

## **Bakalářská práce**

# **Hodnocení chlupatosti tkanin**

*Studijní program:*

B0414A270001 Textilní marketing

*Autor práce:*

**Eva Veselá**

*Vedoucí práce:*

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

*Konzultant práce:*

Ing. Jana Novotná, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství

Liberec 2024



## Zadání bakalářské práce

# Hodnocení chlupatosti tkanin

<i>Jméno a příjmení:</i>	<b>Eva Veselá</b>
<i>Osobní číslo:</i>	T20000131
<i>Studijní program:</i>	B0414A270001 Textilní marketing
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra hodnocení textilií
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

### Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na téma hodnocení povrchu plošných textilií se zaměřením na chlupatost.
2. Připravte tkaniny tak, aby bylo možné hodnotit jejich povrch před praním, po praní a po sušení v sušičce a volném stavu.
3. Použijte analyzátor povrchu chlupatosti plošných textilií a otestujte vybrané tkaniny.
4. Zhodnoťte výsledky měření chlupatosti. Diskutujte rozdíly u jednotlivých tkanin podle způsobu zpracování.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:* 30-40  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* čeština

### **Seznam odborné literatury:**

Mazal, M., Militký, J.: Image Analysis Method of surface Roughness Evaluation. Book of Proceeding of 3rd INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING and DESIGN CONFERENCE – Magic World of Textiles. Dubrovnik, Croatia, 2006.

Tichá, I. Hodnocení "chlupatosti" tkanin. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2010.

*Vedoucí práce:* Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.  
Katedra hodnocení textilií

*Konzultant práce:* Ing. Jana Novotná, Ph.D.  
Katedra materiálového inženýrství

*Datum zadání práce:* 29. října 2022  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 8. ledna 2024

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

L.S.

Ing. Roman Knížek, Ph.D., MBA  
vedoucí katedry

V Liberci dne 20. prosince 2023

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.



**Poděkování:**

Tímto bych ráda poděkovala všem, kdo mi při psaní bakalářské práce pomohli. Poděkování patří konkrétně vedoucí práce Ing. Pavle Těšinové, Ph.D. a konzultantce Ing. Janě Novotné, Ph.D. za všechny rady a podporu, Ing. Janě Zuskové, Ph.D. za trpělivost a pomoc při měření, dále také Ing. Gabriele Krupincové, Ph.D. a doc. Ing. Maroši Tunákovi, Ph.D. za cenné podněty vedoucí ke zlepšení práce.

### **Anotace**

Chlupatost patří mezi charakteristiky povrchu, které mohou pomoci při zkoumání vlivu údržby na tkaninu. Cílem této práce je: zhodnotit změnu chlupatosti 3 bavlnářských tkanin vlivem dvou rozdílných způsobů sušení - v sušičce a volně rozprostřené na vzduchu.

Rešeršní část se věnuje popisu chlupatosti a jakým způsobem může být údržbou ovlivněna. Dále jsou popsány metody, které se pro hodnocení chlupatosti používají. Experimentální část se zabývá zhodnocením chlupatosti tkanin v průběhu stanovených cyklů údržby. Chlupatost je hodnocena pomocí metody RCM a následné analýzy obrazu v programu NIS Elements.

Klíčová slova: chlupatost, tkanina, údržba, RCM systém

### **Annotation**

Hairiness is one of the surface characteristics that can help in examining the effect of maintenance on the fabric. The aim of this study is: to evaluate the change in the hairiness of 3 cotton fabrics due to two different drying methods - tumble drying and free air drying.

The review part is devoted to the description of the hairiness and how it can be affected by maintenance. The methods used for assessing hairiness are also described. The experimental part deals with the evaluation of the fabrics' hairiness during specified maintenance cycles. The hairiness is evaluated using the RCM method followed by image analysis in NIS Elements.

Key words: hairiness, woven fabric, maintenance, RCM system

## Obsah

Seznam použitých zkratk, značek, symbolů .....	8
Úvod .....	9
1 Chlupatost .....	10
1.1 Chlupatost přize .....	10
1.2 Chlupatost plošných textilií .....	10
1.3 Žmolkovitost .....	11
1.4 Změny chlupatosti při údržbě .....	12
2 Údržba textilií .....	13
2.1 Symboly údržby .....	14
2.1.1 Bavlna .....	15
2.1.2 Polyester .....	16
2.2 Mechanický proces praní .....	16
2.3 Vznik mikrovláken při praní .....	18
3 Hodnocení povrchu textilií .....	19
3.1 Analyzátor chlupatosti - metoda RCM .....	20
3.2 Metoda snímání tkaniny přes hranu .....	21
3.3 Optický přístroj k měření drsnosti .....	22
3.4 Přístroj Zweigle T 690 .....	22
3.5 Přístroj Digital Fibrograph .....	22
4 Metody a materiál .....	23
4.1 Tkanina 1 .....	23
4.2 Tkanina 2 .....	25

4.3	Tkanina 3 .....	27
4.4	Příprava vzorků .....	29
4.4.1	Praní .....	30
4.4.2	Sušení .....	31
4.5	Analyzátor chlupatosti – měření metodou RCM .....	34
4.6	Výpočet hodnoty chlupatosti H .....	36
4.7	Hodnota chlupatosti .....	36
5	Diskuse výsledků .....	38
5.1	Tkanina 1 .....	38
5.2	Tkanina 2 .....	40
5.3	Tkanina 3 .....	42
5.3.1	Vyhodnocení výsledků pomocí testu středních hodnot .....	44
6	Závěr .....	47
	Seznam použité literatury.....	49
	Seznam obrázků .....	52
	Seznam tabulek .....	53
	Seznam příloh .....	54

## Seznam použitých zkratk, značek, symbolů

<i>symbol</i>	<i>jednotka</i>	<i>popis</i>
<i>G</i>	$[g/m^2]$	<i>plošná hmotnost</i>
<i>F<sub>o</sub></i>	$[N]$	<i>odstředivá síla</i>
<i>F<sub>d</sub></i>	$[N]$	<i>dostředivá síla</i>
<i>m</i>	$[kg]$	<i>hmotnost</i>
<i>a<sub>d</sub></i>	$[m/s^2]$	<i>dostředivé zrychlení</i>
<i>v</i>	$[m/s]$	<i>okamžitá rychlost</i>
<i>r</i>	$[m]$	<i>poloměr křivosti</i>
<i>ω</i>	$[rad/s]$	<i>úhlová rychlost</i>
<i>RCM</i>		<i>roughness contactless measurement</i>
<i>CCD</i>		<i>charge-coupled device, snímač s vázanými náboji</i>
<i>RGB</i>		<i>red green blue</i>
<i>COPL</i>		<i>vzorek z bavlny a polyesteru</i>
<i>CO</i>		<i>vzorek z bavlny</i>
<i>RCOPL</i>		<i>vzorek z recyklované bavlny a polyesteru</i>
<i>res</i>	$[px]$	<i>rozlišení</i>
<i>Do</i>	$[cm^{-1}]$	<i>dostava osnovy</i>
<i>Dú</i>	$[cm^{-1}]$	<i>dostava útku</i>
<i>D</i>	$[mm]$	<i>průměr příze</i>
<i>l</i>	$[mm]$	<i>délka vlákna</i>
<i>d</i>	$[μm]$	<i>průměr vlákna</i>
<i>Sh</i>	$[μm^2]$	<i>celková plocha chlupů</i>
<i>Sw<sub>h</sub></i>	$[μm^2]$	<i>plocha tkaniny s chlupy</i>
<i>Sw<sub>o</sub></i>	$[μm^2]$	<i>plocha tkaniny bez chlupů</i>
<i>H</i>	$[-]$	<i>chlupatost</i>
<i>α</i>	$[-]$	<i>hladina pravděpodobnosti</i>
<i>p</i>	$[-]$	<i>pravděpodobnost</i>

## Úvod

Chlupatost je vlastnost, která ovlivňuje nejen vzhled, ale i zpracovatelské a užité vlastnosti textilií a textilních výrobků. Z environmentálního pohledu představuje chlupatost rozsáhlý problém pro životní prostředí i pro člověka samotného.

Při používání a údržbě textilií dochází k mechanickému namáhání. Tak dochází ke spletení volně odstávajících vláken a vytvoření žmolků. Žmolky negativně ovlivní vzhled tkaniny a později se od textilie oddělí. Oddělováním vláken z textilie se snižuje její plošná hmotnost, to může také zhoršit vzhled, tkanina řídne a nemusí už dále splňovat požadavky na komfort. Snižováním komfortních vlastností a vzhledových vlastností se tak zkrátí životnost textilního výrobku.

Krátká vlákna obsažená v odpadních vodách pocházejících z textilních firem a domácností z velké části nejdou zatím zachytit. Voda je kontaminována mikro plasty, které se dále nerozkládají a nevyučitelně se dostanou do menších organismů a ryb. To vede ke vstupu mikro plastů do potravního řetězce.

Vzniká tedy potřeba snažit se odlučování vláken minimalizovat, učinit opatření proti tomuto problému. Aby bylo možné jev omezit, musíme nejprve tuto problematiku zkoumat. Chlupatost lze sice zachytit i pouhým okem nebo dotekem, taková metoda nám neposkytne přesnější data. Abychom mohli odstávající vlákna pozorovat a změřit je, potřebujeme optická zařízení, která budou snímat povrch dané textilie. Obrazovou analýzou už je možné získat informace o charakteru povrchu.

Výstupem této práce jsou snímky vzorků třech různých tkanin, které prošly 0–10 cykly praní. Jedna sada vzorků byla sušena v sušičce a druhá sada vzorků schla na vzduchu ve vodorovné poloze. Očekává se, že různý způsob údržby bude mít vliv na chlupatost tkaniny. Ke snímání povrchu tkanin je použita optická metoda RCM, pomocí které je možno snímat povrch plošných textilií bez nutné destrukce vzorku. Cílem práce je zhodnotit změnu chlupatosti 3 bavlnářských tkanin vlivem dvou rozdílných způsobů sušení – v sušičce a volně rozprostřené na vzduchu.

# 1 Chlupatost

Chlupatost lze zařadit mezi charakteristiky drsnosti povrchu textilií. Definovat ji můžeme jako všechny vláknenné útvary (vyčnívající vlákna, smyčky, žmolky) vyčnívající nad povrch tkaniny. Tuto vlastnost lze hodnotit subjektivním způsobem – vizuálně nebo hmatem. V dnešní době již existuje množství metod pro stanovení hodnot objektivním způsobem, avšak dosud pro měření chlupatosti tkanin neexistuje standardizovaná metoda.

## 1.1 Chlupatost příze

Chlupatost vzniká už při spřádání příze. Struktura příze se liší se zvyšujícím se poloměrem. V přízi nalezneme kompaktní, přechodovou a volnou oblast. Kompaktní oblast se nachází kolem osy příze, vlákna jsou zde silně stlačena. Vlákna v přechodové oblasti jsou již uspořádána volněji a hodnota zaplnění tím klesá. Volná oblast se nachází na povrchu příze na nejvzdálenějším poloměru, vlákna jsou zde volně uspořádána a hodnota zaplnění je nejnižší[1]. Chlupatost příze záleží na délce a vlastnostech staplových vláken – délce, průměru, zralosti, pevnosti v ohybu, pevnosti v krutu, hustotě materiálu a parametrech příze samotné – jemnosti, zákrutu, průměru, způsobu předení[2].

## 1.2 Chlupatost plošných textilií

Je zřejmé, že při použití příze s určitou mírou chlupatosti se tato vlastnost přenesou i na vytvářenou plošnou textiliu, tkaninu nebo pleteninu. Chlupatost tkanin tedy závisí na chlupatosti použité příze, vazbě, setkání, plošné hmotnosti a pórovitosti. Při výrobě plošných textilií dochází k mechanickému namáhání příze. Při tkaní se jedná o problém, který ovlivní zpracování a celkový dojem z hotové tkaniny. V případě, že příze použitá v osnově má zvýšenou chlupatost, je nutné nanést na osnovu před tkaním šlichtu tkaním, aby povrch příze byl stejnoměrný, odstávající vlákna se do sebe nezachytávala a nedocházelo tak k častým přetrhům. Přetrhovost ovlivní zejména produkci, ale také kvalitu a vzhled. Časté navazování nití se na povrchu tkaniny může projevit jako zesílené místo[3].

Chlupatost na plošné textilii může být chtěný efekt, kterého se snažíme dosáhnout např. počesáním, jedná-li se o výrobu plošných textilií, pro které je charakteristická, např. flanel, barchet apod. Často je chlupatost spíše nechtěný efekt, kterého se lze zbavit na hotové přízi i plošné textilii požehováním. To ale není trvalé řešení, chlupatost se pravděpodobně znovu objeví vlivem mechanického namáhání, a to nejčastěji při praní nebo každodenním používání výrobku[4].

### 1.3 Žmolkovitost

Vlastnost související s chlupatostí je žmolkovitost. Jedná se o nechtěný efekt, který je důsledkem splétání volně odstávajících vláken v textilii. Volná vlákna se začnou stáčet vlivem odírání textilie o textilii nebo o pevný povrch, zaplétají se do sebe. Tento proces má za následek vznik žmolku. Všechny druhy vláken vykazují určitou míru žmolkovitosti. Některé tkaniny mají nižší odolnost v ohybu a krutu, to znamená, že žmolky odpadnou rychle po jejich vytvoření, může se tak zdát, že textilie žmolkuje méně.

Mezi vlákna, která mají nižší odolnost v krutu a v ohybu se řadí např. bavlna, len, tato vlákna jsou křehká a z textilie brzy po vytvoření odpadnou. Vlákna s vysokou odolností v ohybu a v krutu jsou např. polyester, polyamid, mají navíc vysokou tuhost a vytvářejí žmolky, které na textilii ulpívají déle. Pro zjišťování žmolkovitosti se využívají simulační metody, tzn. simulují podmínky při reálném používání textilie[5].

Vliv na žmolkovitost má konstrukce textilie. Méně žmolkuje tkaniny s hustou dostavou z hrubších přízí s vyšším zákrutem. Žmolky lze odstranit mechanickým způsobem, v praxi se využívají úpravy kartáčováním nebo broušením. K omezení žmolkovitosti se ve výrobě využívá stabilizace polohy vláken. Tento způsob úpravy zabrání se vystupování volně odstávajících vláken, spočívá v aplikaci přípravků s dobrými pojivými účinky, které na plošné textilii vytvoří pružný film [6].



## 1.4 Změny chlupatosti při údržbě

Údržba textilií je nezbytně nutná pro téměř každý textilní výrobek. V domácím prostředí se spotřebitel při údržbě řídí pracími symboly, které výrobce musí na výrobek umístit podle zákona o ochraně spotřebitele. Účelem praní je zbavit textilní výrobek nečistot a zápachu vzniklého z přítomnosti bakterií. Samotná údržba přispívá k některým změnám textilního výrobku. Tyto změny mohou negativně ovlivňovat vlastnosti výrobku. Může se jednat například o změny barvy, tvaru nebo struktury povrchu výrobku[7]. Chlupatost představuje problém při praní. Krátká vlákna, která se oddělila od původní textilie nyní putují odpadními vodami, jelikož filtry praček je nedokážou zachytit. Cesta mikrovláken odpadními vodami se nezastaví ani v čističkách odpadních vod. Většina čističek používá filtraci, která takto malé částice není schopna zachytit.

Studie [8] ukazuje, že z textilie s vyšší plošnou hmotností odpadne více mikrovláken než z textilie s nižší plošnou hmotností. Vliv na náchylnost k odlučování vláken má kompaktnost struktury, ale i odolnost v oděru. Použití pracího prostředku po případě aviváže má také vliv na podíl chlupatosti. Nejméně vláken se uvolní bez použití pracího prostředku nebo při použití ekologického pracího prostředku. Naopak nejvíce vláken se uvolní při používání standardních pracích prostředků, a ještě více s použitím aviváže. Velký rozdíl způsobí i použití tekutého pracího prostředku nebo pracího prostředku ve formě prášku [9], [10].

Tichá [4] ve svojí práci popisuje vliv mokrých úprav na chlupatost příze, která se vlivem bobtnání a tím i zkracováním vláken mění. Vliv na změnu uspořádání vláken má i zpětné sušení. K největší změně uspořádání vláken dochází v povrchové vrstvě příze, což má největší vliv na změnu chlupatosti, přesněji na její pokles. Tím se snižuje i chlupatost tkaniny. V práci se zmiňuje i o vlivu oblasti, ve které je chlupatost měřena, na její výslednou hodnotu. Popisuje zde snižující se chlupatost s vyšší naměřenou délkou vzorku.

## 2 Údržba textilií

Jelikož se práce věnuje změně chlupatosti tkanin vlivem údržby, je nutné definovat, jak se textilie udržují a jaký vliv může údržba mít na konkrétní materiály použité pro tento experiment. Uvádět doporučený postup údržby na každém textilním výrobku je povinnost výrobce. Postup údržby musí být na textilním výrobku popsán slovně, ale mohou ho doplnit symboly údržby. Výrobce je také povinen uvádět pravé složení výrobku [11]. Složení výrobku je důležité, udává, jaký postup údržby je pro výrobek vhodný.

Tyto informace musí být na etiketě výrobku zajištěny tak, aby odolávaly co nejdelší dobu údržbě. Nesmí se seprat, musí být použit tisk, který odolá teplotě praní při 95°C. Symboly údržby jsou chráněné ochrannou známkou, kterou vlastní společnost GINETEX, v České republice ji spravuje společnost SOTEX. Tyto symboly musí být jednotné a srozumitelné. Symboly musí být na výrobku uvedeny všechny a ve správném pořadí [12].

Z předchozího průzkumu [13] vyplývá, že oděv pořízený v běžném fast fashion řetězci bývá použit maximálně 30 x. Z toho se dá usoudit, že takový oděv projde maximálně 30 cykly údržby. Je zřejmé, že každý oděv nepereme po každém použití. V této práci jsou testovány lehké bavlnářské tkaniny s plošnou hmotností v rozmezí 130–190 g/m<sup>2</sup>. Takové tkaniny jsou vhodné například pro letní halenky, košile, kalhoty nebo kraťasy a přichází do přímého kontaktu s tělem, je tedy vhodné je prát po každém použití, maximálně po 3. Pokud se vezme v potaz i fakt, že daný kus oblečení nenosíme každý den a pereme jednou týdně, je možné že 10 pracími cykly projde oděv v průběhu 2 až 3 měsíců. Na konci 30 cyklů dochází oděv ke konci svého životního cyklu, z čehož lze usoudit, že během 10 cyklů praní se uživatelské vlastnosti nestihnou natolik změnit, aby oděv nemohl být dále používán, ale ke změnám jiných parametrů jistě dochází.

## 2.1 Symboly údržby

Ochranná licence upravuje grafické zpracování symbolů, aby se případně odhalilo jejich padělání. Základních symbolů (obr. 1) je v současné době 5. První v pořadí se uvádí způsob praní. Je zde uvedena maximální teplota vody ve stupních Celsia, popřípadě může být tento symbol doplněn podtržením značícím jemné praní, rukou značící ruční praní nebo přeškrtnutím značícím zákaz praní. Druhým symbolem je bělení. Doplnující symboly udávají, jaké bělidlo lze použít a zda lze výrobek bělit. Třetí symbol čtverce udává způsob sušení a doporučené způsoby sušení. Nejšetrnějším způsobem sušení je sušení volně na vzduchu v rozprostřeném stavu, oproti tomu sušení v sušičce je nejméně šetrným. Další symbol upravuje způsoby žehlení a doporučenou teplotu. Poslední symbol doporučuje způsob profesionálního chemického čištění nebo ho zcela zakazuje, když je tento symbol přeškrtnutý.



Obrázek 1 Prací symboly [14]

### 2.1.1 Bavlina

Bavlina je organické vlákno rostlinného původu, ze semen. Pochází z rostliny bavlníku, existuje několik druhů této rostliny. Asi 86% světové produkce bavlněných vláken pochází z bavlníku srstnatého, který plodí krátká vlákna o délce 18–38 mm. Dalším druhem bavlníku je například bavlník keřovitý plodící vlákna o délce 35–50 mm. Jedná se o nejkvalitnější druh bavlny, tvoří pouze cca 9 % světové produkce. Zralost vláken lze určit pomocí tloušťky stěny vlákna. Stěna zralého vlákna se pohybuje v rozmezí 5–6  $\mu\text{m}$ . Všechna vlákna nemohou vykazovat plnou zralost, v útvaru vláken bude vždy i podíl nezralých a mrtvých vláken. Délka a zralost vlákenné suroviny má velký vliv na vlastnosti konečného výrobku [15]. Nezralá a mrtvá vlákna mají potenciál z tkaniny během údržby vypadávat. To je zapříčiněno tím, že jsou kratší než zralá vlákna. Mrtvá vlákna jsou křehká a proto jsou náchylnější ke zlomení při mechanickém namáhání při praní.

Využití tohoto vlákna je široké v domácnosti i oděvnictví. Využívá se často v čistém složení nebo jako směs ve tkaninách často s polyesterem, elastanem či viskózou. Mezi vlastnosti bavlny patří pevnost – za mokra se zvyšuje, dobré sorpční vlastnosti, vysoká mačkavost, při navlhnutí odvádí teplo od pokožky – chladí, citlivost na kyseliny a oxidaci.

Bavlina snáší vysoké teploty, lze ji vyvářet při teplotách do 95°C. Barvené výrobky lze udržovat při teplotách 40–60 °C z důvodu stálosti vybarvení. Lze bělit alkalickými činidly. Mohou ji poškodit kyseliny. Žehlení je možné při teplotách do 210 °C s napařováním [15].

## 2.1.2 Polyester

Polyester vzniká polykondenzací kyseliny tereftalové a ethylenglykolu. Polykondenzát se zvlákňuje z taveniny do šachty a následně se vlákna dlouží. Hotovým vláknům může být ponechána jejich nekonečná délka a sdružují se do kabelu nebo se jejich délka upraví nasekáním na staplová vlákna.

Polyesterová vlákna patří mezi ta nejvíce zastoupená na trhu. Využívají se samostatně nebo často ve směsích s bavlnou, viskózou nebo vlnou. Polyester má vysokou tuhost, ta může snížit mačkavost směsového výrobku. Má velmi nízkou sorpci, na jeho povrchu se vytváří elektrostatický náboj, a tak k sobě přitahuje prach. Je pro něj charakteristická fibrilace, tj. třepení odstávajících vláken, které má za následek zvýšení chlupatosti, což u polyesteru znamená vznik žmolků, které se na tkanině drží dlouhou dobu kvůli jeho tuhosti.

Lze prát až na 60 °C, ale šetrnější je prát při teplotě 40 °C. Díky nízké mačkavosti není nezbytně nutné polyesterové výrobky žehlit, ale žehlení je možné při teplotách do 150 °C [15].

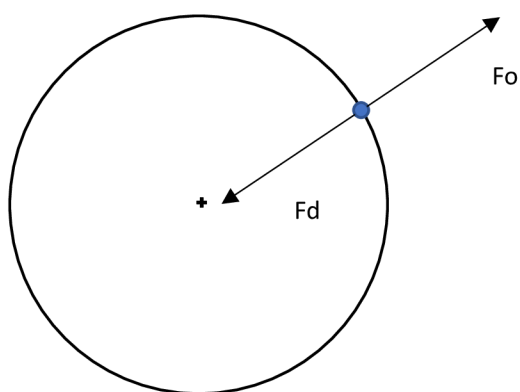
## 2.2 Mechanický proces praní

Prací proces sestává ze smáčení, vlastního praní a oplachování materiálu. V prací fázi smáčení proniká voda s pracím prostředkem nejprve adsorpcí na povrch materiálu a pak absorpcí dovnitř materiálu. V další fázi praní dochází k difúzi rozpuštěné nečistoty do prací lázně. V této fázi praní může dojít i redepozici, tzn. praný materiál se znovu zašpiní. V poslední fázi dochází k oplachování, odstraňují se uvolněné nečistoty a zbytky pracího prostředku. Oplachování probíhá, dokud voda z materiálu není dostatečně čistá [16]. Z toho vyplývá, že voda, která se po oplachování z bubnu pračky vypouští obsahuje úlomky textilních vláken, a tak se částice z prací lázně dostanou do odpadních vod, kde takto malé částice nelze žádným filtrem zadržet.

Při praní i sušení působí na materiál odstředivá síla [17]. Materiál je v bubnu pračky nebo sušičky tlačěn na stěnu, při překročení přilnavosti vody k materiálu se voda začne z materiálu uvolňovat a odtéká perforovaným bubnem pračky nebo se v sušičce odpaří. Schéma působení odstředivé síly popisuje obr. 2. Odstředivou sílu lze vyjádřit pomocí vztahu (1).

$$F_o = F_d = ma_d = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r \quad (1)$$

kde je  $F_o$  ... odstředivá síla [N],  $F_d$  ... dostředivá síla [N],  $m$  ... hmotnost [kg],  $a_d$  ... dostředivé zrychlení [ $m/s^2$ ],  $v$  ... okamžitá rychlost [m/s],  $r$  ... poloměr křivosti [m],  $\omega$  ... úhlová rychlost [rad/s].



Obrázek 2 Odstředivá síla [17]

### 2.3 Vznik mikrovláken při praní

Vznik mikrovláken při praní dosud nebyl spolehlivě popsán pro většinu textilních materiálů. Byly nalezeny následující studie, které se zabývaly textiliemi z polyesteru.

Studie [10] zkoumá množství mikrovláken na metr čtvereční uvolňujících se do vody při praní tří syntetických materiálů. Zkoumá vliv materiálu, struktury tkaniny, typu pračky, teploty při praní a použitého pracího prostředku na uvolňování mikročástic. Bylo zjištěno, že největší rozdíl při údržbě polyesterové tkaniny nastal při zvýšení teploty na 60°C. Použití pracího prostředku nemělo na množství polyesterových mikrovláken velký vliv. U polyesterové tkaniny se také projevila nejkratší délka mikrovláken oproti tkanině z polyamidu a z acetátu. Délka polyesterových mikrovláken se pohybovala kolem  $499.49 \pm 505.65 \mu\text{m}$ . Způsob praní na délku mikrovláken očividně neměl velký vliv.

Experiment [18] potvrzuje, že polyester má vysoké sklony k uvolňování mikrovláken ze svého povrchu. Polyesterová tkanina a pletenina uvolnila největší množství vláken nezávisle na použitém pracím prostředku. Naopak nejnižší množství uvolněných mikrovláken se ukázalo při použití aviváže, která snížila tření mezi vlákny. K největšímu množství uvolňování mikrovláken do vody dochází při použití pracího prášku, vysokých teplot při praní a vysokých otáček pracího bubnu. Přibližná hodnota uvolněných vláken při typickém praní v domácnosti (kapacita pračky 5 kg) činí 6 milionů mikrovláken.

Další studie zabývající se praním mají především za cíl hodnotit vlastnosti textilií z jejich uživatelského hlediska, prací schopnosti pracích prostředků a celkově hodnotit životní cyklus výrobků. Vznik mikročástic a mikroplastů není dosud uspokojivě popsán a ani chlupatost, která je zdrojem mikročástic již při prvních cyklech praní.

### 3 Hodnocení povrchu textilií

Vliv na drsnost tkanin má celá řada vstupních parametrů. Těmi může být použitý materiál, konstrukce příze, ale i konstrukční parametry samotné tkaniny [5].

Povrch textilií může být hodnocen subjektivně neboli pomocí lidských smyslů. Subjektivní hodnocení člověka hraje důležitou roli pro posouzení komfortu [19]. Interpretace výsledků při posuzování drsnosti pomocí subjektivních metod může být složitá, jelikož se zachází se slovními proměnnými.

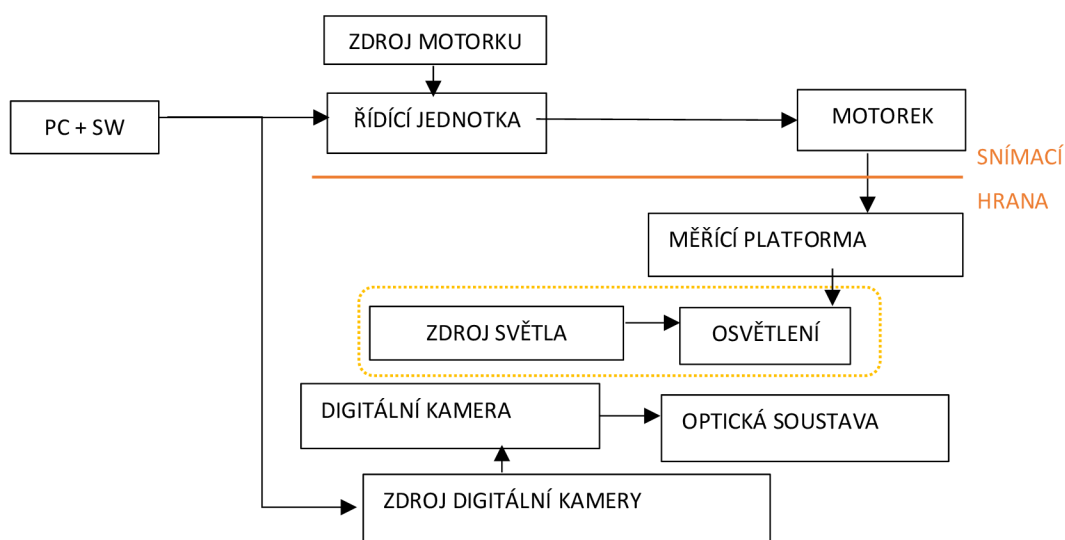
Objektivní metody využívají ke stanovení drsnosti přístroje. Existují kontaktní a bezkontaktní způsoby měření. V minulém století se začaly vyvíjet nové metody měření drsnosti povrchu, které by určily objektivní výsledek. Bezkontaktní metody měření drsnosti ke snímání povrchu využívají optické soustavy nebo kapacitní senzory [20].

Obrazová analýza je nástrojem pro objektivní určování vlastností předmětu zkoumání. Podle Militkého [21] ji lze rozdělit do tří etap, kterými jsou: tvorba obrazu, počítačem podporovaná analýza obrazu, analýza vybraných rysů obrazu. Pro tvorbu obrazu je nutné zaznamenávat objekt vhodným snímačem. Pro tyto účely se nejčastěji používá typ snímače CCD. Pro zpracování obrazu v posledních dvou krocích je nutné vhodné programové vybavení. Cílem těchto kroků je odstranit šum původního obrazu a extrahovat co nejvíce typických rysů charakterizujících měřenou vlastnost. Výsledkem zpracování obrazu by měl být binární obraz, na kterém se dá dále provést měření charakteristických rysů.



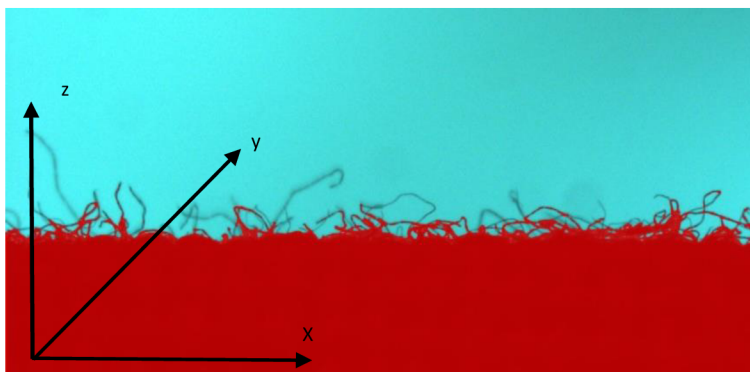
### 3.1 Analyzátor chlupatosti - metoda RCM

Metoda RCM je vhodná zejména pro měření drsnosti povrchu tkanin, a to v celé ploše materiálu nebo jen ve specifických úsecích. Tuto metodou lze použít i ke zjišťování žmolkovitosti a chlupatosti. RCM pro měření používá několik zařízení viz schéma RCM systému (obr. 3) [22]. Na vstupu je navíjecí zařízení poháněné motorkem, které odtahuje vzorek přes hranu konstantní rychlostí. Proti hraně je umístěn zdroj osvětlení, je zde použito monochromatické světlo. Tento druh osvětlení je použit, aby software, který obraz zpracovává odlišil měřenou plochu a plochu pozadí vzorku. Na druhém konci od zdroje osvětlení je snímací zařízení, kamera se snímačem CCD. Vyhodnocení obrazu je dosaženo pomocí obrazové analýzy. Snímač předá data softwaru NIS elements, ve kterém následně probíhá zpracování a potřebné úpravy nasnímané sekvence [23].



Obrázek 3 Schéma RCM systému [18]

Snímání je nastaveno tak, aby byl na snímcích zobrazen pouze řez snímaného materiálu na pozadí, pro orientaci v zobrazené ploše lze použít souřadného systému (obr. 4). Osa X je kolmá na směr navíjení materiálu, odpovídá šířce snímku. V řezu jsou vidět ve směru osy X osnovní nebo útkové nitě. Osa Y odpovídá směru převíjení materiálu osa Z stanovuje výšku obrazu nebo vzdálenost od povrchu tkaniny [4].



Obrázek 4 Orientace na řezu tkaniny

### Prahování metodou Otsu

Program NIS Elements pro prahování využívá metodu Otsu. Tato metoda dokáže automaticky vybrat práh. Binární obrazy vznikají odvozením od původního barevného obrazu. Obraz převedený na stupně šedi má stejné zastoupení složek RGB. Stupnice se pohybuje v hodnotách od 0 do 255. Pomocí histogramu provádíme globální jasovou transformaci [24],[25].

### 3.2 Metoda snímání tkaniny přes hranu

Metoda, kterou používá Das a kolektiv [2] ke zjištění chlupatosti se zakládá na obrazové analýze, způsob zachycení obrazu je podobný jako u analyzátoru chlupatosti. Ke snímání obrazu je použita CCD kamera, která snímá materiál napnutý přes hranu. K získání dat z obrazu je nutné snímky převést na binární obraz, na kterém jsou zachycena pouze odstávající vlákna a pozadí za ním. Odečtením pixelů reprezentujících pozadí od pixelů reprezentujících vlákna odstávající od tkaniny je získána výsledná plocha chlupů v jednom snímku. Touto metodou je také možné získat křivku odpovídající reprezentaci vláken klesající se vzdáleností od tkaniny.

### 3.3 Optický přístroj k měření drsnosti

Další bezkontaktní metodu pro měření drsnosti představuje tým autorů [26]. Metoda byla využita pro měření drsnosti počesaných tkanin. Zařízení se skládá z laserové diody, soustavy čoček a CCD kamery (nebo jiného foto citlivého senzoru). Přístroj snímá tkaninu světelným paprskem z laserové diody, dále prochází povrchem tkaniny a signál získaný z odraženého paprsku je zpracováván Fourierovou analýzou. Výsledkem je spektrum, které odpovídá struktuře a hustotě tkaniny.

### 3.4 Přístroj Zweigle T 690

Princip se zakládá na schopnosti optického systému detekovat rozptyl světla od vláken na testovaném materiálu. Osvětlením tmavého pole vzniká kontrast mezi světlejším pozadím a rozptýleným světlem. Rozptyl světla je způsoben přítomností vláken. Toto rozptýlené světlo je následně zachyceno optikou, převedeno na elektrický signál a analyzováno počítačem. Celkovým výsledkem jsou průměrné hodnoty chlupatosti charakterizující chlupatost materiálu [27].

### 3.5 Přístroj Digital Fibrograph

Tento přístroj má hlavní využití měření bavlněné třísně, ale díky jeho vysoký rozlišovací schopnostem je možné ho využít i pro měření chlupatosti počesaných tkanin. Měření vlasu tkaniny se liší pouze navedením tkaniny přes soustavu napínacích a vodících válečků tak, aby bylo docíleno napnutí tkaniny přes břity. Tkanina napnutá přes břity vytváří hranu, kde je možné odstávající chlupy vyčesat a fotoelektrickou metodou zjistit hustotu, rozložení a délku chlupu [27].

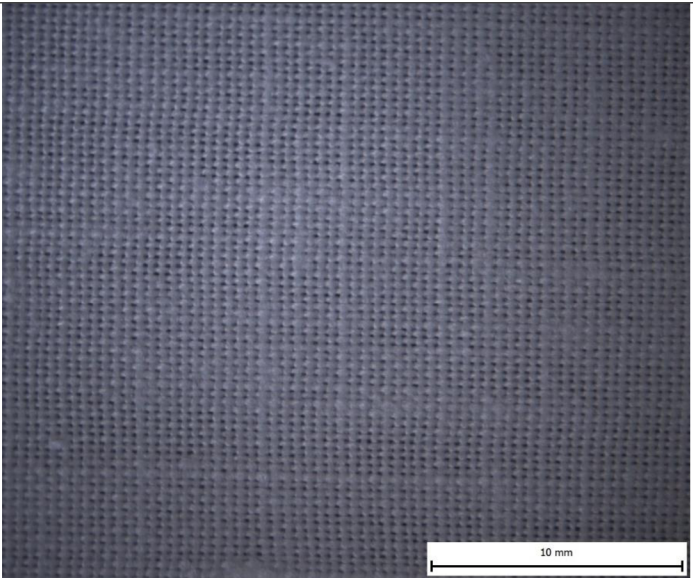
Všechny výše popsané metody jsou vhodné k určení chlupatosti tkanin. Avšak je nutné správně vyhodnotit jaký druh tkaniny je možné na kterém přístroji měřit. Zároveň se musí brát v potaz fakt, že tyto metody jsou mezi sebou neporovnatelné, pro vyhodnocení výsledků využívají jiné postupy a jsou vyjádřeny v různých veličinách. Zatím pro měření chlupatosti neexistuje norma, která by sjednocovala a upravovala metodu měření nebo způsob vyhodnocení této charakteristiky tkanin.

## 4 Metody a materiál

Pro experiment byly vybrány 3 druhy bavlnářských tkanin v plátňové vazbě. Druh materiálu byl vybrán podle hlediska nejvyššího zastoupení v oděvech. Nejvíce využívanými textiliemi v oděvním průmyslu jsou právě textilie s obsahem bavlněných a polyesterových vláken.

### 4.1 Tkanina 1

Tabulka 1 Tkanina 1

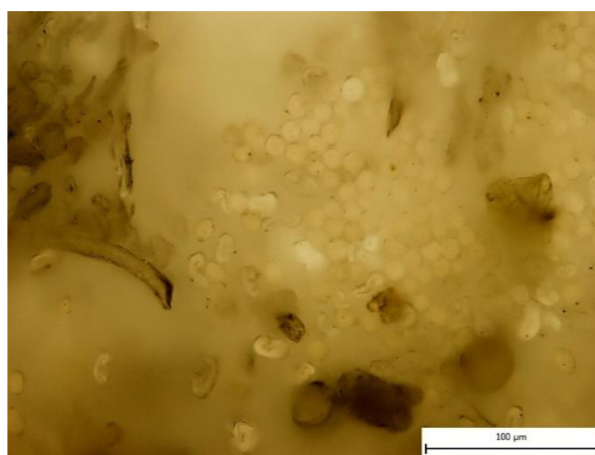
<p>Makroskopický snímek</p>	 <p>Obrázek 5 Tkanina 1</p>
<p>Složení</p>	<p>50 % CO 50 % PL</p>
<p>Tloušťka tkaniny</p>	<p>0,45 ± 0,007 mm</p>
<p>Vazba</p>	<p>plátňová</p>
<p>Dostava (osnova, útek)</p>	<p>32 cm<sup>-1</sup> 22 cm<sup>-1</sup></p>
<p>Průměr příze (osnova, útek)</p>	<p>0,241 ± 0,032 mm, 0,219 ± 0,016 mm</p>
<p>Délka vláken v přízi (osnova, útek)</p>	<p>26,74 ± 2,22 mm, 27,27 ± 2,71 mm</p>
<p>Průměr vláken</p>	<p>CO 21 ± 6,89 μm, PL 12,6 ± 0,61 μm</p>

V osnově i útku je použita jednoduchá příze s pravým přádním zákrutem. Osnovní i útkové nitě mají stejnoměrný charakter.

Snímky z mikroskopu potvrzují, že v přízi se skutečně vyskytují pouze bavlněná a polyesterová vlákna. Bavlněná vlákna se v podélném pohledu poznají podle charakteristického tvaru stočené stužky. V příčném řezu má bavlněné vlákno fazolovitý tvar. Ve středu vlákna se nachází lumen, čím je lumen užší, tím je vlákno zralejší. Příčný řez (obr. 7) ukazuje, některá bavlněná vlákna s úzkým lumenem, tzn. jedná se o zralá vlákna. Zralost vláken má za následek jejich křehkost a náchylnost k poškození, čímž může vést ke vzniku fragmentů vláken. Pro polyesterová vlákna je v podélném pohledu charakteristický hladký, válcovitý vzhled. V příčném řezu je patrný jeho pravidelný kruhový průřez.



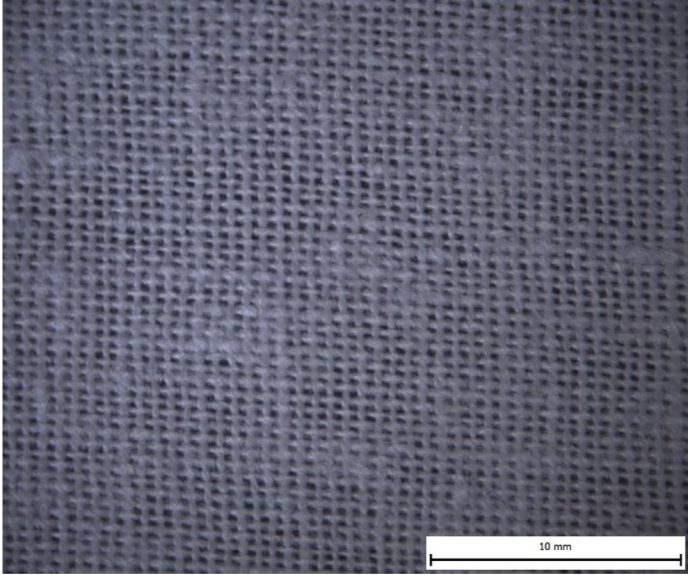
Obrázek 6 Složení příze tkanina 1 - podélný pohled



Obrázek 7 Složení příze tkanina 1 - příčný řez

## 4.2 Tkanina 2

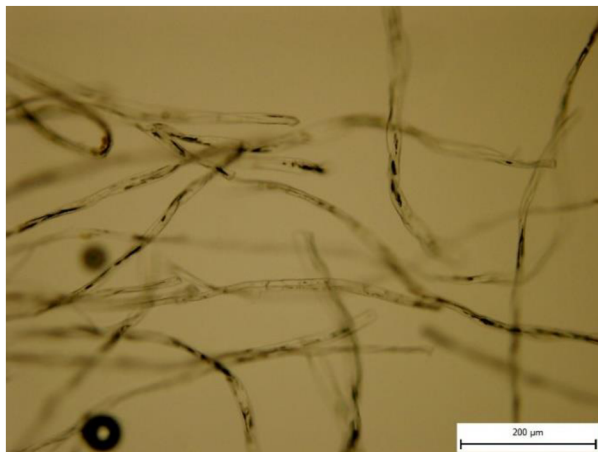
Tabulka 2 Tkanina 2

<p>Makroskopický snímek</p>	 <p>Obrázek 8 Tkanina 2</p>
<p>Složení</p>	<p>100% CO</p>
<p>Tloušťka tkaniny</p>	<p>0,66 ± 0,02 mm</p>
<p>Vazba</p>	<p>plátňová</p>
<p>Dostava (osnova, útek)</p>	<p>22 cm<sup>-1</sup>, 16 cm<sup>-1</sup></p>
<p>Průměr příze (osnova, útek)</p>	<p>0,261 ± 0,039 mm, 0,298 ± 0,02 mm</p>
<p>Délka vláken v přízi (osnova, útek)</p>	<p>17,34 ± 1,36 mm; 20,05 ± 1,83 mm</p>
<p>Průměr vláken</p>	<p>16,6 ± 3,73 μm</p>

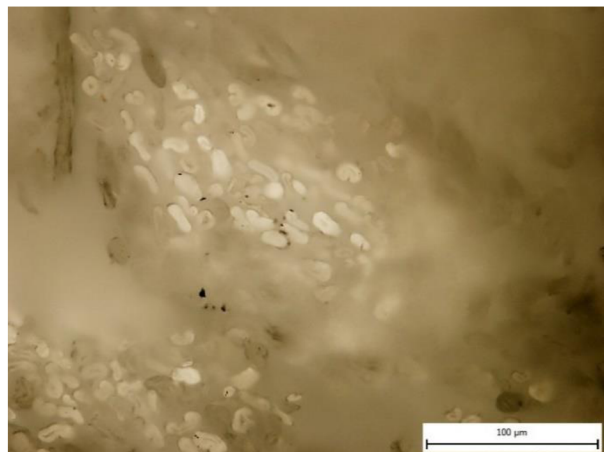


V osnově i v útku je použita jednoduchá příze s pravým přádním zákrutem. Příze použitá v osnově má větší nestejnomyšnosti a vysoký zákrut. Při měření délky vláken šla jednotlivá vlákna od sebe špatně oddělit. V důsledku špatného oddělení jednotlivých vláken se vlákna často přetrhávala.

Rozbor příze pod mikroskopem potvrdil, že příze se skládá ze 100% bavlny. V podélném pohledu (obr. 9) je vidět, že některá vlákna nemají tvar stočené stušky tolik zdatelný. V příčném řezu (obr. 10) je vidět několik vláken, která nemají fazolovitý tvar a jejich průřez je spíš kruhový, je tedy možné, že byla mercerována. V příčném řezu je možné pozorovat i vlákna bez lumenu, může se jednat o mrtvá vlákna, mají nízkou pevnost.



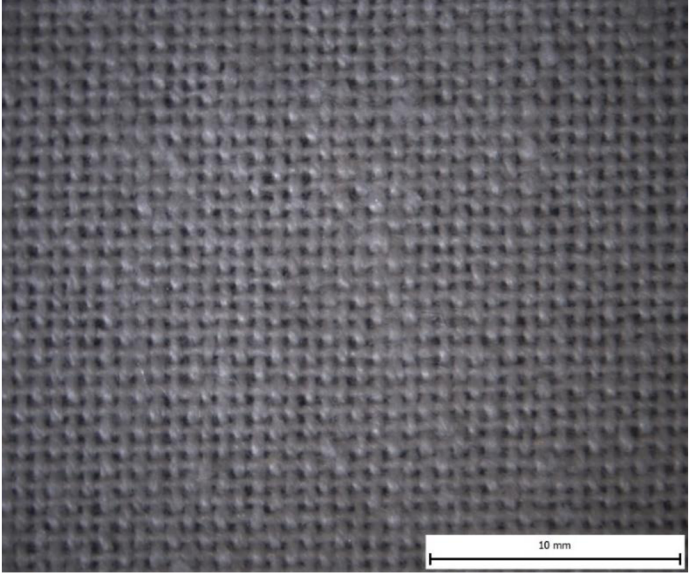
Obrázek 9 Složení příze tkanina 2 - podélný pohled



Obrázek 10 Složení příze tkanina 2 - příčný řez

### 4.3 Tkanina 3

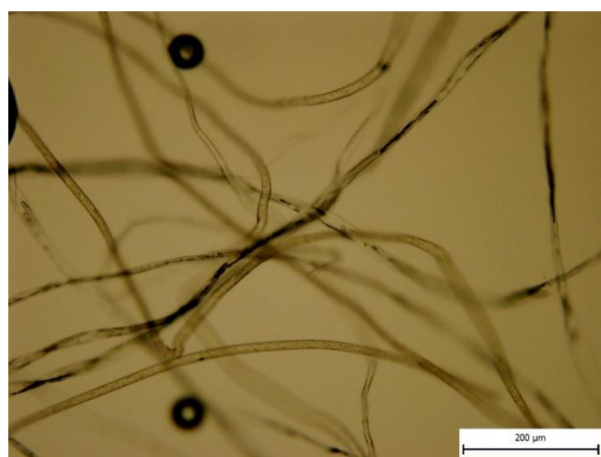
Tabulka 3 Tkanina 3

<p>Makroskopický snímek</p>	 <p>Obrázek 11 Tkanina 3</p>
<p>Složení</p>	<p>90 % recyklovaná CO 10 % PL</p>
<p>Tloušťka tkaniny</p>	<p>0,94 ± 0,057 mm</p>
<p>Vazba</p>	<p>plátnová</p>
<p>Dostava (osnova, útek)</p>	<p>15 cm<sup>-1</sup>, 14 cm<sup>-1</sup></p>
<p>Průměr příze (osnova, útek)</p>	<p>0,488 ± 0,05 mm, 0,41 ± 0,06 mm</p>
<p>Délka vláken v přízi (osnova, útek)</p>	<p>19,63 ± 2,36 mm, 22,03 ± 1,84 mm</p>
<p>Průměr vláken</p>	<p>CO 14,8 ± 5,63 μm, PL 14,2 ± 1,82 μm</p>

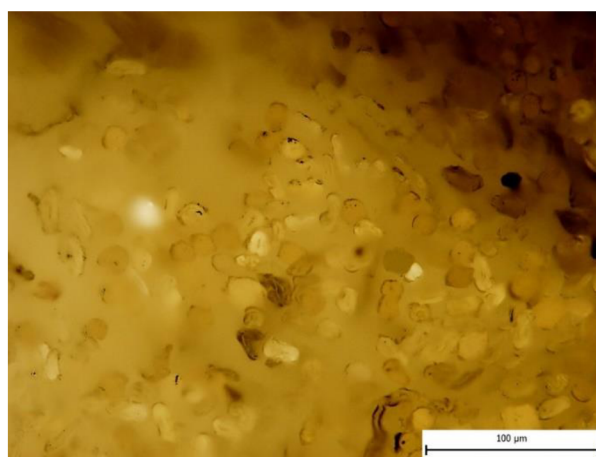


Tkanina 3 obsahovala 90 % recyklovaných bavlněných vláken a 10 % polyesterových vláken. Příze použitá v osnově je dvojmoskaná s levým skacím zákrutem a pravým přádním zákrutem. Příze použitá v útku je jednoduchá s pravým přádním zákrutem. Osnovní i útkové nitě mají velmi stejnoměrný charakter.

Složení je patrné i z mikroskopických snímků. V podélném pohledu (obr. 12) vidíme bavlněná vlákna ve tvaru stočené stužky a polyesterová vlákna – hladké, válcovité vlákno.



Obrázek 12 Složení příze tkanina 3 - podélný pohled



Obrázek 13 Složení příze tkanina 3 - příčný řez

#### 4.4 Příprava vzorků

Od každé tkaniny bylo připraveno 7 vzorků o rozměrech 50 x 50 cm. Přehled vzorků uvádí tabulka 2. Každý vzorek tohoto rozměru byl začištěn obnitkováním. Tyto vzorky postupně prošly až 10 cykly praní a sušení. Každý vzorek z daného cyklu praní byl sušen dvěma způsoby – v sušičce nebo volně na vzduchu ve vodorovné poloze. Tyto dva způsoby sušení byly vybrány s předpokladem, že každý způsob sušení bude mít za následek jiné opotřebení tkaniny. Sušení v sušičce by podle předpokladu mělo materiál nejvíce změnit a způsobit vyšší chlupatost. Naopak volné sušení ve vodorovné poloze je považováno za nejšetrnější způsob. Aby bylo možné porovnat změny po praní a sušení byly některé vzorky odebírány. Vzorky byly rozříděny podle materiálu a způsobu úpravy. Každá ze 3 tkanin tedy obsahovala vzorek, který zůstal bez úprav a poté se odebral od každého druhu tkaniny vzorek po 1. cyklu praní a sušení, po 5. praní cyklu praní a sušení a po 10. cyklu praní a sušení. Po každém cyklu byly vzorky zváženy, aby bylo možné odhadnout, zda dochází k úbytku hmotnosti a tím i úbytku vláken.

Tabulka 4 přehled vzorků

materiál	způsob sušení	počet pracích cyklů	kód
90CO/10PL	sušička	1	R_CO/PL1S
90CO/10PL	volně	1	R_CO/PL1V
90CO/10PL	sušička	5	R_CO/PL5S
90CO/10PL	volně	5	R_CO/PL5V
90CO/10PL	sušička	10	R_CO/PL10S
90CO/10PL	volně	10	R_CO/PL10V
90CO/10PL		bez praní	R_CO/PL
50CO/50PL	sušička	1	CO/PL1S
50CO/50PL	volně	1	CO/PL1V
50CO/50PL	sušička	5	CO/PL5S
50CO/50PL	volně	5	CO/PL5V
50CO/50PL	sušička	10	CO/PL10S
50CO/50PL	volně	10	CO/PL10V
50CO/50PL		bez praní	CO/PL
100CO	sušička	1	CO1S
100CO	volně	1	CO1V
100CO	sušička	5	CO5S
100CO	volně	5	CO5V
100CO	sušička	10	CO10S
100CO	volně	10	CO10V
100CO		bez praní	CO

### 4.4.1 Praní

Pro účely praní byla použita laboratorní pračka SDL Atlas Quickwash Plus (obr. 14). Laboratorní pračka pracuje při vyšších otáčkách a buben je opatřen žebry, o které se materiál mechanicky namáhá, dojde tedy k opotřebení srovnatelnému s domácí pračkou za kratší čas a s úsporou vody. Pro porovnání běžná pračka v domácnosti spotřebuje přibližně 40 l vody na prací cyklus, záleží na programu praní a množství prádla[28]. Laboratorní pračka spotřebuje nejvíce přibližně 1 galon vody, to odpovídá 3,785 l. Pračka nabízí několik programů, které splňují normy ISO a AATCC. Pro účel této práce byl vybrán program 5, který splňuje ČSN EN ISO 6330 (800821) Textilie - Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. Podle této normy program 5 odpovídá postupu praní B (zařízení s vertikální osou, agitátor). Sušení pak odpovídají dva postupy C (sušení v rozprostřeném stavu) a F (sušení v bubnové sušičce)[29].



Obrázek 14 Pračka SDL Atlas Quickwash Plus

Pračka se při máchání naplnila 0,8 galony (=3,0283 l) vody, teplota vody byla nastavena na 40 °C. Při odstředování byla nastavena na 23 °C. Pračka přepíná mezi dvěma režimy rotace, ve fázi máchání dochází pouze k rotaci rázy, hodnota se pohybuje podle normy kolem 180 rázů/min. Fáze odstředování začíná nejprve rázem, který přechází do plynulých otáček o rychlosti 613–640 ot. /min. K praní byl použit prací prostředek v prášku zn. Persil Deep clean PROFESSIONAL. Malé množství pracího prášku (cca 0,5 g) bylo přidáno přímo do pracího bubnu před začátkem praní.

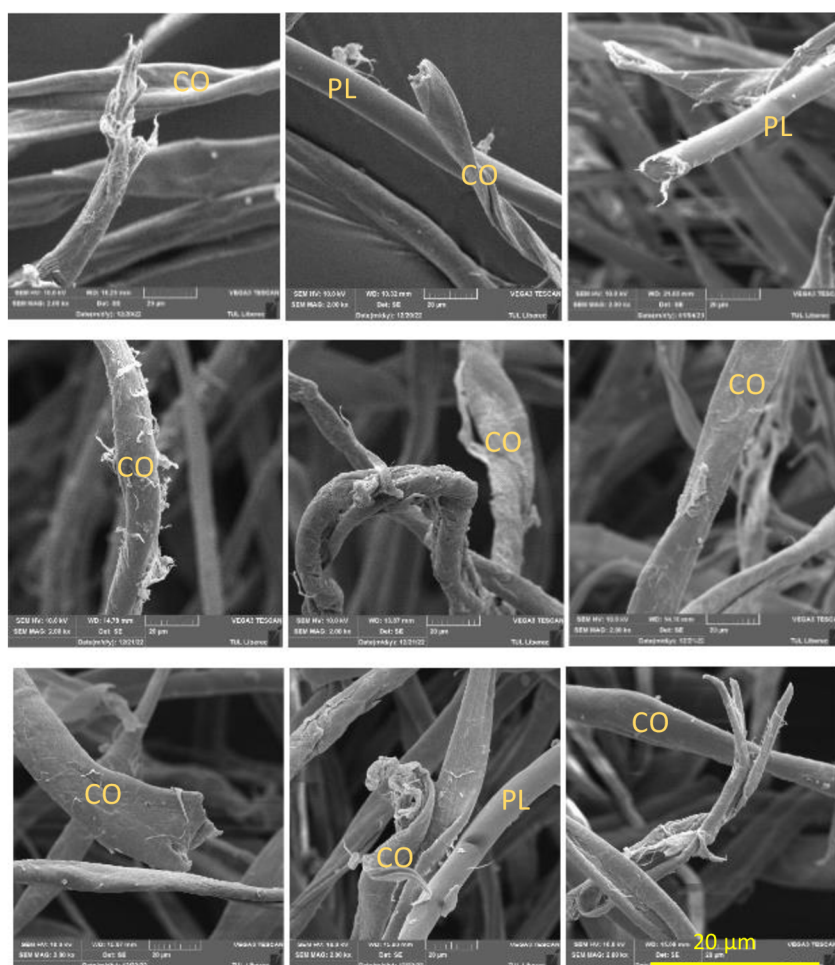
Nižší teplotou mělo být sníženo riziko sražení vzorků z polyesteru. Jeden celkový prací cyklus sestával z jednoho cyklu máchání a tří cyklů ždímání, trval 15 minut. Nastavení pracího cyklu (obr. 15) této pračky neumožňuje žádný cyklus vypustit – čas cyklu sušení musel být nastaven na velmi nízkou hodnotu. Cyklus sušení v pračce nebyl pro účely této práce využit, kvůli dodržení postupu podle normy a oddělení vzorků schnoucích volně na vzduchu.

#### 4.4.2 Sušení

Sušení probíhalo podle normy ČSN EN ISO 6330 (800821) Textilie - Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií a podle normy ČSN EN ISO 139 (800056) Textilie - Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení.

Podle normy ČSN EN ISO 6330 (800821) byly zvoleny dva typy sušení. Vzorky byly sušeny v bubnové sušičce nebo schnuly volně na vzduchu rozprostřené ve vodorovné poloze. Sušení v sušičce je nejméně šetrným způsobem sušení, naopak sušení ve vodorovné poloze na vzduchu je považováno za nejšetrnější způsob. Tudíž rozdíl mezi vzorky sušenými těmito dvěma způsoby by měli být markantní. Pro účely sušení v sušičce byla použita profesionální sušička Miele PT 7135 C Plus. Program sušení byl vybrán, tak aby u vzorků nedošlo k přesušení. Program na košiloviny byl pro lehké bavlnářské tkaniny nejvhodnější. Doba sušení se u každého cyklu pohybovala vždy kolem 15 minut, protože sušičku není možné programovat.

Všechny vzorky byly v sušičce sušeny společně, což mělo simulovat sušení prádla v domácnostech, kde se textilní výrobky podle typu materiálů také neoddělují. U vzorků sušených v sušičce byl úbytek vláken zjevný, po každém cyklu sušení byla z filtru odebrána krátká vlákna, která se po sušení uvolnila z tkanin. V sušičce se sušily vzorky od všech 3 typů tkanin dohromady, ve filtru zůstala směs těchto vláken. Byly pořízeny snímky krátkých vláken z filtru (obr.16). Na povrchu vláken došlo k poškození, a tím by docházelo k odlučování jejich fragmentů do vody, kdyby vlákna nebyla zachycena filtrem.

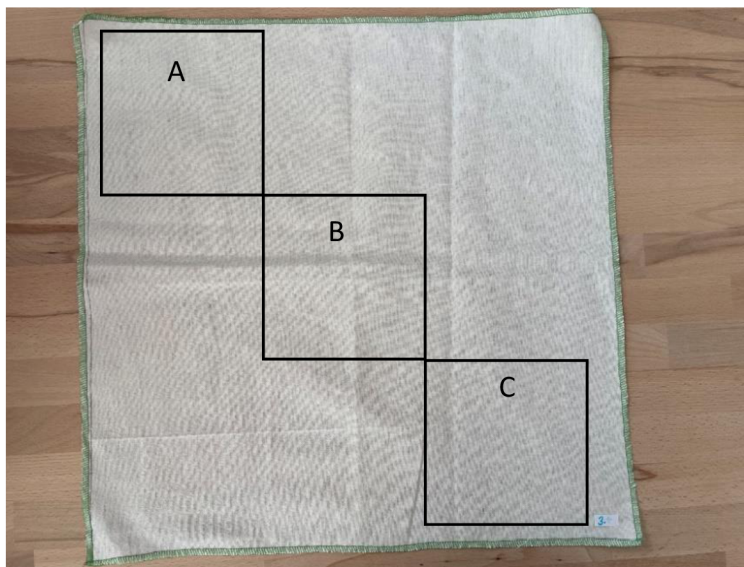


Obrázek 16 SEM snímky krátkých vláken ze sušičky

U vzorků tkanin, které schnuly volně na vzduchu byly patrné větší lomy – větší pomačkání než u vzorků schnoucích v sušičce. Doba, nutná pro vysušení vzorků na vzduchu, se přibývajícímí cykly snižovala.



Po dokončení všech cyklů praní byl rozměr vzorků upraven tak, aby bylo možné vzorky měřit metodou RCM. Rozměry použitých vzorků byly změněny na 5 cm x 15 cm (obr. 18), delší strana vedla ve směru osnovy. Aby došlo ke statisticky náhodnému výběru, byly vzorky z původního rozměru tkaniny vystřiženy ze tří oblastí – A, B, C (obr. 17), které se navzájem nedotýkají hranou.



Obrázek 17 Původní rozměr vzorku



Obrázek 18 Vzorek pro měření metodou RCM

#### 4.5 Analyzátor chlupatosti – měření metodou RCM

Přístroj snímá imaginární řez tkaniny, tzn. při snímání podél osnovy jsou viditelné útkové nitě a při snímání podél útku jsou viditelné osnovní nitě. Pro účely této práce byly všechny vzorky snímány pouze z lící strany podél směru osnovy, na imaginárním řezu jsou viditelné útkové nitě. Výsledkem snímání byla sekvence snímků, která se dále zpracovávala v programu NIS Elements. Před samotným měřením bylo nutné obraz zkalibrovat, tedy přiřadit 1 obrazovému bodu reálnou jednotku délky (obr. 19). Obraz měl rozlišení 1600 px x 1200 px, kalibrace 6,947  $\mu\text{m}/\text{px}$ . Čas snímání byl nastaven na 10 sekund s intervalem snímání po 100 milisekundách, rychlost navíjení byla 16 ot./min. Snímaná plocha měla rozměry 70 mm ve směru osnovy a 11 mm ve směru útku. Krok mezi jednotlivými snímky odpovídá 1,2 mm, tato hodnota byla zvolena s ohledem na charakter tkanin. Vhodná velikost kroku mezi snímky zajišťuje, že v sekvenci bude dostatek snímků pro vyhodnocení chlupatosti a také, že delší vlákna odstávající od povrchu tkaniny se neopakují na více snímcích za sebou.



Obrázek 19 Kalibrace obrazu

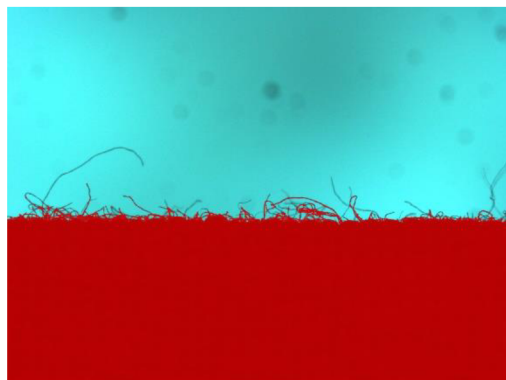
Každý vzorek musel být nasnímán dvakrát, aby bylo možné v jedné sekvenci zachytit tkaninu s chlupy (obr. 20) a v druhé tkaninu bez chlupů (obr. 21). Toho se docílilo použitím rozdílných expozičních s použitím automatického vyvážení bílé. Hodnota expozice pro snímání tkaniny s chlupy byla 10 ms a pro snímání tkaniny bez chlupů byla expozice nastavena na 50 ms. Rychlost navíjení vzorku byla nastavena na nejnižší hodnotu 16 ot./min, z důvodů dostatečné ostrosti detailů v obraze.



Obrázek 20 Nastavení expozice pro snímání s chlupy



Obrázek 21 Nastavení expozice pro snímání bez chlupů



Obrázek 22 Automatické prahování tkaniny s chlupy



Obrázek 23 Automatické prahování tkaniny bez chlupů



Kalibrované snímky bylo nutné naprahotovat (obr. 22, obr. 23) pro následné měření. Jelikož program NIS Elements využívá k prahování metodou Otsu, dojde k automatickému nastavení prahu, ale aby došlo k zahrnutí co nejpřesnějšího detailu objektů na snímku do prahované plochy bylo potřeba použít některé funkce pro úpravu prahu. Práh můžeme ovlivnit například změnou hodnot RGB v histogramu nebo využitím funkcí „vyčistit“, „vyhladit“, „vyplnit otvor“.

#### 4.6 Výpočet hodnoty chlupatosti H

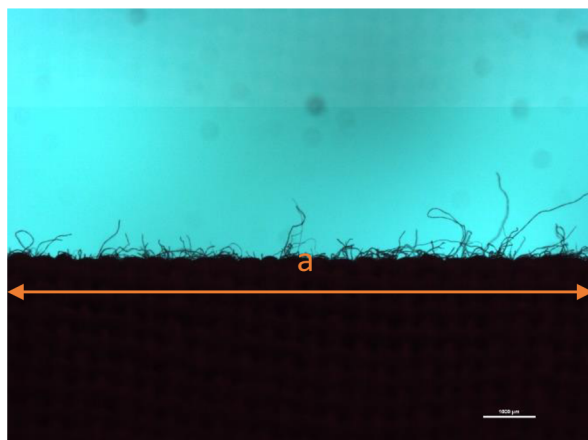
Prahaná plocha mohla být jednoduše změřena pomocí funkce „měřit“. Takto byla získána velikost plochy v  $\mu\text{m}^2$  z každého snímku v sekvenci, sekvence obsahovala 50 snímků (50 řezů tkaniny). Součtem ploch z každého snímku pak byla získána celková plocha v sekvenci. Aby bylo možné zjistit plochu samotných chlupů na tkanině, bylo provedeno měření plochy jednou na tkanině snímané bez chlupů a podruhé na tkanině nasnímané s chlupy. Odečtením celkové plochy tkaniny bez chlupů ( $\sum S_{w/o}$ ) od celkové plochy tkaniny s chlupy ( $\sum S_{wh}$ ) byla získána celková plocha samotných chlupů ( $\sum S_h$ ); viz vztah (1).

$$\sum S_h = \sum S_{wh} + \sum S_{w/o} \quad (2)$$

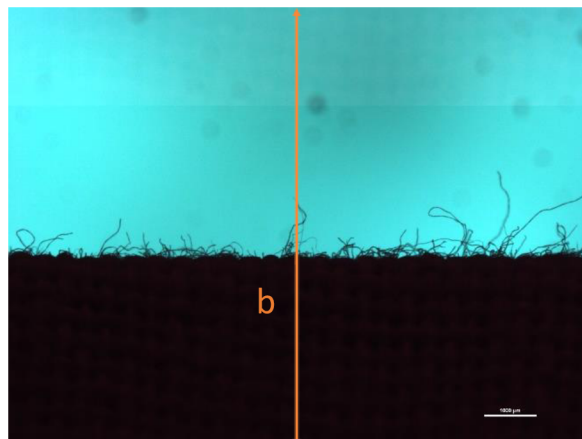
#### 4.7 Hodnota chlupatosti

Hodnoty získané měřením vyjadřují velikost plochy chlupů, nacházejících se na naměřené ploše (70 mm x 11 mm). Pro lepší vyjádření hodnot chlupatosti byl použit vztah (3) – kde celková plocha chlupů  $\sum S_h$  je vztažena k ploše  $a \times b$ , která je dána velikostí celého obrazu (1600 px x 1200 px). Aby nedošlo ke zkreslení dat nevhodným způsobem vyhodnocení byla pro výpočet zvolena plocha celého obrazu, jelikož zůstává fixní. Nastavení kamery zůstalo po celou dobu snímání stejné, tudíž se neměnil úhel pod kterým byla tkanina snímána, hrana přes kterou je tkanina převíjena byla po celou dobu snímání také nastavena stejně.

$$H = \frac{\sum S_h}{a \times b} [-] \quad (3)$$



Obrázek 24 Rozměr "a"



Obrázek 25 Rozměr "b"

Výsledkem předchozího výpočtu je tedy bezrozměrné číslo, Takto vyjádřená hodnota chlupatosti poskytuje výstižnější údaj o charakteru tkaniny nežli chlupatost vyjádřená jako pouhá velikost plochy odstávajících vláken. Vztahování k ploše obrazu, která zůstává pro všechna měření stejná, zajišťuje že případná manipulace s kamerou či hranou, přes kterou se materiál převíjí, nebude mít vliv na výsledné hodnoty.

## 5 Diskuse výsledků

Cílem práce je zhodnotit změnu chlupatosti 3 bavlnářských tkanin vlivem dvou rozdílných způsobů sušení – v sušičce a volně rozprostřené na vzduchu. Předpokládá se, že vzorky schnoucí v sušičce budou mít vyšší chlupatost než vzorky schnoucí volně na vzduchu. Výsledky tedy mohou být stanoveny porovnáním chlupatosti jednoho druhu materiálu. Pro porovnání rozdílů 2 způsobů sušení byl proveden dvouvýběrový T-test.

Porovnání chlupatosti mezi všemi 3 hodnocenými tkaninami nemůže být přesně provedeno. Aby porovnání rozdílných tkanin bylo možné, musely by mít všechny porovnávané tkaniny stejné základní parametry (jemnost příze, zákrut, dostava, vazba, setkání). Nemůžeme přesně stanovit do jaké míry má vliv na chlupatost tkaniny použitý materiál. Porovnání chlupatostí mezi jednotlivými tkaninami v této práci je tedy pouze odhad. Lze stanovit hodnoty chlupatosti daných tkanin, ale už nelze s jistotou stanovit příčinu. Tato práce si klade za cíl charakteristiku chování tkanin při údržbě dvěma různými způsoby.

Při vyhodnocování naměřených hodnot chlupatosti byl také brán v potaz charakter tkanin a jejich vstupní parametry – délka vláken, průměr vláken, průměr příze a tloušťka tkaniny.

Naměřené hodnoty byly porovnány s předešlou prací [4], aby byla ověřena správnost postupu měření. K ověření výchozích hodnot byl použit vzorec, který autorka v práci zmiňuje. Porovnání výchozích hodnot je k nahlédnutí v příloze.

### 5.1 Tkanina 1

Tkanina 1 složená z 50 % bavlny a 50 % polyesteru, vykazuje nejstejnomořnější charakter povrchu mezi zkoumanými tkaninami, což pravděpodobně přispívá k dosažení nižších hodnot chlupatosti (viz tabulka 5, 6; obr. 24). Avšak, i přes tuto stejnoměrnost, hodnoty chlupatosti pro tuto tkaninu mají nejvyšší rozptyly ve srovnání s ostatními dvěma tkaninami, které vykazují méně rovnoměrný povrch.

S přihlédnutím na nezanedbatelný podíl polyesteru je překvapující, že na povrchu tkaniny nebyla zřetelná volná vlákna, která by začala tvořit na povrchu tkaniny žmolky. Tudíž kvalita prstencové příze použité v tkanině vykazuje prozatím dobrou stabilitu.

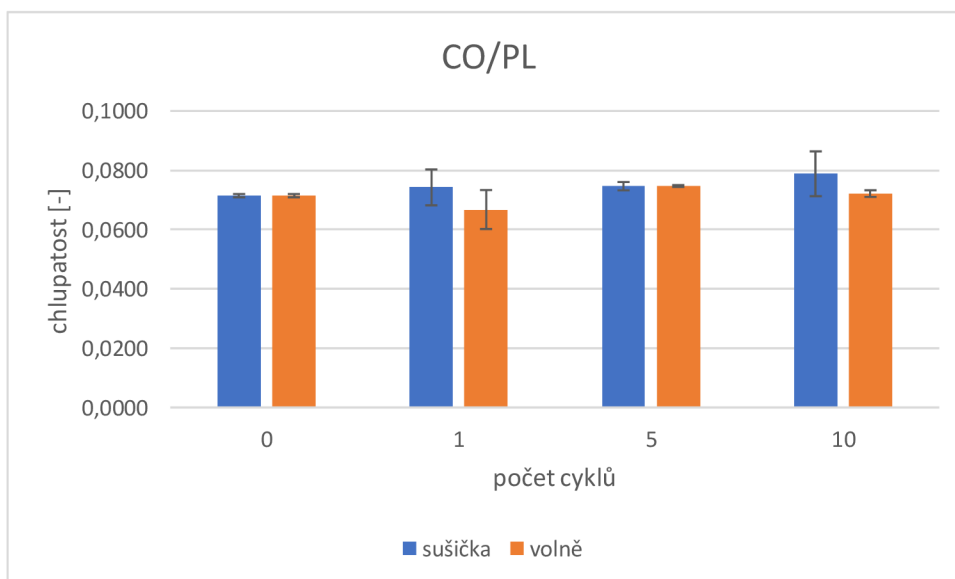
Analýza ukázala, že statistický rozdíl mezi vzorky schnoucími v sušičce a volně na vzduchu je nevýznamný, což neumožňuje potvrdit předpoklad, že vyšší chlupatost by měly vzorky sušené v sušičce. Tato skutečnost podtrhuje důležitost dalšího výzkumu k identifikaci příčin kolísání hodnot chlupatosti u vzorků schnoucích volně na vzduchu.

Tabulka 5 výsledné hodnoty tkanina 1 sušení v sušičce

chlupatost [-]						
sušička						
CO/PL	A	B	C	průměr	s	95%IS
0	0,0708	0,0720	0,0714	0,0714	0,0005	0,0006
1	0,0692	0,0719	0,0816	0,0742	0,0053	0,0060
5	0,0753	0,0757	0,0729	0,0746	0,0012	0,0014
10	0,0725	0,0743	0,0897	0,0788	0,0067	0,0076

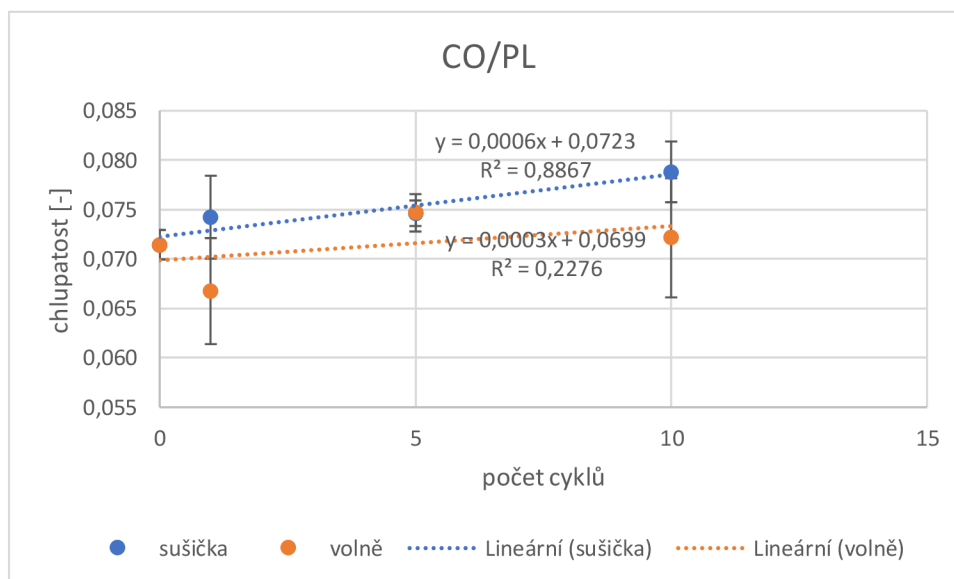
Tabulka 6 výsledné hodnoty tkanina 1 sušení volně na vzduchu

chlupatost [-]						
volně						
CO/PL	A	B	C	průměr	s	95%IS
0	0,0708	0,0720	0,0714	0,0714	0,0005	0,0006
1	0,0585	0,0705	0,0712	0,0668	0,0058	0,0066
5	0,0751	0,0745	0,0745	0,0747	0,0003	0,0003
10	0,0725	0,0731	0,0708	0,0721	0,0010	0,0011



Obrázek 26 Chlupatost tkanina 1

Překvapivě, vzorky odebrané po prvním a desátém cyklu schnoucí volně vykazují klesající hodnoty chlupatosti v porovnání s předchozími cykly. Naopak, chlupatost vzorků schnoucích v sušičce se zvyšuje s rostoucím počtem cyklů. Toto zdánlivě protichůdné chování naznačuje složitý vliv praní a sušení na chlupatost tkaniny 1 (obr. 25).



Obrázek 27 Lineární trend tkanina 1

## 5.2 Tkanina 2

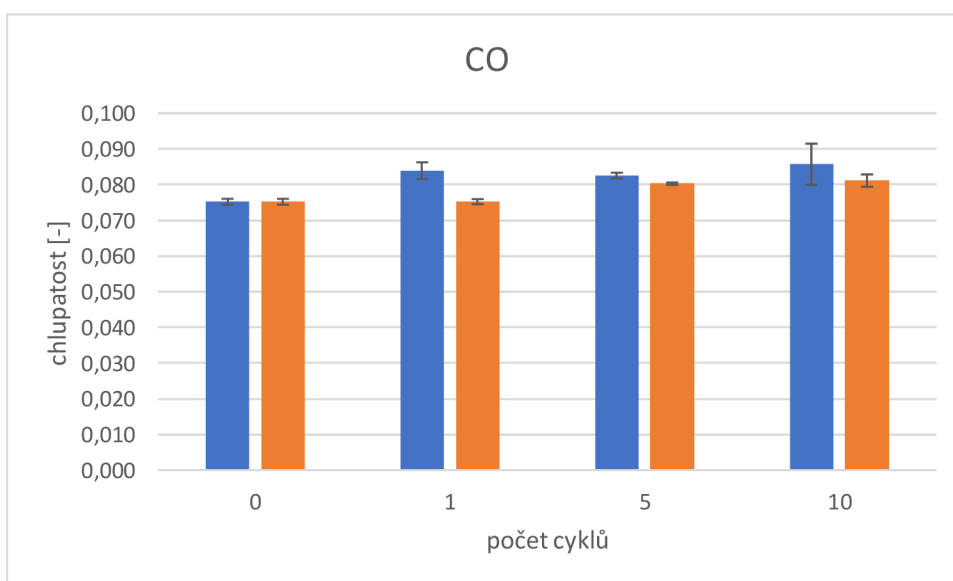
Tkanina 2, sestávající ze 100 % bavlny, prokazuje výraznou nestabilitu v kvalitě nití. Tyto niti vykazují vysoký zákrut v jak osnově, tak i útku, což vytváří v materiálu nehomogenní strukturu. Osnovní niti této tkaniny vykazují nejkratší průměrnou délku ve srovnání se všemi třemi vzorky. Grafická reprezentace dat (obr. 26) ukazuje, že mezi vzorky sušenými rozdílnými způsoby v 1. a 5. cyklu existuje statisticky významný rozdíl, což potvrzuje test shody středních hodnot (kapitola 5.3.1).

Tabulka 7 výsledné hodnoty tkanina 2 sušení v sušičce

chlupatost [-]						
sušička						
CO	A	B	C	průměr	s	95%IS
0	0,0757	0,0741	0,0758	0,0752	0,0007	0,0008
1	0,0850	0,0810	0,0857	0,0839	0,0021	0,0023
5	0,0830	0,0831	0,0815	0,0825	0,0007	0,0008
10	0,0838	0,0806	0,0927	0,0857	0,0051	0,0058

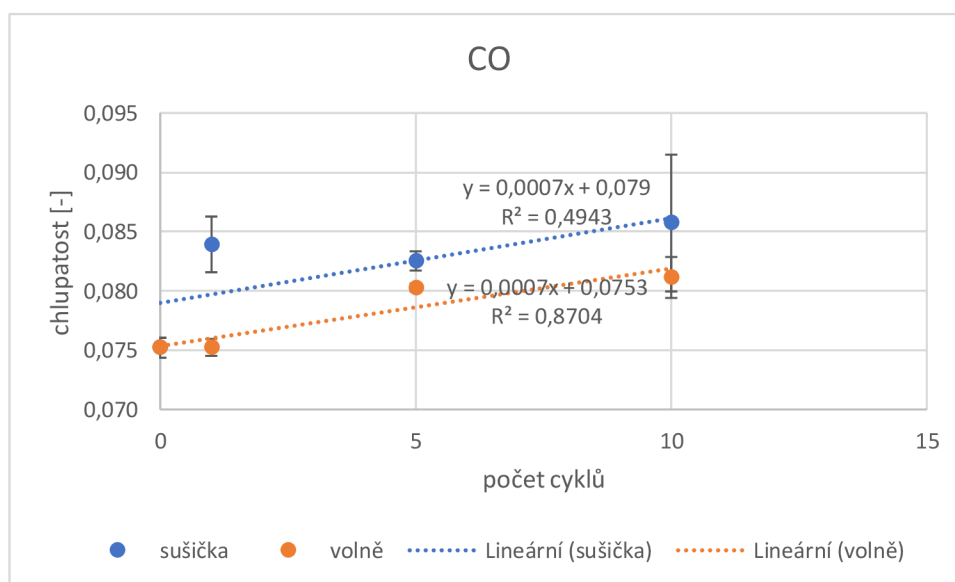
Tabulka 8 výsledné hodnoty tkanina 2 sušení volně na vzduchu

chlupatost [-]						
volně						
CO	A	B	C	průměr	s	95%IS
0	0,0757	0,0741	0,0758	0,0752	0,0007	0,0008
1	0,0746	0,0761	0,0749	0,0752	0,0006	0,0007
5	0,0807	0,0800	0,0802	0,0803	0,0003	0,0003
10	0,0803	0,0798	0,0833	0,0811	0,0015	0,0017



Obrázek 28 Chlupatost tkanina 2

Grafická reprezentace experimentálních dat (obr 27) ukazuje zajímavý kontrast s tkaninou 1. Na rozdíl od tkaniny 1 vykazují vzorky tkaniny 2 schnoucí v sušičce výrazné kolísání hodnot chlupatosti. Zajímavým fenoménem je, že chlupatost vzorků schnoucích na vzduchu v tomto případě pouze roste. Tato odlišná chování mohou být přičítána specifickým vlastnostem bavlněných vláken v tkanině 2 a mohou ovlivňovat celkovou kvalitu a vlastnosti materiálu. Další důkladné studie jsou nezbytné k plnému pochopení těchto pozorovaných jevů a jejich příčin



Obrázek 29 Lineární trend tkanina 2

### 5.3 Tkanina 3

Tkanina 3, sestávající z 90 % recyklované bavlny a 10 % polyesteru, vykazuje specifické vlastnosti ve srovnání s ostatními zkoumanými tkaninami. Před praním a sušením měla tkanina 3 nejvyšší hodnoty chlupatosti, naznačující přítomnost vláken nebo nepravidelností na povrchu materiálu. Výsledné hodnoty chlupatosti shrnuje tabulka 9 a 10. Grafické znázornění dat opět ukazuje, že mezi daty neexistuje statisticky významný rozdíl, což prokazuje i test shody středních hodnot (kapitola 5.3.1)



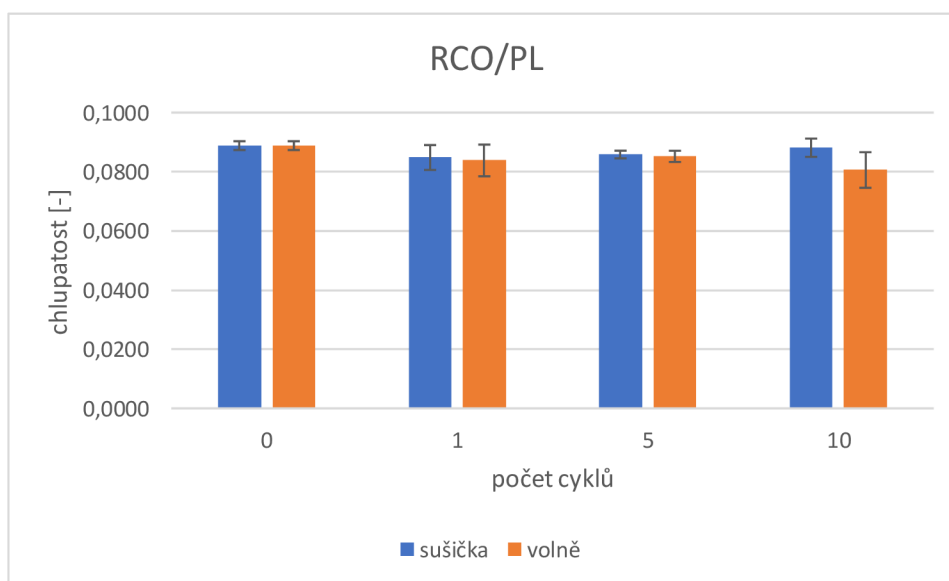
Další analýza odhaluje, že tkanina 3 má nízkou dostavu osnovy i útku, což spolu s velmi nestejnými nitěmi přispívá k nestejnému povrchu tkaniny. Přestože délka vláken v osnově i útku byla překvapivě vyšší než u tkaniny ze 100% nerecyklované bavlny, tato vlastnost se zdá, že neměla vliv na celkovou chlupatost tkaniny.

Tabulka 9 výsledné hodnoty tkanina 3 sušení v sušičce

chlupatost [-]						
sušička						
RCO/PL	A	B	C	průměr	s	95%IS
0	0,0892	0,0871	0,0902	0,0888	0,0013	0,0015
1	0,0881	0,0796	0,0867	0,0848	0,0037	0,0042
5	0,0843	0,0869	0,0863	0,0858	0,0011	0,0013
10	0,0869	0,0919	0,0856	0,0881	0,0027	0,0031

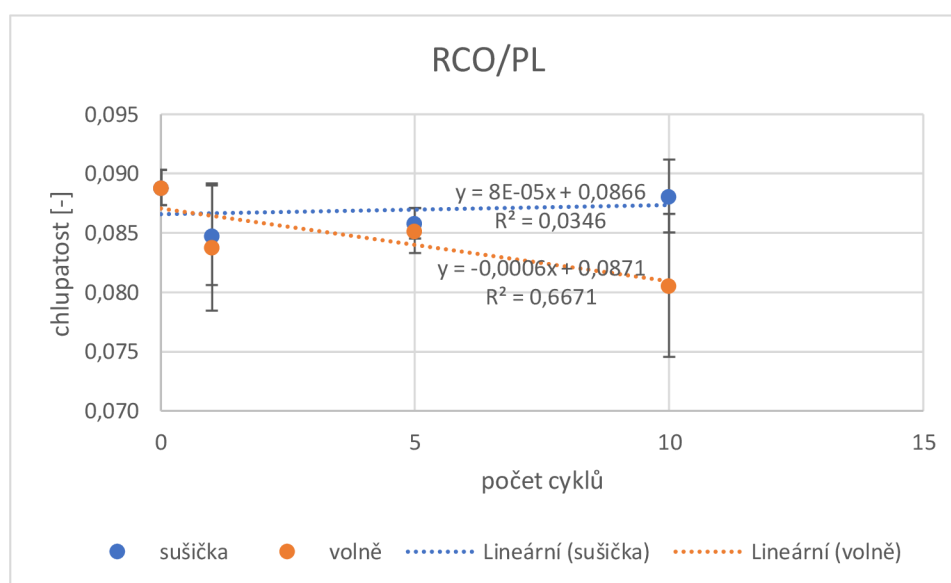
Tabulka 10 výsledné hodnoty tkanina 3 sušení volně na vzduchu

chlupatost [-]						
volně						
RCO/PL	A	B	C	průměr	s	95%IS
0	0,0892	0,0871	0,0902	0,0888	0,0013	0,0015
1	0,0791	0,0820	0,0903	0,0838	0,0047	0,0054
5	0,0831	0,0872	0,0853	0,0852	0,0017	0,0019
10	0,0731	0,0833	0,0853	0,0806	0,0053	0,0060



Obrázek 30 Chlupatost tkanina 3

V průběhu experimentu bylo pozorováno zajímavé chování chlupatosti (viz obr 29). Po prvním cyklu praní a sušení došlo k poklesu chlupatosti u vzorků schnoucích v sušičce i u vzorků schnoucích volně na vzduchu. Nicméně, u vzorků schnoucích v sušičce se hodnoty chlupatosti v následujících cyklech opět zvyšovaly. Toto chování nebylo pozorováno u vzorků schnoucích volně na vzduchu, jejichž hodnoty chlupatosti kolísaly, a nakonec dosáhly nejnižších hodnot po 10. cyklu.



Obrázek 31 Lineární trend tkanina 3

Celkově lze tedy říci, že tkanina 3 vykazuje specifické hodnoty chlupatosti, které mohou být důsledkem použití kombinace recyklované bavlny a polyesteru. Další studie jsou nezbytné k hlubšímu porozumění těmto pozorovaným jevům a jejich příčinám.

### 5.3.1 Vyhodnocení výsledků pomocí testu středních hodnot

Výsledky měření (viz příloha 2) je nutné otestovat, jelikož cílem práce je porovnat rozdíl chlupatosti mezi tkaninami sušenými dvěma způsoby. Aby bylo možné říci, zda mezi naměřenými hodnotami skutečně existuje statistický rozdíl, byl použit test shody středních hodnot. Testují se data ze dvou souborů, výsledná hodnota „p“ udává pravěpodobnost nulové hypotézy při stanovené hladině významnosti  $\alpha=0,05$ [30].

Nulová hypotéza byla stanovena na základě cíle práce, tedy:

$H_0$ : Chlupatost vzorků schnoucích v sušičce je stejná jako chlupatost vzorků sušených volně.

⇒ Chlupatost nezávisí na typu sušení

$H_A$ : Chlupatost vzorků schnoucích v sušičce je vyšší než chlupatost vzorků schnoucích volně na vzduchu.

⇒ Chlupatost závisí na typu sušení

Výsledky testu středních hodnot (viz příloha 3) prokázaly téměř ve všech případech platnost  $H_0$  ( $p > 0,05$ ) to znamená, že chlupatost vzorku nezávisí na typu sušení. Pouze u bavlněných vzorků v 1. a 5. cyklu byl zaznamenán rozdíl mezi dvěma způsoby sušení ( $p < 0,05$ ). V tabulkách níže lze nalézt konkrétní hodnoty pravděpodobnosti „p“ pro každou z tkanin v konkrétním cyklu.

### Tkanina 1

Tabulka 11 Výsledky T testu tkanina 1

COPL	cyklus	P-hodnota	platnost hypotézy
	1	0,251262281	$p > \alpha \Rightarrow H_0$
	5	0,963204292	$p > \alpha \Rightarrow H_0$
	10	0,291141549	$p > \alpha \Rightarrow H_0$

### Tkanina 2

Tabulka 12 Výsledky T testu tkanina 2

CO	cyklus	P-hodnota	platnost hypotézy
	1	0,004778494	$p < \alpha \Rightarrow H_A$
	5	0,014807186	$p < \alpha \Rightarrow H_A$
	10	0,289740052	$p > \alpha \Rightarrow H_0$

### Tkanina 3

Tabulka 13 Výsledky T testu tkanina 3

	cyklus	P-hodnota	platnost hypotézy
RCOPL	1	0,826763242	$p > \alpha \Rightarrow H_0$
	5	0,688368929	$p > \alpha \Rightarrow H_0$
	10	0,149396882	$p > \alpha \Rightarrow H_0$

Pro komplexní vyhodnocení vlivu sušení na vlastnosti bavlnářských textilií by bylo dobré provést ještě rozsáhlejší experiment nad rámec této práce. Jako doporučení je tedy možné navrhnout testování po více cyklech, a to nejlépe do konce životního cyklu tkanin. Bylo by však potřeba také společně hodnotit další proměnné, které mohou mít s chlupatostí souvislost, jako jsou nestejnomyšernosti přize, úbytek hmotnosti, změna dostavy, změna prodyšnosti, zakrytí a zaplnění tkaniny. Dále by bylo testovat více způsobů údržby pro lepší rozlišení vzniku chlupatosti paní a sušení.

## 6 Závěr

Tato práce se týká hodnocení vlivu údržby na změnu chlupatosti bavlnářských tkanin. Jsou zde shrnuty informace o chování tkanin bavlnářského typu při údržbě. Práce také nahlíží na způsob měření chlupatosti pomocí bezkontaktní metody, která byla vyvinuta pro měření drsnosti tkanin. Data vycházející z měření posuzuje v souvislosti s vlastnostmi použitých materiálů.

Z výsledků je zřejmé, že ani u jedné ze tří zkoumaných tkanin nebylo možné přesně předpovědět vývoj chlupatosti. Hodnoty chlupatosti prokázaly výraznou kolísavost, naznačující, že chlupatost je podstatně ovlivněna různými faktory v průběhu experimentu. Tento výsledek naznačuje, že chlupatost tkanin je dynamickým parametrem, který se mění s počtem cyklů praní a sušení. Kolísající hodnoty ukazují, že bude záležet na tom, v jakém cyklu se vzorky porovnávají.

Předpoklad o rozdílné chlupatosti v závislosti na typu sušení se nepotvrdil, jak bylo diskutováno v předchozí kapitole, a to bylo podpořeno testem shody středních hodnot – k nahlédnutí v příloze č. 1. Tato skutečnost ukazuje, že způsob sušení nemá signifikantní vliv na chlupatost tkanin v rámci provedeného experimentu. Avšak s ohledem na skutečnost, že k uvolňování vláken dochází za vyšších teplot, je možné, že tkaniny sušené v sušičce nebyly vystaveny dostatečnému namáhání, aby se projevil signifikantní rozdíl.

Vzhledem k významným rozptylům hodnot chlupatosti by bylo vhodné provést další opakovaná měření, což však může být časově náročné. Zefektivnění experimentu by mohlo být dosaženo praním a sušením vzorků pouze z jednoho typu materiálu společně, což by usnadnilo následnou analýzu vláken. Podle předchozích průzkumů lze 10 cyklů údržby považovat za dostatečný pro účely vyhodnocení tohoto experimentu. Při rozšíření experimentu o další cykly údržby, by bylo nutné sledovat další parametry

Vzhledem k možnosti získání detailnějších informací o vlivu praní na chlupatost tkanin by bylo vhodné rozšířit experimentální fázi praní o zachytávání vody z prací lázně. Analyzování zachycených vláken praných vzorků by umožnilo pozorování možného poničení na povrchu těchto vláken. Tento přístup by spolu s další analýzou vzorků mohl poskytnout komplexnější pohled na vliv praní na chlupatost.

Dále by bylo užitečné sledovat změny hmotnosti praných vzorků, protože ty mohou poskytnout další relevantní informace o souvislosti s chlupatostí. Tato doplňková měření by mohla přispět k hlubšímu porozumění dynamiky změn v tkaninách v průběhu praní a podpořit přesnější kvantifikaci vlivu praní na chlupatost.

Sledování chlupatosti textilií může být identifikátorem pro některé nechtěné jevy jako třeba žmolkovitost, odlučování částic do ovzduší i do vody při praní. V současné době vzniká snaha zařadit do výroby více recyklovaných materiálů. Výrobci se tím snaží omezit spotřebu primárních vláken. Je však otázkou, jestli snížení podílu primárních surovin ve výrobcích a jejich nahrazení recyklovanými materiály přináší větší výhody než nevýhody. Hlavní nevýhodou těchto výrobků je jejich rychlejší opotřebení. Když výrobek změní svoje vlastnosti, může to být dalším impulsem pro spotřebitele koupit si výrobek nový. Tudíž se snižuje životní cyklus textilních výrobků.

## Seznam použité literatury

- [1] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze Tvorba, struktura, vlastnosti*. první. Praha: SNTL, nedatováno. ISBN 80-03-00213-3.
- [2] DAS, A., P. CHAKROBORTY a P. KUMAR. Study of Fabric Hairiness using Image Processing Technique. *Research Journal of Textile and Apparel* [online]. 2009, **13**(3), 27–32. ISSN 1560-6074. Dostupné z: doi:10.1108/RJTA-13-03-2009-B003
- [3] JIŘENOVÁ, Kamila. *KONSTRUKCE TKANIN S HYDROFÓBNÍ ÚPRAVOU PŘÍZE*. Liberec, nedatováno. Technická univerzita Liberec.
- [4] TICHÁ, Iva. *Hodnocení „chlupatosti“ tkanin*. Liberec, nedatováno. Technická univerzita Liberec.
- [5] KOVAČIČ, Vladimír. *Textilní zkušebnictví díl II*. 2004. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, nedatováno. ISBN 80-7083-825-6.
- [6] ODVÁRKA, Jaroslav. *Finální úpravy textilií Návody na cvičení*. 2000. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, nedatováno. ISBN 55-028-00.
- [7] DEMBICKÝ, Josef, Jiří KRYŠTŮFEK, Dagmar MACHAŇOVÁ, Jaroslav ODVÁRKA, Miroslav PRÁŠIL a Jakub WIENER. *Zušlechtování textilií*. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008. ISBN 978-80-7372-321-7.
- [8] RAJA BALASARASWATHI, S. a R. RATHINAMOORTHY. Effect of fabric properties on microfiber shedding from synthetic textiles. *The Journal of The Textile Institute* [online]. 2022, **113**(5), 789–809. ISSN 0040-5000, 1754-2340. Dostupné z: doi:10.1080/00405000.2021.1906038
- [9] NAPPER, Imogen E. a Richard C. THOMPSON. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin* [online]. 2016, **112**(1–2), 39–45. ISSN 0025326X. Dostupné z: doi:10.1016/j.marpolbul.2016.09.025
- [10] YANG, Libiao, Fei QIAO, Kun LEI, Huiqin LI, Yu KANG, Song CUI a Lihui AN. Microfiber release from different fabrics during washing. *Environmental Pollution* [online]. 2019, **249**, 136–143. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2019.03.011
- [11] Zákon č. 634/1992 Sb. Zákon o ochraně spotřebitele. *Zákony pro lidi* [online]. podzim 2023. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-634>
- [12] Symboly údržby. *sotex.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.sotex.cz/symboly-udrzby/licence-symbolu/>
- [13] FIRTH, Livia. A CONVERSATION WITH LIVIA FIRTH



- [14] *Symboly ošetřování* [online]. sotex.cz. Dostupné z: <https://www.sotex.cz/wp-content/uploads/2021/01/aktualni-zancky.jpg>
- [15] STANĚK, Jaroslav. *Textilní zbožíznalství Vláknenné suroviny, příze a nitě*. první. Liberec: Technická univerzita v Liberci, nedatováno. ISBN 80-088\_01.
- [16] ŠAŠKOVÁ, Jana. Údržba textilií - Praní. In: *Údržba textilií* [online]. Liberec. Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/mod/resource/view.php?id=494449>
- [17] Odstředivá síla. *Odstředivá síla* [online]. Dostupné z: <https://sszdra-karvina.cz/bunka/fy/04dood/dos2.htm>
- [18] DE FALCO, Francesca, Maria Pia GULLO, Gennaro GENTILE, Emilia DI PACE, Mariacristina COCCA, Laura GELABERT, Marolda BROUTA-AGNÉSA, Angels ROVIRA, Rosa ESCUDERO, Raquel VILLALBA, Raffaella MOSSOTTI, Alessio MONTARSOLO, Sara GAVIGNANO, Claudio TONIN a Maurizio AVELLA. Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. *Environmental Pollution* [online]. 2018, **236**, 916–925. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2017.10.057
- [19] BAJZÍK, Vladimír. *Hodnocení omaku textilií*. Liberec, 2002. disertační práce. Technická univerzita Liberec.
- [20] BUMBÁLEK, Bohumil, Vladimír ODVODY a Bohuslav OŠŤÁDAL. *Drsnost povrchu*. první. Praha: STNL, nedatováno. ISBN 04-252-89.
- [21] MILITKÝ, Jiří. *Technické textilie Vybrané kapitoly*. druhé. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN 978-80\_7372-170-1.
- [22] MILITKÝ, Jiří a Miroslav MAZAL. Image analysis method of surface roughness evaluation. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2007, **19**(3/4), 186–193. ISSN 0955-6222. Dostupné z: doi:10.1108/09556220710741650
- [23] KUZNĚCOV, Jan. *Měření drsnosti a struktury textilií metodou přes hranu*. Liberec, nedatováno. diplomová práce. Technická univerzita Liberec.
- [24] OTSU, Nobuyuki. A Treshold Selection Method from Gray-Level Histograms. nedatováno.
- [25] ŠTRUCOVÁ, Anna. *Využití systému analýzy obrazu k objektivnímu hodnocení výsledků měření vybraných užitečných vlastností plošných textilií* [online]. Liberec, nedatováno. bakalářská práce. Technická univerzita Liberec. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/159745>
- [26] BUENO, M A, B DURAND a M RENNER. A NON-CONTACT MEASUREMENT OF THE ROUGHNESS OF TEXTILE FABRICS. nedatováno.

- [27] ZOLÁKOVÁ, Pavla. *Studie měření chlupatosti plošných textilií* [online]. Liberec, 2023. diplomová práce. Technická univerzita Liberec. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/164434>
- [28] Spotřeba vody – kolik vody spotřebujete? *stavimbydlim.cz* [online]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/spotreba-vody-kolik-vody-spotrebujete/>
- [29] ČSN EN ISO 6330 (800821) *Textilie - Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií*. B.m.: Evropský výbor pro standardizaci
- [30] Studentův t-test – WikiSkripta. *wikiskripta.eu* [online]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Student%C5%AFv\\_t-test](https://www.wikiskripta.eu/w/Student%C5%AFv_t-test)

## Seznam obrázků

- Obrázek 1 *Prací symboly*
- Obrázek 2 *Odstředivá síla*
- Obrázek 3 *Schéma RCM systému*
- Obrázek 4 *Orientace na řezu tkaniny*
- Obrázek 5 *Tkanina 1*
- Obrázek 6 *Složení příze tkanina 1 – podélný pohled*
- Obrázek 7 *Složení příze tkanina 1 – příčný řez*
- Obrázek 8 *Tkanina 2*
- Obrázek 9 *Složení příze tkanina 2 – podélný pohled*
- Obrázek 10 *Složení příze tkanina 2 – příčný řez*
- Obrázek 11 *Tkanina 3*
- Obrázek 12 *Složení příze tkanina 3 – podélný pohled*
- Obrázek 13 *Složení příze tkanina 3 – příčný řez*
- Obrázek 14 *Pračka SDL Atlas Quick Wash Plus*
- Obrázek 16 *SEM snímky krátkých vláken ze sušičky*
- Obrázek 17 *Původní rozměr vzorku*
- Obrázek 18 *Vzorek pro měření metodou RCM*
- Obrázek 19 *Délková kalibrace v NIS Elements*
- Obrázek 20 *Nastavení expozice pro snímání s chlupy*
- Obrázek 21 *Nastavení expozice pro snímání bez chlupů*
- Obrázek 22 *Automatické prahování tkaniny s chlupy*
- Obrázek 23 *Automatické prahování tkaniny bez chlupů*
- Obrázek 24 *Rozměr a*
- Obrázek 25 *Rozměr b*
- Obrázek 26 *Chlupatost tkanina 1*
- Obrázek 27 *Lineární trend tkanina 1*
- Obrázek 28 *Chlupatost tkanina 2*
- Obrázek 29 *Lineární trend tkanina 2*
- Obrázek 30 *Chlupatost tkanina 3*
- Obrázek 31 *Lineární trend tkanina 3*

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1</i>	<i>Tkanina 1</i>
<i>Tabulka 2</i>	<i>Tkanina 2</i>
<i>Tabulka 3</i>	<i>Tkanina 3</i>
<i>Tabulka 4</i>	<i>Přehled vzorků</i>
<i>Tabulka 5</i>	<i>Výsledné hodnoty tkanina 1 sušení v sušičce</i>
<i>Tabulka 6</i>	<i>Výsledné hodnoty tkanina 1 sušení volně na vzduchu</i>
<i>Tabulka 7</i>	<i>Výsledné hodnoty tkanina 2 sušení v sušičce</i>
<i>Tabulka 8</i>	<i>Výsledné hodnoty tkanina 2 sušení volně na vzduchu</i>
<i>Tabulka 9</i>	<i>Výsledné hodnoty tkanina 3 sušení v sušičce</i>
<i>Tabulka 10</i>	<i>Výsledné hodnoty tkanina 3 sušení volně na vzduchu</i>
<i>Tabulka 11</i>	<i>Výsledky T testu tkanina 1</i>
<i>Tabulka 12</i>	<i>Výsledky T testu tkanina 2</i>
<i>Tabulka 13</i>	<i>Výsledky T testu tkanina 3</i>

## Seznam příloh

*Příloha 1      Základní statistika charakteristiky materiálů*

*Příloha 2      Porovnání dat s jinou prací*

# Příloha 1

## Základní parametry tkaniny

Tkanina 1

Tkanina 1 CO/PL		průměr	směrodatná odchylka	95%IS
délka vláken [mm]	osnova	26,74	7,8226	2,7069
	útek	27,27	9,5247	2,7069
průměr vláken [μm]	CO	21,00	5,5498	6,8910
	PL	12,60	0,4899	0,6083
průměr příze [mm] (cyklus 1)	osnova	0,24	0,0453	0,0324
	útek	0,22	0,0226	0,0161
průměr příze [mm] (cyklus 10)	osnova	0,25	0,0440	0,0315
	útek	0,22	0,0284	0,0203
tloušťka [mm]		0,45	0,0063	0,0079

Tkanina 2

Tkanina 2 CO		průměr	směrodatná odchylka	95%IS
délka vláken [mm]	osnova	17,34	4,7681	1,3551
	útek	20,05	6,4469	1,8322
průměr vláken [μm]	CO	16,60	3,0067	3,7333
průměr příze [mm] (cyklus 1)	osnova	0,26	0,0556	0,0398
	útek	0,30	0,0286	0,0204
průměr příze [mm] (cyklus 10)	osnova	0,28	0,0600	0,0429
	útek	0,32	0,0600	0,0429
tloušťka [mm]		0,66	0,0160	0,0199

Tkanina 3

Tkanina 3 RCOPL		průměr	směrodatná odchylka	95%IS
délka vláken [mm]	osnova	19,63	8,2878	2,3554
	útek	22,03	6,4757	1,8403
průměr vláken [μm]	CO	14,80	4,5343	5,6301
	PL	14,20	1,4697	1,8249
průměr příze [mm] (cyklus 1)	osnova	0,49	0,0703	0,0503
	útek	0,41	0,0834	0,0597
průměr příze [mm] (cyklus 10)	osnova	0,52	0,0999	0,0715
	útek	0,38	0,0369	0,0264
tloušťka [mm]		0,94	0,0460	0,0572



## Příloha 2

Porovnání hodnot chlupatosti s předešlou prací

Předchozí práce	režná	odšlicht. , bělená	mercerovaná , bělená	sanforizace	antibakt., nehořlavá	antibakt., easy_car e
průměrná chlupatost	22,9546	16,5189	17,2456	19,6297	17,545	17,1164
Stávající práce	CO0	CO1S	CO5S	CO10S		
průměrná chlupatost	17,3000	22,2333	20,8960	20,9780		
	CO0	CO1V	CO5V	CO10V		
průměrná chlupatost	17,3000	16,941	19,16591667	19,762125		