TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Textilní fakulta

Studijní program: N3106- **Textilní inženýrství**
Studijní obor: TOT- **Textilní a oděvní technologie**

Vliv finální úpravy na strukturu a tloušťku tkaniny v plátnové vazbě

The influence of the final adjustments to the thickness of the fabric and structure of woven fabrics

Bc. Karina Staňková

Vedoucí práce: Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D., katedra textilních technologií
Konzultant: Ing. Iva Mertová, katedra textilních technologií
Počet stran: 76 Počet příloh: 4

Datum odevzdání: 14. ledna 2013

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou 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 diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 14. ledna 2013 Bc. Karina Staňková

Poděkování

Děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Brigitě Kolčavové Sirkové, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Děkuji také pracovníkům laboratoře za podporu při přípravě vzorků a jejich asistenci při měření.

Anotace

Cílem této diplomové práce bylo charakterizovat tloušťku tkanin, včetně rozboru možností její predikce a provést experimentální zhodnocení tloušťky tkaniny v závislosti na změně finální úpravy. Na základě porovnání teoretického modelu predikujícího tloušťku tkaniny a experimentálních hodnot byla provedena korekce matematického modelu pro vybrané testované materiály a finální úpravy. Hodnocení tloušťky režných a upravených tkanin z polyesterových multifilů ve třech různých dostavách bylo provedeno prostřednictvím tří metodik. První metodikou byla analýza měkkých řezů, pomocí obrazové analýzy NIS Elements, která byla srovnána s dalšíma dvěma a to metodikou tloušťkoměru a teoretickým modelem, který byl sestaven dle parametrů odpovídajících polyesterovým multifilům. Hodnotila se tloušťka jednotlivých tkanin, přičemž výsledky vypovídají o tom, že tkanina v režném stavu má vyšší hodnotu tloušťky, než tkaniny upravené, které mají hodnoty srovnatelné. Vypovídá o tom také přetváření relativního zvlnění u tkanin upravených oproti tkaninám režným.

Klíčová slova

Finální úprava, podélný řez, příčný řez, tloušťka tkaniny.

Annotation

The main aim of my final thesis was to characterize the thickness of the fabric, including a discussion of the possibility of its prediction and provide experimental evaluation of the thickness of the fabric depending on the change in final alteration. Based on the comparison of the theoretical model predicting thick fabrics and experimental values were corrected mathematical model for selected materials tested and final adjustments. Rating of thickness original state of fabrics and adjusted multifilament polyester fabric in three different thread count was done through three methods. First of all, the analysis of soft slices was provided by using NIS Elements, which was compared with two others involve methodology of thickness and the theoretical model. That was constructed according to the parameters corresponding polyester multifilaments. The thickness of fabric was evaluated. The results present that the fabric in the original state is higher thickness than fabrics adjusting to values comparable. It tells also about transforming the relative waviness in fabrics treated versus original state of fabrics.

Key Words

final adjustment, longitudinal section, cross section, thickness of the fabric.

OBSAH

Seznam symbolů a zkratek 10

Úvod 13

1 Struktura tkanin 14

1.1 Plošná geometrie 15

1.1.1 Průměr nití 15

1.1.2 Vazba tkaniny 18

1.1.3 Dostava 21

1.1.4 Vektor struktury 25

1.2 Prostorová geometrie 26

1.2.1 Příčná deformace nití ve tkanině 27

1.2.2 Zvlnění nití ve tkanině 28

2 Tloušťka tkaniny 33

2.1 Experimentální hodnocení tloušťky 36

2.1.1 Tloušťka měřena dle ČSN EN ISO 5084 36

2.1.2 Měřící zařízení KES pomocí různých přítlaků 36

2.1.3 Tloušťka vypočtena podle modelu vyrovnané tkaniny 37

2.1.4 Tloušťka hodnocena z řezů tkaniny (tj. pro obecnou tkaninu) 37

3 Podstata a vlastnosti polyesterových vláken 38

3.1 Procesy předúprav a finálních úprav 39

3.1.1 Praní 39

3.1.2 Barvení 40

3.1.3 Předfixace, fixace, sušení 41

3.1.4 Hydrofobní úprava 42

3.1.5 Nehořlavá úprava 43

Experimentální část 44
4 Základní parametry tkanin 44
4.1 Analýza provázání z příčných řezů 45
4.1.1 Geometrie tkanin 46
4.2 Analýza tloušťky 50
4.2.1 Hodnocení tloušťky tkaniny z řezů 50
4.2.2 Hodnocení tloušťky tkaniny pomocí metodiky tloušťkoměru 54
4.2.3 Teoretické hodnocení tloušťky tkaniny 56
Závěr 63
Seznam použité literatury 65
Seznam příloh 67
Seznam tabulek 68
Seznam obrázků 69

Seznam symbolů a zkratek

A_{min}	[mm]	minimální rozteč útkových nití ve tkanině
A_o	[mm]	rozteč osnovních nití ve tkanině
A_u	[mm]	rozteč útkových nití ve tkanině
a	[mm]	šířka nitě
B_{min}	[mm]	minimální rozteč osnovních nití ve tkanině
b	[mm]	výška nitě
d_o	[mm]	ekvivalentní průměr osnovní nitě
d_{os}	[mm]	substanční průměr osnovní nitě
d_u	[mm]	ekvivalentní průměr útkové nitě
d_{us}	[mm]	substanční průměr útkové nitě
d_{ef}	[mm]	efektivní průměr příze
d_{oef}	[mm]	efektivní průměr osnovní
d_{uef}	[mm]	efektivní průměr útkové nitě
d_{str}	[mm]	střední průměr nití ve tkanině nitě
d	[mm]	průměr příze
D_o	[pn/100 mm]	dostava osnovní soustavy
D_u	[pn/100 mm]	dostava útkové soustavy
$D_{o\,max}$	[pn/100 mm]	maximální dostava osnovních nití ve tkanině (teoretická)
$D_{u\,max}$	[pn/100 mm]	maximální dostava útkových nití ve tkanině (teoretická)
e_o	[mm]	relativní zvlnění osnovní nitě
e_u	[mm]	relativní zvlnění útkové nitě
F	[N]	axiální tahová síla
f^m	[1]	koeficient provázanosti
H	[%]	hustota tkaniny

h	[mm]	celková výška vazné vlny
h_o	[mm]	výška vazné vlny osnovní nitě
h_u	[mm]	výška vazné vlny útkové nitě
l_p	[km]	délkový úsek příze
l_o	[mm]	délka vložené osnovy
l_u	[mm]	délka vloženého útku
L_o	[mm]	délka vlny osnovy
L_u	[mm]	délka vlny útku
M	[N]	ohybový moment
m_p	[g]	podíl hmotnosti úseku příze
N	[N]	normálová síla
N_o	[N]	normálová síla osnovní nitě
N_u	[N]	normálová síla útkové nitě
n_o		počet osnovních nití ve střídě vazby
n_u		počet útkových nití ve střídě vazby
p_o	[mm]	průměrná hodnota rozteče osnovních nití
p_u	[mm]	průměrná hodnota rozteče útkových nití
r	[mm]	poloměr příze
S	[mm]	substanční průřez
T	[tex]	jemnost příze
T	[N]	tečná složka
t	[tex]	jemnost nitě
t	[mm]	tloušťka tkaniny
v		počet vazných bodů ve střídě

x, y		souřadnice osy vazné buňky tkaniny (x-napříč tkaninou, y-podél tkaniny)
ρ	$[kg.m^{-3}]$	měrná hmotnost tkaniny
τ	[1]	poměrná jemnost
μ	[1]	zaplnění příze
γ	[1]	podíl hustoty příze
(↑o)		počet osnovních úseků
(→u)		počet útkových úseků
α	[1]	poměrná výška průřezu nitě
β	[1]	poměrná šířka průřezu nitě
φ (ψ)	[◦]	úhel zvlnění osnovní a útkové nitě ve vazné vlně obecně
ε_d		poměrná nedodávka osnovní a útkové niti
ε_p		poměrné protažení osnovy a útku ve vazné vlně
TPP		technologické pomocné přípravky
LKČ		(Limiting Oxigen Index), limitní kyslíkové číslo
C, H, N, O	[%]	uhlík, vodík, dusík, kyslík
R		režná tkanina
UNI, U		název pro tkaninu upravenou barvením
UNI hf, U hf		název pro tkaninu s hydrofobní úpravou
UNI NOFLAN, U no		název pro tkaninu s nehořlavou úpravou
42/21, 42/25, 42/29		dostava osnovy vždy 42 nití, dostava útku 21, 25 a 29 nití

Úvod

Důležitým pojmem této diplomové práce je tloušťka tkaniny. Tloušťka ovlivňuje jak mechanické, tak i užitné vlastnosti tkanin (prodyšnost, výsledný omak tkanin, tepelně izolační vlastnosti, apod.). Struktura tkaniny je velice složitá a proto se ji věnuje mnoho vědeckých prací. Snaží se vytvořit vhodné modely, které by co nejpřesněji dokázaly odhadnout hodnoty nejrůznějších vlastností. Protože tloušťka je jedna z jejích nejdůležitějších vlastností, která určuje, jaké bude mít tkanina uplatnění, je snahou vědců získat informace o tom, jak nejpřesněji predikovat její hodnoty. Tyto informace by bylo možné použít již při projektování tkanin. V této diplomové práci je snahou ověřit některé stávající modely na souboru hodnocených tkanin a pokusit se navrhnout model vlastní.

V teoretické části je cílem získat ucelený přehled o používaných predikčních metodách a modelech, které byly použity na tkaniny podobného typu, jako jsou hodnocené tkaniny v této diplomové práci. Dále také charakterizovat vlastnosti vláken, přízí a tkanin, které se nejvíce podílejí na hodnotě tloušťce tkanin. Cílem experimentální části je ověřit stávající modely, které predikují tloušťku tkanin a pokusit se navrhnout nový model pro predikci tloušťky. Na základě toho zhodnotit vlivy těch vlastností přízí a tkanin, které se co nejvíce podílejí na tloušťce tkanin.

1 Struktura tkanin

Na hodnocení struktury textilie lze nahlížet z různých úhlů pohledu. Je možné ji hodnotit subjektivně (tedy zrakem, hmatem) nebo objektivně (tzn. popisem parametrů měřitelnými veličinami). Strukturu lze rovněž chápat jako geometrickou nebo vztahovou. Geometrická struktura používá k popisu textilie geometrické veličiny, vztahová pak popisuje i relace mezi součástmi zkoumaného celku (normálové a tečné síly, silové působení). [2]

Při zachování stejných parametrů tkaniny v osnově i v útku, je možné předpokládat, že výsledná struktura tkaniny bude dosahovat stejných vlastností v jednotlivých směrech. Výchozí vazbou všech základních vazeb je vazba plátnová. Plátnová vazba obsahuje v provázání pouze přechodové úseky, čím se řadí do skupiny vazeb s nejhustším provázáním. Čím přesnější bude model tkaniny, tím lépe bude možné vytvořit model textilie a predikovat její vlastnosti. [1]

Vnitřní struktura látek je definována jako složení a vzájemné uspořádání elementů. Lze říci, že struktura má rozhodující vliv na vlastnosti látek. Struktura tkanin je vlastně odrazem vlastností látek, z nichž je složená. U elementů se popisuje geometrická stavba a vazby (interakce). Hlavním strukturálním elementem je vazný bod. Struktura je dána vazbou, dostavou, stupněm zakrytí tkaniny, tloušťkou (jemností) nití, ale také strukturou nití (zákrut, chlupatost, směsování), atd. Mezi parametry tkaniny patří dostava osnovních a útkových nití, typ použité vazby, setkání nití ve tkanině, plošná hmotnost, zakrytí, pevnost, tažnost, prodyšnost, propustnosti, splývavost, tuhost, omak, kterými je značně ovlivněna struktura tkaniny.

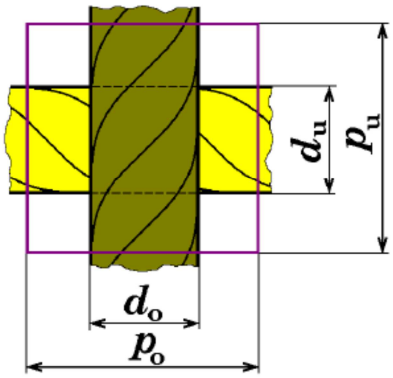
Velmi důležitou a neoddělitelnou součástí při hodnocení struktury tkaniny, z hlediska vnitřního uspořádání, je soubor parametrů určujících tzv. plošnou geometrii tkaniny. Obvykle se definuje vazbou, materiálem, dostavou a číslem použité příze. Neodmyslitelná je také prostorová geometrie tkaniny, jejímž hlavním parametrem může být například zvlnění osnovy a útku ve vazné buňce tkaniny. Prostorová geometrie je ovlivněna typem a seřízením tkacího stroje. [9]

1.1 Plošná geometrie

Plošnou geometrii definuje základní pojem plošné struktury tkaniny, tzv. vazná buňka, viz obr. 1. Jedná se o zakřížení osnovy a útku v půdorysném pohledu. Častým předpokladem při popisu plošné geometrie vazného bodu tkaniny je představa, že příze je kompaktní těleso s kruhovým průřezem. Při výrobě plošné textilie je však příze vystavena namáhání, kdy je příze deformována tlaky kolmými k ose a tím dochází ke změně její vnitřní struktury. Tento typ deformace převažuje v místech kontaktu dvou přízí, vazných bodech tkaniny, o kterých je pojednáváno níže. [7]

1.1.1 Průměr nití

Průměrná hodnota rozteče osnovních a útkových nití $p_{o,}\, p_u$ je převrácenou hodnotou dostavy. Důležitým, i když obtížně definovatelným parametrem je průměr nitě $d_{o,} d_u$ a to zejména v případě, když průřez není kruhový, což platí téměř pokaždé. Hustota a s ní i stupeň zaplnění tkaniny jsou omezeny možnými vzájemnými polohami osnovních a útkových nití v prostoru vazné buňky, obr. 1. Při stejných dostavách je tkanina z tlustších nití více naplněná, proto je právě nutné uvažovat průměr osnovní nitě $d_{o,}$ a průměr útkové nitě d_u. [7]



Obr. 1 Geometrické parametry vazného prvku tkaniny [7]

1.1.1.1 Jemnost a substanční průřez příze

Jemnost příze je definována jako podíl hmotnosti úseku příze m_p ku jeho délce l_p a lze ji též vyjádřit jako součin hustoty vláken ρ a součtové plochy všech vlákenných řezů v průřezu příze, která se označuje jako substanční průřez *S*.

$$T = m_p/l_p = \rho S \tag{1}$$

Pozn.: Běžně se užívá pro jemnost jednotka *tex*, tj. hmotnost úseku příze m_p [g] ku jeho délce l_p [km]. [18]

1.1.1.2 Substanční průměr

Pokud by vlákna příze byla stlačena do homogenního válce o ploše substančního průřezu *S*, měla by příze průměr

$$d_s = \sqrt{4S/\pi} = \sqrt{4T/\pi\rho} \tag{2}$$

Tento průměr je teoretický nejmenší možný průměr příze (bez vzduchu) a označuje se jako substanční průměr viz obr. 2. [18]

1.1.1.3 Poměrná jemnost

Poměrná jemnost příze je vyjádřena podílem jemnosti příze *T* a jemnosti vláken *t*

$$\tau = T/t \tag{3}$$

Vztah vyjadřuje počet paralelně uložených vláken jemnosti *t* ve svazku o jemnosti *T*. Prakticky se poměrná jemnost užívá k odhadu počtu vláken v příčném řezu příze. [18]

1.1.1.4 Průměr a zaplnění

Zaplnění μ je podíl objemu vláken ku celkovému objemu vlákenného útvaru, $\mu \in (0;1)$, lze ho interpretovat též jako podíl plochy vláken v příčném řezu příze ku celkové ploše příčného řezu. Příčný řez může být rozdělen na radiální mezikruží, čtvercovou síť, apod., a zaplnění může být hodnoceno v jednotlivých sektorech příčného řezu.

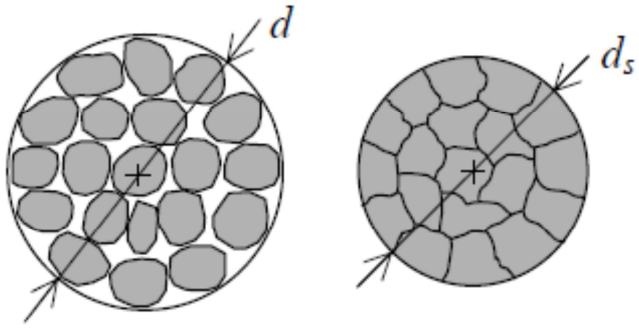
Zaplnění vyjádřené v závislosti na poloměru příze r (viz IN 22-103-01/01) se nazývá radiální zaplnění $\mu(r)$.

Průměr příze d je vždy smluvní hodnotou a bývá nahrazen průměrem válce, v němž je soustředěna převážná část vláken. Mezi průměrem d a substančním průměrem d_s platí relace $d_s < d$ (viz obr. 2) a platí vztah:

$$\mu = d_s^2/d^2 = 4S/(\pi d^2) = 4T/\pi d^2\,\rho \tag{4}$$

Experimentálně určený průměr příze se označuje jako efektivní průměr příze d_{ef} lze ho určit např. jako hodnotu odpovídající průměrnému radiálnímu zaplnění 0.15 podle IN 22-103-01/01 nebo hodnotu odpovídající 50% křivky zčernání podle IN 22-108-01/01. Radiální průběh zaplnění se často nahrazuje konstantním průběhem tj. efektivní zaplnění μ_{ef} vyjádřené

jako podíl plochy vláken v kruhu o efektivním průměru d_{ef} ku ploše tohoto kruhu viz IN 22-103-01/01. Hodnota radiálního zaplnění 0.15 a 50% křivky zčernání jsou smluvní hodnoty, které tvoří teoretickou hranici mezi jádrem a obalem příze. [18]



Obr. 2 Průměr příze d a substanční průměr příze d_s [18]

Zaplnění lze také vyjádřit jako podíl hustoty příze γ ku měrné hmotnosti vláken ρ (za předpokladu zanedbání hmotnosti vzduchu)

$$\mu = \gamma/\rho \tag{5}$$

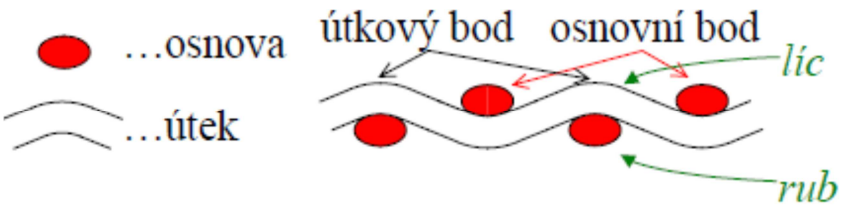
Veličina $(1-\mu)$ vyjadřuje podíl celkového objemu vyplněný vzduchovými póry a nazývá se porózita. [18]

1.1.2 Vazba tkaniny

Obecně lze vazby rozdělit, vzhledem k provázání nití v podélném a příčném směru, na symetrické, základní vazby, a nesymetrické, rozšířené vazby. V této diplomové práci je pojednáváno pouze o vazbě plátnové, která se řadí mezi vazby symetrické. Jedná se tedy o vazby, u kterých je provázání ve směru osnovních nití shodné s provázáním ve směru útkových nití. Základní vazby jsou charakteristické tím, že vlastní provázání je složeno z konstantního počtu přechodových úseků a proměnlivým úsekem je úsek flotáže.

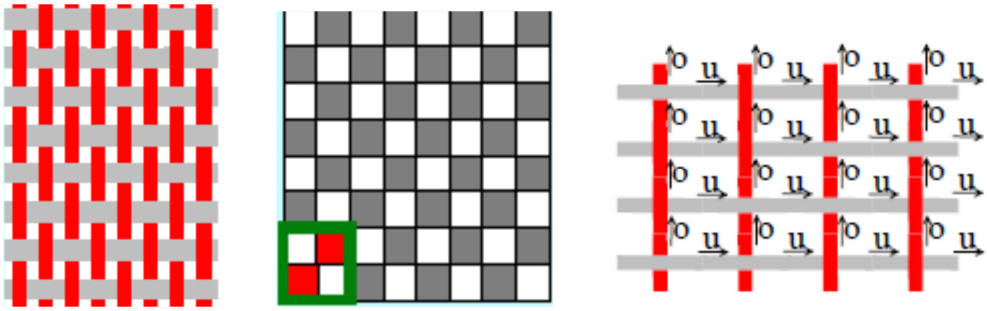
Při zachování stejných parametrů tkaniny v osnově i v útku, je možné předpokládat, že výsledná struktura tkaniny bude dosahovat stejných vlastností v jednotlivých směrech. Výchozí vazbou všech základních vazeb je tedy vazba plátnová. Plátnová vazba obsahuje v provázání pouze přechodové úseky, čím se řadí do skupiny vazeb s nejhustším provázáním.

Horní stranu tkaniny, obvykle vnější stranu oděvu tvoří líc. Opačná, dolní strana se nazývá rubem. Vazným bodem označujeme místo překřížení osnovní a útkové nitě, obr. 3. [17]



Obr. 3 Schéma řezu tkaninou napříč osnovou [17]

Plošná geometrie tkaniny se obvykle znázorňuje tzv. vzornicí, z níž vyplývá vzor tkaniny i způsob provázání. Vzornice se obvykle kreslí na čtverečkový papír jako sled tmavých a světlých bodů, obr 4b), znázornění polohy osnovních nití vzhledem k střední rovině tkaniny.



Obr. 4 a) vzájemné provázání osnovní a útkové soustavy, b) technická vzornice vazby(***osnovní vazný bod,*** *□* ***útkový vazný bod,*** ***střída vazby (opakující se strukturní jednotka tkaniny))*** *c) znázornění osnovních a útkových nití ve střídě vazby [17]*

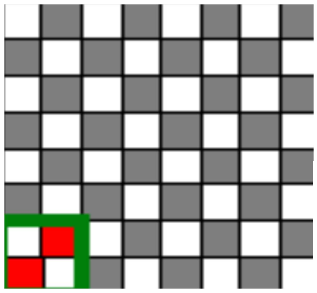
Z obrázku 4c) je zřejmý počet osnovních nití ve střídě n_o a počet útkových nití ve střídě n_u. Z čehož vyplývá, že počet vazných bodů ve střídě je $v = n_o n_u$. Úsek nitě je část nitě, spojující dva sousední vazné body. Z každého vazného bodu vychází právě jeden osnovní a jeden útkový úsek. Počtem osnovních úseků (↑o) ve střídě *v* a počtem útkových úseků (→u) ve střídě *v* pak získáme počet všech úseků ve střídě vazby:

$$2v = 2n_o n_u \tag{6}$$

Jinou s možností může být znázornění vzornice pomocí matice strukturálních vazebních modelů. Velikost dané matice vychází z velikosti střídy vazby. Počet osnovních nití ve střídě vazby určuje počet řádků a počet útkových nití počet sloupců. Prvky matice vycházejí ze vzájemného provázání jednotlivých nití osnovy a útku. Plošné znázornění jednotlivých strukturálních modelů je níže uvedeno na obr. 5.

Obr. 5 Plošné znázornění vazebních modelů a) úplné křížení, b)částečné křížení, c) zdvojení nití, d) úplná flotáž [4]

Po nadefinování výše uvedených modelů, obr. 6 znázorňuje maticový zápis pro vazbu plátnovou. [4]

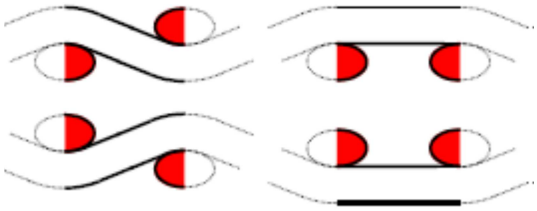


$$= \begin{pmatrix} A1 & A1 \\ A1 & A1 \end{pmatrix}$$

Obr. 6 Maticový zápis pro vazbu plátnovou (úplné křížení=A1) [4]

Jak bylo uvedeno již výše, existují dva typy úseků nitě a to zakřížený úsek, který spojuje jeden osnovní a jeden útkový vazný bod a nezakřížený úsek, spojující dva stejné vazné body (dva osnovní, nebo dva útkové), obr. 7.

Ve střídě vazby musí být na každé niti nutně nejméně dva zakřížené úseky. Jeden nahoru a jeden dolů. Střída je opakující se strukturní jednotkou a nit musí skončit tak jak začala, musí dále obsahovat nejméně dvě nitě dané soustavy. Minimální počet úseků v jedné soustavě ve střídě vzoru musí být proto alespoň 2x2=4. [17]



Obr. 7a) zakřížený úsek, b) nezakřížený úsek [17]

1.1.3 Dostava

Dostava tkaniny vyjadřuje počet nití (dále pn) na určitou délku podle ČSN 1049-2 (800814) (mod ISO 7211 – 2:1984). Dostava tkaniny je definovaná zvlášť pro osnovní a zvlášť pro útkovou soustavu nití s označením: D_o *[pn/100 mm]*, D_u *[pn/100 mm]*. Těsné postavení nití v jedné rovině představuje 100% zakrytí = 100% dostavě tkaniny, obr. 8.

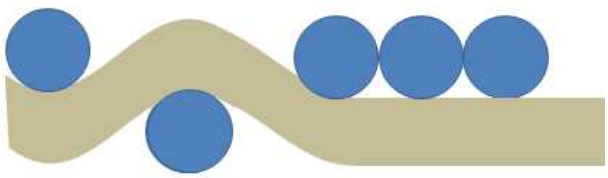
Obr. 8 Zobrazení těsného postavení nití v jedné rovině (definice 100%)

Plátnová vazba je vazba s nejhustším provázáním a díky křížícím úsekům dosáhne limitní dostavy odpovídající 82,14% z výše uvedených 100%, obr. 9.

Obr. 9 Zobrazení plátnového provázání

Flotážní vazby, vazby volnější na základě flotáže dosahují vyšší dostavy nad 82,14%. Postavení nití u vazby s nekonečně dlouhou flotáží bude téměř shodné s těsným postavením nití, kde dostava dosahuje 100%, obr. 10. Přehled vybraných dosažitelných limitních dostav flotážních keprových vazeb [3]:

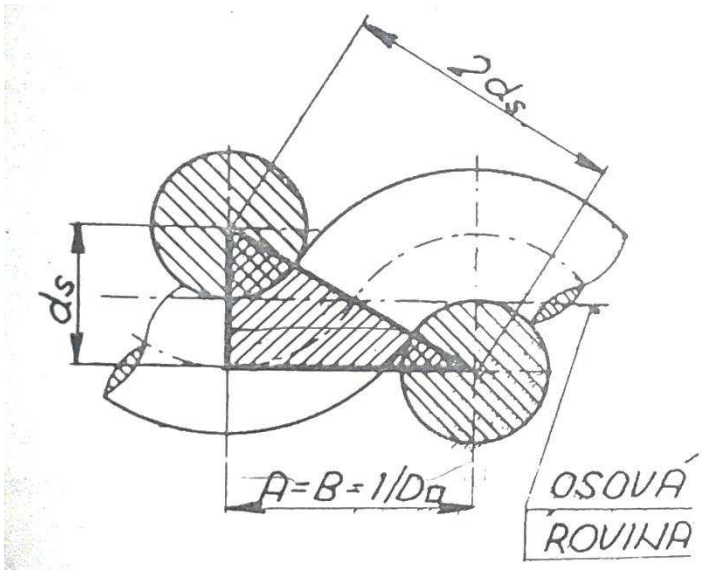
$$K = \frac{1}{2} \rightarrow 89{,}52\%,\ K = \frac{1}{4} \rightarrow 94{,}07\%,\ K = \frac{1}{5} \rightarrow 98{,}7\%\ atd. \qquad (7, 8, 9)$$



Obr. 10 Zobrazení flotážní vazby

1.1.3.1 Stoprocentní hustota tkaniny podle Brierleyho

Stoprocentní hustota tkaniny H= 100% je přiřazena výlučně tzv. čtvercové tkanině v plátnové vazbě, kde útek i osnova jsou stejné „dráty“ z homogenního materiálu bez vzduchových mezer. Vzájemné dotyky obou soustav nití leží v osové rovině tkaniny. Nitě jsou k sobě maximálně sraženy, takže mezi jednou soustavou nití těsně provazuje soustava druhá, obr. 11.



Obr. 11 Brierleyova stoprocentně hustá tkanina[9]

Pro stoprocentně hustou čtvercovou dostavu tkaniny v plátnové vazbě platí vztah:

1) vyjádřen na základě středního průměru nití ve tkanině

$$D_{ct\ max}[pn/100mm] = \frac{100}{\sqrt{4{d_{str}}^2 - {d_{str}}^2}} \tag{10}$$

2) vyjádřen na základě $D_{o\ max}$ a $D_{u\ max}$ z čehož:

$$D_{ct\ max}[pn/100mm] = {D_{o\ max}}^{\frac{2}{5}} \cdot {D_{u\ max}}^{\frac{3}{5}} \tag{11}$$

$$D_{o\ max}[pn/100mm] = \frac{100}{B_{min}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot d_o} \tag{12}$$

$$D_{u\ max}[pn/100mm] = \frac{100}{A_{min}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot d_u} \tag{13}$$

Kde:

$D_{o\,max}$ *[pn/100 mm]* – maximální dostava osnovních nití ve tkanině (teoretická),

$D_{u\,max}$ *[pn/100 mm]* – maximální dostava útkových nití ve tkanině (teoretická),

A_{min} *[mm]* – minimální rozteč útkových nití ve tkanině,

B_{min} *[mm]* – minimální rozteč osnovních nití ve tkanině,

d_{str} *[mm]* – střední průměr nití ve tkanině, vyjádřen ze vztahu $\frac{d_o+d_u}{2}$

d_o *[mm]* – průměr osnovní nitě (obecné označení),

d_{os} *[mm]* – substanční průměr osnovní nitě,

d_{oef} *[mm]* – efektivní průměr osnovní nitě,

d_u *[mm]* – průměr útkové nitě (obecné označení),

d_{us} *[mm]* – substanční průměr útkové nitě,

d_{uef} *[mm]* – efektivní průměr útkové nitě.

Pro skutečnou čtvercovou dostavu tkaniny v plátnové vazbě platí vztah:

$$D_{ct}[pn/100mm] = D_{ct\,max} \cdot \frac{H}{10^2} \tag{14}$$

Kde: *H[%]* – hustota tkaniny (v praxi se dosahuje hustot tkanin okolo 55 – 90 %, záleží na materiálu a výsledném použití tkaniny). [9]

Pro vyjádření dostav tkanin v neplátnové vazbě lze použít vztahy vyjádřené pro plátnovou vazbu, avšak rozšířené o tzv. opravný činitel provázání. Opravný činitel zachycuje vliv provázání dané vazby ve tkanině. Jeho vyjádření, včetně vyjádření dostavy neplátnových vazeb je uvedeno níže. [3]

Rozteč nití v provázání

Velikost vazby ve tkanině lze vyjádřit na základě velikosti střídy. Velikost střídy lze charakterizovat počtem osnovních nití s označením D_o a počtem útkových nití s označením D_u. Okolí jednoho zakřížení osnovní a útkové niti je nazváno vazným bodem, neboli

vaznou buňkou tkaniny. Rozlišujeme skutečnou rozteč osnovních nití A_o a skutečnou rozteč útkových nití A_u, pro které platí:

$$A_o[mm] = \frac{1}{D_o} \cdot 10^2 \tag{15}$$

$$A_u[mm] = \frac{1}{D_u} \cdot 10^2 \tag{16}$$

Flotáž nití ve tkanině

Flotáž, neboli neprovazující volně ležící úsek nití ve vazbě tkaniny je možné definovat pouze u neplátnových vazeb. Díky neprovazujícím úsekům nití ve tkanině u neplátnových vazeb lze dosáhnout větších dostav než u plátna. Užitím Brierleyho teorie lze vliv neprovázání nití na dostavy jednotlivých soustav vyjádřit na základě opravného činitele f^m. Obecně při vyjádření maximální a skutečné čtvercové dostavy tkaniny platí vztahy:

$$D_{ct\ max}[pn/100mm] = D_{ct\ max} \cdot f^m \tag{17}$$

$$D_{ct}\ [pn/100mm] = D_{ct}\ \cdot f^m \tag{18}$$

kde:

f – stupeň provázání tkaniny,

m – vazební exponent, vystihující podsouvání nití pod sebe ve volných vazbách.

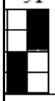
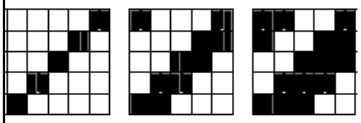
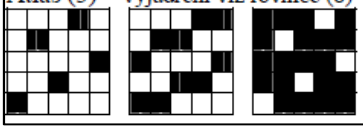
Vyjádření stupně provázání u základních vazeb tkaniny. Koeficient provázání je dán vztahem:

$$f = \frac{počet\ vazných\ bodů\ ve\ střídě}{počet\ průchodů\ útku\ z\ rubu\ na\ líc\ a\ obráceně}$$

Vyjádření provázání pro odvozené vazby nebo vazby volně sestavované, u kterých není v každém řádku stejný počet průchodů útku mezi rubem a lícem. Počítá se s průměrným počtem spojek v celé vazební střídě tkaniny. Vybrané příklady viz Tab. 1. Pro koeficient provázání platí [3]:

$$f = \frac{počet\ řádků\ s\ rozdílným\ počtem\ průchodů\ ve\ střídě}{\frac{počet\ průchodů\ v\ řádku}{počet\ vazných\ bodů\ v\ řádku}}$$

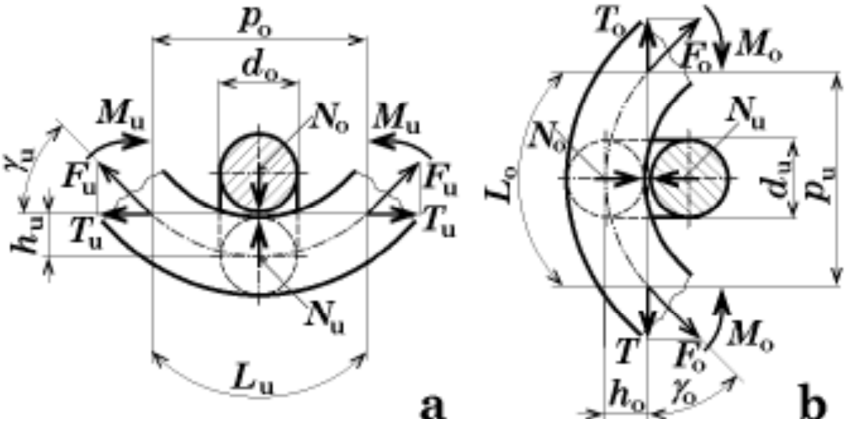
Tab. 1 Vybrané příklady vyjadřující koeficient provázání

VAZBA	STUPEŇ PROVÁZANÍ „f“	VAZEBNÍ EXPONENT „m“	OPRAVNÝ ČINITEL „f^m“
Plátno P 1/1 – vyjádření viz rovnice (8)	$f = \frac{2}{2} = 1$	0,45	1
Panama Pa2/2 (2+2) – vyjádření viz rovnice (9)	$f = \frac{4}{2} = 2$		1,37
Ryps R 2/2 (I) – vyjádření viz rovnice (8)	$f = \frac{1}{\frac{2}{4}} = 2$	0,36	1,28
Ryps R 2/2 (–) – vyjádření viz rovnice (9) 	$f = \frac{1}{\frac{2}{4}} = 2$	0,42	1,34
Kepr (5) – vyjádření viz rovnice (8) 	$f = \frac{5}{2} = 2{,}5$	0,39	1,43
Atlas (5) – vyjádření viz rovnice (8) 	$f = \frac{5}{2} = 2{,}5$	0,42	1,47

[3]

1.1.4 Vektor struktury

Ke vstupním (tj. nezávisle proměnným) parametrům patří především geometrické parametry související s nití (průměr *d* a délka nitě ve strukturální jednotce *l*). Výstupní (závisle proměnné) parametry lze pro tkaninu popsat např. pomocí vektoru parametrů provázání, který má geometrickou a silovou část. Parametry jsou pro jeden vazební prvek plátnové vazby znázorněny na obr. 12. Uveden je případ se stejnými průměry i roztečemi osnovních a útkových nití. Dále je předpokládána tzv. vyrovnaná tkanina, u které se tečné roviny dotýkají povrchu osnovních i útkových nití, a to na obou stranách textilie.



Obr. 12 Schéma vazného prvku (strukturální buňky) tkaniny [2]

Na rozhraní sousedních prvků může na nitě obecně působit axiální tahová síla *F*, její složka do roviny tkaniny je označena *T* (tečná složka). V niti dále působí ohybový moment *M*, který ale na rozhraní sousedních prvků bude mít nulovou hodnotu (jedná se o inflexní bod s nulovou křivostí). V místě kontaktu obou provazujících nití působí normálová síla *N*, která je pro oba směry stejná, tj. $N_{o=}N_u$. Ve skutečnosti se ovšem jedná o výslednici napětí, působícího mezi útkovou a osnovní niti v tlakové plošce. Geometrický vektor struktury tkaniny lze symbolicky znázornit např. takto [2]:

Vektor geometrický [2]**:**

$$|V_G| = \begin{vmatrix} p_o = 1/D_o\ , \quad p_u = 1/D_u \\ d_o, d_u \\ h_o, h_u \\ \gamma_o, \gamma_u \\ L_o, L_u \\ l_o, l_u \\ \varepsilon_d = (l-p)/p \\ \varepsilon_p = (L-l)/l \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Rozteč\ osnovních\ a\ útkových\ nití \\ Průměr\ osnovních\ a\ útkových\ nití \\ Výška\ vlny\ osnovy\ a\ útku \\ Úhel\ zvlnění\ (provázání) osnovy\ a\ útku \\ Délka\ vlny\ osnovy\ a\ útku\ (deformované) \\ Délka\ vložené\ osnovy\ a\ útku\ (nenapnuté) \\ Poměrná\ nedodávka\ osnovní\ a\ útkové\ niti \\ Poměrné\ protažení\ osnovy\ a\ útku\ ve\ vazné\ vlně \end{vmatrix}$$

1.2 Prostorová geometrie

Velmi důležitou a neoddělitelnou součástí při hodnocení struktury tkaniny, z hlediska vnitřního uspořádání, je soubor parametrů určujících tzv. prostorovou geometrii. Mezi základní údaje hodnotící prostorovou geometrii řadíme zvlnění osnovy a útku ve vazné vlně, tvar vazné vlny v provázání, úhel provázání nití ve tkanině, délka nitě v provázání, velikost a tvar průřezu příze v řezu tkaninou, atd.

Prostorová geometrie je ovlivněna typem a seřízením stroje (špatným seřízením může dojít k přepětí osnovní soustavy, což se odrazí na výsledné struktuře tkaniny). Lze dosáhnout toho, že tkanina téže konstrukce může být za různých podmínek nebo na různých strojích setkána v poněkud odlišných prostorových strukturách provázání.

Prostorová geometrie se obvykle znázorňuje separátně ve dvou k sobě kolmých řezech. Struktury obou řezů jsou spolu svázány obvykle rovnovážnými rovnicemi popisujícími vztahy mezi rovinnými geometriemi obou řezů a prostorovým rozložením sil v nitech. Dosud užívané analytické popisy jsou však obvykle nespojité v některé derivaci, a proto též pro některé účely obtížně zvládnutelné. Je třeba hledat výhodnější popisy, než jsou dosud používány, jak bude uvedeno dále. [4]

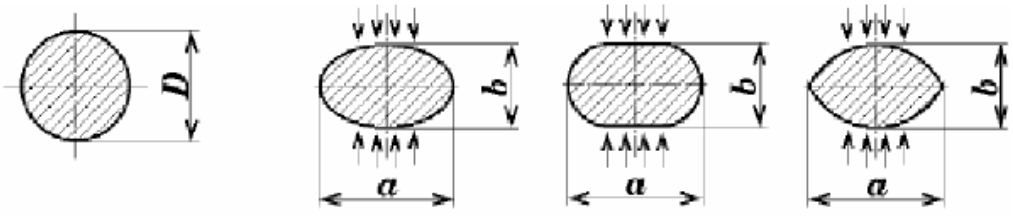
1.2.1 Příčná deformace nití ve tkanině

V ideálním případě by měla být na řezu tkaniny vidět kružnice. Ovšem tento stav prakticky nikdy nenastane, jelikož příze je během výroby deformována. Důsledky těchto deformací jsou stlačení, rozšíření a zhuštění nití. Proto se teoretická kružnice mění na elipsu, ovál nebo čočku, obr. 13. Jedním z rozhodujících faktorů určující stupeň deformace je např. druh materiálu, počet vláken v průřezu, síla při stlačení a dostava.

Výchozí (volná) nit s průměrem d se ve vazném bodě zdeformuje do zploštělého tvaru charakterizovaného šířkou nitě a a výškou nitě b. Obvykle platí: $a > d, b < d$. Osa zdeformované nitě se obvykle uvažuje v polovině vzdálenosti a, b.

Zavádí se též rozšíření nitě: $\alpha = {}^{a}/_{d}$ a stlačení nitě: $\beta = {}^{b}/_{d}$ (19, 20)

Více se touto problematikou zabývá např. literatura [5].



Obr. 13 Deformovaný průřez nitě (kružnice, elipsa, ovál, čočka) [8]

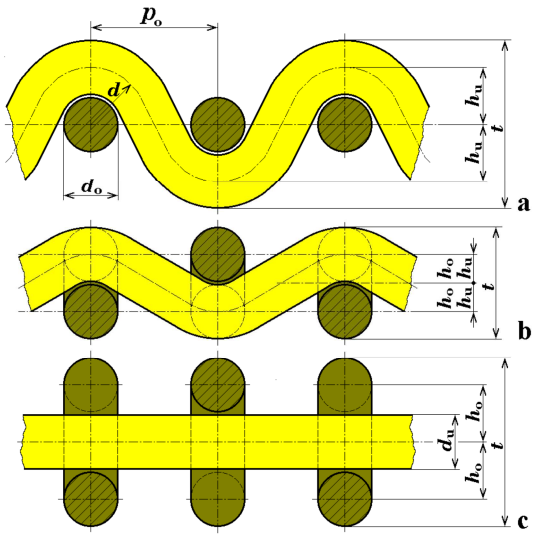
1.2.2 Zvlnění nití ve tkanině

Mezi zvlněním osnovy a útku je vztah, plynoucí z kontaktu osnovních a útkových nití ve vazném bodě. Zvlnění osnovní a útkové nitě ale může být různé. Může to být způsobeno různými dostavami, různým materiálem osnovy a útku, mechanickým namáháním tkaniny apod. Na obr. 14 níže, jsou zobrazeny tři varianty, dvě z nich jsou extrémní. Mírou zvlnění nití je výška vazné vlny, největší vzdálenost osy od střední roviny. Výška vazné vlny osnovy má označení h_o, výška vazné vlny útku h_u.

Varianta a) je osnova nezvlněná, přímá, a vlní se jen útek, takže platí $h_o = 0\,, h_u = d$. Tloušťka tkaniny *t* odpovídá třem průměrům nitě *t* = 3*d*, oboje ovšem platí jen pokud $d_o = d_u$.

Vyrovnaná tkanina b) bude mít menší tloušťku *t* = 2*d*.

Řez c) představuje nezvlněný útek a maximálně zvlněnou osnovu, je to v podstatě kolmý pohled na a), platí stejné vztahy s vyměněnými indexy (osnova je vyměněna za útek). [7] Toto rozdělení bývá častým předpokladem jednodušších teoretických modelů.



Obr. 14 Zvlnění osnovní a útkové nitě (a) první krajní případ – rovná osnova (tyč) – maximální, b) Vyrovnaná tkanina – osnovní i útkové nitě leží v jedné rovině c) druhý krajní případ- rovný útek (tyč) – maximální) [7]

Modely geometrie tkaniny

Tkanina je tvořena dvěma soustavami nití (osnovy a útku), které jsou vzájemně provázané dle určité vazby. Ačkoliv jsou nitě v reálné tkanině deformovány, většina modelů uvažuje pro zjednodušení kruhový průřez zatkaných přízí. Níže jsou uvedeny nejznámější geometrické modely vazných vln tkaniny. Čím přesnější bude model tkaniny, tím lépe bude možné vytvořit model textilie a predikovat její vlastnosti.

Mechanické: respektují, že nitě jsou vždy ve tkanině zdeformovány (podél i napříč) mechanickými silami. Jsou sice fyzikálně nejsprávnější, ale příliš složité a obtížné.

Apriorně geometrické: vycházejí z apriorních předpokladů o tvarech os nití a průřezu nití.

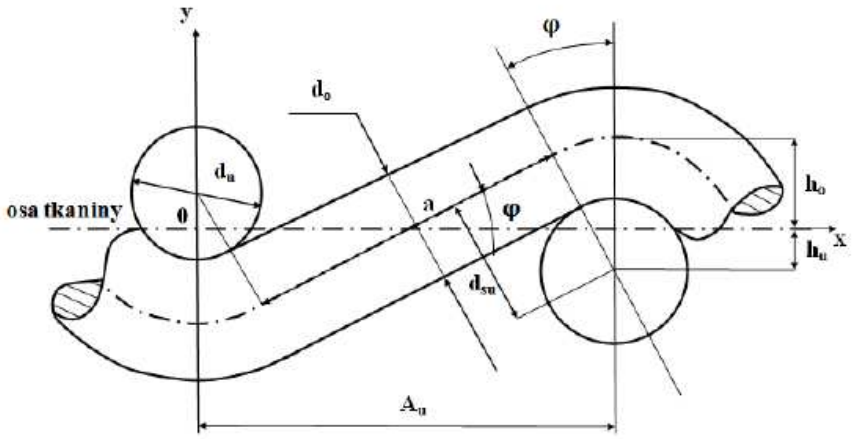
Osy nití: složené jen z úseček, složené z kruhových oblouků a úseček, vytvořené jinými křivkami (harmonické aj.).

Průřezy nití ve vazném bodě tkaniny: kruhové, jiné (elipsa, čočka, Kempův průřez aj.).

Zvlnění osnovy a útku (vyrovnaná tkanina, nevyrovnaná tkanina) [17]

Nejznámější a nejvíce používaný model pro vyjádření provázání nití ve tkanině je ***Peirceův model tkaniny***, obr. 15. Tvar vazné vlny se definuje pomocí dvou částí „přímý a kruhový úsek“, ze kterých se model skládá. Pro stanovení základních matematických rovnic podle Noska [9] vycházíme z následujících předpokladů:

- průměr nitě v řezu ve tkanině je kruhový, neuvažuje v daném modelu zploštění ani jedné soustavy nití ve tkanině
- vazná vlna osnovy, resp. útku, je nahrazena obloukem kružnice a přímkou (při těsném provázání je přímková, flotážní část rovna nule, vazná vlna v místě křížení v daném případě je čtvrt oblouku kružnice)
- vazná vlna je v jednoduchém provázání, v plátně. V případě neplátnových a vyšších odvozených vazeb je úsek neprovazujících nití ve tkanině nahrazen konstantním úsekem ve velikosti flotáže



Obr. 15 Geometrie vazné vlny tkaniny, oblouk-úsečka podle Peirce [4]

Z výše uvedené geometrie provázání nití ve tkanině lze vypočítat pro daný rozestup A_o, resp. A_u, dané zvlnění osnovy h_o, resp. útku h_u, a danou střední tloušťku příze d_{str}:

a) pro vyjádření silových poměrů uvnitř buňky ve tkanině - úhel provázání osnovní nitě φ, resp. úhel provázání útkové nitě ψ,

b) pro stanovení spotřeby osnovní, resp. útkové nitě - délku osnovní nitě ve vazné vlně, resp. délku útkové nitě.

Peircův model bývá pro plátnovou vazbu obvykle popsán těmito parametry:

- průměry jednotlivých nití v řezu d_o, d_u, resp. střední průměr $d_{str} = \frac{d_o + d_u}{2}$
- šířka řezu – velikost roztečí A_o, A_u

$$A_o = 1/D_o, A_u = 1/D_u \tag{21}$$

- výška zvlnění $h_{o,} h_u$
- úhel zvlnění a délka nitě jednotlivých soustav

Odtud lze vyvodit i relativní pojmy jako je zaplnění vazného prvku jednou či druhou soustavou nití, relativní výšky zvlnění atd.

Pro řadu účelů, při provádění analýzy chování tkaniny je však vhodné popsat model provázání v analytické formě, tj. jako rovnici vlny provázání v pravoúhlých souřadnicích.

Tak dostaneme například pro model Peirce v plátně soubor vztahů platných po úsecích, viz obr 15. [4]

1) rovnice v oblouku

$$y = \sqrt{d_{str}^2 - x^2} - h_u \quad pro\ 0 < x < d_s \cdot \sin\varphi \qquad a\ pro\ A_o - \sin\varphi < x < A_o \tag{22}$$

2) rovnice v přímém úseku

$$y = \left(\frac{A_o}{2} - x\right) \cdot \tan\varphi \qquad pro\ ds \cdot \sin\varphi < x < A_o - ds \cdot \sin\varphi \tag{23}$$

Pro parametr úhel provázání $\varphi\ (\psi)\ [\circ]$ platí vztah z geometrie provázání:

$$\cos\varphi = \frac{\left(1-\frac{h_o}{d_{str}}\right)+\sqrt{\left(1-\frac{h_o}{d_{str}}\right)^2-4\left(1-\frac{A_o^2}{4d_{str}^2}\right)\left(\frac{A_o^2}{4d_{str}^2}-\left(1-\frac{h_o}{d_{str}}\right)^2\right)}}{2\left(\frac{A_o^2}{4d_{str}^2}-\left(1-\frac{h_o}{d_{str}}\right)^2\right)} \tag{24}$$

Pro parametr délka nitě ve vazné vlně $L_o(L_u)\ [m]$ platí z geometrie provázání:

$$A_o = A_u\left(\frac{1-2\left(\frac{d_{str}}{A_o}\right)\sin\varphi}{\cos\varphi} + 2\left(\frac{d_{str}}{A_o}\right)\varphi\right) \tag{25}$$

Pro výpočet ψ změníme $A_o\ za\ A_u$ a pro výpočet L_u změníme $A_o\ za\ A_u$ a φ za ψ. [4]

Výšku zvlnění lze stanovit:

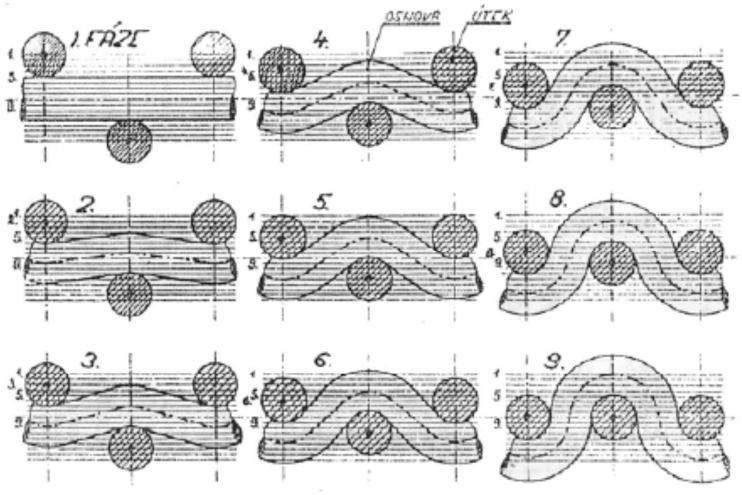
a) z příčných a podélných řezů tkaninou – experimentálně (např. využití obrazové analýzy)

b) teoretickým přepočtem, rovnice viz níže na základě středního průměru nití d_{str} a míry zvlnění osnovy a útku e_o, e_u, platí vztahy:

$$h_o = e_o \cdot d_{str} \quad h_u = e_u \cdot d_{str} \quad h = h_o + h_u \quad e_o + e_u = 1 \qquad (26, 27, 28, 29)$$

Míru zvlnění nití ve tkanině – parametr e_o, e_u, je možné přibližně stanovit užitím jednotlivých fází provázání vycházejících z práce Novikova [9], viz obr. 16. Podle míry zvlnění obou soustav nití zavedl Novikov klasifikaci pomocí devíti fází provázání tkaniny. Velikost a charakter zvlnění mohou být ovlivněny jak vlastnostmi materiálu, tak i technologickými parametry tkacího stroje. Důležité je, v jakém stavu (napjatá, relaxovaná, odšlichtovaná) tkaninu hodnotíme.

1. fáze $e_o = 0$
… osnova napřímena,
2. fáze $e_o = 0.125$,
3. fáze $e_o = 0.25$,
4. fáze $e_o = 0.375$,
5. fáze $e_o = 0.5$,
6. fáze $e_o = 0.625$,
7. fáze $e_o = 0.75$,
8. fáze $e_o = 0.875$,
9. fáze $e_o = 1$
… osnova maximální zvlnění



Obr. 16 Fáze provázání dle Novikova [9]

Jednotlivé stupně jak už bylo řečeno vyjadřují stádium vzniku tkaniny. Pak lze předpokládat, že fáze provázání 6-7 odpovídají poloze v místě mezi rozpínkami, kde je útek značně napjat. Při přechodu tkaniny z tkací roviny na zbožový vál dosáhne tkanina částečné relaxace, což odpovídá fázi 3-4. Po sejmutí tkaniny ze stavu je režná tkanina částečně relaxovaná a může v ní nastat vyrovnání zvlnění mezi osnovou a útkem, což představuje fáze 5.

Při extrémně vysoké dostavě osnovy může nastat situace z hlediska zvlnění taková, že hustá osnova nedovolí útku se zvlnit. Z hlediska fáze provázání, v relaxovaném stavu tkaniny, zvlnění osnovy odpovídá fáze 6-7, (záleží na dostavě osnovy). [9]

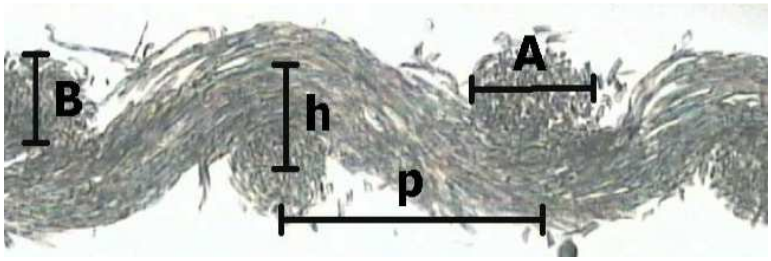
2 Tloušťka tkaniny

Je definována jako kolmá vzdálenost na tkaninu, kterou určuje rozměr mezi horní a spodní stranou textilie. Z geometrie provázání nití při vyrovnané tkanině si lze tento parametr představit jako součet průměru osnovní a útkové nitě. Vzájemným provazováním osnovních a útkových nití dochází k deformaci nití, jedná se o změnu tvaru průřezu nitě v příčném pohledu a změně zvlnění nití, což vede na změnu výsledné tloušťky tkaniny. Měření spočívá ve stanovení souboru geometrických parametrů popisující zvlnění příze v řezu tkaninou a deformaci příze ve vazném bodu, obr. 17:

$2a_1 = A_1$, $2a_2 = A_2$, $2b_1 = B_1$, $2b_2 = B_2$ – dvojnásobné velikosti poloos elipsy, nazvané též rozšíření a stlačení přízí ve vazném bodě

p_1, p_2 – rozteče osnovních a útkových nití

h_1+2b_1, h_2+2b_2, kde h_1, h_2 jsou výšky vazné vlny osnovy, útku [16]



Obr. 17 Řez vaznou vlnou tkaniny [16]

Tloušťka ovlivňuje jak mechanické, tak i užitné vlastnosti tkanin (prodyšnost, výsledný omak tkanin, tepelně izolační vlastnosti, apod.). Z obr. 18 je zřejmé, že tloušťka tkaniny *t* je dvojnásobkem větší z hodnot:

Vztah výšek vazných vln a výšek nití:

Vzdálenost os nití ve vazném bodě tkaniny je vyjádřena hodnotou [17]:

$$h_o + h_u = (d_o + d_u)/2 \tag{30}$$

Kde:

h_o- výška vazné vlny osnovy

h_u- výška vazné vlny útku

$d_o/2$- polovina výšky osnovní nitě

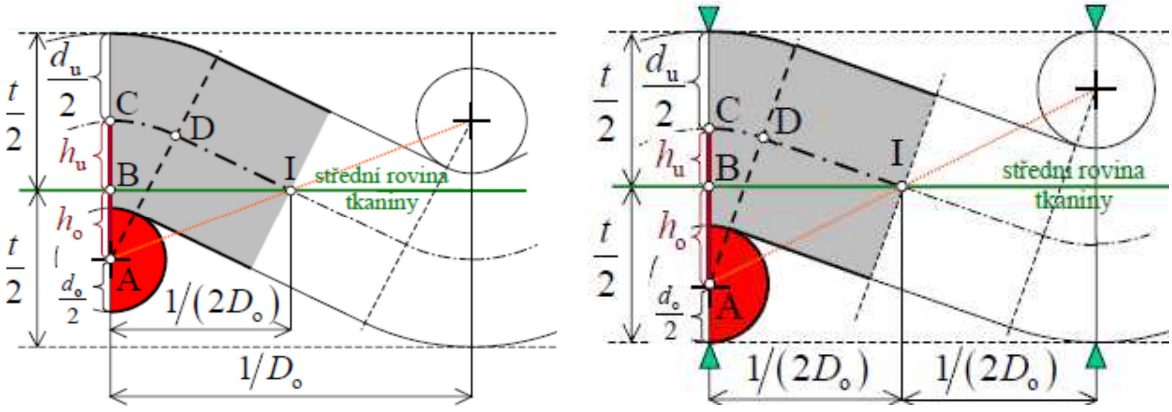
$d_u/2$- polovina výšky útkové nitě

Tloušťka pro nevyrovnanou tkaninu, obr . 18 a) :

$$t = max[2h_o + d_o, 2h_u + d_u] \tag{31}$$

Tloušťka pro vyrovnanou tkaninu, obr . 18 b):

$$t = [d_o + d_u] \tag{32}$$



Obr. 18 Geometrický rozbor tloušťky tkaniny a) ***pro nevyrovnanou*** *b)* ***pro vyrovnanou tkaninu*** *[20]*

Geometrický model pro popsání tloušťky tkaniny [mm]

Tloušťka tkaniny je závislá na vazbě tkaniny, neboli střídě vazby, která se opakuje. Nitě se vstupními parametry (zákrut příze, počet nití, zaplnění nití, atd.) získají při vzájemném kombinování větší zvlnění s dlouhými flotážemi, čímž se může zvyšovat tloušťka tkaniny, to však neplatí pro plátnovou vazbu s malou flotáží. Pro predikci tloušťky tkaniny je možné užívat geometrický model (viz rovnice 33), popisující základní strukturu tkaniny, osnovní a útkové zvlnění. Důležitými parametry pro tento model je průměr osnovní a útkové nitě, zvlnění útku, zploštění příze a koeficient provázanosti. [19]

Geometrický model tkaniny:

$$tloušťka = \left[(d_o + d_u) + \left|\left[\frac{d_o+d_u}{2} \cdot e_o - \frac{d_o+d_u}{2} \cdot (1 - e_o)\right]\right|\right] \cdot f^m \cdot \beta \quad (33)$$

Kde:

d_o- průměr osnovní příze (substanční, efektivní) $[mm]$

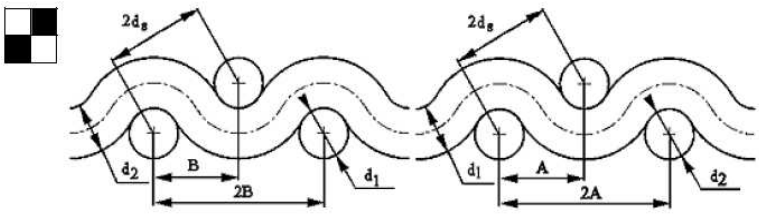
d_u- průměr útkové příze (substanční, efektivní) $[mm]$

β- zploštění příze v průřezu u efektivního průměru

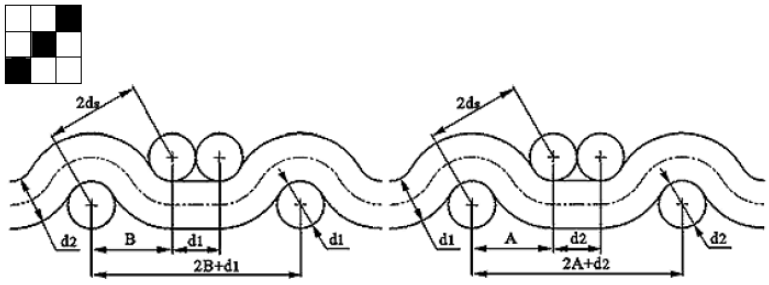
e_o- zvlnění osnovy

f^m- koeficient provázanosti

Omezení výpočtu tloušťky pro vazby s velkou flotáží ukáže experiment. V případě když $f^m > 1{,}71$ (to odpovídá $K = \frac{1}{7}(Z, S)$), pak tloušťka tkaniny není ovlivněna vazbou, pak ve vztahu pro tloušťku nahradit konstantou $f^m = 1{,}71$ u všech vyšších vazeb s f^m nad 1,71. Obr. 19 a 20 znázorňují plošné zobrazení plátnové a keprové vazby. [3]



Obr. 19 Plošné zobrazení plátnové vazby [3]



Obr. 20 Plošné zobrazení vazby keprové [3]

2.1 Experimentální hodnocení tloušťky

Tloušťka tkaniny může být hodnocena několika způsoby s následujícím značením:

- tloušťka měřena dle ČSN EN ISO 5084
- tloušťka měřena na systému KES
- tloušťka vypočtena podle modelu vyrovnané tkaniny
- tloušťka hodnocena z řezů tkaniny (tj. pro obecnou tkaninu)

2.1.1 Tloušťka měřena dle ČSN EN ISO 5084

Tloušťky tkaniny *t* se měří mezi deskou, na které je položen vzorek materiálu, a kruhovým přítlačným kotoučem, tedy čelisti. Čelist působí na hodnocenou tkaninu pod určitým nastavitelným přítlakem. Během experimentálního zjišťování tloušťky tkaniny je zapotřebí hodnotu přítlaku přesně zaznamenat. Zjišťování hodnoty tloušťky tkaniny může být podobně problematické jako zjišťování průměru příze. V tomto případě může hodnotu tloušťky tkaniny ovlivnit svým individuálním přístupem obsluha tloušťkoměru např. nastavením přítlaku čelisti. Dále tato hodnota závisí také na průměru osnovních a útkových nití, na dostavách tkaniny a zejména na použité vazbě, také však na použitém materiálu, který může ovlivňovat tloušťku tkaniny např. tuhostí nití. Norma ČSN EN ISO 5084 vymezuje vhodné podmínky pro měření. [22]

2.1.2 Měřící zařízení KES pomocí různých přítlaků

Jedná se o sadu speciálních měřících přístrojů prof. Kawabaty pro měření vlastností textilií, umožňující objektivní hodnocení omaku. Každé měření probíhá s takovým zatížením, které odpovídá malé deformaci, podobně jako „ohmatání“ u subjektivního hodnocení omaku. Měření kompresních vlastností probíhá za působení tlaku na materiál až do meze 50 gf/cm^2 (cca 0,49 N/cm^2). [21]

2.1.3 Tloušťka vypočtena podle modelu vyrovnané tkaniny

Veličiny popisující vaznou buňku v relaxované tkanině plátnové vazby jsou definovány podle modelu vyrovnané tkaniny, blíže popsané v kapitole 1.2.2, na kterém je znázorněn příčný řez tkaniny, za předpokladů, že je průřez příze kruhový, tkanina vyrovnaná (tloušťka tkaniny je dána součtem průměrů přízí), těžiště jednotlivých kolmých průřezů se nachází vždy ve středu příze a je možno definovat neutrální osu (vaznou vlnu) příze jako křivku spojující těžiště všech kolmých řezů příze a inflexní body neutrálních os všech osnovních i útkových přízí leží v jedné rovině, zvané střední rovina tkaniny. [5]

2.1.4 Tloušťka hodnocena z řezů tkaniny (tj. pro obecnou tkaninu)

Ke zjišťování geometrických parametrů struktury tkaniny je kromě standardních normovaných metod možné použít metody přímého zkoumání vnitřní struktury tkaniny pomocí analýzy řezů tkaniny. Postup tvorby těchto řezů je popsán v experimentální části této diplomové práci a mimo jiné také v systému interních norem Výzkumného centra Textil [10].

3 Podstata a vlastnosti polyesterových vláken

Polyesterová vlákna vynikají ve srovnání s přírodními vlákny, např. vysokou pevností a nastavitelnou tažností, odolností v oděru, pružností, která dodává výrobkům nemačkavost. U některých syntetických vláken je to vysoká odolnost vůči chemickým vlivům. V neposlední řadě je to také termoplastičnost, která umožňuje dodávat hotovým výrobkům, např. punčochovému zboží, požadovaný tvar. Některé vlastnosti jsou však nepříznivé. Je to např. ne vždy příjemný omak či ze zdravotního hlediska nevýhodná malá savost, nebo všem dobře známá negativní vlastnost žmolkování.

Při předúpravě je nevýhodou značná schopnost syntetických vláken vázat mastné nečistoty. Nepříjemná je také citlivost syntetických vláken k vyšším teplotám, která vyžaduje zvýšenou opatrnost při praní a žehlení. Pro zvýšení barvitelnosti se polyesterová vlákna modifikují. Polystyrenová vlákna nejsou vůbec navlhavá. Rozpouštějí se v mnoha organických rozpouštědlech. Odolávají účinkům některých minerálních i organických látek. Teplota tání je 120÷140°C. Rozpouštějí se v běžných rozpouštědlech.

Většinu vlastností, které se požadují ze spotřebitelského hlediska, získávají polyesterová vlákna již při výrobě, a to tvarováním a modifikováním, příp. kopolymerací nebo nehomogenním smísením či tvorbou bikomponentní intimní směsi. Např. změnou průřezu vlákna na jiný průměr než kruhový se mění omak, zvyšuje se lesk a snižuje se sklon ke žmolkování. Kadeřením se u vláken mění barvitelnost, odolnost vůči různým vlivům, pevnost apod. Modifikováním se např. snižuje pevnost a sklon ke žmolkování, zlepšuje se barvitelnost. Kopolymerací se získávají rozdílné technologické a barvířské vlastnosti.

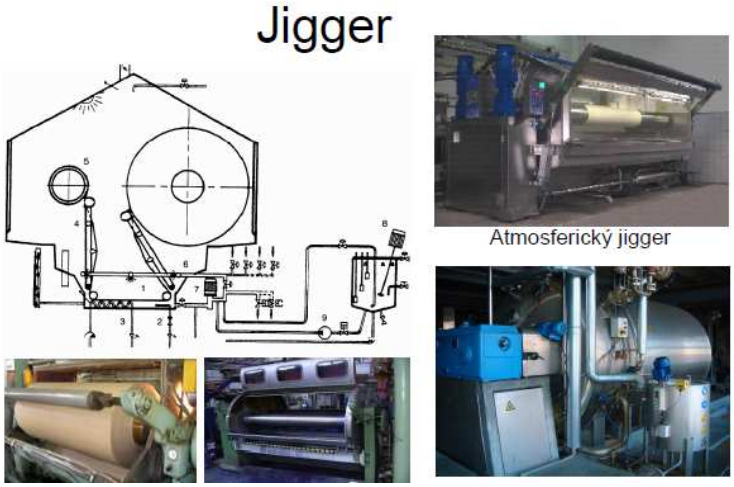
Účelem předúpravy tkanin ze syntetických vláken je především odstranění nečistot, které by zhoršovaly vzhled výrobků nebo které by byly na překážku dalšímu zpracování, např. bělení, barvení a potiskování. Jsou to především nanesené textilní pomocné prostředky (TPP) aviváže, šlichty apod. Dále je předúprava syntetických vláken nutná pro zlepšení vlastností požadovaných pro příslušný textilní výrobek, tj. především získání rozměrové a tvarové stability. U některých výrobků se fixace během předúpravy neprovádí, ale nechává se jako závěrečná operace po barvení či tisku. [11]

3.1 Procesy předúprav a finálních úprav

Podmínky a sled jednotlivých operací se musí sladit tak, aby nefixované textilie nebyly vystaveny např. při praní či barvení podmínkám, při nichž by se mohly deformovat. V předúpravě syntetických vláken se používá technologií požehování, odšlichtování, praní a bělení, tedy obdobné operace jako u přírodních vláken. V experimentální části jsou vyhodnoceny tkaniny s úpravami UNI, UNI hf a UNI NOFLAN, tabulky popisující jednotlivé operace zmíněných úprav jsou také součástí experimentální části.

3.1.1 Praní

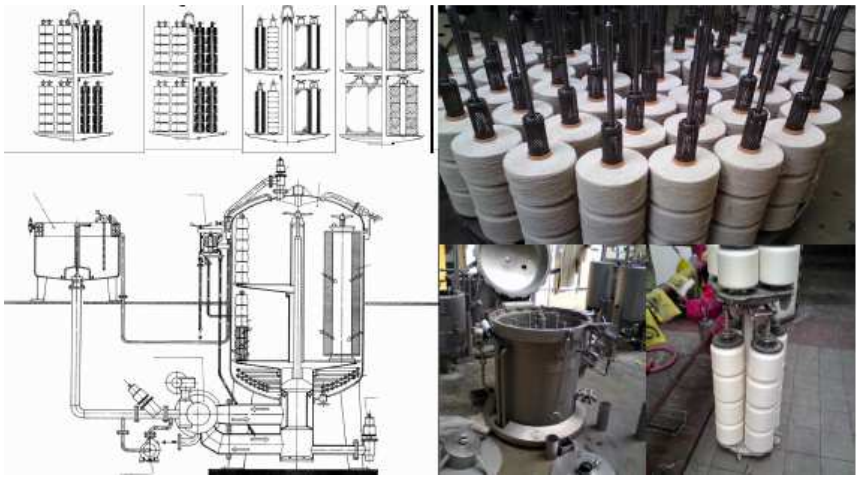
Účelem praní je odstranit všechny nečistoty, které by zhoršovaly vzhled tkanin a rušily při barvení a tisku. Špulkovacími oleji se preparuje příze ze syntetických vláken ihned při výrobě, aby se jednotlivá vlákénka držela pohromadě. Polyesterový materiál se zpravidla pere v mírně alkalické lázni anionaktivního nebo neionogenního pracího prostředku při teplotách kolem 70 °C. U příze či předfixované tkaniny nebo při praní za široka se může podle potřeby zvýšit teplota k blízkosti varu. Při větším obsahu mastných kyselin se používá pracích prostředků s rozpouštědly tuků. Slabě alkalická lázeň neporušuje polyesterové vlákno ani za horka, tj. do teplot kolem 90 °C; naopak alkalické lázně při teplotách nad 100 °C polyesterové vlákno silně narušují. Proto se nemůže polyesterové vlákno za tlaku vyvářet (tj. při teplotách nad 100 °C). [11] Jedním z nejmodernějších kontinuálních systémů pro intenzifikaci pracího procesu je agregát Injecta fy Benninger. Pracího účinku se dosahuje velmi intenzivním kombinovaným působením lázně, páry a vzduchu v úzké vertikální šachtě se speciálně profilovanými kanálky za vysoké teploty (95°C). Často používaný je také Džigr, jeden z nejstarších strojů k zušlechťování textilií. Používá se na předúpravu, barvení a praní tkanin za široka. Džigry se většinou konstruují jako univerzální stroje pro lehké i těžké tkaniny z bavlny a syntetických vláken v šířce do 320 cm, obr. 21. [12]



Obr. 21 Atmosférický jigger [13]

3.1.2 Barvení

Jedním z nejstarších kontinuálních postupů pro barvení syntetických vláken je tzv. Termosol - proces, při kterém se tkanina ze syntetického vlákna klocuje suspenzí disperzního barviva za přídavku záhustky, dispergátoru a smáčedla, a po usušení se vystaví 30 - 90 sekund teplotám 180 - 220°C (podle druhu vlákna a barviva). Při tomto “tepelném šoku” (termosolaci) dochází k velmi rychlé difúzi barviva do nitra vlákna. Jedná se vlastně o rozpouštění barviva ve vlákně, které probíhá zvláště rychle díky tomu, že vlákno je v poloplastickém stavu. Aparátové barvení na cívce, znázorněno na obr. 22, patří mezi nejvýhodnější barvení syntetických vláken, převážně polyesteru, která díky své hydrofobnosti vytvářela do té doby při barvení značné potíže. Při zvýšené teplotě (cca 120 až 150°C) dochází v uzavřeném prostoru také k nárůstu tlaku, syntetická vlákna zbobtnají, uvolní se jejich struktura a tím se vytvoří podmínky pro jejich zdárné obarvení. [6]



Obr. 22 Aparátové barvení [13]

3.1.3 Předfixace, fixace, sušení

Význačnou vlastností syntetických vláken je jejich termoplasticita. Při vyšší teplotě měknou a dají se tvarovat. Této vlastnosti se vhodně využívá při tepelné fixaci, která je důležitá při zušlechťování. Provádí se buď jako předfixace při předúpravě nebo při dalších zušlechťovacích procesech, např. po barvení či po tisku. Barvitelnost polyesterových vláken klesá s rostoucím napětím před fixací. Při fixaci má být umožněno dostatečné vysrážení vláken, jinak vzniká nebezpečí pruhovitosti vyvolané uložením nerovnoměrného napětí na vlákna při jejich výrobě a zušlechťování. Teplotní závislost srážecích sil je výrazně ovlivňována typem vláken i podmínkami předchozí fixace. Pokud byla fixace vedena za optimálních podmínek, dochází k výraznému poklesu srážecích sil.

U polyesterových vláken způsobí vysokoteplotní termofixace zvětšení krystalitů, aniž dojde ke zmenšení průměru vlákna. Krystality však mají větší měrnou hmotnost než amorfní část – musí tedy vznikat trhliny, štěrbiny – póry. S tím souvisí vyšší rychlost barvení vlákna termofixovaného při vyšších teplotách (kromě toho zde příznivě působí i větší a pravidelnější tvar krystalitů). Výrobky z polyesterových vláken se fixují převážně suchým teplem; pouze pro předfixaci přízí se používá paření. Fixační teploty při fixaci zasucha bývají v rozmezí 190÷220 °C, podle druhu výrobků. Při fixaci přízí parou se používá teplot 110÷140 °C. Při suché fixaci dostávají polyesterová vlákna poněkud tvrdší omak, který se však odstraní, následuje-li mokré zpracování, hlavně v alkalickém

prostředí. Napínací sušicí a fixační rámy jsou nejpoužívanější zařízení pro fixaci; jsou vhodné pro sušení a konečnou fixaci všech plošných textilií různé hmotnosti. [11]

Finální úpravy

Finální úpravy jsou chemické, fyzikální, fyzikálně - chemické nebo mechanické postupy, kterými jsou textilní materiály upravovány na požadované vlastnosti. Podle dosažených efektů se dělí na omakové (tj. měkčící, tužící, plnící apod.), vzhledové (tj. kalandrování, mandlování, lisování, dekatování, česání, postřihování, broušení apod.), stabilizační (tj. kompresivní srážení, fixace, nesráživé, nemačkavé, nežehlivé a Permanent - press úpravy, protižmolkové, neplstivé apod.) a ochranné (tj. hydrofobní, oleofobní, nehořlavé, antistatické, nešpinivé, antimikrobiální, protimolové apod.). Všechny uvedený typy úprav mohou být dočasné, nebo permanentní. [14]

3.1.4 Hydrofobní úprava

Hydrofobní úpravou se potlačuje smáčivost textilie a aplikací hydrofobního přípravku se stává vodoodpudivou. Vodoodpudivá úprava se aplikuje především na textilie pro svrchní ošacení, a to zejména z přírodních vláken (bavlna) a jejich směsí s vlákny syntetickými (např. polyester/bavlna PES/CO).

Základním požadavkem hydrofobní úpravy je docílit účinnou nesmáčivost textilie při zachování výhodných vlastností původní textilie (prodyšnost, omak, pevnost, tažnost apod.). Toho se dosahuje tím, že se jednotlivá vlákna napreparují (obalí) tenkým filmem hydrofobní látky. Z takto upravené textilie voda při dešti stéká (odperluje) a substrát se nepromáčí. Protože póry textilie nejsou hydrofobní úpravou zalepeny, ani výrazně zmenšeny, může voda do textilie vniknout pouze pod určitým tlakem. Takové protlačování vody hydrofobně upravenou textilií může nastat např. v podpaží, při opásání svrchního pláště, použitím batohu apod. [14]

3.1.5 Nehořlavá úprava

Hořlavost textilních materiálů ovlivňuje řada faktorů, a to chemické složení substrátu (obsah C, H, O apod.), fyzikální vlastnosti substrátu (sráživost, tavitelnost) a geometrická struktura textilu (jemnost příze, plošná hmotnost, dostava). Důležité údaje o hořlavosti materiálů a účinnosti nehořlavých úprav poskytuje limitní kyslíkové číslo LKČ (= LOI - Limiting Oxigen Index). LKČ vyjadřuje nejnižší koncentraci kyslíku ve směsi s dusíkem (v %), která ještě stačí na to, aby materiál při podmínkách zkoušky hořel.

$$LKČ = \frac{[O_2]}{[N_2] + [O_2]} . 100 \ [\%] \qquad (34)$$

Nízká hodnota LKČ znamená, že materiál hoří i při malém podílu kyslíku ve směsi. Snížení hořlavosti textilií lze docílit použitím vláken se sníženou hořlavostí, nebo povrchovou úpravou textilie ze snadno hořlavých vláken, jako např. z bavlny, viskózy apod. Na povrchovou úpravu textilních materiálů, která se dělá v rámci textilního zušlechťování, se používají různé typy retardérů hoření. Mechanismus jejich účinku závisí na vlastnostech upravovaného materiálu a na termických vlastnostech retardéru. [14]

Experimentální část

4 Základní parametry tkanin

Celý experiment byl proveden celkem na čtyřech tkaninách v plátnové vazbě. Tkaniny byly utkány z polyesterových multifilů s ochranným zákrutem o jemnosti osnovních nití 7,8 tex a jemnosti útkových nití 16,5 tex o různých útkových dostavách. První typ tkaniny byl dodán v režném stavu, z kterého bylo připraveno 20 vzorků o rozměrech 5x5 cm ve třech různých dostavách, tedy celkem 60 vzorků. Stejný postup následoval u tkanin s finální úpravou UNI, UNI hf (hydrofobní), UNI NOFLAN (nehořlavá). Tabulky 2-5 znázorňují přesné parametry tkanin.

Tab. 2 Parametry použitých tkanin

	Dostava na 1 cm			Typy tkanin	REŽNÁ UNI UNI hf UNI NOFLAN
	ve stavu	režná	hotová	Číslo a druh příze	
osnova	40	42	42,5	78 dtex f36x1 t0 PESh PM NR PV Polyteks	
útek	A	21	21	165 dtex f48 Z160 PESh PM hl. SHS	
	B	25	25		
	C	29	29		

Tab. 3 Pořadí procesů úpravy UNI

pořadí	*proces*	*teplota v °C*
1	Vyvářka pračka - kontinuální pračka Benninger	95
2	Předfixace na rámu - plynový, jehličkový	190
3	Barvení na tlak.barvicím aparátu Scholl - tlakové barvení na cívce	130
4	Sušení na rámu - plynový, jehličkový	160

Tab. 4 Pořadí procesů úpravy UNI hf

pořadí	*proces*	*teplota v °C*
1	Vyvářka pračka - kontinuální pračka Benninger	95
2	Předfixace na rámu - plynový, jehličkový	190
3	Barvení na tlak.barvicím aparátu Scholl - tlakové barvení na cívce	130
4	Sušení na rámu - plynový, jehličkový	160
5	Apretace na rámu - plynový, jehličkový	180

Tab. 5 Pořadí procesů úpravy UNI NOFLAN

pořadí	*proces*	*teplota v °C*
1	Vyvářka pračka - kontinuální pračka Benninger	95
2	Předfixace na rámu - plynový, jehličkový	190
3	Barvení na tlak.barvicím aparátu Scholl - tlakové barvení na cívce	130
4	Sušení na rámu - plynový, jehličkový	160
5	Apretace na rámu - plynový jehličkový	180

4.1 Analýza provázání z příčných řezů

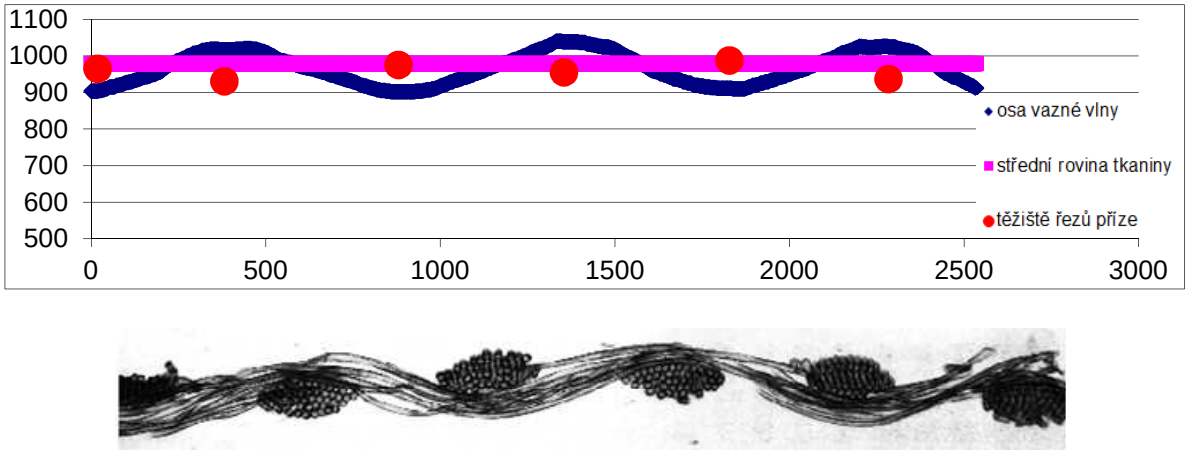
Ke zjišťování geometrických parametrů struktury tkaniny byly použity metody přímého zkoumání pomocí analýzy řezů. Každý soubor tkanin obsahoval 10 řezů podél tkaniny (ve směru útku) a 10 řezů napříč tkaninou (ve směru osnovy). Byly použity tři různé dostavy a to, jak pro tkaninu režnou, tak pro tkaniny upravené, celkem tedy bylo zhotoveno 240 řezů. Postup tvorby těchto řezů je popsán v systému interních norem 46-108-01/01 Výzkumného centra Textil.

Příprava řezů

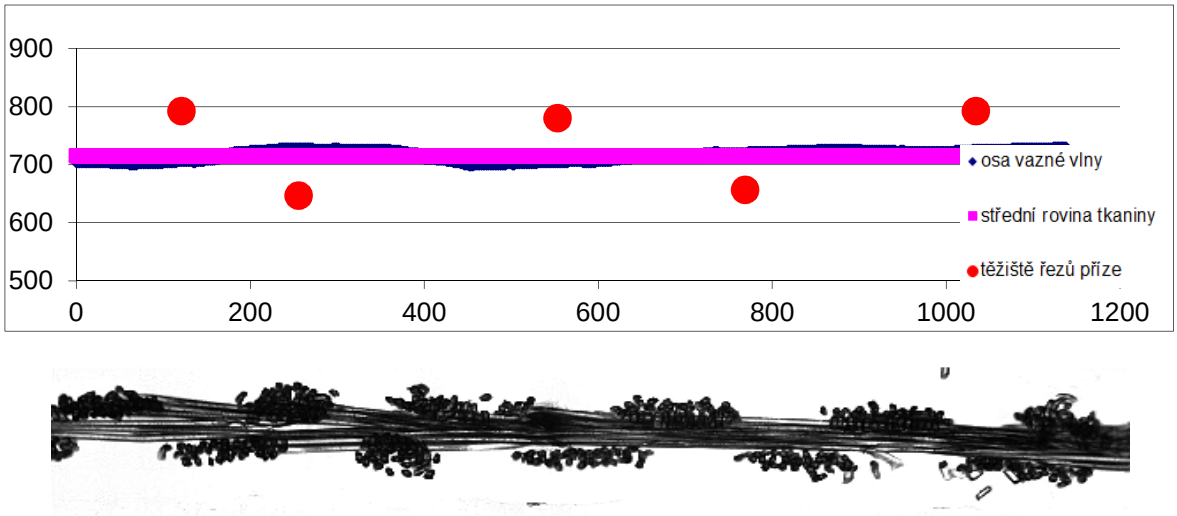
1. odběr tkaniny (5x5 cm úhlopříčně tkaninou)
2. fixace polohy vláken (trojí impregnace tkaniny lepidlem značky Duvilax se Spolinem 8 (Altaran-smáčedlo))
3. příprava k řezání (proužek tkaniny je vlepen do speciální vaničky a zalit směsí parafinu a vosku)
4. řezání (bloček se vzorkem je upnut do čelistí ručního mikrotomu a řezán ocelovými noži)
5. příprava preparátu (řez je položen na podložní sklíčko a zakápnut xylenem)
6. snímání obrazu preparátu systémem obrazové analýzy NIS- Elements
7. měření požadovaných charakteristik, statistické vyhodnocení dat celého souboru řezů.

4.1.1 Geometrie tkanin

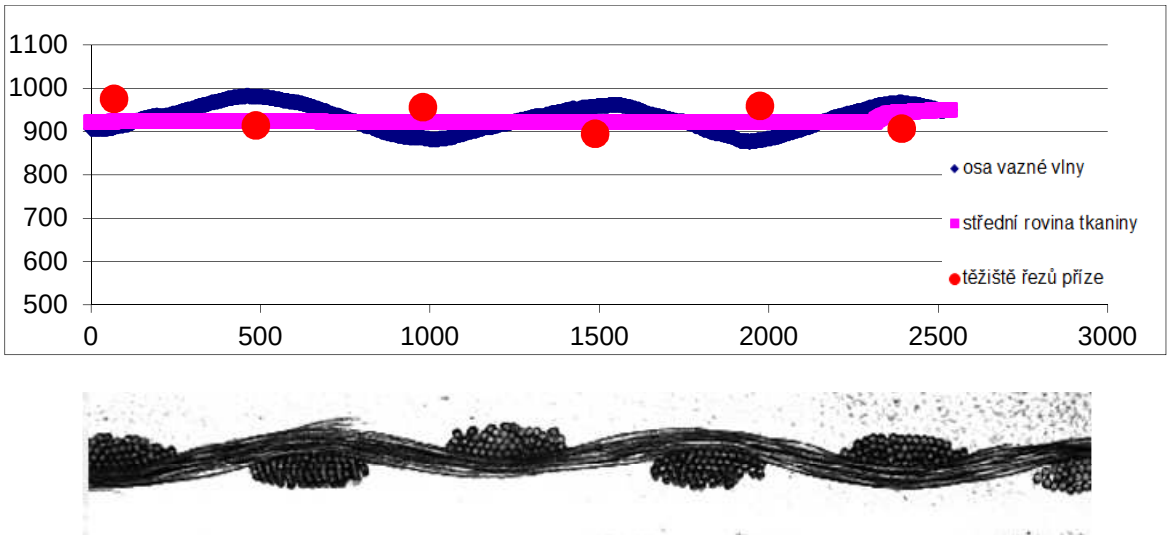
Uspořádání a deformace přízí ve tkanině mohou být dány a ovlivněny řadou faktorů, procesem tkaní (silové poměry,..), dostavou, hustotou tkaniny, vazbou, vlastnostmi přízí (jemnost, zákrut, technologie) a úpravou tkanin. Zde je sledován vliv dostavy útku a úpravy tkaniny na prostorové uspořádání a deformaci příze ve tkanině pomocí geometrických parametrů. Hodnocení geometrické struktury je provedeno vzhledem k relativnímu zvlnění tkaniny. Měření spočívá ve stanovení souboru geometrických parametrů popisující zvlnění příze v řezu tkaninou a deformaci příze ve vazném bodu pomocí obrazové analýzy. Na obrázcích 23-30 níže jsou znázorněny grafy a obrázky řezů režných a upravených tkanin v dostavě 42/21. Ukázky vybraných řezů dostav 42/25 a 42/29 jsou součástí příloh 1 a 2, všechny zbylé řezy jsou součástí přílohy na CD.



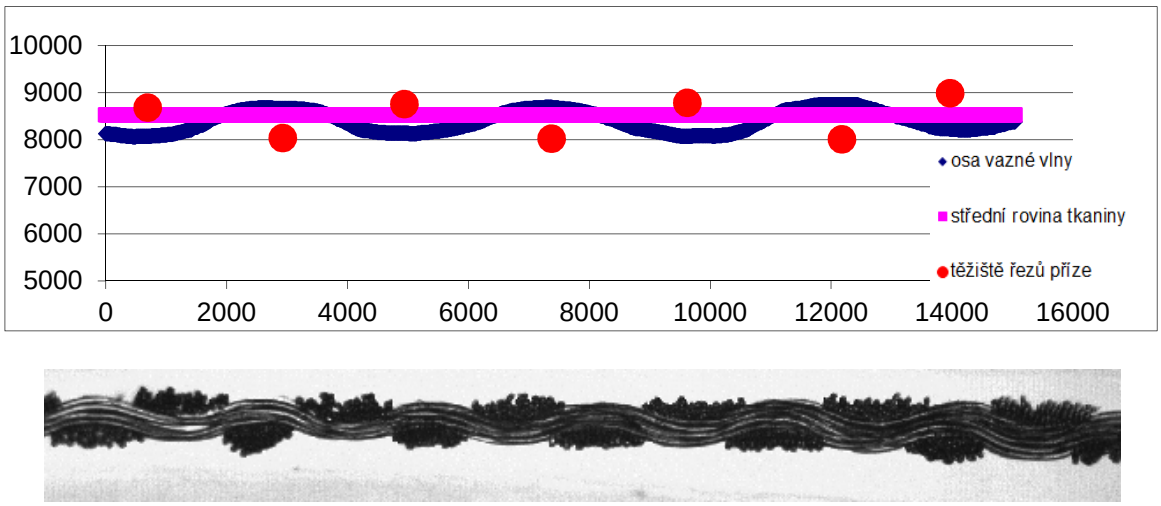
Obr. 23 Režná tkanina, podélný řez (42/21)



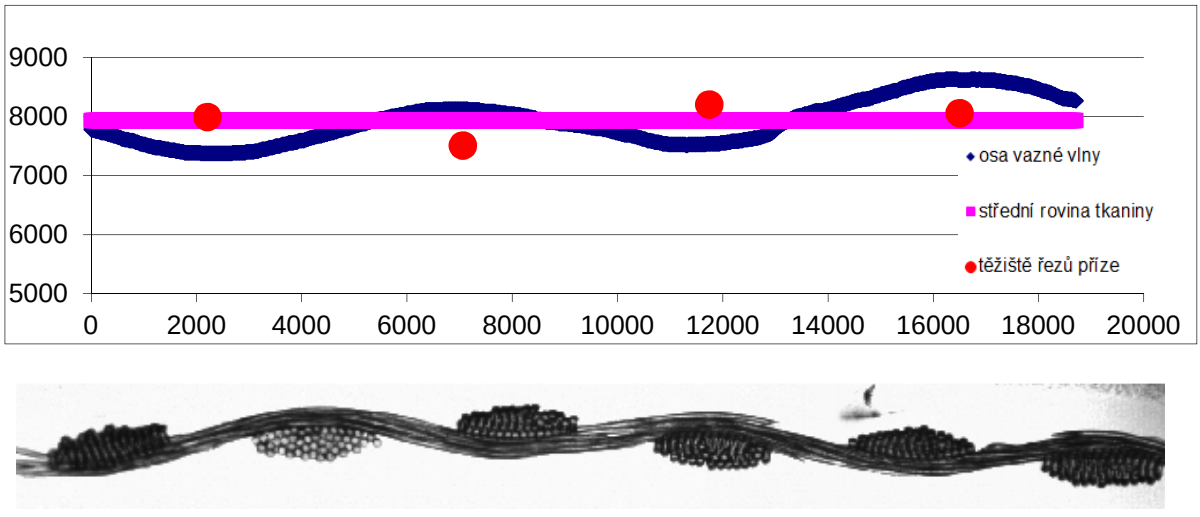
Obr. 24 Režná tkanina, příčný řez (42/21)



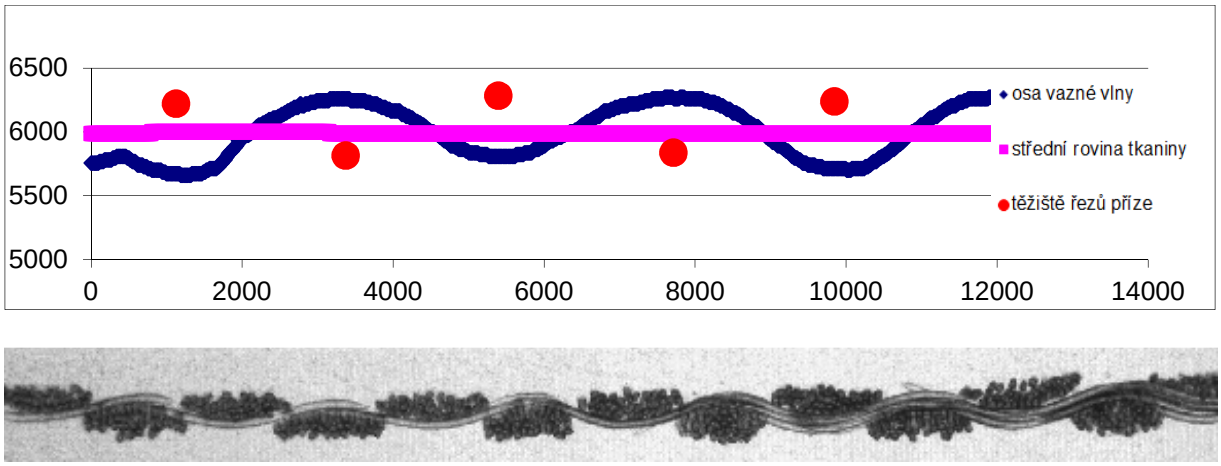
Obr. 25 UNI tkanina, podélný řez (42/21)



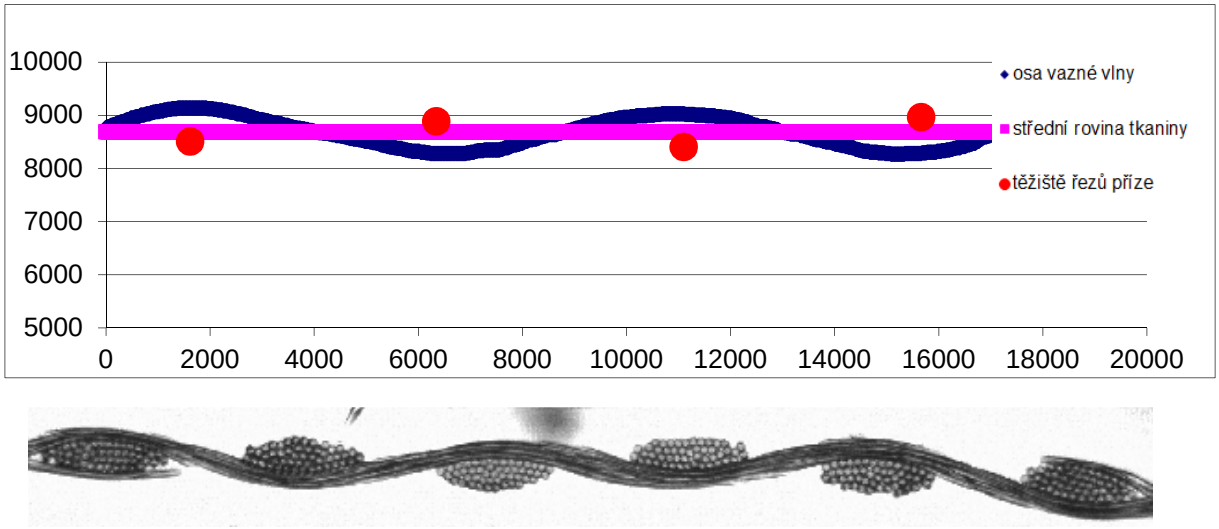
Obr. 26 UNI tkanina, příčný řez (42/21)



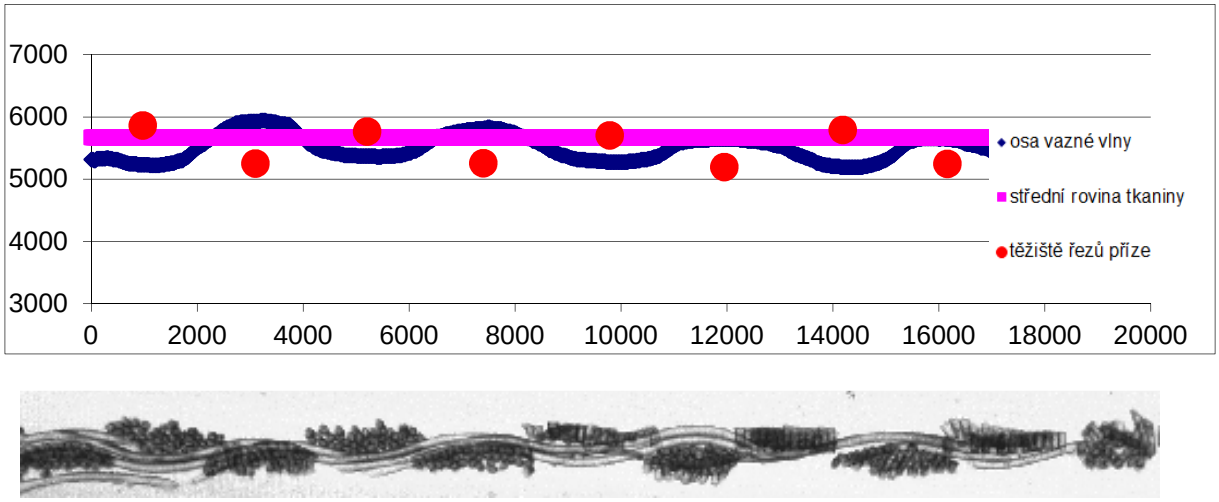
Obr. 27 UNI hf tkanina, podélný řez (42/21)



Obr. 28 UNI hf tkanina, příčný řez (42/21)



Obr. 29 UNI NOFLAN tkanina, podélný řez (42/21)



Obr. 30 UNI NOFLAN tkanina, příčný řez (42/21)

Z obrázků jednotlivých tkanin lze konstatovat, že tloušťka u režné tkaniny je znatelně vyšší, než u tkanin upravených. Je to způsobeno úpravou, která jim byla dodána (barvení a fixace na upínacím rámu). Zároveň je také zřejmé, že se rovná útková nit v příčném pohledu u režné tkaniny zvlní vlivem úpravy. Dojde tak k poklesu tloušťky u tkanin upravených, kde již útek není zcela rovný, zvlní se, a na základě toho se vyrovnává nit osnovní. Je zřejmé, že osnova v této tkanině a to jak v případě režného stavu, tak stavu upraveného, na sebe vzala roli většího zvlnění a to díky konstrukci, hustá osnova nedovolí útku se zvlnit. U standartních tkanin, kde to je obráceně, je osnova téměř vyrovnaná a jejich doporučení vyplývá dle teorie pana Novika, kde $e_o = 0{,}4, e_u = 0{,}6$.

V tomto případě by se také dalo vycházet z teorie pana Novika, ale v obráceném stavu, díky hustě dostavené osnově a řídkému útku dochází k otáčení soustav osnovních a útkových nití. Aby byla zákonitost tkaní splněna, musí platit vztah $e_o + e_u = 1$. Když se jedna soustava vyrovnává, druhá se zvlňuje, obě se vzájemně doplňují. Není tedy možné, aby obě soustavy byly maximálně zvlněny.

Vnitřní struktura, která vychází z průřezu je charakterizována právě geometrií z provázání těchto dvou soustav. Aby vzniklo zvlnění, musí dojít k provázání osnovních a útkových nití, které se v součtu vždy rovnají 100%. Blíže to popisuje teorie již zmíněného pana Novika, který míru zvlnění popisuje v devíti fázích. Zvlnění nám může ovlivnit řadu vlastností, jako je například tažnost. U podélného řezu režné tkaniny můžeme konstatovat, že tažnost bude větší a to proto, že tkanina je zvlněná a při namáhání se nejprve toto zvlnění bude vyrovnávat, protože se zde potýkáme také s ohybem. Kdežto v příčném řezu, je útek zcela rovný, což znamená, že jeho tažnost bude nižší. Relativní zvlnění má ale také vliv na povrchové vlastnosti. Mohli bychom například zmínit drsnost této tkaniny, v příčném stavu bude pocitově drsnější, v podélném řezu hladká. Lze konstatovat, že v tomto případě se souhlasně mění zvlnění u finálních úprav a to z toho důvodu, že jim byly dodány úpravy barvení a fixace na upínacím rámu za stejných podmínek.

Z řezu lze stanovit a následně hodnotit tzv. parametry geometrie tkaniny:

$A_o = 1/D_o$, $A_u = 1/D_u$ - Rozteč osnovních a útkových nití

d_o, d_u - Průměr osnovních a útkových nití

h_o, h_u- Výška vlny osnovy a útku

φ_o, φ_u- Úhel zvlnění (provázání) osnovy a útku

L_o, L_u- Délka vlny osnovy a útku (deformované)

l_o, l_u- Délka vložené osnovy a útku (nenapnuté)

e_o, e_u- Relativní zvlnění osnovy a útku

4.2 Analýza tloušťky

Cílem této diplomové práce je charakterizovat tloušťku tkanin, včetně rozboru možností její predikce a provést experimentální zhodnocení tloušťky tkaniny v závislosti na změně finální úpravy. Hodnocení tloušťky režných a upravených tkanin je provedeno prostřednictvím tří metodik. První metodou je analýza měkkých řezů, pomocí obrazové analýzy NIS Elements, která je srovnána s dalšíma dvěma a to metodikou tloušťkoměru a teoretickým modelem, který byl sestaven dle parametrů odpovídajících polyesterovým multifilům.

4.2.1 Hodnocení tloušťky tkaniny z řezů

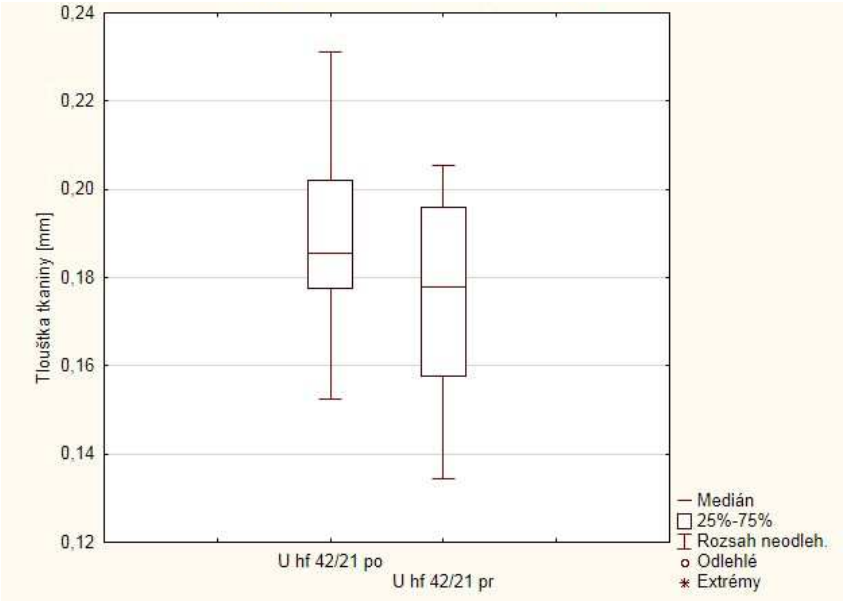
Hodnoty tlouštěk podélných i příčných řezů tkaniny byly vyhodnocovány prostřednictvím obrazové analýzy NIS-Elements, ta nám však umožňuje definovat jakékoliv parametry, které jsou pro nás důležité. Výstupem je pak tabulková, nebo grafická podoba pro jednotlivé řezy.

Označení tkanin je následující: R-režná, U- UNI (barvení), U hf- UNI hf (hydrofobní), U no- UNI NOFLAN (nehořlavá)

Označení dostav: 42/21, 42/25, 42/29 (D_o= 42 [pn/100 mm], D_u= 21, 25, 29 [pn/100 mm])

Označení řezů: po- podélný řez, pr- příčný řez

Následující obrázek ukazuje rovnost podélného a příčného řezu tkaniny a to proto, že posuzujeme jednu a tutéž tkaninu, pouze se liší pohled na tloušťku tkaniny a to buď v podélném směru, nebo příčném směru. Může nastat jakási odchylka, díky hodnocení řezů tkaniny pokaždé z jiných míst, která je dána seříznutím tkaniny. Měla by být však malá. Obecně by měly být hodnoty stejné, jako vidíme na obr. 31, kde se intervaly spolehlivosti překrývají, kdyby se nepřekrývali, metodika by byla špatná. Data jsou statisticky nevýznamná, proto není problém je při hodnocení sjednotit.

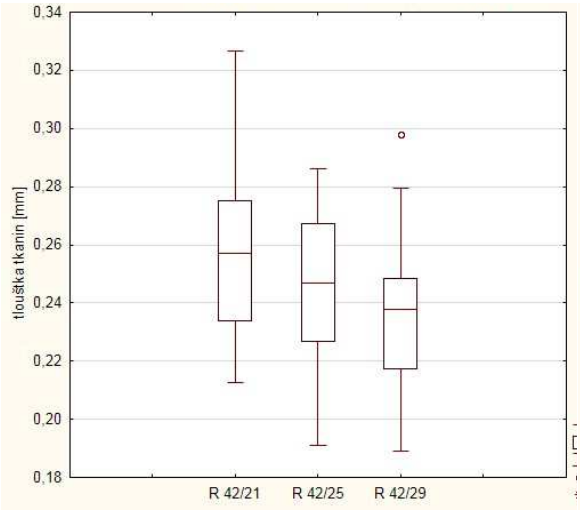


Obr. 31 Tloušťka podélného a příčného řezu tkaniny hydrofóbní v dostavě 42/21

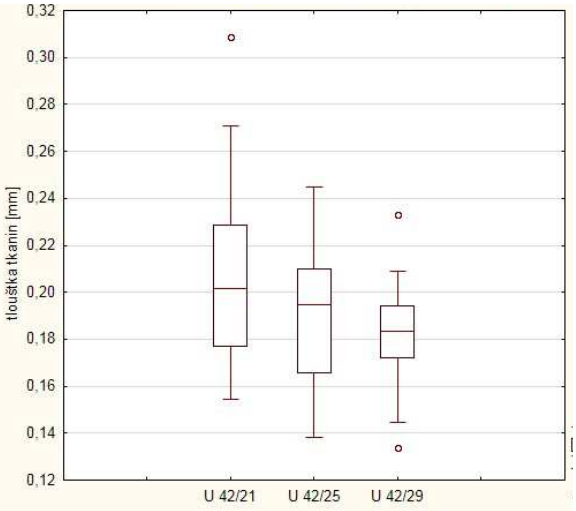
Závislosti tloušťky tkaniny na dostavě útku a typu tkaniny jsou uvedeny na obr. 32 až 35.

1) Dostavy bez závislosti na úpravě

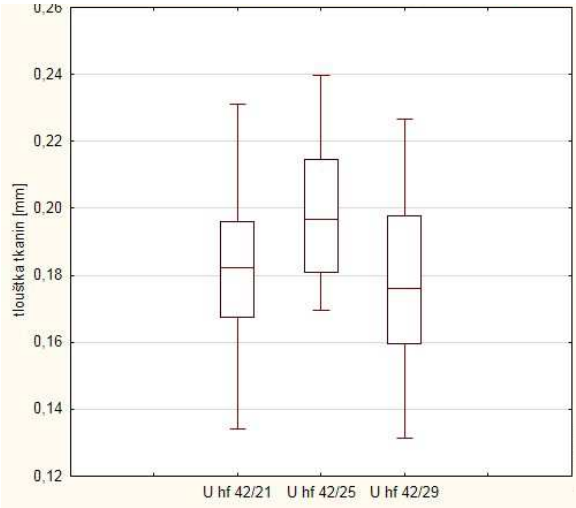
V následujícím obrázku jsou hodnoty podélného a příčného řezu vyneseny současně, předchozí obr. 31 totiž ukázal, že je možné je sčítat. Protože máme osnovu konstantní, ale útek ve třech různých dostavách, nabízí se nám jejich srovnání. Z obr. 32, kde jsou srovnávány dostavy režné tkaniny, můžeme konstatovat, že se intervaly sice překrývají, ale čím je větší dostava, tím se zvlněná útková nit vyrovnává. Tloušťka klesá, což je způsobeno změnou zvlnění.



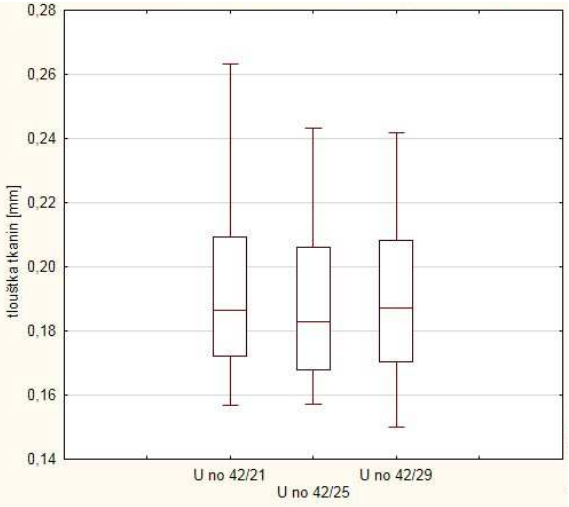
Obr. 32 Tloušťka režné tkaniny



Obr. 33 Tloušťka UNI tkaniny



Obr. 34 Tloušťka UNI hf tkaniny

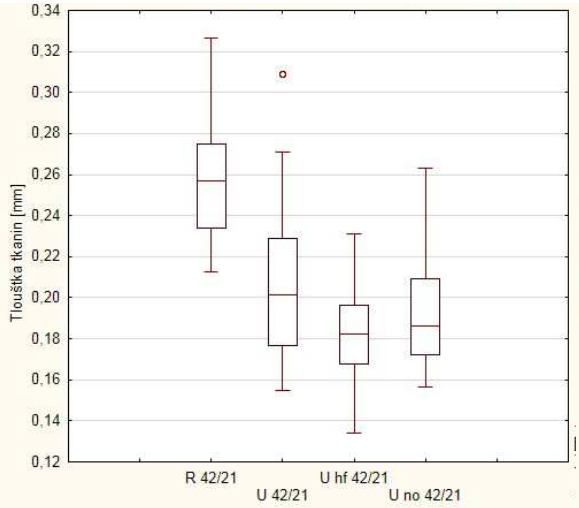


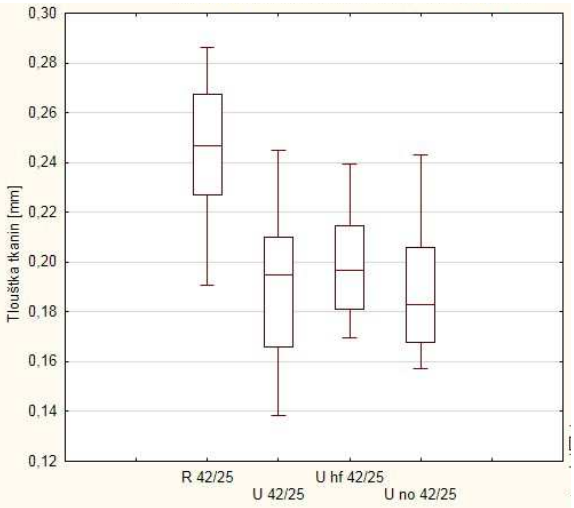
Obr. 35 Tloušťka UNI NOFLAN tkaniny

Z naměřených hodnot tlouštěk jednotlivých řezů lze z obr. 32 konstatovat, že průměrné hodnoty tlouštěk jsou obecně vyšší u tkanin režných, než u tkanin upravených. Tloušťky v závislosti na rostoucí útkové dostavě režné tkaniny jsou vyšší u tkanin s nižší dostavou, což ale není statisticky významné, protože rozmezí útkových nití jsou opravdu malá. S rostoucí útkovou dostavou mají tloušťky téměř identické hodnoty. Hodnoty tlouštěk v upravených tkaninách, obr. 33-35, mají v závislosti na rostoucí dostavě útku klesající charakter, nebo jsou téměř identické, proto odchylky mezi nimi nejsou statisticky významné.

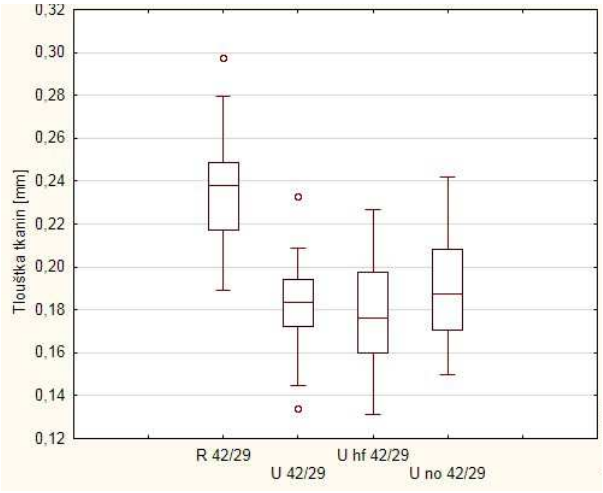
2) Dostavy v závislosti na úpravě

Na základě hodnocení tloušťky tkanin jednotlivých dostav v závislosti na úpravě tkaniny je z obr. 36 až 38 zřejmé, že je tloušťka tkanin v režném a upraveném stavu jiná, to je dáno úpravou, která byla tkanině dodána. Dochází k tomu, že se jednotlivé soustavy vyrovnávají, přičemž jedna tlačí do druhé. U upravených tkanin jsou střední hodnoty nižší, což může být důsledkem toho, z jakého místa jsme řez pořídili. Není statisticky významný rozdíl mezi hodnotami tlouštěk upravených tkanin z důvodu stejných podmínek při operaci finálních úprav, které se lišily jen minimálně například apretací u hydrofobní a nehořlavé tkaniny, na tloušťku však nemá zásadní vliv. Rozdíly jsou patrné pouze v porovnání režné tkaniny všeobecně s tkaninami upravenými, které byly identicky fixovány a barveny, přičemž fixací dochází vlivem namáhání k poklesu tloušťky tkaniny. Tuto skutečnost můžeme pozorovat také z obrázků řezů, kde se částečně mění relativní zvlnění tkaniny. Útek není zcela rovný, jako tomu je u režné tkaniny, zvlnil se na úkor osnovy, která se vyrovnala.





Obr. 36 Tloušťka tkanin v závislosti na úpravě (42/21) *Obr. 37 (42/25)*



Obr. 38 Tloušťka tkanin v závislosti na úpravě (42/29)

4.2.2 Hodnocení tloušťky tkaniny pomocí metodiky tloušťkoměru

Tloušťka tkaniny se měří jako vzdálenost mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn, a paralelním kruhovým přítlačným kotoučem, který vyvíjí předdefinovaný tlak na zkoušenou plochu textilie. Jistý rozdíl nastane, bude-li tloušťka tkaniny měřena jen volně bez přítlaku, nebo zda ji změříme ve stlačení mezi čelistmi. Protože je textilní materiál snadno deformovatelný (stlačitelný) je měření tloušťky tkaniny předepsané normou za přesně stanoveného přítlaku čelistí.

Postup měření: Vzorky, velikosti 10 x 10cm, se vystřihnou diagonálně, nejméně 10 cm od okraje tkaniny. Vzorky by měly být odebrány z celé plochy tkaniny. Přítlačný kotouč se zvedne a na základní desku se bez napětí a deformace umístí vzorek tak, aby ležel pod středem přítlačného kotouče. Poté se přítlačný kotouč spustí na vzorek. Po zatížení, se na displeji odečte tloušťka textilie s přesností na 0,01 mm. Pro měření tloušťky tkaniny je obvykle volen přítlak 1 kPa. V tomto případě byl však zvolen nižší přítlak 0,1 kPa a to z toho důvodu, aby nedošlo k příliš velkým deformacím.

Zkušební podmínky: 0,1kPa

Plocha prítlacné desky: 1000mm²

Přístroj: Tloušťkoměr FF-27

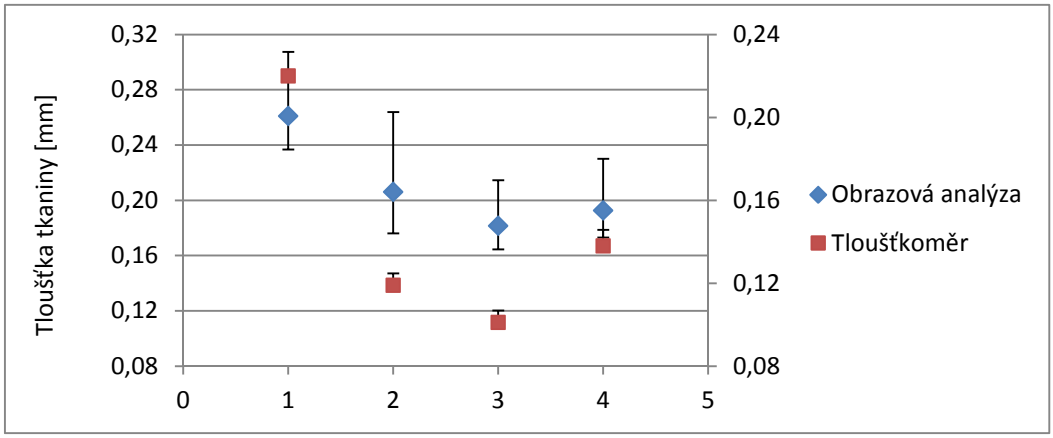
Srovnání metodik: obrazová analýza, tloušťkoměr

Porovnání hodnot tloušťky tkanin metodikou obrazové analýzy a tloušťkoměru, znázorňují obr. 35 až 37. Z obrázků je patrné, že tloušťka tkaniny hodnocena na tloušťkoměru je znatelně menší než skutečná tloušťka tkaniny, která je analyzována z řezu. Důvodem toho je vyšší přítlak (předepsaný normou), přičemž standartní normované nastavení nemusí být správné, v některých případech totiž zmáčkl tloušťku až na polovinu. Metodika by také mohla být ovlivněna tím, z jakého místa jsme řez pořídily, podle obrázku řezů je však zřejmé, že se vždy jedná o řez střední osou tkaniny, což je to nejvyšší místo ve vazné vlně.

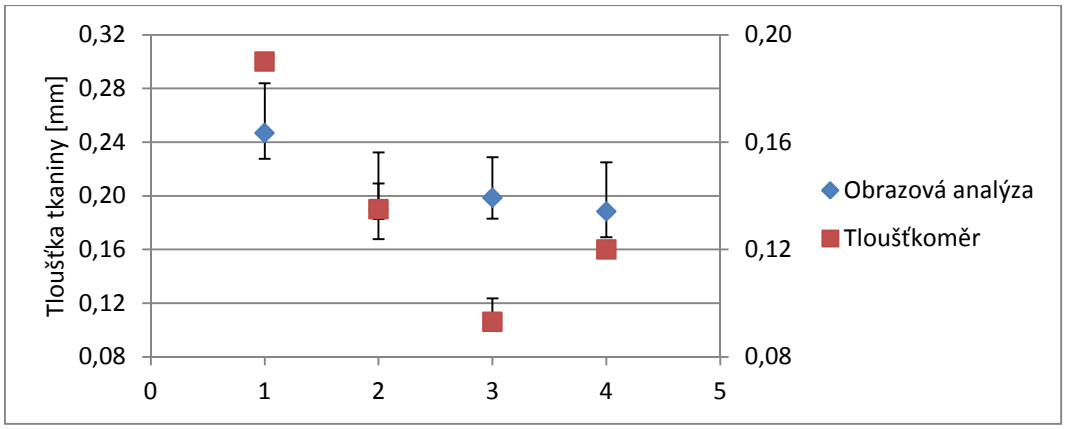
Intervaly spolehlivosti se nepřekrývají, jak v závislosti na dostavě, tak v závislosti na úpravě, tudíž jsou statisticky závislé. Obrázky 39 až 41 také znázorňují odchylky při měření, přičemž je zřejmé, že odchylky tloušťkoměru jsou minimální, tudíž by tato metoda za nastavení vhodného přítlaku mohla být považována za přesnější. Z obrázků je také zřejmé, že trend při srovnávání těchto dvou metodik je stejný, přidáním přepočítávacího koeficientu bychom se mohli dostat na reálnou hodnotu tloušťky tkaniny.

Tab. 6 Popis k obr. 39, 40, 41

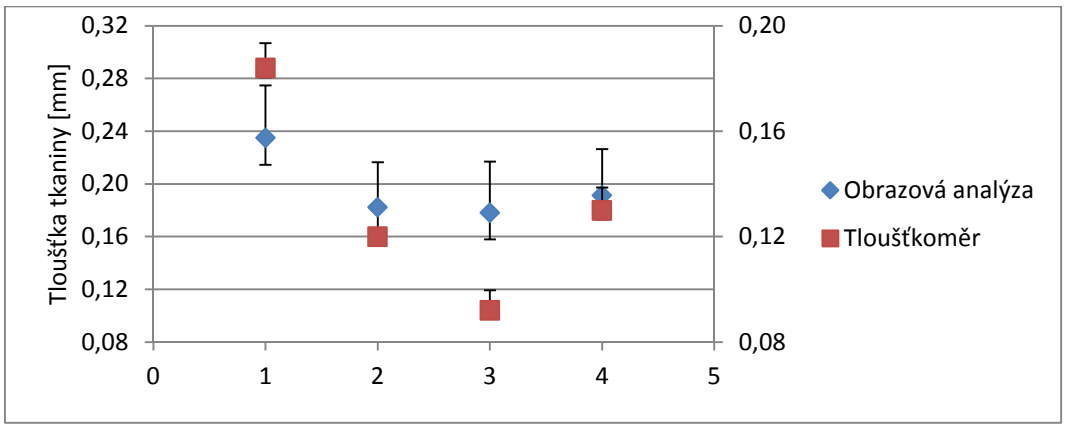
Pořadí	*Tkaniny*	*Dostavy obr. 35*	*Dostavy obr. 36*	*Dostavy obr. 37*
1	R	42/21	42/25	42/29
2	U	42/21	42/25	42/29
3	U hf	42/21	42/25	42/29
4	U no	42/21	42/25	42/29



Obr. 39 Porovnání hodnot tloušťky tkaniny metodikami tloušťkoměru a obrazové analýzy (42/21)



Obr. 40 Porovnání hodnot tloušťky tkaniny metodikami tloušťkoměru a obrazové analýzy (42/25)



Obr. 41 Porovnání hodnot tloušťky tkaniny metodikami tloušťkoměru a obrazové analýzy (42/29)

4.2.3 Teoretické hodnocení tloušťky tkaniny

Pro predikci tloušťky tkaniny je možné užívat geometrický model popisující základní strukturu tkaniny, osnovní a útkové zvlnění. Byly použity parametry, citlivé na chování tohoto modelu, který je opravdu operativní tím, že parametry z kterých je složen mohou reagovat na jednotlivé stavy. Korekce matematického modelu byla sestavena tak, že se rozlišily jednotlivé stavy, jak pro režnou, tak pro upravenou tkaninu. Tyto dva stavy se díky své odlišnosti rozebíraly zvlášť a to tak, že korekce došla k navržení relativního zvlnění pro osnovu a útek tkaniny režné a zvlášť tkaniny upravené. Hodnoty průřezu budou stejné, z důvodu použití stejné teploty při sušení na upínacím rámu, navíc byla pouze apretace u hydrofobní a nehořlavé úpravy, která však nemá zásadní vliv na relativní zvlnění. Ovlivnit by mohlo použití kalandru, který by průřez nějakým způsobem deformoval.

Rozbor geometrického modelu tkaniny: Důležitými parametry pro tento model je průměr osnovní a útkové nitě, kde počítáme s hodnotou teoretickou, která vychází z průměru příze:

$$d_{ef} = \sqrt{4T/\pi\mu\rho} \tag{35}$$

T - jemnost $[tex]$, v našem případě: $T_o = 7{,}8\ tex$, $T_u = 16{,}5\ tex$, ρ - měrná hmotnost $[kg \cdot m^{-3}]$, v našem případě se jedná o polyesterový multifil s ochranným zákrutem, takže $\rho = 1360\ kg \cdot m^{-3}$ a zaplnění příze $\mu = 0{,}75$.

Geometrický model tkaniny:

$$tloušťka = \left[(d_o + d_u) + \left|\left[\frac{d_o+d_u}{2} \cdot e_o - \frac{d_o+d_u}{2} \cdot (1 - e_o)\right]\right|\right] \cdot f^m \cdot \beta \tag{36}$$

d_o- průměr osnovní příze (substanční, efektivní) $[mm]$

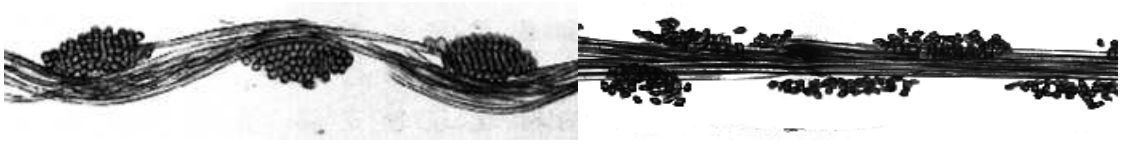
d_u- průměr útkové příze (substanční, efektivní) $[mm]$

β- zploštění příze v průřezu u efektivního průměru

e_o- relativní zvlnění tkaniny

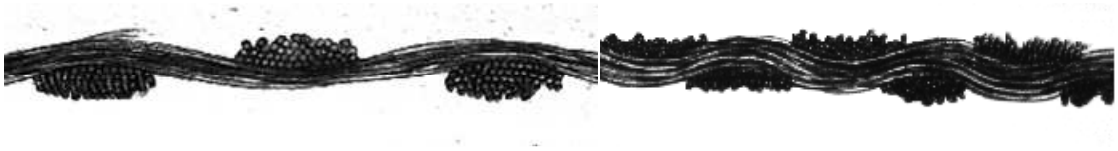
f^m- koeficient provázanosti

Pro zploštění příze jsme navrhli hodnotu β=0,7, což odpovídá polyesterovému multifilu a to dle literatur [15], [23], **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, které se zabývají deformací průřezu příze ve vazném bodě tkaniny. Koeficient provázanosti plátnové vazby má hodnotu f^m =1. Experimentálně, za pomocí obrazové analýzy bylo vyhodnoceno relativní zvlnění jednotlivých řezů, viz obr. 44, 45. Na základě toho byly navrhnuty hodnoty pro relativní zvlnění osnovy a útku režné tkaniny: $e_o = 0{,}9, e_u = 0{,}1$, které odpovídají obr. 42.



Obr. 42 Podélný a příčný řez režnou tkaninou

Odlišná hodnota byla dle obr. 45 dosazena pro relativní zvlnění osnovy a útku obecně pro všechny tkaniny upravené: $e_o = 0{,}6, e_u = 0{,}4$. Obecně proto, že hodnoty upravených tkanin jsou srovnatelné. Hodnoty relativního zvlnění odpovídají také řezu na obr. 43.

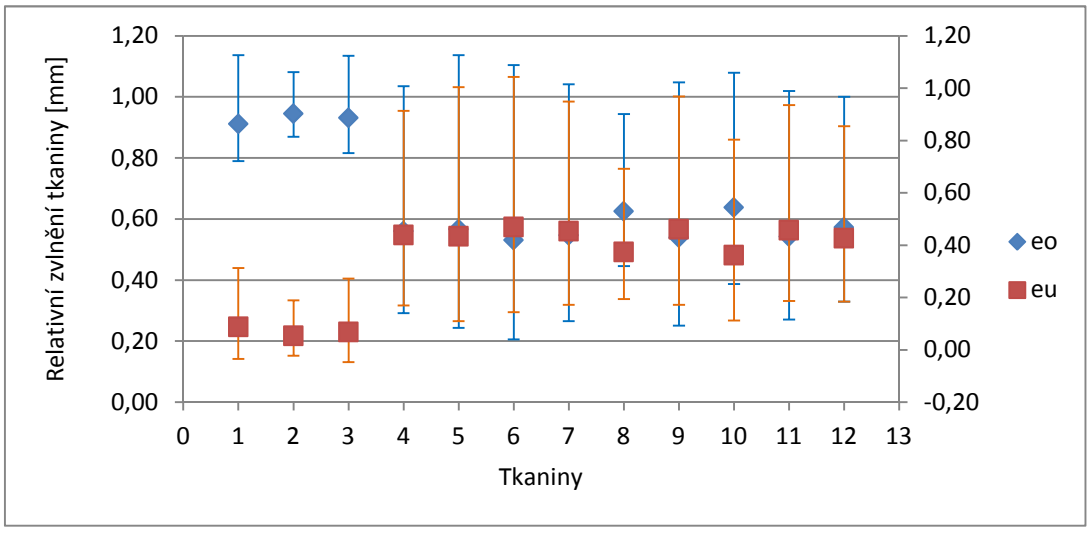


Obr. 43 Podélný a příčný řez upravenou tkaninou

Pokud by se od sebe hodně lišily úpravy barvení, hydrofobní a nehořlavá, musely by se definovat tři stavy zvlnění. Ideální by bylo mít hodnoty $e_{o,}e_u$ stejné, ale jak lze vidět z obr. 42, 43, hodnoty režných a upravených tkanin se liší jak v podélném, tak příčném řezu. Z obr. 44 je zřejmé, že změna dostav na relativní zvlnění u tkanin režných vliv nemá a to proto, že rozmezí mezi osnovními nitěmi jsou opravdu malá. Na následujícím obr. 45 byly vyneseny hodnoty relativního zvlnění, bez závislosti na dostavě.

Tab. 7 Popis k obr. 44

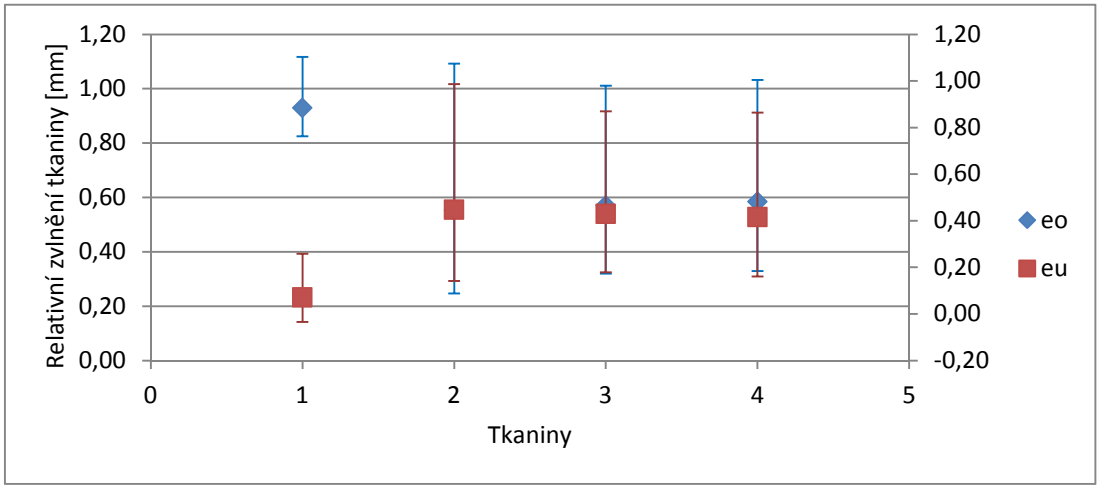
Pořadí	*Tkanina*	*Dostava*
1, 2, 3	R	42/21, 25, 29
4, 5, 6	U	42/21, 25, 29
7, 8, 9	U hf	42/21, 25, 29
10, 11, 12	U no	42/21, 25, 29



Obr. 44 Relativní zvlnění režných a upravených tkanin v závislosti na dostavě

Tab. 8 Popis k obr. 45

Pořadí	*Tkanina*
1	R
2	U
3	U hf
4	U no



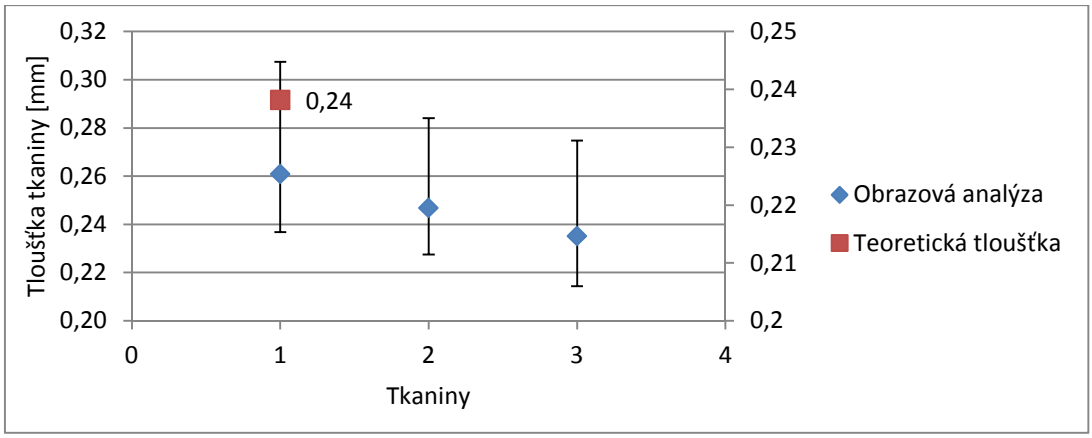
Obr. 45 Relativní zvlnění režných a upravených tkanin bez závislosti na dostavě

Srovnání metodik: analýza řezů, teoretická tloušťka

Rozdíl mezi hodnotami tloušťky tkaniny z obrazové analýzy a teoretické tloušťky tkaniny není u tkanin režných ani upravených (obr. 46, 47) statisticky významný. Experiment potvrdil teoretický předpoklad: Hodnota teoretické tloušťky tkaniny je v obou případech srovnatelná s hodnotou tloušťky tkaniny získané prostřednictvím teoretického modelu.

Tab. 9 Popis k obr. 46

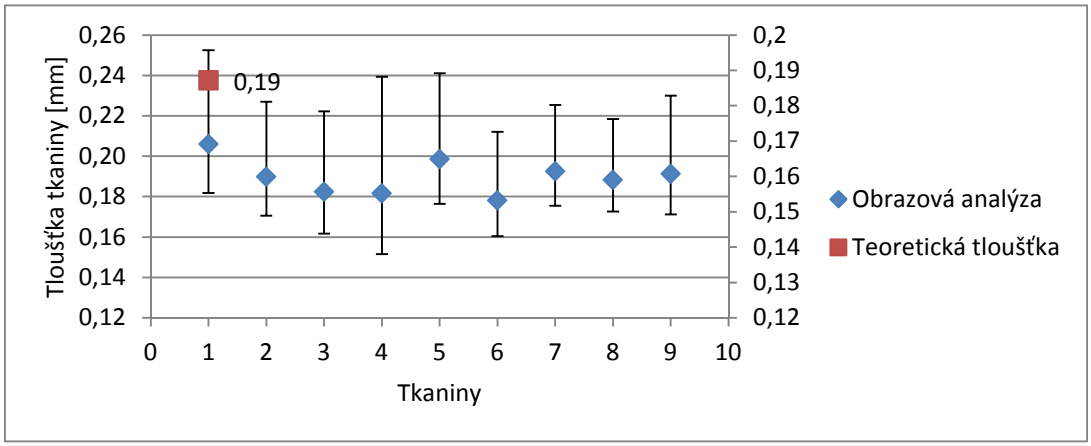
Pořadí	*Tkanina*	*Dostavy*
1	R	42/21
2	R	42/25
3	R	42/29



Obr. 46 Teoretické hodnocení tloušťky tkaniny s obrazovou analýzou pro režnou tkaninu

Tab. 10 Popis k obr. 47

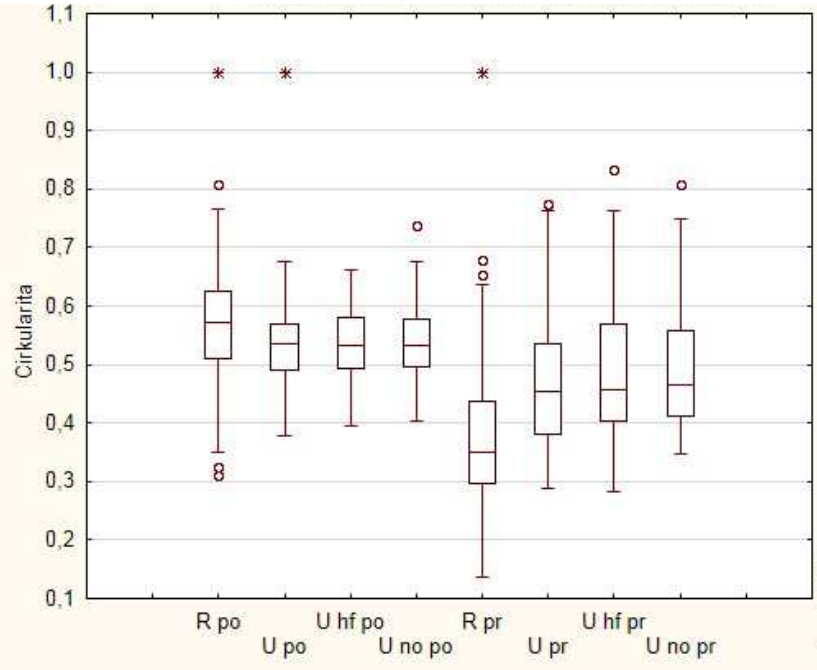
Pořadí	*Tkanina*	*Dostavy*	*Pořadí*	*Tkanina*	*Dostavy*
1	U	42/21	*6*	U hf	42/29
2	U	42/25	*7*	U no	42/21
3	U	42/29	*8*	U no	42/25
4	U hf	42/21	*9*	U no	42/29
5	U hf	42/25			



Obr. 47 Teoretické hodnocení tloušťky tkaniny s obrazovou analýzou pro upravené tkaniny

Z obrazové analýzy je také možné získat hodnotu zploštění příze, o kterém vypovídá parametr cirkularita, hovořící o tvaru objektu. Jedná se o poměr skutečné plochy daného objektu ku ploše kruhu, který má shodný obvod jako skutečný objekt. Pro hodnocení experimentálního zploštění příze se tyto hodnoty z obrazové analýzy pro jednotlivé tkaniny bez ohledu na změnu dostavy, ale s ohledem na řez (podélný, příčný) zprůměrovaly a takto

se vynesly do grafu. Z obr. 48 lze konstatovat, že hodnoty zploštění příze jsou postaveny mnohem níže než zvolené zploštění příze pro teoretický model. Stačilo by mít ale jen trochu odlišný zákrut a výsledek by byl zase jiný. U finálních úprav, můžeme dle obrázku konstatovat, že hodnoty zploštění z obrazové analýzy jsou nižší v podélném řezu, kdežto u režné tkaniny jsou hodnoty zploštění oproti upraveným tkaninám nižší v příčném řezu. Je tedy zřejmé, že se hodnota teoretického zploštění (β=0,7) odlišuje od hodnot experimentálních. Použitím teoretického modelu, je však vhodné počítat s hodnotou zploštění, která odpovídá obecně zploštění polyesterového multifilu s ochranným zákrutem. Pokud by ale bylo počítáno s průměrnými hodnotami cirkularity z obrazové analýzy, výsledek by se tak více přiblížil reálné tloušťce tkaniny.



Obr. 48 Zploštění příze v podélných a příčných pohledech

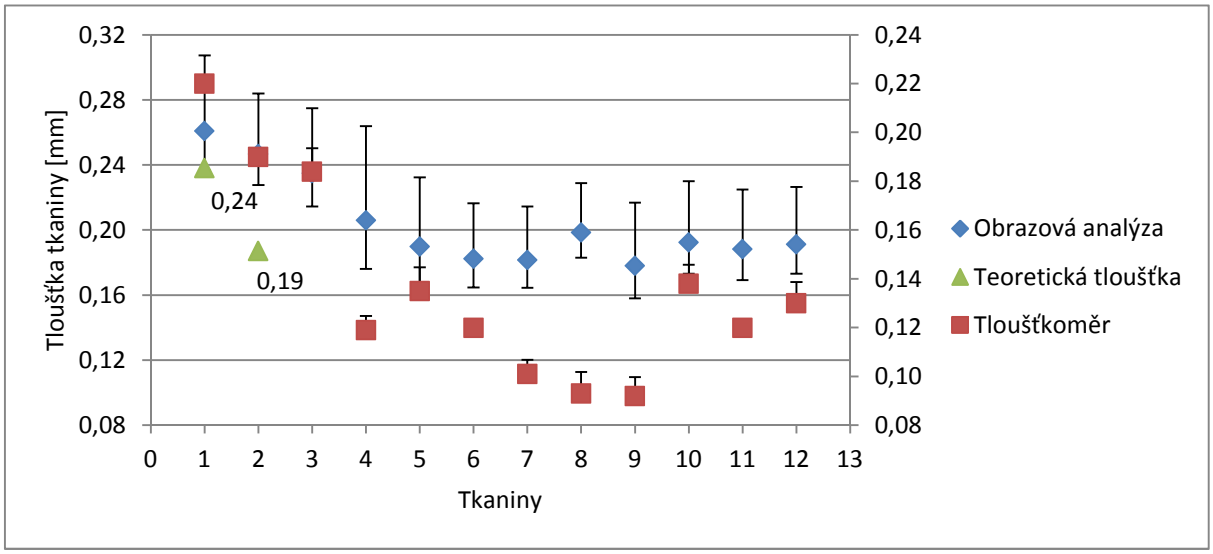
Srovnání metodik: analýza řezů, tloušťkoměr, teoretická tloušťka

Z hodnot obrazové analýzy lze konstatovat, že změna dostavy útku u upravených tkanin nemá zásadní vliv na tloušťku tkaniny. Proto je možné brát všechny tkaniny s finální úpravou jako celek a rozlišovat tak jen dva stavy: režný a upravený. U tkanin režných jsou znatelně vyšší hodnoty tloušťky tkaniny, přičemž se zvyšující se dostavou útku, tloušťka tkaniny klesá, což ale není statisticky významné. Tloušťka tkaniny je obecně menší u

tkanin upravených. Toto se také promítlo v hodnotě relativního zvlnění tkanin. Tedy osnovní vazné vlny v režných tkaninách jsou vyšší než u tkanin upravených. Hodnoty tloušťky získané metodikou tloušťkoměru, jsou posazeny mnohem níže, než hodnoty tloušťky z obrazové analýzy a teoretické tloušťky, proto by bylo vhodné zamyslet se nad tímto faktem a metodiku tloušťkoměru blíže prozkoumat. Zaměřit se na vliv času a přítlaku, získat vhodnou hodnotu přítlaku a dostat se tak blíže k reálným hodnotám tloušťky tkaniny.

Tab. 11 Popis k obr. 49

Pořadí	*Tkanina*	*Dostava*
1, 2, 3	R	42/21, 25, 29
4, 5, 6	U	42/21, 25, 29
7, 8, 9	U hf	42/21, 25, 29
10, 11, 12	U no	42/21, 25, 29



Obr. 49 Srovnání metodik: Obrazová analýza, tloušťkoměr a teoretický model

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo charakterizovat tloušťku tkanin, včetně rozboru možností její predikce a provést experimentální zhodnocení tloušťky tkaniny v závislosti na změně finální úpravy. Na základě porovnání teoretického modelu predikujícího tloušťku tkaniny a experimentálních hodnot byla provedena korekce matematického modelu pro vybrané testované materiály a finální úpravy. Hodnocení tloušťky režných a upravených tkanin z polyesterových multifilů ve třech různých dostavách bylo provedeno prostřednictvím tří metodik. První metodikou byla analýza měkkých řezů, pomocí obrazové analýzy NIS Elements, která byla srovnána s dalšíma dvěma a to metodikou tloušťkoměru a teoretickým modelem, který byl sestaven dle parametrů odpovídajících polyesterovým multifilům.

Metoda obrazové analýzy sice není operativní a rychlá, ale je prvním krokem k tomu, jak to vytvořit operativní natolik, abychom byli schopni odhadnout hodnotu tloušťky tkaniny. Potvrdilo se, že i když hodnoty ve srovnání s tloušťkoměrem nejsou stejné, mají stejný trend, dalo by se tedy uvažovat o přepočítávacím koeficientu. Hodnoty tloušťky tkaniny, naměřené metodikou tloušťkoměru jsou posunuty mnohem níže. Proto by také stálo za to, zamyslet se nad hodnocením tloušťky tkaniny touto metodikou, která je předepsaná normou, ale tato norma zřejmě není správná. Bylo by vhodné zaměřit se prostřednictvím například bakalářské práce na prozkoumání vlivů (času a přítlaku) této metodiky a upravit tak normované podmínky pro tento typ tkanin.

V teoretickém modelu byly použity parametry, citlivé na chování tohoto modelu. Jedná se o model, který je opravdu operativní tím, že parametry, ze kterých je složen mohou reagovat na jednotlivé stavy. Korekce matematického modelu byla sestavena tak, že se rozlišily jednotlivé stavy a to jak pro režnou, tak pro upravenou tkaninu. Korekce dále došla k navržení relativního zvlnění pro osnovu a útek zvlášť pro tkaninu režnou a zvlášť pro tkaniny upravené, které vychází ze standartních úprav, apretace (pro hydrofobní a nehořlavou tkaninu) a fixaci na upínacím rámu za určitých teplot, jak je popsáno v jednotlivých základních parametrech pro tyto úpravy. Zploštění, které je součástí matematického modelu je shodné jak pro režný, tak upravený stav, odpovídá obecné hodnotě zploštění polyesterového multifilu. Osnova je konstantní, mění se pouze hodnoty dostavy útku, přičemž je patrné, že mezi nimi není až takový rozdíl. Z jednotlivých grafů je

zřejmé, že vliv dostavy útku nehraje takovou roli. Kdyby však konstrukce z hlediska dostavy osnovy a z hlediska dostavy útku byla jiná, konstrukční parametry by vedly k jiné struktuře. Kdyby se snížila dostava osnovy a zvýšila dostava útku, relativní zvlnění tkaniny by se otočilo. V našem případě však změna dostav na relativní zvlnění u režných a upravených tkanin vliv nemá a to proto, že rozmezí mezi osnovními nitěmi jsou opravdu malá.

Jde nám o to, vytvořit metodiku, která by nám operativně a rychle vyjádřila tloušťku tkaniny. Hodnotu tloušťky tkaniny pro režný stav potřebujeme znát například pro nákup a výpočet produkce, kolik bude potřeba materiálu pro daný výrobek. Hraje ale také například roli pro setkání při spotřebě materiálu. A protože je struktura jak pro režný, tak pro upravený stav jiná, musíme tyto dva stavy definovat zvlášť.

Strukturu může také ovlivnit zařazení jiných finálních operací. Je nutné zamyslet se nad tím, zda je tento model přijatelný pro všechny polyesterové tkaniny. Týká se samozřejmě pouze tkanin s touto strukturou a finální úpravou. Například zapojením kalandru a zvýšením teploty při finálních úpravách či změně předpětí tkaniny, kdy se změní standartní podmínky, dojde také ke změně struktury tkaniny. Když bude finální úprava za standartních podmínek, model bude fungovat, jakmile bude například čtvercová dostava tkaniny, lze předpokládat, že chování bude: $e_o = 0{,}5\ e_u = 0{,}5$. V případě, když bude dostava útku vyšší, soustavy nití se otočí, což je typické u standartních tkanin (teorie pana Novika).

Seznam použité literatury

[1] Šimáčková, K.: *Vliv geometrie a struktury textílie na její ohybovou tuhost*, Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, 2011.

[2] Kovář, R.: *Struktura a vlastnosti plošných textilií*, Technická univerzita v Liberci, 2002.

[3] Kolčavová Sirková, B.: *Dílčí projekt: Systém projektování textilních struktur, 2.etapa: Tvorba systému projektování „příze – tkanina“. [Manuál]*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.

[4] Kolčavová Sirková, B.: *Vybrané partie ze struktury tkanin, Fourierovy řady a jejich využití při popisu provázání nití ve tkanině*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002.

[5] Drašarová, J., Nováčková, J.: *Projektování vlastností přízí a plošných textilií Novaspin, část 2: Tkaniny, Hodnocení struktury a vlastností tkanin vyrobených z prstencových, rotorových a experimentálních*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002.

[6] Škola textilu, *Tkaniny lnářského typu*. Dostupné z: http://www.skolatextilu.cz/tkaniny/index.php?page=11 [citováno: 2011-11-25].

[7] Kovář, R.: *Teorie tvorby plošných textílií*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009.

[8] Čapková, L.: *Hodnocení prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátnovou vazbou*, Diplomová práce, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010.

[9] Nosek, S.: *Struktura a geometrie tkanin*, VÚB, Ústí nad Orlicí 1996.

[10] Rubnerová, J., Křemenáková, D.: IN 21-108-01/01 *Stanovení geometrických vlastností vláken*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, Výzkumné centrum Textil, 2001.

[11] Machaňová, D.: *Předúprava textilií, skriptum*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2000

[12] Kolektiv autorů: *Zušlechťování textílií, skriptum*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008

[13] *Barvení II*. Dostupné z: http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/ZUT/ZUT%207.pdf [citováno: 2012-10-12].

[14] Pastrnek, R., Vlach, R.: *Finální úpravy textílií, skriptum*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002

[15] Drašarová, J.: *Analýza příčných řezů tkaniny*, Disertační práce, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004

[16] Mertová, I.: *Hodnocení struktury a vlastností plošných textilií s ohledem na změnu útkové dostavy a úpravu tkaniny*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004

[17] Neckář, B.: *přednášky SVU*. Dostupné z: http://www.ktt.tul.cz/index.php?page=predmety&action=detail&id_predmet=30 [citováno: 2012-10-12].

[18] Interní norma č. 12-108-01/01. *Definice geometrických vlastností staplových přízí* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004

[19] Kolčovová Sirková, B.: *Article: Influence of fabric geometry on woven fabric thickness*, Liberec: Technical University of Liberec

[20] Kolčovová Sirková, B., Vyšanská M.: *Article:The methodology for evaluation of the fabric geometry on the basis of the fabric cross-section*, Technical University of Liberec, 2010

[21] Nováčková, J.: *Dílčí projekt: Systém projektování textilních struktur, 3 vývojové etapy: Hodnocení omaku textílií*, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010

[22] Spatzierová, Š.: *Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny*, Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, 2011

[23] Čaprnková, N.: *Analýza příčných řezů tkanin, vyrobených ze skaných přízí*, Diplomová práce, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007

[24] Plívová, H.: *Vliv provázání dostavy na tvar (průřez) nití*, Diplomová práce, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010

Seznam příloh

Příloha 1: Podélné a příčné řezy tkanin v dostavě 21/25

Příloha 2: Podélné a příčné řezy tkanin v dostavě 21/29

Příloha 3: Vzorník experimentálních tkanin

Příloha 4: Obrazové a grafické výstupy řezů z obrazové analýzy na CD

Seznam tabulek

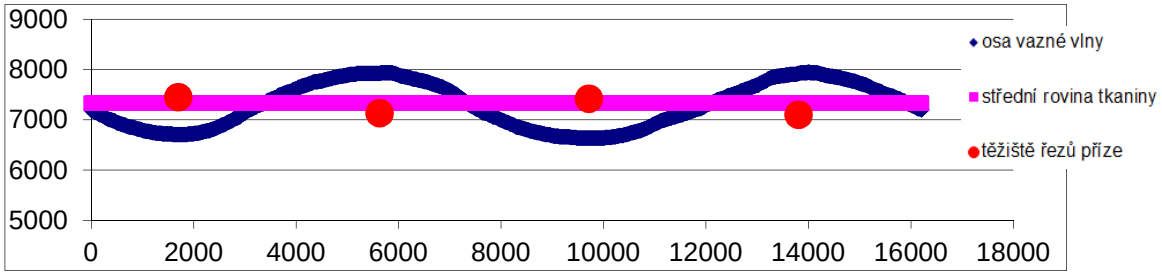
Tab. 1 Vybrané příklady vyjadřující koeficient provázání 25
Tab. 2 Parametry použitých tkanin 44
Tab. 3 Pořadí procesů úpravy UNI 44
Tab. 4 Pořadí procesů úpravy UNI hf 44
Tab. 5 Pořadí procesů úpravy UNI NOFLAN 45
Tab. 6 Popis k obr. 39, 40, 41 55
Tab. 7 Popis k obr. 44 58
Tab. 8 Popis k obr. 45 59
Tab. 9 Popis k obr. 46 59
Tab. 10 Popis k obr. 47 60
Tab. 11 Popis k obr. 49 62

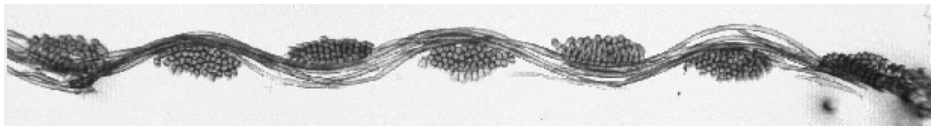
Seznam obrázků

Obr. 1 Geometrické parametry vazného prvku tkaniny 15
Obr. 2 Průměr příze d a substanční průměr příze ds 17
Obr. 3 Schéma řezu tkaninou napříč osnovou 18
Obr. 4 a) vzájemné provázání osnovní a útkové soustavy 19
Obr. 5 Plošné znázornění vazebních modelů 19
Obr. 6 Maticový zápis pro vazbu plátnovou 20
Obr. 7a) zakřížený úsek, b) nezakřížený úsek 20
Obr. 8 Zobrazení těsného postavení nití v jedné rovině (definice 100%) 21
Obr. 9 Zobrazení plátnového provázání 21
Obr. 10 Zobrazení flotážní vazby 21
Obr. 11 Brierleyova stoprocentně hustá tkanina 22
Obr. 12 Schéma vazného prvku (strukturální buňky) tkaniny 26
Obr. 13 Deformovaný průřez nitě (kružnice, elipsa, ovál, čočka) 27
Obr. 14 Zvlnění osnovní a útkové nitě 28
Obr. 15 Geometrie vazné vlny tkaniny, oblouk-úsečka podle Peirce 30
Obr. 16 Fáze provázání dle Novikova 32
Obr. 17 Řez vaznou vlnou tkaniny 33
Obr. 18 Geometrický rozbor tloušťky tkaniny 34
Obr. 19 Plošné zobrazení plátnové vazby 35
Obr. 20 Plošné zobrazení vazby keprové 35
Obr. 21 Atmosférický jigger 40
Obr. 22 Aparátové barvení 41
Obr. 23 Režná tkanina, podélný řez (42/21) 46
Obr. 24 Režná tkanina, příčný řez (42/21) 46
Obr. 25 UNI tkanina, podélný řez (42/21) 47
Obr. 26 UNI tkanina, příčný řez (42/21) 47
Obr. 27 UNI hf tkanina, podélný řez (42/21) 47
Obr. 28 UNI hf tkanina, příčný řez (42/21) 48
Obr. 29 UNI NOFLAN tkanina, podélný řez (42/21) 48
Obr. 30 UNI NOFLAN tkanina, příčný řez (42/21) 48
Obr. 31 Tloušťka podélného a příčného řezu tkaniny hydrofóbní v dostavě 42/21 51

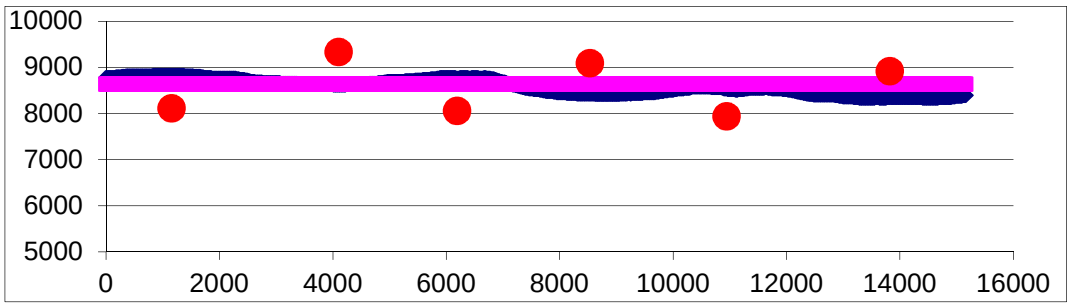
Obr. 32 Tloušťka režné tkaniny Obr. 33 Tloušťka UNI tkaniny 52
Obr. 34 Tloušťka UNI hf tkaniny Obr. 35 Tloušťka UNI NOFLAN tkaniny 52
Obr. 36 Tloušťka tkanin v závislosti na úpravě (42/21) Obr. 37 (42/25) 53
Obr. 38 Tloušťka tkanin v závislosti na úpravě (42/29) 54
Obr. 39 Porovnání hodnot tloušťky (tloušťkoměru a obrazové analýza) (42/21) 55
Obr. 40 Porovnání hodnot tloušťky (tloušťkoměru a obrazové analýzy) (42/25) 56
Obr. 41 Porovnání hodnot tloušťky (tloušťkoměru a obrazové analýzy) (42/29) 56
Obr. 42 Podélný a příčný řez režnou tkaninou 57
Obr. 43 Podélný a příčný řez upravenou tkaninou 58
Obr. 44 Relativní zvlnění režných a upravených tkanin v závislosti na dostavě 58
Obr. 45 Relativní zvlnění režných a upravených tkanin bez závislosti na dostavě 59
Obr. 46 Teoretické hodnocení tloušťky tkaniny s obrazovou analýzou (režná tkanina) 60
Obr. 47 Teoretické hodnocení tloušťky tkaniny s obrazovou analýzou (upravená tkanina) 60
Obr. 48 Zploštění příze v podélných a příčných pohledech 61
Obr. 49 Srovnání metodik: Obrazová analýza, tloušťkoměr a teoretický model 62

Příloha 1: Podélné a příčné řezy tkanin v dostavě 21/25

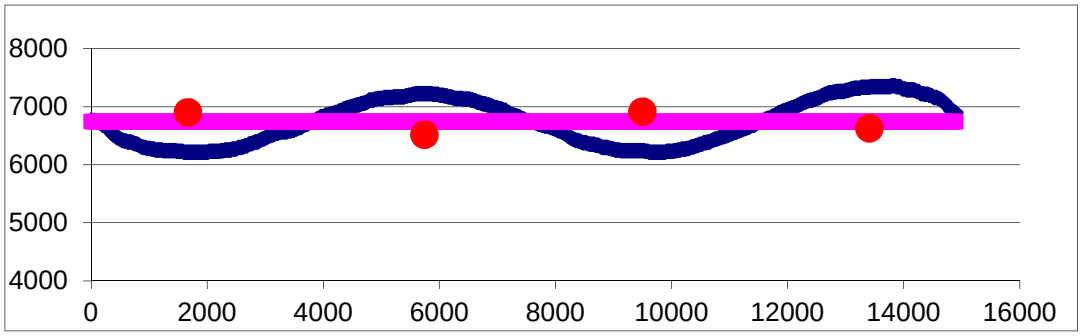


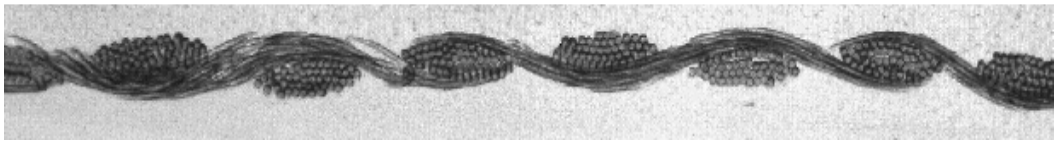


Režná tkanina, podélný řez (42/25)

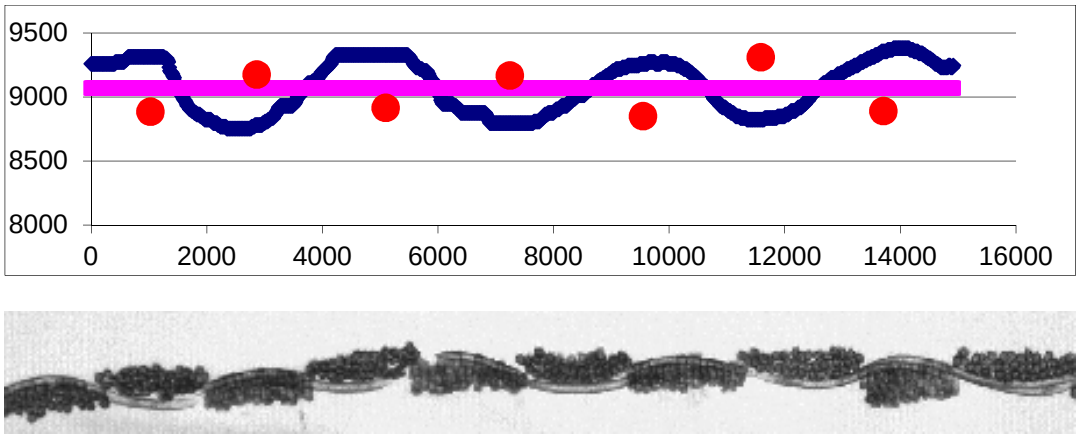


Režná tkanina, příčný řez (42/25)

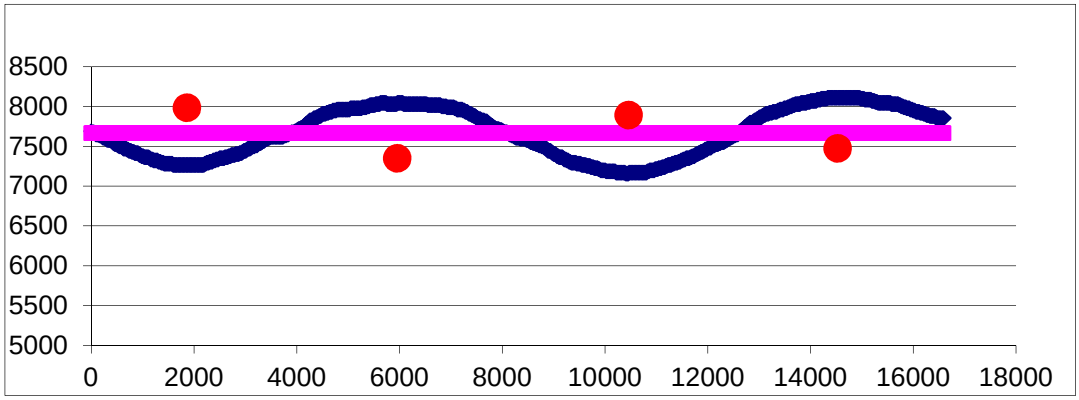


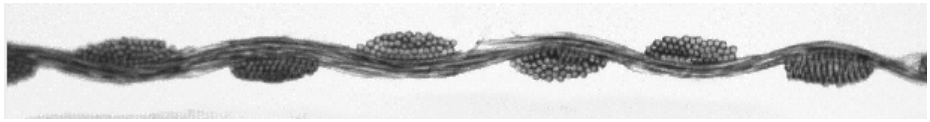


UNI tkanina, podélný řez (42/25)

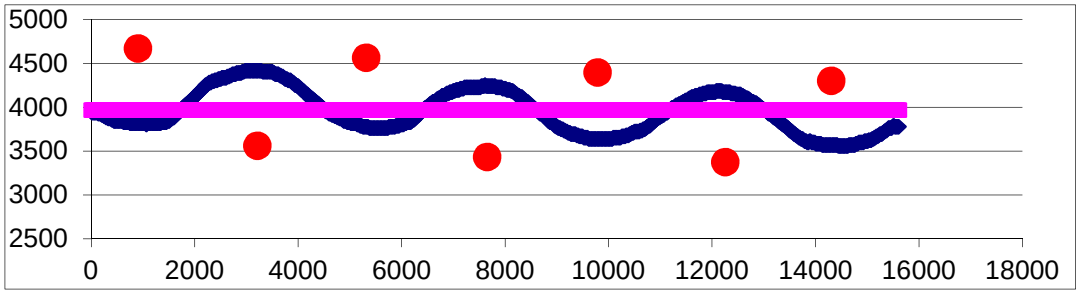


UNI tkanina, příčný řez (42/25)

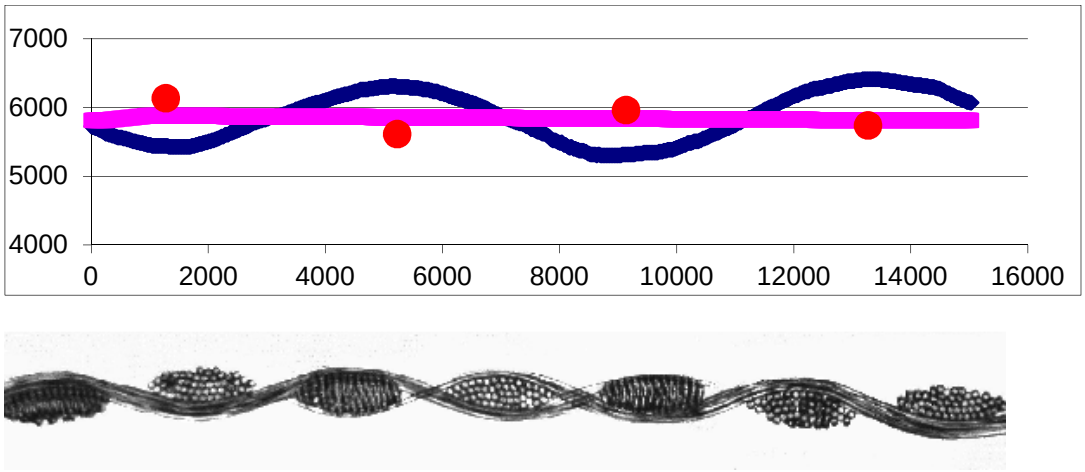




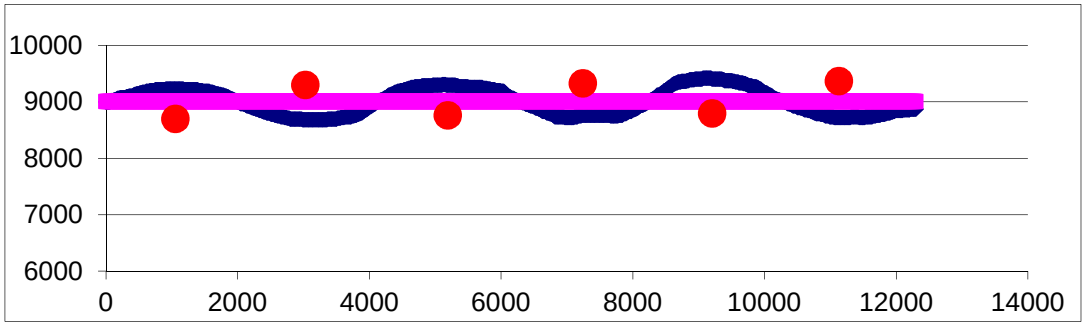
UNI hf tkanina, podélný řez (42/25)



UNI hf tkanina, příčný řez (42/25)

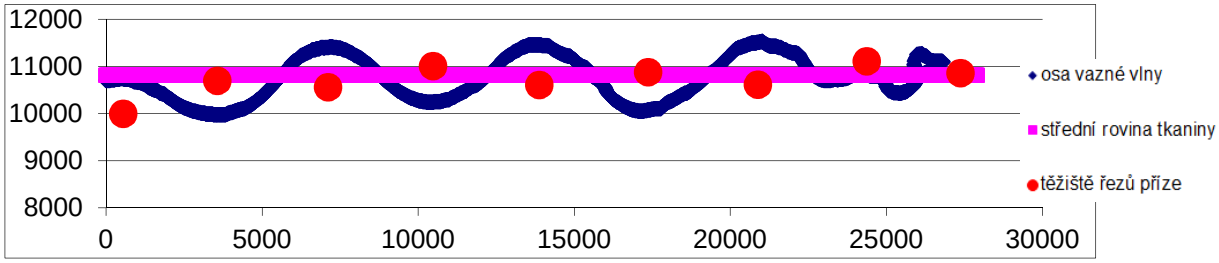


UNI NOFLAN tkanina, podélný řez (42/25)

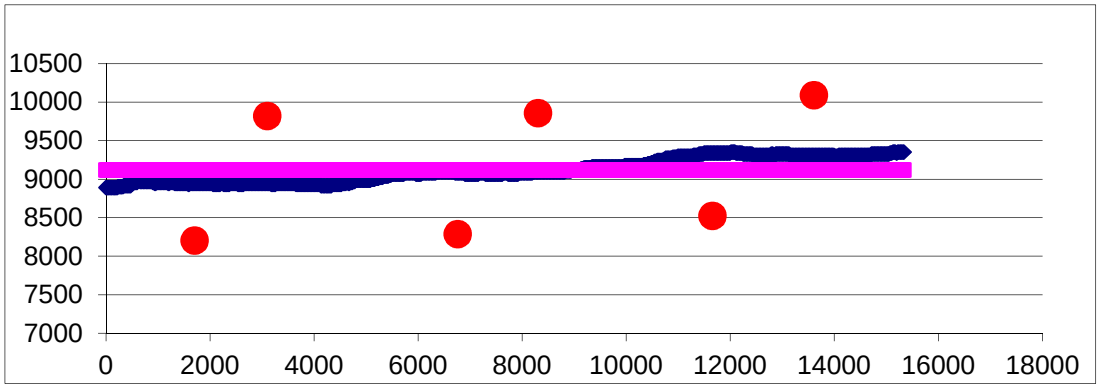


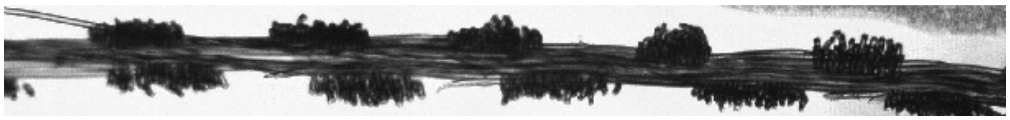
UNI NOFLAN tkanina, příčný řez (42/25)

Příloha 2: Podélné a příčné řezy tkanin v dostavě 21/29

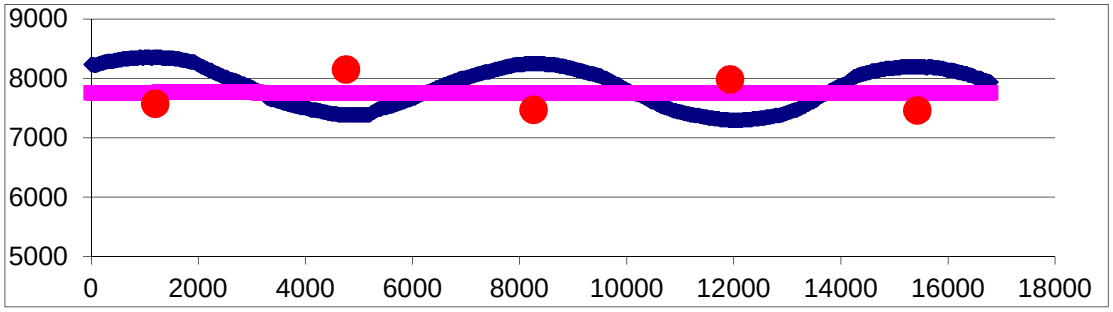


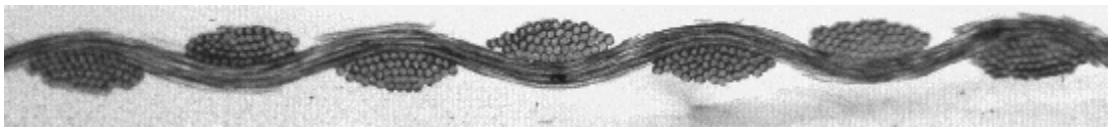
Režná tkanina, podélný řez (42/29)



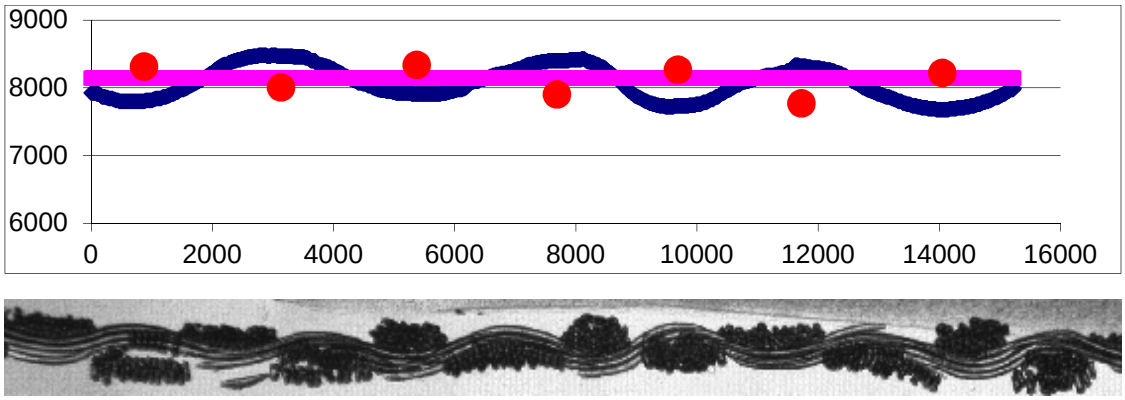


Režná tkanina, příčný řez (42/29)

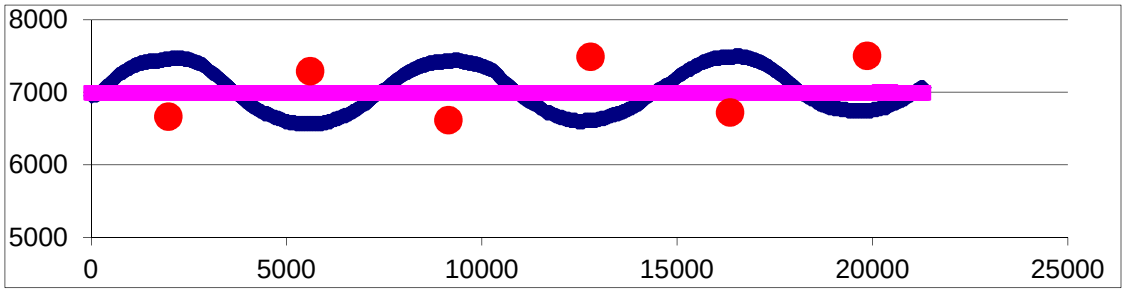




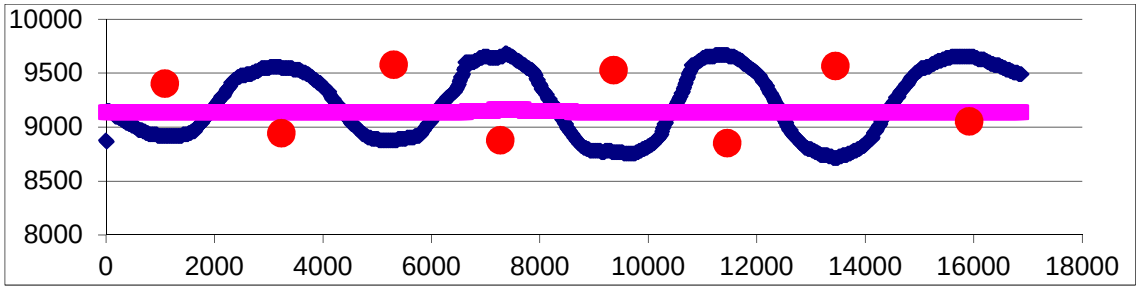
UNI tkanina, podélný řez (42/29)



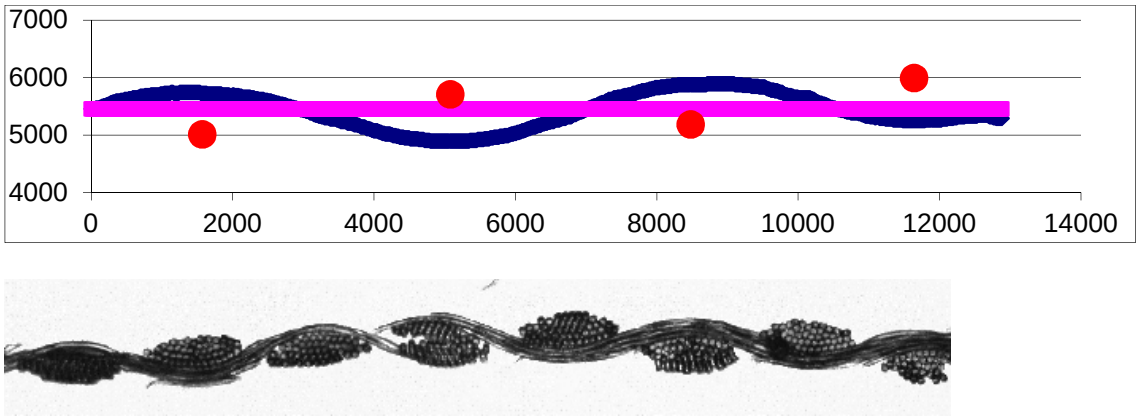
UNI tkanina, příčný řez (42/29)



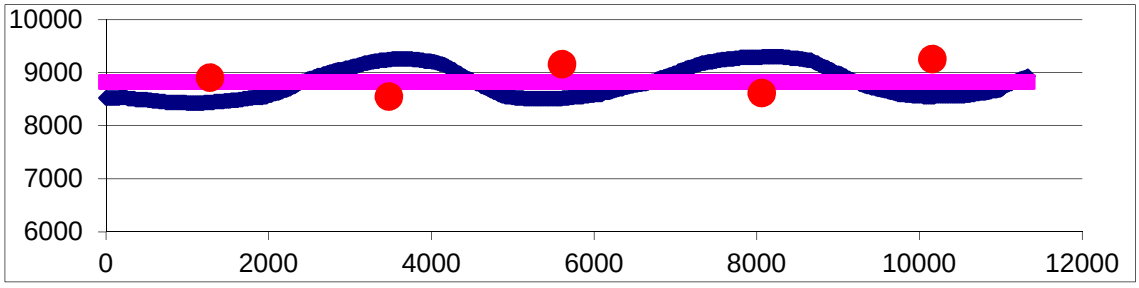
UNI hf tkanina, podélný řez (42/29)



UNI hf tkanina, příčný řez (42/29)



UNI NOFLAN tkanina, podélný řez (42/29)



UNI NOFLAN tkanina, příčný řez (42/29)