

Vliv barvy textilie na vizuální vnímání žmolkovitosti

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 - Textil
Studijní obor: 3107R015 - Výroba oděvů a management obchodu s oděvy
Autor práce: **Radka Litvinová**
Vedoucí práce: Ing. Viera Glombíková, Ph.D.



Effect of Fabric Color on visual perception of pilling

Bachelor thesis

Studyprogramme: B3107 - Textil
Studybranch: 3107R015 - Clothing Production and Management
Author: **Radka Litvinová**
Supervisor: Ing. Viera Glombíková, Ph.D.

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radka Litvinová**
Osobní číslo: **T15000375**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Výroba oděvů a management obchodu s oděvy**
Název tématu: **Vliv barvy textilie na vizuální vnímání žmolkovitosti**
Zadávající katedra: **Katedra oděvnictví**

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

1. Rešerše zaměřená na proces žmolkování, faktory které ho ovlivňují, objektivní a subjektivní metody hodnocení žmolkovitosti a vliv barevnosti textilie na vnímání míry žmolkovitosti.
2. Návrh a realizace experimentu zaměřeného na posouzení vlivu barevnosti (různé stupně šedi) na vizuální vnímání žmolkovitosti.
3. Vyhodnocení experimentu a diskuze výsledků.

Rozsah grafických prací: **dle rozsahu dokumentace**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- Marjan Barakzahi, Fatemeh Asadi, Ali Akbar Ghareh Aghaji, (2016) "Effect of the fabric color on the visual perception of pilling", International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 28 Issue: 5, pp.612-623, <https://doi.org/10.1108/IJCST-11-2015-0125>.
- Jasińska J., (2009) Assessment of a Fabric Surface after the Pilling Process Based on Image Analysis. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 17 (2), 55-58.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Viera Glombíková, Ph.D.**
Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce: **16. listopadu 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2018**


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 16. listopadu 2017

Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: Radka Litvinová

Osobní číslo: T1500037

Studijní program: Textil

Studijní obor: Výroba oděvů a management obchodu s oděvy (VOMO)

Zadávací katedra: Katedra oděvnictví (KOD)

Žádám o změnu termínu odevzdání závěrečné práce z 4. 5. 2018 na 18. 4. 2019.


Odůvodnění žádosti:

Žádám o odložení termínu závěrečné práce z důvodu nedostatečných výsledků v praktické části bakalářské práce.

V Liberci dne 30. 4. 2018

Podpis: 

Vyjádření vedoucího práce:

Souhlasím. 

Vyjádření vedoucího katedry:

Souhlasím. 30. 4. 2018



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ
Katedra oděvnictví ①

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, 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 (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

17. 4. 2019

Radka Litvinová



Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí paní Ing. Vieře Glombíkové, Ph.D., za profesionalitu, pomoc a hlavně trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Její rady a neutuchající energie mě provázely po celé dva roky. Nemenší poděkování patří i paní Ing. Lence Hájkové, Ph.D., která mi i přes své mateřské povinnosti věnovala svůj čas, mnoho dobrých rad a myšlenek. Chtěla bych poděkovat všem, kteří mi pomáhali se vznikem této práce. Nakonec mé díky patří rodině a přátelům za to, že mě vždy podporovali a pomáhali mi v dosažení mých cílů.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá vlivem barvy na subjektivní vnímání žmolkovitosti, v rešeršní části je popsán vznik žmolků a faktory které jej ovlivňují. Dále jsou v rešerši podrobně popsány metody subjektivního a objektivního hodnocení žmolkovitosti, stav současné problematiky a shrnutí základních pojmů o barevnosti a jejím měření. Praktická část porovnává výsledky subjektivního a objektivního hodnocení. Výsledky obou metod jsou dále statisticky analyzovány a je zde hledána souvislost mezi subjektivním hodnocením respondentu a barvami hodnocených vzorků. Pro objektivní hodnocení byla využita metoda hodnocení pomocí gradientních polí a při subjektivním hodnocením byly stupně přiřazovány pomocí etalonů.

Klíčová slova

žmolkování, vnímání, barva, textilie, obrazová analýza, objektivní hodnocení, subjektivní hodnocení, gradientní pole

Annotation

The bachelor thesis deals with the influence of color on the subjective perception of pilling, in the theoretical part is described the formation of lints and the factors that influence it. In theoretical part are also presented methods of subjective and objective evaluation of pilling in detail, the state of the current issue and a summary of the basic concepts of color and its measurement. The practical part compares the results of subjective and objective evaluation. The results of both methods are further statistically analyzed and there is a connection between the subjective evaluation of the respondent and the colors of the evaluated samples. Gradient field evaluation method was used for objective evaluation and grades were assigned using standards in subjective evaluation.

Key words

pilling, perception, color, textile, image analysis, objective evaluation, subjective evaluation, gradient field

Seznam použitých zkratk

Av	Průměrná vzdálenost od objektivního hodnocení
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlování
CIELAB	Kolorimetrická soustava CIE L*a*b*
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní standardizační organizace
P	Čistota
\bar{p}	Průměrný součet pořadových koeficientů
PAD6	Polyamid šest
PAN	Akryl
PES	Polyester
RGB	Trichromatický mechanismus
T	Opravný faktor T
T	Párový T-test
VI	Vlna
\bar{x}	Aritmetický průměr
xyz	Tristimulární souřadnice
w	Kendallův koeficient konkordance
ΔE^*	Barevný rozdíl v soustavě CIELAB
3D	Třírozměrný
χ^2	Chí kvadrát

Obsah

Úvod.....	11
1 Žmolkovitost.....	12
1.1 Proces tvorby žmolku.....	12
1.2 Vlivy působící na vznik žmolků	13
1.2.1 Vlastnosti vláken.....	14
1.2.2 Jemnost a délka vláken.....	14
1.2.3 Průřez vláken	15
1.2.4 Zákrut příze	16
1.2.5 Elektrostatické vlastnosti.....	16
1.2.6 Technologické procesy spojování	16
1.2.7 Úprava textilií.....	17
1.2.8 Další prostředky pro snížení žmolkovitosti	17
2 Metody testování žmolkovitosti	18
2.1 Metody testování žmolkovitosti se subjektivním hodnocením pomocí etalonů 18	
2.1.1 Modifikovaná metoda Martindale.....	18
2.1.2 Žmolkovací komora	21
2.1.3 Komorový žmolkovací přístroj.....	22
2.2 Objektivní metody hodnocení žmolkovitosti	24
2.2.1 Objektivní hodnocení pomocí gradientních polí	25
3 Současný stav problematiky.....	31
4 Barvy.....	34
4.1 Základní pojmy	34
4.2 Vizualní hodnocení barev.....	37
4.2.1 Systémy uspořádání barev.....	37
5 Praktická část – Vliv barev na vizualní vnímání žmolkovitosti	41
5.1 Popis materiálu	41
5.2 Objektivního hodnocení.....	44
5.3 Charakteristika barev pomocí spektrofotometru	50
5.4 Subjektivní hodnocení.....	53
5.5 Statistické vyhodnocení dat	53
5.5.1 Charakteristika subjektivního hodnocení	54

5.5.2	Porovnání subjektivního a objektivního hodnocení	56
5.5.3	Průměrná vzdálenost od objektivního hodnocení.....	59
5.6	Diskuse	60
6	Závěr.....	63
7	Zdroje	65
8	Seznam obrázků	68
9	Seznam tabulek.....	70
10	Seznam rovnic	71
11	Přílohy	72
	Příloha 1	73
	Příloha 2	74
	Příloha 3	76

Úvod

Žmolkování je negativní vlastnost objevující se u plošných textilií. Na povrchu textilie se tvoří vlivem mechanického namáhání a oděru z uvolněných vláken malé kuličky, které se nazývají žmolky, ty mají za následek poruchu vzhledu textilie. Žmolkami pokrytá textilie vyvolává u lidí negativní emoce a je vnímána jako nekvalitní a předčasně opotřebovaná, což má za následek snížení životnosti látky. Problematika znehodnocování textilií následkem žmolkování zde byla vždy, ovšem s vývojem syntetických vláken, které se začali směšovat s přírodními materiály, se stal tento problém skutečně zásadním. A od 50. let minulého století se jím vědci aktivně zabývají.

Všechny druhy vláken tvoří žmolky, je zde však rozdíl v odolnosti ohybu a krutu, kdy žmolky z vláken s malou odolností brzy odpadnou, a tak se zdá že textilie nežmolkuje. Všeobecně mají sklon ke žmolkování především syntetické materiály, jako polyester, akryl nebo polyamid, které mají hladký povrch a vysokou odolnost v ohybu. Následkem těchto vlastností ulpívají žmolky na povrchu textilie dlouhou dobu.

Je několik cest, jak žmolkovitost snížit, například chemická nebo fyzikální modifikace, dále jde o práci s technologickými procesy a konečnou úpravou. I přes veškerou snahu však neumíme žmolkování zcela zabránit.

Tato práce se věnuje okamžiku, kdy jsou žmolky utvořeny a sleduje do jaké míry ovlivňuje barva látky subjektivní hodnocení a celkové vnímání lidmi. Cílem práce je získání relevantních informací, o míře vlivu barvy. Výzkum chce co nejlépe zachytit vnímání normálních lidí, proto i hodnotitelé jsou pouze laici.

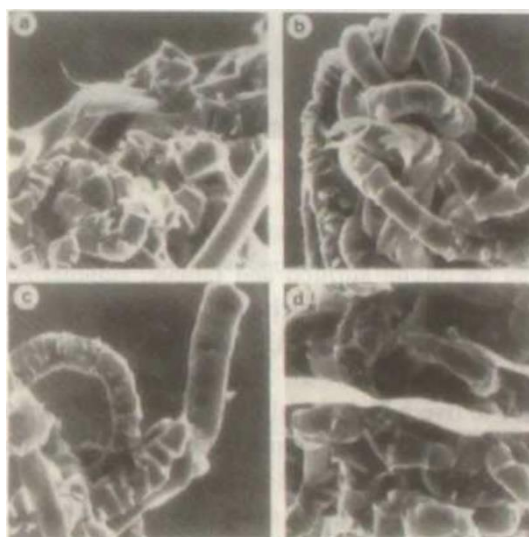
Rešeršní část se věnuje nejprve charakteristice a vzniku žmolkovitosti, dále jsou popsány způsoby subjektivního a objektivního hodnocení. Následuje přehled současného stavu problematiky, které však není věnováno mnoho pozornosti ve výzkumné sféře a shrnutí základních pojmů z koloristiky.

V praktické části jsou vybrané materiály nejprve laboratorně nažmolkovány. Poté byly ohodnoceny pomocí objektivní metody, v dalším kroku je hodnotili jednotliví respondenti. Následuje statistické zpracování, které porovnává jak hodnocení respondentů, tak i oba druhy hodnocení mezi sebou.

1 Žmolkovitost

Žmolkovitost lze definovat jako vytváření malých spleť vláken nebo kuliček (žmolků) na povrchu tkaniny. Vlákna jsou stále ukotvena ke přízi v tkanině, proto žmolky na povrchu drží. Tento proces způsobuje změnu vzhledu a struktury tkaniny [2].

Žmolky jsou následkem migrace vláken na povrch textilie, která započala již při předení a dále pokračuje jako důsledek mechanického namáhání plošné textilie. Jedná se hlavně o vzájemné tření povrchů látek, ohyb nebo praní. Dalšími faktory, majícími vliv na žmolkovitost, jsou délka a profil vláken, hustota dostavy a míra konečných úprav textilie [1].



Obrázek 1: Ukázka žmolků pod mikroskopem [1].

1.1 Proces tvorby žmolku

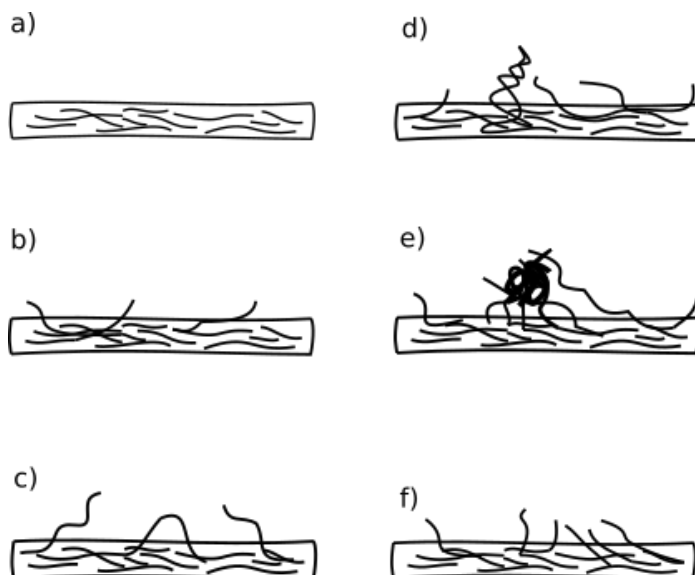
Vznik žmolku je zapříčiněn dlouhodobým mechanickým namáháním příze, vláken a textilie. Dochází k zatěžování látky vlivem ohybu nebo tření (ať už o sebe nebo o jiné povrchy a při praní) [2].

Malá ohebnost, a tudíž neschopnost vlákna přizpůsobit se dynamickým podmínkám, má za následek, že se konce krátkých vláken vlivem pohybu dostávají z přízi na povrch textilie – následně zde vzniká rozvláknění (tzv. ojínění). Konce vyčnívajících vláken často zachytí okolní částice, které se následně stávají jádrem žmolku. Vyčnívající konce se do sebe dále zaplétají, až vytvoří malou kuličku přichycenou k textilií několika

vlákny (žmolek). Ulpívá na textilií, dokud se vlákna, která ho spojují s látkou, vlivem mechanického namáhání nezlomí a žmolek neodpadne [1].

Popsání šesti fází tvorby žmolku (viz obrázek č. 6) dle Staňka [1]:

- a) Počátek rozvláknění
- b) Intenzivnější rozvláknění tzv. ojínění
- c) Nahromadění vláken a lehké zaplétání
- d) Zaplétání vláken
- e) Vznik žmolku
- f) Odpadnutí žmolku



Obrázek 2: Grafické znázornění fází tvorby žmolku [1].

1.2 Vlivy působící na vznik žmolků

Rychlost vzniku a počet vznikajících žmolku jsou ovlivněny množstvím vyčnívajících konců vláken, jejich délkou, tvarem příčného řezu, zákrutem a několika dalšími faktory, které jsou popsány v následující části.

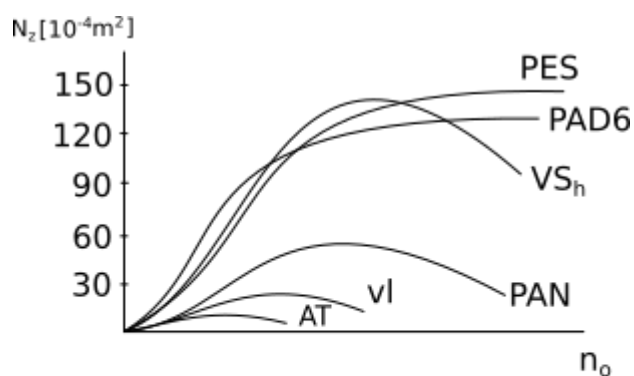
1.2.1 Vlastnosti vláken

Vysoká pevnost a pružnost vláken způsobují vznik žmolků. Na textilií mohou dlouho ulpívat, pokud chceme docílit jejich kratší životnosti, dojde i ke snížení pevnosti textilie.

Odolnost v ohybu je nižší u přírodních vláken, jakými jsou například bavlna nebo len, z nichž žmolky rychle odpadávají. Vlákna s velkou odolností v ohybu, ke kterým se řadí především vlákna syntetická (například polyester nebo polyamid), tvoří velmi odolné žmolky [3].

Tabulka 1: Vlastnosti vláken související s různými stadii tvorby žmolků [3].

1. Stadium	Výstup volných konců vláken na povrch tkaniny	Koeficient tření, prodloužení při přetrhu, pevnost v oděru
2. Stadium	Zakrucování vláken, vznik žmolku	Tvar příčného řezu vláken, koeficient tření, jemnost pružnost, tuhost
3. Stadium	Odtrh žmolku	Pevnost, odolnost v oděru



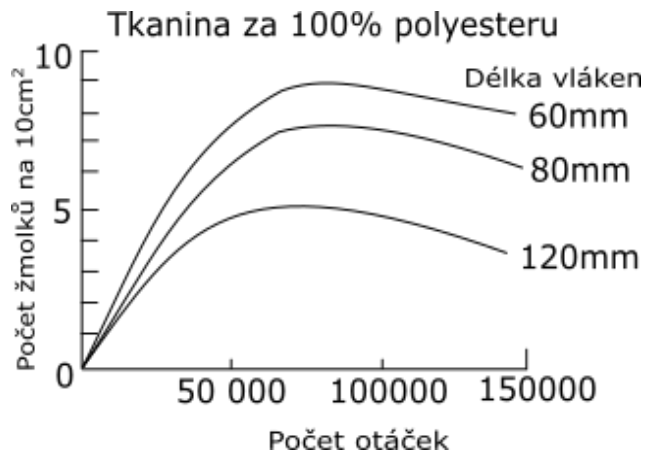
Žmolkovitost různých typů vláken

n_o - počet otěrových cyklů
 N_z - počet žmolků na $10^{-4}m^2$

Obrázek 3: Graf znázorňující žmolkovitost různých vláken [2].

1.2.2 Jemnost a délka vláken

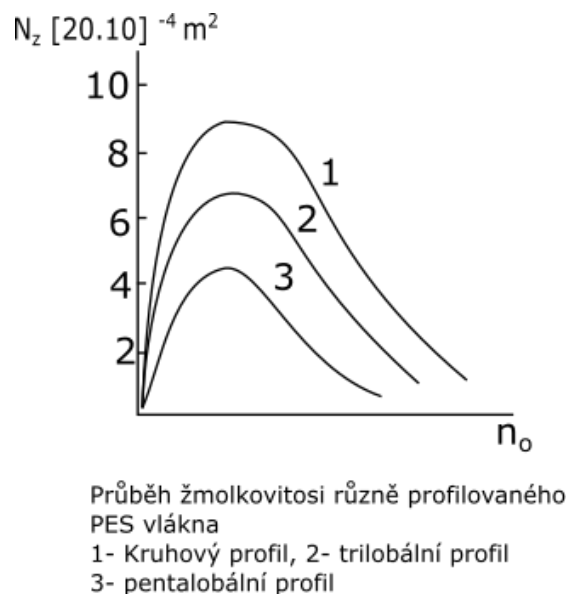
Čím jsou vlákna kratší a jemnější, tím více migrují na povrch textilie a tvoří žmolky. Vliv délky vláken je vyobrazen v následujícím grafu [3].



Obrázek 4: Vliv délky vlákna na tvorbu žmolků [3].

1.2.3 Průřez vláken

Vlákno s kruhovým průřezem má hladký povrch, který umožňuje snadný pohyb vláken v textilií, zatímco profilovaná vlákna mají větší třecí plochu, zabraňující pohybu vláken v materiálu. Proto se za účelem snížení žmolkování syntetických vláken používají vlákna hvězdicovitého průřezu [2]. Následující graf zobrazuje vliv profilu vlákna na žmolkovitost.



Obrázek 5: Průběh žmolkovitosti různě profilovaného vlákna [2].

1.2.4 Zákrut příze

Se zvyšujícím se počtem zákrutů se příze stává kompaktnější a je v ní menší počet vyčnívajících vláken. Vysoký zákrut také přispívá k rovnoměrnosti příze, která tvorbu žmolků pozitivně ovlivňuje (omezuje). Zákrutem se ale zvyšuje i pevnost příze, jež vzniku žmolků napomáhá [2].

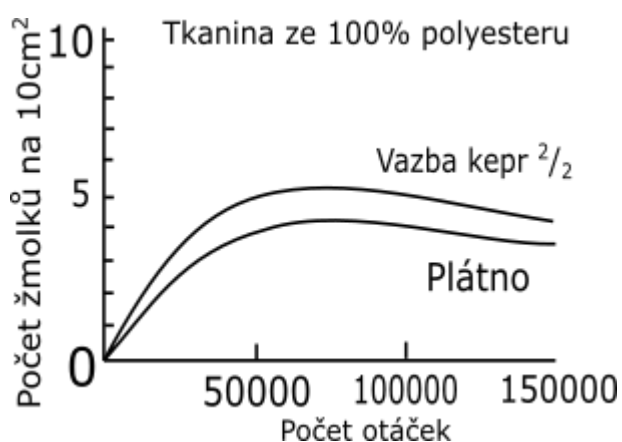
1.2.5 Elektrostatické vlastnosti

Při mechanickém pohybu může docházet ke vzniku elektrostatického náboje vlivem tření mezi jednotlivými vlákny, která textilie nejsou schopny odvádět vlivem své nevodivosti. Kvůli svým elektrostatickým vlastnostem mohou přitahovat drobné nečistoty z okolí, které se stanou jádrem vznikajících žmolků [2].

1.2.6 Technologické procesy spojování

Jedná se o předení, tkaní a pletení, v každé z fází výroby je nutné volit ty, které předchází tvorbě žmolků. Již při předení je nutné volit vlákna odpovídající délky a profilu, čímž se zabrání budoucí migraci. Dále se musí zvolit odpovídající dostava a hustota, která svou konstrukcí zamezuje rozvlákňování.

Tkanina s velkým počtem vazných bodů a hustou dostavou má menší předpoklad pro tvorbu žmolků. Pokud jsou však pleteniny a tkaniny řidšího charakteru, dochází k rychlému rozvlákňování povrchu, migraci vláken v látce a následné tvorbě žmolků [3].



Obrázek 6: Vliv vazby na tvorbu žmolků [3]

1.2.7 Úprava textilií

Cílem finálních úprav je snížení počtu vyčnívajících vláken na minimum, čímž se zabrání tvorbě žmolků. Metody, kterými se toho dosahuje, jsou fixace, opalování postřihování, kartáčování, požehování nebo broušení. Dále se používají stabilizační úpravy k zafixování polohy vláken v textilií [3].

1.2.8 Další prostředky pro snížení žmolkovitosti

Snížit žmolkovitost můžeme pomocí chemické modifikace, která se zaměřuje na změnu vlastností syntetických vláken při výrobě tak, aby bylo docíleno menší tuhosti. Tu získáme snížením molekulové hmotnosti (kratší molekula = nižší tuhost vlákna). Dále se upravují podmínky polykondenzace, především tlaku a teploty [1].

Sklon k žmolkovitosti můžeme také potlačit úpravou podmínek při zvlákňování (tlak, teplotu, rychlost), dloužení a fixaci. Dalším způsobem, jak snížit tvorbu žmolků, je výroba vláken s členitým profilem, jelikož vlákno kruhového profilu má příliš hladký povrch [2].

2 Metody testování žmolkovitosti

Tvorba žmolků je zdoluhavým procesem, proto je náročné sledovat jej v reálném čase. Existuje několik laboratorních přístrojů, které simulují reálné prostředí a jsou schopné otestovat textílii na žmolkovatost během několika hodin. Tyto přístroje přenášejí mechanické odírání, broušení, omílání nebo kartáčování textílie do laboratorního prostředí. Tento způsob testování se řadí ke zkouškám destruktivního charakteru.

Analýza stupně žmolkovitosti je nejčastěji založena na subjektivních metodách porovnávání testovaných vzorků s etalony. Výhodou hodnocení je dostupnost, rychlost a finanční nenáročnost. Problémem však může být subjektivnost (lidský faktor), proto se v současné době rozvíjejí metody objektivního hodnocení, založené na obrazové analýze.

2.1 Metody testování žmolkovitosti se subjektivním hodnocením pomocí etalonů

2.1.1 Modifikovaná metoda Martindale

Přístroj Martindale je jedním z nejpoužívanějších přístrojů pro hodnocení žmolkovitosti, toto hodnocení se provádí dle normy ČSN EN ISO 12945-2. V laboratořích se využívá rovněž k hodnocení zkoušky v oděru nebo hodnocení úbytku hmotnosti.

Hlavní část přístroje Martindale se skládá ze základní desky, na které jsou umístěny žmolkovací stoly a pohonný mechanismus, skládající se celkem ze tří pohonných jednotek. Tyto jednotky pohybují vodící deskou tak, že sleduje Lissajousův obrazec – každý bod vodící desky sleduje stejný obrazec. Vodící deska je opatřena ložisky, v nichž jsou uloženy čepy držáků vzorků. Držák vzorku tvoří těleso, upínací kroužek a volitelné zatěžovací závaží. Dále je v přístroji zabudované počítadlo zaznamenávající každou otočku [4].

Vzorek testovaného materiálu je odírán sám sebou lícem na líc, nebo je použita plst, záleží na charakteru zkoušeného materiálu. Odírací materiál se zvolí na základě tabulky číslo 3, kde je uvedeno, jaký materiál a závaží použít. K testování se používají většinou kruhové vzorky materiálu o průměru 140 mm nebo vzorky čtvercového tvaru o

délce strany 150 mm, které se upínají do žmolkovacího stolu. Do držáků zkušební vzorku se upíná materiál kruhového tvaru o průměru 140 mm.

Kruhové vzorky, upnuté ve žmolkovacím stole a držácích, se při stanoveném zatížení pohybují po třecí ploše tvořené stejnou textilií nebo vlněnou oděrací textilií a sledují Lissajousův obrazec. Zkušební vzorek musí být lehce otočný kolem své osy. V průběhu testu se pravidelně kontroluje v přesně daných intervalech a průběžné výsledky se zaznamenávají, při průběžné kontrole nesmí dojít k vyjmutí vzorků z testovacího přístroje [4].



Obrázek 7: Martindale. Zdroj: vlastní.

Pro dosažení co nejobektivnějšího hodnocení je dobré, aby se jej účastnilo více textilních odborníků, kteří jsou v této oblasti zkušení. Pro objektivní výsledek je nutné dodržet pro všechny hodnotitele stejné, normou předepsané podmínky. Vzorky materiálu se porovnávají se sadou etalonů (obrázek číslo 8). Existuje několik variant sad etalonů s různě velkými žmolky. Dle hodnoceného materiálu se volí sada nejpodobnější testovanému materiálu. Při hodnocení je možné udávat jak celé stupně, tak i mezistupně. Slovní popis odpovídající jednotlivým stupňům je uveden v tabulce číslo 2.



Obrázek 8: Ukázka etalonů pro Matryndale použitých při subjektivním hodnocení v praktické části práce. Zdroj vlastní.

Tabulka 2: Stupně žmolkovitosti se slovním popisem povrchu textilie [4].

Stupeň	Popis
5	Beze změn
4	Lehké rozvláknění povrchu a/nebo počátek tvorby žmolků.
3	Mírné rozvláknění povrchu a/nebo mírné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty částečně pokrývají povrch vzorku.
2	Výrazné rozvláknění povrchu a/nebo výrazné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají značnou část povrchu vzorku.
1	Husté rozvláknění povrchu a/nebo silné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají celý povrch vzorku.

Tabulka 3: Specifikace testování pro různé druhy materiálů [4].

Kategorie	Druh textilie	Oděrávací prostředek	Zatěžovací závaží [g]	Stádium hodnocení	Počet otáček
1	Potahovaná textilie	Vlněná oděrací textilie	415±2	1	500
				2	1000
				3	2000
				4	5000
2	Tkaniny s výjimkou potahovaných	Zkoušená tkanina (líc/líc) nebo vlněná tkanina	415±2	1	125
				2	500
				3	1000
				4	2000
				5	5000
				6	7000
3	Pleteniny s výjimkou potahovaných	Zkoušená pletenina (líc/líc) nebo vlněná tkanina	155±1	1	125
				2	500
				3	1000
				4	2000
				5	5000
				6	7000

2.1.2 Žmolkovací komora

Při této zkoušce se vystřihnou čtyři vzorky zkušebního materiálu o rozměrech 125 mm x 125 mm, přeloží se lícem na líc a sešijí tak, aby vznikla trubice. Takto připravené vzorky se zkrátí na každé straně o 6 mm a pomocí přípravku na navlékání se navlečou na polyuretanovou trubici a připevní PVC páskou.

Takto upravené vzorky se všechny umístí do jedné čisté žmolkovací komory, jež je vyložena korkovým materiálem o tloušťce 3,2 mm. Komora se uzavře a válce se uvnitř převalují, dokud neuběhne požadovaný počet otáček.

Následně probíhá hodnocení, které je subjektivního charakteru, a proto se doporučuje větší množství hodnotitelů. Hodnotí se na škále pěti stupňů uvedených v tabulce [5].

Tabulka 4: Stupně žmolkovitosti se slovním popisem změny povrchu materiálu [5].

Stupeň	Popis
5	Beze změn
4	Lehké rozvláknění povrchu a/nebo počátek tvorby žmolku
3	Mírné rozvláknění povrchu a/nebo mírné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají částečně povrch vzorku.
2	Výrazné rozvláknění povrchu a/nebo výrazné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají značnou část povrchu.
1	Husté rozvláknění povrchu a/nebo silné žmolkování. Žmolky různé velikosti a hustoty pokrývají celý povrch.

2.1.3 Komorový žmolkovací přístroj

Odolnost proti žmolkování všech druhů plošných textilií se zjišťuje komorovým žmolkovacím přístrojem. Zkušební přístroj se skládá z několika komor válcového tvaru s průměrem 146 mm a hloubkou 152 mm. Uvnitř každé komory, vyložené korkovým obložením, jsou umístěny dvě lopatky dlouhé 120 mm. Do komory jsou vloženy tři vzorky látek o rozměrech 110 mm x 110 mm se zapravenými okraji a spolu s nimi 25 mg bavlnářských vláken. Během zkoušky je nutné přístroj sledovat, aby v případě, že se vzorek zachytí, mohl být uvolněn. Celková doba testování je 120 minut, přičemž každých 30 minut jsou vzorky vytaženy a zhodnoceny. Po 60 minutách testování se korkové obložení vyjme a použije se jeho vnější strana, po uplynutí 120 minut je nutné použít zcela nové vybavení [6].

Hodnocení povrchové změny se provádí několika na sobě nezávislými hodnotiteli a je určováno v celých stupních. Nakonec se ze zaznamenaných výsledků vypočte aritmetický průměr (pro každý časový interval zvlášť). Pro lepší hodnocení slouží obrázkové etalony odpovídající pěti stupňům. Při hodnocení vzorku se bere v úvahu nejen vznik žmolků, ale jeho celkový vzhled [6].



Obrázek 9 Žmolkovací komorový přístroj. Zdroj vlastní.

Tabulka 5: Stupně rozvláknění a žmolkovitosti se slovním popisem [6].

Odolnost proti žmolkování		Odolnost proti rozvláknění	
Stupeň	Slovní popis	Stupeň	Slovní popis
5	Bez žmolků	5	Žádné až nepatrné rozvláknění
4	Nepatrné žmolkování	4	Lehké rozvláknění
3	Střední žmolkování	3	Střední rozvláknění
2	Silné žmolkování	2	Silné rozvláknění
1	Velmi silné žmolkování	1	Velmi silné rozvláknění

2.2 Objektivní metody hodnocení žmolkovitosti

Většina metod má podobný obecně charakterizovatelný postup. V prvním kroku je nutné nažmolkovat materiál na některém z přístrojů uvedených v předchozí části kapitoly. Tyto vzorky je následně nutné pomocí fotoaparátu nebo kamer nasnímat. Způsoby se liší podle zvolené metody, ale pořízené snímky musí být kvalitní a s vysokým rozlišením. V další fázi se snímky zpracují v počítači pomocí obrazové analýzy a následným výstupem jsou data, která nám mohou kromě stupně žmolkovitosti přinést rovněž komplexnější informace (počet žmolků, plochu nebo hustotu žmolků). Problematikou se zabýval například Xin et al. [7], který se pokoušel simulovat vizuální vnímavost pomocí techniky srovnávání se vzorem. Jedná se o proces, kdy daný vzor prochází přes celý obraz a vypočítává se korelace mezi ním a obrazem textilie. Dále se tomuto tématu věnovali Semmani a Ghayoor [8], nebo třeba Xiaojun et al., který navrhl metodu Edge Flow [9]. Jedná se o model predikce kódování pro nalezení změny směru v textuře obrazu. Navrhl algoritmus segmentující žmolky různých druhů textilních materiálů, využívající barvy, textury obrazu a fáze vektoru. Tato problematika je neustále aktuální a vznikají stále nové a metody objektivního hodnocení. V další podkapitole je popsána metoda Objektivního hodnocení pomocí gradientních polí, která byla zvolena i pro výzkum popsaný v praktické části práce.

2.2.1 Objektivní hodnocení pomocí gradientních polí

Tuto metodu navrhla ve své disertační práci doktorka Hájková [10], je založena na 3D rekonstrukci povrchu vzorku ze čtyř fotografií speciálně nasvícených za účelem vytvoření stínů. Předností je možnost hodnocení vzorků materiálu, které byly žmolkovány na přístroji Martindale (na rozdíl od ostatních metod používajících převážně vzorky z Komorového žmolkovacího přístroje). Hlavním rozdílem mezi těmito dvěma vzorky je, že žmolky na přístroji Martindale jsou tvořeny pouze z vláken testovaného materiálu, zatímco do komorového přístroje se přidávají bavlnářská vlákna, které se podílejí na tvorbě žmolků, čímž ovlivňují jejich barevnost (ve srovnání s původním materiálem).

Fotografie se pořizují s využitím speciálního světelného systému, který je na obrázku číslo 11. Skládá se z kruhového podstavce pro umístění vzorku a čtyř světel, se kterými lze dle potřeby manipulovat tak, aby se dosáhlo co nejlepších stínů a vytvoření gradientu. Je možné upravit jejich vzdálenost od vzorku, výšku i úhel, pod kterým osvětlují vzorek. Celý systém je propojen s ovládacím panelem, umožňujícím přepínat samostatně jednotlivá světla a upravovat jejich intenzitu záření. Nad tímto světelným systémem je na stativu umístěn fotoaparát (Canon EOS 400D) s makro objektivem ve vzdálenosti 580 mm od povrchu. K dosažení kvalitních snímků s viditelným gradientem a stíny je dobré pracovat v temné komoře s neměnnými světelnými podmínkami [10].



Obrázek 10: Zařízení pro snímání obrazu [10].



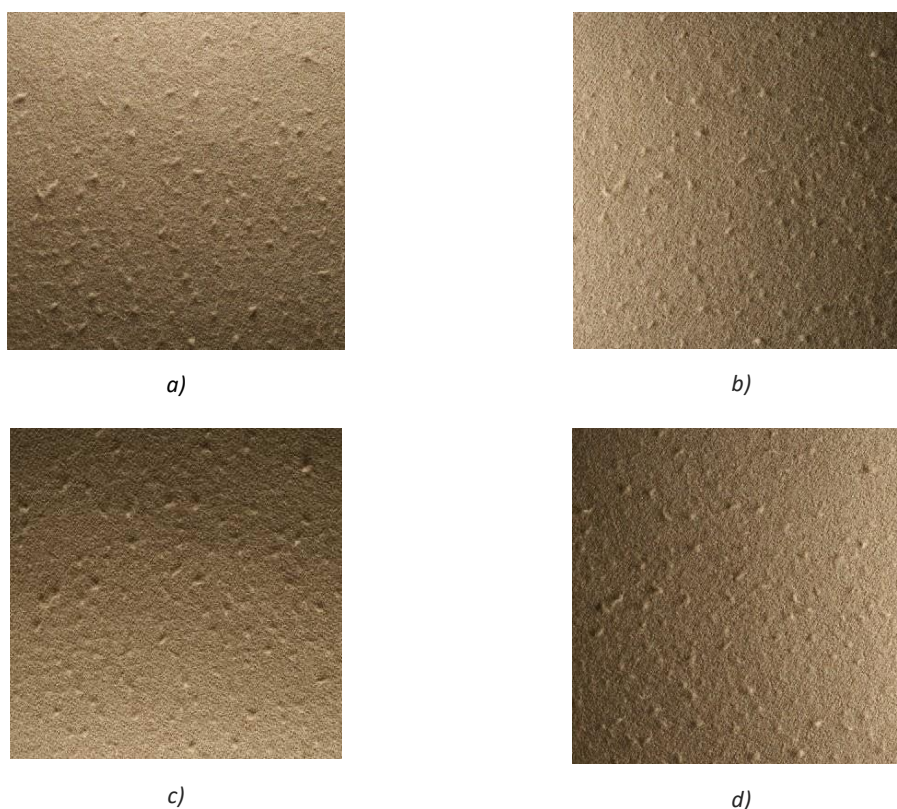
Obrázek 11: Zařízení pro osvětlení vzorků při snímání obrazu [10].

Před zahájením samotného focení je nutné na vzorek přiložit měřítko, které se následně použije ke kalibraci rozměrů. Během focení je nutné při pořizování snímků jednoho vzorku zachovat naprosto stejné podmínky. Jeden vzorek se vyfotí celkem čtyřikrát, pokaždé je osvětlen z jiné strany: shora, zdola, zleva a zprava.



Obrázek 12: Ukázka fotografie pro kalibraci obrazové analýzy. Zdroj vlastní.

Snímky jsou uloženy ve formátu *.jpg* v barevné škále RGB. Někdy budou obrázky převedeny na 3D, musí být předzpracovány. Prvním krokem je ořez fotky na velikost odpovídající ploše 70×70 mm, ve výřezu je střed vzorku s největším množstvím žmolků. Poté je barevný obraz převeden na šedotónový obraz pomocí funkce *rgb2gray.m*, ta eliminuje informaci o barvě a sytosti pixelů RGB obrazu a zachovává informace o jasnosti. Obraz může obsahovat šum, proto je dobré zvýšit kvalitu obrazu pomocí úpravy jasu a kontrastu [10].

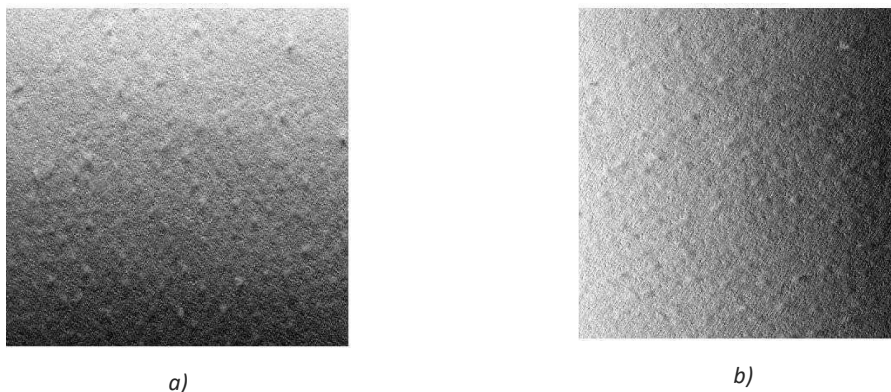


Obrázek 13: Čtyři obrazy vzorku osvětleného (a) shora, (b) zleva (c) ze spodu (d) zprava [10].

Při některých metodách objektivního hodnocení mohou stíny žmolků na obrazu textilie působit problémy. Metoda Gradientních polí ze stínů naopak vychází a používá je k tvorbě 3D obrazu, proto je nutné kvalitní nasvícení, aby žmolky vrhaly stíny a světlo na vzorku přecházelo plynule od nejosvětlenější části ke stále tmavší a tím se vytvořil gradient. Samotná 3D rekonstrukce povrchu za pomoci gradientních polí vychází z práce pánů Amita Agrawala, Rameshe Raskara a Rama Chellappa s názvem *What is the Range of Surface Reconstructions from a Gradient Field?*, kteří tuto metodu používali k 3D rekonstrukci různých objektů např. sochy[11].

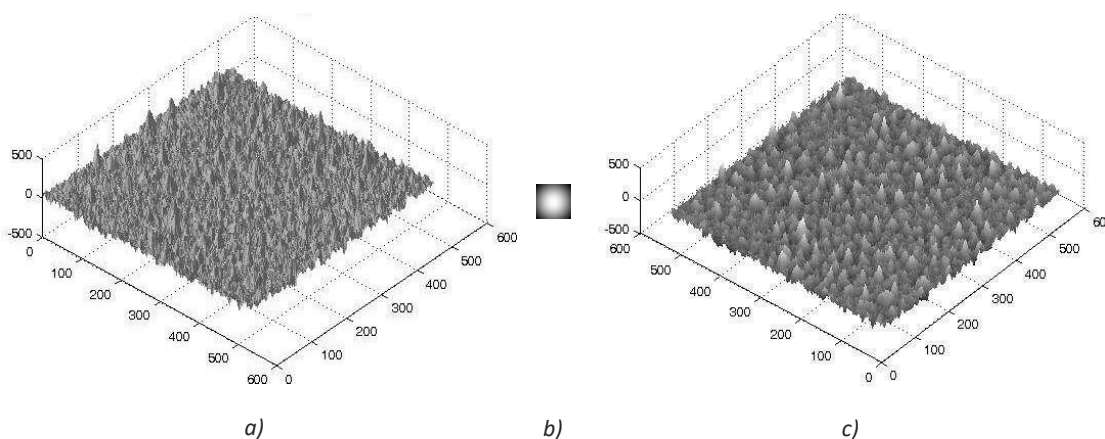
V místech stínů, které vrhají žmolky, dochází ke změnám jasových hodnot pixelů v obrazu textilie. Tyto změny se zaznamenají pomocí gradientu obrazu ve směru osy x a y , který stojí na počátku celé 3D rekonstrukce povrchu. Odhad gradientu ve směru osy x se provede odečtením obrazu vzorku osvětleného zleva od obrazu textilie osvětlené zprava. Pro odhad gradientu ve směru osy y je nutné odečíst obraz osvětlený shora od obrazu osvětleného zdola. Výpočtem gradientního obrazu ze skalárního pole

(šedotónového obrazu) se získává vektorové pole, které udává informaci o směru a velikosti největší změny obrazové funkce v daných pixelech [10].



Obrázek 14: Obrazy vzniklé odečtením obrazů v příslušných směrech (a) g_y a (f) g_x . (b) [10].

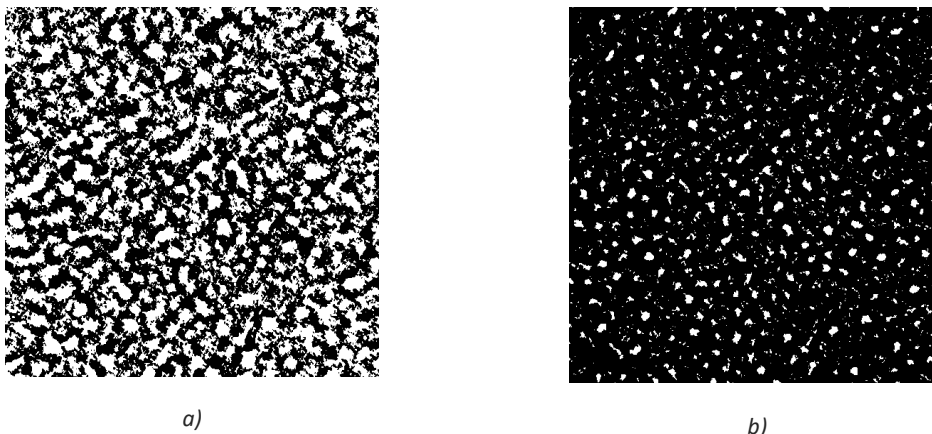
Výsledné gradientní pole obrazu se získává zkombinováním obou gradientů, každý pixel tak tvoří vektor dvou hodnot. První je odhadem gradientu x a druhá hodnota je odhad gradientu y v daném bodě. Poté je aplikován *Frankot-Chellapův* algoritmus vytvořený v prostředí MatLab, který zrekonstruuje povrch textilie (obrázek č. 15). Tím vznikne 3D obraz povrchu textilie, ze kterého se pomocí Gaussova filtru odstraní šum, který vznikl při rekonstrukci povrchu [10].



Obrázek 15: (a) Rekonstruovaný 3D povrch $f(x,y)$, (b) tvar aplikovaného Gaussova filtru $h(x,y)$ a (c) 3D povrch vzorku po filtraci $g(x,y)$ [10].

Na vzniklý 3D obraz je možné nahlížet také jako na 2D obraz, intenzita jasu pixelů udává výšku povrchu. Dalším krokem pro získání konečného stupně žmolkovitosti je vytvoření binárního obrazu pomocí segmentace. Jedná se o komplexní proces mající

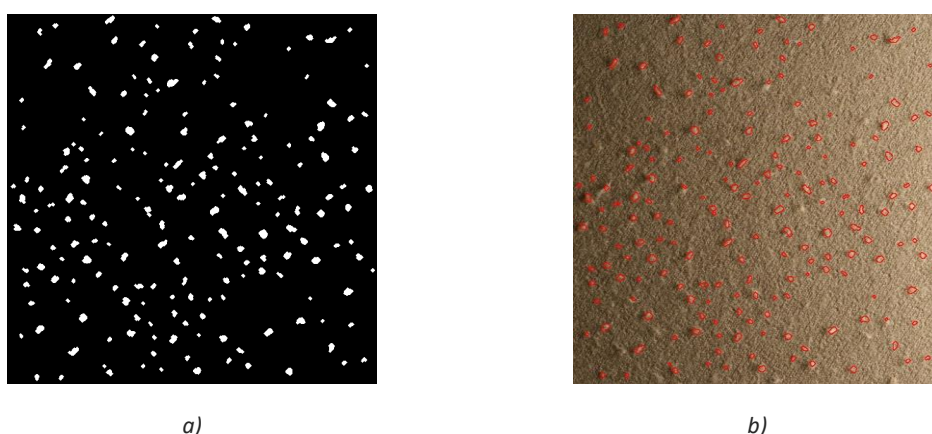
několik kroků. Při segmentaci dojde k oddělení objektů zájmu, v tomto případě žmolků od pozadí obrazu [10].



Obrázek 16: (a) binární obraz vzorku po segmentaci obrazu a (b) po lokálním prahování podle Niblacka [10].

Následně je možné s detekovanými obrazy samostatně pracovat, což umožní zjišťovat jejich kvalitativní a kvantitativní charakteristiky.

K segmentaci obrazu se nejčastěji využívá prahování. Jedná se o jednu z nejjednodušších a časově nenáročných metod, jejíž princip je založen na rozdílných intenzitách jasu pixelů mezi pozadím a objekty zájmu. Jako nejvhodnější se v tomto případě ukázalo lokální prahování podle *Niblacka*. Takto segmentovaný obraz stále obsahuje určité nepřesnosti a šum, který je nutné pomocí obrazových operací upravit tak, aby výsledek odpovídal skutečnosti [10].



Obrázek 17: (a) Binární obraz vzorku po aplikování všech úprav, (b) barevný obraz vzorku s detekovanými žmolky ohraničenými červenou barvou [10].

Výsledkem obrazové analýzy je barevný obraz s červeně ohraničenými žmolky. Dále nám metoda objektivního hodnocení žmolkovitosti poskytuje informaci o stupni žmolkovitosti a další kvantitativní hodnocení, jako je počet žmolků nebo jejich plocha.

3 Současný stav problematiky

Žmolky jsou aktuálním problémem, o jehož odstranění se stále usiluje, přesto není mnoho výzkumů, které by se zabývaly přímo pozorováním a vnímáním žmolků. Existují práce zabývající se vnímáním a vlivy, které na něj všeobecně působí, ale práce zabývající se přímo vnímáním žmolků v podstatě neexistují. Většina výzkumů, zabývajících se vnímáním barev u textilních materiálů, řeší okolní vlivy, jakými jsou osvětlení či pozadí, avšak vlivy struktury povrchu materiálu jsou opomíjeny.

Například Farnaz Agahian a Seyed Hossein Amirshahi [12] zkoumali změny vzhledu textilií v závislosti na pozadí. Výzkum prováděli na třech barvách žluté, modré a červené – poslední dvě byly ve dvou sytostech, tmavší a světlejší. Vzorky o velikosti 2x2 cm byly umístěny na střed pozadí o velikosti 20x20 cm. Z celkově osmi achromatických pozadí (bílé, šedé, černé) lišících se jasně bylo následně provedeno několik testů zaměřených na barevné rozdíly.

Z výsledků vyplynulo, že jas achromatického pozadí má silný vliv na barevnost. Světlost barev se zvyšuje se světlejším pozadím, více byl tento trend vnímán u tmavších odstínů. Největší rozdíl v barevnosti byl vnímán, když byl vzorek umístěn na nejsvětlejším a nejtmaším pozadí, tento rozdíl se snížil u světlejší varianty vzorků. Barevnost se lišila vzhledem k různému pozadí, avšak u každé barvy jinak.

V roce 2015 se Marjan Barakzehi, Fatemeh Asadi a Ali Akbar Ghareh Aghaji [13] zabývali vlivem barev a jejich odstínů na vnímání žmolkovitosti.

Problematiku zkoumali na šesti barvách (červená, modrá, žlutá, zelená, šedá, černá). Pro výzkum vybrali akrylovou tkaninu s plátňovou vazbou bez dalších chemických úprav, zvláště kvůli své hustotě a rozměrové stálosti. Vzorky byly obarveny barvami značky Ciba Specialty Chemicals, vždy ve třech barevných odstínech kromě šedé, která měla jen dva, a třetí vzorek byl obarven tak, aby vznikla černá barva. Celkem tedy vzniklo patnáct druhů vzorků o rozměrech 10x10 cm².

Dále byly vzorky nažmolkovány pomocí přístroje Martindale nastaveným na tisíc otáček tak, aby bylo docíleno stejného stupně žmolkovitosti u všech vzorků, který nakonec dosáhl 20±3 žmolků na čtvereční palec. Z takto připravených vzorků byly získány kolorimetrické údaje pomocí přístroje *Gretag Macbeth Color-Eye 7,000*.

Výzkumu se účastnilo třicet proškolených respondentů, patnáct žen a patnáct mužů, ve věku od devatenácti do padesáti let. Testování probíhalo v temné testovací komoře se vzorky umístěnými 50 cm od respondentova oka, osvětlenými simulovaným denním světlem. Při výzkumu byla použita metoda párového porovnávání, kdy respondentům byly ukázány dva náhodné vzorky, z nichž vždy měli vybrat ten, který má více žmolků.

Pro ověření vlivu barvy na vnímání žmolkovitosti byly vybrány vzorky různých barev, ale podobných barevných hloubek na základě dat z kolorimetru, které měly podobné hodnoty jasu L^* pohybující se okolo hodnoty 60. Výjimkou byla pouze žlutá barva, která byla obecně velmi světlá, a proto byl vybrán nejtmaší vzorek s hodnotou 72.735 L^* , což je nejbližší hodnota k ostatním vzorkům.

Z výsledků, vyplývajících z hodnocení respondenty, je možné určit vzestupné pořadí barev na základě vnímání vizuální žmolkovitosti takto: zelená, modrá, červená, žlutá a šedá (Přesné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 6). Dále byla za pomoci dat z kolorimetru vypočítána čistota barev vzorků. Pomocí vzorce [13]

$$P = \sqrt{a^2 + b^2}$$

1

kde a^* představuje polohu barvy na ose mezi zelenou a červenou barvou a b^* vyjadřuje polohu na ose modrá-žlutá.

Tabulka 6: Výsledné hodnoty z testu vizuálního vnímání žmolkovitosti [13].

Barva	Hodnota
Zelená	0
Modrá	0,2641
Červená	0,7026
Žlutá	0,8808
Šedá	0,9130

Tabulka 7: Čistota u vybraných vzorků [13].

Barva	Čistota
Žlutá	88.59
Červená	47.89
Zelená	39.13
Modrá	30.33
Šedá	2.56

Z výsledků můžeme vidět spojitost mezi čistotou barev a výsledky vizuálního hodnocení žmolkovitosti. Světlé barvy jsou obecně hodnoceny jako žmolkovitější. Červená a žlutá mají nejvyšší hodnoty čistoty a také jsou hodnoceny jako nejžmolkovitější. Tento výsledek je možné odůvodnit tím, že stíny vrhané žmolky jsou více vidět na světlejších materiálech, čímž je navýšen i stupeň vizuální žmolkovitosti. Při zjišťování spojitosti mezi vizuální žmolkovitostí a barevnou hloubkou byly rozdíly v hodnocení různých světlostí stejné barvy. Velikosti těchto rozdílů se u jednotlivých barev lišily. Největší rozdíly v hodnocení byly u modrých vzorků, zatímco červené vykazovaly nejmenší rozdíly. Výsledky výzkumu ukazují vliv barev na vnímání žmolkovitosti, avšak u barevné hloubky nebyla prokázána žádná závislost [13].

4 Barvy

Barvy vnímáme na základě „spolupráce“ oka a světla, které se skládá z různých druhů záření a vytváří tak elektromagnetické spektrum.

4.1 Základní pojmy

Barevný vjem

Světlo dopadá na sítnici oka, kde se nacházejí mimo jiné i na světlo citlivé fotoreceptory, které mění energii podnětů na nervovou aktivitu. Fotoreceptory se liší tvarem a citlivostí, základními typy jsou tyčinky a čípky. V lidském oku se nachází tři druhy čípků, dělí se podle světla, na které reagují (červené, zelené a modré světlo). Těmto třem druhům odpovídají křivky označované R, G, B, pokrývající celé viditelné spektrum. Všechny barvy viditelného spektra člověk vidí ve stejný čas. Nejvíce jsou koncentrovány u žluté skvrny, dále se pak jejich počty směrem od skvrny klesají. Průměrný člověk je schopen pouhým okem rozlišit asi 3,5 – 5 milionů odstínů, zkušený kolorista může rozlišit i jednou tolik [14].

Tyčinky naopak reagují na světelný jas (bílá, šedá, černá), nepřenáší však žádnou informaci o barvě, v oku se jich nachází asi 18krát více než čípků. Pokud je nedostatek světla lidské oko vnímá pouze jas, informace o barvách se vytrácejí, předměty jsou vidět jako různě šedé až černé [14].

V populaci se nachází různé druhy anomálií odlišného stupně závažnosti, od úplné barvosleposti až po oslabenou činnost určité skupiny čípků.

Základní aspekty barevného vjemu:

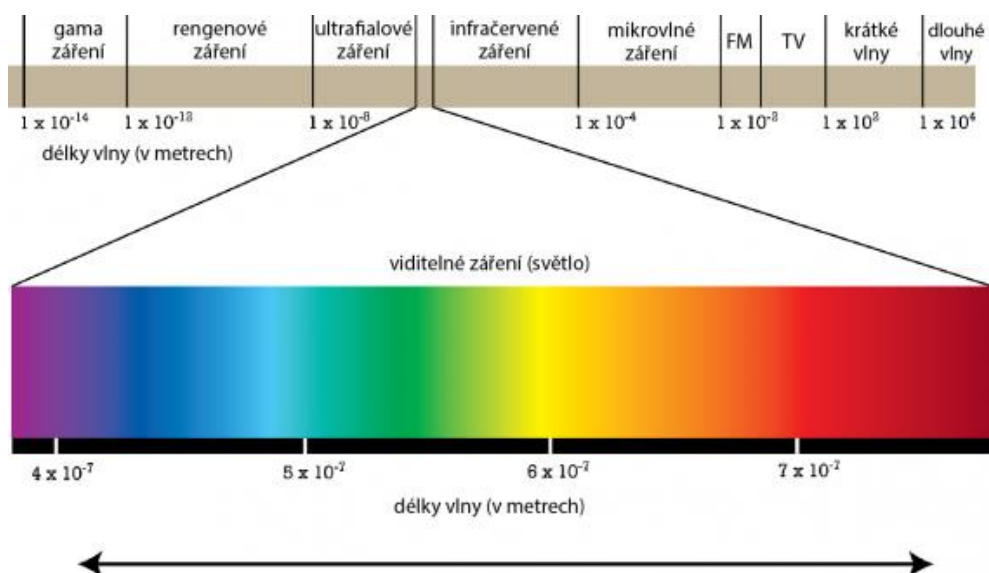
- trichromatický mechanismus RGB,
- tři atributy sestavující barvu – jas/světlost, odstín a sytost (čistota odstínu nebo nasycení),
- geometrie barvy (zahrnující kružnici odstínu, protější funkce a odpovídající koncentraci),
- efekty kontextu, kontrastu a adaptace,
- principy aditivního a substraktivního míchání barev.

Barva

Skládá z kombinace chromatické a achromatické části. Achromatické barvy jsou bez odstínu, jedná se tedy o bílou, šedou nebo černou. Opakem jsou chromatické barvy mající odstín (zelená, žlutá, modrá, růžová atd.). Dále může být barva určena jasem, světlostí, tmavostí atd., nebo jakoukoli kombinací těchto vlastností [14].

Barva a fyzika světla

Světlo je jedním z mnoha druhů záření vytvářejících dohromady elektromagnetické spektrum. Lidským okem viditelná část spektra začíná od UV oblasti (380 nm) až k IR (720 nm). Tato oblast odpovídá vlnové délce blízké maximu slunečního záření.



Obrázek 18: Elektromagnetické spektrum [15].

Každá vlnová délka viditelného spektra odpovídá právě jednomu čistému barevnému vjemu. Jednotlivé vlnové délky jsou nazývány jako monochromatické světlo, objekty jím osvětlené představují jen jednu barvu. Může však být také polychromatické světlo, neboli složené chromatické světlo, které je charakterizováno spektrálním průběhem přes více vlnových délek. Barvu složenou z více vlnových délek je mnohem těžší vnímat [14].

Tabulka 8: Vlnové délky barev viditelného spektra [14].

Barva světla	Vlnová délka
Červená	720-627 nm
Oranžová	627-589 nm
Žlutá	589-566 nm
Zelená	566-495 nm
Modrá	495-436 nm
Fialová	436-380 nm

Purkyňův efekt

Jedná se o posun maxima citlivosti oka při změně světelných podmínek. Za jasného světla jsou nejvíce využívány čípky, které nejcitlivěji reagují na vlnovou délku 540 nm, oko je za těchto podmínek nejcitlivější na zelenou barvu. S ubývajícím světlem se citlivost přesune ke kratším vlnovým délkám, takže červenou rozlišujeme hůře, oko je naopak citlivější na modrou barvu. Všeobecně však barvy za šera vidíme hůře, také se zhoršuje schopnost ostřit. Tento jev ilustruje adaptivitu na okolní podmínky a funkční součinnost tyčinek a čípků [16].

Odstín

Atribut vizuálního vnímání, na jehož základě se plocha jeví podobná jedné ze základních vnímaných barev: červené, žluté, zelené a modré (nebo jako kombinace dvou z nich) [14].

Jas a Světlost

Jas: atribut vizuálního vnímání, podle kterého plocha emituje více či méně světla.

Světlost: je jas plochy posuzovaný relativně podle jasu plochy podobně osvětlené, která se jeví jako bílá nebo vysoce odrážející. Pouze vázané barvy vykazují světlost. Důležitým rozlišením je, že se jas vztahuje k absolutní hladině vnímání, zatímco světlost je vázána na změny osvětlení a podmínky pozorování [14].

Čistota (sytost)

Čistotou rozumíme barevnou vydatnost hodnocené plochy relativně vztažené k jasů obdobně osvětlené plochy, která se jeví jako bílá nebo vysoce odrážející [14].

Míchání barev

Rozlišujeme aditivní míšení barev, při němž se jedná o kombinaci světél jednotlivých odstínů, dochází ke sčítání remisních spekter. Zatímco subtraktivní míchání nastává například při barvení textilu, kdy se kombinují jednotlivá barviva, například v prášku nebo roztoku. Zde se sčítají absorpční spektra barev [14].

4.2 Vizuální hodnocení barev

Vizuální hodnocení barev se provádí za účelem určení barvy s pomocí různých systémů uspořádání barev, nebo se posuzují barevné rozdíly vůči předloze (standardu). Pro správné hodnocení musí být zachováno několik podmínek, pozorovatel nesmí mít vadu zraku, ovlivňující barvocit, musí být proškolen a celkově se cítit v dobrém stavu psychickém i fyzickém. Dále je nutné použít normované osvětlení a pozadí, které neovlivňují vnímání barev. V neposlední řadě je nutné zajistit správné umístění vzorku a pozorovací úhel. Většinu těchto podmínek je možno dodržet při použití koloristické skříně umístěné v temné komoře [14].

4.2.1 Systémy uspořádání barev

Pro svou praktičnost a jednoduchost jsou barevné standardy často využívány k posuzování barev. Barevným standardem může být předloha, standardní řada nebo atlas barev. Předlohou je myšlen například textilní vzorek materiálu obarvený na daný odstín. Standardní řada je silový sled vybarvení typového barviva, většinou se používá k hodnocení síly, odstínu a čistoty vzorků barviv stejné značky, vzhledem k typu při výstupní kontrole výrobců barviv. Dále patří mezi standardní řady modré a šedé stupnice k posuzování stálosti [14].

Další možností je atlas barev, jedná se o soubor mnoha odstupňovaných odstínů barev systematicky uspořádaných dle daného systému. Pro poskytnutí všech

myslitelných odstínů by musel atlas obsahovat několik milionů barev. Většinou však obsahují menší počet, čítající asi tisíc barev.

Nejčastěji se používají:

- Trojúhelník barev
- Munsellův systém
- Systém NCS
- Číselník pantone

Numerický popis barev

Na barevném vjemu se podílejí tři složky, při jejich změně dochází i ke změně celého barevného vjemu, proto jsou při měření barevnosti standardizovány. Jedná se o zdroj světla, pozorovaný objekt a pozorovatele.

Standardizovaný zdroj světla může mít spojité spektrum (žárovka) nebo čárové spektrum (plyny). Dále je charakterizován počtem vlnových délek jako polychromatické (sluneční světlo) nebo jako monochromatické světlo (laser). Existuje několik standardizovaných typů světelného zdroje CIE [14].

Zde je několik typů osvětlení, které se široce používají v textilní-koloristické praxi:

- **A** představuje halogenové světlo,
- **D65** je světlo xenonové výbojky s odstraněným nadbytkem UV záření,
- **TL84** představuje bílou zářivku Philips (M&S obchodní domy).

Jsou dva typy standardizovaného pozorovatele, první s názvem 2° CIE 1931 (do pozorování se zapojují pouze čípky) a druhý 10° CIE 1964 (standardní pozorovatel), při pozorování je zapojena i část tyčinek. Oba pozorovatele se vyjadřují trichromatickými činiteli $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$.

Tito činitelé vytvářejí barevný prostor CIE XYZ, založený na skutečnosti že pomocí tří správně zvolených světel lze jejich aditivním míšením vzbudit vjem jakékoliv barvy. XYZ je trojice čísel umožňující vzájemné porovnání barev. Vyzařované, odražené či propouštěné světlo pozorovaným objektem má určité spektrální rozložení energie, které se dá popsat funkcí $f(\lambda)$, λ udává vlnovou délku světla. Tento barevný prostor byl poprvé definován v roce 1931 a dodnes je základem fyzikálního a matematického vyjádření barvy [14].

Barevné modely

Barevné modely slouží k zjednodušení záznamu barevné informace. Pokud bychom chtěli přesně reprodukovat barvy nějakého objektu, pak bychom museli zaznamenat v každém bodu tohoto objektu spektrální křivku. Barevný model ukazuje logické nebo vjemové vztahy mezi barvami světel nebo povrchů.

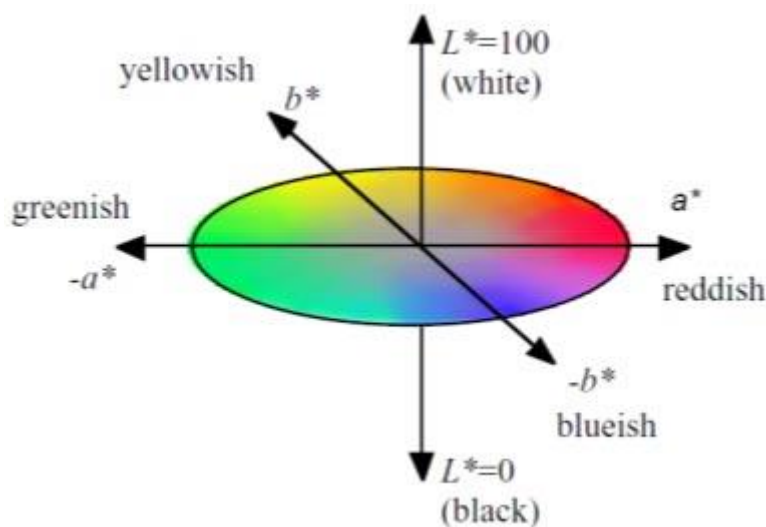
Barevné modely také definují soubor základních barev, pravidla míchání barev a měněné barevné charakteristiky. Dnes existují dva druhy barevných modelů, jedním je systém pořadí barev a druhým z nich je barevný model vzhledu. Barevný model charakterizují tři parametry, odstín, sytost a jas [14].

Barevný prostor je popsán různými souřadnicovými systémy. Jedná se o Munsellův systém, Ostwaldův systém a CIE systém, který byl poprvé definován v roce 1931 a od té doby prodělal několik změn a transformací, které reagovaly na nové poznatky a potřeby. Proto bylo nutné jej neustále zpřesňovat a vylepšovat. Dnes patří mezi nejpoužívanější systém CIELAB, který byl přijat v roce 1976 [14].

CIELAB

CIELAB jinak také CIE 1976 nebo CIE $L^*a^*b^*$, vychází z E. Q. Adamsovi teorie oponentního vnímání barev a rovnicí ANLAB pro měření barevných rozdílů, navrženou D. Nickersonovou. Rovnice CIELAB vyřešila problém XYZ tristimulárních složek, tím byla získána vhodná metoda pro výpočet barevného rozdílu ΔE^* . L^* v rovnici představuje jas, a^* ukazuje polohu barvy mezi zelenou, která je na konci záporné části osy, a červenou barvou na druhé straně. Hodnota b^* ukazuje polohu na ose modré a žluté barvy, kdy modrá leží v záporné části a žlutá v kladné části osy (obrázek č. 18) [14].

V koloristice se více využívá cylindrický model CIELCH, který odpovídá Munsellovskému vyjadřování barev. L^* značí měrná světlost, C^* měrnou čistotu a h° měrný odstín.



Obrázek 19: Barevný prostor CIELAB [17].

Pro výpočet diference je definován vzorec ΔE^* [14]:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

2

CIELAB nepředstavuje ideální barevný prostor, proto neplatí, že vizuálně stejně vnímaná barevná diference dává ve všech oblastech barevného prostoru stejnou hodnotu ΔE^* .

Působení barev na člověka

Barvy nás obklopují po celý život již od narození, působí na naši psychiku a mohou mít vliv na naši náladu. Barvy jsou první, co vnímáme, až pak následuje zpracování informace o tvaru a dalších detailech. Ačkoli si to neuvědomujeme, barvy na nás neustále působí a my jsme jimi ovlivňováni. Různé barvy jsou spojovány s pocity a asociacemi, proto například modré barvy evokují chlad a naopak žluté v nás vyvolávají pozitivní a hřejivé pocity. Již řecký lékař Hippokratés se o barvy zajímal a dával je do souvislosti s lidskou povahou. Dále se o barvy zajímali například psychiatr Ernst Kretschmer nebo švýcarský psychiatr Carl Gustav Jung.

S vlivy barev na lidskou psychiku často pracují interiéroví designéři, malíři či návrháři, jelikož cílem jejich práce je vyvolávat v lidech určité emoce a k tomu jim mimo jiné pomáhají i správně zvolené barvy [18].

5 Praktická část – Vliv barev na vizuální vnímání žmolkovitosti


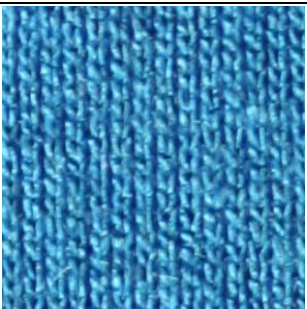
Analytická část práce se zabývá tím, jak je člověk ovlivněn barvou materiálu (při subjektivním hodnocení) a jak se tento vliv mění v závislosti na míře žmolkovitosti materiálu. Cílem práce bylo získat výsledky co nejvíce vypovídající o vnímání žmolkovitosti v reálném životě, proto se hodnocení účastnili především laici, kteří subjektivně hodnotili žmolkovitost na běžně dostupných materiálech.

5.1 Popis materiálu

Předem byly stanoveny požadavky na barvy, které měly být ve výzkumu zastoupeny, jednalo se o bílou, černou, šedou, červenou, zelenou, modrou a žlutou, tato škála se později rozšířila o růžovou. Na začátku jsme zvažovali několik možností, jak získat vzorky žmolkujícího materiálu v potřebných barvách. Jednou z možností bylo barvení, nebo zakoupení již hotových výrobků (například trička, které se prodává v několika barevných variantách v obchodech). Nakonec jsme po důsledném zvážení všech možností a průzkumu trhu přistoupili k nákupu materiálu v galanterii. Po prozkoumání nabídky byly zakoupeny vzorky vhodných materiálu bílé barvy, na nichž se na přístroji Matrindale testovala schopnost žmolkovat. V počátcích výzkumu jsme v kontextu výběru vhodného druhu materiálu zvažovali i rozšíření na porovnání vnímání žmolkovitosti na pleteninách a tkaninách. Výběr materiálů se schopností žmolkovat je značně omezen, proto bylo od této myšlenky upuštěno.

Jako nejvhodnější se ukázala viskózní pletenina, na jejímž povrchu se již po třech stech otáčkách začaly tvořit žmolky. Po dokončení asi pěti tisíc otáček byl celý povrch pokryt hustými malými žmolky. Tento materiál byl také dostupný v potřebných barevných variantách kromě šedé barvy – musela být doplněna jiným materiálem podobné struktury. Ten měl však odlišné složení, které mělo za následek jinou povahu žmolků, a jeho melírovaná barva nebyla ideální (v době testování nebyla k dispozici jiná vhodná látka). Následující tabulka uvádí všechny druhy látek, se kterými se po zbytek experimentu pracovalo.

Tabulka 9: Charakteristika použitých materiálu.

Barva	Složení	Vazba	Tloušťka mm	Gramáž	Foto (líc)
Bílá	92% viskóza, 8% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,57	225 g/m ²	
Černá	92% viskóza, 8% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,57	225 g/m ²	
Červená	92% viskóza, 8% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,5	225 g/m ²	
Modrá	92% viskóza, 8% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,59	225 g/m ²	

Růžová	92% viskóza, 8% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,58	225 g/m ²	
Šedá melír	62% polyester, 33% bavlna, 5% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,69	240 g/m ²	
Zelená	92% viskóza, 8% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,6	225 g/m ²	
Žlutá	92% viskóza, 8% lycra	Pletenina- jednolícní zátažná hladká	0,58	225 g/m ²	

Materiály pochází z galanterie, proto nemají všechny vzorky nevhodnější odstín. Práce si dala za cíl nejen prozkoumat vliv barev na hodnocení žmolkovitosti, ale i odlišnosti v hodnocení v závislosti na množství žmolků, proto bylo nutné získat dvě sady vzorků. Jednu na vysokém stupni žmolkovitosti (jedna až dva) a další sadu s malým množstvím žmolků na povrchu, pohybujícím se okolo čtvrtého stupně.

5.2 Objektivního hodnocení

Za účelem získání potřebných vzorků bylo od každé barvy nažmolkováno minimálně pět vzorků, každý na jiný počet otáček. Nejméně bylo použito 500 otáček a pro získání co největší žmolkovitosti bylo dle normy *ČSN EN ISO 12945-2* použito 7000 otáček u některých barev už docházelo k odpadávání žmolků, proto ne vždy byl takto odíraný vzorek hodnocen jako nejžmolkovitější.

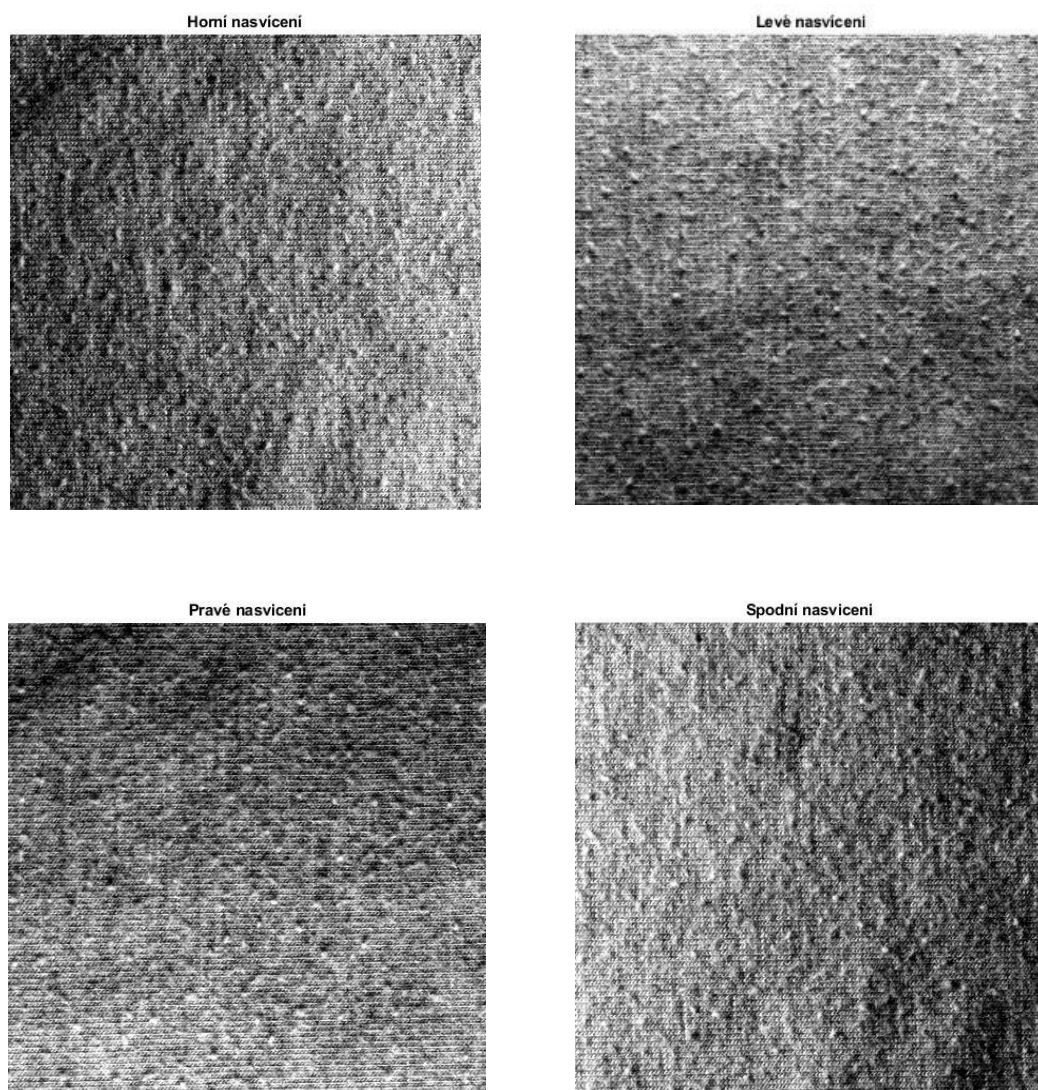
Takto upravené vzorky byly připravené na objektivní hodnocení. Byla použita metoda Objektivního hodnocení pomocí gradientních polí, paní doktorky Hájkové, která je rozepsaná výše v kapitole 2. Tato metoda byla zvolena, protože při zpracování obrazu je barva zcela eliminována a v hodnocení nehraje žádnou roli, zatímco při subjektivním hodnocení je vzorek posuzován jako celek a není možné barvu nijak oddělit. Dalším důvodem byla její dostupnost. Zařízení pro snímání obrazu bylo k dispozici, avšak musel být splněn požadavek na temnou místnost, aby byly dobře vidět stíny a světelné efekty na snímaném vzorku.

Na následujících snímcích je ukázán průběh zpracování obrazu objektivního hodnocení na vzorku šedého melíru 6.4.a. Jako první byl vzorek nafocen ze čtyř stran tak, aby žmolky vrhaly stíny a vznikl gradient.



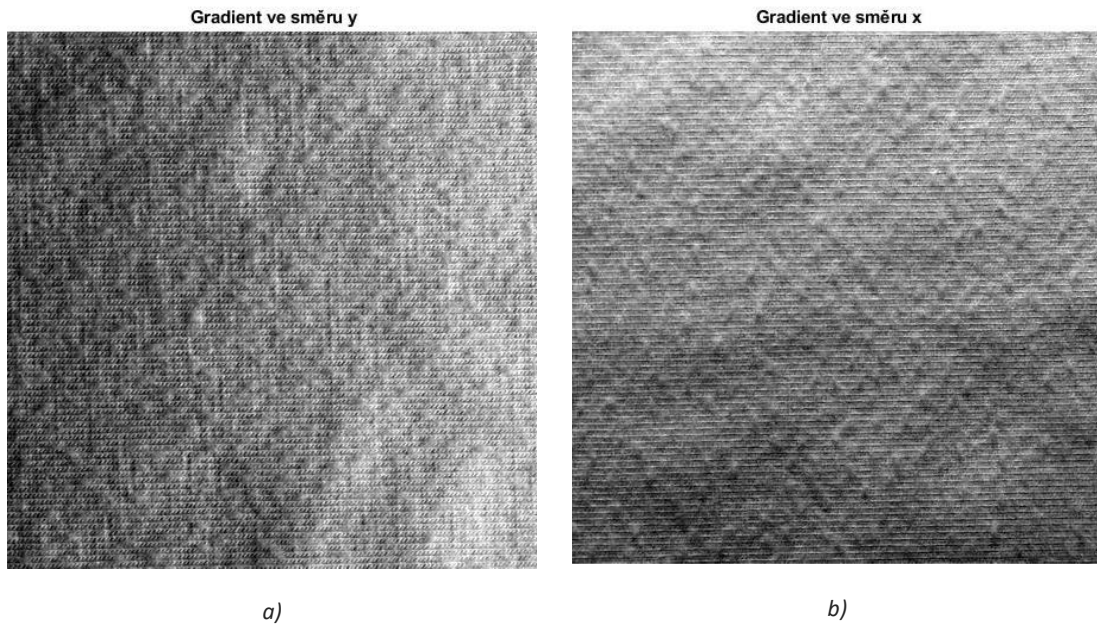
Obrázek 20: Ukázka focení vzorku 6.4.a

Následně byly pořízené snímky upravené v počítači pro další zpracování, úpravy spočívaly mimo jiné v ořezání fotografií, jelikož samotné hodnocení se provádí na výřezu ze středu vzorku a převedením do šedotónového obrazu.



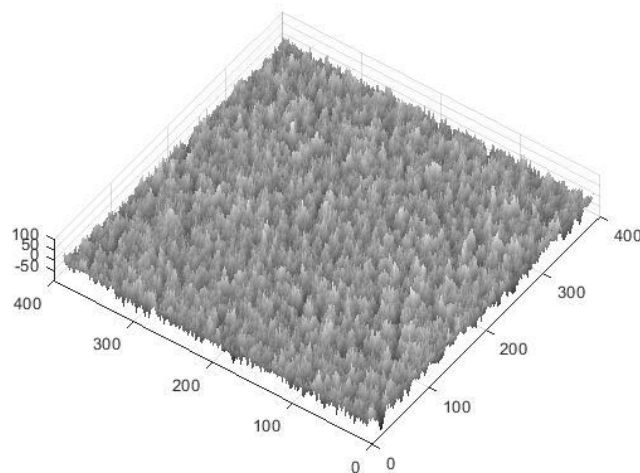
Obrázek 21: Snímky vzorku 6.4.a upravené pro zpracování

Dalším krokem bylo získání gradientu obrazu ve směru x a y , gradient g_x vznikl odečtením obrazu textilie osvětlené zleva od obrazu textilie osvětlené zprava. Gradientu g_y docílíme odečtením obrazu osvětleného shora od obrazu osvětleného zespodu.



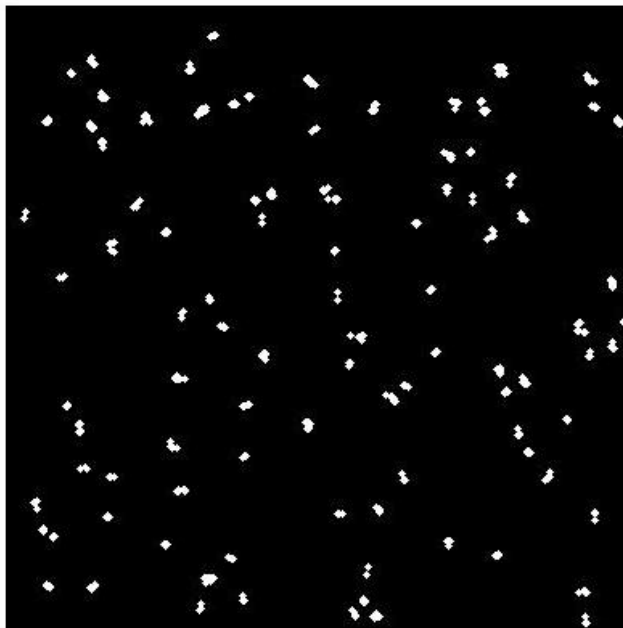
Obrázek 22: a) gradient ve směru y a b) gradient ve směru x.

Gradienty g_x a g_y byly zkombinovány a na vzniklé gradientní pole obrazu byl aplikován Frankot-chellapův algoritmus a další matematické operace. Ze získaných výsledků byl zrekonstruován povrch textilie.



Obrázek 23: 3D rekonstrukce povrchu vzorku 6.4.a

Ze zrekonstruovaného 3D povrchu textilie je eliminován šum pomocí Gaussova filtru, dalším krokem je segmentace a prahování obrazu, jejichž cílem je vznik binárního obrazu, na němž bílá místa označují jednotlivé žmolky.



Obrázek 24: Binární obraz

Tabulka zobrazuje stupně žmolkovitosti přiřazené vzorkům látek na základě výsledků obrazové analýzy.

Tabulka 10: Výsledky objektivního hodnocení.

Bílá		Černá		Červená		Modrá	
Číslo vzorku	Hodnocení	Číslo vzorku	Hodnocení	Číslo vzorku	Hodnocení	Číslo vzorku	Hodnocení
1.1.a	1	2.1.a	4	3.1.a	2-3	4.1.a	4
1.2.a	1-2	2.3.a	4-5	3.2.a	3-4	4.2.a	4-5
01.3.a	4	2.4.a	4	3.3.a	3-4	4.3.a	3-4
1.4.a	2-3	2.5.a	3-4	3.4.a	1	4.4.a	4
1.5.a	3	2.6.a	4-5	3.5.a	4-5	4.5.a	4
		2.7.a	2	3.6.a	4	4.6.a	2-3
						4.7.a	1-2

Tabulka 11: Výsledky objektivního hodnocení.

Růžová		Šedá melír		Zelená		Žlutá	
Číslo vzorku	Hodnocení	Číslo vzorku	Hodnocení	Číslo vzorku	Hodnocení	Číslo vzorku	Hodnocení
5.1.a	1-2	6.1.a	1	7.1.a	3-4	8.1.a	1
5.2.a	4-5	6.2.a	4	7.2.a	4	8.2.a	3-4
5.3.a	4	6.3.a	2-3	7.3.a	3	8.3.a	3
5.4.a	4-5	6.4.a	3	7.4.a	4	8.4.a	3
5.5.a	3-4	6.5.a	3	7.5.a	3-4	8.5.a	1-2
5.6.a	3-4	6.6.a	1	7.6.a	2	8.6.a	4

Na základě výsledků objektivního hodnocení, bylo vybráno celkem šestnáct vzorků tak, aby od každé barvy byly dva vzorky. Jeden hustě pokrytý žmolky, ohodnocený jako stupeň 1 nebo 2, a druhý vzorek s menším počtem žmolku, ohodnocený jako stupeň 4. Tím vznikly dvě sady obsahující celkem osm vzorků různých barev. V sadě 1 jsou vzorky se stupněm žmolkovitostí 1, 1,5 a 2, jelikož ne všechny materiály bylo možné nažmolkovat na nejvyšší stupeň. Sada 2 obsahuje pouze vzorky odpovídající čtvrtému stupni žmolkovitosti. S těmito vzorky se následně pracovalo dále. V tabulce níže jsou uvedeny vybrané vzorky a stupně žmolkovitosti.

Tabulka 12: Vzorky vybrané pro další hodnocení.

Barva	Sada 1		Sada 2	
	Číslo vzorku	Stupeň	Číslo vzorku	Stupeň
Bílá	1.1.a	1	1.3.a	4
Černá	2.7.a	2	2.1.a	4
Červená	3.4.a	1	3.6.a	4
Modrá	4.7.a	1-2	4.1.a	4
Růžová	5.1.a	1-2	5.3.a	4
Šedá melír	6.1.a	1	6.2.a	4
Zelená	7.6.a	2	7.2.a	4
Žlutá	8.1.a	1	8.6.a	4

5.3 Charakteristika barev pomocí spektrofotometru

Na vzorcích materiálu vybraných pro další hodnocení a původních materiálech bez úpravy byly naměřeny hodnoty CIELAB pomocí spektrofotometru SF 300 s nastavením normovaného světelného zdroje *TL84*. Toto měření bylo provedeno z důvodu získání lepší charakteristiky barev jednotlivých vzorků a jejich možné změně vlivem otěru.

V následující tabulce jsou naměřené hodnoty L^* a^* b^* pro každý vzorek.

Tabulka 13: CIELAB.

Barva vzorku	Stupeň žmolkovitosti vzorku	L*	a*	b*
Bílá	5	89,79	2,68	-12,23
	4	89,67	2,52	-12,88
	1	88,89	2,54	-12,37
Černá	5	11,87	-0,35	-0,92
	4	11,98	-0,34	-0,8
	2	11,55	-0,01	-0,72
Červená	5	46,7	53,33	33,94
	4	45,82	52,84	33,77
	1	45,45	52,73	33,83
Modrá	5	35,48	-14,02	-43,86
	4	34,72	-13,2	-44,03
	1,5	34,92	-13,39	-43,17
Růžová	5	38,38	38,06	-13,56
	4	38,21	37,81	-13,83
	1,5	37,09	37,09	-13,68
Šedá melír	5	59,53	0,03	-0,95
	4	58,59	-0,05	-0,81
	1	58,71	-0,06	-0,77
Zelená	5	54,2	-41,73	22,16
	4	53,59	-41,38	22,05
	2	53,18	-41,52	22,58
Žlutá	5	81,18	-9,04	60,67
	4	80,77	-8,94	61,09
	1	80,46	-9	62,08

Z výsledků je patrné, že hodnota jasu (L^*) je u chromatických vzorků rozptýlena od 34,72 u modré barvy a až po 81,18 pro žlutou. Pro další hodnocení by bylo výhodnější menší rozpětí, avšak u látek pocházejících z běžné produkce, nebylo možné tuto hodnotu ovlivnit.

Dále byla vypočítána diference ukazující, jak moc se barva změnila vlivem žmolkovitosti oproti původnímu neupravenému materiálu.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

3

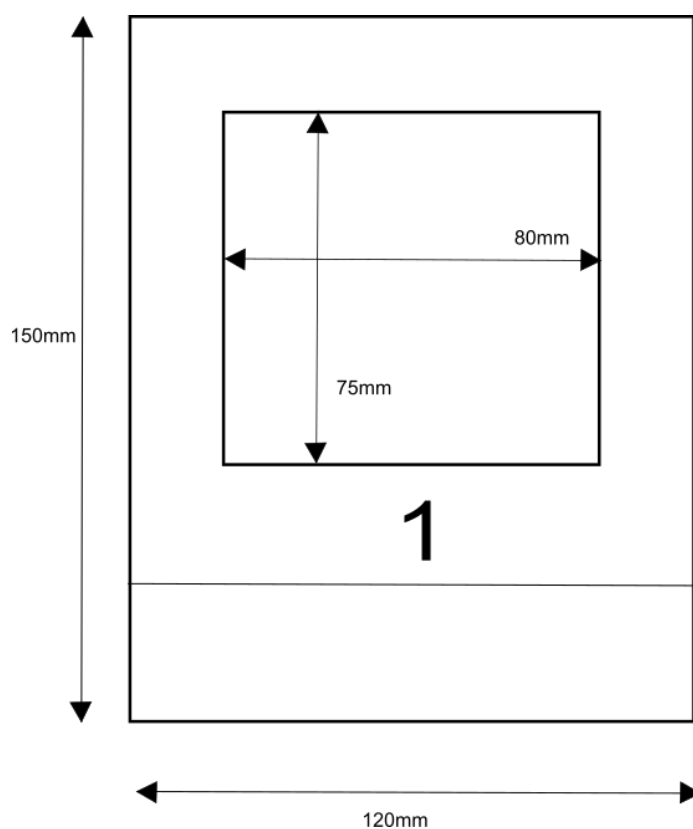
Tabulka 14: Barevné diference.

Barva vzorku	Diference ΔE^* pro Sadu 4	Diference ΔE^* pro Sadu 1
Bílá	0,680	0,922
Černá	0,163	0,508
Červená	1,021	1,391
Modrá	1,131	1,089
Růžová	0,405	1,618
Šedá	0,954	0,844
Zelená	0,712	1,123
Žlutá	0,595	1,584

U všech vzorků došlo vlivem otěru ke změně barvy, vzhledem k původnímu materiálu. Nejedná se však o výrazné změny, je ale možné ji lidským okem zaznamenat. Pro výzkum jsou důležité rozdíly v barevnosti první a druhé sady vůči sobě, jelikož s původním materiálem nebyli respondenti vůbec konfrontováni. Z výsledků je patrné, že největší rozdíly jsou u růžové a žluté barvy, kde je rozdíl větší než 0,9 (což může být okem patrné, avšak pouze v případě, že by byly vzorky porovnávány vedle sebe). U ostatních materiálů je rozdíl tak malý, že jej běžný člověk nezpozoruje.

5.4 Subjektivní hodnocení

Testování na respondentech probíhalo dle normy ČSN EN ISO 12945-2, vzorky byly hodnoceny celkem padesáti respondenty. Výzkumu se účastnilo 30 mužů a 20 žen. Jednalo se o laickou veřejnost ve věku od 20 do 30 let, vzorky byly předkládány bez specificky určeného, ale pro všechny respondenty stejného pořadí. Vždy byl hodnocen pouze jeden vzorek, jehož stupeň žmolkovitosti určovali respondenti za pomoci etalonů. Pro všechny hodnotitele byly co nejpřesněji zachovány stejné podmínky, aby nedošlo k narušení hodnocení vnějšími vlivy.



Obrázek 25: Karta s materiálem pro subjektivní hodnocení. Zdroj vlastní.

5.5 Statistické vyhodnocení dat

Data získaná subjektivním hodnocením od respondentů byla vyhodnocována jako celek, ale také jsou porovnávány obě sady vůči sobě a vůči hodnocení objektivnímu, posledním sledovaným aspektem je porovnání hodnocení mužů a žen.

5.5.1 Charakteristika subjektivního hodnocení

Pro charakterizování subjektivního hodnocení je posouzena celková míra shody mezi hodnotiteli za pomoci Kendellova koeficientu konkordance w . Míra shody se počítala jednak pro obě sady zvlášť, jednak pro muže a ženy. Pro výpočet koeficientu bylo nutné převést hodnocení do pořadí. Vzhledem k tomu, že při něm byly použity i mezistupně, dosahovala celková hodnotící škála devíti úrovní. Stupeň jedna odpovídal prvnímu stupni pro žmolkování, tedy nejžmolkovitějšímu, a stupeň devět odpovídal stupni pět hodnoceného subjektivním hodnocením. Jelikož se hodnoty v hodnocení často opakovaly, bylo nutné pro tyto hodnoty vypočítat průměrné pořadí. Opakující se hodnoty také znamenaly nutnost vypočítání opravného faktoru T pro porušené řady.

$$w = \frac{12}{m^2(n^3 - n) - mT} \sum_{j=1}^n (p_j - \bar{p})^2$$

4

Koeficient konkordance w [19], kde n je počet vzorků a m počet hodnotitelů. Dále je pro výpočet použita veličina p_j , která vyjadřuje součet pořadových koeficientů p_{ij} . Veličina \bar{p} představuje průměrný součet pořadových koeficientů.

$$\bar{p} = \frac{1}{2}m(n + 1)$$

5

Opravný faktor T je nutné vypočítat vždy, když se hodnoty v hodnocení opakují.

$$T = \sum_l^L (t_l^3 - t_l)$$

6

L je počet shodných skupin přes všechny hodnotitele a t_l je velikost l -té shodné skupiny $l=1, \dots, L$ [19].

Výsledný Kendallův koeficient konkordance w nabývá hodnot od nuly do jedné, kdy $w=0$ vyjadřuje nulovou shodu mezi hodnotiteli a $w=1$ znamená úplnou shodu hodnotitelů. Výsledný koeficient u sady 1 vyšel $w_1=0,47$, což je méně než poloviční shoda, zatím co u sady 2 je $w_2=0,54$, jedná se tedy o mírně nadpoloviční shodu. Dále byl

počítán koeficient pro shodu mezi muži a ženami, výsledné hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 15: Kendallův koeficient konkordance

	Celkem	Muži	Ženy
Sada1	0,47	0,46	0,51
Sada2	0,54	0,53	0,56

Z tabulky vyplývá, že při hodnocení druhé sady byla u obou pohlaví nadpoloviční shoda, zatímco u sady 1 měly nadpoloviční shodu pouze ženy. Vnímání žmolovitosti bylo u první sady více nejednoznačné.

Za pomocí koeficientů konkordance w_1 a w_2 byla testována nezávislost mezi sledovanými znaky. H_0 je definovaná jako nulová a H_1 jako alternativní hypotéza.

H_0 : mezi znaky není žádná závislost - Kendallův koeficient konkordance w není významný

H_1 : mezi znaky je závislost - Kendallův koeficient konkordance w je významný

Pro testování hypotéz byl použit χ^2 ve tvaru [19]:

$$\chi^2 = m(n - 1)w$$

7

χ^2 byl testován na hladině významnosti $\alpha=0,5$. Jestliže testová statistika χ^2 je menší než daná kritická hodnota $\chi^2_{1-\alpha}(n-1)$ s $n-1$ stupni volnosti, je přijata nulová hypotéza H_0 , což znamená, že koeficient konkordance je nevýznamný, v opačném případě se přijímá H_1 a koeficient konkordance w je významný. Tabulková hodnota pro osm vzorků je $\chi^2_{1-\alpha}(n-1) = 14,07$, tato hodnota je porovnávána s výslednou hodnotou testované statistiky $\chi^2 = 166,1$. Při porovnání jsme zjistili, že $166,7 > 14,07$. Proto je H_0 zamítnuta a přijímá se H_1 , pro sadu 1 existuje významná závislost a koeficient konkordance w je statisticky významný. Pro druhou sadu vyšlo $\chi^2 = 187,46$, což při porovnání s tabulkovou hodnotou je $187,46 > 14,07$, proto i zde se H_0 zamítá a přijímá H_1 . Rovněž ve druhé sadě existuje významná závislost a koeficient je statisticky významný.

Kendallův koeficient konkordance w , byl použit pro vypočítání odlišnosti jednoho hodnotitele od ostatních, v tom případě byl ze souboru dat odebrán jeden

hodnotitel, tomu se náležitě upravil i opravný faktor T , výsledkem je hodnota w_j . Tato hodnota se porovnává s původním w a platí vztah že, $w_j < w$ hodnotitel se tedy neliší od ostatních a $w_j > w$ hodnotitel se liší. Tato operace byla provedena pro všechny hodnotitele u obou sad, výsledky jsou uvedeny v příloze 2.

Vyplynulo, že pro obě sady se nejvíce lišil proband číslo 28 mužského pohlaví. Celkově bylo více lišících se hodnotitelů v sadě 1 (celkem 22), zatímco v sadě 2 to bylo pouze 15 respondentů. V tabulce číslo 16 můžeme vidět zastoupení jednotlivých pohlaví mezi odlišnými hodnotiteli, je nutné brát v potaz, že výzkumu se účastnilo více mužů než žen. Pokud tedy výsledná data přepočítáme na procenta, zjistíme, že u druhé sady je zastoupení lišících se mužů a žen stejné, zatímco u sady jedna se odlišovalo více žen než mužů.

Tabulka 16: Lišící se hodnotitelé

	Lišící se hodnotitelé celkem	Z toho muži	Z toho ženy
Sada 1	22	13	9
Sada 2	15	9	6

5.5.2 Porovnání subjektivního a objektivního hodnocení

Výsledky objektivního a subjektivního hodnocení byly dále zpracovány a vyhodnoceny různými způsoby, aby bylo možné získat lepší představu o obou soborech a jejich vlastnostech. Nejprve byl vypočítán aritmetický průměr subjektivního hodnocení ze všech probandů pro každý barevný vzorek zvlášť.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

8

Za pomoci vzorce pro aritmetický průměr, kde n je počet hodnot, a x_i jsou jednotlivé hodnoty v souboru. Tyto výsledky jsou zapsány níže v tabulce č. 17. Dále byl vypočítán pro každý barevný vzorek rozptyl, směrodatná odchylka a variační koeficient, které lépe charakterizují datový soubor, tyto hodnoty jsou uvedeny v příloze číslo 1.

Tabulka 17: Průměrné výsledky subjektivního hodnocení.

Barva	Sada 1	Sada 2
	Subjektivní hodnocení	Subjektivní hodnocení
Bílá	2,23	4,15
Černá	2,82	4,36
Červená	2,69	3,23
Modrá	2,99	3,5
Růžová	2,22	4,13
Šedá melír	1,26	1,98
Zelená	2,53	3,5
Žlutá	1,53	3,12

V následující tabulce je uvedeno objektivní a subjektivní hodnocení, které bylo na základě předem vypočítaných průměrů převedeno na odpovídající stupně žmolkovitosti. Jak můžeme vidět, hodnocení se od sebe liší u každého vzorku jinak. Nejvýraznější rozdíl je asi u šedého melíru z druhé sady, kde je objektivní hodnocení 4 a subjektivní 2. Tento výsledek může být způsoben více než barvou materiálem, který se od ostatních odlišoval.

Tabulka 18: Subjektivní hodnocení převedené na stupně žmolkovitosti.

Barva	Sada 1		Sada 2	
	Objektivní hodnocení	Subjektivní hodnocení	Objektivní hodnocení	Subjektivní hodnocení
Bílá	1	2	4	4
Černá	2	3	4	4-5
Červená	1	2-3	4	3
Modrá	1-2	3	4	3-4
Růžová	1-2	2	4	4
Šedá melír	1	1-2	4	2
Zelená	2	2-3	4	3-4
Žlutá	1	1-2	4	3

Pro lepší srovnání výsledků obou metod hodnocení byl proveden Párový T-test, který porovnává střední hodnoty dvou výběrů, čímž určuje, nakolik jsou soubory odlišné. Nejprve je nutné stanovit si hypotézu [19]:

H_0 : Střední hodnoty jsou shodné – soubory se od sebe statisticky významně neliší

H_1 : Střední hodnoty nejsou shodné – soubory se od sebe statisticky významně liší

Dalším krokem je výpočet rozdílů párových hodnot u výběrového souboru n a z těchto rozdílů je vypočítán aritmetický průměr \bar{x} a rozptyl s^2 . Takto získané hodnoty pak dosadíme do vzorce:

$$t = \frac{|\bar{x}|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$$

9

Výsledná hodnota se následně porovnává s tabulkovou hodnotou $t_{1-\alpha/2(\nu)}$ určenou dle stupňů volnosti $\nu=n-1$ a hladiny významnosti, která je v tomto případě $\alpha= 0,05$. Pokud vyjde $t \leq t_{1-\alpha/2(\nu)}$, přijímá se nulová hypotéza H_0 a oba výběry jsou shodné.

V případě, že $t > t_{1-\alpha/2}(v)$, se nulová hypotéza zamítá a střední hodnoty souborů shodné nejsou, tedy nejsou shodné ani porovnávané soubory.

Po dosazení všech hodnot vyšlo pro první sadu $t_1=5,07$ a tabulková hodnota stupňů volnosti je $t_{1-\alpha/2}(v)=1,895$, po dosazení vyjde $5,07 > 1,895$, H_0 se zamítá. Střední hodnoty souborů nejsou shodné a soubory se od sebe statisticky významně liší. Stejný výpočet byl proveden pro druhou sadu $t_2=1,87$, kde vyšlo $1,87 < 1,895$ a nulová hypotéza H_0 se proto přijímá, střední hodnoty se od sebe statisticky významně neliší. Z výsledků je jasné, že hodnocení probandů u sady jedna je velmi odlišné od objektivního, zatímco u druhé sady má hodnocení větší shodu.

5.5.3 Průměrná vzdálenost od objektivního hodnocení

Dalším způsobem pro charakterizování vztahu obou hodnocení je průměrná vzdálenost od objektivního hodnocení značená jako av , která udává, jak moc se respondenti celkově vzdálili od objektivního hodnocení, ale také vzdálenost subjektivního hodnocení u jednotlivých vzorků. Pro tento výpočet byl použit následující vzorec [19]:

$$av = \sqrt{\frac{(x_o - y_s)^2 + (x_o - y_s)^2 + \dots + (x_i - y_j)^2}{n}}$$

10

Nejprve byla od hodnoty objektivního hodnocení x_o odečtena hodnota subjektivního hodnocení y_s a výsledek se umocnil, takto získané hodnoty se sečetli. V dalším kroku byly poděleny počtem n a výsledek byl odmocněn. Výpočet byl proveden pro každého hodnotitele a pro každou sadu zvlášť, kompletní výsledky jsou v příloze číslo 2. Také byla vypočítána průměrná vzdálenost subjektivního hodnocení pro každý vzorek, výsledky (viz následující tabulka) neudávají, jestli bylo subjektivní hodnocení větší nebo menší než objektivní, říkají pouze, jak velká je mezi nimi vzdálenost.

Tabulka 19: Průměrná vzdálenost od objektivního hodnocení.

	Sada 1	Sada 2
Bílá	1,47	0,74
Černá	1,02	0,71
Červená	1,89	1,16
Modrá	1,7	0,84
Růžová	1,17	0,77
Šedá	0,45	2,22
Zelená	0,9	0,97
Žlutá	0,76	1,19

5.6 Diskuse

Z výše uvedených výsledků jasně vyplývá, že jsou velké rozdíly nejen v hodnocení sad, ale i u jednotlivých barev. Jelikož materiály pocházejí z galanterie, nebylo možné ovlivnit jednotlivé odstíny. Barvy vzorků proto neodpovídají čistým odstínům, výrazně se liší rovněž hodnoty jasu, naměřené pomocí spektrofotometru. Ze získaných dat byl vypočítán barevný rozdíl mezi původním materiálem a našmoklovanými pleteninami. Výsledky ukázaly, že vlivem ožmolkování došlo k mírné změně barev, která je ale pro další hodnocení nevýznamná.

Pokud se podíváme na statistické výpočty, zjistíme, že u všech jsou poměrně velké rozdíly ve výsledcích mezi první a druhou sadou. Při porovnávání obou sad s objektivním hodnocením bylo zjištěno, že první se odlišuje více než druhá. Tento závěr potvrzuje i párový T-test, který ukázal, že se po porovnání středních hodnot oba soubory statisticky významně lišily. Oproti tomu byly střední hodnoty druhé sady objektivního a subjektivního hodnocení shodné. I z výsledků Kendellova koeficientu konkordance lze vyčíst, že hodnotitelé se méně shodovali u první sady a 22 respondentů se s ostatními vůbec neshodovalo. Což je při počtu 50 hodnotitelů téměř polovina. Tento rozdíl je způsoben kombinací několika faktorů, mezi ně je nutné zahrnout i vliv barvy a změněné struktury materiálu. V sadě 1 jsou vzorky nejen pokryty žmolky hustěji než v sadě 2, ale

také jsou často mnohem větší, proto vrhají více stínů a mění celkový vzhled vzorku. Všeobecně by vrhané stíny měly být více vidět na světlejších materiálech, a proto by tyto vzorky měly být hodnoceny jako žmolkovitější, na základě výsledků ale není možné toto tvrzení potvrdit.

U hodnocení jednotlivých barev nejvíce vybočoval vzorek šedého melíru, který se při srovnání objektivního a subjektivního hodnocení v první sadě nejvíce přiblížil objektivnímu stupni, naopak ve druhé sadě se stupněm žmolkovitosti pro subjektivní hodnocení 2 se nejvíce vzdaloval objektivnímu hodnocení se stupněm žmolkovitosti 4. Jedním z faktorů, které mohou za tyto extrémy, je odlišný druh látky a melírovaná barva vzorku.

O hodnocení barevných vzorků můžeme říci, že se liší jak pro jednotlivé barvy, tak i stupněm žmolkovitosti, avšak není možné určit jednoznačnou příčinu tohoto jevu. Je nutné zmínit, že žmolky na vzorcích byly tvořeny pouze vlákny z testované textilie. Proto nebyly v kontrastu oproti původnímu materiálu, zatímco žmolky vytvořené při nošení oblečení na sebe často nabalují jiná vlákna a částice. Tyto žmolky pak mohou být barevně odlišné od původní textilie. Dle výsledků průměrné vzdálenosti od objektivního hodnocení nejlépe vyšel zelený vzorek, jelikož u obou sad je vzdálenost velmi podobná a nepřiliš velká – pro sadu 1 je to 0,9 a pro sadu 2 0,97.

Nejvzdálenějším byl v první sadě červený vzorek, ve druhé sadě byl třetím nejvzdálenějším. Pokud se podíváme na přiřazené stupně žmolkovitosti na základě subjektivního hodnocení, zjistíme že, rozdíl mezi nimi byl jen půl stupně, ačkoli u objektivního hodnocení byl rozdíl mezi první a druhou sadou tři stupně. Podobně malý rozdíl mezi první a druhou sadou u subjektivního hodnocení byl u modrého vzorku. Je tedy vidět, jak velký rozdíl v hodnocení způsobila změna barvy.

Vzorek bílé barvy v první sadě nedopadl dle očekávání – subjektivní hodnocení bylo poměrně vzdáleno od objektivního, lepších výsledků dosahovaly kromě šedého i vzorek žlutý a růžový. U vzorku černé barvy je zajímavé, že jako jediný dosahoval v subjektivním hodnocení průměru 4,36, což odpovídá stupni 4–5. Tedy jako téměř bez žmolků. Zde se nabízí vysvětlení, že stíny žmolků nejsou na černém vzorku viditelné, a proto je hodnocen lépe než při objektivním hodnocení.

Obecně byly vzorky hodnoceny jako méně žmolkovité, než jak udávalo objektivní hodnocení. Je však nutné brát ohled i na fakt, že hodnotitelé byli zástupci laické veřejnosti. Proto mohou být výsledky jiné, než kdyby respondenty byli odborníci, poskytuje nám to však informace o tom, jak je tato problematika vnímána běžnými lidmi. Zajímavým faktem, který vyplynul při statistickém zpracování, bylo, že hodnocení mužů a žen se nijak významně nelišilo. Je však možné, že při vyšším počtu respondentů by se rozdíly mohly projevit.

6 Závěr

Bakalářská práce byla rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou, tělo textu tvoří pět hlavních. Teoretická část je rozčleněna na čtyři hlavní kapitoly, které se následně dělí na množství podkapitol. První pojednává o žmolkovitosti, nejprve je popsán proces vzniku žmolku a dále vlivy, které se na něm podílejí. Patří mezi ně vlastnosti vláken, jejich jemnost, délka a průřez, zákrut příze, elektrostatické vlastnosti, technologické procesy žmolkování, úprava textilií apod. Druhá kapitola se zabývala metodami testování žmolkovitosti. Byly popsány subjektivní i objektivní metody, pro praktickou část byla klíčovou Modifikovaná metoda Martindale, proto jí byla věnována největší pozornost.

Třetí kapitola nastínila současný stav zkoumané problematiky a představila několik výzkumů, které se jí zabývaly. Poslední kapitola teoretické části se věnovala barvám (kolorimetrii).

Tato práce si dala za cíl zjistit, jak významný je vliv barvy vzorku na hodnocení a vnímání žmolkovitosti. Pro tento účel bylo použito osm vzorků látek v různých barvách. Vzorek od každé barvy byl nažmolkován na nízký i vysoký stupeň žmolkovitosti. Takto upravené vzorky pak tvořily dvě sady, které byly testovány pomocí objektivního a subjektivního hodnocení. Výsledky obou hodnocení pak byly statisticky porovnávány.

Z výsledků statistického zpracování jasně vyplývá že barevnost vzorků má vliv na hodnotitele. Ačkoli byly použity naprosto stejné látky, s výjimkou vzorku šedého melíru, jejich jediným rozdílem byla barva, hodnocení se pro každou barvu i míru žmolkovitosti liší. Výsledky prokázaly vliv barvy na vnímání žmolkovitosti, černá barva mírně eliminuje viditelnost žmolků, avšak pouze v případě že jsou žmolky tvořeny výhradně vlákny původní textilie.

U jednotlivých barev se hodnocení liší, výsledky by mohli být průkaznější, pokud by byl bílý materiál obarven laboratorně a tím se docílilo podobných sytostí a hodnot jasu u chromatických vzorků. Poté by bylo možné hledat lepší vztahy mezi jednotlivými barvami a subjektivním hodnocením.

Pro průkaznější výsledky by také bylo možné použít příště více respondentů, kteří lépe odpovídají populačnímu rozložení společnosti. Jelikož zde byl použit pouze úzký vzorek populace.

Možností pro další bádání vidím například ve výzkumu vlivu různých druhů světla při hodnocení žmolkovitosti u barevných vzorků, nebo porovnání vlivu barev při hodnocení žmolkovitosti na tkaných a pletených materiálech.

7 Zdroje

- [1] STANĚK, J. *Nauka o textilních materiálech*. sv. 1., Část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1988.
- [2] UKPONMWAN, J. O, Anirban MUKHOPADHYAY, K. N CHATTERJEE a Peter William HARRISON. *Pilling: a critical appreciation of recent developments*. Manchester: Textile Institute, 1998. ISBN 1-870372-15-8.
- [3] PAJGRT, O. a B. REICHSTÄDTER. *Polyesterová vlákna, jejich vlastnosti a textilní zpracování*. Praha: SNTL, 1973
- [4] ČSN EN ISO 12945-2 (80 0837) *Textilie-Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování. Část 2, Modifikovaná metoda Martindale*. Praha: Český normalizační institut, 2001. Normy. Textilní zkušební ústav (firma).
- [5] ČSN EN ISO 12945-1 (80 0837) *Textilie-Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování. Část 1, Metoda s použitím žmolkovací komory*. Praha: Český normalizační institut, 2001. Normy. Textilní zkušební ústav (firma).
- [6] ČSN 80 0838. *Zjišťování odolnosti plošných textilií proti žmolkování na Komorovém žmolkovacím přístroji*. Úřad pro normalizaci a měření, Praha (1976).
- [7] Xin, B., Hu, J., Yan, H.: *Objective Evaluation of Fabric Pilling Using Image Analysis Techniques*. Textile Research Journal, 72(12), 1057-1064 (2002).

- [8] Semmani, D., Ghayoor, H.: *Detecting and Measuring Fabric Pills Using Digital Image Analysis*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 49, 897–900 (2009).
- [9] Xiaojun, L., Huabing, H., Yushu, L., Hong, Z.: *The Evaluation System of Fabric Pilling Based on Image Processing Technique*. In: Proceedings of Image Analysis and Signal Processing, 9, 44–47 (2009).
- [10] TECHNIKOVÁ, L. *Objektivní systém hodnocení žmolkovitosti s využitím metody gradientních polí a prostorové analýzy dat: Objective system of pilling evaluation using gradient field method and spatial data analysis*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015.
- [11] Agrawal, A., Raskar, R., Chellappa, R.: *What is the Range of Surface Reconstructions from a Gradient Field?* In: Proceedings of 9th European Conference on Computer Vision, 1, 578–591 (2006).
- [12] Agahian, F.; Amirshahi, S. H. *Appearance Variations of Textile Materials due to Different Near Gray Backgrounds*. Akademia. https://www.academia.edu/25426388/Appearance_variations_of_textile_materials_due_to_different_near_gray_backgrounds .
- [13] BARAKZEHI, M., ASADI, F., AGHAJI, A. A. G. Effect of the fabric color on the visual perception of pilling. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2016, vol. 28, p. 612–623.
- [14] VIK, M. *Měření barevnosti a vzhledu v průmyslové praxi*. Liberec: VÚTS, 2015, viii, 168 s. ISBN 978–80–87184–64–6.
- [15] *Elektromagnetické spektrum* – Pion. [online]. Dostupné z: <http://www.pion.cz/cs/clanek/elektromagneticke-spektrum>
- [16] *Purkyňův efekt* – Wikisofia. [online]. Copyright © 2013 ISSN [cit. 17.04.2019]. Dostupné z: https://wikisofia.cz/wiki/Purky%C5%88%C5%AFv_efekt

- [17] Chapter 2. *Methodology-Daytime Color Appearance of Retroreflective Traffic Control Sign Materials*, April 2013–FHWA–HRT–13–018. Home | Federal Highway Administration [online]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/13018/002.cfm>
- [18] Pleskotová P.: Svět barev, 1.vydání, Albatros, Praha 1987.
- [19] ŘEHÁK, J. a B. ŘEHÁKOVÁ. *Analýza kategorizovaných dat v sociologii*. Praha: Academia, 1986.

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka žmolků pod mikroskopem [1].	12
Obrázek 2: Grafické znázornění fází tvorby žmolku [1].	13
Obrázek 3: Graf znázorňující žmolkovitost různých vláken [2].	14
Obrázek 4: Vliv délky vlákna na tvorbu žmolků [3].	15
Obrázek 5: Průběh žmolkovitosti různě profilovaného vlákna [2].	15
Obrázek 6: Vliv vazby na tvorbu žmolků [3].	16
Obrázek 7: Martindale. Zdroj: vlastní.	19
Obrázek 8: Ukázka etalonů pro Martindale použitých při subjektivním hodnocení v praktické části práce. Zdroj vlastní.	20
Obrázek 9: Žmolkovací komorový přístroj. Zdroj vlastní.	23
Obrázek 10: Zařízení pro snímání obrazu [10].	25
Obrázek 11: Zařízení pro osvětlení vzorků při snímání obrazu [10].	26
Obrázek 12: Ukázka fotografie pro kalibraci obrazové analýzy. Zdroj vlastní. ..	26
Obrázek 13: Čtyři obrazy vzorku osvětleného (a) shora, (b) zleva (c) ze spodu (d) zprava [10].	27
Obrázek 14: Obrazy vzniklé odečtením obrazů v příslušných směrech (a) g_y a (f) g_x . (b) [10].	28
Obrázek 15: (a) Rekonstruovaný 3D povrch $f(x,y)$, (b) tvar aplikovaného Gaussova filtru $h(x,y)$ a (c) 3D povrch vzorku po filtraci $g(x,y)$ [10].	28
Obrázek 16: (a) binární obraz vzorku po segmentaci obrazu a (b) po lokálním prahování podle Niblacka [10].	29
Obrázek 17: (a) Binární obraz vzorku po aplikování všech úprav, (b) barevný obraz vzorku s detekovanými žmolky ohraničenými červenou barvou [10].	29
Obrázek 18: Elektromagnetické spektrum [15].	35
Obrázek 19: Barevný prostor CIELAB [17].	40
Obrázek 20: Ukázka focení vzorku 6.4.a	45
Obrázek 21: Snímky vzorku 6.4.a upravené pro zpracování	46
Obrázek 22: a) gradient ve směru y a b) gradient ve směru x .	47
Obrázek 23: 3D rekonstrukce povrchu vzorku 6.4.a	47

Obrázek 24: Binární obraz	48
Obrázek 25: Karta s materiálem pro subjektivní hodnocení. Zdroj vlastní.....	53

9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Vlastnosti vláken související s různými stadii tvorby žmolků [3].	14
Tabulka 2: Stupně žmolkovitosti se slovním popisem povrchu textilie [4].	20
Tabulka 3: Specifikace testování pro různé druhy materiálů [4].	21
Tabulka 4: Stupně žmolkovitosti se slovním popisem změny povrchu materiálu [5].	22
Tabulka 5: Stupně rozvláknění a žmolkovitosti se slovním popisem [6].	24
Tabulka 6: Výsledné hodnoty z testu vizuálního vnímání žmolkovitosti [13]. ...	32
Tabulka 7: Čistota u vybraných vzorků [13].	33
Tabulka 8: Vlnové délky barev viditelného spektra [14].	36
Tabulka 9: Charakteristika použitých materiálu.	42
Tabulka 10: Výsledky objektivního hodnocení.	48
Tabulka 11: Výsledky objektivního hodnocení.	49
Tabulka 12: Vzorky vybrané pro další hodnocení.	50
Tabulka 13: CIELAB.	51
Tabulka 14: Barevné diference.	52
Tabulka 15: Kendallův koeficient konkordance	55
Tabulka 16: Lišící se hodnotitelé	56
Tabulka 17: Průměrné výsledky subjektivního hodnocení.	57
Tabulka 18: Subjektivní hodnocení převedené na stupně žmolkovitosti.	58
Tabulka 19: Průměrná vzdálenost od objektivního hodnocení.	60

10 Seznam rovnic

Rovnice 1	32
2	40
3	52
4	54
5	54
6	54
7	55
8	56
9	58
10	59

11 Přílohy

Příloha 1: Pořadí vzorků předkládaných respondentům.

Příloha 2: Soubor dat od respondentů pro subjektivní hodnocení.

Příloha 3: Výsledky pro jednotlivé hodnotitele (průměrná vzdálenost od objektivního hodnocení, Kendallův koeficient konkordance odlišnost jednoho hodnotitele od ostatních).

Příloha 4: Vzorník materiálů před žmolkováním sada 0.

Příloha 5: Vzorník materiálů sada 1.

Příloha 6: Vzorník materiálů sada 2.

Příloha 1

Pořadí	Barva vzorku	Stupeň žmolkovitosti
1.	Černá	2
2.	Modrá	1-2
3.	Zelená	4
4.	Žlutá	4
5.	Růžová	1-2
6.	Červená	4
7.	Bílá	4
8.	Růžová	4
9.	Šedá	1
10.	Žlutá	1
11.	Zelená	2
12.	Modrá	4
13.	Černá	4
14.	Bílá	1
15.	Červená	1
16.	šedá	4

Příloha 2

Sada 1	Pohlaví m/ž	Bílá	Černá	Červená	Modrá	Růžová	Šedá	Zelená	Žlutá
1.	m	3,5	3,5	4	4	3,5	2,5	3,5	2
2.	m	2	2,5	3	2,5	1,5	1	2,5	1,5
3.	ž	2,5	2	3	2,5	2,5	1,5	2	1
4.	m	3	3	3	2,5	1	1	3	2
5.	m	2,5	3,5	3,5	3,5	1,5	1,5	2,5	1,5
6.	m	2,5	3	3,5	2	2	1	3,5	2
7.	m	2	1,5	2,5	2,5	2	2	3	1,5
8.	ž	3	3,5	2,5	4,5	2,5	1,5	3,5	1
9.	m	2	2,5	3,5	3,5	2,5	1,5	3	1
10.	m	3	2	3	3	1	1	2	1
11.	m	2	2,5	2	3,5	2,5	1	3	1
12.	m	2,5	2,5	1,5	3,5	4,5	1,5	3,5	2,5
13.	ž	2	3	3	4	4	1,5	3,5	2
14.	m	3,5	2,5	4	3,5	1,5	1,5	3,5	1,5
15.	m	2,5	3	3,5	3,5	3	1,5	3,5	2,5
16.	m	2,5	2	2,5	1	2	1	2,5	1,5
17.	m	1	3	3	4	3	1	2	1
18.	ž	3	2	4	3	3	1	2	3
19.	m	3	3	3	2	3	1	2	1
20.	m	1	3,5	1	3	2	1	2	1
21.	ž	4	3	3,5	4	4,5	2	4	3
22.	ž	3	2,5	3	1,5	1	1	3	1
23.	m	2	3,5	2	2,5	2	1	2	1
24.	ž	2	3	3,5	2	3	2	2	1,5
25.	ž	2	3	3	2	1	1	1	1
26.	ž	1,5	3	1,5	3	1	1	1,5	1
27.	ž	2,5	3	2	2	1	1	2,5	1
28.	m	1,5	1,5	1,5	1,5	3,5	1,5	2	2
29.	ž	3	3	2	2	1	1	3	2
30.	ž	1	3,5	3	3,5	1,5	1,5	2	1,5
31.	ž	2	3	3	2,5	2	1	3	2
32.	m	3,5	2	3,5	2,5	1,5	1,5	3,5	2
33.	m	2	3	3,5	3	2	1	2	1,5
34.	m	1	3	1,5	4	2	1	1,5	1
35.	m	2,5	2,5	1,5	3	2	1	2,5	1,5
36.	ž	1	4	2	4	1	1	3	1
37.	ž	1,5	3	2	3,5	2,5	1	2,5	1
38.	ž	2	3,5	2	3	2	1	2	1
39.	m	3,5	2,5	2,5	3,5	3,5	1,5	3,5	1,5
40.	ž	2,5	3	3	4	2	1	3	2
41.	m	2	1,5	3	2,5	2	1	3	1,5
42.	ž	1,5	3,5	1,5	2,5	1,5	1,5	2,5	1,5
43.	m	1	2,5	1,5	2	2	1	2,5	1,5
44.	m	2,5	3	2	3	1,5	1,5	2	1,5
45.	ž	2,5	3	2	4	3,5	1,5	3	2
46.	m	1	3,5	2	2,5	3	1	2	1
47.	m	3	3	4	4	3	1	2	2
48.	m	1	3	4	4	1	1	1	1
49.	ž	3	4	4	4	3	2	2	1
50.	m	1	1,5	2	2,5	2	1	1	2,5
	Průměr	2,23	2,82	2,69	2,99	2,22	1,26	2,53	1,53
Rozptyl		0,64	0,38	0,7	0,67	0,86	0,13	0,53	0,3
Směrodatná odchylka		0,81	0,62	0,84	0,83	0,94	0,37	0,74	0,56
Variační koeficient		36,3	22,01	31,39	27,75	42,24	29,17	29,18	36,41

Sada 2	Pohlaví m/ž	Bílá	Černá	Červená	Modrá	Růžová	Šedá	Zelená	Žlutá
1.	m	4	5	4	4	5	3,5	4	4
2.	m	4,5	4	4	3,5	4,5	1,5	3,5	3
3.	ž	4,5	4,5	3,5	4	4,5	2	4	4
4.	m	4	5	2,5	5	5	2	2	2
5.	m	4	4,5	4	3,5	4,5	3,5	3,5	2,5
6.	m	4,5	5	4	4,5	5	3,5	4	3
7.	m	5	4,5	3	4	3,5	1	3,5	3
8.	ž	4	5	4	4,5	4,5	3,5	3,5	2,5
9.	m	4,5	4,5	3,5	3,5	4	1,5	4	3
10.	m	4	5	2	3	4	2	3	2
11.	m	4,5	4	3	4	4	1	3,5	3,5
12.	m	5	4,5	4,5	4,5	3,5	1,5	3,5	4,5
13.	ž	4,5	4,5	4	4	4,5	3	4,5	4,5
14.	m	4,5	4,5	3,5	3,5	4,5	1,5	2,5	3,5
15.	m	3	3	2,5	4	3	3	3	2,5
16.	m	4,5	4	4	3,5	3,5	1,5	3	3
17.	m	4	5	4	3	5	1	4	2
18.	ž	4	4	4	3	5	2	3	4
19.	m	4	4	3	3	4	1	2	2
20.	m	2,3	4	2	3	2	1	3	2,5
21.	ž	4	4,5	3	4	4,5	3	5	5
22.	ž	4	5	1	4	3	4	3,5	3
23.	m	4	4	3	3	5	1	3,5	3,5
24.	ž	3	4	3	3	5	2	5	5
25.	ž	3	4	1	3	4	1	2	2
26.	ž	5	3,5	4	2,5	4	1,5	3	2
27.	ž	3	4,5	1,5	3,5	3,5	1,5	2	2,5
28.	m	1,5	2	3,5	2	2	3,5	1,5	3,5
29.	ž	4	5	4	4	5	2	4	3
30.	ž	4,5	5	3	3,5	4,5	2	2,5	3
31.	ž	5	4	3,5	4	4	1,5	2	2,5
32.	m	4	4,5	2,5	4	3,5	3,5	3,5	2,5
33.	m	4	4	3	3,5	5	2,5	4	2
34.	m	4	4	4	2	2	1	4	3
35.	m	4	4,5	3	3,5	3,5	1	3,5	3
36.	ž	5	5	2	3	4	3	3	3
37.	ž	4,5	4	3,5	2	4	3	3,5	2,5
38.	ž	5	5	3	4	4	2	4	4
39.	m	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	2,5	4,5	4
40.	ž	5	4	3	4	4	2,5	4	3
41.	m	4,5	4	3	4	4,5	1	4	3,5
42.	ž	4,5	4,5	2,5	3,5	4,5	1,5	4,5	3,5
43.	m	4	3	3	2,5	4	1	3	3
44.	m	4	4	2,5	3	4,5	3	3,5	3
45.	ž	5	4,5	3	3	4,5	1	4,5	4
46.	m	3	5	4	3	4	1	4	3
47.	m	5	5	4,5	3,5	4	1	4,5	4,5
48.	m	4	5	3	4	5	1	4	2
49.	ž	5	5	5	4	5	3	5	3
50.	m	4	4,5	3	2,5	4	1	3	3,5
	Průměr	4,15	4,36	3,23	3,5	4,13	1,98	3,5	3,12
Rozptyl		0,53	0,37	0,74	0,46	0,58	0,87	0,69	0,64
Směrodatná odchylka		0,73	0,61	0,87	0,69	0,77	0,94	0,84	0,81
Variační koeficient		17,68	14,1	26,94	19,57	18,6	47,58	23,97	25,81

Příloha 3

		Odlišnost jednoho hodnotitele od ostatních		Průměrná vzdálenost hodnotitele od objektivního hodnocení	
Hodnotitel	Pohlaví	Sada 1	Sada 2	Sada 1	Sada 2
1.	m	0,4694	0,5326	2,04	0,53
2.	m	0,4689	0,5322	0,92	1,02
3.	ž	0,4753	0,529	1,03	0,79
4.	m	0,4755	0,5355	1,24	1,47
5.	m	0,4696	0,5353	1,39	0,66
6.	m	0,4753	0,5313	1,29	0,68
7.	m	0,4807	0,5314	0,94	1,26
8.	ž	0,4699	0,5363	1,62	0,73
9.	m	0,4689	0,5292	1,31	1,02
10.	m	0,4733	0,5293	1,15	1,37
11.	m	0,4704	0,5314	1,02	1,16
12.	m	0,484	0,5445	1,6	1,05
13.	ž	0,4734	0,5361	1,66	0,53
14.	m	0,4732	0,5307	1,67	1,12
15.	m	0,4693	0,5485	1,6	1,09
16.	m	0,4832	0,5358	0,83	1,06
17.	m	0,4713	0,5314	1,3	1,41
18.	ž	0,4846	0,5381	1,64	0,94
19.	m	0,4769	0,5297	1,2	1,54
20.	m	0,4757	0,5419	0,77	1,74
21.	ž	0,48	0,5484	2,25	0,75
22.	ž	0,4762	0,5493	1,09	1,24
23.	m	0,4691	0,531	0,83	1,25
24.	ž	0,4795	0,5465	1,22	1,12
25.	ž	0,4756	0,5309	0,97	1,87
26.	ž	0,4701	0,5355	0,73	1,36
27.	ž	0,475	0,5335	0,79	1,6
28.	m	0,498	0,5783	0,87	1,78
29.	ž	0,48	0,5312	1,03	0,94
30.	ž	0,4741	0,53	1,16	1,12
31.	ž	0,4705	0,5329	1,08	1,31
32.	m	0,4783	0,5389	1,46	0,83
33.	m	0,4684	0,5326	1,17	1,03
34.	m	0,4718	0,543	1	1,5
35.	m	0,4725	0,5294	0,85	1,22
36.	ž	0,4712	0,5339	1,25	1,12
37.	ž	0,4693	0,5354	0,97	1
38.	ž	0,4691	0,5315	0,92	0,94
39.	m	0,4759	0,5355	1,56	0,68
40.	ž	0,4675	0,532	1,4	0,81
41.	m	0,4735	0,5315	0,98	1,16
42.	ž	0,4759	0,5312	0,75	1,12
43.	m	0,4763	0,5355	0,43	1,38
44.	m	0,4717	0,5335	0,94	0,85
45.	ž	0,4743	0,5322	1,45	1,26
46.	m	0,4745	0,5386	0,9	1,27
47.	m	0,4719	0,5382	1,71	1,22
48.	m	0,4744	0,5299	1,48	1,41
49.	ž	0,4717	0,5354	1,82	0,94
50.	m	0,4898	0,5315	0,85	1,31