

## **Bakalářská práce**

# **Netkané textilie z konopných vláken a jejich smáčivost**

*Studijní program:*

B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály

*Autor práce:*

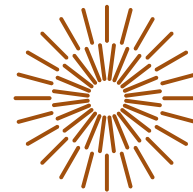
**Jana Kratochvílová**

*Vedoucí práce:*

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Liberec 2023



## Zadání bakalářské práce

# Netkané textilie z konopných vláken a jejich smáčivost

*Jméno a příjmení:*

**Jana Kratochvílová**

*Osobní číslo:*

T19000249

*Studijní program:*

B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály

*Zadávající katedra:*

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

*Akademický rok:*

2022/2023

### Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat rešerši z odborné literatury. Teoreticky zpracovat vlastnosti přírodních vláken, převážně lýkových vláken a konopí, zpracování konopných vláken a technologie vpichování a termického pojení.
2. Navrhněte experiment. Vyroberte serii vzorků s různým obsahem konopných vláken a různých objemových hmotností.
3. Na vyrobených vzorcích testujte jejich sorpční vlastnosti. Použijte různé metody testování.
4. Vyhodnotě získané výsledky a navrhněte další postup.

*Rozsah grafických prací:* dle potřeby dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* 40-60 dle potřeby  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* Čeština

### **Seznam odborné literatury:**

1. ELISE, Rembrandt, ed. *Nonwoven fabric: manufacturing and applications*. New York: Nova Science Publishers, [2020]. Materials science and technologies. ISBN 978-1-5361-7587-5.
2. RUSSELL, S. J., ed. *Handbook of nonwovens*. Cambridge: Woodhead, 2007. Woodhead publishing in textiles. ISBN 978-1-85573-603-0.
3. KARTHIK, T., R. RATHINAMOORTHY a C. Praba KARAN. *Nonwovens: process, structure, properties and applications*. New Delhi: Woodhead Publishing India Pvt, 2016. Woodhead Publishing India in textiles. ISBN 978-93-85059-12-4.
4. CHAPMAN, Roger A. *Applications of nonwovens in technical textiles*. Boca Raton: CRC Press, 2010. Woodhead Publishing in textiles. ISBN 978-1-84569-437-1.
5. KRČMA, Radko. *Netkané textilie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. Řada textilní literatury.
6. MRŠTINA, Václav a František FEJGL. *Textilní technologie vpichování*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
7. JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-746-2.
8. OKÁL, Karol. *Spracovanie lanu a konopí*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1962. Textilná a odevnícká literatúra.
9. DHONDT, Fieke a Subramanian Senthilkannan MUTHU. *Hemp and sustainability*. Singapore: Springer, [2021]. Sustainable textiles : production, processing, manufacturing & chemistry. ISBN 978-981-16-3333-1.

*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.  
Katedra netkaných textilií a nanovlákných materiálů

*Datum zadání práce:* 1. listopadu 2022  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 2. června 2023

L.S.

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

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

V Liberci dne 1. listopadu 2022

## Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

## Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu Ing. Jiřímu Chaloupkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a ochotu při vedení bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat prof. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph.D. a Ing. Miroslavě Pechočiakové, Ph.D. za odbornou pomoc a za užitečné připomínky Ing. Mgr. Art. Jaroslavě Frajerové a Martině Čimburové při zpracování experimentální části.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za podporu při studiu.

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je analyzovat sorpční vlastnosti termicky spojených netkaných textilií vyrobených z konopných lýkových vláken. V teoretické části práce jsou charakterizovány vlastnosti přírodních vláken, pěstování, zpracování a vlastnosti konopí, sorpční vlastnosti a technologie vpichování a termického pojení. Praktická část je zaměřena na metodu výroby netkané textilie a na následné testování vzorků. Vlákněná vrstva byla vyrobena technologií mykání z vlákněného polyesteru, lýkových vláken konopí a bikomponentních vláken (PES + coPES) a poté byla termicky spojena v etážovém lisu. Takto vyrobené vzorky se lišily podílem konopných vláken (0%, 20%, 30%, 40% a 50%) a také svou tloušťkou (10 mm a 20 mm). Celkem bylo vyrobeno 10 typů vzorků. Na vzorcích vyrobené netkané textilie byla posléze testována nasákavost, vzlínání a navlhavost. Na základě tohoto zkoumání byl vyhodnocen vliv podílu konopných vláken v netkaných textiliích a jejich objemová hmotnost na jejich sorpční vlastnosti.

**Klíčová slova:** netkané textilie, přírodní vlákna, konopí, zpracování konopí, vpichování, termické pojení, sorpční vlastnosti, smáčení, nasákavost, vzlínání, navlhavost

## Abstract

This bachelor's thesis aims to analyze the sorption properties of thermally bonded nonwoven textiles made from hemp bast fibers. The theoretical part of the thesis describes the properties of natural fibers, cultivation, processing and properties of hemp, sorption properties, and the technologies of needle punching and thermal bonding. The practical part focuses on the method of nonwoven textile production and the testing of samples. The web was created by carding the polyester, hemp and bicomponent fibers (PES + coPES) and then bonding them together using thermally bonded technology. The samples differed in the proportion of hemp fibers (0 %, 20 %, 30 %, 40 % and 50%) and their thickness (10 mm and 20 mm). A total of 10 sample types were produced. The nonwoven hemp textile samples were evaluated for absorbency, wicking, and moisture content. The influence of the proportion of hemp fibers in nonwoven textile and their bulk density on their sorption properties evaluates based on this testing.

**Keywords:** non-woven fabrics, natural fibers, hemp, hemp processing, needle punching, thermal bonding, sorption properties, wetting absorbency, wicking, moisture content

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Konopný stonek s vlákny [19] .....	18
Obrázek 2 Příčný řez ze SEM [20] .....	19
Obrázek 3 Konopné vlákno ze SEM [20] .....	20
Obrázek 4 Schéma vpichovacího stroje: 1 – vlákenná vrstva, 2 – vstupní ústrojí, 3 – stírací rošt, 4 – opěrný rošt, 5 – jehelní deska, 6 – vpichovací jehla, 7 – odváděcí válce [18] .	39
Obrázek 5 Maxwellův pokus – na pevný drátěný rámeček s pohyblivým raménkem AB o délce $l$ působí délka $F$ . [14] .....	55
Obrázek 6 Výklad vzniku povrchového napětí: a) molekula je v klidu – dochází k vyrušení vodorovných i kolmých složek sil, b) vzdálenost molekuly od povrchu kapaliny je rovna poloměru sféry molekulárního působení – maximální hodnota kohezního tlaku, c) molekula se přibližuje k povrchu kapaliny – výslednice složek $F$ směřuje do kapaliny, d) molekula leží na povrchu kapaliny – $F$ dosahuje maximální hodnoty [13] .....	56
Obrázek 7 Určení kapilárního tlaku pod zakřiveným povrchem kapaliny – kolmé normálové řezy [13] .....	56
Obrázek 8 Působení zakřiveného povrchu kapaliny na její tvar – kapilární tlak: a) vypuklý (konvexní) povrch kapaliny vzhledem např. ke vzduchu, b) vydutý (konkávni) povrch kapaliny vzhledem např. ke vzduchu [13] .....	57
Obrázek 9 Vertikální řez procházející středem kapky ležící na pevné podložce [13] ....	57
Obrázek 10 První mykání vlákenné vrstvy .....	61
Obrázek 11 Výstup z mykacího stroje .....	61
Obrázek 12 Druhý mykací stroj .....	61
Obrázek 13 Příčný kladeč .....	61
Obrázek 14 Příčně kladené vlákenné vrstvy před lisováním .....	62
Obrázek 15 Etážový lis .....	62
Obrázek 16 Vzorky po nasáknutí 20 ml obarvené kapaliny .....	63
Obrázek 17 Vzorek v průřezu .....	64
Obrázek 18 Vzorky v exsikátorech .....	66

## Seznam grafů

Graf 1 Rozdělení textilních vláken [4] .....	14
Graf 2 Průměrný hmotnostní příbytek kapaliny ve vzorku .....	70
Graf 3 Průměrný hmotnostní příbytek vody v papíře .....	70
Graf 4 Podíl zachycené a propuštěné kapaliny .....	70
Graf 5 Plocha skvrny a objemová hmotnost vzorků.....	71
Graf 6 Plocha skvrny v průřezu a objemové hmotnosti vzorků .....	72
Graf 7 Vzlínání kapaliny vzorkem.....	73
Graf 8 Průměrná relativní vlhkost vlákenné vrstvy před vysušením.....	74
Graf 9 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 40%.....	75
Graf 10 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 60%.....	75
Graf 11 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 80%.....	76
Graf 12 Relativní vlhkost vlákenné vrstvy po 24 hodinách v RH 40%, 60%, 80% .....	77
Graf 13 Relativní vlhkost vlákenné vrstvy po 48 hodinách v RH 40%, 60%, 80% .....	77
Graf 14 Relativní vlhkost vlákenné vrstvy po 7 dnech v exsikátorech s RH 40%, 60%, 80% .....	77

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání chemického složení konopí a lnu [4].....	20
Tabulka 2 Struktura elementárních vláken konopí a lnu [4] .....	21
Tabulka 3 Podíl vlákenných složek ve vzorcích.....	60
Tabulka 4 Označení vzorků .....	62
Tabulka 5 Průměrná tloušťka vzorků .....	67
Tabulka 6 Průměrná hmotnost vzorků a průměrná plošná hmotnost .....	68
Tabulka 7 Průměrná objemová hmotnost .....	68
Tabulka 8 Průměrný hmotnostní příbytek vody ve vzorku a papíru .....	69
Tabulka 9 Plocha skvrny a objemová hmotnost vzorků .....	71
Tabulka 10 Plocha skvrny v průřezu a objemová hmotnost vzorků.....	72
Tabulka 11 Hmotnostní příbytek kapaliny ve vzorku a v papíře.....	73



## Seznam použitých symbolů a zkratek

A	[W]	práce
aj.		a jiné
AATCC		The American Association of Textile Chemists and Colorists
atm		absolutní atmosféra (1 atm = 101 325 Pa)
atd.		a tak dále
CBD		Kanabidiol
coPES		kopolyester
EDANA		European Disposables and Nonwovens Association
F	[N]	síla působící na jednotkovou délku
$\gamma$	[N·m <sup>-1</sup> ]	povrchové napětí
INDA		Association of Nonwoven Fabrics Industry
ISO		International Organization for Standardization
NT		netkané textilie
PES		Polyester
PVC		Polyvinylchlorid
RH	[%]	relativní vlhkost
S		levotočivý směr
SEM		skenovací elektronová mikroskopie
T <sub>g</sub>	[°C]	teplota skelného přechodu
THC		Tetrahydrocannabinol
$\theta$	[°]	úhel smáčení
t <sub>t</sub>	[°C]	teplota tání
UV		ultrafialové (záření)
W	[J]	povrchová energie
Z		pravotočivý směr

# Obsah

1	Úvod .....	12
2	Teoretická část .....	13
2.1	Netkané textilie .....	13
2.2	Přírodní textilní vlákna.....	14
2.2.1	Rostlinná vlákna .....	15
2.2.2	Živočišná vlákna .....	15
2.3	Konopí.....	16
2.3.1	Použití konopí .....	17
2.3.2	Vlastnosti konopí.....	18
2.3.3	Konopná vlákna ve vztahu s kapalinou.....	21
2.3.4	Porovnání konopí s jinými typy vláken z hlediska udržitelnosti.....	22
2.3.5	Pěstování konopí .....	22
2.4	Zpracování konopí .....	23
2.4.1	Rosení a máčení .....	24
2.4.2	Sušení .....	25
2.4.3	Tírna – lámání a potěrání .....	25
2.4.4	Vochlování .....	26
2.4.5	Mykání konopí .....	26
2.4.6	Netkané textilie z konopných vláken .....	26
2.5	Technologie vpichování .....	27
2.5.1	Příprava vlákenné suroviny .....	29
2.5.2	Tvorba rouna .....	29
2.5.3	Protahování.....	33
2.5.4	Předvpichování.....	33
2.5.5	Vpichování .....	34
2.5.6	Charakteristika vpichovaných netkaných textilií .....	39
2.5.7	Sortiment vpichovaných textilií .....	41

2.5.8	Zpracování rostlinných vláken vpichováním .....	41
2.6	Termické způsoby zpevnování vláknenných vrstev .....	43
2.6.1	Formy pojiv a jejich chemické složení.....	43
2.6.2	Požadavky při výběru pojiva.....	43
2.6.3	Nanášení pojiv .....	44
2.6.4	Lisování za tepla (vlivem tepla a tlaku) .....	44
2.7	Sorpční vlastnosti.....	52
2.7.1	Adsorpce a absorpce.....	52
2.7.2	Hydrofilita a hydrofobita.....	52
2.7.3	Smáčení a vzlínání .....	53
2.7.4	Povrchová energie a povrchové napětí.....	54
2.7.5	Kohezní síly a kohezní tlak .....	55
2.7.6	Kapilární (Laplaceův) tlak .....	56
2.7.7	Youngova rovnice a kontaktní úhel .....	57
2.7.8	Měření úhlu smáčení (kontaktní úhel) .....	58
3	Experimentální část .....	60
3.1	Výroba vzorků.....	60
3.2	Nasákavost .....	63
3.3	Vzlínání.....	64
3.4	Navlhavost .....	65
3.5	Výsledky měření .....	67
3.5.1	Výsledky experimentu č. 1 – Měření nasákavosti a distribuce kapaliny .....	69
3.5.2	Výsledky experimentu č. 2 – Měření vzlínání .....	73
3.5.3	Výsledky experimentu č. 3 – Měření navlhavosti.....	74
4	Závěr.....	78
5	Literatura.....	79

# 1 Úvod

Ačkoli se syntetická vlákna ve velké míře používají k výrobě různých netkaných textilií, přírodní vlákna si díky svým vlastnostem stále více získávají své místo na trhu.

Mezi tato hojně využívaná přírodní vlákna patří: bavlna, juta, len a konopí.

Pro výrobu netkaných textilií z přírodních vláken se často využívá technologie mykání v kombinaci se vpichováním či termickým pojením. Takto vytvořené netkané textilie mají obrovský rozsah možných aplikací v oblastech geotextilií, filtrace, automobilovém průmyslu, čalounění, akustické izolaci, tepelné izolaci atd.

Většina netkaných produktů je používána pouze jednorázově nebo jako produkt s krátkou životností. Jednorázovost proto začíná být velkým problémem. Řešením jsou přírodní vlákna jako bavlna, vlna, len, juta, konopí atd. Pro jejich biodegradační vlastnosti jsou vhodnějším řešením pro ochranu životního prostředí. [1]

Přírodní vlákna (bavlna, len, juta a další) čekají v blízké době příznivější podmínky na trhu díky rostoucímu zájmu o otázky životního prostředí. Bylo zjištěno, že tato přírodní vlákna jsou šetrnější k životnímu prostředí a méně nákladná pro firmy než jejich konkurenční syntetický materiál. Z celého životního cyklu syntetických materiálů je nejvíce škodlivá pro životní prostředí fáze likvidace a náklady na ekologickou likvidaci mají vysoký vliv na celkovou cenu syntetických vláken. [1]

Cílem této práce bylo studium sorpčních vlastností termicky pojených netkaných textilií z konopných vláken, a také rešerše týkající se vlastností přírodních, lýkových vláken, převážně pak konopí, technologie vpichování a technologie termického pojení. Pro hodnocení sorpčních vlastností bylo použito celkem 10 různých vzorků, které se lišily obsahem konopných vláken (0 %, 20 %, 30 %, 40 % a 50 %) a tloušťkou (10 mm a 20 mm).

## 2 Teoretická část

Teoretická část se zabývá výrobou netkaných textilií v kapitole 2.1. Dále obsahuje charakteristiku přírodních vláken a jejich použití pro netkané textilie, viz kapitola 2.2. Kapitola 2.3 se zabývá použitím a vlastnostmi konopných vláken, porovnáním konopí s ostatními vlákny z hlediska udržitelnosti a pěstováním konopí. V kapitole 2.4 je představeno zpracování konopí. Dále pak teoretická část popisuje technologie vpichování a termického pojení v kapitolách 2.5 a 2.6. V kapitole 2.7 je uvedena teorie k pochopení sorpčních vlastností netkaných textilií.

### 2.1 Netkané textilie

Definice netkaných textilií se stále vyvíjí vzhledem k přibývajícím novým technologiím. „Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně 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) [2]

Netkané textilie se vyrábějí formováním rouna (mykáním, air-laid<sup>1</sup>, wet-laid<sup>2</sup> nebo dry-laid<sup>3</sup>) a následným spojováním vláken, ale i metodami spun-bond, melt-blown a jejich kombinacemi. Nejpoužívanějším procesem pro spojování vláken je vpichování, po kterém následuje spunlace, stitchbond<sup>4</sup>, tepelné pojení a chemické pojení. [2]

Netkané textilie lze vyrábět několika metodami:

- a) ze staplových vláken
- b) přímými metodami (pod tryskou) – tavení polymeru – spun-bond, melt-blown
  1. Příprava vláknenné suroviny
  2. Příprava vláknenných vrstev (pavučina, rouno)
    - a) Mykání – vrstvení vláknenné pavučiny (podélné kladení, příčné kladení, kolmé kladení)
    - b) Aerodynamická výroba vláknenné vrstvy
    - c) Hydrodynamická výroba vláknenné vrstvy (mokrý cesta – naplavování)
    - d) Příprava vláknenných vrstev z taveniny polymeru (meltblown a spunbond, elektrostatické zvlákňování)
    - e) Další způsoby přípravy vláknenných vrstev

---

<sup>1</sup> kladením vzduchem, aerodynamická výroba NT

<sup>2</sup> kladením za mokra

<sup>3</sup> kladení suchou cestou

<sup>4</sup> proplétání

### 3. Zpevnění vlákných vrstev

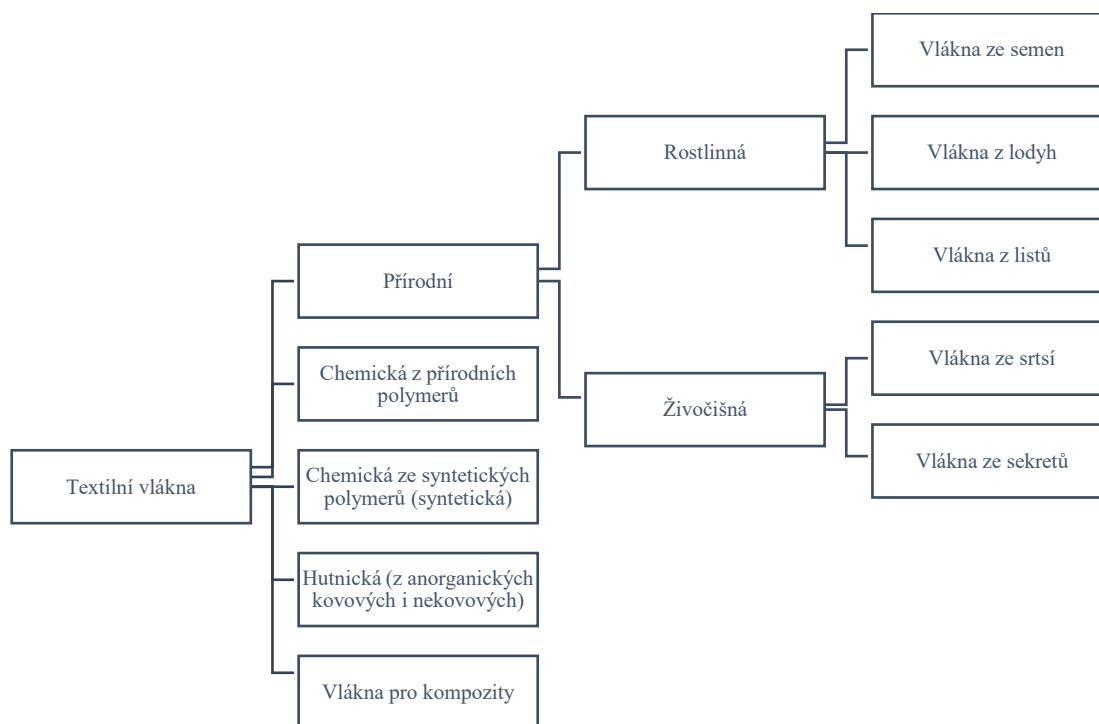
- a) Mechanické způsoby zpevňování – vpichování, proplétání, spunlace (zpevňování paprsky vody)
- b) Chemické způsoby zpevňování – impregnací, pěnou, postříkem, tiskem
- c) Termické způsoby zpevňování – teplovzdušné pojení, lisování, pojení infračerveným zářením nebo ultrazvukem

### 4. Úpravy – ořezávání, nabalování, adjustace [2]

## 2.2 Přírodní textilní vlákna

Přírodní vlákna ušla za posledních několik let dlouhou cestu a jsou více uznávána a své využití si našla i v oblasti netkaných textilií. Hlavně díky svému původu z obnovitelných přírodních zdrojů, a tudíž biodegradabilním vlastnostem. [3]

Tradiční přírodní vlákna, jako bavlna, juta a len, dosahují v současné době stále větší poptávky v mezinárodním měřítku. Dokonce i jiná vlákna jako je konopí, kapok, klejich aj. se začínají více objevovat v oblastech netkaných textilií. [1]



Graf 1 Rozdělení textilních vláken [4]

### 2.2.1 Rostlinná vlákna

Rostlinná vlákna jsou vlákna na bázi celulózy (polysacharid). Rozdělují se podle toho, z jaké části rostliny pocházejí:

- Vlákna ze semen – bavlna, kapok, kokos
- Vlákna z lodyh (= lýková vlákna) – juta, len, konopí, ramie, kenaf, kopřiva, bambus
- Vlákna z listů – sisal, abaka (manilské konopí), agáve, aloe, ananas [4]

#### **Vlastnosti rostlinných vláken**

Rostlinná vlákna jsou hydrofilní, mají vysokou navlhavost. Jejich pevnost je poměrně vysoká a za mokra se zvyšuje. Jsou křehká, lámavá, a málo tažná. Jsou odolná vůči sladké i slané vodě. Obsahují velké množství vzduchu, což jim umožňuje plavat na vodě. [4]

#### **Použití přírodních vláken pro netkané textilie**

Bavlněné NT se využívají hlavně v hygienickém a zdravotnickém sektoru. Jutové NT své uplatnění našly ve filtraci, geotextiliích, interiérech automobilů, výrobcích pro domácnost, kompozitních výztužích aj.

U přírodních lýkových vláken, jako juta, len aj. je nutná určitá chemická úprava, aby byla netkaná textilie měkčí, což je požadavek v mnoha aplikacích. Lněné a konopné NT se často používají pro vyztužovací aplikace v kompozitech, ale i jako geotextilie, rohože, panely atd. Díky jejich potenciálu je také možné je používat jako tepelnou a zvukovou izolaci, na sorpci oleje z mořské vody, k odstraňování kovových iontů z odpadních vod atd. [1]

### 2.2.2 Živočišná vlákna

Živočišná vlákna jsou vlákna na bázi bílkovin obsahující větší množství koncových bazických skupin a část kyselých koncových skupin. Dělí se podle původu na:

- Vlákna ze srstí (z keratinu) – ovčí vlna, velbloudí vlna, vlna angorská (koza), vlna mohérová (koza), lama, alpaka, kašmír, vikuně
- Vlákna ze sekretu hmyzu (z fibroinu) – přírodní hedvábí, plané hedvábí (tussah), lasturové hedvábí, pavoučí hedvábí [4]

#### **Zpracování živočišných vláken vpichováním**

Nejčastěji se používá vlna, která je dobře zpracovatelná díky obloučkování a její pružnosti a členitému povrchu (šupinky). Hlavní nevýhodou je vysoká cena a nedostupnost.

Dále se zpracovávají i ostatní živočišné srsti např. hovězí, kozí, chlupy, žíně, vepřové štětiny atd. Jelikož jsou vlákna ze srstí krátká a hladká, musí se mísit s jinými vlákny. Nebo se dá použít nosný prvek a vpichovat je samotná.

Používají se pro výrobu izolačních textilií či pro vlasové vpichované podlahové textilie (kozí srst jako efektní vlákno). [5]

### 2.3 Konopí

Konopí seté (*Cannabis sativa*), též označované jako „konopí technické“, je dvoudomá, jednoletá rostlina z čeledi konopovité (*Cannabaceae*) [4]. Pojem „dvoudomá“ znamená, že má samčí i samičí rostliny, které se odlišují tvarem květu, přičemž samčí rostlina má více vláken než samičí. [6] Samčí rostlina se označuje jako pěnek a samičí rostlina je hlavatka. [4]

Má dlouhý, přímý a málo rozvětvený stonek s dlaňovitě složenými zoubkovanými listy a s malými oválnými plody – nažky. [6]

Stonek je tvořen více vrstvami: epidermis na vnějším obalu, kůrou, lýkovými vlákny, dřevěným jádrem a dutým prostorem. [7]

Konopí bylo již od roku 2800 př. n. l. používáno v Číně. Dnes se již pěstuje i v některých evropských státech (Polsko, Slovensko, Itálie, Francie, Rumunsko, Maďarsko a bývalé státy Jugoslávie) a v Asii (Rusko, Čína, Indie). [4]

Pěstuje se více druhů:

- Konopí seté severní – má malé výnosy
- Konopí seté středoruské – pěstováno v Rusku, Polsku a Slovensku, dorůstá do výšky 1,7 m
- Konopí seté jižní – pěstováno v Itálii, Francii a Číně, dorůstá výšky až 4 m
- Konopí hašišné – nevyužívá se pro vlákna [6], jelikož obsahuje větší podíl Tetrahydrocannabinolu (THC) [4]

Průmyslové či technické konopí je součástí čeledi *Cannabaceae* a obsahuje kanabinoidy: tetrahydrokanabinol (THC) a kanabidiol (CBD). THC je psychoaktivní složka, která je v průmyslovém konopí obsažena max. 0,3 %. Zatímco antipsychoaktivní složka CBD má vyšší zastoupení v plodině. Vzhledem k tomu, že obsah CBD v průmyslovém konopí je mnohem vyšší než obsah THC, není možné se z této rostliny intoxikovat. [7]



### 2.3.1 Použití konopí

Konopná vlákna jsou obnovitelným přírodním bohatstvím. Konopí se používá jako náhrada syntetických vláken pro mnoho různých specializovaných aplikací včetně netkaných výrobků. [8]

Použití konopí je velmi rozsáhlé. Pěstuje se pro vlákno a pro semena, ze kterých se lisuje olej. Využívá se i pazdeří a z listů i semen se extrahují některé významné látky, např. fyтин. [6] Z květů se získává CBD. Semena se využívají v potravinářském průmyslu, ale i v kosmetice. [7] Listy se používají v medicíně na léčiva či na přípravu čaje, kořeny na výrobu buničiny. Stonky své uplatnění našly jako stavební materiál, podestýlka pro zvířata, akustické panely a izolace, pro mulčování, pro výrobu papíru [7] a kompozit. [1]

V textilním průmyslu se z něj využívají vlákna extrahovaná ze stonků. Konopné vlákno se zpracovává podobně jako vlákno lněné i jeho struktura je blízká vláknu lněnému. [4] Využívá se na výrobu textilií, lan [6], motouzů [9], hadic, rybářských sítí, koberců, dopravníkových pásů, hnacích řemenů [6] a popruhů [9], tkanin – pytloviny [6] a plachtoviny [9], plachet na vagóny, technických textilií, protipožárních hadic [6], kompozitů [7], geotextilií, rohoží, panelů, tepelné i zvukové izolace, textilie na ochranu proti erozi, papíru [8], ke spřádání do přízí ve směsi se lnem [9], speciálních nití pro obuvnictví a sedlářství, a je také vhodné pro sorpci olejů z mořské vody a k odstranění kovových iontů z odpadních vod. [1]

Často nahrazuje skleněná vlákna v automobilovém průmyslu díky nižší ceně, šetrnosti a vysoké pevnosti. Konopná vlákna mohou také sloužit k regulaci vnitřní vlhkosti v konstrukcích. [8]

Tyto netkané textilie z přírodních vláken jsou levné, šetrné k životnímu prostředí, mají vysokou pevnost a své uplatnění nacházejí na místech, kde se běžně používají skleněná vlákna. Proto se tyto netkané rohože využívají jako náhrada za netkané textilie ze skleněných vláken v automobilech. [8]

Krom toho jsou konopná vlákna hořlavá, zatímco skleněná vlákna zcela ne. V důsledku toho je spalování s rekuperací energie pozitivní alternativou na konci životnosti textilie oproti možnosti opětovného použití. [8]



Obrázek 1 Konopný stoněk s vlákny [19]

### 2.3.2 Vlastnosti konopí

#### **Základní vlastnosti konopných vláken**

Lýková vlákna jsou běžně označována jako dobrý izolační materiál díky jejich propustné struktuře, malému průměru a nízké objemové hmotnosti vláken. V případě konopného vlákna je objemová hmotnost (hustota)  $1,48 \text{ g/cm}^3$  a u skleněných vláken je to  $2,6 \text{ g/cm}^3$ . To napomáhá konopnému vláknu k velkému zachycení vzduchu mezi vlákny a působí jako izolační materiál. [8]

Konopné textilie se od ostatních vláken odlišují svými vlastnostmi, zejména aseptickými vlastnostmi, vynikající savostí a hygroskopičností<sup>5</sup>, dobrými tepelnými a elektrostatickými vlastnostmi, nemají alergenní účinky a chrání nositele před UV zářením. [7]

Některými vlastnostmi se konopná vlákna velmi podobají těm lněným. Konopná vlákna mají stříbrošedou barvu, méně kvalitní vlákna mají barvu hnědou. Ze všech přírodních vláken nejlépe odolávají vlivům povětrnosti, proto jsou vhodná např. pro výrobu lan. [4] V některých ohledech se konopná vlákna od lněných vláken odlišují. Hlavním rozdílem je směr sklonu fibril (u konopí směr Z, u lnu směr S). Konopí má tupé a rozeklané konce elementárních vláken<sup>6</sup>. Technické vlákno se skládá ze svazků elementárních vláken.

---

<sup>5</sup> Schopnost materiálu pohlcovat a udržovat vzdušnou vlhkost

<sup>6</sup> Elementární lýková vlákna – tvoří je dlouhé protáhlé buňky, na koncích jsou uzavřené, mají lumen (středový kanálek)

Délka technických vláken se pohybuje v rozmezí 100–200 cm, výjimečně až 250 cm a délka elementárních vláken 5–55 mm. Technická vlákna<sup>7</sup> jsou širší a po délce pruhovaná. [4]

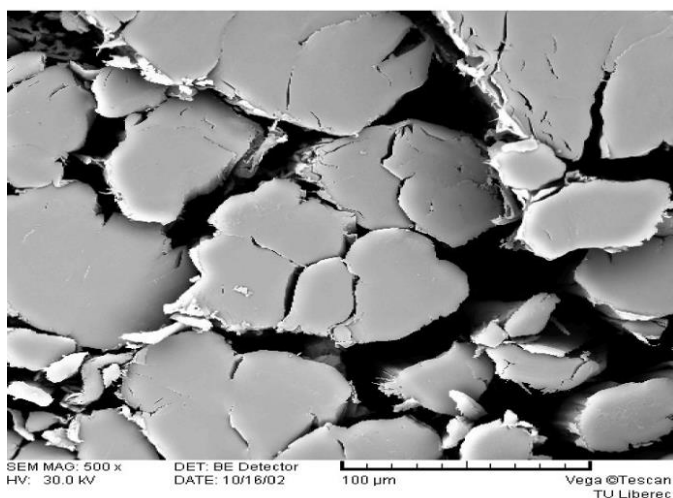
Příčný řez jednobuněčných elementárních vláken konopí se podobá lnu, nejsou však mnohoúhelníková, jsou zaoblenější, hrubší, obvykle s větším lumenem. Na podélném pohledu je možné vidět nestejný průměr s častými kolínky, která jsou méně výrazná. Vlákna mají podélné nabobtnalé trhlinky. Konce vláken jsou tupé, ojediněle vidlicovitě rozvětvené. [9]

Vlastnosti konopných vláken, jako je hygroskopický charakter, malá tloušťka a uvolňování velmi malého množství škodlivých látek při hoření a zahřívání, dávají tomuto přírodnímu vláknu velký prostor pro využití v průmyslovém sektoru. [8]

Z pohledu výrobců mají konopná vlákna vysokou kvalitu, flexibilitu, jsou snadno zpracovatelná a lehce recyklovatelná. [8]

Klíčovými vlastnostmi konopného vlákna je jeho vysoká kvalita a nízká cena. [8]

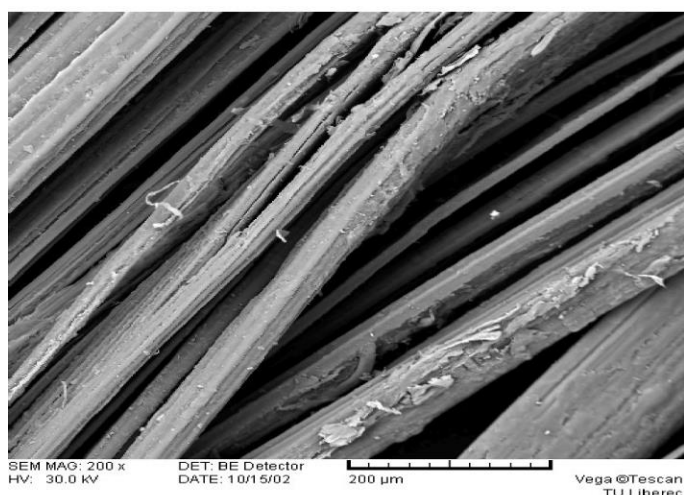
I po všech těchto výhodách mají přírodní vlákna i nevýhody, např. zvýšená absorpce vlhkosti a hořlavost. [8]



Obrázek 2 Příčný řez ze SEM [20]

---

<sup>7</sup> Technická lýková vlákna – tvořena svazky elementárních vláken (jednobuněčných), slepených pektiny nebo ligninem (zvyšuje tuhost technických vláken)



Obrázek 3 Konopné vlákno ze SEM [20]

Pouze lněná a konopná (popř. vlákna ramie) elementární vlákna jsou dostatečně dlouhá a jemná pro textilní zpracování. Ostatní lýková vlákna je třeba pro textilní zpracování (např. předení) používat pouze ve svazku (ve formě technického vlákna). [4]

Vysoká pevnost je klíčovou výhodou použití tohoto vlákna a samozřejmě jeho nízká cena. Kromě své vysoké pevnosti je konopí uznáváno pro svou elasticitu, snadnost zpracování a recyklovatelnost. [3]

Konopná vlákna také dobře odolávají hnití a oproti ostatním rostlinným vláknům mají také lepší pružnost a spřadatelnost. [6]

### Chemické složení konopných vláken

Tabulka 1 Porovnání chemického složení konopí a lnu [4]

	Celulóza	Hemi-celulóza	Lignin
Len	78,5	9,2	8,5
Konopí	68,1	15,1	10,6

Podle jiného zdroje je chemické složení konopných vláken: 67 % celulózy, 16,1 % hemicelulózy, 0,8 % pektinů, 3,3 % ligninu, 2,1 % látek rozpustných ve vodě, 0,7 % vosků a tuků a 10 % vlhkosti. Tyto hodnoty jsou proměnlivé. [9]

Pektiny a ligniny jsou necelulózové složky, které lze považovat za druh lepidla, které drží lýková vlákna a dřevěné jádro konopí u sebe. [7]

### Mechanické, fyzikální a geometrické vlastnosti konopných vláken

Průměr vláken má u konopí relativně velké rozpětí, což z něj při větších průměrech dělá hrubé a tuhé vlákno.

Dalším parametrem je délka. Konopná vlákna jsou delší než lněná a bavlněná. Delší vlákna zajišťují větší soudržnost než vlákna kratší.

Houževnatost konopí a lnu je vyšší než u bavlny. Vyšší houževnatost konopných vláken má za následek pevnost vlákna, ale snižuje jeho pružnost. Tažnost při přetržení je velmi podobná hodnotám polyesterových vláken, ale vyšší než hodnoty bavlněných a lněných vláken. To je způsobeno především větším rozdílem jemností konopných vláken. [7]

Pevnost konopných vláken je podobná jako u lněných a pohybuje se v rozmezí 0,47–0,6 N/tex, čímž se řadí mezi jedno z pevnějších rostlinných vláken. Téměř se neroztahují. Tažnost mají zhruba okolo 2–2,6 %, což nich dělá průměrná vlákna v tomto ohledu. Modul je v rozmezí 18–21 N/tex a práce do přerhu 0,0039–0,0058 N/tex. [4]

Krystalinita konopných vláken je přibližně 88 %. Hustota se pohybuje okolo 1480 kg/m<sup>3</sup>. Při 65% RH v ovzduší je navlhavost 12 %. Poróznost vláken dosahuje 11 %. [4]

Díky vysoké nasákavosti konopí barva barveného konopného textilu déle vydrží a barva zůstane živější. [7]

- Průměr technických vláken: 0,16 mm
- Průměr elementárních vláken: 10–51 μm
- Jemnost technických vláken: 0,34–2,2 tex [4]

Tabulka 2 Struktura elementárních vláken konopí a lnu [4]

	Len	Konopí
Průměrná délka [mm]	32	20
Příčný rozměr [mm]	0,023	0,022
Spiralita	S	Z
Úhel sklonu	5–10°	5–10°
Střední délka [mm]	17–30	10–24
Střední průměr [μm]	12–17	14–17

### 2.3.3 Konopná vlákna ve vztahu s kapalinou

Konopná vlákna jsou hydrofilní jako ostatní přírodních rostlinná vlákna. [4] Vynikají výbornou savostí a hygroskopičností. [7] Navlhavost konopných vláken je při 65% RH 12 % [4]

Vlhkost, známá také jako míra absorbance, je u konopí a lnu srovnatelně vysoká. [8] Absorbance vlhkosti je pro textilie důležitým faktorem, jelikož ovlivňuje pohodlí nositele, hromadění statické elektřiny, srážlivost textilie, odpuzování vlhkosti a obnovení textilie po pomačkání. [7]

Díky vysoké nasákavosti se konopné netkané textilie mohou využívat i na sorpci oleje z mořské vody. [1] Další výhodou konopných vláken je výborná odolnost proti hnití. [6]

#### 2.3.4 Porovnání konopí s jinými typy vláken z hlediska udržitelnosti

Konopí je jednou z udržitelných alternativ přírodních a syntetických vláken. Nejpoužívanějšími vlákna jsou bavlna a polyester. Hlavní nevýhodou pěstování bavlny je využívání velkého objemu vody, insekticidů a pesticidů. Polyester je pak kritizován z důvodu odštěpování mikrovláken a mikročástic a jeho spojení s ropným průmyslem. Nejvýraznějším rozdílem mezi syntetickými polyesterovými vlákny a přírodními celulóзовými vlákny (bavlna, len, konopí) je to, že celulózová vlákna rostou jako plodina, oproti tomu polyester se vyrábí ze surové ropy. [7]

Proces pěstování konopí v zásadě spotřebovává velmi malé množství pesticidů a dalších syntetických látek k růstu, čímž se snižuje dopad na životní prostředí. [8]

Přírodní vlákna jsou šetrnější k životnímu prostředí a jsou méně nákladná než vlákna syntetická. Z celého životního cyklu syntetických materiálů je nejvíce škodlivá pro životní prostředí fáze likvidace a náklady na ekologickou likvidaci mají vysoký vliv na celkovou cenu syntetických vláken. [1]

#### 2.3.5 Pěstování konopí

Vegetační období konopí se pohybuje okolo 110–120 dní. Nejlepší doba pro výsev konopných semen v mírném podnebí je na začátku jara (kolem dubna v závislosti na teplotách), kdy má půda 10–12 °C.

Výsadba po prvním květnu může mít za následek nižší výnos a setí dříve umožní plevelům se rozrůst.

V prvním období růstu konopí (5–6 týdnů po zasetí) roste plodina poměrně pomalu. Rostliny konopí rostou nejvíce v posledním měsíci a v tomto období mohou zdvojnásobit svoji délku. Délka plodiny může dosáhnout až 6 m, s průměrným přírůstkem 10 cm za den.

Z delších stonků se získávají hrubší vlákna, jež jsou méně vhodná pro textilní použití.

Konopí pro výrobu vláken se seje co nejbližší k sobě pro co nejvyšší výnos. Příliš vysoká hustota vysetí rostlin bude mít za následek samovolné ztenčení stonku a sníží hmotnost rostliny, ale jen mírně ovlivní výnos plodiny. [7]

Konopí se sklízí koncem srpna nebo začátkem září. [7] Pro vlákno na technické účely se sklízí od úplného vykvetení do začátku odkvetení samičích rostlin. [6] Kvalita vláken se po odkvětu snižuje. [7] Samčí rostliny mají nažloutlou barvu a listy začínají schnout.

Samičí (semenné) rostliny konopí jsou zelenkavé a nemají v době sklizně ještě semena. [6]

Konopí je považováno za udržitelné díky své schopnosti potlačovat růst plevelu, svým vlastnostem čištění půdy a jeho pozitivnímu dopadu na biologickou rozmanitost. Dále prospívá i jiným rostlinám, se kterými se pěstuje v rotaci. Krom toho může konopí růst v mnoha různých klimatických podmínkách. [7]

Po sklizni většinou následuje řezání, jelikož většina strojů dokáže zpracovávat pouze stébla o délce 0,6 až 1 m, což je méně efektivní pro produkci konopí, jelikož konopná stébla mohou dosahovat až 6 m. [7] Nařezaná vlákna mají ovšem nižší kvalitu a nejsou pro textilní účely často používána. Následuje sušení. Stonky se roztrídí podle délky, barvy, stupně zralosti a stupně poškození. Poté se vážou do snopků o průměru 15–20 cm. Po předsušení následuje dosušení a pak se stonky odsemeňují. Následuje máčení, popsáno níže v kapitole 2.4.1. [6]

Kromě strojů pro sklizeň za účelem získání vláken existují také stroje, které se specializují na sklizeň semen i stonků. Semenné hlavy jsou odříznuty od stonků. Stroj vytváří dva řádky, jeden pro semena a jeden pro stonky. Problémem konopí, které je sklízeno pro semena i pro vlákna, je často rozdíl ve zralosti semen a stonků. Některé z dvouúčelových strojů řeší tento problém tím, že stonky odřezávají v pozdější fázi než semena. [7]

## 2.4 Zpracování konopí

Nejběžnější textilní proces používaný pro konopí začíná pěstováním, sklizní, máčením a sušením. Pokračuje lámáním, potěráním, vochlováním, mykáním, česáním, předením, tkaním/pletením, barvením a končí zušlechťováním. [7]

Klíčovými výhodami použití tohoto vlákna jsou jeho vysoká pevnost a nízká cena. Kromě toho lze pevnost konopných vláken upravit podle potřeb spotřebitele. Použití lepší kvality přírodních vláken vede k nižšímu procentu zmetkovitosti, snižuje prostoje na zařízení, minimalizuje ztráty vláken během zpracování, a proto je celkově vhodnější z ekonomického hlediska. [3]

Konopné textilie jsou často vnímány jako hrubé a drsné textilie, ale dnes je již možné je využít i pro měkčí a lehčí textilie. [7]

U všech lýkových vláken je podstatou prvotního zpracování vláken oddělení technických vláken od zdřevnatělých částí stonku.

Před vstupem konopných vláken do textilního podniku podléhají vlákna několika technologiím: rosení, máčení a odležení. [4]

#### 2.4.1 Rosení a máčení

První dva kroky, rosení a máčení, jsou důležité pro oddělení stonku od kůry. [7] Vlivem působení vlhkosti, slunce a černé plísně či enzymů při rosení dochází k rozložení pektinů, které drží elementární vlákna při sobě. [4]

Před samotným máčením se stonky ještě jednou vytrídí do skupin se stejnými vlastnostmi. [7]

Máčení je proces, při kterém se rozpouštějí pektiny a ligniny a vlákna se oddělují od dřevěného jádra a kůry, a to působením bakterií *Bacillus Comessi*. [4] Lze ho provádět několika možnými způsoby. Máčení rosou (rosení) a máčení vodou patří mezi tradiční metody máčení, ale enzymatické máčení začíná být v současnosti mnohem populárnější. [7] Běžné způsoby jsou však – studenovodní, teplovodní, aerobní a anaerobní máčení. [4]

Rosení se také nazývá jako rosné máčení či polní máčení. Stonky konopí se pokládají na pole a po sklizni jsou vystaveny působení vzduchu. Na konopných stéblech rostou houby a mikroorganismy a uvolňují vlákna z lýka. Tento proces silně závisí na místních klimatických podmínkách a pouze několik regionů má vhodné klima. Kromě toho délka máčení také ovlivňuje kvalitu vláken a může trvat až 50 dní. [7]

Další běžnou metodou máčení je máčení vodou. Jedná se o proces, kdy se konopné stonky máčí v nádržích s teplou vodou. V těchto nádržích rostou anaerobní bakterie a ztenčují konopné stonky. [7]

#### **Studenovodní máčírny**

Ve studenovodních máčírnych trvá máčení 5–14 dní. Délka máčení ovlivňuje kvalitu vláken. Optimální teplota pro máčení je 30–33 °C. Teplota vody nad 38–40 °C stěžuje vývoj bakterií, které podporují uvolňování vláken od zdřevnatělé části stonku (dřevoviny). Při teplotách pod 10 °C proces trvá více jak 20 dní. [7]

#### **Teplovodní máčírny**

V teplé vodě při vyšších teplotách probíhá máčící proces rychleji. Používá se voda o teplotě 34 °C. Stonky jsou vymáčené, když se dají vlákna oddělit od pazderí.

Po vymáčení se stonky opláchnou a dají se sušit. Máčením konopí ztrácí 20–25 % ze svoji váhy. [7]



Nevýhodou pro máčení vodou jsou vysoké náklady na práci a znečištění sladké vody brání většímu použití této metody. Tento problém s plýtváním sladkou vodou má několik možných řešení. Jedním z řešení by mohlo být použití mořské vody namísto sladké. Další metodou ke snížení nákladů a využití neobnovitelné energie je využití termálních pramenů, ale tato metoda by stále kontaminovala sladkou vodu. [7]

### **Enzymatické máčení**

Enzymatické máčení je stále populárnější než máčení rosou a vodou. Enzymatické máčení šetří čas a výsledkem jsou kvalitnější vlákna a také je šetrné k životnímu prostředí. Tato metoda je velmi podobná metodě máčení vodou, protože stonky jsou ponořeny do nádrže, která je naplněna mikrobiálními enzymy. Další metodou enzymatického máčení je postřik stonků roztokem s enzymy, který se nechá dvě minuty působit. Pro enzymatické máčení je klíčové po máčení stonky důkladně očistit. Jinak by enzymy pokračovaly v činnosti ve stoncích. Pro vysoce kvalitní enzymaticky máčená vlákna bývá nezbytné použití hydrotermální předúpravy. [7]

#### **2.4.2 Sušení**

Stonky se suší v panáčích, dostatečně daleko od sebe, cca 2–3 dny při dobrém počasí. Po usušení se vytřídí, svážou a odváží se do skladů. Z odpadů ze stonků se získává koudel. [4] Vlhkost vysušených stonků bývá po máčení cca 15%. Konopí vysušené na slunci bývá kvalitnější než konopí vysušené uměle. [6]

Umělé konopné sušárny jsou podobné těm na len jen s tím rozdílem, že rozměry sušáren na konopí jsou větší. Uskladňuje se stejně jako len, ve stozích na roštech, aby bylo umožněno provětrávání i ze spodu. [7]

#### **2.4.3 Tírna – lámání a potěrání**

Následují tři hlavní operace důležité pro zpracování konopí – lámání, potěrání a trhání na menší úseky, při kterých se oddělují lýková vlákna od dřevěného jádra. [4]

V tírně probíhají tyto operace: pročešávání a urovnání svazků vláken, lámání (kalandrování) k uvolnění dřevoviny a potěrání k odstranění dřevoviny. [4]

Při lámání jsou stébla vedena válečky, které je drtí. Další operací je potěrání, které je účinnější a lépe očistí stonky, ale může poškodit vlákna. [7]

Poslední proces trhání je spíše proces čištění, který odděluje zbývající vlákna a krátká vlákna od dlouhých vláken. [7]

Výstupem je konopné vlákno a konopná koudel. [4]

#### 2.4.4 Vochlování

Konopné vlákno z tírny se nejdříve řeže a balí na dobu tří až deseti dnů za vysoké vlhkosti, až může být vochlováno. Vochlování je proces, při kterém se konopná vlákna česají. Vlákna jsou vedena kovovými kolíky, které jsou připevněny ke dřevěným deskám. Tento proces pomáhá ještě více oddělit vlákna od pazdeří a odstranit nečistoty. V tomto kroku se také dělí dlouhá a krátká vlákna. Konečným produktem jsou konopné prameny.

Konopné vlákno se třídí na čtyři základní druhy: konopné vlákno, vochlované konopné vlákno, vochlovaná konopná koudel a konopná koudel tírenská. [9]

#### 2.4.5 Mykání konopí

V procesu mykání se konopná vlákna opět čistí a ze všech shluků vláken (vlákenných vloček) se stávají jednotlivá oddělená vlákna. Pro tento krok je hlavně důležité, aby byla všechna vlákna orientována stejným směrem. Toho je dosaženo pásem a válcem s jemnými drátky, které oddělují a uspořádávají vlákna správným směrem. Přímo orientovaná vlákna jsou přeměněna na pramen bez zákrutu, jenž je označován také jako mykaný pramen neboli mykanec. [7]

Konopná koudel se obvykle myká ve dvou fázích na dvou mykacích strojích – na hrubém a na jemném mykacím stroji. Produkt obou mykacích strojů se nazývá mykaný pramen. Na hrubém mykacím stroji se myká konopná koudel po odležení. Účelem je koudel rozvláknit, zjemnit, zbavit nečistot a krátkých vláken. Dlouhá vlákna se urovňají do rovnoběžné polohy a vytváří se pramen, který se poté zpracovává na jemném mykacím stroji.

Hrubý mykací stroj má jen dva páry pracovních válců a obracečů a jeden snímací válec, které jsou rozmístěné okolo hlavního válce. Mykací stroj je obložený destičkami s ocelovými jehlami.

Vytvořený mykaný pramen tzv. mykanec je vstupní produkt pro dloužení a protahování, předpřádání a dopřádání (výrobu příze).

Pro výrobu netkaných textilií je pramen nežádoucí. Používají se tedy modifikované mykací stroje, ze kterých vychází pavučina jako výsledný produkt. [6]

#### 2.4.6 Netkané textilie z konopných vláken

Více než tisíc let se konopí používá jako potenciální zdroj pro výrobu papíru, plachet, plátna a stavebních materiálů. Přírodní vlákna z konopného stonku mají vyšší houževnatost a lze je efektivně využít pro výrobu textilií, provazů, plátna, šňůr, archivního papíru a dalších materiálů.

Existují dva různé druhy vláken extrahovaných z konopí: lýková (dlouhá) vlákna a pazdeří (krátká vlákna). Konopí je výhodné díky velké výnosnosti a přizpůsobivosti lýkových vláken. Lýková vlákna představují 20–30 % stonku (v závislosti na odrůdě rostliny a hustotě výsadby). [8]

Obecně existují dva druhy lýkových vláken:

- Primární lýková vlákna tvoří cca 70 % vláken, jsou dlouhá, mají vysoký obsah celulózy a nízký obsah ligninu. Primární lýková vlákna jsou nejvýznamnější částí stonku jsou obecně považována za nejznámější rostlinná vlákna.
- Sekundární lýková vlákna tvoří zbývajících 30 % lýkových vláken a jsou středně dlouhá a mají vyšší obsah ligninu. Jsou méně výnosná a jejich obsah je vyšší, když jsou rostliny konopí zaseté méně hustě, takže mají kratší a tlustší stonky, protože nemusí bojovat o světlo s ostatními rostlinami.

Netkané textilie z konopných vláken se mohou vyrábět i technologií spunlace (hydroentanglement), jejíž hlavní předností je větší propustnost vodních par a relativně velká tloušťka. Umožňuje použití těchto netkaných textilií v domácnosti, průmyslu i ve stavebnictví. [8]

Podle studií tepelných vlastností netkaných vzorků z vláken technického konopí vyrobených tepelným spojováním, vpichováním a technologií spunlace se ukázalo, že konopí má stejné nebo lepší tepelné vlastnosti než jiné běžně používané tepelně izolační materiály, např. minerální vlna. Ve výsledcích srovnávací studie různých výrobních technologií výsledky odhalily, že všechny tři vzorky zapletené vodou (spunlace), tepelně spojované i vpichované se velmi různí svou tepelnou vodivostí. [8]

Vlákna z pazdeří se dají využít pro výrobu desek pomocí lisování. [6]

## 2.5 Technologie vpichování

Vpichování (také známé jako plstění jehlou [10], zajehlování vlákenného rouna nebo výroba jehlové plsti) se řadí mezi nejstarší a dosud nejrozšířenější způsob zpevnování vlákenných vrstev. [11] Vpichování je jeden ze způsobů mechanického pojení. [8] Tento způsob výroby netkaných textilií byl vyvinut ve 2. polovině 19. století v Anglii jako náhrada plstění. [11] Původně byl vyvinut k výrobě mechanicky spojených NT z vláken, která se nedala plstit jako vlna. [10]

Základem pro vpichování je vzájemné provázání vláken vlákenné vrstvy (rouna, pavučiny) [8] na speciálním vpichovacím stroji propichováním soustavou uzpůsobených

jehel. Za použití speciálních jehel s ostny nebo hroty se samotná vlákna z rouna provazují [2] mezi sebou nebo se zajehlují do podkladové textilie. [11]

Původně se vpichované produkty vyráběly z vláken jako je juta, kokosové vlákno, sisal, odpadní vlákna a z drcených hadrů, aby se vyrobily podložky pod koberce, výplně matrací, izolace a hrubé příkrývky. Výroba byla poměrně hrubá a prašná. [10]

Technologie vpichování se rozděluje na tři způsoby:

- Vpichování pouze za použití vlákenného rouna (Needled Felt)
- Vpichování rouna s nosným podkladem, např. tkaninou, netkanou textilií, přízemí, papírem, fólií aj., přičemž nosný prvek je pod rounem nebo mezi rouny (Batt on Base)
- Vpichování vyčesané textilie, převážně tkaniny (Needled Reinforced) [12]
- Vpichované textilie lze rozdělit na dva typy: vpichování s nahodilým provázáním vláken (starší) a řízené vpichování, které podle vzoru jehel v jehelní desce a pohybu opěrného elementu vytváří pravidelné plastické nebo barevné vzory. [5]

### 2.5.1 Příprava vlákenné suroviny

Základem pro vznik mechanických spojů ve vpichované textilii je použití elementárních či multifibrilárních vláken. Nejdůležitějšími vlastnostmi vláken pro výrobu netkaných textilií jsou: vhodná délka vláken pro vytvoření smyčky, dostatečná pevnost a dostatečná pružnost s ohledem na namáhání v ohybu. [5]

Mezi parametry, které ovlivňují výběr vlákna pro výrobu rouna patří: druh vlákna, geometrické vlastnosti (délka, průměr, jemnost...), úprava vláken pro zpracování, orientace vláken v rounu a hmotnost rouna. [5]

Bylo zjištěno, že pro tvorbu pavučin z přírodních vláken se dá využít technologii mykání, air-laying (kladení vzduchem) a wet-laid (mokrý kladení) a pro spojování pavučin z přírodních vláken může být použito vpichování jehlami, spunlace technologie, stitch bonding (prošívání) a tepelné pojení. [1]

### 2.5.2 Tvorba rouna

Po přípravě vláken rozvolňováním, mísením a mykáním se pavučiny vrství, aby se vytvořilo rouno o požadované šířce a objemové hmotnosti. [8]

Příprava rouna probíhá na vlnářském mykacím stroji nebo častěji na garnetě, která disponuje větším výkonem a také umožňuje výrobu rouna s lepší orientací vláken. [11]

Stroje Garnett se používají v některých odvětvích, kde se recyklují vlákna nebo odpad a obvykle v tandemu s příčným kladečem. [10]

Mykané vrstvy jsou pokládány do požadovaného úhlu k docílení požadované orientace vláken ve struktuře. Izotropní plsti se vyrábí vzduchovým kladením (air-laid) – mají nevýrazný vrstvený průřez. [10]

Poté se rouno zhušťuje na příčném stužkovacím zařízení pro dosažení potřebné váhy. Zhuštěné rouno se pak klade na transportér vpichovacího stroje, odkud putuje k samotnému vpichovacímu zařízení. [11]

Příprava je velmi důležitá, jelikož na ní závisí rovnoměrnost i fyzikálně-mechanické vlastnosti výrobku a také průběh vpichování. Vpichovanou netkanou textilií lze vyrábět pouze z vláken ve formě rouna, kdy se uplatňují hlavně vlastnosti původních vláken. Dále na vlastnosti netkaných textilií má vliv výběr způsobu přípravy vlákenného rouna a zvolené podmínky vpichování.

Také je možné použít nosný prvek, díky kterému dojde ke zlepšení rozměrové stability vpichované textilie. Zvolením různých typů nosných prvků je možné docílit různých vlastností. Například použitím tkaniny se zvýší pevnost v tahu a sníží se tažnost, použitím polyuretanové pěny selepší tepelné i izolační vlastnosti atd.

Vložený nosný prvek může také usnadnit vlastní proces vpichování nebo může sloužit jako pojící nebo tvarovací element.

U papírenských plstěnců se využívá metody vyčesávání vlasu a jeho zpětné vpichování do tkaniny. Zamezuje se tím tak otiskování vazby tkaniny do papíroviny a zvyšuje se propustnost vody. [5]

### **Způsoby výroby rouna**

Rouno je forma vláken určená k propojení nebo provázání. Před zpevněním musí nejprve vláknenné rouno splňovat určité podmínky. Rouno je poté možno mechanicky vázat nebo pojit adhezivou. [5]

Rouno jako konečný produkt lze použít při výrobě vat a plstí, ale je možné ho použít i jako vstupní materiál pro výrobu netkaných textilií. Jeho kvalita ovšem ovlivňuje jakost hotové textilie, proto je důležité zvolit pro tvorbu rouna vhodný stroj, který splňuje požadavky na výrobu požadovaného rouna a zároveň dosahuje vysokého výkonu. Existuje několik možných způsobů výroby a strojů, které se dají rozdělit do těchto hlavních kategorií: stroje s mykacím ústrojím (mykací stroj víčkový, mykací stroj válcový, Garneta, Platt Lap Converter), stroje na pneumatickém principu, stroje s mykacím účinkem a pneumatickým snímáním a tvoření rouna ve vodním prostředí. [11] Orientace vláken v rounu je dána způsobem tvorby rouna. Vlákna v rounu se provazují díky vnikání jehel do rouna, což ovlivňuje změnu rozměrů rouna. Velikost změny rozměrů rouna závisí na tření mezi vlákny a orientací vláken. [5]

Orientace vláken se dělí na tyto čtyři hlavní: podélná orientace, příčná orientace, nahodilá orientace a kombinovaná orientace [5]

Na vlastnosti rouna existuje několik požadavků, a to:

- a. Stejneměrnost rouna
- b. Soudržnost rouna
- c. Orientace vláken v rouně
- d. Způsoby zahušťování na příslušnou váhu [11]

#### **a. Stejneměrnost rouna**

Stejneměrnost je nejdůležitější při výrobě roun o lehčí váze. Při použití nestejneměrného rouna se vyrábí nestejneměrná textilie, kterou už nelze učinit stejnoměrnou, proto je nutné použití stejnoměrného rouna. Nestejneměrnost rouna většinou má za důsledek kolísání mechanických a fyzikálních vlastností výsledné textilie.

Stejnoměrnosti lze dosáhnout důsledným propracováním vláknenného materiálu a jeho rovnoměrné dodávce, dále také správným seřízením stroje a vhodným způsobem

zahušťování vláknenného rouna. Předpříprava materiálu probíhá podobně jako u jiných technologií. Používá se víčkový mykací stroj či válcový mykací stroj. Vstupním materiálem je vláknenná vložka. Výsledným produktem je vláknenná stůčka.

Nejprve je nutné, aby vložky prošly mykacími čechradly či míchacím agregátem a aby došlo k dostatečnému rozvolnění, což je velmi důležité pro pneumatické stroje. Nedostatečné rozvolnění má za následek zesílené mrakovité shluky v hotovém rounu. Automatický nakládací stroj dávkuje materiál ve vložce. Starší stroje pracovaly s velkou nestejnomyěrností  $\pm 12\%$ . S těmi novějšími se dají dosáhnout nestejnomyěrnosti menší než  $5\%$ . Je nutné mít však stroj správně seřízený.

Dále má vliv na stejnoměrnost zhušťování vláken v rounu. Pro nejlepší stejnoměrnost se dává přednost podélnému kladení pavučiny na sebe, před příčným kladením pavučiny, což umožňuje vyrovnání případných nerovnoměrností v pavučině.

Příčným zhušťováním pavučiny může docházet ke tvorbě úhlopříčných pruhů a nestejnomyěrných okrajů, a to hlavně u lehčích roun. [11]

#### **b. Soudržnost rouna**

Soudržnost rouna je důležitá při diskontinuální výrobě netkané textilie. Nejprve se rouno stůčkuje a poté se překládá ke zpevňování. Při nízké soudržnosti může docházet při odvíjení k přilepování pavučin nebo vláknenné vrstvy, tudíž k zeslabování a zesilování rouna, které zapříčiňuje nestejnomyěrnost výsledné textilie.

Při kontinuální výrobě musí být rozdíly v rychlosti stroje pro přípravu rouna a v rychlosti zařízení ke zpevňování rouna vyrovnávány kompenzační smyčkou, která je umístěna při přechodu rouna z jednoho stroje na druhý. Rouno je nutné po zhuštění na potřebnou váhu lisovat tzv. válečkovým ústrojím pro zvýšení soudržnosti. Nutné je to hlavně při příčném kladení pavučin. Méně soudržná jsou rouna pneumaticky zhuštěná, pokud je vstupní materiál nedostatečně rozvolněný a jsou špatně ojednocená vlákna z ojednocovacího ústrojí. Soudržnost závisí na kvalitě propracování a ojednocení vláknenné suroviny, což platí pro mykací i pneumatické stroje. [11]

### c. Orientace vláken v rouně

Na orientaci vláken v rouně závisí pevnost a tažnost v jednotlivých směrech. Dělí se na: podélnou, příčnou, kombinovanou (příčná i podélná) a vlákna orientovaná nahodile.

Podélné orientace vláken je možné dosáhnout na mykacích strojích. Vytvořená pavučina z vláken je snímána mechanicky a vrství se na nekonečný zahušťovací pás či se z několika strojů svádějí pavučiny na jeden společný odváděcí pás. Takto vytvořené rouno má mnohonásobně větší pevnost v podélném směru než v příčném (v poměru 4–6:1).

Využívá se pouze u některých speciálních netkaných textilií a to např. při výrobě pojených vlasových koberců Neka nebo netkané textilie Shelan. Podélná orientace je také nutná při výrobě textilií s mimořádně vysokou pevností v podélném směru, jako jsou například stuhy, rolety apod. [11]

Příčné orientace se dosahuje způsobem zahušťováním pavučin, která je překládána pomocí výkyvného příčného kladeče nebo tzv. Blamierova zařízení na spodní odváděcí pás. Pevnost rouna je v příčném směru vyšší než v podélném, běžně v poměru (2–3:1).

Příčné orientace vláken v rouně se využívá při téměř všech způsobech výroby netkaných textilií, např. textilie vyrobené způsoby založených na principu podélného zpevnění soustavou nití, tj. prošívání, proplétání a termické pojení. Také se využívá pro výrobu jehlových plstí. [11]

Při kombinování podélného a příčného zhušťování pavučin vznikne rouno s pevností v obou směrech. Jsou dvě možnosti jeho přípravy. První způsob spočívá v tom, že se na podélně zhuštěnou vlákenou vrstvu příčně ukládá pavučina. Při druhém způsobu se pavučina příčně klade mezi dvě vlákené vrstvy s podélnou orientací. Váhový podíl obou vlákených vrstev s podélnou a příčnou orientací je cca 1:1. Takto vytvořená rouna se uplatňují také téměř ve všech způsobech výroby netkaných textilií z rouna. Hlavním způsobem je užití impregnací a prošívání. [11]

Rouna s vlákny uloženými ve všech směrech (nahodile) se nazývají neorientovaná nebo izotropní rouna. Předpokladem je nerovnoměrné zastoupení vláken ve všech směrech, plošně i prostorově. To ovšem není dosud dosažitelné. V současnosti lze vyrobit pouze rouno plošně izotropní a částečně izotropní prostorově. Díky izotropii je dosaženo stejnoměrné pevnosti ve všech směrech bez použití překládání pavučin. Izotropní rouna je možné vyrábět na upravených mykacích strojích v kombinaci s pneumatickým snímáním a zahušťováním vláken a také na některých strojích z bavlnářské čistící linky. [11]



#### **d. Zahušťování rouna na příslušnou váhu**

Běžně vyráběné textilie váží v rozmezí 20–800 g/m<sup>2</sup>. Hmotnost závisí na druhu textilie a způsobu zahuštění vlákenného rouna nebo pavučiny. Pavučiny z mykacího stroje se zahušťují na nekonečném lisovacím zařízení do maximální váhy 400 g/m<sup>2</sup> a při ukládání vlákenného rouna na maximální váhu rouna 60–800 g/m<sup>2</sup>, někdy až 1000 g/m<sup>2</sup>.

Jelikož je složité navíjet a odvíjet ze stůčky rouna o velmi malé a velmi velké váze, staví se za sebou nebo vedle sebe více strojů. Tudíž je rouno vedeno hned do dalšího zařízení (impregnační, lisovací, prošívací aj.) [11]

#### **2.5.3 Protahování**

Operaci protahování pro snížení základní hmotnosti textilu je možné provádět před, během nebo po operaci předběžného vpichování (předvpichování). [8]

Používá se pro snížení plošné hustoty textilie a pro úpravu poměru podélná orientace: příčná orientace vláken. U těžkého rouna z pomalu běžícího příčného kladeče se může zvýšit lineární rychlost a snížit hmotnost na jednotku plochy před vpichováním pomocí protahování použitím řady tažných zón mezi třemi nebo více válci, které postupně prodlužují strukturu. Protahování po předběžném vpichování může poskytnout lepší kontrolu nad přeorientováním vláken pomocí prostředků pro úpravu poměru podélná orientace : příčná orientace vláken v příčně kladené vlákenné vrstvě. Je důležité věnovat pozornost tomu, aby se zabránilo zanesení nestejnóměrnosti. Při protahování po předběžném vpichování je rouno postupně orientováno kolem horního a spodního okraje řady válců, aby se zvýšilo napětí v textilií pro zavedení prodloužení. Postupně se zvyšující povrchová rychlost a vysoké třecí síly válců jsou navrženy tak, aby poskytovaly řízený a nastavitelný tah. Vypočítaný rozdíl mezi kladenými a výstupními svěrnými válci musí být upraven tak, aby zohlednil prokluz válců a elastické zotavení textilie při snížení napětí. [10]

#### **2.5.4 Předvpichování**

Předvpichovací stroje mají méně jehel než vpichovací stroje. Jeho jehly jsou umístěné na úzké jehelní desce. Rošty mají mezi sebou větší vzdálenost. Případně může mít speciální konstrukci. Díky předvpichovacímu stroji je zabezpečeno rovnoměrné ztenčení vlákenné vrstvy před vstupem do vpichovacího stroje, ale jejich pořízení je finančně nákladné. [2]

Zpočátku je rouno předem zpevněno předvpichovacím strojem, jehož jehelní deska má nízkou hustotu jehel (1000–3000 jehel na lineární metr), což není pro vpichovací stroje standardní.

Předvpichovací stroj běžně vpichuje pouze z jedné strany a cílem je jemně zpevnit rouno a tím zavést určité provázání vláken, snížit tloušťku rouna před úplným vpichováním. Hustota vpichování předem vpichované textilie závisí na požadovaných vlastnostech produktu, ale běžně se používá 10–75 vpichů/cm<sup>2</sup>. Pro stlačování plsti se běžně používá pár poháněných stlačovacích zástěrek namontovaných těsně před vpichovacím rámem. Tyto zástěrky podporují jeho progresivní kompresi a minimalizují klouzání vnějších vrstev rouna vzhledem k vnitřním vrstvám. [10]

Hloubka průniku nebo zdvih předvpichovacího stroje je obvykle větší než u dokončovacích strojů, protože je zde větší tloušťka rouna ke konsolidaci<sup>8</sup>. [10]

### 2.5.5 Vpichování

Ve vpichovacím stroji se vlákenné rouno či mykaná pavučina mechanicky provazuje vlastními vlákny pomocí vpichovacích jehel. Toto pojení je dosaženo tisíci ostnatými plstíciemi jehlami opakovaně procházející do a z vlákenné vrstvy kolmo, šikmo nebo oběma směry k povrchu rouna. [12]

Mezi dva perforované rošty (opěrný a stírací) [5] je přiváděna vlákenná vrstva. Jehly jsou upevněné v jehelní desce, která se pohybuje výkyvným vertikálním vratným pohybem a pronikají periodicky otvory v roštech. [10] Pomocí ostnů na jehlách jsou vlákna zachycována a přeorientována kolmo nebo šikmo ve směru tloušťky rouna a jsou protahována vlákennou vrstvou. [2] Přiváděcí systém přivádí rouno mezi spodní opěrný rošt a horní stírací rošt a odtahovací válce posouvají vrstvu po spodním opěrném roštu. [10] Rouno se zastaví a v tom okamžiku jehelní deska s jehlami klesne a ostny na jehlách protáhnou chomáčky vláken rounem. Při návratu soustavy jehel nahoru dojde k vysunutí jehel z vlákenné vrstvy pomocí vrchního stíracího roštu. [5] Vlákna se vysmeknou z ostnů/drážek, jakmile vystoupí z rouna díky tření o stírací rošt. [11] Výsledné zpevnění vlákenné vrstvy závisí na počtu vpichů na jednotku plochy. Takto lze mechanicky zpevňovat rouna i ze syntetických (neplstivých) vláken, což u klasického plstění není možné. Dá se dosáhnout plošného zpevnění, ale i plastického nebo barevného vzoru. [5]

Produkce stroje je určována počtem jehel v jehelní desce a dosažitelné frekvence jehelní soustavy. Následkem vpichování dojde také k podstatné redukci tloušťky výchozí vlákenné vrstvy, přeorientaci vláken a ke změně délky i šířky útvaru. Může být

---

<sup>8</sup> Zpevnění / sjednocení

zredukována až na o 250 mm menší rozměr, než je vzdálenost mezi rošty i bez vzniku nerovnoměrností.

Vznik nerovnoměrností je znemožněn použitím vhodné konstrukce přiváděcího stroje, který přivádí rouno mezi rošty nebo použitím předvpichovacího stroje. [2]

Výsledné vysoké třecí síly vytvářejí celistvost textilie a obzvláště vysokou odolnost proti delaminaci. Trojrozměrná povaha zapletení vláken odlišuje vpichovanou plst' od plstěných (vlněných) netkaných struktur, kde je zapletení většinou dvourozměrné (vlněné plsti). [5]

Výsledné třecí síly potvrzují celistvost textilie a obzvláště vysokou odolnost proti delaminaci. Ze vpichované plsti je možné řezat předměty libovolného tvaru. Řezné hrany nepodléhají třepení. [8]

### **Přivádění**

Přiváděcí zařízení je tvořeno dvojicí válců, které svým vertikálním působením ztenčují vrstvy, ale vlivem horizontálního působení bortí jednotlivé pavučiny, čehož důsledkem je vznik příčných nerovnoměrností. Proto se dává přednost dvojici šikmých pásů, kde je horizontální složka působící síly menší nebo se dá využít vibrující rošty. [2] Rouno je přiváděno podávacím ústrojím do jehelního pole. [5]

### **Transport kontinuální a diskontinuální**

Po vpichování je textilie transportována pryč z vpichovací zóny pomocí odváděcích válců, jejichž pohyb může být přerušovaný nebo kontinuální v závislosti na konstrukci a stáří stroje. Cílem přerušovaného navíjení, což byl původní způsob, je ponechat rouno nehybné, zatímco jehly pronikají textilií, aby se minimalizovalo lámání jehel a aby se zabránilo otiskům textilie. Pro lehká rouna se používá diskontinuální navíjení (nehybné rouno) a nižší rychlost. Pro syntetická rouna lze použít vyšší rychlost a kontinuální navíjení. [10]

Odváděcí válce způsobují protahování zpevňovaného rouna mezi stíracím a opěrným roštem. Je nutné nastavit obvodovou rychlost podávacího pásu odváděcího válce podle protažení vlákenného útvaru v jehelním poli. [5]

### **Parametry vpichování**

Parametry vpichování závisí na druhu vpichovacích jehel, měrném počtu vpichů na cm<sup>3</sup>, hloubce vpichu (tzv. vzdálenosti ostnu/hrotu jehly od povrchu opěrného roštu při nejnižší poloze jehel). [5]

Základními parametry vpichování jsou:

- a. Počet vpichů na jednotku plochy textilie

$$v_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v}$$

2.5.1

$v_p$ ... počet vpichů [ $m^{-2}$ ]

a... celkový počet jehel na 1 m vpichovací desky (ve všech řadách dohromady)

f... frekvence desky [ $s^{-1}$ ]

p... počet průchodů textilie strojem

v... rychlost odvádění textilie [ $m \cdot s^{-1}$ ]

Bočně vyráběné textilie se vyrábí s  $8 \cdot 10^4$  až  $550 \cdot 10^4$  vpichy na 1  $m^2$  plochy. [2]

- b. Hloubka vpichu

Hloubka vpichu je vzdálenost špiček jehel od pracovní plochy opěrného roštu v dolní úvrati pohybu jehel. Udává se v milimetrech a její běžné hodnoty se pohybují v rozmezí 5–25 mm.

Čím je hloubka vpichu (hustota vpichování) větší, tím je menší tloušťka a větší pevnost textilie. [2]

Kromě těchto dvou parametrů, které ovlivňují zásadně vlastnosti vpichovaných netkaných textilií, ovlivňují jejich vlastnosti také:

- c. Typ a způsob rozmístění vpichovacích jehel  
d. Tahové vlastnosti, délka, jemnost a povrchové vlastnosti vláken, související s typem a koncentrací preparace [2]

### Vpichovací jehly

Vpichovací jehla je členěna na více částí:

- Patka – Funguje jako jistící element a určuje orientaci pracovní části, a to jak trojhranu, tak i vidličky. Hrubé jehly nemají patku. [12]
- Stvol – Drží jehlu v jehelní desce. (15 gauge<sup>9</sup> = 1,83 mm se používají nejčastěji, ale používají se i 16 gauge = 1,50 mm. Gauge udává míru v milimetrech a jemnost jehly.) [12]
- Redukovaná část – Mají ji pouze trojrozměrné plstící jehly. Nachází se mezi stvolem a trojhranem (pracovní částí) a vyrovnává jejich rozdílné pružnosti. [12]

---

<sup>9</sup> Gauge = kolikrát se příslušný rozměr vejde do anglického palce

- Pracovní část – Má nejčastěji průřez rovnostranného trojúhelníku. [2] Nazývá se též „trojhran“. Je to vhodný tvar pro nejběžnější orientaci vláken v rouně. Na jedné nebo na každé hraně může být 1–6 ostnů (celkem 3–18 ostnů). Standardně 3 ostny na každé hraně, tj. 9 ostnů celkem. Vidličkové jehly mají kruhovou pracovní část. [12]
- Osten – Určuje množství zachycených vláken podle provedení a velikosti a tím i intenzitu provázání. [12] Jsou na jedné, dvou či všech třech hranách, mohou mít různé tvary a výšky. [2] Existuje 5 základních druhů ostnů: standard, smooth, NKU, typ A NKU, high. Vzdálenost mezi ostny může být normální RB, střední MB a hustá CB. Vidličkové jehly mají drážky na konci hrotu a jejich funkce je určována její velikostí. Orientace drážky umožňuje vlasový nebo smyčkový efekt. [12]
- Hrot – Určen k usnadnění průchodu plstící nebo velkoostné a SH jehly vlákněm rounem. Standardní hrot se používá nejčastěji, méně pak kulovitý hrot. [12]

Lze je rozdělit na několik druhů:

- Vpichovací jehly
  - Konvenční (nejběžnější)
  - Lisované (mají větší životnost a méně poškozují vlákna)
  - Viron Finish (mají dodatečně speciálně obroušené hrany ostnů konvenčních jehel, aby se snížilo poškození vláken)
  - Superspeciální (plstící jehly se zpevněnou pracovní částí a ostny zhotovenými pomocí rádiusových nožů, mají větší životnost a méně poškozují vlákna)
- Vzorovací jehly
  - Vidličkové
  - Velkoostné
  - SH (Standard Hub = standardní hrot)
- Speciální jehly [12]

Délka vpichovacích jehel je v rozmezí 1,5 až 4,5 palce (38,1 až 114,3 mm). Plstící jehly mají běžně 3 a 3,5 palce (76,2 a 88,9 mm) a vzorovací jehly mají 2,5 palce (63,5 mm). Jehly se dělí na dvourozměrné a trojrozměrné. [12]

## Číslování vpichovacích jehel

Jehly mají různá značení, která zahrnují průměry jednotlivých částí, délku celé jehly, stvolu, redukované části a pracovní části v palcích (gauge) a další informace.

Př. 15×18× 30× 3½ RB NKU [2]

Vzájemná vzdálenost mezi ostny je RB, CB nebo MB. [12] Označení R nebo NKU (non kick up) označuje výšku ostnu h:

R (High): 0,3–0,46 mm (podle průměru pracovní části jehly)

Standart: 0,16–0,38 mm

NKU: 0,11–0,30 mm [2]

## Vpichovací stroje

Jehlový stav / vpichovací stroj se skládá z těžkého, masivního rámu nesoucí pevný opěrný rošt a stírací rošt, mezi kterými prochází rouno a vertikálně vratně se pohybující jehelní desky nesoucí jehly, které při vysoké rychlosti vytváří značné vibrační síly, které musí rám absorbovat. Jehly jsou poháněny jednoduchým harmonickým pohybem a jejich způsob zavěšení se liší podle výrobce stroje. [10]

Síla působící na jednotlivé jehly při průchodu vrstvou je poměrně vysoká až 10 N. Proto je nutné použití masivní konstrukce jednotlivých součástí stroje (opěrný a stírací rošt, jehelní deska a pohybové ústrojí). Aby bylo možné dosáhnout vysoké frekvence těžké jehelní desky (cca 800 zdvihů za minutu, max. 2200 zdvihů/min) je nutné limitovat amplitudu výkyvu i vzdálenost mezi rošty (na 60 nebo 40 mm). [2]

Obecně jehlový vpichovací stroj obsahuje tři hlavní součásti: jehelní desku, spodní (opěrný) rošt s otvory a stírací (shrnovací) rošt s otvory.

Vlákněné rouno prochází dvěma těžkými a masivními rámy, spodní deskou umístěnou dole a stírací deskou nahoře. Odpovídajícími otvory prochází jehly s ostny, upevněné na jehelní desce, a každým otvorem pronikají dále do textilie a ven. [8]

Rozdělují se podle funkce:

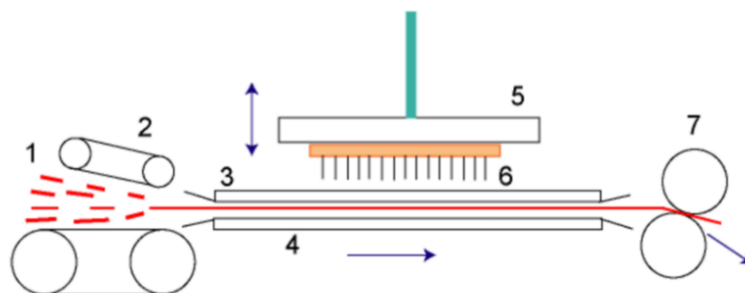
- Laboratorní stroje – Vyrábějí se ve standardním provedení vzorovacích strojů o pracovní šíři 380–600 mm.
- Předvpichovací stroje – Mají nízký počet jehelních řad (4–10). Možné používat i standardní vpichovací stroje s příslušnými úpravami. Určen k předzpevnování vlákněného rouna.
- Standardní stroje – Vyráběny v pracovní šířce 1000–6000 mm. Mají jednu či více jehelních hlav umístěných nad nebo pod vpichovaným materiálem. Z těchto strojů jsou často sestavovány vpichovací linky. Hustota jehel na jedné jehelní hlavě bývá

20–50 jehel na centimetr pracovní šířky. Vyrábějí se v lehkém i těžkém provedení pro různé hmotnosti zpracovávaného materiálu.

- Stroje pro papírenské plsti – Využívají se pro výrobu nekonečných papírenských plstěnců. Mají odklopnou nebo vyjížděcí bočnici, resp. otočný nosník opěrného roštu pro návlek nosné tkaniny bez konce a napínací zařízení. Jejich pracovní šířka je od 5000 do 15800 mm.
- Vzorovací stroje – Určen pro dosažení vlasového a smyčkového efektu v pravidelných či nepravidelných vzorech z jednobarevného útvaru nebo vícebarevných vrstev. Tyto stroje mají speciální opěrný rošt pro dosažení vzorů. Podle nastaveného programu se mění hloubka vpichu.
- Speciální stroje – Vhodné například pro zpevňování krejčovských ramenních vycpávek, výrobu hadicových útvarů a příkrývek, kde se používá jiný úhel vpichování než 90°. [12]

Vpichovací stroje lze také rozdělit na jednodeskové, vícedeskové, strukturovací a speciální a jejich použití se liší v závislosti na aplikaci. [2]

Nejznámějšími firmami zabývající se výrobou vpichovacích strojů jsou Fehrer (Rakousko), Dilo (Německo), Asselin (Francie) a Bywater (Anglie). [2]



Obrázek 4 Schéma vpichovacího stroje: 1 – vlákná vrstva, 2 – vstupní ústrojí, 3 – stírací rošt, 4 – opěrný rošt, 5 – jehelní deska, 6 – vpichovací jehla, 7 – odváděcí válce [18]

#### 2.5.6 Charakteristika vpichovaných netkaných textilií

Soudržnost vpichovaných netkaných textilií je způsobena mezivlákněným třením.

Vlivem vpichování se vlákna ve struktuře přeorientovávají ve směru působení jehel.

Dochází tak ke zvětšování jejich vzájemné třecí plochy a síly, díky které jsou k sobě přitlačována. Vpichované textilie mají proto specifickou tahovou křivku s nízkým počátečním modulem a poměrně vysokou trvalou deformací. [2]

Vpichované plsti mají vysokou pevnost v přetržení a také vysokou pevnost v roztržení, ale jejich modul je nízký a zotavení po protažení je také špatné. Aby se zlepšilo zotavení,

je nutné vložit do struktury nějaký nosný prvek (příze, pavučiny nebo řídké tkaniny). Typickým příkladem je výroba produkčních filtračních plstí, kde se při vpichování zavádí nějaký typ řídké tkaniny. V případě vstříkovaných bot je materiál stélky z netkané textilie vyztužené polypropylenovou textilií s plošnou hmotností 105 g/m<sup>2</sup>. [8]

Jejich jedinečné fyzikální vlastnosti, jako je prodloužení ve všech směrech (x, y, z) jsou dobré pro tvarovatelné aplikace. Vysoká pevnost z nich dělá vhodný materiál pro výrobu geotextilií. Hlavní výhodou je, že netkaná textilie je prakticky homogenní ve srovnání se tkanou textilií, takže celá plocha netkané textilie může být použita pro filtraci, zatímco příze ve tkané textilií účinně zastaví tok a ponechávají pouze mezery mezi přízemi pro filtraci. [8]

Obecně důležitými vlastnostmi jehlových plstí je stupeň stlačení plsti, poměr pevnosti a prodloužení a charakteristiky propustnosti. U vysoce zapletených vláknitých plstí pro syntetickou kůži se hustota vpichování může pohybovat mezi 500 až 1200 vpichů/cm<sup>2</sup>. Vzhledem k vysoké intenzitě vpichování vyžaduje výroba syntetické kůže 4–6 strojů instalovaných v tandemu (za sebou ve dvojici). U filtračních plstí to může být až 650 vpichů/cm<sup>2</sup>. [8]

- Delší vlákna mají za následek vyšší pevnost, vyšší hustotu plsti a menší propustnost vzduchu.
- Jemnější vlákna vedou k menší tloušťce plsti a nižší propustnosti vzduchu. Vpichování jemnějších vláken vyžaduje nevyhnutelně také použití jemnějších jehel pro dosažení dostatečných pevnostních charakteristik.
- Vyšší zkadeření má za následek vyšší odolnost proti roztržení a prodloužení a lepší rozměrovou stálost jehlových plstí.
- Vlastnosti a struktura jehlových plstí také závisí na struktuře pavučiny a její plošné hmotnosti. Strojově orientovaná pavučina má vysokou pevnost v podélném směru a převážně příčně kladená pavučina má vysokou pevnost v příčném směru.
- Plošná hmotnost pavučiny má velký vliv na propustnost vzduchu. [8]



### 2.5.7 Sortiment vpichovaných textilií

Vpichované textilie mají mnoho využití v domácnosti i v průmyslu. Nejčastějším použitím jsou:

- geotextilie [8]
- filtrační média – pro průmyslovou filtraci plynů a kapalin [8]
- papírenské odvodňovací plstěnce (lisové a vysoušecí) [2]
- podklady pro výrobu syntetických usní [2]
- podlahové krytiny [2], podklady pro všívané koberce apod. [8]

Mezi další aplikace se řadí: tepelně a zvukově izolační materiály, povrchy tenisových kurtů, obklady stěn, příkrývky pro krátkodobé použití [8], obuvnické textilie (zejména podšívky, stélky a výztuhy), ale vzhledem k neustálému vývoji technologie vpichování se sortiment výrobků stále rozšiřuje. [1] Běžně se vyrábí s plošnou hmotností v rozmezí 100–2000 g/m<sup>2</sup>. [2]

### 2.5.8 Zpracování rostlinných vláken vpichováním

Pro vpichování se běžně zpracovávají vlákna s nižší kvalitou a s nižší délkou vláken, např. len, juta, konopí, sisal [5], ale i bavlna. [1]

V počátcích byla tato vlákna nejvíce uplatňována při výrobě nepříliš náročných textilií. Při výrobě netkaných vpichovaných textilií z krátkých rostlinných vláken se nelze většinou obejít bez jakéhokoliv nosného prvku. Dříve jako nosný prvek byla často používána jutová tkanina nebo krepový papír. V současnosti se více používají tkaniny ze syntetických pásků nebo jiné netkané textilie. [5]

Při vpichování bavlny je nutné zvážit běžnou délku bavlněného vlákna, jelikož s delšími vlákny se pracuje lépe. Pro kvalitní textilie je vyžadována vhodná délka a stejnoměrnost délky vláken. Dále bylo zjištěno, že pro výrobu bavlněných vpichovaných netkaných textilií jsou vhodné jehly o tloušťce 36–42 gauge. Jemnost jehly má největší vliv na vlastnosti vzniklé textilie.

Vláknenný materiál musí mít dobrou kluzkost, aby se zabránilo poškození vlákna během vpichování a zlomení jehly. [1]

Bavlněná vlákna jsou velmi jemná, krátká a hladká, proto se obtížně vpichují. Jelikož při jejich vpichování vzniká nadměrná rozměrová deformace, při které se více lámají vpichovací jehly. Proto se dají bavlněná vlákna zpracovávat pouze s nosným prvkem. Často se také mísí s jinými vlákny. Rozměrová stabilita se řeší vložením tkaniny s řídkou dostavou, popř. gázoviny. [5]

Vpichované bavlněné netkané textilie jsou vysoce účinná filtrační média díky nepravidelnému tvaru vlákna a absorpčním vlastnostem. Bavlna má také výhodu, že se její houževnatost zvyšuje za mokra. [1]

Pro vpichování se využívá i juta, která je za surového stavu v textilií velmi tuhá a nemá zkadeření. Ošetřuje se tedy 18% roztokem NaOH při 30 °C po dobu 45 minut a poměr kapaliny k materiálu je 10:1 pro vytvoření zkadeření. Tomuto procesu se říká vlnění jutových vláken.

Výroba jutových vpichovaných textilií se liší v několika výrobních krocích. Nutnou operací je změkčování vláken aplikací změkčovací emulze (1,5 % olej) nastříkáním na 35 % hmotnosti jutových vláken a odstranění kořínku a koncečku vlákna. Poté je juta vhodná k mykání.

Jutu lze vpichovat s podporou výztužného materiálu. Výsledkem je lepší propletení mezi vlákny a lepší vyztužení. Bez podpory výztužného materiálu vznikají objemnější a snadno stlačitelné textilie. [1]

#### **Aplikace přírodních vláken v geotextiliích**

Používají se při kontrole eroze na násypu u dálnic a prudkých srážech, k ochraně říčních břehů, k oddělování půdy, filtraci na silnicích a zpeňování na dočasně nezpevněných cestách.

Hlavní přednost těchto vláken je jejich ekologičnost a obnovitelnost, dále také velká kompatibilita s půdou, ekologická šetrnost, degradace po několika měsících, stabilizace půdy a napomáhá růstu vegetace.

Přestože tyto netkané textilie z lýkových vláken mají nízkou pevnost, jsou biologicky odbouratelné, zlepšují kvalitu nezpevněné vozovky a umožňují tak měkkému podkladu časem získat pevnost.

Oproti netkaným geotextiliím ze syntetických vláken mají nižší pevnost v tahu, ale i tak mají velký potenciál v různých aplikacích ve stavebnictví, protože jsou izotropní, kompaktní a propustné pro vzduch. [1]

## 2.6 Termické způsoby zpevnování vláknenných vrstev

Podstatou termického pojení je nanesení pojiva (prášek, pasta) na vláknennou vrstvu nebo vrstvení vláknenné vrstvy s plošným pojivem (mřížka, fólie) či příprava vláknenné vrstvy ze směsi základních a pojivých vláken (tající/bikomponentní vlákna) a následovné tavení pojiva zvýšením teploty vrstvy, formováním pojivých míst či zpevnění pojiva chlazením. [2]

### 2.6.1 Formy pojiv a jejich chemické složení

Jako pojiva se dá použít pojivé polymery v různých formách.

- Prášek – Rozměr zrn prášků bývá mezi 0,1 – 0,05 mm. Připravují se drcením granulátu v mlýnech při teplotě nižší než  $T_g$ . Pokud má polymer příliš nízkou  $T_g$ , je možné použít speciální drtič, který se chladí tekutým dusíkem.
- Pojivá vlákna a bikomponentní vlákna – Vlákna jsou připravována zvlákňováním.
- Fólie – Jsou připravovány kalandrováním nebo vytlačováním taveniny tryskami tvaru mezikruží. Nevyužívají se tak často kvůli nerovnoměrnému rozložení pojiva v objemu textilie.
- Mřížka – Vyrábějí se zvlákňováním pomocí speciálních zvlákňovacích trysek nebo prořezáváním fólií a následným roztahováním. [2]

Pro pojiva lze použít:

- Nízketající homopolymery (polypropylen, polyamid)
- Kopolymery (kopolyestery s  $t_f=110-260$  °C, kopolyamidy s  $t_f=110-200$  °C, polyvinylchlorid, etylen – vinylacetát apod.) [2]

Polymer se volí podle požadavků na tepelnou a chemickou odolnost a míru zpevnění výsledného výrobku. [2]

Pro textilie, které se nebudou chemicky čistit ani prát stačí levnější polymery např. polypropylen. Nejčastěji se však využívá nízketajících mono či bikomponentních vláken. [2]

### 2.6.2 Požadavky při výběru pojiva

1. Výběr vhodné  $t_f$  vzhledem k tepelné odolnosti základních vláken.
2. Odolnost vůči tepelné a tepelně-oxidační degradaci při teplotě pojení.
3. Nízká sráživost za tepla, jelikož vysoká sráživost vede k zužování výrobku a ke vzniku nerovnoměrností

4. Nízká viskozita taveniny, která je zajištěna volbou polymeru, nižší molekulovou hmotností a vyšším indexem toku. Vysoká viskozita zabraňuje přeformování taveniny na pojící místa.
5. Dobrá adheze k základním vláknům.
6. Nízký obsah a vhodný typ povrchové preparace. Jelikož preparace (aviváže) snižují adhezi a při jejím odpařování se znečišťuje ovzduší. [2]

#### 2.6.3 Nanášení pojiv

- Prášky – Prášky jsou nejlevnější a nejběžnější pojivo. [11] Dávkovány na povrch vlákně vrstvy pomocí násypky, která dosedá na rastrovaný válec či na válec se šroubovicovou vynášecí drážkou. Rotující kartáč pak rozmetá prášek z povrchu válce na vlákněnou vrstvu. Lze ho nanášet i bodově pomocí hrubé perforované rotační šablony se stěrkou, do níž je prášek dodáván šnekovým dávkovacím zařízením. Pojící místa mají většinou rozměr cca 2 mm. [2]
- Pasty – Nanášejí se obvykle rotační šablonou. [2]
- Pojivá vlákna – Mísí se se základními vlákny v mísicích komorách, mykacích čehradlech či mykacích strojích. Důležitý je vysoký stupeň ojednocení a promísení základních a pojivých vláken, aby nedošlo k nižšímu využití pojiva, nižšímu zpevnění a zhoršení omaku. [2]

#### 2.6.4 Lisování za tepla (vlivem tepla a tlaku)

Technologie výroby pojených textilií lisováním za pomoci tepla a tlaku se využívá ke zpevnění vlákněných vrstev (roun) s příměsí termoplastických (kaučuků i termoreaktivních) pojiv a s nimiž se vlákněná vrstva vystaví vlivu zvýšené teploty a lisuje se. Pojivo pro tuto technologii může mít podobu prášku, vlákna, nitě, mřížky či fólie. První důležitou operací je výroba rouna, následuje příprava pojiva na požadovanou formu a jeho nanášení či družení s rounem a konečnou operací je samotné lisování rouna s pojivem. [11]

##### **Výroba rouna**

Rouno musí mít požadovanou pevnost v různých směrech, požadovanou orientaci vláken v rouně a požadované zahuštění. Lze využít jakoukoliv z metod výroby roun. Nutné je ovšem věnovat pozornost pravidelnému rozmístění v příčném i podélném směru a dobrému ojednocení pojiva ve formě termoplastických vláken. [11]

##### **Příprava a nanášení pojiva**

Je možné použít různé formy pojiv. Nejčastěji se ovšem uplatňují termoplastická a termoreaktivní pojiva. Používají se pojiva ve tvaru prášku, vláken, nití, fólie a mřížky.

### *Termoplastická pojiva ve formě prášku*

Pro pojiva ve formě prášku je důležité, aby se udržela v rouně a aby byla rovnoměrně rozmístěna ve směru délky, šířky i v řezu rouna. To se dá zajistit vhodnou velikostí částic a přilnavostí částic k povrchu vláken. Prášky lze nanášet pomocí dávkovacího válce s drážkami, který je v těsném obalu. Na válec se přivádí násypkou prášek ze zásobníku a spodním výstupním otvorem jsou částice práškového pojiva vymršťována vlivem odstředivé síly na pavučinu/rouno. Nebo je možné využít kartáčový válec se štětinami k vyčesávání práškových částic z dávkovacího válce. Existují i další alternativy jako rozprašování přes vibrující síta, broušení předem slisovaného prášku atd., nejsou však využívány průmyslově. Pro rouna vyráběná pneumatickým způsobem lze prášek rozptylovat společně s vlákenným materiálem. [11]

Aby nedocházelo k propadání většiny práškových částic do spodních vrstev rouna, jsou vlákna opatřena nánosem botnadel (mastí), který na nich vytvoří slabý adhezivní film. Na tomto vzniklém filmu práškové částice pojiva ulpívají snadněji a lépe se udrží. Další výhodou nánosu botnadel je snížení teploty měknutí termoplastu a usnadnění protékání pojiva při lisování. [11]

### *Termoplastická pojiva ve formě vláken*

Termoplastická pojiva ve formě vláken jsou velmi výhodná, protože stačí přimísit určitý podíl pojivých vláken k základnímu vlákennému materiálu, z nichž se dá poté vyrobit rouno a je možné ho hned lisovat. Díky nízké teplotě měknutí se nejčastěji pro tyto účely využívá stříž z acetátu celulózy, chlórovaných polyvinylchloridových vláken, vláken z jiných vinylových polymerů a kopolymerů polyesterů, polypropylenu, polyethylenu aj. Největší nevýhodou těchto vlákenných pojiv je jejich vysoká cena a nízké využití termoplastických vláken jako pojiva, jelikož velký podíl termoplastických vláken netvoří propojení s jinými vlákny, a tudíž zůstává ve funkci vlákna (výplně). Se stoupajícím obsahem pojiva roste pevnost textilie, ale klesá tažnost. [11]

Aby bylo dosaženo lepší adheze a využití termoplastu jako pojiva, smáčí se povrch vláken změkčovadly, čímž začne povrch termoplastů botnat a při zahřátí nad bod měknutí se snižuje úměrně viskozita taveniny a zvyšuje se přilnavost ke smočenému povrchu základních vláken. Nanášení změkčovadel je možné v různých fázích výroby před lisováním a různými způsoby, např. stříkání soustavou trysek nebo ostřikování změkčovadel z rotujících kartáčů.

Teoreticky by se mohla použít jakákoliv termoplastická vlákna, ale v praxi se využívají jen vlákna s nízkým bodem měknutí, jako jsou již výše zmíněná vlákna z vinylových

polymerů a kopolymerů (polyvinylchlorid, chlorovaný polyvinylchlorid, vinylidenchlorid aj.), vlákna z acetátu celulózy, polyethylenu, polypropylenu, polyamidů nebo modifikovaných polyesterů. Termoplastická vlákna však nezískala ve výrobě pojených textilií vysoké postavení, nejspíše kvůli nízké molekulové hmotnosti těchto vláken, což zapříčiňuje i malou pevnost. [11]

#### *Termoplastická pojiva ve formě nití*

Termoplastická pojiva ve tvaru nití či strun se využívají převážně k výrobě tepelně izolačních textilií. Aplikují se mezi vlákenná rouna s příčně orientovanými vlákny a poté se lisují na víceválcovém kalandru za zvýšené teploty. Je možné je využít i pro rouna s vlákny orientovanými v podélném směru, kdy termoplastické nitě jsou ukládány příčně. Místo termoplastických nití je možné nanášet pruhy z plastické hmoty (pasty) pomocí drážkovaného válce k docílení podobného výsledku. Tento princip je založen na tzv. tisku hloubky. Výsledná pojená textilie má charakter lehké tepelné izolační textilie či plastické kůže s prodyšnými pruhy.

Materiály používané pro termoplastické nitě (struny či vlasce) mají nízký bod měknutí, např. měkčený PVC, polyethylen, polypropylen apod. Tyto struny se vytvářejí vytlačováním na šnekových lisech. Lze použít i příze s nánosem termoplastu. [11]

#### *Termoplastická pojiva ve formě fólií*

Pojiva ve formě fólií se využívají převážně pro výrobu vláknitých plastických kůží. Fólie jsou vyráběny na víceválcových kalandrech a vytlačováním na šnekových lisech kruhovými nebo podélnými hubicemi. Používají se termoplasty s nízkým bodem měknutí. Pojené textilie s pojivem ve tvaru fólie mají větší tuhost, menší měkkost, vláčnost a splývavost. Lisovaná vlákenná rouna s fóliemi mají podobné vlastnosti jako přírodní kůže, a proto v tomto odvětví našla uplatnění. Pro výrobu těchto plastických usní se nejvíce využívá vysoce měkčeného polyvinylchloridu (popř. ve směsi s polyizobutylenem). Lze použít fólie z přírodních a syntetických kaučuků. [11]

Vláknité plastické kůže mají mnoho využití např. na aktovky a pro lehkou galanterii. Velmi dobrých pevností v tahu lze dosáhnout výrobou plastických kůží s termoplastickými fóliemi. Pevnosti ve vytržení bývají nízké. Pevnost ve vytržení lze zvýšit přidáním pevnějších vláken (ramie, syntetická vlákna atd.), nebo se může rouno předem zpevňovat prošitím nebo proplétáním. Pro získání povrchu podobného přírodním kůžím se vrství rouna z různých vlákenných materiálů a po prolisování se povrch obrousí. Používá se běžně 40–65 % pojiva, proto jsou málo prodyšné, propustné pro vodní páry a měkké, což je možné řešit tzv. papírovým lomem výrobku.

Výrobky je možné upravovat několika způsoby. Surový výlisek se vyvaňuje ve vodě a v mokřem stavu se mechanicky měkčí ohýbáním valchováním. Většího účinku lze dosáhnout příměsí olejových emulzí či přidavkem solí rozpustných ve vodě přímo do termoplastické fólie. Po praní, kde se soli rozpustí, je výrobek poréznější a měkčí. [11]

#### *Termoplastická pojiva ve formě mřížky*

Mřížky jako pojivo byly vytvořeny pro textilie s dobrými mechanickými vlastnostmi, dobrou propustností vzduchu i měkkostí. S těmito vlastnostmi byl zatím u ostatních pojených textilií problém na úkor pevnosti. Mřížky lze vyrábět několika způsoby: válcováním mřížky na víceválcovém kalandru s negativním obrazem mřížky na posledním válci, prořezáváním fólie střídavými podélnými řezy a vytlačováním síťoviny soustavou trysek. Vyrábí se např. z měkčeného polyvinylchloridu a dalších termoplastických polymerů.

Termoplastická pojiva ve formě mřížky se používají obdobně jako ostatní formy pojiv. Mezi rouno je pokládána mřížka a rouno se poté lisuje za zvýšené teploty, v místech kontaktu mřížky s vlákny se rouno propojí a vzniká tak vazná kostra textilie.

Mechanické pevnosti (pevnost v tahu podélná i příčná, tažnost podélná i příčná) textilií se hodně liší a závisí na typu zvolené mřížky.

Takto vyráběné pojené textilie našly uplatnění jako výztuhové vložky do límců sak či jako vložkový materiál pro kravaty, v kožené galanterii i v obuvnictví. [11]

#### *Nanášení pojiv*

Pojiva na povrch rouna mohou být nanášena impregnací, stříkáním použitím termoplastických vláken nebo pásků, je ale důležité stejnoměrné rozložení pojiva k dosažení dobrých mechanických vlastností. Pro stejnoměrný nános pojiva je většinou nutné použít velmi vysoký obsah pojiva, což má za následek nízkou prodyšnost, ohebnost, měkkost a splývavost. Řešením je nanášení pojiva ve vzorech či přerušovaně, aby došlo k propojení a zpevnění jen v určitých místech. Kromě použití tiskařského válce, které se příliš neuplatnilo, existuje i další metoda tiskem. Její princip spočívá v nanášení pojiva v drobných prstencových ploškách, jež jsou rozloženy po celé ploše na jednotlivá pole, podobně jako na šachovnici, avšak jednotlivá pole z dalších řad se překrývají. Takovéto uspořádání vazných bodů dovoluje jednotlivým vláknům v rouně vysokou volnost orientace při změně tvaru. Místo tisku je možné použít i vytlačování pojiva pomocí trysek umístěných na válci či ukládání práškového pojiva mezi rouno pomocí elektrostatického pole. [11]

### **Lisování za zvýšené teploty**

Pro zpevňování vláknenného rouna s obsahem pojiva (příměs vláken, vrstva pojiva, nános pojiva) je nutné vystavit celý vláknenný útvar vlivu zvýšené teploty a tlaku po určitou dobu. Teplota a doba působení se nastavuje podle druhu použitého pojiva. Pokud je použitý termoplast jako pojivo, je nutné pouze překročit teplotu měknutí v celém objemu vrstvy. Potřebná doba pro vyhřátí a lisování závisí tedy hlavně na bodu měknutí a tloušťce lisované textilie. Při použití kaučukových či termoreaktivních pojiv, kdy musí současně s propojením nastat i vulkanizace nebo kondenzace pojiva, je obvykle doba lisování delší. [11]

### **Stroje na lisování**

Pro lisování při výrobě pojených textilií byly používány stroje z gumárenského nebo plastikářského průmyslu. Byla snaha použít i úpravenské textilní stroje nebo papírenské stroje, ale téměř neúspěšně. Stroje pro lisování za zvýšené teploty lze rozdělit do dvou hlavních skupin: stroje na přetržité lisování a stroje na nepřetržité lisování.

#### *Stroje pro přetržité lisování*

Jako stroje na přetržité lisování se používají tzv. etážové lisy, které jsou běžné v gumárenském a plastikářském průmyslu. Jedná se o hydraulické lisy s vytápěnými deskami, které působí tlakem na zpevňované rouno. Výhodou u těchto zařízení může být i umožnění chlazení výlisku. Mají však velmi malou výkonnost, a proto si nenašly větší uplatnění. Pro výrobu plastických kůží bylo umožněno takové uspořádání, aby probíhala výroba v nekonečném pásu a lisování ve více vrstvách nad sebou. Mezi jednotlivými etážemi lisu jsou vodící pásy z tkaniny, které vedou vláknenné rouno k lisování. V první fázi se celý útvar předeřívá v sevřených plotnách lisu bez tlaku. Doba pro předeřívání musí být vhodně zvolena v závislosti na bodu měknutí pojiva, tloušťce vláknenné vrstvy a teplotě lisování. Ve druhé fázi následuje působení tlaku. Po lisování dojde k otevření lisu a posunu o délku lisované části a proces se opakuje. Aby nedošlo ke vzniku nevylisovaného místa, lisované části se musí překrývat. Tento způsob lisování se nazývá lisování po přítržích. Je umožněna výroba v pásech, ale má malý výkon v porovnání s válcovými lisami, menší stejnoměrnost lisování a mohou nastat i komplikace při obsluze zařízení či potíže s vodícími pásy. Je tedy vhodný pro zboží s velkou tloušťkou, které by se mohlo deformovat při lisování na kalandrech.



### *Stroje pro nepřetržité lisování*

Stroje na nepřetržité lisování je možné rozdělit na: kalandry gumárenské a plastikářské, rotační bubnové lisy, pánvové textilní lisy a úpravenské textilní lisy.

Gumárenské a plastikářské kalandry jsou určeny pro tažení fólií a nanášení adheziv na tkaniny. Dále se rozdělují na kalandry tříválcové a čtyřválcové. Čtyřválcové kalandry mají delší dráhu styku materiálu s vyhřívaným povrchem válců, a tudíž delší dobu působení tlaku a větší rychlost lisování, také přesnější dodržení tloušťky výrobku. Jednotlivé válce kalandrů mohou být různě uspořádány, a to buď vertikálně nad sebou nebo pod různými úhly k sobě. Úhlovým uspořádáním lze dosáhnout konstantnějších tlouštěk. Modernější kalandry mohou mít u vrchních válců zařízení umožňující našikmování, jímž se provádí korekce tzv. bombírování, což je vyrovnávání tloušťky středních a okrajových částí textilie. [11]

Princip pojení kalandrem spočívá v tom, že vlákenná vrstva probíhá štěrbinou mezi dvěma či více válci, které jsou vyhřívané (jeden nebo více). Dochází tak ke stlačení vlákenné vrstvy a tání pojiva. Vlivem působícího tlaku se pojivo formuje do tvaru pojících míst. Následuje ochlazení, čímž se pojivo zpevní, tudíž se zpevní i celé vlákenná vrstva.

Kalandry jsou tvořeny většinou dvěma ocelovými válci o průměru 150–300 mm. Jsou vyrobeny z tlustostěnných trubek z vysoce homogenní oceli, čímž je zajištěn rovnoměrný rozvod tepla po celém svém povrchu s odolností proti průhybu vlivem vloženého zatížení. Délka svěrné linie je obvykle 2 m. Kalandry bývají vytápěny olejem, přehřátou vodou či jinou kapalinou, která je uzavřena ve válci nebo může cirkulovat. Ohřev kapaliny je zajišťován elektrinou, parou, plynem či jiným způsobem. Vyhřívají se až na 250 °C, přítlak válců dosahuje až 300 kN/m a pracovní rychlost dosahuje až 150 m/min.

Kalandrem bývají obvykle pojeny vlákenné vrstvy o plošné hmotnosti 10–100 g/m<sup>2</sup>.

Válce kalandrů mohou být hladké či rastrované. Hladké válce pojí vlákennou vrstvu v celé ploše, rastrované pouze v pojících místech různých tvarů a rozměrů.

Parametry pro pojení kalandrem jsou: typ a koncentrace pojiva, teplota, tlak, rychlost postupu vlákenné vrstvy a plošná hmotnost vlákenné vrstvy.

Podle zvolených parametrů dochází k roztékání pojiva a tvorbě pojících míst. Vznikne tak aglomerační struktura s různým stupněm spojitosti částic pojiva.

Takto vyráběné textile mají malý objem a vysokou smykovou tuhost. Svými vlastnostmi se blíží papíru. Nižší množství pojivých míst zvyšuje splývavost, ohebnost, pevnost

v dalším trhání, prodyšnost a zlepšuje omak díky úsekům s volnými, neukotvenými a snadno pohyblivými základními vlákny.

Nejčastěji se tento způsob pojení využívá pro nemocniční textilie, hygienické zboží, filtry, čisticí textilie, různé textilie vyrobené pod tryskou atd. [2]

Rotační bubnové lisy se skládají vytápěného válce a přítlačného ocelového pásu, který svým hydraulickým napínáním udržuje materiál neustále pod tlakem a je lisován na válci vytápěném párou. Toto zařízení je vhodné pro vulkanizaci či želatinaci kaučukových směsí nebo směsí PVC. Je obvykle vytápěn parou na maximální teplotu 170 °C. Prostup tepla je sice intenzivnější než při lisování na kalandrech, ale při horších tlakových podmínkách a další nevýhodou je protékání pojiva na stranu přivrácenou k vyhřívané ploše bubnu. Vedení vlákenného útvaru obdobně jako na pánvovém lisu pomocí vodicích pásů nese své nevýhody. Pořizovací náklady jsou poměrně vysoké, dále menší tlak a menší rychlost jsou nevýhody tohoto zařízení. Tento způsob lisování je vhodný pro velmi tlusté vlákenné vrstvy, které nelze lisovat na kalandrech kvůli vznikajícím deformacím.

Pánvové lisy jsou úpravnické textilní stroje určené pro plynulé lisování textilií. Mohou být jednopánvové nebo dvoupánvové. Hlavními částmi jsou: pevný válec a jedna či dvě pánve k němu přistavitelné. Dutý, litinový, hladký válec má průměr 400–800 mm a vytápí se párou pod tlakem 3–5 atm. Pánev je také litinová, dutá a vytápěná párou. Výška je mírně nastavitelná. Rychlost zařízení se pohybuje okolo 4–15 m/min a tlak působící na vlákenný útvar je v rozmezí 2–20 MPa. U dvoupánvových lisů je doba působení tlaku o kousek delší a opásání válce je větší, tudíž je prodloužena dráha průchodu rouna lisem. Oproti kalandrům jsou pánvové lisy méně nákladné, ale i tak mají nějaké nevýhody. Hlavní z nich je vedení rouna pomocí nosných pásů, na kterých ulpívají částice pojiva a vláken, což v dalším cyklu lisování negativně ovlivňuje průběh lisování. Jelikož je dráha styku materiálu s vyhřívaným povrchem kratší a jsou méně vhodné tlakové podmínky, je tento způsob lisování pomalejší než lisování na kalandrech.

Úpravenské kalandry jsou určeny k úpravě textilu, papíru a plastických hmot. Liší se svojí funkcí a rozdělují se podle odvětví na: úpravenské textilní kalandry, hladicí stolice, desénovací kalandry papírenského průmyslu, kalandry k hlazení a desénování v plastikářském a gumárenském průmyslu. [11]

## **Aplikace přírodních vláken v netkaných kompozitech**

Rostlinná vlákna jako je juta, len, konopí atd. se v poslední době stále více používají jako výztuže v polymerních kompozitech. Vzhledem k nízké ceně a dobrým mechanickým vlastnostem jsou tato přírodní vlákna spolu s dobrými, obnovitelnými a biologicky odbouratelnými zdroji úspěšnou alternativou k nejběžnějšímu syntetickému vyztužení, tedy skleněným a uhlíkovým vláknům.

Hlavními nevýhodami těchto přírodních výztuží je jejich hydrofilita a nedostatečná přilnavost k většině běžných termoplastických matric. [1]

Hydrofilita však může být i výhodou, jelikož hydrofilní vlákna se zaplétají snadněji než vlákna hydrofobní kvůli vyšším odporovým silám, což je důležité pro technologii spunlace. [8]

Bavlna, juta, len, konopí a sisal jsou nejběžněji používaná vlákna a vhodnými matricovými polymery jsou polyolefiny, polystyren, epoxidové pryskyřice a nenasycené polyestery. Tyto kompozity se používají v automobilovém průmyslu a vyrábí se pomocí technologií tepelného lisování a tepelného tvarování.

Netkané kompozity mají lepší vlastnosti než tkané kompozity a příčně kladené netkané textilie jsou lepší ve srovnání s podélně kladenými s ohledem na jejich mechanickou pevnost ve strojním i příčném směru.

Skleněná výztužná vlákna se nahrazují jutovými netkanými textiliemi z nespřadatelných jutových vláken.

NT ze směsí konopí/polypropylen, kenaf/polypropylen, ramie/polypropylen se vyrábějí technologiemi mykání a vpichování a jsou tepelně spojeny za účelem vytvoření kompozitů, které se používají v interiérech automobilů.

Lněná a konopná vlákna a se mísí s polypropylenovými vlákny a anhydridem kyseliny maleinové a vyrábí se z nich vpichováním kompozitní struktury, které se poté lisují za tepla. Tyto kompozity vykazují dobré mechanické vlastnosti, dobré tahové vlastnosti a vysokou pevnost.

Tyto hybridní netkané kompozity z přírodních vláken se připravují smícháním syntetických vláken, která zajišťují vysokou kvalitu produktu. Smísením obou vlákněných složek a předvpichováním by mohlo být zajištěno proporcionální rozdělení a dobré smáčení výztužných vláken. [1]

## 2.7 Sorpční vlastnosti

V netkaných textiliích existují dva hlavní typy transportu kapaliny. Jedním z nich je absorpce kapaliny, která je řízena kapilárním tlakem v porézní textilií a kapalina je absorbována textilií prostřednictvím záporného gradientu kapilárního tlaku.

Dalším typem transportu kapaliny je nucené proudění, při kterém je kapalina hnána textilií vnějším tlakovým gradientem. Absorpce kapaliny, ke které dochází, když je jeden okraj textilie ponořen do kapaliny tak, že je absorbována primárně v rovině textilie, se nazývá vztlínání. Když textilie vstupuje do kapaliny, kapalina postupuje z jedné strany na druhou stranu textilie, označuje se to jako požadovaná absorpce nebo spontánní nasávání. [10]

### 2.7.1 Adsorpce a absorpce

Adsorpce je pohlcování látek mezi molekuly vlákna. Uplatňuje se v technologii impregnace a lisování za studena při pronikání změkčovadel (aviváže) do vlákna.

Absorpce se uplatňuje také v technologii impregnace, kde molekuly uprostřed vlákna jsou v rovnováze, ale molekuly na povrchu vláken jsou pouze v částečné rovnováze (v rovnováze jsou ty, co působí dovnitř). [11]

Schopnost netkané textilie zadržet kapalinu nebo kapacita absorpce kapaliny je definována v testovacích metodách INDA, EDANA a ISO. [10]

### 2.7.2 Hydrofilita a hydrofobita

Vše závisí na hydrofilitě<sup>10</sup> a hydrofobitě<sup>11</sup>. Přírodní vlákna bývají zpravidla hydrofilní, a i některá chemická obsahující hydrofilní skupiny. U hydrofobních svazků vláken se voda šíří vlivem kapilárních sil (resp. je mechanicky vázána na vzniklé praskliny a mikropóry). Tyto procesy jsou velmi důležité pro následující technologické operace, a to především pro zušlechťovací procesy, přípravu kompozitních struktur a procesy tvorby spojených netkaných textilií. [4]

---

<sup>10</sup> Hydrofilita = afinita k vodě, tj. schopnost vázat a transportovat vodu

<sup>11</sup> Hydrofobita = žádná afinita k vodě, tj. nemožnost vázat vodu a povrch je nesmáčivý

Procesy, které mohou nastat po obklopení vláken penetranty (= částice různého typu, např. vodní pára, voda, kapaliny, plyny a pevné částice):

- Difúze<sup>12</sup> penetrantů prostředím (vodou či vzduchem) k vláknu – rychlý proces, neovlivňuje kinetiku děje;
- Adsorpce na povrchu vlákna – může být fyzikální (nelokalizovaná) nebo chemická (lokalizovaná na vazná místa); penetranty pronikají do vláken až s vyšším množstvím penetrantu na povrchu;
- Difúze hmotou vlákna – transport penetrantů do vláken, např. barvení, navlhání; může docházet k zadržování penetrantů na specifických místech ve vláknech a vytvoření vazby s vláknem – vázané penetranty se neúčastní dalšího transportu;
- Desorpce<sup>13</sup> molekul penetrantu zpět do okolí či přenos penetrantu na druhou stranu, pokud vlákno tvořilo bariéru mezi dvěma prostředími. [4]
- Pokud je vlákno ve styku s kapalinou pouze v jednom místě (např. částečné ponoření, kapka kapaliny na povrchu), dochází ke smáčení. Smáčení se projevuje ustanovením rovnováhy mezi kapalinou a povrchem vlákna. U vlákenných svazků dochází ke kapilárnímu transportu póry mezi vlákny k tzv. vzlínání. [4]

### 2.7.3 Smáčení a vzlínání

Smáčení je schopnost materiálu transportovat a zadržet kapalinu ve vnitřní struktuře – u textilií v mezivláknenných prostorech. [13] Jedná se o rovnováhu energetických interakcí tří fází, tj. pevná látka, kapalina a plynná látka (okolní vzduch). [4] Smáčení se týká počátečního chování netkané textilie, po prvním kontaktu s kapalinou a zahrnuje vytěsnění rozhraní pevná látka–vzduch (pára) a rozhraní pevná látka–kapalina. [10]

Smáčivost ovlivňuje několik faktorů: tvar a morfologie vlákna, způsob zpevnění vlákenné vrstvy, úprava povrchu vlákenného materiálu, geometrické charakteristiky vláken, vnitřní struktura textilie (orientace vláken, koeficient objemového zaplnění, typ a distribuce pojiva) a také chemické složení a fyzikální charakteristiky kapaliny. [13]

Smáčivost jakékoli textilie obsahující jeden typ vlákna je stejná jako jednotlivých vláken, a tudíž smáčivost netkané textilie může být určena kontaktními úhly textilie–kapalina. [10]

Hodnocení interakce vody či jiných kapalin s vlákny je důležité pro přípravu kompozit, ale i pro praktické použití. Kromě sorpce dochází i k vázání kapalin pomocí kapilárních

---

<sup>12</sup> Difúze = pronikání molekul penetrantu do vláken

<sup>13</sup> Desorpce = transport penetrantu přes vlákna, např. odstranění potu

sil. Množství vody vázané kapilárně bývá zpravidla vyšší než množství vázané sorpcí ve vláknech. [4]

Kapilární tlaky řídí proces tzv. vzlínání, při kterém kapalina proniká samovolně do kapiláry.

Ke vzlínání ovšem dochází pouze tehdy, když je povrch kapiláry smáčen kapalinou. Tekutina proudí v pórovité struktuře textilie. [14]

Vzlínání závisí na energetických poměrech mezi třemi fázemi, ale i na geometrii vláknenného svazku. Kapaliny zaujímají tvar s minimálním povrchem, jelikož k převedení molekuly kapaliny z nitra na povrch je nutné vynaložit dostatečně velkou energii, aby překonala kohezní přitažlivé síly působící uvnitř kapky. [4]

#### 2.7.4 Povrchová energie a povrchové napětí

Pro zvětšení povrchu kapky o jednotku plochy by bylo nutné vynaložit práci  $A$  rovnou povrchové energii  $\gamma$  [ $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ], tj. energie na jednotku povrchu. Tato existence je svojí hodnotou rovna povrchovému napětí, které je definováno jako tečná síla působící v povrchu na úsek jednotlivé délky.

Rozdíl mezi vnějším a vnitřním tlakem  $\Delta p$  kulovité kapky o poloměru  $r$  je roven:

$$\Delta p = \frac{2\gamma}{r}$$

2.7.1

a nazývá se Laplaceův tlak, viz kapitola 2.7.6.

Pokud je kapka upuštěná na povrch vlákna vzniknou tři povrchové energie / povrchová napětí.

- $\gamma_{sl}$  = povrchové napětí na rozhraní pevné fáze a kapaliny
- $\gamma_{sv}$  = povrchové napětí na rozhraní pevné fáze a vzduchu
- $\gamma_{lv}$  = povrchové napětí na rozhraní kapaliny a vzduchu [4]

Povrchové napětí vyjadřuje pružnou vlastnost povrchové vrstvy a závisí na druhu kapaliny, na látce nad volným povrchem kapaliny a na teplotě kapaliny. Při nárůstu teploty kapaliny klesá povrchové napětí. [13]

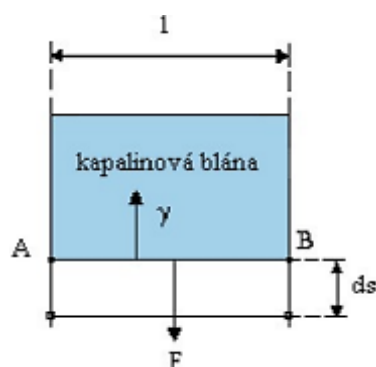
Kapalina v povrchové vrstvě má větší energii, než uvnitř. Tuto povrchovou vrstvu přirovnal Thomas Young v roce 1805 k pružné bláně. Pružná povrchová blána má tendenci stáhnout se na co nejmenší plochu a zaujmout kulový tvar. Její tloušťka je zhruba  $10^{-7}$  cm. [14]

Povrchové napětí bylo definováno díky Maxwellovu pokusu. [13]

Drátěný rámeček s pohyblivým raménkem je ponořen do mýdlového roztoku. Po vytažení z roztoku se v něm vytvoří tenká blána s povrchovými vrstvami po obou stranách. Aby se blána udržela v rovnováze je nutné působit silou  $F$  [N] na pohyblivé raménko o délce  $l$  [m]. Síla, která působí na jednotkovou délku raménka, se rovná povrchovému napětí  $\gamma$  [ $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ]. [14]

$$\gamma = \frac{F}{2l}$$

2.7.2



Obrázek 5 Maxwellův pokus – na pevný drátěný rámeček s pohyblivým raménkem  $AB$  o délce  $l$  působí délka  $F$ . [14]

Povrchové napětí  $\gamma$  je vektorová veličina a její velikost je rovna povrchové energii  $W$ . Aby došlo k posunutí pohyblivého raménka o vzdálenost  $ds$  ve směru působení síly  $F$ , musí se dodat práce  $A$ , která se dá vyjádřit jako:

$$A = F \cdot ds = 2 \cdot \gamma \cdot l \cdot ds$$

2.7.3

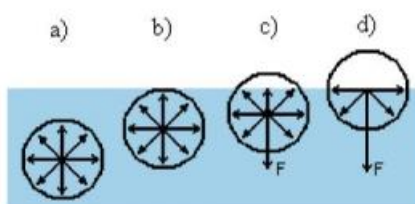
Práce  $A$ , která byla předána se přemění na energii vázanou na povrch kapaliny. Nově vytvořený povrch kapaliny má velikost  $2 \cdot l \cdot ds$ . Z čehož plyne, že povrchová energie  $W$  vykonaná na jednotku povrchu se rovná číselně povrchovému napětí kapaliny  $\gamma$ . [15]

Díky povrchovému napětí se může vodoměrka či jiné drobné předměty (např. listy) držet a pohybovat na vodní hladině. [14]

### 2.7.5 Kohezní síly a kohezní tlak

Kolem každé molekuly kapaliny působí silové pole, tzv. sféra molekulárního působení. Jedná se o kulovitou oblast, v jejímž ve středu leží molekula kapaliny. Poloměr silového pole je roven dosahu sekundárních sil mezi molekulami této kapaliny. Působením přitažlivých mezimolekulových sil, tzv. kohezních sil, vzniká na povrchu kapaliny tenká povrchová vrstva o tloušťce zhruba  $10^{-9}$  až  $10^{-8}$  m.

Vlivem kohezních sil je tlak na povrchu kapaliny menší a roste směrem do kapaliny. Maximálních hodnot narůstá ve vzdálenosti rovné poloměru sféry molekulárního působení, viz obr. 6 b. Celkový vzrůst tlaku se nazývá kohezní tlak. [13]



Obrázek 6 Výklad vzniku povrchového napětí: a) molekula je v klidu – dochází k vyrušení vodorovných i kolmých složek sil, b) vzdálenost molekuly od povrchu kapaliny je rovna poloměru sféry molekulárního působení – maximální hodnota kohezního tlaku, c) molekula se přibližuje k povrchu kapaliny – výslednice složek F směřuje do kapaliny, d) molekula leží na povrchu kapaliny – F dosahuje maximální hodnoty [13]

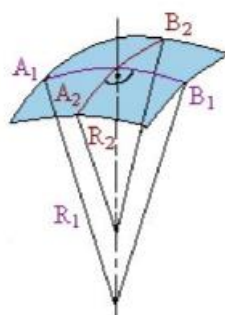
### 2.7.6 Kapilární (Laplaceův) tlak

Kapilární tlak  $p_k$ , též nazývaný jako Laplaceův tlak, vzniká vlivem povrchového napětí u zakřivených povrchů. [13] Se zakřiveným povrchem je možné se setkat například v úzkých trubicích, u stěn nádob či v mýdlových bublinách. [14]

Kapilární tlak lze vypočítat pomocí povrchového napětí  $\gamma$ . V každém zakřiveném tělese je možné v každém bodě vézt dva k sobě kolmé řezy. Na obrázku jsou řezy  $A_1B_1$  a  $A_2B_2$ , plocha má největší a nejmenší poloměr křivosti  $R_1$  a  $R_2$ . Pro tlaky způsobené zakřivením  $p_1$  a  $p_2$ , pak platí: [14]

$$p_{1,2} = \frac{\gamma}{R_{1,2}}$$

2.7.4



Obrázek 7 Určení kapilárního tlaku pod zakřiveným povrchem kapaliny – kolmé normálové řezy [13]

Kapilární tlak  $p_k$  je pak roven součtu těchto dílčích tlaků:

$$p_k = p_1 + p_2 = \frac{\gamma}{R_1} + \frac{\gamma}{R_2} = \gamma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

2.7.5



Vztah pro kapilární tlak volného povrchu tvaru kulového vrchlíku (koule):

$$p_k = \frac{2\gamma}{R}$$

2.7.6

Pokud je povrch kapaliny vypuklý kapilární tlak se přičítá ke koheznímu tlaku a při vydutém povrchu se odečítá, viz obr. 8 [13]



Obrázek 8 Působení zakřiveného povrchu kapaliny na její tvar – kapilární tlak: a) vypuklý (konvexní) povrch kapaliny vzhledem např. ke vzduchu, b) vydutý (konkávní) povrch kapaliny vzhledem např. ke vzduchu [13]

### 2.7.7 Youngova rovnice a kontaktní úhel

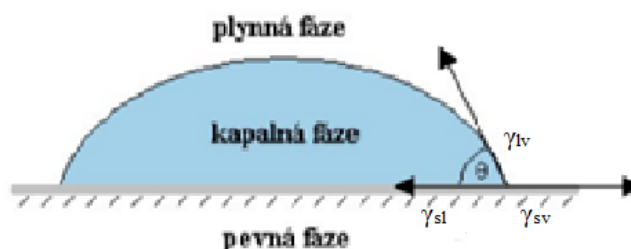
Youngova rovnice platí pro rovnováhu sil na fázových rozhraních a popisuje rovnováhu kapky (kapalina) na podložce (pevná látka). To ovšem platí pouze za předpokladu, že je povrch podložky zcela rovný, její tvar se během smáčení nemění a kapalina neproniká do povrchu pevné látky. Jakmile přestane docházet k pohybu hranice kapky, kapka se dostane do tzv. rovnovážného stavu, za předpokladu rovnováhy složek povrchových napětí  $\gamma_{lv}$ ,  $\gamma_{sl}$ ,  $\gamma_{sv}$  ležících v rovině podložky.

Youngova rovnice platí pro rovnováhu sil na fázových rozhraních. [13]

$$\gamma_{sv} = \gamma_{lv} \cdot \cos\theta + \gamma_{sl}$$

2.7.7

Kontaktní / smáčecí úhel je úhel mezi tečnou k povrchu kapaliny a rovinou podložky měřený v místě rozhraní plyn-kapalina-pevná látka, viz obr. 9. [13]



Obrázek 9 Vertikální řez procházející středem kapky ležící na pevné podložce [13]

Kapalina se stýká s pevnou látkou pod smáčecím úhlem  $\theta$ , pro který platí:

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{sv} - \gamma_{sl}}{\gamma_{lv}}$$

2.7.8

Hodnota úhlu smáčení určuje míru smáčení pevného povrchu kapalinou. Pokud je úhel  $\theta$  roven  $0^\circ$  dochází k úplnému/dokonalému smáčení, pro částečné smáčení je  $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$  a pro nesmáčení je  $\theta > 90^\circ$ . [13] U hydrofilních vláken je smáčecí úhel  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ , u hydrofobních vláken je smáčecí úhel  $\theta > 90^\circ$ . [4] Při hodnotě  $\theta = 180^\circ$  ke smáčení pevného povrchu vůbec nedochází. [13] Existují i tzv. superhydrofobní vlákna se smáčecím úhlem  $\theta > 150^\circ$ . [4]

### 2.7.8 Měření úhlu smáčení (kontaktní úhel)

Smáčení netkané textilie je mnohem složitější proces než smáčení vlákna, protože současně hrají roli další smáčecí mechanismy, jako je šíření, ponoření, adheze a kapilární pronikání. Jelikož netkané textilie mají obvykle porézní, heterogenní a anizotropní strukturu, je spolehlivost měření kontaktního úhlu diskutabilní, zvláště když je textilie hydrofilní. I když kontaktní úhel netkaných textilií je měřena buď goniometrem nebo jinými nepřímými metodami, neexistuje žádný standardní postup a vždy je obtížné získat spolehlivá měření. [10]

Kontaktní úhel se obvykle vyhodnocuje dvěma typy technik: přímým měřením kontaktního úhlu pozorováním nebo optickými technikami včetně goniometru a metodou přímého zobrazování přisedlé kapky: měření smáčecí síly včetně Wilhelmovy techniky a dalšími metodami. Tato konkrétní skupina metod měření neudává kontaktní úhel  $\theta$  přímo, ale obvykle vyžaduje buď měření síly nebo kompenzaci kapilární síly, aby ukázala  $\gamma \cos \theta$  (kdy  $\gamma$  je povrchové napětí kapaliny, které je třeba znát nebo určit nezávisle. Metody používané při testování smáčivosti jiných porézních materiálů mohou také poskytnout dobrou referenci. [10]

#### **Test plošného sacího bodu**

Metoda plošného sacího bodu je založena na modifikaci dvou existujících norem, BS3554 (1970) – Stanovení smáčivosti textilií a AATCC (17–2000) metoda – Nasákavost bělených textilií. „Bodovým“ testem se pokouší změřit nasákavost v rovině nebo schopnost kapky kapaliny rozšířit se po textilii. Při testu se kapička kapaliny, buď destilované vody, nebo u vysoce smáčitelných látek 50% cukerného roztoku, přivede z výšky přibližně 6 mm na plochu předem připravené netkané textilie.

Paprsek světla osvětluje látku a vytváří jasné odrazy od povrchu kapky, když se dotknou látky. Měří se čas, který uplyne mezi tím, co kapka dosáhne povrchu textilie a vymizení odrazu od povrchu kapaliny. Předpokládá se, že vymizení odrazu indikuje, že se kapalina rozšířila po povrchu textilie a namočila ji. Uplynulý čas se bere jako přímé měřítko smáčivosti textilie. Čím kratší doba, tím je látka smáčivější.

V některých případech je také zaznamenávána smáčená oblast textilie v okamžiku, kdy odraz ustane. Alternativním přístupem je nahrazení kapky nepřetržitým přívodem kapaliny dodávané kapilární trubicí nebo nasyceným textilním „knotem“ v kontaktu se zkušebním vzorkem a měřením rychlosti nárůstu průměru smáčené oblasti. U testu s jednou kapkou jsou výsledky závislé na místní (lokální) struktuře textilie, a proto měření podléhají výrazným odchylkám i v rámci jedné textilie. [10]

### 3 Experimentální část

#### 3.1 Výroba vzorků

K výrobě vzorků byl použit vlákenný polyester (PES), lýková vlákna konopí a bikomponentní vlákna (PES + coPES).

Konopná vlákna měla jemnost 8,8 tex, jak naměřil Soustružník ve své bakalářské práci. [21]

Polyesterová vlákna měla jemnost 6,7 dtex, délku 60 mm a bikomponentní vlákna (jádro – plášť) měla jemnost 2,2 dtex a délku 53 mm. Teplota tání bikomponentních vláken byla 110 °C.

##### 1. Navážka vlákenného materiálu

*Tabulka 3 Podíl vlákenných složek ve vzorcích*

Vzorek	Procentuální obsah PES vláken	Procentuální obsah konopných vláken	Procentuální obsah bikomponentních vláken (PES + coPES)
1A, 1B	60 %	20 %	20 %
2A, 2B	50 %	30 %	20 %
3A, 3B	40 %	40 %	20 %
4A, 4B	30 %	50 %	20 %
0A, 0B	80 %	0 %	20 %

##### 2. Mykání

Vzorky byly vyrobeny v poloprovoze Katedry netkaných textilií. Pro přípravu vlákenné vrstvy byly zvoleny technologie: mykání (na dvou různých válcových mykacích strojích) a příčné kladení (vertikální příčný kladeč).

Výsledná vlákenná vrstva byla vložena do etážového lisu, kde se vlákna za působení vysoké teploty a tlaku propojila na požadovanou tloušťku.



Obrázek 10 První mykání vlákenné vrstvy



Obrázek 11 Výstup z mykacího stroje



Obrázek 13 Druhý mykací stroj



Obrázek 12 Příčný kladeč

3. Lisování – na 10 mm (0A, 1A, 2A, 3A, 4A) a 20 mm (0B, 1B, 2B, 3B, 4B, 0B) –  
5 min, 110 °C, tlak 5 kN/s



Obrázek 14 Přičně kladené vláknenné vrstvy před lisováním



Obrázek 15 Etážový lis

4. Slisovaná textilie byla poté nastříhána na vzorky o velikosti 10×10 cm a vzorky byly označeny.

Tabulka 4 Označení vzorků

Označení vzorku	Podíl konopí	Lisování
0A	0 %	10 mm
0B	0 %	20 mm
1A	20 %	10 mm
1B	20 %	20 mm
2A	30 %	10 mm
2B	30 %	20 mm
3A	40 %	10 mm
3B	40 %	20 mm
4A	50 %	10 mm
4B	50 %	20 mm

Vzorky byly poté zváženy, byla změřena tloušťka vzorků a vypočtena průměrná plošná a objemová hmotnost.

## 3.2 Nasákavost

Nasákavost je důležitá vlastnost textilií podobná vzlínavosti a savosti. Nasákavost je schopnost textilie přijímat a vázat vodu po ponoření za určité teploty a po stanovenou dobu. Vyjadřuje se v procentech.

Zjišťuje se ponořovací zkouškou. Vzorek je vložen na dno průhledné nádoby s kapalinou a pevně stanovenou výškou vodní hladiny. Vzorek je rovnoměrně zatížen těžítkem. Po uplynutí předem stanovené doby je vzorek vyjmut a nechá se okapat po určitou dobu. Nasákavost je vypočtena podle vzorce z rozdílů hmotností suchého a mokrého vzorku. [16]

$$N = \frac{m_1 - m_0}{m_1} \cdot 10^2$$

3.2.1

N ... nasákavost textilie [%]

$m_0$  ... hmotnost suchého vzorku [g]

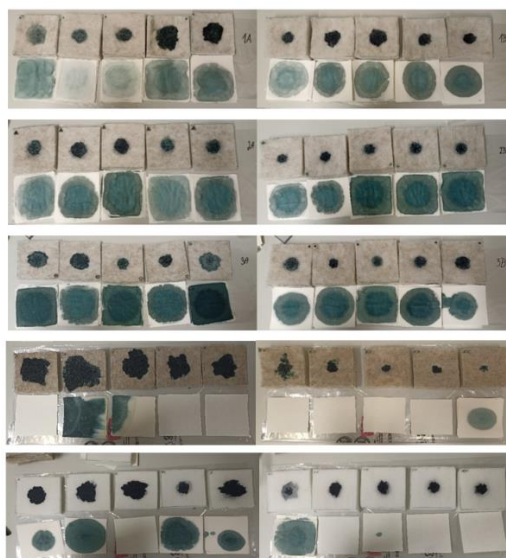
$m_1$  ... hmotnost mokrého okapaného vzorku [g] [16]

Nasákavost se měří převážně u knotů a papíru, ale i u jiných plošných textiliích. [17]

### Experiment č. 1 – Měření nasákavosti a distribuce kapaliny

Na vzorek bylo do středu nalito 20 ml vody obarvené inkoustem. Pod vzorkem bylo vloženo několik vrstev savého papíru.

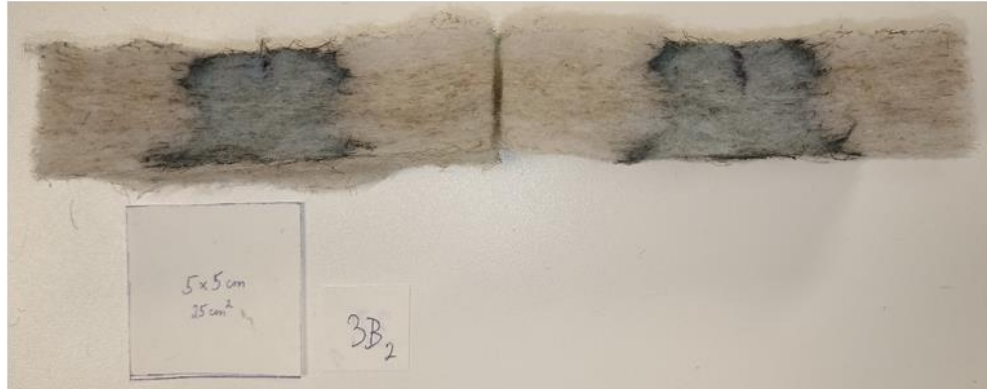
Byl zvážen suchý vzorek a suchý savý papír a po nalití tekutiny byl mokrý vzorek i mokrý papír znovu zvážen. Pomocí této metody bylo změřeno kolik tekutin do sebe vzorek nasákne a kolik kapaliny proteče. Pro každý vzorek bylo provedeno 5 měření.



Obrázek 16 Vzorky po nasáknutí 20 ml obarvené kapaliny

Po uschnutí byly vzorky nafoceny a pomocí programu NIS – Elements AR byla změřena plocha skvrny

Posléze byly vzorky rozstříženy a byla změřena i plocha skvrny v průřezu. Pro každý vzorek bylo provedeno 5 měření.



Obrázek 17 Vzorek v průřezu

### 3.3 Vzlínání

Kapilární tlaky řídí proces tzv. vzlínání, při kterém kapalina proniká samovolně do kapiláry.

Ke vzlínání ovšem dochází pouze tehdy, když je povrch kapiláry smáčen kapalinou. Tekutina proudí v pórovité struktuře textilie. [14]

Vzlínání závisí na energetických poměrech mezi třemi fázemi, ale i na geometrii vláknenného svazku. Kapaliny zaujímají tvar s minimálním povrchem, jelikož k převedení molekuly kapaliny z nitra na povrch je nutné vynaložit dostatečně velkou energii, aby překonala kohezní přitažlivé síly působící uvnitř kapky. [4]

Sací výška textilií je schopnost plošných textilií přijímat průřezem kapalinu vzlínáním (při dané teplotě a době). Vyjadřuje se v cm za 30 minut. Stanovuje se především u knotů a papírů. [16]

#### **Experiment č. 2 – Měření vzlínání**

Do nádoby byla nalito takové množství kapaliny, aby byl vzorek ponořen do poloviny jeho tloušťky po zatížení. Vzorek byl rovnoměrně zatížen závažím o hmotnosti 500 g po celé ploše vzorku po dobu 30 sekund. Mezi vzorek a závaží bylo vloženo několik vrstev svého papíru, který by zaznamenal vyvzlínání kapaliny skrz celou tloušťku vzorku. Po 30 sekundách bylo nutné vzorek nechat 60 sekund okapat až potom byl vzorek zvážen. Pro každý vzorek bylo provedeno 5 měření.



### 3.4 Navlhavost

Vlhkost vlákenného materiálu či útvaru závisí na relativní vlhkosti vzduchu (RH), který daný materiál obklopuje. Při nákupu textilního materiálu je důležité si dát pozor na obchodní váhu materiálu a zde nebyla přesažena dovolená vlhkostní přírážka [%]. Dovolená obchodní vlhkost je podobná jako vlhkost, kterou přijme materiál z ovzduší s 65% RH při teplotě 20 °C a udává se v procentech suché váhy<sup>14</sup>. [17]

Vlhkostní přírážka pro konopná vlákna je 12 % a pro polyesterová vlákna je 0,7 %. [16] Obsah vlhkost materiálu je možné zjistit dvěma metodami: konvenční metodou a kondicionováním. [17]

Při použití konvenční metody je předem zvážený vzorek vložen na 12–14 hodin do předepsané vlhkosti a potom je zvážen. Předepsaná relativní vlhkost vzduchu je 65 % ± 2 % a teplota 20 °C + 5 °C - 2 °C. Měření relativní vlhkosti vzduchu probíhá na přístrojích zvaných hygrometry (vlhkoměry) a psychrometry.

Měření RH vzduchu na hygrometrech spočívá ve změně délky vlasu při změně RH (zkracování při ubývající vlhkosti). Touto metodou nelze stanovit suchou váhu vzorku a je méně přesná. [17]

Kondicionování je přesnější metoda a probíhá v kondicionovačném přístroji, ve kterém se vzorek úplně vysuší (při 105° ± 2°C) do konstantní váhy. Rozdíl mezi dvěma posledními váženími po 10 minutách nesmí být větší než 0,05 %. Výsledek je udáván v procentech suché váhy. [17]

Skutečnou vlhkost vzorku lze vypočítat pomocí vzorce:

$$V = \frac{m_v - m_s}{m_s} \cdot 10^2$$

3.4.1

V ... skutečná vlhkost vzorku [%]

$m_v$  ... hmotnost vzorku před vysušením [g]

$m_s$  ... hmotnost vzorku po vysušení [g] [16]

#### **Experiment č. 3 – Měření navlhání**

Vzorky byly zváženy a posléze sušeny v sušárně při 105 °C ± 2 °C. Vzorky byly vysoušeny a průběžně váženy do doby, než byl rozdíl mezi posledními dvěma váženími po deseti minutách menší než 0,05 %, a to přibližně dvě hodiny.

---

<sup>14</sup> Suchá váha = hmotnost absolutně suchého materiálu, pouze sušina bez vlhkosti

Následovala příprava přesycených roztoků:  $\text{NaNO}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ . Bylo použito 30 g chemikálie na 100 ml vody. Roztoky byly nality do Petriho misky na dno třech různých exsikátorů a byla změřena relativní vlhkost v každém z nich.

Relativní vlhkost v exsikátoru s roztokem  $\text{NaNO}_2$  se pohybovala okolo 60 %, v exsikátoru s roztokem  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  okolo 80 % a ve třetím exsikátoru s roztokem  $\text{CaCl}_2$  okolo 40 %.



Obrázek 18 Vzorky v exsikátorech

Do exsikátorů byly vloženy vzorky a po 24 hodinách, 72 hodinách a 7 dnech byly znovu zváženy. [16]

Z těchto naměřených dat byla vypočítána relativní vlhkost vlákně vrstvy  $V$  [%] pomocí vzorce 3.4.1 z kapitoly 3.4.

### 3.5 Výsledky měření

V této kapitole jsou experimentálně naměřená data zpracována do grafů a tabulek.

Tloušťka vzorků byla měřena pomocí tloušťkoměru a poté byla aritmeticky zprůměrovaná, viz *Tabulka 5 Průměrná tloušťka vzorků*. Vzorky s označením A byly lisovány na etážovém lisu na 10 mm a vzorky s označením B na 20 mm.

Je zřejmé, že vlákna ve vzorcích po vytažení z lisu, kde na ně působila vysoká teplota a tlak, se částečně vrátila do původní tloušťky vlákenné vrstvy.

*Tabulka 5 Průměrná tloušťka vzorků*

Vzorek	Průměrná tloušťka [mm]
0A	13,24
0B	23,56
1A	15,73
1B	24,93
2A	12,93
2B	23,26
3A	12,85
3B	23,52
4A	11,91
4B	21,85

V tabulce níže jsou uvedeny průměrné hmotnosti vzorků o velikosti 10×10 cm, z níž byla vypočtena i průměrná plošná hmotnost, viz *Tabulka 6 Průměrná hmotnost vzorků a průměrná plošná hmotnost*.

Z tabulek níže je zřejmé, že vzorky 4A a 4B jsou nejtěžší, jelikož konopná vlákna jsou těžší než PES vlákna. Nejlehčí jsou vzorky 0A a 0B, jelikož neobsahují konopná vlákna, ale pouze PES vlákna, viz *Tabulka 7 Průměrná objemová hmotnost*.

*Tabulka 6 Průměrná hmotnost vzorků a průměrná plošná hmotnost*

Vzorek	Průměrná hmotnost [g]	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
0A	7,38	738,22
0B	7,66	765,56
1A	7,85	784,67
1B	7,83	782,78
2A	7,89	788,67
2B	7,74	773,78
3A	7,54	754,22
3B	7,80	780,44
4A	8,20	820,00
4B	8,55	855,11

*Tabulka 7 Průměrná objemová hmotnost*

Vzorek	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
0A	55,77
0B	32,49
1A	49,88
1B	31,40
2A	60,99
2B	33,26
3A	58,70
3B	33,19
4A	68,87
4B	39,13

### 3.5.1 Výsledky experimentu č. 1 – Měření nasákavosti a distribuce kapaliny

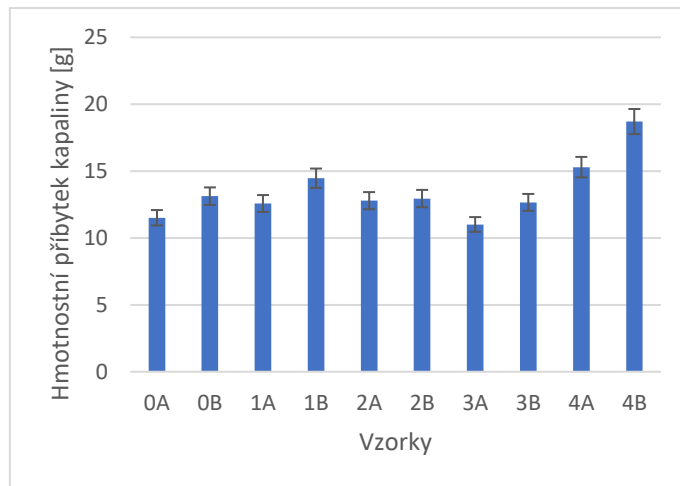
Z tabulky a grafů níže je patrné, že vzorky 0A, 0B, 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B nasákávaly a propouštěly tekutinu v téměř stejném množství, viz *Tabulka 8 Průměrný hmotnostní příbytek vody ve vzorku a papíru*, *Graf 2 Průměrný hmotnostní příbytek kapaliny ve vzorku*, *Graf 3 Průměrný hmotnostní příbytek vody v papíře*, *Graf 4 Podíl zachycené a propuštěné kapaliny*. Vyšší podíl konopných vláken byl zřejmý až u vzorků 4A a 4B, jelikož byl hmotnostní příbytek tekutiny do vzorku větší než u ostatních vzorků. Nejnižší hmotnostní příbytek tekutiny byl u vzorků 0A, 0B pouze z PES vláken.

Vliv na toto chování vzorků má především vysoká savost konopných vláken. [1]

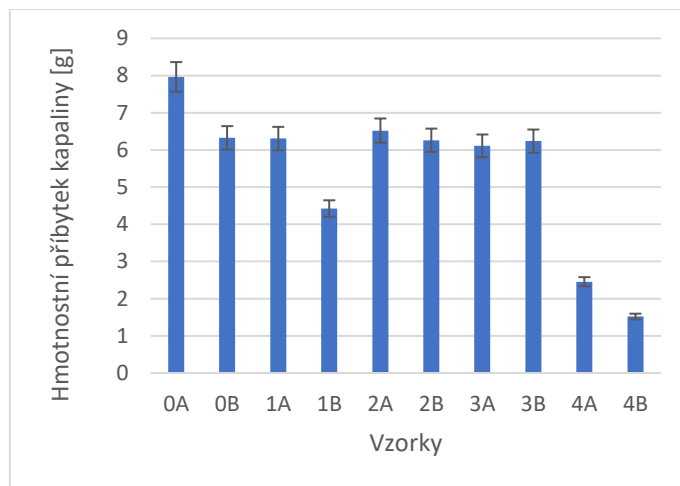
Vysoká nasákavost konopných vláken se pak využívá např. při sorpci oleje z mořské hladiny. [8]

*Tabulka 8 Průměrný hmotnostní příbytek vody ve vzorku a papíru*

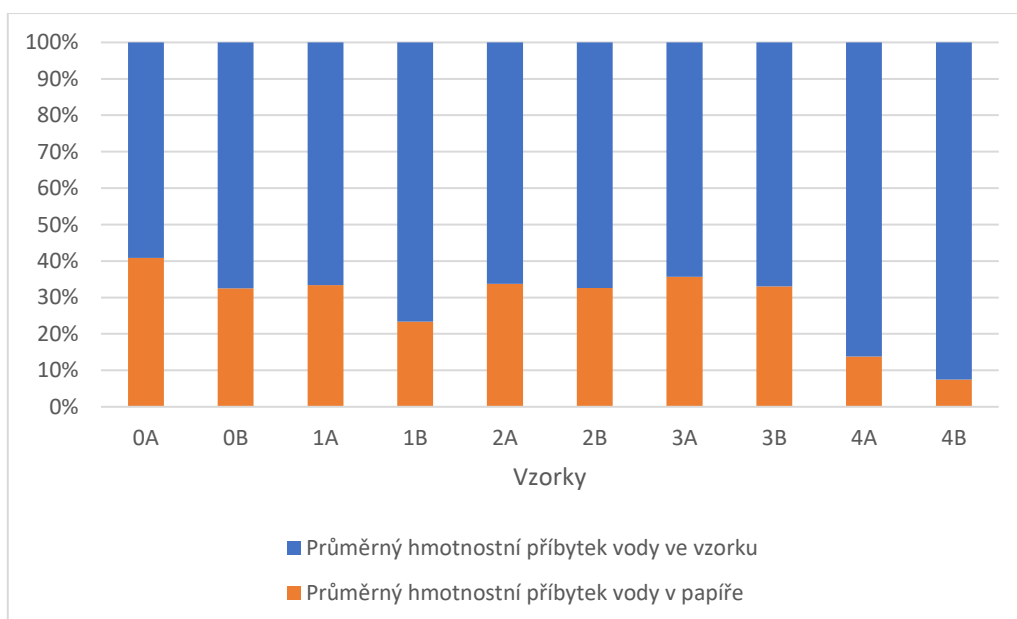
Vzorek	Průměrný hmotnostní příbytek vody ve vzorku [g]	Průměrný hmotnostní příbytek vody do papíru [g]
0A	11,51	7,96
0B	13,12	6,32
1A	12,58	6,31
1B	14,47	4,42
2A	12,79	6,52
2B	12,95	6,26
3A	11,01	6,11
3B	12,66	6,24
4A	15,30	2,46
4B	18,71	1,52



Graf 2 Průměrný hmotnostní příbytek kapaliny ve vzorku



Graf 3 Průměrný hmotnostní příbytek vody v papíře



Graf 4 Podíl zachycené a propuštěné kapaliny

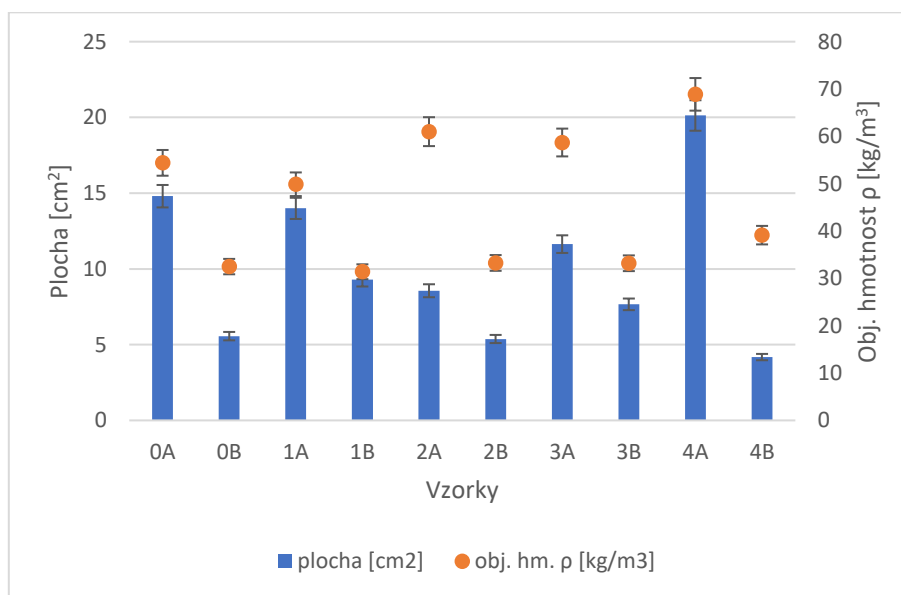
## Měření distribuce kapaliny po ploše vzorku

Na vzorcích byla měřena distribuce obarvené kapaliny po ploše vzorku. Z naměřených hodnot vyplývá, že menší plocha skvrny byla naměřena u vzorků s nižší objemovou hmotností (méně slisované s větší tloušťkou – 0B, 1B, 2B, 3B, 4B)

Největší plocha distribuované kapaliny byla naměřena u vzorku 4A (50 % konopí, slisována na 10 mm), viz *Tabulka 9 Plocha skvrny a objemová hmotnost vzorků* a *Graf 5 Plocha skvrny a objemová hmotnost vzorků*.

*Tabulka 9 Plocha skvrny a objemová hmotnost vzorků*

Vzorek	0A	0B	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
Plocha skvrny [cm <sup>2</sup> ]	14,80	5,56	14,00	9,30	8,56	5,37	11,64	7,66	20,13	4,18
Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	54,40	32,49	49,88	31,40	60,99	33,26	58,70	33,19	68,87	39,13



*Graf 5 Plocha skvrny a objemová hmotnost vzorků*

## Měření distribuce kapaliny v průřezu vzorku

Na vzorcích po důkladném usušení a rozstřížení byla měřena také distribuce obarvené kapaliny v průřezu vzorku. Z naměřených hodnot vyplývá, že menší plocha skvrny v průřezu byla naměřena u vzorků s nižší objemovou hmotností (méně slisované s větší tloušťkou – 0B, 1B, 2B, 3B)

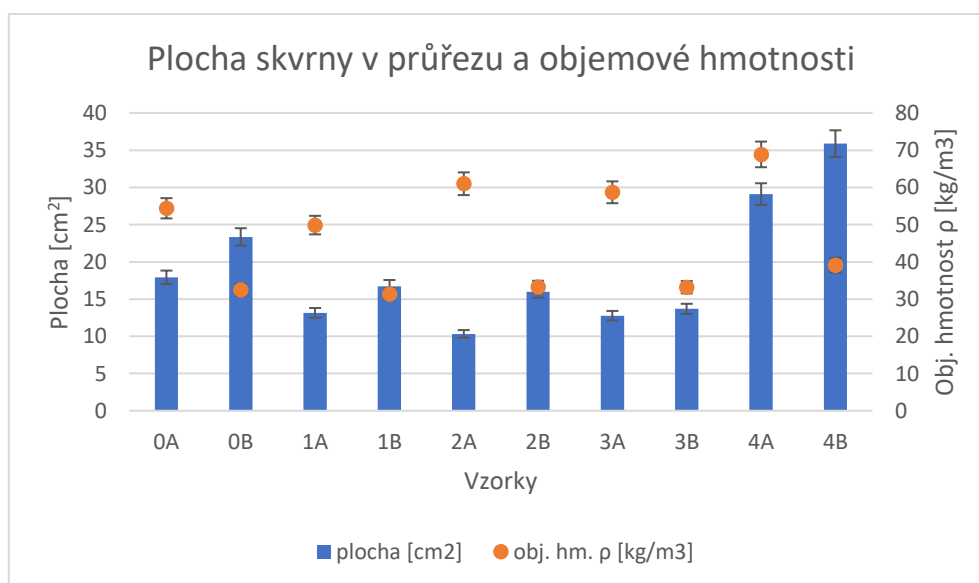
Největší plocha distribuované kapaliny byla naměřena u vzorku 4B (50 % konopí, slisována na 20 mm), viz *Tabulka 10 Plocha skvrny v průřezu a objemová hmotnost vzorků* a *Graf 6 Plocha skvrny v průřezu a objemové hmotnosti vzorků*.

Slisování má totiž vliv na zmenšení pórů mezi vlákny (porozita textilie), zvýšilo se tak i zaplnění textilie. Větší distribuci kapaliny způsobily kapilární síly, které jsou účinnější v menších mezivláknenných pórech.

Na distribuci kapaliny má vliv i podíl konopí, jelikož konopí má mnohonásobně vyšší absorpční schopnosti (nasákavost) než polyester. [8]

*Tabulka 10 Plocha skvrny v průřezu a objemová hmotnost vzorků*

Vzorek	0A	0B	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
Plocha skvrny v průřezu [cm <sup>2</sup> ]	17,93	23,35	13,15	16,73	10,33	15,99	12,77	13,68	29,10	35,88
Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	54,40	32,49	49,88	31,40	60,99	33,26	58,70	33,19	68,68	39,13



*Graf 6 Plocha skvrny v průřezu a objemové hmotnosti vzorků*



### 3.5.2 Výsledky experimentu č. 2 – Měření vzlínání

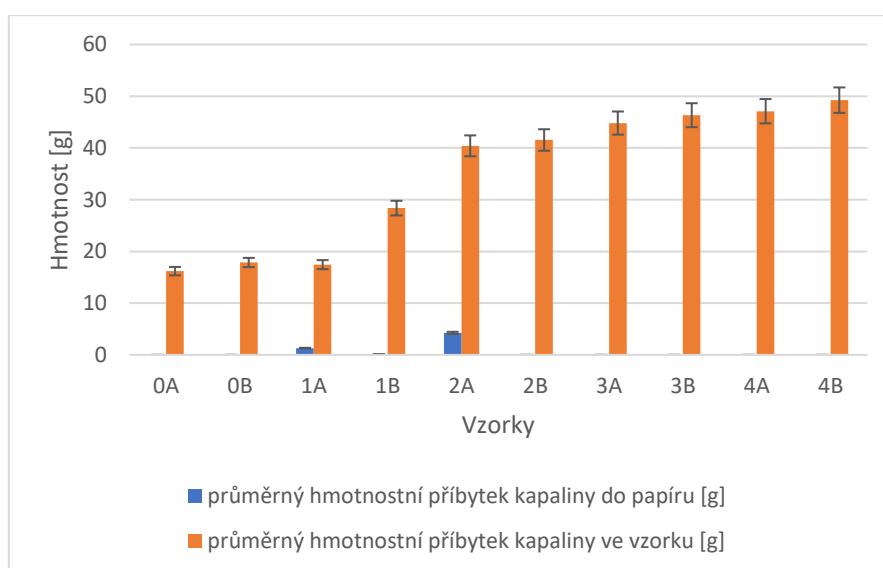
Kapalina nejvýše vyvzlínala u vzorku 3A, dokonce až do takové výšky, že prosákla přes celou tloušťku vzorku a byl namočen i papír nad ní. Kapalina prosákla i u vzorků 2A a 2B, ale v menším množství. U ostatních vzorků kapalina nevyvzlínala až k papíru.

Vzlínání kapaliny po zatížení roste s rostoucím podílem konopných vláken. Nejmenší je tedy u vzorků 0A a 0B (0 % konopí, pouze PES) a nejvyšší je u vzorků 4A a 4B, viz *Tabulka 11 Hmotnostní příbytek kapaliny ve vzorku a v papíře* a *Graf 7 Vzlínání kapaliny vzorkem*.

Na výšku vzlínání má vliv slisování vlákněné vrstvy (porozita a zaplnění textilie, kapilární síly), ale i obsah konopných vláken.

*Tabulka 11 Hmotnostní příbytek kapaliny ve vzorku a v papíře*

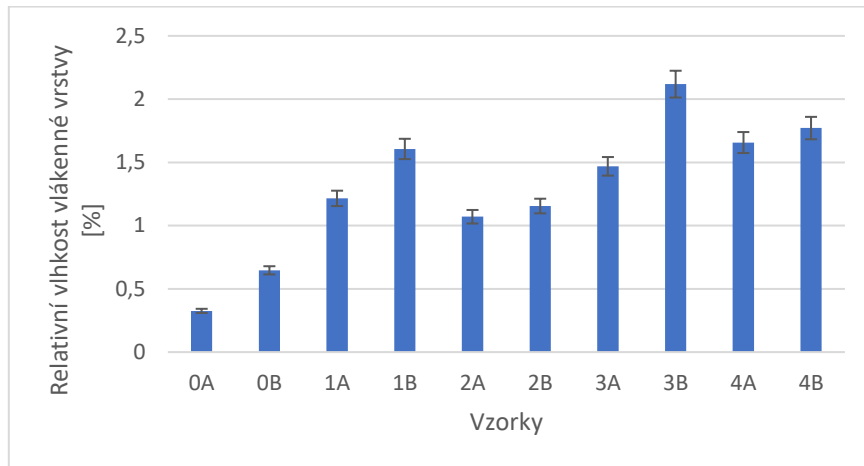
Vzorek	Hmotnostní příbytek kapaliny ve vzorku [g]	Hmotnostní příbytek kapaliny v papíře[g]
0A	16,19	0,00
0B	17,86	0,00
1A	17,45	0,00
1B	28,37	0,00
2A	40,41	1,30
2B	41,54	0,07
3A	44,81	4,25
3B	46,33	0,00
4A	47,10	0,00
4B	49,24	0,00



*Graf 7 Vzlínání kapaliny vzorkem*

### 3.5.3 Výsledky experimentu č. 3 – Měření navlhavosti

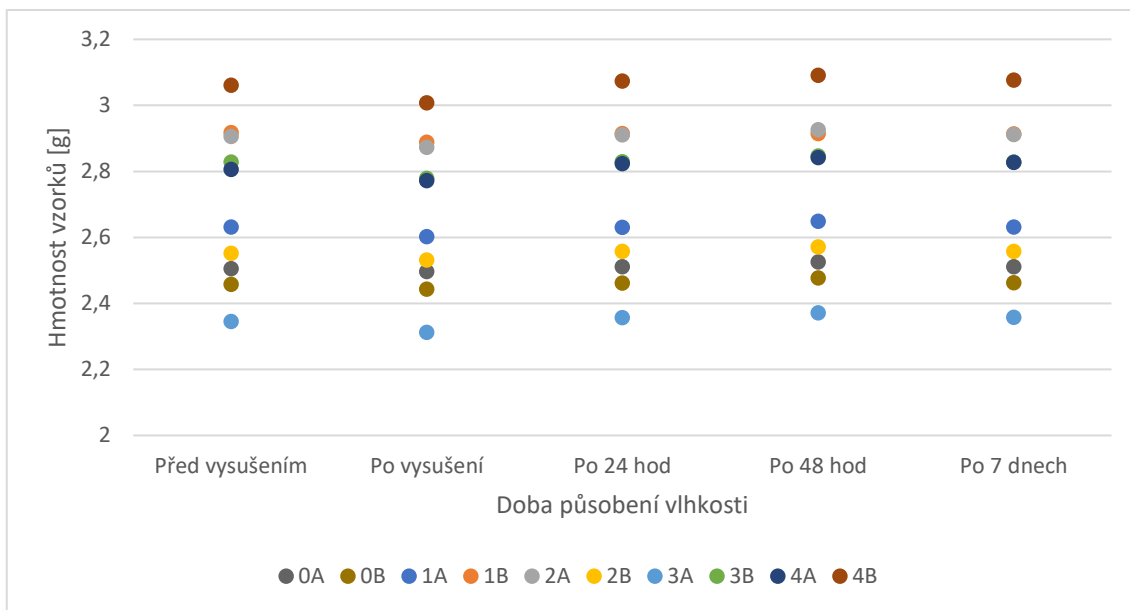
Vzorky byly před sušením zváženy a po úplném vysušení zváženy znovu. Z naměřených hmotností byla vypočtena relativní vlhkost vzorků. Z grafu níže je zřejmé, že nejvíce vlhkosti bylo ve vzorcích 1B, 3B, 4A a 4B, viz *Graf 8 Průměrná relativní vlhkost vlákněné vrstvy před vysušením*. Nejméně navlhle byly vzorky 0A a 0B. Mezi ostatními hodnotami lze pozorovat nepatrnou posloupnost. Větší relativní vlhkost vláken měly vzorky s vyšší tloušťkou (20 mm).



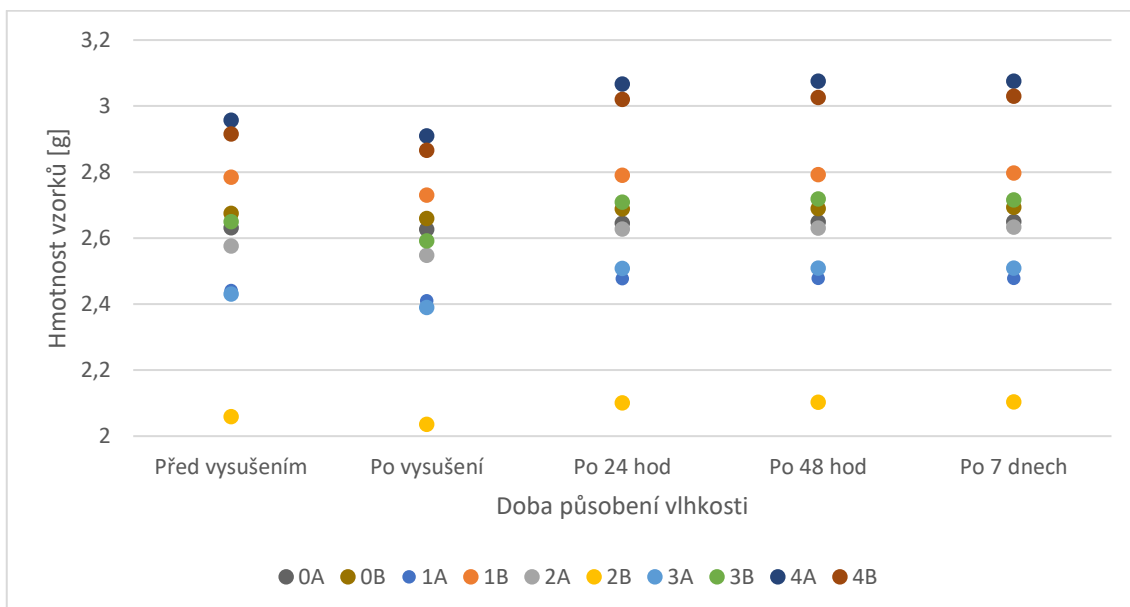
*Graf 8 Průměrná relativní vlhkost vlákněné vrstvy před vysušením*

Průběh navlhání (resp. změny hmotnosti vzorků) byl zaznamenán do grafů, viz *Graf 9 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 40%*, *Graf 10 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 60%*, *Graf 11 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 80%*. Nejvyšší relativní vlhkosti vlákněné vrstvy dosáhly vzorky po 48 hodinách v exsikátorech.

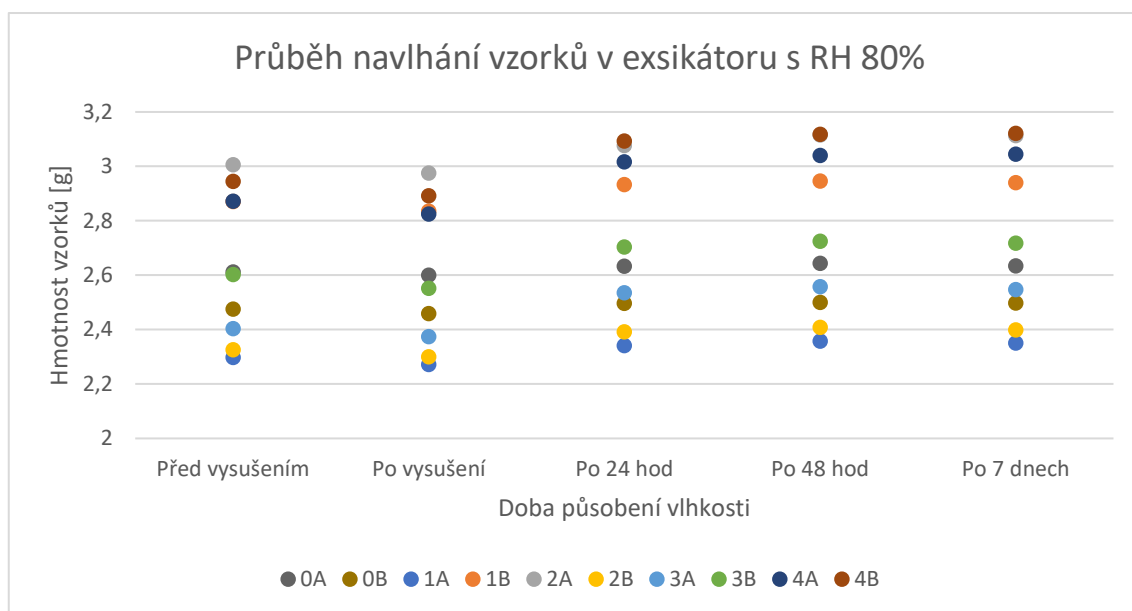
V důsledku otevírání exsikátorů, nepřesné metodě pro stanovení RH v exsikátorech a možných chybách při měření byly RH v exsikátorech proměnlivé, nejspíše proto se relativní vlhkost vlákněné vrstvy po sedmi dnech mírně snížila.



Graf 9 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 40%



Graf 10 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 60%



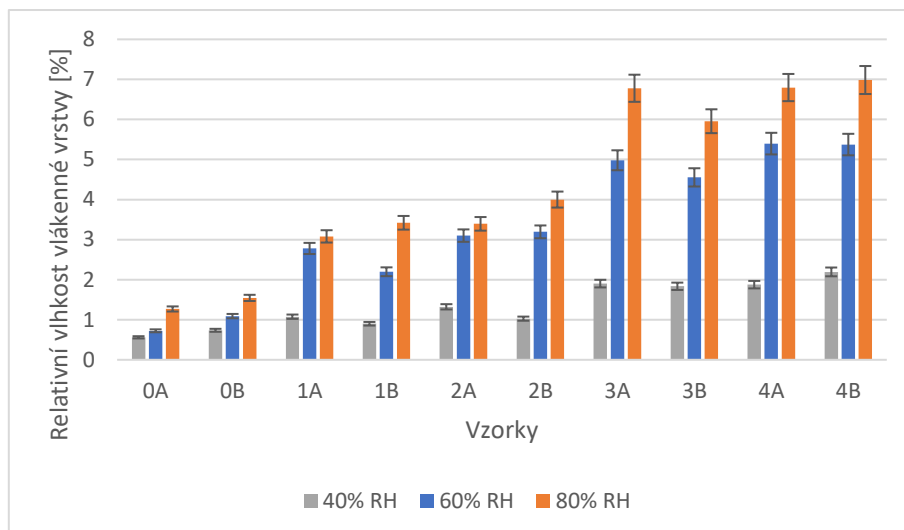
*Graf 11 Průběh navlhání vzorků v exsikátoru s RH 80%*

V grafech níže je zaznamenána vypočtená relativní vlhkost vzorků v exsikátorech se 40%, 60% a 80% RH po 24 hodinách, 48 hodinách a 7 dnech, viz *Graf 12 Relativní vlhkost vlákně vrstvy po 24 hodinách v RH 40%, 60%, 80%*, *Graf 13 Relativní vlhkost vlákně vrstvy po 48 hodinách v RH 40%, 60%, 80%*, *Graf 14 Relativní vlhkost vlákně vrstvy po 7 dnech v exsikátorech s RH 40%, 60%, 80%*.

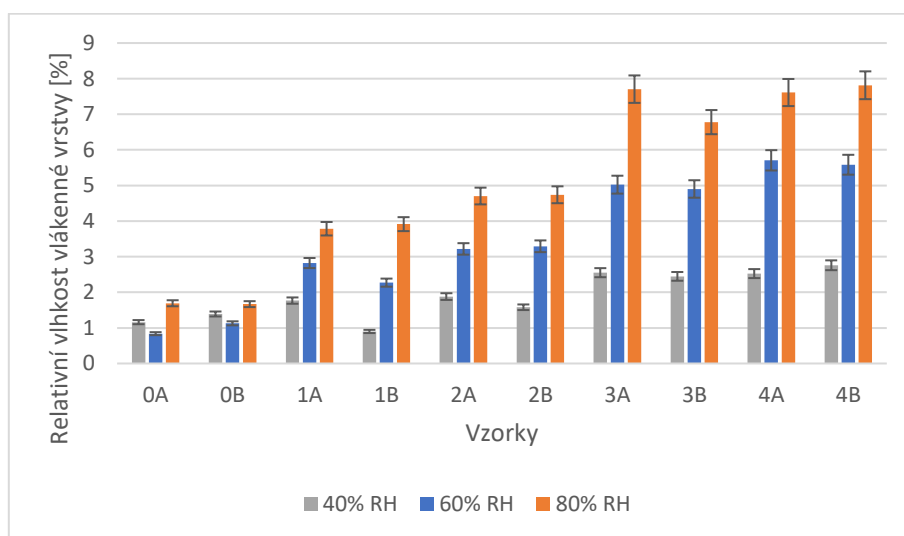
Nejvyšší relativní vlhkosti dosáhly vzorky v exsikátorech s 80% RH, nejnižší vzorky v exsikátorech se 60% RH.

Navlhání vzorků závisí především na obsahu konopných vláken. Konopná vlákna mají 12% navlhavost při 65% RH. Navlhavost polyesterových vláken je 0,3–0,4 %.[1]

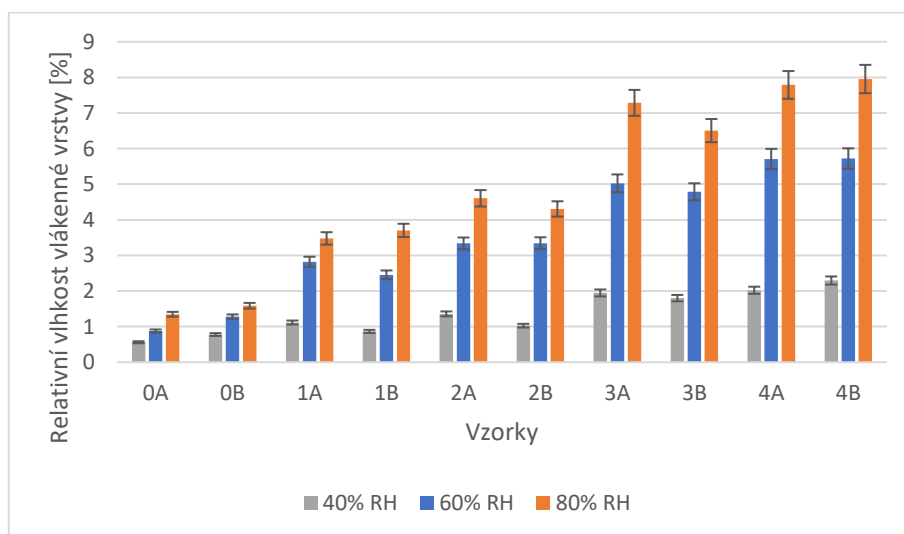
Čím je vyšší obsah konopí ve vzorcích, tím je vyšší i navlhavost vzorků. Nejvyšší relativní vlhkosti dosáhly vzorky 4A a 4B, nejnižší vzorky 0A a 0B.



Graf 12 Relativní vlhkost vlákněné vrstvy po 24 hodinách v RH 40%, 60%, 80%



Graf 13 Relativní vlhkost vlákněné vrstvy po 48 hodinách v RH 40%, 60%, 80%



Graf 14 Relativní vlhkost vlákněné vrstvy po 7 dnech v exsíkátorech s RH 40%, 60%, 80%

## 4 Závěr

V teoretické části práce byly popsány vlastnosti přírodních vláken, především konopných vláken a jejich zpracování, použití a pěstování. Dále zde byly představeny technologie vpichování a termického pojení lisováním. V závěru teoretické části jsou uvedeny základy sorpčních vlastností.

Cílem experimentální části práce bylo vyrobit vzorky termicky spojených vlákenných vrstev s různým podílem konopných lýkových vláken a porovnat je z hlediska sorpčních vlastností. Sledován byl vliv obsahu konopných vláken (0 %, 20 %, 30 %, 40 % a 50 %) a tloušťky vlákenné vrstvy (10 mm a 20 mm) na nasákavost, vzlínání a navlhavost vzorků. K výrobě vzorků byl použit vlákenný polyester, lýková konopná vlákna a bikomponentní vlákna (PES + coPES). Vlákenný materiál byl nejprve dvakrát mykán a poté byla vzniklá vlákenná vrstva lisována v etážovém lisu.

Experimentální část práce je zaměřena na měření sorpčních vlastností vzniklých vlákenných struktur. Měřila se převážně nasákavost, vzlínání a navlhavost.

Po vyhodnocení experimentu bylo zjištěno, že vzorky s vyšším obsahem konopných vláken vykazují vyšší nasákavost, vzlínání i navlhavost. Nejvyšších hodnot dosahovaly vzorky 4A, 4B s 50% podílem konopných vláken. Nejnižších hodnot dosahovaly vzorky 0A, 0B bez obsahu konopí, pouze z polyesterových vláken.

Předpokladem pro tyto výsledky byly již zmíněné sorpční vlastnosti jednotlivých vlákenných složek.

Podářilo se potvrdit předpoklad, že podíl konopných vláken v textilií má vliv na její sorpční vlastnosti.

Důležité je poznamenat, že sorpční vlastnosti textilií jsou ovlivněny mnoha faktory, jako například: struktura vláken, úprava textilie, objemová hmotnost a další. Konopná vlákna mohou být kombinována s jinými vlákny nebo použita samostatně, což může také ovlivnit sorpční vlastnosti.

Při zpracování bakalářské práce se vyskytly otázky či problémy, které by mohly inspirovat náměty dalších prací, např.:

- Využití jiného polymerního vlákna do směsi s konopím.
- Směs konopných vláken a PES vláken nepojit termicky, ale vpichováním.
- Použití vyššího obsahu konopných vláken.

## 5 Literatura

1. ELISE, Rembrandt, ed. Nonwoven fabric: manufacturing and applications. New York: Nova Science Publishers, [2020]. Materials science and technologies. ISBN 978-1-5361-7587-5.
2. JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. Netkané textilie. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-746-2.
3. CHAPMAN, Roger A. Applications of nonwovens in technical textiles. Boca Raton: CRC Press, 2010. Woodhead Publishing in textiles. ISBN 978-1-84569-437-1.
4. MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna: klasická a speciální. [2. vydání]. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
5. MRŠTINA, Václav a František FEJGL. Textilní technologie vpichování. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
6. OKÁL, Karol. Spracovanie lanu a konopí. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1962. Textilná a odevnícká literatúra.
7. DHONDT, Fieke a Subramanian Senthilkannan MUTHU. Hemp and sustainability. Singapore: Springer, [2021]. Sustainable textiles: production, processing, manufacturing & chemistry. ISBN 978-981-16-3333-1.
8. KARTHIK, T., R. RATHINAMOORTHY a C. Praba KARAN. Nonwovens: process, structure, properties and applications. New Delhi: Woodhead Publishing India Pvt, 2016. Woodhead Publishing India in textiles. ISBN 978-93-85059-12-4.
9. Příručka textilního odborníka. Sv. 1.. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
10. RUSSELL, S. J., ed. Handbook of nonwovens. Cambridge: Woodhead, 2007. Woodhead publishing in textiles. ISBN 978-1-85573-603-0.
11. KRČMA, Radko. Netkané textilie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. Řada textilní literatury.
12. Příručka textilního odborníka. Sv. 2.. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
13. PEŤKOVÁ, Gabriela a Eva KOŠŤÁKOVÁ. Smáčení netkaných textilií podporované aplikací ultrazvuku [online]. Technická Univerzita v Liberci, 2006. Dostupné také z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/7370>. Diplomová práce.

14. HRUŠKOVÁ, Miriam. Studium smáčení a vzlínání kapalin do vláknenných struktur [online]. Technická Univerzita v Liberci, 2016. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/24664>. Bakalářská práce.
15. CHALOUPEK, Jiří. Smáčení vláknenných útvarů [online]. Technická Univerzita v Liberci, 2007. Dostupné také z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/38934>. Disertační práce.
16. PECHÁČEK, František a Jaroslav JANKOVSKÝ. Zkoušení textilií. 3. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1980.
17. MYŠINSKÝ, Oldřich a František PECHÁČEK. Zkoušení textilií: učební text pro průmyslové školy textilní. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 1956. Učebnice odborných škol.
18. VÁŇA, Petr. Studium měření savosti netkaných textilií [online]. Technická Univerzita v Liberci, 2021. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/23979>. Bakalářská práce.
19. ZVELEBILOVÁ, Kateřina. BUDOUCNOST KONOPNÉHO BETONU V ČESKU ZÁVISÍ I NA SPOLEČNÉM ROZJEZDU PĚSTITELŮ A ZPRACOVATELŮ [online]. Material Times, 5. 5. 2016 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.materialtimes.com/tema/budoucnost-konopneho-betonu-v-cesku-zavisi-i-na-spolecnem-rozjezdu-pestitelu-a-zpracovatelu.html>
20. HANŽLOVÁ, Kateřina. Konopné vlákno a jeho využití v textilním průmyslu [online]. Technická Univerzita v Liberci, 2006 . Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/7887>. Bakalářská práce.
21. SOUSTRUŽNÍK, Jakub. Termicky spojené netkané textilie s konopnými vlákny [online]. Technická Univerzita v Liberci, 2022. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/166722>. Bakalářská práce.