkor (4) a következőképpen módosul:

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i-1,i+1}} \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\frac{\Delta T_{i+1}}{\Delta T_i} \frac{d_i}{d_{i+1}} \right)_k - \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \left(\frac{\Delta T_{i-1}}{\Delta T_i} \frac{d_i}{d_{i-1}} \right)_l \right]. \quad (5)$$

Megemlítjük még, hogy ha a korrelálás vagy a ΔT -k arányának képzése egy fúrólukpárra (mondjuk az i és $i-1$ -re) nem sikerül, vagy i a mérési terület szélén helyezkedik el, $f_{i,s}$ értékül elfogadjuk az

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i,i+1}} \frac{F_{i+1} - F_i}{F_i} \quad (6)$$

kifejezést, amiből a fenti gondolatmenet lépéseit megismételve adódik gyakorlati számításra a következő általános alakú kifejezés:

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i,i+1}} \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\frac{\Delta T_{i+1}}{\Delta T_i} \frac{d_i}{d_{i+1}} \right)_k - 1 \right] \quad (7)$$

Amennyiben termogradiensmérő-szondával (l. [4]) végeztek méréseket fúrólukokban (az idézett irodalom szerzőjétől nyert szóbeli információ szerint a terepi hitelesítés már kellő pontossággal megoldott), akkor f -et ezekből az adatokból nyilván a következőképpen nyerhetjük:

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i-1,i+1}} \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\frac{\text{grad } T_{i+1}}{\text{grad } T_i} \right)_k - \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \left(\frac{\text{grad } T_{i-1}}{\text{grad } T_i} \right)_l \right], \quad (8)$$

ahol $\text{grad } T$ a mért gradiensértékeknek a korrelálható, azonosnak minősülő rétegekre vett átlaga az index szerinti fúrásokban. — A (7) formula helyére ebben az esetben az

$$f_{i,s} = \frac{1}{D_{i,i+1}} \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\frac{\text{grad } T_{i+1}}{\text{grad } T_i} \right)_k - 1 \right] \quad (9)$$

kifejezés lép.

Az ismertetett módszer gyakorlati alkalmazását, mint ahogy azt a bevezetésben már említettük, a Tiszakécske — Lakitelek között termikusan a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszéke által 1964-ben felmért ([1]) területre kíséreltük meg. Megfelelő karottázs eredmények hiányában a réteggörrelálások alapjául a fúrási naplóban szereplő rétegsor szolgált.

Számításaink eredményét a 2. ábra szemlélteti. (Egy-egy lyukpár korrelálhatóságát a lyuk közé húzott rövid egyenes szakasz jelzi, s amennyiben a két korrelált lyukban különbözőnek mutatkozott a hőáram, a hőáram növekedésének irányát feltüntettük.)

A kapott hőfluxuselozzlás-kép nagy vonalakban hasonló a hőfokgradiensképhez (l. [3], 2. ábra). Két határozott eltérést figyelhetünk meg:

1. A kétféle anomália gerincvonala egymáshoz viszonyítva (párhuzamosan) 600 m körüli eltolódást mutat D -i irányban. (A 2. ábrán a fluxus-anomália gerincvonala eredményvonallal, a hőfokgradiens-elozzlás gerincvonala szaggatott-, ennek átlagoló görbéje folytonos vonallal van feltüntetve.)

2. A fluxus-anomália gerincvonalának a mérési területen belül nincs lezáródási tendenciája.

Az utóbbi említett eredmény összhangban van Scheffer Viktornak azzal az eredményével, mely szerint a harántolt összletek agyagosodási százalékára

végzett korrekció után a terület szélére eső 46. fúrás adódik maximális hőfokgradiensűnek. A térképünkön feltüntetett, szomszédos lyukakra vonatkozó fluxusaránynövekedési irányok a 46. pont körül mindhárom esetben szintén a 46. pont felé mutatnak.

A szűkebb területi vonatkozásoktól eltekintve a 2. ábra a javasolt módszer eredményességét mutatja. Az eljárás alkalmazása mind az anomália lezártságára, mind a termikus anomália gerincének elhelyezkedésére nézve lényeges információkkal szolgált. A térkép alapján levonható következtetések viszont újra arra világítanak rá, hogy a geofizikai termikus kutatásoknak a (lokális) hőfluxus a kulcsfontosságú alapmenyisége.

A fentiekben ismertett és példán bemutatott módszer alkalmazását illetően általában a következő lehetőségeket tartjuk kiaknázandóknak.

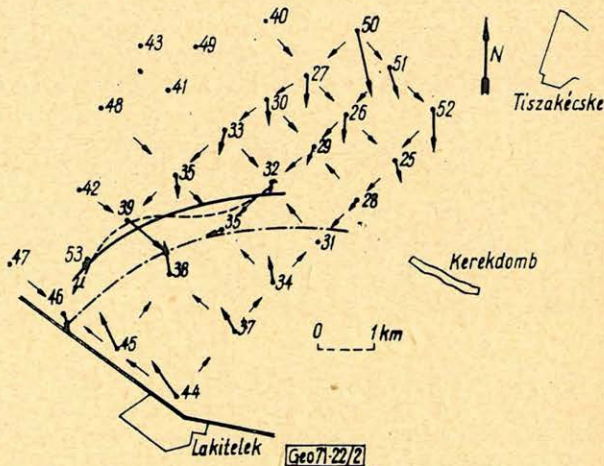
1. Elsősorban említjük azt az esetet, amikor a vizsgált terület termikusan be-

mért fúrásainak elegendő számú és kellően vastag szakaszán korrelálhatók a rétegek, de hővezetőképesség-adat nem áll rendelkezésünkre. Példánk is ilyen esetre vonatkozott, – de nem kifejezetten termikus célból mélyült (de termikusan kellő pontossággal karottált) fúrások, elsősorban mélyfúrások is ugyanúgy lehetőséget adnak a fúrások által befedett területen a fluxus-eloszlás meghatározására (az (5), (7), ill. (8) és (9) formulák segítségével).

2. Másodsorban arról az esetről teszünk említést, amikor a fentiekben leírt feltételeken túlmenően egy, vagy néhány fúrásban, in situ vagy magmintán közvetlenül a mintavétel után végrehajtott, mélység szerint részletes hővezetőképesség-meghatározások adatrendszere is rendelkezésünkre áll. Ekkor a korrelálható fúrások egész rendszerére elkészülhet a módszer segítségével a hőfluxus abszolút értékeit is feltüntető térkép (a származtatásra nézve l. a (6) formulát).

3. Harmadsorban említjük a bányabeli termikus méréseket, amikor a már említett variánsokkal analóg két eset bármelyike fennállhat.

Ami a gyakorlati megvalósítást illeti, mélyfúrások termikus adatai feltehetően csak bizonyos korrekciókkal adnak pontos eredményt a hőfluxus-eloszlásra, – noha kétségtelen, hogy mivel a hőmérsékletkülönbség a módszer kiinduló adata, a hőmérséklet abszolút értékeiben jelentkező zavaró hatások közül nagyon sok kiesik, vagy lényegesen csökkent mértékben jut csak érvényre.



2. ábra $\Phi_{uz. 2.}$ Fig. 2.

- [1] *Csókás János*: Jelentés a Tiszakécske-Lakitelek térségében végzett kutatásokról és a módszer továbbfejlesztésével kapcsolatos vizsgálatokról. NME Geofizikai Tanszék, Miskolc, 1964.
- [2] *Scheffer V.*: Jelentés a Tiszakécske-Lakitelek környékén 1964. nyarán az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság megbízásából végzett kísérleti geometrikus mérésekről. (11. old. 4. bek.) Budapest, 1964.
- [3] *Hartner M. – Steiner F.*: Az 1964. évi Tiszakécske-Lakitelek között végzett geotermikus mérések. Magyar Geofizika, 1965. VI. évf. 1. sz.
- [4] *Egerer F.*: Félvezető hőmérsékletszelvevényező fűrólyukműszerek méretezése. Magyar Geofizika, 1969. X. évf. 6. sz.
- [5] *Hursán L. – Pálffy J.*: cikke sajtó alatt a következő kiadványban: International Geological Congress Bulletin of the IX.-th Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association Vol. 3. (Acta Geologica Acad. Sci. Hung.)

LAPSZEMLE

Fizikai Szemle 1971/4. április

W. Boas: Alapkutatás és alkalmazott kutatás, 97 – 100 old.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulatban 1970. szeptember 21-én tartott előadás fordítása.

A szerző érdekes megállapítása: „Hol van hát a határvonal az alapkutatás és alkalmazott kutatás között? A határvonal helyzete nemcsak hogy definiálatlan, de az is kétséges, hogy érdemes-e a pontos elhatárolást megkísérelni.”

Verő József: A plazmaszféra és szerepe a mágneses varációk létrejöttében, 100 – 103 old.

A szerző leszögezi, hogy a pulzációk a plazmaszféra és általában az egész magnetoszféra vizsgálatának egyik lényeges lehetőségét nyújtják.

J. S. Rigden: Formáljuk át a fizikáról alkotott képet (Fordítás a Physics Today-ben megjelent cikkről) 103 – 108 old.

„Meg kell változtatnunk fizika tanításunk stílusát, ha át akarjuk alakítani a fizikáról alkotott képet”, mondja a szerző és igen hasznos gyakorlati tanácsokat ad ebben az irányban.

A MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei 3. kötet, 4 sz. 349 – 434 oldal.

Szádeczky – Kardoss Elemér: Az MTA X. osztályának 1970. évi közgyűlési beszámolója, 359 – 376 oldal.

Fülöp József: Az ország természeti erőforrásai feltárásának perspektívái 377 – 381 oldal.

Béll Béla: A geonómiai kutatások fejlesztésének előfeltételei a meteorológia szemszögéből, 383 – 384. oldal.

Enyedi György: Természeti erőforrások és regionális gazdasági fejlődés, 385 – 388. oldal.

Beszámoló a Magyar Geofizikusok Egyesületének és az ELGI-nek 1970. június 29 – július 1-i közös ünnepi ülészaka előadásairól.

Bese Vilmos: A magyar geofizika felszabadulás utáni negyedszázada, 390 – 392. oldal.

Molnár Károly: A magyar szénhidrogénkutatás eredményei és tervei, 393 – 395. oldal.

Czeplédi István – Lakatos Sándor: A mélyfúrás geofizika eredményei és feladatai a szénhidrogén- és vízfeltárásban, 396. oldal.

Ádám Oszkár – Gálfi János – Szabadváry László – Szabó János: Komplex geofizikai mérések eddigi eredményei és tervei a szilárd ásványi nyersanyag-, valamint a vízkutatásban, 397 – 398. oldal.

Henz János: A geofizikai műszerek magyarországi gyártásának kérdései és programja, 399 – 402 oldal.

Müller Pál: Az 50 éves ELGI eredményei és tudományos kutatási célkitűzései, 403 – 409 oldal.

Renner János: Eötvös Loránd gondolatainak szerepe a Geofizikai Intézet 50 éves kutatómunkájában, 410 oldal.

Posgay Károly – Korvin Gábor – Vincze János: A digitális szeizmika módszer- és műszerfejlesztési programja, 411 – 412 oldal.

Vincze János – Sebestyén Károly – Baráth István – Karas Gyula: A komplex digitális karottázsbarendezés felépítéséről és néhány alkalmazási területéről, 413 – 415 oldal.

Stomfai Róbert – Szénás György: A gravitációs és mágneses hatószámítás egyértelműségéről, 416 oldal.

Barta György: A Föld szekuláris folyamatai és aszimmetrikus felépítése. 417 oldal.

Nemecz Ernő: Az UNESCO nemzetközi geológiai korrelációs programja (ICCP), 418 – 426 oldal.

Barlai Zoltán: A nagy kőzetliszt-tartalmú neogén homokkővek mélyfúrás geofizikai paraméterei (magyar és német), 431 – 432 oldal.