



### Věc: Posudek závěrečné práce

Název práce: **Materiálové vlastnosti kryoprezervovaných žil při kvazistatickém zatěžování**

Autorka: **Bc. Michaela Benešová**

Škola, program, specializace: **ČVUT FS, magisterský navazující program Aplikované vědy ve strojním inženýrství, biomechanika**

Předložená diplomová práce se zabývá mechanickou odezvou lidských žil sloužících jako potenciální štěpy do cévního řečiště. Pomocí inflačně–extenzního experimentu je v práci zkoumán vliv kryoprezervace na tlakově–deformační chování. V závěrečné části práce se nachází srovnání odezvy nativních a kryoprezervovaných žil a také regresní analýza inflačně extenzního experimentu modelem hyperelastického materiálu s využitím předpokladů výpočtového modelu silnostěnné nádoby.

Úkoly v práci řešené vidí recenzent jako odpovídající magisterskému programu a jejich plné zvládnutí by označil za, v kontextu studijního programu, problém spíše náročnější. Samo téma je rozhodně soudobé a aktuální a výsledky, byly-li by prezentovány pečlivou formou, by podle recenzenta měly publikační potenciál.

Práce sama, bohužel, obsahuje relativně mnoho stylistických i věcných nepřesností usvědčujících autorku z nedostatku péle a pečlivosti, respektive nesystematičnosti naznačujících absenci celostního nadhledu nad řešenou úlohou.

Relativně banálním příkladem může být autorčino tvrzení na s. 11 o tom, že tepny vedou okysličenou krev směrem ze srdce. Autorka na svém tvrzení jistě nebude trvat, a tak recenzent obrátí svou pozornost k inženýrským kompetencím a jejich prezentaci v diplomové práci. První, co v tomto kontextu vadí, je používání nedefinovaných symbolů. Příkladem (za všechny) budiž symbol  $C$  na s. 31. V následujícím odstavci se sice objevuje vztah pro  $C$ , ale není nijak zřejmé, že jde o tu samou veličinu, navíc definiční vztah obsahuje symbol  $F$ , který není vysvětlen vůbec. Není vysvětlen proto, že kapitola 5.3 popisující konstitutivní model jaksi vyhřezla mimo výklad mechaniky, který následuje až od s. 39, kde bohužel autorka pokračuje v nedodržování jednotného značení, když sama jednou píše  $t$  či  $x$  a následně samovolně přejde k  $t$  a  $x$ . Že autorka vlastně nepřemýšlí nad tím, co píše, co jí vyslovené rovnice vlastně vyjadřují, demonstrují dobře vztahy (21), tj. Cauchyův postulát o napětí, který je zapsán jako  $t = t(x, t, n)$ . Čtenář jistě nemá věřit, že napěťový vektor je funkcí polohového, normálového a napěťového vektoru, že? Mohlo by se namítnout, že jde o matematický purismus, a že dané tvrzení přeci známe ze školy a domyslíme si na místě (21) jeho správnou verzi. To ovšem vyžaduje, aby čtenář byl poučenější než autorka (aby si například poradil s kolísáním značení protažení (čili strečů), kde je někdy index jeden, někdy dva a má se tím namysli stále tatáž fyzikální veličina v té samé složce a souřadném systému).

Požadavek na čtenářskou kompetenci ovšem brání tomu, aby práce byla přínosná i pro širší okruh čtenářů. Na tomto musím opravit tvrzení ze strany 32, že (5) je konstitutivní rovnice. Není. Konstitutivní rovnice je to, co vyjadřuje (7). Dosazením z (5) do (7) pak dostaneme nějakou konkrétní formu konstitutivního modelu porovnatelnou např. s experimentem.

Za diskutabilní považuje recenzent tvrzení na s. 27 a 28 týkající obrázků 17 a 18. Kryoprezervovaná céva je zřejmě poddajnější, navíc ale, zdá se, že jde o stav trojosé napjatosti a pak je otázka zda dva prezentované grafy dostatečně vystihují realitu. Nemohly by neshody být vysvětleny různými hodnotami axiálního napětí (které v grafech absentuje)? Mimochodem důvod proč je radiální napětí (ve své absolutní hodnotě)  $r/h$ -krát větší je přeci laplaceovsky zřejmý.

Za skutečně sporné vidí recenzent použití *T-testu* pro vícenásobné porovnání. Rozhodně by doporučoval použít spíše nějakou z metod analýzy rozptylu (ať už parametrickou či neparametrickou). Otázka ovšem je, zda porovnání, které neobsahuje referenční údaje, tj. stav před kryoprezervací, ale pouze stav po kryoprezervaci, může vůbec něco přinést. Anatomická populační variabilita je totiž tak veliká, že je klidně možné, že neshody, které byly statisticky prokázány, byly přítomny již před skladováním a souvisí spíše s výběrem vzorků z populace než se zkoumaným tématem.

K inženýrským kompetencím je ještě třeba dodat, že všechny grafy a tabulky by si u svých veličin a symbolů zasloužily i vyjádření použitých jednotek.

**Přes výše zmíněné nedostatky, zejména s přihlédnutím k teoretické náročnosti práce, konstatuji, že práce splňuje nároky kladené na závěrečnou práci v navazujícím magisterském studijním programu, navrhuji ji ale hodnotit známkou C – dobře.**

Otázky k obhajobě:

(1) Jedním z vašich úkolů bylo porovnání mechanické odezvy nativních a kryoprezervovaných cév. V práci ale nemáte žádný graf, který by odezvy těchto materiálů prezentoval společně na jednom místě. To značně stěžuje porovnání. Prosím, zahrňte odezvy těchto materiálů do jednoho grafu, ať jsou odchylky zřejmé.

(2) Závislosti  $P-\lambda_\theta$  na Obrázku 51, 52 a 53 nezačínají (tj. při  $P = 0$ ) v hodnotě  $\lambda_\theta = 1$ . Vysvětlíte prosím proč.

V Praze 24. 8. 2021

doc. Ing. Lukáš Horný, Ph.D.  
oponent práce