

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Veronika Hrubešová

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Hodnocení vývojových vzorků sekvestračních prostředků  
a chelatačních tenzidů v modelovém praní

Veronika Hruběšová

Bakalářská práce

2016

University of Pardubice  
Faculty of Chemical Technology

Evaluation of developmental samples of sequestering agents and chelating  
surfactants on model washing

Veronika Hruběšová

Bachelor thesis

2016

---

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Hruběšová**  
Osobní číslo: **C13101**  
Studijní program: **B2829 Anorganické a polymerní materiály**  
Studijní obor: **Polymerní materiály a kompozity**  
Název tématu: **Hodnocení vývojových vzorků sekvestračních prostředků  
a chelatačních tenzidů v modelovém praní**  
Zadávající katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. V rešeršní části práce se zaměřte na charakteristiku procesu praní textilních materiálů, vlivu tvrdé vody a popis základních typů sekvestračních prostředků a chelatačních tenzidů.
2. V experimentální části vyhodnoťte chování testovaných látek (vývojových sekvestračních prostředků a chelatačních tenzidů i komerčních sekvestrantů) v modelovém praní. Hodnocení proveďte metodou opakovaného praní bavlněné tkaniny v tvrdé vodě 22 dH s následným stanovením obsahu popelu a vápenatého iontu na tkanině

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petra Bayerová, Ph.D.**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání bakalářské práce: **23. listopadu 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. července 2016**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. února 2016

## Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 27. 06. 2016

Veronika Hrubešová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych zde poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Petře Bayerové, Ph.D. za poskytnutí odborných rad, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

Děkuji rovněž za možnost provést měření SEM v Centru materiálů a nanotechnologií za podpory MŠMT prostřednictvím projektů CZ. 1.05/4. 1.00/ 11.0251 a LM2015082.

## **ANOTACE**

Tato práce se zabývá hodnocením vývojových vzorků sekvestračních prostředků a chelatačních tenzidů v modelovém praní. Sekvestrační prostředky a chelatační tenzidy jsou používány v pracích prostředcích. Modelové praní probíhalo opakovaně ve vodě o tvrdosti 22 °dH. Vliv tvrdé vody byl sledován stanovením obsahu popela a vápenatých iontů na prané bavlně. Vzhled povrchu tkaniny byl sledován pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vývojový vzorek, sekvestrační prostředek, chelatační tenzid, samosekvestrující tenzid, modelové praní.

## **ANNOTATION**

This Bachelor thesis deals with the evaluation of developmental samples of sequestering agents and chelating surfactants on model washing. Sequestering agents and chelating surfactants are used in detergents. Model washing was carried out repeatedly in water with a hardness of 22 °dH. Effect of hard water was investigated by determining the ash content and calcium ion content in washed cotton. The appearance of the fabric surface was observed by a scanning electron microscope.

## **KEYWORDS**

Developmental sample, sequestering agent, chelating surfactant, self-sequestering surfactant, model washing.



0	Obsah	
1	Úvod.....	13
2	TEORETICKÁ ČÁST .....	14
2.1	Voda v textilním průmyslu.....	14
2.1.1	Technologická voda.....	14
2.1.2	Kvalita technologické vody .....	15
2.1.3	Odpadní vody.....	15
2.2	Praní .....	16
2.2.1	Proces praní.....	16
2.2.2	Účinnost praní.....	18
2.2.3	Prací prostředky .....	19
2.3	Tvrdá voda a problémy, které způsobuje .....	21
2.3.1	Možnosti měkčení vody.....	22
2.4	Sekvestrační prostředky .....	23
2.4.1	Základní sekvestrační prostředky .....	23
2.4.2	Biologicky odbouratelné sekvestrační prostředky – nové trendy.....	25
2.4.3	Biologicky odbouratelné chelatační tenzidy.....	29
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – MODELOVÉ PRANÍ.....	33
3.1	Seznam přístrojů.....	33
3.2	Seznam chemikálií .....	33
3.3	Složení vývojových vzorků.....	35
3.3.1	VSP 1 L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:1.....	35
3.3.2	VSP 2 L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:2.....	35
3.3.3	VSP 3 Glycin + maleinanhydrid 1:2.....	35
3.3.4	VCHT 1 Disodná sůl N – dodecyl asparagové kyseliny .....	36
3.3.5	VCHT 2 Tetrasodná sůl N–(dodecyl)–N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny	36
3.3.6	Trilon M (firma BASF).....	36

3.3.7	Itaconix .....	36
3.3.8	Sokalan CP 45.....	36
3.4	Postup práce .....	37
3.4.1	Příprava tkaniny .....	37
3.4.2	Příprava roztoků.....	37
3.4.3	Příprava prací lázně .....	38
3.4.4	Vlastní praní.....	39
3.4.5	Stanovení obsahu popela .....	41
3.4.6	Stanovení obsahu $\text{Ca}^{2+}$ iontů titrační metodou .....	41
3.4.7	Stanovení obsahu vápníku optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem .....	42
4	VÝSLEDKY A DISKUSE .....	43
4.1	Vlastnosti prací lázně .....	43
4.2	Stanovení obsahu popela a množství vápníku .....	45
4.2.1	Destilovaná voda bez sekvestračních prostředků .....	45
4.2.2	Tvrdá voda bez sekvestračních prostředků .....	46
4.2.3	Vývojové sekvestrační prostředky VSP .....	46
4.2.4	Komerční sekvestrační prostředky.....	46
4.2.5	Vývojové chelatační tenzidy VCHT .....	46
4.2.6	Kombinace VCHT a VSP 1 .....	47
4.2.7	Kombinace VCHT a Trilon M.....	47
4.2.8	Komerční prací prostředek.....	47
4.3	Hodnocení vzhledu úsad na elektronovém mikroskopu .....	51
5	Závěr .....	59
6	použitá literatura .....	60

## SEZNAM TABULEK A ILUSTRACÍ

Tabulka 1 Procentuální spotřeba vody při úpravách textilií [1] .....	14
Tabulka 2 Spotřeba vody při úpravách textilií [1].....	15
Tabulka 3 Charakteristika tvrdosti vody [4] .....	21
Tabulka 4 Složení prací lázně .....	40
Tabulka 5 Hodnoty pH roztoků vzorků .....	43
Tabulka 6 Pěnivost a zákal roztoků .....	44
Tabulka 7 Stanovení obsahu popela .....	48
Tabulka 8 Stanovení množství vápníku.....	49
Obrázek 1 Odloučení špíny roztokem pracího prostředku [3].....	17
Obrázek 2 Časově-teplotní diagram praní .....	39
Obrázek 3 Závislost obsahu vápenatých iontů na množství popela .....	50
Obrázek 4 Destilovaná voda + modelový detergent.....	51
Obrázek 5 Tvrdá voda + modelový detergent .....	52
Obrázek 6 Tvrdá voda + modelový detergent + Trilon M.....	52
Obrázek 7 Tvrdá voda + modelový detergent + Itaconix .....	53
Obrázek 8 Tvrdá voda + modelový detergent + VSP 1 .....	53
Obrázek 9 Tvrdá voda + modelový detergent + VSP 2.....	54
Obrázek 10 Tvrdá voda + modelový detergent + VSP 3 .....	54
Obrázek 11 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 .....	55
Obrázek 12 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 .....	55
Obrázek 13 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + VSP 1.....	56
Obrázek 14 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + VSP 1.....	56
Obrázek 15 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + Trilon M .....	57
Obrázek 16 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + Trilon M .....	57
Obrázek 17 Tvrdá voda + modelový detergent + Sokalan CP 45 .....	58

Obrázek 18 Tvrdá voda + komerční prací prostředek .....	58
---	----

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

DV	destilovaná voda
EDDS	ethylendiamin-N,N'-dijantarová kyselina
EDTA	ethylendiamintetraoctová kyselina
GLDA-Na <sub>4</sub>	N,N-bis(karboxymethyl)-L-glutamát tetrasodný
H <sub>3</sub> MGDA	kyselina methylglycindioctová
Hm. %	hmotnostní procenta
KMC	karboymethylcelulosa
KMK	kritická micelární koncentrace
MD	modelový detergent
Na <sub>3</sub> MGDA	trisodná sůl kyseliny methylglycindioctové
NTA	nitriltrioctová kyselina
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OZP	optické zjasňující prostředky
PAL	povrchově aktivní látka
S	sekvestrační kapacita
SDP	difosforečnan tetrasodný
STP	trifosforečnan pentasodný
TV	tvrdá voda
V	objem
VCHT	vývojový chelatační tenzid
VSP	vývojový sekvestrační prostředek
Z	zředovací faktor
ζ	elektrokinetický potenciál

# 1 ÚVOD

Sekvestrační prostředky a tenzidy patří mezi textilní pomocné prostředky. Sekvestrační prostředky mohou vázat ionty kovů obsažených v roztoku do takzvaných chelátů, neboli komplexů a tím zabránit těmto iontům k tvorbě nerozpustných sloučenin, které se usazují na vláknech textilií, popřípadě na strojních zařízeních ve formě vodního kamene.

Tenzidy se řadí mezi povrchově aktivní látky. Jejich působení spočívá v narušování povrchového napětí kapaliny díky jejich unikátní struktuře, která je dipolárního charakteru.

Spojením vlastností sekvestračních prostředků a tenzidů jsou získány sloučeniny se schopností vázat ionty kovů a zároveň snižovat povrchové napětí roztoku. Tyto prostředky jsou nazývány samosekvestrující nebo též chelatační tenzidy.

Vzhledem k množství těchto přípravků, které je ročně ve světě spotřebováno, je současný výzkum zaměřen na přípravu ekologicky neškodných a biologicky odbouratelných sekvestračních prostředků a tenzidů.

Tato práce se zabývá hodnocením vývojových vzorků sekvestračních prostředků a chelatačních tenzidů připravených na Ústavu chemie a technologie makromolekulárních látek - oddělení syntetických polymerů, vláken a textilní chemie Univerzity Pardubice.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Voda v textilním průmyslu

#### 2.1.1 Technologická voda

Voda má v textilním průmyslu nezastupitelnou úlohu. Plní několik funkcí současně:

- je rozpouštědlem pro chemikálie, jimiž se na textilií působí
- funguje jako transportní prostředek pro odstranění nečistot a nevyužitých chemikálií
- je médiem pro přenos tepla, potřebného pro urychlení některých chemických reakcí
- je vlastní chemikálií, např. při hydrolytických a oxidačních reakcích

Voda je využívána prakticky v každém mezistupni úpravy textilií. Množství potřebná pro jednotlivé postupy se liší. Spotřeby vody v jednotlivých procesech zušlechťování textilií jsou znázorněny v tabulkách 1 a 2. [2][1]

**Tabulka 1 Procentuální spotřeba vody při úpravách textilií [1]**

Proces	Spotřeba vody [%]
<b>Bělení</b>	38 %
<b>Barvení</b>	16 %
<b>Potisk</b>	8 %
<b>Paření po tisku</b>	14 %
<b>Ostatní procesy</b>	24 %

**Tabulka 2 Spotřeba vody při úpravách textilií [1]**

<b>Proces</b>	<b>Spotřeba vody [l/kg textilie]</b>
<b>Šlichtování</b>	0,5 – 8,2
<b>Odšlichtování</b>	2,5 - 21
<b>Praní</b>	20 - 45
<b>Bělení</b>	2,5 - 25
<b>Mercerování</b>	17 - 32
<b>Barvení</b>	10 - 300
<b>Potisk</b>	8 - 16

### **2.1.2 Kvalita technologické vody**

Na procesy zušlechťování textilií má kvalita použité vody významný vliv. Jednotlivé technologické operace jsou různě citlivé vůči kvalitě technologické vody. Nejčastěji sledovanými hodnotami pro určení kvality vody jsou průhlednost, zabarvení, tvrdost, rozpuštěné látky, organické látky, železo a mangan. Voda je získávána převážně z povrchových toků, které kvalitou většinou nevyhovují potřebám provozu, tudíž musí být upravována. Mezi procesy upravující kvalitu vody patří sedimentace, filtrace, čiření a změkčování. [2]

### **2.1.3 Odpadní vody**

Jak již bylo zmíněno, v textilním průmyslu se zpracovává velké množství vody spolu s velkým množstvím barviv, pomocných přípravků, anorganických, organických a jiných látek, které se po skončení procesů dostávají do odpadních vod. Z tohoto důvodu je důležité, aby používané prostředky byly ekologicky bezpečné a odbouratelné. Pro čištění znečištěné vody jsou využívány buď městské čističky odpadních vod, nebo samostatné čističky odpadních vod v závodě. [2]



## 2.2 Praní

Praní je nedílnou součástí úpravy a údržby textilií. Je součástí předúprav, barvení, speciálních a finálních úprav textilního procesu, ale i následné údržby textilií v domácnostech. Během něj jsou uplatněny chemické a mechanické vlivy působící na tkaninu. Je rozlišováno technologické (v rámci textilní výroby) a spotřebitelské praní (v domácnostech a velkoprádelnách). [2][6]

Praní se rozděluje dle povahy nečistot na tři základní druhy:

- **Vypírání chemikálií** (odstranění kyselin, hydroxidů, solí, bělicích prostředků, rozpustných nefixovaných barviv)
- **Koloidní praní** (odstranění zbytků šlichtovacích prostředků, záhustek, olejů, tuků a vosků)
- **Pigmentové praní** (odstranění pigmentové špíny, nerozpustných nefixovaných barviv a jiných pigmentů)

### 2.2.1 Proces praní

Proces praní je rozdělen do tří kroků:

#### ➤ Smáčení

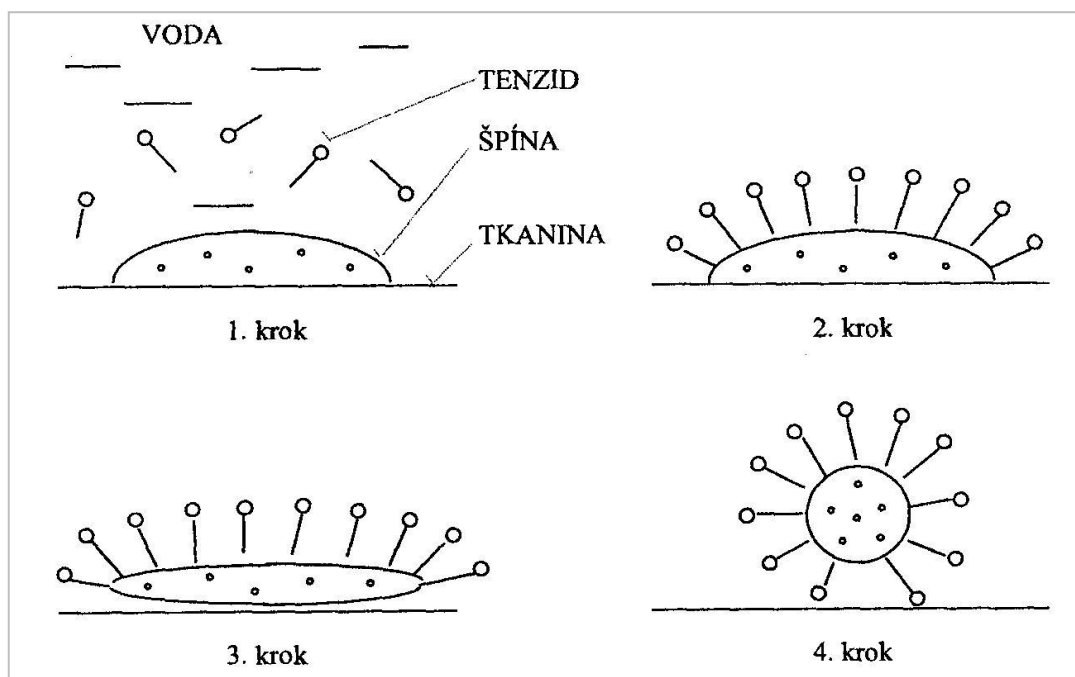
Smáčením se rozumí dokonalé pokrytí povrchu textilie pracím roztokem a jeho proniknutí do mikroskopických prostor smáčené látky. Smáčení probíhá snadněji na vláknech, která mají spíše hydrofilní charakter a neobsahují mezi šupinkami příliš mnoho vzduchu. Při smáčení se využívají smáčecí prostředky snižující povrchové napětí na rozhraní vzduch – prací roztok – textilie.

Povrchové napětí vzniká v povrchové vrstvě kapaliny působením kohezních sil a je závislé na teplotě, kdy se zvyšující se teplotou klesá hodnota povrchového napětí.

Povrchová aktivita smáčecího prostředku je dána jeho účinností, koncentrací, hodnotou pH a teplotou lázně. [3]

### ➤ Vlastní praní

- Uvolnění nečistot a jejich rozptýlení v prací lázni – difúze (obr. 1).
- Zabránění zpětného usazování (redepozici) uvolněných nečistot na vypraný materiál.



**Obrázek 1 Odloučení špíny roztokem pracího prostředku [3]**

Nečistota uvolněná z vláken během praní se může při ochlazení nebo zředění pracího roztoku znovu usazovat na textilií. Z tohoto důvodu se do prací lázně přidávají detergenty s antiredepozičními schopnostmi. Jsou to vysokomolekulární látky, které vytvoří na povrchu nečistoty ochranný koloid, a tím zabrání splnutí těchto dispergovaných částic.

Antiredepoziční vlastnosti mohou být významně ovlivněny elektrickým nábojem ochranného koloidu, případným výskytem různých elektrolytů a pH (v alkalické oblasti působí příznivě pro výsledný efekt). [3]

### ➤ Oplachování

Oplachováním jsou textilie zbaveny uvolněných nečistot, pracích prostředků a chemikálií. [3]

### 2.2.2 Účinnost praní

Účinnost praní je dána kvalitou použitého pracího prostředku. Dělí se na primární a sekundární.

- **Primární účinnost** praní udává rozdíl mezi množstvím špíny před praním a po praní, je tedy zaměřena na jednotlivá praní.
- **Sekundární účinnost** praní se oproti primární zabývá změnou vzhledu textilie po jednotlivých praních a popisuje nárůst úsad anorganického i organického původu na tkanině. Vyhodnocení sekundární prací účinnosti je možné stanovit až po více vypráních. Ze začátku se narušuje struktura vláknů, která následně podporuje vznik krystalizačních jader inkrustů. Při dalších praních se počet úsad a inkrustů zvyšuje a po více jak desátém praní jsou již inkrusty pozorovatelné. Experimentální část této práce se zabývá sekundární účinností praní, kdy je zkoumáno množství úsad vzniklých mnohonásobným praním v tvrdé vodě. [4][5]

#### **Složení pracího prostředku a jeho vliv na účinnost praní:**

Prací prostředek je tvořen tenzidy a buildry, které musí být v optimálním poměru a koncentraci. Při dodržení těchto dvou podmínek je zabráněno tvorbě nerozpustných hořečnatých a vápenatých solí, které svým usazením na tkanině způsobují její šednutí a následně po několikanásobném praní i mechanické poškození vlivem ostrých hran vzniklých krystalů. [4][5]

### 2.2.3 Prací prostředky

Prací prostředky se nazývají detergenty. Jsou to komplexní směsi obsahující tři základní systémy: [2][6]

- Systém povrchově aktivních látek PAL – tenzidů  
zajištění dokonalého smáčení, odstranění nečistot, zabránění redepozice
- Systém aktivačních přísad  
změkčení vody (sekvestrační prostředky), zabránění redepozici (ochranné koloidy), udržení konstantního pH prací lázně
- Systém pomocných přísad  
zvýšení kvality pracího účinku, optické zjasňující prostředky (OZP), inhibitory koroze, antistatické a mikrobicidní látky, parfémy a barviva

#### 2.2.3.1 Vlastnosti pracích prostředků

Vlastnosti detergentů, které je možné vyjádřit fyzikálními jednotkami: [2][6]

- Povrchově aktivní vlastnosti
- Asociační nebo micelární vlastnosti, tvorba micel (KMK – kritická micelární koncentrace)
- Elektrické vlastnosti (elektrokinetický potenciál  $\zeta$ )

Vlastnosti detergentů, které není možné vyjádřit fyzikálními jednotkami: [2][6]

- Smáčivost
- Emulgační a suspenzační schopnost
- Antiredepoziční schopnost
- Pěnovost
- Vlastní prací a čisticí účinnost

#### 2.2.3.2 Vliv pracích prostředků na životní prostředí

Používáním pracích prostředků je vytvářen odpad, který má přímý vliv na životní prostředí. Tento odpad se dá rozdělit na tekutý a pevný. Pevnou část odpadu tvoří obalové materiály, které mohou být zrecyklovány, nebo hromaděny na skládkách a následně spalovány ve spalovnách. Tekutý odpad tvoří voda znečištěná použitými

detergenty, která je vedena do kanalizace, odkud se dostává do čističek odpadních vod. Téměř celá dávka pracího prostředku se dostane do odpadní vody, a proto je usilováno o snížení množství látek nebezpečných pro životní prostředí, které jsou obsaženy v pracích prostředcích. [6]

### **Diskutované látky v pracích prostředcích:**

➤ **Fosfáty:**

jsou biologicky rozložitelné a způsobují eutrofizaci vod - velmi obtížné čištění

○ **náhrada fosfátů:**

iontoměniče - zeolity organické komplexotvorné látky - sodná sůl kyseliny nitriloctové, kyselina citronová a její soli, EDTA [6]

➤ **Tenzidy:**

podle druhu tenzidu je vykazována různá míra toxicity dělení na měkké, odbouratelné a tvrdé tenzidy většina dnes používaných tenzidů v pracích prostředcích je biologicky odbouratelná [6]

➤ **Perboritany:**

jsou často pro svou vysokou toxicitu nahrazeny nerozpustným boritanem sodným, který vykazuje zanedbatelnou toxicitu [6]

### 2.3 Tvrdá voda a problémy, které způsobuje

Voda s vysokým obsahem minerálů, především vápenatých a hořečnatých, ale také železitých a jiných iontů, je běžně označována jako tvrdá voda. Přesná tvrdost je stanovena jako obsah uhličitanu vápenatého rozpuštěného ve vodě. Obvykle se tvrdost udává v tzv. Německých stupních (°dH), kdy 1°dH odpovídá 10 mg oxidu vápenatého v 1 litru vody. Rozdělení tvrdosti je uvedeno v tabulce 3. [4][8]

**Tabulka 3 Charakteristika tvrdosti vody [4]**

Stupeň tvrdosti [°dH]	$c = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ [mmol/l]	Charakter vody
0 - 4	do 0,7	velmi měkká voda
4 - 8	do 1,4	měkká voda
8 - 12	do 2,1	středně tvrdá voda
12 - 18	do 3,2	poměrně tvrdá voda
18 - 30	do 5,3	tvrdá voda
přes 30	nad 5,3	velmi tvrdá voda

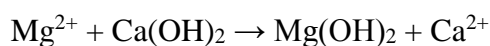
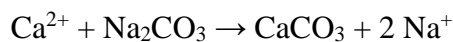
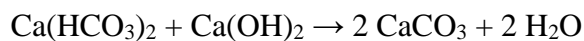
Problematika tvrdé vody v textilním průmyslu spočívá v tvorbě nerozpustných sloučenin a následném usazování těchto sloučenin na tkaninách a strojních zařízeních. To vede ke zhoršení stavu textilie, obtížné barvitelnosti, srážení mýdel, snížení účinnosti textilních pomocných prostředků, tvorbě kotelního kamene a dalším problémům.

Ve snaze eliminovat tyto nežádoucí projevy zapříčiněné vysokou tvrdostí vody se tato voda předem upravuje. Těmito úpravám se říká změkčování vody a použitým chemikáliím sekvestrační prostředky. [4][8]

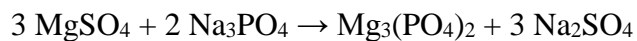
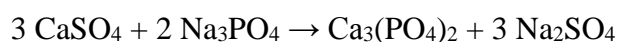
### 2.3.1 Možnosti měkčení vody

Měkčení vody lze provádět více způsoby: [5]

- převedení rozpustných vápenatých a hořečnatých solí pomocí sody a vápna na nerozpustné

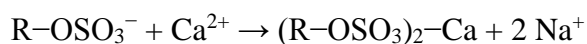


- vysrážení rozpustných solí pomocí fosforečnanu sodného



- záměna  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  iontů za  $\text{Na}^+$  nebo  $\text{H}^+$  pomocí iontoměníčů  
 $\text{katex}-(\text{Na})_2 + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{katex} = \text{Ca} + 2 \text{Na}^+$

- disociace alkylsíranů a sodných solí sulfokyselin ve vodných roztocích s následnou reakcí s ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  za vzniku rozpustných vápenatých a hořečnatých solí  $\text{R-OSO}_3\text{Na} \leftrightarrow \text{R-OSO}_3^- + \text{Na}^+$



- tvorba komplexů s ionty kovů pomocí sekvestračních prostředků (viz kapitola 2.4)

## 2.4 Sekvestrační prostředky

Sekvestrační prostředky jsou prostředky pro změkčování vody. To je zapříčiněno navázáním vápenatých a hořečnatých iontů na sekvestrant za vzniku komplexních sloučenin. Kromě schopnosti změkčovat tvrdou vodu vykazují tyto prostředky i další užitečné vlastnosti:

- dispergační účinky: zpomalení usazení pevných částic a vzniku sraženin
- prahový efekt (threshold efekt): sekvestrační účinnost i při nižším obsahu sekvestrantu, než je jeho stechiometrické množství
- rozpouštění již vzniklé sraženiny nebo její převedení do koloidně rozptýlené formy
- protikrystalizační účinky

Sekvestrační prostředky mohou být rozděleny vzhledem k jejich ekologické zátěži pro životní prostředí na základní a biologicky odbouratelné. Stanovení biologické odbouratelnosti je přesně definováno předpisy OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj). [5]

### 2.4.1 Základní sekvestrační prostředky

#### 2.4.1.1 Kondenzované polyfosfáty (polyfosforečnany)

Difosforečnan tetrasodný  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (SDP) a trifosforečnan pentasodný  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  (STP) vykazují dobrý sekvestrační účinek proti  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  a iontům těžkých kovů. Jsou ekologicky závadné. [5]

#### 2.4.1.2 Aminopolykarboxyláty

Aminopolykarboxylové kyseliny a jejich sodné soli vykazují sekvestrační účinek proti iontům kovů alkalických zemin a většinu iontů těžkých kovů ve slabě kyselém až slabě alkalickém prostředí. Jsou ekologicky nezávadné. [5]



### **2.4.1.3 Hydroxykarboxyláty a alkanoaminy**

Mají slabý sekvestrační účinek s  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , ale vytváří výrazně stabilní komplexy s ionty těžkých kovů, zejména v alkalické oblasti. Účinnost je silně závislá na změnách teploty a pH, jsou omezeně stálé vůči oxidaci. Netoxické. [5]

### **2.4.1.4 Polykarboxyláty**

Polymery kyseliny akrylové a jejich derivátů, polymery kyseliny maleinové a jejich derivátů, kopolymery kyseliny maleinové a akrylové, nebo polyoxymethylkarboxylové kyseliny jsou obecně označovány jako polykarboxyláty. Vykazují vysoký sekvestrační účinek vůči  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  a iontům těžkých kovů a zároveň dobrý dispergační účinek vůči špíně a usazeninám. Jsou ekologicky nezávadné, ale špatně biologicky odbouratelné z odpadních vod, což vede k hromadění v čistírenských kalech. [5]

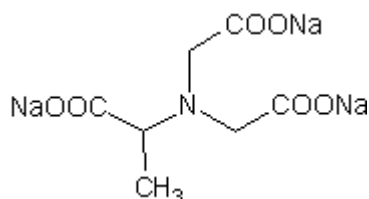
### **2.4.1.5 Fosfonáty (polyaminofosfáty a polyhydroxyfosfáty)**

Fosfonáty jsou deriváty fosfonových kyselin a jejich solí. Mají vysoký sekvestrační účinek vůči  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  a  $Fe^{3+}$ , vysokou dispergační schopnost a dobrou účinnost při nízkých i vysokých teplotách a v silně alkalických a oxidačních lázních. Nejsou biologicky odbouratelné, ale jsou odstranitelné v čističkách odpadních vod. [5]

## 2.4.2 Biologicky odbouratelné sekvestrační prostředky – nové trendy

### 2.4.2.1 Trilon M (BASF)

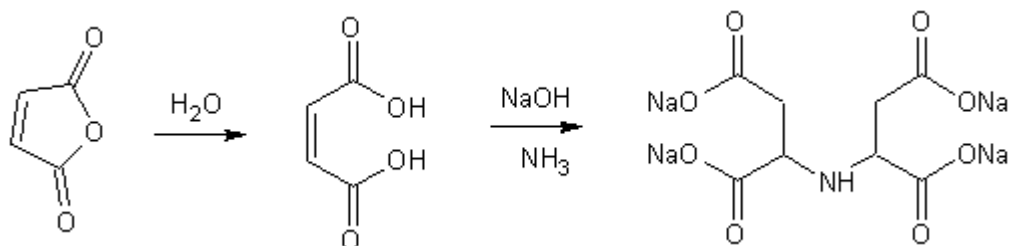
Trilon M je účinný sekvestrační prostředek. Skládá se z kyseliny methylglycindiocetové ( $H_3MGDA$ ) a její trisodné soli ( $Na_3MGDA$ ). V porovnání s jinými biologicky odbouratelnými sekvestranty se v alkalickém prostředí vyznačuje vysokou stabilitou i za vysokých teplot. Vytváří stabilní komplexy s  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  a  $Fe^{3+}$ .



Komerčně je Trilon M dostupný ve formě granulí, prášku a kapaliny. Je používán primárně v detergitech a čistících prostředcích jako náhrada fosfátů a EDTA. [9][10]

### 2.4.2.2 Iminodisukcinát tetrasodný (LANXESS)

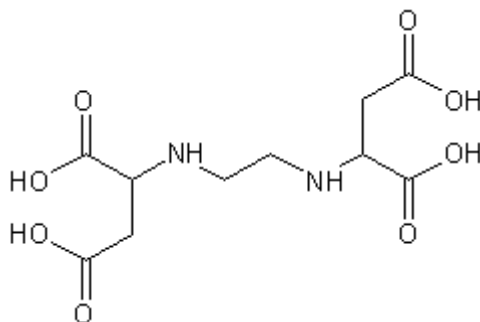
Iminodisukcinát tetrasodný je biologicky rychle odbouratelný sekvestrační prostředek. Vytváří pevné komplexy s  $Ca^{2+}$  a dobře váže ionty těžkých kovů. Připravuje se z anhydridu kyseliny maleinové dle reakce:



Iminodisukcinát tetrasodný je dostupný ve formě granulí, prášku a kapaliny. [10][11]

### 2.4.2.3 Ethylendiamin-N,N'-dijantarová kyselina (Innospec)

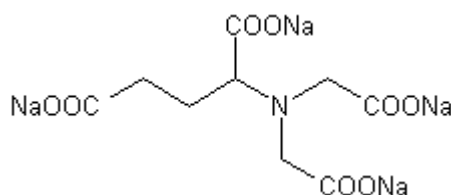
Ethylendiamin-N,N'-dijantarová kyselina (EDDS) je biologicky rozložitelný sekvestrační prostředek, který váže ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ . Má nižší sekvestrační účinek než ethylendiamintetraoctová kyselina (EDTA), ale pro svou nízkou toxicitu je její vhodnou alternativou.



EDDS je komerčně dostupná jako trisodná sůl ve formě bílých krystalů. [10][12]

### 2.4.2.4 N,N-bis(karboxymethyl)-L-glutamát tetrasodný (AkzoNobel)

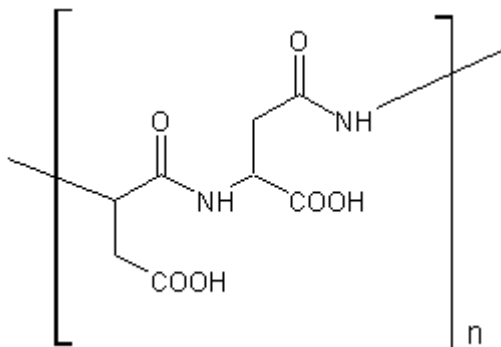
N,N-bis(karboxymethyl)-L-glutamát tetrasodný (GLDA- $\text{Na}_4$ , Dissolvine GL) je dobře odbouratelný sekvestrační prostředek. Je připravován převážně z přírodních a obnovitelných surovin a více jak 60% GLDA- $\text{Na}_4$  degraduje do 28 dnů. Jeho sekvestrační účinek je srovnatelný s EDTA a NTA?? Díky svým vlastnostem je vhodnou alternativou k EDTA, NTA, fosfátům a fosfonátům. [10][13]



### 2.4.2.5 Polyasparagová kyselina a její deriváty (LANXESS)

Polyasparagová kyselina (PAA) je polymerní biodegradabilní sekvestrační prostředek rozpustný ve vodě. Výchozí látkou pro přípravu PAA a jejích solí je převážně maleinanhydrid. Příkladem přípravy může být tepelná polymerace maleinanhydridu v přítomnosti amoniaku na polysukcinimid, který je následně

alkalicky hydrolyzován na výsledný produkt - sodnou sůl kyseliny polyasparagové, neboli polyaspartát sodný, který vytváří stabilní vazby s ionty těžkých kovů a méně pevné vazby s  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Mn}^{2+}$  ionty. Využívá se v čisticích prostředcích a detergitech. [10][11]

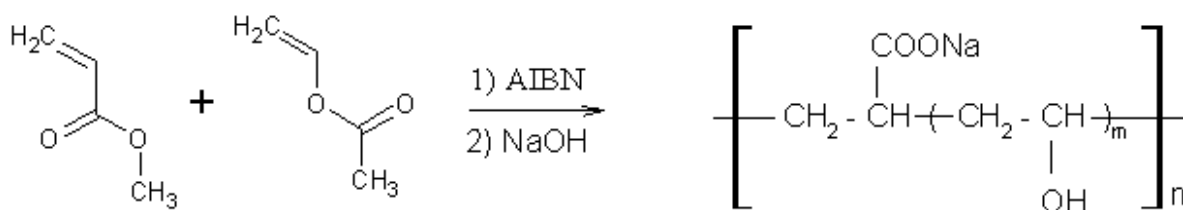


- **Kopolymery kyseliny polyasparagové**

Kopolymery kyseliny polyasparagové jsou s výhodou využívány při vysokém obsahu  $\text{Ca}^{2+}$  iontů ve vodě. Příkladem běžných kopolymerů jsou například kyselina polyasparagová/kyselina citronová, kyselina polyasparagová/kyselina jantarová nebo roubovaný kopolymer kyselina polyasparagová/kyselina aminobenzensulfonová.[14][15]

- **Kopolymery obsahující vinylalkohol popř. vinylacetát**

Polyvinylalkohol je vodorozpustný polymer, který svou přítomností v kopolymeru umožňuje jeho biologickou odbouratelnost. S rostoucím množstvím vinylalkoholu roste biodegradabilita, ale klesá sekvestrační kapacita daného kopolymeru. Příkladem biologicky odbouratelného kopolymeru může být kyselina akrylová/maleinanhydrid/vinylacetát, který je využíván jako sekvestrační a dispergační prostředek, popřípadě v kombinaci s hořečnatými solemi jako stabilizátor peroxidu vodíku v bělicí lázni. [16][17][21]



#### **2.4.2.6 Sekvestrační prostředky na bázi monosacharidů nebo polysacharidů**

Výhodou těchto sekvestračních prostředků je jejich biologická odbouratelnost a možnost využití surovin z obnovitelných zdrojů.

- **Sekvestrační prostředky na bázi oxidovaných polysacharidů**

Oxidací škrobu nebo derivátů polysacharidů chlornanem, chloritanem sodným nebo kyselinou jodistou lze získat polymerní sekvestrační prostředky obsahující karboxylové skupiny. Studie zabývající se problematikou enzymatické odbouratelnosti polykarboxylových kyselin pomocí enzymu  $\alpha$ -amylázy prokázala, že spolu s klesajícím množstvím glukopyranosových jednotek klesá biologická odbouratelnost. [19][21]

- **Kopolymery kyseliny akrylové s monosacharidy**

Kopolymery kyseliny akrylové s monosacharidy jsou biodegradabilní sekvestrační a dispergační prostředky. Jako monosacharid je nejčastěji využívána glukosa ve formě endiolu. [21]

- **Roubované oligosacharidy a polysacharidy**

Pro roubování oligosacharidů a polysacharidů jsou používány nenasycené monomery, například kyselina akrylová, methakrylová, maleinová, fumarová atd. Příklad kyselina akrylová - dextrin se vyznačuje dobrou sekvestrační kapacitou. Díky sacharidové části jsou tyto kopolymery snáze odbouratelné než klasické kopolymery kyseliny akrylové. [20][21]

### 2.4.3 Biologicky odbouratelné chelatační tenzidy

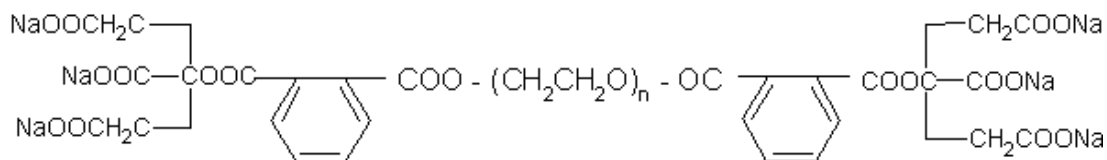
Chelatačními, neboli samosekvestrujícími tenzidy jsou označovány látky, které se vyznačují vlastnostmi tenzidů i sekvestračních prostředků. Vzhledem k jejich využití při výrobě čistících a pracích prostředků je soustředěn důraz na jejich biologickou odbouratelnost.

Tenzidy jsou povrchově aktivní organické sloučeniny. Vlastností tenzidů je schopnost snížit povrchové napětí kapaliny díky rozdílné polaritě svého řetězce, kdy jedna část je polární, tedy hydrofilní a druhá část je nepolární - hydrofobní.

Sekvestrační prostředky jsou látky schopné na sebe vázat ionty kovů a vytvořit s nimi komplexní sloučeninu.[7]

#### 2.4.3.1 Syntéza z ftalanhydridu, citronové kyseliny a polyethylenglykolu

Dvoukrokovou syntézou ftalanhydridu, citronové kyseliny a polyethylenglykolu je získána sloučenina s výbornou samosekvestrující účinností, dispergační schopností lepší než u klasických sekvestrantů a malou pěnivostí. Produkt syntézy:



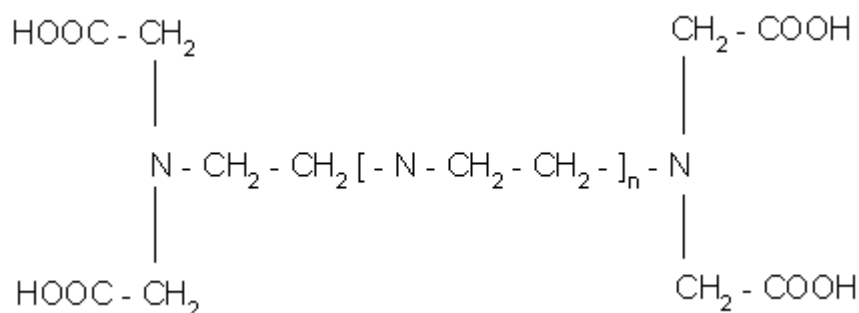
Prvním krokem je katalyzovaná reakce ftalanhydridu s polyethylenglykolem. Reakce probíhá za zvýšené teploty při 240 až 250 °C. Druhým krokem je reakce získaného produktu z první části s kyselinou citronovou za teploty 180°C a odvodu vznikající vody pro ustálení rovnováhy ve prospěch produktu.

Karboxylové skupiny a polyethylenový řetězec vykazují hydrofilní chování a zbytek aromatického kruhu hydrofobní chování. [22]

### 2.4.3.2 Amidace kyseliny alkylaminem

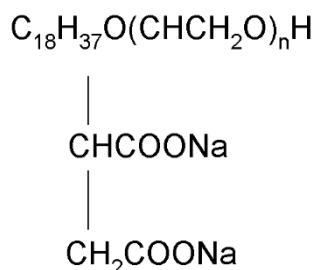
Amidy polyaminopolykarboxylových kyselin se vyznačují dobrým pracím účinkem, odmašťovacími a antiredepozičními schopnostmi. Dále vykazují dobrou detergenční účinnost a zabraňují tvorbě úsad.

Syntéza těchto produktů probíhá odlišným způsobem, než je obvyklé. Na rozdíl od běžné výroby amidů, kdy působí volné aminy na karboxylové kyseliny, se tato provádí jako amidace kyseliny alkylaminem obsahujícím 8 až 22 atomů uhlíku při 180 °C v prostředí glykolů nebo glykoletherů (s bodem varu nad 170 °C). Získaný produkt se hydrolyzuje 5 -10 % roztokem alkalického hydroxidu při 50 -180 °C. Tato metoda přináší vysoký výtěžek produktu s minimálním množstvím nežádoucích amidů. [23]



### 2.4.3.3 Syntéza z kyseliny fumarové s polyoxyethylenovaným stearyletherem

Produktem syntézy kyseliny fumarové s polyoxyethylenovaným stearyletherem jsou chelatační tenzidy s vynikající samoseskvetrační účinností, dobrou smáčivostí a malou pěnivostí.



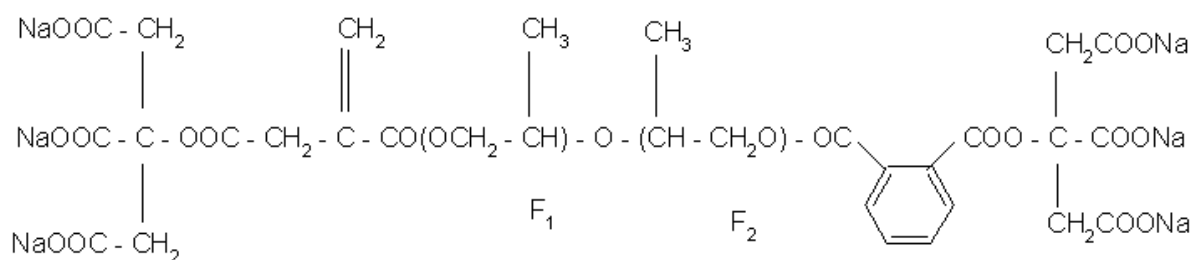
(kde  $n = 7, 15, 20, 30$ )

Výroba probíhá dvoukrokově. V prvním kroku reaguje kyselina fumarová s polyoxyethylenovaným stearyletherem. Dalším krokem je neutralizace vzniklého produktu roztokem hydroxidu sodného.

Oxyethylenované řetězce nabývají velikosti do 30 opakujících se jednotek. Více jednotek by mělo za následek snížení povrchové aktivity v důvodu zvýšení hydrofility řetězce. Hydrofilní částí sloučeniny je ethylenoxid a neutralizované karboxylové skupiny a hydrofobní část tvoří alifatická skupina. [24]

#### 2.4.3.4 Syntéza z kyseliny itakonové, ftalanhydridu, kyseliny citronové a oxypropylenovaných diolů

Syntézou kyseliny itakonové, ftalanhydridu, kyseliny citronové, oxypropylenovaného 1,4-butandiolu a 1,6-propandiolu se získá samosekvestrující tenzid. Syntéza probíhá dvoukrokově. V prvním kroku dochází k reakci ftalanhydridu s kyselinou itakonovou a oxypropylenovanými dioly při teplotě 240 – 280 °C. V druhém kroku se získaný produkt z první části nechá reagovat s kyselinou citronovou při teplotě 180 °C. Pro ustanovení rovnováhy ve prospěch produktů se z reakce odebírá voda. [27]



#### 2.4.3.5 Syntéza chelatačních tenzidů z cukrů (oktyl D-glukosidů) vázajících Fe<sup>3+</sup>

Syntéza samosekvestrujících tenzidů z oktyl D-glukosidů je víceukrová reakce. Základní jednotkou je zde alkyglukosid, jehož primární hydroxylová skupina je nahrazena chelatační skupinou. Alkylový řetězec na glukosidu je syntetizován z pentaacetátu pod mikrovlnným zářením, které zajišťuje krátký reakční čas a vysoké výtěžky. Tyto sloučeniny tvoří pevné vazby s železitými ionty. [25]

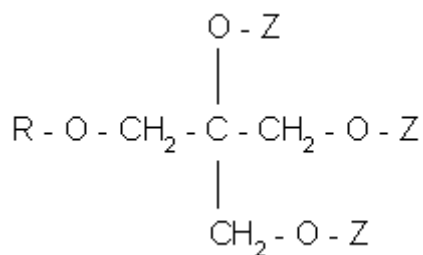


#### 2.4.3.6 Syntéza chelatačních tenzidů z cukrů vázajících Ca<sup>2+</sup>

Základní látkou pro syntézu tohoto druhu chelatačních tenzidů jsou deriváty oktyl glukosidu. Vzhledem k nízké chelatační schopnosti samotného glukopyranosidu, jsou po oxidaci uhlíku C-6 do jeho struktury zaváděny komplexotvorné skupiny na bázi aminokyselin (např. glycin, glutamová a asparagová kyselina) nebo hydroxylaminů. Bylo prokázáno, že oktylový řetězec je nejlepším kompromisem mezi povrchovou aktivitou a rozpustností ve vodě daného samosekvestrujícího tenzidu. [26]

#### 2.4.3.7 Další potenciální samosekvestrující tenzidy

Dalším možným způsobem pro získání nových druhů samosekvestrujících tenzidů je zabudování samosekvestrující molekuly tenzidu do směsi detergentu. Vodorozpustná sůl zabírá 5 hm. %.



Kde Z je CH<sub>2</sub> - COO - Me<sup>n+</sup> karboxymethylová skupina, kde Me<sup>n+</sup> může být Na, K, NH kvarterní iont a jejich kombinace. Další Z skupiny mohou být stejné, nebo se mohou lišit. Tento vodorozpustný samosekvestrující tenzid je dobře kombinovatelný i s jinými sekvestračními prostředky. [28]

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – MODELOVÉ PRANÍ

#### 3.1 Seznam přístrojů

Ahiba Nuance Top Speed II B (Datacolor, USA)

Analytické váhy Kern 770

Laboratorní váhy Kern KB

Digitální pH metr

#### 3.2 Seznam chemikálií

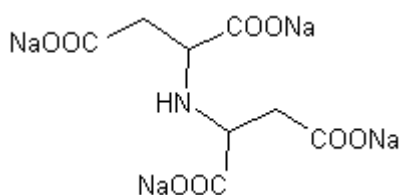
Amoniak, vodný roztok 25% ( $\text{NH}_3 + \text{aq}$ )	Lach-Ner, s.r.o., Neratovice
Disodná sůl N - dodecyl asparagové kyseliny	připravené na UCHTML
Eriochromová čerň T ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{NaO}_7\text{S}$ )	Lachema n.p. Brno
Glycin + maleinanhydrid (1:2)	připravené na UCHTML
Hydroxid sodný (NaOH)	Lach-Ner, s.r.o., Neratovice
Hexahydrát chloridu hořečnatého ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ )	Lach-Ner, s.r.o., Neratovice
Hexahydrát chloridu vápenatého ( $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ )	Lachema, a.s. Brno
Chelaton III (13,270 g/l)	Lachema, a.s. Brno
Chlorid amonný ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	Lachema, a.s. Brno
Itaconix DSP 2K	Itaconix
Karboxymethylcelulosa (KMC)	Blanose Refined CMC by Hercules Incorporated
Kyselina chlorovodíková (HCl)	Lach-Ner, s.r.o., Neratovice
L-asparagová kyselina + maleinanhydrid (1:1)	připravené na UCHTML
L-asparagová kyselina + maleinanhydrid (1:2)	připravené na UCHTML

Síran sodný, bezvodý ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )	Lachema, a.s. Brno
Sokalan CP 45	BASF
Tetrasodná sůl N - (dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny	připravené na UCHTML
Trilon M	BASF
Uhličitan sodný, bezvodý ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	Lachema, a.s. Brno
Vodní sklo, tech. (vodný roztok $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )	Lakmal Verneřice, s.r.o

### 3.3 Složení vývojových vzorků

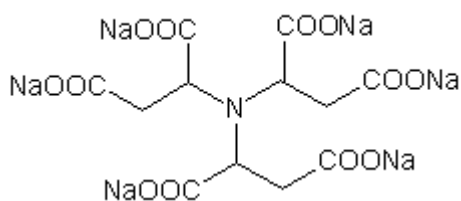
Vzorky byly připraveny reakcí vhodné aminosloučeniny a maleinanhydridu a to v poměru 1:1 nebo 1:2. U jednotlivých vzorků je uvedena hodnota sekvestrační kapacity  $S = [\text{mg Ca}^{2+}/\text{g}]$  měřená při  $\text{pH} = 11$  a teplotě  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Pro porovnání účinnosti byly použity také komerční sekvestrační prostředky Itaconix, Sokalan CP-45 a Trilon M.

#### 3.3.1 VSP 1 L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:1



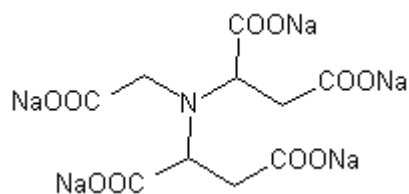
$$S = 169,34 \text{ mg Ca}^{2+}/\text{g}$$

#### 3.3.2 VSP 2 L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:2



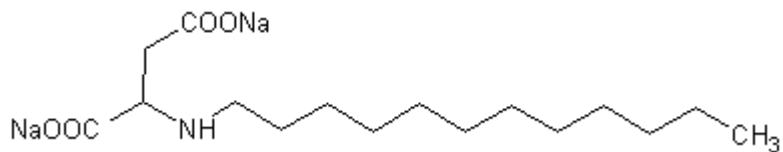
$$S = 88,40 \text{ mg Ca}^{2+}/\text{g}$$

#### 3.3.3 VSP 3 Glycin + maleinanhydrid 1:2



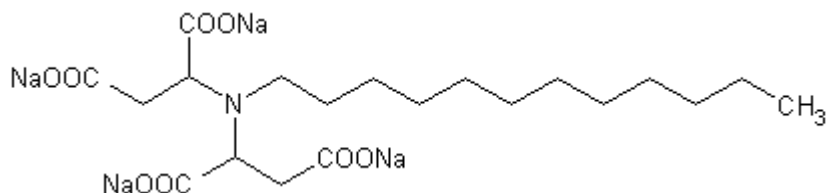
$$S = 63,30 \text{ mg Ca}^{2+}/\text{g}$$

### 3.3.4 VCHT 1 Disodná sůl N – dodecyl asparagové kyseliny



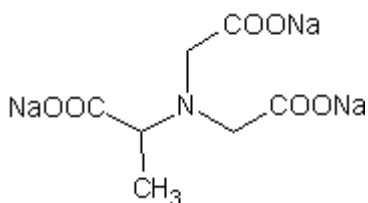
S = 9,26 mg Ca<sup>2+</sup>/g

### 3.3.5 VCHT 2 Tetrasodná sůl N-(dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny



S = 9,27 mg Ca<sup>2+</sup>/g

### 3.3.6 Trilon M (firma BASF)



S = 140,8 mg Ca<sup>2+</sup>/g

### 3.3.7 Itaconix

S = 182,7 mg Ca<sup>2+</sup>/g

### 3.3.8 Sokalan CP 45

S = 215,8 mg Ca<sup>2+</sup>/g

### 3.4 Postup práce

#### 3.4.1 Příprava tkaniny

Předupravené bavlněné plátno bylo nastříháno na 15 vzorků o hmotnosti přibližně 20 g/vzorek. Každý vzorek byl označen číslem. Přiřazené číslování náleželo dané prací lázni.

#### 3.4.2 Příprava roztoků

##### ➤ Příprava titračního roztoku Chelatonu III

Navážka 13,270 g Chelatonu III byla rozpuštěna a v odměrné baňce (1 l) doplněna po rysku destilovanou vodou. (1 ml tohoto roztoku odpovídá 2 mg CaO)

##### ➤ Příprava 0,1 M roztoku MgCl<sub>2</sub>

Navážka 20,33 g MgCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O p.a. byla rozpuštěna a v odměrné baňce (1 l) doplněna po rysku destilovanou vodou.

##### ➤ Příprava tlumivého roztoku

V destilované vodě bylo rozpuštěno 8,92 g NH<sub>4</sub>Cl a následně bylo přidáno 62 ml amoniaku p.a. hustoty 0,91. K získanému roztoku se připustilo z byrety přesně 56 ml titračního roztoku Chelatonu III. Poté bylo přimícháno 20 ml 0,1 M roztoku MgCl<sub>2</sub>. Výsledný roztok byl v odměrné baňce (1 l) doplněn po rysku destilovanou vodou. Takto připravený roztok měl hodnotu pH = 10.

##### ➤ Příprava tvrdé vody

V destilované vodě bylo rozpuštěno 8,593 g CaCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O. Roztok byl převeden do zásobní lahve a doplněn na 10 litrů destilovanou vodou.

- Výpočet navážky a ověření tvrdosti

#### Výpočet navážky CaCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O pro přípravu 22 °dH vody

1 °dH . . . 10 mg CaO v 1 l vody

1 °dH . . . 39,06 mg CaCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O v 1 l vody

22 °dH . . . 0,8593 g CaCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O v 1 l vody

**22 °dH . . . 8,5930 g CaCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O v 10 l vody**

## Ověření tvrdosti

Do titrační baňky bylo odměřeno 200 ml připravené tvrdé vody, 10 ml tlumivého roztoku a přisypáno na špičku nože eriochromové černě. Vzniklý roztok byl titrován roztokem Chelatonu III z vínově červené do čistě modré barvy. Spotřeba odměrného roztoku v mililitrech udává počet stupňů tvrdosti daného vzorku vody. Zkouška byla provedena třikrát a výsledné hodnoty zprůměrovány pro objektivní výsledek.

### **3.4.3 Příprava prací lázně**

Prací lázeň byla složena z modelového detergentu a tvrdé vody. Délka lázně byla stanovena 1 : 10 (1 kg tkaniny/10 l vody), tedy pro 20 g textilie bylo použito 200 ml tvrdé vody.

#### **3.4.3.1 Složení pracího prostředku – modelového detergentu**

3 %	vodní sklo
1 %	KMC
12 %	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
19 %	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
65 %	Vývojový vzorek

#### **3.4.3.2 Příprava modelového detergentu (při sušině 30%)**

V kádince bylo smícháno 9 g vodního skla, 3 g karboxymethylcelulosity, 36 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a 57 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Do 105 g výsledné směsi bylo přidáno 245 g destilované vody.

Dávkování pracího prostředku bylo stanoveno na 1,4 g MD/200 ml vody, kdy 65 % (0,91 g) MD bylo tvořeno vývojovým vzorkem a 35 % (0,49 g) detergentem při sušině 30 %.

$$0,49 \text{ g} \dots\dots 30 \%$$

$$\underline{x \text{ g} \dots\dots\dots 100 \%$$

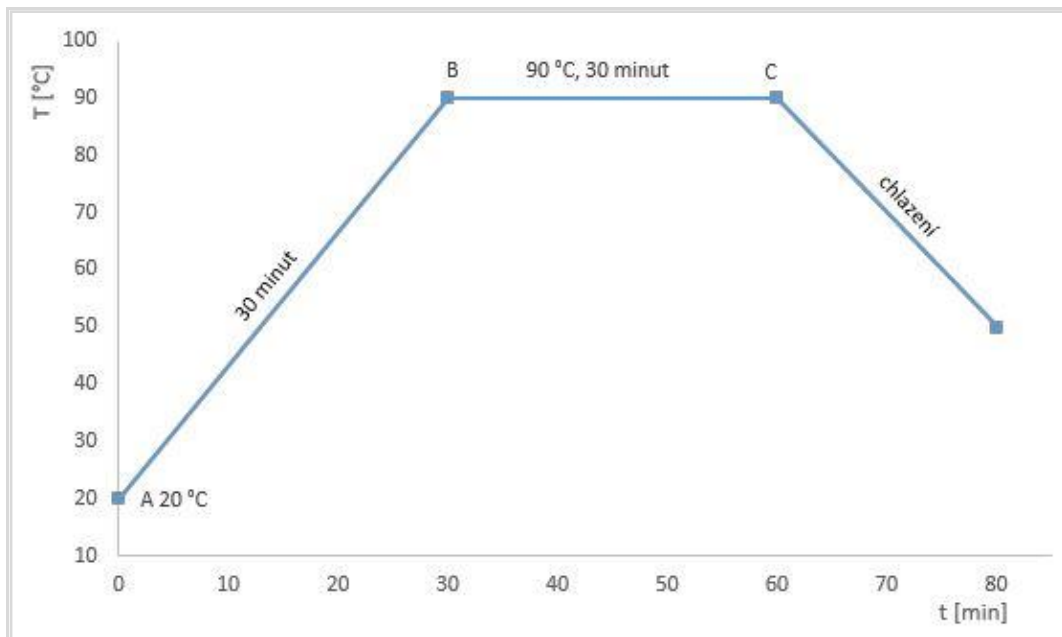
$$x = 1,63 \text{ g detergentu}$$

### 3.4.4 Vlastní praní

Do každé ampule bylo dávkováno 1,63 g detergentu, 0,91 g vývojového vzorku a 200 ml vody. Do připravených roztoků byly vloženy příslušné vzorky tkanin. Připravené ampule byly pečlivě uzavřeny a vloženy do aparátu Ahiba Nuance Top Speed II B, kde probíhalo vlastní praní podle přednastavených podmínek. Časově-teplotní závislost celého pracího procesu je znázorněna v obrázku 2.

Praní probíhalo ve třech krocích:

- **ohřev** prací lázně z 20 °C na 90 °C po dobu 30 minut
- **vlastní praní** při 90 °C po dobu 30 minut
- **chlazení** z 90 °C na 50 °C po dobu 20 minut



Obrázek 2 Časově-teplotní diagram praní

Po vyjmutí tkaniny z prací lázně byl každý vzorek řádně oplachován nejdříve v teplé vodě, následně pak několikrát v destilované vodě a usušen na vzduchu. Celý proces byl opakován dvacetkrát.



**Tabulka 4 Složení prací lázně**

Složení prací lázně	
číslo vzorku	složení
1	Destilovaná voda + modelový detergent (MD)
2	Tvrdá voda (TV) + modelový detergent
3	Tvrdá voda + modelový detergent + Trilon M
4	Tvrdá voda + modelový detergent + Itaconix DSP 2K
5	TV + MD + L-asparagová kyselina a maleinanhydrid 1:1 (VSP 1)
6	TV + MD + L-asparagová kyselina a maleinanhydrid 1:2 (VSP 2)
7	TV + MD + glycin a maleinanhydrid 1:2 (VSP 3)
8	TV + MD + disodná sůl N – dodecyl asparagové kyseliny (VCHT 1)
9	TV + MD + tetrasodná sůl N – (dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny (VCHT 2)
10	Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + VSP 1
11	Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + VSP 1
12	Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + Trilon M
13	Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + Trilon M
14	Tvrdá voda + modelový detergent + Sokalan CP 45
15	Tvrdá voda + komerční prací prostředek

### 3.4.5 Stanovení obsahu popela

Každý vzorek vyprané tkaniny byl nastříhán na malé kousky a přesně zvážen v předem vyžíhaném platinovém kelímku. Následně byl vzorek spálen na popel a po vychladnutí v exsikátoru byl tento popel přesně zvážen.

Obsah popela v procentech byl vypočítán ze vztahu:

$$\% = (m_{\text{popel}} / m_{\text{tkanina}}) \cdot 100 \quad (1)$$

### 3.4.6 Stanovení obsahu $\text{Ca}^{2+}$ iontů titrační metodou

Po zvážení popela byl obsah kelímku přelit 2 ml koncentrované HCl a nechal se 15 minut stát. Následně byl obsah přelit horkou destilovanou vodou, filtrován přes skládaný filtr (modrá páska) a promýván dalšími asi 150 ml horké destilované vody. Po zfiltrování byl získaný filtrát neutralizován 1M roztokem NaOH na pH 4 až 6. Poté byl celý obsah kvantitativně převeden do odměrné baňky (250 ml) a doplněn po rysku destilovanou vodou. 25 ml vzniklého roztoku bylo odpipetováno do titrační baňky, k tomu se přidaly 2 ml tlumivého roztoku a eriochromová čerň T s NaCl (1:100). Titrovalo se roztokem chelatonu z vínově červeného do modrého zbarvení. Takto byly stanoveny vzorky 1 až 3. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.

#### ➤ Výpočet obsahu $\text{Ca}^{2+}$ v popelu

$$m_{\text{CaO}} = V \cdot Z \cdot n \quad (2)$$

$m_{\text{CaO}}$  . . . množství oxidu vápenatého [ml]

$V$  . . . spotřeba Chelatonu III (13,270 g/l) [ml]

$Z$  . . . zředovací faktor [250 ml / 25 ml]

$n$  . . . 2 mg CaO, které odpovídají 1 ml Chelatonu III (13,270 g/l)

➤ **Výpočet množství vápníku ve vzorku**

$$m_{\text{Ca}^{2+}} = m_{\text{CaO}} \cdot f \quad (3)$$

$m_{\text{Ca}^{2+}}$  . . . množství vápníku [mg]

$m_{\text{CaO}}$  . . . množství oxidu vápenatého [mg]

$f$  . . . přepočítávací faktor CaO na  $\text{Ca}^{2+}$  (v tomto případě 0,7147)

➤ **Výpočet množství vápníku v g/1 kg textilie**

množství vápníku ve vzorku [g] . . . . . hmotnost bavlny před spálením

x [g] . . . . . 1000 g textilie

### **3.4.7 Stanovení obsahu vápníku optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem**

Pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem byl zjištěn obsah vápníku u vzorků 4 až 15. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.

## 4 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 4.1 Vlastnosti prací lázně

Vzhledem k faktu, že sekvestrační kapacita je závislá na teplotě a pH, bylo před praním provedeno měření pH pracích lázní. Výsledné hodnoty pH jednotlivých lázní jsou uvedeny v tabulce 5. U většiny pracích lázní se hodnoty pH pohybovaly v alkalické oblasti kolem pH = 11. Výjimkou byly dva vzorky – Itaconix DSP-2K s hodnotou pH = 7,87 a Sokalan CP 45, jehož pH bylo 6,15.

**Tabulka 5 Hodnoty pH roztoků vzorků**

číslo vzorku	hodnota pH	číslo vzorku	hodnota pH	číslo vzorku	hodnota pH
1	10,65	6	10,81	11	10,81
2	10,56	7	10,51	12	11,06
3	11,06	8	11,01	13	10,86
4	7,87	9	10,64	14	6,15
5	10,98	10	11,01	15	10,57

**Legenda: číslo vzorku – složení prací lázně (platí pro tabulky 5 a 6)**

- 1 – destilovaná voda + modelový detergent
- 2 – tvrdá voda (TV) + modelový detergent (MD)
- 3 – tvrdá voda + modelový detergent + Trilon M
- 4 – tvrdá voda + modelový detergent + Itaconix DSP 2K
- 5 – TV + modelový detergent + VSP 1 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:1)
- 6 – TV + modelový detergent + VSP 2 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:2)
- 7 – TV + modelový detergent + VSP 3 (glycin + maleinanhydrid 1:2)
- 8 – TV + modelový detergent + VCHT 1 (disodná sůl N-dodecyl asparagové kyseliny)
- 9 – TV + MD + VCHT 2 (tetrasodná sůl N-(dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny)
- 10 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + VSP 1
- 11 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + VSP 1
- 12 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + Trilon M
- 13 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + Trilon M
- 14 – tvrdá voda + modelový detergent + Sokalan CP 45
- 15 – tvrdá voda + komerční prací prostředek

Prací prostředky mohou být pěňivé a nepěňivé. Při sledování primární účinnosti praní mohou pěňivost a zákal prací lázně významnou měrou ovlivňovat výsledný vzhled prané textilie (viz tabulka 6) Pěňivost ovlivňuje redepozici, neboli zpěťné usazování nečistot z prací lázně, na textili. Zakalení prací lázně může ovlivňovat výsledné zabarvení tkaniny. Tato práce se zaměňuje na sekundární účinnost praní. Pěňivost a zákal praní byly ohodnoceny a popsány subjektivně pro získání dalších informací o testovaných prostředcích.

**Tabulka 6 Pěňivost a zákal roztoků**

číslo vzorku	pěňivost před praním	pěňivost po praní	zákal roztoku
1	nepěňivý	nepěňivý	čirý
2	nepěňivý	nepěňivý	zakalený
3	nepěňivý	nepěňivý	čirý
4	nepěňivý	nepěňivý	čirý
5	nepěňivý	nepěňivý	čirý
6	nepěňivý	nepěňivý	čirý
7	nepěňivý	nepěňivý	čirý
8	pěňivý	pěňivý	zakalený
9	pěňivý	pěňivý	zakalený
10	pěňivý	pěňivý	zakalený
11	mírně pěňivý	mírně pěňivý	zakalený
12	pěňivý	pěňivý	zakalený
13	pěňivý	pěňivý	zakalený
14	nepěňivý	nepěňivý	čirý
15	mírně pěňivý	pěňivý	zakalený

## 4.2 Stanovení obsahu popela a množství vápníku

Stanovení obsahu popela a množství vápníku patří mezi metody používané pro hodnocení vlastností sekvestračních prostředků. Spalování jednotlivých vzorků tkanin a zjištění obsahu vápníku následuje po modelovém praní.

Pro modelové praní bylo použito po dvaceti gramech předupravené bavlněné tkaniny. Vlastní praní probíhalo při 90 °C po dobu 30 minut ve vodě o tvrdosti 22 °dH. Praní bylo opakováno dvacetkrát (viz kapitola 3.4.4).

Z výsledků je patrné, že množství popela a obsah vápníku spolu přímo souvisí, přičemž platí, že se zvyšujícím se množstvím popela stoupá obsah vápníku (viz obrázek 3).

Při praní v tvrdé vodě vznikají na textilií anorganické úsady, jejichž množství závisí na vlastnostech a účinnosti daného sekvestračního prostředku obsaženého v prací lázni, který navázáním příslušných iontů do komplexu zabraňuje jejich usazování na vláknech.

Chování jednotlivých vzorků v modelovém praní odráží i hodnotu sekvestrační kapacity  $S$ , která je uvedena v kapitolách 3.3.1 až 3.3.8. Z uvedených hodnot je možné zjistit, že čím vyšší je sekvestrační kapacita daného vzorku v prací lázni, tím nižší je obsah vápníku obsaženého po praní v dané tkanině, což je velmi dobře pozorovatelné například u použitých komerčních sekvestračních prostředků (viz kapitola 4.2.4). Pro sekvestrační kapacitu je důležitý počet karboxylových skupin obsažených v molekule sekvestračního prostředku, ale ne vždy platí, že větší počet karboxylových skupin znamená lepší sekvestrační kapacitu, což je patrné například při porovnání molekul sloučenin VSP 1 a VSP 2 (viz kapitoly 3.3.1 a 3.3.2).

Tato kapitola se zabývá porovnáním vlastností sekvestračních prostředků použitých v modelovém praní.

### 4.2.1 Destilovaná voda bez sekvestračních prostředků

Obsah vápníku stanovený pro nepranou textilií a pro textilií pranou v destilované vodě s modelovým detergentem slouží jako orientační hodnoty, na kterých je znázorněno, jaké množství vápníku je obsaženo v čisté tkanině, popřípadě jaký vliv má v prací lázni modelový detergent na výsledný obsah vápníku. Výsledné hodnoty jsou 0,2341 g  $\text{Ca}^{2+}$ /1 kg tkaniny a obsah popela 0,1 % pro nepranou bavlnu a 0,3614 g

Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a obsah popela 0,1 % pro tkaninu pranou v destilované vodě (viz tabulky 7 a 8).

#### **4.2.2 Tvrdá voda bez sekvestračních prostředků**

Pro porovnání účinnosti daných sekvestrantů byl stanoven obsah vápníku pro tkaninu pranou v tvrdé vodě pouze s modelovým detergentem bez obsahu sekvestračního prostředku s výslednou hodnotou 15,2045 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny (viz tabulka 8) a obsahem popela 3,18 % (viz tabulka 7). Tyto hodnoty byly druhé nejvyšší ze všech zkoumaných vzorků. Vyšších hodnot bylo dosaženo u komerčního pracího prostředku (viz kapitola 4.2.8).

#### **4.2.3 Vývojové sekvestrační prostředky VSP**

Z vývojových sekvestračních prostředků dosáhla nejlepších výsledků kombinace L-asparagové kyseliny s maleinanhydridem 1:1 (VSP 1) s hodnotou 0,1718 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a obsahem popela 0,05%. VSP 2 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:2) dosáhl hodnot 0,4994 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a 0,11 % popela a VSP 3 (glycin + maleinanhydrid 1:2) 11,3991 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a 1,99 % popela (viz tabulky 7 a 8).

#### **4.2.4 Komerční sekvestrační prostředky**

Mezi komerčními sekvestračními prostředky dosáhl nejlepších hodnot Sokalan CP 45 s obsahem vápníku 0,1928 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny, dále Itaconix DSP 2K s 0,2349 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a Trilon M s 0,2530 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny (viz tabulka 8). Zajímavý je fakt, že Sokalan CP 45 a Itaconix DSP 2K vykazují velmi vysokou sekvestrační kapacitu i přes nízké pH jejich roztoků (viz tabulka 5).

#### **4.2.5 Vývojové chelatační tenzidy VCHT**

Vývojové chelatační tenzidy mají výrazně nižší sekvestrační kapacitu než sekvestrační prostředky (viz kapitoly 3.3.1 až 3.3.8). Pro VCHT 1 (disodná sůl N-dodecyl asparagové kyseliny) byla naměřena hodnota 10,3169 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a pro VCHT 2 (tetrasodná sůl N-(dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny) 10,8857 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny. Hodnoty vápníku jsou tedy vyšší, než u VSP 1, VSP 2, komerčních prostředků a srovnatelné s hodnotou VSP 3, nicméně i tak došlo k poklesu hodnot naměřených u vzorku 2 – tkaniny prané v tvrdé vodě bez obsahu sekvestrantu (viz tabulka 8).

#### **4.2.6 Kombinace VCHT a VSP 1**

Z důvodu nižší sekvestrační účinnosti chelatačních tenzidů byly navrženy kombinace s klasickými sekvestračními prostředky, v tomto případě s VSP 1. Synergický účinek nebyl příliš patrný. Pro VCHT 1 + VSP 1 došlo ke zvýšení hodnoty o 0,1216 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a pro VCHT 2 + VSP 1 došlo ke snížení o 0,5688 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny (viz tabulka 8).

#### **4.2.7 Kombinace VCHT a Trilon M**

U směsi vývojových chelatačních tenzidů s Trilonem M došlo stejně jako u směsi s VSP 1 pouze k nepatrnému snížení obsahu vápníku. Pro směs VCHT 1 + Trilon M došlo ke snížení obsahu vápníku o 0,6269 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a pro VCHT 2 + Trilon M došlo ke snížení o 1,1451 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny. Z těchto údajů vyplývá, že kombinace VCHT 1 i VCHT 2 s Trilonem M vykazuje lepší výsledky, než kombinace s VSP 1.

#### **4.2.8 Komerční prací prostředek**

Obsah vápníku a popela dosáhl u vzorku praného v komerčním pracím prostředku nejvyšších hodnot ze všech použitých prostředků s obsahem vápníku 18,5970 g Ca<sup>2+</sup>/1 kg tkaniny a 4,55 % popela (viz tabulky 7 a 8). To se dá odůvodnit tím, že součástí komerčních prostředků jsou i jiné složky, jako například zeolity, které nebyly součástí ostatních vzorků. Tento fakt byl prokázán již při dřívějších měřeních pro různé druhy komerčních pracích prostředků.



**Tabulka 7 Stanovení obsahu popela**

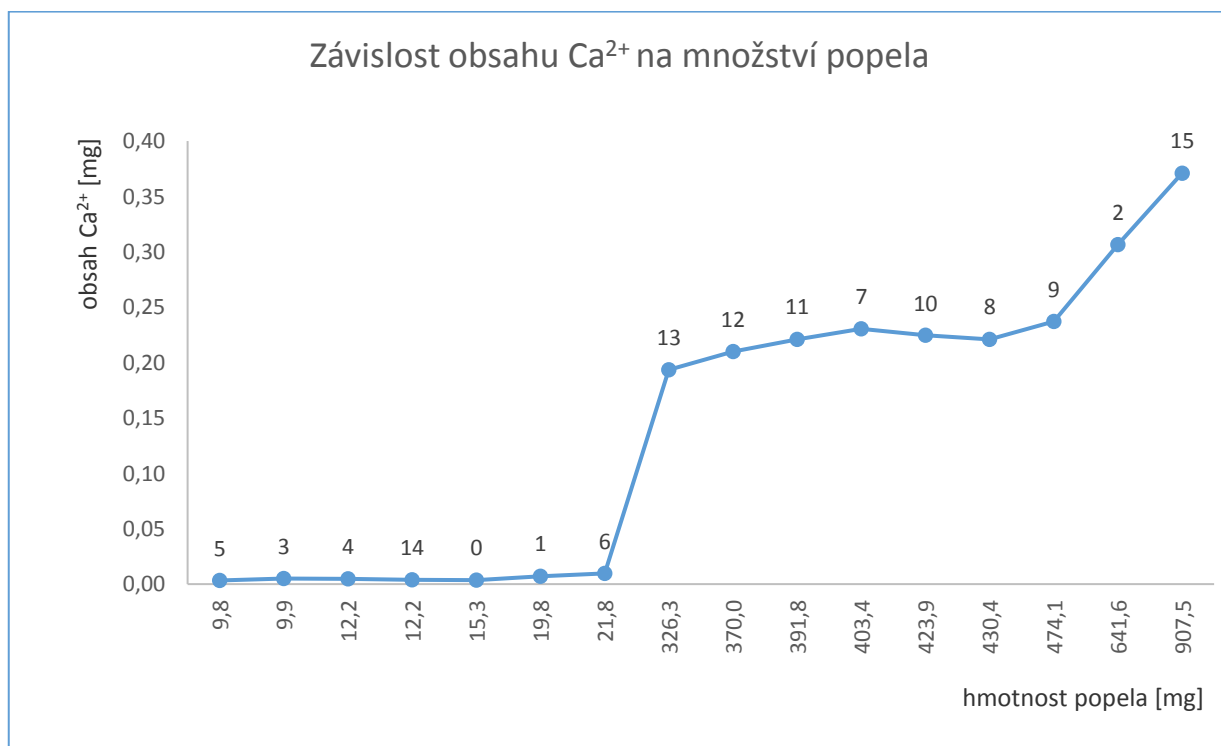
Číslo vzorku	Složení vzorku	m (tkanina) [g]	m (popel) [g]	obsah popela [%]
-	Nepraná bavlna	15,1848	0,0153	0,10
1	Destilovaná voda + modelový detergent	19,7707	0,0198	0,10
2	Tvrdá voda (TV) + modelový detergent (MD)	20,1622	0,6416	3,18
3	TV + MD + Trilon M	19,7731	0,0099	0,05
4	TV + MD + Itaconix DSP 2K	19,8746	0,0122	0,64
5	TV + MD + VSP 1 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:1)	19,2033	0,0098	0,05
6	TV + MD + VSP 2 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:2)	19,2506	0,0218	0,11
7	TV + MD + VSP 3 (glycin + maleinanhydrid 1:2)	20,2246	0,4034	1,99
8	TV + MD + VCHT 1 (disodná sůl N-dodecyl asparagové kyseliny)	21,6820	0,4304	1,98
9	TV + MD + VCHT 2 (tetrasodná sůl N-(dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny)	21,7849	0,4741	2,18
10	TV + MD + VCHT 1 + VSP 1	21,7642	0,4239	1,95
11	TV + MD + VCHT 2 + VSP 1	21,6176	0,3918	1,81
12	TV + MD + VCHT 1 + Trilon M	21,9485	0,3700	1,69
13	TV + MD + VCHT 2 + Trilon M	21,3283	0,3263	1,53
14	TV + MD + Sokalan CP 45	19,5446	0,0122	0,06
15	TV + komerční prací prostředek	19,9435	0,9075	4,55

**Tabulka 8 Stanovení množství vápníku**

Číslo vzorku	Složení vzorku	Obsah Ca <sup>2+</sup> [g]	Ca <sup>2+</sup> [g/1kg tkaniny]
-	Nepraná bavlna	0,00355	0,2341
1	Destilovaná voda + modelový detergent	0,00712	0,3614
2	Tvrdá voda (TV) + modelový detergent (MD)	0,30656	15,2045
3	TV + MD + Trilon M	0,00500	0,2530
4	TV + MD + Itaconix DSP 2K	0,00467	0,2349
5	TV + MD + VSP 1 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:1)	0,00330	0,1718
6	TV + MD + VSP 2 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:2)	0,00961	0,4994
7	TV + MD + VSP 3 (glycin + maleinanhydrid 1:2)	0,23054	11,3991
8	TV + MD + VCHT 1 (disodná sůl N-dodecyl asparagové kyseliny)	0,22105	10,1953
9	TV + MD + VCHT 2 (tetrasodná sůl N-(dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny)	0,23714	10,8857
10	TV + MD + VCHT 1 + VSP 1	0,22454	10,3169
11	TV + MD + VCHT 2 + VSP 1	0,22098	10,2220
12	TV + MD + VCHT 1 + Trilon M	0,21001	9,5684
13	TV + MD + VCHT 2 + Trilon M	0,19359	9,0769
14	TV + MD + Sokalan CP 45	0,00377	0,1928
15	TV + komerční prací prostředek	0,37089	18,5970

### ➤ Závislost obsahu $\text{Ca}^{2+}$ na množství popela

Na obrázku 3 je znázorněna závislost mezi obsahem  $\text{Ca}^{2+}$  iontů a hmotností popela pro všechny sledované vzorky. Číselné označení bodů označuje číslo vzorku tkaniny. Nulou je označena nepraná textilie a hodnoty 1 až 15 označují vzorky dle legendy pod obrázkem.



Obrázek 3 Závislost obsahu vápenatých iontů na množství popela

Legenda: číslo vzorku – složení prací lázně

- 1 – destilovaná voda + modelový detergent
- 2 – tvrdá voda (TV) + modelový detergent (MD)
- 3 – tvrdá voda + modelový detergent + Trilon M
- 4 – tvrdá voda + modelový detergent + Itaconix DSP 2K
- 5 – TV + modelový detergent + VSP 1 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:1)
- 6 – TV + modelový detergent + VSP 2 (L-asparagová kyselina + maleinanhydrid 1:2)
- 7 – TV + modelový detergent + VSP 3 (glycin + maleinanhydrid 1:2)
- 8 – TV + modelový detergent + VCHT 1 (disodná sůl N-dodecyl asparagové kyseliny)
- 9 – TV + MD + VCHT 2 (tetrasodná sůl N-(dodecyl)-N-(1,2-dikarboxyethyl) asparagové kyseliny)
- 10 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + VSP 1
- 11 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + VSP 1
- 12 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + Trilon M
- 13 – tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + Trilon M
- 14 – tvrdá voda + modelový detergent + Sokalan CP 45
- 15 – tvrdá voda + komerční prací prostředek

### 4.3 Hodnocení vzhledu úsad na elektronovém mikroskopu

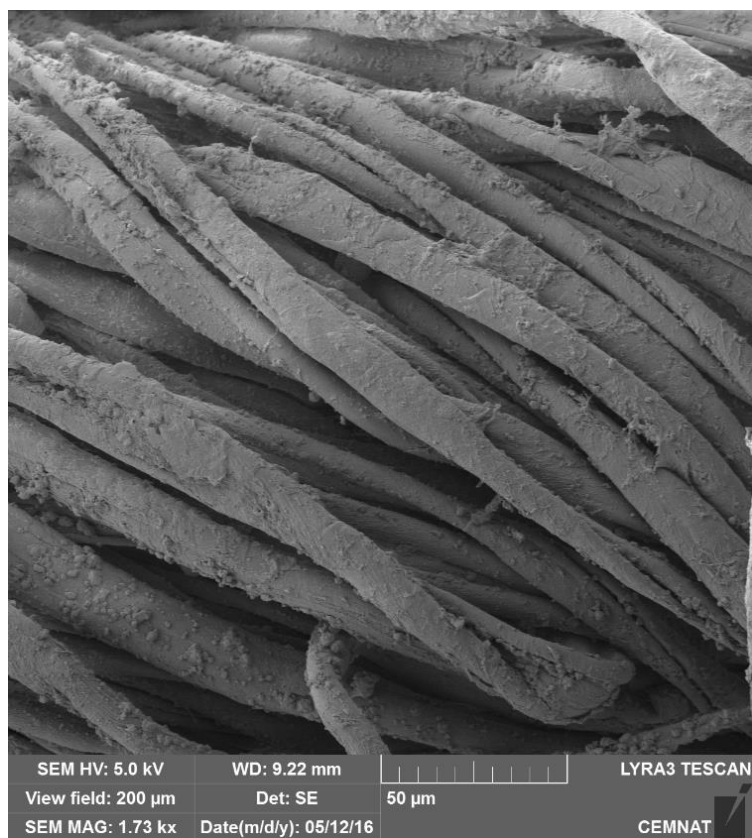
Pro posouzení vzhledu úsad bylo provedeno měření pomocí elektronového mikroskopu. Získané fotografie demonstrují množství úsad na vláknech a zároveň potvrzují závislost množství úsad na obsahu popela a vápníku přibližnou v kapitole 4.2.

Nejvýraznější úsady jsou vidět na obrázku 5, který dokumentuje vzhled tkaniny po praní v tvrdé vodě bez sekvestrantu a zároveň na obrázku 18, který zachycuje tkaninu pranou v komerčním pracím prostředku. Oba vzorky se vykazují vysokým obsahem popela a množstvím vápníku (viz obrázek 3).

Nejméně úsad je zachyceno na obrázcích, které zobrazují tkaniny prané s účinnými sekvestračními prostředky: Trilon M (obr. 6), Itaconix DSP 2K (obr. 7), VSP 1 (obr. 8), VSP 2 (obr. 9) a Sokalan CP 45 (obr. 17).



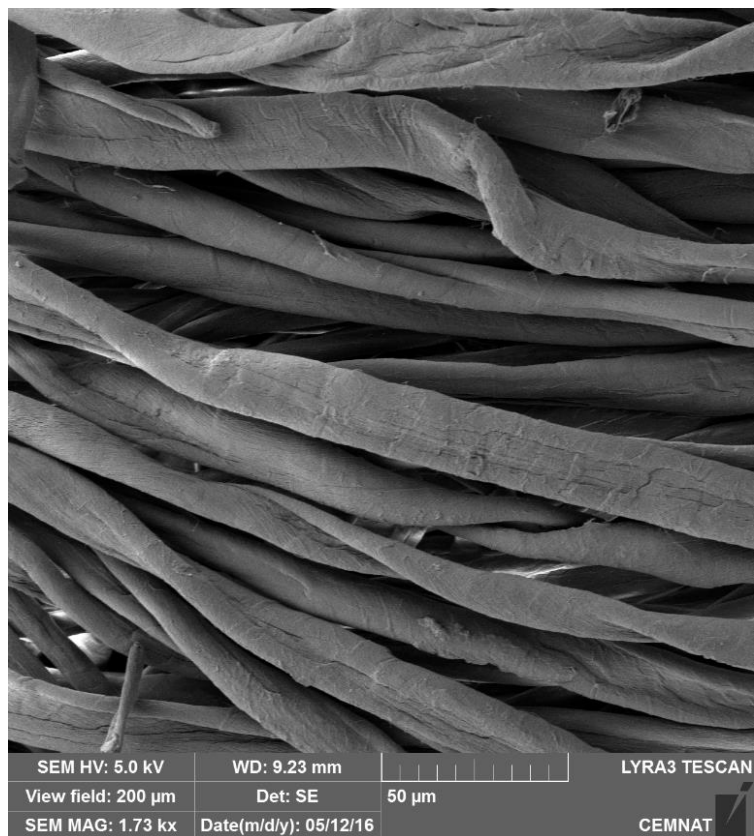
**Obrázek 4 Destilovaná voda + modelový detergent**



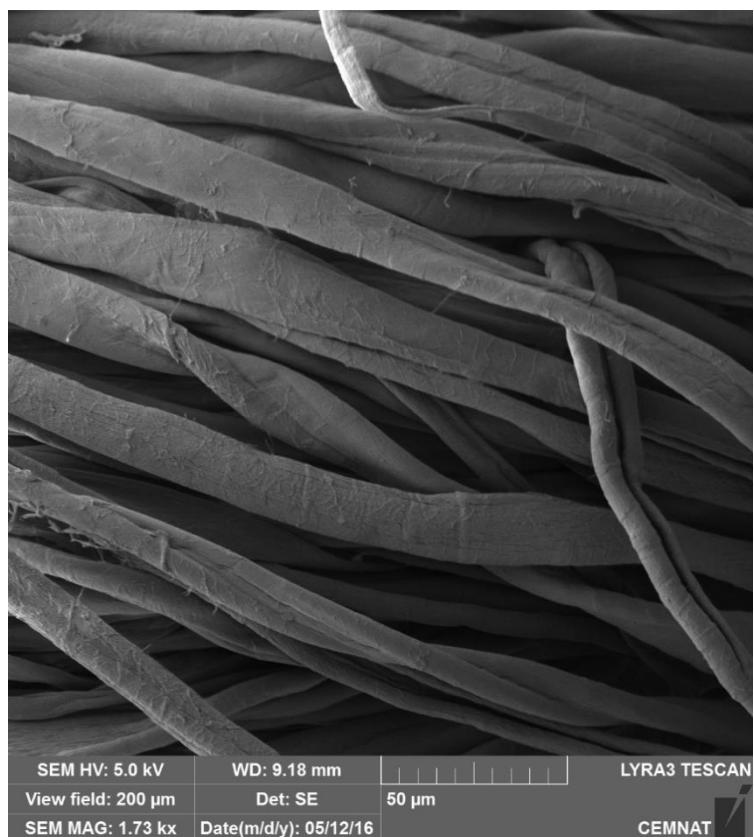
**Obrázek 5 Tvrdá voda + modelový detergent**



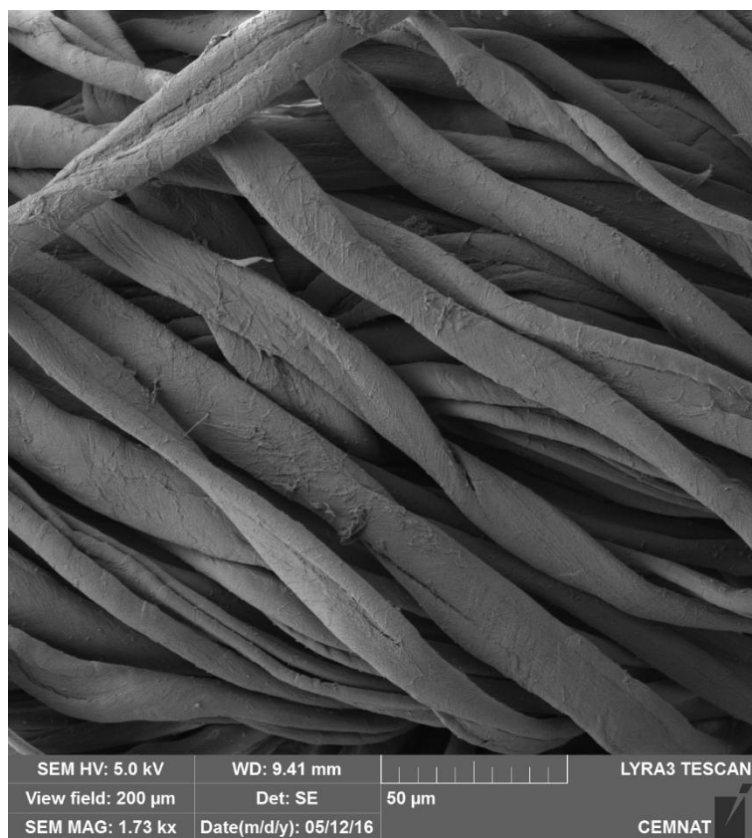
**Obrázek 6 Tvrdá voda + modelový detergent + Trilon M**



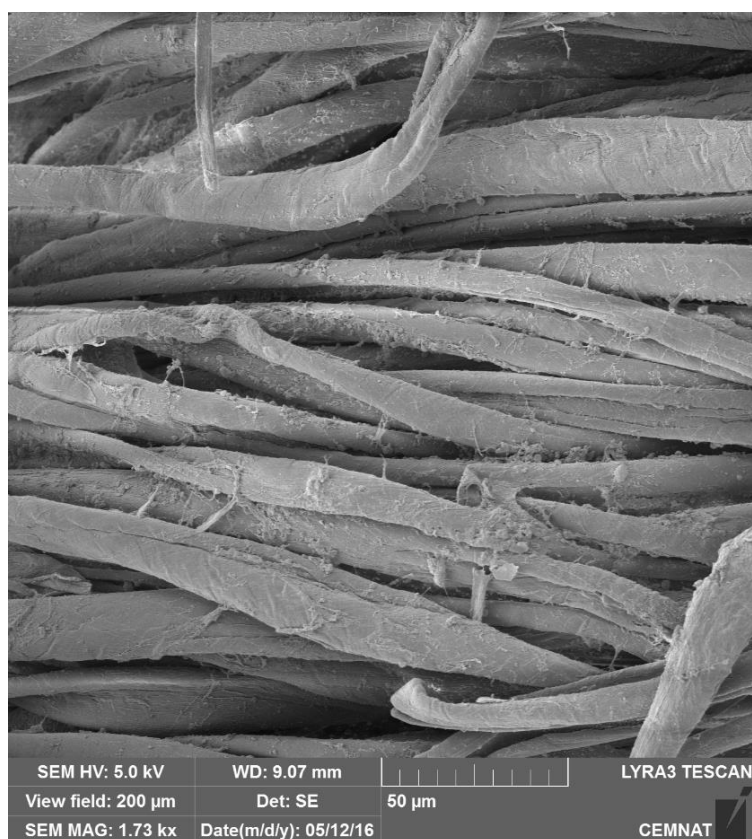
**Obrázek 7 Tvrdá voda + modelový detergent + Itaconix**



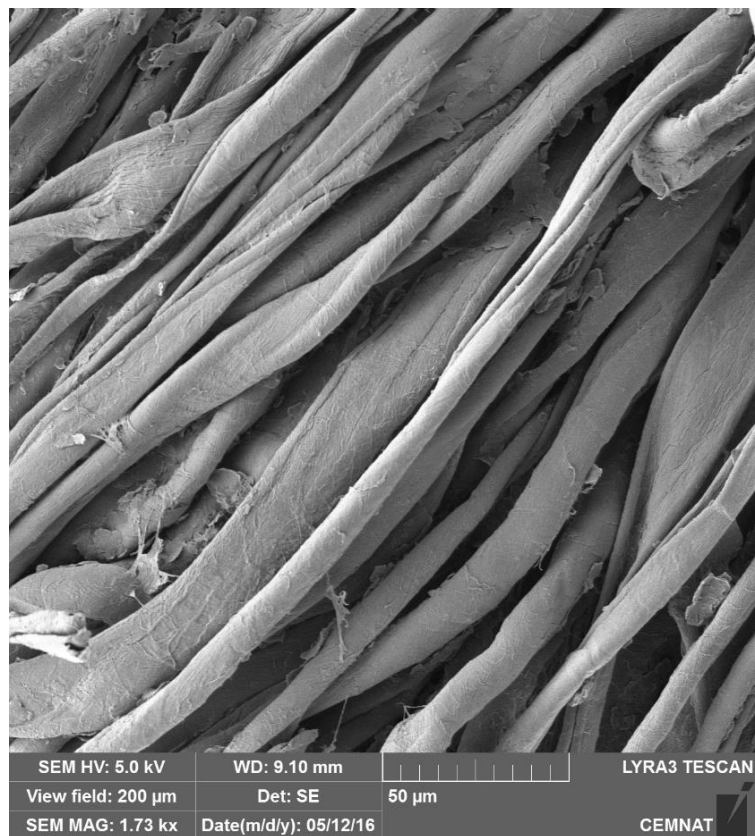
**Obrázek 8 Tvrdá voda + modelový detergent + VSP 1**



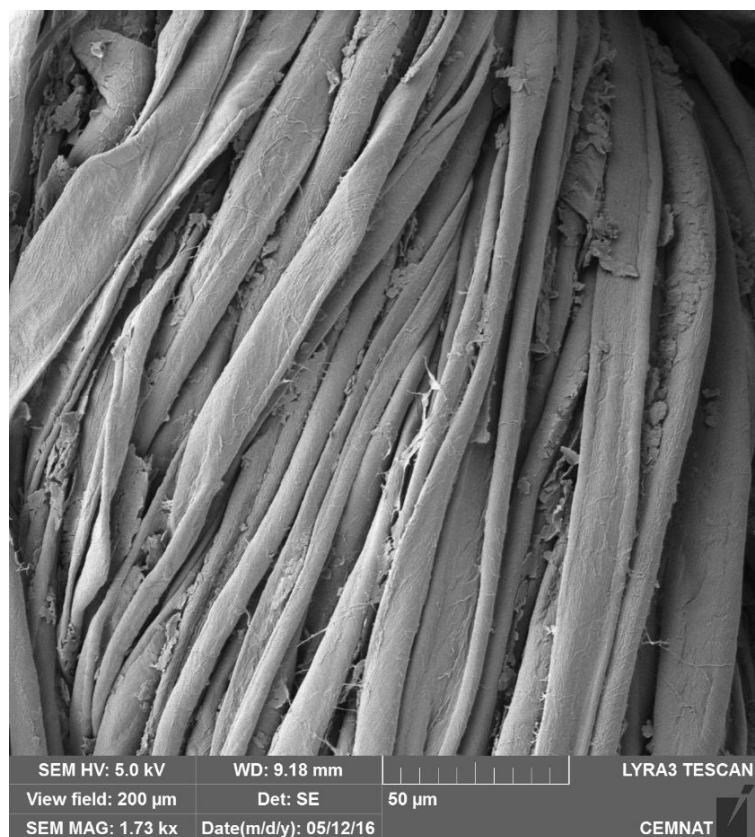
**Obrázek 9 Tvrdá voda + modelový detergent + VSP 2**



**Obrázek 10 Tvrdá voda + modelový detergent + VSP 3**

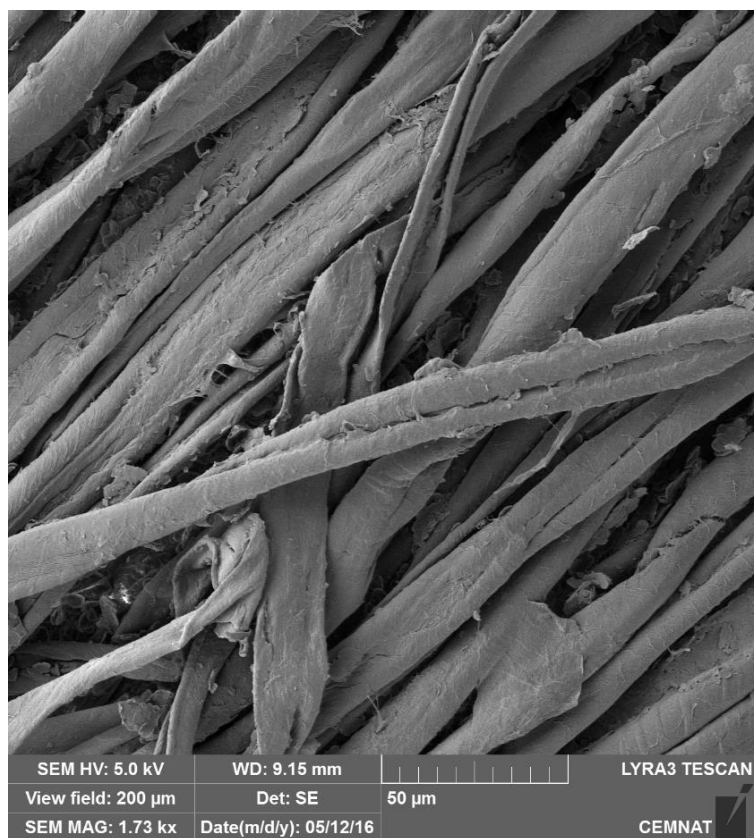


**Obrázek 11 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1**



**Obrázek 12 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2**

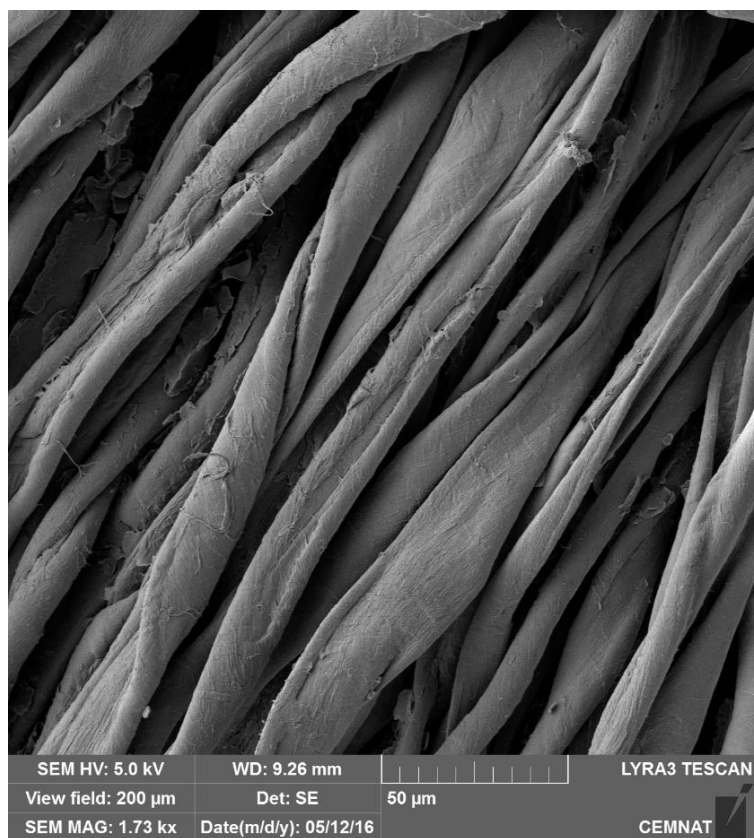




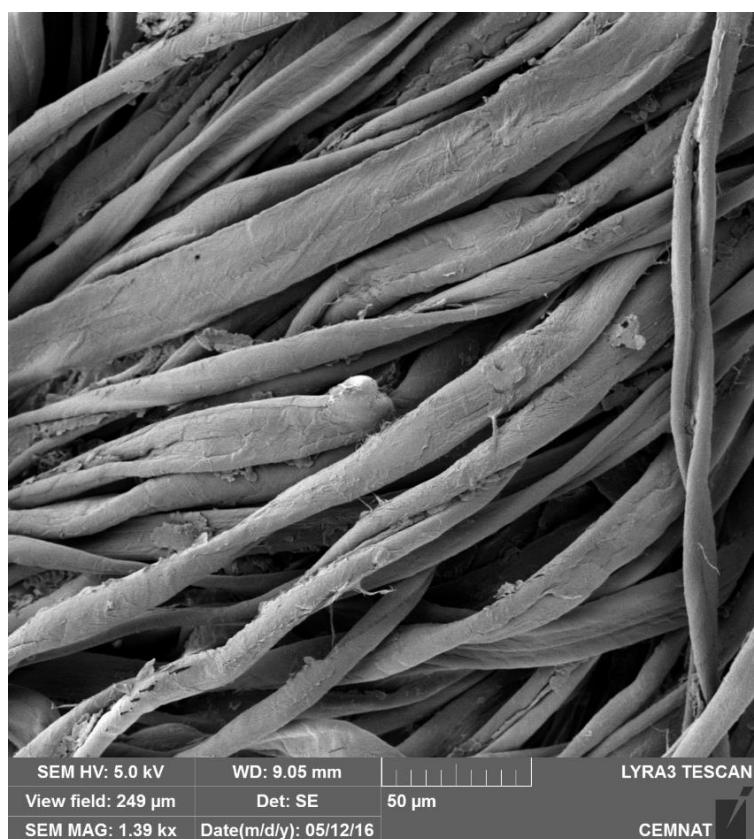
**Obrázek 13 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + VSP 1**



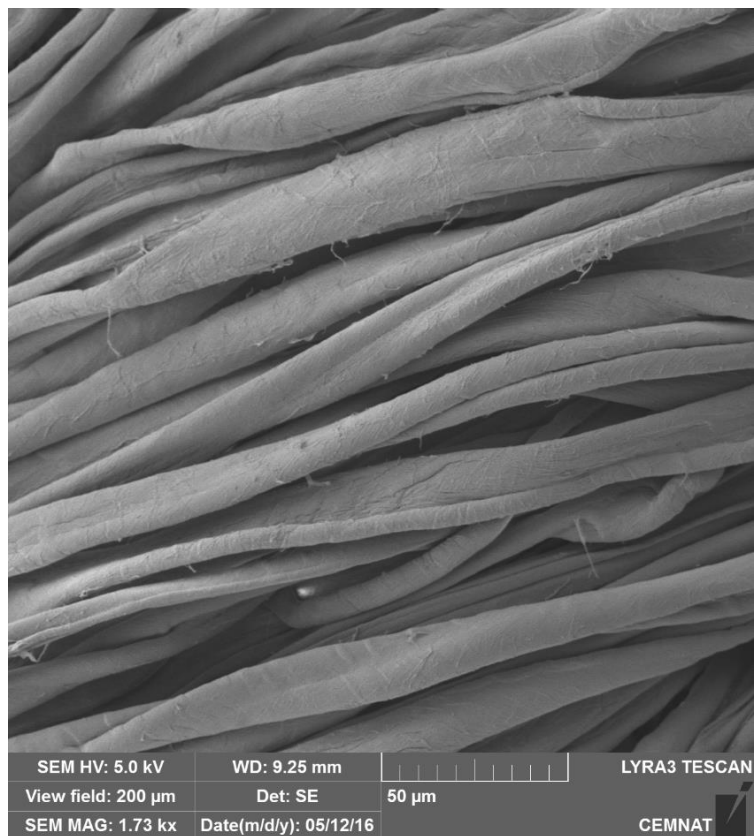
**Obrázek 14 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + VSP 1**



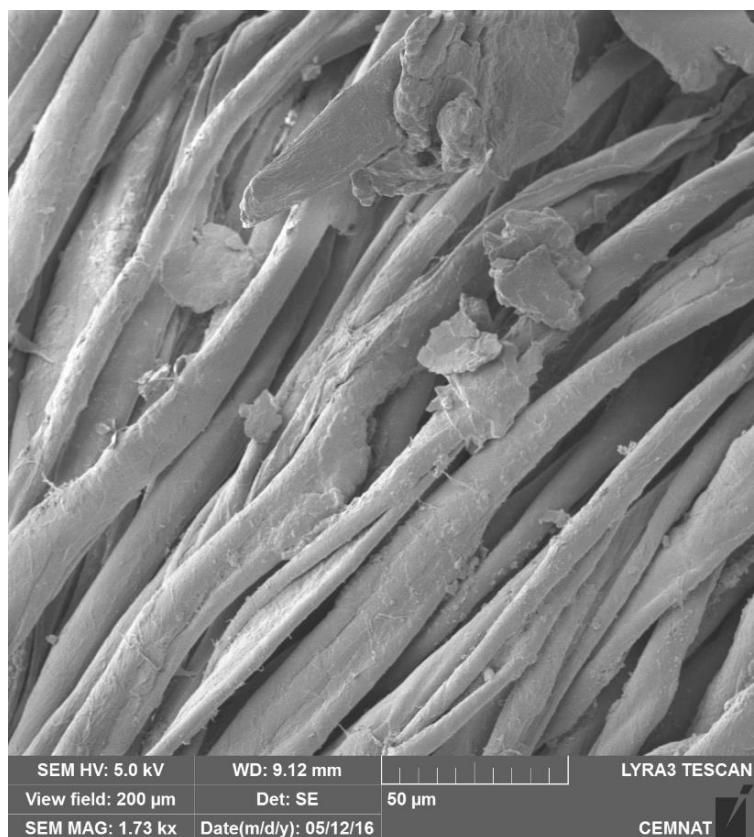
**Obrázek 15 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 1 + Trilon M**



**Obrázek 16 Tvrdá voda + modelový detergent + VCHT 2 + Trilon M**



**Obrázek 17 Tvrdá voda + modelový detergent + Sokalan CP 45**



**Obrázek 18 Tvrdá voda + komerční prací prostředek**

## 5 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala hodnocením vývojových biodegradabilních sekvestračních prostředků a chelatačních tenzidů na bázi kyseliny asparagové připravených na Ústavu makromolekulární chemie a technologie Univerzity Pardubice. Hodnocení probíhalo v modelovém praní. Pro porovnání byly zároveň zahrnuty i tři komerční biologicky odbouratelné sekvestrační prostředky. Bylo zjištěno, že v prací lázni se nejlépe projevíly použité komerční prostředky a vývojový sekvestrační prostředek na bázi kyseliny L-asparagové a maleinanhydridu v poměru 1:1 (VSP 1).

Dále bylo prokázáno, že chelatační tenzidy nedosahují takové sekvestrační účinnosti, jako klasické sekvestranty, ale i přes to jejich výsledné hodnoty obsahu popela a vápníku byly nižší, než u praní bez použití jakéhokoliv sekvestračního prostředku. K mírnému zlepšení vlastností chelatačních tenzidů došlo jejich kombinací se sekvestračními prostředky, nicméně to nebylo prokázáno u všech kombinací. Závěrem lze říci, že všechny použité sekvestrační prostředky a chelatační tenzidy prokázaly jistou sekvestrační schopnost, která se projevila snížením obsahu vápenatých iontů v prací lázni a následně tím i sníženým množstvím úsad na prané tkanině.

Hodnoty získané v rámci této práce budou použity pro další výzkum. Dle dosažených výsledků je možné předpokládat, že se vývojové vzorky se budou moci použít jako součást detergentů, popřípadě v jiných aplikacích textilního průmyslu.

## 6 POUŽITÁ LITERATURA

- 1) MENEZES, E. a M. CHOUDHARI: Pre-treatment of textiles prior to dyeing. In: HAUSER, P.: Textile Dyeing [online]. InTech, December 2011, s. 222–223, ISBN 978-953-307-565-5
- 2) RŮŽIČKA, J., VÝPRACHTICKÝ, J., PAJGRT, O., HÁC, V., ČÁP, J. a P. JANÁK; *Technologie předúprav, finálních a speciálních úprav textilních materiálů*, Vyd. 1. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích 1985, s. 92.
- 3) DEMBICKÝ, J., KRYŠTŮFEK, J., MACHAŇOVÁ, D., ODVÁRKA, J., PRÁŠIL, M. a J. WEINER; *Zušlechťování textilií*, Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008, s. 13–26. ISBN 978-80-7372-321-7
- 4) BAYEROVÁ, P., POPOVÁ, E., BURGERT, L. a M. ČERNÝ; Hodnocení základních vlastností vybraných vývojových vzorků samosekvestrujících tenzidů, *XLVIII. Seminář o tenzidech a detergentech*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015, s. 5–9. ISBN 978-80-7395-942-5
- 5) MACHAŇOVÁ, D., *Předúprava textilií I*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005, s. 15. ISBN 80-7083-971-6.
- 6) MACHAŇOVÁ, D. a M. PRÁŠIL. *Ekologické aspekty textilních procesů*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005, s. 79. ISBN 80-7083-940-6.
- 7) KRYŠOTFÍKOVÁ L., BAYEROVÁ, P. a L. BURGERT; Biodegradabilní samosekvestrující tenzidy a hodnocení jejich vlastností, *XLVI. Seminář o tenzidech a detergentech*. Vyd.1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, s. 71. ISBN 978-80-7395-698-1
- 8) Změkčení vody [online]. Co je tvrdá voda a jak ji odstranit. [cit. 2016-6-16]  
  
Dostupné z:  
<http://www.zmekceni-vody.cz/cms/11-co-je-tvrda-voda>
- 9) BASF [online]. Trilon M types. May 2007. s. 1-14 [cit. 2014-3-28]

Dostupné z:

[http://site.saveoncitric.com/trilon\\_m\\_info.pdf](http://site.saveoncitric.com/trilon_m_info.pdf)

- 10) KŁODYŃSKA, D.; Chelating agents of a new generation as an alternative to conventional chelators for heavy metal ions removal from different waste waters. In: NING, R. Y.: Expanding Issues in Desalination [online]. InTech, September 2011, s. 339-370. ISBN 978-953-307-624-9. [cit. 2014-3-28]

Dostupné z:

<http://www.intechopen.com/books/expanding-issues-in-desalination/chelating-agents-of-a-new-generation-as-an-alternative-to-conventional-chelators-for-heavy-metal-ion>

- 11) LANXESS [online]. Baypure. October 2005. s. 23-30 [cit. 2014-3-29]

Dostupné z:

[http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/BAYPURE%20DS%2010040%20\(HT\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/BAYPURE%20DS%2010040%20(HT).pdf)

- 12) PÁKOVÁ, H., SÝKORA, V. a J. ARCHER; Biologická rozložitelnost EDDS a EDDA. XXXV. Seminář o tenzidech a detergentech. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001, s. 77-88. ISBN 80-7194-382-7

- 13) AkzoNobel [online]. The greener chelate. [cit. 2014-3-30]

Dostupné z:

[https://www.akzonobel.com/dissolvinegl/about\\_dissolvine\\_gl/](https://www.akzonobel.com/dissolvinegl/about_dissolvine_gl/)

- 14) ROWETON, S., HUANG, S. J. a G. SWIFT; Poly(aspartic acid): synthesis, biodegradation, and current applications. *Journal of environmental polymer degradation*. July 1997, 5 (3), s. 175-181

- 15) XU, Y., WANG, L., ZHAO, L. a Y. CUI; Synthesis of polyaspartic acid-aminobenzensulfonic acid grafted copolymer and its scale inhibition performance and dispersion capacity. *Water Science & Technology*. 2011, 64 (2), s. 423-430.

- 16) CHIPELLINI, E., CORTI, A., DEL SARTO, G. a S. D'ANTONE; Oxo-biodegradable polymers – effect of hydrolysis degree on biodegradation behavior

- of poly(vinyl alcohol). *Polymer Degradation and Stability*. December 2006, 91 (12), s. 3397-3406.
- 17) CHIELLINI, E., CORTI, A., DEL SARTO, G. a S. D'ANTONE; Biodegradation of poly(vinyl alcohol) based materials. *Progress in Polymer Science*. June 2003, 28 (6), s. 963-1014.
  - 18) MTSUMURA, S., SHIGENO, H. a T. TANAKA; Builder performance in detergent formulations and biodegradability of poly(sodium carboxylate) containing vinyl alcohol groups. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. July 1993, 70 (7), s. 659-665.
  - 19) MATSUMURA, S., NISHIOKA, M. a S. YOSHIKAWA; *Enzymatically degradable poly(carboxylic acid) derived from polysaccharide*. *Makromol.Chem., Rapid Commun*. 1991, 12 (2), s. 89-94.
  - 20) BASF AKTIENGESELLSCHAFT.: Pflropfcopolymerisate von monosacchariden, oligosacchariden, polysacchariden und modifizierten polysacchariden, verfahren zu ihrer herstellung und ihre verwendung. Inventors: Dezingen W., Hartmann H., Kud A., Baur R., Feldmann J., Raubenheimer H. J. Int.Cl.: C 08 F 251/00. Ger., Offen. DE 4 003 172 A1. 1991 – 08 – 08.
  - 21) BAYEROVA P. a L. BURGERT: The evaluation of the sequestration capacity of agents based on copolymers of acrylic acid with mono- to oligosaccharides in washing process, *Vlákna a textil*. 2011, 18, 2, s. 10-17, ISSN 1335-0617
  - 22) CHEN K. M. a H. R. WANG: Synthesis and surface activity of self-sequestering surfactants, *JAACS* 1992, 69, 1, s. 60-63
  - 23) MAJER, J., NOVAK, J. a J. PROCHAZKA: Detergents from polyaminopolycarboxylic amides and their salts, Int. Cl. C 07 C 102/04. CS 214910. 1984-10-30
  - 24) CHIU-CHUN L. a CH. KENG-MING: Preparation and properties of novel water-soluble surfactants, *Journal of Applied Polymer Science* 2006, 102, s. 3559-3564

- 25) FERLIN, N., GRASSI D., OJEDA C., CASTRO, M. J. L., GRAND, E., FERNÁNDEZ CIRELLI, A. a J. KOVENSKY: Carbohydrate Research 2008, 343, s. 839-847
- 26) FERLIN, N., GRASSI D., OJEDA C., CASTRO, M. J. L., GRAND, E., FERNÁNDEZ CIRELLI, A. a J. KOVENSKY: Journal of Surfactants and Detergents 2011, 15, s. 259-264
- 27) AZAB M. M., BADER S. K. a A. F. SHAABAN: Synthesis and surface activity of self-sequestering surfactants, Pigment and resin Technology 2002, 31, 3, s. 138-147
- 28) Montedison S.p.A., Italy: Detergent compositions containing self-sequestering surfactants. Inventors: Gafa, Salvatore; Burzio, Fulvio. Int.Cl.C 11D1/04. US 4 174 306. 1979 – 11 – 13.