

Oponentní posudek diplomové práce Bc. Romana Houdka

Víceškálové modelování perfúze v tkáních.

Práce o rozsahu 81 stran se věnuje dvěma tématům: krevní perfúze v jaterním parenchymu a modelování transportu kyslíku v tkáni. Členěna je do 10 kapitol.

Uvedená témata se jeví jako nesouvisející avšak jistá spojitost zde je. Demonstrují dva možné přístupy k modelování jevů v heterogenním kontinuu a to metodu homogenizace a metodu směsí. Dále, jak je uvedeno v závěru, v budoucnosti bude možno využít metodu homogenizace i pro modelování transportu kyslíku. V této práci je metoda homogenizace využita pouze pro modelování perfúze v játrech, zatímco metoda směsí je realizována pro transport kyslíku.

Všechny algoritmy jsou implementovány v softwaru SfePy. Diplomová práce velice úzce zejména v prvním tématu navazuje na práce prováděné pod vedením vedoucího diplomové práce na Katedře mechaniky Fakulty aplikovaných věd. Druhé téma vychází z publikovaného článku uvedeného v práci pod číslem [46].

Úvodní kapitola uvádí cíle a strukturu práce. Ve druhé kapitole diplomant stručně ale velmi výstižně uvádí biologický popis jater a krve. Vytváří tak dobrý základ pro pochopení souvislosti dále popisovaných modelů s realitou. V kapitole 3. je definován pojem porézního materiálu a uveden je klasický Darcyho zákon popisující proudění v těchto typech materiálů.

Kapitola 4. uvádí předpoklady vytvoření zjednodušeného modelu jaterního parenchymu. Definovány jsou použité škály: makro-, mezo- a mikroškála. Souhrnně jsou zde uvedeny základní rovnice mechaniky kontinua použité v řešení problému.

V kapitole 5. je naznačena metoda homogenizace heterogenních materiálů. **Je zaveden bezrozměrný parametr ε . Z tohoto pohledu je chybné zakótování tohoto parametru v Obr. 14 a dále!! Totéž platí pro bezrozměrný parametr δ a Obr. 20.**

Klíčová je kapitola 6. popisující použitý víceúrovňový model s dvojitou porozitou. Úrovně jsou označeny symboly α a β . **V obou úrovních je uvažováno proudění vazké kapaliny a to na mikroškále nestlačitelné, jak je uvedeno na str. 23. To se zdá být v rozporu s rovnicí (6.7)!** Pro obě úlohy je odvozena slabá formulace vhodná pro následující použití metody homogenizace. Její rovnice, vedoucí k získání tzv. korektorových funkcí, jsou uvedeny na str. 28. s odkazem na publikace vedoucího diplomové práce [32] a [33]. Z nich jsou pak určeny homogenizované parametry. Uvedeno je rovněž zahrnutí proudění porézní mikrostrukturou dané Darcyho zákonem na úrovni α .

V odstavci 6.2 je pak popsán přechod z mezoúrovně na makroúroveň. V jeho závěru je pak vztahy (6.38) určena makroskopická úloha, v níž se vyskytují jako proměnné makroposuvy a tlaky na mikroúrovni a v obou systémech na mezoúrovni.

Numerickému řešení všech uvedených úloh je věnována kapitola 7. Základem je metoda konečných prvků pro prostorové řešení a metoda konečných diferencí pro časovou diskretizaci.

Obsáhlá kapitola 8. pak obsahuje aplikaci na jaterní tkáň, jejíž struktura je samozřejmě značně zidealizovaná. Zápis transformace (8.1) – (8.3) je zbytečně složitý ač se jedná o naprosto primitivní problém. Následují tři testovací úlohy na oblasti tvaru kvádrů (**diplomant systematicky uvádí tvar šestistěnu – má to nějaký důvod?**). Jedna je zatížena povrchovým napětím (**nikoliv silou, jak je mylně uvedeno na str. 51, přičemž na grafu je uveden rozměr v GPa!!**) na jedné stěně, ve druhé je na této stěně zadán posuv a ve třetí úloze jsou na stěnách dány toky. Všechny úlohy jsou přehledně graficky vyhodnoceny.

Kapitola 9. pojednává o druhém základním tématu – modelování transportu kyslíku v heterogenních tkáních obsahujících vedle matrice rovněž žilní a cévní systém. Jak bylo uvedeno, tento model vychází z práce označené [46] autorů Matzavinose, Kao a dalších. Rovnice použité autorem se zdají být až na někdy jiné označení veličin shodné s rovnicemi v uvedeném článku. **Je tomu tak, či byly provedeny nějaké změny?** Diplomant dále převádí rovnice na slabou formulaci a následuje opět řešení metodou konečných prvků doplněnou o metodu konečných diferencí pro časovou závislost.

Algoritmus byl testován s parametry převzatými z práce [46]. Opět následuje obsáhlé a velmi názorné zobrazení získaných výsledků. Správnost výsledků hodnotí autor pouze subjektivně – v závěru uvádí, že výsledky jsou v souladu s očekáváním. **Možná by bylo vhodné uvést srovnání s výsledky Matzavinose s použitím stejného grafického výstupu.**

Následuje velmi jednoduchá citlivostní analýza, kdy je zkoumán vliv jednotlivých difuzních parametrů na výsledky.


Hodnocení.

Téma práce je velice náročné. Hodnotím proto velmi vysoko to, že diplomant prokázal pochopení problematiky i použitých metod, zavedených jeho vedoucím diplomové práce. Vedle toho evidentně odvedl velký kus náročné programátorské práce. Dosažené výsledky jsou velice zajímavé a budou jistě dobrým základem pro pokračování v další práci v této oblasti. Některé další možné přístupy uvádí diplomant v závěru. Je to např. řešení transportu kyslíku homogenizační metodou, což by představovalo navázání na algoritmus řešení perfuze v parenchymu.

Práce je psána velmi srozumitelně samozřejmě s vynecháním některých pasáží, kdy autor přebíral výsledky. Moje připomínky a dotazy jsou v předchozím textu tučně a prosím o reakci na ně v rámci obhajoby.

Práci z uvedených důvodů hodnotím stupněm **“výborně”**.

V Plzni 21.8.2017



Prof. Ing. Josef Rosenberg, DrSc