

Studium rozpouštění křemičitých nanovláken ve vybraných tělních tekutinách v závislosti na podmínkách jejich zpracování

Markéta Paprčková, doc. Mgr. Irena Lovětinská Šlamborová, Ph.D.

Abstract

The thesis investigates the effects of thermal stabilization and treatment of silica nanofibers on their solubility in simulated body fluids and similar solutions. Silica nanofibers were prepared via electrospinning and sol-gel methods at the Technical University of Liberec. The aim of this study is to determine the dissolution rates of silica nanofibers as the indicator of their biodurability. For this purpose, static and dynamic solubility tests were performed.

Úvod

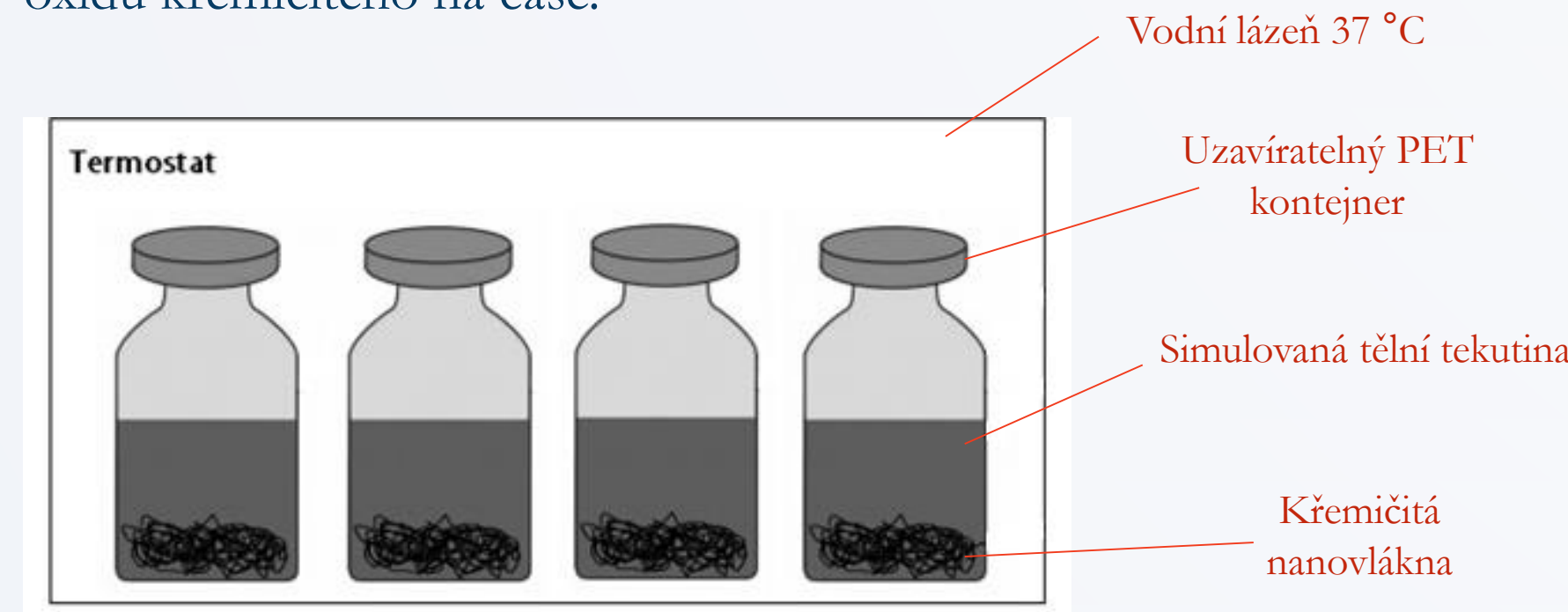
Akutní a chronické rány typu dekubitů, bércových vředů a popálenin jsou často v průběhu déletrvající léčby napadány infekcí. V těchto případech jsou běžně dostupné zdravotnické prostředky pro krytí ran nedostačující. Velmi slibný materiál pro tyto aplikace představují nanovláknenné substráty na bázi oxidu křemičitého, které mají řadu terapeutických výhod, mezi které patří schopnost kopírovat povrch rány, možnost imobilizace různých typů biomolekul (desinfekční látky, antibiotika, enzymy), biologická kompatibilita a biologická rozložitelnost [1].

Statické testy rozpustnosti

Statické testy rozpustnosti byly provedeny s nanovlákný tepelně stabilizovanými při 180 °C nebo při 550 °C v simulovaných tělních tekutinách, fyziologickém roztoku a v čerstvé destilované vodě.

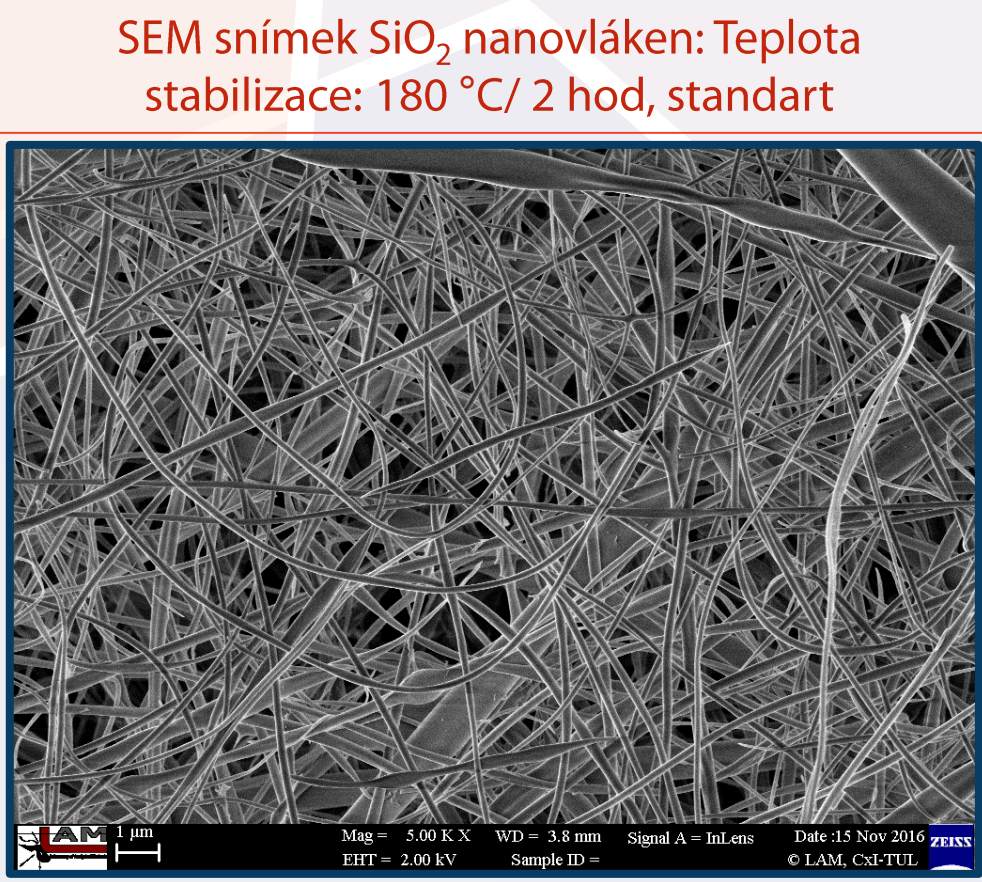
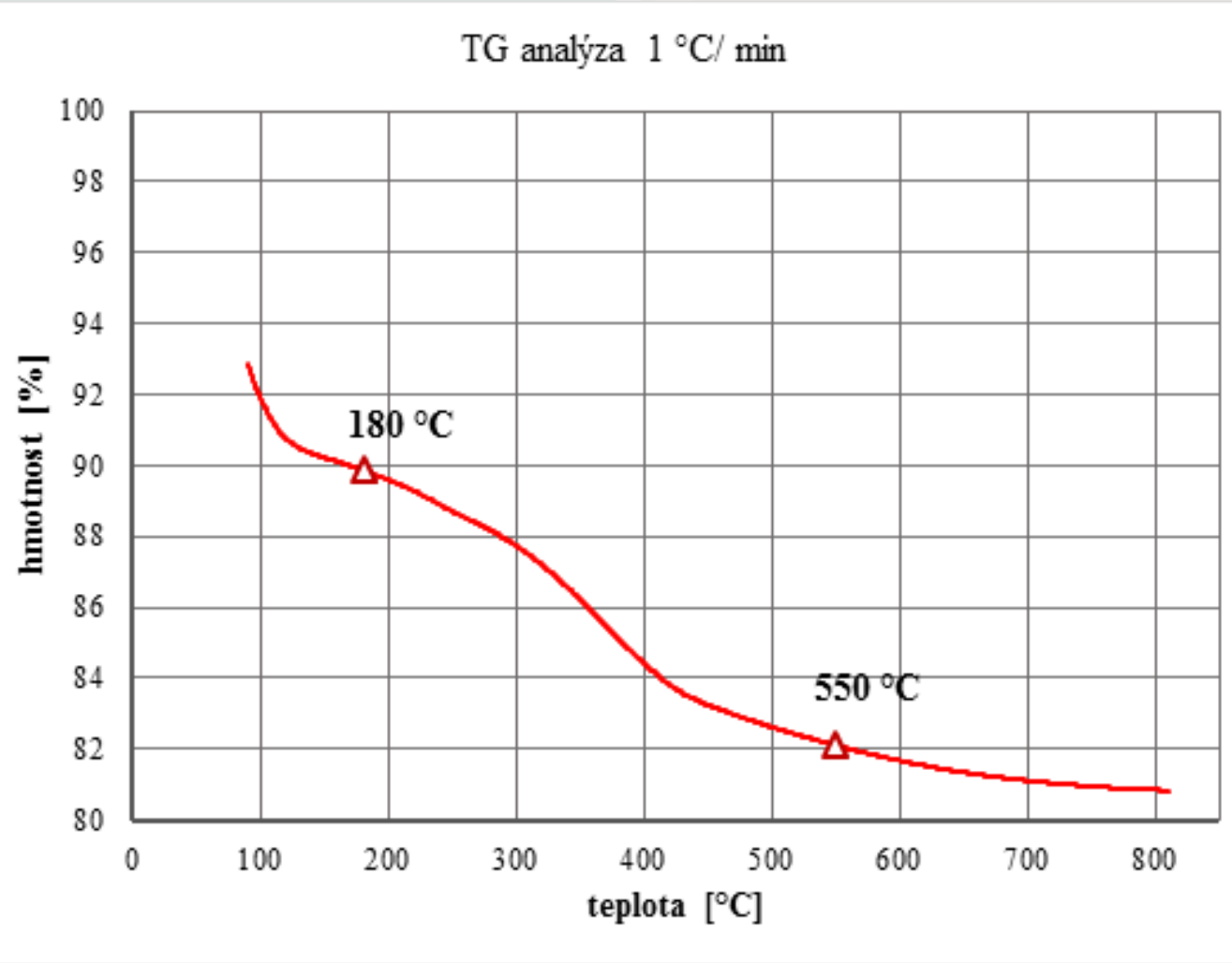
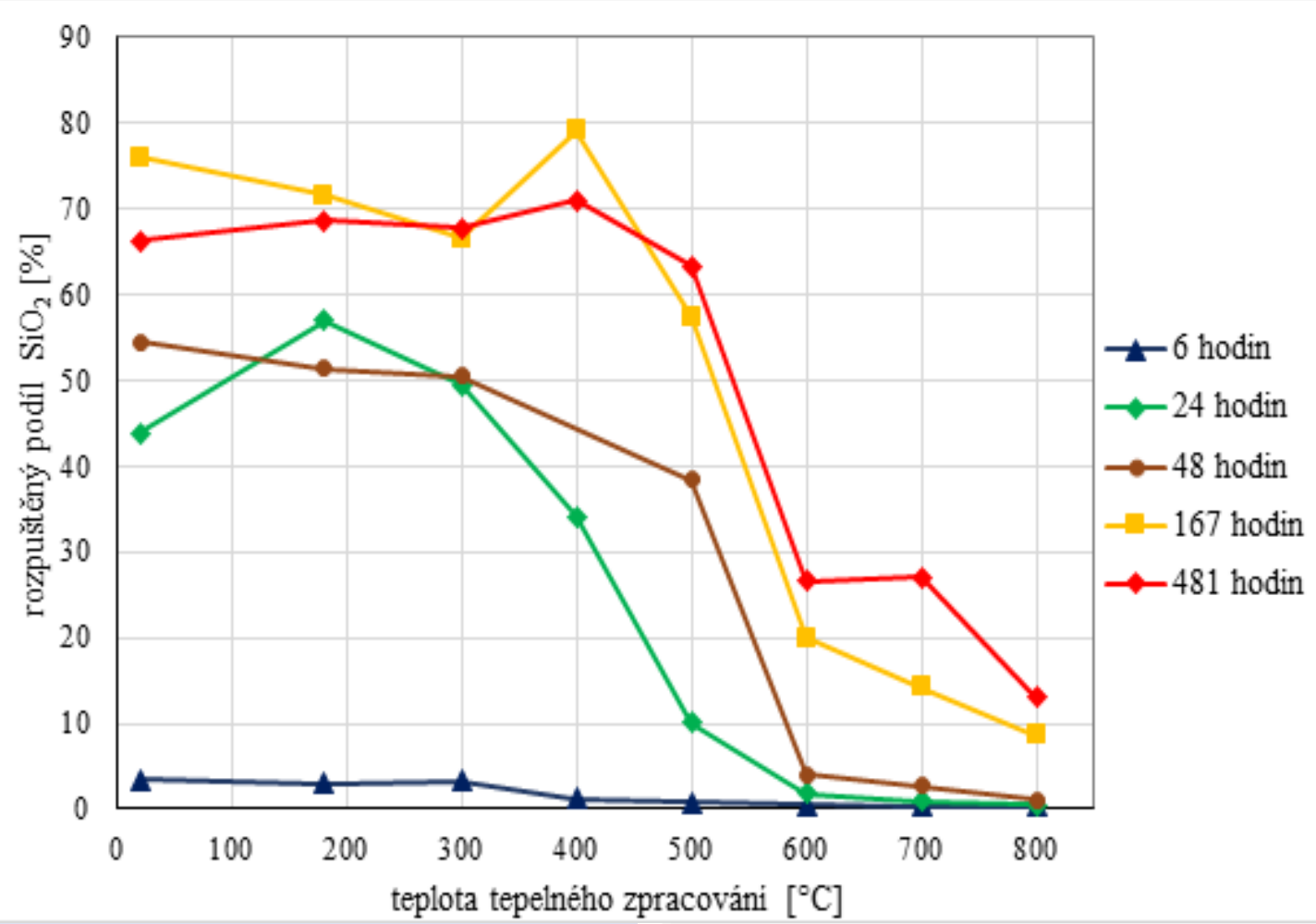
Označení	Simulovaná tělní tekutina
A	Krevní plazma
C	Tekutina tlustého střeva
D	Extracelulární plicní tekutina pH = 7,4
E	Intracelulární plicní tekutina pH = 4,5
F	Pot pH = 4,5
G	Pot pH = 5,4
H	Moč
I	Fyziologický roztok
M	Destilovaná voda

Množství křemíku v jednotlivých časových odběrech bylo stanoveno pomocí ICP/OES a přepočteno na obsah SiO₂. Rychlosti rozpouštění křemičitých nanovláken v jednotlivých simulovaných tělních tekutinách a poločasy rozpouštění byly vypočteny ze směrnice lineární části grafu, který znázorňuje závislost rozpuštěného podílu oxidu křemičitého na čase.



Křemičitá nanovlákna

Nanovlákna rozpouštěná v destilované vodě a fyziologickém roztoku nevykazují významné změny v rychlostech rozpouštění až do teplotního zpracování 300 °C. Významná změna rychlostí rozpouštění nastává při teplotě teplotního zpracování 500 °C.

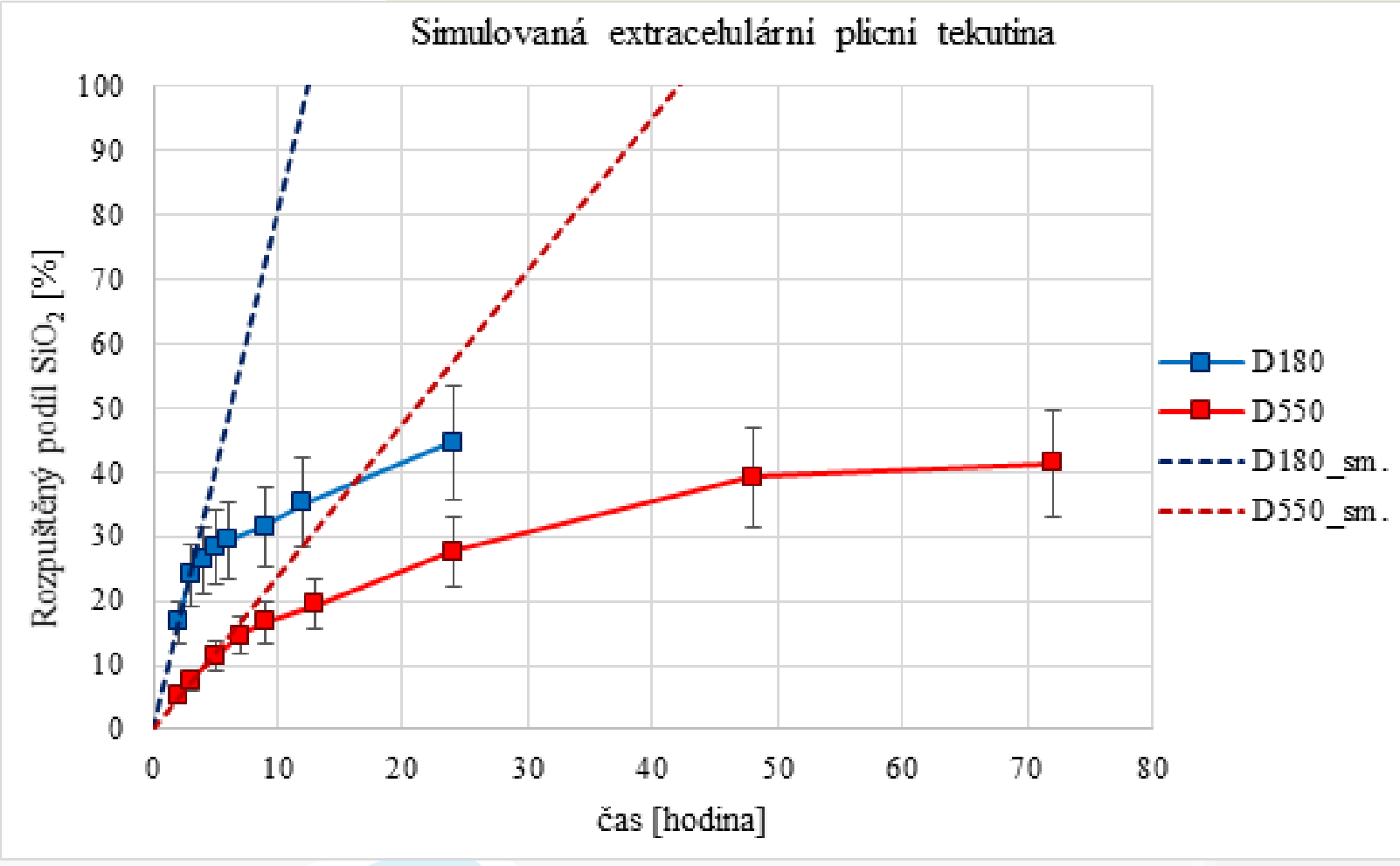


Křemičitá nanovlákna byla před testy rozpustnosti charakterizována pomocí TG analýzy a dále byl vypočítán obsah SiO₂ (při teplotě 800 °C zbývá pouze čistý oxid křemičitý). U nanovláken tepelně stabilizovaných při 180 °C byl stanoven obsah SiO₂ **89,95 hm %**. Nanovlákna tepelně stabilizovaná při 550 °C obsahovala **98,47 hm %** SiO₂.

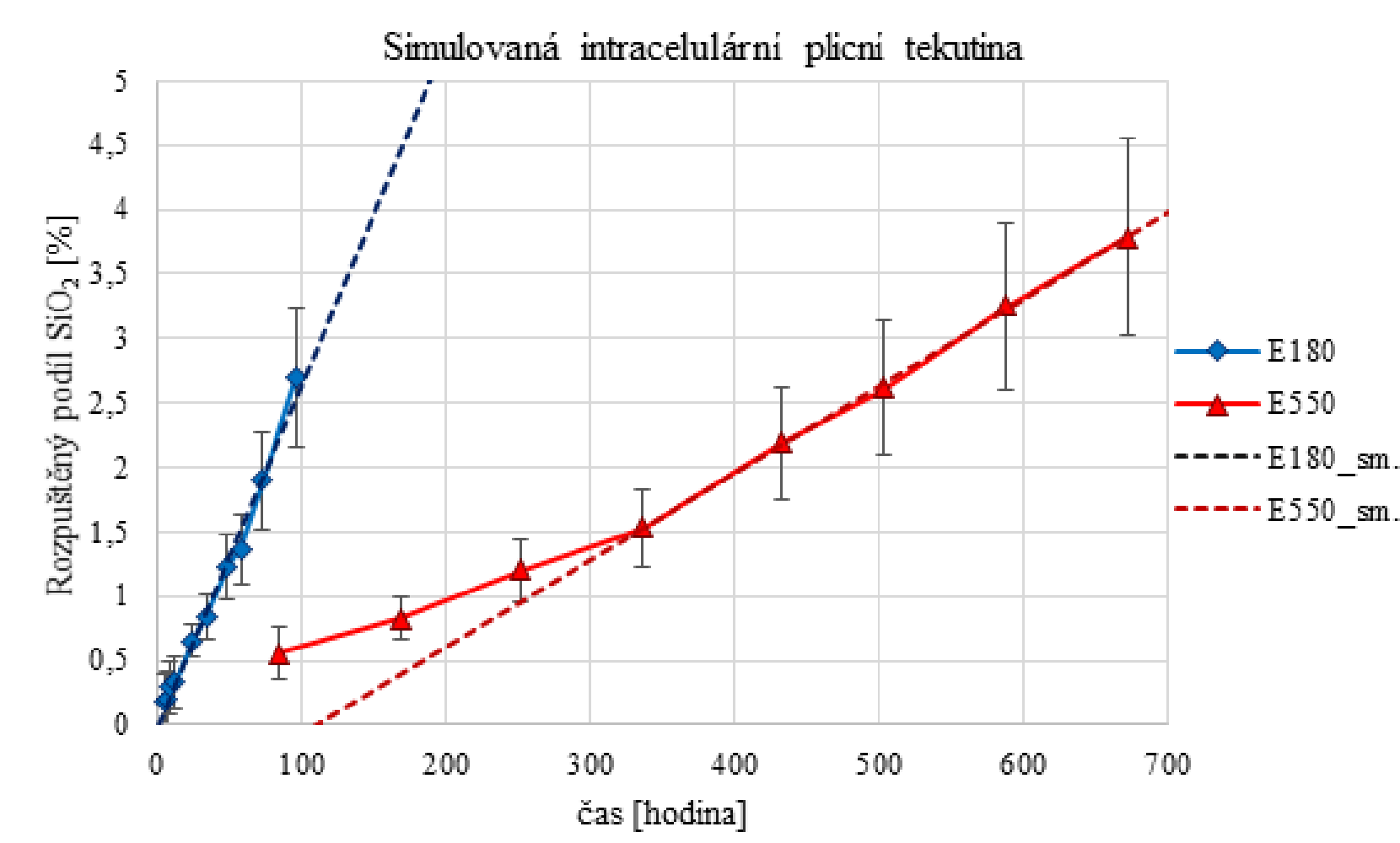
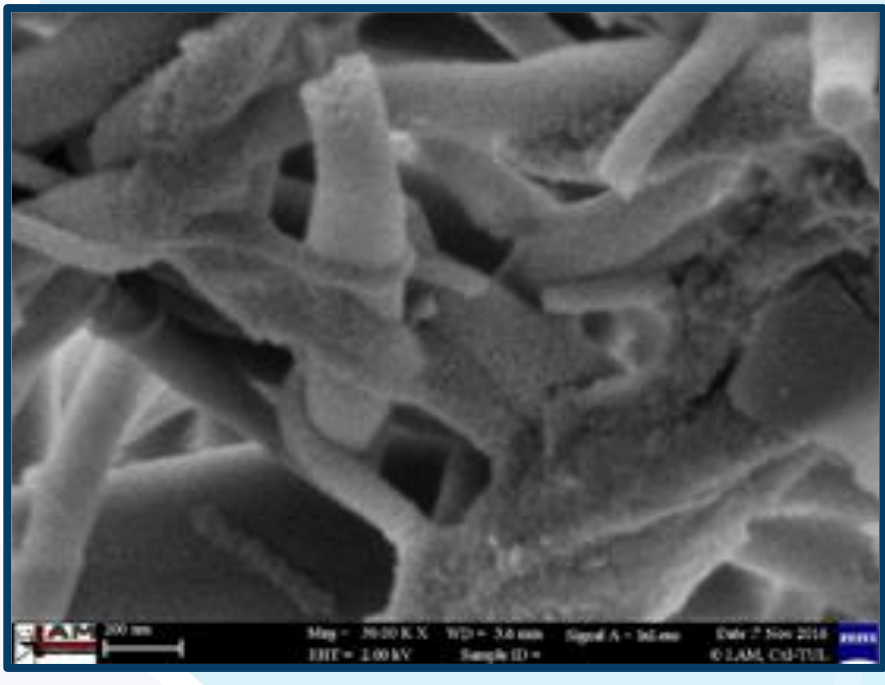
Měření měrného povrchu adsorpcí kryptonu neukázalo jeho významnou závislost na teplotě stabilizace nanovláken. Hodnota měrného povrchu nanovláken byla stanovena: **A = (8,83 ± 0,30) m²/g**.

Výsledky a diskuze

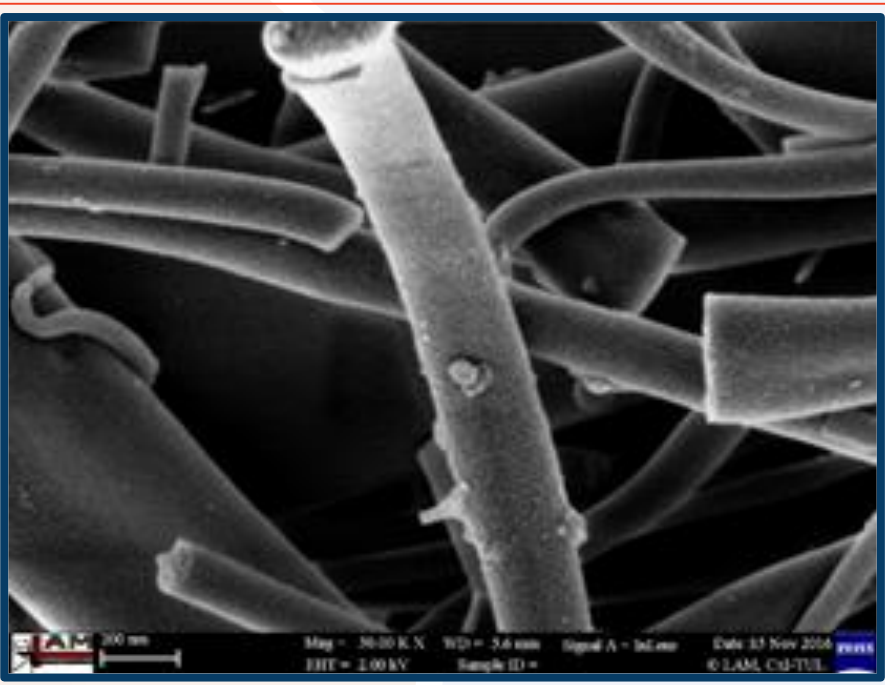
Z výsledků statických testů rozpustnosti křemičitých nanovláken vyplynul velmi výrazný rozdíl v rychlosti jejich rozpouštění v závislosti na použitém médiu. Mezi jednotlivými médii se vyskytují až řádové rozdíly. Obecně lze tvrdit, že čím je vyšší hodnota pH, vyšší obsah organických látek a vyšší iontová síla, tím je rychlost rozpouštění vyšší. Nejpomaleji probíhá rozpouštění v destilované vodě. Dalším důležitým faktorem, který ovlivňuje rychlost rozpouštění, se ukázala být teplota stabilizace nanovláken. V tomto případě platí, že vyšší teplota stabilizace vede k výraznému snížení rychlosti rozpouštění nanovláken.



SEM snímek: Stabilizace: 180 °C/ 2 hod, 37 °C, doba působení média D: 6 hodin



SEM snímek: Stabilizace: 180 °C/ 2 hod, 37 °C, doba působení média D: 6 hodin



V závislosti na druhu média se liší mechanismus degradace křemičitých nanovláken. V zásaditém prostředí nanovlákna degradují z celého objemu, kdežto v kyselých médiích se uplatňuje především povrchová degradace nanovláken.

Poločas rozpouštění křemičitých nanovláken t_{0,5} [den].

Teplota stabilizace	Extracelulární plicní tekutina (pH = 7,4)	Intracelulární plicní tekutina (pH = 4,5)
180 °C	0,26	78
550 °C	0,88	313

Závěr

Cílem bylo stanovit poločasy rozpouštění křemičitých nanovláken, jakožto ukazatele jejich biodurability. Zdravotní nezávadnost křemičitých nanovláken byla posuzována podle studie firmy Johns Manville Corporation [2], kde je stanovena hodnota poločasu rozpouštění t_{1/2} = 40 dní, při které ještě lze považovat materiál za zdravotně nezávadný. V případě tepelně stabilizovaných nanovláken při 180 °C byla podmínka zdravotní nezávadnosti splněna téměř ve všech médiích kromě simulované intracelulární plicní tekutiny (pH = 4,5) a destilované vody. Nanovlákna, která byla tepelně stabilizována při 550 °C podmínku zdravotní nezávadnosti nesplnila při rozpouštění v médiích, jejichž charakteristikou je kyselé pH a relativně nízká osmolalita. Jedná se o intracelulární plicní tekutinu (pH = 4,5), simulované poty a destilovanou vodu.

Reference

[1] SCHNEIDER, Mandy, Fabian MEDER, Annette HAIß, Laura TRECCANI, Kurosch REZWAN a Klaus KÜMMERER. Physicochemical properties and biodegradability of organically functionalized colloidal silica particles in aqueous environment. Chemosphere. 2014, 99, 96-101

[2] HESTERBERG, T.W. a G.A. HART. Health and safety aspects of fiber glass. Fifteenth Annual Battery Conference on Applications and Advances. IEEE, 1999, (29), 135-140

[3] MARQUES, Margareth R. C., Raimar LOEBENBERG a May ALMUKAINZI. Simulated Biological Fluids with Possible Application in Dissolution Testing. Dissolution Technologies 2011, 18(3), 15-28

Poděkování

Tato práce by nevznikla bez finanční podpory projektu IP12312 na FZS TUL za rok 2016, ze kterého byly zakoupeny chemikálie a zařízení potřebné pro experimenty. Prezentace této práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) Fakulty mechatroniky, informatiky a mezioborových studií na Technické univerzitě v Liberci v roce 2017.

Kontakt

Markéta Paprčková
marketa.paprckova@gmail.com

FM TUL