

# A természetes hőenergia áramlását befolyásoló kőzetfizikai mennyiségek

EGERER FRIGYES

A dolgozat a mikrotektonikai hatások eredményét vizsgálja a természetes hőenergia-áramlást meghatározó fizikai mennyiségen, a kőzetek hővezetőképességén.

A vizsgálatoknál kiderült, hogy a mikrotektonikai hatások még látszólagosan tömör kőzeteknél (mint pl. a mészkövek) sem hagyhatók figyelmen kívül a hővezetőképesség meghatározásoknál, és így a természetes hőenergia áramlási irányának meghatározásánál. Az olyan mikrotektonikai hatások, amelyek a rétegződés síkjával nem esnek egybe, megváltoztatják azt az általános elképzelést, hogy a vezetési irányok a rétegződés irányában kedvezőbbek, mint arra merőlegesen. Így a természetes hőenergia-áramlás vizsgálatánál figyelembe kell venni azt, hogy a kérdéses kőzettömegben, ahol az áramlást vizsgáljuk, van-e nyoma mikrotektonikai hatásnak, van-e kitöltött vagy kitöltetlen kőzetrepedésrendszer a kőzetben (akárcsak mm nagyságú is), mert ezek a hővezetőképességet nem elhanyagolható mértékben megváltoztatják.

В работе рассматривается влияние микротектонических факторов на физический параметр горных пород, определяющий поток естественной тепловой энергии, т.е. на теплопроводность горных пород.

Es werden die Folgen der mikrotektonischen Einwirkungen an Hand der Betrachtung der die Strömung der natürlichen Wärmeenergie determinierenden physikalischen Grösse, der Wärmeleitfähigkeit der Gesteine untersucht.

## Bevezetés

A természetes hőáramlással foglalkozó irodalom [4] és a kőzetfizikai irodalom [1; 2; 3] egyaránt

$$\vec{T} = -\lambda \text{grad } T \quad (1)$$

alakban használja a hővezetés differenciál-egyenletét, ahol  $\vec{T}$ : a hőáram  $\text{cal}/\text{cm}^2 \text{s}$ ,  $\lambda$ : a hővezetőképesség  $\text{cal}/\text{cms } C^\circ$ ,  $T$  a hőmérséklet  $C^\circ$ -ban. Általános alakban a hővezetőképességet a

$$\begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} \end{bmatrix} \quad \lambda_{ik} = \lambda_{ki} \quad (2)$$

szimmetrikus tenzor írja le.

Ugyancsak általánosan elfogadott az irodalomban [2; 4; 5], hogy a leülepedés, vagy rétegződés síkjában tetszőleges irányban a vezetési tulajdonságokat azonosnak tekintik. Éppen ezért a hővezetőképesség anizotrópiájának jellemzésére a rétegződéssel párhuzamos irányban mért hővezetőképesség:  $\lambda_{11}$  és a rétegződés síkjára merőleges irányban mért hővezetőképesség:  $\lambda_1$  hányadosát fogadják el, tehát

$$k = \frac{\lambda_{11}}{\lambda_1} \quad (3)$$

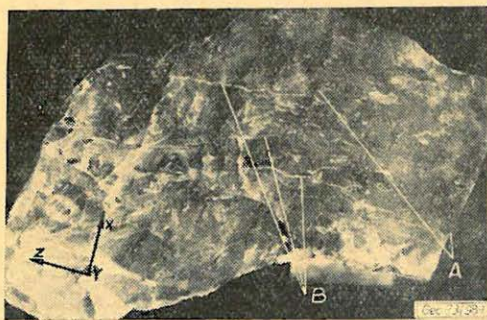
Az anizotrópia ilyen egyszerű megfogalmazása a gyakorlati igényeket az esetek zömében kielégíti. A megfogalmazás általában minden olyan esetre

érvényes, amikor utólagosan, a leülepedés után, a kőzetet tektonikai hatások nem érték. A következőkben a leülepedést, illetve a kőzetképződést követő tektonikai hatásoknak a hővezetőképességére gyakorolt hatását vizsgáljuk. Így az (1) egyenletben szereplő hővezetőképesség vizsgálatával a természetes hőenergia áramlását befolyásoló kőzetfizikai tényezők elégségesen megvizsgálhatók, hiszen a grad  $T$  az anyag minőségétől függetlenül előállítható erősség.

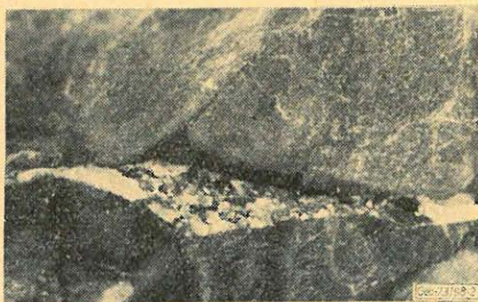
Az elmondottak alapján tehát azt vizsgáljuk meg, hogy egy leülepedett és viszonylag homogén mészkő hogyan változtatja hővezetőképességi anizotropiáját, ha utólag a rétegződés síkjától különböző irányú tektonikai hatások érték.

### *Az ideálisnak tekintett kőzetanyag leírása*

Az 1. ábrán bemutatott, ideális anyagként kezelt, mészkövön (a bükk szomorúvölgyi kőbányából) végeztünk vizsgálatokat. A fényképfelvételen az  $A$ -val jelölt és a felvétel síkjára merőleges sík a rétegződés síkja. A dőlésszög a természetben  $41^\circ$ . A felvételen jól látható a felvétel hosszanti irányával közel párhuzamos világos színű repedezetségi rendszer (pl. 1. ábra  $B$ ). A kőzet-repedéseket utólag főként kalcitot tartalmazó anyag töltötte ki. A repedések kitöltése nem tökéletes, sőt igen hiányos, sok benne a gáznemű anyagot tartalmazó zárvány. A kitöltő anyag milyenségét a 2. ábra mutatja.



1. ábra – puc. – Abb.



2. ábra – puc. – Abb.

### *A vizsgálati módszer*

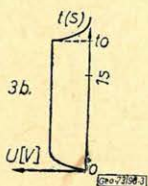
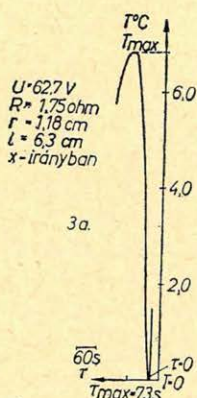
A hővezetőképesség-mérést a nemzetközi irodalomban általánosan elfogadott „pillanatnyi forrás” módszerével mértük [4]. A hivatkozott irodalomban a mérés részletes leírása megtalálható. Itt csak annyit jegyzünk meg, hogy a mérés elve az, hogy egy pillanatnyi lineáris forrás által (amely elektromos fűtőszál) keltett hőimpulzust indikálunk egy meghatározott  $r$  távolságban a forrástól termoelemekkel, amikor is:

$$\lambda = \frac{Q}{4\pi e \tau_{\max} T_{\max}}, \quad (4)$$

ahol a Joule-törvény szerint:

$$Q = 0,239 \frac{U^2 t_0}{R l} \quad (5)$$

A kifejezésben  $U$  az elektromos fűtőszál létrejövő feszültségese ( $V$ );  $R$  az elektromos fűtőszál ellenállása ( $ohm$ ),  $t_0$  a forrás működési ideje ( $s$ ),  $l$  pedig az elektromos fűtőszál hossza ( $cm$ ). A 3. ábra mutatja a  $T_{max}$ , a  $\tau_{max}$  és a  $t_0$  értelmezését az eredeti regisztrátumokról készített fényképfelvételek alapján. A  $(T, \tau)$  koordináta-rendszerben ábrázolt hőmérsékleti hullám maximum-pontjához tartozó hőmérsékletérték a  $T_{max}$  ( $C^\circ$ ), a maximum pont idő-koordinátája a  $\tau_{max}$  ( $s$ ). Ugyancsak a 3. ábrán láthatjuk a pillanatnyi forrás működési idejének meghatározására szolgáló regisztrátumot az  $(U, t)$  koordináta rendszerben (3. b. ábra).



3. ábra - puc. - Abb.

### Mérési eredmények

A fentiek szerint végzett mérések szórása kisebb, mint 5% a hővezetőképesség-értékekre vonatkozólag. Az ideálisnak tekintett mészkövön mérési sort végeztünk az  $y$  tengely irányában egymástól  $14\text{ cm}$  távolságban átfogva több, a korábbiakban leírt, kitöltött kőzetrepedést. A kőzetrepedések, mint láttuk, a rétegződés síkjára közel merőlegesek (lásd 1. ábra). Az egymástól  $14\text{ cm}$  távolságban levő  $A$  és  $B$  pontokban kapott mérési eredmények a következők:

Mérési pont	Hővezetőképesség ( $cal/cm \cdot s \cdot C^\circ \cdot 10^3$ )			Anizotrópia	
	x	y	z	$\frac{\lambda_x}{\lambda_z}$	$\frac{\lambda_y}{\lambda_z}$
	tengely irányában				
	$\lambda_x$	$\lambda_y$	$\lambda_z$		
A	7,77	6,78	6,61	1,17	1,05
B	6,03	6,08	6,67	0,90	0,91

A  $B$  mérési pont környezetében sok kőzetrepedést fogtunk át a méréssel (lásd 1. ábra b).

A mérési eredményeket vizsgálva a következőket állapíthatjuk meg: Az  $A$  mérési pontban teljesül az az általános feltétel, hogy a leülepedés, vagy más néven a rétegzettség síkjában ( $x, y$  sík) a hővezetőképességi értékek kedvezőbbek, mint a rétegzettségre merőleges  $z$  tengely irányában. Ez még abban az esetben is teljesül, ha az  $y$  tengely mentén történt mérésünkkel is átfogtunk egy szabad szemmel is látható rétegződési lapot.

Ugyanakkor az  $x, y$  síkban, tehát a rétegződés síkjában levő  $B$  mérési pontban kisebb hővezetőképességet mértünk, mint a rétegződésre merőlegesen. A méréseket háromszor ismételtük. A mérési eredmények szórása kisebb, mint 5%. A  $B$  pontban, tehát a rétegződésre merőlegesen, mikrotektonikai hatások

eredményeképpen kialakult, hiányosan kitöltött repedésrendszer az átlagos viszonyokat megváltoztatja, és a hővezetőképesség értéke a rétegzettség síkjában kisebb lesz, mint arra merőlegesen, tehát a (3) formula szerint értelmezett anizotrópia-tényező a várt egységénél nagyobb érték helyett lényegesen kisebb lesz az egységénél.

#### IRODALOM

- [1] *J. F. Nye*: Physical Properties of Crystals, Oxford, 1964.
- [2] *V. Rzhavsky, G. Novik*: The Physics of Rocks. Moscow, 1971
- [3] *F. Egerer*: Investigation of Certain Problems Concerning the Determination of the Average Heat-Conductivity of Boreholes. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung., Tomus 6 (3-4), pp. 255-262 (1971).
- [4] *Ф. Эгерер*: Новый метод для измерения теплофизических горных пород в естественных условиях, Академия Наук Украинской ССР, Геофизической сборник, 1972. стр. 37-42.
- [5] *E. A. Любимова*: Геотермические исследования. Москва, 1964. Академия Наук СССР.

---

#### MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5-6. SZÁM

### Lapszemle

**Olajbányász IX. évf. 3. szám, 1973. március**

*Suba Sándor*: Szovjet geofizikusok tanulmányútja hazánkban, 1. old.

*Márhoffer József*: Karottázs-szelvényezési tevékenység alakulása és várható változásai az OKGT-ben, 5. old.

**Olajbányász IX. évf. 6. sz., 1973. június**

*Munkácsi István*: A geofizika szerepe az olajkihozatal növelésében, 5. old.

*T. G.*