FAKULTA TEXTILNÍ TUL

Bakalářská práce

Vliv materiálového složení rotorové příze s různým podílem vlákenného odpadu na kvalitu režných tkanin

Studijní program: B0414A270001 Textilní marketing
Autor práce: **Anastasiia Inozemtseva**
Vedoucí práce: Ing. Gabriela Krupincová, Ph.D., Ing.Paed.IGIP
Katedra technologií a struktur

Konzultant práce: doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur

Liberec 2023

FAKULTA TEXTILNÍ TUL

Zadání bakalářské práce

Vliv materiálového složení rotorové příze s různým podílem vlákenného odpadu na kvalitu režných tkanin

Jméno a příjmení:	**Anastasiia Inozemtseva**
Osobní číslo:	T19000118
Studijní program:	B0414A270001 Textilní marketing
Zadávající katedra:	Katedra hodnocení textilií
Akademický rok:	2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na téma možnosti opakovaného získávání vláken z textilního odpadu. Zaměřte se především na změny kvality v linii vlákno – příze – plošná textilie, pokud jsou využívána vlákna z odpadu.
2. Zajistěte vytkání sady experimentálních tkanin vhodné konstrukce z rotorových přízí vyrobených z opakovaně použitých bavlněných vláken.
3. Navrhněte způsob stanovení míry znečištění tkanin rostlinnými nebo cizorodými částicemi obsaženými ve struktuře přízí z opakovaně využitých bavlněných vláken.
4. Vyberte nejdůležitější kvalitativní charakteristiky tkanin, které mohou být kvalitou použitého typu příze ovlivněny, a proveďte jejich stanovení dostupnými metodikami.
5. Zhodnoťte, zda typ použitého vlákenného materiálu resp. příze ovlivňuje kvalitu režných tkanin.

Rozsah grafických prací:	dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy:	cca 40
Forma zpracování práce:	tištěná/elektronická
Jazyk práce:	Čeština

Seznam odborné literatury:

1. Lord P. L.*Handbook of Yarn Production: Technology, Science and Economics*. Woodhead Publishing 2003.
2. Sabit A. *Handbook of Weawing*, CRC Press 2001. ISBN 978 1 58716 013 4.
3. Meloun M., Militky J.: *Statistické zpracování experimentálních dat,* Plus, spol. s r.o. Praha 1994.
4. Ute T. B., Celik P., Uzumcu M. B. Utilization of cotton spinning mill wastes in yarn production. *Textile Industry and Environment*.
5. Yilmaz D., Yelkovan S., Tirak Y. Comparison of the effects of different cotton fibre wastes on different yarn types. *Fibers & Textile in Easten Europe 25, 4(124) 2017.*
6. Yuksekkaya M. E., Celep G., Doghan G., Tercan M., Urhan B. A comparative study of physical properties of yarn and fabrics produced from virgin and recycled fibers. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 11(2) 2016.
7. Telli A., Babaarslan O. Commercialized denim fabric production with post-industrial and post-consumer wastes. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(2), 2016.
8. On-line katalogy knihoven

Vedoucí práce:	Ing. Gabriela Krupincová, Ph.D., Ing.Paed.IGIP Katedra technologií a struktur
Konzultant práce:	doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D. Katedra technologií a struktur
Datum zadání práce:	17. března 2023
Předpokládaný termín odevzdání:	2. června 2023

L.S.

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

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

V Liberci dne 17. dubna 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.

31. května 2023 Anastasiia Inozemtseva

Poděkování

Ráda bych využila této příležitosti k vyjádření mého upřímného díků všem, kteří mi pomohli při realizaci této bakalářské práce.

Nejprve bych chtěla poděkovat Ing. Gabriela Krupincová, Ph.D., Ing.Paed.IGIP, mé vedoucí práce, která mi poskytla cenné vedení, odborné rady a podporu. Její znalosti a odborná zkušenost mi byly nesmírně cenné a pomáhaly mi vést mou práci ke kvalitnímu výsledku.

Nesmím zapomenout zmínit poděkování všem členům mé rodiny a přátelům, kteří mi poskytli emocionální oporu a povzbuzení během celého procesu psaní této práce. Jejich podpora mi dala sílu a motivaci pokračovat.

Vliv materiálového složení rotorové příze s různým podílem vlákenného odpadu na kvalitu režných tkanin

Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na zkoumání vlivu složení rotorové příze o jemnosti 29,5 tex s různým podílem vlákenného odpadu na výslednou kvalitu lehkých tkanin. Tato práce je motivována nedostatkem tradičních surovin a rostoucí poptávkou na trhu. Cílem je analyzovat, jak se recyklovaný průmyslový vlákenný odpad z přádelny opakovaně použitý v přízi promítá do vybraných kvalitativních vlastností tkanin. Využití průmyslového odpadu je vysvětlováno dobrou kvalitou (na rozdíl od sběrového odpadu), což umožňuje jeho upcyklaci v textilních výrobku. Tradiční využití textilního odpadu v downcyklaci (aplikace do NT), je z hlediska kvality průmyslového textilního odpadu, ztráta cenných zdrojů.

Průmyslový vlákenný odpad je těžko použitelný ve svém prvotním stavu kvůli vyššímu obsahu nežádoucích rostlinných příměsí ve hmotě materiálu, a není jasné, jak tyto příměsi mohou ovlivňovat kvalitu výsledných textilních výrobků v linii vlákno-příze-tkanina. Proto je snahou této práce zkoumat míru znečištění a dopad rostlinných příměsí na kvalitu výsledných textilních výrobků, protože této téma není dostatečné probádané. Tato práce přináší nový pohled na problematiku využití odpadů v textilním průmyslu.

Rešeršní část této práce obsahuje základní informace o průmyslových textilních odpadech, technologii rotorového dopřádání a výrobě tkanin. Součástí je také definice základních ukazatelů kvality příze a vybraných ukazatelů kvality tkanin.

V práci jsou detailně popsány podmínky a postupy pro měření vybraných vlastností tkanin, včetně navržení metodiky pro zkoumání míry znečištění tkanin pomocí obrazové analýzy. Experiment potvrzuje možnost výroby příze a tkanin z průmyslového vlákenného odpadu a představuje případné vlivy takového materiálu na vybrané kvalitativní vlastnosti.

Při řešení této bakalářské práce byly dosaženo, že při použití rotorových přízí o jemnosti 29,5 tex, které obsahují vyšší procento vláken z textilního průmyslového odpadu, se projevuje negativní vliv na uspořádání vláken v přízi, snížení mechanicko-fyzikálních vlastností a zvýšenou míru znečištění příze. Tkaniny vyrobené s použitím těchto přízí ve

směsi útkové soustavy vykazovaly vyšší počet přetrhů, zejména u tkanin s vyšším podílem vlákenného odpadu. Kvalita tkanin je významně ovlivněna typem použité příze, zejména pokud jde o pevnost tkaniny ve směru útku a stanovení míry znečištění tkaniny. Odlišnosti ostatních sledovaných ukazatelů kvality tkanin vyrobených s různým typem útkové příze jsou skryty v překrývajících se konfidenčních intervalech.

Klíčová slova: průmyslový textilní odpad, upcyklace, rotorová příze, míra znečištění.

The effect of using various proportion of cotton waste fibers in rotor yarns on the quality of woven fabrics

Annotation

The bachelor's thesis focuses on investigating the influence of the composition of rotor-spun yarn with a fineness of 29,5 tex and varying proportions of fiber waste on the resulting quality of lightweight fabrics. This study is motivated by the shortage of traditional materials and the growing demand in the market. The main goal is to analyze how recycled industrial fibrous waste from a spinning mill, reused in the yarn, affects selected qualitative properties of the fabrics made of yarns spun from it. The utilization of industrial waste is justified by its relatively good quality (unlike collected waste), enabling its upcycling in textile products. The traditional utilization of textile waste in downcycling (application e.g. in non-textile products) is, in terms of the quality of industrial textile waste, a loss of valuable resources.

Industrial waste is difficult to use in its original state due to a higher content of undesirable plant impurities in the material, and it is not clear how these impurities can affect the quality of the resulting textile products in the fiber-yarn-fabric line. Therefore, this thesis aims to examine the level of contamination and assess the impact of plant impurities on the quality of the resulting textile products since this topic has not been sufficiently explored. This work offers a new perspective on the issue of waste utilization in the textile industry.

The review part of this thesis provides basic information on industrial textile waste, rotor spinning technology and fabric production. It also includes the definition of basic indicators of yarn quality and selected indicators of fabric quality.

The thesis thoroughly describes the conditions and procedures for measuring selected fabric properties, including the design of a methodology for examining the degree of fabric contamination using image analysis. The experimental findings of this thesis confirm the possibility of producing yarn and fabrics from fiber waste and present potential influences of such material on selected qualitative properties.

During the research conducted for this bachelor's thesis, it was found that the use of rotor-spun yarns with a fineness of 29,5 tex, containing a higher percentage of fibrous from textile industrial waste, has a negative impact in the arrangement of fibers in yarns, resulting in reduced mechanical properties and higher contamination of yarn by impurities. Fabrics produced using these yarns in the weft system showed a higher number of breaks, particularly in fabrics with a higher proportion of fibers from waste. The quality of the fabrics is significantly influenced by the type of yarn used, especially in terms of the fabric's strength in the weft direction and level of contamination by seed coat fragments. The differences in other monitored indicators of fabric quality produced with different types of weft yarn are concealed within overlapping confidence intervals.

Keywords: industrial textile waste, upcycling, rotor-spun yarn, level of contamination by seed coat fragments.

Obsah

Seznam použitých zkratek, značek, symbolů 12

Úvod 14

1 Teoreticko-rešeršní část 16

1.1 Textilní odpady v průmyslu 16

1.2 Mechanické zpracování průmyslových textilních odpadů 18

1.3 Výroba a vlastnosti rotorové příze 19

1.3.1 Výroba rotorové příze 20

1.3.2 Vlastnosti rotorové příze 22

1.4 Výroba a vybrané kvalitativní vlastnosti tkanin 27

1.4.1 Výroba tkanin 27

1.4.2 Základní parametry tkanin 29

1.4.3 Vybrané kvalitativní vlastnosti tkanin 29

2 Experimentální část 33

2.1 Cíl experimentu 33

2.2 Návrh experimentu 33

2.3 Podmínky měření 36

3 Diskuse výsledků 41

3.1 Formulace očekávaných výsledků 41

3.2 Ověřovaní dostav osnovy a útku a plošné hmotností tkanin 42

3.3 Hodnocení pevnosti v tahu a tažnosti tkanin 43

3.4 Hodnocení odolnosti v oděru tkanin 44

3.5 Hodnocení míry znečištění tkanin 45

3.6 Zhodnocení souvislostí kvality vlákenného materiálu, typu použité útkové příze a tkanin z nich vyrobených pomocí korelační analýzy 47

4 Závěr 51

Seznam použité literatury 54

Seznam příloh 57

Seznam použitých zkratek, značek, symbolů

A_p	$[-]$	deformační práce do přetržení
am	$[ktex^{\frac{2}{3}}m^{-1}]$	Phrixův zákrutový koeficient
α	$[ktex^{\frac{1}{2}}m^{-1}]$	Koechlinův zákrutový koeficient
CO	$[-]$	primární bavlna
CO_{waste}	$[\%]$	bavlněný vlákenný odpad
CV_m	$[\%]$	kvadratická hmotná nestejnoměrnost
$cov(X_1, X_2)$	$[-]$	kovariance mezi proměnnými X_1 a X_2
d	$[\mu m]$	ekvivalentní průměr
D_o	$[Cnt/10\ cm]$	dostava osnovních nití ve tkanině
$D_{o.exp}$	$[Cnt/10\ cm]$	experimentální dostava osnovních nití ve tkanině
$D_{o.stroj}$	$[Cnt/10\ cm]$	strojní dostava osnovních nití ve tkanině
D_s	$[mm]$	substanční průměr
D_u	$[Cnt/10\ cm]$	dostava útkových nití ve tkanině
$D_{u.exp}$	$[Cnt/10\ cm]$	experimentální dostava útkových nití ve tkanině
$D_{u.stroj}$	$[Cnt/10\ cm]$	strojní dostava útkových nití ve tkanině
$Dust_{vl.m}$	$[Cnt/g]$	počet prachových částic ve vlákenném materiálu
$Dust_{count.p}$	$[km^{-1}]$	počet prachových částic v přízi
$Dust_t$	$[Cnt/km^{-1}]$	počet prachových částic ve tkanině
ε_p	$[\%]$	tažnost
ε_{po}	$[\%]$	tažnost osnovních nití
ε_{pu}	$[\%]$	tažnost útkových nití
F	$[N]$	absolutní pevnost v tahu
F_{max}	$[\mu m]$	maximální Feretův průměr
F_{min}	$[\mu m]$	minimální Feretův průměr
H	$[-]$	index chlupatosti
G	$[kgm^{-2}]$	plošná hmotnost
l	$[km]$	délka příze
L	$[m]$	měřená délka
L_n	$[mm]$	délka vláken určena četnostně
L_nCV	$[\%]$	variační koeficient délky vláken určeny četnostně
L_0	$[mm]$	délka vzorku mezi upínacími čelistmi v okamžiku upnutí

L_p	$[mm]$	délka vzorku příze v okamžiku přetržení
$\bar{m}$	$[g]$	střední hodnota hmotnosti
m	$[g]$	hmotnost
$m(l)$	$[g]$	okamžitá hmotnost
$Neps$	$[Cnt/g]$	počet nopků ve vlákenném materiálu
n_i	$[-]$	absolutní četnost konců vláken v dané délkové kategorii
n_{ko}	$[min^{-1}]$	otáčky krutného orgánu
O	$[tex^{-1}]$	počet cyklů do porušeni příze
R	$[cNtex^{-1}]$	poměrná pevnost v tahu
R_o	$[N/5\ cm]$	poměrná pevnost v tahu osnovních nití na jednotku délky
R_u	$[N/5\ cm]$	poměrná pevnost v tahu útkových nití na jednotku délky
ρ	$[kgm^{-3}]$	hustota vláken
ρ_s	$[kgm^{-2}]$	plošná měrná hmotnost
S	$[m^2]$	plocha
$SCFs$	$[-]$	částice obalu semen
SFC_n	[%]	obsah krátkých vláken určeno četnostně
S_{12}	$[1/100m]$	součtové kritérium husté chlupatosti příze
S_3	$[1/100m]$	součtové kritérium řídké chlupatosti příze
T	$[tex]$	jemnost příze
T_{exp}	$[tex]$	experimentální jemnost příze
T_o	$[tex]$	jemnost osnovní nití
T_u	$[tex]$	jemnost útkové nití
$Trash_{vl.m}$	$[Cnt/g]$	počet hrubých nečistot ve vlákenném materiálu
$Trash_{count.p}$	$[km^{-1}]$	počet hrubých nečistot v přízí
$Trash_t$	$[Cnt/km^{-1}]$	počet hrubých nečistot ve tkanině
v_{obv}	$[m.min^{-1}]$	odváděcí rychlost
$var\ (X_1)$	$[-]$	rozptyl proměnné X_1.
$var\ (X_2)$	$[-]$	rozptyl proměnné X_2
$\bar{x}$	$[-]$	aritmetický průměr
Z	$[m^{-1}]$	zákrut

Úvod

Jedním ze slibných směrů řešení globálního problému snižování energetických a materiálových nákladů při výrobě produktů je maximální využití druhotných surovin. Pomůže to eliminovat negativní dopad odpadů na životní prostředí a šetřit primární suroviny při dosažení maximálního ekonomického efektu. Textilní odpad má velký potenciál pro opětovné využití, protože obsahuje vlákna, která lze znovu využít prostřednictvím recyklace. Aby bylo možné posoudit konkrétní vlivy znovupoužitích vláken na kvalitu tkaniny, byla zpracována tato bakalářská práce.

Cílem této bakalářské práce je zkoumat vliv vlákenného odpadu, který byl použit pro recyklaci vláken, výrobu rotorových přízí a z nich vytkaných režných tkanin. Smyslem je posoudit, jak kvalita přízí vyrobených s různým procentem opakovaně použitých bavlněných vláken ovlivňuje vybrané mechanické a užitné vlastnosti, jako i vzhled výsledných režných tkanin lehké konstrukce. Tato práce by mohla ovlivnit nejen spotřebitele, ale i výrobce a ukázat, že tkanina vyrobená z recyklovaných materiálů se kvalitou neliší od tkaniny vyrobené z primárních vláken. Tkanina vyrobená z recyklovaných materiálů by neměla být jenom dobrým marketingovým trikem pro firmy, měla by být používána stejně jako tkanina vyrobená z primárních vláken.

Rešeršní část se zabývá textilními odpady, jejich rozdělením a způsoby zpracovaní. Zkráceně je popsána technologie rotorového dopřádání a definovány základní parametry příze. Je popsán technologický postup výroby, konstrukční parametry a vybrané kvalitativní vlastnosti tkanin, které budou zkoumány v experimentální části.

V experimentální části je popsán plánovaný experiment, který zahrnoval přípravu materiálu z 5 sad vlákenného materiálu do pramenů s různým podílem vláken získaných z vlákenného odpadu a jejich zpracování na rotorovém dopřádacím stroji ve spolupráci s firmou Rieter CZ s.r.o. do formy příze, až po zpracování těchto přízí tkaním v poloprovozu KTT FT TUL. Vytipovány jsou klíčové vlastnosti tkanin, které mohou být kvalitou příze ovlivněny. Jsou popsány podmínky a způsoby měření vybraných kvalitativních ukazatelů tkanin a popsány jsou také způsoby určení důležitých kvalitativních parametrů vláken a přízí, které jsou převzaty pro porovnání.

V kapitole diskuse výsledků jsou uvedena očekávání z experimentu, uvedeny výsledky experimentu a statistického zpracování dat.

V závěru jsou shrnuty získané poznatky a formulována doporučení pro další experimentální studie.

1 Teoreticko-rešeršní část

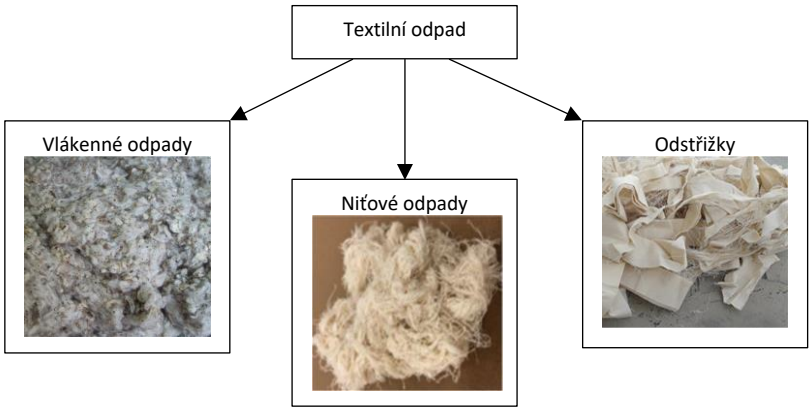
1.1 Textilní odpady v průmyslu

Podle zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech: “Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. Má se za to, že osoba má úmysl zbavit se movité věci, pokud tuto věc není možné používat k původnímu účelu.“

Textilní odpad tedy můžeme vnímat jako hmotný předmět, který byl vyroben v procesu zpracování vlákenné suroviny na konečný produkt, nesplnil požadované vlastnosti nebo kvalitu v průběhu výroby nebo po výrobě, a byl vyhozen jako nepotřebný.

Textilní odpady všeobecně rozdělují na průmyslové(před-spotřebitelský) a sběrové (post-spotřebitelský) textilní odpady. Průmyslové textilní odpady představuje textilní materiál, který zůstává po zpracování vláken při výrobě příze, plošných textilií a výrobků z nich. Značné množství druhů materiálů se v průběhu průmyslových operací stane odpadem z různých příčin. To však platí nejen pro materiály, které nebyly z nějakého důvodu použity, ale i pro materiály, které byly omylem vyhozeny [1],[2].

Norma ČSN 80 1900 – Textilní odpady – Základní názvosloví, rozděluje textilní odpady na vlákenné, niťové a odstřižky (obr.1) [27].

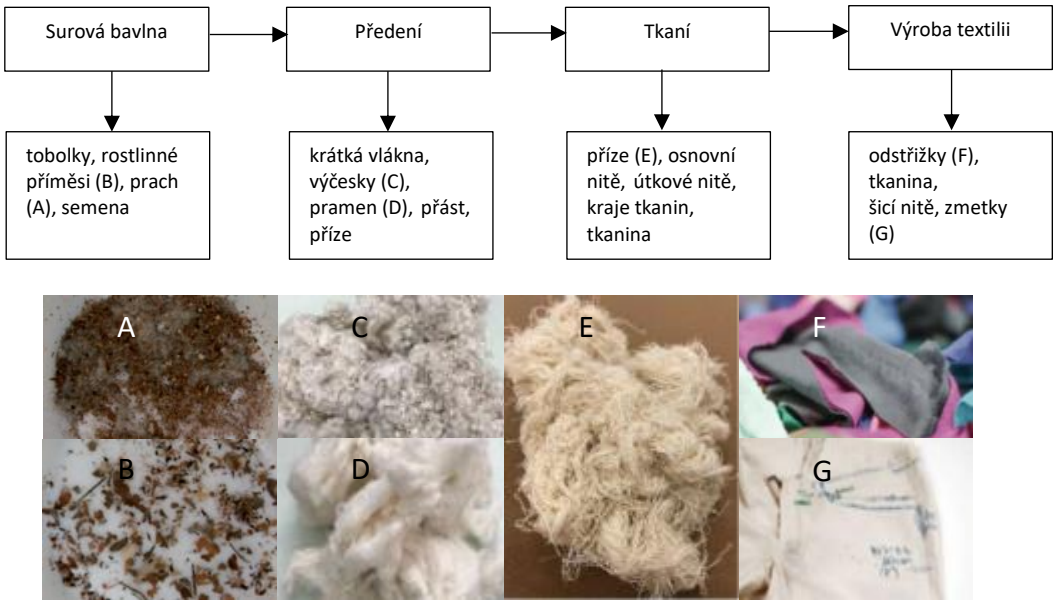


Obr. 1 Rozděleni textilních odpadu [2],[27]

Vlákenné odpady jsou složeny z textilních vláken, které mohou být volné, více či méně seskupené do různých útvarů (kabel, pramen). Tyto odpady mohou být znečištěny organickými nebo minerálními příměsemi (rostlinné částice, prach) a vznikají během výroby chemických vláken nebo výroby příze. Niťové odpady se skládají z kousků přízí v různé délce (odřezků, svazku, uzlů různé délky příze), které vznikají v jednotlivých etapách výroby a zpracovaní příze. Odstřižky jsou kousky plošných textilií různých tvarů a

velikostí, které vznikají během výroby a zpracování. Tyto odpady vznikají ve střihárnách, šicích dílnách, ve výrobě tkanin, pletenin a netkaných textilií. Odstřižky se dále dělí podle různých kritérií, jako je typ vláken, typ plošné textilie, barevnost apod. [27].

Lze zvažovat textilní odpad i podle místa jeho vzniku od surové bavlny až po výrobu textilií (obr.2). V procesu předení se jedná o krátká vlákna, vlákna smíchaná s bavlněným odpadem, protože jsou vyloučena v průběhu přípravy vlákenné suroviny pro předení nebo zbytky přízí. V procesu výroby tkanin nebo pletenin se jedná o odstřižky krajů tkanin, textilie s nekvalitním vzhledem, nepoužité cívky s malým množstvím materiálu atd. Přestože průmysl má zájem o maximální využití plošných textilií, malé odstřižky materiálu budou vždy vyhozeny, stejně jako odřezky nití při šití materiálu, protože není možné je použít v primární výrobě. Také v některých fázích výroby oděvů může být vyřazen takzvaný zmetek, tedy oblečení, které neodpovídá kvalitou, vzhledem, nebo pokud jde o zkušební kusy [20].



Obr. 2 Přehled jednotlivých bavlněných odpadu a místo jejich vzniku [1],[2],[20].

Čistírenská linka Vlákna v průmyslových odpadech jsou obvykle nepoškozena vlivem opotřebení, proto se snáze recyklují a v podstatě nevyžadují další úpravy. Tyto odpady mohou být zpracovány a použity k výrobě nových textilních výrobků, jako jsou příze a tkaniny, což je ekonomicky výhodné a šetrné k životnímu prostředí [1].

1.2 Mechanické zpracování průmyslových textilních odpadů

Hlavním cílem textilního zpracování textilních odpadů je snížení negativního dopadu textilního průmyslu na životní prostředí i přírodní zdroje a zvýšení ekonomické efektivity. Zpracování umožňuje znovupoužití cenných textilních materiálů a zdrojů, což pomáhá snižovat množství odpadu a současně snižuje spotřebu energie a surovin. V této kapitole se zaměříme na zpracování průmyslových textilních odpadů, které představují významný zdroj materiálů pro výrobu nových textilních výrobků.

Jednou z nejstarších a nejjednodušších metod zpracování textilního odpadu je mechanické zpracování. Při použití této technologie zpracovaní nedochází ke změně základní chemické struktury materiálu a vlákna se ze struktury textilií získávají mechanickým rozvlákněním [3]. Před vlastním rozvlákněním, textilie prochází různými fázemi přípravy, jako je třídění podle různých kritérií (např. druhů materiálu) a čistění, které se používají pro všechny druhy textilního odpadu. Následně se provádí operace sekání, která se používá u niťových odpadů a odstřižků z důvodu uvolnění zákrutu příze vloženého do příze při předení ev. skaní a snazšího uvolnění vláken ze struktury tkaniny dané vazbou. Materiál je během této operace rozsekán na menší kousky pro usnadnění následující operace rozvláknění. Rozvlákňovaní se realizuje na rozvlákňovacích strojích a používá se u všech druhů textilního odpadů. Materiál prochází mezi rozvlákňovacími válci, kde probíhá rozvolňování a opakovaně se získávají vlákna. Takto zpracovaná vlákna pak mohou být smíchána s primárním materiálem, tvořícím nosnou složku a použity k výrobě rotorové příze.

V závislosti na konečném použití recyklátu se mechanická recyklace provádí v tzv. otevřeném cyklu (Downcycling) nebo uzavřeném cyklu (Upcycling). Mechanická recyklace v otevřeném cyklu spočívá v použití získaných vláken v novém produktu. Textilní odpad se rozvlákňuje zpět do vlákenné formy a používá se jako surovina pro netkané textilie. Mechanická recyklace v uzavřeném cyklu označuje procesy, ve kterých recyklovaný materiál znovu vstoupí do procesu výroby příze a následně plošné textilie [3]. Příkladem je použití recyklovaného průmyslového bavlněného odpadu pro výrobu rotorové příze a následně i výroby plošné textilie.

Textilní recyklace je důležitým krokem v udržitelné výrobě a významně přispívá k ochraně životního prostředí. Zpracování průmyslových textilních odpadů na nová vlákna a příze umožňuje výrobcům využít materiál, který by jinak skončil na skládkách nebo spalovnách.

1.3 Výroba a vlastnosti rotorové příze

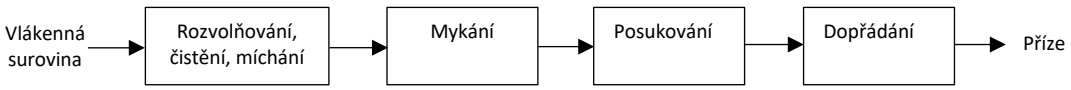
Výroba a vlastnosti rotorové příze představují důležitou oblast v textilním průmyslu. Rotorová příze se vyrábí pomocí speciálního rotorového dopřádacího stroje, který dokáže zpracovávat velké množství materiálů a vytvářet přízi vysokou rychlostí. V dnešní době se rotorová příze často využívá pro výrobu oděvů, domácích textilií a různých průmyslových materiálů.

Výroba příze z recyklovaných vláken je specifický proces. Vzhledem k původu vzniku vlákenného odpadu se vlastnosti primárních a recyklovaných vláken nevyhnutelně budou lišit. Proto je hlavním úkolem pro výzkumníky a výrobce tuto problematiku studovat a prostřednictvím inovací hledat možnosti, jak tato vlákna opakovaně, efektivně a ekonomický využít a minimalizovat negativní dopady použití recyklovaného materiálu na konečný produkt.

V článcích [28], [29], [30] bylo sledováno použití vlákenného odpadu na výslednou kvalitu příze. Celkově lze říci, že opakované použití vláken získaných z odpadů při výrobě příze se projeví v kvalitě příze. Krátká vlákna a cizorodé příměsi obsažené ve vlákenném odpadu mohou vyžadovat použití vyššího zákrutu při výrobě příze, aby byla zajištěna dostatečná stabilita příze ve smyslu pevnosti, odolnosti v oděru a dalších strukturálních vlastnostech příze (hmotná nestejnoměrnost, počty vad a chlupatost). Obsah vlákenného odpadu s vyšší mírou znečištění v přízi může snížit její mechanické a strukturní vlastnosti, což se projevuje při následném zpracování a použití příze. Může také ovlivnit její estetický vzhled (nežádoucí barevné nebo texturové odlišnosti a zvýšený počet vad) a zpracovatelské vlastnosti, což se projevuje jako např. zvýšeným počtem přetrhů při zpracování, snížení rychlosti výroby nebo zvýšení potřeby údržby strojů z důvodu vyššího opotřebení strojních součástí. Je proto důležité kontrolovat znečištění vlákenného odpadu a v souladu s mírou znečištění vlákenné suroviny a zvolené aplikace příze vhodně nastavit proces výroby, aby se minimalizovaly negativní dopady na kvalitu příze a konečných textilních výrobků.

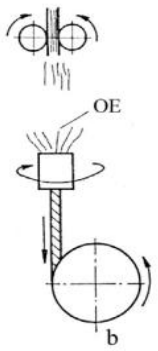
V této kapitole se zaměříme na proces výroby rotorové příze, včetně předzpracování vstupního materiálu a samotného procesu předení. Dále se budeme zabývat vlastnostmi rotorové příze, jako jsou jemnost, pevnost, tažnost a dalšími faktory, které ovlivňují kvalitu výsledného produktu. Zkoumání procesu zpracování příze by mohlo pomoci identifikovat optimální postupy pro výrobu rotorové příze využívající opakovaně získaná vlákna z odpadu a dosažení optimální kvality příze a následně tkanin.

1.3.1 Výroba rotorové příze



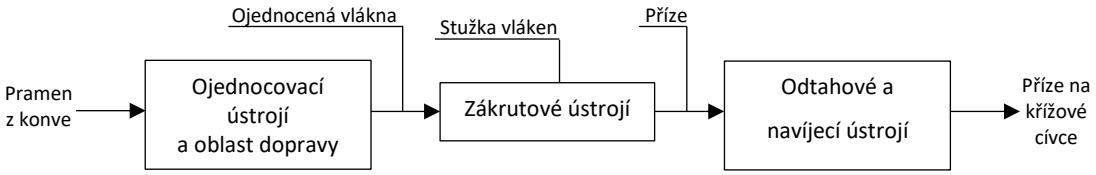
Obr. 3 Zkrácená technologie předení [4]

Výroba rotorová příze je také nazývána zkrácenou technologii výroby příze s použitím nekonvenčního systému dopřádaní (obr. 3). Systém předení s volným koncem tzv. Open End Spinning OE předení (obr. 4) je založeno na principu oddělení zakrucovaní a navíjení. Přiváděcí orgán a navíjecí orgán nerotují kolem osy vlákenného produktu, ale v oblasti mezi podávacím a krutným ústrojím se realizuje ojednocení vláken podávaného vlákenného produktu. Odstranění mezivlákenných kontaktů je důležitou podmínkou a předpokladem pro následné uskutečnění zakrucovacího procesu [5].



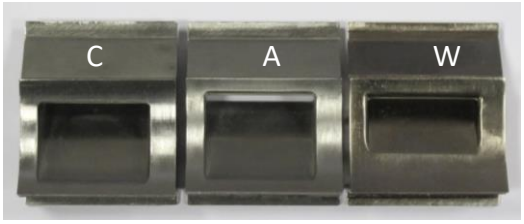
Obr. 4 Systém dopřádání s volným koncem [5]

Tvorba příze na rotorovém dopřádacím stroji je realizována díky třem hlavním částem spřádacího systému (obr. 4). Vstupní pramen uložený v konvi prochází ojednocovacím ustrojím. Ojednocená vlákna jsou vzduchem dopravena do zákrutového ústrojí. Stužka vláken uložená v drážce rotoru se vlivem odstředivých sil začne přikrucovat na volný konec rotující příze. Vzniklá příze je odvedena a navinuta na cívku s křížovým vinutím [6].

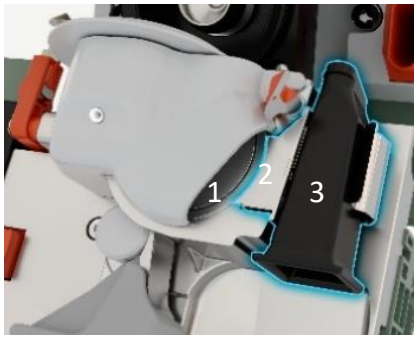


Obr. 5 Blokové schéma bezvřetenového rotorového spřádacího stroje [6]

V rámci této bakalářské práce je důležité poznamenat, jak probíhá čistění vlákenného materiálu v průběhu rotorové dopřádaní. Rozvolnění je realizováno pomocí vyčesávacího válečku, který zároveň přivádí vlákna do vzduchového kanálu. Díky specifickému proudění vzduchu souvisejícímu s použitým podtlakem dochází k čištění suroviny pomocí různých typů čistících kanálů. (obr. 6 a 7). Zásadní inovace dopřádacího stroje Rieter R37 umožňuje využít s ohledem na míru znečištění suroviny různé typy čistících kanálů a tím řídit míru vyčištění s ohledem na kvalitu vlákenné suroviny a zvolenou aplikaci finálně vyrobené příze [21].



Obr. 6 Vylučovací kanály pro regulace odstraňovaní množství odpadu [19]



Obr. 7 Rozvinovací a odprašovací zóna (1 - vyčesávací váleček; 2 - vylučovací kanály; 3 - kanál pro odvádění nečistot) [21]

Množství odstraňovaných nečistot lze regulovat pomocí speciálních čistících kanálů A, C, W (obr. 6). Kanál C je doporučován pro případy, kdy je zpracovávána velice čistá vlákenná surovina a ve výsledku je očekávána excelentní kvalita příze (minimálně znečištěná surovina, minimální vylučování nečistot, vysoká kvalita příze). Kanál A je určen pro zpracování surovin s vyšším znečištěním, kdy výstupem z předení by měla být příze s excelentní kvalitou a minimální mírou znečištění (mírně znečištěná surovina, maximální vylučování nečistot, vysoká kvalita příze). Čistící kanál W je naopak určen pro případ, kdy je preferováno maximální využití vlákenné suroviny pro dosažení optimální kvality příze i přesto, že může obsahovat více nečistot ve svojí struktuře (vysoce znečištěné suroviny, minimální vylučování, optimální kvalita příze). Volba správného čistícího kanálu souvisí s

konečnou kvalitou vyrobené příze, je dána kvalitou vstupní suroviny a strategií, kterou pro její zpracování výrobce příze použije [19].

1.3.2 Vlastnosti rotorové příze

Výsledkem přádelnické výroby je produkt zvaný příze. Příze je délková textilie složená ze spřadatelných vláken, zpevněná zákrutem tak, že při přetrhu příze dochází i k přetrhu jednotlivých vláken [4].

Každý druh příze má soubor fyzikálních a mechanických vlastností, které ovlivňuje řada faktorů: kvalita a typ vlákenného materiálu použitého pro výrobu příze, technologie výroby příze a způsob jejího nastavení a účel použití příze [18]. Vlastnosti rotorové příze jsou klíčové pro její použití v různých aplikacích, jako jsou například oděvy, domácenský textil, dekorační a nábytkové tkaniny, automobilové textilie a mnoho dalších. Požadavky na kvalitu příze se liší dle účelu použití. Jako základní vlastnosti příze se obvykle uvádí [4]:

Konstrukční vlastnosti – jemnost a zákrut;

Strukturní vlastnosti – průměr příze, hmotná nestejnoměrnost, chlupatost a vady příze;

Mechanicko-fyzikální vlastnosti – pevnost a tažnost a odolnost příze vůči namáhání.

V této kapitole se budeme podrobněji zabývat vlastnostmi rotorové příze, které jsou důležité pro výrobu lehkých tkanin určených pro oděvy nebo domácenský textil. Důkladné porozumění těmto vlastnostem je klíčové pro optimalizaci procesů výroby příze a tkanin, což v konečném důsledku může vést ke zlepšení celkové kvality výrobků.

1.3.2.1 Konstrukční vlastnosti

Jemnost T nebo délková hmotnost je vztah mezi hmotnosti a délkou vlákenného materiálu. Pro vyjádření jemnosti používá hmotnostní soustavu tex, tj. systém vyjadřováni jemnosti přádelnických délkových produktů v jednotkách tex. 1 tex uvádí kolik gramu váží jeden kilometr příze a jemnost příze lze vypočítat dle vztahu (1) [4].

$$T = \frac{m}{l} \qquad (1)$$

Zákrutem Z rozumíme zakroucení vláken ve směru šroubovice kolem osy příze, vyjádřené počtem celých otáček na délku 1 m. Zákrutem dojde ke zvýšení počtu kontaktů v přízi a vzájemné tření zvýší interakci mezi nimi, což vede ke zvýšení pevnosti staplové příze. Příze

musí mít dostatečnou pevnost a tažnost, aby bylo možné ji zpracovat do plošné textilie a zároveň zajistit její následné užívání. Výpočet vhodného zákrutu, který je nutné vložit do příze pro dosažení požadovaných vlastností je realizován dle zákrutového koeficientu dle Köchlina (2) nebo Phrixe (3) vztahu.

Koechlinův vztah pro výpočet zákrutu:

$$Z = \frac{\alpha \times 31{,}623}{\sqrt{T}} \tag{2}$$

Phrixův vztah pro výpočet zákrutu:

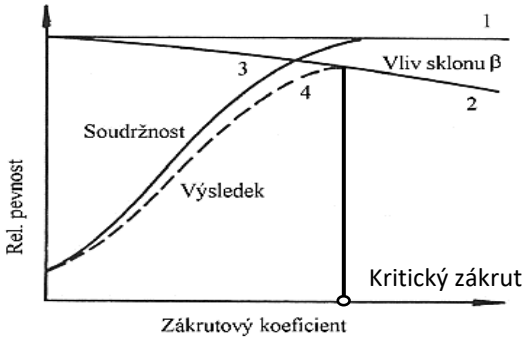
$$Z = \frac{am \times 100}{\sqrt[3]{T^2}} \tag{3}$$

Pro seřízení stroje při výrobě se využívá zákrut strojový (4):

$$Z = \frac{n_{ko}}{v_{obv}} \tag{4}$$

Zákrutový koeficient je provázán s pevností příze (obr. 8). S rostoucím zákrutem roste i pevnost příze, ale jenom do momentu tzv. kritického zákrutu. Při překonání kritického zákrutu dochází k překroucení a klesání pevnosti.

1.3.2.2 Strukturní vlastnosti



Obr. 8 Závislost pevnosti příze na zákrutovém koeficientu [4] (1 - Maximální, teoreticky možná pevnost; 2 – sklon tečny osy vlákna k ose příze; 3 – soudržné síly na úrovni vlákenné substance; 4 – výsledná křivka)

Průměr příze D je veličina, kterou lze stanovit jen přibližně [7]. Nerovnoměrná hustota jednotlivých vláken ve struktuře a obsah vzduchových mezer způsobí, že příze není zcela osově symetrická. Pro odhad minimální hodnoty tohoto parametru používá substanční průměr příze D_s, kde se průřez příze považuje za kompaktní kruhový průřez (idealizovaná představa – z příze je vytlačen veškerý vzduch). Vypočítá se dle vztahu (5).

$$D_s = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}} \quad (5)$$

Hmotnou nestejnoměrností příze rozumíme kolísání hmoty vláken v průřezu nebo určitých délkových úsecích délkového vlákenného útvaru. Předpokladem pro stejnoměrnou přízi je, aby vlákenné produkty z jednotlivých výrobních stupňů byly co nejstejnoměrnější, ale vyrobit absolutně stejnoměrnou přízi není možné. Zajišťovaní stejnoměrnosti proběhá ve fázích rozvolňovaní, mykání, protahování a družení [4], [8]. V případě rotorové technologie výroby příze z druhotných surovin majících velmi krátkou délku vláken se někdy proces protahování a družení omezí pouze na protahování, aby byla zajištěna soudržnost pramene a zároveň vhodná míra jeho stejnoměrnosti.

Kvadratická hmotová nestejnoměrnost CV_m – je variační koeficient hmotnosti délkových úseků vlákenného produktu [8]. Vypočítá se dle vztahu (6).

$$CV_m = \frac{100}{\bar{m}} \sqrt{\frac{1}{L}\int_0^L (m(l) - \bar{m})^2 dl} \quad (6)$$

Chlupatost – množství vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken, nebo vlákenných smyček. Chlupatost je obvykle definována pomocí indexu chlupatosti *H*, který je úměrný počtu a ploše odstávajících vláken.

Chlupatost se vyskytuje na vnější části příze a je možné ji rozdělit na oblast husté a řídké chlupatosti [7]. Hustá chlupatost – je tvořena krátkými vlákny, těsně přiléhajícími k vnitřní části příze. Taková chlupatost příze kladně ovlivňuje některé vlastnosti výsledné textilie jako je např. vyšší zakrytí, lepší tepelně-izolační vlastnosti, omak a sametový vzhled výsledné textilie. Řídká chlupatost – je tvořena dlouhými konci vláken odstávajícími od těla příze. Tato vlákna negativně ovlivňují následné zpracovaní (zvýšená přetrhovost při tkaní nebo pletení, vzhledové vady, vady při barvení) a užitné vlastnosti jako například žmolkovitost. V tomto případě je pro specifikaci chlupatosti využíváno sumační kritérium chlupatosti S_{12} vyjadřující počet konců vláken vyskytujících se do 2 mm od povrchu příze a sumační kritérium S_3, které odpovídá počtu odstávajících vláken ve vzdálenosti mezi 2 mm a 3 mm od povrchu příze. Tato parametry vypočítá se dle vztahu (7) a (8).

$$S_{12} = \sum_{i=1}^{i=2} n_i \quad (7)$$

$$S_3 = \sum_{i=3}^{i=k} n_i \quad (8)$$

Míra znečištění příze – obvykle vyjadřuje obsah nečistot v přízi na délku jednoho kilometru. Znečištění může být ovlivněno různými faktory, jako je kvalita suroviny, kultivar, proces výroby, typ a efektivita stroje na odstraňování nečistot a provozní podmínky. Nicméně i při použití nejlepšího vybavení a materiálu se mohou do příze dostat nečistoty, jako jsou nopky, slupky semenných obalů, cizorodé látky a prachové částice. Vlákenné nopky jsou tvořeny shluky vláken, které se nepodařilo v procesu přípravy vláken ojednotit. Slupky semenných obalů jsou kousky obalů bavlníkových semen, která se od vláken v průběhu přípravy nepodařilo oddělit. Za hrubé nečistoty jsou považovány větší částice s charakteristickým rozměrem větším než 500 mikrometrů tvořené především zbytky z bavlníkových rostlin (listy, stonky, zbytky tobolek, atd.), zatímco prach je definován jako menší částice s charakteristickým rozměrem menším než 500 mikrometrů [22].

Většina strukturních vlastností bavlnářských přízí se obvykle měří a kontroluje pomocí zařízení Uster®Tester, což je standardní zařízení pro hodnocení kvality příze. Test zahrnuje měření různých parametrů, jako je například kvadratická hmotná nestejnoměrnost, počet vad, průměr příze, chlupatost a další. Nejnovější typ zařízení Uster®Tester 5 již umožňuje stanovení i míry znečištění příze Prostřednictvím stanovení počtu nečistot $Trash_{Count}$ a $Dust_{Count}$ [22].

1.3.2.3 Mechanicko-fyzikální vlastnosti

Pevnost R je schopnost materiálu odolávat účinku tahových sil. Absolutní pevnost *F* v tahu je síla při přetrhu vyjádřená v [N]. V textilní praxi je vhodnější použit tzv. poměrné pevnosti *R* [N/tex] [4]. Vypočítá se dle vztahu (9).

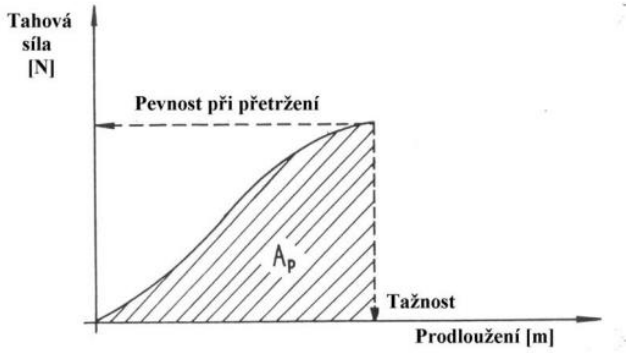
$$R = \frac{F}{T} \quad (9)$$

Konečná pevnost příze je stanovena pevností samotného vlákenného materiálu, použitého při výrobě, a strukturálními faktory (zákrutem, stupněm napřímení vláken, uspořádáním a migrací vláken atd.) [4].

Tažnost ε_p celkové poměrné prodloužení při přetržení vztažené k počáteční délce. Vyjádříme podle vztahu (10) [4].

$$\varepsilon_p = \frac{L_p - L_0}{L_0} \times 100 \qquad (10)$$

Pevnost a tažnost je odečtena z tahové pracovní křivky, která je odezvou při namáhání přízí na trhacím přístroji. Kromě těchto mechanicko-fyzikálních vlastností je možné hodnotit i deformační práci do přetržení A_p nebo moduly. Velikost deformační práce je úměrná ploše pracovního diagramu mezi osou prodloužení a tahovou pracovní křivkou (obr. 9) [4].



Obr. 9 Pracovní křivka při tahovém namáhání příze [4]

Kromě standardních mechanicko-fyzikálních vlastností je v případě přízí vyrobených z opakovaně používaných vláken vhodné sledovat parametry související se změnou chování vláken z hlediska pevnosti a ohybové tuhosti, které se projevují v míře opotřebení v průběhu zpracování nebo vlastním užívání textilií. Vlákna opakovaně získaná mechanickým rozvolněním z odpadu mají obvykle horší délkové parametry (kratší střední délku, vyšší variabilitu délkových charakteristik a zvýšený obsah krátkých vláken) a také horší mechanické vlastnosti (snížená pevnost a ohybová tuhost) [33]. Výrazněji se to projevuje u vláken recyklovaných z post-spotřebitelského odpadu, protože tato vlákna prošla nejen procesem výroby a zušlechtění, ale také užíváním, což vedlo ke zvýšenému opotřebení vlivem užívání a údržby. Pokud jsou mechanicky rozvolněná vlákna z odpadu použita pro výrobu příze a následně plošných textilií, tak je referováno o zvýšené „prášivosti“ při zpracování těchto přízí do plošných výrobků a o zvýšené míře opotřebení a zkrácení doby užívání. Proto je u přízí sledována také odolnost vůči oděru např. pomocí zařízení Zweigle G522 [34]. Váleček s jemným brusným papírem se pohybuje vratným pohybem a zároveň se otáčí, čímž je simulováno intenzivní namáhání přízí v průběhu tkaní a jejich možné opotřebení. Sledován je počet cyklů nutných k porušení příze nebo změna průměru příze vlivem definovaného počtu otáček. Zároveň je možné sledovat množství uvolněných částic vlivem kontaktu příze o přízi např. na zařízení CTT [35]. V tomto případě

je příze převíjena a ovinuta v definovaném úhlu sama o sebe. Sledováno je množství odloučených částic obvykle na 1 km příze, aby bylo možné získat představu o chování příze při zpracování – „prášivosti“ nebo rychlosti opotřebení v průběhu užívání finálních výrobků.

1.4 Výroba a vybrané kvalitativní vlastnosti tkanin

Pro lepší porozumění vlivu příze na výslednou kvalitu tkanin je do této kapitoly zařazen stručný popis technologického postupu výroby tkanin. Lze předpokládat, že nečistoty v přízi jsou přítomné jak uvnitř příze, tak na jejím povrchu. Během procesu tkaní se některé nečistoty uvolní nebo odpráší, protože nejsou dostatečně pevně zakotveny ve struktuře příze. Přesto mohou některé nečistoty na povrchu textilie zůstat, a to má vliv na výsledný vzhled textilie v režném stavu i na její další vlastnosti a následný proces zušlechtění resp. rozhodnotí zda a jak tento proces upravit, abychom dosáhli požadované kvality. Cílem této kapitoly je poskytnout přehled o výrobě tkanin, konstrukčních a některých vybraných kvalitativních vlastnostech tkanin, pomocí kterých bude v experimentální části posouzen vliv příze s různým podílem vlákenného odpadu na kvalitu režných tkanin.

1.4.1 Výroba tkanin

Jakmile je vlákenná surovina transformována na přízi, je připravena na další krok ve výrobním procesu – tkaní. V průběhu tkaní vznikne tkanina – plošná textilie vytvořená zpravidla ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, osnovní a útkové, navzájem provázaných vazbou tkaniny [6].

Výrobu tkaniny lze shrnout do technologického postupu [6]:

1. Příprava materiálu ke tkaní;
2. Tkaní;
3. Dokončovací práce.

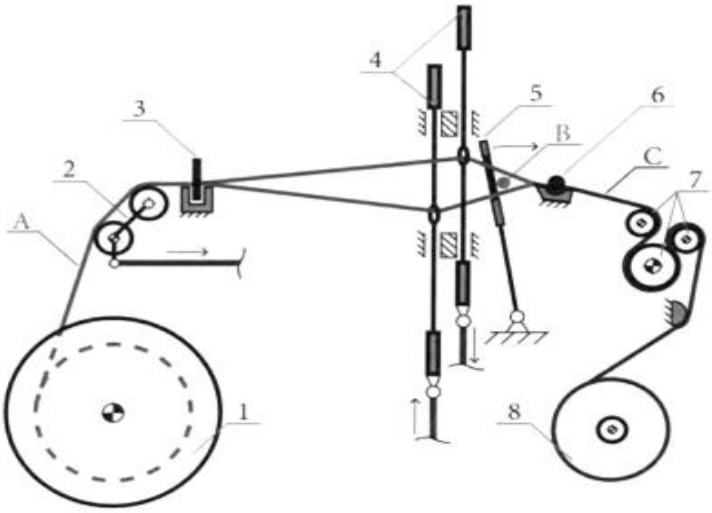
1.4.1.1 Příprava materiálu ke tkaní

Tkaninu tvoří dvě vzájemně provázané soustavy nití (osnovní soustava, útková soustava). Než se začne s výrobou tkaniny je třeba osnovní a útkové nitě připravit v souladu s požadavky na výslednou kvalitu tkaniny (typ tkaniny, kvalita, vzor). Příprava osnovy zahrnuje operace soukaní, snovaní, šlichtování, navádění nebo navazovaní. Pro přípravu

útku není třeba tolik operací jako při přípravě osnovy. Obvykle pro přípravu útku používají operace soukaní a paření. Účelem soukání útku je převinout nitě do vhodného tvaru pro zpracování v útku a případné odstranění hrubých vad a účelem paření je především stabilizace zákrutu [6], [9].

1.4.1.2 Tkaní

Tkaní probíhá na tkacích strojích. Princip výroby tkanin na tkacím stroji s listovým prošlupním zařízením je naznačen na obrázku 10 [10].



Obr. 10 Schéma tkacího stroje (A – osnova; B – utek; C – tkanina; 1 – osnovní val; 2 – osnovní svůrka; 3 – osnovní zarážka(lamely); 4 – soustava listu s nitěnkami; 5 – paprsek na bidle; 6 – přírazná lišta a rozpínky; 7 – odtah tkaniny; 8 – zbožový val.) [10]

Osnovní val (1) se šlichtovanou osnovou se nachází v zadní části stroje. Osnova se odvíjí přes osnovní svůrku (2), prochází skrz osnovní zarážky (3), které slouží k zastavení stroje při přetržení osnovních nití, dále přes soustavu listů s nitěnkami (4), kde osnovní nitě jsou naváděny jednotlivě do nitěnek. V případě listového prošlupního zařízení souhrn nitěnek v rámu tvoři list. Soustava všech listů se nazývá brdo. Funkcí brda je vytvářet prošlup – tj. rozdělovat osnovní nitě do dvou rovin a vytvořit klínový prostor (prošlup), do kterého je zanášen útek. Pokud je tkací stroj opatřen žakárským prošlupním zařízením jsou nitěnky ovládány pomocí zdvižných šňůr, které jsou ovládány pomocí programu. Za brdem procházejí nitě paprskem (5), který udržuje osnovní nitě v požadované šířce a zajišťuje stejnoměrnou hustotu osnovních nití. Po prohození útku do prošlupu se pohybuje paprsek směrem ke tkanině a přirazí útek. Po zanesení útku tkací listy změní polohu, uzavře se prošlup, a v pokračujícím pohybu tkacích listů se osnovní nitě se zaneseným útkem

překříží, aby mohl být útek přírazem upevněn ke tkanině. Vznikající tkanina je odváděna válci (7) a navíjí se na zbožový vál (9) [10].

1.4.1.3 Dokončovací práce

Po utkaní režné tkaniny následuje kontrola, čištění a hodnocení, kde se zkontroluje šířka, dostava, vazební technika, střída vazby a tkanina se zařadí do klasifikační třídy s označením vad, které budou následně opraveny nebo označeny barevnými nitěmi [6]. Poté se tkaniny ukládají do skladu nebo předávají k zušlechťování.

1.4.2 Základní parametry tkanin

Před vlastním popisem vybraných kvalitativních vlastností tkanin je třeba definovat základní konstrukční parametry tkanin.

Dostava osnovních a útkových nití tkaniny – parametr, který vyjadřuje počet nití na určitou délku, v praxi se běžně používá dostava nití na 1 cm. Dostava osnovních a útkových soustav nití se počítá zvlášť s označením D_o (dostava osnovních niti) a D_u (dostava útkových nití) [17].

Vazba nití ve tkanině – způsob vzájemného provázání (překřížení) osnovních a útkových nití. Správná volba vazby dodává tkanině určité vlastnosti jako pevnost, splývavost, tuhost, drsnost, vzhled, omak aj. Volba vazby tkaniny záleží též na zpracovávaném materiálu (v osnově i útku) a na dalším použití tkaniny. Základní vazby tkanin jsou plátnová vazba, keprová vazba, atlasová vazba [6].

Plošná hmotnost – hmotnost tkaniny připadající na určitou plochu. Vypočítá se dle vztahu (11) [17].

$$\rho_s = \frac{m}{S} \tag{11}$$

1.4.3 Vybrané kvalitativní vlastnosti tkanin

V této kapitole se zaměříme na kvalitativních vlastností tkanin z rotorové příze s použitým průmyslového vlákenného odpadu, které by použitím tohoto typu příze mohly být ovlivněny. Pro kvalitativní srovnání použijeme pevnost v tahu, odolnost v oděru a míru znečištění, proto bude v této kapitole představena nejenom definice těchto vlastností, ale také metody jejich určovaní.

Důvodem pro vybrání pevnosti a odolnosti tkanin v oděru je snaha ověřit, zda jsou textilie z recyklovaného vlákenného materiálu stále použitelné. Pevnost a odolnost textilií jsou klíčové parametry, které ovlivňují jejich trvanlivost. Cílem je ověřit hypotézu, zda je možné i z opakovaně použitých bavlněných vláken vyrobit příze srovnatelné kvality a ty poté zpracovat do tkanin tak, aby nedošlo ke snížení jejich kvality.

Sledování míry znečištění tkanin vyrobených z příze obsahující určitý podíl vláken získaných z odpadu je důležité z důvodu posouzení zachování srovnatelné kvality tkanin z primárních surovin. Kvalita a hodnota tkanin z recyklátu je ovlivněna přítomností zbytků tobolek semen bavlníku (Seed coat fragments – *SCF*s), které mohou být viditelné a způsobovat defekty ve smyslu rustikálního vzhledu přízí resp. tkanin. Rostlinné zbytky typu *SCF*s jsou často tmavé nebo hnědé barvy, což může narušit estetický vzhled režných bavlněných tkanin. Pokud má být textilie ve finálním produktu uni-barevná nebo potištěná, je nezbytné zvážit způsob provedení zušlechťovacího procesu (typ a podmínky předúpravy, typ použitého barviva a podmínky barvicího procesu), aby došlo k potlačení rustikálního vzhledu příze resp. plošných textilií. Pokud je míra znečištění tkanin z recyklátu vysoká, může to vést ke snížení kvality tkanin a následně ke snížení tržní hodnoty. Dosud nejsou metodiky pro stanovení míry znečištění přízí a tkanin příliš rozšířené. Sledování míry znečištění přízí a tkanin z opakovaně použitých vláken pomůže optimalizovat výrobní procesy tak, aby se v následné výrobě snížil obsah znečištění a tím zvýšila kvalita výsledných výrobků. Ev. napomoci při volbě podmínek a procesech předúpravy a finálního zušlechtění textilií vyrobených z přízí obsahujících opakovaně použitá vlákna.

1.4.3.1 Pevnost v tahu

Pevnost je důležitou vlastností tkaniny, která ovlivňuje její kvalitu. Mechanicko-fyzikální vlastnosti se zjišťují v hlavních směrech tkaniny – ve směru osnovy a útku. Pevnost v tahu je síla, při které se textilie poruší působením vnější síly v tahu. Pevnost tkanin závisí na typu a kvalitě použité příze (z hlediska materiálového složení, jemnosti, zákrutu, technologie výroby) konstrukčních parametrech tkaniny (dostavách a typu vazby), způsobu zušlechtění a finální úpravě v souladu s finální aplikací tkaniny [11].

Pevnost tkaniny v tahu se měří na trhacích přístrojích. Podstata zkoušky spočívá v silovém působení na zkoušený vzorek až do jeho přetržení. V průběhu testu se zaznamenává síla až do poškození vzorku společně s prodloužením.

Při použití příze z vlákenného odpadu může být pevnost v tahu ovlivněna nižší délkou vláken, zvýšeným obsahem krátkých vláken a zvýšenou mírou znečištění, což může ovlivnit nestejnoměrnost příze a zvýšit potenciálně chlupatost příze a výskyt počtu vad ve struktuře příze. Nižší pevnost a stabilita příze způsobená sníženou kvalitou opakovaně použitých vláken získaných z odpadu mohou mít negativní vliv na zpracovatelnost při následné výrobě tkanin, například zvyšováním rizika přetrhovosti nití a zvýšení přášivosti při tkaní [14].

1.4.3.2 Odolnost v oděru tkanin

Oděr je fyzická destrukce vláken, přízí a tkanin v důsledku tření jednoho textilního povrchu o jiný povrch. Odolnost tkaniny proti oděru charakterizuje schopnost tkaniny odolávat oděru a je důležitým ukazatelem kvality tkanin. Proto je ukazatel odolnosti tkaniny proti oděru součástí hlavních užitných vlastnosti tkanin pro různé účely [12].

Odolnost tkanin proti oděru závisí na typu vláken a síle jejich fixace ve struktuře příze. Zde hrají roli především geometrické vlastnosti vláken, struktura přízí a tkanin. Největší odolnost proti oděru mají tkaniny, které se skládají z vláken, která mají vysokou odolnost proti opakovaným deformacím tahem, ohybem, krutem a podobně, včetně vysoké odolnosti proti tření. Předchozí experimenty potvrzují, že textilie vyrobené z vysoce kvalitních přízí z velmi jemných a dlouhých vláken jsou odolnější vůči oděru než textilie vyrobené z přízí obsahujících hrubá a krátká vlákna [12].

Odolnost v oděru je zajišťována na zařízeních, na kterých je vzorek textilie vystaven tření o shodný materiál nebo speciální vlněnou oděrací tkaninu definované konstrukce. Po dosažení určitého počtu cyklů namáhání třením jsou na povrchu tkaniny pozorovány známky její destrukce. Obvykle je sledován počet cyklů nutných k porušení vazného bodu tkaniny a poté je zkouška ukončena [13].

Potenciálně nižší kvalita vláken může ovlivnit kvalitu příze a následně kvalitu tkanin. Zvýšená nestejnoměrnost, počet vad a chlupatost může vést k horšímu vzhledu textilie,

snazšímu uvolnění vláken ze struktury a vzniku žmolků, úbytku obsahu vláken v přízi a k poškození vazných bodů v textilii. Porovnání odolnosti vůči oděru mezi tkaninami vyrobenými z příze z vlákenného odpadu a tkaninami z primárních materiálů může poskytnout informace o schopnosti tkaniny odolávat mechanickému namáhání v praxi [14].

1.4.3.3 Míra znečištění

Míra znečištění – je obsah cizorodých příměsi nebo Seed coat fragments – *SCF*s ve vlákenném materiálu, příze nebo na povrchu plošné textilie. Míra znečištění je důležitým faktorem, který může být ovlivněn použitím příze z vlákenného odpadu. Příze z vlákenného odpadu může obsahovat různé nečistoty, jako jsou nopky, rostlinné zbytky a další cizorodé příměsi z recyklovaného materiálu. Tyto nečistoty mohou ovlivnit mechanické vlastnosti tkaniny, její užitečné vlastnosti a také vzhled textilie. Přítomnost barevně výrazných částic cizorodých příměsí ve tkanině může ovlivnit procesy bělení nebo barvení textilie, což může vést k nerovnoměrnému vybarvení. Studium míry znečištění je důležité, aby se zajistila kvalita tkaniny a minimalizovaly možné negativní dopady nečistot na výsledný výrobek.

Dílčí výsledky hodnocení míry znečištění tkanin jsou uvedeny v článcích [15], [16]. Stanovení míry znečištění lze provádět jak ručně, tak pomocí obrazové analýzy. Tyto studie zkoumaly přesnost ručního počítání *SCFs* v tkaninách před použitím speciálních programů analýzy obrazu. V obou případech ukázala měření pomocí analýzy obrazu významně lepší výsledky a menší časovou náročnost než manuální kontrola.

Obrazová analýza může být s výhodou využita k identifikaci, kvalifikaci a kvantifikaci různých nečistot v materiálu a poskytuje informace o rozložení nečistot a velikosti jednotlivých částic. Program analyzuje fotografie s cílem identifikovat barevně odlišné částice. Po analýze snímku program zobrazuje počet, velikost a procentuální plochu tmavých částic [15],[16].

2 Experimentální část

2.1 Cíl experimentu

Cílem této bakalářské práce je prozkoumat vliv použité vlákenné suroviny získané z předspotřebitelského bavlněného odpadu zpracovaného do rotorové příze na kvalitu režných tkanin. Smyslem je analyzovat, jak se kvalita příze vyrobených s různým procentuálním podílem opakovaně použitých bavlněných vláken odráží na vybraných mechanicko-fyzikálních, užitných vlastnostech a na vizuálním dojmu výsledných režných tkanin. Experiment zahrnuje výrobu vzorků tkanin s použitím rotorové příze s pěti různými podíly vlákenného odpadu ve směru útku, testování vlastností tkanin (dostav osnovy a útku, plošné hmotnosti, míry znečištění, pevnosti a tažnosti v obou hlavních směrech tkaniny a stanovení odolnosti v oděru). Získané výsledky jsou statisticky zpracovány s cílem ověřit, zda je dopad kvality příze do kvality tkanin významný.

Následující text podrobně popisuje návrh experimentu, postup při realizaci experimentu, použité podmínky měření a naměřená data vybraných vlastností vlákenného materiálu, příze s různým podílem vlákenného odpadu a sledovaných vlastností vyrobených tkanin.

2.2 Návrh experimentu

Pro výrobu rotorové příze bylo použito pět různých směsí materiálů, které se skládaly z primární bavlny a průmyslového bavlněného odpadu z přádelen (odpad z přípravy, mísení a čištění vláken, odpad z mykacích strojů, zbytky pramenů), přičemž každá směs měla odlišný poměr mísení (tabulka č. 1). Vlákenný materiál byl opakovaně získán z průmyslového bavlněného odpadu z přádelny, mísen a zpracován do formy pramenů a následně do formy příze ve firmě Rieter CZ s.r.o.

Tabulka č. 1. Způsob mísení vlákenného materiálu při výrobě pramenů pro předení.

CO [%]	100	75	50	25	0
CO_{waste} [%]	0	25	50	75	100

Kvalita vlákenných směsí (vzorky odebrané z připravených pramenů) byla testována pomocí USTER®AFIS četnostním způsobem z pohledu délky vláken (střední délka vláken a její variabilita a obsah krátkých vláken), obsahu nopků, obsahu prachů, obsahu nečistot a data jsou uvedena v tabulce číslo 2 (převzato z firmy Rieter CZ s.r.o.). Vzhledem k charakteru původu vlákenného materiálu (viz. Kapitola 1.1) a zjištěné kvalitě je zřejmé,

že se zvýšením podílu vlákenného odpadu ve směsi střední délka vláken klesá, variabilita délky i obsah krátkých vláken roste a obsah nečistot se zvyšuje (počty nopků, prachových částic i hrubých nečistot).

Tabulka č. 2. Kvalita vlákenného materiálu (převzato z firmy Rieter CZ s.r.o.).

CO_{waste} [%]	0	25	50	75	100
L_n [mm]	19,6	18,7	18,1	17	16,1
L_n *CV* [%]	45,2	48,3	50,2	53,1	54,9
SFC_n *[%] <12,7* [mm]	24,1	28,1	30	34,7	38,2
Neps [Cnt/g]	74	138	196	289	412
$Dust_{vl.m}$ [Cnt/g]	146	350	486	711	1004
$Trash_{vl.m}$ [Cnt/g]	9	32	50	92	122

Předení příze bylo prováděno v prádelnách firmy Rieter CZ s.r.o. na dopřádacím rotorovém stroji R37. Při zpracování připravených pramenů do příze byl z pohledu čištění při výrobě příze využit kanál (C). Celkem bylo vypředeno 10 cívek od každého typu příze. S ohledem na kvalitu vstupní vlákenné suroviny byly upraveny konstrukční parametry vyráběných přízí a u přízí s vyšším podílem vláken opakovaně získaných z odpadu byl použit vyšší zákrut. Strojní parametry pro předení byly použity pro všechny typy vypřádaných přízí shodně, pouze ty, které související se zákrutem byly upraveny (tabulka č. 3). Následně byly všechny příze testovány a získané standardní kvalitativní ukazatele příze jsou souhrnně uvedeny v tabulce (viz příloha A, tabulka č. 5 – převzato FT TUL). Během testování bylo zjištěno, že se zvýšením podílu vlákenného odpadu v příze dochází k nárůstu konstrukčních (Z, T_{exp}) a strukturních (CV_m, H, S_{12}, S_3, $Trash_{count.p}$, $Dust_{count.p}$) vlastností a poklesu mechanických vlastností (R, ε_p). Z hlediska kvality lze posoudit, že se zvyšujícím se podílem vlákenného odpadu dochází k mírnému zhoršování kvality příze. Při použití takové příze v útkové soustavě tkanin lze očekávat snížení mechanických vlastnosti a zvýšení míry znečištění plošné textilie.

Tabulka č. 3. Parametry předení pro rotorový dopřádací stroj R37 (čistící kanál C) (převzato FT TUL).

CO_{waste} [%]	0	25	50	75	100
Jemnost pramene [tex]	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
Jemnost příze [tex]	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
Průtah [-]	203	203	203	203	203
Zákrut [m^{-1}]	796	827	901	932	985
Otáčky rotoru [min^{-1}]	110 000	105 000	100 000	100 000	100 000
Otáčky vyčesávacího válečku [min^{-1}]	9 000	9 500	10 000	10 000	10 000
Odváděcí rychlost [m min^{-1}]	138,2	127,0	111,0	107,3	101,5

Vzorky tkanin byly vyrobeny na průmyslovém tkacím stroji Somet s elektronickým prošlupním žakárským zařízením Stäubli. Při tkaní byla použita dvojmo skaná prstencová komerčně dostupná osnova ze 100 % CO o jemnosti 6x2 tex. Rotorové příze s různým podílem vláken z průmyslového odpadu o jemnosti 29,5 tex byly použity jako útkové. Zvolena byla konstrukce odpovídající lehkým tkaninám s dostavou osnovy 290 nití/10 cm a v útku 200 nití/10 cm v plátnové vazbě (tabulka č. 4). Po vytkaní tkaniny byly tkaniny označeny podle obsahu vlákenného odpadu v útkových přízích.

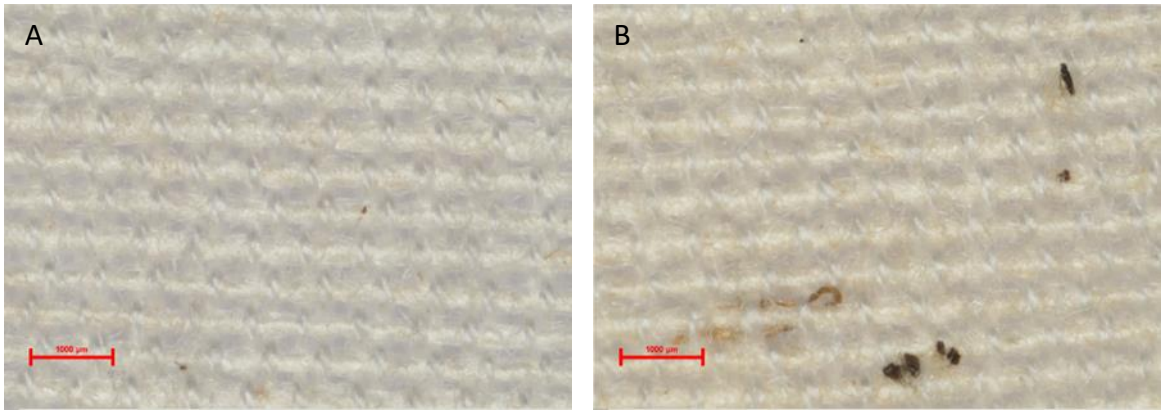
Tabulka č. 4. Konstrukční parametry tkanin

CO_{waste} [%]	**0 / 25 / 50 / 75 / 100**
Vazba tkaniny	P1/1
T_o [tex]	6x2
T_u [tex]	29,5
$D_{o.stroj}$ [Cnt/10 cm]	290
$D_{u.stroj}$ [Cnt/10 cm]	200

Během výroby tkaniny vzhledem k povaze vzniku vláknitého materiálu docházelo k uvolňování krátkých vláken, vlákenných segmentů a prachu, které se usazovaly na některých částech tkacího stroje a bylo nutné jej častěji čistit (obr. 11). Při vkládání útkové příze do tkaniny byly zaznamenány přetrhy a častěji k nim docházelo při tkaní z přízí s větším procentem odpadových vláken (při zpracování útkových přízí 29,5 tex ze 75 % CO_{waste} /25 % *CO* a 100 % CO_{waste}). Vyrobené tkaniny s útkovou přízí s vyšším podílem odpadních vláken mají výraznější rustikální vzhled a s rostoucím procentuálním poměrem odpadových vláken v útkové přízi se zvyšuje také množství viditelného odpadu na povrchu tkanin z nich vyrobených (obr. 12).

Obr. 11a. Krátká vlákna na odvíječi útkových niti

Obr. 11b Krátká vlákna na paprsku



Obr. 12: Ukázka vzhledu tkanin vyrobených s útkovou rotorovou přízí s odlišným podílem vlákenného odpadu; A – útková příze ze 0 % bavlněného odpadu; B – útková příze ze 100 % bavlněného odpadu.

2.3 Podmínky měření

Vlastní experiment byl zahájen měřením dostav osnovy a útku, plošné hmotnosti tkaniny, míry znečištění tkaniny, pevnosti v tahu v obou hlavních směrech tkaniny a odolnosti v oděru. Vlastní měření bylo realizováno v laboratořích KTT FT TUL.

Výběr počtu vzorků byl zvolen s ohledem na potřebnou přesnost měření a na dostupné množství materiálu. Výběr vzorků byl proveden takovým způsobem, aby poskytoval relevantní výsledky pro každý konkrétní test.

Klimatizace vzorků tkanin před zkoušením zajistí, že tkanina bude mít stabilní vlastnosti a bude připravena na správné zkoušení. Klimatizace vzorků byla realizována v souladu s normou ČSN EN ISO 139 (800056) Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení. Podle této normy pro provádění experimentu byly vzorky tkanin klimatizovány při teplotě 20 °C s tolerancí ± 2 °C a relativní vlhkostí 65 % s tolerancí ± 5 % po dobu 48 hodiny.

Měření většiny kvalitativních vlastností probíhalo ve souladu s normami. Měření dostav osnovy a útku s využitím makroskopu bylo provedeno podle normy ČSN EN 1049-2 (800814) a opakováno 10x pro oba směry na délce 1 cm [23].

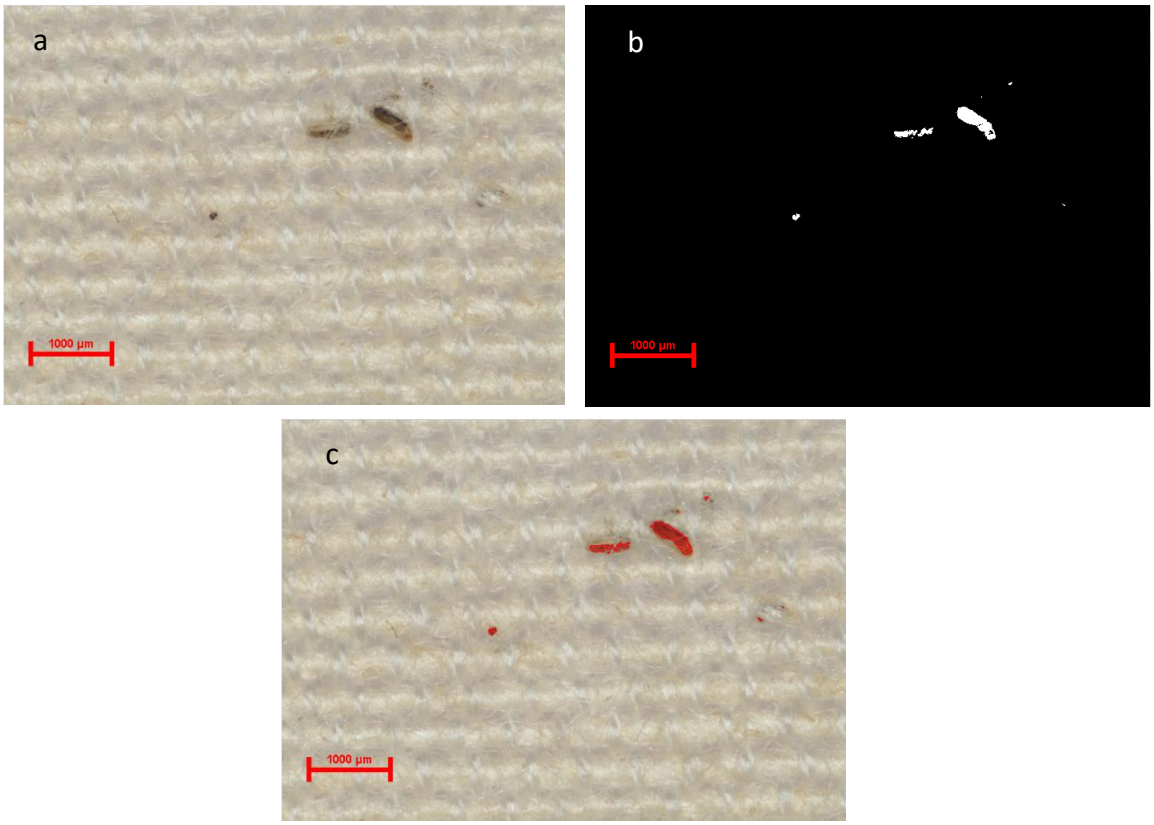
Metoda stanovení plošné hmotnosti tkanin využívá normu ČSN EN 12127 (800849) a zahrnuje zvážení deseti vzorků tkaniny na digitálních vahách a výpočet plošné hmotnosti podle vztahu (11) [24].

Použitím zařízení Testometric M350-5CT byly stanoveny pevnosti a tažnosti tkanin ve směru osnovy a útku na pěti vzorcích od každého směru, podle normy ČSN EN ISO 13934-1 (800812) [25].

Měření odolnosti v oděru tkanin bylo provedeno metodou Martindale podle normy ČSN EN ISO 12947-2 (800807) [26]. Test na odolnost v oděru byl proveden na čtyřech vzorcích od každého typu tkaniny. Zkouška odolnosti tkanin v oděru byla realizována třením o speciální vlněnou textilii se zatížením 9kPa. Kontrola možného poškození minimálně jednoho vazného bodu probíhala vždy po dosažení 2000 otáček.

Metoda měření míry znečištění tkanin byla navržena v průběhu řešení bakalářské práce s využitím obrazové analýzy na základě poznatků získaných z článků [15], [16], které jsou stručně shrnuty v kapitole 1.4.3.3. Pro stanovení míry znečištění bylo potřeba získat dostatečný počet fotografií tkanin v dostatečném zvětšení a rozlišení, aby získané výsledky byly reprezentativní, umožnily posouzení znečištění celé plochy tkaniny a zároveň bylo možné data porovnat s mírou znečištění vlákenné suroviny a přízí. Pro každou tkaninu bylo připraveno 200 fotografií, což by mělo poskytnout dostatečné množství informací o útkové nití. S ohledem na zvolené konstrukční parametry (jemnost útkových přízí, dostavy tkaniny) je možné odhadnout délku útkové příze v jednom obraze, která by měla minimálně odpovídat délce jednoho kilometru. Také je nezbytné zajistit, aby velikost sledovaných nečistot bylo možné identifikovat a popsat jejich zvolené parametry. Z tohoto důvodu byly fotografie snímány s rozlišením 2880 px x 2048 px s kalibrací 2,4 µm/px. Fotografie byly pořízeny z celé plochy tkaniny. Snímky byly snímány tak, aby se nepřekrývaly. Při pořizování fotografií byl zajištěn posun tkaniny nejprve ve směru šířky a poté ve směru délky tkaniny. Při snímání bylo použito minimálně kontrastní pozadí, aby byla potlačena struktura tkaniny samotné a došlo ke zvýraznění pouze tmavých nečistot nacházejících se na povrchu textilie.

Pro analýzu obrazu v tomto experimentu byl použit systém NIS-Elements. Snímky tkaniny byly pořízeny s využitím makroskopu, horního osvitu a barevné kamery. Proces zpracování obrazu začínal převodem zkoumaného barevného obrazu do binárního tvaru, aby bylo možné oddělit studované částice od pozadí. Prahování bylo realizováno s ohledem na charakter obrazu tak, aby došlo k oddělení nečistot na povrchu textilie od ostatních



Obr. 13 Zkoumaný obraz tkaniny. (a-Barevny obraz; b – Binární obraz; c – Překryvový obraz.)

nežádoucích prvků obrazu, čímž se předešlo chybnému nebo nepřesnému určení částic při automatickém nastavování kontrastu. V případě nutnosti byly využity morfologické operace (vyčištění, erose a dilatace) v rámci celé sekvence fotografií textilní struktury pořízené pro jeden typ tkaniny. Ty však byly aplikovány minimálně, aby nedošlo k výraznému ovlivnění výsledků. Po provedení zvolených operací s obrazem byla každá studovaná částice ohraničena a vyplněna červenou barvou (obr. 13). Poté bylo realizováno hodnocení zvolených geometrických parametrů částic – objektů. Výstupem je tabulka obsahující informace o počtu všech částic detekovaných na všech obrazech, počtu částic na jednom obraze, jejich ploše, maximálním Feretově průměru (F_{max}) a minimálním Feretově průměru (F_{min}).

Pro popis charakteristického rozměru nečistot typu *SCFs* byly zvoleny v obrazové analýze Maximální Feretův (F_{max}) průměr a Minimální Feretův průměr (F_{min}). Feretův průměr je délka nejdelší přímky procházející částicí, měřená ve směru kolmém na optickou osu nebo měřicí osu. Maximální Feretův průměr je nejdelší vzdálenost mezi dvěma rovnoběžnými liniemi kolmými na referenční osu a protínajícími částici. Minimální Feretův průměr je

nejkratší vzdálenost mezi dvěma rovnoběžnými liniemi kolmými na referenční osu a protínajícími částici. Kromě toho byl vypočten také ekvivalentní průměr, který představuje průměr kruhu o stejné ploše jako má hodnocená částice. Tyto parametry jsou důležité pro hodnocení rozměrových charakteristik *SCFs* ve vzorcích mohou být využity k posouzení variability charakteru nečistot nacházejících na povrchu tkanin ve zkoumaných vzorcích a rozhodování, zda se jedná o částice typu hrubých nečistot nebo prachu [31].

Dalším krokem při analýze dat získaných pomocí obrazové analýzy bylo rozdělení detekovaných nečistot na hrubé nečistoty (částic vetší než 500 [µm]) a prachové částice (částice menší než 500 [µm]). Toto rozdělení bylo provedeno s cílem zjistit, které konkrétní částice převažují na povrchu tkaniny a následně je porovnat se zjištěnou mírou znečištění ve vstupním prameni a přízi.

Získaná data míry znečištění byla statisticky zpracována prostřednictvím statistického software QC Expert. Ověřována byla homogenita dat, normalita dat a ev. přítomnost vybočujících měření. Z důvodu výrazné asymetrie dat byla normalita zamítnuta, a proto byla provedena transformace dat. Ve všech případech byla transformace dat oprávněná a podařilo se získat základní statistické ukazatele (střední hodnota a 95% interval spolehlivosti) [32].

Testování ostatních zvolených ukazatelů kvality tkanin poskytlo soubor dat s menším počtem měření, a proto byl pro vyhodnocení využit Hornův postup (analýza malých výběrů) pro statistické vyhodnocení výsledků. Tento postup se aplikuje při práci s malými výběry dat (od 4 do 20) a umožňuje určit spolehlivost výsledků i při omezeném počtu vzorků. Hodnocení výsledků je prováděno na základě odhadu střední hodnoty a směrodatné odchylky a následné konstrukce intervalů spolehlivosti [32].

Pro zhodnocení souvislostí mezi vlastnostmi vlákenného materiálu, příze a tkanin byla použita korelační analýza. Korelační analýza je statistická metoda používaná k hodnocení vztahů mezi dvěma nebo více proměnnými. Tato analýza umožňuje zjistit, zda mezi náhodnými proměnnými existuje vztah a posoudit i jeho sílu. Využit byl párový koeficient korelace R_{12}. Korelační koeficient se pohybuje v rozmezí od -1 do +1. Hodnota blízká +1 naznačuje silnou pozitivní korelaci, zatímco hodnota blízká -1 označuje silnou negativní

korelaci. Pokud je hodnota korelačního koeficientu blízká 0, pak mezi proměnnými není žádný lineární vztah [32].

$$R_{12} = \frac{cov(X_1,X_2)}{\sqrt{varX_1 varX_2}} \quad (12)$$

3 Diskuse výsledků

Během experimentů bylo nezbytné ověřit, zda se podařilo vyrábět tkaniny v souladu se strojními parametry a sledovat případné změny vybraných kvalitativních vlastností tkanin s rostoucím podílem vlákenného odpadu v útkové přízi. Nejprve bylo provedeno ověření konstrukčních vlastností tkanin (D_o, D_u, ρ_s) a poté byly stanoveny mechanicko-fyzikální vlastnosti tkanin (R_o, R_u, ε_{po}, ε_{pu}, *Odolnost v oděru*) a míra znečištění tkanin.

Před samotným provedením experimentů byla formulována určitá očekávání ohledně výsledků, která by měla být experimentem potvrzena nebo vyvrácena. Tato očekávání byla získána na základě literárního průzkumu a teoretických předpokladů. Po provedení experimentů bylo získáno mnoho dat, která byla analyzována a vyhodnocena.

3.1 Formulace očekávaných výsledků

V rámci hodnocení kvality příze lze očekávat negativní vliv zvýšení podílu vlákenného odpadu v přízi na kvalitu tkanin. Konstrukce tkanin byla navržena tak, aby byly shodné pro všechny typy použitých útkových přízí. Snahou bylo eliminovat maximum faktorů, aby bylo možné posoudit pouze vliv typu použité útkové příze na sledované vlastnosti tkanin. Při použití příze s různým podílem vlákenného odpadu v útkové soustavě tkanin se předpokládá, že konstrukční vlastnosti budou relativně stabilní a odpovídat strojním parametrům. Dostavy osnovních a útkových nití ve tkanině zůstanou neměnné. Nicméně zjištěné zvýšení jemnosti útkové, které souvisí s použitím vyššího zákrutu u přízí s vyšším podílem odpadních bavlněných vláken, může ovlivnit plošnou hmotnost tkanin. Rotorové příze se nepodařilo zpracovat se zcela shodnou jemností příze vlivem horší zpracovatelnosti pramenů s vyšším procentem vláken opakovaně získaných z bavlněného odpadu.

Na základě výsledků testování pevnosti a tažnosti rotorové příze lze očekávat, že pevnost a tažnost tkanin ve směru útku bude pravděpodobně ovlivněna zvýšením procenta odpadových vláken v přízi. Při měření pevnosti a tažnosti tkanin ve směru osnovy se očekávají minimální odchylky, protože osnovní příze u všech typů tkanin jsou shodné. Dále se předpokládá, že s rostoucím podílem odpadových vláken v útkové soustavě přízí nedojde k výrazné odezvě v hodnocení odolnosti tkanin v oděru. Důvodem je, že u

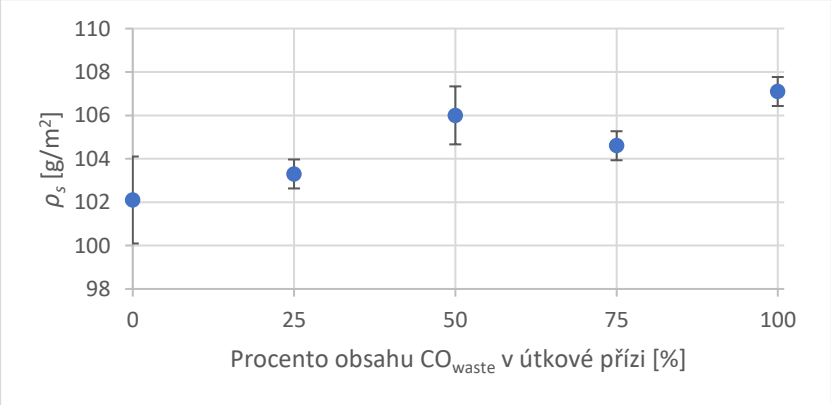
rotorových přízí nebyl v souvislosti s rostoucím podílem odpadních vláken zjištěn výrazný trend při hodnocení odolnosti přízí vůči namáhání třením ve smyslu počtu cyklů do jejich porušení – odolnosti v oděru *O* nebo množství odloučených vláken při sledování oděru příze o přízi *Lint generation*.

Při zvyšujícím se podílu odpadových vláken se očekává vzrůst ukazatelů znečištění tkanin, který je způsoben zvýšeným obsahem vlákenných nopků, hrubých a prachových nečistot ve vlákenném materiálu, které nebyly v průběhu dopřádání zcela odstraněny a zůstaly ve struktuře příze (*Neps*, $Dust_{vl.m}$, $Trash_{vl.m}$, $Dust_{count.p,}$ $Trash_{count.p}$).

3.2 Ověřovaní dostav osnovy a útku a plošné hmotností tkanin

Měření počtu nití osnovy a útku v rámci experimentu prokázalo rozdíl strojních nastavení dostav a experimentálně získaných dostav (viz. Příloha A, tabulka č. 6.). Experimentální hodnota v obou směrech je vyšší než hodnoty použité na stroji. To je velmi pravděpodobně dáno především relaxací vnitřního napětí tkanin po sundání ze stroje. Odlišnost mezi dostavami tkanin v obou směrech s různou útkovou přízí je možné zanedbat a důvodem je, že intervaly spolehlivosti se překrývají.

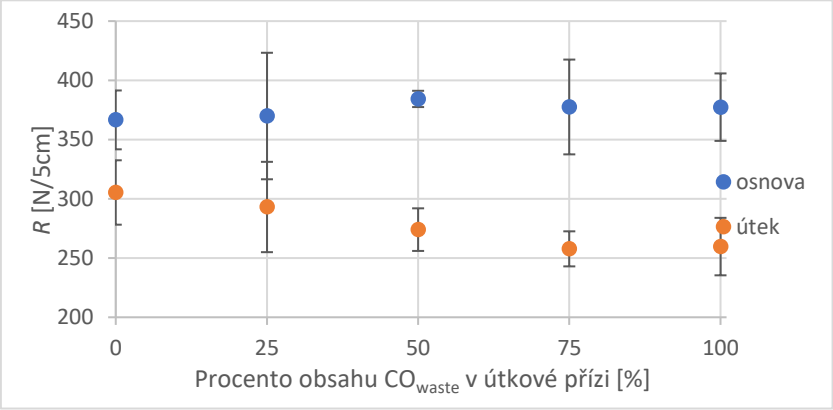
Na obrázku 14 je znázorněno grafické srovnání plošné hmotnosti tkanin v závislosti na procentuálním podílu vlákenného odpadu a experimentálně získaná data jsou uvedena v Příloze A, tabulka č. 6. Z grafu je patrné, že s nárůstem procentuálního podílu odpadových vláken se zvyšuje plošná hmotnost tkanin. Intervaly hodnot se překrývají, což znamená, že mezi těmito hodnotami neexistuje statisticky významný rozdíl. Zajištěna data jsou v souladu s experimentálně zjištěnými dostavami tkanin a mírným zvýšením jemnosti příze vyrobenými se zvýšeným podílem odpadových vláken.



Obr. 14 Plošná hmotnost tkanin s různým typem útkové příze

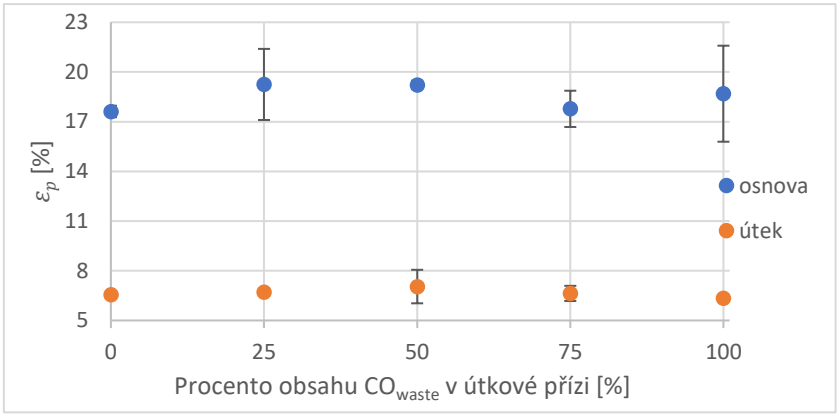
3.3 Hodnocení pevnosti v tahu a tažnosti tkanin

Z grafu na obrázku 15 a dat uvedených v Příloze A, tabulka č. 6. je zřejmé, že s nárůstem procentuálního podílu odpadových vláken v útkové přízi se mírně snižuje pevnost tkaniny ve směru útku a téměř se nemění pevnost tkaniny ve směru osnovy. Intervaly u všech hodnot ve sledovaném směru se překrývají, což znamená, že mezi těmito hodnotami nejsou statisticky významné rozdíly. Pevnost tkaniny ve směru osnovy je vyšší než pevnost tkaniny ve směru útku, což je dáno typem příze (v osnově použita příze dvojmo skaná ze 100 % CO kompaktní česaná) a kvalitou vlákenné suroviny použité pro její výrobu (kvalita bavlny použitá pro výrobu osnovní příze typu MII). Výsledky experimentu hodnocení pevnosti tkanin jsou v souladu se statisticky nevýznamným poklesem pevnosti rotorové příze použité ve směru útku, který souvisí se zvýšeným podílem odpadových vláken.



Obr. 15 Pevnost v tahu tkanin s různým typem útkové příze

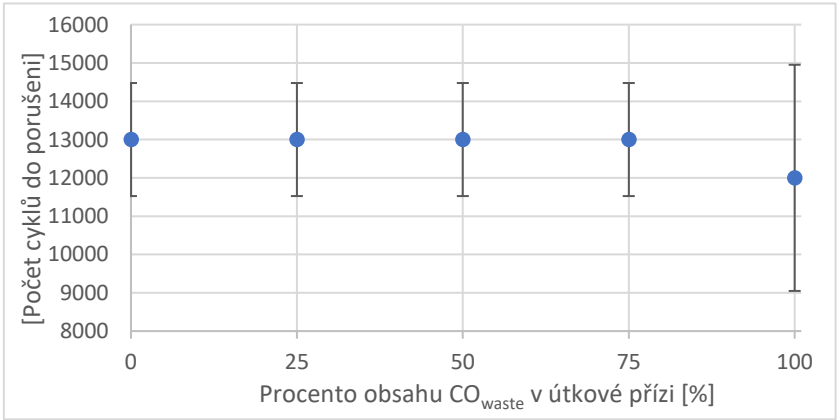
Kromě pevnosti byla také zkoumána tažnost tkanin. Vliv podílu odpadových vláken na tažnost je zobrazen na obrázku 16 a experimentálně stanovená data jsou uvedena v Příloze A, tabulka č. 6. Je možné konstatovat, že tažnost tkaniny ve směru osnovy vzorků s různou útkovou přízí je velmi podobná, rozdíly jsou nevýznamné a konfidenční intervaly se překrývají. Shodně je možné komentovat tažnost osnovy ve směru útku, ani v tomto směru nebyly zjištěny žádné výrazné odlišnosti a konfidenční intervaly se překrývají. Zjištěná tažnost tkanin ve směru osnovy je vyšší než tažnost tkanin ve směru útku. Toto výsledky jsou v souladu se statisticky nevýznamným poklesem tažnosti přízí při zvýšení procentuálního podílu odpadových vláken v rotorové přízi použité v útkové soustavě. Příze s různým podílem odpadních vláken vykazují srovnatelné vlastnosti ve smyslu pevnosti a tažnosti, a to se odráží i v mechanicko-fyzikálních vlastnostech tkanin.



Obr. 16 Tažnost tkanin s různým typem útkové příze

3.4 Hodnocení odolnosti v oděru tkanin

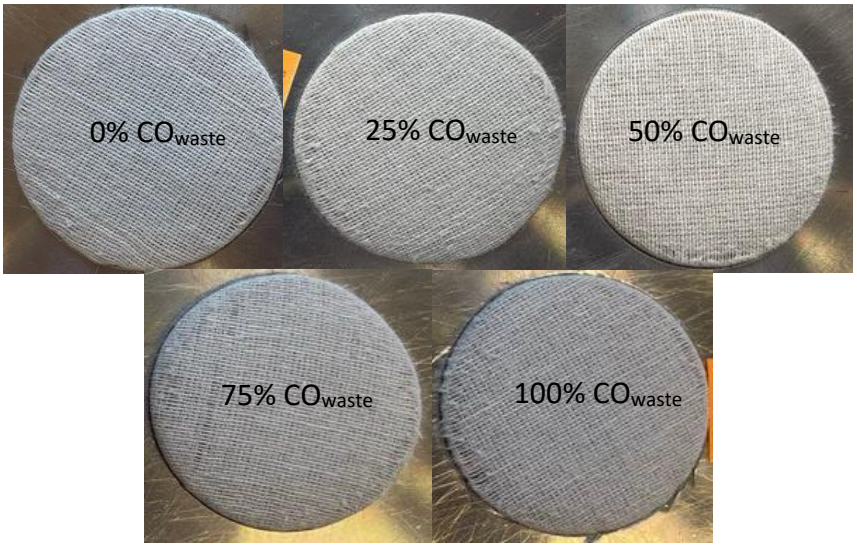
Na obrázku 17 s využitím experimentálně získaných dat (viz. Příloha A, tabulka č. 6.) je graficky zobrazena odolnost materiálů vůči oděru pro sledované vzorky tkanin. Materiály s 0 %, 25 %, 50 % a 75 % odpadových vláken vykazují podobnou úroveň odolnosti vůči oděru stanovenou s využitím metodiky Martindale. Tkanina s útkovou přízí ze 100 % odpadních vláken se v průběhu experimentu jevila jako nejméně odolná, avšak kvůli překrývajícím se intervalům spolehlivosti je i v tomto případě možné odlišnosti mezi materiály považovat za nevýznamné. Zajištěna data jsou v souladu s parametry odolnosti v oděru přízí s různým podílem vlákenného odpadu (*Lint generation, O*).



Obr. 17. Odolnost v oděru tkanin s různým typem útkové příze

Na obrázku 18 jsou zobrazeny vzorky tkanin po experimentu, který lépe ukazuje, jak použití různého materiálového složení útkové příze ovlivňuje odolnost v oděru tkanin. Na obrázcích je vidět, že největší poškození je patrné na okrajích. K porušení vazných bodů docházelo po dosažení shodného počtu otáček, ale opotřebení – větší počet poškozených vazných bodů je výraznější u vzorků tkanin s vyšším podílem odpadních vláken v útkové

přízi. V experimentu byla tato místa vystavena většímu oděru z důvodu přítomnosti pěnové vložky mezi tkaninou a závažím. Případné poškození vazného bodu bylo kontrolováno po dosažení každých 2 000 cyklů. Lze se domnívat, že pokud by kontrola poškození vzorků tkanin byla prováděna po menším počtu otáček, došlo by k výraznějšímu odlišení v chování jednotlivých typů tkanin, ale experiment by byl více časově náročný.



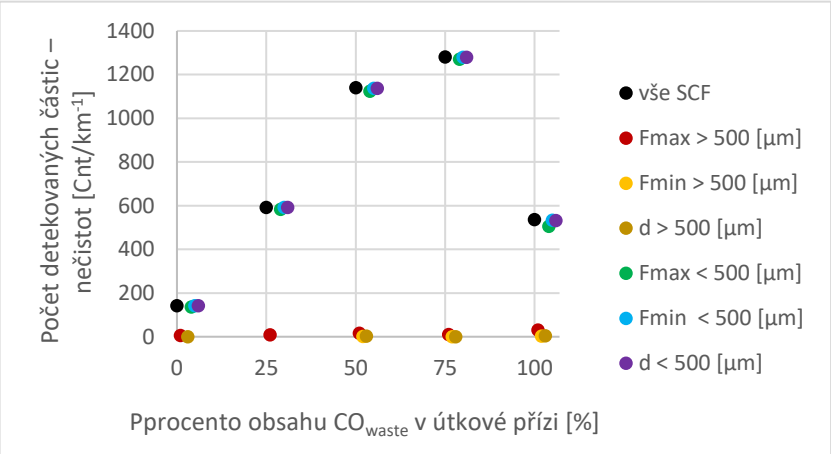
Obr. 18 Vzorky tkanin po dosažení 14000 otáček namáhání oděrem na přístroji Martindale

3.5 Hodnocení míry znečištění tkanin

Grafické srovnání měření míry znečištění tkanin je zobrazeno na obrázcích 19 a 20 a vychází z dat uvedených v Příloze A, tabulka č. 8. Na obrázku 19 je znázorněn počet tmavých částic *SCFs* na vzorcích tkanin s různou útkovou přízí a velikost částic tvořících znečištění je popsáno prostřednictvím Feretových průmětů (F_{max}, F_{min}) a ekvivalentního průměru *d*. Prezentovány jsou všechny detekované částice na jednotlivých typech tkanin s různou útkovou přízí a také výsledky související s hodnocením výskytu částic, jejichž velikost odpovídá hrubým nečistotám (>500µm) a prachu (<500µm) [22].

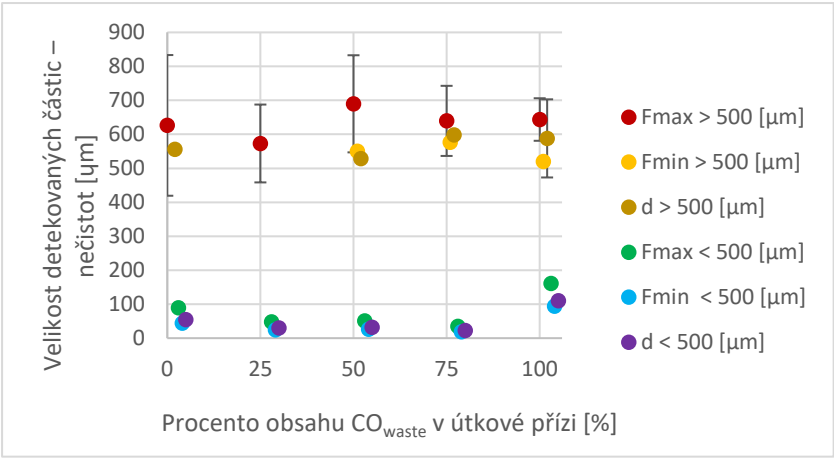
Z grafu na obrázku 19 je patrný trend rostoucího počtu SCFs ve tkanině s rostoucím podílem vlákenného odpadu v útkové přízi. Je vidět, že prachových částic (<500µm) je mnohem více než hrubých nečistot (>500µm). Toto výsledky jsou v souladu se zvýšeným obsahem hrubých a prachových nečistot v přízi, kde je také převaha prachových částic nad hrubšími nečistotami. Pozoruhodné je, že tkanina s útkovou přízí ze 100 % vlákenného odpadu vykazuje menší množstvím hrubých SCFs, to by mohlo být způsobeno uvolňováním

SCFs z povrchu tkaniny během manipulace nebo samotného procesu tkaní, protože hrubší SCFs nebyly dostatečně zachyceny v přízi a následně ve tkanině.



Obr. 19. Počet detekovaných nečistot na vzorcích tkanin s různým typem útkové příze

Na obrázku 20 jsou zobrazeny střední hodnoty charakterizující velikost detekovaných částic (F_{max}, F_{min}, d). Na základě dat a grafické interpretace výsledků lze dovodit, že zvýšení podílu vlákenného odpadu v útkové přízi nemá vliv na průměrnou velikost *SCFs.* Typická velikost prachových nečistot je cca 20 µm -160 µm a typická velikost hrubých nečistot >500µm se pohybuje cca od 520 µm do 690 µm. Pokud je poměr hodnot Feretových průmětů F_{max}, F_{min} blízký 1, jedná o částici kruhového charakteru, kterou je možné popsat také ekvivalentním průměrem d. Za předpokladu, že se poměr Feretových průmětů výrazně od hodnoty 1 odlišuje, pak je charakter částic spíše tyčinkový F_{max}, F_{min}. Výsledky experimentu potvrdily, že charakter částic není kruhový a hrubé nečistoty i prachové částice jsou tvořeny spíše tyčinkovitými částicemi.



Obr. 20 Velikost detekovaných nečistot na vzorcích tkanin s různým typem útkové příze

Při provádění experimentálních měření míry znečištění byla navržena hypotéza: v průběhu jednotlivých operací výroby (vlákenná surovina – dopřádání – tkaní) dochází ke čištění materiálu a rozdrcení křehkých hrubých nečistot rostlinného původu do velikosti odpovídající prachovým částicím. Část nečistot z pramene se odstraní vlivem dopřádání (v průběhu formování vláken do příze dochází k čištění). Část nečistot však vypadne v průběhu zpracování (přesoukání, vlastní tkaní, ev. další úpravy), protože nejsou ve struktuře příze pevně ukotveny. Navíc však dochází ke změně velikosti částic, které jsou křehké a díky procesu formování od vlákenné suroviny do finálního výrobku – režné tkaniny se jejich charakter mění – zmenšuje. Částice, které byly ve vlákenném mat. ev. v prameni detekované jako hrubé nečistoty mohou ve struktuře příze zůstat a na povrchu tkaniny být detekovány jako částice prachové.

3.6 Zhodnocení souvislostí kvality vlákenného materiálu, typu použité útkové příze a tkanin z nich vyrobených pomocí korelační analýzy

Pro zhodnocení souvislostí mezi vlastnostmi vlákenného materiálu, použité útkové příze a tkanin z nich vyrobených byla použita korelační analýza s výpočtem párového korelačního koeficientu R_{12}. Hlavním cílem bylo identifikovat konkrétní parametry vlákenného materiálu a útkové příze, které ovlivňují změny v kvalitě tkanin. Všechny získané párové korelační koeficienty kvalitativních ukazatelů vlákenného materiálu, útkové příze a tkanin jsou detailně prezentovány v příloze B v tabulce č.8a-c. Z důvodu velikosti souhrnná tabulka párových korelačních koeficientů byla rozdělena do tří částí a prázdné buňky jsou pro snazší prezentaci výsledků odstraněny (viz Tabulka. 8a-c). Diskuze k zjištěným výsledkům je provedena komentováním významných korelačních koeficientů. Na konci kapitoly byla provedena komparace mezi očekávanými výsledky (viz kapitola 3.1), výsledky z experimentu (viz kapitola 3.2-3.5) a výsledky korelační analýzy (viz kapitola 3.6).

Vzájemná korelace sledovaných vlastností vlákenného materiálu

Korelační analýza ukázala, že všechny vlastnosti použité pro specifikaci vláken jsou vzájemně významně korelované. Rešerše ukazuje, že kvalita příze souvisí s délkou vláken vlákenného materiálu a mírou znečištění, díky tomu, že procento obsahu vláken v sobě zahrnuje oba této faktory (kvalita vláken z pohledu délky, kvalita z vláken pohledu míry

znečištění) je možné pro porovnání v grafech s výhodou použít procento odpadu vláken, viz kapitola 3.2 až 3.5. Výsledky korelační analýzy potvrzují, že s rostoucím procentem vlákenného odpadu se zkracuje délka vláken v prameni, roste její variability a zvětšuje se míra znečištění.

Vzájemná korelace sledovaných vlastností vlákenného materiálu a vlastností útkových přízí

Korelační analýza odhalila, že užití vyššího podílu vlákenného odpadu zhoršuje vnitřní uspořádání vláken v přízi (CV_m) i na povrchu příze (H, S_{12}), viz pozitivní korelace mezi CV_m, H, S_{12} s většinou sledovaných vlastnosti vláken (CO_{waste}, L_nCV, $SFC_n<12,7$, $Neps$, $Trash_{vl.m}$, $Dust_{vl.m}$). Negativní korelace byla zjištěna pouze mezi CV_m, H, S_{12} s délkou vláken (L_n).

Vzájemná korelace sledovaných vlastností tkanin a vlákenného materiálu

Výsledky korelační analýzy ukazují silnou pozitivní závislost mezi dostavami útku a délkou vláken vlákenného materiálu, silnou negativní závislost s obsahem vláken kratších než 12,7 mm, nopků, hrubých a prachových nečistot ve vlákenném materiálu. Pevnost útkové příze vykazuje silnou pozitivní závislost s délkou vláken vlákenného materiálu, ale silnou negativní závislost s podílem vlákenného odpadu, obsahem vláken kratších než 12,7 mm, variabilitou délky vláken a obsahem nopků, hrubých a prachových nečistot.

Vzájemná korelace sledovaných vlastností tkanin a vlastností útkových přízí

Korelační analýza odhalila silnou pozitivní závislost mezi dostavami útku ve tkaninách a tažností příze, ale silně negativní závislost s odolností v oděru a obsahem prachu v přízi. Plošná hmotnost tkanin vykazuje silnou pozitivní závislost se zákrutem příze a indexem chlupatosti. Pevnost tkanin ve směru útku vykazuje silnou pozitivní závislost s pevností příze, avšak negativní závislost se zákrutem příze, indexem chlupatosti, odolnosti v oděru a obsahem hrubých a prachových nečistot v přízi. Odolnost v oděru tkanin vykazuje silnou pozitivní závislost s jemností příze a součtovým kritériem chlupatosti příze S_{12}. Obsah hrubých nečistot ve tkanině vykazuje silnou pozitivní závislost s jemností příze a kritériem chlupatosti příze S_{12}.

Vzájemná korelace sledovaných vlastností tkanin

Korelační analýza odhalila silnou pozitivní závislost mezi plošnou hmotností tkanin a obsahem hrubých nečistot, celkovým počtem nečistot a obsahem prachu ve tkanině. Zároveň byla zjištěna silná negativní závislost mezi odolností v oděru a obsahem hrubých nečistot ve tkanině.

Výsledky:

Předpoklad viz kap. 3.1.: „…lze očekávat negativní vliv zvýšení podílu vlákenného odpadu v přízi na kvalitu tkanin.“

– Zjištěné výsledky dopadu kvality vláken a příze do kvality tkanin jsou v souladu s předpokladem. Na základě snižující se kvality vlákenného materiálu se snižuje kvalita tkanin.

Předpoklad viz kap. 3.1.: „Konstrukční vlastnosti budou relativně stabilní a odpovídat strojním parametrům.“

– Nižší kvalita příze obsahující vyšší procento vláken získaných z bavlněného odpadu způsobila potíže při zpracování (zvýšený počet přetrhů útkové příze, nutnost častějšího čištění stroje), což mohlo vést i ke zvýšené variabilitě v konstrukčních parametrech tkaniny a způsobit vyšší hodnoty dostav útku tkanin po relaxaci ve volném stavu. Počet nití ve směru útku na jednotku délky je důležitým konstrukčním parametrem a může ovlivnit plošnou hmotnost, mechanicko-fyzikální vlastnosti, odolnost v oděru i míru znečištění a tím kvalitu tkanin.

Předpoklad viz kap. 3.1.: „…pevnost a tažnost tkanin ve směru útku bude ovlivněna zvýšením podílu odpadových vláken v přízi.“

– Potvrzeno. Pevnost tkanin především ve směru útku souvisí s použitým zákrutem, chlupatostí a pevností příze. V experimentu však výsledky mohly být ovlivněny spolupůsobením více faktorů (variabilita dostavy útku, variabilita jemnosti příze z důvodu odlišného zákrutu u přízí s vyšším podílem vláken získaných z odpadu). Tyto faktory se bohužel nepodařilo v souladu s plánem experimentu zcela eliminovat. Zpracováním různě kvalitních pramenů se nepodařilo dodržet jmenovitou jemnost u přízí s vyšším podílem odpadu a jejich mírně zhoršená zpracovatelnost se projevila ve snížené dostavě útku

tkanin z nich vyrobených. Zřejmě z tohoto důvodu je také silná korelace zjištěna mezi vlastnostmi vláken a dostavou tkaniny.

Předpoklad viz kap. 3.1.: „... v pevnosti a tažnosti tkanin ve směru osnovy se očekávají minimální odchylky, ...“;

– Potvrzeno, zjištěny pouze nepatrné změny průměrných hodnot pevnosti a tažnosti tkanin ve směru osnovy, jejichž intervaly spolehlivosti se překrývají. Vliv pevnosti a tažnosti útkové příze na pevnost a tažnost tkanin ve směru osnovy se ukázal nevýznamnou závislost (podle výsledků korelační analýzy), a lze domnívat, že použití útkové příze s různým procentem odpadních vláken nemá významný vliv na pevnost a tažnost tkanin ve směru osnovy.

Předpoklad viz kap. 3.1.: „... s rostoucím podílem odpadových vláken v útkové soustavě přízí nedojde k výrazné odezvě v hodnocení odolnosti tkanin v oděru.“

– Potvrzeno. Odolnost v oděru tkanin, jak bylo očekáváno, neukázala výrazné změny při jejich měření, stejně jako nebyla zjištěna při měření odolnosti v oděru příze *O*.

Předpoklad viz kap. 3.1.: „Při zvyšujícím se podílu odpadových vláken se očekává vzrůst ukazatelů znečištění tkanin…“

– Při zvýšení procenta odpadních vláken je stejný trend zvyšování míry znečištění vlákenného materiálu (*Neps, $Trash_{vl.m}$, $Dust_{vl.m}$*), příze (*$Trash_{count.p}$, $Dust_{count.p}$*) a tkanin (*Celkový počet SCFs, $Trash_t$, $Dust_t$*). Zjištěné výsledky dopadu míry znečištění vlákenného materiálu a příze do míry znečištění tkanin jsou v souladu s předpokladem. Zvýšení procenta použitých odpadních vláken a obsahu nečistot ve vlákenném materiálu ovlivňuje uspořádání vláken v přízi (CV_m, *H*, S_{12}) a snižuje mechanické vlastnosti příze (*R*), což může vést k variabilitě konstrukčních parametrů tkanin (D_u, ρ_s) a snížení mechanických vlastností tkanin (R_u). Na základě zvyšující se míry znečištění vlákenného materiálu v útkové přízi se snižuje kvalita tkanin. Odlišnosti většiny sledovaných ukazatelů kvality tkanin vyrobených s různým typem útkové příze jsou však skryty v překrývajících se konfidenčních intervalech.

4 Závěr

Cílem bakalářské práce je zkoumat vliv vlákenného odpadu, který byl recyklován a použít pro výrobu rotorových přízí a z nich režných tkanin. Smyslem je posoudit, jak kvalita přízí vyrobených s různým procentem opakovaně použitých bavlněných vláken ovlivňuje vybrané mechanické a užitné vlastnosti, jako i vzhled výsledných režných tkanin. Toto téma je důležité z hlediska opakovaného zpracování cenných textilních surovin, které často nejsou využity, končí v odpadu a nejsou dále použity při primární výrobě textilií, což způsobuje ztráty a zvyšuje množství odpadu. Využití vláken opakovaně pro podobný účel je preferován před využitím pro aplikace nižší hodnoty. Jinými slovy, opakované využití vláken pro výrobu přízí a plošných textilií (Upcycling), je preferováno před využitím těchto mechanicky rozvolněných vláken např. do netkaných textilií určených pro izolace (Downcycling).

Na základě poznatků z rešerše odborných publikací, dřívějších zkušeností a teoretických souvislostí byly formulovány předpoklady týkající se vlivu kvality vstupního materiálu na konečnou kvalitu útkových přízí a tkanin z těchto přízí vyrobených. Experiment byl založen na zkoumání vlivu použitého podílu opakovaně využitých bavlněných vláken získaných z průmyslového odpadu z přádelny na konečnou kvalitu příze vyrobené na rotorovém dopřádacím stroji R 37 firmy Rieter CZ s.r.o.. Pro experiment byly vypředeny příze s různým obsahem vlákenného odpadu – 0 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 % CO_{waste}. Typické kvalitativní vlastnosti vláken i přízí byly proměřeny a vyhodnoceny. Získaná data byla využita pro posouzení dopadů do kvality režných tkanin, kde byly tyto rotorové příze využity jako útkové.

Měření kvalitativních vlastností vlákenného materiálu ukázalo na degradaci kvality materiálu při zvýšení podílu vlákenného odpadu ve směsi, konkrétně se projevuje snížením střední délky vlákna, zvýšením variability délky vláken a zvýšením míry znečištění (*Neps, $Trash_{vl.m}$, $Dust_{vl.m}$).* Při výrobě příze z takového materiálu bylo nutné použít upravené parametry předení, neboť parametry předení vhodné pro 100% primární bavlnu nebylo vhodné použít pro vlákenný materiál s vyššími poměry vlákenného odpadů bez výrazného zhoršení kvality příze. Při zpracovaní pramenu s vyšším podílem vlákenného odpadu byl

použít vyšší zákrut příze. V experimentu bylo zjištěno, že při použití vyššího zákrutu příze při zpracování materiálu s vyšším podílem odpadových vláken lze dosáhnout pouze mírného zhoršení kvalitativních vlastnosti (CV_m, H, S_{12}, S_3, R) a míry znečištění ($Trash_{count.p}$, $Dust_{count.p}$). Odlišnosti v kvalitě příze s různým procentem odpadních vláken jsou v rámci konfidenčních intervalů spolehlivosti.

V bakalářské práci se podařilo vyrobit sady vzorků lehkých tkanin, které obsahují v útku rotorovou přízi s různým podílem odpadních vláken – 0 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 % CO_{waste}. Případné dopady kvality vláken a přízí do kvality tkaniny byly sledovány grafickým porovnaním a korelační analýzou.
Ze zajištěných dat lze konstatovat, že zhoršení kvality příze (CV_m, H, S_{12}, S_3, R, $Trash_p$, $Dust_p$) se promítá ve zhoršení kvality tkanin ve smyslu pevnosti ve směru útku, odolnosti v oděru a míry znečištění ($Trash_t$, $Dust_t$). Procento odpadu v útkové přízi nemá zásadní vliv na pevnost a tažnost tkaniny ve směru osnovy, ani na tažnost tkanin ve směru útku.

Hlavní přínosy této bakalářské práce jsou:

- Experimentální potvrzení možností zpracování rotorové příze vyrobené s využitím různého podílu vlákenného odpadu do tkaniny na průmyslovém tkacím stroji, avšak s vyšší přetrhovostí a přášivostí útkové příze při vyšším podílu vlákenného odpadu v rotorové přízi;
- Návrh a realizace metodiky hodnocení znečištění tkanin na základě poznatků získaných z článků [15], [16];
- Hodnocení kvality tkanin a statistická analýza dopadu kvality vláken a přízí do režných tkanin lehké konstrukce;
- Posouzení dopadu kvality vláken a přízí do režných tkanin a zjištění souvislosti pomocí korelační analýzy.

Tato studie byla omezena počtem dostupných rotorových přízí vyrobených v pěti úrovních procenta opakovaně použitých vláken, a proto nelze získané výsledky dopadu recyklovaného materiálu použitého při výpředu rotorových přízí na kvalitu režných tkanin zcela zobecnit. V této práci byla pro tkaniny použita příze vyrobena s využitím čistícího kanálu C rotorového dopřádacího stroje Rieter R37.

Doporučení pro navazující práci je zkoumat vliv příze, která při výrobě použije jiné čistící kanály (A, W). V dalších výzkumech by mohly být

K dalšímu studiu by také mohlo patřit zkoumány i další kvalitativní charakteristiky tkanin, například žmolkovitost, porozita, prodyšnost, nebo vliv míry znečištění tkanin na výslednou kvalitu zušlechtěné tkaniny (barvení, bělení atd.).

Seznam použité literatury

[1] MUTHU S. S. Sustainable Innovations in Recycled Textiles. Hong Kong: Springer Nature Singapore, (2018) ISBN 978-981-10-8515-4

[2] Ute T. B., Celik P., Uzumcu M. B. Utilization of cotton spinning mill wastes in yarn production. Textile Industry and Environment.

[3] DAMAYANTI D., WULANDAR L.A., BAGASKORO A., RIANJANU A., WU H.S. Possibility Routes for Textile Recycling Technology. Polymers. 2021, 2021(13), 9-13. doi:10.3390/polym13213834

[4] URSÍNY, P. PŘEDENÍ I. 1. Liberec: Technická Univerzita V Liberci, 2006. ISBN 80-7372-077-9.

[5] URSÍNY, P. PŘEDENÍ II. 1. Liberec: Technická Univerzita V Liberci, 2001. ISBN 80-7083-540-0.

[6] DOSTALOVÁ M., KŘIVÁNKOVÁ M. ZÁKLADY TEXTILNÍ A ODĚVNÍ VÝROBY [online]. 3. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004 [cit. 2022-11-25]. ISBN 80–7083–831–0. Dostupné z: https://elearning.tul.cz/pluginfile.php/308162/mod_resource/content/1/skripta_2004.pdf

[7] NECKÁŘ, B. Příze. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00213-3.

[8] CIHLÁŘOVÁ, E. Hmotová Nestejnoměrnost Délkových A Plošných Textilií [online]. 1. Liberec: Technická Univerzita V Liberci, 2002 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: https://elearning.tul.cz/pluginfile.php/444013/mod_resource/content/3/Cihlarova_HND.pdf. ELEKTRONICKÉ SKRIPTUM TUL.

[9] Sabit A. Handbook of Weawing, CRC Press 2001. ISBN 978 1 58716 013 4.

[10] TUMAJER P., BÍLEK M., DVOŘÁK J. Základy tkaní a tkací stroje. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-215-0.

[11] KOVAČIČ, V. Textilní zkušebnictví. 2. vyd. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-825-6.

[12] ÖZDIL, N., KAYSERI, G. Ö., MENGÜÇ, G. S. Analysis of Abrasion Characteristics in Textiles [online]. [cit. 2022-12-02]. Dostupné z:

https://cdn.intechopen.com/pdfs/31704/InTech-Analysis_of_abrasion_characteristics_in_textiles.pdf

[13] TOMKOVÁ, B. Zkoušení textilií [online]. 2020 [cit. 2022-12-02]. Dostupné z: https://elearning.tul.cz/mod/folder/view.php?id=282484. Cyklus přednášek z předmětu Zkoušení textilií. Technická Univerzita V Liberci.

[14] Telli A., Babaarslan O. Commercialized denim fabric production with post-industrial and post-consumer wastes. Tekstil ve Konfeksiyon, 26(2), 2016.

[15] Bel PD, Xu B, Boykin D. Automatic detection of seed coat fragments in cotton fabrics. Textile Research Journal. 2012;82(16):1711-1719. doi:10.1177/0040517511433153

[16] Li M, Fang G, Xu C, Hinks D. Image-Based Analysis of Seed Coat Fragments in Cotton Fabrics. AATCC Journal of Research. 2016;3(1):14-20. doi:10.14504/ajr.3.1.3

[17] INTERNÍ NORMA 13-108-01/01 Definice: Geometrické parametry tkanin. Liberec: Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. 2004

[18] Lord, P. L. (2003) Handbook of Yarn Production: Technology, Science and Economics. Woodhead Publishing.

[19] Structure and Structural Mechanics of Textile Fabrics. 2022. Liberec: Technical University of Liberec, 2022. ISBN 978-80-7494-621-9. ISSN 978-80-7494-621-9.

[20] Dockray, G. H., Meadowst, B., Smith, L. Cotton waste. Textile research journal. 1950, 684-718

[21] Semi-Automated Rotor Spinning Machine R 37 [online]. Switzerland: Rieter, 2022 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: https://www.rieter.com/products/systems/rotor-spinning/rotor-spinning-machine-r-37

[22] Uster Technologies AG: USTER TESTER 6 The Total Testing Center Brochure, 240842-19020/10.15/, Uster, 2015

[23] ČSN EN 1049-2 (800814) Textilie. Tkaniny. Konstrukce. Metody analýzy. Část 2: Stanovení dostavy (mod. ISO 7211-2:1984), Český normalizační institut, 1995.

[24] ČSN EN 12127 (800849) Textilie – Plošné textilie – Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků, Český normalizační institut, 1998.

[25] ČSN EN ISO 13934-1 (800812) Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip, Český normalizační institut 2013.

[26] ČSN EN ISO 12947-2 (800846) Textilie – Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale – Část 2: Zjišťování poškození vzorku, Český normalizační institut 2017.

[27] ČSN 80 1900 - Textilní odpady. Základní názvosloví. Úřad pro normalizaci a měření, 1983

[28] Halimi, M. Hassen, M. Azzouz, B. Faouzi, S. Effect of cotton waste and spinning parameters on rotor yarn quality. Journal of The Textile Institute. 2007. 98. 437-442. 10.1080/00405000701547649.

[29] Yuksekkaya M. E., Celep G., Doghan G., Tercan M., Urhan B. A comparative study of physical properties of yarn and fabrics produced from virgin and recycled fibers. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 11(2) 2016.

[30] Krifa M, Gourlot J-P, Dréan J-Y. Effect of Seed Coat Fragments on Cotton Yarn Strength: Dependence on Fiber Quality. Textile Research Journal. 2001;71(11):981-986. doi:10.1177/004051750107101108

[31] PABST, W. a E. GREGOROVÁ. Charakterizace částic a částicových soustav [online]. Praha, 2007 [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/sil/keramika/Characterization_of_particles/CPPS%20_Czech%20version_.pdf. Studijní materiály. VŠCHT.

[32] Meloun, M., Militky, J.: Statistické zpracování experimentálních dat, Plus, spol. s.r.o. Praha 1994

[33] Yilmaz D., Yelkovan S., Tirak Y. Comparison of the effects of different cotton fibre wastes on different yarn types. Fibers & Textile in Easten Europe 25, 4(124) 2017.

[34] IN 32-203-01/01, Interní norma: Hodnocení změn geometrie příčného rozměru příze po oděru. Výzkumné centrum Textil. Technická univerzita v Liberci, 2009.

[35] Lawson Hemphill. CTT Constant Tension Transport: User Manual. Swansea, USA.

Seznam příloh

Příloha A Souhrnné tabulky naměřených dat

Příloha B Souhrnná data z korelační analýzy

Volně vložené dodatky:

-katalog vzorků tkanin

Příloha A

Souhrnné tabulky naměřených dat

Tabulka č. 5. Souhrnná výsledná data pro příze (převzato FT TUL)

strojní zařízení	Rotorový dopřádací stroj Rieter R37				
CO_{waste} [%]	0	25	50	75	100
T [tex]	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
Z [m^{-1}]	796	827	901	932	985
T_{exp} [tex]	29,44	29,69	29,77	29,63	30,54
95 % IS	(29,23; 29,64)	(29,53; 29,85)	(29,72; 29,82)	(29,42; 29,83)	(30,43; 30,65)
CV_m [-]	12,93	13,49	13,38	13,54	13,68
95 % IS	(12,83; 13,03)	(13,36; 13,62)	(13,27; 13,49)	(13,17; 13,91)	(13,48; 13,88)
H [-]	4,03	4,16	4,49	4,65	5,12
95 % IS	(3,98; 4,08)	(4,10; 4,22)	(4,39; 4,59)	(4,56; 4,74)	(5,01; 5,23)
S_{12} [1/100 m]	2793	2536	2833	2561	4375
95 % IS	(988; 4597)	(2243; 2829)	(1997; 3669)	(2173; 2948)	(4014; 4735)
S_3 [1/100 m]	487	346	500	314	537
95 % IS	(288; 685)	(339; 352)	(347; 652)	(259; 369)	(507; 567)
R [$cNtex^{-1}$]	10,96	10,40	9,63	8,71	8,62
95 % IS	(10,78; 11,15)	(10,15; 10,65)	(9,44; 9,83)	(8,49; 8,92)	(8,38; 8,86)
ε_p [%]	5,77	6,06	5,77	5,36	5,22
95 % IS	(5,65; 5,90)	(5,94; 6,18)	(5,66; 5,89)	(5,26; 5,45)	(5,11; 5,32)
Lint generation [$mgkm^{-1}$]	10,68	21,48	29,68	45,77	56,81
O [tex^{-1}]	8,97	9,10	9,07	8,54	8,99
95 % IS	(8,61; 9,34)	(8,71; 9,48)	(8,74; 9,40)	(8,54; 8,84)	(8,57; 9,42)
$Trash_{count.p}$ [km^{-1}]	4	12	19	27	31
95 % IS	(2; 6)	(7; 18)	(10; 28)	(23; 31)	(24; 38)
$Dust_{count.p}$ [km^{-1}]	669	1913	3152	4704	6684
95 % IS	(588; 750)	(1696; 2130)	(2574; 3730)	(4344; 5064)	(6226; 7142)

Tabulka č. 6. Zjištěné kvalitativní ukazatele tkanin

vazba tkaniny	P1/1				
CO_{waste} [%]	0	25	50	75	100
T_o [tex]	6x2	6x2	6x2	6x2	6x2
T_u [tex]	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
$D_{o.stroj}$ [Cnt/10 cm]	290	290	290	290	290
$D_{u.stroj}$ [Cnt/10 cm]	200	200	200	200	200
$D_{o.exp}$ [Cnt/10 cm]	300	300	300	300	300
$D_{u.exp}$ [Cnt/10 cm]	220	220	220	216	215
95 % IS	(220;220)	(220;220)	(220;220)	(212,31;219,69)	(208,32;221,68)
ρ_s[g/m^2]	102,5	103,5	106,0	104,5	107,5
95 % IS	(100,5;104,5)	(102,83;104,17)	(104,66;107,34)	(103,83;105,17)	(106,83;108,17)
R_o [N]	366,61	369,88	384,32	377,52	377,37
95 % IS	(341,78;391,44)	(316,48;423,28)	(377,45;391,19)	(337,52;417,52)	(348,89;405,85)
R_u [N]	305,34	293,1	273,99	257,77	259,68
95 % IS	(278,16;332,52)	(254,96;331,23)	(256,0;291,97)	(242,96;272,57)	(235,43;283,93)
ε_{po} [%]	17,62	19,25	19,22	17,77	18,69
95 % IS	(17,27;17,97)	(17,10;21,39)	(18,96;19,48)	(16,68;18,87)	(15,79;21,59)
ε_{pu}	6,55	6,72	7,05	6,63	6,34
95 % IS	(6,43;6,67)	(6,60;6,83)	(6,04;8,06)	(6,17;7,09)	(6,16;6,52)
Odolnost v oděru [Počet cyklu do porušeni]	13000	13000	13000	13000	12000
95% IS	(11524;14476)	(11524;14476)	(11524;14476)	(11524;14476)	(9048;14952)
$Trash_t$ [Cnt/km^{-1}]	7	9	21	12	38
$Dust_t$ [Cnt/km^{-1}]	136	583	1119	1269	499

Tabulka č.7 Míra znečištění tkanin

CO_{waste}[%]		F_{max} [µm]	F_{min} [µm]	d [µm]
0	*Celkový počet SCFs*	143		
	n SCFs> 500 µm	6	-	1
	$\bar{x}$	626,27	-	556,29
	95 % IS	(419,21;833,32)	-	-
	n SCFs <500 µm	137	143	142
	$\bar{x}$	90	44	55
	95 % IS	(82;99)	(41;47)	(51;59)
25	*Celkový počet SCFs*	592		
	n SCFs> 500 µm	9	-	-
	$\bar{x}$	573,01	-	-
	95 % IS	(458,47;687,55)	-	-
	n SCFs <500 µm	583	592	592
	$\bar{x}$	48	25	30
	95 % IS	(46;51)	(24;26)	(29;32)
50	*Celkový počet SCFs*	1140		
	n SCFs> 500 µm	16	2	3
	$\bar{x}$	689,78	550,56	528,47
	95 % IS	(546,85;832,70)	-	-
	n SCFs <500 µm	1124	1138	1137
	$\bar{x}$	51	27	32
	95 % IS	(49;53)	(26;28)	(31;33)
75	Celkový počet *SCFs*	1281		
	n SCFs> 500 µm	10	1	1
	$\bar{x}$	639,52	576,83	598,85
	95 % IS	(536,33;742,70)	-	-
	n SCFs <500 µm	1271	1280	1280
	$\bar{x}$	35	19	23
	95 % IS	(33;36)	(18;20)	(22;24)
100	*Celkový počet SCFs*	537		
	n SCFs> 500 µm	31	3	4
	$\bar{x}$	643,53	519,88	588,01
	95 % IS	(580,95;706,11)	-	(473,02;703,00)
	n SCFs <500 µm	506	534	533
	$\bar{x}$	161	94	110
	95 % IS	(154;168)	(90;99)	(105;114)

Příloha B

Souhrnná data z korelační analýzy

Z důvodu velikosti je souhrnná tabulka párových korelačních koeficientů rozdělena do tří částí a prázdné buňky jsou pro snazší prezentaci výsledků odstraněny, viz Tabulka 8 a, b, c.

Tabulka č. 8a. Párové korelační koeficienty mezi kvalitativními ukazateli vlákenného materiálu, příze a tkanin

	kvalitativní ukazatele vlákenného materiálu							
kvalitativní ukazatele vlákenného materiál		CO_{waste} [%]	L_n [mm]	L_n CV [%]	SFC_n [%] <12,7 [mm]	Neps [Cnt/g]	$Trash_{vl.m}$ [Cnt/g]	$Dust_{vl.m}$ [Cnt/g]
	CO_{waste} [%]	1						
	L_n [mm]	**-0,997**	1					
	L_n CV [%]	**0,996**	**-0,995**	1				
	SFC_n [%] <12,7 [mm]	**0,994**	**-0,999**	**0,994**	1			
	Neps [Cnt/g]	**0,987**	**-0,993**	**0,976**	**0,991**	1		
	$Trash_{vl.m}$ [Cnt/g]	**0,990**	**-0,997**	**0,985**	**0,996**	**0,995**	1	
	$Dust_{vl.m}$ [Cnt/g]	**0,992**	**-0,996**	**0,984**	**0,995**	**0,999**	**0,995**	1
kvalitativní ukazatele příze	Z [m^{-1}]	**0,992**	**-0,981**	**0,980**	**0,974**	**0,975**	**0,973**	**0,977**
	T_{exp} [tex]	0,799	-0,806	0,766	0,803	0,857	0,802	0,853
	CV_m [-]	0,857	-0,862	0,887	0,874	0,825	0,832	0,852
	H [-]	**0,980**	**-0,977**	**0,959**	**0,970**	**0,990**	**0,976**	**0,987**
	S_{12} [1/100 m]	0,655	-0,668	0,600	0,658	0,750	0,685	0,728
	S_3 [1/100 m]	0,108	-0,081	0,024	0,055	0,177	0,090	0,148
	R [$cNtex^{-1}$]	**-0,980**	**0,974**	**-0,985**	**-0,971**	**-0,946**	**-0,967**	**-0,952**
	ε_p [%]	-0,835	0,845	-0,808	-0,835	-0,866	-0,878	-0,843
	Lint generation [$mgkm^{-1}$]	**0,995**	**-0,999**	**0,993**	**0,999**	**0,992**	**0,999**	**0,994**
	O [tex^{-1}]	-0,363	0,379	-0,395	-0,382	-0,321	-0,410	-0,314
	$Trash_{count.p}$ [km^{-1}]	**0,995**	**-0,989**	**0,998**	**0,988**	**0,967**	**0,979**	**0,975**
	$Dust_{count.p}$ [km^{-1}]	**0,994**	**-0,997**	**0,985**	**0,994**	**0,998**	**0,995**	**0,999**
kvalitativní ukazatele tkanin	$D_{u.exp}$ [Cnt/10 cm]	-0,889	**0,917**	-0,885	**-0,918**	**-0,924**	**-0,943**	**-0,912**
	ρ_s[g/m2]	0,875	-0,848	0,845	0,836	0,865	0,825	0,870
	R_o [N/5 cm]	0,660	-0,597	0,652	0,580	0,553	0,552	0,573
	R_u [N/5 cm]	**-0,961**	**0,947**	**-0,969**	**-0,943**	**-0,910**	**-0,935**	**-0,920**
	ε_{po} [%]	0,134	-0,102	0,146	0,107	0,087	0,036	0,125
	ε_{pu} [%]	-0,310	0,377	-0,288	-0,385	-0,447	-0,436	-0,414
	Odolnost v oděru tkaniny [Počet cyklu do porušeni]	-0,707	0,729	-0,664	-0,725	-0,802	-0,746	-0,784
	Celkový počet SCFs	0,500	-0,456	0,541	0,454	0,356	0,414	0,388
	$Trash_t$[km^{-1}]	0,809	-0,797	0,764	0,785	0,847	0,790	0,840
	$Dust_t$ [km^{-1}]	0,479	-0,435	0,521	0,433	0,333	0,393	0,366

Tabulka č. 8b. Párové korelační koeficienty mezi kvalitativními ukazateli vlákenného materiálu, příze a tkanin – pokračování

	kvalitativní ukazatele příze												
kvalitativní ukazatele příze		Z [m^{-1}]	T_{exp} [tex]	CV_m [-]	H [-]	S_{12} [1/100 m]	S_3 [1/100 m]	R [cNtex^{-1}]	ε_p [%]	*Lint generation* [mgkm^{-1}]	O[tex^{-1}]	*Trash* $_{count.p}$ [km^{-1}]	*Dust* $_{count.p}$ [km^{-1}]
	Z [m^{-1}]	1											
	T_{exp} [tex]	0,795	1										
	CV [-]	0,804	0,708	1									
	H [-]	**0,984**	0,877	0,781	1								
	S_{12} [1/100 m]	0,672	**0,937**	0,434	0,787	1							
	S_3 [1/100 m]	0,197	0,503	-0,194	0,293	0,693	1						
	R [cNtex^{-1}]	**-0,973**	-0,664	-0,823	**-0,931**	-0,513	0,021	1					
	ε_p [%]	-0,847	-0,623	-0,468	-0,864	-0,665	-0,228	0,841	1				
	Lint generation [mgkm^{-1}]	**0,979**	0,792	0,848	**0,975**	0,661	0,072	**-0,977**	-0,861	1			
	Odletky [tex^{-1}]	-0,338	0,190	-0,170	-0,253	0,205	0,545	0,517	0,578	-0,409	1		
	$Trash_{count.p}$ [km^{-1}]	**0,984**	0,738	0,869	**0,955**	0,574	0,023	**-0,993**	-0,814	**0,988**	-0,420	1	
	$Dust_{count.p}$ [km^{-1}]	**0,985**	0,842	0,837	**0,991**	0,722	0,161	**-0,960**	-0,858	**0,995**	-0,332	**0,979**	1
kvalitativní ukazatele tkanin	$D_{u.exp}$ [Cnt/10 cm]	-0,860	-0,686	-0,675	-0,883	-0,645	-0,010	0,883	**0,938**	**-0,928**	0,574	-0,875	**-0,912**
	ρ_s [g/m^2]	**0,907**	0,886	0,727	**0,916**	0,772	0,486	-0,797	-0,642	0,834	0,074	0,844	0,875
	R_o [N/5 cm]	0,719	0,390	0,539	0,618	0,218	0,201	-0,691	-0,391	0,587	-0,117	0,687	0,596
	R_u [N/5 cm]	**-0,960**	-0,609	-0,813	**-0,900**	-0,441	0,048	**0,994**	0,800	**-0,949**	0,523	**-0,982**	**-0,930**
	ε_{po} [%]	0,129	0,361	0,469	0,119	0,123	0,135	-0,036	0,395	0,066	0,693	0,129	0,106
	ε_{pu} [%]	-0,260	-0,477	-0,149	-0,391	-0,620	-0,141	0,235	0,576	-0,391	0,224	-0,250	-0,397
	Odolnost v oděru tkaniny [Počet cyklu do porušeni]	-0,703	**-0,958**	-0,539	-0,817	**-0,985**	-0,561	0,568	0,682	-0,722	-0,138	-0,632	-0,773
	Celkový počet SCFs	0,510	-0,029	0,521	0,350	-0,272	-0,418	-0,626	-0,242	0,456	-0,510	0,580	0,407
	$Trash_t$ [km^{-1}]	0,838	**0,963**	0,624	0,898	**0,925**	0,630	-0,692	-0,667	0,785	0,174	0,752	0,840
	$Dust_t$ [km^{-1}]	0,488	-0,055	0,505	0,327	-0,298	-0,436	-0,608	-0,224	0,435	-0,516	0,560	0,385

Tabulka č. 8c. Párové korelační koeficienty mezi kvalitativními ukazateli vlákenného materiálu, příze a tkanin – pokračování

	kvalitativní ukazatele tkanin										
kvalitativní ukazatele tkanin		$D_{u.exp}$ [Cnt/10 cm]	ρ_s [g/m^2]	R_o [N]	R_u [N]	ε_{po} [%]	ε_{pu} [%]	*Odolnost v oděru tkaniny* [Počet cyklu do porušeni]	*Celkový počet SCFs* [km^{-1}]	$Trash_t$ [km^{-1}]	$Dust_t$ [km^{-1}]
	$D_{u.exp}$ [Cnt/10 cm]	1									
	ρ_s [g/m^2]	-0,621	1								
	R_o [N/5 cm]	-0,297	0,770	1							
	R_u [N/5 cm]	0,830	-0,789	-0,753	1						
	ε_{po} [%]	0,266	0,427	0,407	-0,067	1					
	ε_{pu} [%]	0,656	-0,102	0,470	0,129	0,473	1				
	Odolnost v oděru tkaniny [Počet cyklu do porušeni]	0,718	-0,759	-0,178	0,491	-0,129	0,683	1			
	Celkový počet SCFs [km^{-1}]	-0,250	0,360	0,795	-0,704	0,185	0,538	0,241	1		
	$Trash_t$ [km^{-1}]	-0,644	**0,955**	0,561	-0,655	0,336	-0,332	**-0,907**	0,075	1	
	$Dust_t$ [km^{-1}]	-0,233	0,334	0,781	-0,687	0,176	0,548	0,266	**0,9996**	0,048	1