



# Třecí vlastnosti skaných přízí

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 – Textil  
*Studijní obor:* 3106R016 – Textilní technologie, materiály a nanomateriály  
*Autor práce:* **Ondřej Martínek**  
*Vedoucí práce:* Ing. Eva Moučková, Ph.D.





## Bachelor thesis

*Study programme:* B3107 – Textil  
*Study branch:* 3106R016 – Textile Technologies, Materials and Nanomaterials  
*Author:* **Ondřej Martínek**  
*Supervisor:* Ing. Eva Moučková, Ph.D.



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

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

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

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

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:



## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Evě Moučkové Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky. Děkuji také katedře textilních technologií za jejich pomoc při vypracování této práce, zejména vedoucí laboratoře Šárce Řezníčkové za asistenci při prováděných měření.

Mé poděkování patří především rodičům a přátelům za podporu poskytovanou po celou dobu mého studia.

## **Anotace**

Práce se zabývá hodnocením vlivu počtu jednoduchých přízí v přízi skané a úrovně skacího zákrutového koeficientu na koeficient tření příze o válcovou plochu, reprezentovanou párem kovových a keramických kolíků, a koeficient tření příze o přízi.

Rešeršní část práce je věnována základní charakteristice příze se zaměřením na její strukturu a technologii výroby. Dále se věnuje smykovému a vláknovému tření. Největší pozornost je věnována tření textilií.

Experimentální část práce zahrnuje predikci výsledků vlivu počtu jednoduchých přízí a zákrutu skané příze. Dále se zabývá několika způsoby metod měření tření přízí o pevný materiál a příze o přízi, poté probíhá komparace predikce a naměřených hodnot. Na závěr je hodnocen vliv možných faktorů na vzniklé odchylky a kolísání třecího koeficientu.

## **Annotation**

The thesis deals with evaluation of influence of single yarn number in plied yarn and plied yarn twist level on the yarn friction coefficient against a cylindrical surface represented by a pair of metal and ceramic pins, as well as a yarn to yarn friction.

The research part is dedicated to a basic characteristics of yarn with focus on its structure and manufacturing technology. It also pursues information about sliding and fibre friction. Most attention si paid to textile friction.

The experimental part contains the result prediction of yarn number and twist level influence of plied yarn on yarn frictional properties. It concerns with numerous methods of measurement of yarn to solid material and yarn to yarn friction, then the comparison between prediction and measurement takes place. In conclusion, an influence of numerous factors to possible deviations and fluctuation of friction coefficient is evaluated.

## **Klíčová slova**

Třecí vlastnosti – frictional properties

skaná příze – plied yarn

zákrut – twist

jemnost příze – linear mass

příze o přízi – yarn to yarn

příze o kov – yarn to metal

příze o keramiku – yarn to ceramic

## Seznam symbolů a zkratk:

$a$	[ $\text{ktex}^{2/5}\text{m}^{-1}$ ]	Phrixův zákrutový koeficient
$d$	[mm]	průměr příze
$d_e$	[mm]	průměr vláken s kruhovým průřezem
$d_s$	[mm]	substanční průměr příze
$D$	[mm]	průměr příze u šroubovicového modelu
$e$	[-]	Eulerovo číslo
$f$	[1]	součinitel tření
$F_t$	[N]	třecí síla
$H$	[-]	index chlupatosti
$IS\ 95$		95 % interval spolehlivosti
$l$	[km]	délka
$m$	[g]	hmotnost
$M$	[Nm]	ohybový moment
$n$	[1]	počet ovinů
$N$	[N]	normálová síla
$Nm$	[-]	číslo metrické
$px$		pixel
$P$	[ $\text{mm}^2$ ]	souhnná plocha vláken v příčném řezu
$P_c$	[ $\text{mm}^2$ ]	celková plocha příčného řezu
$r$	[mm]	poloměr
$s$		směrodatná odchylka
$s_e$	[ $\text{mm}^2$ ]	plocha tvaru elipsy v příčném řezu šroubovicového modelu
$s_o$	[ $\text{mm}^2$ ]	plocha vláken s dokonalým kruhovým průřezem
$S$	[N]	síla vyvíjená pružinou
$S^2$		rozptyl
$S_p$	[ $\text{mm}^2$ ]	substanční průřez příze
$S_{ps}$	[1]	koeficient seskání
$t_\alpha$		hodnota Studentova rozdělení
$T$	[tex]	jemnost příze
$Td$	[den]	titr denier

$T_s$	[tex]	přepočtené hodnoty jemnosti skaných přízí
$T_l$	[cN]	předpětí (napětí na vstupu)
$T_2$	[cN]	napětí na výstupu
$V$	[mm <sup>3</sup> ]	objem vláken
$V_c$	[mm <sup>3</sup> ]	celkový objem příze
$x_i$		jednotlivé hodnoty
$\bar{x}$		aritmetický průměr
$y$		počet hodnot
$Z$	[m <sup>-1</sup> ]	počet zákrutů u šroubovicového modelu
$Z_s$	[m <sup>-1</sup> ]	velikost naměřeného skacího zákrutu
$Z_{sp}$	[m <sup>-1</sup> ]	velikost skacího strojového zákrutu
$Z_{ps}$	[m <sup>-1</sup> ]	počet zákrutů ve skané přízi
$Z_{pp}$	[m <sup>-1</sup> ]	počáteční počet zákrutů
$\alpha$	[rad]	úhel opásání
$\alpha_p$	[ktex <sup>1/2</sup> m <sup>-1</sup> ]	Koechlinův zákrutový koeficient
$\alpha_s$	[ktex <sup>1/2</sup> m <sup>-1</sup> ]	skací zákrutový koeficient
$\alpha_{sp}$	[ktex <sup>1/2</sup> m <sup>-1</sup> ]	teoretický skací zákrutový koeficient
$\beta$	[rad]	vrcholový úhel svíraný přízemi
$\beta_s$	[rad]	úhel stoupání šroubovice
$\delta_s$	[%]	seskání
$\zeta$	[mm]	délka vlákenného svazku po rozkroucení
$\zeta_0$	[mm]	délka vlákenného svazku před rozkroucením
$\mu$	[1]	zaplnění příze
$\pi$	[-]	Ludolfovo číslo

# Obsah

1 Úvod.....	8
Rešeršní část.....	9
2 Tření.....	9
2.1 Smykové tření.....	9
2.2 Vlákňové tření.....	10
2.3 Měření tření a třecího koeficientu.....	11
3 CTT.....	16
4 Polyester.....	17
5 Rotorové dopřádání.....	18
5.1 Struktura rotorové příze.....	19
6 Skaní.....	20
6.1 Prstencový skací stroj.....	20
7 Vybrané vlastnosti příze.....	22
7.1 Jemnost příze.....	22
7.2 Zaplnění příze.....	23
7.3 Průměr příze.....	23
7.4 Zákrut.....	24
7.5 Šroubovicový model.....	24
7.6 Zákrutové koeficienty.....	25
7.6.1 Měření skacích zákrutů.....	26
7.7 Chlupatost příze.....	26
7.7.1 Způsob měření chlupatosti na přístroji USTER-TESTER.....	26
8 Názory a provedené experimenty v literatuře.....	28
9 Statistické zpracování provedených měření.....	30
9.1 Normalita a homogenita.....	30
9.2 Aritmetický průměr.....	30
9.3 Směrodatná odchylka.....	31
9.4 95% interval spolehlivosti.....	31
Experiment.....	32
10 Charakteristika použitého materiálu.....	33
10.1 Podélný pohled.....	35
10.2 Příčný pohled.....	40
11 Měření koeficientu tření.....	41
11.1 Měření tření příze o kolíky.....	41
11.1.1 Tření příze o kovový kolík.....	42
11.1.2 Tření příze o keramický kolík.....	46
11.2 Měření tření příze o přízi.....	51
12 Měření chlupatosti.....	56
13 Závěr.....	59

# 1 Úvod

Tření délkových textilních materiálů hraje významnou roli při velkém množství procesů souvisejících s textilní výrobou. K využití třecích sil dochází již od začátku výroby délkových, a poté i plošných textilií. Již během přádelnických procesů výroby vláknenných útvarů, jako je pramen, přást nebo příze, je tření využito ke zpevnění a zachování celistvosti těchto útvarů, a to pomocí mezivláknenného tření. V případě přástu a příze toho je dosaženo pomocí udílení zákrutu, který může být jak pravý, tak nepravý. Negativní vliv tření v přádelnických procesech je patrný v případě rozvláknování, které je součástí mykacího procesu, kdy třecí síly brání rozvláknění. Je ale také příčinou vzniku problémů při protahování.

S třením se samozřejmě setkáváme i u procesu výroby plošných textilních útvarů, jako jsou pleteniny, tkaniny, nebo netkané textilie (např. plstě). V mnoha případech ale není tření k užítku, ale spíš na obtíž. Během výroby totiž může dojít k narušení mechanických vlastností přízí třením ještě předtím, než dojde k jejich zapojení do plošné textilie. Tím může dojít k následnému znehodnocení textilie, nebo snížení či eliminaci požadovaných vlastností konečného produktu. Existují tedy prostředky pro snižování tření během procesů, jako je například šlichtování v případě tkaní.

Tření je komplexní fyzikální jev, při kterém hraje významnou roli spousta parametrů. V textilním prostředí je významným faktorem struktura příze, která je mnohdy ne zcela pravidelná a zpravidla obsahuje určitý podíl přečnávajících vláken. Záleží také ve velké míře na použitém materiálu a zušlechťovacích procesech, kterými materiál prošel, stejně tak jako na technologii jeho zpracování do podoby příze.

Cílem bakalářské práce je zjistit, zda některé strukturní parametry skané příze, konkrétně počet jednoduchých přízí a skací zákrutový koeficient, mají vliv také na její třecí vlastnosti.

## Rešeršní část

V této části práce jsou uvedeny základní parametry příze související s třením textilií, stejně jako informace úzce související s použitým textilním materiálem, jeho přípravou a v práci zkoumanými ději.

## 2 Tření

### 2.1 Smykové tření

Tření je jev vznikající při pohybu pevných těles, které jsou spolu v těsném kontaktu. Tření s kapalnými nebo plynnými tělesy se označuje jako odpor prostředí. Třecí síla působí vždy proti pohybu tělesa. [1]

Smykové tření vzniká mezi tělesy při posuvném pohybu. Studie tření materiálů je založena na dvou klasických zákonech tření, které byly pravděpodobně poprvé nastíněny Leonardem da Vinci, publikovány Gillaumem Amontonsem v roce 1699 a plně přijaty vědeckou obcí až poté, co byly experimentálně ověřeny Coulombem. Tyto zákony tvrdí, že velikost třecí síly přímo úměrně závisí na přitlačné kolmé síle, která tlačí obě tělesa k sobě kolmo proti jejich povrchu (Amontonsův 1. zákon tření), a kvalitě povrchu těles. Třecí síla nezávisí na velikosti povrchu těles (Amontonsův 2. zákon tření) a pro malé rychlosti ani na rychlosti mezi tělesy (Coulombův zákon tření). Rozlišuje se statické a kinematické smykové tření. Pro velký rozsah rychlostí je smykové tření téměř konstantní, ale v případě uvádění tělesa do pohybu je tření větší, než u tělesa, které se pohybuje. Velikost smykového tření za pohybu dvou těles je obvykle menší, než statické smykové tření pro stejné povrchy. [1, 2, 3]

Matematicky lze Amontonsův zákon tření vyjádřit jako

$$F_t = f N \quad (1)$$

kde  $F$  [N] reprezentuje třecí sílu působící paralelně k povrchu a v opačném směru, než se těleso pohybuje.  $f$  [1] je součinitel tření a  $N$  [N] je normálová síla působící kolmo na těleso. Součinitel smykového tření je fyzikální veličina udávající poměr třecí síly a kolmé normálové síly mezi tělesy při smykovém tření.

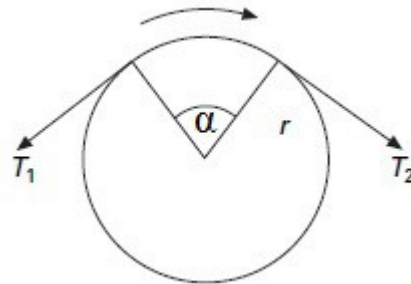
Síly smykového tření vznikají tak, že do sebe zapadají mikroskopické hrbolky



a nerovnosti dotýkajících se povrchů. Ke vzniku těchto sil dochází také díky elastickým deformacím v místech těchto nerovností, stejně jako soudružností těles v těchto oblastech. Vzdálenosti mezi částicemi těles v těchto místech jsou tak malé, že dochází k mezimolekulárnímu přitahování. [21]

## 2.2 Vláknové tření

Při smýkání příze po nehybné válcové ploše dochází mezi přízí a válcovou plochou ke vzniku třecí síly. Velikost této síly závisí na úhlu opásání  $\alpha$  [rad] příze a na součiniteli smykového tření  $f$  (viz Ilustrace 1). Úhel opásání je určen podle toho, na jaké části obvodu válcové plochy se příze dotýká (viz Obr. 1). [4]



Obr. 1: Tření příze o válcovou plochu [2]

Při průchodu příze přes válcovou plochu musí dojít ke zvýšení napětí působícího na přízi o takové množství, aby byl překonán odpor způsobený třením. Z Amontonsova zákona pak vyplývá, že

$$T_2 = T_1 e^{f\alpha} \quad (2)$$

kde  $T_2$  [cN] představuje výstupní napětí,  $T_1$  [cN] vstupní napětí a  $\alpha$  [rad] reprezentuje úhel opásání příze na válcové ploše. [2]

Jak zmiňují Morton a Hearle [2], ve skutečnosti se tyto zákony nedají univerzálně uplatnit. Studium vlákenného tření bylo a stále je z velké části založeno na experimentech a pozorování odchylek od těchto zákonů a především důvodů a důsledků, které k těmto odchylkám vedou.

Tření je zároveň síla, která drží vlákna v přízi pohromadě. V případě, že je třecí

síla nízká, pevnost a soudružnost příze bude klesat. V tomto případě je vysoká hodnota třecí síly výhodou, protože umožňuje lepší využití pevnosti jednotlivých vláken v přízi. Pokud třecí síla, držící vlákna v přízi, bude malá, dojde při tahovém napětí ke klouzání vláken po sobě a hrozí přetrh příze. Zároveň nebudou využity některé vlastnosti jednotlivých vláken v přízi, zejména jejich tažnost a pevnost. [2]

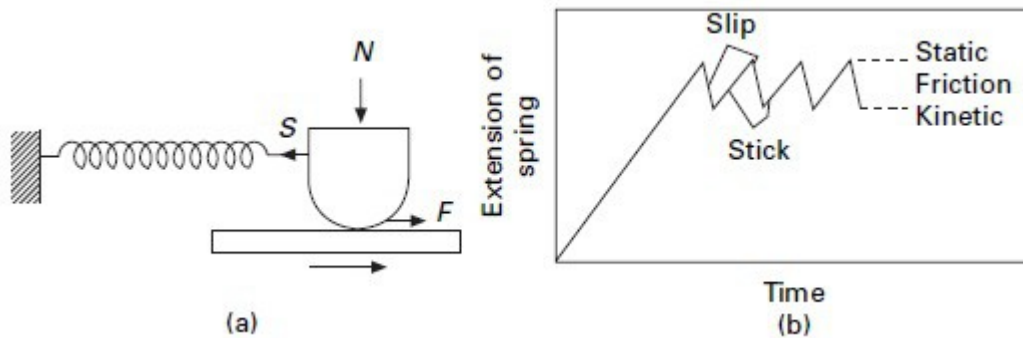
Ve spoustě případech je ale tření více na obtíž, než k užitku. V případě, že příze prochází přes vícero válcových ploch, tak výsledný úhel opásání bude součtem jednotlivých úhlů opásání. V takovém případě také roste napětí příze a může dojít až k jejímu nevratnému poškození, nebo přetrhu. Pokud není záměrem poškození příze (např. k desinatérským účelům), je vhodné držet hodnotu třecí síly na co nejnižší úrovni.

### 2.3 Měření tření a třecího koeficientu

Je možné se setkat s několika různými způsoby měření třecí síly, nebo součinitele smykového tření v textilních útvarech. Jedním z primitivnějších systémů pro měření součinitele tření je princip uvedený v [8], který využívá nakloněné plochy.

Blok pokrytý textilií je umístěn na plochu pokrytou téže textilií, kterou je možné naklánět. Úhel nakloněné plochy je postupně zvyšován až do momentu, kdy začne docházet ke klouzání bloku umístěném na nakloněné ploše. Koeficient tření tak odpovídá tangente zjištěného úhlu náklonu.

Pro základní zkoumání tření je dle [2] nejlepší metodou aparát vyvinutý Bowdenem a Lebenem (viz Obr. 2), který zároveň reprezentuje způsob měření tření, který je využit ve většině zařízení. Princip měření tímto aparátem spočívá v tom, že zatížený posuvník tlačí na spodní plát, který se pohybuje konstantní rychlostí. Síla tření táhne posuvník společně se spodním plátem až do té míry, kdy je síla  $S$  [N] vyvíjená pružinou, připojenou na posuvník, vyrovnána s třecí silou  $F$  [N]. Prodloužení pružiny tedy přímou měrou odpovídá třecí síle  $F$  [N].

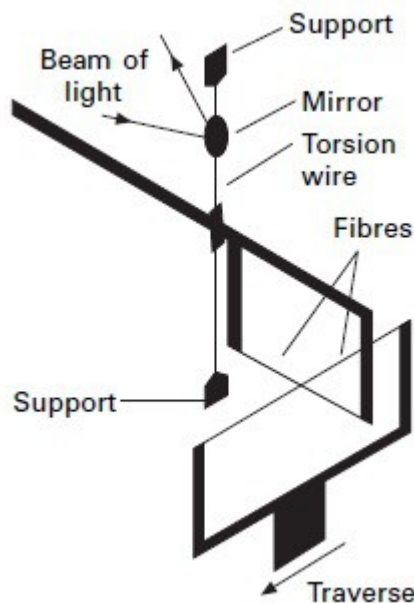


Obr. 2: (a) Bowdenův a Lebenův aparát. (b) Slip-Stick stopa [2]

U statického smykového tření je síla do momentu, kdy posuvník začne klouzat, větší, než u smykového tření kinematického. Jakmile tedy začne posuvník prokluzovat, je silou pružiny posouván zpět tak dlouho, než se napětí v pružině sníží z hodnoty odpovídající statickému smykovému tření na hodnotu kinetického smykového tření. [2]

Posuvník tak bude pokračovat v klouzání takovou vzdálenost, než je zpomalen a zastaví se. Poté se znovu pohybuje vpřed společně se spodním plátem působením třecí síly. Ukázkou tohoto chování je možné pozorovat na záznamu protažení pružiny (Obr. 2 (b)). Projevuje se typickou stopou, tzv. stick-slip, kdy rostoucí hodnoty protažení pružiny reprezentují moment, kdy na posuvník působí třecí síla a ten se pohybuje společně se spodním plátem, tzv. stick efekt. Naopak klesající hodnoty ukazují moment, kdy síla  $S$  [N] vyvíjená pružinou překoná třecí sílu mezi posuvníkem a spodním plátem. Dochází tak k prokluzu posuvníku a tzv. slip efektu. [2]

Takto lze měřit tření vláken a přízí o pevný povrch, a to tak, že vlákna nebo příze jsou umístěny na podložku, na kterou tlačí posuvník. Je možné tímto typem aparátu měřit i tření příze o přízi, kdy jsou příze umístěny do rámců za nízkého napětí a poté třeny o sebe. Jeden rám s přízí tak má roli spodního plátu a druhý rám s přízí funguje jako posuvník. Jeho pohyb je tak omezen pružinou a její výchylky lze zaznamenat graficky pomocí stylusu, nebo fotograficky pomocí odrazu od zrcátka umístěného na pružině. Z tohoto záznamu je poté možné vypočítat hodnoty pro statické a kinematické smykové tření. [2]



Obr. 3: Aparát Guthrie a Oliver [2]

Od výše popsané metody je odvozeno několik dalších metod a podobných instrumentů, jako byl například aparát použitý Guthriem a Oliverem. Vlákno či příze je umístěna do rámu, jako v předchozím případě. Rám s přízí, který má roli posuvníku je ale otočný a rotuje až do té chvíle, kdy dojde k takovému nárůstu síly, aby došlo k prokluzu (viz Obr. 3). [2]

Ačkoliv jsou dříve zmíněné metody vhodné k základnímu pozorování tření vláken a přízí, nejsou tolik vhodné k rychlému technickému vyhodnocení koeficientu tření. Pro tento účel se měří přebytečné napětí nutné k tažení příze přes válcovou plochu. Výpočet součinitele smykového tření je znám jako Eulerův vztah (3).

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{f\alpha} \quad (3)$$

V tomto případě lze rozlišovat mezi statickou a dynamickou metodou měření. Statická metoda spočívá v umístění příze přes válcovou plochu a její zatížení na jednom konci malým závažím o známé hmotnosti. Hmotnost závaží na druhém konci příze je postupně snižována až do té míry, kdy začne docházet ke klouzání příze po válcové ploše. Dynamická metoda je prováděna tak, že příze probíhá kontinuálně přes válcovou plochu. Typický moderní přístroj obsahuje prostředky, jak táhnout přízi přes válcovou plochu se zařízením pro měření napětí na každé straně. [2]

Síly v oblasti kontaktu jsou ovlivněny tuhostí vláken v ohybu. Eulerův vztah lze

poměrně spolehlivě použít v případě, že průměr příze nebo vlákna je malý v porovnání s průměrem válcové plochy (kolíku). Velmi záleží na úhlu, ve kterém příze přichází do kontaktu s kolíkem. Je udáváno, že poměr napětí  $T_2/T_1$  se může zvýšit až o 20 % při změně úhlu z  $0^\circ$  na  $45^\circ$ .

Další chyba může nastat díky hysterezi ohybu. Energie je soustředěna nejen na překonání třecí síly, ale také na cyklus, při kterém dojde k ohybu příze a následně jejímu rovnání. Tímto cyklem prochází každá část materiálu podrobená testování. Práce potřebná k poskytnutí této energie se projeví jako ztráta při tření a může způsobit, že naměřené tření bude nabývat větších hodnot, než by mělo. Bylo zjištěno, že přírůstek třecí síly se rovná (4).

$$\Delta M / r \quad (4)$$

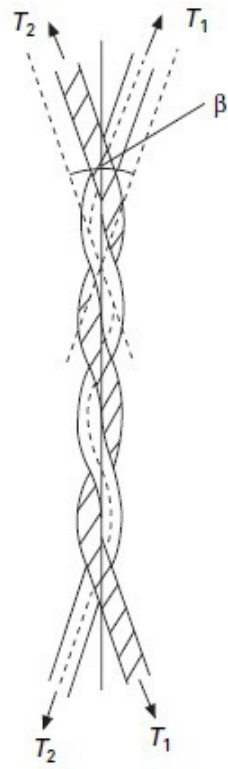
Kde  $\Delta M$  [Nm] je rozdíl ohybového momentu v ohybu a následného zotavení a  $r$  [mm] je poloměr válcové plochy. Chyby se tak dá vyvarovat použitím válcové plochy s velkým poloměrem. [2]

Pro měření mezivláčenného tření a tření příze o přízi, byla vyvinuta metoda, při které se příze zakroučí o sebe samu, jak je demonstrováno na Obr. 4. Když je rozdíl mezi napětím na obou koncích příze zvýšen, nakonec dojde k prokluzu přízi. Jinými slovy, v případě, že máme takto zakroucenou přízi a začneme působit zvyšující se tahovou silou na jeden z jejich konců, dojde časem k překonání třecí síly a příze začne klouzat. Tento jev lze vyjádřit vzorcem (5).

$$f = \log_e \frac{T_2}{\pi n \beta T_1} \quad (5)$$

Kde  $T_2$  [cN] a  $T_1$  [cN] představují napětí v přízích,  $n$  je počet ovinů a  $\beta$  [rad] je vrcholový úhel, který spolu svírají osy příze zakrouceného elementu. Stejně jako v případě předchozích aparátů, rozlišuje se mezi zařízeními pro měření statickou nebo dynamickou metodou.

Přístroje jsou koncipovány stejným způsobem, jako pro měření součinitele smykového tření o pevný povrch s tím rozdílem, že válcová plocha je nahrazena zakroucenou přízí. Udržení úhlu, který příze svírají je docíleno vedením příze přes kladky. [2]



Obr. 4: Tření příze o příze [2]

### 3 CTT

CTT, nebo-li Constant Tension Transport je přístroj vyvinutý firmou Lawson Hemphill inc. sídlící v USA. Jedná se o přístroj, který vede přízi pod konstantním napětím a v rychlostech mezi 20 a 360 m.min<sup>-1</sup>. Zařízení, vyobrazené v Obr. 5, umožňuje měření velké skupiny testů díky výměnným modulům, kterými lze doplňovat základní jednotku dle požadovaného měření. Napětí příze ,procházející měrným ústrojím zařízení CTT, je udržováno pomocí výměnných ramen. Ty svým vychýlením kompenzují napětí v průběhu měření. [11]

Během měření součinitele tření byl použit modul DTT s nastavci 275-29-1A pro měření tření příze o pár keramických nebo kovových kolíků a 275-30-1A pro měření součinitele tření příze o přízi. Povrch kovových kolíků má povrchovou drsnost  $Ra$  [ $\mu\text{m}$ ] 0,2  $\mu\text{m}$  a keramických 1,6  $\mu\text{m}$  (dle informací od Lawson Hemphill). [11]



*Obr. 5: Zařízení CTT bez nastavců [28]*

## 4 Polyester

Polyesterová vlákna jsou synteticky vyrobená vlákna. Patří mezi ně vlákna z polyethyltereftalátu (PET), polybutyltereftalátu (PBT) a polytrimethyltereftalátu (PTT). Označením PES jsou zpravidla míněna vlákna polyethyltereftalátová (PET). Chemicky se jedná o makromolekulu s hlavním řetězcem  $[-CO-O-]$ . Základní surovinou pro výrobu PES je ropa, ze které je získán dimethyltereftalát a glykol. Jejich polykondenzací poté vzniká polyethyltereftalát. Pro výrobu se používá buď zvlákňování, nebo diskontinuální zpracování, kdy je nejprve vyroben a usušen granulát, který je následně taven a zvlákňován. [9]

Mezi některé vlastnosti polyesterových vláken patří vysoký modul, vysoká úroveň elastického zotavení a nízká tepelná vodivost. Celkově mají PES vlákna dobré mechanické vlastnosti jako je odlonost vůči oděru, dobrá termická odolnost, rychlé schnutí, snadná údržba a tvarová stabilita. Jejich nevýhodou je jejich sklon ke tvorbě žmolků.

Polyesterová vlákna patří mezi nejrozšířenější syntetická vlákna. S tím souvisel i vznik a vývoj speciálních trysek, díky kterým je možné vyrobit vlákna o různých průřezech dle požadavků na finální užití. Ve velké míře se používají ve směsích s jinými vlákny, zejména s bavlnou, nebo vlnou.



## 5 Rotorové dopřádání

Bezvřetenový rotorový spřádací systém se řadí k nekonvenčním systémům dopřádání, konkrétně k tzv. open end systémům. Jedná se o dopřádání s volným koncem. Zákrut se u tohoto typu dopřádání tvoří odlišně od konvenčních systémů, jakým je například prstencové dopřádání. Pro tuto skupinu dopřádacích systémů je typické oddělení procesu zakrucování a navíjení a také zajištění rotace volného konce příze. Jak zmiňuje Ursíny [5], hlavním rozdílem od konvenčních dopřádacích strojů je, že příváděcí a odváděcí orgány nerotují kolem osy zakrucovaného vlákenného svazku. V místě mezi odváděcím a krutným ústrojím dochází k osamostatnění vláken podávané vlákenné suroviny, kterou je zpravidla pramen. Ojednocení vláken a tak odstranění mezivlákných kontaktů je podstatnou podmínkou pro uskutečnění zakrucovacího procesu.

Do ojednocovacího ústrojí vstupuje pramen a dochází k jeho rozdělení až na jednotlivá vlákna, nebo malé skupiny vláken. Při ojednocení nesmí dojít k porušení vláken. Pramen vstupuje do zhušťovače, kde je sevřen mezi podávací váleček a přítlačný stoleček. Po opuštění stiskové zóny podávacího ústrojí přichází oblast vyčesávání. Vyčesávacím válcem s celokovovým povlakem jsou z pramene ojednocena vlákna nebo skupiny vláken, která jsou poté snímána oddělovacím nožem a působením proudu vzduchu přechází do vzduchového kanálu. Snímání je realizováno působením odstředivých sil a proudícího vzduchu ve vzduchovém kanálu. [5]

Vzduchový kanál dopraví vlákna ke skluzové stěně rotoru. Vlákenný tok, unášený vzduchem ve vzduchovém kanálku, je základem pro tvorbu stužky na sběrném povrchu rotoru, která je poté přetvářena na přízi. Spřádací rotor je zákrutovým orgánem rotorového dopřádacího stroje. Na sběrném povrchu rotoru se z vlákenného toku vytváří stužka vhodná k následnému zakroucení. Dochází zde ke sduřování krátkých úseků vlákenného toku, který tvoří stužku, a ta se zakrucováním přetváří v přízi. Počet zákrutů na jednotkovou délku je stanoven poměrem frekvence obíhání konce příze a odtahové rychlosti příze. Nestejnoměrnost stužky určuje i hmotnou nestejnoměrnost výsledné příze. [5]

## 5.1 Struktura rotorové příze

Od příze dopřádané na jiných dopřádacích systémech se rotorová příze charakteristicky liší. Pro srovnání s rotorovou přízí, příze zpevněna na prstencovém dopřádacím stroji má typicky urovnanou strukturu vláken na povrchu příze do tvaru šroubovice. Příze dopřádaná na systému s volným koncem, jakým je i rotorový dopřádací stroj, má charakteristickou strukturu. Vlákná tvořící přízi jsou uložena v určitém směru, který lze pozorovat, ale nejsou uložena tak pravidelně ve šroubovici, jako v případě prstencové příze. Naopak typický je výskyt nepravidelně rozmístěných míst, kde některá vlákna vytvořila ovin kolem ostatních vláken v průřezu příze, tzv. „ovinek“, viditelný na Obr. 6. Vzhledem k nepravidelnému rozmístění ovinků dochází k většímu kolísání zaplnění příze v různých průřezech. [10]



*Obr. 6: Rotorová příze s charakteristickými "ovinky" [10]*

## 6 Skaní

S výjimkou předenoskacích systémů probíhá skaní technologicky po dopřádání. Jedná se o spojení dvou a více jednoduchých přízí dohromady zakrucováním. Skanou přízí tak rozumíme délkový textilní útvar, který je složený ze dvou a více jednoduchých přízí spojených zakrutem. [5, 6]

Účelem skaní je zlepšení některých vlastností výsledné příze. Mezi očekávaná zlepšení patří zvýšení pevnosti, zvýšení tažnosti a snížení hmotové nestejnomy. Případně lze skáním dosáhnout různých efektů s uplatněním v návrhářství, jako jsou efektní příze, a to skáním přízí různých barev, nepravidelným podáváním, nebo skáním přízí o různých jemnostech. [5]

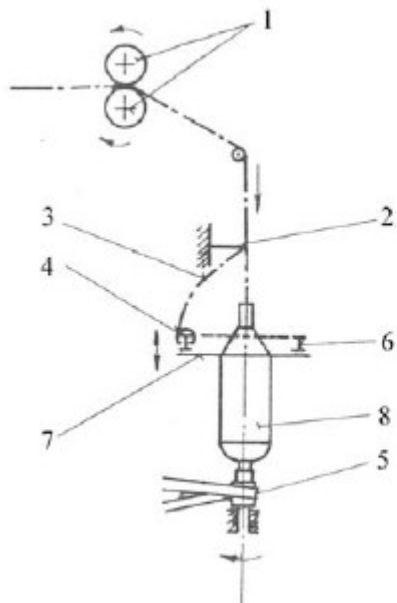
Stejně jako v případě dopřádání, může být udělován skané přízi zákut ve směru S i Z. Zvolený směr zákutu má vliv na pevnost, omak i vzhled finální příze. Nejčastěji se volí opačný směr skacího zákutu, než je směr zákutu u původní jednoduché příze. V případě této varianty je ale nutné počítat se ztrátou některých přádních zákutů. [5]

Rozlišujeme jednostupňové a vícestupňové skaní. Vícestupňové skaní je takové skaní, kdy v prvním kroku je vytvořena skaná příze z jednoduchých přízí a v dalším kroku už se seskává vícero skaných přízí. Existuje několik principů, jak seskat jednoduché příze. Patří mezi ně systémy prstencový, dvouzákrutový, nebo stupňový. [5, 6]

### 6.1 Prstencový skací stroj

Princip prstencového skacího stroje je podle Ursínyho [5] velmi podobný principu prstencového dopřadacího stroje. Rozdíl je v tom, že na místo průtahového ústrojí dopřadacího stroje je u skacího stroje podávací ústrojí. Způsob udělování zákutu je ale v podstatě stejný, jak ukazuje Obr. 7.

Stejně jako v případě prstencového dopřadacího stroje, je zakrucování prováděno pomocí obíhajícího běžce na prstenci. Pohyb běžce zajišťuje naháněné vřeteno prostřednictvím odváděné příze. Počet oběhů běžce není roven otáčkám vřetene, ale v průběhu navíjení se mění.



- 1...podávací ústrojí
- 2...vodič
- 3...balon
- 4...běžec
- 5...náhon vřetene
- 6...prstenec
- 7...prstencová lavice
- 8...cívka

*Obr. 7: Schéma prstencového skacího stroje [5]*

## 7 Vybrané vlastnosti příze

Za předpokladu, že jsou vlákna jednoduchých přízí v přízi skané uspořádána dle šroubovicového modelu geometrického uspořádání, můžeme při rozboru struktury skané příze vycházet ze vztahu

$$Z_{ps} = \frac{Z_{pp}}{S_{ps}} + \Delta Z_{ps} \quad (6)$$

kde  $Z_{ps}$  [ $m^{-1}$ ] je počet zákrutů v přízi po skaní,  $Z_{pp}$  [ $m^{-1}$ ] reprezentuje počáteční počet zákrutů v přízi,  $\Delta Z_{ps}$  [ $m^{-1}$ ] je změna počtu zákrutů v přízi, ke které dojde během skaní a  $S_{ps}$  [1] je koeficient seskání, který vyjadřuje změnu délky příze v důsledku skaní. S rostoucím počtem protisměrných skacích zákrutů klesá počet zákrutů v jednoduchých přízích, ze kterých je skaná příze složena [5].

Skání má příznivé účinky na zvýšení poměrné pevnosti a geometrickou strukturu příze, v porovnání s jednoduchou přízí. Vyrovnává hmotovou nestejnomyšlnost příze. Zároveň je zaznamenáno zlepšení tažnosti v souvislosti se skáním. Ve srovnání s jednoduchou přízí vznikají s rostoucím počtem zákrutů geometrické předpoklady pro zvýšení hodnot poměrného prodloužení.

### 7.1 Jemnost příze

Jemnost příze, nebo také délková hmotnost příze je definována jako podíl hmotnosti úseku příze  $m$  ku jeho délce  $l$ . Existuje několik jednotek, se kterými je možné se setkat. Běžně se pro vyjádření pevnosti užívá  $T$  [tex], vyjádřená jako hmotnost  $m$  [g] ku délce  $l$  [km]. Jemnost příze lze tak vypočítat jako

$$T = \frac{m}{l} \quad (7)$$

V praxi se běžně používá také číslo metrické  $Nm$ , jako poměr délky  $l$  [m] ku hmotnosti  $m$  [g]. nebo Titr denier  $Td$ , který je vyjádřen jako poměr hmotnosti  $m$  [g] ku délce  $l$  [9 km].  $Td$  se používá zejména v případě multifilu.

$$Nm = \frac{l}{m} \quad (8)$$

$$Td = \frac{m}{l} \quad (9)$$

## 7.2 Zaplnění příze

Zaplnění příze  $\mu$  [1] je podle Neckáře [18] charakterizováno jako podíl objemu vláken  $V$  [mm<sup>3</sup>] v úseku příze jednotkové délky ku celkovému objemu  $V_c$  [mm<sup>3</sup>] tohoto úseku příze. Tato charakteristika také odpovídá tvrzení, že se jedná o podíl plochy vláken v příčném řezu ku celkové ploše příčného řezu. Nabývá hodnot v intervalu od 0 do 1. Zaplnění lze tedy vyjádřit pomocí objemu jako:

$$\mu = \frac{V}{V_c} \quad (10)$$

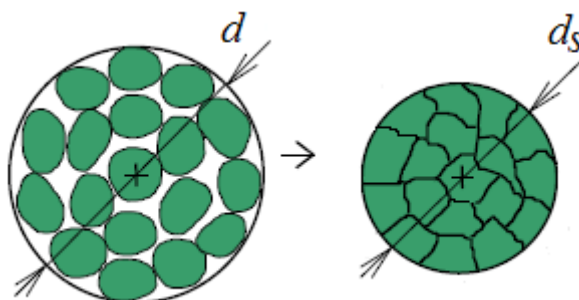
či pomocí plochy:

$$\mu = \frac{P}{P_c} = \frac{4S}{\pi d^2} = \frac{4T}{\pi d^2 \rho} = \left(\frac{d_s}{d}\right)^2 \quad (11)$$

kde  $P$  [mm<sup>2</sup>] reprezentuje souhrnnou plochu vláken v příčném řezu a  $P_c$  [mm<sup>2</sup>] celkovou plochu příčného řezu.

## 7.3 Průměr příze

Přesné určení průměru příze může být složitou záležitostí, proto bývá nahrazen hodnotou průměru pomyslného válce, ve kterém se nachází majoritní část vláken. Vzhledem k tomu, že průměr příze  $d$  [mm] neobsahuje pouze vlákna, ale také mezivláknenné póry, tj. prostor, který není zaplněn vlákny, ale vyplněn vzduchem, rozlišujeme také substanční průměr  $d_s$  [mm]. Substanční průměr si lze představit tak, že pomyslně stlačíme vlákenný útvar takovým způsobem, že ze něj bude vypuzen všechny vzduch a vlákna se natěsnají na sebe tak, aby mezi nimi nebyl žádný volný prostor [18]. Platí, že substanční průměr nabývá vždy nižších hodnot, než průměr příze.



Obr. 8: Průměr a substanční průměr příze [18]

## 7.4 Zákrut

Zákrut patří k nejčastějším způsobům zpevnování délkových textilií. Rozlišujeme mezi zákruty pravým a nepravým, kdy nepravý zákrut vzniká zaoblováním předlohy mezi dvěma stiskovými liniemi. Zákrut může být ve směru S nebo Z, jedná se o směr stoupání šroubovice zákrutu.

Zákrut příze je šroubovicové vinutí příze, které vzniká ve výrobě. Rozumíme tak počet ovinů na jednotkovou délku příze. Zákrut příze souvisí s jejím průměrem, zaplněním a jemností. Platí, že pro jemnější příze s menším počtem vláken v jejím průřezu je užít větší počet ovinů na jednotkovou délku. Tím dojde k většímu stlačování vláken v přízi, sníží se průměr a zvýší se zaplnění příze. [5]

S rostoucím zákrutem roste pevnost staplové příze až do optimální hodnoty zákrutu, poté pevnost klesá. Je všeobecně známo, že s rostoucím zákrutem klesá chlupatost příze.

## 7.5 Šroubovicový model

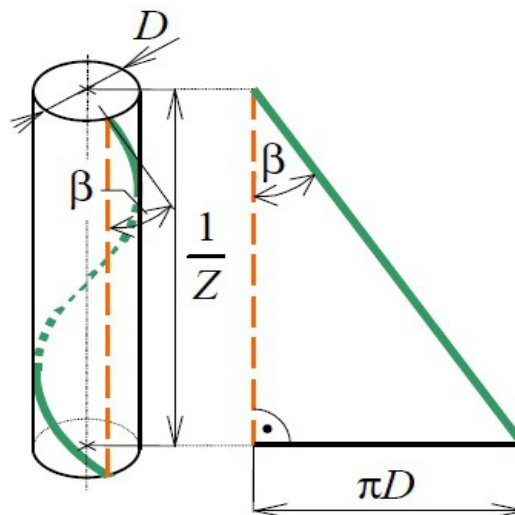
Pro popis rozložení vláken v přízi se všeobecně používá šroubovicový model, protože exaktní popis struktury příze je velmi složitý. Vychází se z předpokladů, že příze má tvar válce o průměru  $D$  [mm], osy vláken na povrchu příze tvoří soustavu šroubovic, vlákna jsou válcová s kruhovým průřezem o průměru  $d_e$  [mm] a ploše  $s_o$  [mm<sup>2</sup>]. Výška jednoho ovinu šroubovice je  $1/Z$ . Pro vztah mezi úhlem stoupání šroubovice  $\beta_s$  [rad] a zákrutem  $Z$  [m<sup>-1</sup>] platí

$$\tan \beta = \pi D Z \quad (12)$$

Zakroucené vlákno s kruhovým průřezem zanechává v příčném řezu přízi plochu  $s_e$  [mm<sup>2</sup>] ve tvaru elipsy, pro kterou platí

$$s_e = \frac{s_o}{\cos \beta_s} = s_o \sqrt{1 + (\tan \beta_s)^2} = s_o \sqrt{1 + (\pi D Z)^2} \quad (13)$$

kdy součet všech řezných ploch vláken v průřezu příze se rovná substančnímu průřezu  $S_p$  [mm<sup>2</sup>]. Substanční průřez příze je součet všech řezných ploch vláken, která se nacházejí v přízi. Je znám také ideální šroubovicový model, kdy je ve válci, reprezentujícím přízi, konstantní zaplnění [7]. Pomyslným rozvinutím jeho pláště vznikne trojúhelník, na kterém lze demonstrovat vztah (12) mezi úhlem stoupání šroubovice  $\beta_s$  a zákrutem  $Z$  který byl popsán výše.



Obr. 9: Šroubovicový model

## 7.6 Zákrutové koeficienty

Nejčastěji používanými zákrutovými koeficienty jsou Koechlinův a Phrixův. V praxi se jedná o konstanty závislé na zpracovávaném materiálu, technologii a finálnímu užití. Mezinárodně se běžně používá Koechlinův zákrutový koeficient. V českém prostředí nachází uplatnění i Phrixův zákrutový koeficient. Udává se, že Phrixův zákrutový koeficient se zpravidla používá pro příze a Koechlinův zákrutový koeficient pro přásty a hrubší vlákenné útvary. Pro Koechlinův zákrutový koeficient platí



$$\alpha = Z\sqrt{T} \quad (14)$$

kde  $\alpha_p$  [ktex<sup>1/2</sup>m<sup>-1</sup>] představuje Koechlinův zákrutový koeficient,  $Z$  [m<sup>-1</sup>] je množství zákrutů na délkovou jednotku a  $T$  [ktex] je jemnost zkoumaného vlákenného útvaru. Pro Phrixův zákrutový koeficient platí

$$a = Z T^{\frac{2}{3}} \quad (15)$$

kdy  $a$  [ktex<sup>2/3</sup>m<sup>-1</sup>] reprezentuje Phrixův zákrutový koeficient a stejně jako v předchozím případě,  $Z$  [m<sup>-1</sup>] je počet zákrutů na jednotku délky a  $T$  [ktex] představuje jemnost [7].

### **7.6.1 Měření skacích zákrutů**

Měření skacích zákrutů obecně probíhá rozkrucováním skané příze na zákrutoměru. Skaná příze se pod předpětím umístí do čelistí zákrtoměru a rozkrotí opačným směrem, než probíhalo skaní. Rozkroucení probíhá až do té míry, kdy jsou jednotlivé jednoduché příze ve skané přízi zcela oddělené. Poté je možné odečíst hodnotu otáček krutného aparátu zákrutoměru, která představuje počet udělených zákrutů na jednotku délky. Zároveň lze touto metodou zjistit seskání, nebo-li rozdíl délky jednoduchých přízi, před udělením skacího zákrutu, a délky příze skané.

## **7.7 Chlupatost příze**

Chlupatost příze je parametr příze, který podstatně ovlivňuje zpracovatelské i užité vlastnosti koncového produktu. Neckář [18] uvádí, že chlupatost příze je charakterizována množstvím z příze vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken, nebo vlákenných smyček. Kritériem pro posuzování chlupatosti je počet odstávajících vláken, jako délkových jednotek, ve směru kolmém k přízi nebo celková délka vyčnívajících vláken vzhledem k definované délce příze. Chlupatost je charakterizována indexem chlupatosti  $H$  [-].

### **7.7.1 Způsob měření chlupatosti na přístroji USTER-TESTER**

Měření chlupatosti probíhalo na přístroji USTER-TESTER. Metoda měření

probíhá fotometricky a to tak, že procházející příze je prosvětlována monochromatickým infračerveným zářením (kvůli eliminaci barvy příze). Proud světla je rozptýlen odstávajícími vlákny na přízi a zachytáván senzory. Přímé paprsky jsou pohlceny před dosažením senzoru. Naměřený index chluatosti  $H$  [-] je úhrnnou délkou všech vláken na délce 1 cm příze. [20]

## 8 Názory a provedené experimenty v literatuře

Vzhledem ke známým vlivům tření na textilní materiály a strojní zařízení, bylo publikováno několik studií vlivu třecího koeficientu na vlastnosti textilních materiálů.

V článku [15] zabývajícím se studiem tření v bavlněných textiliích, konkrétně vztahem mezi fyzikálními vlastnostmi vláken, přízí a třením, případně součinitelem tření, bylo zkoumáno 19 indických variant bavlněných vláken a přízí. Byl zkoumán i vztah mezi součinitelem tření, počtem zákrutů a průměrem příze. Byly provedeny korelace mezi těmito vlastnostmi příze a součinitelem tření. Plyne z nich, že průměr příze přímo souvisí s hodnotou součinitele tření a to takovým způsobem, že v momentě, kdy se zvyšuje průměr příze, zvyšuje se také hodnota třecího koeficientu.

Z publikovaných výsledků také vyplývá, že příze s nejmenším počtem zákrutů na palec a největším průměrem vykazovala nejvyšší hodnotu součinitele tření. Lze si to vysvětlit tak, že se zvětšujícím se průměrem příze se zvyšuje i plocha kontaktu mezi přízemi, případně přízí a jiným materiálem. Zároveň je uvedeno, že s poklesem počtu zákrutů na jednotku délky klesá zaplnění příze. Příze se tak stává lépe stlačitelnou a to vede ke zvýšení hodnoty třecího koeficientu.

B. S. Gupta se v [16] zabýval třením v textilních materiálech, zkoumáním faktorů, které ovlivňují koeficient tření, který určil za společného ukazatele třecích vlastností textilních materiálů. Uvedl, že součinitel tření určuje povrchové vlastnosti příze. Jeho studie ukazuje, že třecí koeficient závisí na několika parametrech, jako je normálová síla (síla působící kolmo na třecí sílu), velikost oblasti styku, rychlost testování a charakteristiky materiálů.

V [17] je uvedena studie, která si klade za úkol charakterizovat třecí vlastnosti přízí dopřádaných frikčním způsobem. Měření probíhalo třením příze o skleněnou válcovou plochu. Tatodudie ukázala, že naměřené hodnoty závisí na napětí, které je na přízi aplikováno. Je také uvedeno, že vše nasvědčuje tomu, že na tření má vliv i rychlost dopřádání na frikčním dopřádacím stroji, ale pro potvrzení by bylo nutné provést detailnější měření.

R. Chattopadhyay a S. Banarjee se v [22] zabývali vlivem způsobu dopřádání na třecí vlastnosti přízí. Předlohou byly bavlněné, polyesterové a viskózní příze

připravené na prstencovém, rotorovém a frikčním dopřádacím stroji. Testovalo se měření o kovové a keramické kolíky a tření příze o přízi. Bylo zjištěno, že dochází k poklesu tření společně se snižováním počtu otoček kladky na modulu pro měření tření příze o přízi, s poklesem předpětí, s klesající hodnotou jemnosti vláken a se zvyšující se rychlostí a počtu zákrutů.

## 9 Statistické zpracování provedených měření

### 9.1 Normalita a homogenita

Statistické zpracování experimentálně získaných dat probíhalo v programu QC Expert. Tento program byl použit hlavně pro posouzení normality a homogenity dat. Na základě toho byla vyřazena vybočující měření.

Pro další zpracování dat muselo být zajištěno, že soubor má normální rozdělení. Aby mohlo proběhnout testování normality, musely být koeficienty tření, které software CTT zaokrouhlil dle normy na dvě desetinná místa, přepočítány a zaokrouhleny na tři desetinná místa. Jinak by hodnoty neměly normální rozdělení. Normální rozdělení je plně charakterizováno střední hodnotou  $s$  a rozptylem  $S^2$ . Gaussova křivka je funkcí těchto dvou parameterů, je symetrická a střední hodnota  $s$  leží pod jejím vrcholem. Symetrie křivky vypovídá o tom, že data jsou vychýlena pod i nad střední hodnotu a budou vycházet zhruba stejně často. [23]

Pro zjištění normality jsou realizovány testy normality, které mohou být reprezentovány grafickými metodami, jako histogramem, Q-Q grafem, nebo P-P grafem. Pro ověření normality výpočtem lze využít řadu testů, jako Shapiro-Wilkův, nebo Kolmogorovův-Smirnovův test. [24]

Testování homogenity spočívá v hledání vybočujících dat. Lze ho demonstrovat pomocí boxplotu. Jedná se o grafickou vizualizaci numerických dat pomocí jejich kvartilů. Hledaly se odlehlé hodnoty, ležící mimo boxplot a ty byly vyřazovány.

### 9.2 Aritmetický průměr

Jedná se o nejčastější charakteristiku polohy zahrnující všechna měření. Jde o součet všech hodnot podělených jejich počtem. Výpočet vypadá následovně:

$$\bar{x} = \frac{1}{y} \sum_{x=1}^n x_i \quad (16)$$

kde  $\bar{x}$  je aritmetický průměr,  $y$  představuje počet hodnot a  $x_i$  jednotlivé hodnoty.

### 9.3 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka je ukazatelem rozptýlení naměřených hodnot. Jedná se kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od aritmetického průměru [24]. Je počítána vztahem:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{y}} \quad (17)$$

kde  $s$  je směrodatná odchylka,  $y$  počet hodnot,  $x_i$  představuje jednotlivé hodnoty a  $\bar{x}$  aritmetický průměr.

### 9.4 95% interval spolehlivosti

Jedná se o intervalové odhady, nejčastěji střední hodnoty (aritmetického průměru). Reprezentuje množinu všech možných průměrů a jedná se tak o interval, kde  $s$  předepsanou přesností 95% leží střední hodnota nebo aritmetický průměr [25]. Pro výpočet intervalu spolehlivosti aritmetického průměru byl použit vztah:

$$IS\ 95 = \bar{x} \pm t_\alpha \frac{s}{\sqrt{y}} \quad (18)$$

kde  $IS\ 95$  představuje 95% interval spolehlivosti,  $\bar{x}$  je aritmetický průměr,  $t_\alpha$  je hodnota studentova rozdělení pro daný počet hodnot  $y$ ,  $s$  představuje směrodatnou odchylku a  $n$  je počet hodnot.

## Experiment

Před započítím experimentu byly stanoveny předpoklady a představy o tom, jak by mohlo vypadat chování třecího koeficientu při různém počtu jednoduchých přízí v přízi skané a za různých hodnot skacího zákrutového koeficientu.

Bylo předpokládáno, že rostoucí počet jednoduchých přízí ve skané přízi bude způsobovat zvyšování koeficientu tření. Tento úsudek vycházel z faktu, že společně s rostoucím počtem jednoduchých přízí ve skané přízi roste také hodnota jemnosti (délkové hmotnosti) skané příze, stejně jako se zvětšuje plocha průřezu. Společně s rostoucí hodnotou jemnosti příze by mělo dojít ke zvyšování chlupatosti a větší se velikost styčné plochy příze, která bude v kontaktu s třeným povrchem.

Vliv zákrutu byl vysvětlen tak, že koeficient tření bude klesat s rostoucím zákrutovým koeficientem. Vedlo k tomu několik faktorů. Společně se zvyšujícím se počtem zákrutů by mělo dojít ke zvýšení zaplnění příze a snížení chlupatosti. Snížení chlupatosti se projeví větší homogenitou povrchu, stejně tak jako jeho menší drsností. Díky zvyšujícímu se zaplnění příze dojde ke snížení průměru příze a tak také ke zmenšení styčné třecí plochy.

V rámci experimentu byly nejprve ověřeny hodnoty skacích zákrutů na zákrutoměru. Součinitel smykového tření byl měřen pomocí přístroje CTT firmy Lawson-Hemphill, konkrétně za použití elementu pro tření příze o pevný materiál, který byl reprezentován dvojicí kovových a keramických kolíků, a elementu pro tření příze o přízi. Následně proběhlo měření chlupatosti na přístroji Uster Tester. Účelem tohoto měření bylo zjištění závislosti hodnot naměřeného součinitele tření s hodnotami chlupatosti. Byly pořízeny podélné pohledy a příčné řezy.

## 10 Charakteristika použitého materiálu

Předlohou pro měření koeficientu tření byly příze složené ze 100 % PES vláken o jemnosti 1,5 dtex, délce 38 mm o kruhovém průřezu. Materiál byl zpracován na rotorovém dopřádacím stroji v jednoduchou přízi o jemnosti 29,5 tex. Z té byly poté připraveny dvojmo, trojmo a čtyřmo skané příze s pěti teoretickými úrovněmi skacího zákrutového koeficientu. Jednalo se o 85, 100, 115, 130 a 145  $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$  (viz Tabulka 1).

Název	$Z_{sp}$ [m-1]	$\alpha_{sp}$	$\alpha_{sp}$ po zaokrouhlení
2x350	350	85,014	85
2x412	412	100,074	100
2x474	474	115,133	115
2x535	535	129,95	130
2x597	597	145,01	145
3x286	286	85,081	85
3x336	336	99,956	100
3x387	387	115,128	115
3x437	437	130,002	130
3x487	487	144,877	145
4x247	247	84,847	85
4x291	291	99,961	100
4x335	335	115,075	115
4x378	378	129,846	130
4x422	422	144,961	145

Tabulka 1: Strojový zákrut a odpovídající hodnoty skacího zákrutového koeficientu

Bylo provedeno kontrolní měření na zákrutoměru, kdy byl zjišťován reálný počet zákrutů na jednotku délky příze. Zároveň byla zjištěna hodnota seskání přízi. Měření probíhalo dle normy ČSN 80 0701. Pro každou přízi bylo provedeno 35 měření. Na úseku 0,5 m byly skané příze rozkručovány a zjišťován počet zákrutů do úplného rozkroucení. Před měřením bylo stanoveno a nastaveno předpětí zákrutoměru, které odpovídalo 0,5 cN/tex. Příze byla poté sevřena do čelistí na stacionární straně zákrutoměru a utazena do čelistí krutného aparátu zákrutoměru.

Poté došlo ke spuštění zákrutoměru a pozorování, kdy dojde k rozkroucení skacích zákrutů příze. Po zahájení testu bylo možné vložit hrot jehličky mezi rozkručované příze a během měření se tak přesvědčit, že dochází k rozkroucení. Naměřený počet otáček krutného aparátu stroje byl zaznamenán společně s hodnotou,



o kterou se rozkrucovaná příze prodloužila, či zkrátila. Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány pomocí QC Expertu. Byla ověřena normalita a homogenita a byla vyloučena vybočující měření. Poté byla data využita pro přepočtení reálných jemností skaných přízí a úrovní skacího zákrutového koeficientu  $\alpha_s$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ] (viz Tabulka 2).

Seskání  $\delta_s$  [%] bylo vypočteno podle vzorce:

$$\delta_s = 1 - \frac{\zeta}{\zeta_s} \cdot 100 \quad (19)$$

kde  $\zeta_0$  [mm] představuje délku vlákenného svazku před rozkroucením a  $\zeta$  [mm] délku vlákenného svazku po rozkroucení.

Název	Zs [ $\text{m}^{-1}$ ]	IS 95%	S <sup>2</sup>	s	V [%]	Odchylka Zs od Zsp [%]
2x350	340,9	(335,8;346,1)	224,1	15	4,4	-2,6
2x412	360,9	(357;364,8)	125,1	11,2	3,1	-12,4
2x474	412,3	(406,9;417,6)	241,9	15,6	3,8	-13,0
2x535	488,6	(482,3;494,3)	277,5	16,7	3,4	-8,7
2x597	492,2	(486,8;497,6)	248,2	15,8	3,2	-17,6
2x286	283,4	(279,8;287)	110,7	10,5	3,7	-0,9
3x336	326,3	(323,4;329,1)	68,5	8,3	2,5	-2,9
3x387	370,3	(366,1;374,5)	151,1	12,3	3,3	-4,3
3x437	402,8	(398,2;407,4)	176,3	13,3	3,3	-7,8
3x487	434,6	430,4;438,8)	149,6	12,2	2,8	-10,8
4x247	233,4	(230,8;236,1)	58,1	7,6	3,3	-5,5
4x291	288,6	(284,2;292,9)	162,3	12,7	4,4	-0,8
4x335	316,1	(311,4;320,8)	188,5	13,7	4,3	-5,6
4x378	354,2	(351,1;357,3)	81,4	9	2,5	-6,3
4x422	404,6	(401,8;407,4)	59,7	7,7	1,9	-4,1

Tabulka 2: Výsledky měření skacího zákrutu a jeho odchylka od zákrutu strojového

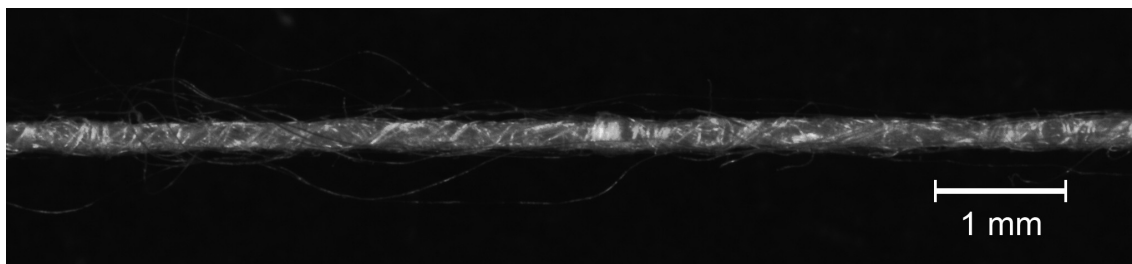
Název	Zs [m <sup>-1</sup> ]	$\delta_s$ [%]	Ts [tex]	$\alpha_s$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
2x350	341	-0,29	58,83	82,7
2x412	361	-0,4	58,76	87,5
2x474	412	0,36	59,21	100,3
2x535	489	0,84	59,5	119,2
2x597	492	0,95	59,56	120,1
2x286	283	0,52	88,98	84,5
3x336	327	0,91	89,3	97,5
3x387	370	1,34	89,69	110,9
3x437	402	2,07	90,33	121,1
3x487	435	2,37	90,59	130,8
4x247	233	0,57	118,68	80,4
4x291	289	1,23	119,45	99,7
4x335	316	1,5	119,78	109,4
4x378	354	2,67	121,15	123,3
4x422	404	3,44	122,06	141,4

*Tabulka 3: Výsledky měření skacího zákrutu a seskání, přepočtené hodnoty jemnosti a skacího zákrutového koeficientu*

Odchytky od nastaveného strojového zákrutu jsou patrné zejména u dvojmo skané příze. Zvyšují se s narůstajícím počtem zákrutů a snižují se s narůstajícím počtem jednoduchých přízí v přízi skané. Příčinou může být, že použitý stroj je primárně určen pro příze jemnosti 84 – 1000 tex a hraniční hodnota počtu zákrutů je 600 m<sup>-1</sup>. Může tedy docházet k prokluzu skaného materiálu v podávacím ústrojí, nebo mezi prstencem a běžcem.

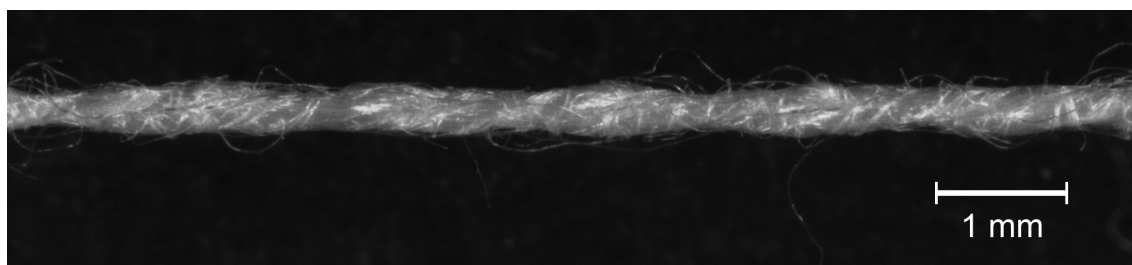
## 10.1 Podélný pohled

Pro představu o geometrickém uspořádání skaných přízí použitých během měření, byly provedeny podélné pohledy. Na pohledu na jednoduchou rotorovou přízi (Obr. 10) jsou dobře patrné typické ovinky, stejně tak, jako struktura a směr uložení vláken, která jen zdaleka připomíná šroubovici. Důvodem je technologie rotorového dopřádání, při které příze vzniká v rotoru dopřádacího stroje příkručováním vláken vláknenné stužky na konec příze.

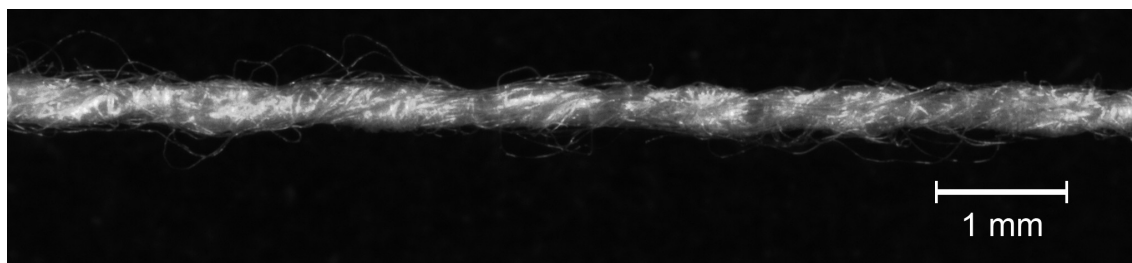


*Obr. 10: Podélný pohled na jednoduchou přízi*

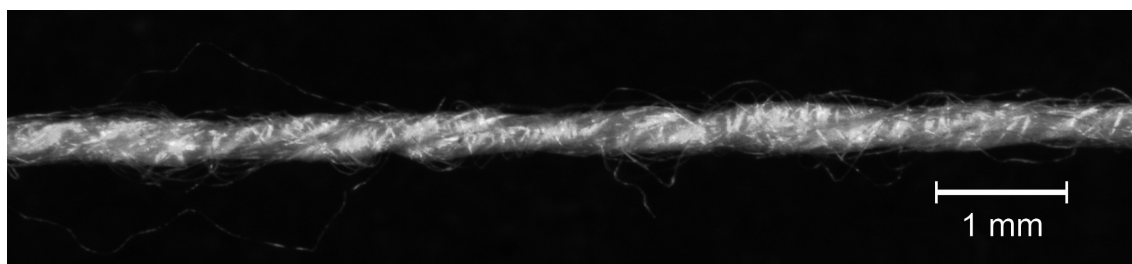
V případě dvojmo skaných přízí (Obr. 11 – 15) je mnohdy patrné, že jednotlivé oviny nemají pravidelný charakter, ale mají jinou výšku stoupání šroubovice, jednoduché příze jsou uloženy v jiném úhlu k ose skané příze. Je pozorovatelné, že se vzrůstající hodnotou zákrutu jsou tyto odchylky patrnější. Tento jev může být způsoben seřízením napětí jednotlivých přízí před zakrucováním v prstencovém skacím stroji.



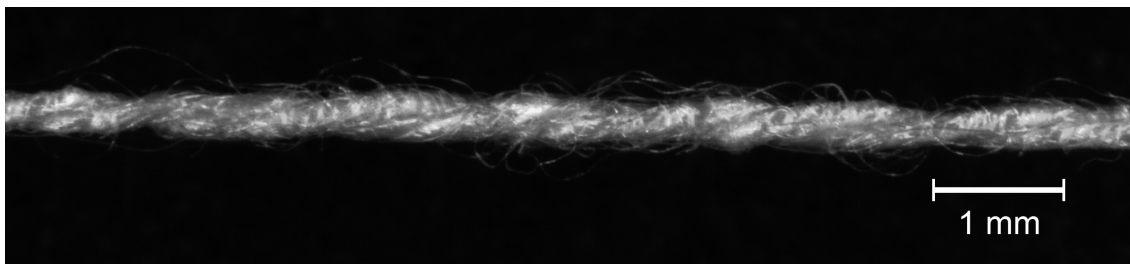
*Obr. 11: Pohled na dvojmo skanou přízi Zs 350 m<sup>-1</sup>*



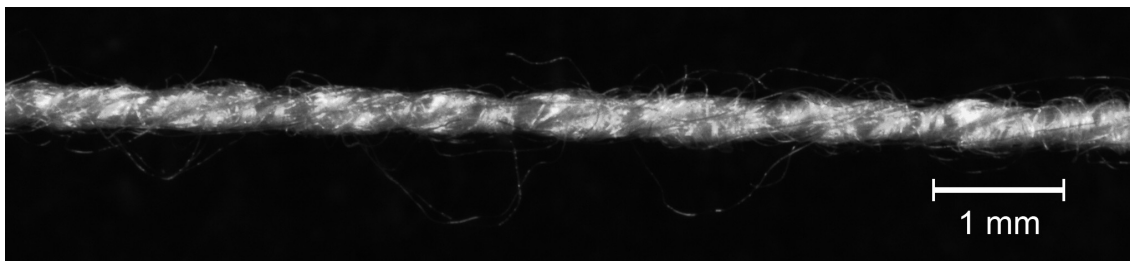
*Obr. 12: Pohled na dvojmo skanou přízi Zs 412 m<sup>-1</sup>*



*Obr. 13: Pohled na dvojmo skanou přízi Zs 474 m<sup>-1</sup>*

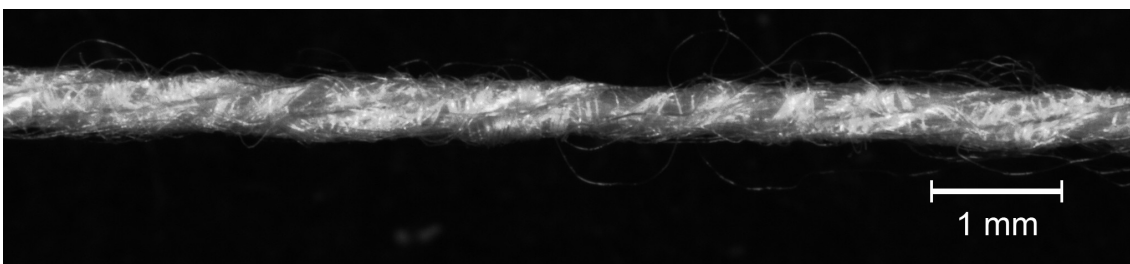


*Obr. 14: Pohled na dvojmo skanou přízi Zs 535 m<sup>-1</sup>*

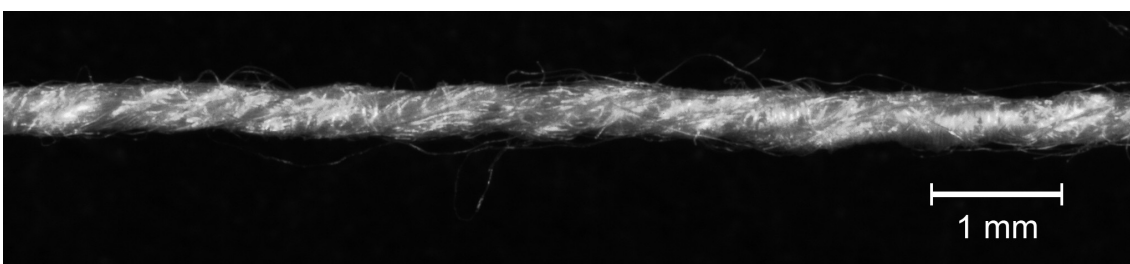


*Obr. 15: Pohled na dvojmo skanou přízi Zs 579 m<sup>-1</sup>*

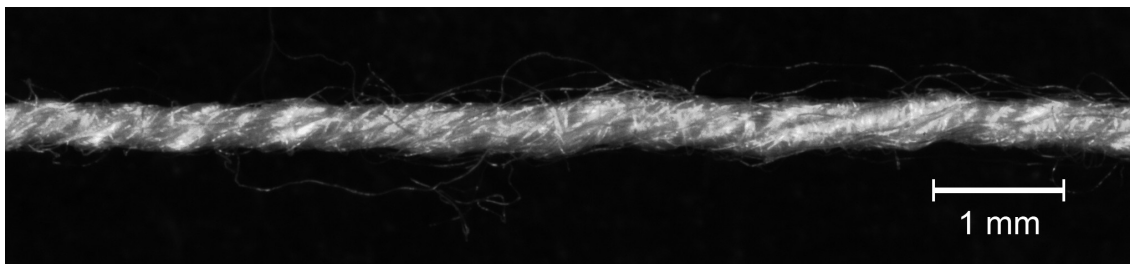
Podobný růst nepřesností je viditelný i u trojmo skaných přízí (Obr. 16 - 20), kdy největší symetrii pozorujeme u příze s nejmenším počtem zákrutů na jednotkovou délku a naopak nejvíce odchylek je patrných v případě příze s nejvyšším počtem zákrutů na jednotkovou délku.



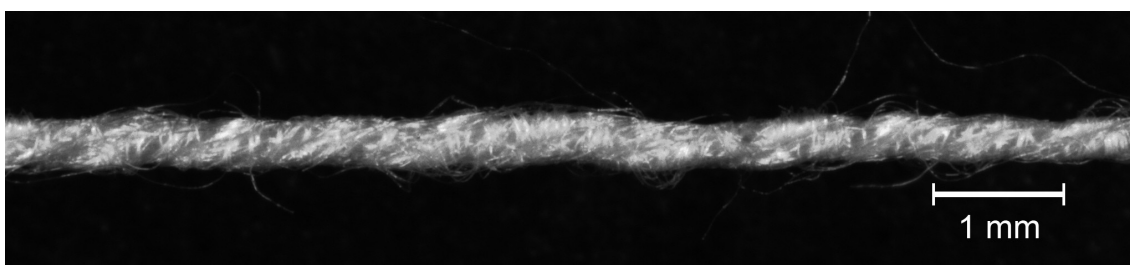
*Obr. 16: Pohled na trojmo skanou přízi Zs 286 m<sup>-1</sup>*



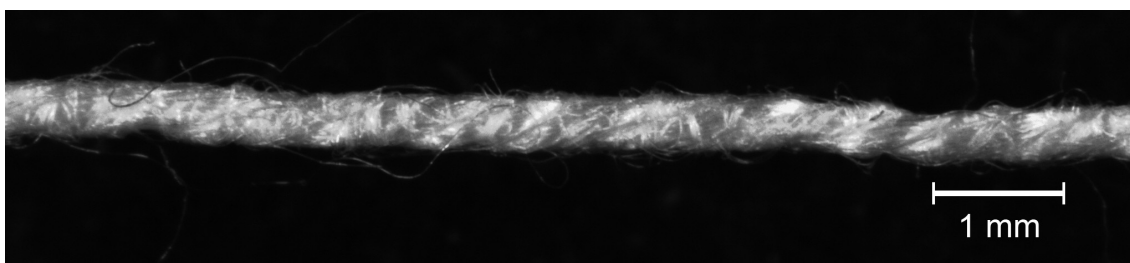
*Obr. 17: Pohled na trojmo skanou přízi Zs 336 m<sup>-1</sup>*



Obr. 18: Podélný pohled na trojmo skanou přízi  $Z_s 387 m^{-1}$

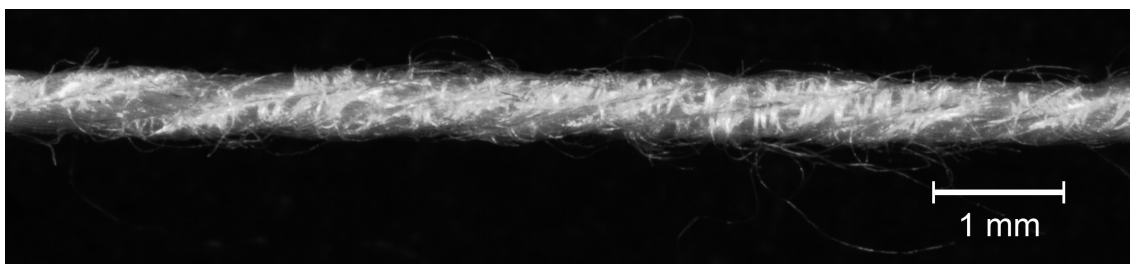


Obr. 19: Podélný pohled na trojmo skanou přízi  $Z_s 437 m^{-1}$

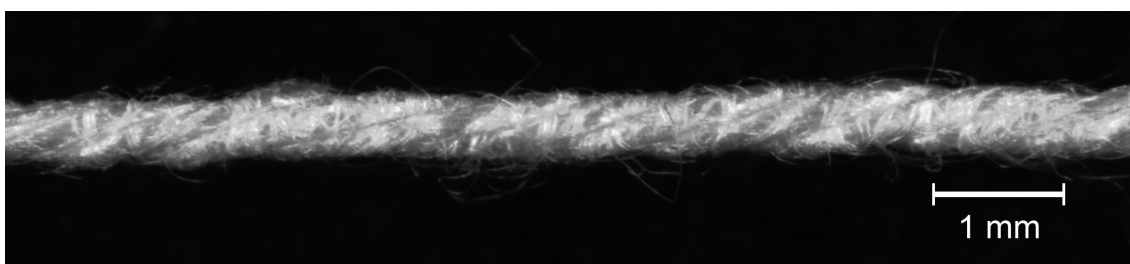


Obr. 20: Pohled na trojmo skanou přízi  $Z_s 487 m^{-1}$

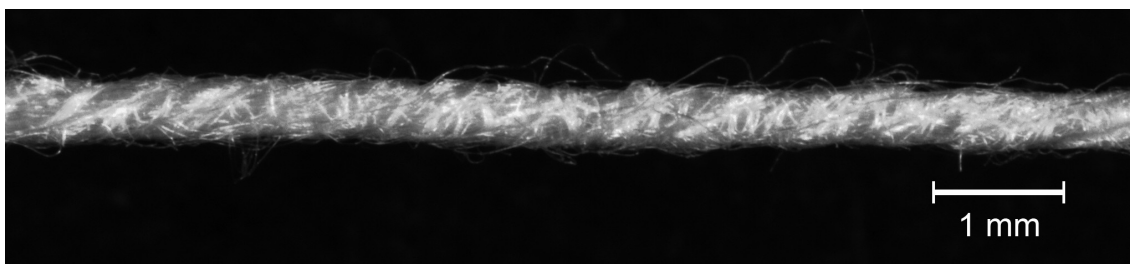
Odchytky jsou v případě čtyřmo skané (Obr. 21 – 25) příze již méně patrné, než tomu bylo v předchozích případech, ale stále lze pozorovat fakt, že se vzrůstající hodnotou zákrutu roste i množství a velikost odchytek.



Obr. 21: Podélný pohled na čtyřmo skanou přízi  $Z_s 247 m^{-1}$

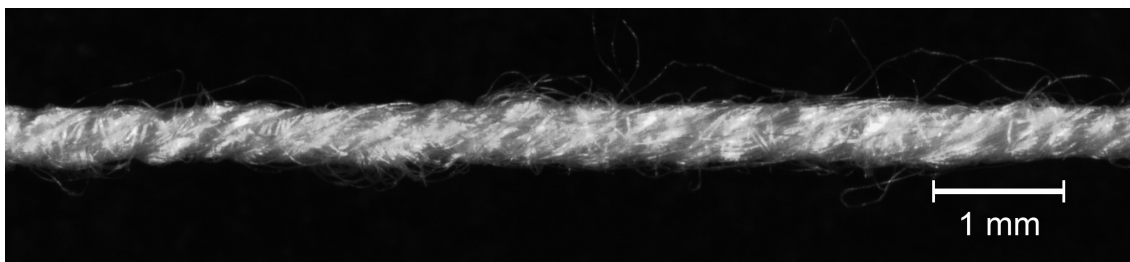


Obr. 22: Podélný pohled na čtyřmo skanou přízi  $Z_s 291 m^{-1}$

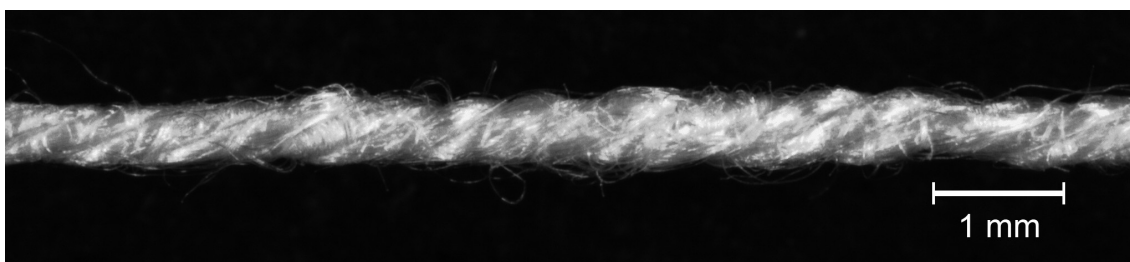


*Obr. 23: Podélný pohled na čtyřmo skanou přízi Zs 335 m<sup>-1</sup>*

Srovnáním pohledu na čtyřmo skané příze Zs 247 m<sup>-1</sup> (Obr. 25) a Zs 422 m<sup>-1</sup> (Obr. 26) si lze všimnout změny průměru přízi, což potvrzuje skutečnost, že s rostoucím zákrutem se zvyšuje zaplnění příze.



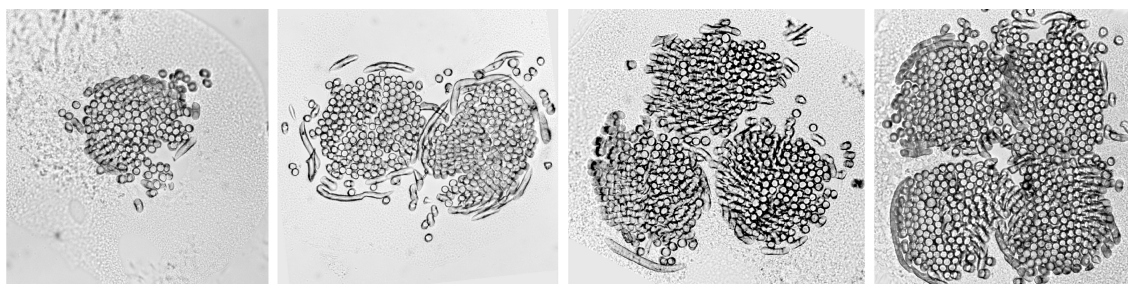
*Obr. 24: Podélný pohled na čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>*



*Obr. 25: Podélný pohled na čtyřmo skanou přízi Zs 378 m<sup>-1</sup>*

## 10.2 Příčný pohled

Za účelem vizualizace geometrie průřezu jednotlivých přízí, a zároveň zjištění tavrů PES vláken, ze kterých se příze skládají, byly metodou měkkých řezů provedeny příčné řezy přízí. Pro příčný pohled byl zvolen objektiv s 10 násobným zvětšením. Velikost tedy odpovídá  $0,322 \mu\text{m px}^{-1}$  při rozlišení  $2048 \times 1536 \text{ px}$ . Je patrné, že se jednotlivé skané příze velmi liší právě v geometrii průřezu, kdy lze tvrdit, s určitým odstupem, že dvojmo skaná příze bude mít oválný průřez, trojmo skaná příze bude připomínat trojúhelník zakulacený a čtyřmo skaná příze pak zakulacený čtverec. Toto tvrzení dokládají řezy zobrazené v Obr. 26.



*Obr. 26: Snímky měkkých řezů přízí použitých v experimentu. Zleva do prava příze jednoduchá, trojmo a čtyřmo skaná. Byly použity příze s nejvyšší úrovní skacího zákrutového koeficientu)*

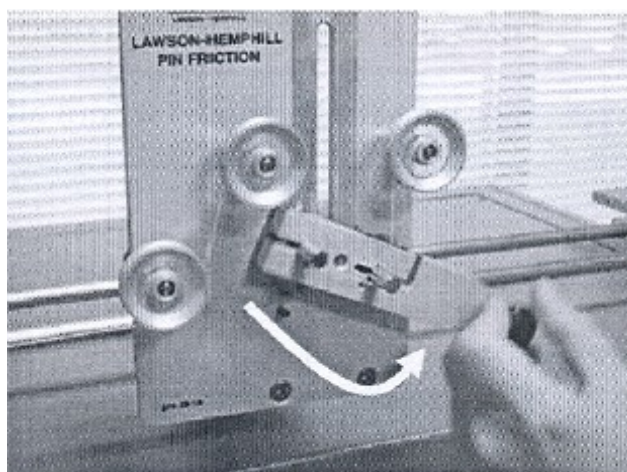
## 11 Měření koeficientu tření

Jak již bylo uvedeno, měření třecího koeficientu bylo prováděno na přístroji CTT firmy Lawson-Hemphill. Před začátkem měření je nutné kalibrovat tenzometr a poté do měřicího zařízení navést přízi. Přízi je nutné vést přes brzdíčku na vstupní válečky a poté přes rameno, které udržuje zvolené napětí příze. Následuje navedení do příslušného modulu (275-29-1A pro tření příze o kolíky nebo 275-30-1A pro tření příze o přízi) a přes tenzometr na výstupní válce. Válce slouží pro zajištění rovnoměrného vedení příze po celou dobu měření a tím k eliminaci co možná největšího množství odchylek pramenících z přirozeného chování příze, jako je např. smyčkování. Více v [11]. V průběhu měření byla použita ramena pro udržení předpětí 5-100 g a 20-350 g.

Po navedení příze následuje nastavení vstupního napětí a to posouváním dříve zmíněného ramene. Toto napětí také slouží jako vstupní hodnota napětí při výpočtu součinitele tření.

### 11.1 Měření tření příze o kolíky

Měření součinitele tření mezi přízí a pevným materiálem, který je reprezentován normovanými kolíky z různých materiálů, konkrétně kovu a keramiky, probíhá dle mezinárodní normy ASTM D 3108 [12]. Příze probíhá zařízením přednastavenou rychlostí a je v kontaktu s minimálně jedním pevným povrchem, kolem kterého je vedena pod úhlem opásání  $\alpha$  [rad]. Jsou měřeny hodnoty vstupního a výstupního napětí a součinitel tření je vypočítán dle Eulerova vztahu.



Obr. 16: Modul CTT pro měření součinitele tření příze o kolíky [14]



Testovací rychlost je normou [12] stanovena na 100 m.min<sup>-1</sup>. Je sice možné testovací rychlost změnit, ale mohlo by docházet k nežádoucím odchylkám v měření. Dle [12] je doporučeno měřit takovým způsobem, že úhly opásání kolem válcové plochy (kolíků) budou nabývat hodnot 3,14 a 6,28 rad (180° a 360°). Počet kolíků umístěných za sebou nehraje roli, význam má pouze úhel opásání [12]. Jinými slovy, když budou ve stejné úrovni umístěny dva a více kolíků tak, aby úhel opásání kolem každého krajního kolíku byl 90°, kolíky mezi nimi nehrají roli. V praxi se osvědčilo umístění dvou až tří kolíků ve stejné úrovni za sebou.

Testování musí probíhat za stejných klimatických podmínek, které odpovídají 21 +/- 1°C a 65 +/- 2 % relativní vlhkosti vzduchu. Před testováním musí být očištěn třecí aparát a všechna místa, se kterými příze přichází do kontaktu.

Výpočet součinitele tření poté probíhá podle vzorce (20)

$$f = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\alpha} \quad (20)$$

kde  $f$  [1] představuje součinitel tření,  $T_1$  [cN] výstupní hodnotu napětí,  $T_2$  [cN] vstupní hodnotu napětí (předpětí) a  $\alpha$  [rad] úhel opásání příze kolem kolíků.

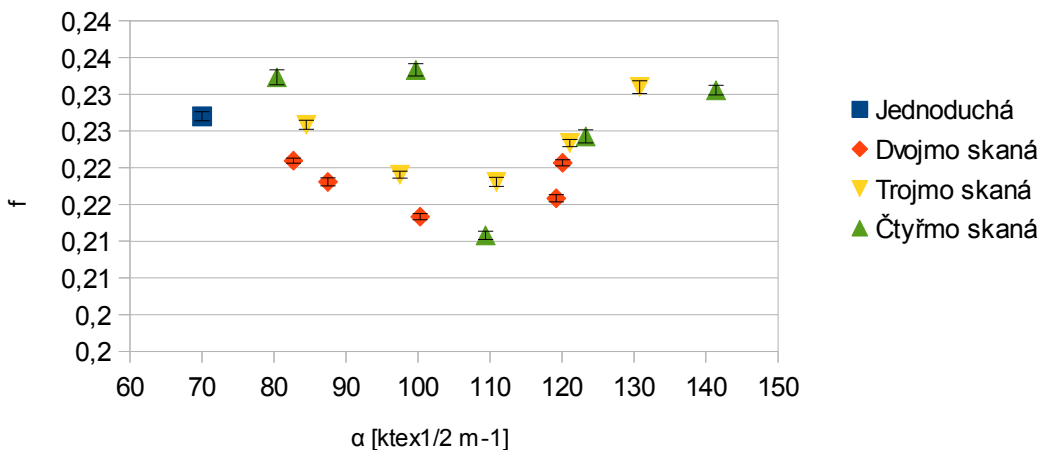
### **11.1.1 Tření příze o kovový kolík**

Testování probíhalo za rychlosti 100 m min<sup>-1</sup> za vstupního napětí nejprve 1 cN tex<sup>-1</sup> a poté také za stejného vstupního napětí pro všechny příze, 75 cN. Od každé příze bylo proměřeno celkem 100 metrových úseků. Byla zjištěna normalita a homogenita, případně vyřazena vybočující měření. Uvedená povrchová drsnost  $R_a$  [μm] kovového kolíku je 0,2 μm (dle údajů získaných od firmy Lawson-Hemphill). Použita byla soustava dvou kolíků umístěných tak, že úhel opásání  $\alpha$  [rad] odpovídal 180°. Níže uvedená Tabulka 4 zobrazuje průměrné hodnoty koeficientu tření měřeného za předpětí 1 cN tex<sup>-1</sup>.

Název	Průměr f [1]	IS 95%	S <sup>2</sup>	s	V [%]	α <sub>s</sub> [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
Jednoduchá	0,2267	(0,226;0,2273)	0,0000097	0,0031	1,37	-
2x350	0,221	(0,2206;0,2213)	0,0000029	0,0017	0,77	82,7
2x412	0,2181	(0,2175;0,2186)	0,0000068	0,0026	1,2	87,5
2x474	0,2133	(0,2129;0,2137)	0,0000045	0,0021	0,99	100,3
2x535	0,2158	(0,2153;0,2163)	0,0000054	0,0023	1,07	119,2
2x597	0,2207	(0,2203;0,2211)	0,0000043	0,0021	0,94	120,1
3x286	0,2258	(0,2252;0,2265)	0,0000093	0,003	1,34	84,5
3x336	0,2191	(0,2185;0,2195)	0,0000055	0,0024	1,07	97,5
3x387	0,2181	(0,2175;0,2187)	0,0000093	0,003	1,39	110,9
3x437	0,2234	(0,2229;0,2239)	0,0000062	0,0025	1,12	121,1
3x487	0,231	(0,2301;0,2318)	0,0000187	0,0043	1,87	130,8
4x247	0,2323	(0,2313;0,2333)	0,0000264	0,0051	2,21	80,4
4x291	0,2333	(0,2325;0,2342)	0,0000169	0,0041	1,76	99,7
4x335	0,2108	(0,2102;0,2113)	0,0000078	0,0028	1,32	109,4
4x378	0,2243	(0,2234;0,2252)	0,0000207	0,0045	2,03	123,3
4x422	0,2306	(0,2299;0,2312)	0,0000111	0,0033	1,44	141,4

Tabulka 4: Výsledky experimentálně naměřeného součinitele tření příze o kovový kolík s předpětím  $T_1 = 1 \text{ cN tex}^{-1}$

Závislost koeficientu tření kovový kolík  $T_1 = 1 \text{ cN tex}^{-1}$



Obr. 28: Grafické znázornění závislosti koeficientu tření na úrovni skacího zákrutového koeficientu s předpětím  $T_1 = 1 \text{ cN tex}^{-1}$

Z výše uvedené tabulky a grafu (viz Obr. 28) je patrné, že v případě třecí plochy o nízké hodnotě povrchové drsnosti, která je reprezentována kovovým kolíkem, je vliv zákrutu na koeficient tření podobný pro dvojmo i trojmo skanou přízi.

Hodnota třecího koeficientu dvojmo skané příze nejprve s rostoucím zákrutem klesá a to až do úrovně odpovídající hodnotě skacího zákrutového koeficientu  $\alpha_s 100 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  a poté začíná stoupat. Podobný trend lze pozorovat i v případě trojmo skané příze. Hodnoty koeficientu tření také nejprve klesají společně s rostoucím zákrutem, ale v úrovni  $\alpha_s 110 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  začínají stoupat. Z tabulky je ale patrné, že pro hodnoty zákrutového koeficientu  $\alpha_s 97,5 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  a  $110,9 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  je hodnota součinitele tření podobná. Dokazují to překrývající se intervaly spolehlivosti středních hodnot.

Na rozdíl od dvojmo skaných a trojmo skaných přízí, závislost velikosti součinitele tření příze o kovový kolík na velikosti zákrutu čtyřmo skaných přízí je patrná až od hodnoty  $\alpha_s 99,7 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ . Do této úrovně byl vliv zákrutu nepatrný a hodnoty se pohybovaly na podobné hladině. Potvrzují to velmi podobné hodnoty součinitele tření a překrývající se intervaly spolehlivosti. Poté s rostoucím skacím zákrutovým koeficientem dochází k poklesu hodnot koeficientu tření a s dalším zvyšováním úrovně skacího zákrutového koeficientu hodnoty součinitele tření rostou.

Hodnoty třecích koeficientů pro dvojmo skanou přízi se pohybují pod úrovní naměřeného třecího koeficientu jednoduché příze. Rozdíly středních hodnot třecího koeficientu jsou statisticky významně nižší.

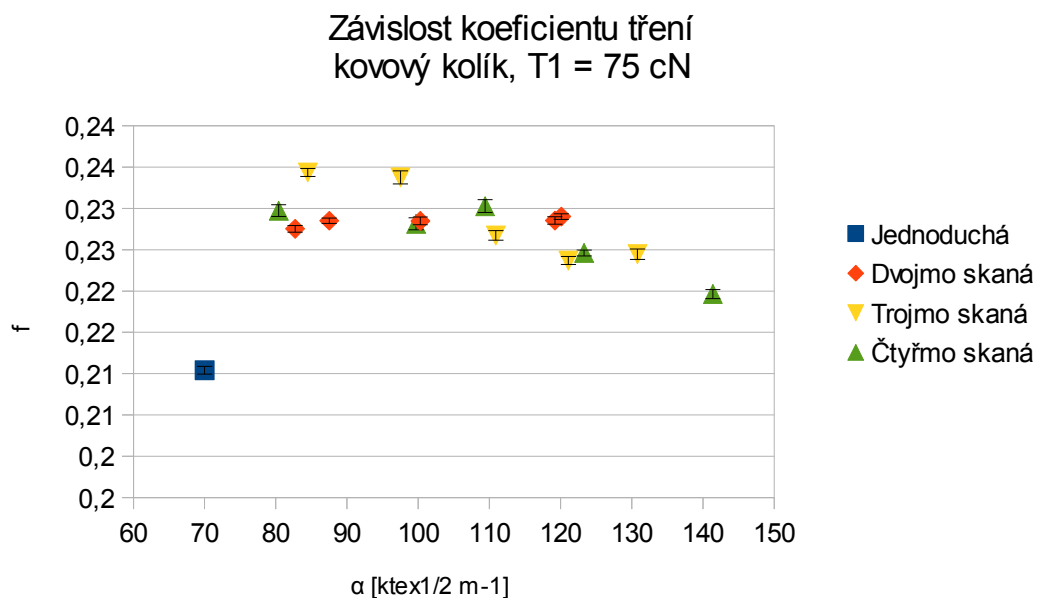
Obdobně se chová trojmo skaná příze a to až do  $\alpha_s 121,1 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ , kdy hodnota třecího koeficientu odpovídající úrovni  $\alpha_s 130,8 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  převýší hodnotu třecího koeficientu pro jednoduchou přízi. Hodnoty odpovídající čtyřmo skané přízi jsou nižší, než hodnoty příze jednoduché, pouze v intervalu od  $\alpha_s 109,4$  do  $123,3 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ .

Pokud by se postupovalo přesně dle specifikace normy ASTM 3108-01 a naměřené třecí koeficienty přízí se zaokrouhlovaly na dvě desetinná místa, pohybovaly by se naměřené hodnoty třecích koeficientů v rozsahu od 0,21 do 0,23.

Měření přízí o kovový kolík bylo provedeno rovněž za stejného předpětí pro všechny příze, bez ohledu na jejich jemnost, a to za předpětí  $T_l 75 \text{ cN}$ . Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 5 a grafická závislost koeficientu tření na úrovni skacího zákrutového koeficientu je zobrazena v Obr. 29.

Název	Průměr $f$ [1]	IS 95%	$S^2$	$s$	$V$ [%]	$\alpha_s$ [ $m^{-1}ktex^1$ ]
Jednoduchá	0,2104	(0,2099;0,2109)	0,0000053	0,0031	1,1	-
2x350	0,2275	(0,2271;0,2279)	0,000042	0,0017	1	82,7
2x412	0,2285	(0,2282;0,2288)	0,0000025	0,0026	0,7	87,5
2x474	0,2285	(0,2280;0,2289)	0,0000053	0,0021	1	100,3
2x535	0,2285	(0,2281;0,2290)	0,000005	0,0023	0,98	119,2
2x597	0,229	(0,2287;0,2294)	0,000003	0,0021	0,75	120,1
3x286	0,2344	(0,2339;0,2348)	0,000006	0,003	1,05	84,5
3x336	0,2338	(0,2330;0,2345)	0,000016	0,0024	1,69	97,5
3x387	0,2267	(0,2261;0,2273)	0,0000086	0,003	1,3	110,9
3x437	0,2237	(0,2232;0,2242)	0,0000058	0,0025	1,08	121,1
3x487	0,2245	(0,2238;0,2251)	0,000009	0,0043	1,34	130,8
4x247	0,2297	(0,2290;0,2304)	0,000013	0,0051	1,54	80,4
4x291	0,2281	(0,2274;0,2289)	0,000013	0,0041	1,6	99,7
4x335	0,2303	(0,2295;0,2311)	0,000015	0,0028	1,7	109,4
4x378	0,2246	(0,2243;0,2250)	0,0000031	0,0045	0,78	123,3
4x422	0,2196	(0,2191;0,2202)	0,0000075	0,0033	1,25	141,4

Tabulka 5: Výsledky experimentálně naměřeného součinitele tření příze o kovový kolík za předpětí  $T_1 = 75$  cN



Obr. 29: Grafické znázornění závislosti koeficientu tření na úrovni skacího zákrutu při tření příze o kovový kolík s předpětím  $T_1 = 75$  cN

Se změnou předpětí  $T_1$  z 30 cN na 75 cN v případě jednoduché příze klesla hodnota třecího koeficientu zhruba o 8 %. Odpovídá to tvrzení prezentovaném v [27], kde Howell a Miezkiš uvádějí, že s rostoucím předpětím klesá hodnota třecího koeficientu a naopak. Tomu ale neodpovídá chování dvojmo skané příze, kdy jsou hodnoty naměřených třecích koeficientů při předpětí  $T_1$  75 cN vyšší v průměru o 5 % než v případě měření za předpětí  $T_1$  59 cN.

Nastavené předpětí 75 cN je nižší, než 89 cN v případě trojmo skané příze a 118 cN pro čtyřmo skanou přízi. Dochází k poklesu hodnoty předpětí a společně s ním se zvyšuje hodnota koeficientu tření přibližně o 2 % pro trojmo skanou přízi. U čtyřmo skané příze je tento jev pozorovatelný zejména na intervalu od  $\alpha_s$  109,4  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  po 123,3  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ , kdy trend dosažených výsledků odpovídá výsledkům uvedeným v [27] a hodnota třecího koeficientu se zvyšuje v průměru o 4 %. V případě zbylých úrovní skacího zákrutového koeficientu ale dochází naopak ke snížení hodnot třecího koeficientu a to až o 5 % v případě  $\alpha_s$  141,1  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ .

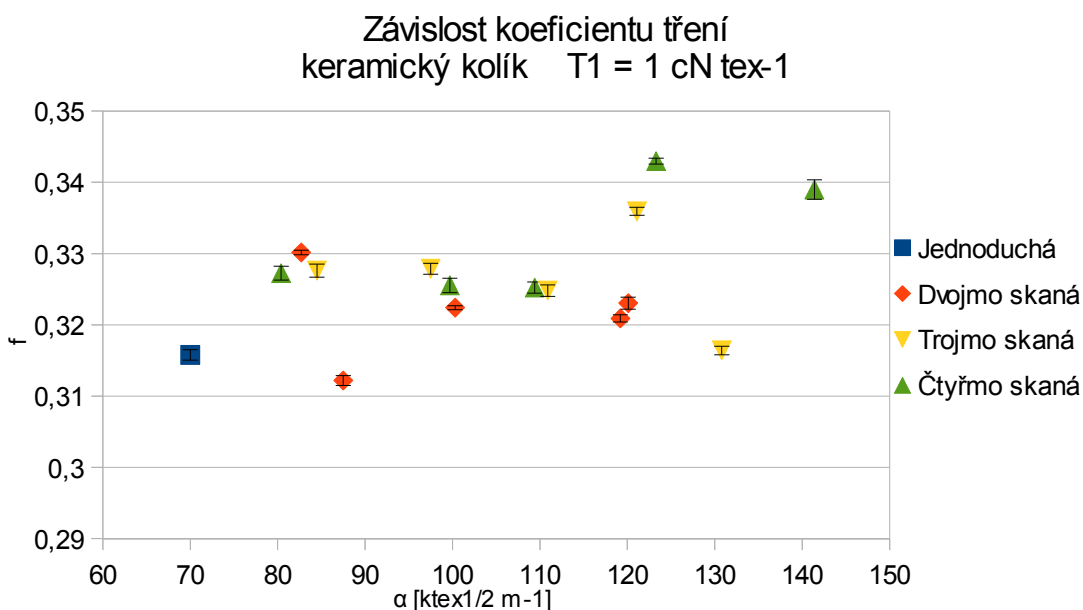
Z grafu je patrné, že hodnoty koeficientu tření skaných přízí jsou vyšší, než hodnota odpovídající jednoduché přízi. V případě dvojmo skané příze je vidět, že při tomto předpětí nemá velikost skacího zákrutu významný vliv na koeficient tření. Ten ale u trojmo skané příze klesá společně s rostoucím zákrutem. Velmi podobně tomu je také u čtyřmo skané příze. V grafu lehce vybočuje hodnota odpovídající úrovni 99,7  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ , ale tento rozdíl není statisticky významný a tak i pro čtyřmo skanou přízi lze tvrdit, že s rostoucím zákrutem dochází k poklesu hodnot třecího koeficientu.

### **11.1.2 Tření příze o keramický kolík**

Stejně jako v předchozím případě, měření probíhalo dle normy [12] a za normou stanovených podmínek. Rychlost byla nastavena na 100  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  a předpětí odpovídalo hodnotě 1 cN  $\text{tex}^{-1}$  pro každou přízi. Lišila se povrchová hrubost kolíků, která v případě keramických kolíků byla 1,6  $\mu\text{m}$  (dle údajů získaných od firmy Lawson Hemphill). Jak bylo již zmíněno, povrchová drsnost keramického kolíku je až osminásobně vyšší v porovnání s povrchovou drsností kovového kolíku. Tento fakt se odráží i na naměřených hodnotách koeficientu tření, jak je patrné z výsledků uvedených v Tabulce 6.

Název	Průměr f [1]	IS 95%	S <sup>2</sup>	s	V [%]	α <sub>s</sub> [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
Jednoduchá	0,3158	(0,3151;0,3165)	0,0000125	0,0035	1,12	-
2x350	0,3302	(0,3298;0,3305)	0,0000026	0,0016	0,49	82,7
2x412	0,3122	(0,3115;0,3129)	0,000012	0,0035	0,11	87,5
2x474	0,3224	(0,3221;0,3227)	0,0000016	0,0013	0,39	100,3
2x535	0,3209	(0,3204;0,3214)	0,0000067	0,0026	0,8	119,2
2x597	0,3231	(0,3222;0,3239)	0,0000156	0,004	1,22	120,1
3x286	0,3276	(0,3267;0,3285)	0,0000175	0,0042	1,28	84,5
3x336	0,3279	(0,3271;0,3286)	0,0000106	0,0033	0,99	97,5
3x387	0,3248	(0,324;0,3256)	0,0000163	0,004	1,24	110,9
3x437	0,3359	(0,3354;0,3365)	0,000006	0,0024	0,73	121,1
3x487	0,3164	(0,3158;0,3170)	0,000093	0,003	0,96	130,8
4x247	0,3273	(0,3263;0,3282)	0,000023	0,0048	1,46	80,4
4x291	0,3255	(0,3245;0,3266)	0,000026	0,0051	1,55	99,7
4x335	0,3252	(0,3244;0,3260)	0,000015	0,0039	1,2	109,4
4x378	0,343	(0,3426;0,3434)	0,0000045	0,0021	0,62	123,3
4x422	0,339	(0,3376;0,3403)	0,0000408	0,0064	1,89	141,4

Tabulka 6: Výsledky experimentálně naměřeného součinitele tření příze o keramický kolík s předpětím  $T_1 = 1 \text{ cN tex}^{-1}$



Obr. 30: Grafické znázornění závislosti koeficientu tření na úrovni skacího zákrutového koeficientu při tření příze o keramický kolík s předpětím  $T_1 = 1 \text{ cN tex}^{-1}$

Oproti třecím koeficientům naměřených při testování tření příze o kovový kolík se hodnoty třecích koeficientů tření o keramický kolík liší řádově o 0,1 pro každou z přízí. Je zcela zřejmé, že tento jev je vlivem rozdílné drsnosti povrchu kolíků. K tomu pravděpodobně dochází díky množství a hlavně velikosti mikroskopických hrbolků

a nerovností na povrchu keramického kolíku. Dochází tak k více kontaktům v místě styku příze a keramického kolíku, což se projeví zvýšenou hodnotou koeficientu tření.

Z grafu (Obr. 30) je patrné, že v případě tření příze o hrubší povrch, který je zastoupen párem keramických kolíků, se většina naměřených koeficientů tření skaných přízí nachází nad hodnotou odpovídající přízi jednoduché. Úrovní skacího zákrutového koeficientu  $\alpha_s$  82,7  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  dvojmo skané příze odpovídá vyšší hodnota třecího koeficientu, než vykazuje jednoduchá příze. Od hodnoty  $\alpha_s$  87,5  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  s rostoucím skacím zákrutovým koeficientem koeficient tření klesá. I když se intervaly spolehlivosti třecího koeficientu dvou nejvyšších úrovní zákrutu dvojmo skané příze nepřekrývají, rozdíl těchto hodnot je pouze 0,0008 a je tak pravděpodobně z praktického hlediska zanedbatelný. Je možné tedy tvrdit, že se vzrůstajícím zákrutem v intervalu od  $\alpha_s$  87,5  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  do 120,1  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  roste hodnota třecího koeficientu. Intervaly spolehlivosti středních hodnot třecích koeficientů dvojmo skané příze se v rozmezí  $\alpha_s$  100,3  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  až 120,1  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  překrývají. Z toho lze usuzovat, že rozdíly středních hodnot koeficientu tření jsou statisticky nevýznamné.

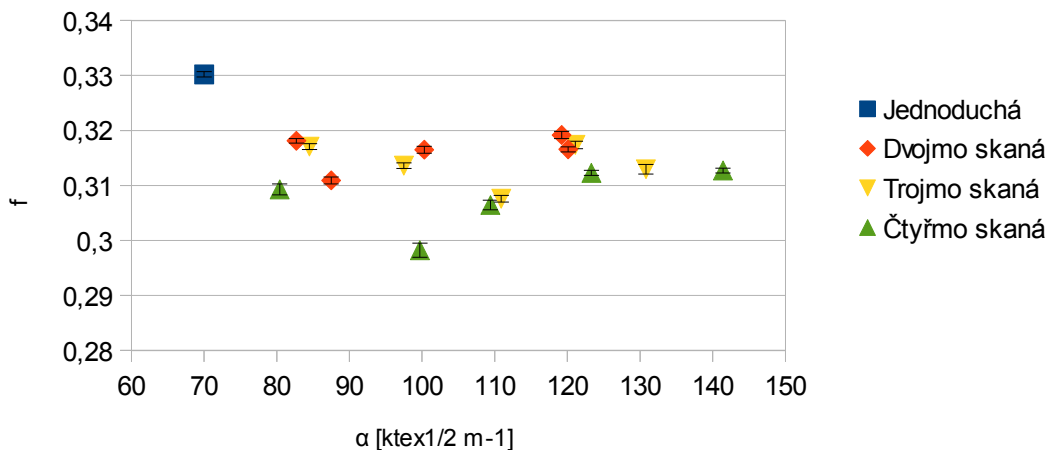
Koeficient tření trojmo skaných přízí klesá v rozmezí od  $\alpha_s$  84,5  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  do 110,9  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ , poté je zaznamenán nárůst a vzápětí znovu pokles hodnot třecího koeficientu. Lze tedy tvrdit, že s výjimkou hodnoty odpovídající  $\alpha_s$  121,1  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ , klesá hodnota třecího koeficientu společně se vzrůstajícím zákrutem trojmo skané příze.

Podobně, jako v případě trojmo skané příze, je z grafu i tabulky patrné, že hodnota součinitele tření čtyřmo skané příze klesá společně s rostoucím zákrutem na intervalu od 80,4  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  a 109,4  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ . Poté roste a znovu klesá. Toto kolísání v měření může být způsobeno několika faktory. Tento jev se nevyskytuje jen u trojmo a čtyřmo skané příze, ale jeho náznak je vidět i u poslední úrovně skacího zákrutového koeficientu příze dvojmo skané. Je možné, že by zákrutový koeficientu 120,1  $\text{ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  mohl být hraniční (odpovídat nasycenému zákrutu) a po jeho překročení by se mohl průměr skané příze mírně zvyšovat díky deformaci vlivem překroucení nebo rozdílem v napětí jednotlivých jednoduchých přízí během skaní. Se zvýšeným průměrem příze vzroste i styčná plocha mezi třenými tělesy. Tuto teorii by bylo nutné ověřit měřením průměru příze, úhlu sklonu jednoduchých přízí ve skané přízi a pevnosti příze.

Název	Průměr f [1]	IS 95%	S <sup>2</sup>	s	V [%]	α <sub>s</sub> [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
Jednoduchá	0,3302	(0,3297;0,3307)	0,000006	0,0025	0,74	-
2x350	0,3181	(0,3177;0,3186)	0,0000047	0,0022	0,68	82,7
2x412	0,3109	(0,3103;0,3115)	0,0000094	0,0031	0,99	87,5
2x474	0,3165	(0,3159;0,3171)	0,0000099	0,0031	0,99	100,3
2x535	0,3192	(0,3185;0,3198)	0,000001	0,0032	0,1	119,2
2x597	0,3166	(0,3161;0,3170)	0,000005	0,0022	0,7	120,1
3x286	0,3171	(0,3165;0,3176)	0,000007	0,0026	0,83	84,5
3x336	0,3136	(0,3131;0,3141)	0,0000062	0,0025	0,8	97,5
3x387	0,3076	(0,3070;0,3082)	0,0000085	0,0029	0,95	110,9
3x437	0,3174	(0,3167;0,3180)	0,0000088	0,003	0,93	121,1
3x487	0,3129	(0,3121;0,3138)	0,000018	0,0042	1,35	130,8
4x247	0,3093	(0,3083;0,3103)	0,000025	0,005	1,61	80,4
4x291	0,2982	(0,2969;0,2995)	0,000043	0,0065	2,2	99,7
4x335	0,3065	(0,3056;0,3037)	0,00002	0,0045	1,47	109,4
4x378	0,3123	(0,3118;0,3127)	0,0000051	0,0023	0,73	123,3
4x422	0,3127	(0,3123;0,3132)	0,000005	0,0022	0,71	141,4

Tabulka 7: Výsledky experimentálně naměřeného součinitele tření příze o keramický kolík za předpětí  $T_1 = 75$  cN

### Závislost koeficientu tření Keramický kolík $T_1 = 75$ cN



Obr. 31: Grafické znázornění závislosti koeficientu tření na úrovni skacího zákrutu při tření příze o keramický kolík s předpětím  $T_1 = 75$  cN

Při tření přízi o hrubší povrch keramického kolíku za předpětí 75 g v případě jednoduché příze, je srovnáním grafů (Obr. 30 a Obr. 31) zřejmé, že hodnota třecího koeficientu bude s rostoucím předpětím narůstat. Dvojmo skaná příze vykazuje podobné



chování jako v případě tření o kovový kolík. Nejprve dochází k poklesu hodnoty třecího zákrutu společně se zvýšením skacího zákrutového koeficientu, ale v intervalu od  $\alpha_s 87,5 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  do  $119,2 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  s rostoucí úrovní zákrutového koeficientu rostou také hodnoty třecího koeficientu, poté zase klesají. Došlo k přibližně 1,5 % poklesu hodnoty třecího koeficientu dvojmo skaných přízí společně s rostoucím předpětím.

Snížená hodnota předpětí se v případě trojmo skané příze projeví také snížením hodnoty koeficientu tření a to přibližně o 4 %. Snížení hodnot třecího koeficientu je v případě čtyřmo skané příze největší a činí průměrně až necelých 8%. Na rozdíl od čtyřmo skané příze, kdy také klesají hodnoty třecího koeficientu za nižšího předpětím, trojmo skaná příze vykazuje podobný průběh koeficientu tření s rostoucím skacím zákrutovým koeficientem jako v případě původního předpětí 89 cN. Je tedy patrný pokles hodnot třecího koeficientu společně s rostoucím zákrutem na intervalu od  $\alpha_s 84,5 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  do  $110,9 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ . S dalším nárůstem úrovně skacího zákrutového koeficientu hodnoty kolísají.

V případě čtyřmo skané příze je patrné, že snížením předpětí dochází i ke změně průběhu závislosti koeficientu tření na úrovni skacího zákrutového koeficientu. Z grafu je patrné, že za předpětí 75 cN se společně se vzrůstajícím počtem zákrutů zvyšuje také hodnota třecího koeficientu. Tento vliv je zřejmý na intervalu  $\alpha_s 99,7$  až  $141,4 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$ .

Výsledky tření testované příze o válcovou plochu zastoupenou dvojicí kolíků o různé povrchové hrubosti ukazují vliv několika faktorů na velikost koeficientu tření. Nejvíce patrný je vliv povrchové drsnosti kolíků, kdy lze velmi dobře pozorovat, že s rostoucí hodnotou povrchové drsnosti roste i hodnota naměřeného třecího koeficientu. Jak již bylo zmíněno, pravděpodobně k tomuto rozdílu dochází změnou množství a velikosti kontaktních bodů mezi třenými tělesy.

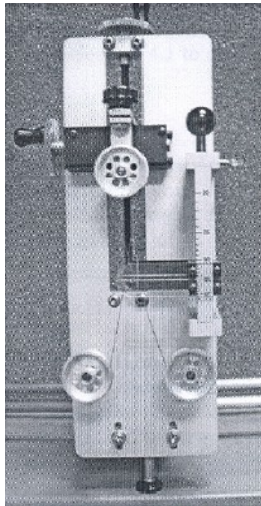
Pro většinu přízí platí, že společně se zvyšujícím se předpětím dochází ke snižování hodnot koeficientu tření. Odpovídá to tvrzením uvedených v [27]. Výjimkami jsou trojmo a čtyřmo skaná příze při tření o kreamický kolík. Tento fakt by mohl být způsoben kombinací vyšší hodnoty jemnosti, chlupatosti a geometrie průřezu příze v místě styku s kolíkem o vyšší povrchové drsnosti. Tím mohlo být ovlivněno množství a velikost ploch kontaktů mezi styčnými povrchy.

Geometrie průřezu (viz Obr. 26), zejména v případě dvojmo skané příze, může být podstatným faktorem, který může způsobovat výkyvy v měření koeficientu tření.

Je nutné si uvědomit, že průřez příze rotuje kolem své osy vůči třené ploše. Jinými slovy, během posunu příze o třenou plochu se bude měnit průřez příze a tak může docházet k velkým změnám velikosti styčné plochy mezi přízí a materiálem, přes který příze běží (kovový nebo keramický kolík, příze).

## 11.2 Měření tření příze o přízi

Měření součinitele tření příze o přízi probíhalo dle mezinárodní normy ASTM D 3412. Tato testovací metoda byla použita s přízemi o jemnostech 1,5 až 200 tex, je možné ji ale použít i pro příze a délkové textilie mimo toto rozpětí. [13]



*Obr. 32: Modul CTT pro měření součinitele tření příze o přízi [14]*

Stejně jako v případě měření tření o pevný povrch, je příze vedena přednastavenou rychlostí rychlostí dle normy [13]. Je měřeno vstupní a výstupní napětí, které je poté použito pro výpočet součinitele tření.

Příze je navedena do modulu pro měření tření příze o přízi a to tak, že prochází soustavou kladek, z nichž jedna je kladka je otočná. Tato otočná kladka je několikrát otočena proti směru hodinových ručiček. Je nutné, aby tato kladka byla v paralelním směru k ostatním kladkám v soustavě. Před spuštěním měření je nutné nastavit měřící modul a polohu kladek tak, aby v průběhu měření spodní úhel svíraný zakroucenými

přízemi odpoví údajům na rysce. Bod křížení přízí se musí nacházet přesně v místě vyznačeném na měřicím modulu, více v [14].

Výpočet součinitele tření je prováděn dle vzorce uvedeném v [14]

$$f = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{4\pi(n-0,5)\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (21)$$

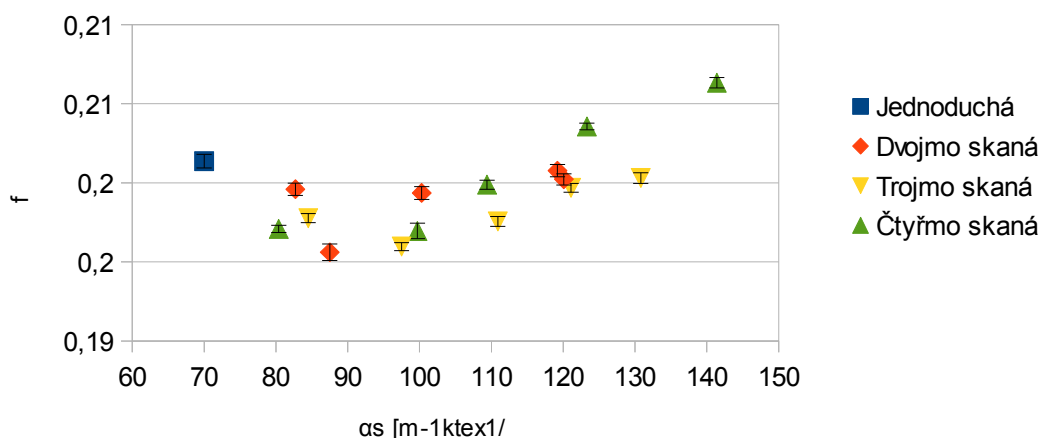
kde  $f$  [1] představuje součinitel tření,  $T_1$  [cN] vstupní hodnotu napětí,  $T_2$  [cN] výstupní hodnotu napětí (předpětí),  $n$  [1] je počet otoček kladky a  $\beta$  [rad] vrcholový úhel svíraný přízemi pod jejich dohromady zakroucenou částí.

Název	Průměr $f$ [1]	IS 95%	S <sup>2</sup>	s	V [%]	$\alpha_s$ [ktex <sup>1/2</sup> m <sup>-1</sup> ]
Jednoduchá	0,2014	(0,2009;0,2018)	0,0000037	0,0019	0,95	-
2x350	0,1996	(0,1992;0,2)	0,0000039	0,002	0,99	82,7
2x412	0,1956	(0,1951;0,1961)	0,0000069	0,0026	1,34	87,5
2x474	0,1994	(0,1990;0,1998)	0,000004	0,002	1	100,3
2x535	0,2008	(0,2004;0,2012)	0,0000037	0,0019	0,96	119,2
2x597	0,2002	(0,1999;0,2006)	0,0000025	0,0016	0,78	120,1
3x286	0,1978	(0,1975;0,1981)	0,0000021	0,0014	0,73	84,5
3x336	0,196	(0,1957;0,1962)	0,0000016	0,0013	0,65	97,5
3x387	0,1976	(0,1972;0,1979)	0,0000025	0,0016	0,8	110,9
3x437	0,1997	(0,1994;0,2)	0,0000019	0,0014	0,69	121,1
3x487	0,2003	(0,2;0,2006)	0,0000028	0,0017	0,84	130,8
4x247	0,1971	(0,1969;0,1973)	0,0000013	0,0011	0,58	80,4
4x291	0,197	(0,1965;0,1974)	0,0000061	0,0025	1,25	99,7
4x335	0,1999	(0,1996;0,2002)	0,0000021	0,0015	0,7	109,4
4x378	0,2036	(0,2034;0,2038)	0,0000089	0,0009	0,46	123,3
4x422	0,2063	(0,206;0,2067)	0,0000022	0,0015	0,72	141,4

Tabulka 8: Výsledky experimentálně naměřeného součinitele tření příze o přízi s předpětím  $T_1 = 0,5 \text{ cN tex}^{-1}$

Pro měření byla, stejně jako v předchozích případech, nastavena rychlost přístroje na 100 m.min<sup>-1</sup>, předpětí bylo nejprve zvoleno 0,5 cN tex<sup>-1</sup> a poté konstantní předpětí 13 cN. Testování za konstantního předpětí nejprve probíhalo za předpětí 75 cN, ale kvůli častým přetrhům jednoduché, dvojmo i trojmo skané příze byla jeho hodnota snížena na 13 cN. Nebude tedy možné přímo srovnávat s naměřenými hodnotami tření o kolíky, ale bude možné srovnat vliv některých parametrů za změněného předpětí. Pro všechna měření byla vrchní kladka měřicího modulu otočena třikrát proti směru hodinových ručiček o 360°, takže celkový úhel opásání byl 900°, jak doporučuje norma [13].

Závislost koeficientu tření  
příze o přízi  $T_1 = 0,5 \text{ cN tex}^{-1}$



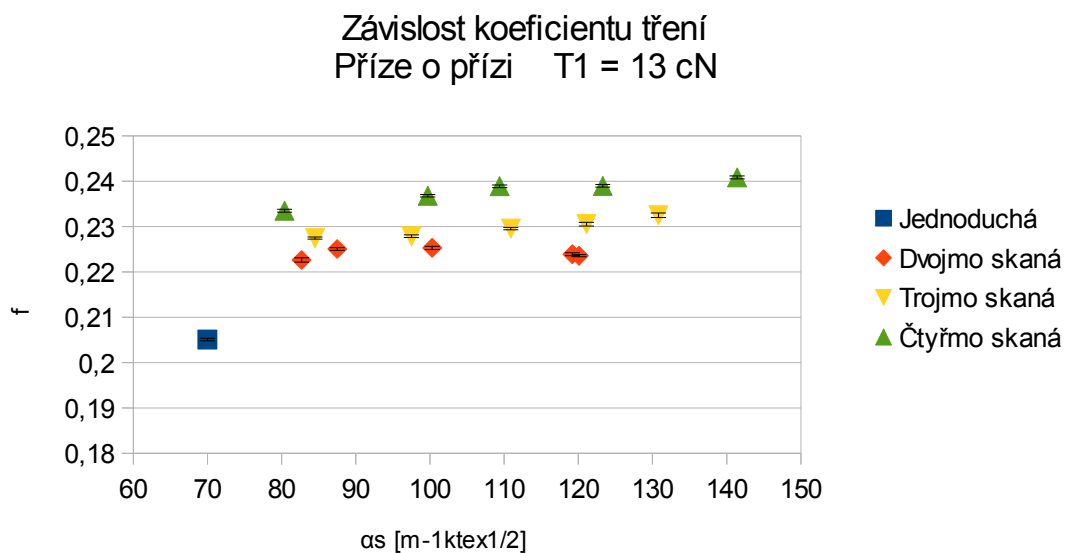
Obr. 33: Grafické znázornění závislosti koeficientu tření na úrovni skacího zákrutového koeficientu při tření příze o přízi s předpětím  $T_1 = 0,5 \text{ cN tex}^{-1}$

Jak je patrné z výše uvedené Tabulky 8 i grafu (Obr. 33), hodnoty třecího koeficientu skaných přízí jsou ve většině případů nižší, než hodnota koeficientu tření jednoduché příze. Zároveň je dobře pozorovatelné, že nejprve hodnota třecího koeficientu klesá společně s rostoucím zákrutem a to až do úrovně  $87,5 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  pro dvojmo skanou přízi,  $97,5 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  pro trojmo a  $99,7 \text{ ktex}^{1/2}\text{m}^{-1}$  pro čtyřmo skanou přízi. Od této hodnoty dochází společně se vzrůstajícím počtem zákrutů ke zvyšování hodnot součinitele tření. Potvrzuje to tedy předpoklad, že zákrut má vliv na třecí koeficient a to takový, že do určité hodnoty klesá velikost součinitele tření společně s rostoucí úrovní skacího zákrutového koeficientu, ale v momentě, kdy je této hodnoty dosaženo, třecí koeficient začne s dalším zakrucováním růst. Toto chování je nejvíce patrné na trojmo a čtyřmo skané přízi.

Na kolísání hodnot dvojmo skané příze by mohla mít vliv geometrie příčného řezu této příze, kdy se díky jejímu tvaru výrazně mění styčné plochy třených přízí během testování.

Název	Průměr f [1]	IS 95%	S <sup>2</sup>	s	V [%]	α <sub>s</sub> [ktex <sup>1/2</sup> m <sup>-1</sup> ]
Jednoduchá	0,2051	(0,2048;0,2053)	0,0000019	0,0014	0,68	-
2x350	0,2226	(0,2222;0,2231)	0,000005	0,0023	1,1	82,7
2x412	0,225	(0,2247;0,2253)	0,0000023	0,0015	0,66	87,5
2x474	0,2253	(0,2250;0,2256)	0,0000031	0,0018	0,78	100,3
2x535	0,2239	(0,2236;0,2242)	0,0000025	0,0016	0,7	119,2
2x597	0,2236	(0,2233;0,2238)	0,000001	0,001	0,45	120,1
3x286	0,2274	(0,2272;0,2277)	0,00000089	0,0009	0,42	84,5
3x336	0,2279	(0,2276;0,2281)	0,0000018	0,0013	0,59	97,5
3x387	0,2295	(0,2293;0,2298)	0,0000011	0,001	0,46	110,9
3x437	0,2305	(0,2301;0,2309)	0,0000037	0,0019	0,84	121,1
3x487	0,2325	(0,2320;0,2330)	0,000005	0,0022	0,96	130,8
4x247	0,2335	(0,2332;0,2338)	0,0000026	0,0016	0,69	80,4
4x291	0,2368	(0,2365;0,2371)	0,0000019	0,0014	0,58	99,7
4x335	0,2389	(0,2386;0,2392)	0,000002	0,0014	0,59	109,4
4x378	0,239	(0,2387;0,2393)	0,0000023	0,0015	0,63	123,3
4x422	0,2409	(0,2405;0,2412)	0,0000027	0,0016	0,68	141,4

Tabulka 9: Výsledky experimentálně naměřeného součinitele tření příze o přízi s předpětím  $T_1 = 13$  cN



Obr. 34: Grafické znázornění závislosti koeficientu tření na úrovni skacího zákrutového koeficientu při tření příze o přízi s předpětím  $T_1 = 13$  cN

Z grafického znázornění (viz Obr. 34) lze vypožorovat vliv počtu jednoduchých přízí v přízi skané při testování za stejného předpětí pro všechny příze. Tento vliv

odpovídá stanovenému předpokladu, že společně s rostoucím počtem jednoduchých přízí ve skané přízi, dojde ke zvyšování hodnoty třecího koeficientu. Zároveň je ve výsledcích toho testování patrné, že se zvyšující se úrovní skancího zákrutového koeficientu roste i hodnot součinitele tření.

Při porovnání s hodnotami z předešlého měření za předpětí  $T_l = 0,5 \text{ cN tex}^{-1}$ , hodnoty za předpětí 13 cN, které je pro všechny příze menší, než původní předpětí, byly vyšší. Toto zjištění se shoduje s ve [27] uvedeným tvrzením, že s klesajícím předpětím roste hodnota třecího koeficientu a obráceně.

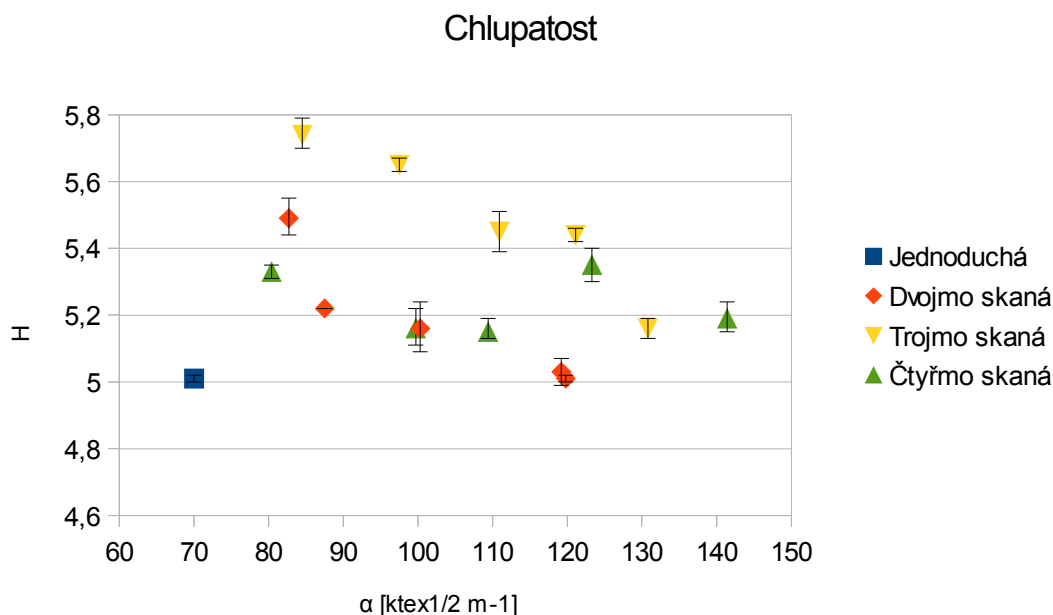
## 12 Měření chlupatosti

Na přístroji USTER TESTER byla fotometricky měřena chlupatost předložených přízí, neboli sumární délka vláken, které vyčnívají z těla příze. Hodnoty chlupatosti vyjádřené indexem chlupatosti H byly graficky vyneseny proti hodnotám skacího zákrutového koeficientu, aby byl potvrzen, nebo naopak vyvrácen předpoklad, že společně s rostoucím zákrutem dochází ke snižování chlupatosti.

Pro každou přízi byla, za přednastavené rychlosti 400 m.min<sup>-1</sup> provedena tři měření 400 m dlouhých úseků příze. Větší počet měření nebyl prováděn z důvodu nedostatku materiálu.

Název	Průměr f [1]	IS 95%	S <sup>2</sup>	s	V [%]	α <sub>s</sub> [ktex <sup>1/2</sup> m <sup>-1</sup> ]
Jednoduchá	5,01	(5;5,02)	0,000033	0,01	0,12	-
2x350	5,49	(5,44;5,55)	0,00093	0,03	0,56	82,7
2x412	5,22	(5,22;5,22)	0	0	0	87,5
2x474	5,16	(5,09;5,24)	0,0017	0,04	0,81	100,3
2x535	5,03	(4,99;5,07)	0,0004	0,02	0,4	119,2
2x597	5,01	(5;5,02)	0,000033	0,01	0,12	120,1
3x286	5,74	(5,7;5,79)	0,00053	0,02	0,4	84,5
3x336	5,65	(5,63;5,67)	0,00013	0,01	0,2	97,5
3x387	5,45	(5,39;5,51)	0,00103	0,03	0,59	110,9
3x437	5,44	(5,42;5,46)	0,00013	0,01	0,21	121,1
3x487	5,16	(5,13;5,19)	0,0003	0,02	0,34	130,8
4x247	5,33	(5,31;5,35)	0,0001	0,01	0,19	80,4
4x291	5,16	(5,11;5,22)	0,00093	0,03	0,59	99,7
4x335	5,15	(5,13;5,17)	0,00013	0,01	0,22	109,4
4x378	5,35	(5,3;5,4)	0,0007	0,03	0,49	123,3
4x422	5,19	(5,15;5,24)	0,00063	0,03	0,48	141,4

Tabulka 10: Výsledky měření chlupatosti H



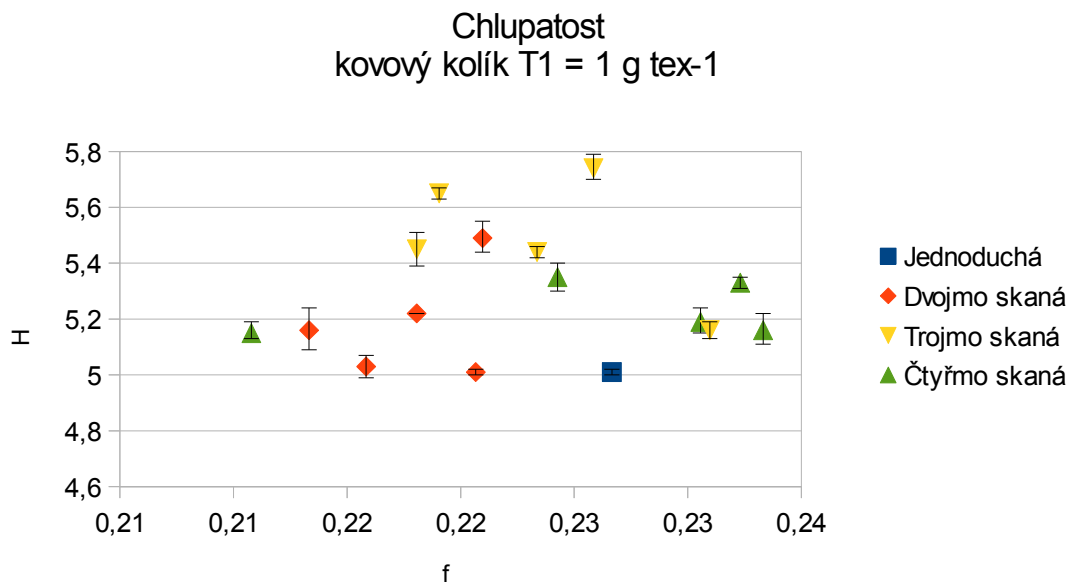
Obr. 35: Grafické znázornění závislosti chlupatosti na úrovni skacího zákrutového koeficientu

V grafu zobrazené hodnoty potvrzují, že vůči jednoduché přizí, hodnota chlupatosti roste společně s počtem jednoduchých přizí v přizí skané. Výjimkou je čtyřmo skaná příze. Tuto výjimku lze vysvětlit pomocí příčných pohledů průřezu přizí. Geometrie a uspořádání přizí v dvojmo a trojmo skané přizí odhaluje, že ve srovnání se čtyřmo skanou přizí, jsou styčné plochy jednoduchých přizí ve dvojmo a trojmo skané přizí menší, než tomu tak je v případě čtyřmo skané příze. Je tedy možné, že společně se styčným povrchem mezi jednotlivými jednoduchými přizemi ve čtyřmo skané přizí tak dojde i ke skrytí vyčnívajících vláken jednoduché příze a díky tomu je hodnota chlupatosti čtyřmo skané příze nižší.

Podobné vysvětlení lze aplikovat i na odchylky naměřené chlupatosti vůči skacímu zákrutovému koeficientu, kdy za určitého úhlu sklonu jednoduchých přizí vůči ose příze může docházet k odkrývání přečnívajících vláken a zvýšení chlupatosti příze.

Dále byl zkoumán vliv chlupatosti na koeficient tření. Naměřené hodnoty byly vyneseny ke každému provedenému měření. Výsledky jsou demonstrovány na Obr. 36, který zobrazuje závislost třecího koeficientu, při tření příze o kovový kolík, na chlupatosti. Grafická znázornění pro ostatní měření jsou součástí přílohy.





*Obr. 36: Grafické znázornění závislosti chlupatosti a třecího koeficientu při tření o kovový kolík za předpětí 1 cN tex<sup>-1</sup>*

Jak je z grafu (Obr. 36) patrné, nelze spolehlivě určitě přímý vliv chlupatosti na koeficient tření, protože hodnoty spíše kolísají, než že by vykazovaly rostoucí či klesající trend.

### 13 Závěr

Úkolem bakalářské práce bylo zaměřit se na problematiku tření polyesterových přízí o pevný materiál a tření příze o přízi. V práci jsou popsány geometrické parametry přízí a běžně používané modely pro výpočet tření přízí.

Experimentálními metodami byla zjištěna velikost reálných skacích zákrutů a seskání, koeficient tření a chlupatost skaných přízí i příze jednoduché. Byly nasnímány podélné a příčné pohledy na příze.

Zákruty a seskání byly měřeny pomocí zákrutoměru metodou rozkrucování za předpětí  $0,5 \text{ cN tex}^{-1}$ . Měření třecího koeficientu probíhalo na stroji Lawson Hemphill CTT za normou doporučené rychlosti  $100 \text{ m min}^{-1}$  a předpětí  $1 \text{ cN tex}^{-1}$  a  $75 \text{ cN}$  v případě tření příze o kolíky a  $0,5 \text{ cN tex}^{-1}$  a  $13 \text{ cN}$  pro tření příze o přízi. Hodnota konstantního předpětí pro všechny příze nemohla být stanovena na stejné hodnotě  $75 \text{ cN}$  z důvodu častých přetrhů jednoduché, dvojmo i trojmo skané příze při tření příze o přízi. Chlupatost přízí byla měřena na přístroji USTER-TESTER za rychlosti  $400 \text{ m min}^{-1}$ . Pomocí makroskopu byly nasnímány podélné pohledy na přízi a pomocí mikroskopu příčné pohledy. Pomocí tabulek a grafů byly porovnány hodnoty naměřených třecích koeficientů a zkoumán vliv jednotlivých faktorů na velikost koeficientu tření.

Bylo zjištěno, že největší vliv na velikost koeficientu tření nemá ani počet jednoduchých přízí v přízi skané nebo velikost zákrutu, ale povrchová drsnost plochy, o kterou je příze třena, stejně tak jako velikost předpětí. Nebylo možné uceleně posoudit vliv zákrutu a počtu jednoduchých přízí pro všechny povrchy, se kterými přišla příze do styku (kovové kolík, keramické kolíky, příze). Tento vliv byl tak pozorován zvláště u jednotlivých materiálů, o které se příze třela.

Výsledky ukazují na to, že nejvyšších hodnot nabýval koeficient tření při tření o keramický kolík o povrchové drsnosti  $1,6 \text{ }\mu\text{m}$ , nejnižších pak při tření příze o přízi. V případě tření příze o kolíky bylo patrné, že na koeficient tření má vliv několik dalších faktorů, kterými může být lišící se geometrie průřezu přízí, úhel sklonu jednoduchých přízí vůči ose skané příze, nebo poloha jednotlivých vyčnívajících vláken. Dalším možným faktorem mohou být vlastnosti příze, které byly získány během výrobního procesu, jako jsou ovinky jednoduchých přízí vzniklé během rotorového dopřádání, přítomnost lubrikantu nutného při spřádání polyesterových vláken, mazivo

z prstencového skacího stroje, které mohlo být místy rozptýleno na přízi, nebo různé napětí přízi během skaní.

Nelze tvrdit, že zákrut nebo počet jednoduchých přízí v přízi skané má, sám o sobě, výrazný vliv na třecí vlastnosti skaných přízí. Tření je komplexní jev, na který, jak bylo již zmíněno, má vliv především struktura třených povrchů a působící napětí.

## Seznam použité literatury

- [1] Tření. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99en%C3%AD>
- [2] MORTON, W. E. a J. W. S. HEARLE. *Physical properties of textile fibres*. 4th ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, 2008. ISBN 978-1 84569 442 5.
- [3] Třecí síla. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99ec%C3%AD\\_s%C3%ADla](https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99ec%C3%AD_s%C3%ADla)
- [4] Vláknové tření. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/216-vlaknove-treni>
- [5] URSÍNY, P. *Předení II*. Liberec, 2001. Skriptum. Technická univerzita v Liberci.
- [6] Skaní. *E-LTex: Průvodce obchodováním s textilem a oděvy* [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/416/zaklady-textilnich-technologie/technologie-tkani/Skani.html>
- [7] IN 11-108-01/01. *Interní norma č. 12-108-01/01: Definice. Geometrické vlastnosti staplových přízí*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002.
- [8] MERCIER, A. A. Coefficient of friction of fabrics. *Bureau of Standards Journal of Research* [online]. 1930, 2 July 1930(Vol. 5), 243 - 246 [cit. 2016-03-21]. ISSN 0091-1801. Dostupné z: [http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/jres/5/jresv5n2p243\\_A2b.pdf](http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/jres/5/jresv5n2p243_A2b.pdf)
- [9] Polyesterová vlákna. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyesterov%C3%A1\\_vl%C3%A1kna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyesterov%C3%A1_vl%C3%A1kna)
- [10] Příze a nitě, jejich označování, vlastnosti, sortiment a vady. *E-LTex: Průvodce obchodováním s textilem a oděvy* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/470/textilni-terminologie-zboziznalstvi/vlakna-prize-a-nite/Prize-a-nite-jejich-oznacovani-vlastnosti-sortiment-a-vady.html>
- [11] *CTT Constant Tension Transport: User Manual*. Swansea, USA.
- [12] ASTM D 3108 - 01. *Standard Test Method for: Coefficient of Friction, Yarn to*

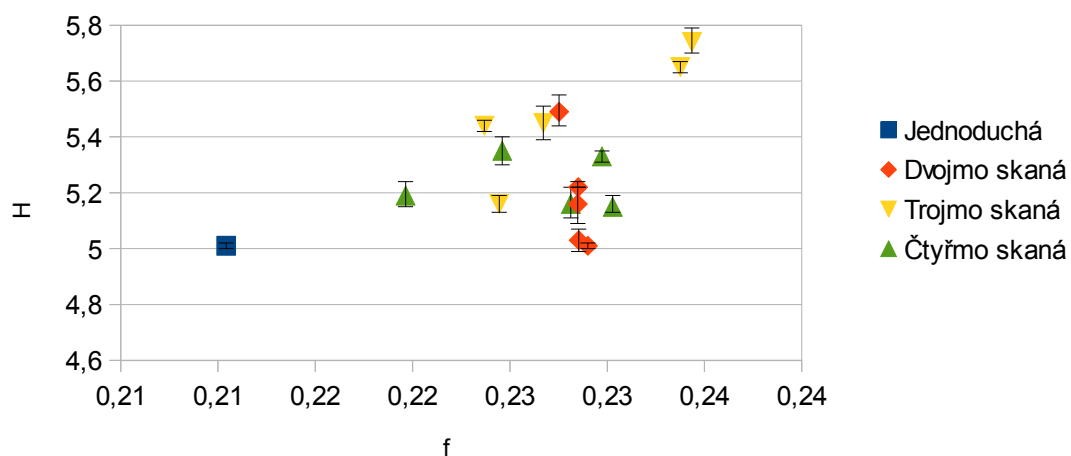
- Solid Material*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2001.
- [13] ASTM D 3412 - 01. *Standard Test Method for: Coefficient of Friction, Yarn to Yarn*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2001.
- [14] *Tension: Tension & Friction Software for CTT*. Swansea, MA, USA, 2009.
- [15] NAIR, A. U., R. SHEELA, M. V. VIVEKANANDAN, B. A. PATWARDHAN a R. P. NECHANE. Studies on friction in cotton textiles: Part I - A study on the relationship between physical properties and frictional characteristics of cotton fibres and yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* [online]. NISCAIR-CSIR, India, September 2013(Vol. 38), 244 - 250 [cit. 2016-03-18]. ISSN 0975-1025. Dostupné z: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/21420/1/IJFTR%2038%283%29%20244-250.pdf>
- [16] GUPTA, B. S. *Friction in Textile Materials*. Cambridge, England. Woodhead Publishing, 2008. ISBN 9781855739208.
- [17] RAMAKUMAR, S. S., L. SHASTRI, R. W. TOCK, D. C. SHELLY, M. L. SMITH a S. OADMANABHAN. Experimental Study of the Frictional Properties of Friction Spun Yarns. *Journal of Applied Polymer Science* [online]. Wiley Periodicals, Inc., 2003, (Volume 88, 10), 2450–2454 [cit. 2016-04-09]. DOI: 10.1002/app.11993. ISSN 1097-4628. Dostupné z: [http://math.gmu.edu/~pseshaiy/publications/japs\\_2003.pdf](http://math.gmu.edu/~pseshaiy/publications/japs_2003.pdf)
- [18] NECKÁŘ, B. *Příze: tvorba, struktura, vlastnosti*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00213-3 .
- [19] IN 22-102-01/01. *Interní norma č. 22-102-01/01: Průměr a chlupatost příze*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.
- [20] Measurement of Yarn Hairiness: Shirley Yarn Hairiness Tester. *Textile Learner* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://textilelearner.blogspot.cz/2012/05/measurement-of-yarn-hairiness-shirley.html>
- [21] Smykové tření. *Textile Learner* [online]. [cit. 2016-05\_01]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie-sila/smykove-treni>
- [22] CHATTOPADHYAY, R. a S. BANERJEE. The Frictional Behaviour of Ring-, Rotor-, and Friction-spun Yarn. *Journal of the Textile Institute* [online]. London,

- England: Taylor & Francis, 2010, March 2010(87), 59 - 67 [cit. 2016-05-09].  
DOI: 10.1080/00405009608659056. ISSN 1754-2340. Dostupné z:  
<http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t778164490>
- [23] Normální rozdělení. Wikiskripta [online]. 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z:  
[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Norm%C3%A1ln%C3%AD\\_rod%C4%Blen%C3%AD](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Norm%C3%A1ln%C3%AD_rod%C4%Blen%C3%AD)
- [24] Testy normality. *Wikiskripta* [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z:  
[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Testy\\_normality](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Testy_normality)
- [25] Směrodatná odchylka. *Matematika.cz: matematika pro střední a základní školy* [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z:  
<http://www.matematika.cz/smerodatna-odchylka>
- [26] Hodnocení analytických výsledků. *Katedra analytické chemie - UP v Olomouci: Učebnice* [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z:  
<http://ach.upol.cz/ucebnice/hodnoceni3.htm>
- [27] HOWELL, H. G., K. W. MIESZKIS a D. TABOR. *Friction in textiles*. Whitefish, MT, USA: Literary Licensing, 2013. ISBN 1258784300.
- [28] CTT LH-401: Constant Tension Transport. *Katedra textilních technologií* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: [http://www.ktt.tul.cz/?page=pristroje&action=detail&nextaction=view&id\\_pristroje=25](http://www.ktt.tul.cz/?page=pristroje&action=detail&nextaction=view&id_pristroje=25)

## Seznam příloh

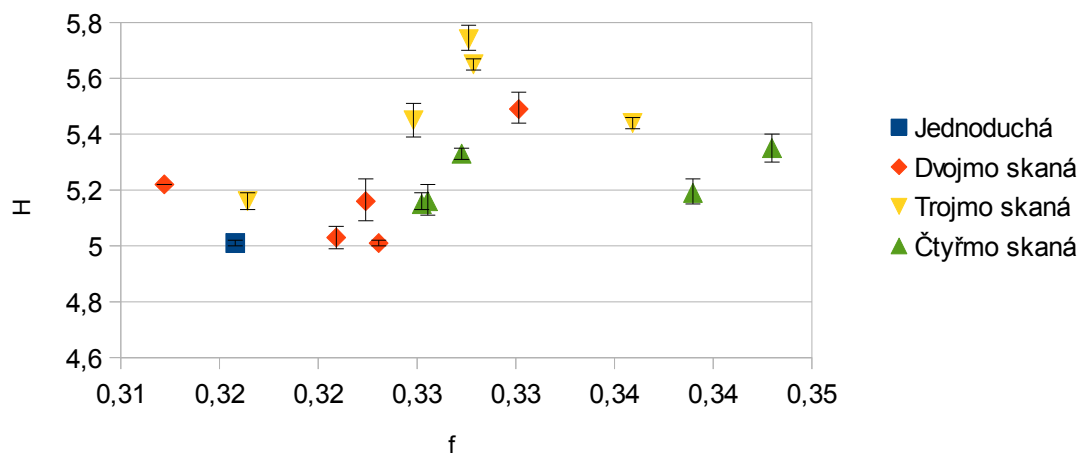
- Příloha 1: Graf závislosti třecího koeficientu na chlupatosti při tření příze o kovový kolík za předpětí 75 cN
- Příloha 2: Graf závislosti třecího koeficientu na chlupatosti při tření příze o keramický kolík za předpětí 1 cN tex<sup>-1</sup>
- Příloha 3: Graf závislosti třecího koeficientu na chlupatosti při tření příze o keramický kolík za předpětí 75 cN
- Příloha 4: Graf závislosti třecího koeficientu na chlupatosti při tření příze o přízi za předpětí 0,5 cN tex<sup>-1</sup>
- Příloha 5: Graf závislosti třecího koeficientu na chlupatosti při tření příze o přízi za předpětí 13 cN
- Příloha 6: Ukázka datového výstupu z přístroje CTT tření čtyřmo skané příze Zs 422 m<sup>-1</sup> o kovový kolík
- Příloha 7: Ukázka datového výstupu z přístroje CTT tření čtyřmo skané příze Zs 422 m<sup>-1</sup> o keramický kolík
- Příloha 8: Ukázka datového výstupu z přístroje CTT tření čtyřmo skané příze Zs 422 m<sup>-1</sup> o přízi
- Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>

Chlupatost  
kovový kolík T1 = 75 cN



Příloha 1: Grafické znázornění závislosti chlupatosti a třecího koeficientu při tření o kovový kolík za předpětí 75 cN

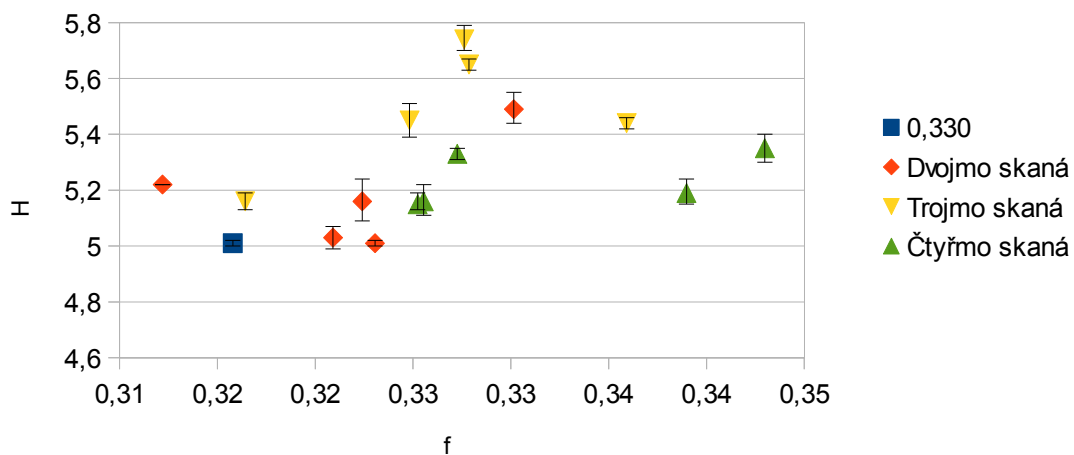
Chlupatost  
keramický kolík T1 = 1 cN tex-1



Příloha 2: Grafické znázornění závislosti chlupatosti a třecího koeficientu při tření o keramický kolík za předpětí 1 cN tex<sup>-1</sup>

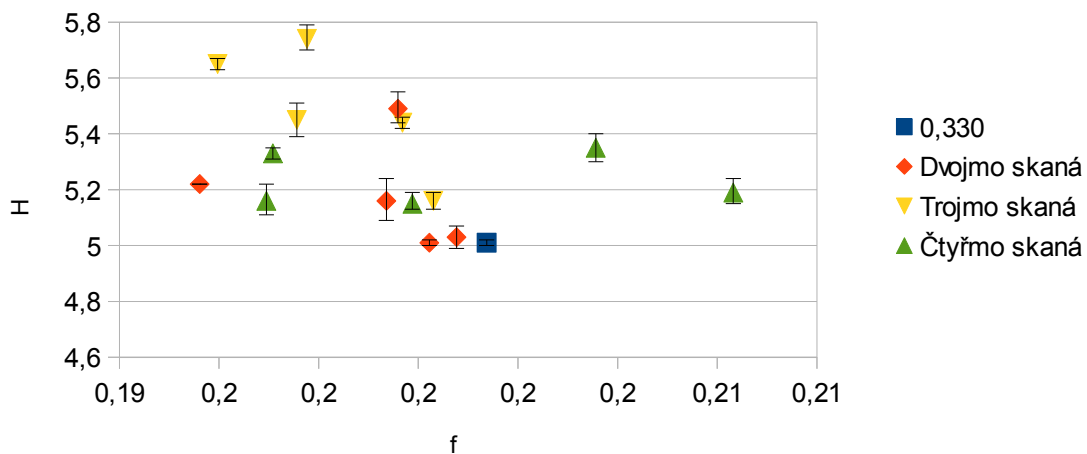


Chlupatost  
keramický kolík T1 = 75 cN



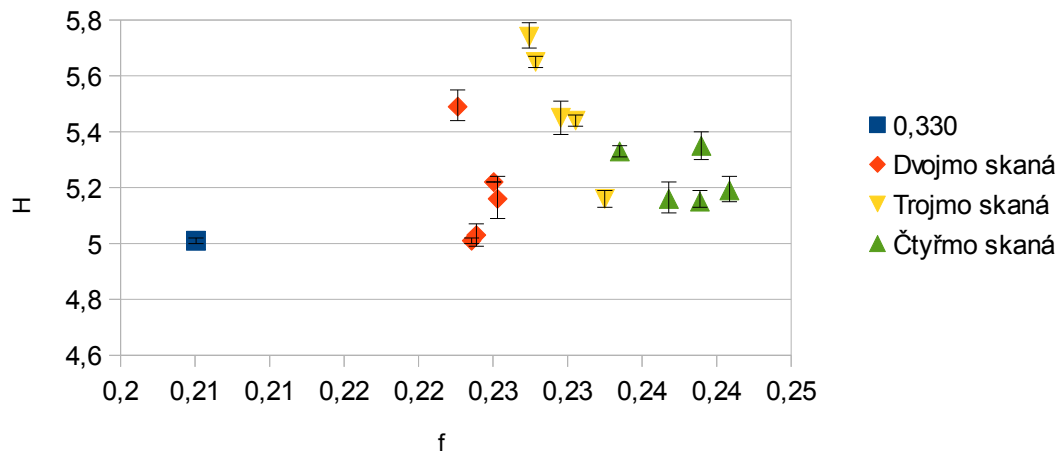
Příloha 3: Grafické znázornění závislosti chlupatosti a třecího koeficientu při tření o keramický kolík za předpětí 75 cN

Chlupatost  
příze o přízi T1 = 0,5 cN tex-1



Příloha 4: Grafické znázornění závislosti chlupatosti a třecího koeficientu při tření příze o přízi za předpětí 0,5 cN tex<sup>-1</sup>

Chlupatost  
příze o přízi T1 = 13 cN



*Příloha 5: Grafické znázornění závislosti chlupatosti a třecího koeficientu při tření příze o přízi za předpětí 13 cN*

**CTT-FRICTION REPORT**

File Name : Martinek\_4x\_Zs422\_koliky      Test Speed (m/min) : 100      Test Type : Pin Friction  
Test : kov\_4x\_Zs422      Test Mode : Continuous      Input Tension (g) : 118  
Operator :      Sample Length (m) : 1.00      Wrap Angle: 180  
Date :      Sample / Test : 1      Tension Units : g  
Shift :      Total Tests : 20      Acquisition Rate(mm): 10.0  
Producer :      Test Length (m): 1.00      Fixed Speed : No  
Machine : PY      Total Test Length(m): 20.00      Summary ID # : 8  
Yarn Count : 118      Tex      Waste Length (m) : 10  
Merge :  
Lot :  
Material : pes  
Comments : kovovy kolik 4x29.5

Test #	Pkg. ID	Avg. ( $\mu$ )	SD	CV%	MIN	MAX	LIMIT	Avg. (g)
1	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		246.22
2	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		239.90
3	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		240.19
4	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		241.13
5	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		245.89
6	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		243.37
7	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		245.89
8	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		243.04
9	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		243.69
10	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		241.08
11	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		240.73
12	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		246.45
13	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		239.33
14	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		242.37
15	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		241.36
16	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		245.69
17	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		246.48
18	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		240.87
19	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		243.13
20	kov_4x_Zs422_4	0.23	0.00	0.00	0.23	0.23		246.03

Good: 20 Rejected: 0

Test Time: 12/15/2015,1:42.10 PM

Printed Time: 05/10/16,11:06

*Příloha 6: Ukázka datového výstupu z přístroje CTT tření čtyřmo skané příže Zs 422 m<sup>-1</sup> o kovový kolík za předpětí 1 cN tex<sup>-1</sup>, strana 1/2*

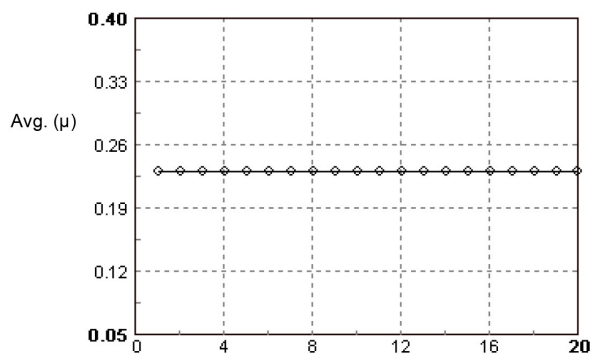


### CTT-FRICTION REPORT

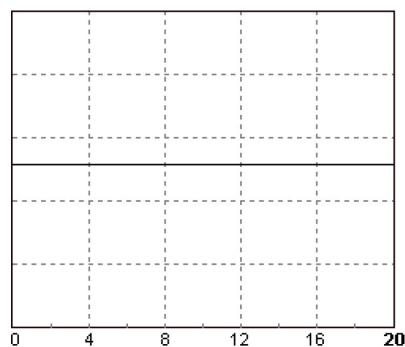
#### Summary

ALL : 20	GOOD : 20
Avg. ( $\mu$ ): 0.23	Avg. ( $\mu$ ): 0.23
SD : 0.00	SD : 0.00
CV% : 1.41 %	CV% : 1.41 %
MIN : 0.22	MIN : 0.22
MAX : 0.24	MAX : 0.24

Test Graph



Histogram



**CTT-FRICTION REPORT**

File Name : Martinek\_4x\_Zs422\_koliky      Test Speed (m/min) : 100      Test Type : Pin Friction  
Test : keramika\_4x\_Zs422      Test Mode : Continuous      Input Tension (g) : 118  
Operator :      Sample Length (m) : 1.00      Wrap Angle: 180  
Date :      Sample / Test : 1      Tension Units : g  
Shift :      Total Tests : 20      Acquisition Rate(mm): 10.0  
Producer :      Test Length (m): 1.00      Fixed Speed : No  
Machine : PY      Total Test Length(m): 20.00      Summary ID # : 3  
Yarn Count : 118      Tex      Waste Length (m) : 10  
Merge :  
Lot :  
Material : pes  
Comments : keramicky kolik 4x29

Test #	Pkg. ID	Avg. ( $\mu$ )	SD	CV%	MIN	MAX	LIMIT	Avg. (g)
1	keramika_4x_Zs422_4	0.33	0.00	0.00	0.33	0.33		337.98
2	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		339.77
3	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		342.50
4	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		342.52
5	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		345.37
6	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		346.35
7	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		343.61
8	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		343.27
9	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		338.09
10	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		345.73
11	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		341.72
12	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		345.57
13	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		346.66
14	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		342.57
15	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		340.68
16	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		344.06
17	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		344.56
18	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		347.01
19	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		345.68
20	keramika_4x_Zs422_4	0.34	0.00	0.00	0.34	0.34		348.50

Good: 20 Rejected: 0

Test Time: 12/15/2015,1:36.10 PM

Printed Time: 05/10/16,11:06

*Příloha 7: Ukázka datového výstupu z přístroje CTT tření čtyřmo skané příze Zs 422 m<sup>-1</sup> o keramický kolík za předpětí 1 cN tex<sup>-1</sup>, strana 1/2*

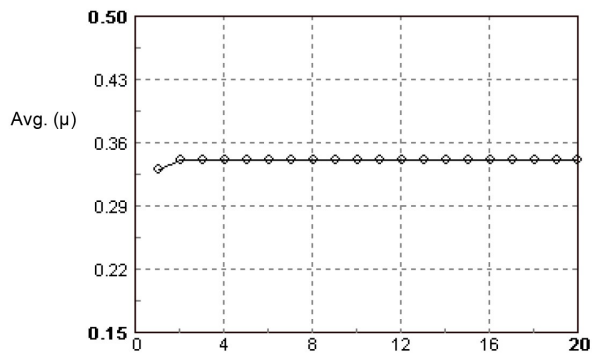


## CTT-FRICTION REPORT

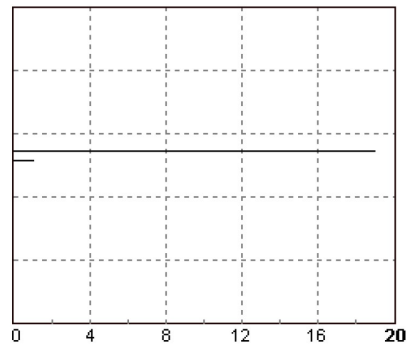
### Summary

ALL : 20	GOOD : 20
Avg. ( $\mu$ ): 0.33	Avg. ( $\mu$ ): 0.33
SD : 0.00	SD : 0.00
CV% : 0.93 %	CV% : 0.93 %
MIN : 0.33	MIN : 0.33
MAX : 0.34	MAX : 0.34

Test Graph



Histogram



**CTT-FRICTION REPORT**

File Name : Martinek\_4x\_Zs422\_prize      Test Speed (m/min) : 20      Test Type : Yarn Friction  
Test : prize\_4x\_Zs422      Test Mode : Continuous      Input Tension (g) : 59  
Operator :      Sample Length (m) : 1.00      Apex Angle: 35  
Date :      Sample / Test : 1      Num. of Turns : 3  
Shift :      Total Tests : 20      Tension Units : g  
Producer :      Test Length (m) : 1.00      Acquisition Rate(mm): 10.0  
Machine : YY      Total Test Length(m): 20.00      Fixed Speed : No  
Yarn Count : 118      Tex      Waste Length (m) : 10      Summary ID # : 3  
Merge :  
Lot :  
Material : pes  
Comments : prize o prizi 4x29.5

Test #	Pkg. ID	Avg. ( $\mu$ )	SD	CV%	MIN	MAX	LIMIT	Avg. (g)
1	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		422.34
2	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		421.78
3	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		423.73
4	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		415.95
5	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		420.09
6	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		416.92
7	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		415.27
8	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		420.69
9	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		418.91
10	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		414.60
11	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		418.57
12	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		419.98
13	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		417.88
14	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		419.08
15	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		419.34
16	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		421.35
17	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		416.92
18	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		418.99
19	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		418.99
20	prize_4x_Zs422_3	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21		412.37

Good: 20 Rejected: 0

Test Time: 12/16/2015,2:56.42 PM

Printed Time: 05/10/16,11:05

*Příloha 8: Ukázka datového výstupu z přístroje CTT tření čtyřmo skané příze Zs 422 m<sup>-1</sup> o přízi za předpětí 0,5 cN tex<sup>-1</sup>, strana 1/2*

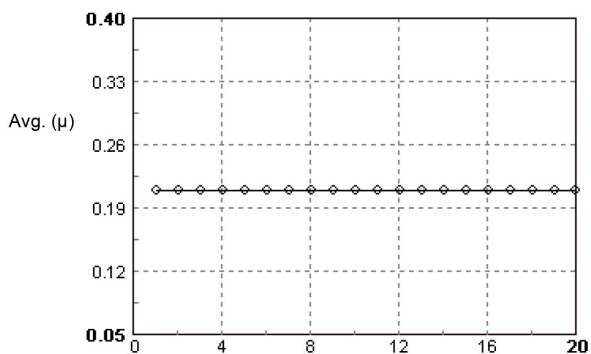


## CTT-FRICTION REPORT

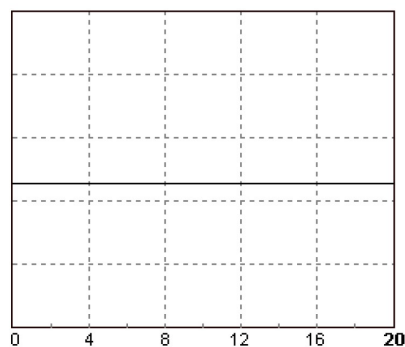
### Summary

ALL : 20	GOOD : 20
Avg. ( $\mu$ ): 0.21	Avg. ( $\mu$ ): 0.21
SD : 0.00	SD : 0.00
CV% : 0.00 %	CV% : 0.00 %
MIN : 0.21	MIN : 0.21
MAX : 0.21	MAX : 0.21

Test Graph



Histogram





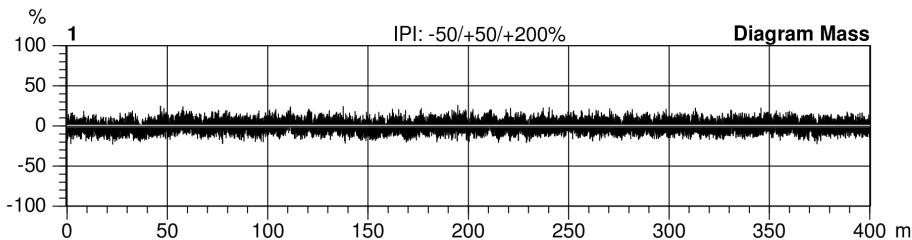
Style PES Sample ID 42226 Nom. count 118 tex Nom. twist 0 T/m  
 Tests 3 / 1 v= 400 m/min t= 1 min Meas. slot 3 Short staple

Article 4x Zs422 Material class Yarn Mach. Nr.  
 Uster Statistics  
 Fiber

Nr	U%	U inert	U hi	CVm	CVm 1m	CVm 3m	CVm 10m	CVm 50m	CVm 100m	CVm inert	CVm hi	Thin -30%	Thin -40%
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	/km	/km
1	4.89	0.88	1.26	6.13	2.41	1.94	1.36			1.10	1.58	0.0	0.0
2	4.82	0.87	1.34	6.04	2.34	1.96	1.47			1.09	1.68	0.0	0.0
3	4.78	0.87	1.25	6.06	2.37	1.83	1.40			1.08	1.56	0.0	0.0
Mean	4.83	0.87	1.28	6.08	2.37	1.91	1.41			1.09	1.60	0.0	0.0
CV													
Q95													
Max	4.89	0.88	1.34	6.13	2.41	1.96	1.47			1.10	1.68	0.0	0.0
Min	4.78	0.87	1.25	6.04	2.34	1.83	1.36			1.08	1.56	0.0	0.0

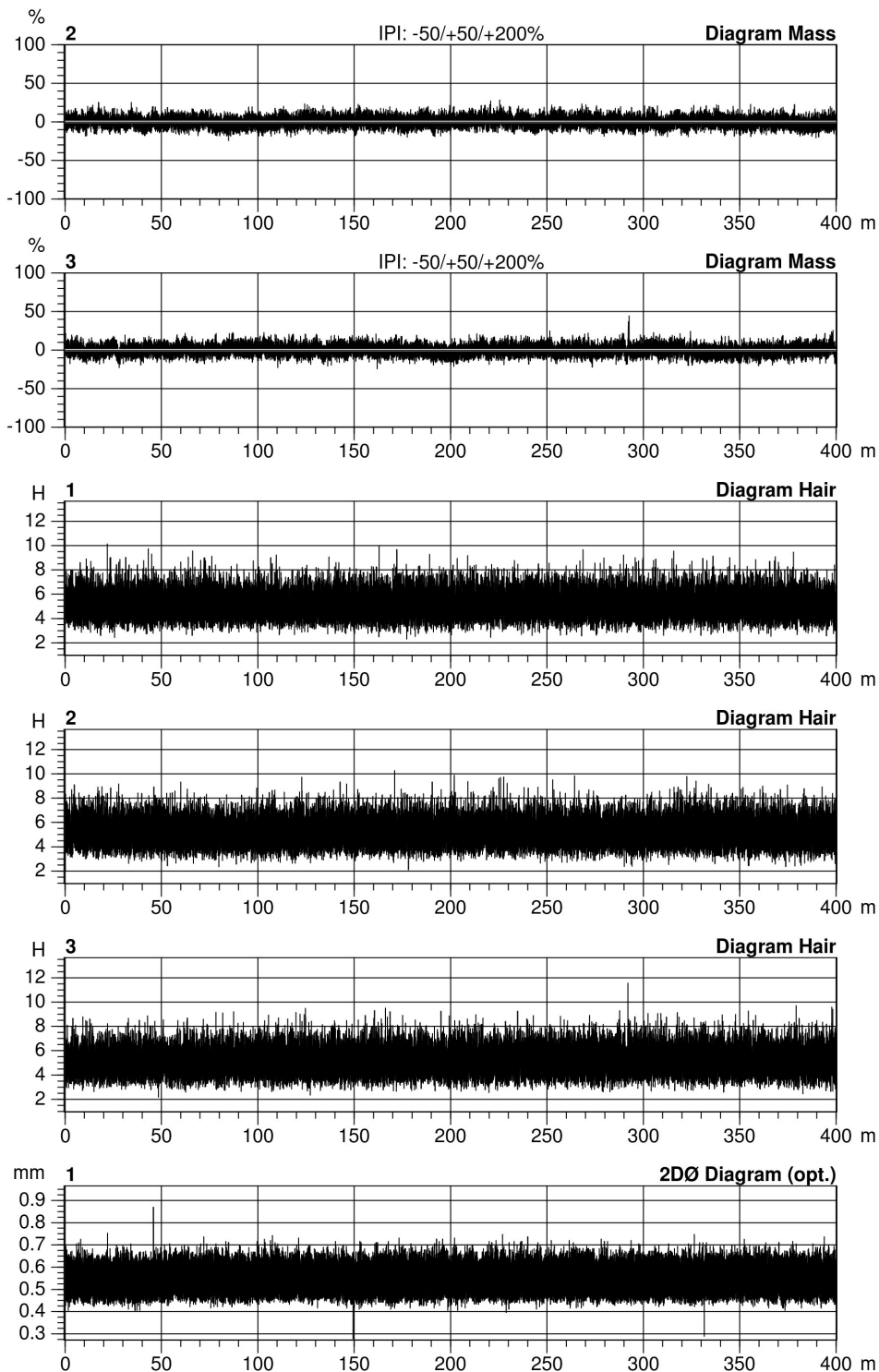
Nr	Thin -50%	Thin -60%	Thick +35%	Thick +50%	Thick +70%	Thick +100%	Neps +140%	Neps +200%	Neps +280%	Neps +400%	H	sh	2DØ
	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km			mm
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.19	1.05	0.501
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.22	1.06	0.503
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.17	1.06	0.504
Mean	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.19	1.06	0.503
CV													
Q95													
Max	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.22	1.06	0.504
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.17	1.05	0.501

Nr	CV2D 8mm	s2D 8mm	Shape	CV2D 0.3mm	CV1D 0.3mm	D
	%	mm		%	%	g/cm3
1	4.65	0.029	0.86	6.65	9.11	0.60
2	4.62	0.029	0.86	6.67	9.27	0.59
3	4.58	0.029	0.86	6.59	9.06	0.59
Mean	4.62	0.029	0.86	6.64	9.15	0.59
CV						
Q95						
Max	4.65	0.029	0.86	6.67	9.27	0.60
Min	4.58	0.029	0.86	6.59	9.06	0.59



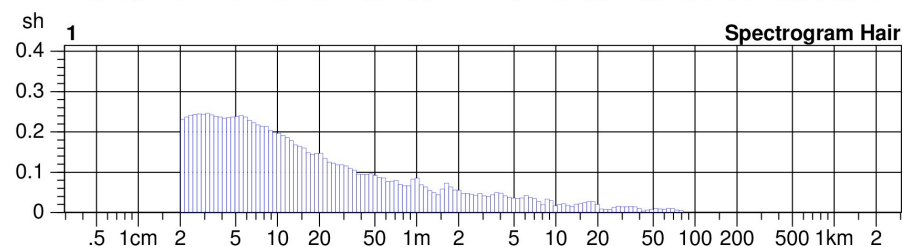
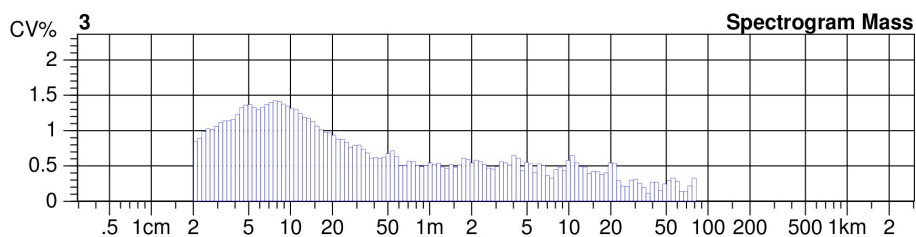
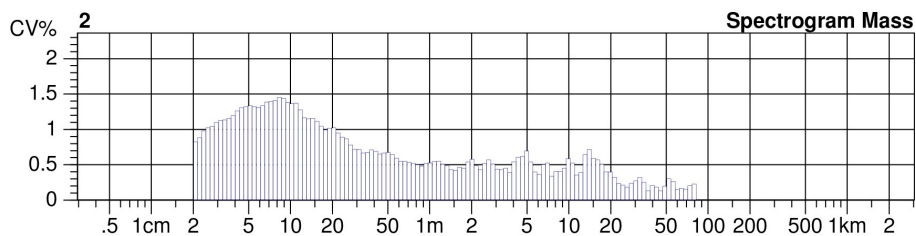
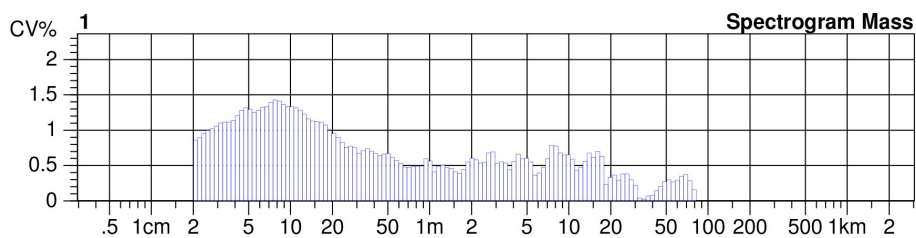
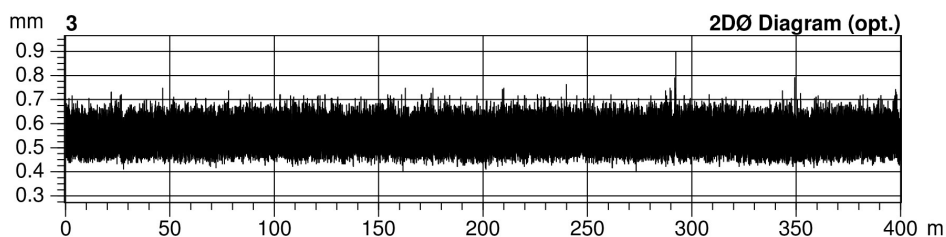
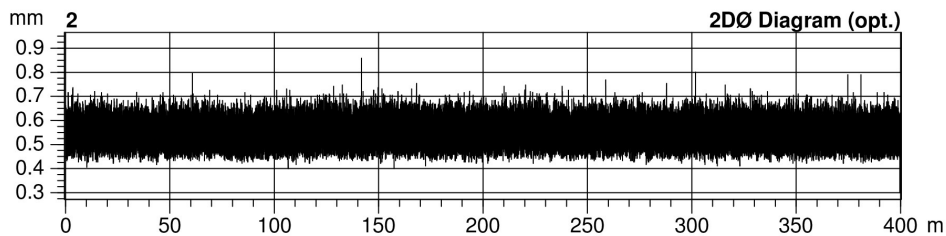
Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 1/9

Style PES Sample ID 42226 Nom. count 118 tex Nom. twist 0 T/m  
Tests 3 / 1 v= 400 m/min t= 1 min Meas. slot 3 Short staple



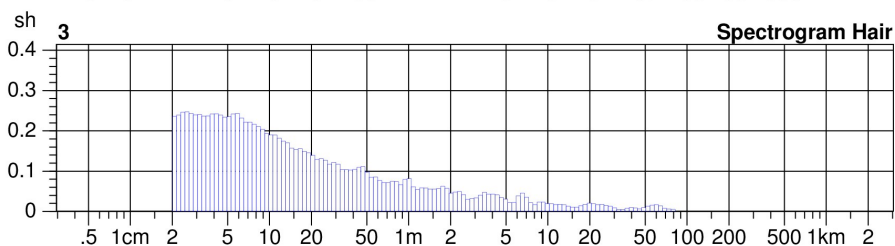
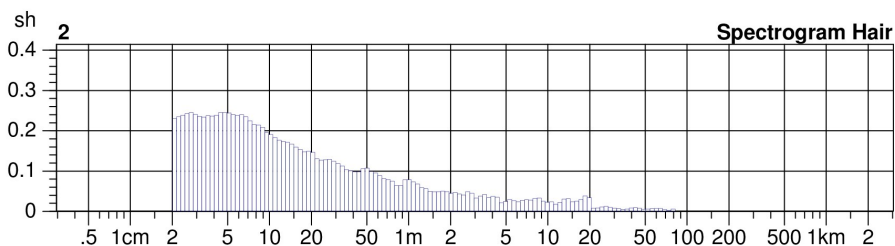
Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 2/9

Style	PES	Sample ID	42226	Nom. count	118 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	

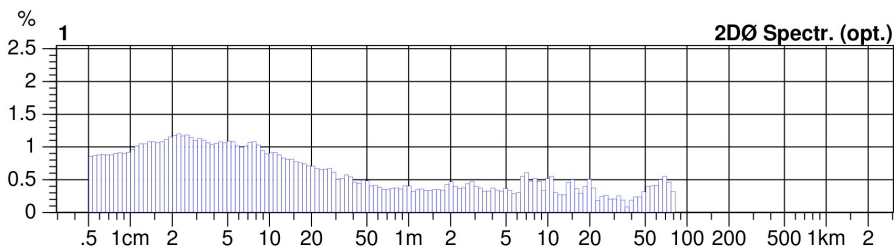
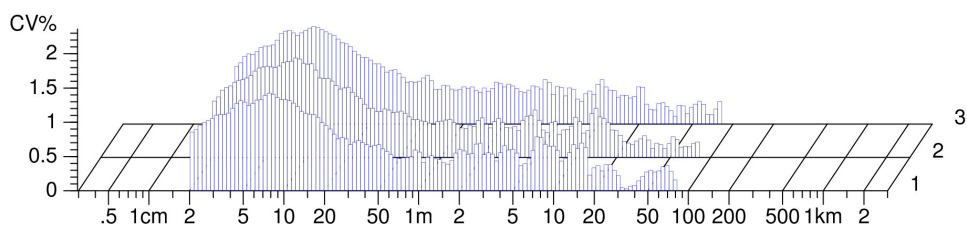


Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 3/9

Style	PES	Sample ID	42226	Nom. count	118 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	

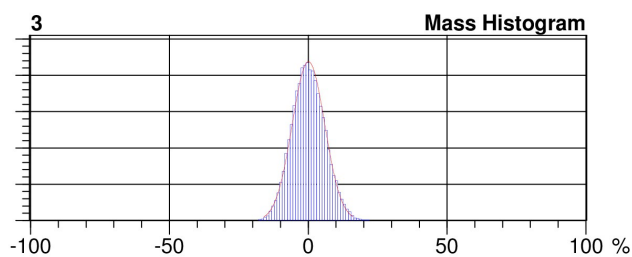
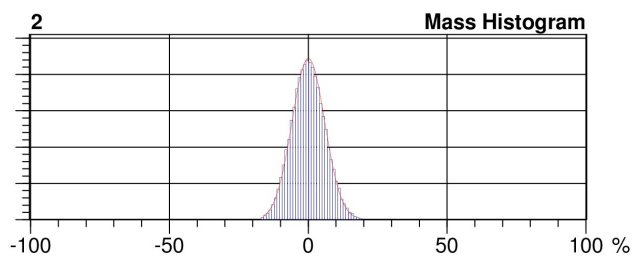
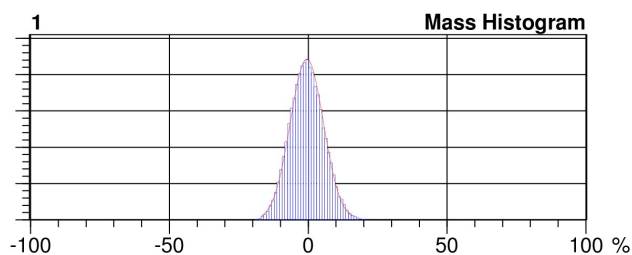
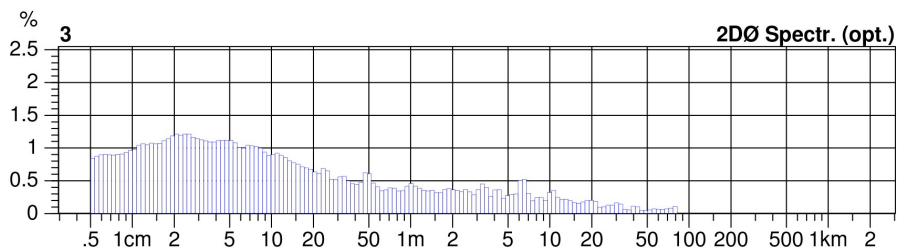
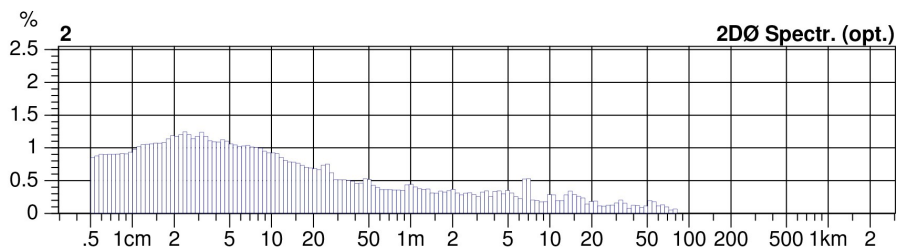


**Spectrogram Mass**



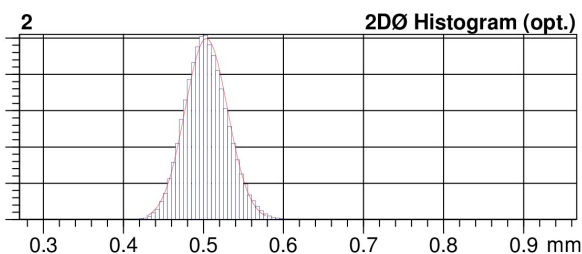
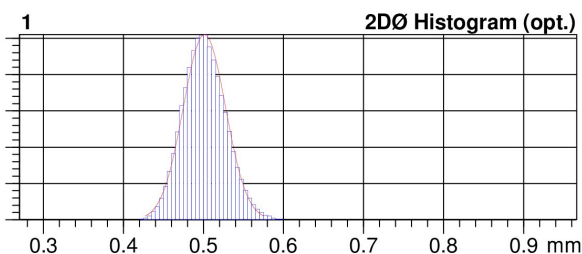
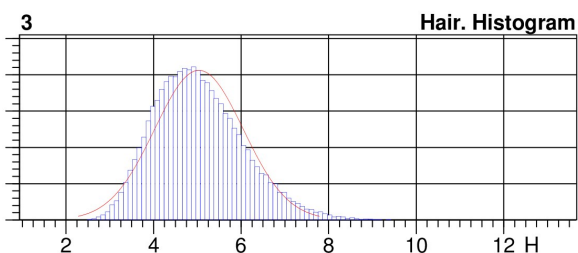
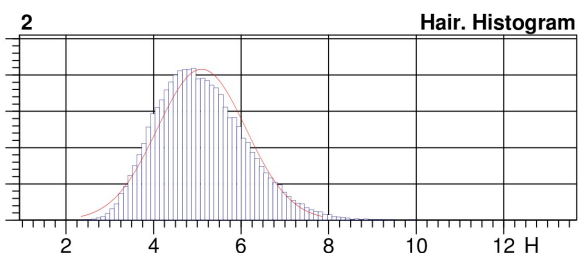
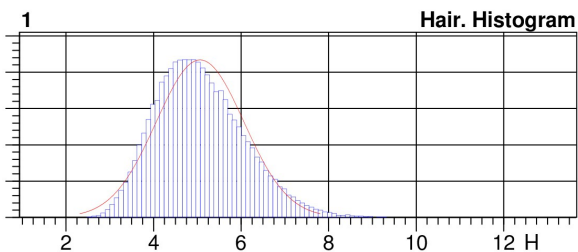
*Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 4/9*

Style	PES	Sample ID	42226	Nom. count	118 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



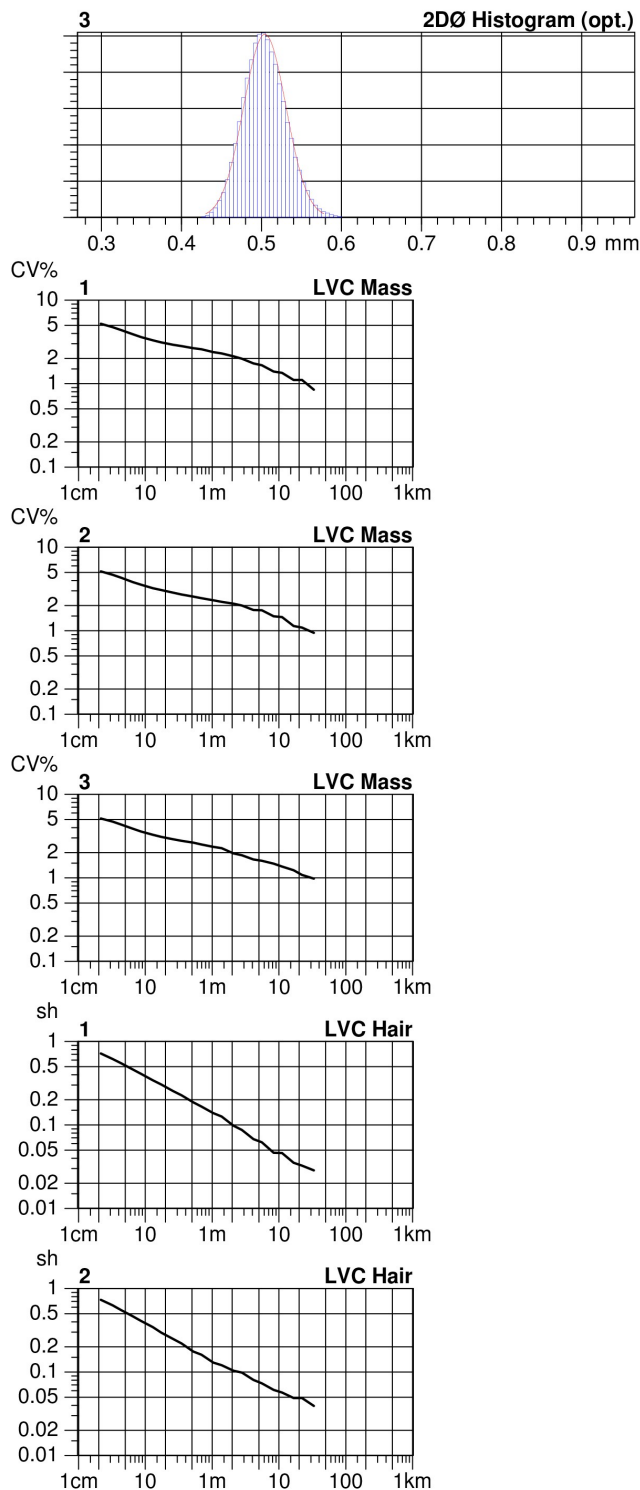
Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 5/9

Style	PES	Sample ID	42226	Nom. count	118 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



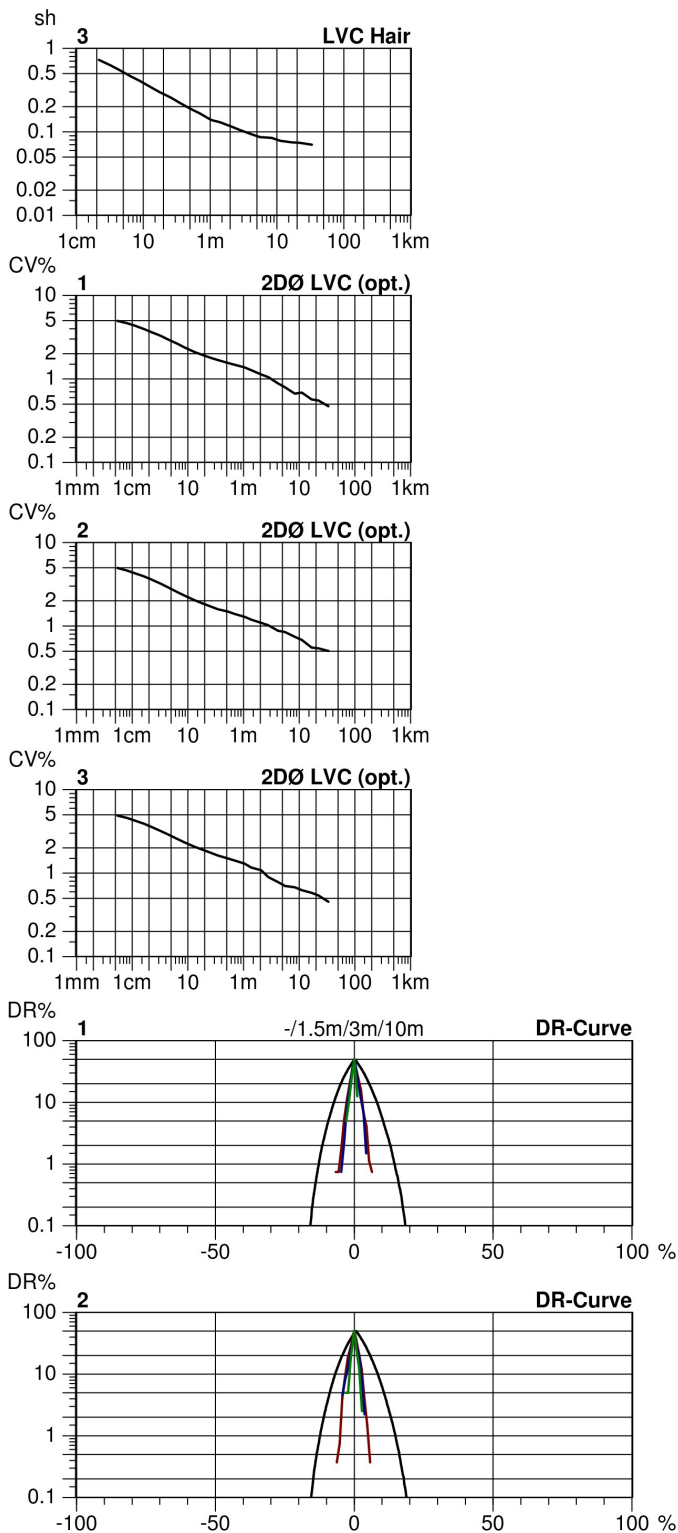
*Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 6/9*

Style	PES	Sample ID	42226	Nom. count	118 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 7/9

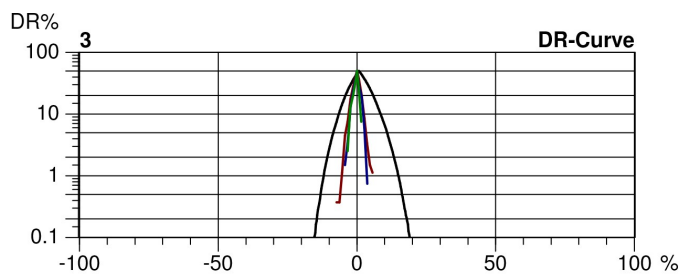
Style	PES	Sample ID	42226	Nom. count	118 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi Zs 422 m<sup>-1</sup>, strana 8/9



Style	PES	Sample ID	42226	Nom. count	118 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



*Příloha 9: Ukázka datového výstupu z přístroje USTER-TESTER pro čtyřmo skanou přízi  $Z_s 422 m^{-1}$ , strana 9/9*