

# Termicky spojené netkané textilie s konopnými vlákny

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

B3107 Textil

*Studijní obor:*

Textilní technologie, materiály a nanomateriály

*Autor práce:*

**Jakub Soustružník**

*Vedoucí práce:*

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovlákných materiálů





## Zadání bakalářské práce

# Termicky pojené netkané textilie s konopnými vlákny

*Jméno a příjmení:* **Jakub Soustružník**  
*Osobní číslo:* T18000093  
*Studijní program:* B3107 Textil  
*Studijní obor:* Textilní technologie, materiály a nanomateriály  
*Zadávající katedra:* Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů  
*Akademický rok:* **2020/2021**

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou výroby termicky pojených netkaných textilií. Zaměřte se na zpracování konopných vláken.
2. Navrhněte postup výroby netkané textilie s různým obsahem konopných vláken a vláken pojivých. Provedte experiment a vyrobte serie vzorků
3. Takto vyrobené vzorky testujete na jejich mechanické vlastnosti. Experiment vyhodnoťte.
4. Diskutujte výsledky a navrhněte další postupy řešení daného problému.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

dle potřeby dokumentace  
40-60 dle potřeby  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

1. ALBRECHT, Wilhelm, FUCHS, Hilmar, KITTELMANN, Walter. *Nonwovens Fabrics*. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. ISBN 3-527-30406-1.
2. RUSSELL, Stephen J. *Handbook of nonwovens*. Cambridge, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
3. JIRSAK, Oldřich, WADSWORTH, Larry. *Nonwoven Textiles*. Durham: Carolina Academic Press, 1999. ISBN 0-89089-978-8.

*Vedoucí práce:*

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.  
Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

*Datum zadání práce:*

1. listopadu 2020

*Předpokládaný termín odevzdání:*

16. května 2022

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

L.S.

doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2020

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

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

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

9. května 2022

Jakub Soustružník

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych zde poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Chaloupkovi, PhD. za odborné vedení, ochotu a vstřícný přístup. Dále děkuji za pomoc Ing. Miroslavě Pechočiakové, Ph.D. při měření pevnosti konopných vláken a Ing. Ondřejovi Novákovi, Ph.D. při zkoušení textilních vzorků.

## Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na termicky pojené textilie z konopných vláken. Cílem práce je ověřit výrobu termicky pojené netkané textilie za použití konopných a pojivých vláken. A následně zjistit jejich mechanické vlastnosti.

V první části práce jsou popsány konopná vlákna a jejich výroba, pojivá vlákna, teorie netkaných textilií, jak příprava vlákenné vrstvy, tak i jejich zpevňování. A ke konci první části je popsána metodika tahových zkoušek a ohybové tuhosti.

Ve druhé části je popsána příprava vlákenných vrstev pro vzorky první a druhé série. Zpevňování vzorků a jejich následné zkoušení za účelem zjištění mechanických vlastností vzorků.

Klíčová slova: konopí, konopná vlákna, pojivá vlákna, netkané textilie, termické pojení, mechanické zkoušky, ohybová tuhost

## Annotation

This bachelor thesis is focused on thermally bonded hemp fiber fabrics. The aim of the work is to verify the production of thermally bonded nonwoven fabric using hemp and binder fibers. And then find out their mechanical properties.

The first part describes hemp fibers and their production, binder fibers, the theory of nonwovens, both the preparation of the fiber layer and their strengthening. And at the end of the first part, the methodology of tensile tests and bending stiffness is described.

The second part describes the preparation of fiber layers for the samples of the first and second series. Strengthening of samples and their subsequent testing in order to determine the mechanical properties of samples.

Keywords: hemp, hemp fibers, binder fibers, nonwovens, thermal bonding, mechanical tests, bending stiffness

# Obsah

<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>11</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>1. TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>13</b>
1.1. MATERIÁLY.....	13
1.1.1. Konopí .....	13
1.1.1.1. Druhy konopí .....	13
1.1.1.2. Pěstování konopí.....	14
1.1.1.3. Konopná vlákna .....	14
1.1.1.4. Zpracování konopí .....	16
1.1.1.5. Kotonisace .....	17
1.2. NETKANÉ TEXTILIE .....	18
1.2.1. Suroviny pro výrobu netkaných textilií.....	19
1.2.2. Výroba netkaných textilií .....	19
1.2.3. Příprava vlákenné vrstvy .....	20
1.2.3.1. Příprava vlákenné vrstvy suchou cestou mechanicky.....	20
1.2.4. Mykání.....	21
1.2.4.1. Víčkový mykací stroj.....	21
1.2.4.2. Válcový mykací stroj .....	22
1.2.5. Kladení .....	24
1.2.5.1. Podélné kladení.....	24
1.2.5.2. Příčné kladení .....	24
1.2.5.3. Kolmé kladení.....	24
1.3. TECHNOLOGIE VPICHOVÁNÍ.....	25
1.3.1. Termické metody zpevňování vlákenných vrstev .....	26
1.3.1.1. Teplovzdušné pojení .....	26
1.3.2. Formy pojiv .....	27
1.3.2.1. Pojivá vlákna.....	28
1.3.2.2. Výroba vláken.....	28
1.3.3. Zkoušení netkaných textilií .....	31
1.3.3.1. Plošná měrná hmotnost.....	31
1.3.3.2. Ohybová tuhost .....	31



1.3.3.3. Tahové zkoušky .....	31
<b>2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....</b>	<b>32</b>
2.1. POUŽITÉ MATERIÁLY .....	32
2.1.1. Konopí .....	32
2.1.1. Zkoušení vláken.....	32
2.1.1.1. Příprava .....	33
2.1.1.2. Průběh zkoušení .....	33
2.1.2. Mikroskopování konopných vláken .....	36
2.1.2.1. Příprava .....	36
2.1.2.2. Průběh mikroskopování .....	37
2.1.2. Vlákn ELK.....	37
2.2. PŘÍPRAVA VLÁKENNÉ VRSTVY .....	38
2.2.1. Rozvláknění vláken .....	38
2.2.2. První série vzorků.....	38
2.2.2.1. Navážka .....	38
2.2.2.2. Mykání .....	40
2.2.3. Zpevňování vláknenné vrstvy.....	42
2.2.3.1. Vpichování.....	42
2.2.3.2. Termické pojení .....	43
2.3. ZHODNOCENÍ PRVNÍ SÉRIE VZORKŮ .....	44
2.3.1. Plošná hmotnost.....	44
2.3.2. Tahové zkoušky .....	44
2.3.3. Výsledky zkušební série vzorků .....	45
2.4. DRUHÁ SÉRIE VZORKŮ.....	45
2.4.1. Navážka .....	46
2.4.2. Mykání.....	47
2.5. ZPEVŇOVÁNÍ VLÁKENNÉ VRSTVY .....	48
2.5.1. Vpichování .....	48
2.5.2. Termické pojení.....	49
2.6. ZHODNOCENÍ DRUHÉ SÉRIE VZORKŮ .....	50
2.6.1. Plošná hmotnost.....	50
2.6.2. Tahové zkoušky .....	50
2.6.3. Ohybová tuhost.....	52

2.6.4. Výsledky.....	53
<b>3. ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
<b>ZDROJE .....</b>	<b>66</b>

## Seznam zkratek

CD – cross direct

MD – machine direct

THC – tetrahydrokanabinol

Sb. – sbírka zákonů

(S/S) – side by side

(C/S) – core – sheath

ČSN – česká technická norma

EN – evropská norma

BS – britská norma

## Úvod

Množství vyrobených netkaných textilií neustále narůstá, jelikož se hledají nové možnosti uplatnění. Nové možnosti uplatnění jsou možné díky novým materiálům, vývoji nových a zdokonalení stávajících technologií.

Mezi technologie, které mají největší uplatnění, patří termické pojení vláknenných vrstev. Termicky spojené vláknenné vrstvy mají velmi široké uplatnění ve stavebnictví a automotive. Co když se rozhodneme zkombinovat dlouho používané konopné vlákno s pojivým termoplastickým vláknem.

Tato práce má za cíl navrhnout složení textilie o různém obsahu pojivých vláken a následně vyrobit vzorky, které budou testovány na pevnost, tažnost a ohybovou tuhost. Vlastnosti vzorků vyhodnotit a vyrobit další sérii, ve které se uplatní poznatky z předchozí série vzorků.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část se věnuje problematice konopných vláken a jejich výrobě, pojivým vláknům, které se používají při termickém pojení, výrobě netkaných textilií a metodice zkoumání mechanických vlastností. V experimentální části je popsán postup výroby vzorků, jejich testování. V závěru jsou popsány získané poznatky.

# 1. Teoretická část

## 1.1. Materiály

### 1.1.1. Konopí

Kulturní konopí pochází původně z oblasti střední Asie, odkud se postupně rozšířilo do zbytku světa – nejdříve směrem na východ, do oblastí Číny, Indie, a poté směrem na západ, do Evropy. Ke šlechtění konopí došlo před 5000 lety na území Číny. Konopí bylo pěstováno za účelem získávání semen, vláken, ze kterých se vyráběly textilní a papírenské produkty, později i pro léčivé účinky [1, 2].

Dnes je konopí rozšířené po celém světě. Ve 20. století došlo k útlumu pěstování konopí, jelikož došlo k rozvoji moderní medicíny, zejména léků podávaných injekcí. V roce 1961 došlo k celosvětovému zákazu pěstování konopí, aby se zamezilo jeho využití jako omamné látky. Z toho důvodu došlo k vyšlechtění odrůd, které mají obsah THC menší než 0,2 %. V 80. letech byla schválena možnost pěstovat konopí s obsahem THC do 0,3 % pro technické účely, čímž došlo ke vzniku technického konopí [7, 9, 10].

#### 1.1.1.1. Druhy konopí

**Konopí seté** (*Cannabis Sativa*) je rostlina původně ze Střední Asie a Indie, odkud se rozšířila po celém světě, jedná se o nejrozšířenější druh konopí. Tento druh konopí je jednoletá rostlina, charakteristická 80–350 cm dlouhým a štíhlým stonkem, jenž není tolik větvený, listy jsou dlouze laločnaté, obsah THC se pohybuje v rozmezí 5–15 %. Vlákná z kůry stonku jsou nejdelší přirozená vlákna. Jádro stonku obsahuje krátká vlákna pazdeří. Rozeznáváme tři poddruhy, a to severní, jižní a přechodné. Díky šlechtění se povedlo snížit obsah THC pod stanovenou hranici 0,2 % a mluvíme tedy o technickém konopí. Tento druh se primárně používá na výrobu vláken pro technické účely a olejů pro farmaceutické účely [3, 5, 7, 8, 11].

**Konopí rumištní** (*Cannabis Ruderalis*) tento druh je původem z jihovýchodního Ruska, odkud se následně dostal do Evropy. Rostlina je jednoletá, dosahuje výšky 60–100 cm, stonk je tenký, téměř nerozvětvený a s nízkým olistěním. Listy mají 3–5 laloků, jsou poměrně velké [4, 5, 11].

**Konopí Indické** (*Cannabis Indica*) pochází ze střední Asie, díky podnebí jde o velmi odolný druh. Dorůstá do výšky 100–180 cm, stonek je rozvětvený. Tato odrůda se začíná větvit hned odspodu, má málo vláknitý stonek. Obsah THC se pohybuje mezi 15–20 % [3, 5, 6, 11].

#### 1.1.1.2. Pěstování konopí

Podle zákona č. 167/1998 Sb., je v Česku povoleno pěstovat konopí s obsahem THC do 0,3 %, takový druh konopí se označuje jako technické konopí. Pokud se pěstuje konopí na ploše větší než 100 m<sup>2</sup>, musí být splněna ohlašovací povinnost o návykových látkách podle § 29 zákona [11, 12].

Pro pěstování konopí jsou nejvhodnější hlinité půdy, které mají neutrální, nebo mírně zásadité pH. Rozlišujeme pěstování na semeno a na vlákno, na semeno sázíme 55–75 rostlin na m<sup>2</sup>, na vlákno sázíme 400–500 rostlin na m<sup>2</sup>. Konopí se sází do hloubky okolo 35 mm. Než si rostlina vybuduje dostatečný kořenový systém, je potřeba dostatečně zavlažovat a hnojit [3, 11].

Sklizeň konopí je určena podle záměru pěstování, a to na semeno, nebo na vlákno. Konopí pěstované pro vlákno se sklízí od poloviny srpna. Začátek sklizně konopí pěstovaného na semeno začíná od poloviny září. Sklizeň se v dnešní době provádí za pomoci kombinovaných strojů, které oddělují z rostliny semena a stonky vrací zpět na pole za účelem vyschnutí na vlhkost 15–20 % [11, 13].

#### 1.1.1.3. Konopná vlákna

Konopná vlákna řadíme mezi lýková vlákna, jelikož se získávají ze stonků konopných rostlin. Vzhledem i vlastnostmi se velmi podobají lnu. Lýková vlákna technická tvoří svazky elementárních vláken. Tato vlákna jsou složena z protáhlých buněk, které jsou na konci uzavřené a mají středový kanálek, tj. lumen. Tato elementární vlákna jsou spojena pektiny a ligninem. Chemické složení je popsáno v tabulce č. 1 [14, 15].

Tabulka č. 1: Chemické vlastnosti vláken konopí [14].

Vlastnost	Primární vlákno	Sekundární vlákno	Pazdeří
Celulóza (%)	60–72	-	34–41
Hemicelulóza (%)	11–19	-	31–37
Lignin (%)	2,3–4,7	-	19–21
Délka vlákna (mm)	20	2	0,26–0,57
Tloušťka vlákna (mikro mm)	16–67	17	14–27

Mechanické vlastnosti vláken jsou si velmi podobné. Pro porovnání jsou uvedeny vlastnosti konopných a lýkových vláken v tabulce č. 2 a geometrické vlastnosti jsou v tabulce č. 3 [14, 15].

Tabulka č. 2: Mechanické vlastnosti lněných a konopných vláken [15].

Vlákno	Pevnost (N/tex)	Tažnost (%)	Modul (N/tex)	Práce do přetrhu (N/tex)
Len	0,54–0,57	1,6–3	17,9–18,1	0,0069–0,0095
Konopí	0,47–0,6	2–2,6	18–21	0,0039–0,0058

Tabulka č. 3: Geometrické vlastnosti lněných a konopných vláken [15].

Vlákno	Délka technického / délka elementárního vlákna (mm) / (mm)	Průměr technického / průměr elementárního vlákna (mm) / (μm)	Jemnost technického vlákna (tex)
Len	(200–1400) / (4–77)	(0,04–0,62) / (5–76)	0,18–2
Konopí	(1000–3000) / (5–55)	(0,16) / (10–51)	0,32–2,2

#### 1.1.1.4. Zpracování konopí

Jak bylo zmíněno, konopný stonk je složen z elementárních vláken, spojených pektiny a ligninem. Aby bylo možné tato vlákna zpracovávat textilními technologiemi, je důležité je ojednotit [15].

Zpracování konopí na vlákna se velmi podobá zpracování lnu. Je to dáno podobnou stavbou stonku. Při sklizení konopných rostlin dochází k odvětvení. Po sklizení se stonky musí roztřídit podle délky a stupně zralosti. Takto roztříděné stonky se pro lepší manipulaci svážou do otýpky [1].

Následuje máčení, díky kterému se oddělí stonk od kůry za působení bakterií, které rozkládají pektiny. Stonky svázané v otýpkách se ponoří do vody, doba máčení závisí na teplotě vody, kvalitě vody a jejím proudění. Nejvíce se používá teplovodní máčení, jedná se o uměle vyhříváný bazén, s optimální teplotou vody 30–33 °C. Doba máčení se pohybuje mezi 5 až 8 dny [1, 15].

Další částí procesu je sušení, vzhledem k objemnosti je sušení prováděno výhradně na venkovních plochách. Vhodné jsou rovné, čisté pozemky s mírným sklonem k jihu. Otýpky se vějířovitě rozestaví na pozemek tak, aby nebyly vzájemně stlačeny a vzájemně si nestínily. Za ideálního počasí se stonky usuší za 2 až 3 dny. Vlhkost usušeného konopí se pohybuje okolo 15 % [1].

Poslední fází je zpracování konopných stonků v tírnách. Než dojde k samostatnému zpracování v tírnách, měly by se stonky nechat ideálně několik dnů odležet. Díky odležení navlhne vlákno rychleji než dřevnatá část stonku, díky čemuž se vlákno stane pevnějším, a tedy vydrží průchod přes lamačku, na rozdíl od dřevnaté části stonku. V tírnách procházejí konopné stonky nejprve přes lamačky, které jsou většinou složeny z 6–12 párů rýhovaných válců, rýhování u jednotlivých válců je odlišné. V lamačkách dochází k nalámání dřevinové části stonku, čímž se částečně uvolní vlákna. Nalámané stonky se dávají na oflakovače, kde se oddělí technická vlákna od dřevinové části stonku a zároveň se vyčešou konopné koudele [1, 15].



### 1.1.1.5. Kotonisace

Slovo kotonisace je odvozeno od anglického slova cotton. Podle Poliščuka je kotonisace označení přípravy lýkových vláken ke spřádání bavlnářskou technologií. Jde o proces, při kterém se konopná vlákna ojednotí a jejich vlastnosti jako délka, vzhled a omak se podobá vláknům bavlněným. V praxi v textilním průmyslu se používají kotonisovaná lýková vlákna ve směsi s bavlnou [1].

Jelikož je konopné vlákno tvořeno svazkem elementárních vláken, které jsou slepeny pektinem a ligniny, měl by být podle Poliščuka správný název elementarizace vláken na takzvaná pravláčna. Stupeň kotonisace je důležité odhadnout. Jelikož při kotonisaci dochází ke ztrátě pevnosti vláken, nedoporučuje se provádět úplnou kotonisaci [1].

Nejčastěji používanou metodou kotonisace je chemický proces. Jak bylo zmíněno, technické konopí je složeno ze svazků elementárních vláken, které jsou k sobě slepeny pektiny a ligninem. Podstatou chemické kotonisace je rozložit pektiny a lignin, čímž dojde k elementarizaci vláken na pravláčna. Chemická kotonisace je složena z vyvářky, při které se působí na technická vlákna různými alkalickými prostředky, kyselinami, nejčastěji se používá chlor. Následuje louhování v chloridu sodném, které se může provádět za zvýšeného tlaku, díky čemuž chlorid sodný lépe pronikne do míst spojů elementárních vláken. Po louhování je důležité vlákna důkladně vyprat a usušit [1].

Mechanickou kotonisací se zpracovávají méněcenná, nebo odpadní vlákna. Při mechanické kotonisaci dochází ke zjemnění těchto vláken, díky čemuž je možné je spřádat. Důležité je vyčištění výchozího materiálu od nečistot. Linka pro mechanickou kotonisaci je složena obvykle z trhaček vláken, potěracích strojů (Kirschnerův křídlový stroj), čechradel (Crightonovo čechradlo), a rozvolňovače materiálu [1].

Další zajímavou možností kotonisace konopných vláken je působení páry pod tlakem (steam explosion). Na vstupní vlákna působí hydroxid sodný po dobu 15 hodin. Z takto připraveného materiálu je následně odfiltrována přebytečná kapalina. Materiál je následně umístěn do tlakového kotle, kde je zahříván na 190 °C po dobu 4 minut. Díky tlaku se dostane hydroxid sodný hlouběji do struktury vláken a lépe rozloží pektin a ligniny, kterými jsou vlákna spojeny. Po uplynutí 4 minut dojde

k prudkému poklesu tlaku, což zajistí ojednocení vláken. Výsledná vlákna mají drsný povrch [17, 18].

## 1.2. Netkané textilie

Pro představu, jaké mají netkané textilie možnosti uplatnění, je nutné nejdříve definovat, co jsou:

*„Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednostranně nebo náhodně orientovaných vláken, spojených třením a/nebo kohezí a/nebo adhezí s výjimkou papíru a výrobků vyrobených tkaním, pletením, všíváním, proplétáním nebo plstěním.“*

(JIRSÁK, 2003, s. 7)

Z historického hlediska netkaných textilií, lze najít čtyři období s rozdílnými důvody, které vedly k výrobě netkaných textilií [16].

V prehistorii lze nalézt první doložené zmínky, jde o plstění zvířecích srstí. Plstění probíhalo za působení tepla, vody a mechanických vlivů. Tento postup plstění se udržel v některých krajích do dnešních dob. Takto vyrobené textilní útvary byly používány ke stavbě chýší, jako oblečení, nebo jako příkrývky. V Mezopotámii lze nalézt slaměné rohože, které byly používány ve stavbách [16].

V 19. století při rozmachu textilní výroby vnikalo podstatné množství textilního odpadu (10–20 %), šlo o krátká nespřadatelná vlákna, nebo velmi znečištěná vlákna, která se pro spřádání nití nehodila. Hledaly se způsoby, jak tento odpadní materiál zužitkovat. Došlo k rozvoji několika technologií, zejména k rozvoji technologie vpichování. Díky této technologii lze vyrábět plošné textilní útvary, které mají podobné vlastnosti jako plstěné [16].

V první polovině 20. století nastala potřeba pokrýt levně a efektivně rostoucí spotřebu plošných textilních úvarů. K rozvoji nových metod a technologií došlo hlavně ve Spojených státech a v Československu. Šlo o přímou tvorbu vlákenné vrstvy a její následné zpevňování, které bylo možno provádět termicky, mechanicky, či adhezivou [16].

Od druhé poloviny 20. století začalo být hlavním důvodem výroby netkaných textilií výroba nových materiálů se specifickými vlastnostmi, které nelze vyrobit jinou technologií. Jako příklad lze uvést filtrační, zdravotnické, konstrukční materiály, ochranné oděvy, geotextilie, agrotexilie, hlukové a tepelně izolační textilie, konstrukční

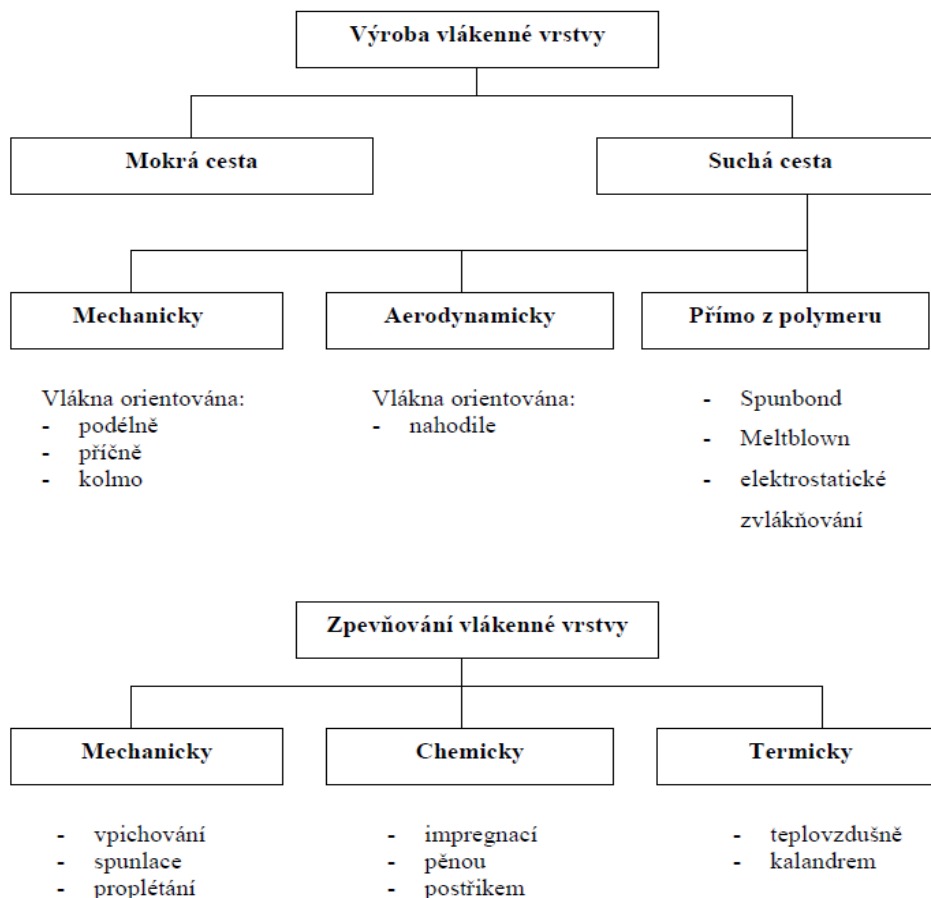
materiály pro letecký a automobilový průmysl. Specifičnost materiálů si vyžaduje i specifické stroje pro jejich výrobu. Některé firmy dokonce samy vyvíjejí nové druhy netkaných textilií a hledají pro ně nové využití [16].

### 1.2.1. Suroviny pro výrobu netkaných textilií

Pro výrobu netkané textilie lze použít jakékoliv vlákno, ať už se jedná o vlákna přírodní, živočišná nebo syntetická. Jak bylo zmíněno, velkou výhodou je, že lze zpracovávat krátká nespřadatelná vlákna nebo vlákna znečištěná [16, 28].

### 1.2.2. Výroba netkaných textilií

Výrobu netkaných textilií je možné rozdělit podle dvou kritérií, první je podle výroby vláknenné vrstvy a druhá možnost je podle zpevňování vláknenné vrstvy [16].



Obr. č. 1: Rozdělení metod výroby netkaných textilií [16].

### 1.2.3. Příprava vlákenné vrstvy

Příprava vlákenné vrstvy mokrou cestou se označuje jako hydrodynamická výroba vlákenné vrstvy. Tato metoda je odvozena od výroby papíru. Vlákenná surovina je rozptýlena v kapalině, ta je přiváděna k sítu, přes které je tekutina odsávána. Ke zpevnění vlákenné vrstvy dojde díky vysušení [16, 28].

Příprava vlákenné vrstvy suchou cestou mechanicky je z části složena ze stejných operací, jako příprava materiálu pro předení. První operací je rozvolnění vláken, která jsou dodávány v balíku, následuje mísení vláken. Takto připravený materiál se dostane na vstup mykacího stroje, ve kterém se vlákna ojednotí a částečně urovnají do podélného směru. Následuje kladení vlákenné vrstvy, které se může provádět kolmo, příčně, nebo podélně. Kladení ovlivňuje směr orientace vláken, což vede k anizotropnímu uspořádání, výsledné vlastnosti (pevnost, tažnost...) jsou v příčném nebo podélném směru výraznější [16, 28].

Vlákenná vrstva připravená suchou cestou aerodynamicky má nejvíce náhodné uspořádání vláken, mluvíme o izotropním uspořádání, vlastnosti jsou v podélném a příčném směru stejné. Vlákna jsou na vstupu přiváděna v sevřeném stavu ke šhubacím válcům, které je natrhají, následně jsou proudem vzduchu strhávána a unášena na kondenzor, na kterém vzniká vlákenná vrstva připravená ke zpevňování [16, 28].

Přípravu vlákenné vrstvy suchou cestou přímo z polymeru lze použít pouze pro syntetická vlákna. Tuto metodu používají zejména technologie spun-bond a melt-blown. U obou technologií je začátek totožný, granulovaný polymer je roztaven a vytlačován skrze trysky. Dále se technologie rozcházejí. U technologie spun-bond jsou vlákna z trysek odtahována a dloužena, následně se sbírají na kolektor. U technologie melt-blown jsou vlákna od trysek odtrhávána a dloužena proudícím vzduchem, následně jsou unášena a sbírána na kolektoru. Ke zpevnění vrstvy dochází chlazením polymeru, nebo lze použít kalandr [16, 28].

#### 1.2.3.1. Příprava vlákenné vrstvy suchou cestou mechanicky

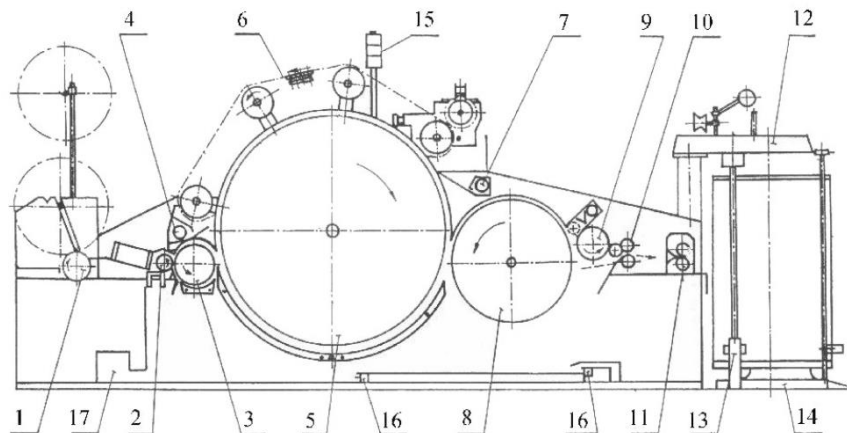
Příprava vlákenné vrstvy je důležitou součástí procesu výroby netkaných textilií, její provedení má vliv na výslednou kvalitu textilie. Podstatou přípravy vlákenné vrstvy je vytvoření pavučiny z chomáče vláken. Příprava vlákenné vrstvy zahrnuje operace

rozvolňování vláken z balíku, čištění, mísení a mykání a kladení. Mykání je významnou operací, provádí se na mykacích strojích. Cílem je ojednotit vlákna, urovnat je do podélného směru, vyloučit příliš krátká vlákna a vytvořit jemnou pavučinu. Tyto mykací stroje mohou být speciálně konstruované pro výrobu netkaných textilií, nebo konvenční mykací stroje pro zpracování vláken vlnářského typu o délce 65–75 mm (válcové), nebo mykací stroje pro zpracování vláken bavlnářského typu o délce 25–45 mm (víčkové). Běžně se používají mykací stroje válcové, jelikož mají vyšší produktivitu a pro jejich větší šíři (1,5–3,5 m) oproti víčkovým [16, 21, 28].

#### 1.2.4. Mykání

Jak bylo zmíněno, účelem mykání je ojednotit vlákna, urovnat je do podélného směru, vyloučit velmi krátká vlákna a vytvořit jemnou pavučinu, která se následně klade, čímž vznikne vlákenná vrstva, jež se následně zpevňuje. Rozlišujeme mykací stroje válcové pro zpracování vláken vlnářského typu o délce 65–75 mm a stroje víčkové pro zpracování vláken bavlnářského typu o délce 25–45 mm [20, 21].

##### 1.2.4.1. Víčkový mykací stroj

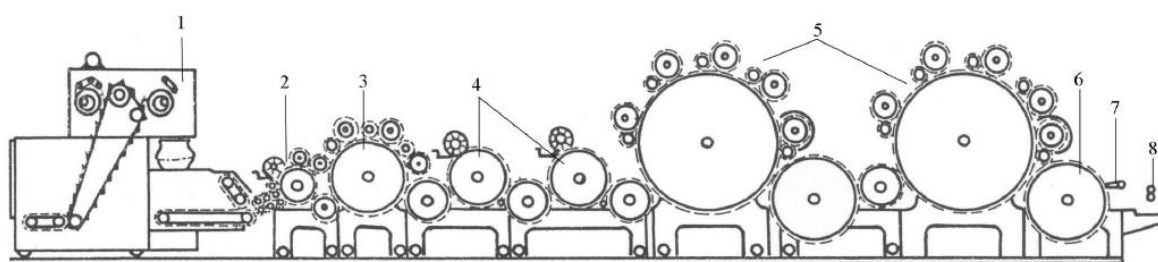


- |   |  |
|---|--|
| 1 ... stůčkový válec                                | 10 ... dtící válce                               |
| 2 ... podávací válec                                | 11 ... kalandrovací válce nebo průtahové ústrojí |
| 3 ... rozvolňovací válce s odřázcím nožem a roštem  | 12 ... svinovací ústrojí                         |
| 4 ... odsávání nabíhajících víček                   | 13 ... náhon svinovacího ústrojí                 |
| 5 ... hlavní buben s dvoudílným roštem              | 14 ... otočný talíř konve                        |
| 6 ... pohyblivá víčka                               | 15 ... signální světlo                           |
| 7 ... odsávání víčkoviny                            | 16 ... pneumatické zařízení pro odvod odpadu     |
| 8 ... snímač  |  |
| 9 ... snímač pavučiny s čistícími válci a odsáváním |  |

Obr. č. 2: Schéma vysokoprodukčního víčkového stroje DK-2 (fa trützschler) [21].

Vláknenný materiál je přiváděn podávacím válcem k rozvolňovacímu válci, který je potažen pilkovým povlakem. Díky rychlé rotaci rozvolňovacího válce dochází k rozvolnění materiálu na malé vločky. Vločky jsou dále přiváděny na hlavní buben s celokovovým povlakem, který unáší vločky k víčkům s polotuhými, nebo drátkovým povlakem. Mezi víčky a hlavním bubnem dochází k vzájemnému přenosu vláken, tedy k vlastnímu mykání. Z hlavního bubnu je materiál pomocí snímače částečně snímán a zhušťován. Z povlaku snímacího válce je materiál snímán hřebenovým, nebo válečkovým snímacím ústrojím, čímž vniká pavučina, která je odváděna [21].

#### 1.2.4.2. Válcový mykací stroj

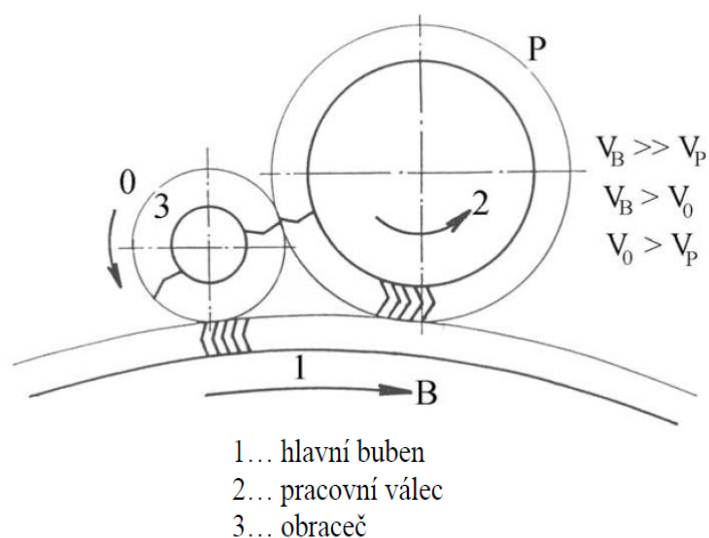


1 ... nakladací stroj s odvažovací násypkou  
 2 ... čistící zařízení s podávacími válečky  
 3 ... předmykadlo  
 4 ... odřepikovací ústrojí

5 ... válcový mykací stroj s 2 hlavními válci  
 6 ... snímací válec  
 7 ... sčesávací hřeben  
 8 ... kalandrovací válečky

Obr. č. 3: Schematické znázornění uspořádání mykacího stroje pro česanou technologii [22].

Válcové mykací stroje jsou určeny pro vlákna vlnařského typu, tyto stroje jsou při výrobě netkaných textilií používanější, jelikož se stroje vyrábějí ve větších šířkách a mají vyšší produktivitu. Rozdíl mezi válcovým mykacím strojem a víčkovým válcovým strojem je, že válcový mykací stroj má místo víček pracovní válce. K vlastnímu mykání dochází tedy mezi hlavním bubnem a pracovními válci. Mykací uzel se skládá z hlavního bubnu, pracovního válce a obraceče, přenos vláken je zajištěn pomocí směru zubů povlaků a rozdílem rychlostí mezi bubnem a válci. Mezi bubnem a pracovním válcem mluvíme o poloze na mykání, mezi obracečem a pracovním válcem mluvíme o poloze na snímání [16, 21, 22].



Obr. č. 4: Mykání mez pracovním válcem a hlavním bubnem [16].

### 1.2.5. Kladení

Pavučina vzniklá mykáním má nízkou plošnou hmotnost v rozmezí 5–30 g\*m<sup>2</sup>, což je pro výsledné textilie málo a je tak zapotřebí tyto pavučiny klást na sebe ve vrstvách. Pro kladení pavučin bylo vymyšleno několik variant. Jedná se o podélné vrstvení, příčné kladení, jenž se dělí na vertikální a kolmé, poslední typ je kolmé kladení, které může být vibrační, nebo rotační. Díky použitému kladení lze částečně ovlivnit výsledné uspořádání vláken, buď bude spíše anizotropní, nebo izotropní [16, 28].

#### 1.2.5.1. Podélné kladení

Jak název napovídá, jde o kladení jednotlivých pavučin na sebe ve směru výstupu ze stroje. Konstrukční provedení je složeno z několika mykacích strojů jdoucích za sebou, ze kterých je odváděna pavučina, přičemž každá následující pavučina se pokládá na předešlou. Tím dochází k násobení plošné hmotnosti. Tento typ kladení se používá pro výsledné textilie o nízkých plošných hmotnostech [16, 28].

#### 1.2.5.2. Příčné kladení

Uspořádání příčných kladečů může být horizontální, nebo vertikální. Účelem je navrstvit pavučinu na dopravníkový pás do šikmých překladů. Velikost překladů závisí na rychlosti pohybu kladečního zařízení a na rychlosti posuvu pásu [16, 28].

#### 1.2.5.3. Kolmé kladení

Tento princip kladení pavučiny patří k nejnovějším metodám kladení, byl vyvinut na Vysoké škole strojní a textilní v Liberci. Tato technologie byla vyvinuta za účelem vyrobit textilie, které jsou odolnější vůči stlačení. Tato vlastnost je zapříčiněna kolmou orientací vláken vůči rovině textilie. Konstrukční provedení může být dvojitý, vibrační, nebo rotační [16, 28].

U rotačního kolmého kladeče je přiváděna pavučina k pracovním kotoučům. Díky hrotům, které jsou na pracovních kotoučích, dochází k vytvoření kolmých skladů, které jsou následně pomocí soustavy drátů roštu snímány [16, 28].



U vibračního kladení je ze shora přiváděna pavučina, jež je stahována vibrující pilkou dolů na dopravníkový pás. Tím je vytvořen sklad pavučiny, který je sejmut z pilky soustavou hladkých jehel. Sejmutý sklad je stlačen lištou na předchozí sklady [16, 28].

### 1.3. Technologie vpichování

Technologie vpichování řadíme mezi mechanické metody zpevňování vláknenné vrstvy. Tato metoda je dnes jedna z nejrozšířenějších metod zpevňování vláknenných vrstev, byla vyvinuta jako náhrada za technologii plstění. Principem je pomocí jehel s ostny přeorientovat vlákna, tím dojde k vzájemnému provázání vláken ve vrstvě, čímž vzroste tření mezi vlákny, což má za výsledek nárůst pevnosti výsledné textilie. V průběhu procesu dochází k redukci tloušťky a ke změnám šířky a délky [16, 28].

Vpichovací stroj se skládá z přiváděcího zařízení, redukčního zařízení, jehelné desky, opěrné desky a odváděcího zařízení. Vláknenná vrstva je přiváděna pomocí přiváděcího zařízení k redukčnímu zařízení, kde dochází k redukci tloušťky vláknenné vrstvy. Redukční zařízení může být provedeno dvojicí válců, šikmými dopravníky, nebo vibrujícím roštem. Následně prochází mezi opěrnou a ojhlenou deskou, která se periodicky posouvá kolmo dolů a nahoru, přičemž dochází k průniku jehel skrze vláknennou vrstvu a opěrnou desku. Díky pronikání jehel dojde k přeorientaci vláken, což má za následek zpevnění vrstvy. Takto zpevněná textilie je navíjena na vál [16, 28].

Důležitým prvkem vpichovacích strojů jsou vpichovací jehly. Díky těmto jehlám dochází k samotné přeorientaci vláken ve vrstvě. Vpichovací jehla se dělí na pět částí, stvol, kolínko, redukovaná část, pracovní část, osten. Pracovní část má obvykle trojúhelníkový průřez, na jehož hranách, nebo jen na některých, se nacházejí ostny. Rozměry jehel a jejich jednotlivých částí se udávají v palcích, tato čísla udávají, kolikrát se rozměr vejde do anglického palce [16, 28].

Hlavními parametry, které sledujeme u technologie vpichování je počet vpichů a hloubka vpichu.

$$\text{Počet vpichů je dán vztahem } Vp = \frac{a \cdot f \cdot p}{v}. \quad (1)$$

Kde  $Vp$  je počet vpichů na  $[m^2]$ ,  $a$  je celkový počet jehel na 1 metr délky vpichovací desky,  $f$  je frekvence pohybu desky  $[s^{-1}]$ ,  $p$  je počet průchodů textilie strojem,  $v$  je rychlost odvádění textilie  $[m \cdot s^{-1}]$ .

#### Hloubka vpichu

Hloubka vpichu udává vzdálenost špiček jehel od opěrného roštu, když se jehelní deska nachází v dolní úvrati, udává se v milimetrech.

Tyto dva parametry mají zásadní vliv na výslednou pevnost textilie. Dále mají vliv na textilií typ a způsob rozmístění jehel a mechanické vlastnosti vláken jako je tažnost, délka a jemnost [16, 28].

### 1.3.1. Termické metody zpevňování vláknenných vrstev

Termické metody zpevňování jsou založeny na roztavení pojivé složky, jenž se zformuje na místech styku se základními vlákny, čímž vzniknou pojící místa. Následně se vláknenná vrstva ochladí, čímž dojde ke ztuhnutí pojiva a tedy k celkovému spojení vláken. Pojivo se může nanášet na vláknennou vrstvu ve formě prášku, nebo se může mezi vláknenné vrstvy vložit pojivo ve formě plošného pojivého útvaru (mřížka, fólie), nebo se může rovnou přidat do směsi s vlákny ve formě pojivých vláken [16, 28].

#### 1.3.1.1. Teplovzdušné pojení

Touto technologií se zpracovávají hlavně vláknenné vrstvy, které jsou tvořeny směsí vláken základních a pojivých. Výsledné textilie mohou být vyrobeny v různých plošných hmotnostech s různou objemností, díky tomu jsou vhodné pro použití jako tepelně, nebo hlukově izolační materiály. Technologie je založena na rozdílu teplot tavení materiálu, ze kterých jsou tvořena základní a pojivá vlákna ve vláknenné směsi. Lze teplovzdušně pojit vláknenné vrstvy základních vláken, mezi které je vložena mřížka, nebo fólie z termoplastického polymeru, jenž má teplotu tavení nižší než základní vlákna. Pojení je podmíněno propustností vláknenné vrstvy, pokud je tedy jako

pojivý element použita fólie, zařadí se před teplovzdušné pojení technologie vpichování, která zajistí průchod vzduchu skrze fólii. Pojení probíhá v teplovzdušné komoře, skrze kterou projíždí perforovaný pás, na kterém je položena vlákenná vrstva. Skrze vlákennou vrstvu je proháněn horký vzduch vyhřívaný na teplotu, při které dochází k tavení pojivého elementu (vlákna, fólie, mřížka). Průchod horkého vzduchu skrze vlákennou vrstvu roztaví pojivé komponenty, ty se podle viskozity přeskupí a uchytí na místech, kde dochází ke křížení základních vláken. Jelikož je horký vzduch díky cirkulačnímu systému proháněn skrze vlákennou vrstvu, je teplo transportováno přímo k vláknům, a nejen na povrch vrstvy. Díky tomu je čas potřebný k ohřátí vláken kratší, než kdyby se ohříval jen povrch vrstvy. Následuje ochlazení, při kterém pojivé komponenty ztuhnou, čímž spojí vlákennou vrstvu a vznikne textilie [16, 28].

Pro teplovzdušný ohřev vlákenných vrstev se používají pojící komory s horizontálním pásem, nebo se síťovým bubnem. Většinou se používají komory s horizontálním pásem, po kterém projíždí skrze komoru vlákenná vrstva. Komory mají regulovaný výhřevný systém, který udržuje nastavenou teplotu vzduchu a cirkulační systém, který prohání horký vzduch skrze vlákennou vrstvu. Komora může obsahovat dvojici přítlačných válců, které zlepšují spojení textilie, ale také zmenší objemnost výsledné textilie. Na výstupu ze stroje může být umístěno kalandrovací zařízení, nebo chladicí válce [16, 28].

### 1.3.2. Formy pojiv

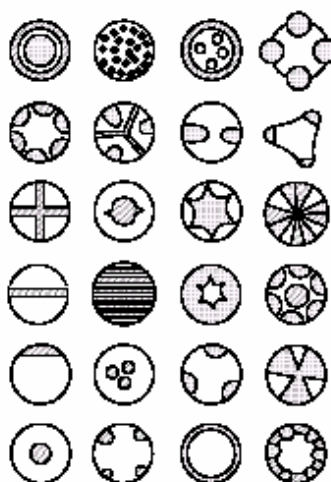
Pro pojení vlákenných vrstev se mohou použít pojiva v různých fyzikálních formách, jako jsou:

- roztoky polymerů ve vodě, nebo v organických rozpouštědlech
- vodné disperze polymeru
- zpeněné vodné disperze polymeru
- pasty
- tuhé polymery, které mohou být v podobě:
  - prášku
  - vláken
  - sítí
  - folií

Nejpoužívanější formou pojiva v technologii teplovzdušného pojení jsou monokomponentní, nebo bikomponentní vlákna. Tato vlákna jsou vyrobena z nížetajících polymerních materiálů. Vlákna, jenž jsou použita jako pojivá, musí mít určité vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti patří dobrá adheze, nízká viskozita taveniny, nízká srážlivost, odolnost vůči tepelné a tepelně oxidační degradaci. Nejdůležitější je ovšem vhodná teplota tání, vzhledem k teplotní odolnosti základních vláken [16, 28].

### 1.3.2.1. Pojivá vlákna

Jak bylo zmíněno, teplovzdušné pojení funguje na principu tavení a následného ochlazení vláken, která slouží jako pojivý materiál. Z toho důvodu musí být pojivá vlákna vyrobena z materiálu, který má nižší teplotu tání než vlákna, která chceme pojit. Tato vlákna mohou být vyrobena celkově z jednoho materiálu, nebo jedno vlákno může obsahovat dva, nebo více druhů polymeru s rozdílnými vlastnostmi. Taková vlákna se nazývají bikomponentní vlákna. Bikomponentní vlákna mohou mít různá uspořádání, která jsou dána jejich výrobou [15, 16].



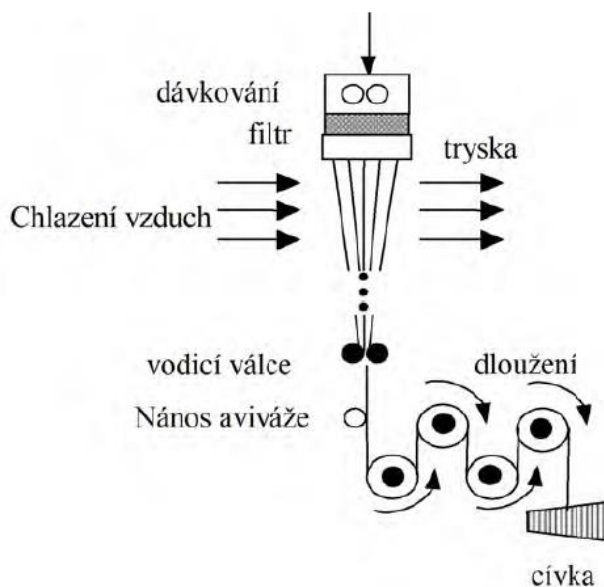
Obr. č. 5: možné typy bikomponentních vláken [15].

### 1.3.2.2. Výroba vláken

Výroba chemických vláken je možná několika způsoby, které závisí na polymerech, ze kterých je vlákno vyráběno. Vlákna lze vyrábět zvlákňováním z taveniny polymeru, za sucha nebo za mokra. Poslední dvě varianty se používají pro materiály, které nelze tavit, nebo se při zahřívání rozkládají [15, 16].

Pro zvlákňování z taveniny polymeru je nutné, aby polymer byl zvlákňitelný, což je důležitá charakteristika polymerů, a aby splňoval několik podmínek. Polymer musí být termicky a chemicky stálý, kapalný paprsek polymeru musí být před ztuhnutím neporušený, vlákno musí být dlouhým orientovatelné [15, 16].

Vlastní proces zvlákňování taveniny polymeru je znázorněn na obrázku č. 6. Polymer ve formě granulátu je roztaven a přiveden ke zvlákňovací trysce, která je tvořena malými otvory. Skrze tyto otvory je tavenina polymeru protlačena. Paprsky taveniny jsou ochlazovány pod teplotu tání polymeru, čímž vznikne nedloužené vlákno. Následuje dloužení vláken, při kterém dochází k orientaci řetězců polymeru ve směru dloužení, tím vznikne dloužené vlákno. Fixace je poslední operace, při které se dloužené vlákno zahřeje, díky čemuž dojde k relaxaci vnitřního napětí [15, 16].

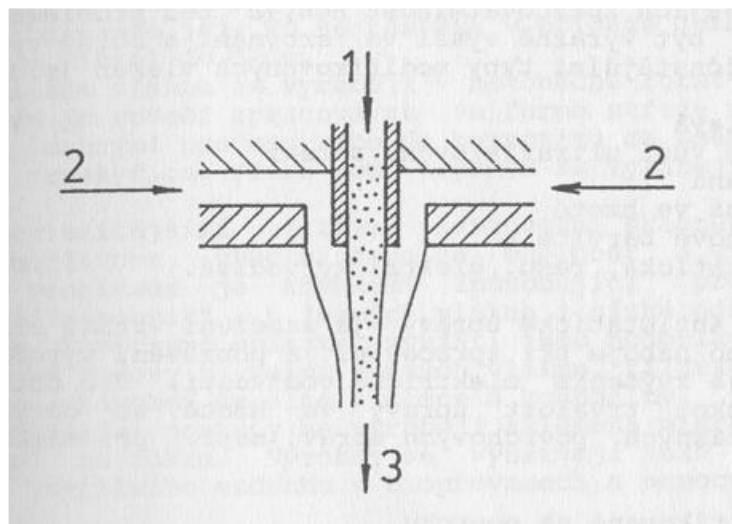


Obr. č. 6: schéma zvlákňování z taveniny [15].

Pokud nelze polymer tavit za účelem zvlákňování, používají se metody zvlákňování za mokra nebo za sucha. Zvlákňování za sucha se velmi podobá zvlákňování z taveniny. Místo taveniny polymeru se přivádí k tryskám rozpuštěný polymer v rozpouštědle. Po zvlákňování se rozpouštědlo odpaří, další průběh je shodný se zvlákňováním z taveniny [15, 16].

Při metodě zvlákňování za mokra se používá polymer rozpuštěný v rozpouštědle, který je protlačen skrze trysky do srážecí lázně, ve které dojde k chemické reakci, při které se vlákno vysráží. Vysrážené vlákno je odebíráno z lázně a je následně dluženo [15, 16].

Při výrobě netkaných textilií nacházejí velké uplatnění bikomponentní vlákna, což jsou vlákna tvořená ze dvou, nebo více druhů polymeru s rozdílnými vlastnostmi. Pro výrobu bikomponentních vláken tvořených dvěma druhy polymeru se používají dva typy výroby. Prvním je typ side by side (S/S) a druhým je typ core – sheath (C/S). Typ side by side vzniká díky spojení dvou proudů taveniny ve zvlákňovací trysce. Typ core – sheath využívá speciální trysku, která umožní obalit jeden proud taveniny (jádro) jinou vrstvou taveniny z jiného polymeru (plášť) [15, 16].



Obr. č. 7: Tryska pro bikomponentní vlákno C/S [16].

### 1.3.3. Zkoušení netkaných textilií

#### 1.3.3.1. Plošná měrná hmotnost

Plošná hmotnost je definována jako hmotnost vzorku vůči jeho ploše, udává hmotnost jednoho  $m^2$  textilie. Testování plošné hmotnosti je dáno normou ČSN EN 12127 (800849). Dle této normy se odstříhne vzorek o rozměrech 100 x 100 mm, který je následně zvážen na analytických vahách. Hodnoty se dosadí do vzorce [23]:

$$\rho_s = \frac{m}{S} = \frac{m}{l*b} [\text{kg} * m^{-2}] \quad (2)$$

Ve kterém  $\rho_s$  je plošnou měrnou hmotnost [ $\text{kg} * m^{-2}$ ],  $m$  je hmotnost vzorku [kg],  $S$  je plocha vzorku [ $m^2$ ].

#### 1.3.3.2. Ohybová tuhost

Pod pojmem ohybová tuhost rozumíme veličinu, která vyjadřuje odpor plošné textilie vůči ohýbání zapříčiněné vnější, nebo vlastní silou. Na měřícím stroji je pevně nastavený úhel  $41,5^\circ$ , vzorek má rozměry 200 x 25 mm. Vzorek je položen na vodorovnou plochu zároveň s hranou. Následně je po celé délce zatížen a postupně vysouván nad šikmou plochu, dokud se nedotkne šikmé plochy. Měří se délka vysunutí, než se dotkne šikmé plochy. Tato hodnota se spolu s plošnou hmotností dosadí do vzorce [25]:

$$T_{os} = \rho_s * \left(\frac{l}{2}\right)^3 [\text{kg}*m] \quad (3)$$

Kde  $T_{os}$  označuje tuhost v ohybu [ $\text{kg}*m$ ],  $l$  je délka vysunutí [m],  $\rho_s$  je plošná hmotnost [ $\text{kg} * m^{-2}$ ].

#### 1.3.3.3. Tahové zkoušky

Tahové zkoušky se provádí na přístroji, zvaném dynamometr. Zjišťuje se, o kolik se vzorek prodlouží, než dojde k jeho přetrhu, výsledkem je tahová křivka. Vzorek o rozměrech 160 x 50 mm je upnut do čelistí dynamometru. Ty se následně od sebe oddalují, přičemž je zaznamenávána síla potřebná k natahování vzorku a jeho prodloužení [24].

## 2. Experimentální část

Experimentální část bakalářské práce je zaměřena na návrh a výrobu vzorků netkané textilie tvořené směsí konopných vláken s různým obsahem pojivých monokomponentních polyesterových vláken pojených za tepla a tlaku. Cílem je vytvořit vzorky textilií s rozdílným obsahem pojivých vláken a vyhodnotit jejich vlastnosti (pevnost, tažnost, ohybovou tuhost) v závislosti na plošné hmotnosti.

### 2.1. Použité materiály

#### 2.1.1. Konopí

Konopná vlákna patří mezi rostlinná konopná vlákna. Získávají se ze stonku rostlin konopí. Vlákna jsou ve stonku slepena ligninem a pektiny, které se při elementarizaci vláken rozkládají, čímž vzniknou technická vlákna a konopné koudele, což jsou krátká slepená vlákna. Konopná vlákna se velmi podobají vláknům lněným, délka technických elementárních vláken se pohybuje okolo 20 mm, s pevností průměrně 0,55 N/tex s tažností 1,6–3 % [7].

#### 2.1.1. Zkoušení vláken

Jelikož jsou vyráběné textilie z většinové části složeny z konopných vláken, které jsou přírodního původu, mají tato vlákna různou pevnost, jemnost a tažnost. Pro lepší představu byla konopná vlákna, ze kterých byly textilie vyráběné, testována na trhacím stroji.



### 2.1.1.1. Příprava

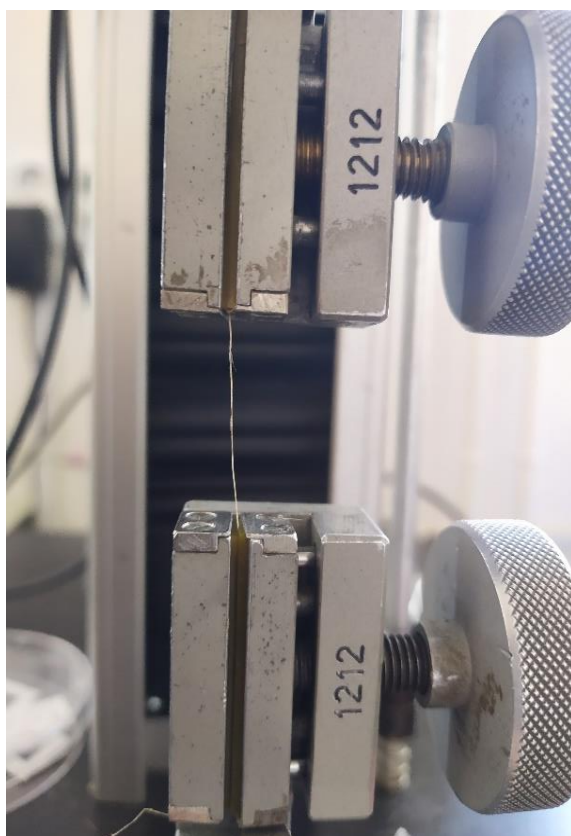
Prvním krokem bylo vybrat z chomáčů vláken jednotlivá vlákna pro testování. Nejdříve bylo vybráno náhodně pět vzorků chomáčů konopných vláken. Z chomáčů vláken bylo vyčesáno co nejvíc vláken, ze kterých bylo náhodně vybráno 30 vláken s minimální délkou 60 mm, tak aby měla náhodnou tloušťku a délku.



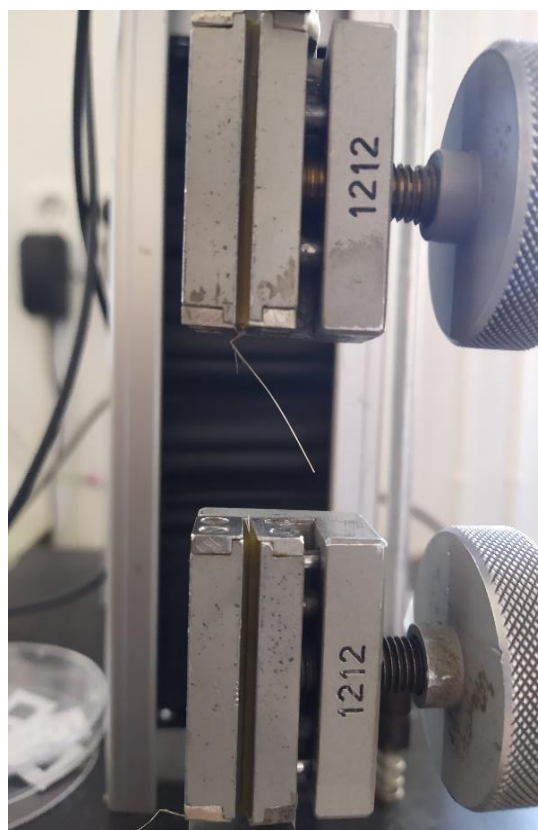
Obr. č. 8: Část vybraných vláken ke zkoušce tahem.

### 2.1.1.2. Průběh zkoušení

Na trhacím stroji byla nastavena tržná délka 30 mm. Zkoušené vlákno bylo upnuto do čelistí tak, aby bylo napnuté. Následně byl dán pokyn k provedení testu. Čelisti se od sebe začaly oddalovat, dokud se vlákno nepřetrhlo, program stroje zaznamenával sílu potřebnou k přetržení a protažení vlákna, dokud nedošlo k přetrhu. Po přetrhu bylo vlákno ustrženo těsně u čelistí. Vlákno bylo následně zváženo na analytických vahách a hmotnost byla zadána do programu, který vypočítal jemnost vláken. Takto bylo provedeno měření u všech 30 vláken. Průměrné hodnoty jsou zapsány následující tabulce.



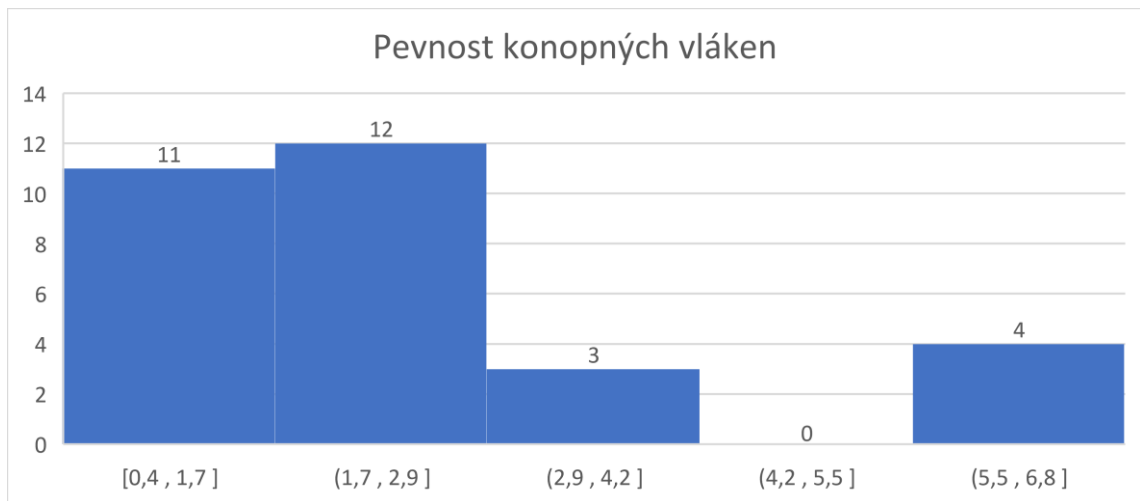
Obr. č. 9: Upnuté konopné vlákno v čelistech trhacího stroje.



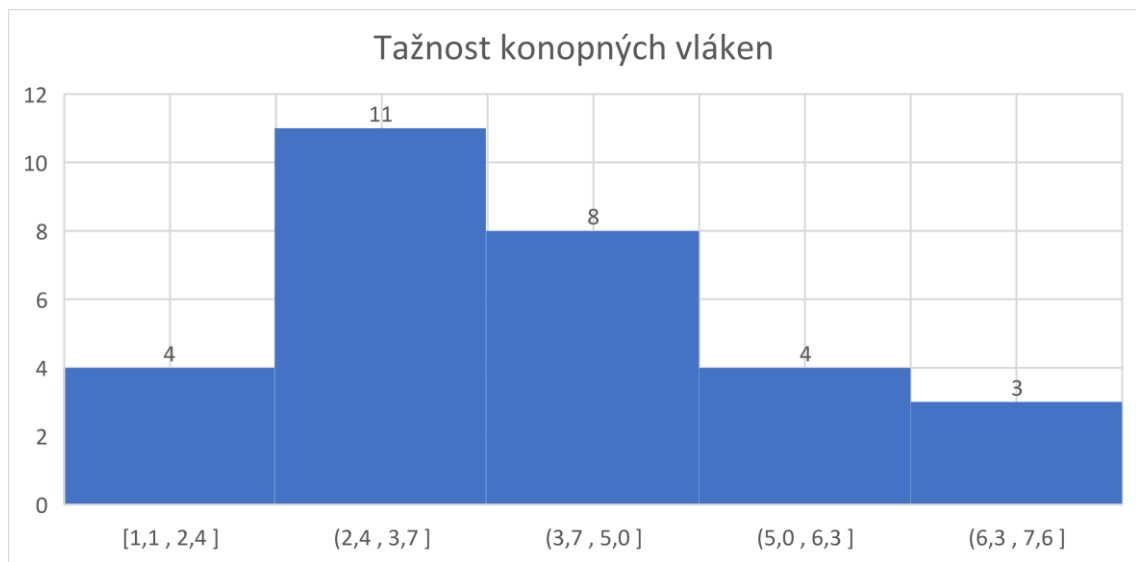
Obr. č. 10: Přetržené konopné vlákno v čelistech trhacího stroje.

Tabulka č. 4: Průměrné naměřené hodnoty.

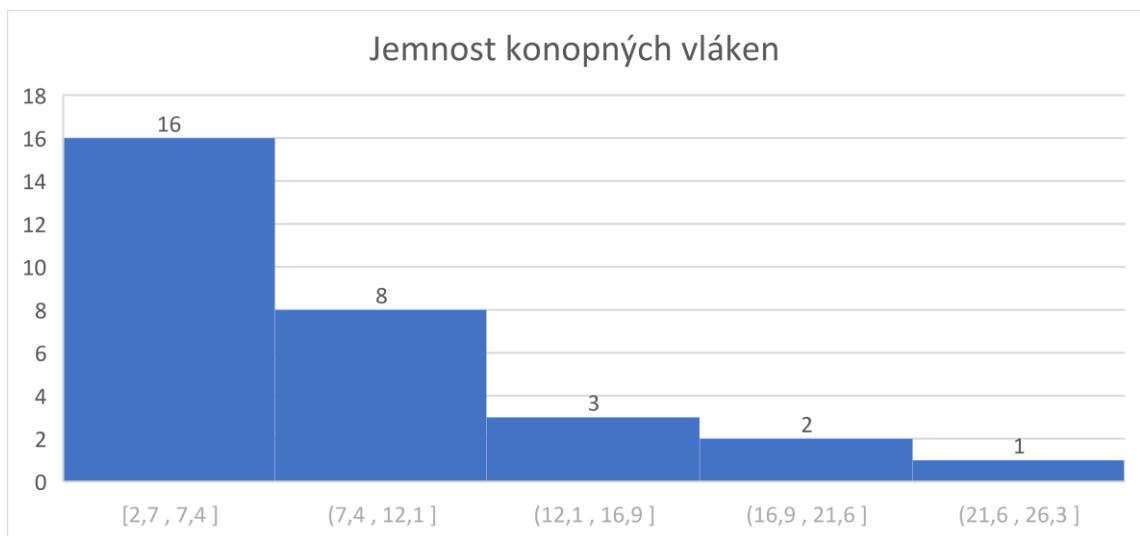
	T [tex]	F [N]	$A_{\max}$ [mm]
Průměr	8,82	2,39	3,87
Směrodatná odchylka	5,66	1,69	1,50
Variační koeficient	0,64	0,71	0,39



Graf č. 1: Histogram naměřených pevností konopných vláken.



Graf č. 2: Histogram naměřených tažností konopných vláken.



Graf č. 3: Histogram naměřených jemností konopných vláken.

Třicet vláken bylo testováno na tažnost, pevnost a jemnost. Pro znázornění byly vytvořeny histogramy pro jednotlivé vlastnosti. Histogramy rozdělují naměřená data do tříd, podle rovnoměrných intervalů. Sloupce znázorňují počet vláken s hodnotami, které spadají do určité třídy. Z histogramu pro pevnost vyplývá, že převládající část vláken má pevnost v rozmezí 0,4–2,94 N. Z histogramu pro tažnost je vidět, že většina vláken, což je 19, má tažnost v rozmezí 2,3–5 mm. Histogram pro jemnost udává, že polovina vláken má jemnost v intervalu 2,6–7,4 tex.

### 2.1.2. Mikroskopování konopných vláken

V rámci zkoumání vláken byly pořízeny fotografie konopných vláken pod mikroskopem – obrázky podélného a příčného pohledu na konopná vlákna v optickém mikroskopu.

#### 2.1.2.1. Příprava

Pro příčný pohled bylo potřeba připravit náplň do mikrotomu. Osm ojednocených konopných vláken bylo položeno vedle sebe, následně byla na jednom konci svázána přízí a zavěšena na stojan. Takto bylo připraveno deset svazků. Svazky byly namočený do lepidla Duvilax, po namočení bylo ze svazků vymačkáno přebytečné lepidlo. Svazky byly několikrát promnuty, aby se lepidlo dostalo mezi všechna vlákna a došlo k redukci tloušťky. Svazky byly ponechány dva dny, aby důkladně uschly.

Po uschnutí byly vloženy do mikrotomu. Mikrometrickým šroubem byly vysunuty tři mikrometry svazku vláken, které byly následně odříznuty žiletkou a vloženy do kapky glycerinu, která se nacházela na podložním sklíčku. Do kapky glycerinu byly vloženy čtyři takto odříznuté kousky svazku vláken. Následně bylo na podložné sklíčko položeno přes kapku glycerinu krycí sklíčko, čímž byl připraven preparát pro příčný řez.

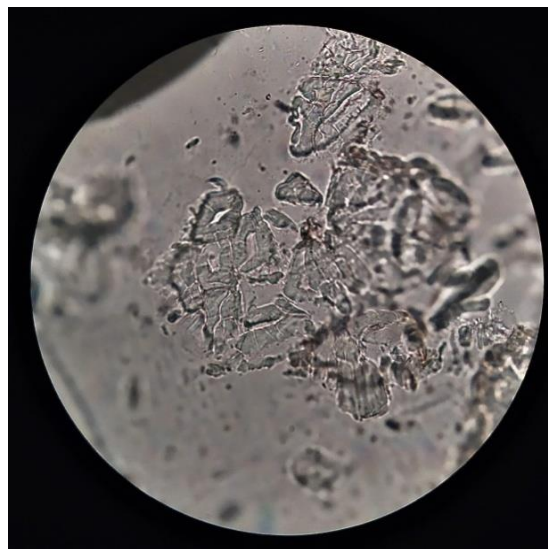
Pro přípravu preparátu pro podélný pohled byla na podložné sklíčko kápnuta kapka glycerinu. Do glycerinu byla vložena nastříhaná konopná vlákna o délce 2–3 mm. Poté byla překryta krycím sklíčkem, čímž vznikl preparát pro podélný pohled.

### 2.1.2.2. Průběh mikroskopování

Pro zobrazení vláken bylo nejdříve nutné seřídit mikroskop. Po seřízení byl do mikroskopu vložen preparát s příčným řezem. Pomocí šroubů pro posuv s preparátem byly nalezeny řezy. Vlákna byla zaostřena a vyfocena. Stejný postup byl proveden u podélného pohledu vláken.



Obr. č. 11: Podélný pohled konopného vlákna.



Obr. č. 12: Příčný řez konopnými vlákny.

### 2.1.2. Vlákna ELK

Společnost Teijin Fibers Limited vyvinula vysoce výkonné polyesterové vlákno označované „ELK“. Jde kombinací nové polymerové technologie a technologie výroby vláken. ELK se skládá z polyesterového vlákna se stereoskopickou dutou pružinovou strukturou a specializovaným pojivovým vláknem s přilnavostí a elasticitou, které je kombinováno tak, aby roztavilo zkřížené části vlákna, což má za následek flexibilní, ale pevnou stereoskopickou strukturu, která poskytuje významnou odolnost a elasticitu. Tato stereoskopická struktura navíc umožňuje prostup vzduchu a páry pro vyšší prodyšnost a propustnost vlhkosti než pěnový polyuretan. Vlákna ELK jsou 64 mm dlouhá s jemností 5,5 dtex, nežloutnou, jsou odolná vůči zatížení, o 20–30 % lehčí než polyuretanová pěna, při jejich spalování vzniká velmi malé množství toxického plynu [19, 26, 27].

## 2.2. Příprava vlákenné vrstvy

Prvotní série vzorků byla vyrobena za účelem získání základních poznatků o vlivu procesu výroby na výslednou textilii a určit další směr vývoje textilie.

### 2.2.1. Rozvláknění vláken

Pojivá vlákna a základní konopná vlákna jsou dodávány ve slisované formě v balíku. Z toho důvodu je nutné na začátek každého procesu, který je prováděn za účelem zpracování vláken, zařadit na začátek rozvláknovací proces. Rozvláknovací proces se provádí za účelem rozvolnění vláken, jenž se nachází v sevřeném stavu. Vlákna jsou ozubenými válci odebírána ve formě vložek z balíku. Vložky jsou dále dopravovány na dopravníkový pás, který přivádí vlákenné vložky k soustavě ojhlených válců, které ojednotí vlákna. V poloprovozu jsou vlákenné vložky odebírány z balíku ručně a následně umístěny na dopravník. Ojednocená vlákna jsou shromažďována ve sběrné komoře. Tento proces byl proveden u pojivých vláken, jelikož konopná vlákna byla už částečně ojednocena.

### 2.2.2. První série vzorků

Základním krokem první série bylo stanovení procentuálního obsahu pojivých vláken ve směsi a plošné hmotnosti, které chceme dosáhnout. Následoval výpočet hmotností komponent pojivých vláken a základních konopných vláken ve směsi.

V první sérii vzorků byly stanoveny dvě cílové plošné hmotnosti  $200 \text{ g/m}^2$  a  $300 \text{ g/m}^2$ . Pro každou plošnou hmotnost byly vyrobeny vzorky s obsahem pojiva 10 % a 20 %. Dále byla polovina z každého vzorku termicky pojena, aby bylo možné zhodnotit vliv termického pojení. Celkem bylo vyrobeno v první sérii osm vzorků.

#### 2.2.2.1. Navážka

Pro první sérii byly připraveny čtyři navážky. Jelikož má přiváděcí pás na mykacím stroji plochu  $0,5 \text{ m}^2$ , byly připraveny navážky poloviční, aby bylo dosaženo plánované plošné hmotnosti. První navážka byla připravena pro první vzorek s plánovanou plošnou hmotností  $200 \text{ g/m}^2$  s obsahem 10 % pojivých vláken, bylo vypočítáno, že je potřeba 90 g konopných vláken a 10 g pojivých vláken. Pro druhý vzorek s plánovanou plošnou hmotností  $200 \text{ g/m}^2$  s obsahem 20 % pojivých vláken bylo

připraveno 80 g konopných vláken a 20 g pojivých vláken. Pro třetí vzorek s plánovanou plošnou hmotností  $300 \text{ g/m}^2$  s obsahem 10 % pojivých vláken bylo připraveno 135 g konopných vláken a 15 g vláken pojivých. Pro čtvrtý vzorek s plánovanou plošnou hmotností  $300 \text{ g/m}^2$  s obsahem 20 % pojivých vláken bylo připraveno 120 g konopných vláken a 30 g pojivých vláken.

Vážení probíhalo na analytických vahách. Na váhy byla umístěna nádoba pro vlákna, poté byly vynulovány. Do misky byla postupně vkládána vlákna, podle vypočítaného množství pro konkrétní navážku. Nejprve byla vkládána konopná vlákna a na ně vlákna pojivá, čímž vznikla požadovaná navážka. Tímto postupem byly připraveny dvě navážky podle vypočítaných hodnot.

Po položení nádoby na váhu, byly váhy vynulovány, aby bylo vážení co nejpřesnější. Pro první navážku pro plánovanou plošnou hmotnost  $200 \text{ g/m}^2$  s obsahem 10 % pojivých vláken, byla nejdříve do nádoby vkládána konopná vlákna, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 90 g. K nim byla přidávána vlákna pojivá, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 100 g.

Druhá navážka byla připravena pro plánovanou plošnou hmotnost  $200 \text{ g/m}^2$  s obsahem 20 % pojivých vláken. Do nádoby na vahách byla vkládána vlákna, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 80 g, k nim byla přidávána pojivá vlákna, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 100 g.

Třetí navážka byla pro plánovanou plošnou hmotnost  $300 \text{ g/m}^2$  s obsahem 10 % pojivých vláken. Do nádoby na vahách byla vkládána vlákna, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 135 g, k nim byla přidávána pojivá vlákna, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 150 g.

Čtvrtá navážka byla pro plánovanou plošnou hmotnost  $300 \text{ g/m}^2$  s obsahem 20 % pojivých vláken. Do nádoby na vahách byly vkládány vlákna, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 120 g, k nim byla přidávána pojivá vlákna, dokud se na displeji váhy neobjevila hodnota 150 g.

## 2.2.2.2. Mykání

Tabulka č. 5: Vypočítané složení pro vlákenné vrstvy v první sérii.

Plánovaná plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Procentuální obsah pojivých vláken [g]	Hmotnost konopných vláken [g]	Hmotnost pojivých vláken [g]
200	10	90	10
200	20	80	20
300	10	135	15
300	20	120	30

K mykání byl použit víčkový stroj. Během mykacího procesu dojde k promísení, ojednocení a částečnému napřímení vláken do podélného směru. Díky promísení konopných vláken a vláken pojivých je možné je následně termicky pojít. Připravené navážky pro jednotlivé vzorky byly jednotlivě pokládány na dopravníkový pás.

Pro první vzorek textilie byla vzata navážka s plánovanou výslednou plošnou hmotností 200 g/m<sup>2</sup> s 10 % pojivých vláken. Jako první byla na pás rovnoměrně rozmístěna konopná vlákna, na ně pak byla rovnoměrně rozmístěna vlákna pojivá. Následně byl mykací stroj zapnut, na výstupu z mykacího stroje vznikla pavučina složená z konopných a pojivých vláken. Pavučina se navinula na zbožový váh, následně byla příčně rozstřížena a opatrně sejmuta z válu, čímž vzniklo rouno. Aby bylo dosaženo lepšího promísení vláken, bylo rouno položeno na dopravník mykacího stroje ve směru příčném vzhledem k výstupu z mykacího stroje. Vniklá vlákenná vrstva byla opatrně sejmuta ze zbožového válu, aby nedošlo k porušení struktury.

Poté byla vzata navážka pro druhý vzorek textilie s plánovanou výslednou plošnou hmotností 200 g/m<sup>2</sup> s 20 % pojivých vláken. Jako první byla na pás rovnoměrně rozmístěna konopná vlákna, na ně pak byla rovnoměrně rozmístěna vlákna pojivá. Následně byl mykací stroj zapnut, na výstupu z mykacího stroje vznikla pavučina složená z konopných a pojivých vláken. Pavučina se navíjí na zbožový váh, navinutá pavučina byla následně příčně rozstřížena a opatrně sejmuta z válu, čímž vzniklo rouno. Aby bylo dosaženo lepšího promísení vláken, bylo rouno položeno na dopravník mykacího stroje ve směru příčném vzhledem k výstupu z mykacího stroje. Vniklá vlákenná vrstva byla opatrně sejmuta ze zbožového válu, aby nedošlo k porušení vzniklé struktury.



Byla vzata navážka pro třetí vzorek textilie s plánovanou výslednou plošnou hmotností  $300 \text{ g/m}^2$  s 10 % pojivých vláken. Jako první byly na pás rovnoměrně rozmístěny konopná vlákna, na ně pak byly rovnoměrně rozmístěny vlákna pojivá. Následně byl mykací stroj zapnut, na výstupu z mykacího stroje vzniká pavučina složená z konopných a pojivých vláken. Pavučina se navíjí na zbožový vále, navinutá pavučina byla následně příčně rozstřižena a opatrně sejmuta z válu, čímž vzniklo rouno. Aby bylo dosaženo lepšího promísení vláken, bylo rouno položeno na dopravník mykacího stroje ve směru příčném vzhledem k výstupu z mykacího stroje. Vniklá vlákněná vrstva byla opatrně sejmuta ze zbožového válu, aby nedošlo k porušení vzniklé struktury.



Obr. č. 13: Navážka pro mykací stroj.



Obr. č. 14: Vlákněná vrstva před druhým mykáním.

Byla vzata navážka pro druhý vzorek textilie s plánovanou výslednou plošnou hmotností  $300 \text{ g/m}^2$  s 20 % pojivých vláken. Jako první byly na pás rovnoměrně rozmístěny konopná vlákna, na ně pak byly rovnoměrně rozmístěny vlákna pojivá. Následně byl mykací stroj zapnut, na výstupu z mykacího stroje vzniká pavučina složená z konopných a pojivých vláken. Pavučina se navíjí na zbožový vále, navinutá pavučina byla následně příčně rozstřižena a opatrně sejmuta z válu, čímž vzniklo rouno. Aby bylo dosaženo lepšího promísení vláken, bylo rouno položeno na dopravník mykacího stroje ve směru příčném vzhledem k výstupu z mykacího stroje. Vzniklá

vlákná vrstva byla opatrně sejmuta ze zbožového válu, aby nedošlo k porušení struktury.

### 2.2.3. Zpevňování vlákné vrstvy

#### 2.2.3.1. Vpichování

Vpichování bylo prováděno za účelem redukce tloušťky a zpevnění vlákné vrstvy pro lepší následnou manipulaci a minimalizaci poškození. Na vpichovacím stroji byly nastaveny podmínky vpichování – hloubka vpichu 4 mm, odváděcí rychlost 0,4 m/min, frekvence vpichování  $220 \text{ min}^{-1}$ , což je po přepočítání  $3,66667 \text{ s}^{-1}$ . Jehelná deska obsahovala 2000 jehel na metr délky stroje. Vlákná vrstva sejmutá ze zbožového válu mykacího stroje o plánované plošné hmotnosti  $200 \text{ g/m}^2$  s 10 % pojivých vláken, byla umístěna na dopravníkový pás vpichovacího stroje. Aby byl zajištěn průchod vlákné vrstvy strojem, byla prostrčena vodící textilie od odváděcího zařízení, mezi ojhlenou deskou a opěrnou deskou až k podávacímu zařízení tak, aby vlákná vrstva přesahovala na vodící textilii, která, díky tření, vtáhla vláknou vrstvu do vpichovacího stroje a následně ji odtáhla k odváděcímu zařízení. Po zapnutí stroje byla textilie odváděna, díky tření mezi textilií a vláknou vrstvou byla vlákná vrstva vtáhnuta do vpichovacího stroje. Tento proces byl proveden se všemi čtyřmi vláknými vrstvami vyrobenými na mykacím stroji.



Obr. č. 15: Vpichovaná textilie na výstupu z mykacího stroje.

Vláknenné vrstvy byly zpevňovány jednotlivě vpichováním. Po průchodu první textilie byl vpichovací stroj zastaven. Vpichovaná textilie byla vyjmuta a oddělena od vodící textilie. Ta byla následně prostrčena skrze vpichovací stroj pod další vláknennou vrstvou, tentokrát o plánované plošné hmotnosti  $200 \text{ g/m}^2$  s 20 % pojivých vláken. Poté byl stroj zapnut. Tento proces byl opakován se zbývajícími dvěma vláknennými vrstvami o plánovaných plošných hmotnostech  $300 \text{ g/m}^2$  s obsahem 10 % a 20 % pojivých vláken.

### 2.2.3.2. Termické pojení

Ze vzniklých vpichovaných textilií byl odstřižen vzorek textilie o přibližných rozměrech 30 x 40 mm, z důvodu velikosti pojícího zařízení. Vzorek byl vystřižen tak, aby neobsahoval tenké okraje textilie, které vznikly při průchodu vpichovacím strojem. Tyto kusy byly vloženy mezi přehnutý papír, tak aby byl celý vzorek textilie uvnitř papíru. To bylo provedeno, aby se zabránilo přilepení pojivých vláken k vyhřívaným pásům pojícího zařízení.

Termické pojení se provádělo za působení tepla a tlaku v zařízení, které je složeno ze dvou elektricky vyhřívaných pásů, mezi kterými prochází textilie. Podmínky pro termické pojení byly nastaveny následovně: doba průchodu textilie zařízením byla 1 minutu, pásy byly vyhřívané na teplotu  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ , na textilií působil přítlak  $10 \text{ N/cm}$ .

Každý vzorek byl samostatně vložen mezi papír. Připravené vzorky byly poté, co zařízení dosáhlo nastavené teploty, postupně pokládány na vstupní pás zařízení, jenž zajistil průchod pojícím zařízením. Po jedné minutě vzorek vyjel na výstupu, vzhledem k teplotě vzorku bylo nutné před další manipulací počkat, než vychladne.

## 2.3. Zhodnocení první série vzorků

### 2.3.1. Plošná hmotnost

Pro výpočet plošné hmotnosti byla u každého vzorku změřena plocha a následně byla zvážena hmotnost na analytických vahách. Získané hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet plošné hmotnosti (viz rovnice číslo 2). Vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 6. výsledků orientačních zkoušek.

### 2.3.2. Tahové zkoušky

Tahové zkoušky patří mezi metody zjišťování základních mechanických vlastností, jako je tažnost a pevnost. Testují se vzorky odebrané v podélném (MD) a příčném směru (CD) vzhledem k výstupu textilie ze stroje, jelikož jsou vlastnosti v těchto směrech rozdílné. Rozdíl vlastností je zapříčiněn směrem uspořádání vláken.

Pro testování byly připraveny vzorky o délce 160 mm a šířce 50 mm. Tyto vzorky byly vystříženy ze zkoušených textilií 25 mm od okraje. Nerovnoměrný okraj, nebo narušený okraj by mohl negativně ovlivnit měření. Z jedné textilie bylo připraveno šest vzorků, pět ve směru výstupu textilie ze stroje (MD) a pět ve směru příčném vůči výstupu ze stroje (CD). Celkem bylo připraveno 40 vzorků pro tahové zkoušky.

Na trhacím stroji byly nastaveny podmínky pro rychlost posuvu pohyblivého ramene a tržnou délku. Rychlost posuvu byla nastavena na 100 mm/min a tržná délka  $l_0$  na 100 mm.

Pro začátek měření bylo důležité nastavit podmínky měření, které jsou vypsány výše. Před upnutím vzorku bylo pohyblivé rameno nastavené do nulové pozice. První vzorek první textilie ve směru MD byl upnut do čelistí stroje tak, aby byl vzorek v čelistech upnut na každé straně za 30 mm, mezi čelistmi se nacházelo zbývajících 100 mm vzorku. Následně byl dán stroji pokyn k provedení zkoušky. Průběh zkoušky byl zaznamenáván na počítači do grafu. Zkoušky zbylých dvou vzorků první textilie byly provedeny stejným způsobem a zaznamenány do stejného grafu. Program následně zapsal do tabulky maximální hodnoty síly a tažnosti provedených zkoušek, ze kterých vypočítal průměrnou hodnotu, která je uvedena v tabulce č. 6. Vzorky odebrané ve směru CD první textilie byly testovány totožným způsobem. Tentýž postup testování byl proveden i u zbývajících vzorků zbývajících textilií.

### 2.3.3. Výsledky zkušební série vzorků

Z výsledků, které jsou zaznamenány v tabulce, je vidět značný vliv termického pojení na výslednou pevnost textilie. Termicky pojené netkané textilie mají vyšší pevnost, ale nižší tažnost v porovnání s textilií, která není termicky pojená, pouze zpevněná vpichováním.

Pokles plošné hmotnosti, oproti plánované, mohl být zapříčiněn ztrátou vláken na mykacím stroji, nebo během procesu vpichování, kdy došlo ke zvýšení šířky textilie.

Jelikož textilie s obsahem 10 % byly podle výsledků i podle hmatu velmi málo soudržné, bylo rozhodnuto použít v další sérii koncentraci 20 % pojivých vláken.

Ve druhé sérii vzorků byla naplánována výroba tří textilií o plánovaných plošných hmotnostech 150 g/m<sup>2</sup>, 250 g/m<sup>2</sup>, 400 g/m<sup>2</sup>, všechny s obsahem 20 % pojivých vláken.

Tabulka č. 6: Výsledky orientačních zkoušek první série vzorků.

číslo textilie	obsah pojivých vláken	vpichování	termické pojení	plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	MD		CD	
					F [N]	protažení [mm]	F [N]	protažení [mm]
1	10 %	ano	ano	180	4,77	59,28	3,05	44,84
	10 %	ano	ne	176	0,42	80,8	0,29	70,74
2	20 %	ano	ano	149	24,44	38,08	8,82	34,44
	20 %	ano	ne	152	1,37	157,67	0,8	106,26
3	10 %	ano	ano	282	6,5	56,88	2,57	27,91
	10 %	ano	ne	280	1,79	47,18	0,32	39,73
4	20 %	ano	ano	273	33,95	40,39	7,06	34,31
	20 %	ano	ne	270	4,09	118,91	1,08	52,21

### 2.4. Druhá série vzorků

Podle výsledků první série bylo rozhodnuto o vytvoření tří textilií o plánovaných plošných hmotnostech 150 g/m<sup>2</sup>, 250 g/m<sup>2</sup>, 400 g/m<sup>2</sup> s obsahem 20 % pojivých vláken. Nejprve byly textilie zpevněny vpichováním, následně byla část z každé textilie termicky pojena. Celkem vzniklo šest textilií.

### 2.4.1. Navážka

Pro výrobu plánovaných textilií ve druhé sérii byly připraveny tři navážky vláken pro výrobu vlákenné vrstvy. Příváděcí pás má plochu  $0,5 \text{ m}^2$ , z toho důvodu byly navážky počítány pro tuto plochu. Navážky byly připravovány v nádobě umístěné na analytických vahách. Před každým vážením byly váhy vynulovány, aby nebylo ovlivněno vážení.

Pro první vzorek druhé série o plánované plošné hmotnosti  $150 \text{ g/m}^2$  s obsahem 20 % pojivých vláken, byla vypočtena navážka 60 g konopných vláken a 15 g pojivých vláken. Nejprve byla vkládána konopná vlákna do nádoby na vahách, dokud se na displeji nezobrazila hodnota 60 g. K nim byla přidávána vlákna pojivá, dokud se na displeji nezobrazila hodnota odpovídající celkové navážce, v tomto případě 75 g.

Pro druhý vzorek druhé série o plánované plošné hmotnosti  $250 \text{ g/m}^2$  s obsahem 20 % pojivých vláken, byla vypočtena navážka 100 g konopných vláken a 25 g pojivých vláken. Nejprve byla vkládána konopná vlákna do nádoby na vahách, dokud se na displeji nezobrazila hodnota 60 g. K nim byla přidávána vlákna pojivá, dokud se na displeji nezobrazila hodnota odpovídající celkové navážce, v tomto případě 125 g.

Pro třetí vzorek druhé série o plánované plošné hmotnosti  $400 \text{ g/m}^2$  s obsahem 20 % pojivých vláken, byla vypočtena navážka 160 g konopných vláken a 40 g pojivých vláken. Nejprve byla vkládána konopná vlákna do nádoby na vahách, dokud se na displeji nezobrazila hodnota 60 g. K nim byla přidávána vlákna pojivá, dokud se na displeji nezobrazila hodnota odpovídající celkové navážce, v tomto případě 200 g.

Tabulka č. 7: Vypočítané složení pro vlákenné vrstvy v druhé sérii.

Plánovaná plošná hmotnost [ $\text{g/m}^2$ ]	Procentuální obsah pojivých vláken [g]	Hmotnost konopných vláken [g]	Hmotnost pojivých vláken [g]
150	20	60	15
250	20	100	25
400	20	160	60

## 2.4.2. Mykání

Pro výrobu druhé série vlákných vrstev byl také použit víčkový mykací stroj. Ten zajistil promísení konopných vláken s vlákny pojivými, jejich ojednocení a částečné napřímení do podélného směru. Cílem bylo vyrobit vláknenné vrstvy, které se budou následně zpevňovat vpichováním, a část z každé textilie se bude dále termicky pojít.



Obr. č. 16: Víčkový mykací stroj.

Pro vytvoření první textilie druhé série vzorků byla vzata navážka s plánovanou výslednou plošnou hmotností  $150 \text{ g/m}^2$  s 20 % pojivých vláken. Jako první byla na pás rovnoměrně rozmístěna konopná vlákna, na ně pak byla rovnoměrně rozmístěna vlákna pojivá. Následně byl mykací stroj zapnut, na výstupu vznikla pavučina složená z konopných a pojivých vláken. Pavučina byla navinuta na zbožíový vále, následně byla příčně rozstřížena a opatrně sejmuta z válu, čímž vzniklo rouno. Aby bylo dosaženo lepšího promísení vláken, bylo rouno položeno na dopravník mykacího stroje ve směru příčném vzhledem k výstupu z mykacího stroje. Vniklá vláknenná vrstva byla opatrně sejmuta ze zbožíového válu, aby nedošlo k porušení vzniklé struktury.

Na výrobu druhé textilie z druhé série vzorků s plánovanou výslednou plošnou hmotností  $250 \text{ g/m}^2$  s 20 % pojivých vláken, byla vzata druhá připravená navážka vláken. Jako první byla na pás rovnoměrně rozmístěna konopná vlákna, na ně pak byla rovnoměrně rozmístěna vlákna pojivá. Následně byl mykací stroj zapnut, na výstupu z mykacího stroje vzniká pavučina složená z konopných a pojivých vláken. Pavučina se navíjí na zbožový váh, navinutá pavučina byla následně příčně rozstřižena a opatrně sejmuta z válu, čímž vzniklo rouno. Aby bylo dosaženo lepšího promísení vláken, bylo rouno položeno na dopravník mykacího stroje ve směru příčném vzhledem k výstupu z mykacího stroje. Vniklá vlákenná vrstva byla opatrně sejmuta ze zbožového válu, aby nedošlo k porušení vzniklé struktury.

Na výrobu třetí textilie z druhé série vzorků s plánovanou výslednou plošnou hmotností  $400 \text{ g/m}^2$  s 20 % pojivých vláken, byla vzata třetí připravená navážka vláken. Jako první byla na pás rovnoměrně rozmístěna konopná vlákna, na ně pak byla rovnoměrně rozmístěna vlákna pojivá. Následně byl mykací stroj zapnut, na výstupu z mykacího stroje vzniká pavučina složená z konopných a pojivých vláken. Pavučina se navíjí na zbožový váh, navinutá pavučina byla následně příčně rozstřižena a opatrně sejmuta z válu, čímž vzniklo rouno. Aby bylo dosaženo lepšího promísení vláken, bylo rouno položeno na dopravník mykacího stroje ve směru příčném vzhledem k výstupu z mykacího stroje. Vniklá vlákenná vrstva byla opatrně sejmuta ze zbožového válu, aby nedošlo k porušení vzniklé struktury.

## 2.5. Zpevňování vlákenné vrstvy

### 2.5.1. Vpichování

Vpichovací proces byl použit pro zredukování tloušťky a ke zpevnění vlákenné vrstvy, aby se při následné manipulaci nepoškodila textilie. Vpichování probíhalo za stejných podmínek, jako u výroby první série vzorků, tedy hloubky vpichu 4 mm, počet jehel na jehelné desce  $2000 \text{ m}^{-1}$  odváděcí rychlost 0,4 m/min a frekvence desky  $3,66667 \text{ s}^{-1}$ .

Vlákenná vrstva, sejmutá ze zbožového válu mykacího stroje o plánované plošné hmotnosti  $150 \text{ g/m}^2$  s 20 % pojivých vláken, byla umístěna na dopravníkový pás vpichovacího stroje. Aby byl zajištěn průchod vlákenné vrstvy strojem, byla prostrčena vodící textilie od odváděcího zařízení, mezi ojehlenou deskou a opěrnou deskou



až k podávacímu zařízení tak, aby vlákenná vrstva přesahovala na vodící textilii, která díky tření vtáhla vlákennou vrstvu do vpichovacího stroje a následně ji odtáhla k odváděcímu zařízení. Po zapnutí stroje byla textilie odváděna, díky tření mezi textilií a vlákennou vrstvou byla vlákenná vrstva vtáhnuta do vpichovacího stroje. Po průchodu celé vlákenné vrstvy vznikla vpichovaná netkaná textilie, ta byla následně oddělena od pomocné textilie.

Tento proces byl opakován se zbývajících vlákennými vrstvami vlákennými vrstvami vyrobenými na mykacím stroji.

### 2.5.2. Termické pojení

Z vyrobených netkaných textilií byly vystřiženy vzorky o přibližných rozměrech 30 x 40 mm. Vzorky byly vystřiženy tak, aby neobsahovaly nerovnoměrné, ztenčené okraje textilie. Tyto vystřižené vzorky byly postupně a samostatně vloženy do přehnutého papíru, který zabránil natavení vláken na vyhřívané pásy.

Termické pojení druhé série vzorků probíhalo za stejných podmínek jako u první série. Doba průchodu textilie zařízením byla 1 minuta, pásy byly vyhřívané na teplotu 140 °C, na textilii působil přítlak 10 N/cm.

Po vyhřátí pojícího zařízení na předepsanou teplotu, byly textilie jednotlivě pokládány na dopravníkový pás, který zajistil průchod textilií pojícím zařízením. Po jedné minutě vyjela textilie na výstupu, vzhledem k teplotě musely být textilie odloženy, dokud nedošlo ke snížení jejich teploty.



Obr. č. 17: Vstup pojícího zařízení s textilií.



Obr. č. 18: Výstup pojícího zařízení s textilií.

## 2.6. Zhodnocení druhé série vzorků

Ve druhé sérii bylo vyrobeno šest textilií, z nichž tři byly zpevněné pouze vpichováním a tři byly zpevněné vpichováním i termickým pojením. Z těchto textilií byly připraveny vzorky pro tahové zkoušky a ohybovou tuhost.

### 2.6.1. Plošná hmotnost

Pro výpočet plošné hmotnosti bylo potřeba znát hmotnost a plochu textilie, pro kterou byla počítána. Z toho důvodu byly změřeny plochy jednotlivých vzorků a následně byly zváženy na analytických vahách. Získané hodnoty byly dosazeny do vzorce:  $\rho_s = \frac{m}{S} = \frac{m}{l*b} [\text{kg} * \text{m}^{-2}]$ . Vypočítané hodnoty jsou v následující tabulce. Odchylka od plánované plošné hmotnosti mohla být zapříčiněna ztrátou vláken na mykacím stroji během mykání, nestejnomyšností textilií, nebo během procesu vpichování, kdy mohlo dojít ke změně rozměrů textilie. Pro velkou podobnost jsou plošné hmotnosti dále zaokrouhleny na celé desítky.

Tabulka č. 8: Výsledky plošné hmotnosti.

číslo textilie	plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	
	termicky pojené	vpichované
1	127	132
2	243	241
3	396	398

### 2.6.2. Tahové zkoušky

Pro tahové zkoušky byly z každé textilie odebrány vzorky o délce 160 mm a šířce 50 mm. Tyto vzorky byly vystřiženy ze zkoušených textilií 25 mm od okraje. Nerovnoměrný okraj, nebo narušený okraj by mohl negativně ovlivnit měření. Z jedné textilie bylo odebráno šest vzorků, pět v podélném směru (MD) a pět ve směru příčném (CD) vzhledem k výstupu textilie ze stroje. Celkem bylo připraveno 30 vzorků pro tahové zkoušky.

Podmínky na trhacím stroji byly nastaveny pro rychlost posuvu pohyblivého ramene 100 mm/min a tržnou délku  $l_0$  na 100 mm.

Na začátku měření byly nastaveny podmínky měření, které jsou vypsány výše. Před upnutím vzorku bylo pohyblivé rameno nastavené do nulové pozice. První vzorek první textilie ve směru MD byl upnut do čelistí stroje tak, aby byl v čelistech upnut

na každé straně za 30 mm, mezi čelistmi se nacházelo zbývajících 100 mm vzorku. Následně byl dán stroji pokyn k provedení zkoušky. Průběh zkoušky byl zaznamenáván na počítači do grafu. Zkoušky zbylých dvou vzorků první textilie byly provedeny stejným způsobem a zaznamenány do stejného grafu. Program následně zapsal do tabulky maximální hodnoty síly a tažnosti provedených zkoušek, ze kterých vypočítal průměrnou hodnotu, která je uvedena v tabulce v kapitole Výsledky. Vzorky odebrané ve směru CD první textilie byly testovány totožným způsobem. Tentýž postup testování byl proveden u zbývajících vzorků textilií.



Obr. č. 19: Upnutý vzorek pro zkoušku tahem.



Obr. č. 20: Upnutý vzorek po zkoušce tahem.

### 2.6.3. Ohybová tuhost

Testovací zařízení pro ohybovou tuhost je složeno z přítlačné latě a vodorovné desky, ze které vede nakloněná rovina k podstavci. Nakloněná rovina svírá s podstavcem úhel  $41,5^\circ$ . Testovací vzorek má dle normy (BS 3356:1961) stanovené rozměry 25 x 200 mm. Pro testování jedné textilie bylo zapotřebí pět vzorků pro podélný směr (MD) a pět vzorků pro příčný směr (CD). Podle normy byly testovací vzorky odebrány 50 mm od kraje, aby se zamezilo negativnímu ovlivnění testů nestejným nebo narušeným okrajem textilie.



Obr. č. 21: Zkouška tuhosti v ohybu.

Zkoušený vzorek je položen na vodorovnou desku tak, aby jeden z konců vzorku byl zároveň s hranou, kde z vodorovné desky vede nakloněná rovina. Na vzorek je položena přítlačná lať tak, aby lať byla zároveň s koncem vzorku. Následně je lať posouvána směrem nad nakloněnou rovinu. Spolu s latí je posouván i vzorek. Lať se posouvá do chvíle, dokud se nedotkne nakloněné roviny. Následně se změří délka, o kolik se vzorek vysunul, než se dotkl nakloněné roviny. Dále je potřeba vypočítat plošnou hmotnost vzorku. Změřená vzdálenost a plošná hmotnost se dosadí do vzorce pro ohybovou tuhost (viz rovnice číslo 3). Výsledky ohybových tuhostí jsou zapsány v tabulce v kapitole výsledky.

#### 2.6.4. Výsledky

V této kapitole jsou zapsány v tabulkách (č. 9-12) výsledky druhé série vzorků. Nejprve jsou popsány termicky pojené textilie a následně pouze vpichované. Hodnoty v tabulkách jsou průměrem vzniklým z několika měření.

Naměřené a vypočítané hodnoty z provedených zkoušek, které jsou zapsány v následujících tabulkách a znázorněny v grafech (č. 4-15), ukazují, že s rostoucí plošnou hmotností rostou i zkoumané vlastnosti jednotlivých textilií a jsou téměř lineárně závislé.

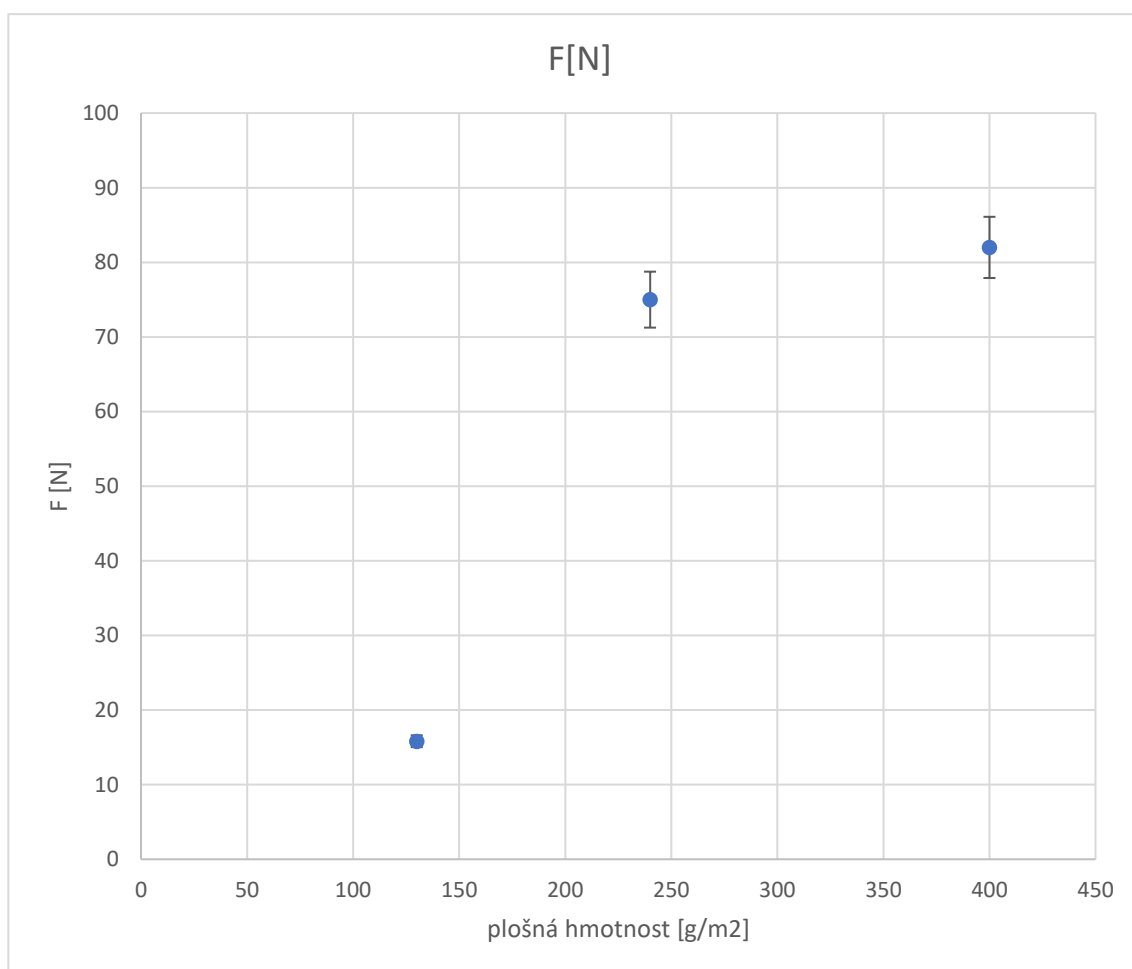
Je vidět značný vliv termického pojení, hlavně na sílu potřebnou k přetrhu vzorku, při porovnání termicky pojených textilií a vpichovaných textilií je vidět značný rozdíl mezi naměřenými hodnotami. Rozdíl je viditelný i u vzorků stejné textilie testované na vlastnosti v příčném a podélném směru. Pevnost je vyšší v podélném směru.

U tažnosti lze vidět téměř lineární závislost na plošné hmotnosti. Ve směru příčném je tažnost nižší než v podélném směru. Celkově je tažnost vyšší u vpichovaných textilií než u termicky pojených.

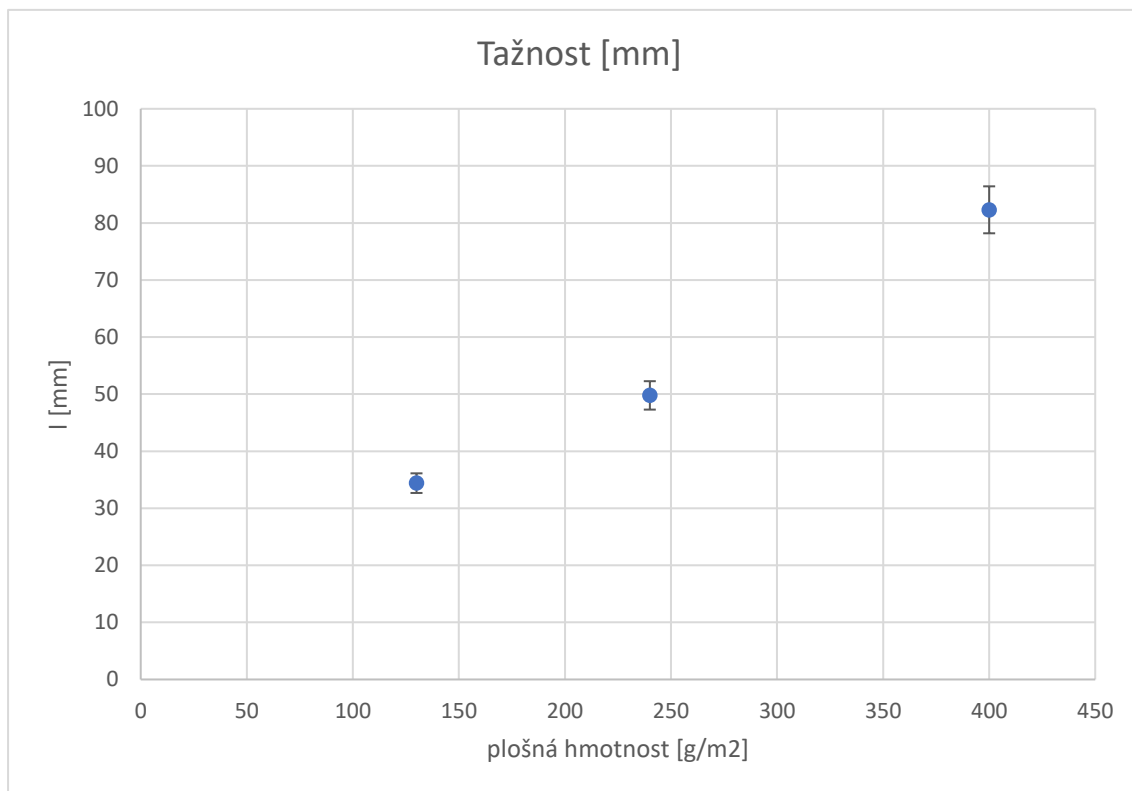
Ohybová tuhost je celkově vyšší u termicky pojených textilií než u vpichovaných textilií. To je způsobeno díky pojivému vláknu, které se vlivem tepla roztavilo a obalilo místa, kde se kříží s konopnými vlákny.

Tabulka č. 9: Výsledky pro termicky pojené textilie ve směru MD s 20 % pojivých vláken.

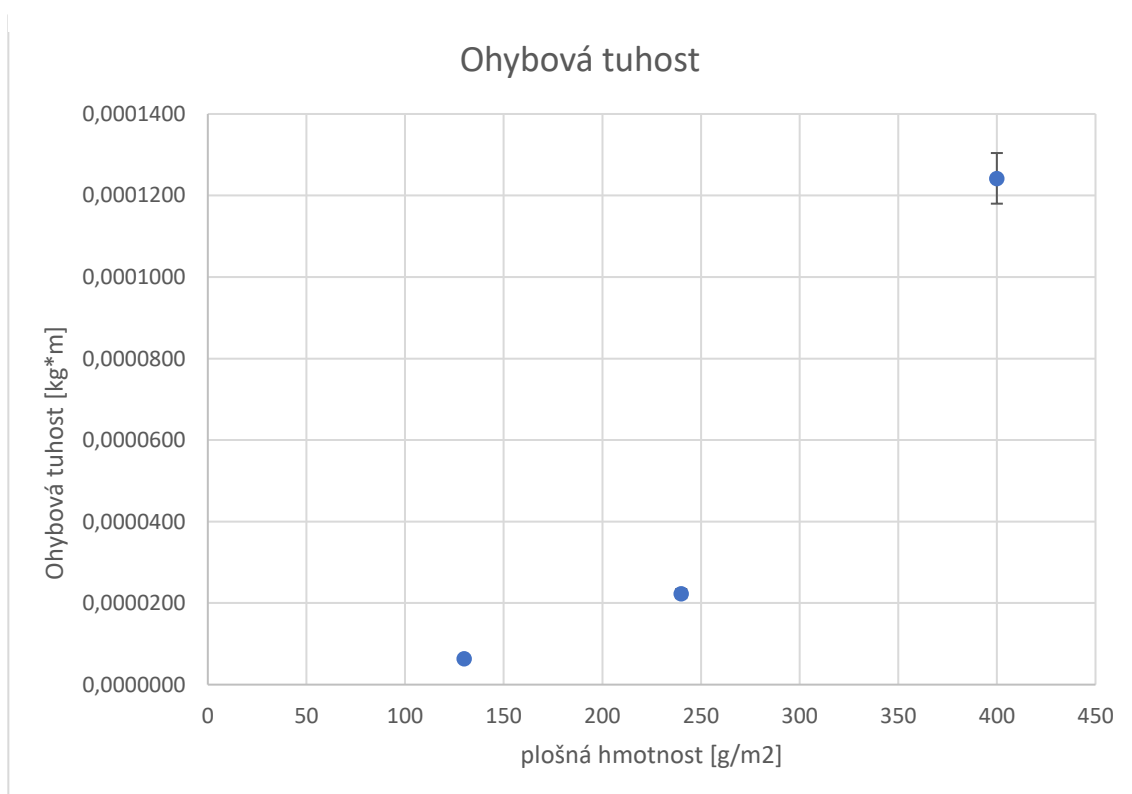
Termicky pojené MD			
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	F[N]	Tažnost [mm]	Ohybová tuhost [kg*m]
130	15,82	34,4	0,0000064
240	75	49,78	0,0000223
400	82	82,3	0,0001242



Graf č. 4: Znázorňující potřebnou sílu k přetrhu v závislosti na plošné hmotnosti termicky pojených textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru MD.



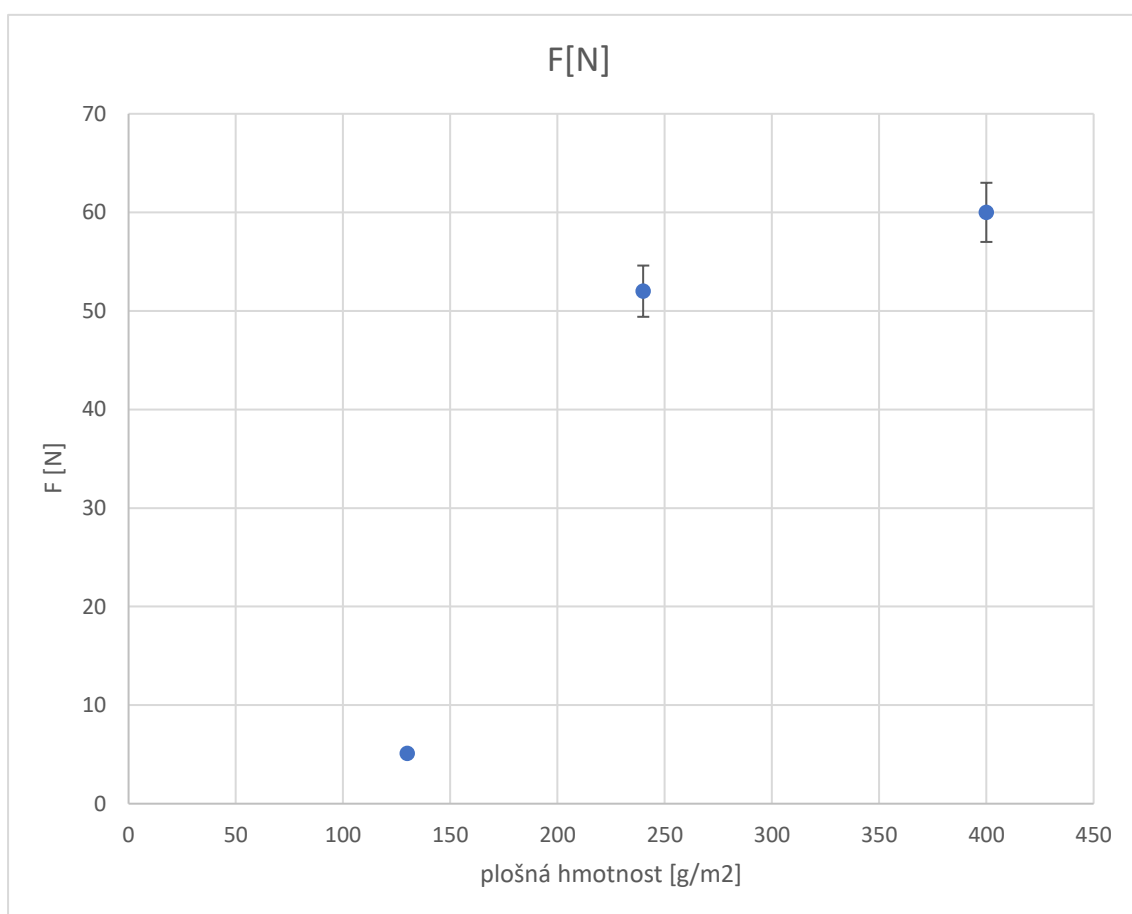
Graf č. 5: Závislost tažnosti na plošné hmotnosti termicky spojených textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru MD.



Graf č. 6: Závislost ohybové tuhosti na plošné hmotnosti termicky spojených textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru MD.

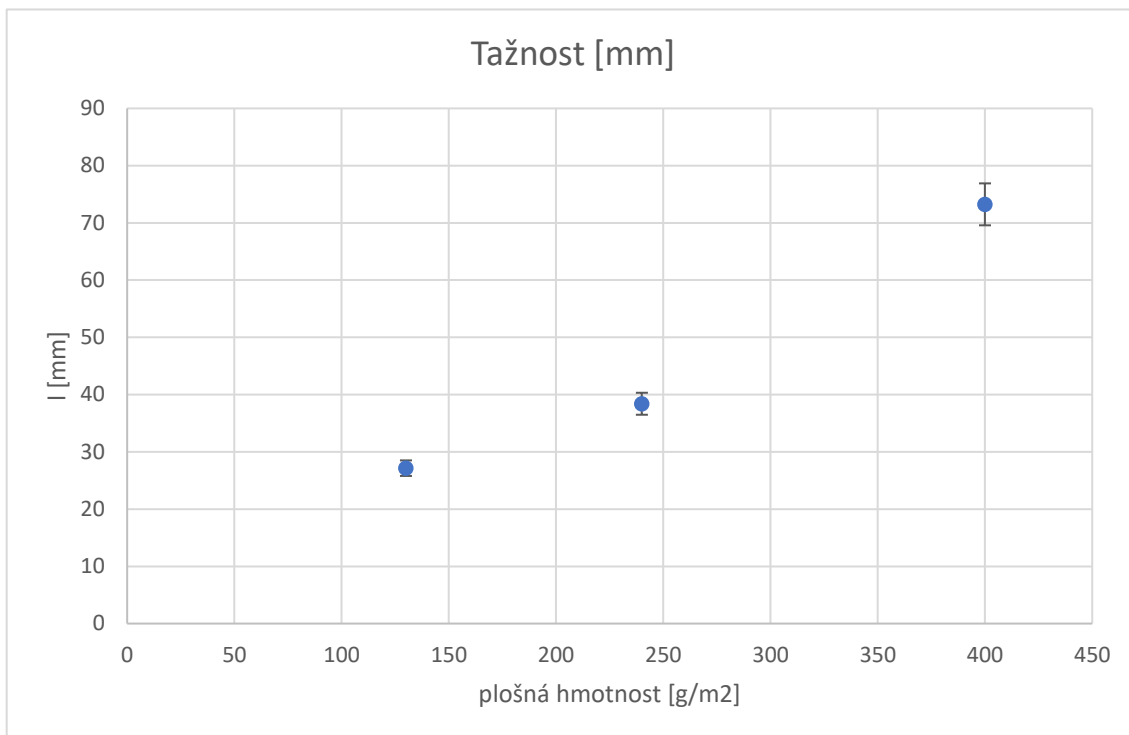
Tabulka č. 10: Výsledky pro termicky spojené textilie ve směru CD s 20 % pojivých vláken.

Termicky spojené CD			
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	F[N]	Tažnost [mm]	Ohybová tuhost [kg*m]
130	5,11	27,15	0,000038
240	52	38,4	0,0000279
400	60	73,24	0,0000423

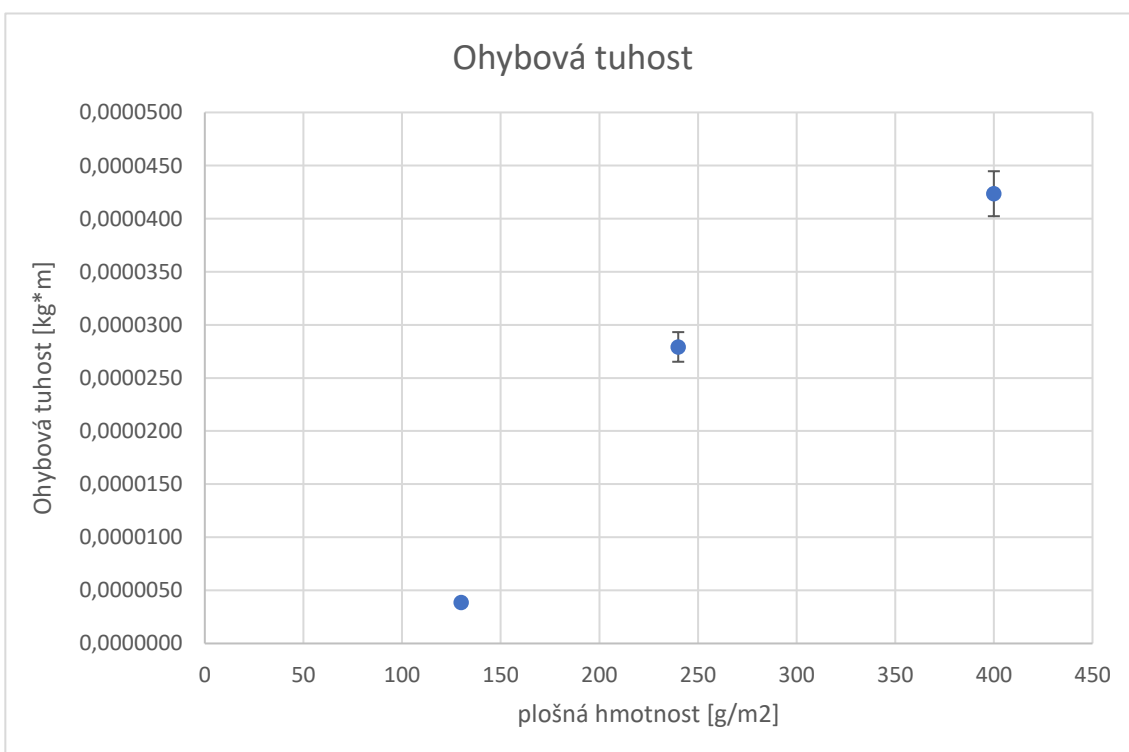


Graf č. 7: Znázorňující potřebnou sílu k přetrhu v závislosti na plošné hmotnosti termicky spojených textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru CD.





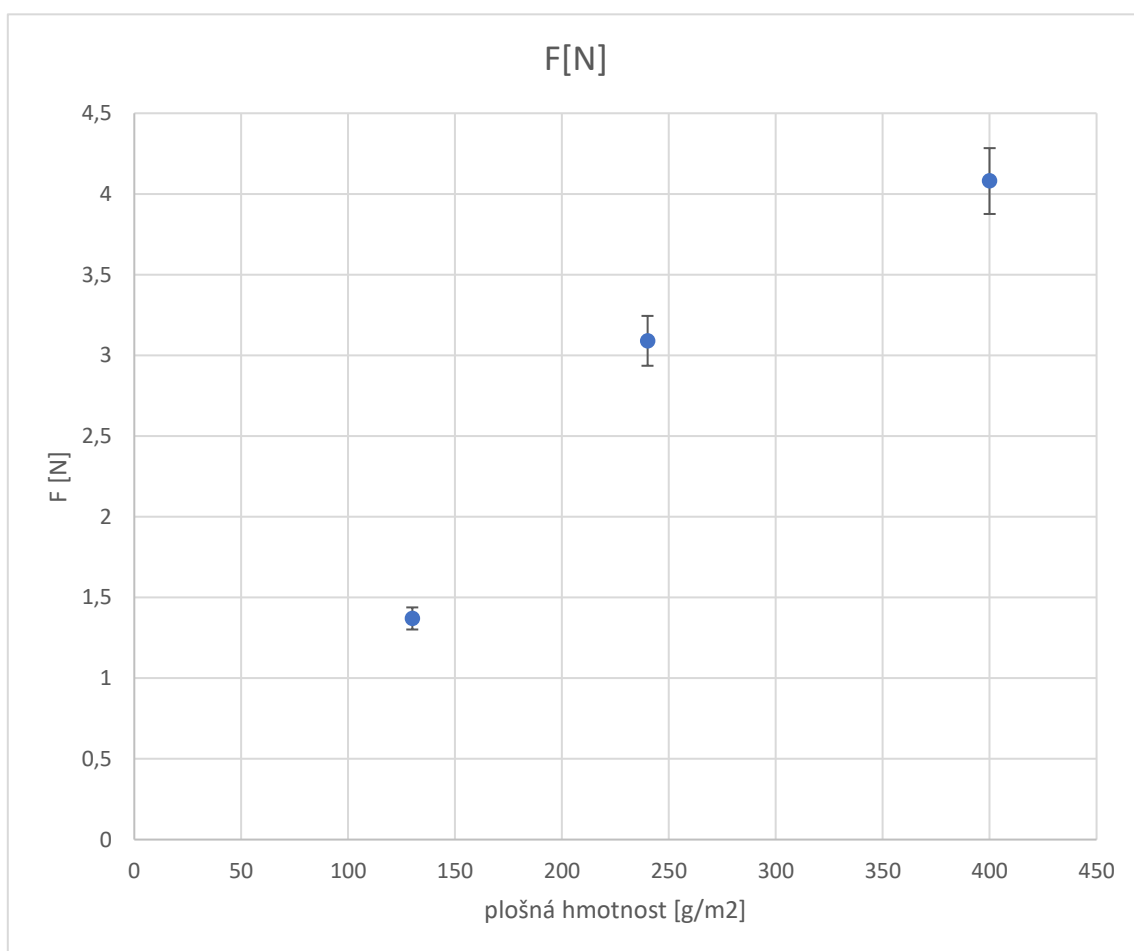
Graf č. 8: Závislost tažnosti na plošné hmotnosti termicky spojených textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru CD.



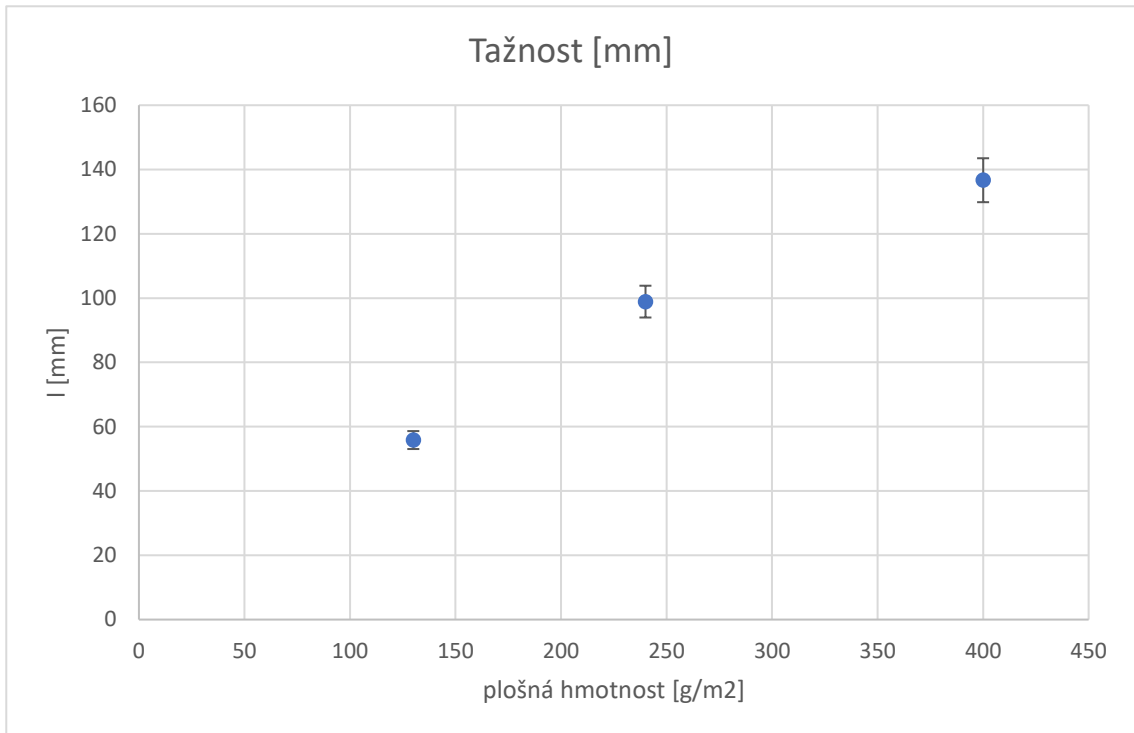
Graf č. 9: Závislost ohybové tuhosti na plošné hmotnosti termicky spojených textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru CD.

Tabulka č. 11: Výsledky pro vpichované textilie ve směru MD s 20 % pojivých vláken.

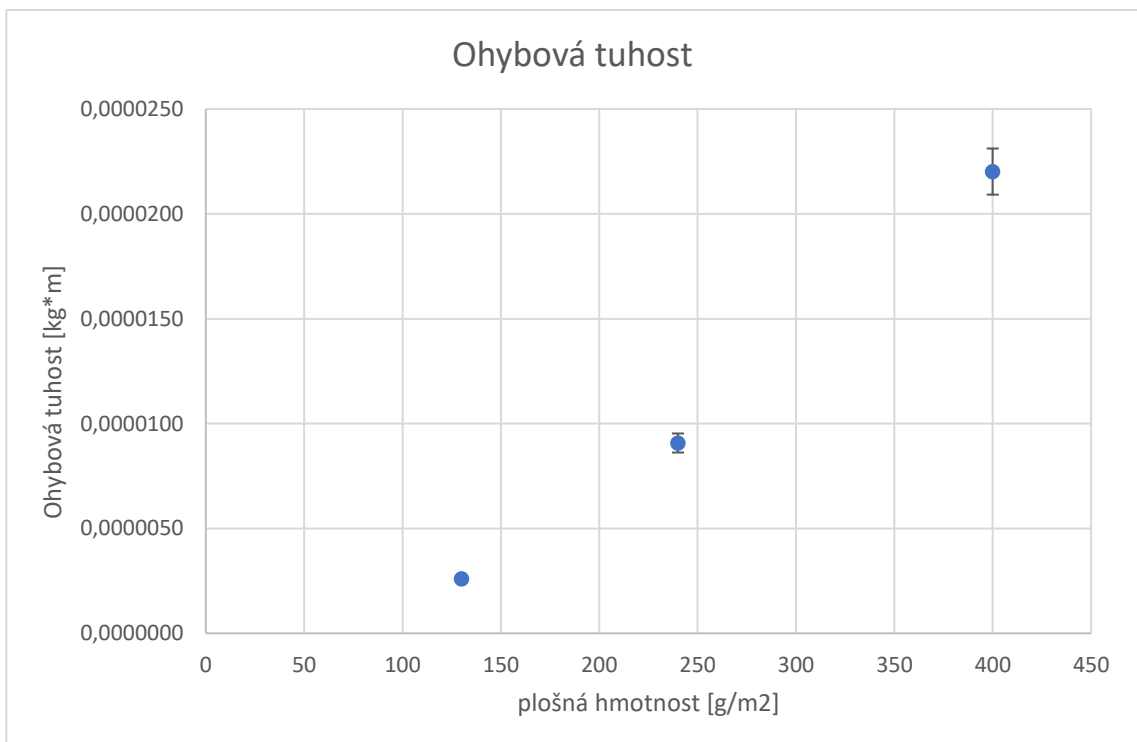
Vpichované MD			
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	F[N]	Tažnost [mm]	Ohybová tuhost [kg*m]
130	1,37	55,84	0,0000026
240	3,09	98,91	0,0000091
400	4,08	136,67	0,0000220



Graf č. 10: Znárodnující potřebnou sílu k přetrhu v závislosti na plošné hmotnosti vpichované textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru MD.



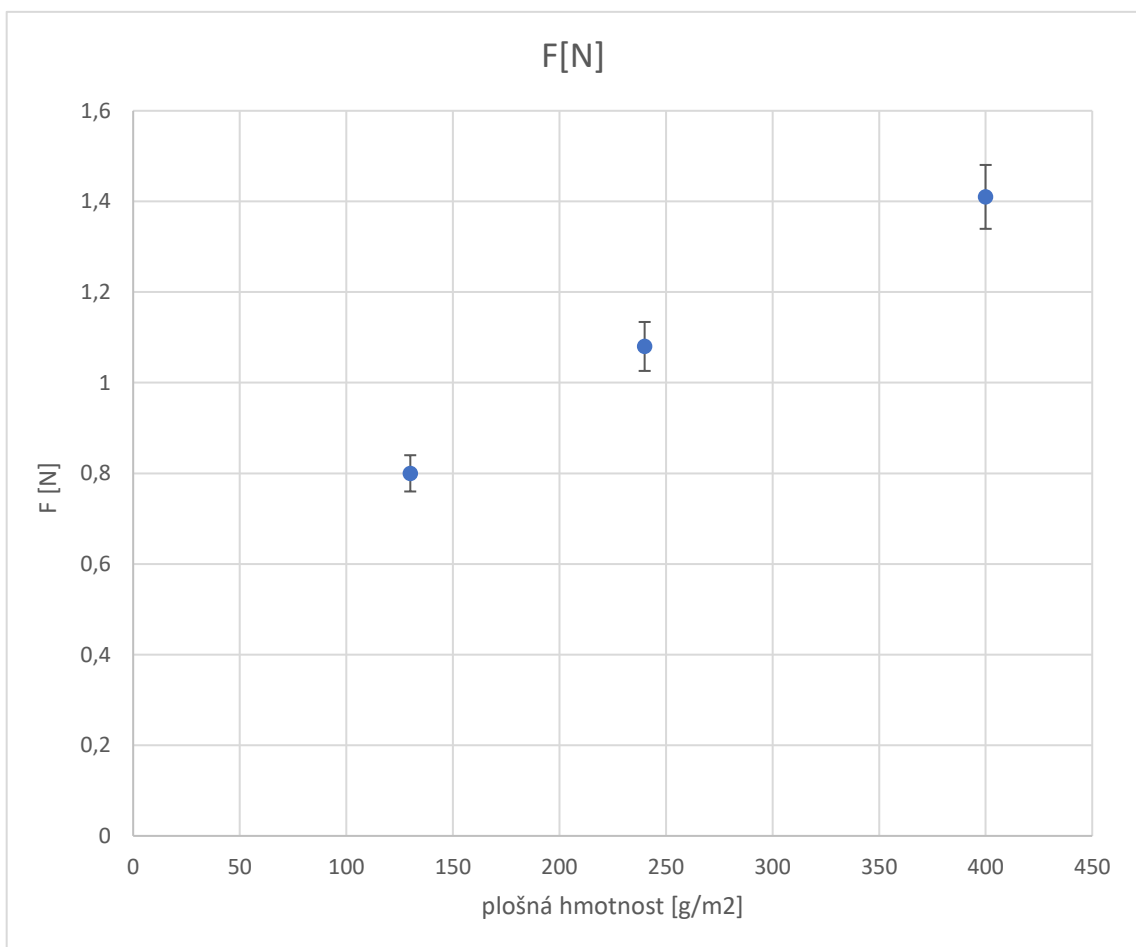
Graf č. 11: Závislost tažnosti na plošné hmotnosti vpichované textilii o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru MD.



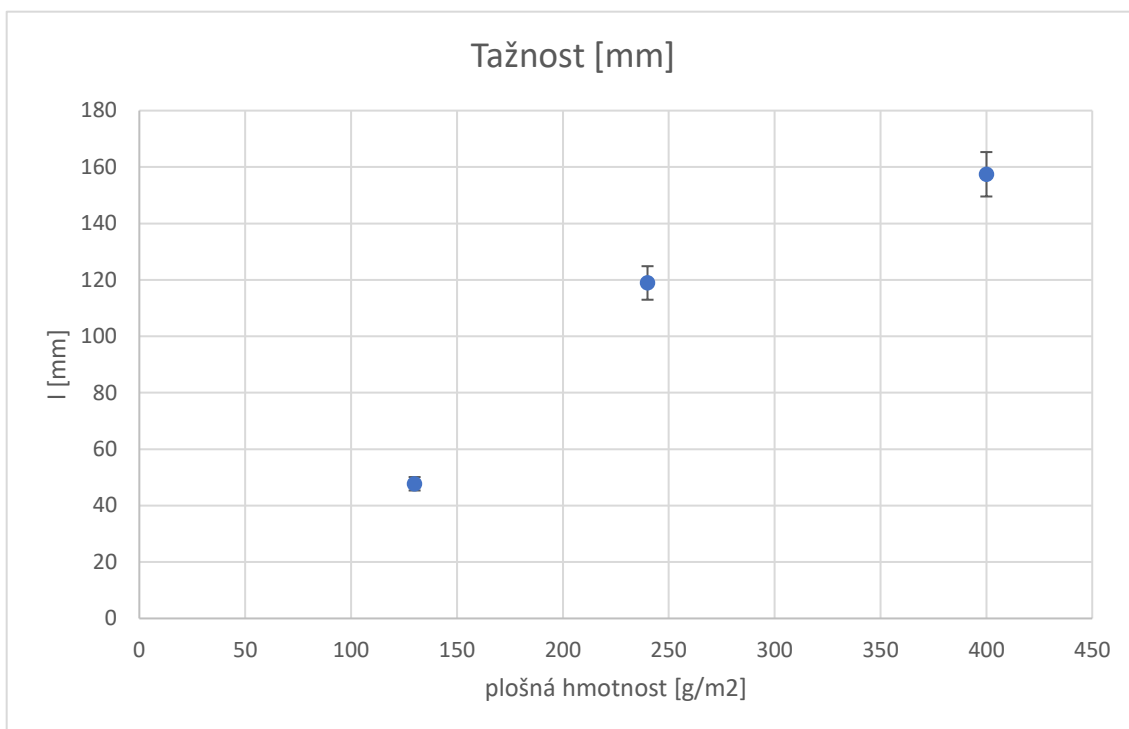
Graf č.12: Závislost ohybové tuhosti na plošné hmotnosti vpichované textilii o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru MD.

Tabulka č. 12: Výsledky pro vpichované textilie ve směru CD s 20 % pojivých vláken.

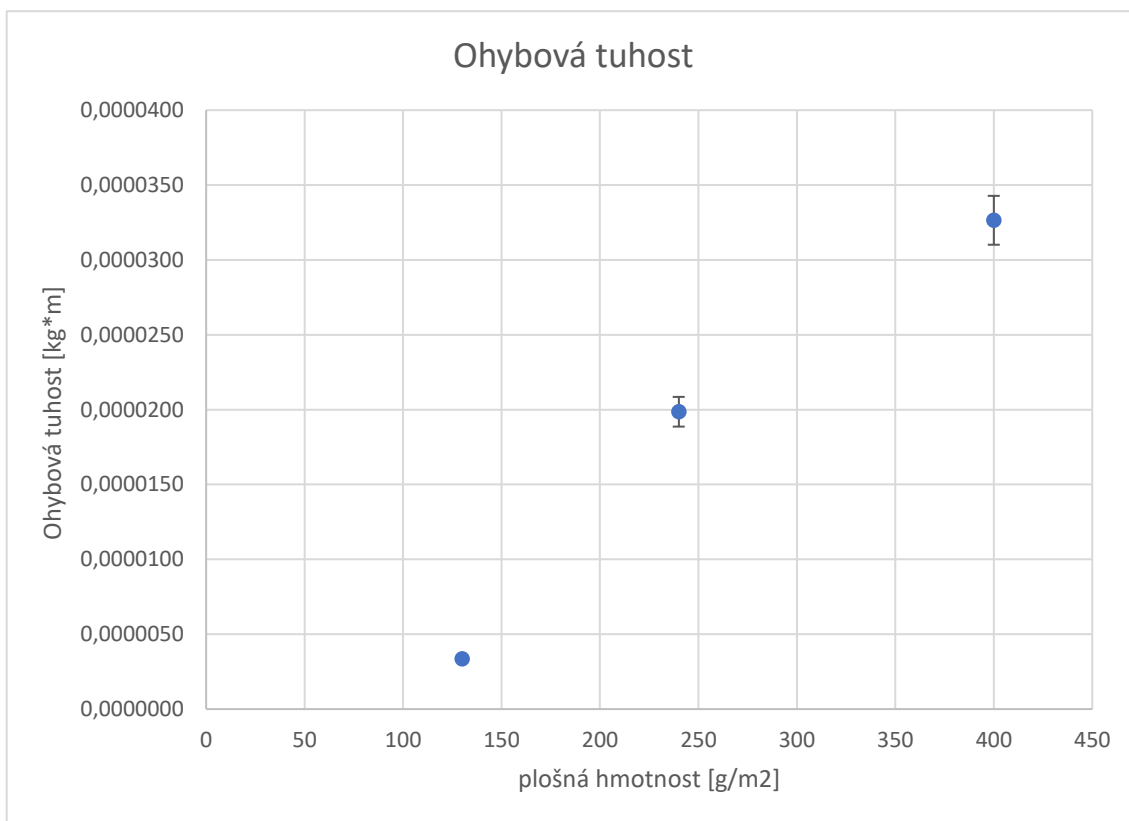
Vpichované CD			
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	F[N]	Tažnost [mm]	Ohybová tuhost [kg*m]
130	0,8	47,73	0,0000034
240	1,08	118,91	0,0000199
400	1,41	157,43	0,0000326



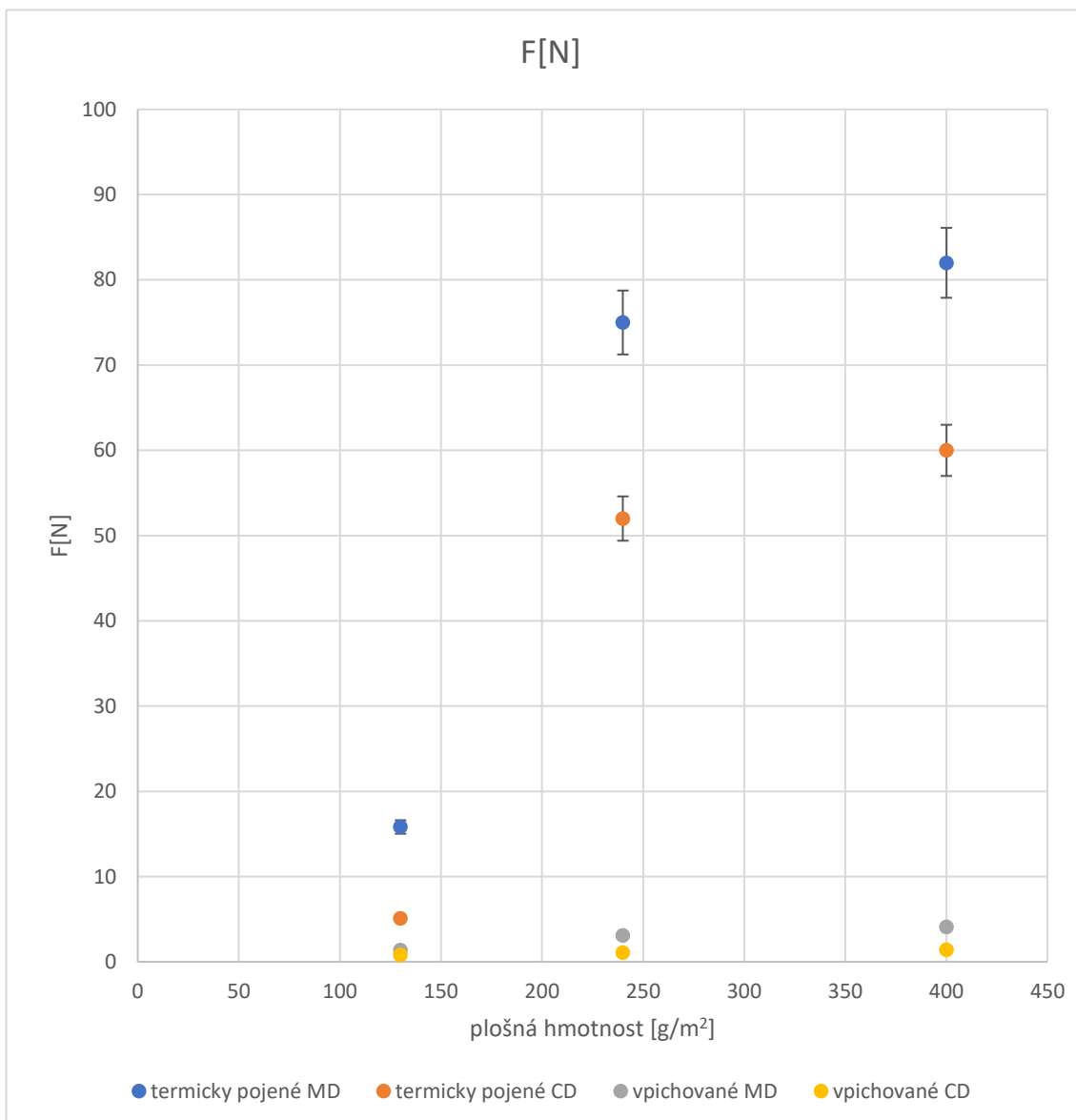
Graf č. 13: Znázorňující potřebnou sílu k přetruhu v závislosti na plošné hmotnosti vpichované textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru CD.



Graf č. 14: Závislost tažnosti na plošné hmotnosti vpichované textilii o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru CD.

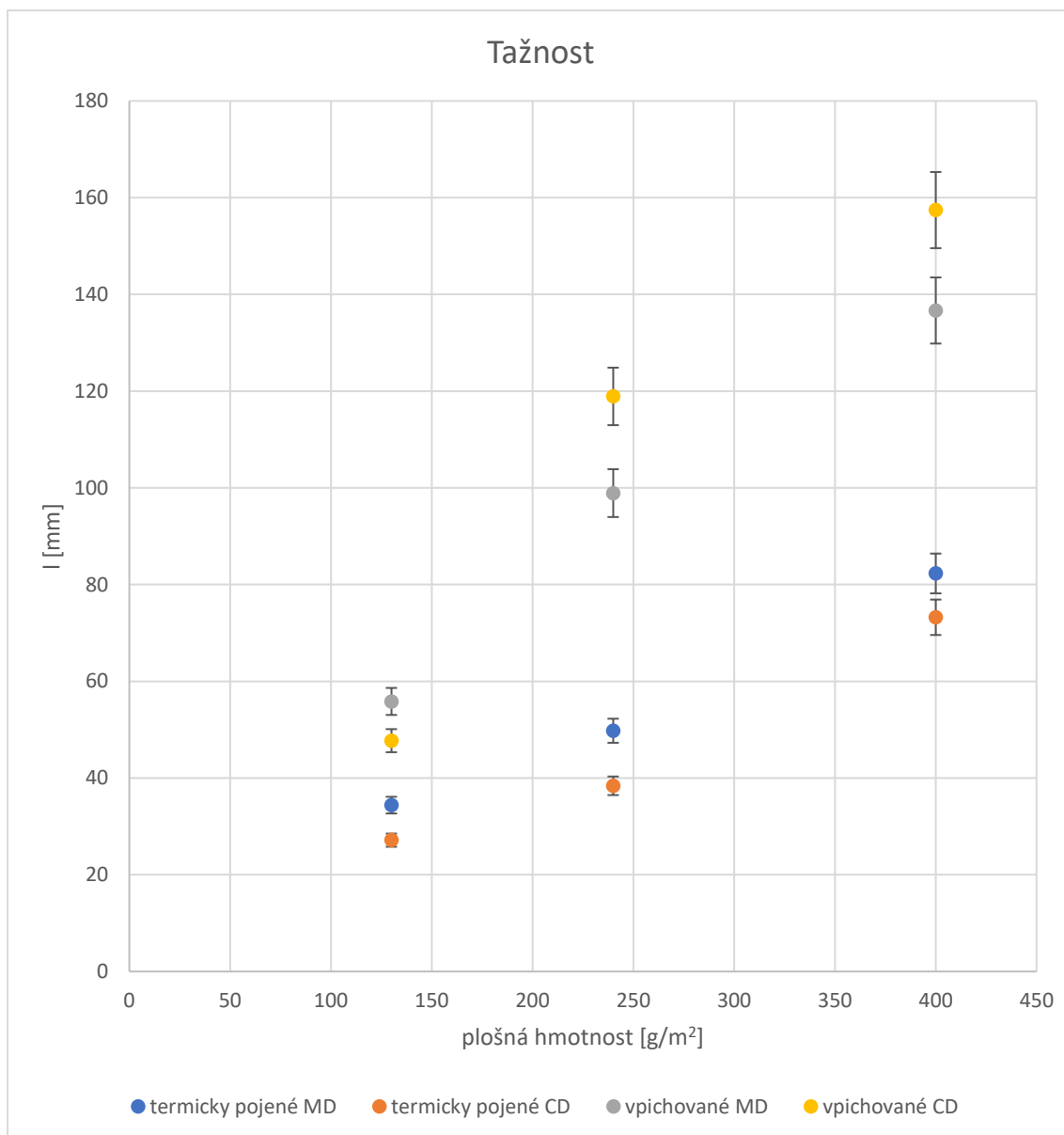


Graf č. 15: Závislost ohybové tuhosti na plošné hmotnosti vpichované textilii o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken) ve směru CD.



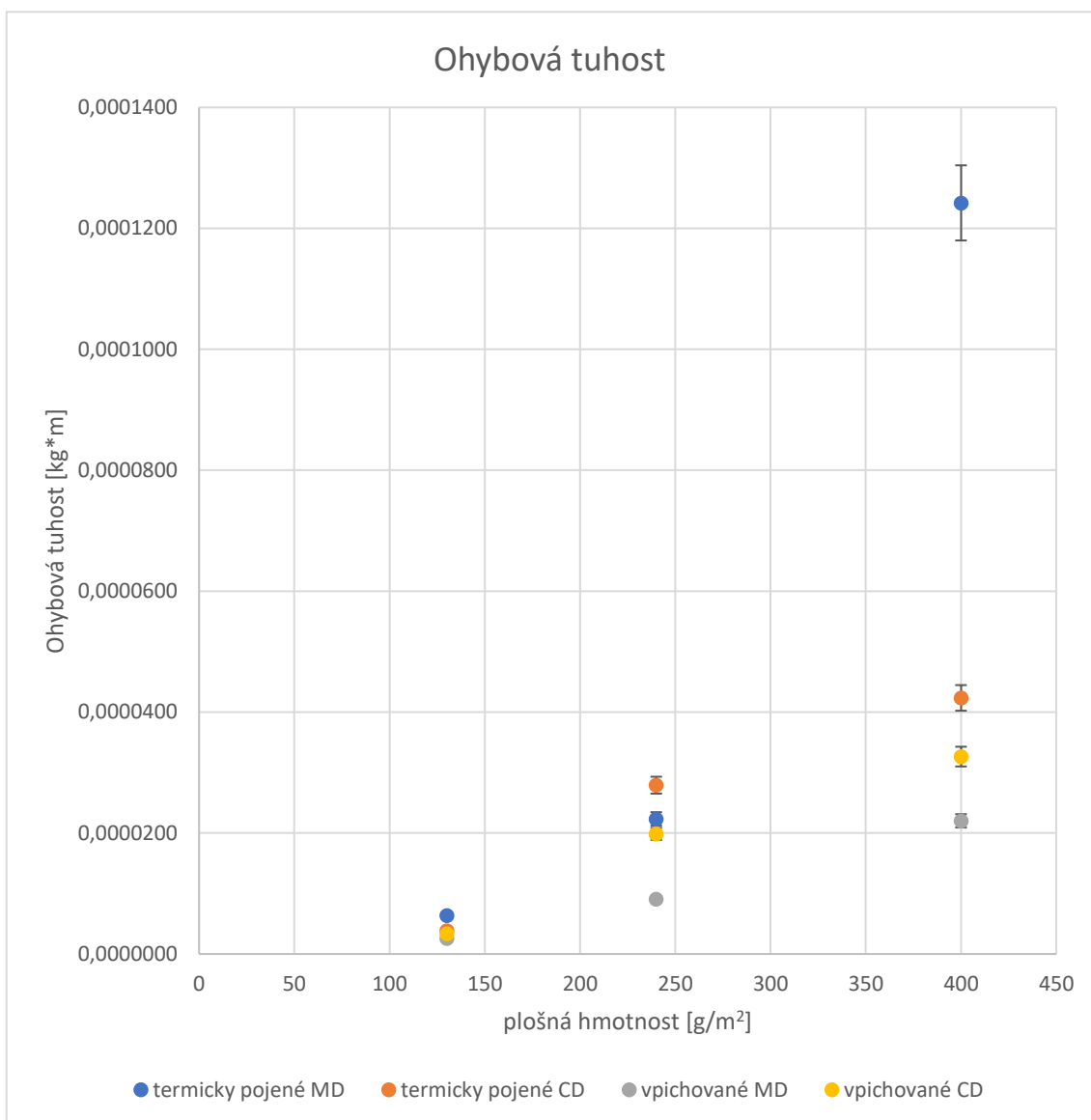
Graf č. 16: Porovnání sil potřebných k přetržení textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken).

Jak vyplývá z grafu č. 16, největší sílu potřebnou k přetržení vyžadují termicky spojené vzorky. Z termicky spojených textilií byla potřeba větší síla pro přetrh u vzorků, které byly testovány ve směru MD. Textilie zpevněné pouze vpichováním vyžadovaly znatelně menší sílu. Nejmenší sílu potřebnou k přetrhu potřebovaly vzorky testované ve směru CD.



Graf č. 17: Porovnání tažností textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken).

Oproti termicky pojeným textiliím, mají vpichované textilie větší tažnost. Největší tažnost ze vzorků zpevněných pouze vpichováním mají textilie testované ve směru MD. Termicky pojené textilie mají nižší tažnost, nejmenší tažnost mají vzorky testované ve směru CD.



Graf č. 18: Porovnání ohybových tuhostí textilií o plošných hmotnostech 130 g/m<sup>2</sup> (26 g pojivých a 104 g konopných vláken), 240 g/m<sup>2</sup> (48 g pojivých a 192 g konopných vláken), 400 g/m<sup>2</sup> (80 g pojivých a 320 g konopných vláken).

Největší tuhost v ohybu mají termicky pojené textilie, z nichž největší tuhost byla změřena u vzorků testovaných ve směru MD. Textilie zpevněné vpichováním mají celkově menší ohybovou tuhost, nejmenší hodnoty byly naměřeny u vzorků testovaných ve směru MD.



### 3. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit fungování konopných vláken ve spojení s bikomponentními vlákny při výrobě termicky pojených netkaných textilií a zjistit výsledné mechanické vlastnosti. Bylo vyrobeno několik vzorků s rozdílnou plošnou hmotností, u kterých byly určovány jejich mechanické vlastnosti a posouzen vliv termického pojení. Tyto cíle byly během experimentu úspěšně splněny.

Pro výrobu byla použita dvě vlákna, jako základní vlákno byla použita přírodní konopná vlákna, jako pojivá byla použita vlákna ELK od firmy Tejin. Byly vyrobeny dvě série vzorků, první byla vyrobena za účelem stanovení procentuálního obsahu pojivých vláken a zjištění problémů při výrobě. Jako lepší volba se ukázalo použití 20 % pojivých vláken ve směsi. Jako problém se ukázala změna plošné hmotnosti oproti plánované, což bylo zapříčiněno ztrátou vláken při procesu mykání, nebo při procesu vpichování, kdy došlo ke změně plochy textilie. Při výrobě druhé série vzorků byl kladen větší důraz pro dosažení plánovaných plošných hmotností.

Při zkouškách druhé série vzorků byly zjišťovány závislosti zkoumaných vlastností textilií v závislosti na plošné hmotnosti. Byla zjištěna lineární závislost, tedy že s rostoucí plošnou hmotností rostou hodnoty mechanických vlastností. Byl pozorován vliv směru textilie (MD, CD) na vlastnosti. V podélném směru (MD) byly zjištěné hodnoty vyšší, než u příčného směru (CD).

Bylo zjištěno, že termické pojení má značný vliv na vlastnosti textilie, Díky zpevnění pojivými vlákny vzrostly naměřené hodnoty několikanásobně, oproti textiliím zpevněným jen vpichováním.

Pro další postup navrhuji vyzkoušet použití jiných typů pojivých vláken, změnit počet a hloubku vpichů při zpevnování vlákenné vrstvy, vytvořit vzorky o rozsáhlejší a podrobnější škále plošných hmotností a následně tyto vzorky testovat.

## Zdroje

- [1] POLIŠČUK, Metoděj a Antonín HADINEC. *Len a konopí. Kotonisace lýkových vláken*. Praha: Průmyslové vydavatelství, 1952. Knižnice textilního a oděvního průmyslu.
- [2] BLACKBURN, Richard, ed. *Biodegradable and sustainable fibres*. England: Woodhead Publishing Limited, 2005. ISBN 978-1-85573-916-1.
- [3] MOUDRÝ, J. *Konopí seté (Cannabis sativa L.)*. Zemědělská fakulta JU [online]. České Budějovice, 2003 [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: [https://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Konopi\\_sete.htm](https://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Konopi_sete.htm)
- [4] MIŽÍK, Peter. *CANNABIS RUDERALIS Janisch. – konopí rumištní / konopa rumovisková* [online]. 2007 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/cannabis-ruderalis/>
- [5] ZAORAL, Tomáš. *KONOPIÍ INDICKÉ (CANNABIS INDICA)* [online]. 2013 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://growmart.cz/druhy-konopi-vysvetleni-rozdeleni-odruid-cannabis-zaklady/>
- [6] KRMENČÍK, Pavel. *Konopí indické* [online]. 2007 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/enspyro/pj3pcanp1.html#indica>
- [7] JEŽKOVÁ, Edita. *Konopí seté (Cannabis sativa L.)*. Biom.cz [online]. 2002-03-05 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/index.shtml?x=72330>>. ISSN: 1801-2655.
- [8] PATŮČEK, Jiří. *KONOPIÍ SETÉ (CANNABIS SATIVA L.)* [online]. 2010 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.topvet.cz/herbar/konopi-sete>
- [9] MUŽÁKOVÁ, Gabriela. *Konopná vlákna* [online]. Liberec, 2009. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/4143?show=full>.
- [10] KONOPNÁ, Zlata. *Historie konopí* [online]. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.sativashop.cz/historie-konopi/>
- [11] VOMÁČKA, Vít. *Pěstování a využití konopí setého (Cannabis sativa L.)* [online]. Brno, 2014 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://adoc.pub/pstovani-a-vyuiti-konopi-seteho-cannabis-sativa-1.html>. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně.

- [12] Š., Jolana. *Zákon k pěstování konopí v roce 2022* [online]. 04.10.2022 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.semena-marihuany.cz/cs/blog/83-konopi-pred-a-za-hranici-zakona-legalita-marihuany>
- [13] JOSKOVÁ, Marie. *Současné pěstební technologie konopí – vliv na výnos a kvalitu* [online]. Brno, 2017 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/8k3swm/21373124>. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- [14] MOUDRÝ, Konopné vlákno. *Zemědělská fakulta JU* [online]. České Budějovice, 2003 [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Vlakno.htm>
- [15] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna klasická a speciální*. 1. vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [16] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-746-2
- [17] MOUSSA, Maria, Roland EL HAGE, Rodolphe SONNIER a Nicolas BROSSE. *Toward the cottonization of hemp fibers by steam explosion. Flame-retardant fibers* [online]. In: 1.9.2020 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669020301588>
- [18] SUTKA, Anna. *Chemical and physical modification of hemp fibres by steam explosion technology* [online]. 2013 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/49/1/012053/pdf>
- [19] ELK fiber [online]. [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: <https://www.elk-fiber.net/english/>
- [20] URSÍNY, Petr. *Předení II*. Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, 2001. ISBN 80-7083-540-0.
- [21] Moučková, Eva. *Přádelnictví, Vlákná zpracovávaná v přádelnách, Technologický postup výroby příze* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2018
- [22] Moučková, Eva. *Přádelnictví, mykání* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2018

- [23] Tomková, Blanka. *Zkoušení textilií, Geometrické charakteristiky plošných textilií* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2020.
- [24] Tomková, Blanka. *Zkoušení textilií, Ultimatívni mechanické charakteristiky* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2020.
- [25] Tomková, Blanka. *Zkoušení textilií, Stálost textilií* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2020.
- [26] TEJIN GROUP. *CSR Report* [online]. In: . 2008, s. 64 [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: [https://www.tejin.com/csr/report/pdf/csr\\_08\\_en\\_all.pdf](https://www.tejin.com/csr/report/pdf/csr_08_en_all.pdf)
- [27] KIM, Ki-Young, Song JUN DOH, Jung NAM IM, Won YOUNG JEONG a Hyo JIN AN. *Preparation of Textile Nonwoven Foams Using Elastomeric Binder Fibers for Automotive Cushioning Materials* [online]. 7 [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/fiber/69/2/69\\_27/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/fiber/69/2/69_27/_pdf)
- [28] RUSSELL, S. J., ed. *Handbook of nonwovens*. Cambridge: Woodhead, 2007. Woodhead publishing in textiles. ISBN 978-1-85573-603-0.