



# Vliv konstrukce tkané výztuže na její mechanické vlastnosti

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 – Textil  
*Studijní obor:* 3106R016 – Textilní technologie, materiály a nanomateriály  
*Autor práce:* **Nikola Kozáková**  
*Vedoucí práce:* Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.





# The influence of the design of woven reinforcements on its mechanical properties

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3107 – Textil  
*Study branch:* 3106R016 – Textile Technologies, Materials and Nanomaterials  
*Author:* **Nikola Kozáková**  
*Supervisor:* Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Nikola Kozáková**

Osobní číslo: **T13000321**

Studijní program: **B3107 Textil**

Studijní obor: **Textilní technologie, materiály a nanomateriály**

Název tématu: **Vliv konstrukce tkané výztuže na její mechanické vlastnosti**

Zadávací katedra: **Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů**

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

1. Proveďte rešerši v oblasti tkaných výztuží kompozitu.
2. Proveďte základní rozdělení konstrukčních a strukturních možností výroby tkaných výztuží.
3. Navrhněte a vytkejte experimentální sadu tkaných výztuží na laboratorním jehlové tkacím stroji CCI s listovým prošlupním mechanismem.
4. Proveďte experimentální hodnocení základních mechanických vlastností u experimentální sady tkaných výztuží.
5. Posuďte vliv konstrukce tkané výztuže na vybrané mechanické vlastnosti.



Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**

Rozsah pracovní zprávy: **30-40 dle potřeby**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] Nosek, S.: **Struktura a geometrie tkanin, Liberec 1996**
- [2] Kovář, R.: **Struktura a vlastnosti plošných textilií**
- [3] Kolčavová Sirková, B.: **Systém projektování "příze - tkanina". Závěrečná zpráva. Výzkumné centrum Textil, Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci 2004.**
- [4] Kolčavová Sirková, B.: **Vybrané partie ze struktury tkanin, Výukové materiály, FT, TUL 2002**
- [5] Bednář, V., Svatoš, S.: **Vazby a rozbory tkanin I, SNTL, Praha 1989**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.**

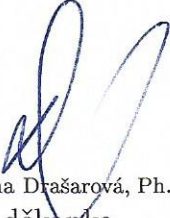
Katedra technologií a struktur

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Karol Ježík**


Katedra technologií a struktur

Datum zadání bakalářské práce: **8. června 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2017**

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
prof. RNDr. David Lukáš, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 8. června 2016

## Prohlášení

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


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

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

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

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

Datum: 3.5.2017

Podpis: 

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Brigitě Kolčavové Sirkové, Ph.D. za odborné rady, cenné připomínky a podněty k zamyšlení, a také za čas, který mi věnovala při vypracování práce. Dále bych ráda poděkovala mému konzultantovi Ing. Karolovi Ježíkovi za technickou pomoc a dohled při vytváření experimentálních vzorků. Děkuji také paní Šárce Řezníčkové za rady a pomoc při měření v laboratoři Katedry textilních technologií.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce, výrobou a analýzou jednoduchých a dvojnásobných tkanin ze skleněných multifilů používaných jako výztuž pro přípravu kompozitu. Analýza tkanin byla zaměřena na hodnocení mechanických vlastností při jednoosém namáhání. Cílem práce je posouzení vlivu konstrukce tkaniny (stavby tkaniny) na výsledné mechanické vlastnosti (pevnost, tažnost), včetně posouzení zpracovatelnosti dané konstrukce na tkacím stroji.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

tkaní, tkané výztuže, vícenásobné tkaniny, mechanické vlastnosti, sklo

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the design, manufacture and analysis of single and double fabrics which are made of glass multiples used as reinforcement for the preparation of the composite. The analysis of the fabrics was focused on the evaluation of mechanical properties during uniaxial stress. The aim is to evaluate the influence of the design (structure of fabric) on the resulting mechanical properties (strength, elongation), including rating of the processability of given structure on the loom.

## **KEY WORDS**

weaving, woven reinforcements, multiple fabrics, mechanical properties, glass

## **OBSAH**

ÚVOD A CÍL PRÁCE.....	7
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	8
1. REŠERŽE V OBLASTI TKANÝCH VÝZTUŽÍ .....	9
1.1. Co je to výztuž .....	9
1.2. Tkané výztuže .....	10
1.3. Používané materiály .....	10
2. KONSTRUKČNÍ A STRUKTURNÍ MOŽNOSTI VÝROBY TKANÝCH VÝZTUŽÍ .....	12
2.1. Co je to tkanina .....	12
2.2. Plošná geometrie .....	12
2.3. Vícenásobné tkaniny .....	15
2.3.1. Tkaniny s osnovními a útkovými spojkami .....	16
3. MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLOŠNÝCH TEXTILÍ .....	18
3.1. Experimentální zjišťování pevnosti a tažnosti .....	18
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – NÁVRH A REALIZACE EXPERIMENTÁLNÍ SADY VZORKŮ .....	20
4.1. Tkací stroj.....	21
4.2. Vyráběné vzorky .....	22
5. ZHODNOCENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ EXPERIMENTÁLNĚ VYROBENÉ SADY VZORKŮ .....	24
5.1. Jednoduché tkaniny .....	24
5.2. Vrstvené tkaniny bez spojek – dvě vrstvy jednoduchých tkanin .....	27
5.3. Dvojnásobné tkaniny.....	29
6. ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TKANÝCH STRUKTUR.....	33
6.1. Plátňové vazby .....	33
6.2. Keprové vazby .....	36
6.3. Dvojnásobné tkaniny.....	39
6.4. Porovnání průměrných tahových křivek jednoduché, vrstvené bez spojek a dvojnásobných se spojkami .....	42
7. ZÁVĚR .....	49
8. LITERATURA .....	51



## **ÚVOD A CÍL PRÁCE**

Cílem této práce je posouzení vlivu konstrukce tkaniny (stavby tkaniny) na výsledné mechanické vlastnosti tkaniny (pevnost, tažnost), včetně posouzení zpracovatelnosti dané konstrukce tkaniny na tkacím stroji.

V rešeršní části je popsán význam výztuže, možnosti v oblasti tkaných výztuží a nejčastěji používané materiály. V kapitole o technologii jsou vysvětleny některé základní parametry tkanin. Dále jsou vypsány typy tkanin a popsány tkaniny vícenásobné. Je zde stručně vysvětlena zkouška tahových vlastností metodou Strip.

V experimentální části jsou popsány typy vzorků vyráběných tkanin a jejich výroba.

Následně jsou uvedeny výsledky zkoušek při jednoosém namáhání formou tabulek a grafů s průměrnými pevnostmi a tažnostmi včetně 95 % intervalů spolehlivosti.

V závěrečném zhodnocení jednotlivých tkaných struktur jsou uvedeny pevnostní podíly a jednotlivá slovní zhodnocení doplněná graficky.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Pa	pascal (jednotka tlaku)
GPa	giga pascal ( $10^6$ Pa)
$F_{\max}$	maximální síla
N	newton (jednotka síly)
kN	kilo newton ( $10^3$ N)
$\varepsilon$	tažnost
IS	interval spolehlivosti
mm	milimetr ( $10^{-3}$ m)
$\mu\text{m}$	mikrometr ( $10^{-6}$ m)
nm	nanometr ( $10^{-9}$ m)
$^{\circ}\text{C}$	stupně Celsia
$\rho$	měrná hmotnost
$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	jednotka měrné hmotnosti
T	jemnost materiálu
tex	jednotka jemnosti
kg	jednotka hmotnosti
g	gram [ $10^{-3}$ kg]
$\text{m}^3$	jednotka objemu
m	jednotka délky
$D_o, D_{\dot{u}}$	dostava osnova, dostava útku
$\text{cm}^{-1}$	jednotka dostavy
H	hustota tkaniny
$m_{\text{pl}}$	plošná hmotnost
$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	jednotka plošné hmotnosti
$\text{z}\cdot\text{m}^{-1}$	zákruty na metr
$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$	jednotka rychlosti posunu čelistí

## 1. REŠERŽE V OBLASTI TKANÝCH VÝZTUŽÍ

### 1.1. Co je to výztuž

Kompozitní materiály se skládají ze dvou nebo více chemicky odlišných složek (fází). Tvrďší, tužší a pevnější nespojitá složka se nazývá výztuž. Spojitá a obvykle poddajnější složka se nazývá matrice a zastává funkci pojiva výztuže, Kompozitní materiály mohou obsahovat výztuže různých rozměrů. Ve strojírenství mají největší význam mikrokompozitní materiály. U těchto materiálů se největší příčné rozměry výztuže pohybují v rozmezí 10 až 10<sup>2</sup> μm. Ve stavebnictví jsou používány především makrokompozity, např. železobeton vyztužený ocelovými pruty, polymerbetony obsahující drcené kamenivo a písek, apod. Nanokompozity obsahují vyztužující částice, jejichž největší rozměr je v řádech nm. [1]

Výztuž, jak již bylo uvedeno výše, má za úkol dodat kompozitu pevnost a tuhost, také zabránit vzniku trhlin a jejich případnému šíření ve struktuře. Výztuže mohou být rovingy, příze, tkaniny i pleteniny.

Nejpoužívanějšími výztužemi jsou vlákna skleněná, až 80 %. [2]

Úkolem matrice je spojit celý kompozit. Udržuje výztuže v požadované poloze a zajišťuje přenos sil mezi výztuží.

Dodává kompozitu výsledné potřebné chemické a fyzikální vlastnosti, např. tepelné, elektroizolační, chemická odolnost atd. [2]

Kombinací dvou nebo více materiálu, které mají různé vlastnosti lze získat nové materiály. Výsledné vlastnosti těchto materiálů jsou lepší než součet vlastností jednotlivých složek. Všechna výztužná vlákna musí být dokonale smočena matricí. Pro plné využití pevnosti výztuže se musí zajistit dobrá adheze mezi výztuží a matricí, tím je zajištěn dokonalý přenos sil. Z tohoto důvodu jsou výztužná vlákna chemicky upravena, aby došlo k vytvoření pevných chemických vazeb na rozhraní matrice a výztuže.

Mechanické vlastnosti kompozitu stoupají se zvyšujícím se obsahem výztuže, a to až do podílu 80 %. [2]

## 1.2. Tkané výztuže

Tkané výztuže se vyrábějí obecně stejným technologickým způsobem výroby jako tkaniny pro běžné textilní použití. Konstrukce tkaniny je dána vstupním materiálem z hlediska jemnosti [tex] a měrné hmotnosti [kg.m<sup>-3</sup>], dostavou [m<sup>-1</sup>], vazbou a plošnou hmotností [g.m<sup>-2</sup>]. Nejčastější vazebné provázání základní řady výztuží jsou plátno, kepr a atlas. Plošná hmotnost je dána aplikací, kde je nutné zvažovat možnosti spojení s matricí – zajištění vhodného plošného zakrytí a hustoty tkaniny.

Rovingové tkaniny jsou tkány z rovingů (sdružené prameny s nulovým nebo malým počtem zákrutů) a používají se pro kontaktní laminování, pultruzi a výrobu tkaninových prepregů.

Tkaniny z příze slouží jako izolační tkaniny, filtrační tkaniny a geotextilie.

Hybridní tkaniny jsou tvořeny z vláken různých materiálů. [3]

## 1.3. Používané materiály

### a) Skleněné výztuže

Pro výrobu skleněných vláken se nejčastěji používá sklářský kmen označovaný, jako sklo typu E. Sklářský kmen tohoto typu se skládá z několika oxidů, oxid siřičitý SiO<sub>2</sub>, oxid hlinitý Al<sub>2</sub>O, oxid vápenatý CaO, oxid hořečnatý MgO a oxid boritý B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Dříve se vlákna vyráběla dvoustupňovým tavením. Nejdříve se ze sklářského kmene tavením ve sklářské peci, při teplotě 1 550 °C, vytvořily kuličky o průměru 10–20 mm. Tyto kuličky byly dále taveny v platinových kelímcích, ze kterých se vlákno vytahovalo.

V dnešní době jsou v provozu kontinuální technologie, kdy se na jednom konci sklářské pece sází sklářský kmen, a na druhém konci se z platinových vaniček vytahují vlákna. Najednou lze vytáhnout 51 až 408 vláken o průměru nejčastěji od 3,5 do 20 μm.

Před navinutím pramenu vláken na buben je vlákno opatřeno lubrikací a apreturou. Skleněné vlákno je totiž samo o sobě velmi abrazivní a lámavé.

Apretace může zlepšovat vazbu mezi vláknem a pryskyřicí při tvorbě finálního kompozitu, tomu nemusí být vždy, někdy je tam na škodu a musí se odstranit. Bez ní by vlákna neměla žádnou adhezi k polymerní matici. Lubrikace zlepšuje manipulativnost s vlákny. [4]

#### **b) Uhlíkové výztuže**

Uhlíková vlákna mají vysokou pevnost, modul pružnosti i tepelnou odolnost.

Vyrábějí se z polyakrylonitrilových (PAN) vláken nebo termotropních smol (zbytek po destilaci ropy). Právě smoly jsou používány pro výrobu nejtěžších uhlíkových vláken. Nejtěžší komerčně vyráběná vlákna dosahují modulu pružnosti v tahu až 965 GPa. [4]

#### **c) Aramidové výztuže**

Aramidová vlákna jsou polymerní vlákna vyráběna z roztoku chemické směsi. Samotná vlákna mají vysokou pevnost, malou tažnost, pružnost, tepelnou stálost a chemickou odolnost. Na UV světle degradují.

Rozlišují se dva typy aramidových vláken, meta-aramidy (Nomex) a para-aramidy (Kevlar). [4]

## 2. KONSTRUKČNÍ A STRUKTURNÍ MOŽNOSTI VÝROBY TKANÝCH VÝZTUŽÍ

Konstrukční a strukturní možnosti výroby výztuže vycházejí ze základní aplikace výsledného kompozitu. Konstrukční parametry vycházejí z plošné geometrie a strukturní možnosti výztuže z použité vazební techniky prostorové geometrie. Možnosti z hlediska vstupního materiálu jsou uvedené v kapitole 1.3.

### 2.1. Co je to tkanina

V normě ČSN 80 0021 (1989, str. 1) lze nalézt přesnou definici, která udává, že "tkanina je plošná textilie z jedné nebo více soustav podélných (osnovních) nití a z jedné nebo více soustav příčných (útkových) nití, provázaných vzájemně v kolmém směru (viz ČSN 80 0001)"<sup>1</sup>.

Tkaninu z hlediska její konstrukce je možné popsat na základě plošné a prostorové struktury – geometrie.

### 2.2. Plošná geometrie

Plošná geometrie – jedná se o údaje hodnotící tkaninu z hlediska vnějšího uspořádání jak vzoru ve tkanině, tak také nití v jednotlivých soustavách. Vlastní konstrukce tkaniny se obvykle definuje souborem údajů stanovených desinatérem

Prostorová geometrie – údaje hodnotící tkaninu z hlediska vnitřního uspořádání nití v jednotlivých soustavách. Prostorová geometrie je ovlivněna typem a seřízením strojem (špatným seřízením může dojít k přepětí osnovy, co 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 uspořádání.

Plošná geometrie je udávána vazbou, dostavou, materiálem a jemností použité příze. Všechny tyto údaje si lze zvolit. [5]

---

<sup>1</sup>ČSN 80 0021. Názvosloví a charakteristika tkanin. Praha: Český normalizační institut, 1989.

a) **Měrná hmotnost**  $\rho$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

$$\rho = \frac{m}{V} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}], \quad (1)$$

kde:  $m$  je hmotnost [kg] a  $V$  objem [ $\text{m}^3$ ]. [6]

b) **Jemnost**  $T$  [tex]

$$T = \frac{m}{l} [\text{tex}], \quad (2)$$

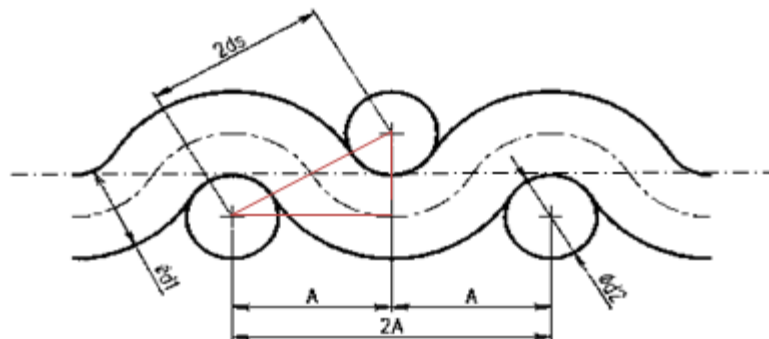
kde:  $m$  je hmotnost [g] a  $l$  je délka [km]. [6]

c) **Dostava**  $D_o, D_u$  [ $\text{cm}^{-1}$ ]

Jedná se o počet nití, které připadají na jednotku délky. Nejčastěji používaný rozměr je buď jeden centimetr, nebo deset centimetrů. Rozlišuje se zvlášť dostava osnovy – počet osnovních nití/cm, dostava útku – počet útkových nití/cm ve tkanině. [7]

$$\text{limitní dostava tkaniny} = \frac{100}{\sqrt{4 \cdot (d_{str})^2 - (d_{str})^2}} \cdot f^m \quad (3)$$

kde:  $d_{str}$  je průměr, na který lze teoreticky stačit přízi ve stoprocentně husté tkanině a  $f^m$  je opravný činitel provázanosti. [5]



Obr. 1 - znázornění těsného (limitního) provázání nití v plátnové vazbě [5]

d) **Hustota tkaniny**  $H$  [%]

Hustota tkaniny se také nazývá plností tkaniny. Jedná se o poměr mezi skutečnou dostavou a maximální dostavou.

$$H = \frac{D_{sk}}{D_{max}}, \quad (4)$$

kde:  $H$  je hustota tkaniny,  $D_{sk}$  je skutečná dostava a  $D_{max}$  je maximální dostava.

Vyrobená tkanina má hustotu nižší, jelikož útkové nitě nelze zatkat tak těsně vedle sebe, aby byla splněna stoprocentní hustota. Proto se hustota pohybuje mezi hodnotami 50-90 %. [8]

**e) Plošná hmotnost  $m_{pl}$  [g/m<sup>2</sup>]**

Plošnou hmotností tkaniny se rozumí hmotnost jednoho metru čtverečného tkaniny. Hmotnost se skládá z hmotností osnovních a útkových nití. [5]

Existují tkaniny lehké, středně těžké a těžké.

**f) Vazba**

Vazbou se rozumí způsob, jakým se kříží nitě ve tkanině. Místo jednoho křížení nití osnovy a útku ve tkanině se nazývá vazný bod. Existují dva základní – osnovní a útkový. Vazby mohou být základní, odvozené a volně sestavené v případě listových tkanin. [9]

V případě žakárské tkaniny je nutné pro konstrukci tkaniny v plošné geometrii definovat vzor včetně vazeb zajišťující provázání nití v jednotlivých částech vzoru.

Z hlediska konstrukce a základní definice vzájemného provázání je možné vzhledem k počtu osnovních a útkových soustav ve tkanině rozlišovat níže uvedené vazební techniky.

**1. Jednoduché tkaniny**

Jednoduchá tkanina je tvořena jednou soustavou osnovní a jednou soustavou útkovou. Nitě každé soustavy se ukládají v jedné vrstvě vedle sebe. [7]

Uplatňují se zde všechny vazby základní, odvozené i vazby složené a volně sestavené.

**2. Víceosnovní vazby**

Více osnovní tkaninu tvoří jedna útková soustava a dvě a více soustav osnovních, které jsou ukládány nad sebou.

Aby bylo možné vyrobit víceosnovní tkaninu, musí být nitě, které mají být nad sebou, navedeny do společného zubu paprsku a zároveň se nesmějí křížit.



Existují hladké víceosnovní tkaniny, reformní vazby a vzorované víceosnovní tkaniny. [7]

### **3. Víceútkové tkaniny**

Víceútkovou tkaninu tvoří jedna osnovní soustava a dvě a více soustav útkových, které jsou ukládány nad sebou.

Pro vznik víceútkové tkaniny musí být splněny dvě podmínky. První podmínkou je zvolení vhodného provázání. Druhou podmínkou je způsob odtahu z tkací roviny.

Rozlišujeme útek vrchní, který má útkovou vazbu, a útek spodní, který má osnovní vazbu. Tyto vazby musí být vhodně zvoleny. Útky, které mají ležet nad sebou, se nesmí křížit.

Po zatknání všech útků, které mají ležet nad sebou, musí být tkanina odtažena z tkací roviny o délku, které odpovídá tloušťce jednoho útku a mezery mezi nimi. [7]

Existují hladké víceútkové tkaniny, jedolící víceútkové tkaniny a vzorované víceútkové tkaniny.

### **4. Dutinné vazby**

Dutinné tkaniny tvoří nejméně dvě osnovní a útkové soustavy.

Při výrobě vzniká několik samostatných tkanin nad sebou, které mají své vlastní jednoduché vazby. Tkaniny mohou být vzájemně spojeny buď v krajích, nebo v okrajích změny vzorování.

Pro zatknání útku do spodní tkaniny musí být zvednuta celá osnovní soustava vrchní tkaniny. Toto zdvihnutí celé osnovní soustavy se nazývá plnozvedání. [7]

Existují hadicové dutiny, vícevrstvé tkaniny, dutiny kombinované jednoduchou tkaninou, vzorované dvojnásobné dutiny a dutiny se vzorovanými osnovami a útky.

### **2.3. Vícenásobné tkaniny**

Více násobné tkaniny tvoří dvě a více soustav osnovních i útkových.

Ke vzniku vícenásobné tkaniny dochází spojením několika jednoduchých tkanin pomocí spojek, spojovací soustavou nití nebo protkáváním. Nejčastěji je používáno spojení v plátnovém rozsazení nebo v atlasových vazbách.

Spojky rozlišujeme osnovní nebo útkové a kombinované.

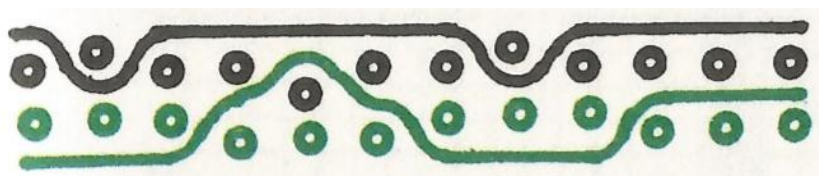
Spojovací soustava nití je přidána k základním osnovním a útkovým osnovám. Spojovací nitě leží mezi jednotlivými tkaninami a střídavě provazují s vrchní a spodní tkaninou.

Při protkávání procházejí osnovní nitě jedné tkaniny postupně do všech dalších tkanin. [7]

### 2.3.1. Tkaniny s osnovními a útkovými spojkami

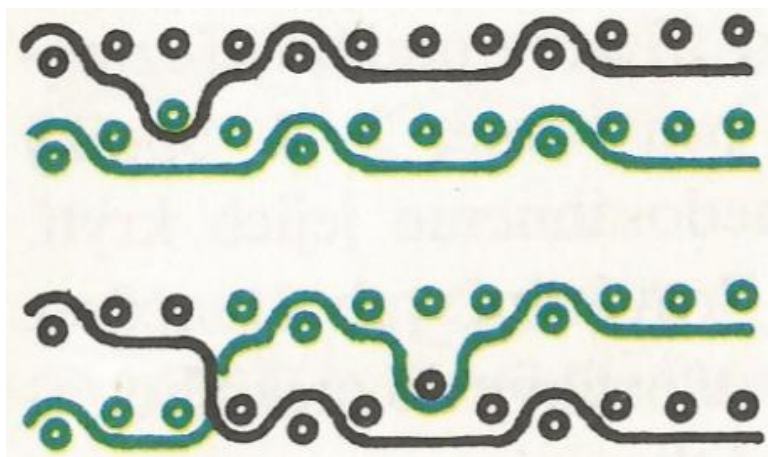
Pro zachování vzhledu tkaniny nesmějí spojky pronikat na rub ani líc tkaniny. Z tohoto důvodu jsou spojky umísťovány tak, že na sousedních osnovních nitích a sousedních útcích jsou vedle spojek shodné vazné body. Toho lze dosáhnout u keprových a atlasových vazeb.

Osnovní spojky vznikají provázáním osnovních nití spodní tkaniny nad útkové nitě vrchní tkaniny. Jelikož tímto způsobem vznikají ve tkanině osnovní vazné body, jsou tyto spojky označovány také jako spojky na zdvih. [7]



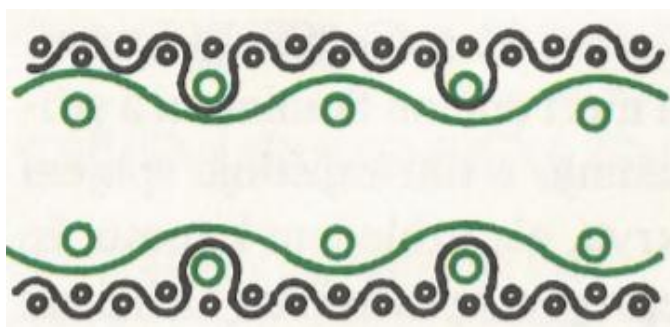
Obr. 2 - osnovní spojky (podélný řez) [7]

Útkové spojky vznikají provázáním vrchních osnovních nití pod útkové nitě spodní tkanin, také jsou nazývány jako spojky na stah. Spojky se vytvářejí tam, kde bylo vynecháno plnozvedání, které zajišťuje zdvih vrchní osnovy na spodní útky. Krytí spojek je zajištěno umístěním útkových vazných bodů na sousední nitě. [7]



Obr. 3- útkové spojky (podélný řez) [7]

Pokud jsou v tkanině použity zároveň osnovní i útkové spojky, jsou tyto spojky nazývány kombinované. Tyto spojky se uplatňují u dvojnásobných plátnových tkanin, které mají nestejný poměr dostavy jednotlivých tkanin. [7]



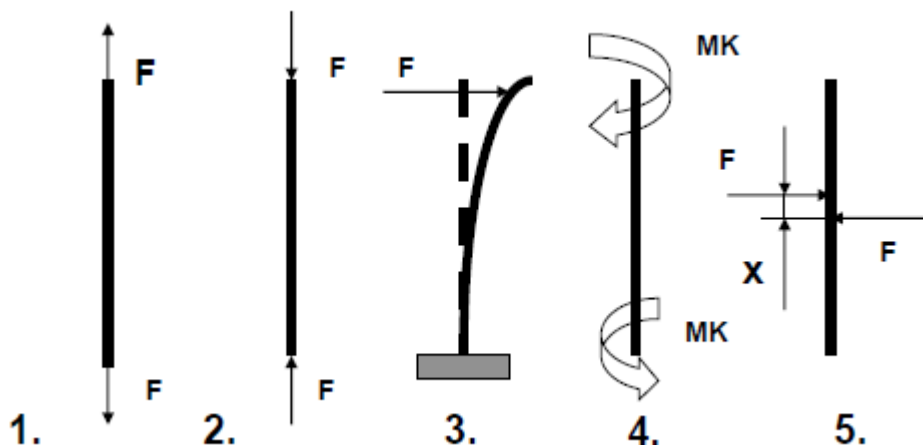
Obr. 4 - kombinované spojky (podélný řez) [7]

Dalšími možnostmi vícenásobných tkanin jsou tkaniny se spojovací osnovou a útkem a technicky spojované tkaniny. [7]

### 3. MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

Mechanické vlastnosti materiálů – odezva na mechanické působení od vnějších sil:

1. na tah, 2. na tlak, 3. na ohyb, 4. na krut. 5. stříh. [10]



Obr. 5 - mechanické působení vnějších sil [10]

Z hlediska namáhání na tah se v rámci jednoosého namáhání během tzv. trhací zkoušky zjišťuje maximální pevnost a tažnost textilie při maximální síle. V experimentální části práce byla použita metoda Strip.

Pevnost je maximální síla zaznamenaná při zatěžování vzorku do jeho přetržení v průběhu trhací zkoušky. Udává se v newtonech. [11]

Tažnost je poměr prodloužení zkušební vzorku vzhledem k jeho výchozí délce. Udává se v procentech. [11]

#### 3.1. Experimentální zjišťování pevnosti a tažnosti

Podstata zkoušky spočívá v napínání vzorku textilie, o daných rozměrech, konstantní rychlostí, dokud nedojde k jeho přetržení. [11]

##### Zkušební přístroj a vzorky

Norma ČSN udává, že má být použit přístroj s konstantním přírůstkem prodloužení a nastavitelnou upínací délkou. Šíře čelistí by měla být minimálně 60 mm a zároveň by neměla být menší, než je šíře testovaného vzorku. [11]

Šíře vzorku by měla být 60 mm a z každé strany by mělo být odpáráno 5 mm, aby výsledná šíře byla 50 mm. Vzniklé trásně zajistí, aby při upnutí do čelistí nevypadávaly okolní přize.

Délka vzorku by měla vyhovovat upínací délce 200 mm. Pro testované vzorky byla délka vzorků 300 mm.

Vzorky jsou odebírány rovnoběžně s osnovou a útkem. [11]

### Postup zkoušky

Norma ČSN stanovuje upínací délku na 200 mm a rychlost posuvu čelistí na  $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Vzorky jsou upnuty bez předpětí.

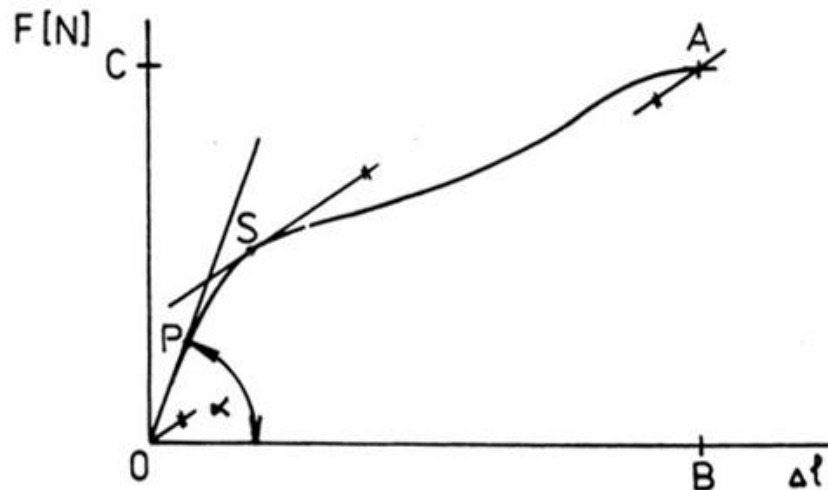
Vzorek je upnut do čelistí tak, aby osa vzorku byla ve středu čelistí. Přístroj je spuštěn a vzorek je napínán po dobu, než dojde k jeho přetržení. Zaznamenává se maximální pevnost v Newtonech a maximální prodloužení v milimetrech.

Zkouška se provádí minimálně na pěti zkušebních vzorcích ze směru osnovy a na pěti vzorcích ze směru útku. [11]

### Výsledky zkoušky

Výsledkem zkoušky je graf závislosti síly na prodloužení, tahová křivka.

Na obrázku 6 je příklad tahové křivky pro kovové materiály, pro znázornění charakteristických částí křivky.



Obr. 6 - tahová křivka pro kovové materiály [10]

Z grafu lze vyčíst oblast pružných deformací, to je část křivky od bodu  $O$  do bodu  $P$  a tuhost vlákna, kterou znázorňuje celá křivka, od bodu  $O$  do bodu  $A$ . Bod  $P$  je mezí pružnosti daného materiálu a bod  $S$  je počátek meze kluzu. Dále se zde nachází bod destrukce –  $A$ , maximální síla  $F_{\max}$  [N] –  $C$  a maximální prodloužení při destrukci  $\Delta l_{\max}$  [mm] –  $B$ . [10]

#### 4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – NÁVRH A REALIZACE EXPERIMENTÁLNÍ SADY VZORKŮ

Experimentální část BP je zaměřena na analýzu tkaných výztuží ze skleněných multifilů z hlediska mechanických vlastností – pevnosti a tažnosti při jednoosém namáhání. V experimentální části jsou porovnávány mechanické vlastnosti jednoduchých tkanin, jednoduchých tkanin vrstvených do dvou vrstev bez spojek a dvojnásobných tkanin s vazebnou technikou spojkových tkanin. Konstrukční parametry všech tkanin jak jednoduchých, tak jednotlivých tkanin v individuálních vrstvách jsou shodné, viz tabulka 2, 3. Rozložení spojek v dvojnásobných tkaninách je následovné:

- spojky 5×5 mm
- spojky 10×10 mm
- spojky 10×15 mm
- spojky 10×20 mm.

Experimentální sada vzorků byla realizovaná v technologické laboratoři tkaní Katedry textilních technologií.

##### **Výroba experimentálních vzorků tkanin**

Vstupní materiál v osnovní a útkové soustavě byl dvojmo skaný skleněný multifil o jemnosti  $T = 2 \times 70 \text{ tex}$  s ochranným zákrutem  $120 \text{ z.m}^{-1}$ .

Konstrukční řešení tkaných výztuží je rozděleno do dvou skupin:

1. jednoduché tkaniny – konstrukční parametry viz tabulka 2
2. dvojnásobné tkaniny – konstrukční parametry viz tabulka 3

*Poznámka:* Pro ukázkou byly testovány různé konstrukční parametry tkanin a jejich možné aplikace jako výztuž v kompozitu. Z vazební techniky byla využita technika jednoduchých a víceútkových tkanin v kombinaci se vstupním materiálem multifilu: sklo, čedič, lurex. Pro všechny tkané vzorky byl poprvé v osnově použit skleněný multifil a podruhé čedičový multifil kombinovaný se skleněným multifilem v poměru 1:1. Na 10 cm šíře tkaniny byl ve stejné osnově použit pouze čedičový multifil.

V druhé části přílohy číslo 04 jsou fotografie z obrazové analýzy těchto vzorků.

Tabulka 1 - vzorky s různými konstrukční parametry a vazebními technikami

vazební technika	materiály útku	poměr	vazba	$D_o$ [ $\text{cm}^{-1}$ ]	$D_u$ [ $\text{cm}^{-1}$ ]
jednoduchá	sklo, čedič	1:1	plátno	8	10
	čedič	-	plátno	8	10
dvojútková	čedič, sklo	1:1	kepr	8	2×30
	sklo, sklo	1:1	kepr	8	2×30
	čedič, čedič	1:1	kepr	8	2×30
tříútková	čedič, sklo, lurex	1:1:1	kepr	8	3×30

Tabulka 2 - parametry jednoduchých tkanin

jednoduché tkaniny			
	značka	jednotka	
dostava osnovy	$D_o$	nití/1 cm	8
dostava útku	$D_u$	nití/1 cm	6, 8, 10
šířka tkaniny	$\check{S}_{TK}$	mm	500
celkový počet nití	$C_{p_{nití}}$	-	400
číslo paprsku	$\check{C}_p$	-	40
počet nití v zubu	$p_{nz}$	-	2
počet listů	$p_{listů}$	-	6

Tabulka 3 - parametry dvojnásobných tkanin

dvojnásobné tkaniny			
	značka	jednotka	
dostava horní osnovy	$D_{oh}$	nití/1 cm	8
dostava dolní osnovy	$D_{od}$	nití/1 cm	8
dostava horního útku	$D_{uh}$	nití/1 cm	8
dostava dolního útku	$D_{ud}$	nití/1 cm	8
šířka tkaniny	$\check{S}_{TK}$	mm	500
celkový počet nití	$C_{p_{nití}}$	-	2×400
číslo paprsku	$\check{C}_p$	-	40
počet nití v zubu	$p_{nz}$	-	4
počet listů	$p_{listů}$	-	16

#### 4.1. Tkací stroj

Pro výrobu experimentálních vzorků byl použit laboratorní jehlový tkací stroj s listovým prošlupným mechanismem, obrázek 7.



Obr. 7 - laboratorní jehlový tkací stroj

Při výrobě dvojnásobných tkanin byly použity dva osnovní vály, na kterých byly navinuty osnovy, viz obrázek 8.



Obr. 8 - osnovní vály pro tkaní dvojnásobných tkanin

#### 4.2. Vyráběné vzorky

V tabulce 4 jsou pro přehlednost číselně označeny vzorky s popisem typu tkaniny, vazby, dostavy osnovy a útku. V případě spojkových tkanin je ještě přidána informace o rozmístění spojek.

V první části přílohy číslo 04 jsou fotografie z obrazové analýzy všech experimentálních vzorků. Mimo tkanin vrstvených bez spojek, jelikož se jedná o spojení jednoduchých tkanin.



Tabulka 4 - označení vzorků

číslo vzorku	typ tkaniny	vazba	D <sub>o</sub> [cm <sup>-1</sup> ]	D <sub>u</sub> [cm <sup>-1</sup> ]	spojky [mm]
vzorek č. 1	jednoduchá	plátnová	8	6	-
vzorek č. 2	jednoduchá	plátnová	8	8	-
vzorek č. 3	jednoduchá	plátnová	8	10	-
vzorek č. 4	jednoduchá	keprová	8	6	-
vzorek č. 5	jednoduchá	keprová	8	8	-
vzorek č. 6	jednoduchá	keprová	8	10	-
vzorek č. 7	vrstvená	plátnová	8	6	-
vzorek č. 8	vrstvená	plátnová	8	8	-
vzorek č. 9	vrstvená	plátnová	8	10	-
vzorek č. 10	vrstvená	keprová	8	6	-
vzorek č. 11	vrstvená	keprová	8	8	-
vzorek č. 12	vrstvená	keprová	8	10	-
vzorek č. 13	dvojnásobná	plátnová	8	8	5×5
vzorek č. 14	dvojnásobná	plátnová	8	8	10×10
vzorek č. 15	dvojnásobná	plátnová	8	8	10×15
vzorek č. 16	dvojnásobná	plátnová	8	8	10×20

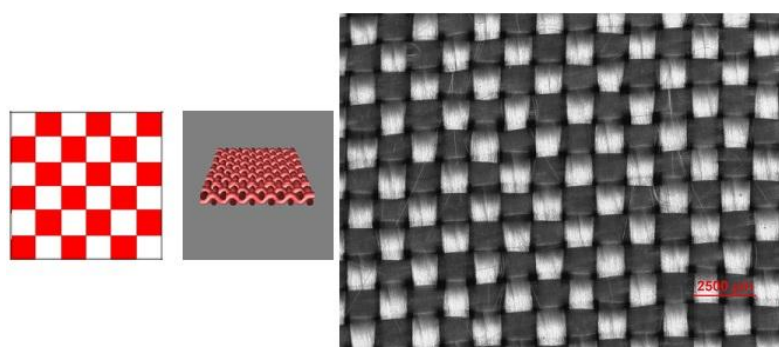
## 5. ZHODNOCENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ EXPERIMENTÁLNĚ VYROBENÉ SADY VZORKŮ

U experimentální sady tkanin jednoduchých v plátnové, keprové vazbě, vrstvených bez spojek v plátnové a keprové vazbě a dvojnásobných se spojkami.

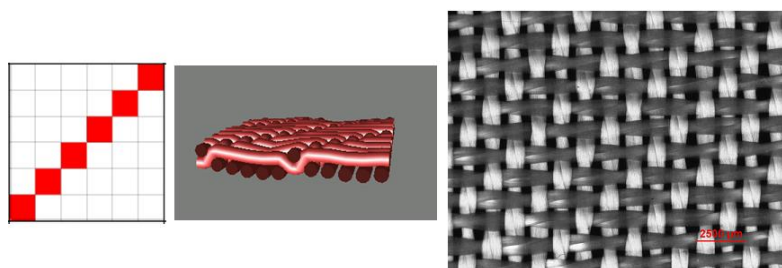
Pro přehlednost byly v programu MATLAB vytvořeny průměrné tahové křivky ze všech provedených zkoušek, samostatně pro směr osnovy a útku.

V tabulkách jsou uvedeny střední hodnoty a 95 % intervaly spolehlivosti (IS) pevnosti a tažnosti jednotlivých vzorků, vždy zvlášť pro směr osnovy a útku.

### 5.1. Jednoduché tkaniny



Obr. 9 - vazba, 3D pohled a fotografie z obrazové analýzy - plátno 2×2

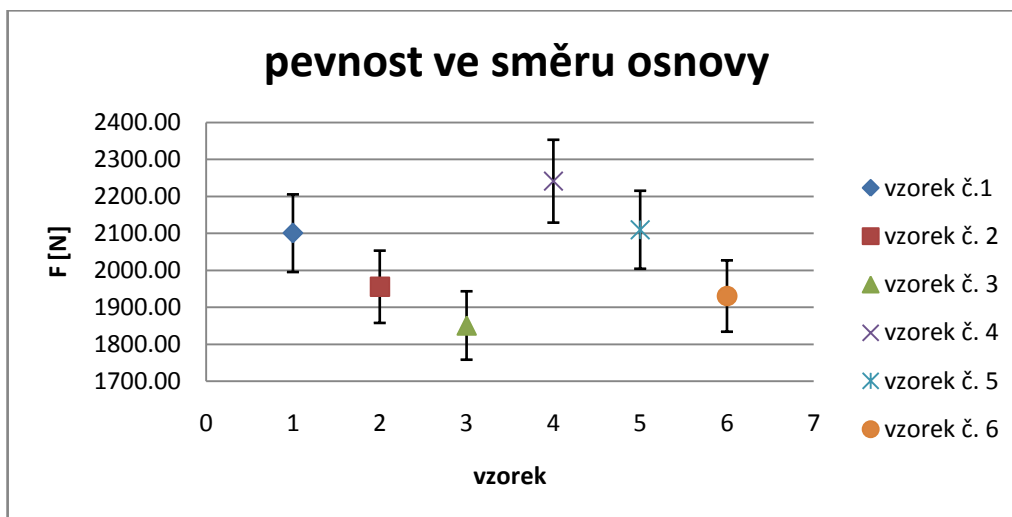


Obr. 10 - vazba, 3D pohled a fotografie z obrazové analýzy – kepr 1/5 (Z) 6×6

Tabulka 5 - střední hodnoty a IS ve směru osnovy a útku pro vzorky 1 až 6

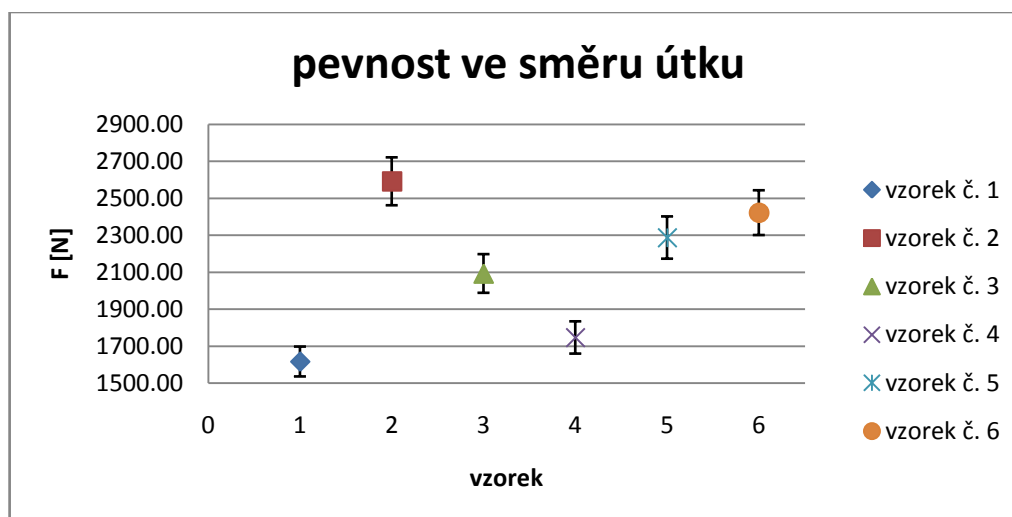
vzorek	osnova		útek	
	F [N]	$\epsilon$ [%]	F [N]	$\epsilon$ [%]
č. 1	2100,67	7,67	1616,33	6,69
	(1998,63; 2202,71)	(7,47; 7,78)	(1574,43; 1658,23)	(6,40; 6,98)
č. 2	1955,67	6,88	2591,33	9,03
	(1839,55; 2071,79)	(6,45; 7,31)	(2338,21; 2844,45)	(8,26; 9,80)
č. 3	1851,00	8,10	2092,67	8,51
	(1723,39; 1978,61)	(7,84; 8,36)	(2012,17; 2173,17)	(8,22; 8,80)
č. 4	2241,33	7,60	1746,33	7,27

	(2119,73; 2362,93)	(7,26; 7,94)	(1693,13; 1799,53)	(7,02; 7,52)
č. 5	2110,00	8,18	2287,00	8,22
	(2053,43; 2166,57)	(8,04; 8,32)	(2171,88; 2402,12)	(7,70; 8,74)
č. 6	1930,67	8,54	2421,67	8,97
	(1869,79; 1991,55)	(8,01; 9,07)	(2265,88; 2577,46)	(8,69; 9,25)



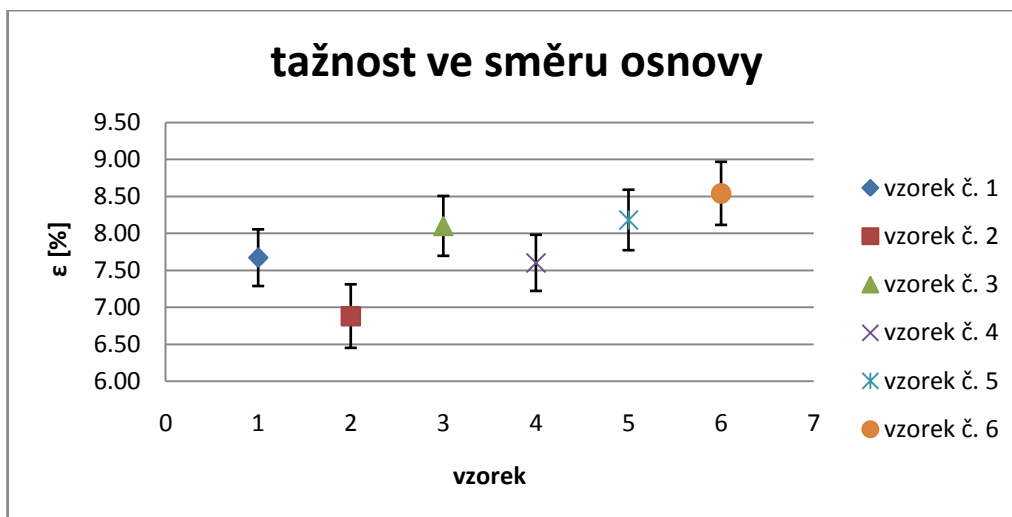
Obr. 11 - průměrné pevnosti ve směru osnovy včetně 95% IS pro vzorky 1 až 6

Pro pevnost ve směru osnovy (obr. 11) mezi vzorky 1 až 3 není statisticky významný rozdíl středních hodnot na hladině  $\alpha = 0,05$ , protože se jejich IS překrývají. To samé platí pro vzorky 4 až 6. Naopak mezi vzorky 3 a 4 je rozdíl statisticky významný.



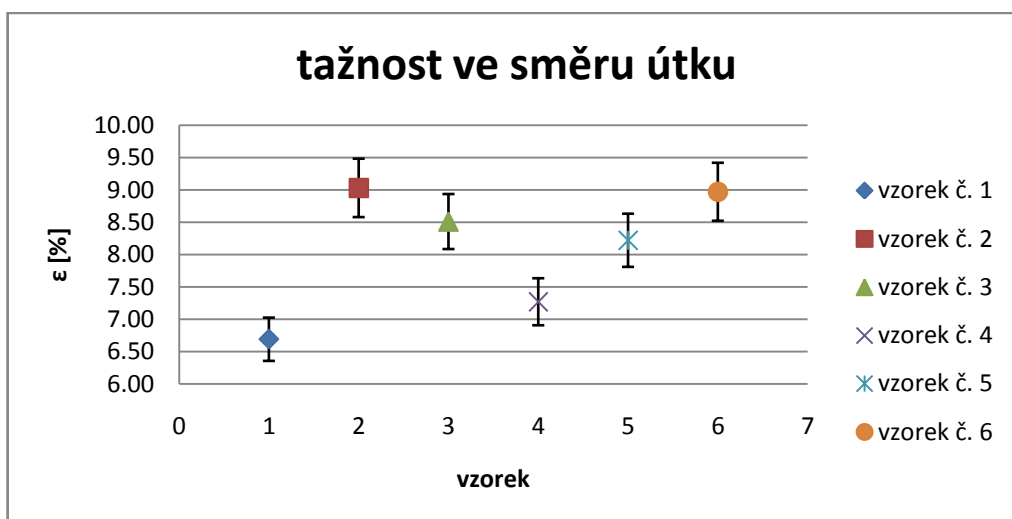
Obr. 12 - průměrné pevnosti ve směru útku včetně 95% IS pro vzorky 1 až 6

Rozdíl středních hodnot mezi vzorky 1 až 3 je statisticky významný na  $\alpha = 0,05$ , pro pevnost ve směru útku (obr. 12). Statisticky nevýznamný rozdíl je pouze mezi vzorky 5 a 6.



Obr. 13 - průměrné tažnosti ve směru osnovy včetně 95% IS pro vzorky 1 až 6

Mezi vzorky 1 až 3 a vzorky 4 až 5 není statisticky významný rozdíl středních hodnot na  $\alpha = 0,05$  v tažnosti ve směru osnovy (obr. 13). Intervaly spolehlivosti se v jednotlivých skupinách překrývají.



Obr. 14 - průměrné tažnosti ve směru útku včetně 95% IS pro vzorky 1 až 6

V tažnosti ve směru útku (obr. 14) je statisticky významný rozdíl středních hodnot, na hladině  $\alpha = 0,05$ , mezi vzorky 1 a 2 a pro vzorky 4 a 5. Mezi vzorky 2 a 3 a vzorky 5 a 6 již statistický rozdíl není.

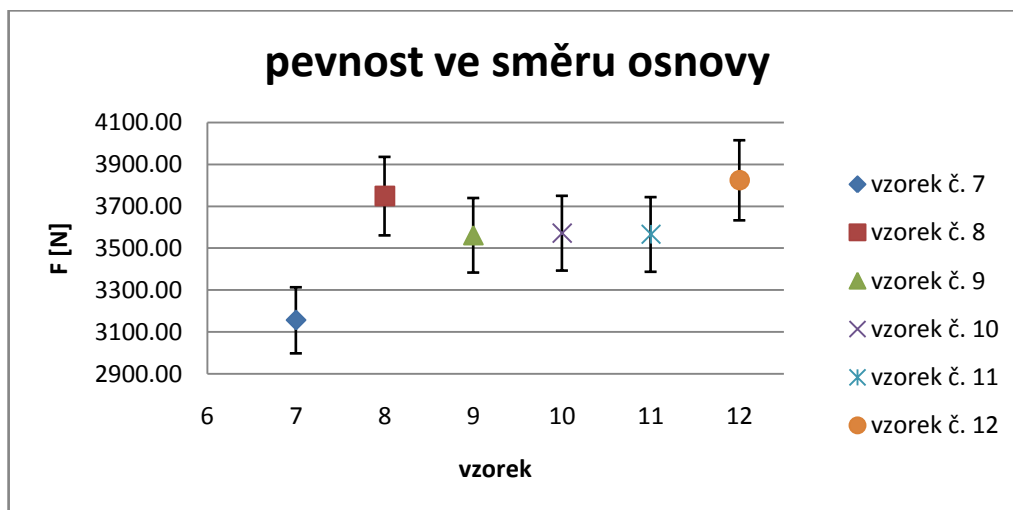
Grafy a maximální hodnoty jednotlivých tahových křivek jsou v příloze číslo 01.

## 5.2. Vrstvené tkaniny bez spojek – dvě vrstvy jednoduchých tkanin

Pro možnost posouzení vlivu vrstvení na výslednou pevnost a tažnost byla v rámci experimentu měřena pevnost a tažnost dvouvrstevných tkanin bez spojek, a to tak, že dvě jednoduché tkaniny byly spolu vloženy do čelisti. Aby nedošlo k posuvu těchto dvou tkanin, byly k sobě přilepeny oboustrannou lepicí páskou, a to pouze v místě přitlaku čelistí.

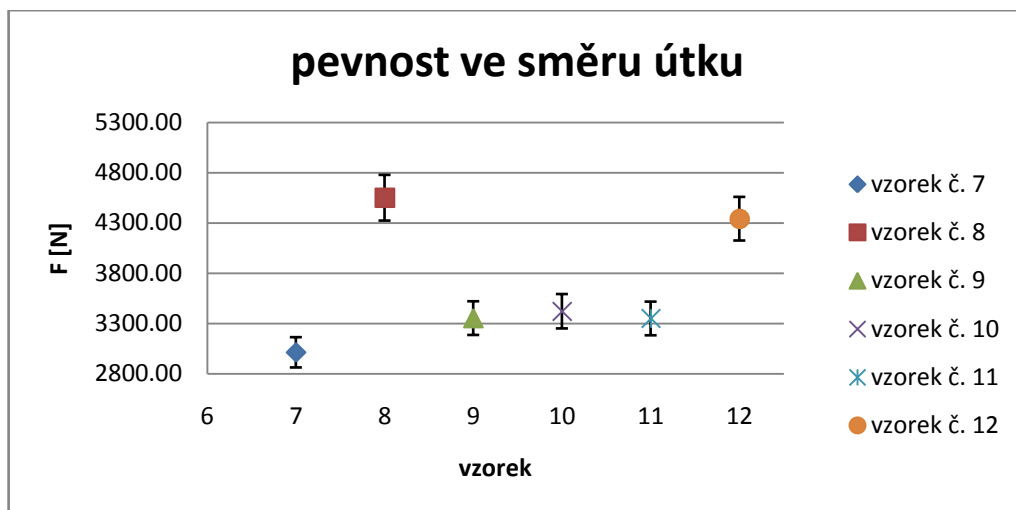
Tabulka 6 - střední hodnoty a IS ve směru osnovy a útku pro vzorky 7 až 12

vzorek	osnova		útek	
	F [N]	$\epsilon$ [%]	F [N]	$\epsilon$ [%]
č. 7	3155,67	9,70	3012,33	9,44
	(3049,92; 3261,42)	(9,43; 9,97)	(2845,96; 3178,70)	(8,93; 9,95)
č. 8	3748,67	9,91	4550,33	11,39
	(3631,81; 3865,53)	(9,68; 10,14)	(4493,06; 4607,60)	(10,94; 11,84)
č. 9	3561,67	9,69	3352,67	10,98
	(3292,81; 3830,53)	(9,12; 10,26)	(3100,18; 3605,16)	(10,7; 11,26)
č. 10	3571,67	9,92	3421,00	10,17
	(3451,02; 3692,32)	(9,48; 10,36)	(3228,91; 3613,09)	(9,88; 10,46)
č. 11	3565,67	10,23	3349,33	9,69
	(3282,46; 3848,88)	(9,79; 10,67)	(3187,11; 3511,55)	(9,43; 9,95)
č. 12	3824,33	11,07	4341,67	12,22
	(3619,61; 4029,05)	(10,46; 11,68)	(3862,36; 4820,98)	(11,63; 12,81)



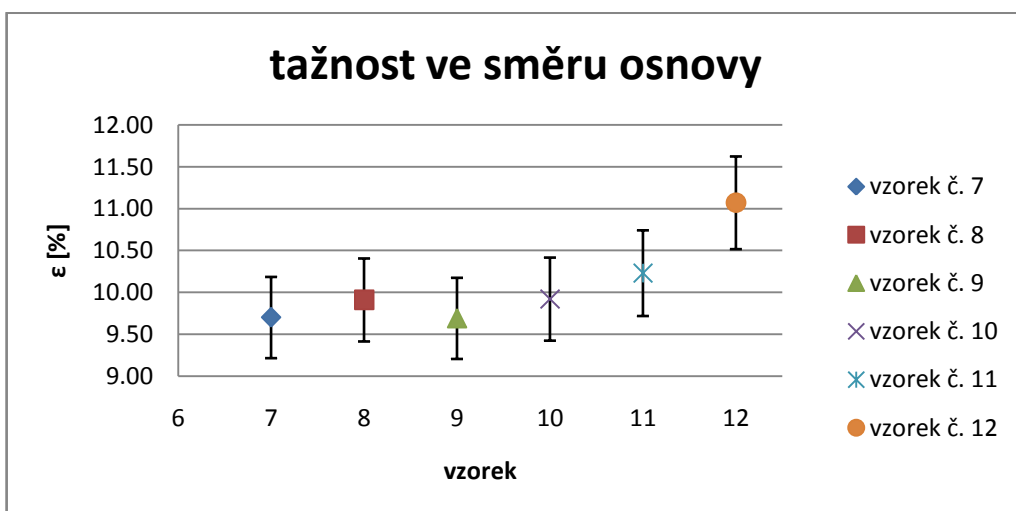
Obr. 15 - průměrné pevnosti ve směru osnovy včetně 95% IS pro vzorky 7 až 12

Pro pevnost ve směru osnovy (obr. 15) rozdíl středních hodnot mezi vzorky 8 a 9 a vzorky 10 až 12 není statisticky významný. Jediný vzorek, který se statisticky liší, je vzorek č. 7.



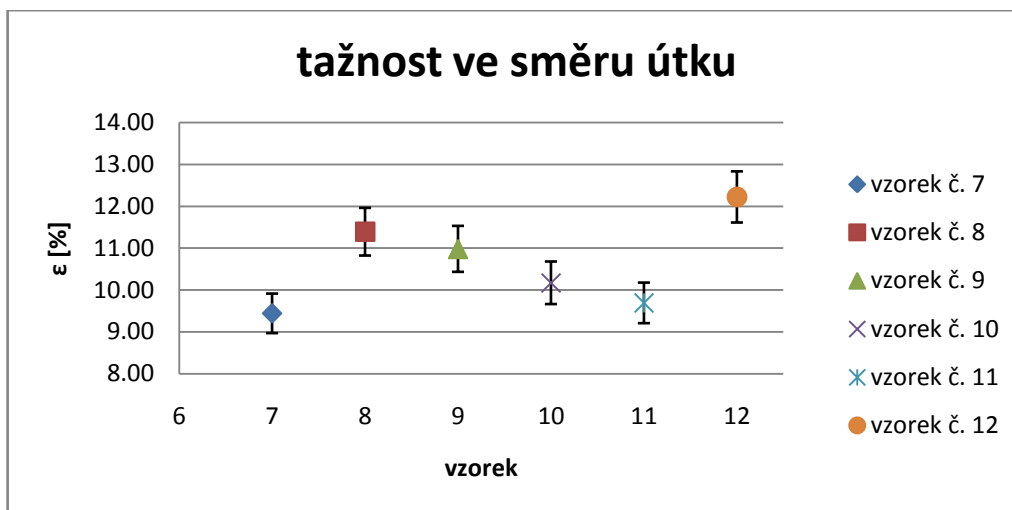
Obr. 16 - průměrné pevnosti ve směru útku včetně 95% IS pro vzorky 7 až 12

Rozdíly středních hodnot pevnosti ve směru útku (obr. 16) pro vzorky 7 až 9 jsou statisticky významné na hladině  $\alpha = 0,05$ , protože se jednotlivé IS nepřekrývají.



Obr. 17 - průměrné tažnosti ve směru osnovy včetně 95% IS pro vzorky 7 až 12

V tažnosti ve směru osnovy (obr. 17) nejsou pro vzorky 7 až 9 a pro vzorky 10 až 12 rozdíly středních hodnot nijak statisticky významné.



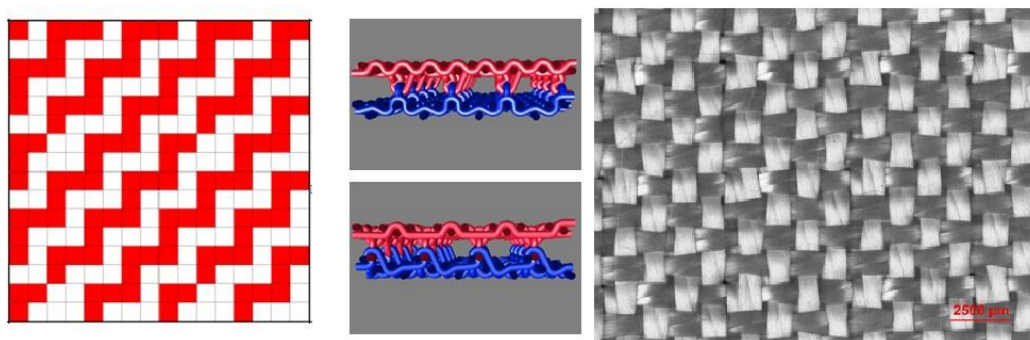
Obr. 18 – průměrné tažnosti ve směru útku včetně 95% IS pro vzorky 7 až 12

Rozdíly středních hodnot mezi vzorky 8 a 9 a vzorky 10 a 11 nejsou statisticky významné pro tažnost ve směru útku (obr. 18). Statisticky významné rozdíly středních hodnot jsou u vzorku č. 7 a vzorku č. 12.

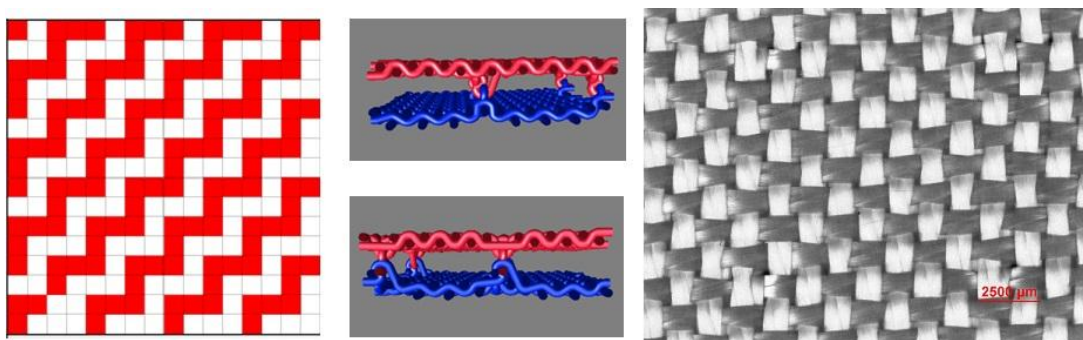
Grafy a maximální hodnoty jednotlivých tahových křivek jsou v příloze číslo 02.

### 5.3. Dvojnásobné tkaniny

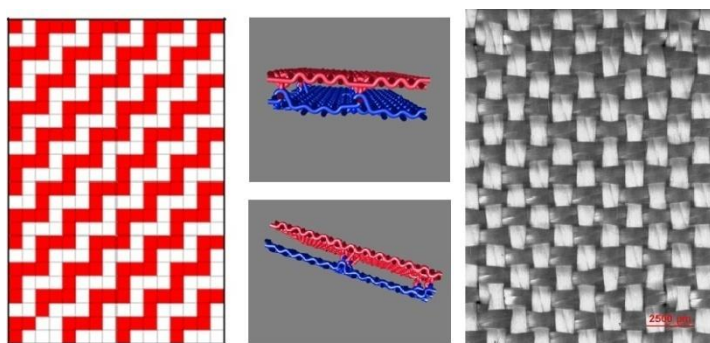
Jedná se o tkaní dvou tkanin nad sebou navzájem spojených spojkou. Spojkou definujeme místo vzájemného provázání dvou tkanin nad sebou tak, že útková (nebo osnovní) nit spodní tkaniny prováže horní tkaninu. Tím se vytvoří spojení těchto vrstev. Spojkou se zajišťuje soudržnost a tuhost výsledných násobných tkanin. Jednotlivé tkaniny tkané nad sebou mohou mít shodné nebo odlišné parametry. Experimentální sada tkanin dvojnásobných má konstrukční řešení tkanin se shodnými parametry, jak tkaniny horní, tak tkaniny dolní. Vazebné zpracování viz obr. 19 až 22.



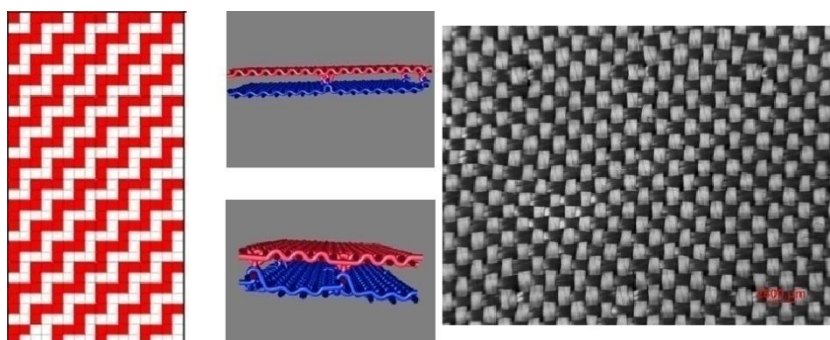
Obr. 19 - vazba, 3D pohled a fotografie z obrazové analýzy – spojky 5×5 mm



Obr. 20 - vazba, 3D pohled a fotografie z obrazové analýzy - spojky 10×10 mm



Obr. 21 - vazba, 3D pohled a fotografie z obrazové analýzy - spojky 10×15 mm

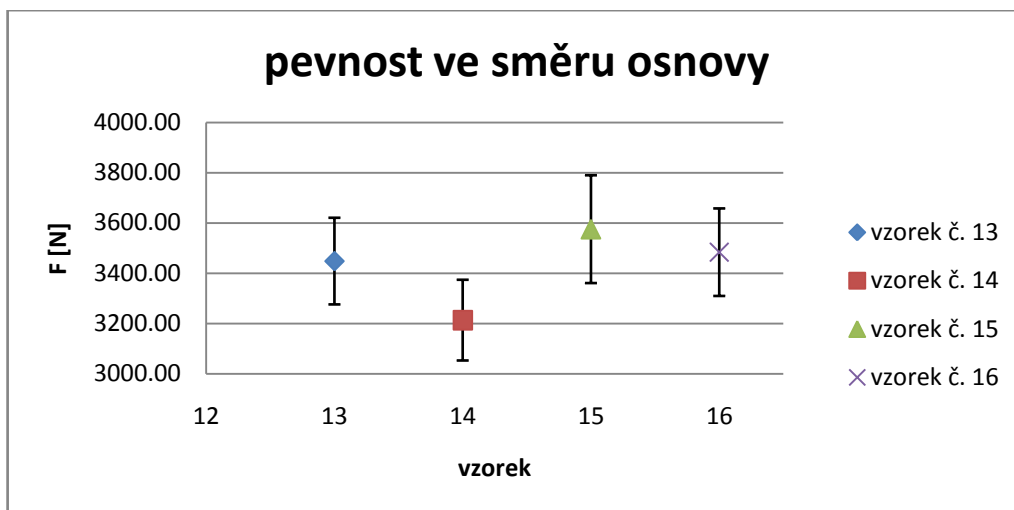


Obr. 22 - vazba, 3D pohled a fotografie z obrazové analýzy - spojky 10×20 mm

Tabulka 7 - střední hodnoty a IS ve směru osnovy a útku pro vzorky 13 až 16

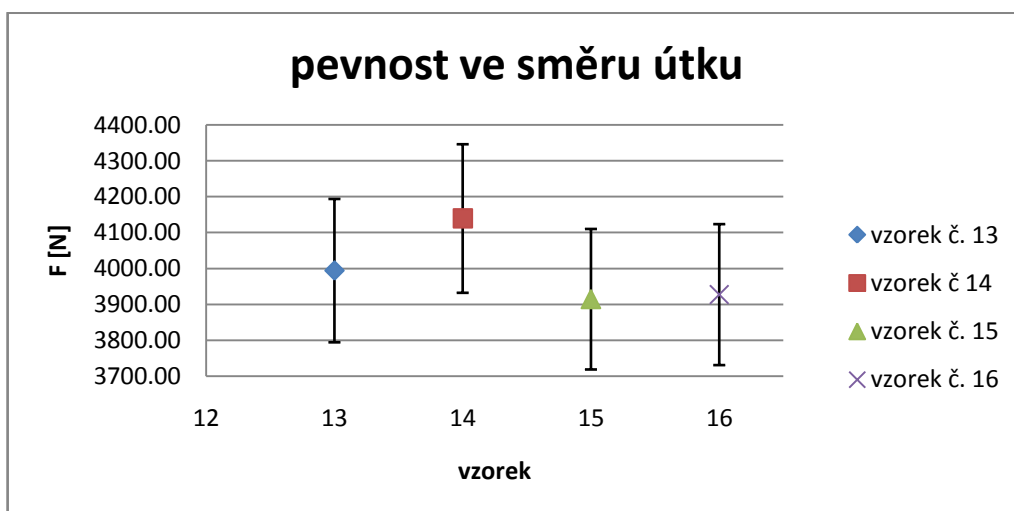
vzorek	osnova		útek	
	F [N]	$\varepsilon$ [%]	F [N]	$\varepsilon$ [%]
č. 13	3448,00	12,07	3994,00	12,37
	(3165,33; 3730,67)	(11,55; 12,59)	(3836,09; 4151,91)	(12,05; 12,69)
č. 14	3213,00	12,23	4139,20	12,78
	(2803,41; 3620,59)	(11,06; 13,4)	(3873,41; 4404,99)	(12,08; 13,48)
č. 15	3575,00	11,66	3914,40	11,79
	(3114,62; 4035,38)	(11,03; 12,29)	(3634,42; 4194,38)	(11,05; 12,53)
č. 16	3483,40	11,62	3927,20	11,24
	(3274,20; 3692,60)	(11,56; 11,68)	(3745,65; 4108,75)	(10,73; 11,75)





Obr. 23 - průměrné pevnosti ve směru osnovy včetně 95% IS pro vzorky 13 až 16

Mezi vzorky 13 až 16 není statisticky významný rozdíl středních hodnot na hladině  $\alpha = 0,05$  pro pevnost ve směru osnovy (obr. 23). Všechny IS se vzájemně překrývají.



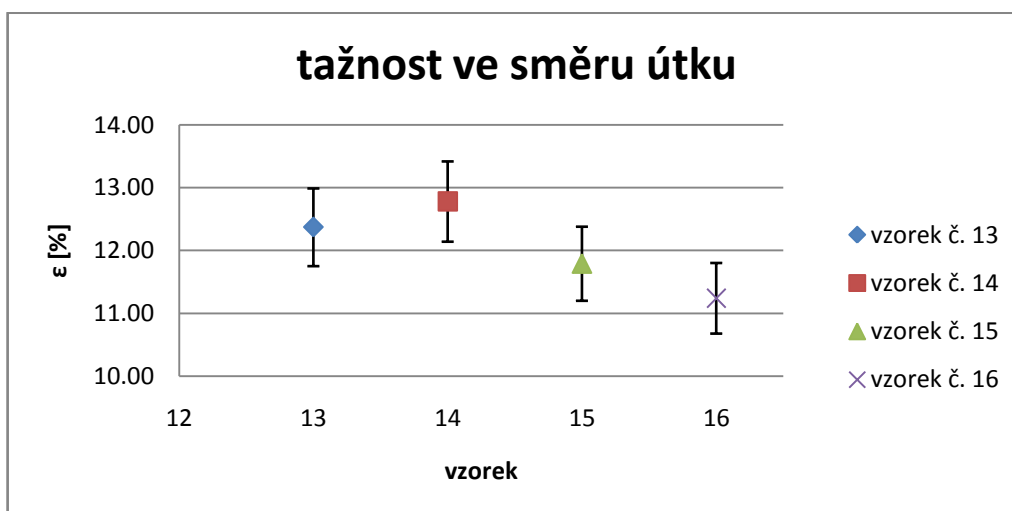
Obr. 24 - průměrné pevnosti ve směru útku včetně 95% IS pro vzorky 13 až 16

V pevnosti ve směru útku (obr. 24) mezi vzorky 13 až 16 není statisticky významný rozdíl středních hodnot na  $\alpha = 0,05$ . Všechny IS se vzájemně překrývají.



Obr. 25 - průměrné tažnosti ve směru osnovy včetně 95% IS pro vzorky 13 až 16

Rozdíl středních hodnot v tažnosti ve směru osnovy (obr. 25) mezi vzorky 13 až 16 není nijak statisticky významný na hladině  $\alpha = 0,05$ , a to z důvodu překrývajících se IS.



Obr. 26 - průměrné tažnosti ve směru útku včetně 95% IS pro vzorky 13 až 16

Střední hodnota tažnosti ve směru útku (obr. 26) pro vzorky 13 až 16 není statisticky významná na  $\alpha = 0,05$ , jelikož se IS překrývají.

Grafy a maximální hodnoty jednotlivých tahových křivek jsou v příloze číslo 03.

## 6. ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TKANÝCH STRUKTUR

V této kapitole jsou porovnávány průměrné křivky všech tkanin podle vazby, dostavy a typu tkaniny.

Kapitola obsahuje grafy jednotlivých skupin křivek vždy zvlášť pro směr osnovy a zvlášť pro směr útku. Dále zvlášť grafy pevnosti a tažnosti včetně intervalů spolehlivosti (IS) pro jednotlivé porovnávané skupiny. Intervaly spolehlivosti slouží k porovnání statistické významnosti rozdílů středních hodnot. Pokud nejsou rozdíly statisticky významné, znamená to, že změna parametrů (dostava, vazba, typ tkaniny) neměla na danou vlastnost (pevnost, tažnost) vliv.

V tabulce 8 jsou uvedeny pevnostní podíly tkanin vrstvených bez spojek ku jednoduchým tkaninám a tkanin spojkovým ku tkaninám jednoduchým.

*Poznámka:* Při výpočtu pevnostního podílu pro spojkové tkaniny byl použit pouze vzorek č. 2 (jednoduchá tkanina  $D_o/D_u = 8/8 \text{ cm}^{-1}$ ,  $T_o/T_u = 2 \times 70/2 \times 70 \text{ tex}$ ) a to z důvodu shodných parametrů – dostava osnovy a útku. Níže označené vzorky (červeně) jsou vyráběny z jednoduchých tkanin shodných parametrů  $D_o/D_u = 8/8 \text{ cm}^{-1}$ ,  $T_o/T_u = 2 \times 70/2 \times 70 \text{ tex}$ .

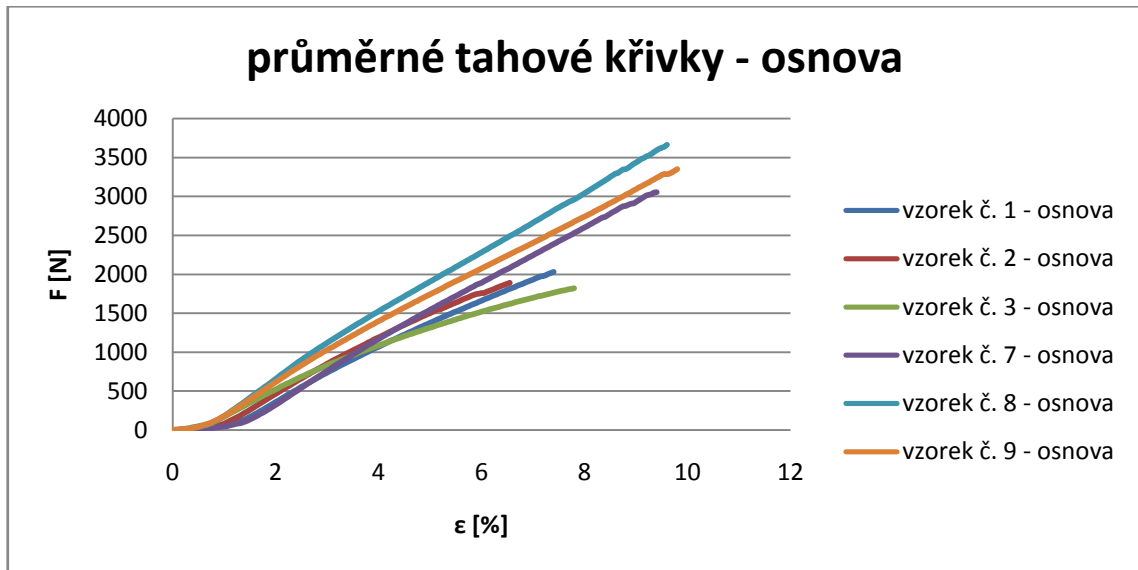
Tabulka 8 - podíly pevností tkanin

podíly pevností					
vzorky	vrstvené bez spojek ku jednoduchým		vzorky	spojkové ku jednoduchým	
	osnova	útek		osnova	útek
č. 7/ č. 1	1,50	1,86	č. 13/ č. 2	1,76	1,54
č. 8/ č. 2	1,92	1,76	č. 14/ č. 2	1,64	1,60
č. 9/ č. 3	1,92	1,20	č. 15/ č. 2	1,83	1,51
č. 10/ č. 4	1,59	1,96	č. 16/ č. 2	1,78	1,52
č. 11/ č. 5	1,69	1,46	-	-	-
č. 12/ č. 6	1,98	1,79	-	-	-

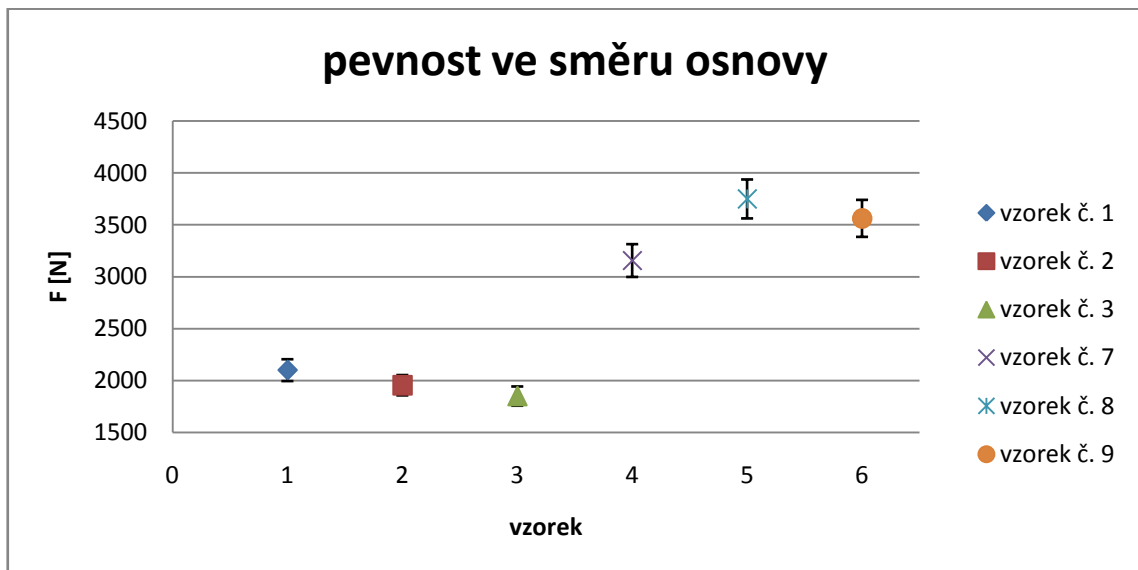
### 6.1. Plátňové vazby

Na obrázcích 27 a 30 je vidět, že vzorky jednoduchých tkanin (1-3) mají téměř dvojnásobně nižší průměrné pevnosti než vrstvené tkaniny (7-9). Nejvíce je to patrné ve směru osnovy, protože ve směru osnovy mají všechny vzorky stejnou dostavu - 8 nití/cm. Vrstvené tkaniny mají také vyšší tažnosti ve směru osnovy.

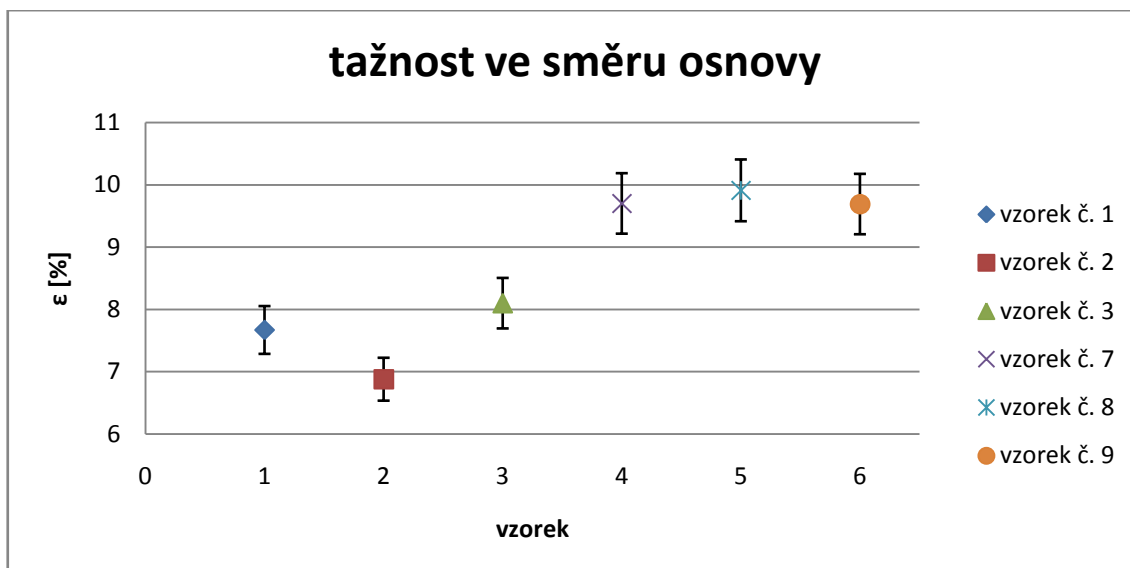
Rozdíly středních hodnot v pevnostech a tažnostech (obr. 28 a 29) mezi skupinami vzorků jsou statisticky významné. Jejich IS se nepřekrývají.



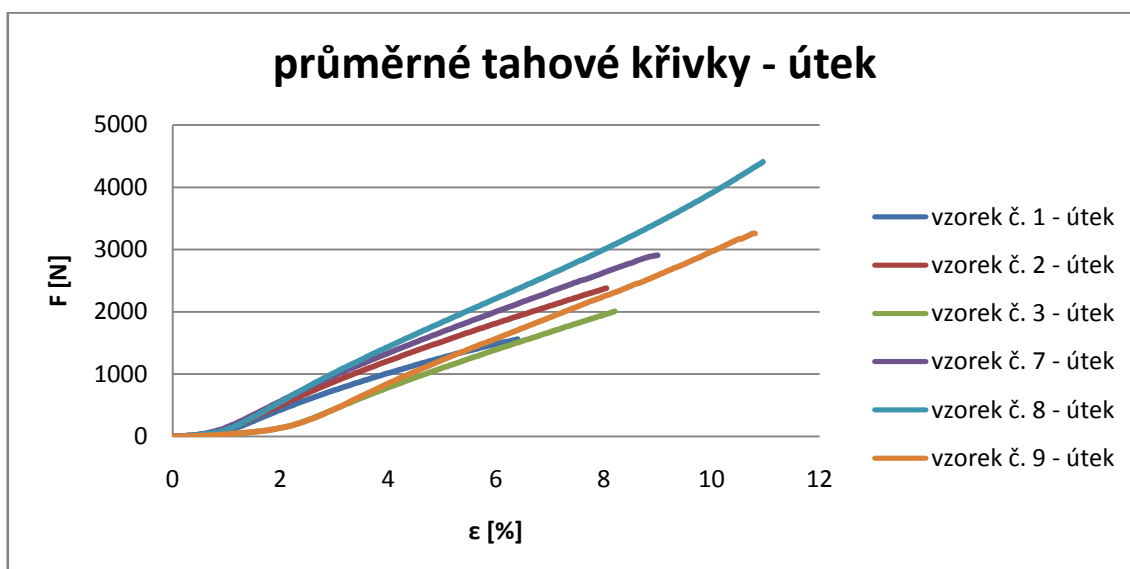
Obr. 27 - graf průměrných tahových křivek ve směru osnovy pro vzorky 1-3 a 7-9



Obr. 28 – průměrné pevnosti ve směru osnovy vzorků 1-3 a 7-9 včetně 95% IS



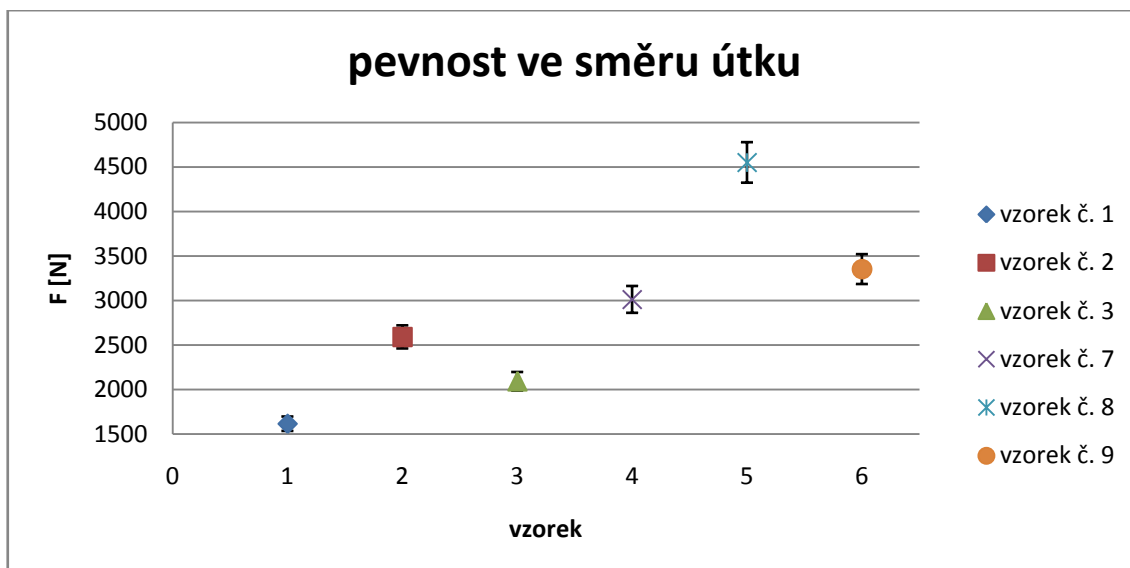
Obr. 29 - průměrné tažnosti ve směru osnovy pro vzorky 1-3 a 7-9 včetně 95% IS



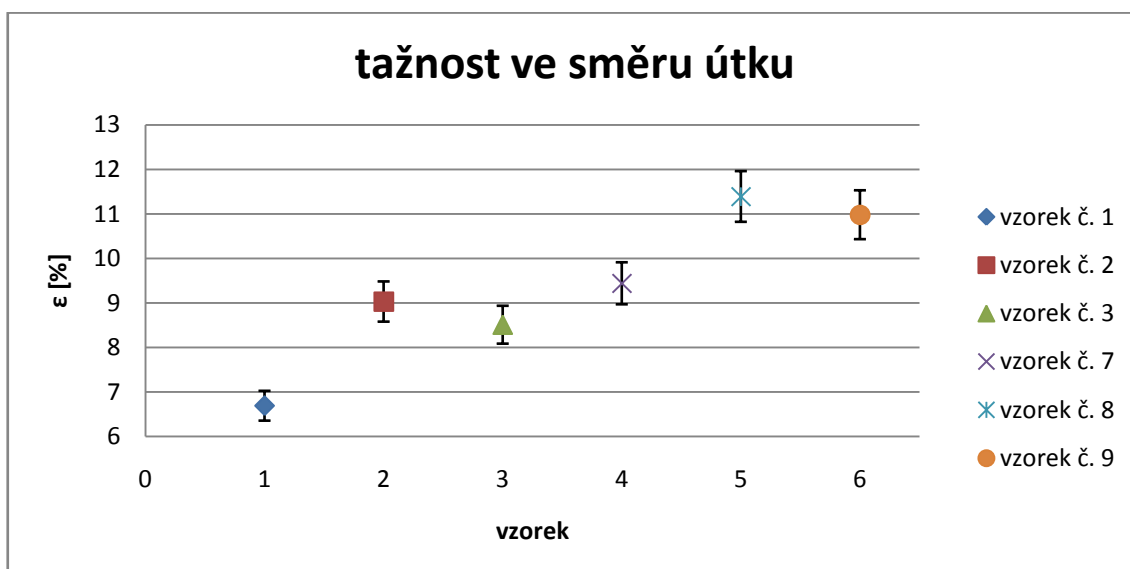
Obr. 30 - graf průměrných tahových křivek ve směru útku pro vzorky 1-3 a 7-9

Ve směru útku (obr. 30) jsou již vidět patrné rozdíly v průměrných pevnostech. Jak ve skupinách samotných, tak i ve skupinách navzájem. V tom to směru mají tkaniny rozdílné dostavy - 6,8 a 10 nití/cm. Rozdíly jsou také v tažnostech jednotlivých vzorků, kdy nejmenší tažnost mají vzorky s nejnižší dostavou útku – 6 nití/cm. Platí to jak pro tkaniny jednoduché, tak pro tkaniny vrstvené.

Pevnostní rozdíly středních hodnot mezi vzorky 1-3 a 7-9 jsou statisticky významné (obr. 31). Rozdíly středních hodnot v tažnostech jsou mezi vzorky 2,3 a 4 statisticky nevýznamné. U těchto vzorků IS se překrývají (obr. 32).



Obr. 31 - průměrné pevnosti ve směru útku pro vzorky 1-3 a 7- 9 včetně 95% IS



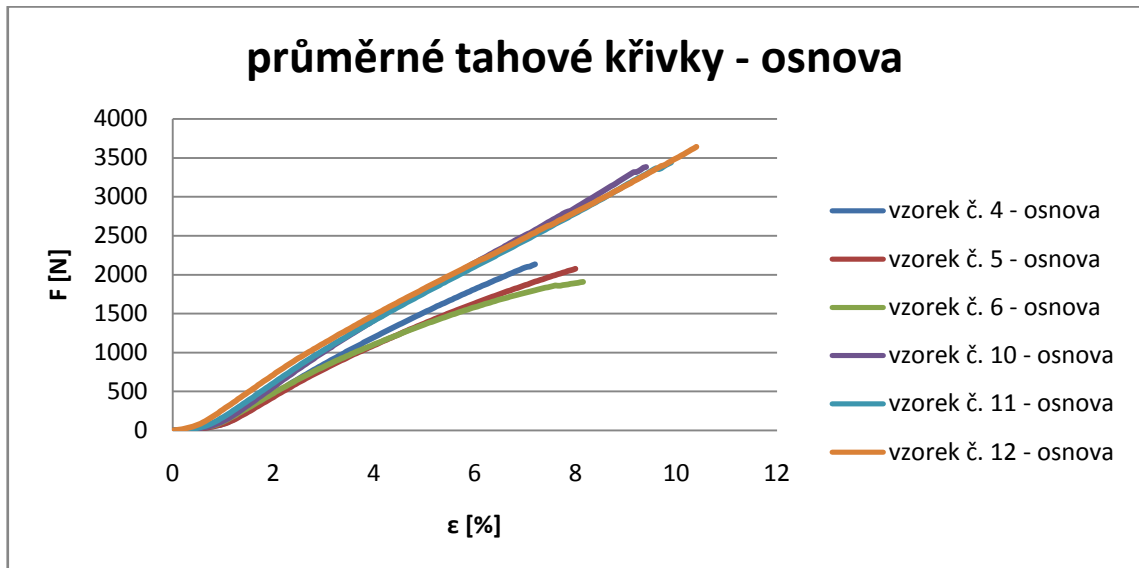
Obr. 32 - průměrné tažnosti ve směru útku pro vzorky 1-3 a 7-9 včetně 95% IS

## 6.2. Keprové vazby

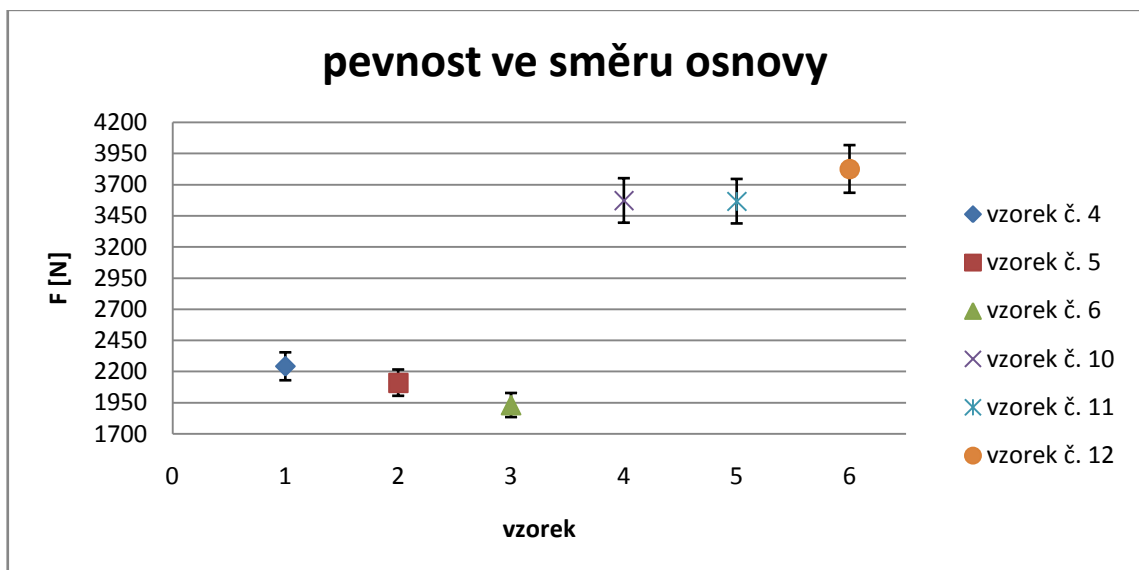
Již na první pohled je na obrázcích 33 a 36 vidět, že dvě vrstvy jednoduché tkaniny (10 - 12) mají jeden a půl krát vyšší pevnost než tkaniny jednoduché (4 - 6), a to v obou směrech namáhání.

Ve směru osnovy mají oba druhy tkanin velmi podobné průměrné pevnosti. Jednoduché tkaniny se pohybují kolem 2 kN a tkaniny vrstvené okolo 3,5 kN. Tažnosti ve směru osnovy jsou velmi podobné v každé skupině vzorků.

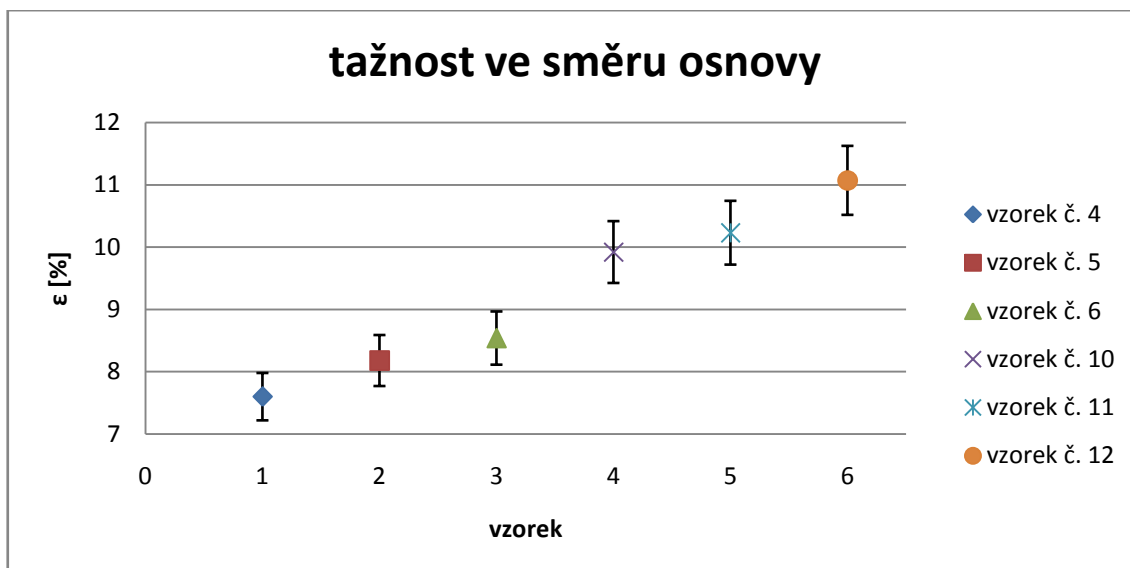
Pevnostní rozdíly středních hodnot a rozdíly středních hodnot tažností ve směru osnovy (obr. 34 a 35) pro vzorky 4-6 a 10-12 jsou statisticky významné. Není zde překryv IS.



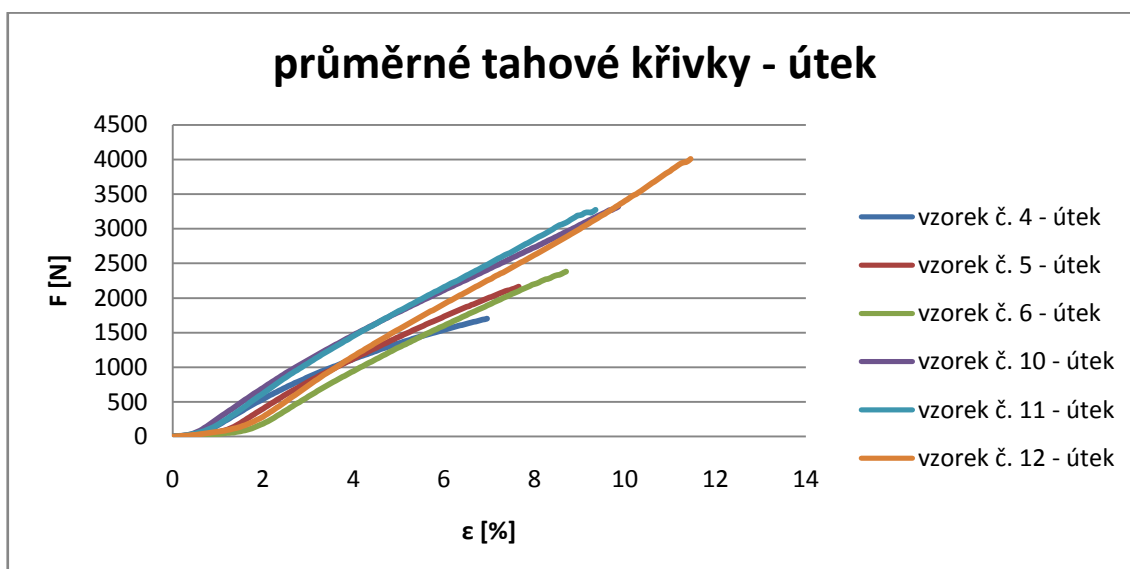
Obr. 33 - graf průměrných tahových křivek ve směru osnovy pro vzorky 4-6 a 10-12



Obr. 34 - průměrné pevnosti ve směru osnovy pro vzorky 4-6 a 10-12 včetně 95% IS



Obr. 35 - průměrné tažnosti ve směru osnovy pro vzorky 4-6 a 10-12 včetně 95% IS

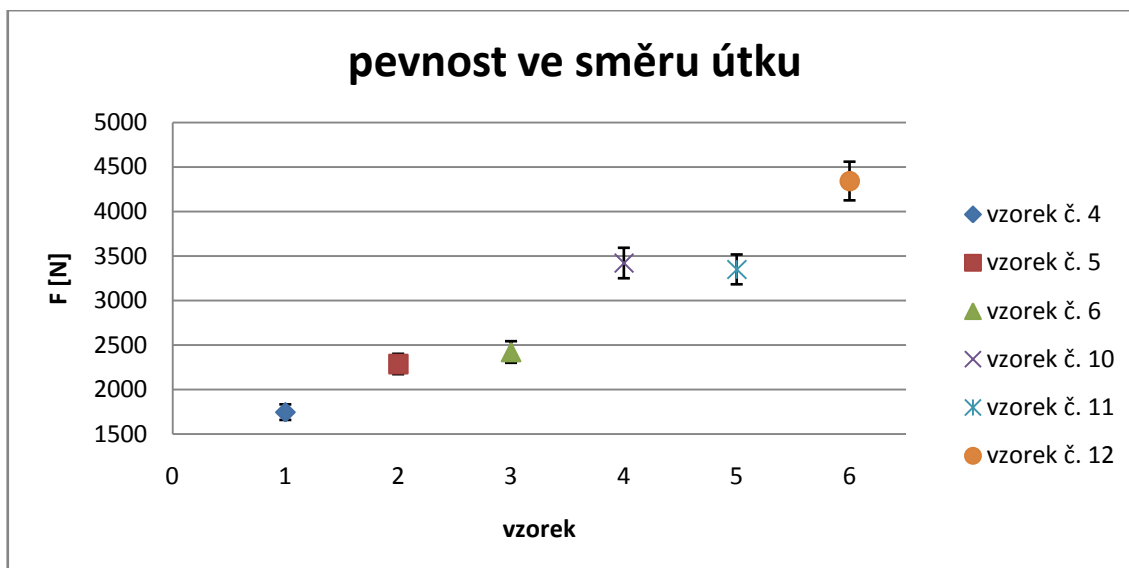


Obr. 36 - graf průměrných tahových křivek ve směru útku pro vzorky 4-6 a 10-12

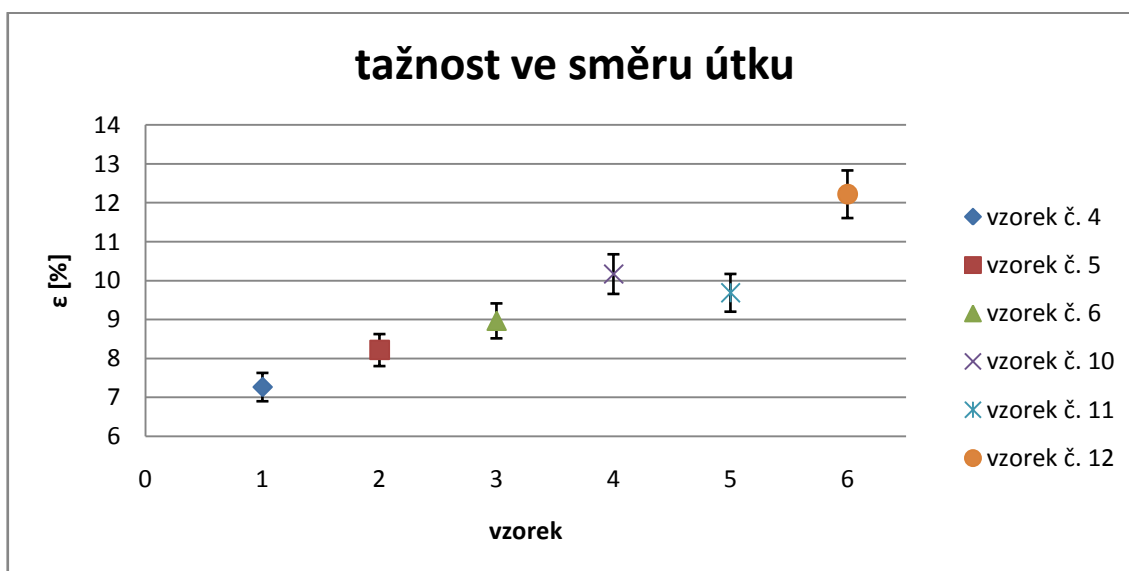
Ve směru útku (obr. 36) jsou již viditelné rozdíly u obou druhů, a to jak v pevnosti, tak i v tažnosti. To je způsobeno rozdílnými dostavami útkových nití.

Pevnost ve směru útku (obr. 37) mezi skupinami vzorků 4-6 a 10-12 má statisticky významný rozdíl středních hodnot, jelikož ani zde nedochází k překryvu IS. To samé platí i pro tažnosti v tomto směru.





Obr. 37 - průměrné pevnosti ve směru útku pro vzorky 4-6 a 10-12 včetně 95% IS



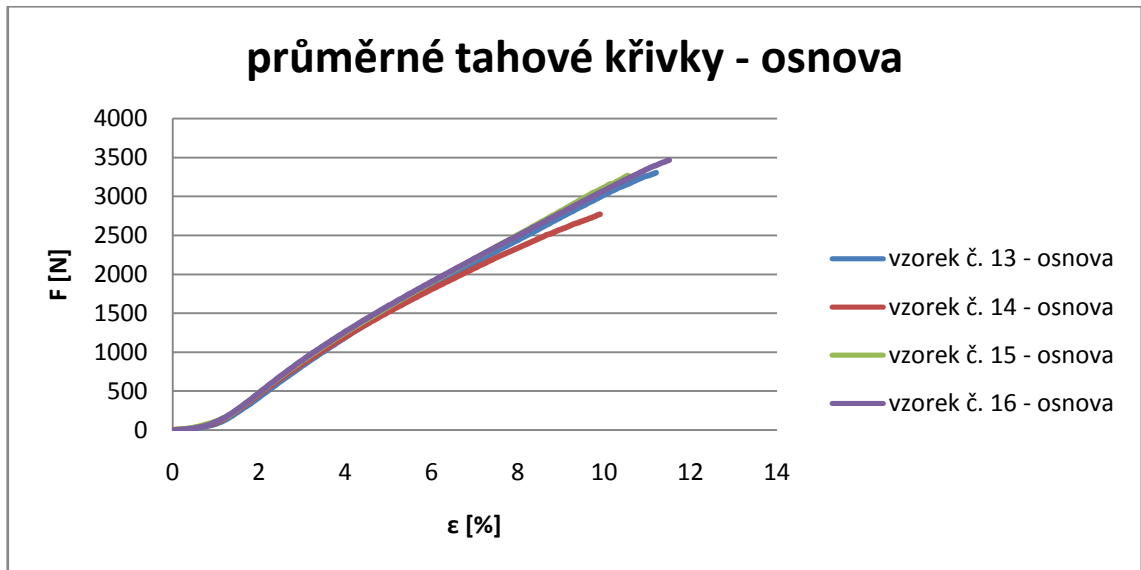
Obr. 38 - průměrné tažnosti ve směru útku pro vzorky 4-6 a 10-12 včetně 95% IS

### 6.3. Dvojnásobné tkaniny

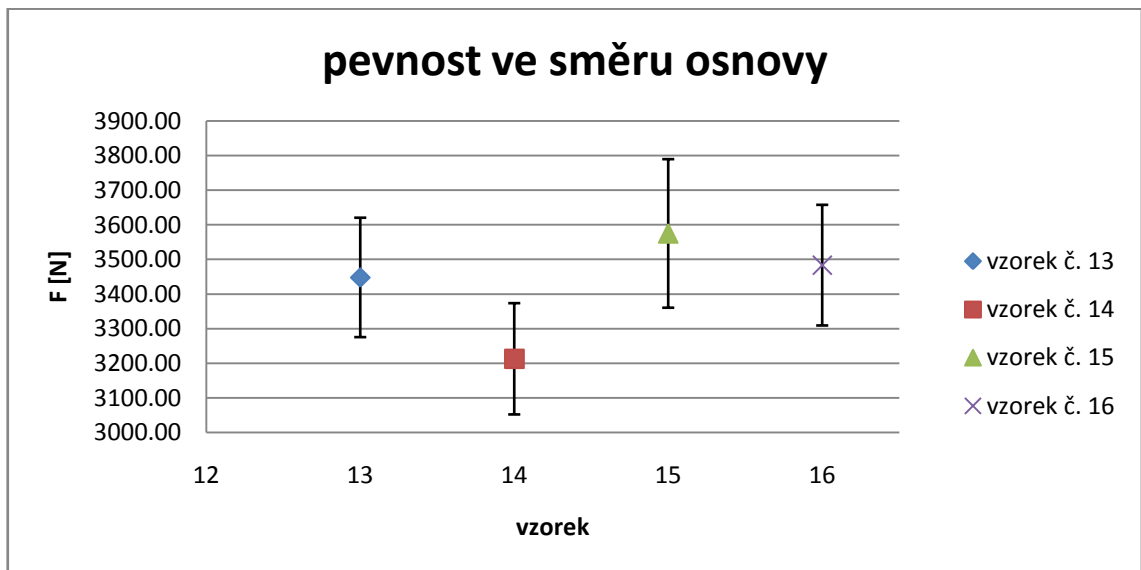
Z obrázků 39 a 42 grafů průměrných křivek je vidět, že všechny křivky mají velmi podobné průběhy. To jak ve směru osnovy, tak i ve směru útku. Dvojnásobné tkaniny jsou stabilnější z hlediska variability, což dokazují průměrné tahové křivky, které jsou téměř totožné.

Ve směru osnovy mají vzorky pevnost cca 3,5 kN. Jen vzorek číslo 14 se mírně vychyluje, má nejnižší průměrnou pevnost.

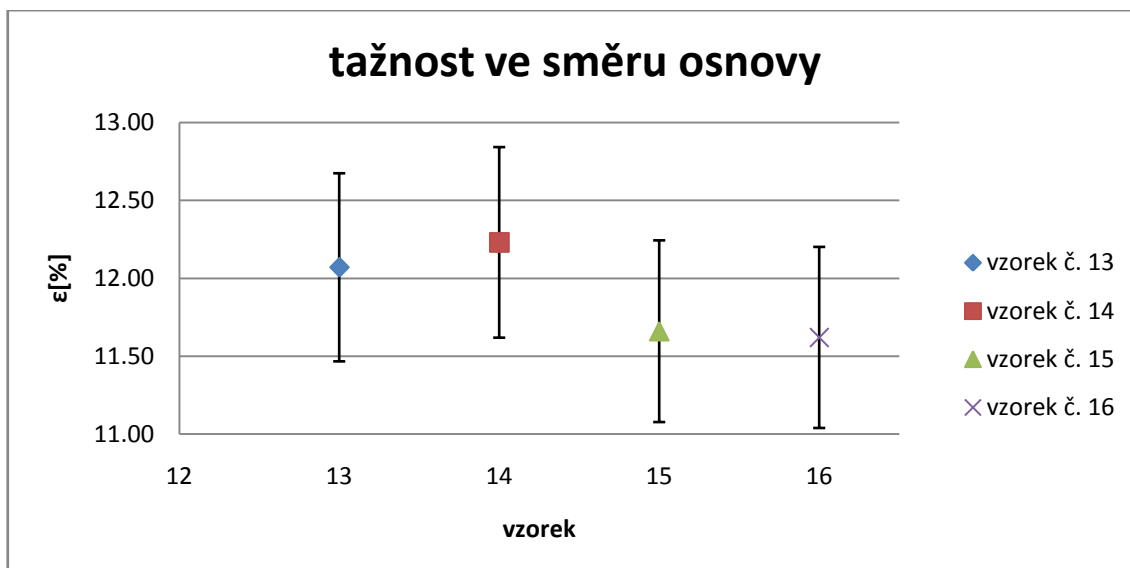
Jak již bylo řečeno na stranách 31 a 32 nejsou rozdíly středních hodnot v pevnosti a tažnosti mezi vzorky 13-16 (obr. 40 a 41) statisticky významné.



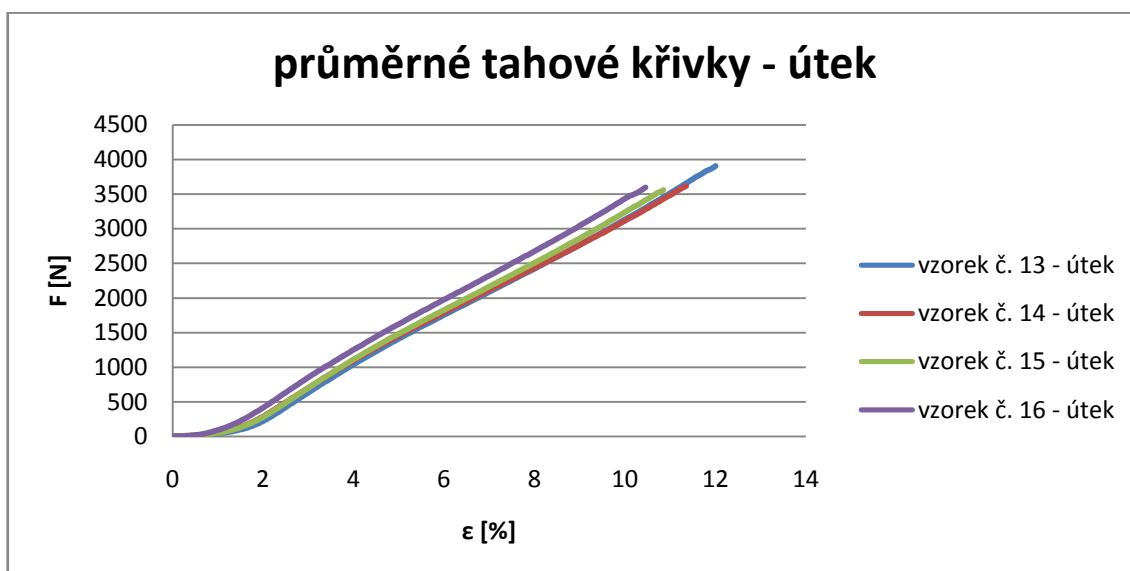
Obr. 39 - graf průměrných tahových křivek ve směru osnovy pro vzorky 13-16



Obr. 40 - průměrné pevnosti ve směru osnovy pro vzorky 13-16 včetně 95% IS



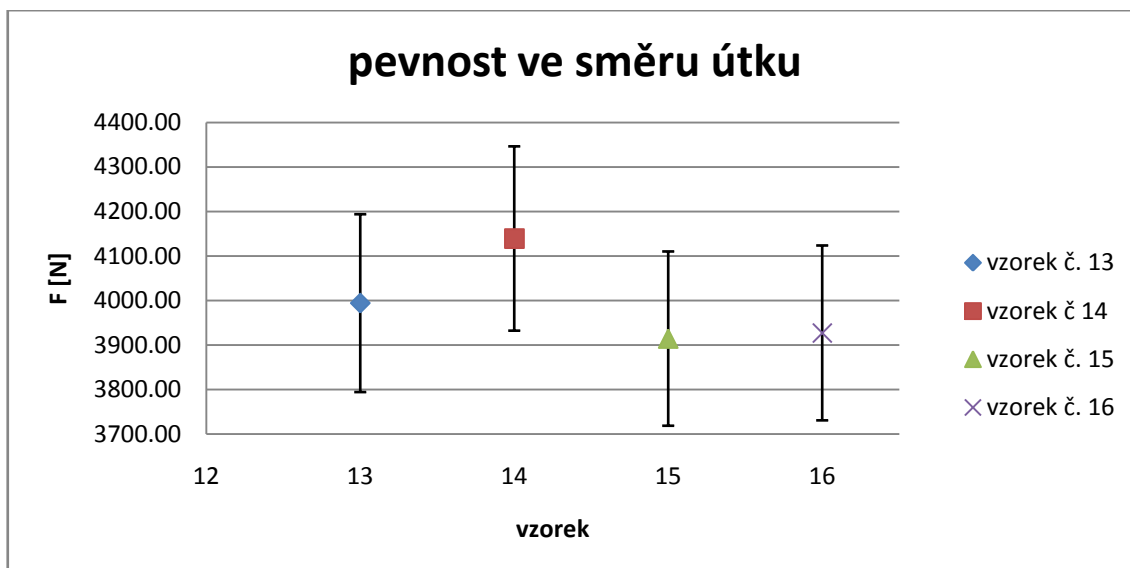
Obr. 41 - průměrné tažnosti ve směru osnovy pro vzorky 13-16 včetně 95% IS



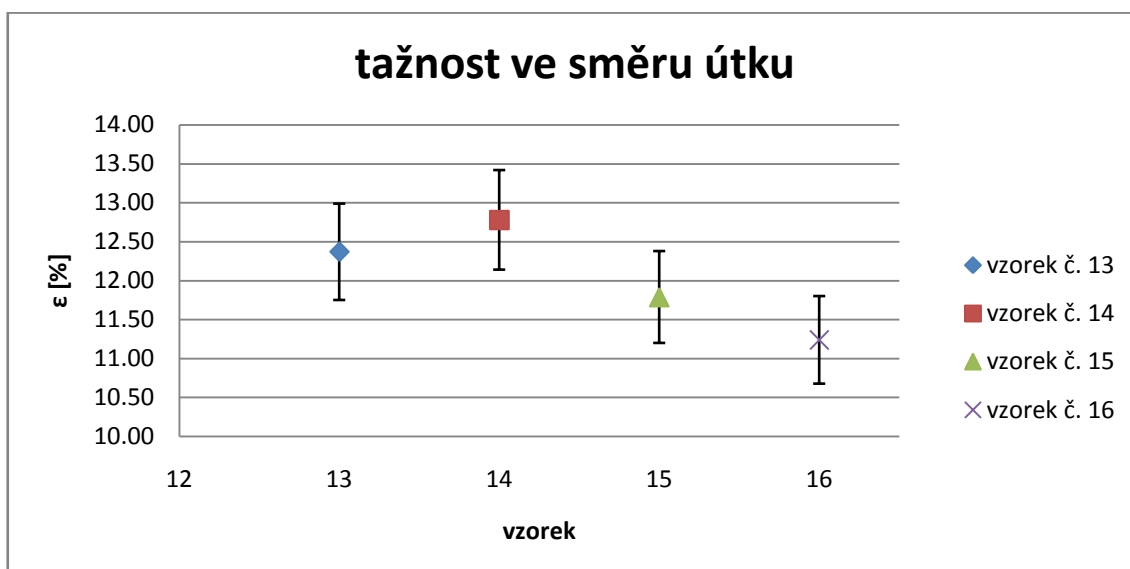
Obr. 42 - graf průměrných tahových křivek ve směru útku pro vzorky 13-16

Ve směru útku (obr. 42) mají všechny křivky průměrnou pevnost kolem 3,5 kN, pouze pevnost vzorku číslo 13 dosahuje téměř 4 kN.

Rozdíly středních hodnot pevností a tažností ve směru útku (obr. 43 a 44) nejsou statisticky významné, viz strany 31 a 32.



Obr. 43 - průměrné pevnosti ve směru útku pro vzorky 13-16 včetně 95% IS



Obr. 44 - průměrné pevnosti ve směru útku pro vzorky 13-16 včetně 95% IS

#### 6.4. Porovnání průměrných tahových křivek jednoduché, vrstvené bez spojek a dvojnásobných se spojkami

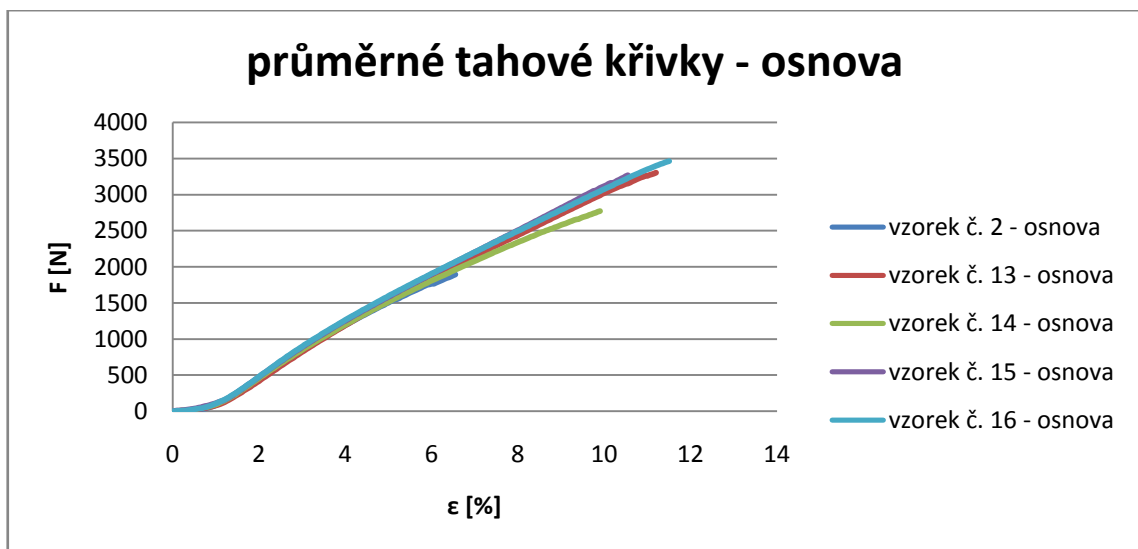
Protože dvojnásobné tkaniny jsou tkány v plátnové vazbě s dostavou osnovy i útku 8 nití/cm můžeme je porovnat s jednoduchou tkaninou v plátnové vazbě se stejnou dostavou.

Z obrázků 45 a 48 je ihned patrné, že dvojnásobné tkaniny mají průměrné pevnosti vyšší téměř o 1 kN oproti tkaninám jednoduchým, a to v obou směrech namáhání. Naopak tuhosti obou druhů tkanin jsou velmi podobné. Jednoduchá

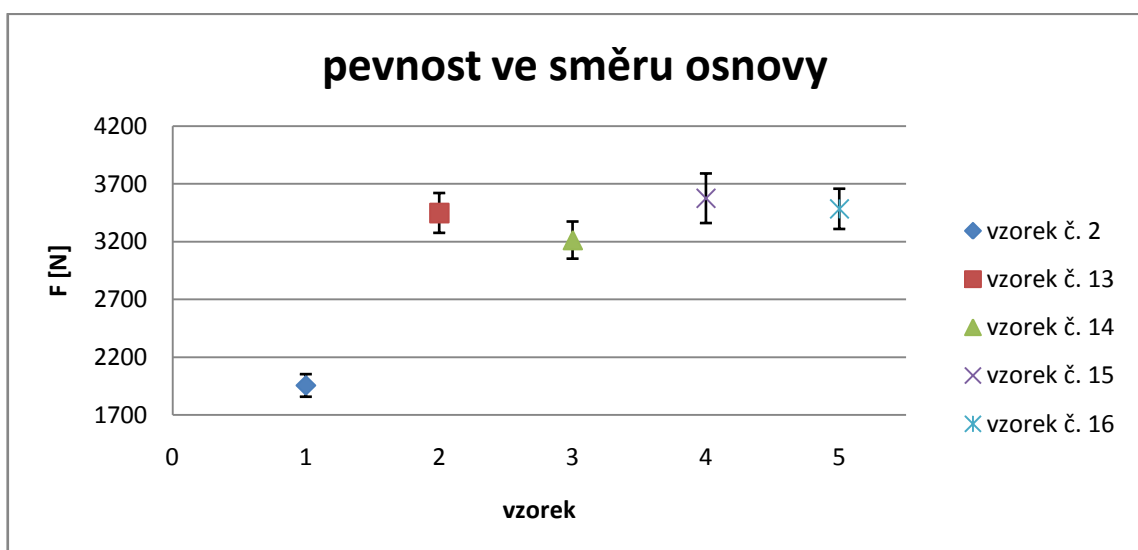
tkanina (vzorek č. 2) má totožný průběh tahové křivky jako tkaniny dvojnásobné. To platí pro oba směry namáhání.

Ve směru osnovy se průměrná pevnost jednoduché tkaniny pohybuje pod hranicí 2 kN, naopak průměrná pevnost dvojnásobných tkanin je kolem 3,5 kN. Mimo vzorku číslo 14, který má nejnižší průměrnou pevnost ze skupiny dvojnásobných tkanin.

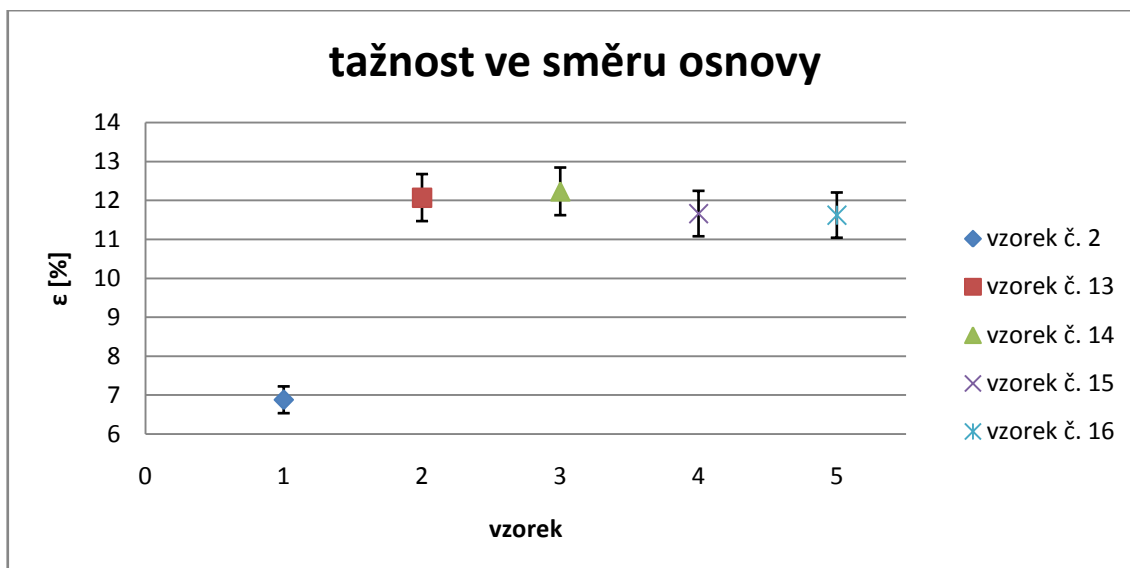
Rozdíly středních hodnot mezi vzorkem 2 a vzorky 13-16 jsou statisticky významné. To platí jak pro rozdíly středních hodnot v pevnostech (obr. 46), tak pro rozdíly středních hodnot v tažnostech (obr. 47).



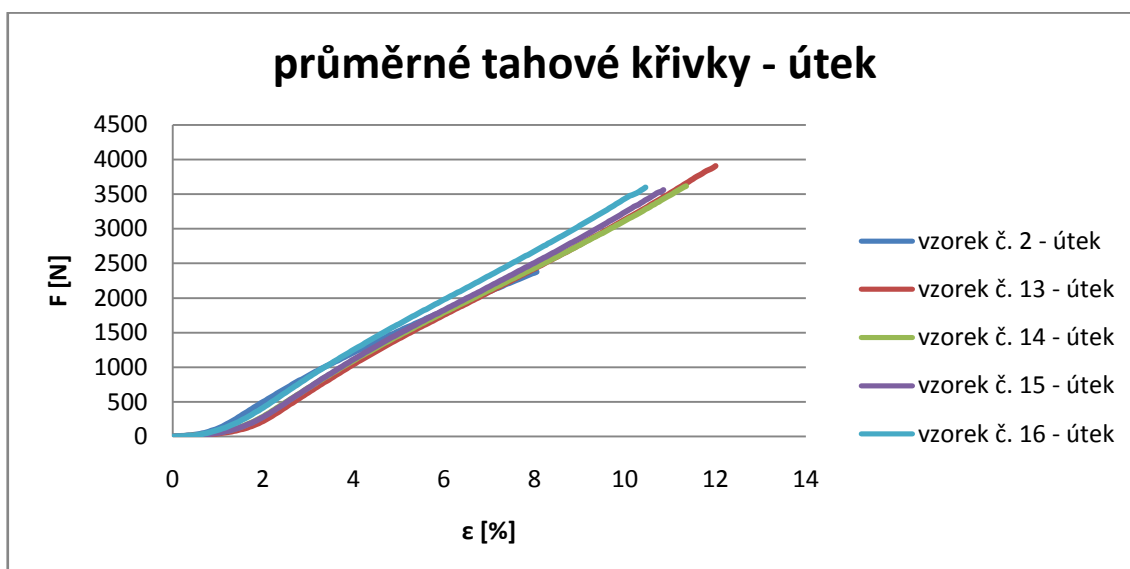
Obr. 45 - graf průměrných tahových křivek ve směru osnovy pro vzorek 2 a vzorky 13-16



Obr. 46 - průměrné pevnosti ve směru osnovy pro vzorek 2 a vzorky 13-16 včetně 95% IS



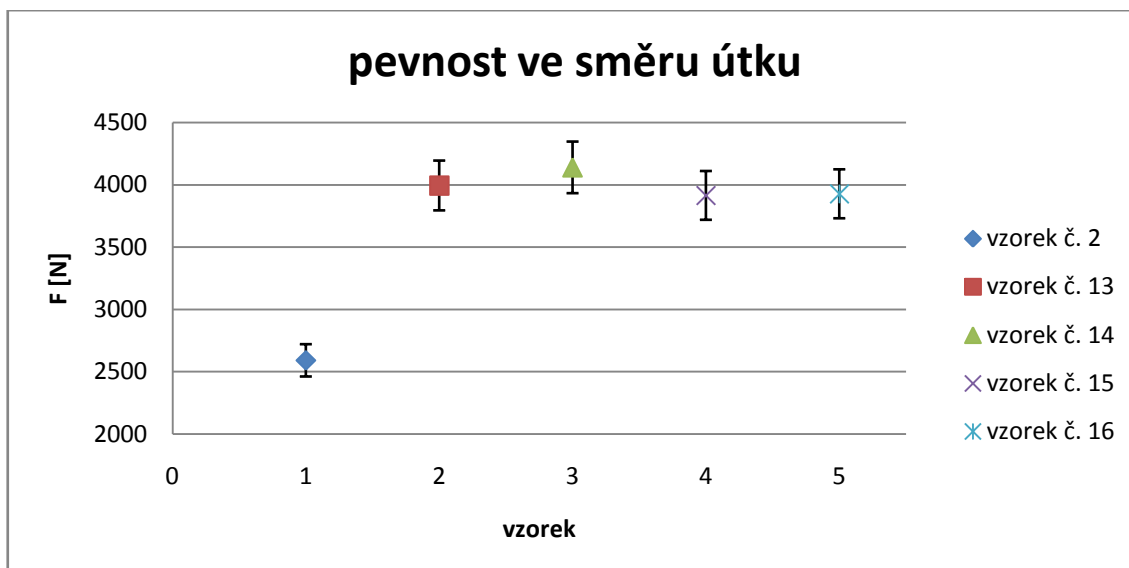
Obr. 47 – průměrné tažnosti ve směru osnovy pro vzorek 2 a vzorky 13-16 včetně 95% IS



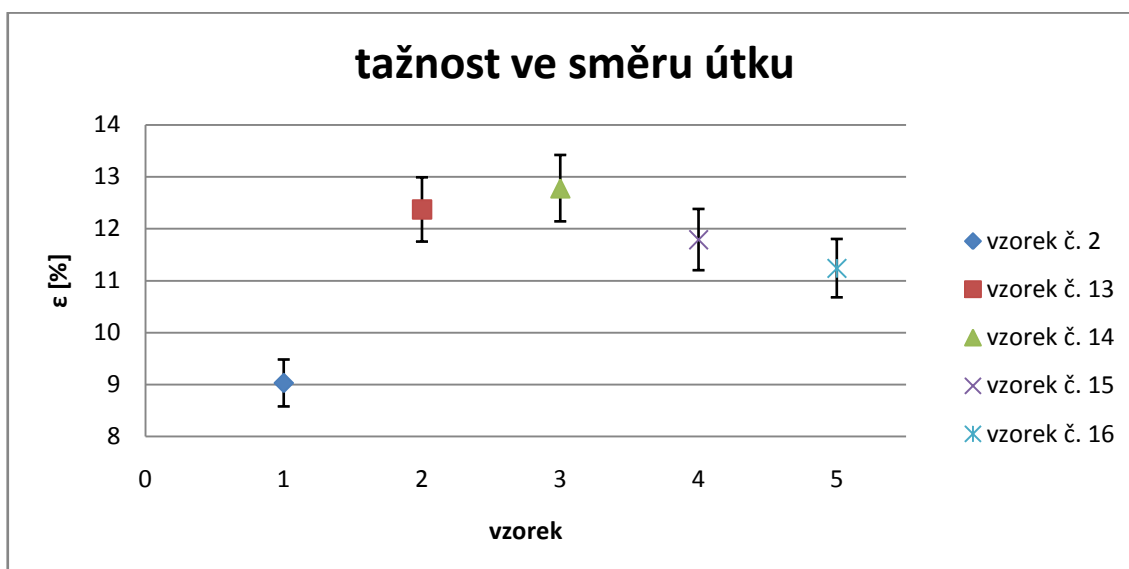
Obr. 48 - graf průměrných tahových křivek ve směru útku pro vzorek 2 a vzorky 13-16

Ve směru útku se průměrná pevnost jednoduché tkaniny pohybuje okolo 2,5 kN a u tkanin dvojnásobných nad 3,5 kN.

Ve směru útku jsou pro pevnost (obr. 49) a tažnost (obr. 50) také statisticky významné rozdíly středních hodnot mezi vzorkem 2 a skupinou vzorků 13-16.



Obr. 49 - průměrné pevnosti ve směru útku pro vzorek 2 a vzorky 13-16 včetně 95% IS

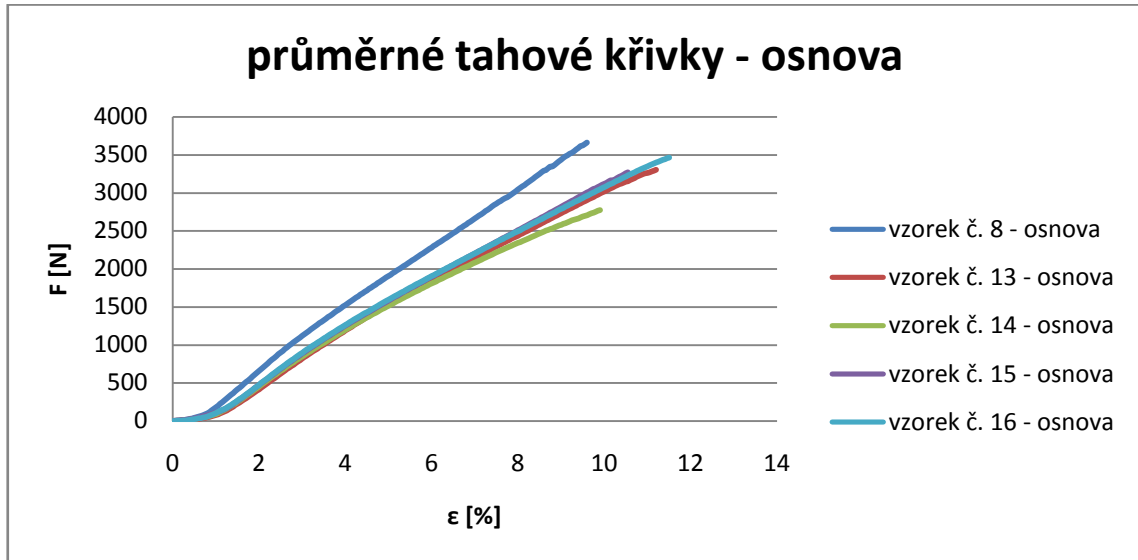


Obr. 50 - průměrné tažnosti ve směru útku pro vzorek 2 a vzorky 13-16 včetně 95% IS

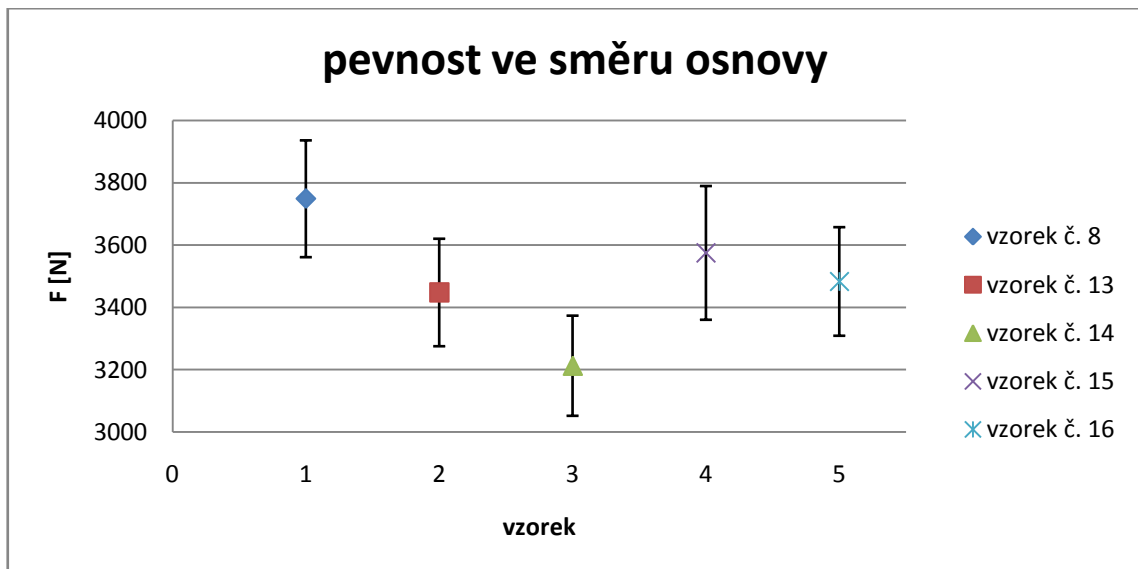
Další skupinou tkanin, které lze porovnat jsou tkaniny dvojnásobné se spojkami a tkaniny vrstvené bez spojek v plátnové vazbě a dostavou 8 nití/cm ve směru osnovy i útku.

Na obrázcích 51 a 54 je patrný strmější průběh křivky vrstvené tkaniny bez spojek (vzorek č. 8) než u tkanin dvojnásobných v obou směrech namáhání. To znamená, že tato tkanina má vyšší tuhost oproti tkaninám spojkovým. Nejvíce je to patrné ve směru osnovy, kdy mají všechny spojkové tkaniny stejné rozložení spojek po 10 mm, kromě vzorku č. 13, zde je rozložení po 5 mm.

Rozdíly středních hodnot pevností ve směru osnovy (obr. 52) mezi vzorkem 8 a vzorky 13-16 jsou statisticky nevýznamné. Naopak u tažnosti v tomto směru (obr. 53) jsou rozdíly středních hodnot statisticky významné.

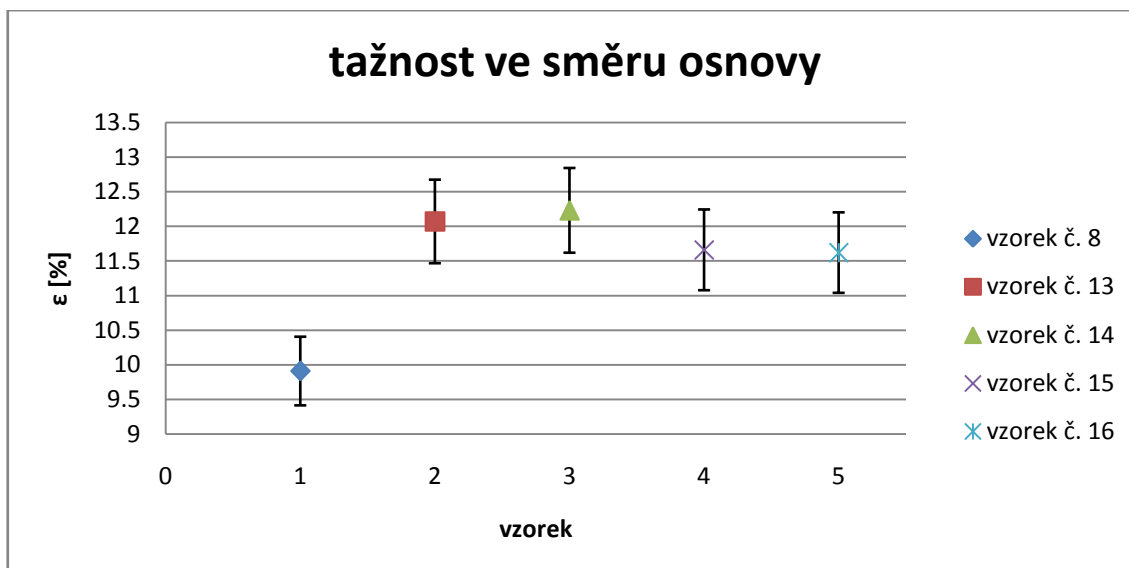


Obr. 51 - graf průměrných tahových křivek ve směru osnovy pro vzorek 8 a vzorky 13-16

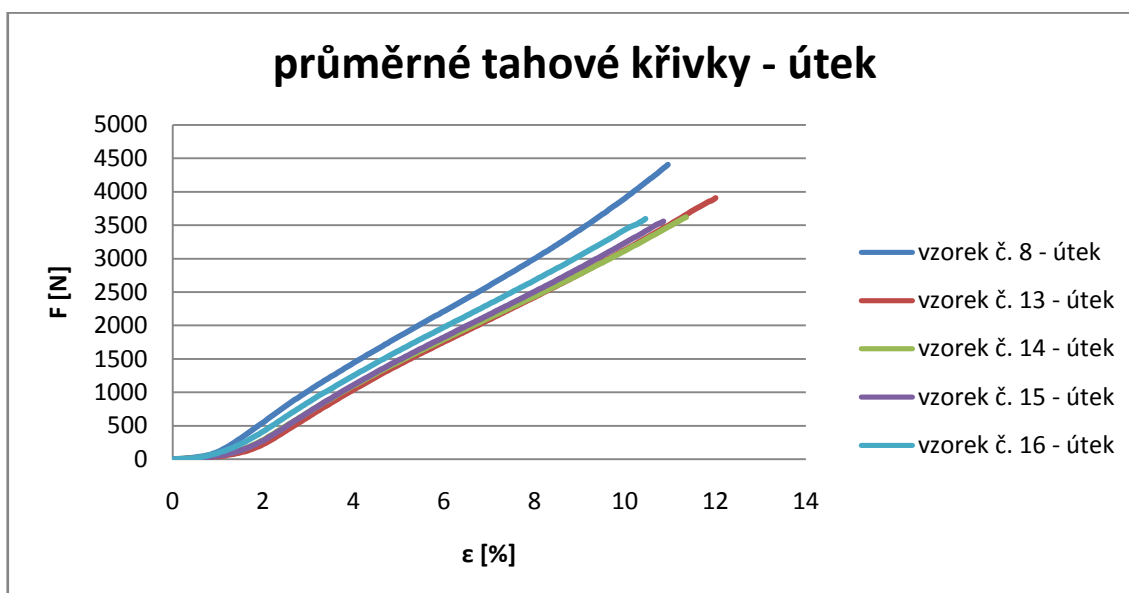


Obr. 52- průměrné pevnosti ve směru osnovy pro vzorek 8 a vzorky 13-16 včetně 95% IS





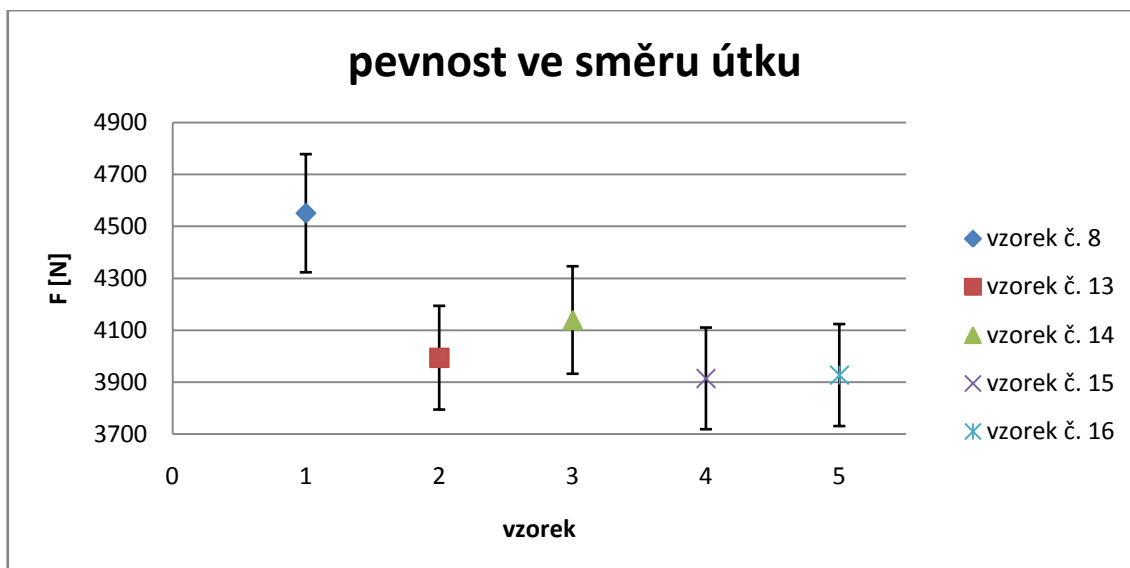
Obr. 53 - průměrné tažnosti ve směru osnovy pro vzorek 8 a vzorky 13-16 včetně 95% IS



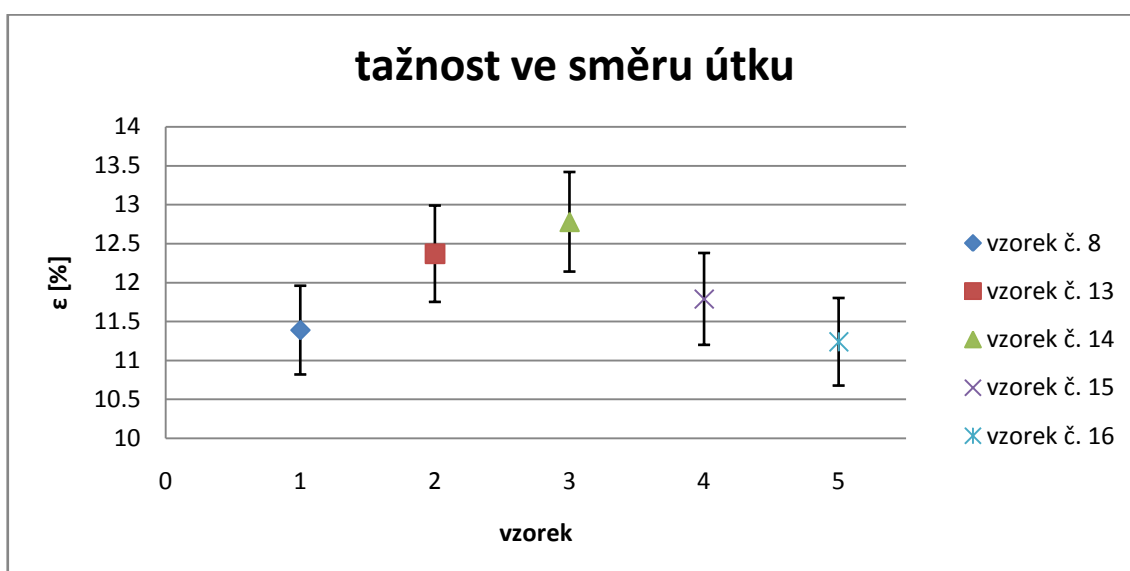
Obr. 54 - graf průměrných tahových křivek ve směru útku pro vzorek 8 a vzorky 13-16

Naopak na grafu pro směr útku (obr. 54) je vidět, že i rozmístění spojek se projevuje na tažnosti i tuhosti tkanin. Např. vzorek č. 12, který má ve směru útku rozmístění spojek po 20 mm je nejtužší a zároveň má nejnižší tažnost.

Rozdíly středních hodnot pevnosti pro směr útku (obr. 55) jsou statisticky významné. Naopak rozdíly středních hodnot tažnosti (obr. 56) jsou statisticky nevýznamné.



Obr. 55 - průměrné pevnosti ve směru útku pro vzorek 8 a vzorky 13-16 včetně 95% IS



Obr. 56 - průměrné tažnosti ve směru útku pro vzorek 8 a vzorky 13-16 včetně 95% IS

## 7. ZÁVĚR

Cílem práce bylo posouzení vlivu konstrukce (stavby tkaniny) na výsledné mechanické vlastnosti, včetně posouzení zpracovatelnosti dané konstrukce na tkacím stroji.

V tkalcovně Katedry textilních technologií byly vytvořeny experimentální vzorky tkanin, které byly následně podrobeny jednoosému namáhání v laboratoři Katedry textilních technologií na testovacím stroji Testometric M350-10 CT.

Data byla zpracována pro posouzení výsledků. Pro přehlednost byly vytvořeny průměrné tahové křivky pomocí programu MATLAB.

Jak je patrné z jednotlivých výsledků, počet měření (počet vzorků) byl malý. Některé předpoklady, jako např. s rostoucí dostavou roste pevnost i tažnost, s rostoucím provázáním roste tažnost, nebylo možné dosáhnout a to z důvodu malého počtu opakování pro každou sadu konstrukce tkaniny.

Měření ukázalo, že obě použité konstrukce tkanin nemají významný vliv na jejich pevnost. Nejvýznamnějším rozdílem byla náročnost výroby mezi těmito konstrukcemi, a také rozdíl v tažnosti a tuhosti konstrukcí. Další rozdíly mohou být pozorovány při následném použití tkaných výztuží do kompozitů ve spojení s matricí.

Mezi vrstvenými jednoduchými tkaninami a dvojnásobnými tkaninami nejsou žádné výrazné rozdíly. Rozdíly se pohybují v řádech desítek až stovek newtonů. Výhodou je snadná výroba, protože se jedná o spojení dvou jednoduchých tkanin. Budoucím problémem může být následné upevnění tkanin k sobě. Vrstvením tkanin může vznikat posun a smyk mezi jednotlivými vrstvami v kompozitu, který může mít vliv na výsledné chování kompozitu. To však nebylo tématem této práce a pro spojení dvou vzorků určených pro jednoosé namáhání bylo použito oboustranné lepicí pásky. Tuto problematiku posunu tkanin v matrici by bylo vhodné dále podrobněji prostudovat pro získání celkových výsledků a možností aplikace těchto tkanin.

U dvojnásobných tkanin je oproti vrstveným jednoduchým tkaninám vyřešen problém spojení tkanin a jejich fixace na místě. To zde zajišťují spojky, které se tvoří ve tkanině již během procesu výroby. Může zde naopak vznikat problém při pronikání matrice v místě spojky, kde může dojít k menšímu pronikání u hustě konstruovaných tkanin. I tímto problémem by bylo vhodné se nadále zabývat.

Nejvýznamnějším rozdílem je tažnost oproti všem ostatním tkaninám. Je to z důvodu spojek, kde se rozmístění spojek projeví na tažnosti. Podle grafů uvedených výše, s menším počtem spojek na  $\text{cm}^2$ , resp. s větší vzdáleností rozmístění spojek, klesá tažnost a naopak roste tuhost celé konstrukce. Tuhost by bylo možné podrobněji porovnat na základě modulu pružnosti.

Nevýhodou této konstrukce je náročná výroba, kde je nutné použít více osnovních válu v případě rozdílných materiálů na vstupu. Tato nevýhoda odpadá při tkaní konstrukcí se stejnými parametry. V tomto případě je možné tkát z jednoho osnovního válu. S tímto problémem je spojené i obtížnější navádění osnov, je využito dílové navádění do listů (každá osnova má svůj díl listů, pomocí kterých je ovládána).

## 8. LITERATURA

- [1] Kompozitní materiály. *UMI FSV ČVUT* [online]. Praha: ČVUT, 2014 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: [http://umi.fs.cvut.cz/wp-content/uploads/2014/08/6\\_kompozitni-materialy.pdf](http://umi.fs.cvut.cz/wp-content/uploads/2014/08/6_kompozitni-materialy.pdf)
- [2] Všeobecný a základní popis materiálů používaných při výrobě kompozitů. *Havel Composites* [online]. Praha: Thecreativezone, 2010 [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.havel-composites.com/clanky/4-Technologie/74-Vseobecny-a-zakladni-popis-materialu-pouzivanych-pri-vyrobe-kompozitu.html>
- [3] Kompozity - Doc. Ing. Zdeněk Kořínek, CSc. [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: [https://drive.google.com/file/d/0B8vQSuH1vI\\_vV115RHg1SIFPNW8/view](https://drive.google.com/file/d/0B8vQSuH1vI_vV115RHg1SIFPNW8/view)
- [4] propagační materiál firmy Havel Composites CZ s.r.o.
- [5] NOSEK, Stanislav. *Struktura a geometrie tkanin*. Liberec: Technická univerzita, 1996.
- [6] NECKÁŘ, Bohumil. *Struktura a vlastnosti textilií - přednášky*. TUL: Katedra textilních technologií.
- [7] BEDNÁŘ, Vladimír a Stanislav SVATOŠ. *Vazby a rozbory tkanin I*. Praha: SNTL, 1989, 238 s. ISBN 80-03-00082-3.
- [8] Dílčí projekt: Systém projektování „příze – tkanina“. Výzkumné centrum Textil [online]. Liberec: VÚTS Liberec, 2014 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: [http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.4\\_manual/%5b1.4.03%5d.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.4_manual/%5b1.4.03%5d.pdf)
- [9] KOVÁŘ, Radko. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. V Liberci: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-676-8.
- [10] Zkoušení textilií - přednáška 7: Mechanické vlastnosti. *Katedra materiálového inženýrství* [online]. Liberec: Technická univerzita, 2011 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: [http://www.kmi.tul.cz/studijni\\_materialy/data/2015-04-09/08-59-02.pdf](http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2015-04-09/08-59-02.pdf)
- [11] ČSN EN ISO 13934-1. Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií: Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip. Praha: Český normalizační institut, 1999.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Přílohy obsahují maximální hodnoty pevnosti a tažnosti jednotlivých druhů tkanin včetně průměrné hodnoty a 95% intervalu spolehlivosti, grafy jednotlivých tahových křivek a fotografie z obrazové analýzy. K práci jsou pro ukázkou dále přiloženy dva vzorníky vyráběných tkanin.

- |           |   |
|-----------|---|
| <b>01</b> | jednoduché tkaniny                                      |
| <b>02</b> | vrstvené tkaniny bez spojek                             |
| <b>03</b> | dvojnásobné tkaniny se spojkami                         |
| <b>04</b> | fotografie z obrazové analýzy                           |
| <b>05</b> | vzorník experimentálních vzorků                         |
| <b>06</b> | vzorník dalších možností konstrukčních parametrů tkanin |

## **PŘÍLOHY**

## PŘÍLOHA 01

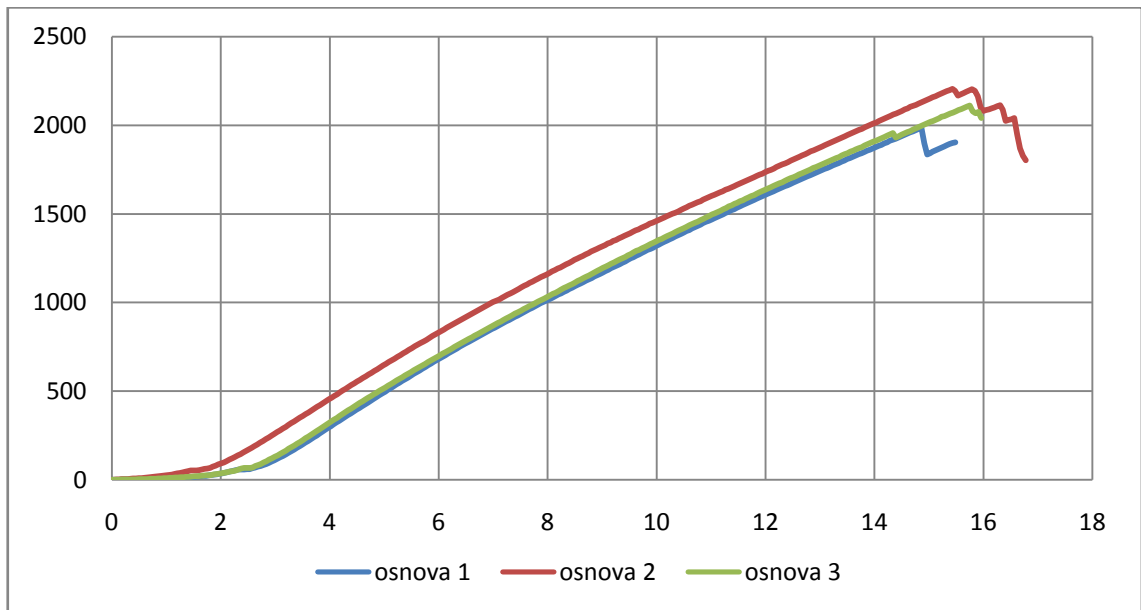
Maximální hodnoty pevnosti a tažnosti jednoduchých tkanin včetně intervalu spolehlivosti, tabulka 1. Tahové křivky všech měření jednoduchých tkanin, obrázek 1 až 12.

Tabulka 1 - maximální hodnoty pevnosti a tažnosti

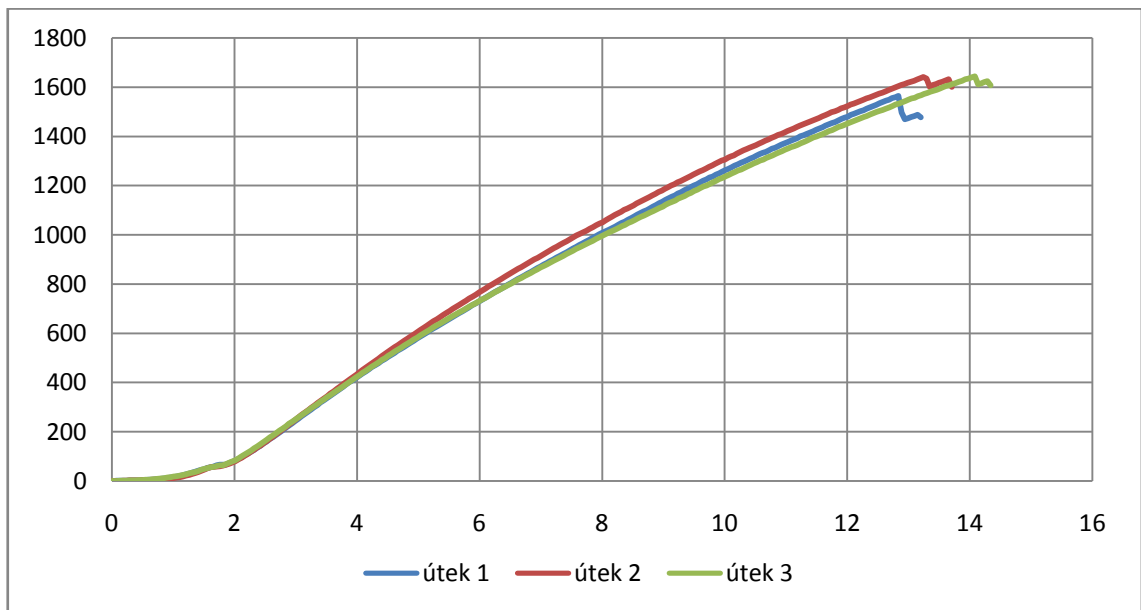
	osnova		útek	
	$F_{\max}$ [N]	$\epsilon$ [%]	$F_{\max}$ [N]	$\epsilon$ [%]
vzorek č. 1	1985	7,43	1564	6,42
	2205	7,71	1641	6,62
	2112	7,88	1644	7,04
Průměr	2100,67	7,67	1616,33	6,69
95% IS	(1998,63; 2202,71)	(7,47; 7,78)	(1574,43; 1658,23)	(6,40; 6,98)
vzorek č. 2	2018	6,6	2900	9,59
	2038	7,42	2377	8,08
	1811	6,62	2497	9,43
Průměr	1955,67	6,88	2591,33	9,03
95% IS	(1839,55; 2071,79)	(6,45; 7,31)	(2338,21; 2844,45)	(8,26; 9,80)
vzorek č. 3	1996	7,8	2003	8,23
	1836	8,37	2177	8,85
	1721	8,13	2098	8,43
Průměr	1851	8,1	2092,67	8,51
95% IS	(1723,39; 1978,61)	(7,84; 8,36)	(2012,17; 2173,17)	(8,22; 8,80)
vzorek č. 4	2131	7,57	1764	6,99
	2387	7,98	1682	7,54
	2206	7,25	1793	7,27
Průměr	2241,33	7,6	1746,33	7,27
95% IS	(2119,73; 2362,93)	(7,26; 7,94)	(1693,13; 1799,53)	(7,02; 7,52)
vzorek č. 5	2168	8,03	2268	7,68
	2046	8,19	2420	8,81
	2116	8,32	2173	8,16
Průměr	2110	8,18	2287	8,22
95% IS	(2053,43; 2166,57)	(8,04; 8,32)	(2171,88; 2402,12)	(7,70; 8,74)
vzorek č. 6	1984	8,19	2243	8,74
	1857	8,21	2444	8,86
	1951	9,21	2578	9,31
Průměr	1930,67	8,54	2421,67	8,97
95% IS	(1869,79; 1991,55)	(8,01; 9,07)	(2265,88; 2577,46)	(8,69; 9,25)



a) Vzorek č. 1

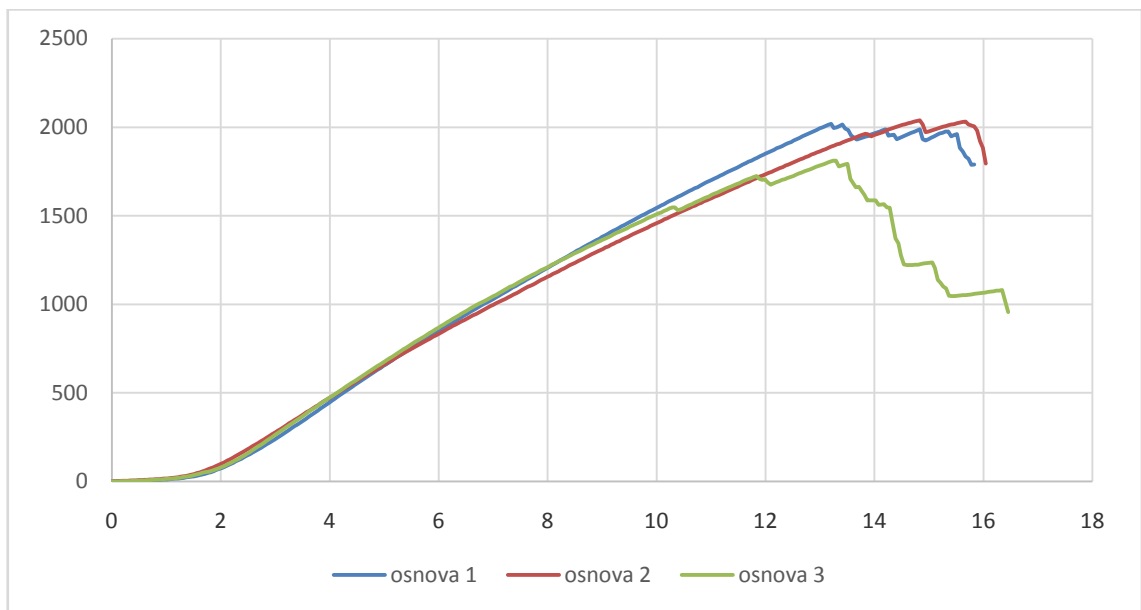


Obr. 1 - graf tahových křivek ve směru osnovy

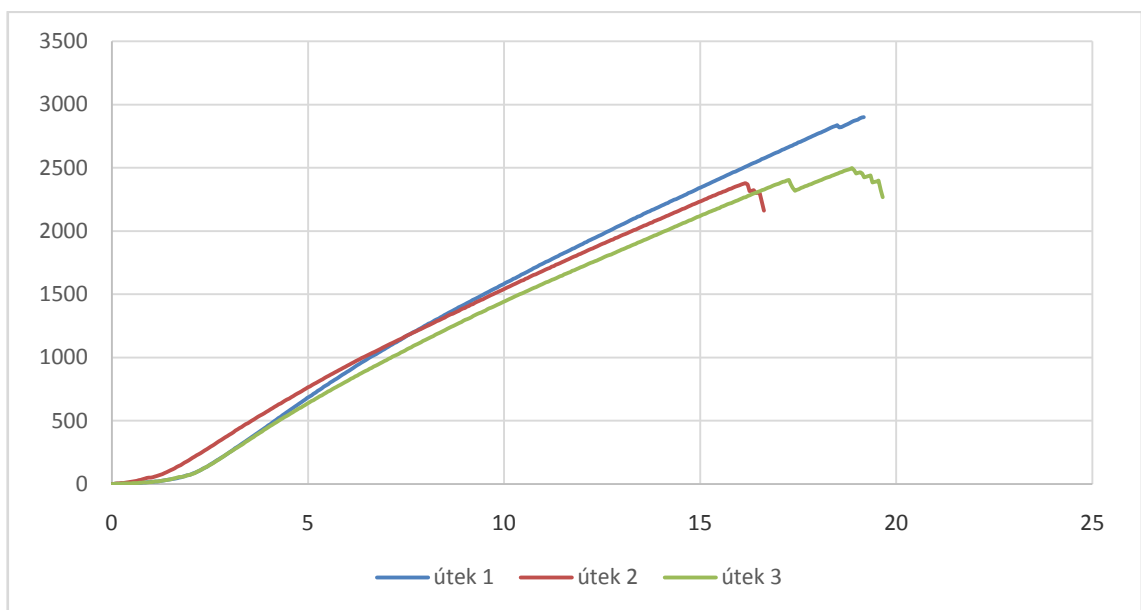


Obr. 2 - graf tahových křivek ve směru útku

b) Vzorek č. 2

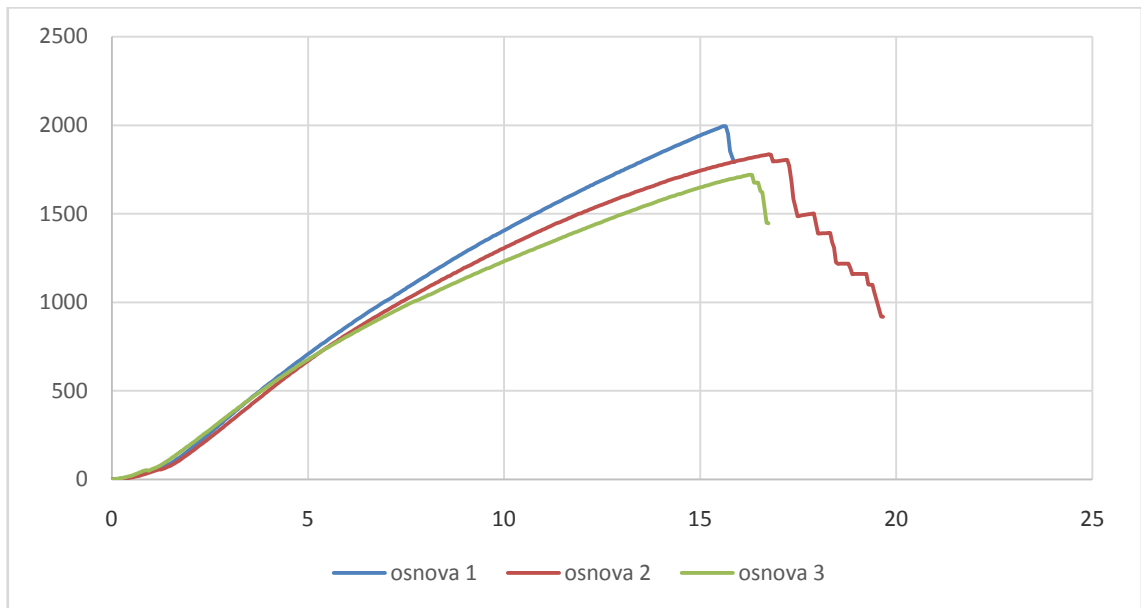


Obr. 3 - graf tahových křivek ve směru osnovy

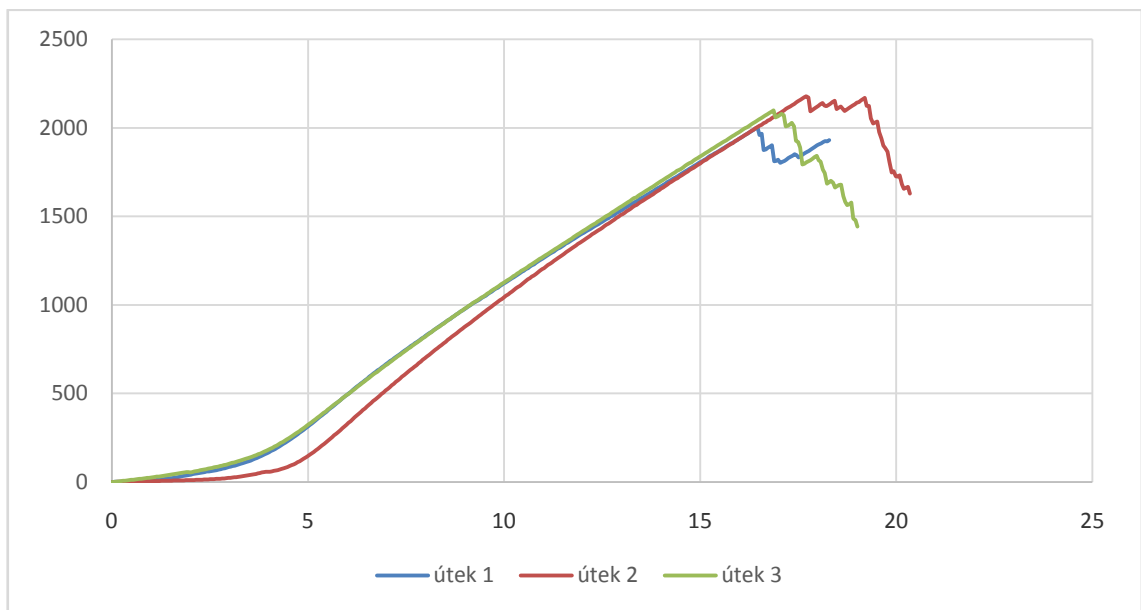


Obr. 4 - graf tahových křivek ve směru útku

c) Vzorek č. 3

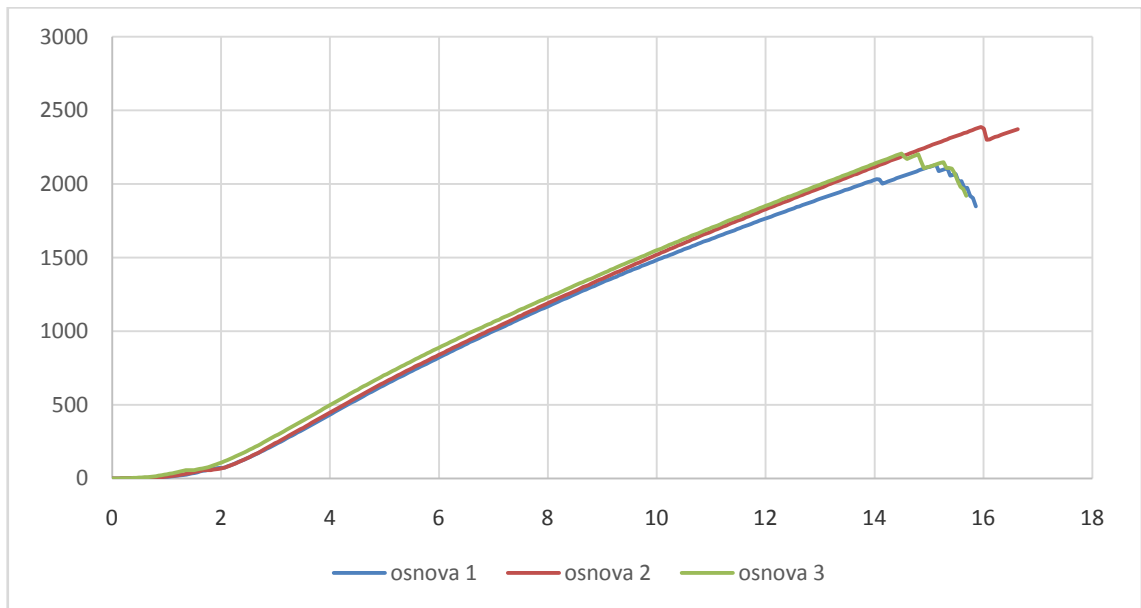


Obr. 5 - graf tahových křivek ve směru osnovy

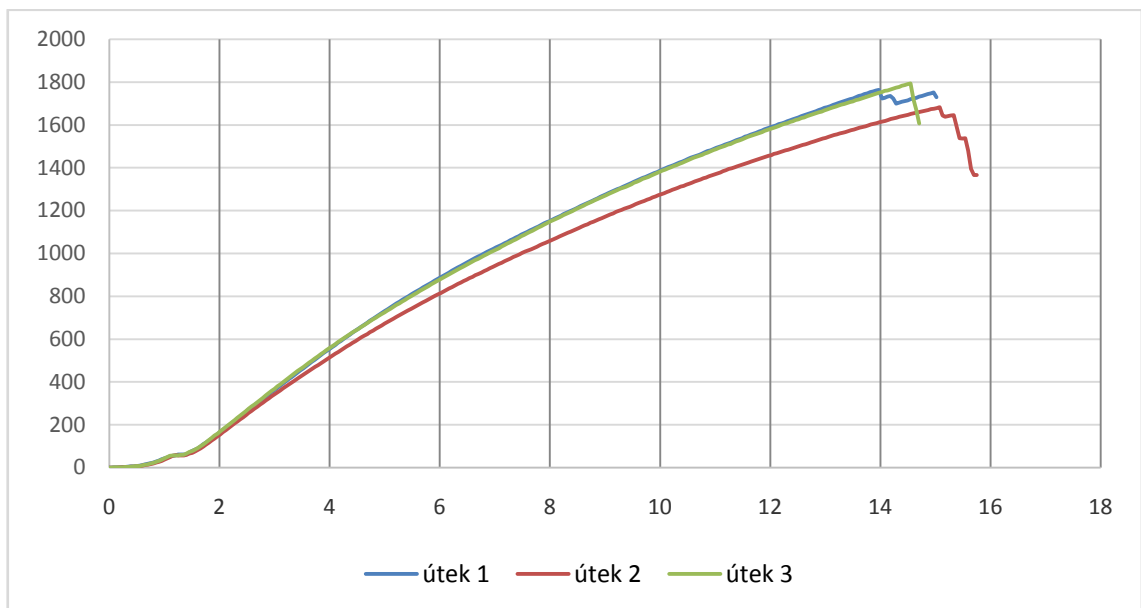


Obr. 6 - graf tahových křivek ve směru útku

d) Vzorek č. 4

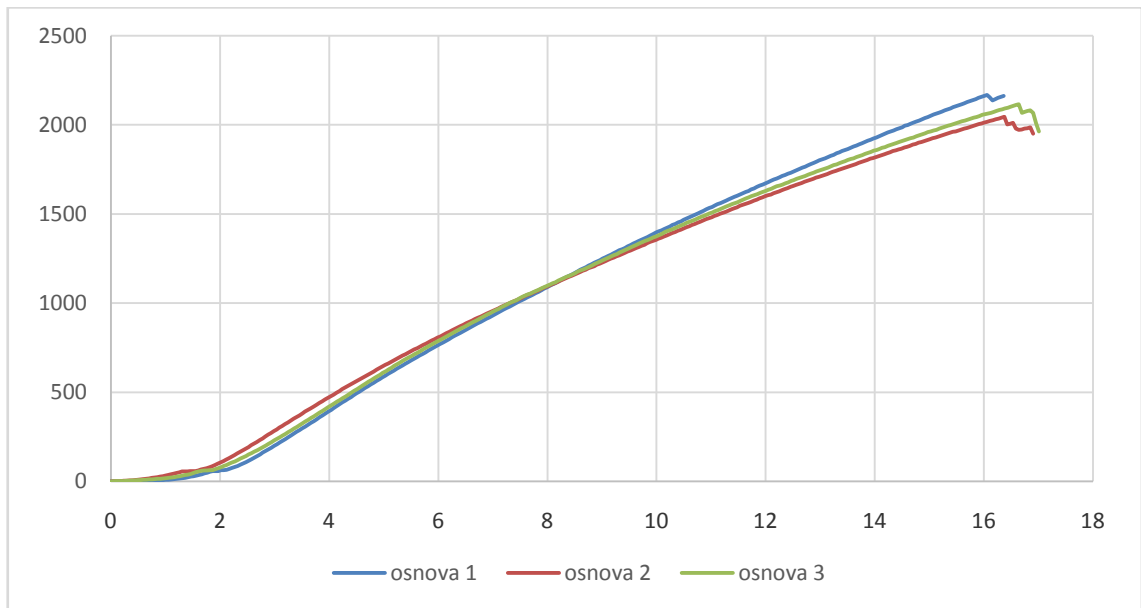


Obr. 7 - graf tahových křivek ve směru osnovy

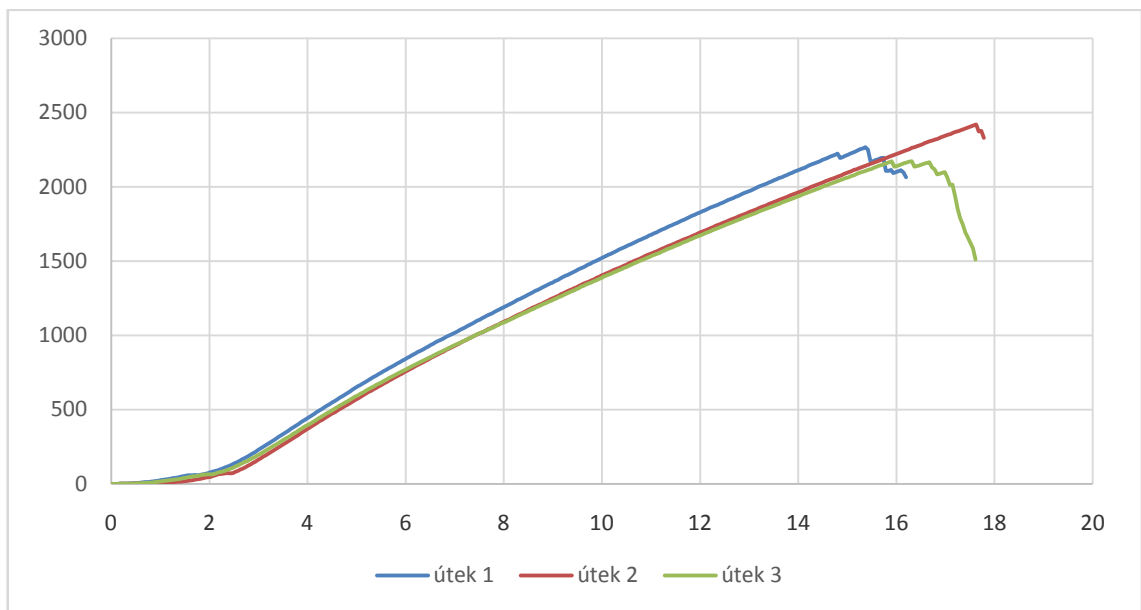


Obr. 8 - graf tahových křivek ve směru útku

e) Vzorek č. 5

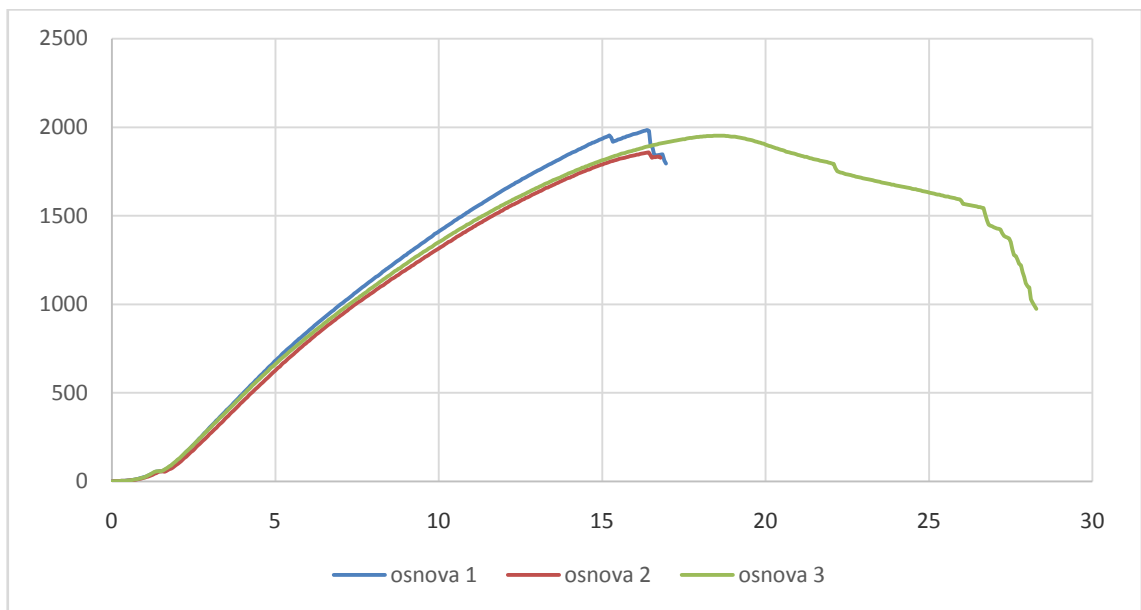


Obr. 9 - graf tahových křivek ve směru osnovy

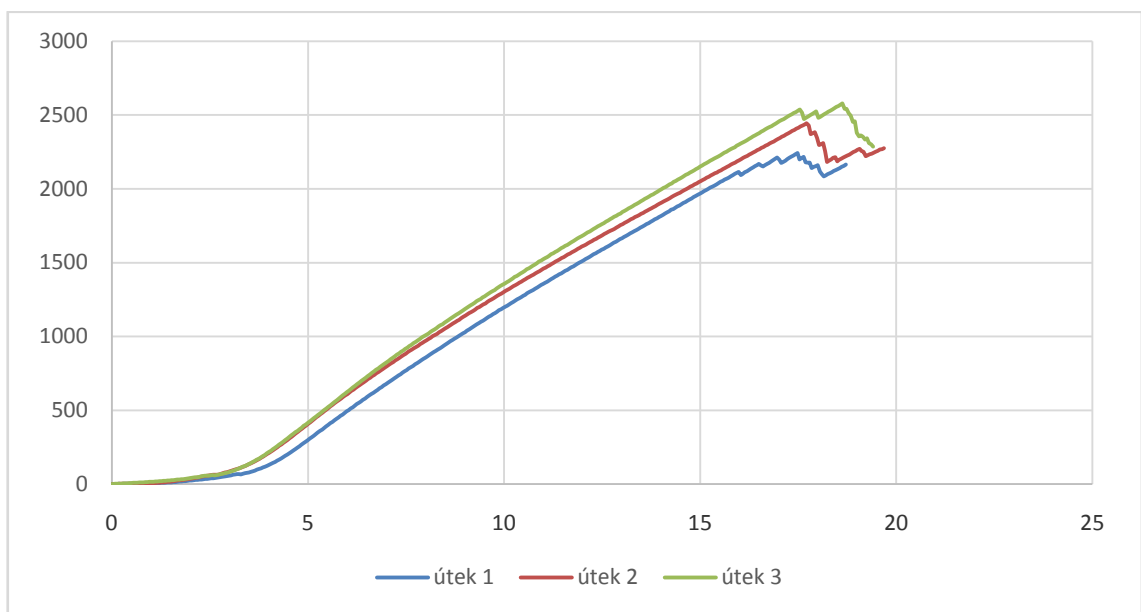


Obr. 10 - grafy tahových křivek ve směru útku

f) Vzorek č. 6



Obr. 11 - grafy tahových křivek ve směru osnovy



Obr. 12 - grafy tahových křivek ve směru útku

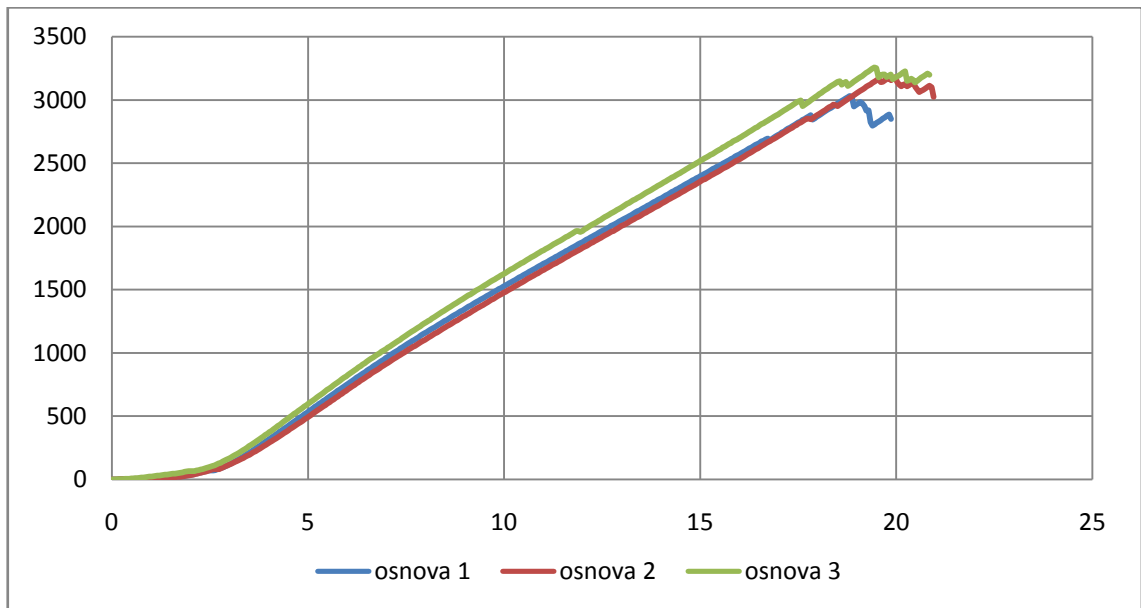
## PŘÍLOHA 02

Maximální hodnoty pevnosti a tažnosti vrstvených tkanin bez spojek včetně intervalu spolehlivosti, tabulka 1. Tahové křivky všech měření vrstvených tkanin bez spojek, obrázky 1 až 12.

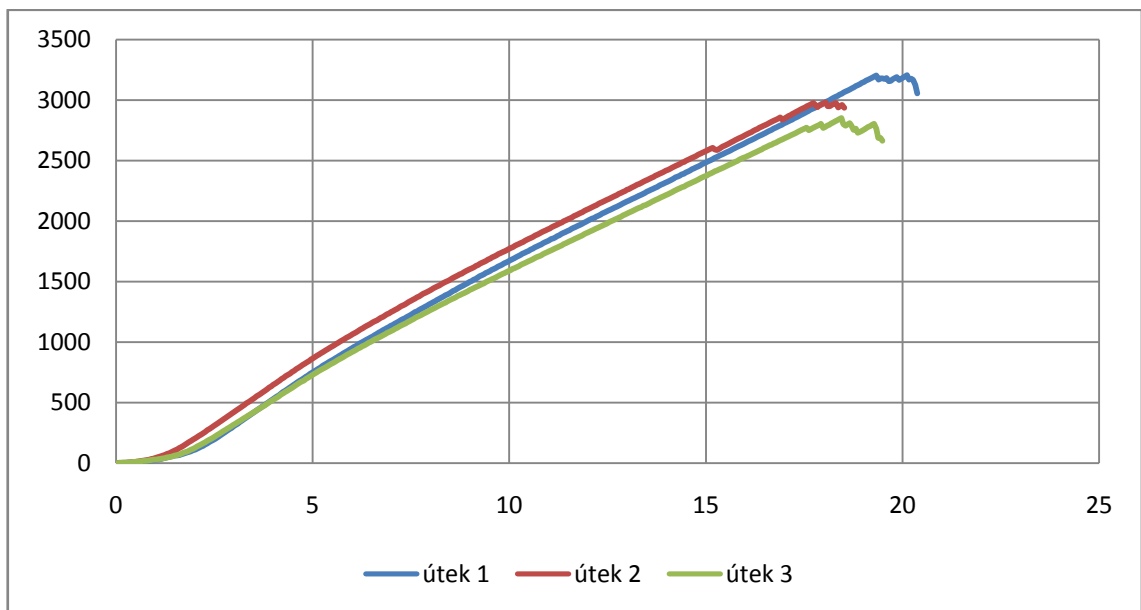
Tabulka 1 - maximální hodnoty pevnosti a tažnosti

	osnova		útek	
	$F_{\max}$ [N]	$\epsilon$ [%]	$F_{\max}$ [N]	$\epsilon$ [%]
vzorek č. 7	3031	9,41	3206	10,06
	3180	9,99	2981	9,02
	3256	9,72	2850	9,22
průměr	3155,67	9,7	3012,33	9,44
95% IS	(3049,92; 3261,42)	(9,43; 9,97)	(2845,96; 3178,70)	(8,93; 9,95)
vzorek č. 8	3629	9,63	4480	10,97
	3881	10,01	4574	11,28
	3736	10,08	4597	11,93
průměr	3748,67	9,91	4550,33	11,39
95% IS	(3631,81; 3865,53)	(9,68; 10,14)	(4493,06; 4607,60)	(10,94; 11,84)
vzorek č. 9	3799	9,18	3662	11,33
	3237	9,52	3144	10,82
	3649	10,36	3252	10,78
průměr	3561,67	9,69	3352,67	10,98
95% IS	(3292,81; 3830,53)	(9,12; 10,26)	(3100,18; 3605,16)	(10,7; 11,26)
vzorek č. 10	3421	9,41	3660	10,5
	3642	10,36	3282	9,85
	3652	9,97	3321	10,17
průměr	3571,67	9,92	3421	10,17
95% IS	(3451,02; 3692,32)	(9,48; 10,36)	(3228,91; 3613,09)	(9,88; 10,46)
vzorek č. 11	3302	9,99	3285	9,36
	3493	9,92	3215	9,91
	3902	10,79	3548	9,79
průměr	3565,67	10,23	3349,33	9,69
95% IS	(3282,46; 3848,88)	(9,79; 10,67)	(3187,11; 3511,55)	(9,43; 9,95)
vzorek č. 12	3606	10,41	3753	11,49
	3818	11,04	4540	12,56
	4049	11,75	4732	12,61
průměr	3824,33	11,07	4341,67	12,22
95% IS	(3619,61; 4029,05)	(10,46; 11,68)	(3862,36; 4820,98)	(11,63; 12,81)

a) Vzorek č. 7



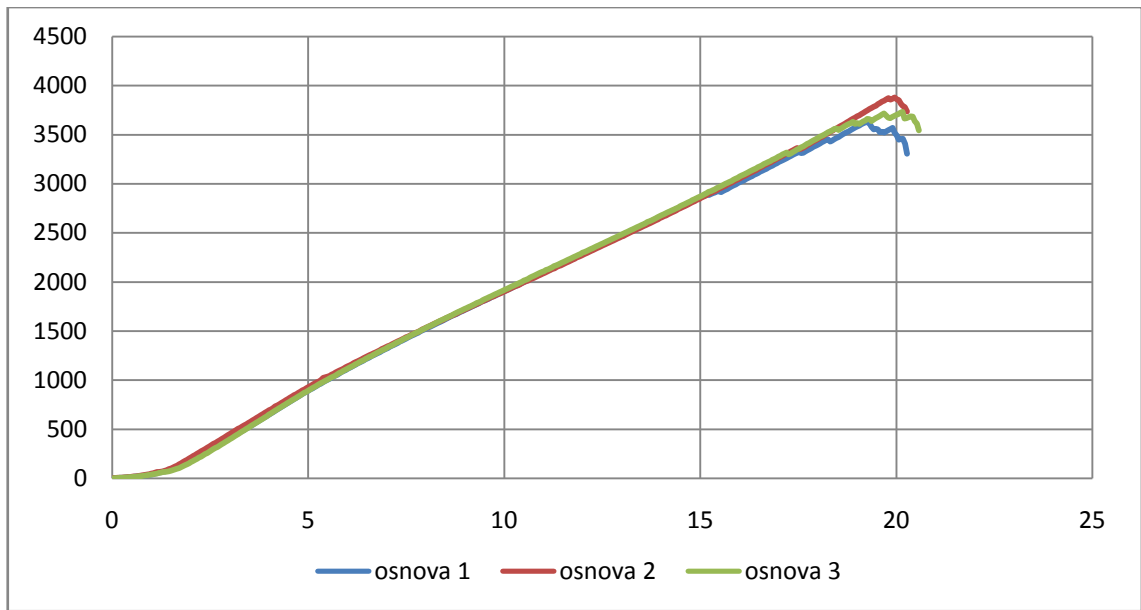
Obr. 1 - graf tahových křivek ve směru osnovy



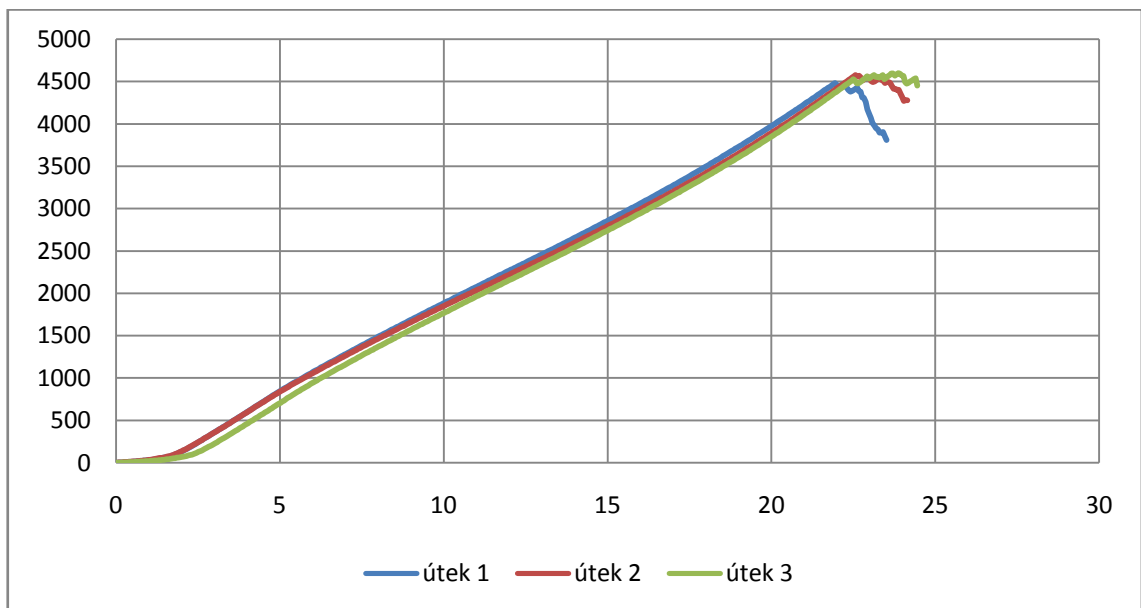
Obr. 2 - graf tahových křivek ve směru útku



b) Vzorek č. 8

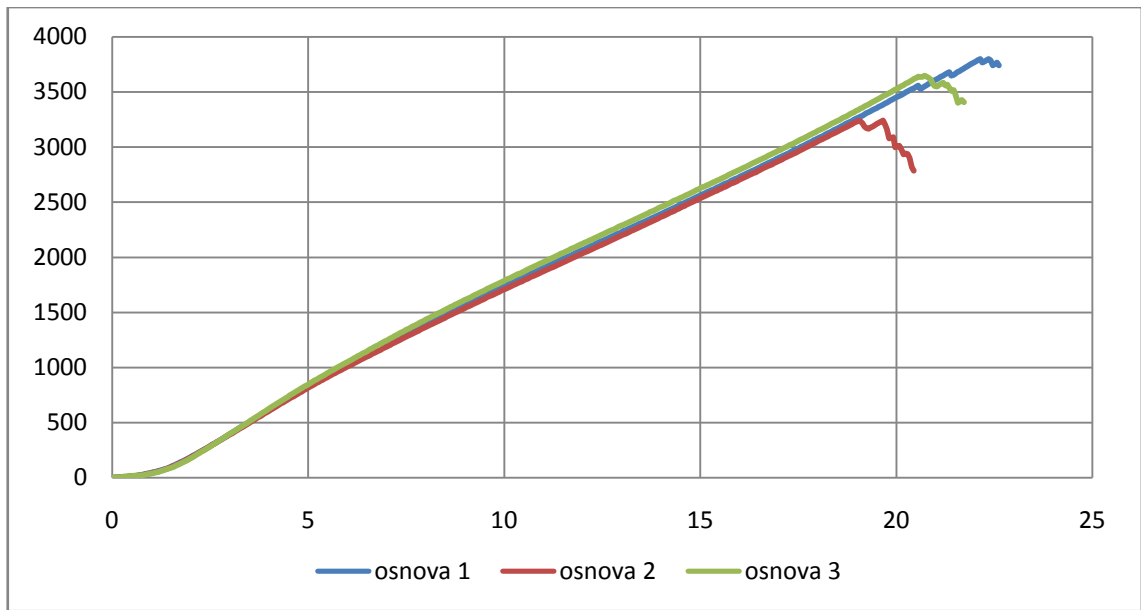


Obr. 3 - graf tahových křivek ve směru osnovy

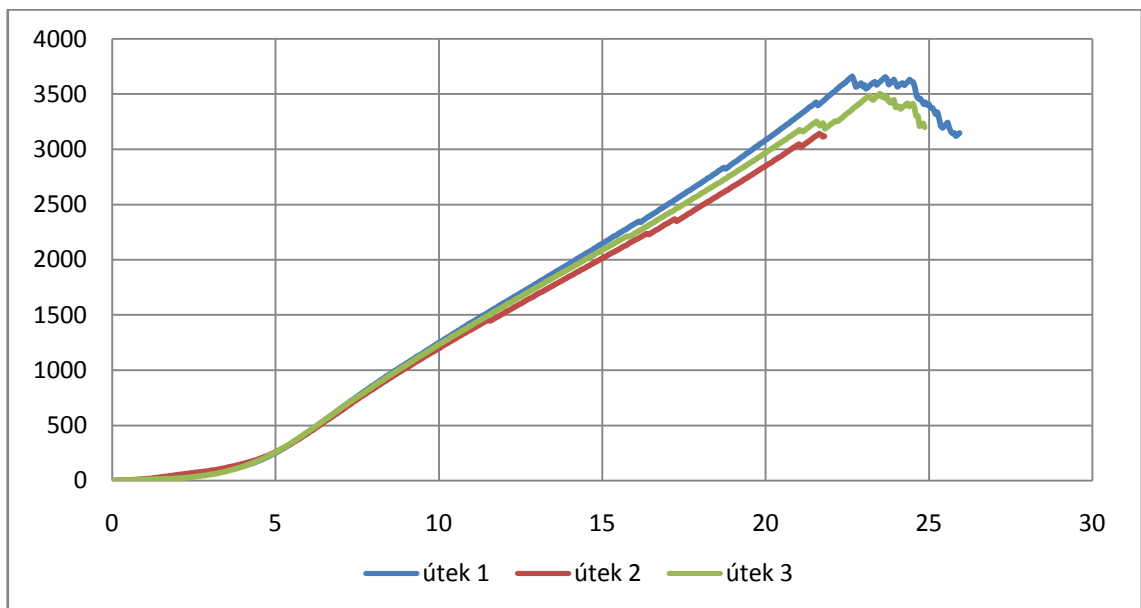


Obr. 4 - graf tahových křivek ve směru útku

c) Vzorek č. 9

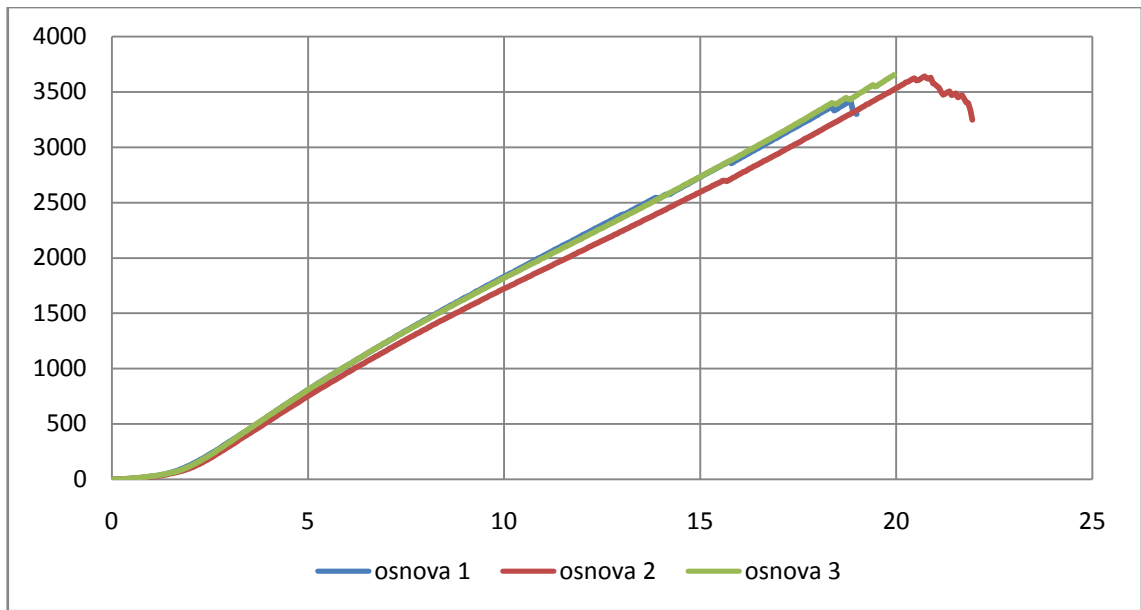


Obr. 5 - graf tahových křivek ve směru osnovy

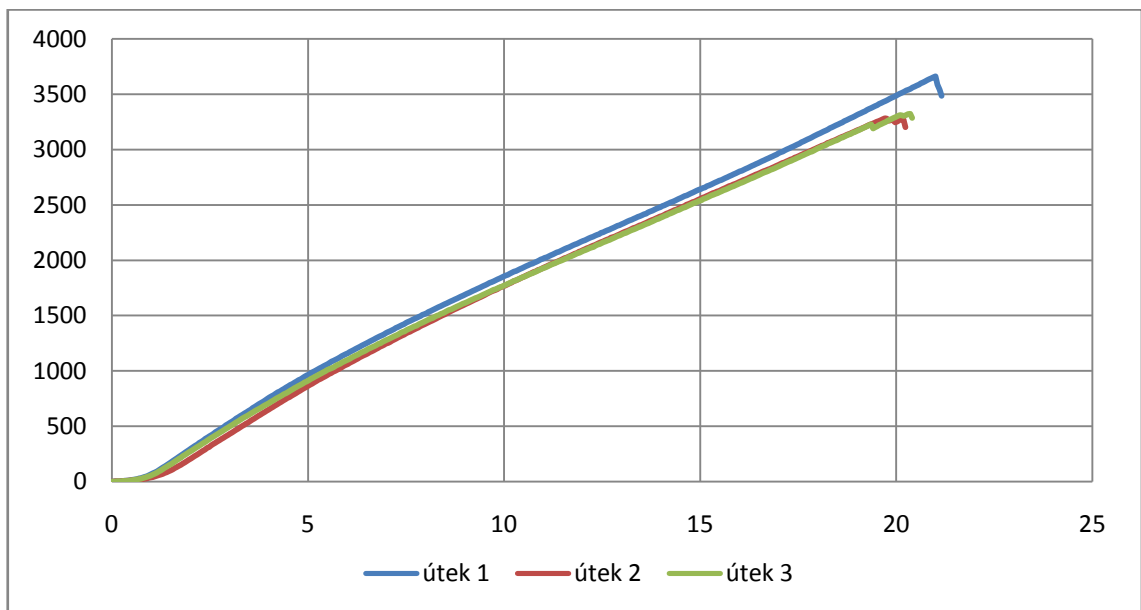


Obr. 6 - graf tahových křivek ve směru útku

d) Vzorek č. 10

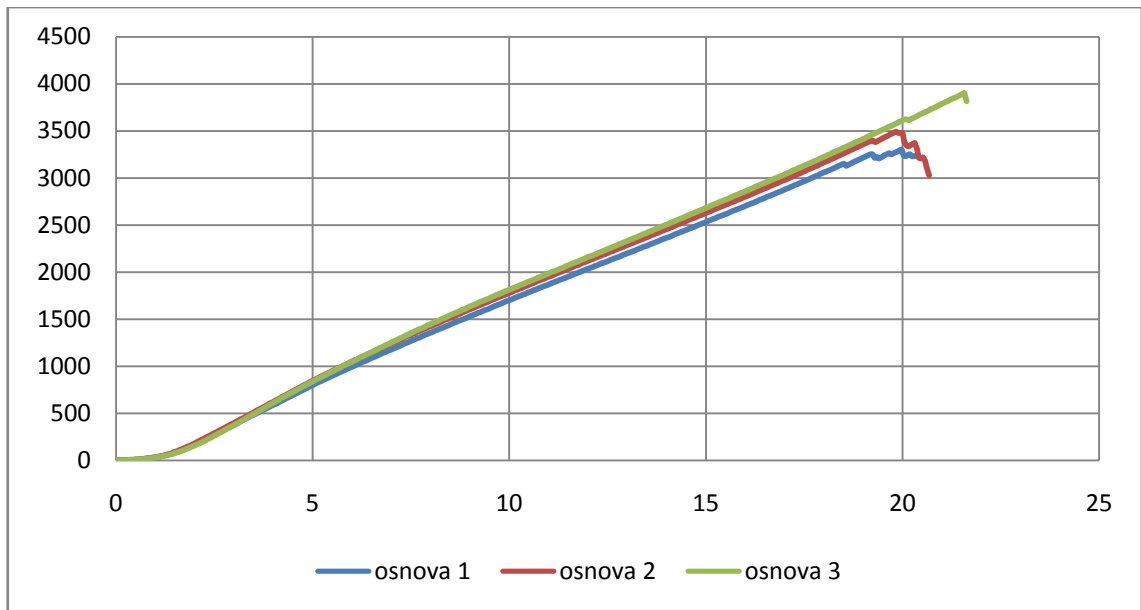


Obr. 7 - graf tahových křivek ve směru osnovy

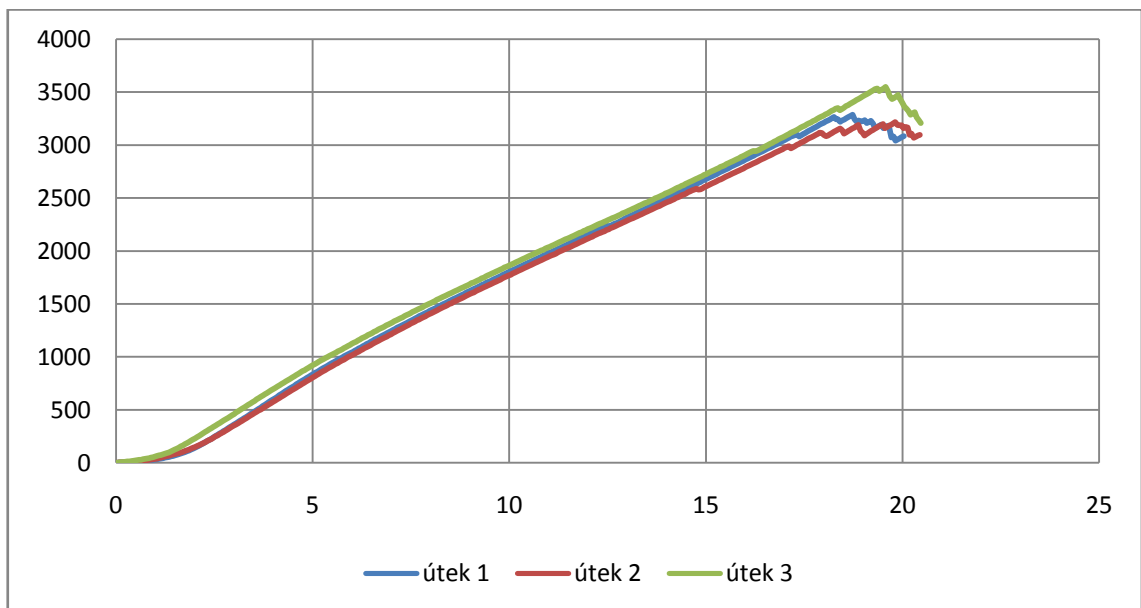


Obr. 8 - graf tahových křivek ve směru útku

e) Vzorek č. 11

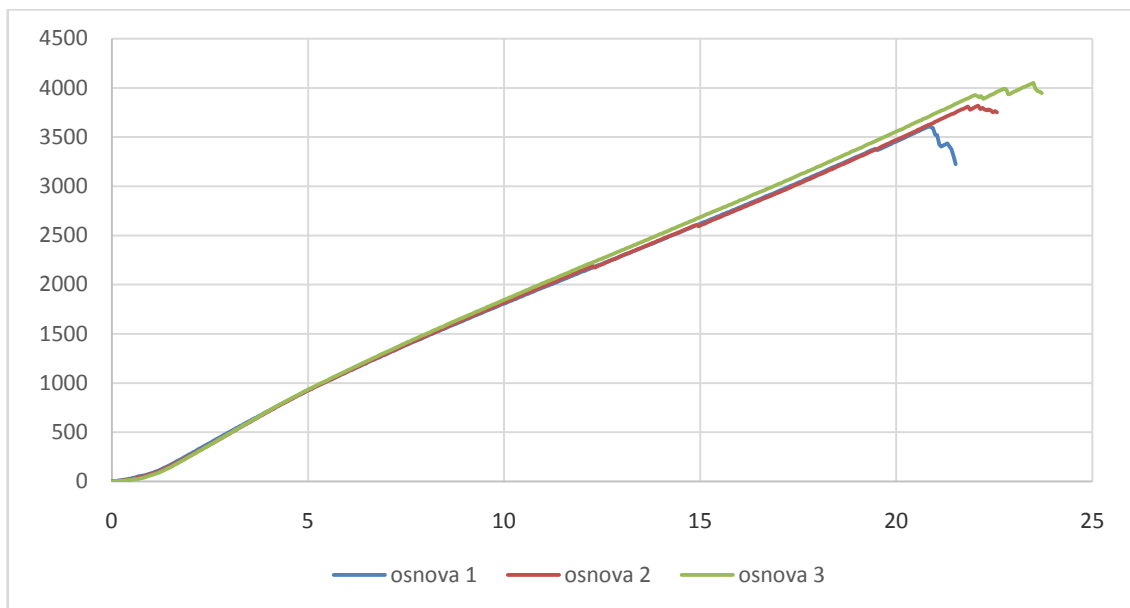


Obr. 9 - graf tahových křivek ve směru osnovy

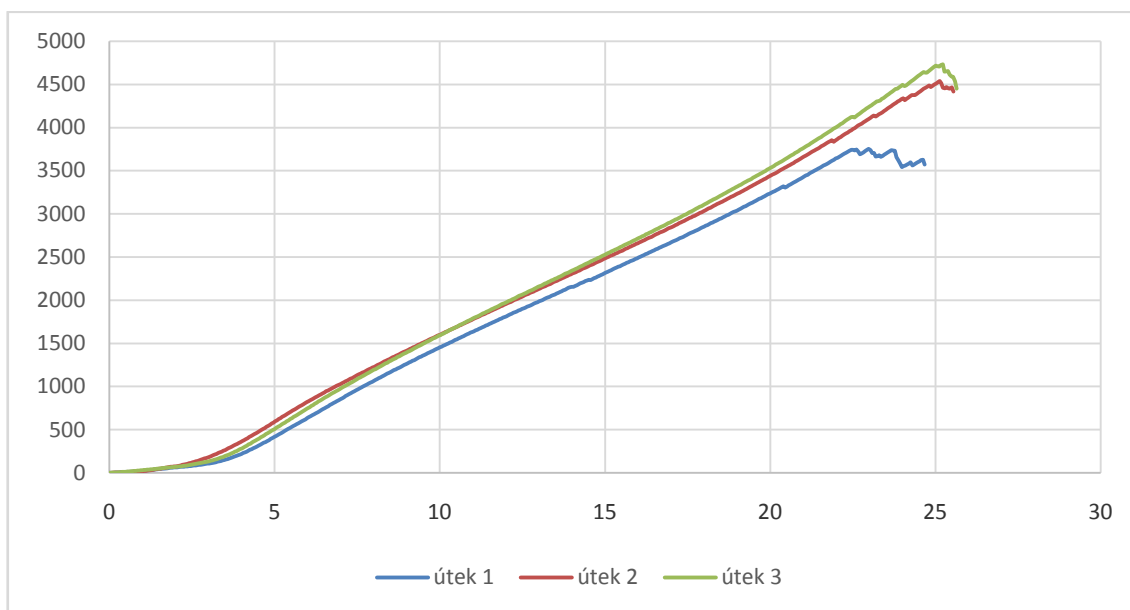


Obr. 10 - graf tahových křivek ve směru útku

f) Vzorek č. 12



Obr. 11 - graf tahových křivek ve směru osnovy



Obr. 12 - graf tahových křivek ve směru útku

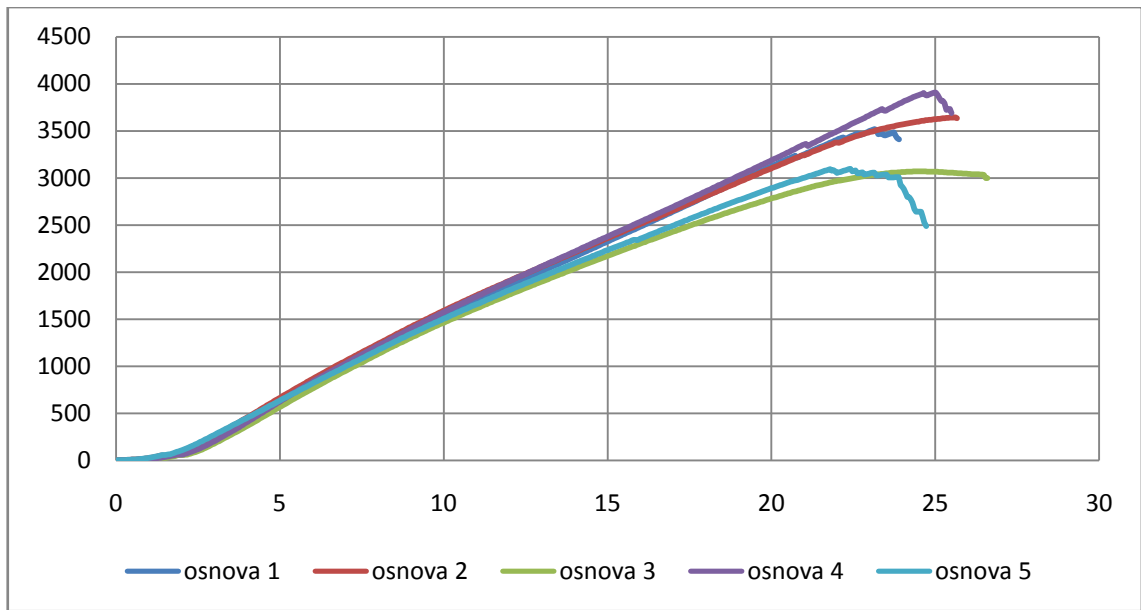
## PŘÍLOHA 03

Maximální hodnoty pevnosti a tažnosti včetně intervalu spolehlivosti dvojnásobných tkanin se spojkami, tabulka 1. Tahové křivky všech měření dvojnásobných tkanin se spojkami, obrázky 1 až 8.

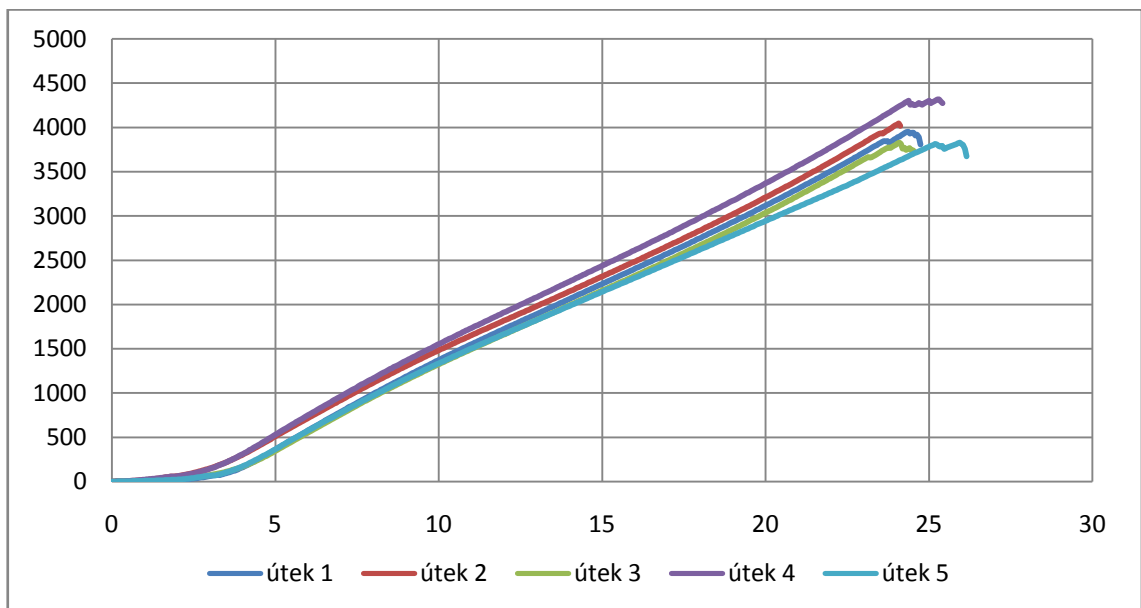
Tabulka 1 - maximální pevnosti a tažnosti

	osnova		útek	
	$F_{\max}$ [N]	$\varepsilon$ [%]	$F_{\max}$ [N]	$\varepsilon$ [%]
vzorek č. 13	3520	11,57	3952	12,18
	3645	12,8	4046	12,03
	3071	12,27	3829	12,05
	3907	12,48	4315	12,63
	3097	11,21	3828	12,97
průměr	3448	12,07	3994	12,37
95% IS	(3165,33; 3730,67)	(11,55; 12,59)	(3836,09; 4151,91)	(12,05; 12,69)
vzorek č. 14	2505	9,91	4614	13,39
	3073	12,28	3920	12,84
	3769	12,9	3880	12,58
	3032	12,13	4385	13,7
	3686	13,95	3897	11,4
průměr	3213	12,23	4139,2	12,78
95% IS	(2803,41; 3620,59)	(11,06; 13,4)	(3873,41; 4404,99)	(12,08; 13,48)
vzorek č. 15	4263	12,27	3670	10,9
	3886	11,56	4022	12,27
	3723	12,61	3625	11,19
	2747	11,3	4491	13,2
	3256	10,57	3764	11,4
průměr	3575	11,66	3914,4	11,79
95% IS	(3114,62; 4035,38)	(11,03; 12,29)	(3634,42; 4194,38)	(11,05; 12,53)
vzorek č. 16	3369	11,57	3633	10,47
	3184	11,61	3855	10,96
	3333	11,53	3884	10,96
	3753	11,75	4268	12,12
	3778	11,62	3996	11,67
průměr	3483,4	11,62	3927,2	11,24
95% IS	(3274,20; 3692,60)	(11,56; 11,68)	(3745,65; 4108,75)	(10,73; 11,75)

a) Vzorek č. 13

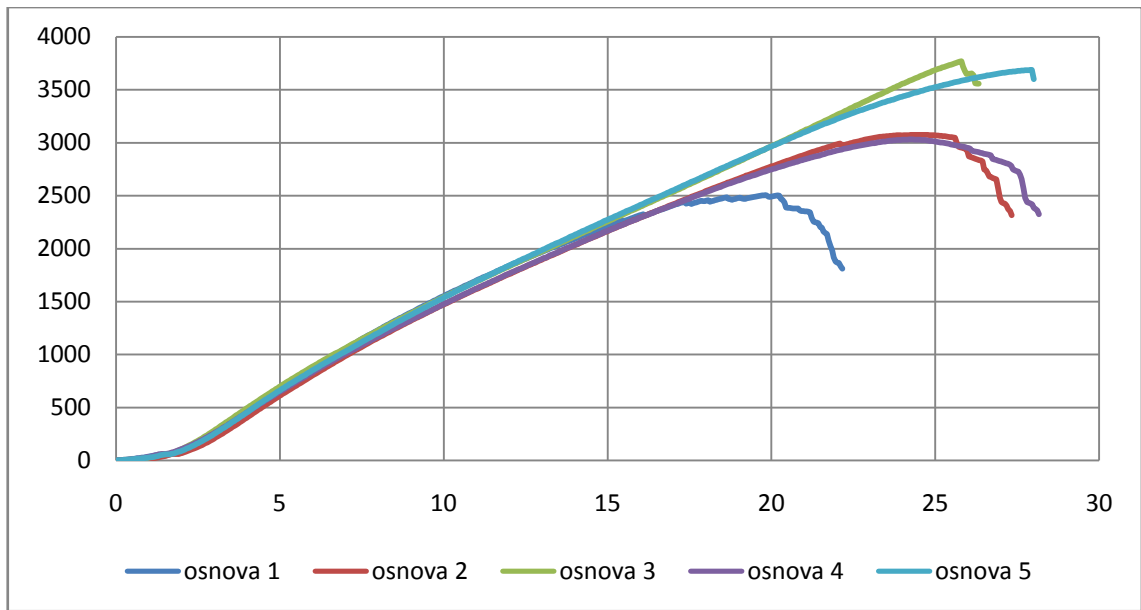


Obr. 1 - graf tahových křivek ve směru osnovy

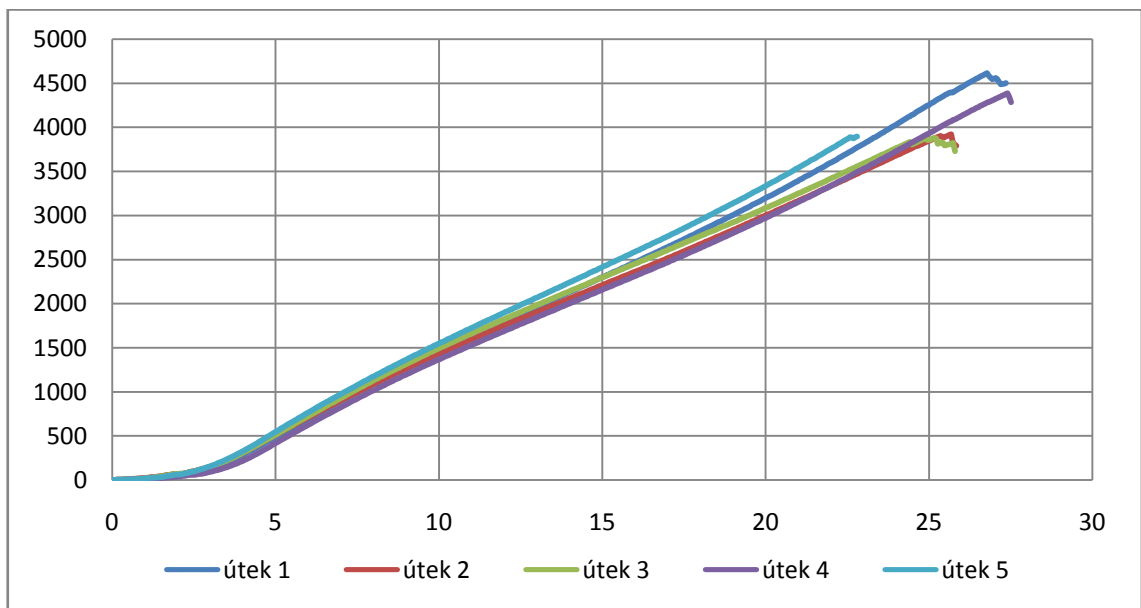


Obr. 2 - grafy tahových křivek ve směru útku

b) Vzorek č. 14



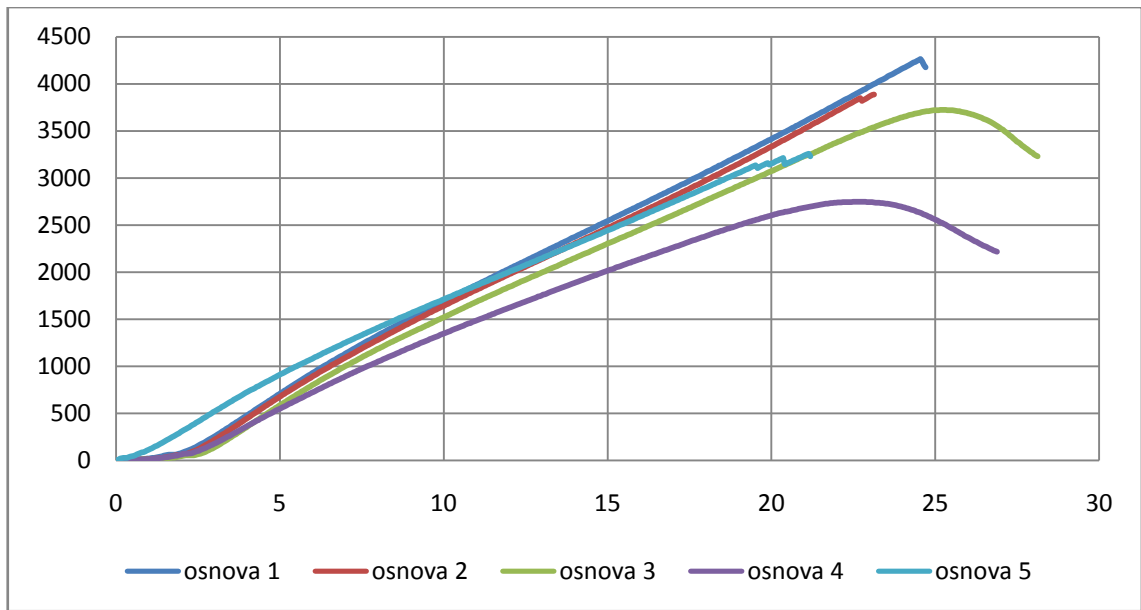
Obr. 3 - graf tahových křivek ve směru osnovy



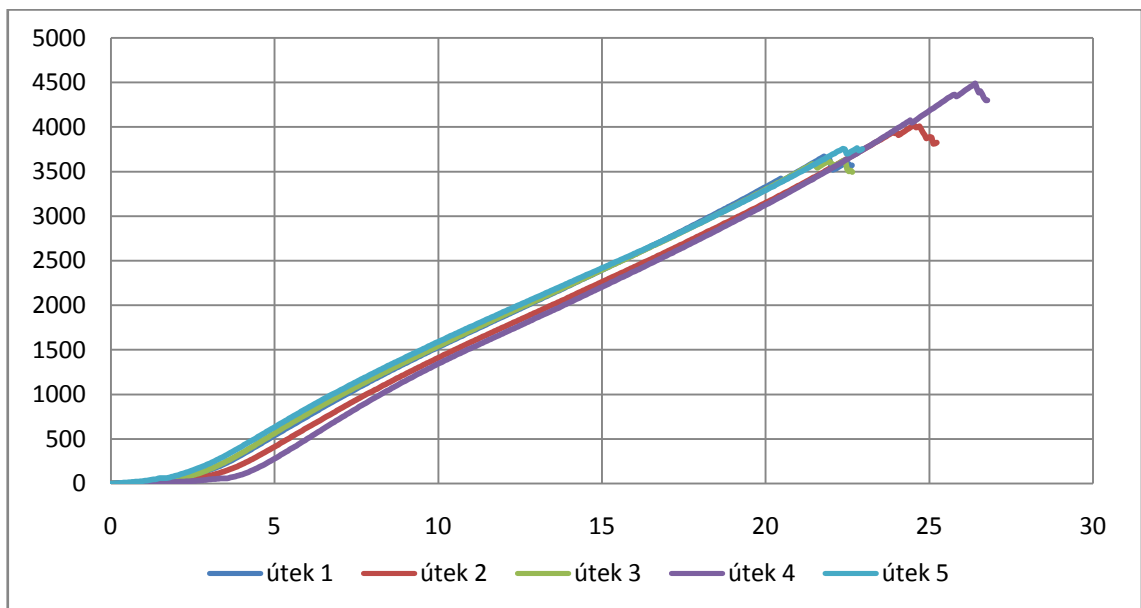
Obr. 4 - graf tahových křivek ve směru útku



c) Vzorek č. 15

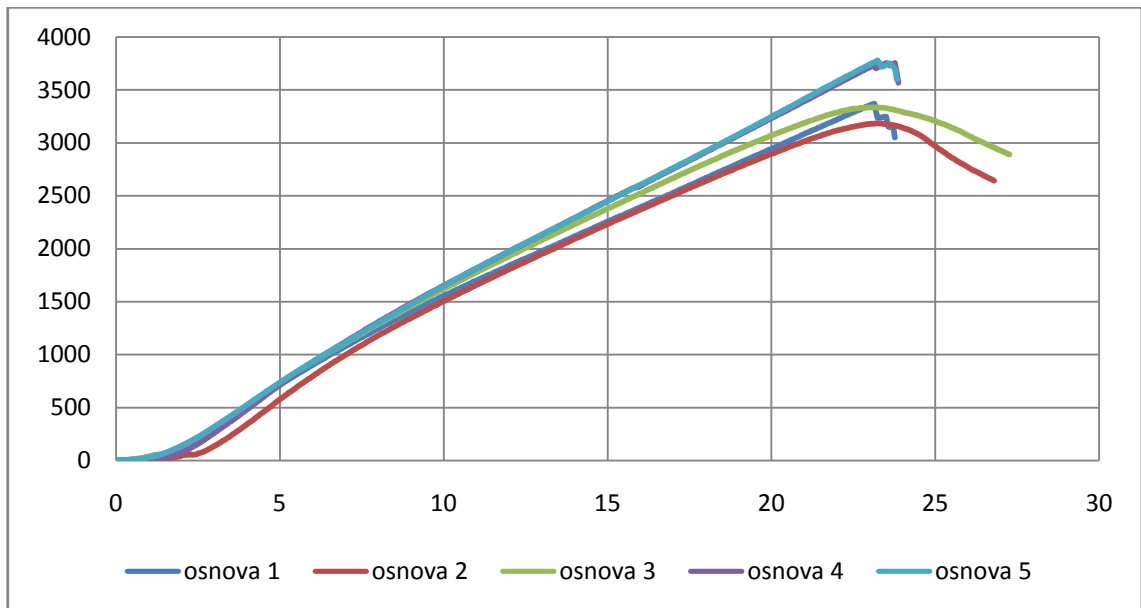


Obr. 5 - graf tahových křivek ve směru osnovy

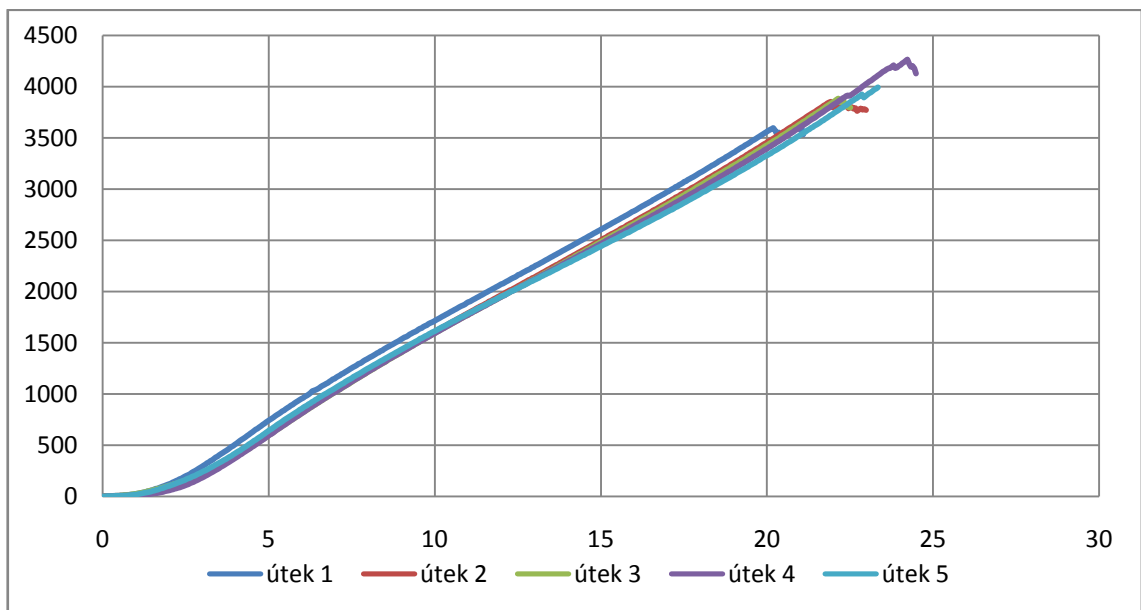


Obr. 6 - graf tahových křivek ve směru útku

d) Vzorek č. 16



Obr. 7 - graf tahových křivek ve směru osnovy



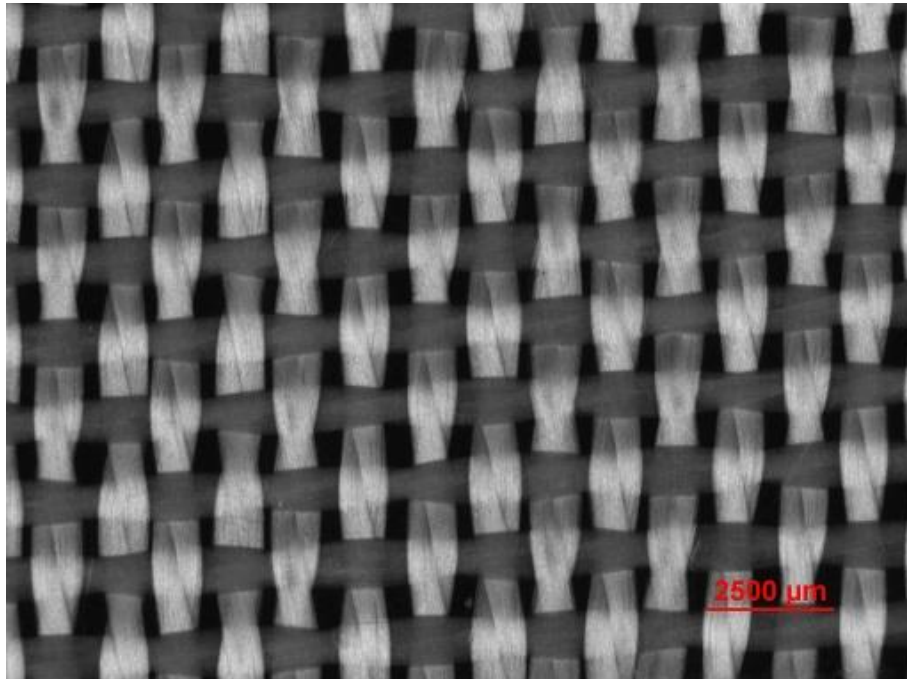
Obr. 8 - graf tahových křivek ve směru útku

## PŘÍLOHA 04

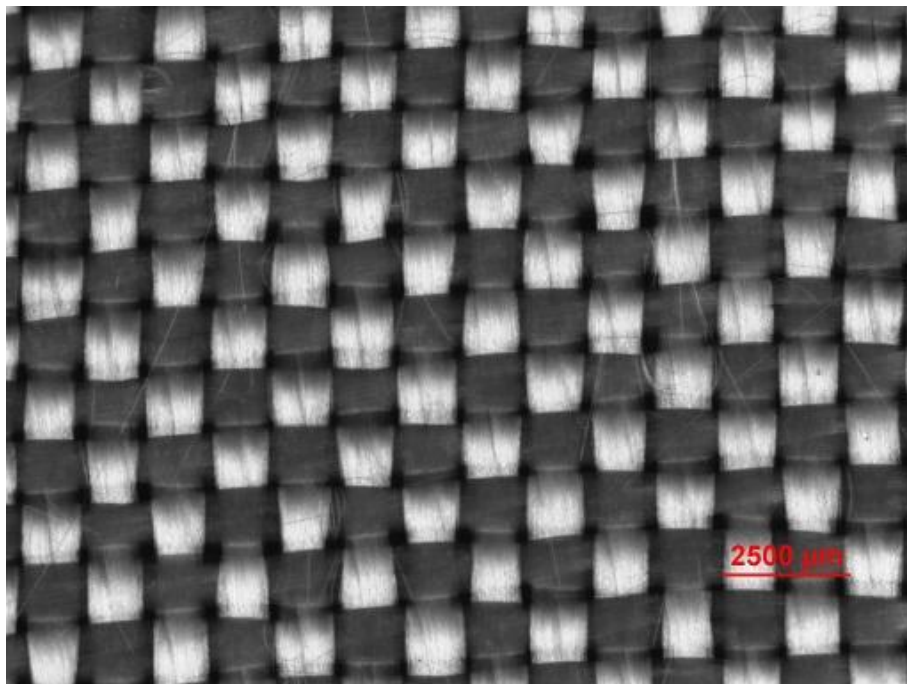
Fotografie z obrazové analýzy.

### A) EXPERIMENTÁLNÍ VZORKY

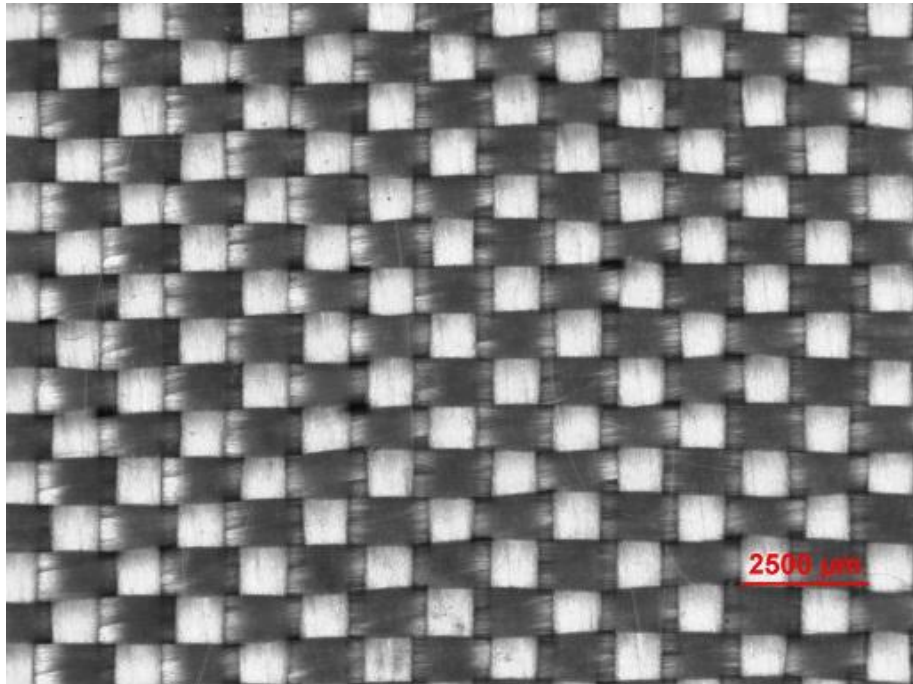
1. plátno ( $D_o = 8/\text{cm}$ ;  $D_u = 6/\text{cm}$ )



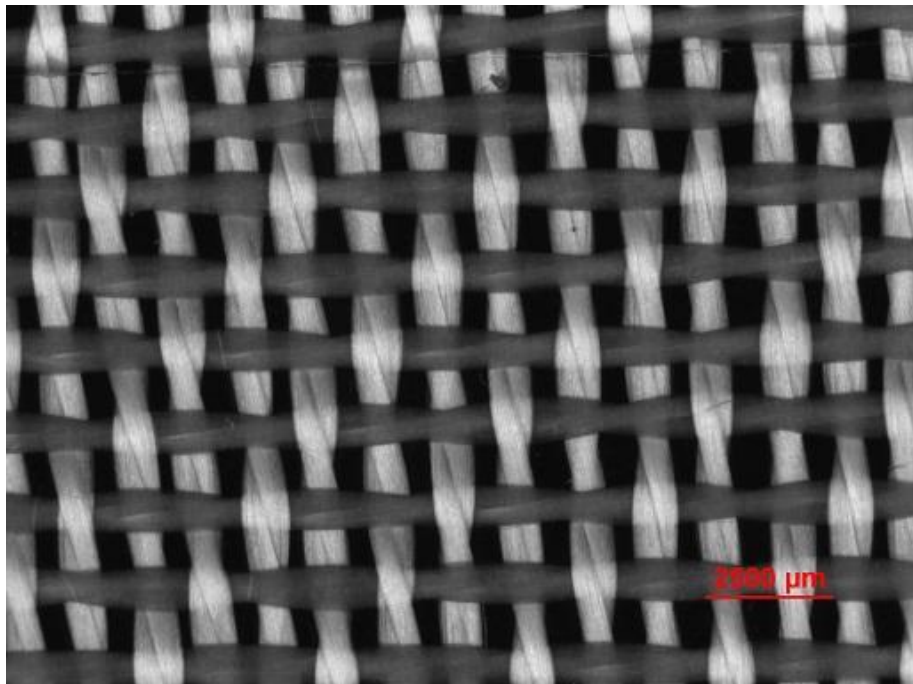
2. plátno ( $D_o = 8/\text{cm}$ ;  $D_u = 8/\text{cm}$ )



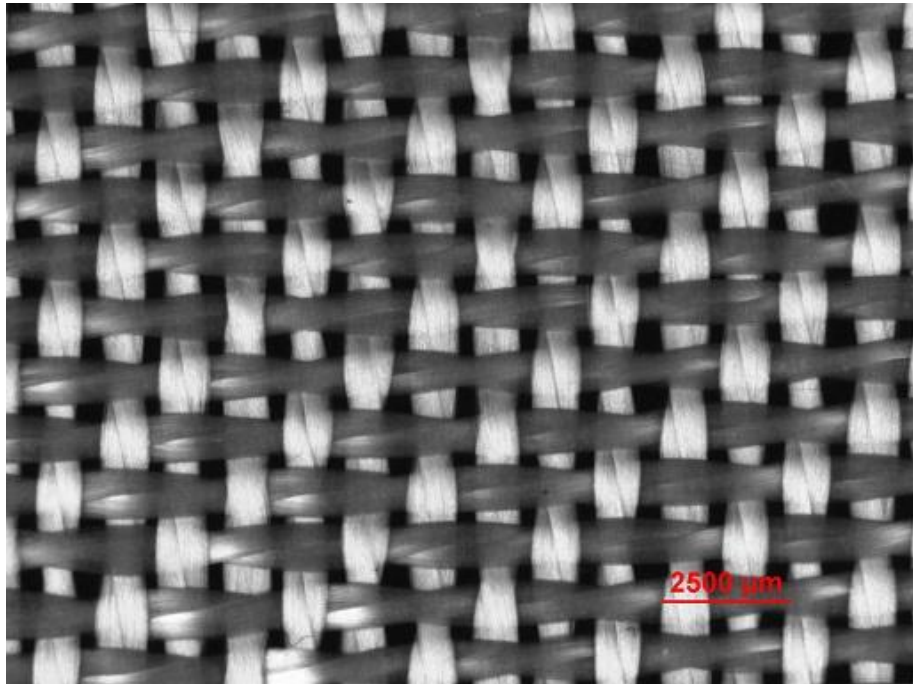
3. plátno ( $D_o = 8/\text{cm}$ ;  $D_u = 10/\text{cm}$ )



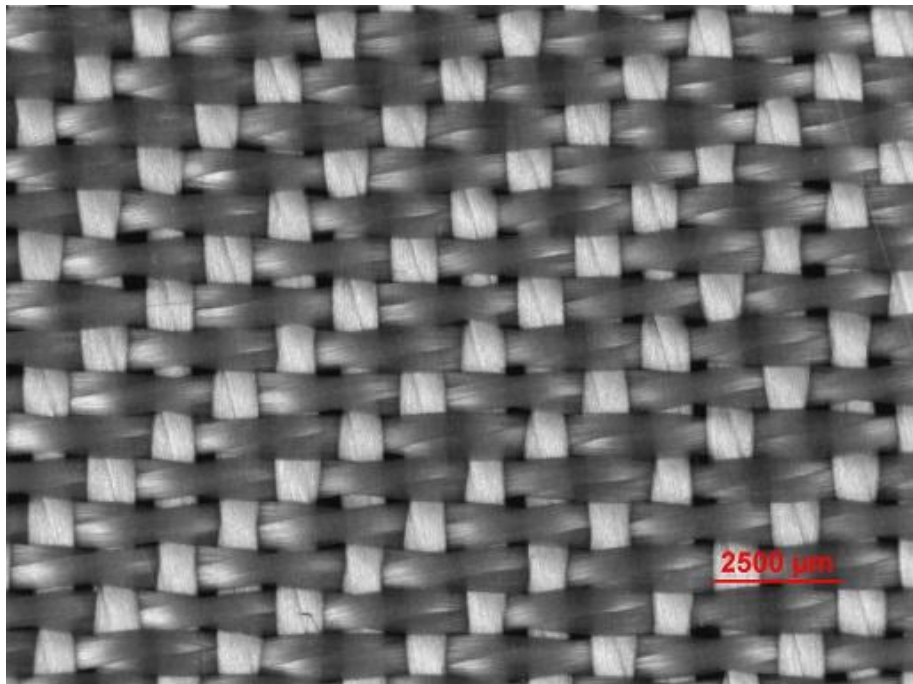
4. kepr ( $D_o = 8/\text{cm}$ ;  $D_u = 6/\text{cm}$ )



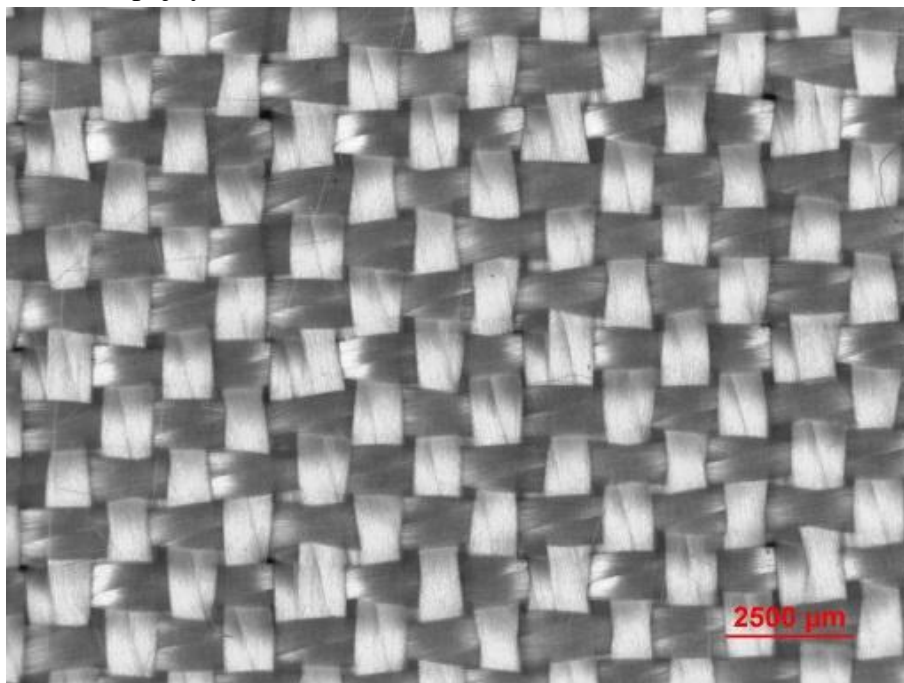
5. kepr ( $D_o = 8/cm$ ;  $D_{\dot{u}} = 8/cm$ )



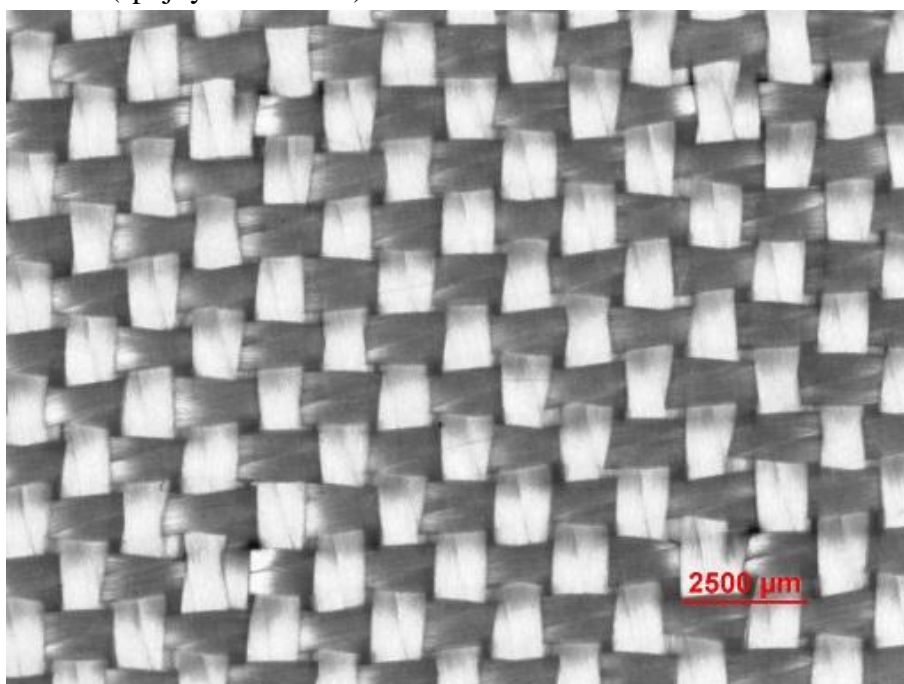
6. kepr ( $D_o = 8/cm$ ;  $D_{\dot{u}} = 10/cm$ )



7. dvojnásobná (spojky 5×5 mm)

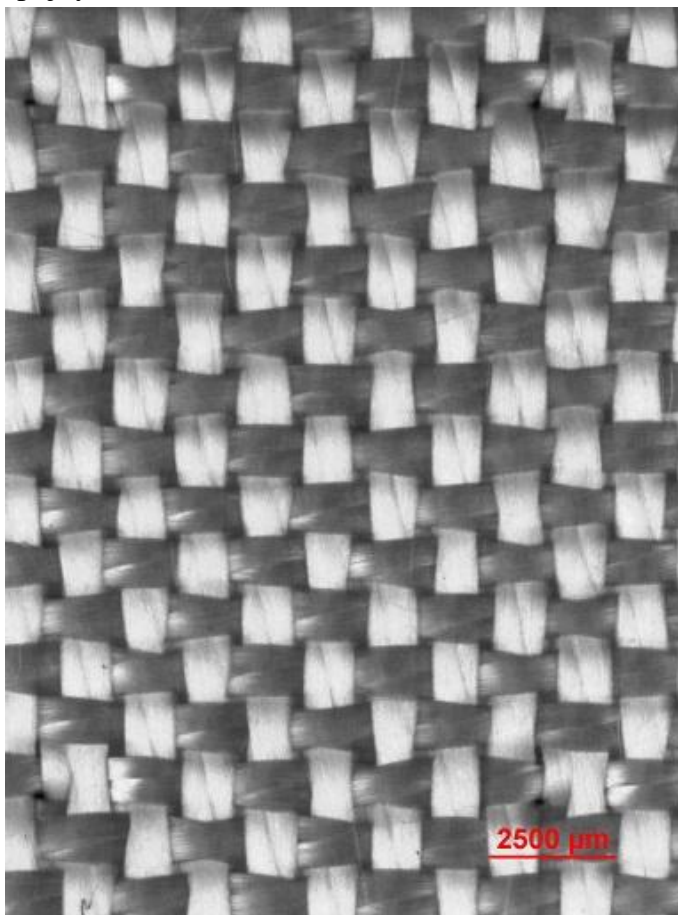


8. dvojnásobná (spojky 10×10 mm)

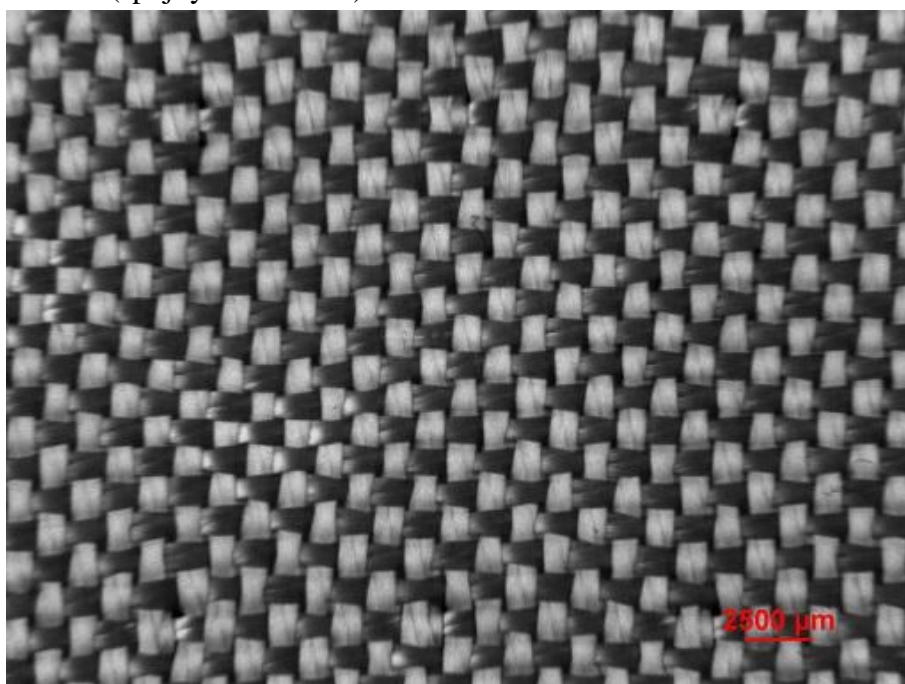




9. dvojnásobná (spojky 10×15 mm)



10. dvojnásobná (spojky 10×20 mm)



## B) OSTATNÍ MOŽNOSTI

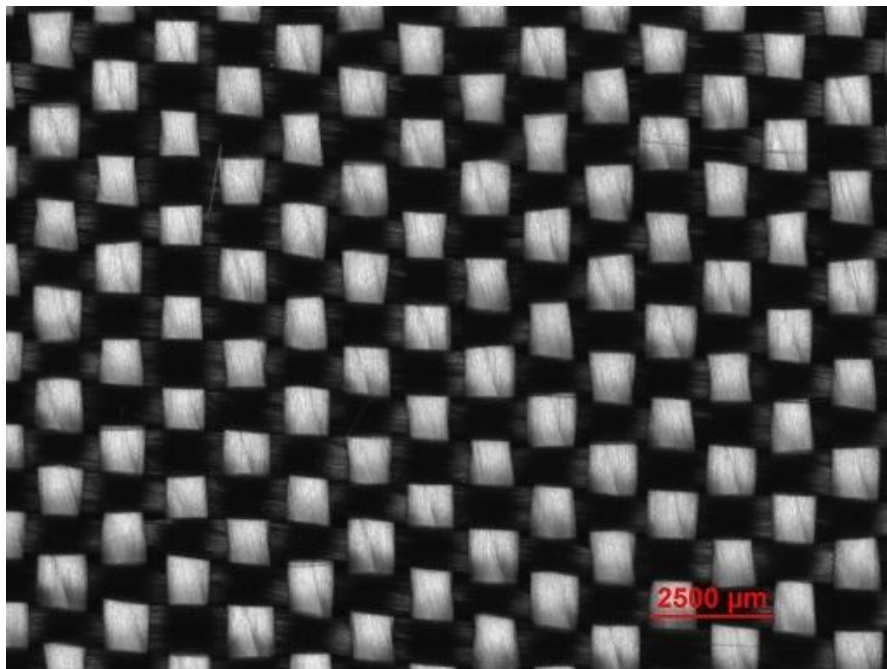
Pro vzorky 1 až 6 v osnově použit skleněný multifil.

Pro vzorky 7 až 13 v osnově použit skleněný a čedičový multifil v poměru 1:1 a na 10 cm šíře tkaniny pouze čedičový. Dostava osnovy je pro všechny vzorky 8 nití/cm.

### 1. jednoduchá tkanina v plátnové vazbě

- útek: čedič

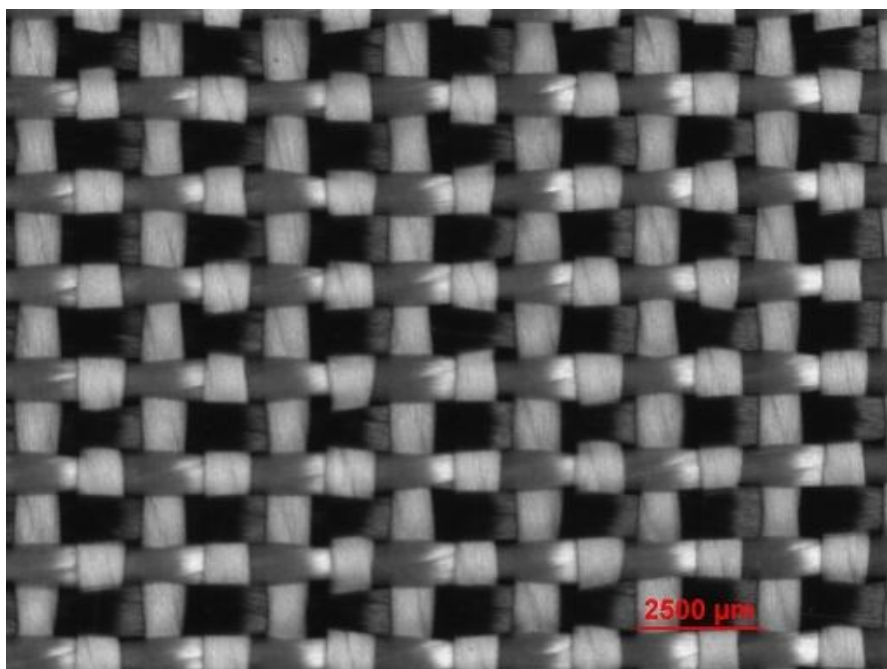
$D_{\text{ú}} = 10/\text{cm}$



### 2. jednoduchá tkanina v plátnové vazbě

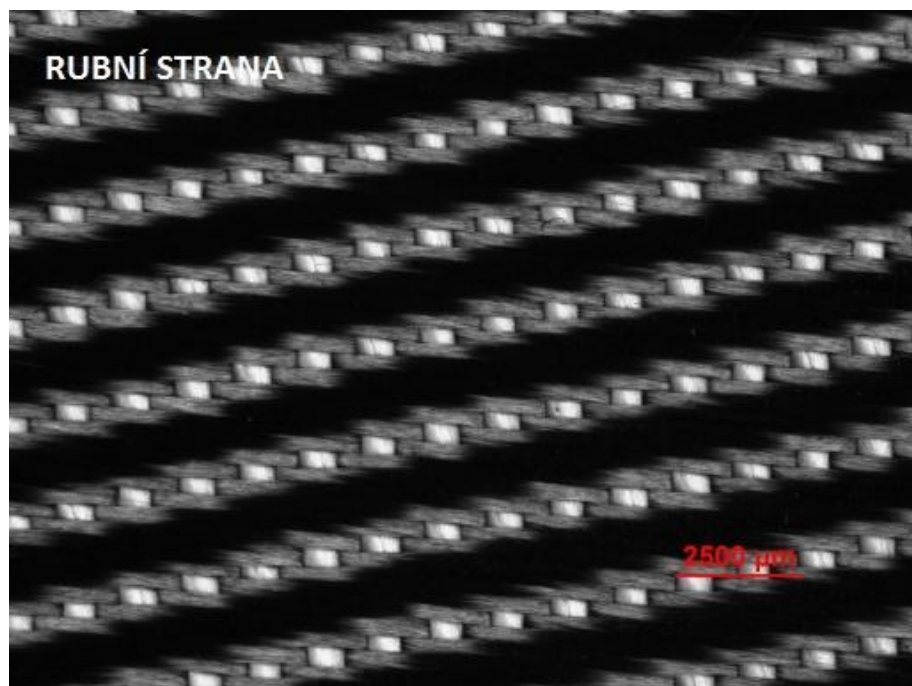
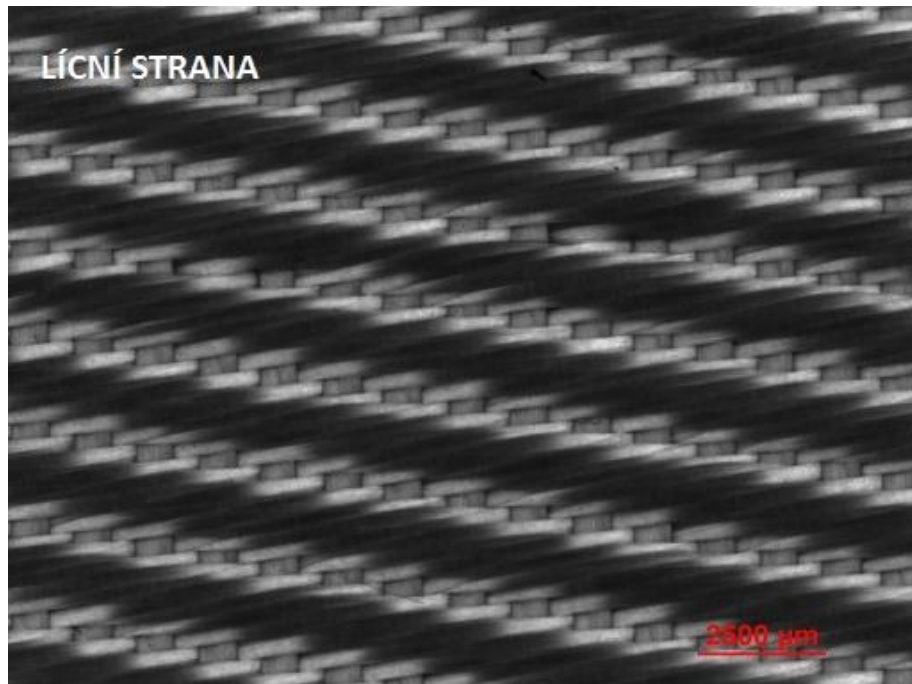
- útek: čedič/sklo (1:1)

$D_{\text{ú}} = 10/\text{cm}$

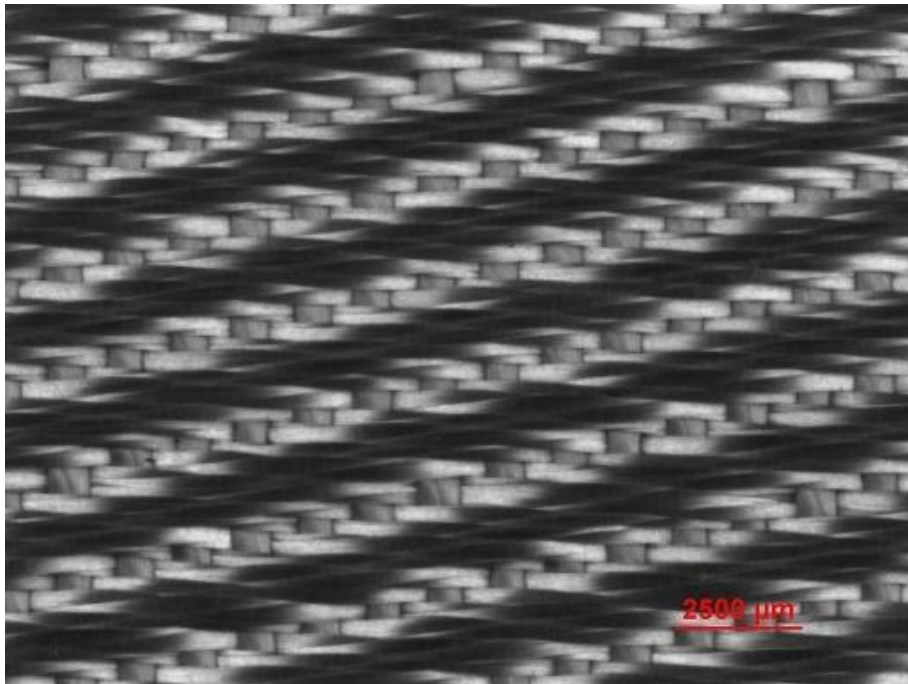




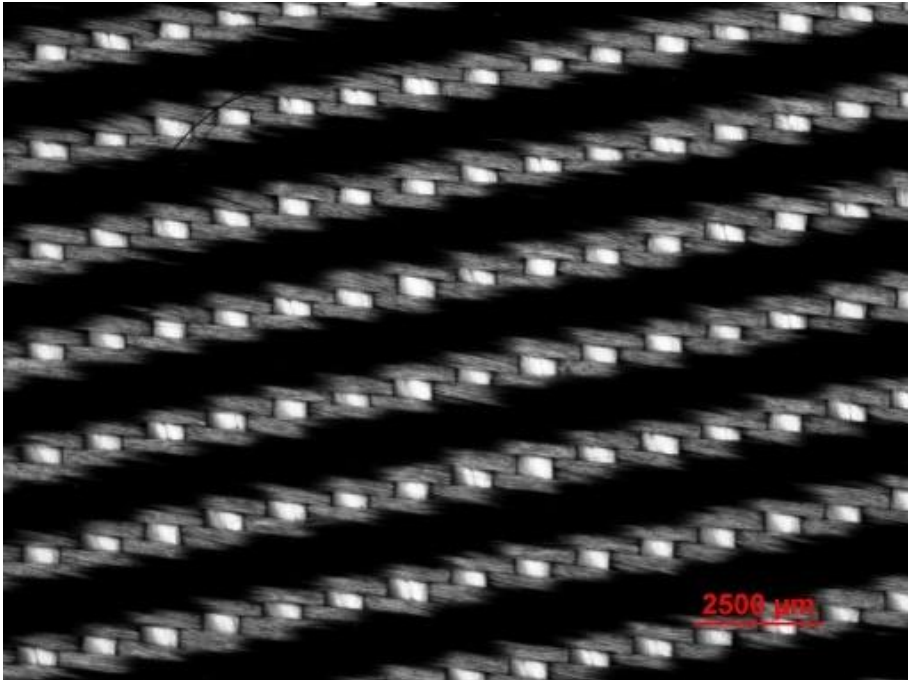
3. dvojútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z)  
- útek: čedič/ sklo (1:1)       $D_u = 2 \times 30 / \text{cm}$



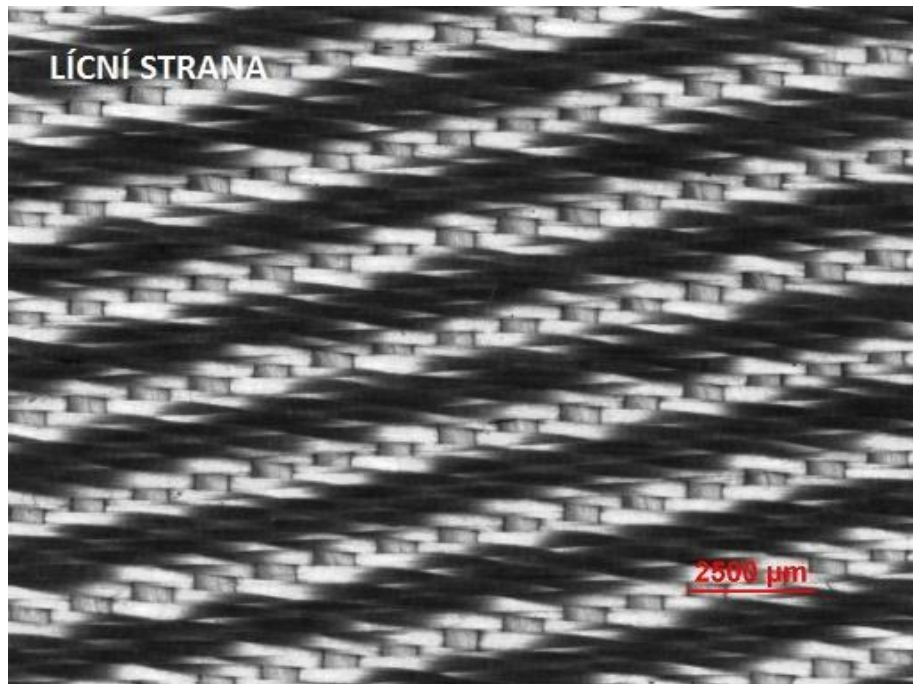
4. dvojútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z)  
- útek: sklo/sklo (1:1)  $D_{\text{ú}} = 2 \times 30/\text{cm}$



5. dvojútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z)  
- útek: čedič/čedič (1:1)  $D_{\text{ú}} = 2 \times 30/\text{cm}$



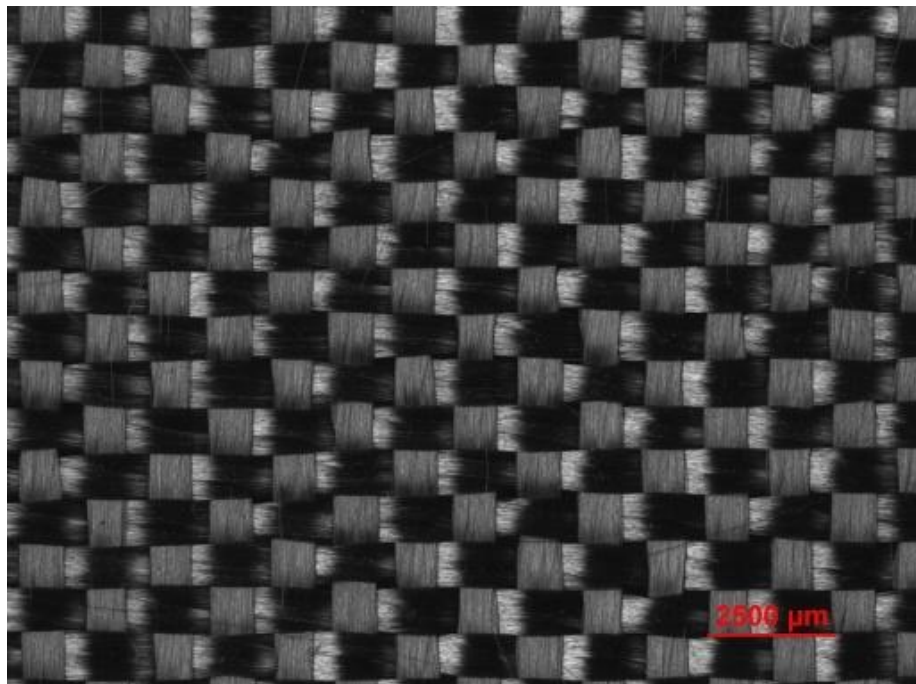
6. tříútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z) na líci a K3/3 (Z) na rubu  
- útek: sklo/lurex/čedič (1:1:1)  $D_u = 3 \times 30 / \text{cm}$



7. jednoduchá tkanina v plátnové vazbě

- útek: čedič

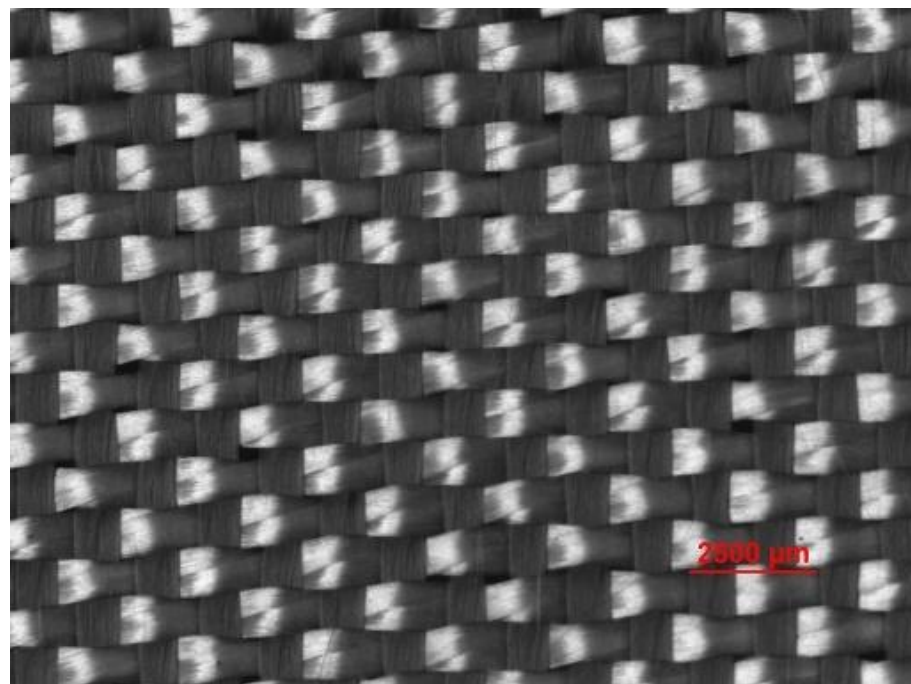
$D_{\text{ú}} = 10/\text{cm}$



8. jednoduchá tkanina v plátnové vazbě

- útek: sklo

$D_{\text{ú}} = 10/\text{cm}$

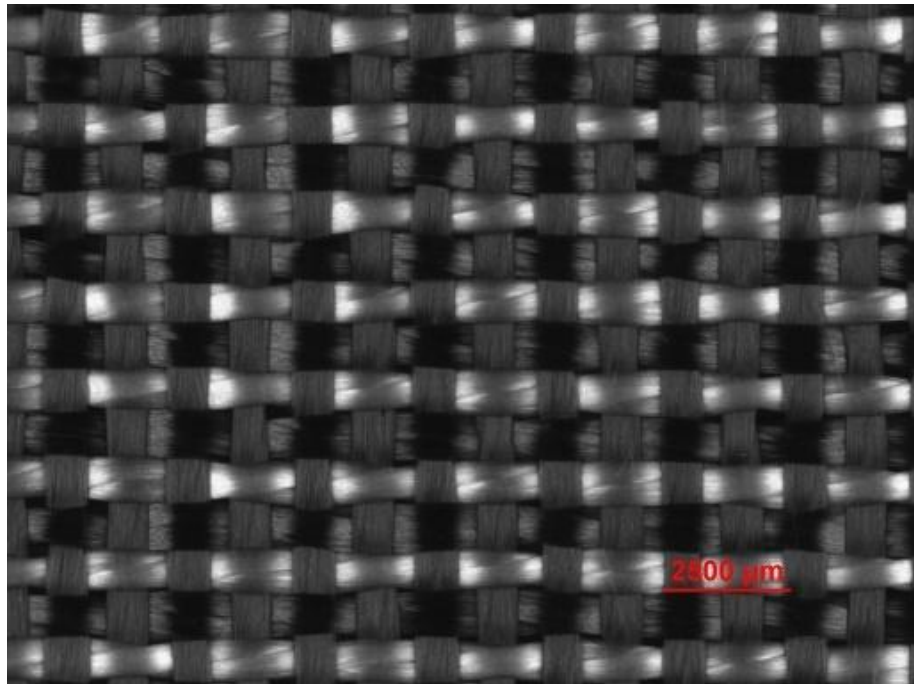




9. jednoduchá tkanina v plátnové vazbě

- útek: sklo/čedič (1:1)

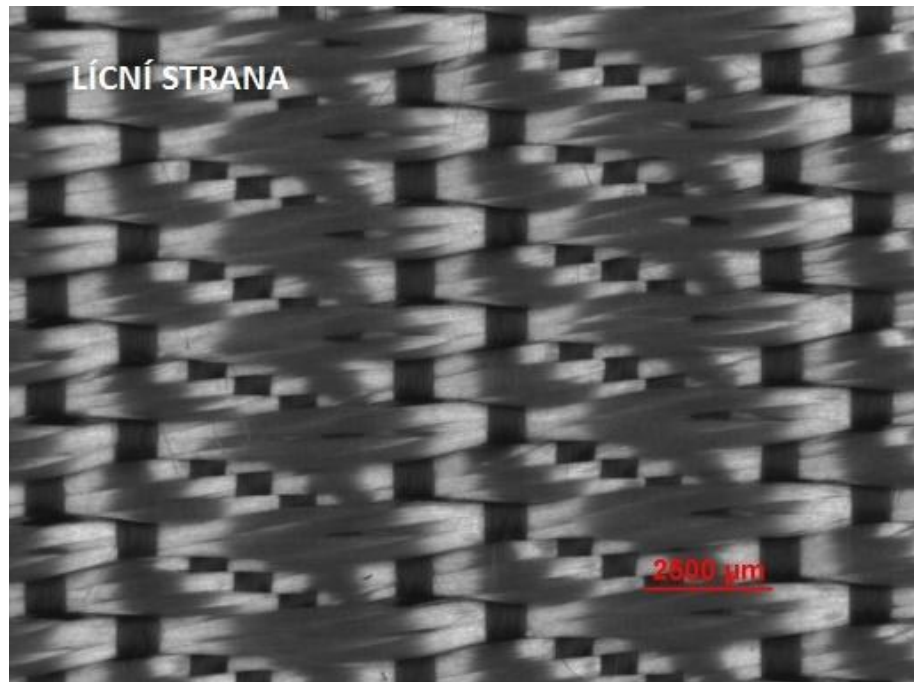
$D_{\text{ú}} = 10/\text{cm}$



10. dvojútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z)

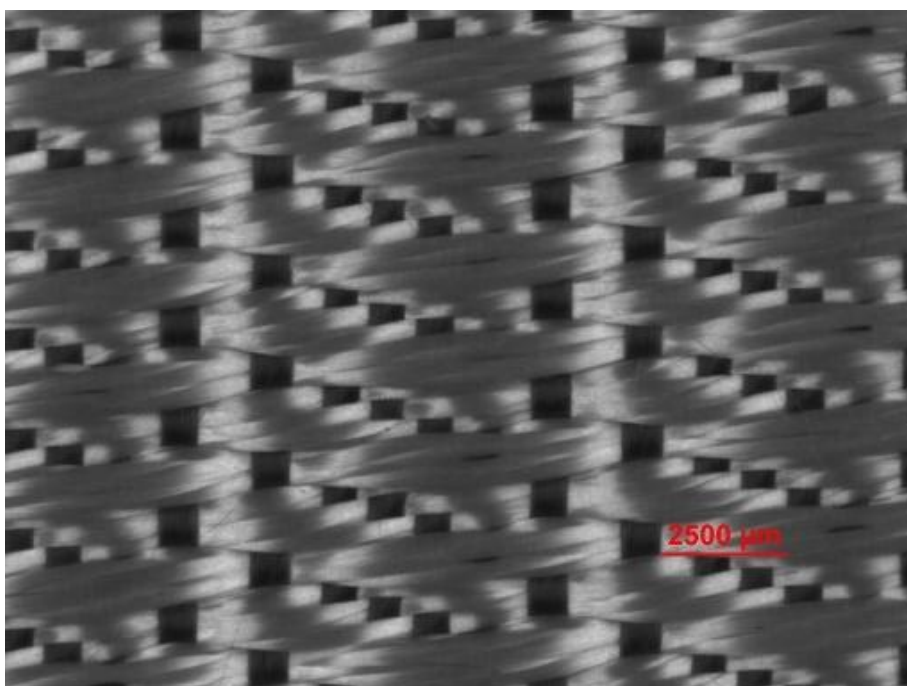
- útek: sklo/čedič (1:1)

$D_{\text{ú}} = 2 \times 30/\text{cm}$



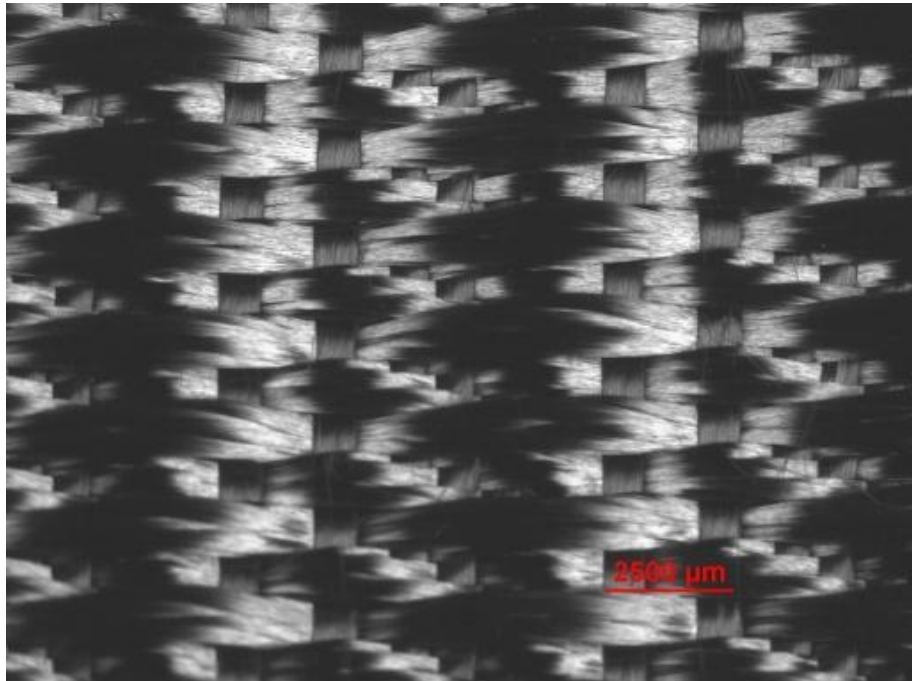


11. dvojútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z)  
- útek: sklo/sklo (1:1)  $D_{\text{ú}} = 2 \times 30 / \text{cm}$



12. dvojútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z)

- útek: čedič/čedič (1:1)  $D_{\text{ú}} = 2 \times 30/\text{cm}$



13. tříútková tkanina v keprové vazbě K 1/5 (Z) na líci a K3/3 (Z) na rubu

- útek: sklo/lurex/čedič (1:1:1)  $D_{\text{ú}} = 3 \times 30/\text{cm}$

