

Oponentský posudek bakalářské práce

Porovnání metody Hot Disk a Optického skenování na měření tepelné vodivosti hornin

Uchazečka: **Nikola Chaloupková**

Vedoucí práce: **Mgr. Lucie Janků , Ph.D.**

Oponent: **RNDr. Jan Šafanda, CSc.**

Předložená práce se zabývá určováním tepelných vlastností hornin, konkrétně laboratorním měřením tepelné vodivosti a difuzivity horninových vzorků a z nich odvozené objemové tepelné kapacity. Dizertace čítá 39 stran a 9 stran příloh. Sestává ze dvou hlavních částí, totiž 19stránkové literární rešerše a 20stránkového popisu praktických měření provedených v Geofyzikálním ústavu AV ČR pod vedením Mgr. Petra Dědečka, Ph.D. Výsledky měření jsou graficky shrnuty v příloze v tabulkách AT1 až AT3 a jsou doplněny barevnými fotografiemi měřených vzorků. Práce je logicky strukturována a zdroje převzatých poznatků jsou uvedeny (31 publikací).

V rešeršní části jsou postupně probrány formy přenosu tepla, studované tepelné veličiny a faktory ovlivňující tepelné vlastnosti hornin. Zmíněny jsou i vybrané metody měření s důrazem na ty, které byly využity v praktické části práce.

Praktická část obsahuje popis měřených horninových vzorků a průběh a výsledky měření. Pokud to bylo možné, horninový vzorek byl proměřen oběma metodami, které byly k dispozici, tedy jak optickým skenováním, tak měřením na přístroji Hot Disk. Soubor studovaných vzorků obsahoval horniny vyvřelé, přeměněné i sedimentární, včetně nesoudržného pískového vzorku. Uchazečka tak měla možnost seznámit se s různými aspekty měření dané rozmanitostí studovaných hornin a s vhodností jednotlivých metod v závislosti na charakteru konkrétního vzorku.

Popis výsledků měření a jejich diskuze svědčí o tom, že uchazečka porozuměla principům obou použitých metod, dobře zvládla techniku měření a vypořádala se i s netriviálním měřením anizotropie vodivosti a difuzivity.

Název práce a názvy jednotlivých kapitol odpovídají obsahu. Práce je vhodně uvedena, literární odkazy jsou adekvátní tématu, ilustrace vhodně doplňují text a jsou dostatečně kvalitní.

Použitá terminologie je vesměs správná. Drobné nesrovnalosti jsou u termínů tepelná kapacita (heat capacity), měrná (specifická) tepelná kapacita (specific heat capacity) a objemová tepelná kapacita (volumetric heat capacity).

Práce je jazykově na dobré úrovni a je pečlivě zpracována.

Faktické připomínky

- 1) Hodnoty tepelné difuzivity jsou v práci soustavně uváděny milionkrát větší (chybí vynásobení faktorem 10^{-6}) než jsou ve skutečnosti
- 2) Naměřené hodnoty vodivosti a difuzivity jsou v práci uváděny s přesností na tři desetinná místa, přičemž přesnost měření je většinou řádu prvního desetinného místa, takže vhodnější by bylo je uvádět na jedno až dvě desetinná místa
- 3) V seznamu literatury chybí práce Poelchau et al., 1997 citovaná v popisu obrázku 6
- 4) Tvrzení „*Směrem do středu Země roste teplotní gradient*“ (Kapitola 2.2 Radiace) není správné
- 5) V kapitola 3.1 (Tepelná kapacita) se symboly c_p a c_v , vyhrazené v literatuře pro specifickou tepelnou kapacitu (jednotka je $J.kg^{-1}.K^{-1}$), používají pro objemovou tepelnou kapacitu ($J.m^{-3}.K^{-1}$). Na str.4 ve čtvrté řádce zdola je chybně jednotka – buď tam má být $J.kg^{-1}.K^{-1}$ - pokud se pod tam diskutovanou veličinou c_p myslí specifická tepelná kapacita, nebo $J.m^{-3}.K^{-1}$ – pokud se tím myslí objemová tepelná kapacita. To z textu není úplně jasné.
- 6) Vztahy uvedené ve vzorcích (3) a (4) jsou nesprávné
- 7) V Tab.1 na str.27 je u vzorků 1a a 1d ve sloupci „Heating power“ zřejmě tisíckrát menší hodnota než byla ve skutečnosti
- 8) Str.35. Pro poměr tepelných vodivostí $\lambda_{podél} / \lambda_{kolmo}$ získaných metodou optického skenování u vzorku ortoruly 2b je třeba vzít hodnotu $\lambda_{kolmo} = 1.84 W/(m.K)$ (uvedenou na str.34 dole) a ne průměr z hodnot 2.302 a 2.327 uvedených v tabulce AT1. Poměr $\lambda_{podél} / \lambda_{kolmo}$ je pak 1.58, tedy podstatně větší než v textu uvedených 1.255. Na interpretaci výsledku - výrazné tepelné anizotropii vzorku - to ale nic nemění.
- 9) Při poloze vzorku ortoruly 2b zachycené na obr.15 se optickým skenováním změní nikoli vodivost podél vrstev, jak se tvrdí v textu, nýbrž geometrický průměr vodivosti podél vrstev a kolmo k nim $\sqrt{\lambda_{podél} * \lambda_{kolmo}}$
- 10) Str.7. Tvrzení *Hustota tepelného toku je vyjádřena pouze pro jednu dimenzi a součinitel tepelné vodivosti je vektor a je přímo úměrný teplotnímu gradientu se změnou znaménka orientace* je nepřesné. Druhá část věty se vztahuje k hustotě tepelného toku a ne k součiniteli tepelné vodivosti.
- 11) Str.8. Věta *Tepelná vodivost ve směru zvrstvení tak vzroste více než v nenasyceném stavu* je nejasná. Snad má vyjádřit to, že po nasycení vzorku vodou vzroste tepelná vodivost kolmo na vrstvy víc než vodivost podél vrstev.
- 12) Str.9. Ve větě *Magmatické a sedimentární horniny mohou obsahovat vyrostlice minerálů nebo xenolity..* by asi mělo být „magmatické a metamorfované horniny“?

Práce se mi na řadě míst jeví jako formulačně nevyzrálá. Dovoluji si uvést ukázky formulačně/stylisticky neobratných/nejednoznačných úseků textu:

První věta abstraktu „*Pro pochopení tepelných vlastností horniny je nutné na vzorek aplikovat vhodnou metodu zajišťující co nejpřesnější výsledek*“ říká vše – ale jen tomu, kdo ví, o co se jedná. Pro ostatní by bylo potřeba se vyjádřit ve smyslu „K určení tepelných vlastností horniny, konkrétně tepelné vodivosti a difuzivity, je nutné zvolit vhodnou metodu měření, která poskytuje spolehlivé a dostatečně přesné výsledky. Poté je potřeba odebrat z horniny reprezentativní vzorek, jehož tvar a velikost odpovídají požadavkům vybrané metody“.

Str.3 *Vedení tepla ve formě kondukce...* Vedení tepla v jiné formě než kondukcí neexistuje. Snad „Přenos tepla ve formě kondukce..“

Str.3 *Teplo prochází ve směru teplotního gradientu* Teplo spíše proudí nebo teče.

Str.4 *Kvůli přenosu tepla v pevných látkách kondukcí mohou být tepelné vlastnosti hornin změřeny v laboratoři* Proč je to v takovém příčinném vztahu?

Str.4 *Hodnoty tepla získané excitací a radiací jsou zanedbatelné...* Snad „Přenos tepla excitací a radiací je zanedbatelný.“

Str.6 *Při stanovení tepelných vlastností materiálů je důležité vzít v potaz širokou škálu efektů, které mají za příčinu ovlivnění výsledných hodnot.* Asi se myslí, že „Při stanovení tepelných vlastností materiálů je důležité vzít v potaz širokou škálu efektů, které ovlivňují výsledné hodnoty“.

Str.6. *Hodnota tepelné vodivosti se může u stejného typu horniny lišit v závislosti na faktorech.* To je jistě pravda, ale je to hodně obecné tvrzení.

Str.14. *Nestacionární vedení tepla je měřeno využíváním kontaktních i bezkontaktních metod, kdy se měří odezva materiálu po zahřátí.* To bez bližšího vysvětlení nedává smysl.

Přes uvedené drobné nedostatky se domnívám, že uchazečka splnila zadání. Obsah práce svědčí o tom, že uchazečka porozuměla principům přenosu tepla a zvládla techniku obou použitých metod na měření tepelné vodivosti a difuzivity hornin. Prokázala schopnost samostatného měření, jeho zpracování a interpretace výsledků.

Předloženou bakalářskou práci doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 22. srpna 2024

RNDr. Jan Šafanda, CSc.