

Nestejněměrnost vpichované netkané textilie

Bakalářská práce

Studijní program:

B3107 Textil

Studijní obor:

Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Autor práce:

Josef Semerák

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů





Zadání bakalářské práce

Nestejněměrnost vpichované netkané textilie

Jméno a příjmení: **Josef Semerák**
Osobní číslo: T18000223
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní technologie, materiály a nanomateriály
Zadávací katedra: Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou výroby vpichované netkané textilie. Vypracujte rešerši na dané téma. Zaměřte se především na hodnocení nestejněměrnosti textilií.
2. Navrhněte postup výroby vpichované netkané textilie. Připravte sérii vzorků.
3. Na vyrobených vzorcích měřte vlastnosti, tak aby se z nich dala stanovit nestejněměrnost vyrobených materiálů, jak po délce, tak po jejich šířce.
4. Diskutujte výsledky a navrhněte další postupy řešení daného problému.

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

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



Seznam odborné literatury:

1. Albrecht, W., Fuchs, H., Kittelmann, W.: Nonwovens Fabrics, Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN: 3-527-30406-1
2. Russel, S.J. [et al.] : Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla. Cambridge: CRC press ; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
3. Jirsák, O., Wadsworth, L.C.: Nonwoven Textiles, Carolina Academic Press, Durham, NC 1999, ISBN 0-89089-978-8

Vedoucí práce:

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

Datum zadání práce:

1. listopadu 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

28. května 2021

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

L.S.

Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2020

Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

6. května 2021

Josef Semerák

Poděkování

Děkuji panu Ing. Jiřímu Chaloupkovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a za věcné připomínky a odbornou pomoc.

Dále děkuji paní Ing. Kláře Masnicové za konzultace a věcné připomínky a odbornou pomoc a panu Bc. Filipu Sanetrníkovi za věcné připomínky a poskytnuté vybavení.

Dále děkuji všem, kteří mě ve studiu podporovali.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je zjištění případné nestejnoměrnosti vyrobené vpichované netkané textilie a sledování opakujících se trendů díky změřeným hodnotám vybraných vlastností.

V teoretické části této práce je popsána výroba netkaného textilu, dále nejčastěji používané materiály, kterými jsou polypropylen a v experimentu použitý polyester a základní funkce geotextilií.

Samotná realizace experimentu obnášela vyrobení a proměření vyrobených vzorků netkané textilie na průtok vzduchu, tloušťku a hmotnost.

Závěrem byly analyzovány výsledky měření s cílem určit korelaci mezi naměřenými hodnotami a pokusit se postihnout v jaké fázi výroby ke vzniku nestejnoměrnosti dochází.

Klíčová slova

Netkaný textil

Geotextilie

Prodyšnost

Nestejnoměrnost

Vpichování

Jehly

Jehelní deska

Vpichovaná textilie

Anotation

The aim of this bachelor thesis is to determine the possible irregularity of the produced needled nonwoven fabric and to monitor recurring trends due to the measured values of selected characteristics.

The theoretical part of this work describes the production of nonwovens, as well as the most commonly used materials, which are polypropylene and the polyester, used in the experiment, and the basic functions of geotextiles.

The actual implementation of the experiment involved the production and measurement of produced samples of nonwoven fabric for air flow, thickness and weight.

Finally, the measurement results were analysed in order to determine the correlation between the measured values and to try to capture at what stage of production the occurrence of irregularity is formed.

Keywords

Nonwovens fabrics

Geotextile

Breathability

Irregularity

Needle-punched

Needles

Needle board

Needled fabric

Obsah

1	ÚVOD	15
2	TEORETICKÁ ČÁST	16
2.1.	NETKANÝ TEXTIL	16
2.1.1.	Základní pojmy	16
2.1.2.	Technologie výroby	18
2.1.3.	Vhodné materiály	19
2.1.3.1.	Polypropylenová vlákna	19
2.1.3.2.	Polyesterová vlákna	20
2.1.4.	Mechanická výroba vláknenné vrstvy	21
2.1.4.1.	Mykání	21
2.1.5.	Mechanické zpevňování vláknenné vrstvy	24
2.1.5.1.	Vpichování	24
2.1.6.	Aplikace	27
2.2.	GEOTEXILIE	27
2.2.1.	Funkce	29
2.2.2.	Vlastnosti	33
2.2.3.	Aplikace	35
2.3.	NESTEJNOMĚRNOST	36
2.3.1.	Měření nestejnoměrnosti	37
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	39
3.1.	VÝROBA VZORKŮ	39
3.1.1.	Použitý materiál	40
3.1.2.	Použité vpichovací jehly	41
3.2.	METODY MĚŘENÍ	42
3.2.1.	Měření prodyšnosti	42
3.2.2.	Měření tloušťky	43
3.2.3.	Měření hmotnosti	43
3.3.	VÝSLEDKY	44
3.3.1.	Výsledné hodnoty prodyšnosti	44
3.3.1.1.	Prodyšnost_MD	45
3.3.1.2.	Prodyšnost_CD	48
3.3.2.	Výsledné hodnoty tloušťky	50
3.3.2.1.	Tloušťka_MD	51
3.3.2.2.	Tloušťka_CD	54
3.3.3.	Výsledné hodnoty hmotnosti	56

3.3.3.1. Hmotnost	57
3.3.4. Korelace prodyšnosti_MD a plošné hmotnosti	60
3.4. DISKUZE K VÝSLEDKŮM	63
4 ZÁVĚR	65
Seznam literatury	66
Přílohy.....	68

Seznam obrázků

Obrázek 1: Shrnutí jemností délkových textilií v soustavě tex	17
Obrázek 2: Rozdělení netkaných textilií podle technologií výroby	18
Obrázek 3: Koordinačně stereospecifické polymerace propylénu	19
Obrázek 4: Kyselina tereftalová a ethylénglykol	20
Obrázek 5: Hlavní uzel na válcovém mykacím stroji	21
Obrázek 6: Postavení pracovních povlaků mykacího stroje.....	22
Obrázek 7: Podélné kladecí zařízení	22
Obrázek 8: Vertikální kladecí zařízení	23
Obrázek 9: Horizontální kladecí zařízení	23
Obrázek 10: Schéma vpichovacího stroje	24
Obrázek 11: Souvislosti hlavních parametrů vpichované textilie	25
Obrázek 12: Znázornění vpichovací jehly.....	26
Obrázek 13: Separační funkce geotextilie.....	30
Obrázek 14: Drenážní funkce geotextilie.....	30
Obrázek 15: Filtrační funkce geotextilie	31
Obrázek 16: Výztužná funkce geotextilie	32
Obrázek 17: Ochranná funkce geotextilie.....	33
Obrázek 18: Sčesávací pilka.....	39
Obrázek 19: Tvorba překladů pomocí vertikálního příčného kladeče	40
Obrázek 20: Znázornění rozdělení stran a směru výroby.....	41
Obrázek 21: Použité vpichovací jehly.....	41
Obrázek 22: Základní rozměření pro jeden délkový metr.....	42
Obrázek 23: Měření prodyšnosti na přístroj SDL MO21A Atlas.....	43
Obrázek 24: Detail testovací hlavy přístroje SDL MO21A Atlas.....	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Prodyšnost – A (MD)	45
Tabulka 2: Prodyšnost – B (MD)	46
Tabulka 3: Prodyšnost – C (MD)	47
Tabulka 4: Prodyšnost – (CD) – Levá strana	49
Tabulka 5: Prodyšnost – (CD) – Pravá strana	50
Tabulka 6: Tloušťka – A (MD)	51
Tabulka 7: Tloušťka – B (MD)	52
Tabulka 8: Tloušťka – C (MD)	53
Tabulka 9: Tloušťky – (CD) – Levá strana	55
Tabulka 10: Tloušťky – (CD) – Pravá strana	56
Tabulka 11: Ukázka výchozích dat z materiálu A.....	56
Tabulka 12: Hmotnost – A	57
Tabulka 13: Hmotnost – B	58
Tabulka 14: Hmotnost – C	59
Tabulka 15: Aritmetické průměry propustnosti vzduchu a plošné hmotnosti.....	60
Tabulka 16: Statistické výpočty pro plošné hmotnosti.....	62
Tabulka 17: Naměřená data prodyšnosti_MD_CD (celkové).....	68
Tabulka 18: Naměřená data tloušťky_MD_CD (celkové)	70
Tabulka 19: Naměřená data hmotnosti (celkové).....	72

Seznam grafů

Graf 1: Hodnoty prodyšnosti – A (MD) – Celkové.....	45
Graf 2: Hodnoty prodyšnosti – B (MD) – Celkové.....	46
Graf 3: Hodnoty prodyšnost – C (MD) – Celkové.....	47
Graf 4: Hodnoty prodyšnost – A (CD) – Aritmetické průměry	48
Graf 5: Hodnoty prodyšnost – B (CD) – Aritmetické průměry.....	48
Graf 6: Hodnoty prodyšnost – C (CD) – Aritmetické průměry.....	49
Graf 7: Hodnoty prodyšnost – A (MD) – Celkové.....	51
Graf 8: Hodnoty prodyšnost – B (MD) – Celkové	52
Graf 9: Hodnoty prodyšnost – C (MD) – Celkové.....	53
Graf 10: Hodnoty tloušťky – A (CD) – Aritmetické průměry	54
Graf 11: Hodnoty tloušťky – B (CD) – Aritmetické průměry.....	54
Graf 12: Hodnoty tloušťky – C (CD) – Aritmetické průměry.....	55
Graf 13: Hodnoty hmotnosti Materiál – A – Celkové.....	57
Graf 14: Hodnoty hmotnosti Materiál – B – Celkové	58
Graf 15: Hodnoty hmotnosti Materiál – C – Celkové	59
Graf 16: Materiál – A (MD) – Prodyšnost vs. hmotnost.....	61
Graf 17: Materiál – B (MD) – Prodyšnost vs. hmotnost.....	61
Graf 18: Materiál – C (MD) – Prodyšnost vs. hmotnost.....	62

Seznam použitých zkratek

CD	cross direction
ČSN	česká státní norma
EN	evropská norma
ISO	international organization for standardization
MD	machine direction
PES	polyester
PP	polypropylen

Seznam použitých symbolů

cN/dtex	centinewton na decitex	m	metr
cm	centimetr	m ²	metr na druhou
cm ²	centimetr na druhou	mm	milimetr
dtex	decitex	m.min ⁻¹	metr za minutu
g	gram	mm.s ⁻¹	milimetr za sekundu
g.m ⁻²	gram na metr čtvereční	m.s ⁻¹	metr za sekundu
g.m ⁻³	gram na metr krychlový	mtex	militex
kg	kilogram	s	sekunda
ktex	kilotex	μm	mikrometr
l	litr	°C	stupeň celsia
l.m ⁻² .s ⁻²	litr na plochu za čas	%	procenta
l.min ⁻¹	litr za minutu		

1 ÚVOD

Netkané textilie se vyznačují širokou škálou svých vlastností, které je možno využít v průmyslu i běžném životě. Vlastnosti a struktura finálního produktu se liší podle materiálu a použité výrobní technologie, které se určují dle koncového uplatnění netkané textilie. Mezi základní sledované vlastnosti patří například pevnost, tažnost, propustnost kapalin a vzduchu, plošná a oběmová hmotnost. [1][2]

Teoretická část této bakalářské práce je věnována výrobě a aplikacím netkaných textilií a to zejména geotextiliím, které tvoří jejich podskupinu. Zaměřuji se především na technologii přípravy vlákněné vrstvy pomocí technologie mykání a zpevňování vlákněné vrstvy pomocí technologie vpichování a dále na téma nestejnomyšnosti netkaných textilií. Každý textilní útvar, netkané textilie nevyjímaje musí být nutně co nejvíce stejnoměrný, v opačném případě by docházelo k nestejnomyšnosti a k nežádoucí variabilitě jeho vlastností.

Vpichovací linky v průmyslové výrobě disponují měřicím zařízením, které automaticky vyhodnocuje materiálové parametry v celém výrobním procesu. Automatické měření zahrnuje například sledování plošné hmotnosti, tloušťky, nebo jiných parametrů vyráběných materiálů. Na základě stanovených limitů odchylky pro každý parametr se data automaticky vyhodnocují pro korekci technologických parametrů stroje a k označení vadných úseků. Dá se tak snadno vyhodnocovat stejnoměrnost již v průběhu výroby.

Cílem experimentální části je postihnout případnou nestejnomyšnost a korelaci vlastností vyrobené vpichované netkané textilie a nahradit tak automatické měřicí zařízení. K testování použité materiály budou vyrobeny na vpichovací lince v laboratoři poloprovozu KNT FT TUL. Měřena a vyhodnocena budou data prodyšnosti, tloušťky a hmotnosti, protože existuje předpoklad, že mezi těmito vlastnostmi existují vzájemné korelace.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1. NETKANÝ TEXTIL

Historie výroby netkaného textilu sahá až do prehistorie, kdy pravděpodobně prvním doloženým postupem výroby plošných textilií bylo tzv. plstění, kdy vzájemným působením tepla, vody, chemikálií a mechanických vlivů na plstitelné zvířecí srsti vznikala první netkaná textilie té doby. V 19. století vedl silící tlak na možnost zpracování technologických odpadů (10 – 20% ze vstupujících surovin) z textilních provozů k rozvoji technologií vhodných k výrobě netkaného textilu a to zejména k technologii vpichování, která zpracování technologických odpadů umožňuje. [1][2]

Ve 30. až 50. letech 20. století docházelo k rozvoji nových technologií pro výrobu netkaného textilu a to z důvodu samotné náročnosti výroby příze a následně plošných textilií technologiemi tkaní a pletení. Tyto nové technologie umožňovali přímou výrobu vláknenné vrstvy a její následné mechanické a termické pojení či pojení pomocí adheziv. [1]

V současnosti a to zejména od 60. let minulého století je hnací silou výroby netkaného textilu potřeba tvorby nových produktů, u kterých není možnost dosažení požadovaných vlastností žádnou alternativní technologií. S tím souvisí i potřeba vývoje potřebných strojních zařízení, která tento celý proces umožňují. [1]

2.1.1. Základní pojmy

Vlákno

Vlákno je základní stavební jednotka všech textilií a vyznačuje se svou ohebností a tloušťkou pod 100 μm a jemností [dtex]. Jedná se o lineární a látkově homogenní textilní útvar, který může být různého původu, profilu i délky. [2][3]

Dělení dle délky: [2][3]

- Spřadatelná (staplové vlákno o délce 20 – 150 mm)
- Nespřadatelná (kratší než 10 mm)
- Nekonečná

Pavučina

Tenká plošná textilie, která je složena z ojednocených vláken a je vytvořená na mykacím stroji. Vrstvením pavučin se vytváří rouno jakožto předloha pro výrobu netkaného textilu. [3]

Rouno

Plošná textilie tvořená z chomáčků i jednotlivých vláken, které jsou spojeny vzájemnou soudržností. [3]

Netkaná textilie

Netkaná textilie je plošný textilní útvar, který je definován jako 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. Ovšem vzhledem k popisu definice je třeba brát v úvahu neustálý vývoj v této oblasti a definice jako taková se tedy může v čase měnit. [1][4]

Jemnost

Vztah mezi hmotností a délkou lineárních textilií je nejčastěji udáván v jednotkách [tex], ale i v jejich násobcích [ktex] anebo podílech [dtex] a [mtex]. Jemnost se vyjadřuje pomocí tohoto vzorce

$$T[\text{tex}] = \frac{m[\text{g}]}{l[1\text{km}]} = \frac{m[\text{g}]}{l[\text{m}]} \cdot 1000 \quad (1)$$

kde **T** je jemnost [tex], **m** je hmotnost [g] a **l** je délka lineární textilie [1km]. Vzorec tedy udává, kolik gramů váží jeden kilometr délkové textilie. [3]

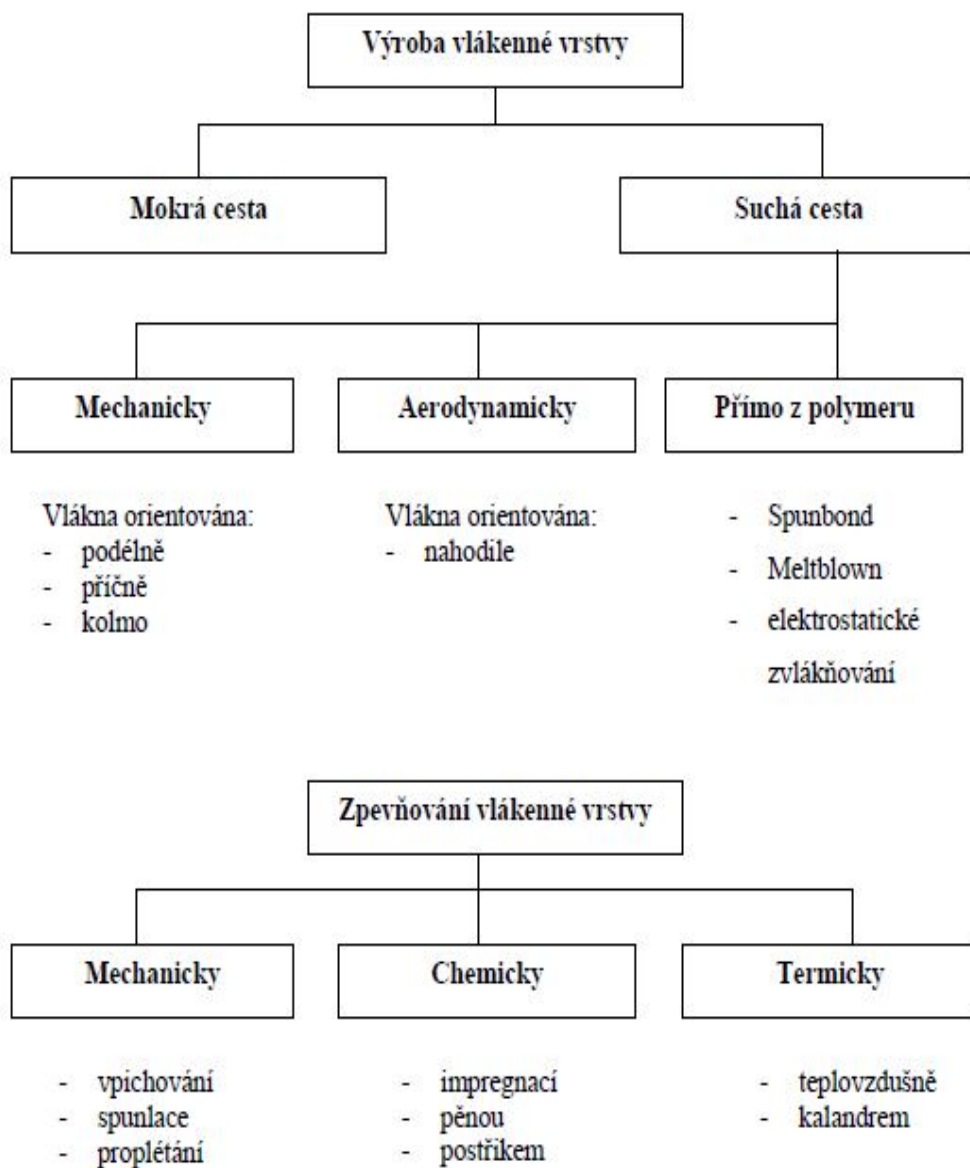
Název jednotky	Značka	Rozměr	Použití
kilotex	ktex	$\text{kg} \cdot \text{km}^{-1}$ $\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$	kabely, prameny, rouna
tex	tex	$\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	příze, přásty
decitex	dtex	$0,1\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	vlákna, hedvábí, kabílky, pásky
millitex	mtex	$\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$	vlákna

Obrázek 1: Shrnutí jemností délkových textilií v soustavě tex [3]

2.1.2. Technologie výroby

Technologie výroby netkaného textilu je zásadně odlišná od výroby ostatních plošných textilií, pletenin a tkanin, pro ně je třeba vstupního materiálu v podobě osnovních a útkových nití. U netkaného textilu se plošný útvar vyrábí z vláknenné vrstvy. [2][3]

Samotná tvorba vláknenné vrstvy se dělí do několika základních skupin. Příprava vláknenných surovin a následná výroba vláknenné vrstvy. Dále dochází ke zpevnění vláknenné vrstvy a popř. k zušlechťování a k ořezání okrajů výrobku. V praxi mohou být některé operace vynechány, nebo sdruženy do jedné. [2][3]



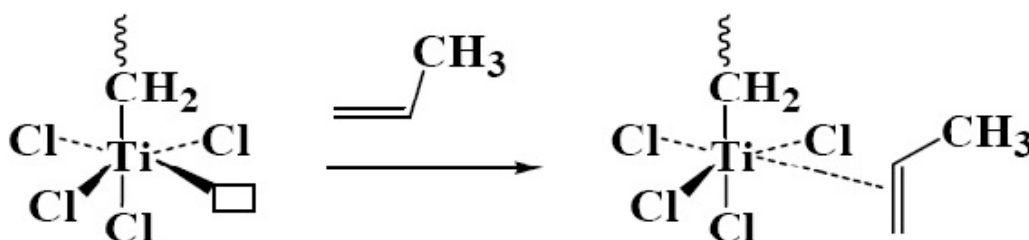
Obrázek 2: Rozdělení netkaných textilií podle technologií výroby [1]

2.1.3. Vhodné materiály

Mezi nejčastější materiály pro tvorbu netkaného textilu patří polypropylenová, polyesterová, polyetylenová, polyamidová nebo celulózová vlákna. V této bakalářské práci byla k experimentu použita polyesterová vlákna. [1][2][4]

2.1.3.1. Polypropylenová vlákna

Polypropylen PP se řadí mezi nejužitečnější termoplastické polymery ze skupiny polyolefinů. Příprava tohoto polymeru probíhá pomocí koordinační stereospecifické polymerace propylénu ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$) jakožto odpadajícího produktu při výrobě ropy. Využívá se Ziegler – Nattových katalyzátorů (TiCl_3 , $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$) a výsledkem je vysoce krystalický izotaktický polypropylen. Výroba polypropylenových vláken nejčastěji probíhá zvlákněním taveniny z polypropylenového granulátu a následným chlazením v dlouhé nebo zkrácené šachtě s následným dloužením vláken. Polypropylen může být izotaktický, ataktický a syndiotaktický, ale pro zvláknění se hodí pouze izotaktický polypropylen. [5]



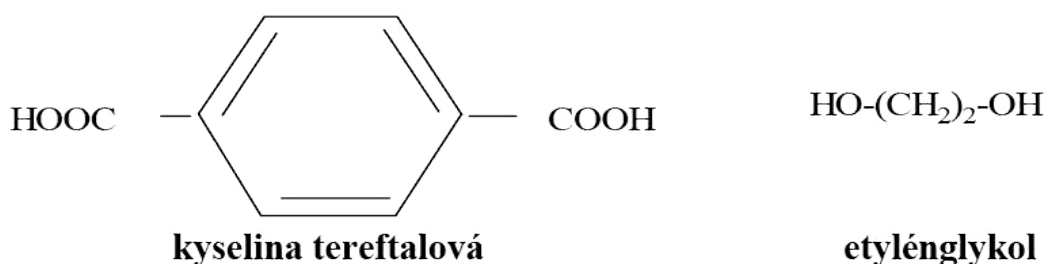
Obrázek 3: Koordinačně stereospecifické polymerace propylénu ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$) s využitím Ziegler – Nattových katalyzátorů Katalyzátor (TiCl_3 , $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$) [5]

Teplota tání PP se pohybuje okolo $165 - 170^\circ\text{C}$, teplota měknutí je $149 - 154^\circ\text{C}$, teplota zesklnění je asi -10°C a limitní kyslíkové číslo je 18. Pevnost PP vláken se pohybuje mezi $1.5 - 6 \text{ cN/dtex}$ a tažnost $15 - 60\%$. [5]

Mezi nevýhody patří nízká navlhavost, nízké zotavení a nízká tepelná odolnost, nízká odolnost vůči UV, dále pak malá tuhost a špatná barvitelnost. Mezi výhody patří odolnost vůči oděru, nízká měrná hmotnost, snadná formovatelnost a nízká úroveň elektrostatického náboje, výborná odolnost vůči chemikáliím s výjimkou koncentrované HNO_3 a koncentrovaných alkálií, nízká tepelná vodivost, vysoký elektrický odpor a dobré elektroizolační vlastnosti. [1][5]

2.1.3.2. Polyesterová vlákna

Polyestery PES jako například polyetylentereftalát PET se vyrábějí polykondenzací (stupňovitá polymerace) kyseliny tereftalové a etylenglykolu, kdy vedlejším produktem této stupňovité reakce je diethylenglykol, nebo se vyrábějí předesterifikací dimethyltereftalátu. PES obsahují esterovou skupinu. [5] Do této skupiny polyesterů patří ještě polytrimethyléntereftalát PTT a polybuthyléntereftalát PBT. [6]



Obrázek 4: Kyselina tereftalová a ethylénglykol [5]

Výroba PET vláken probíhá zvlákňováním. Zvlákňuje se buď přímo, nebo z polymerního granulátu. Tavenina s molekulovou hmotností mezi 20 000 – 30 000 g/mol se protlačuje otvory ve zvlákňovacích tryskách, tuhnutí probíhá ve zvlákňovací šachtě a vlákno vzniká ochlazováním pod teplotu tání. Rychlost zvlákňování se pohybuje okolo 400 – 1500 m.min⁻¹. Vlákno se musí následně dloužit, kdy se orientují řetězce ve směru vlákna při teplotách 75 - 90°C ve vodní lázni, nebo za studena. Poslední operací je fixace vláken (ustálení) vlivem ohřevu. Vlákna se dodávají ve formě stříže nebo filamentového hedvábí. [5]

Teplota tání PET se pohybuje okolo 258°C, teplota měknutí je zhruba 230°C, teplota zesklenní je asi 80°C a limitní kyslíkové číslo je 26. Pevnost PET vláken se pohybuje mezi 3.8 – 7.2 cN/dtex a tažnost mezi 50 – 70%. [5]

Mezi nevýhody patří vysoká žmolkovitost, nízká navlhavost a vysoká měrná hmotnost a nízká odolnost vůči koncentrované H₂SO₄ a náchylnost ke tvorbě elektrostatického náboje. Mezi výhody patří dobré mechanické vlastnosti, odolnost vůči oděru díky nízkému koeficientu tření, odolnost vůči UV, dobré termické vlastnosti díky vysokým teplotám měknutí, dobrá odolnost proti zředěným kyselinám, rychle schne a snadno se udržuje. PET vlákna se využívají pro výrobu technických, speciálních i oděvních textilií a společně s polypropylenovými vlákny patří mezi nejvíce využívané. [1][5][6]

2.1.4. Mechanická výroba vláknenné vrstvy

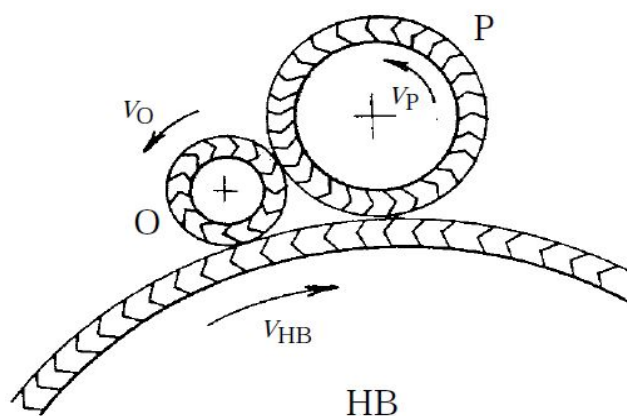
Tvorba vláknenných pavučin mechanickým způsobem a jejich vrstvení pomocí příčného, podélného a kolmého kladeče. Uspořádání vláken je anizotropické. [1][2]

2.1.4.1. Mykání

K mechanické tvorbě vláknenné vrstvy se používá technologie mykání. Technologie je prakticky totožná s přádelnickou, liší se ovšem svým zakončením, kdy je z výsledné pavučiny pomocí kladečího zařízení tvořeno rouno. U přádelnické technologie je pavučina dělena na přásty, nebo shrnována do pramenu. [3][4]

Pavučina může být vrstvena buď samotným podélným kladečem, nebo agregací potřebných mykacích strojů za sebou a vytvořením vláknenné vrstvy z podélně družených pavučin, nebo příčným kladečem v horizontálním nebo vertikálním směru. Na katedře netkaných textilií byla vyvinuta technologie kolmého kladečí pavučiny, včetně potřebného technologického zařízení. [3]

Pro výrobu vláknenné vrstvy lze použít válcové i víčkové mykací stroje. Pro svou větší výrobní šíři a vyšší výkony se ovšem více hodí válcové mykací stroje. [1][2]

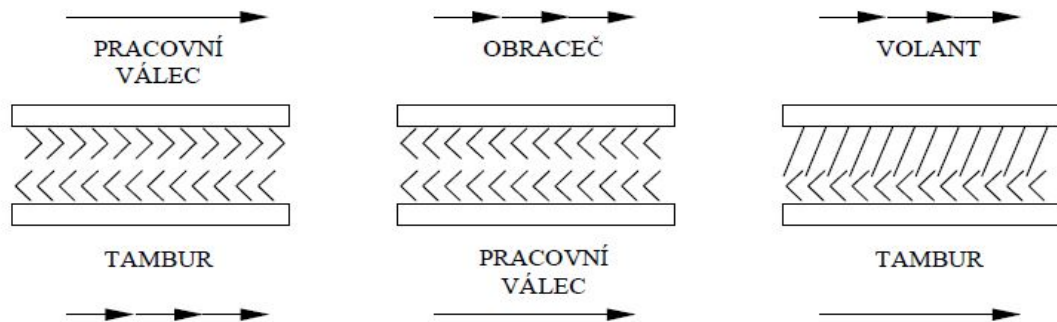


Obrázek 5: Hlavní uzel na válcovém mykacím stroji (HB – hlavní buben (tambur), P – pracovní válec, O – obracecí válec (obraceč)) [3]

Pracovní orgány válcového mykacího stroje jsou opatřeny povlaky, které samotný proces mykání umožňují. Jsou buď pilkové, nebo drátové. Výsledný efekt mykání je určen obvodovou rychlostí tamburu a pracovních válců a počtem drátků nebo pilek na plochu a vzdáleností mezi jednotlivými válci. [1]

Pracovní povlaky jsou vždy v těchto vzájemných postaveních. [1]

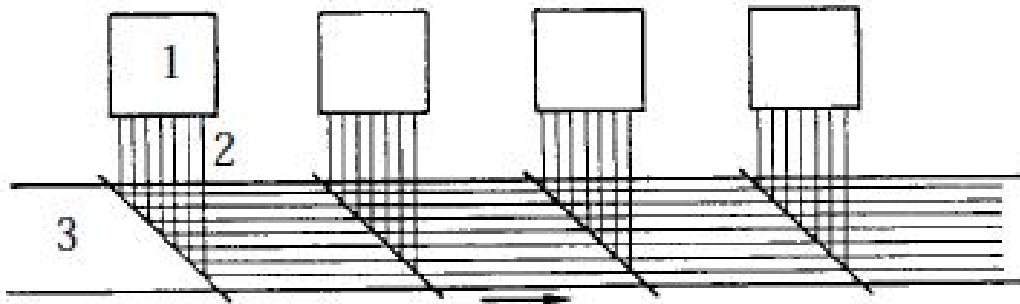
- Mykání (tambur – pracovní válec)
- Snímání (obraceč – pracovní válec)
- Vytahování (volant – tambur)



Obrázek 6: Postavení pracovních povlaků mykacího stroje [1]

Podélné kladení

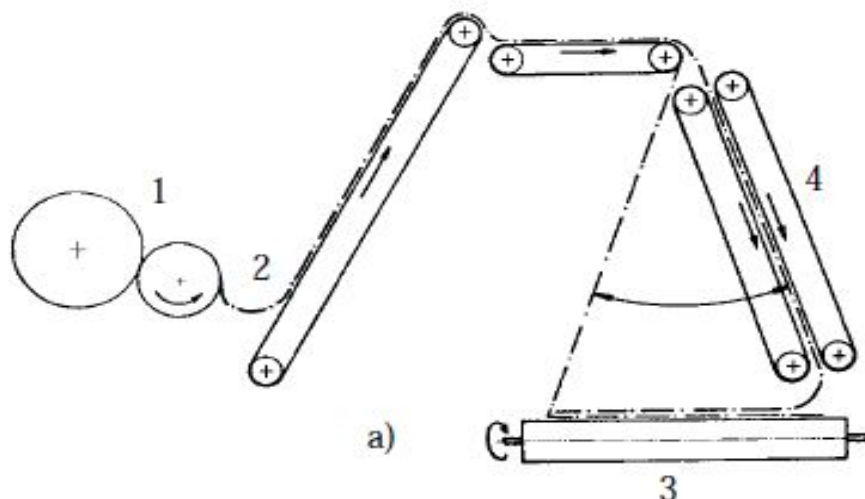
Vyrobená vláknenná pavučina ($5 - 30 \text{ g.m}^{-2}$) je vedena z několika mykacích strojů za sebou a je možno jí pomocí podélného kladeče vrstvit tak aby došlo k násobení její plošné hmotnosti. Takto vrstvenou pavučinu lze odvádět přímo k zařízení, které jí následně zpevní. Vhodné pro výrobu netkaných textilií o nízkých plošných hmotnostech nepřesahujících 100 g.m^{-2} . [1][4]



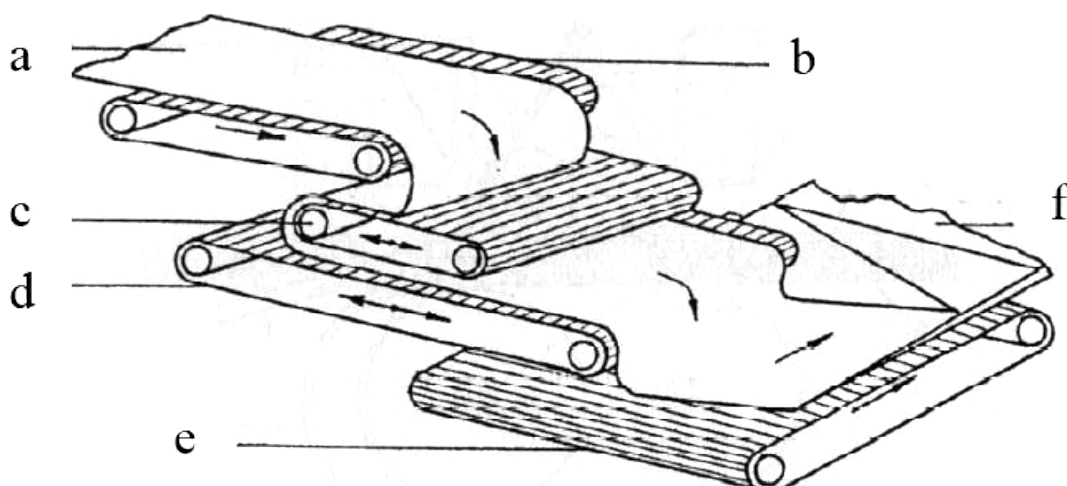
Obrázek 7: Podélné kladečí zařízení (1 – mykací stroj, 2 – vláknenná pavučina, 3 – odváděcí zařízení) [3]

Příčné kladení

Tento způsob kladení je používanější než kladení podélné. Dělí se na dva způsoby kladení, na vertikální a horizontální s tím, že používanější je horizontální kladeč. Plošná hmotnost tvořené vláknenné vrstvy je dána plošnou hmotností a šíří přiváděné pavučiny a dále rychlosti jejího přivádění a odvádění. [1][4]



Obrázek 8: Vertikální kladecí zařízení (1 – mykací stroj, 2 – vlákenná pavučina, 3 – odváděcí zařízení, 4 – dvojice výkyvných kladecích pásů) [3]



Obrázek 9: Horizontální kladecí zařízení (a – pavučina, b – kladecí dopravník, c – dopravník kompenzační, d – dopravník kladení, e – dopravník kladecí, f – odváděná vlákenná vrstva) [1]

Kolmé kladení

Tato technologie byla vyvinuta na VŠST Liberci v letech 1988 – 1992 a patří tak v oblasti průmyslového využití kladecích zařízení k nejnovějším a jejím cílem je tvorba vlákenné vrstvy dostatečně odolné vůči stlačení. Pavučina je ukládána do vyšší vlákenné vrstvy a vlákna jsou orientována kolmo k rovině textilie což má za následek, že v průběhu stlačování jsou vlákna namáhána nejvíce na vzpěr. Praktické využití si takto tvořená textilie nachází například v čalounickém, nábytkářském a oděvním průmyslu. [1]

2.1.5. Mechanické zpevňování vlákně vrstvy

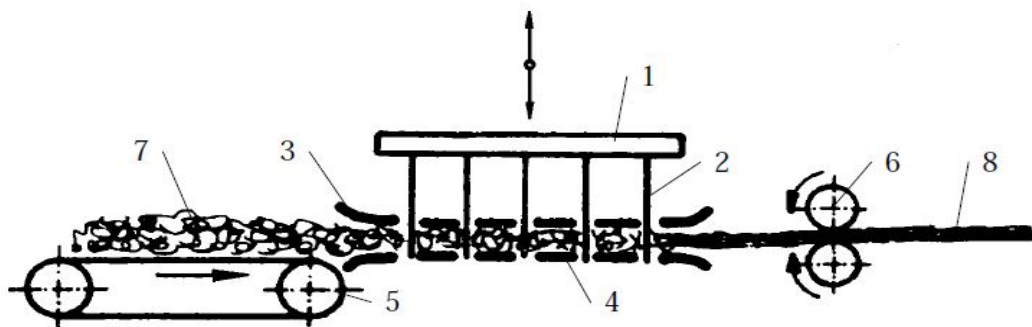
Mezi mechanické způsoby zpevňování vlákně vrstvy patří technologie vpichování, plstění, spunlace a proplétání. [1][2]

2.1.5.1. Vpichování

Vpichování je jeden z nejstarších způsobů mechanického pojení vlákně vrstev, který byl vyvinut v 19. století jako náhrada plstění. Podstatou vpichování je provazování vlákně vrstvy svazky vláken, které vzniknou přeorientací části vláken účinkem průniku jehel s ostny. V průběhu procesu vpichování dochází k redukci tloušťky vlákně vrstvy a ke změnám délky a šířky výsledného útvaru. [1][2][4]

Vpichovací stroje dělíme na vpichovací a předvpichovací. Předvpichovací stroje se vyznačují nízkým počtem jehel v jehelním lůžku a větší vzdáleností mezi opěrným stíracím roštem, kdežto u vpichovacích strojů je větší hustota jehel i menší vzdálenost mezi těmito rošty. [1]

Vlákně vrstva je do zařízení přiváděna pomocí pásového dopravníku a k redukci tloušťky před procesem vpichování dochází buď pomocí dvou přiváděcích válců (vznik příčné nerovnoměrnosti vrstvy), zešikmených pásů nebo pomocí vibrujícího roštu. Dále je vlákně vrstva přiváděna mezi dva perforované rošty, kde je zpevňována periodicky pronikajícími jehlami, které přeorientují zatahovaná vlákna kolmo k ose zpevňované vrstvy. Při zpětném pohybu je způsobeno vysunutí jehel z vrstvy pomocí stíracího roštu. Vpichované textilie je odváděna pomocí odtahového zařízení. [1][2]



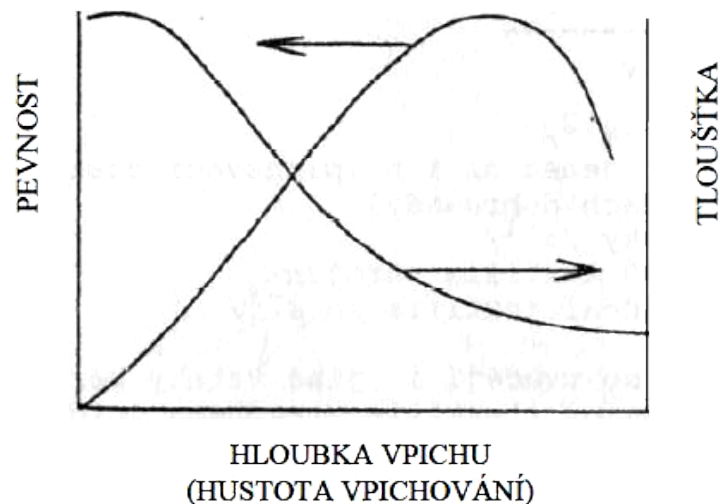
Obrázek 10: Schéma vpichovacího stroje (1 – jehelní deska, 2 – jehly, 3 – stírací rošt, 4 – opěrný rošt, 5 – přiváděcí pás, 6 – odtahové zařízení, 7 – přiváděné rouno, 8 – odváděná vpichovací textilie) [3]

Mezi nejdůležitější parametry tohoto stroje, které ovlivňují strukturu a vlastnosti vpichované textilie patří počet vpichů a hloubka vpichu. Obvyklý počet vpichů u těchto textilií se pohybuje mezi 8.104 až 550.10 vpichy na 1m^2 . Hloubkou vpichu se rozumí vzdálenost špiček jehel od pracovní plochy opěrného roštu ve spodní úvrati a pohybuje se v rozmezí 5 – 25mm. Mezi další parametry patří např. typ a rozmístění vpichovacích jehel, délka, jemnost a povrchové vlastnosti vláken (různé preparace mohou snižovat koeficient tření a to zhoršuje účinnost přeorientace vláken a tím tak pevnost celé vpichované textilie). [1][2]

Jehly s ostny jsou umístěné v kmitající jehelní desce. Pevnost vpichované NT se určuje počtem vpichů na plochu vpichované vrstvy. Počet vpichů na jednotku plochy je možno vyjádřit pomocí následujícího tohoto vzorce

$$V_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v} \quad (2)$$

kde V_p je počet vpichů na jednotku plochy [m^2], a je celkový počet jehel na 1 metr vpichovací desky [m^{-1}], f je frekvence desky [s^{-1}], p značí počet průchodů textilie strojem [–] a v je rychlost odváděné textilie [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]. [1]



Obrázek 11: Souvislosti hlavních parametrů vpichované textilie [1]

Obvyklé plošné hmotnosti vyráběných vpichovaných textilií (geotextilie, odvodňovací plstěnce, filtry, vložkové materiály, podlahové krytiny atd.) se pohybují od 100 až po 2000 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$. [1]

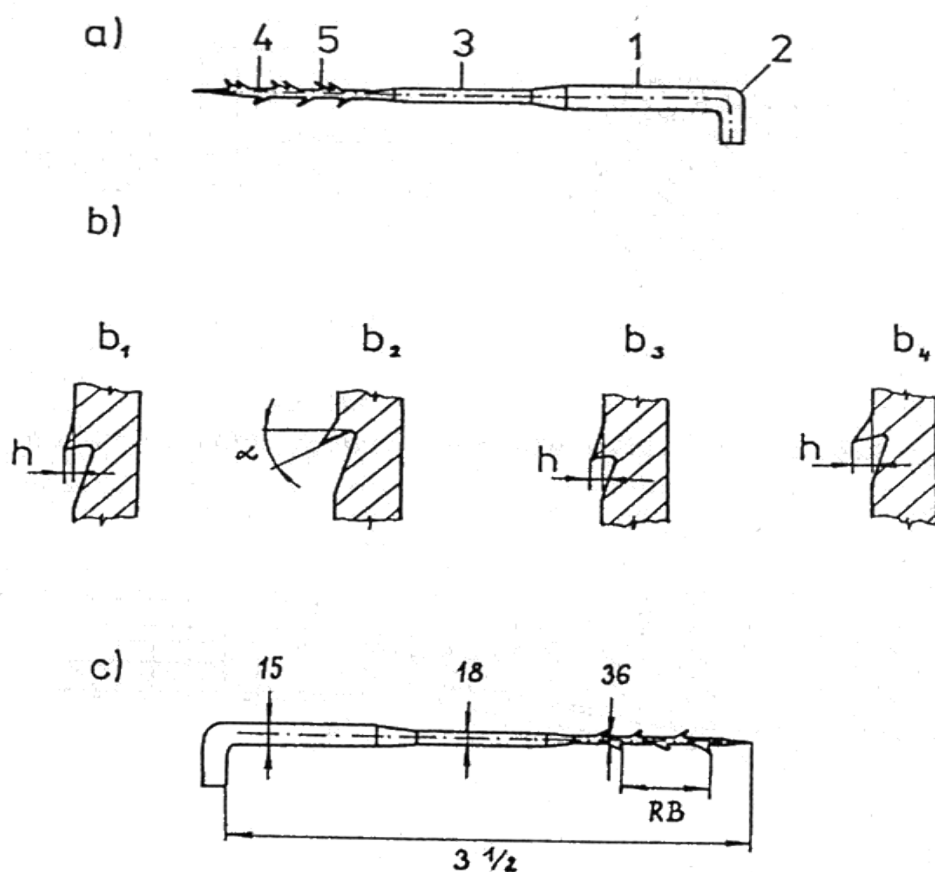
Vpichovací jehla

Průřez pracovní části vpichovací jehly má běžně tvar rovnostranného trojúhelníku. Po stranách pracovní části jsou umístěné ostny, ovšem ty nemusí být na všech stranách, ale obvykle bývají na všech třech. [1][2][4]

Vpichovací jehly se značí podle níže zobrazeného značení. Průměr stvolu, průměr redukované části a průměr pracovní části v guage je uváděn v prvním trojčísí. Guage označuje, kolikrát se rozměr vejde do jednoho palce. Celková délka jehly v palcích je udávána pomocí čísel 3½ nebo 3. RB znázorňuje vzdálenost ostnů a může být použito i značení CB a MB. R a NKU značí výšku ostnů v milimetrech (R - 0.3 - 0.46mm, non kick up - 0.11 - 0.30mm). [1]

15 x 18 x 30 x 3 1/2 RB NKU

18 x 36 x 3 RB 1 hrana bez ostnů



Obrázek 12: Znázornění vpichovací jehly (a) 1) stvol, 2) kolínko, 3) redukovaná část, 4) pracovní část, 5) ostny, b) tvary a výšky u ostnů, c) jak vypadá značení jehly) [1]

2.1.6. Aplikace

Oblast využití netkaného textilu je nesmírně široká, a proto zde bude uvedeno několik hlavních oblastí a příkladů. Jedná se o odvětví jako automotive, zdravotnictví, hygiena, zemědělství, stavebnictví. Přesněji se jedná o geotextilie, agrotextilie, ochranné prostředky všeho druhu, vzduchové a olejové filtry, obalové materiály, bytové textilie, čistící textilie, inkontinentní pomůcky, brusné materiály a oděvní textilie a mnoho dalších. [1][2][3]

2.2. GEOTEXTILIE

Geotextilie

Geotextilie je možné definovat jako plošný, propustný, syntetický nebo přírodní materiál, který je používán v kontaktu se zeminou, nebo jinými materiály při využití v geotechnice a stavebním inženýrství. Geotextilie mohou být vyrobeny jako pletenina, tkanina i jako netkaná textilie. Použitá technologie se volí podle finální aplikace. [4][7]

Geokompozit

Materiál, který mezi svými složkami obsahuje alespoň jeden geosyntetický výrobek. Geokompozit je průmyslově vyrobený sdružený materiál. [7][8]

Netkaná geotextilie

Geotextilii vyrobenou jako netkanou textilie je možno definovat jako plošný textilní útvar tvořený z urovnaných nebo náhodně urovnaných nekonečných vláken, které jsou spojeny mechanicky, tepelně nebo chemicky. [7][8]

Pletená geotextilie

Pletená geotextilie je definována jako plošný textilní útvar vyrobený proplétáním smyček z jedné nebo více přízí popřípadě nekonečných vláken či jiných prvků. [7][8]

Geosyntetická izolace

Jedná se o geosyntetický materiál jehož účelem je snížení nebo úplné zabránění průtoku kapalin v dané geotechnice nebo stavení konstrukci. [7]

Tkaná geotextilie

Tkanou geotextilii je možno definovat jako plošný textilní útvar tvořený provázáním dvou nebo více soustav nití popřípadě nekonečných vláken či jiných prvků pod pravým úhlem. [7][8]

Geomříž

Jedná se o plošnou polymerní strukturu tvořenou z otevřené sítě pevně spojených tahových prvků, jejichž otvory jsou větší než její prvky. Ty mohou být spojeny vytlačováním, pojením, proplétáním nebo provazováním. [7][8]

Geosít'

Geosít' je možno definovat jako plošný útvar tvořený rovnoběžnými soustavami žeber, které jsou uloženy přes sebe a které jsou pevně spojeny podobnými soustavami v různých úhlech. [7][8]

Georož

Jedná se o trojrozměrnou propustnou strukturu tvořenou polymerními monofilamenty nebo jinými prvky ze syntetických nebo přírodních materiálů. Ty mohou být pojeny mechanicky, tepelně, chemicky nebo pomocí jiných způsobů pojení. [7][8]

Geobuňka

Geobuňku je možno definovat jako trojrozměrnou polymerní strukturu ta může být syntetická nebo přírodní ve tvaru včelího plástu nebo jiné buněčné struktury. Je tvořena pojením pásků z geosyntetiky. [7][8]

Geopás

Lze jej definovat jako pás polymerního materiálu o maximální šíři do 200 mm, který je používán ve styku se zeminou nebo jinými materiály. Uplatnění nachází ve stavebnictví a geotechnice. [7][8]

Geosyntetika

Výrobek vyrobený ze syntetického nebo přírodního materiálu (alespoň jedna jeho složka) ve tvaru fólie, pásku nebo trojrozměrné struktury. Je užíván v geotechnice nebo ve stavebnictví a to ve styku se zeminou nebo jinými materiály. [7][8]

2.2.1. Funkce

Geotextilie představují stavební prvek, který výrazně zlevňuje a prodlužuje životnost geotechnických staveb a to díky funkcím, které mohou být plněny samostatně, nebo současně. Ovšem pro většinu využití je třeba kombinace více funkcí současně. Patří mezi ně sedm hlavních funkcí, které mohou geotextilie plnit. [1][7]

- Separáčn
- Izolační
- Drenážn
- Výztužné
- Ochranné
- Filtrační
- Protierozn

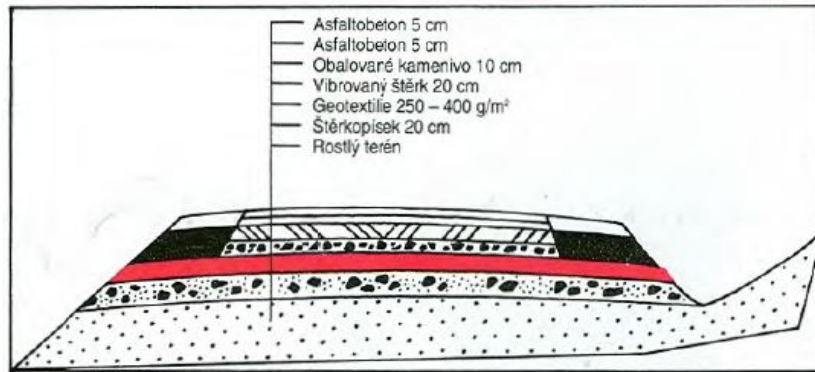
Separáčn funkce

Geotextilie s touto funkcí zabraňují promísení dvou odlišných materiálů, které mají každý jiné vlastnosti a složení. Jako příklad je možno uvést materiály o různé zrnitosti v podloží geotechnických staveb, u kterých by promísení znamenalo výrazné snížení únosnosti a životnosti. U měkkého podloží je třeba pro separaci hrubozrnných sypanin použít netkanou geotextilie s vyšší pevností proti proražení. U tuhých a pevných podloží lze volit mírnější kriteria pevností. [2][7][8]

Tato funkce je spjatá s funkcí filtrační. Proto charakteristická velikost pórů musí být taková, aby zabránila zemině s nízkou zrností průniku separáčn vrstvou, ale dostatečně velká aby umožnila volný průchod vody. [9]

Mezi důležité vlastnosti separáčn geotextilie patří: [9]

- Pevnost v tahu - ČSN EN ISO 10319
- Tažnost - ČSN EN ISO 10319
- Odolnost proti statickému protržení (CBR) - ČSN EN ISO 12236
- Odolnost proti dynamickému protržení (padající kužel) - ČSN EN ISO 13433
- Charakteristická velikost otvorů - ČSN EN ISO 12956
- Propustnost pro vodu kolmo k rovině - ČSN EN ISO 11058



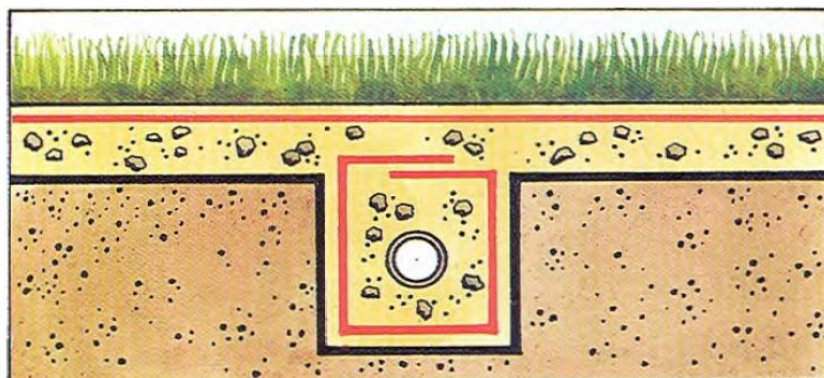
Obrázek 13: Separační funkce geotextilie [3]

Drenážní funkce

Úkolem drenážní funkce je odvod kapaliny mimo geotechnickou stavbu v rovině geosyntetického materiálu. Plošné drenážní kompozity mají vnější vrstvu z filtrační netkané textilie a vnitřní vrstvu v podobě tuhé nebo poddajné geosítě nebo rouna. Pásové drenážní prvky jsou obdobně profilované jako plošné drenážní kompozity. Vnitřní vrstva musí být tuhá nebo mírně stlačitelná. [2][7][8]

Mezi důležité vlastnosti drenážní geotextilie patří: [9]

- Pevnost v tahu - ČSN EN ISO 10319
- Tažnost - ČSN EN ISO 10319
- Odolnost proti statickému protržení (CBR) - ČSN EN ISO 12236
- Odolnost proti dynamickému protržení (padající kužel) - ČSN EN ISO 13433
- Charakteristická velikost otvorů - ČSN EN ISO 12956
- Propustnost pro vodu kolmo k rovině - ČSN EN ISO 11058
- Proudění vody v rovině výrobku - ČSN EN ISO 12958



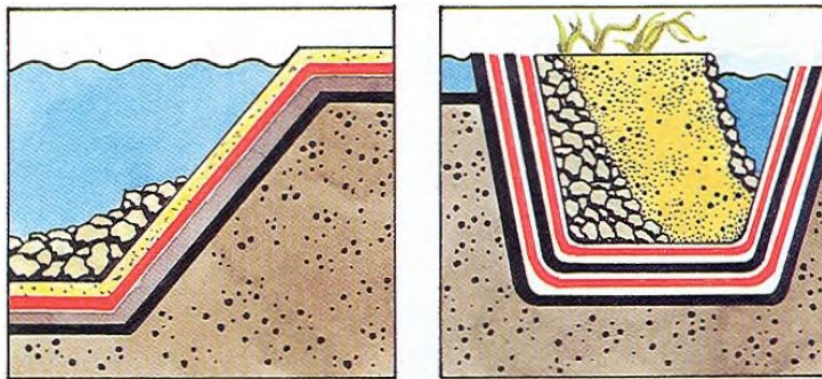
Obrázek 14: Drenážní funkce geotextilie [3]

Filtrační funkce

Účelem této funkce je zajišťování průtoku vody mezi různými formami podloží kolmo k rovině geotextilie a zabránění a proudění pevných vrstev v tomto směru. To vyžaduje kompromisní řešení mezi geotextilií s velkými póry pro průnik kapaliny a geotextilií s malými póry pro zabránění proudění pevných částic a to vše za podmínky zabránění ucpání samotného filtru. [3][8]

Mezi důležité vlastnosti filtrační geotextilie patří: [9]

- Pevnost v tahu - ČSN EN ISO 10319
- Tažnost - ČSN EN ISO 10319
- Odolnost proti dynamickému protržení (padající kužel) - ČSN EN ISO 13433
- Charakteristická velikost otvorů - ČSN EN ISO 12956
- Propustnost pro vodu kolmo k rovině - ČSN EN ISO 11058



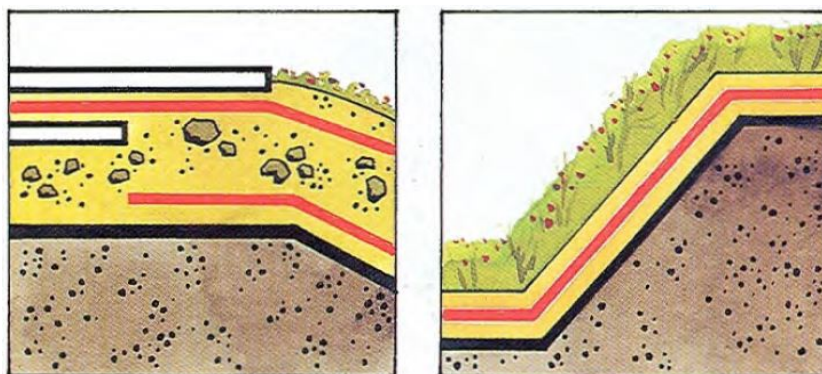
Obrázek 15: Filtrační funkce geotextilie [3]

Protierozní funkce

Tato funkce je využívána pro zabránění nebo omezení pohybu zeminy na povrchu svahů v důsledku působení větru a vody a musí být schopna zajistit odvod kapaliny a zároveň umožnit uchycení porostu. Tato funkce je dočasná do dosažení přirozeného porostu na svahu, ovšem ve výjimečných případech mohou mít funkci trvalou. Nejčastěji se používají georochože, geomříže v kombinaci s rounem. Ty musí být ke chráněné zemině připevněny pomocí hřebů a spon aby nedošlo k podplavení geosyntetika. Při výběru vhodného geosyntetika je nutno zohlednit sklon a výšku svahu, složení zeminy a odolnost proti UV záření. [2][7][8]

Výztužná funkce

Účelem této funkce je vyztužení zemního tělesa a schopnost pohlcovat napětí, čímž je možné snížit náklady na realizaci stavby, snížit vliv nerovnoměrných deformací, zlepšit estetiku stavby a možnost použití zeminy různých vlastností do násypu. [2][7][8]



Obrázek 16: Výztužná funkce geotextilie [3]

Izolační funkce

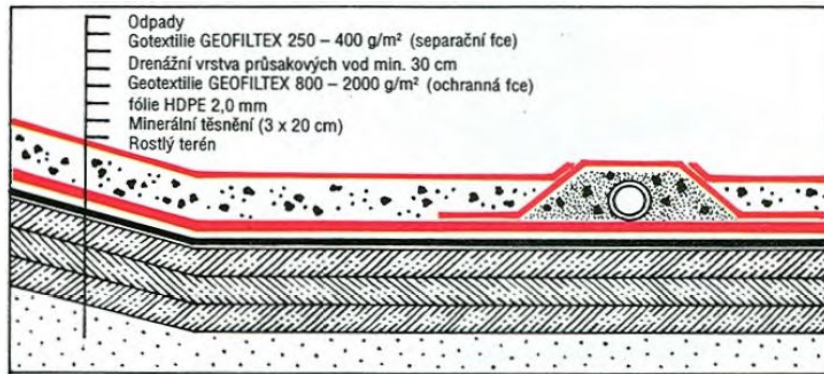
Tato funkce má za úkol zabránit průniku kapalin do konstrukce staveb nebo průniku nebezpečných látek do vodních toků. Dále slouží k izolaci koryt a k částečné ochraně před nežádoucím působením plynů. [7]

Ochranná funkce

Tato funkce představuje ochranu proti porušení některých stavebních konstrukcí a izolačních vrstev například před přisypávanou zeminou, přičemž je třeba brát v potaz vlastnosti chráněného materiálu a odolnost tohoto geosyntetika odolat působení zeminy. Dostatečnou ochranu představují buď geokompozity o tloušťce vyšší než 4 mm anebo netkané textilie o gramáži vyšší než 400 g.m⁻² [2][7][8]

Mezi důležité vlastnosti ochranných geotextilií patří: [9]

- Pevnost v tahu - ČSN EN ISO 10319
- Tažnost - ČSN EN ISO 10319
- Odolnost proti statickému protržení (CBR) - ČSN EN ISO 12236
- Odolnost proti dynamickému protržení (padající kužel) - ČSN EN ISO 13433
- Ochranné vlastnosti - ČSN EN ISO 14574
- Tloušťka – ČSN EN ISO 9863-2



Obrázek 17: Ochranná funkce geotextilie [3]

2.2.2. Vlastnosti

Požadované vlastnosti lze rozdělit do čtyř základních vlastností.

- Obecné vlastnosti
- Mechanické vlastnosti
- Fyzikální vlastnosti
- Hydraulické vlastnosti

Jmenovitá hodnota

Deklarované vlastnosti výrobcem/prodejcem výrobku, mají spíše charakter obecné informace nežli naměřené hodnoty. [7]

Tloušťka - d

Zjišťuje se jako kolmá vzdálenost mezi horním a spodním okrajem materiálu a vyjadřuje se v [mm]. [7][8]

Plošná hmotnost - ρ_s

Vyjadřuje poměr mezi hmotností zkoumaného vzorku k jeho ploše pomocí vzorce

$$\rho_s = \frac{m}{a \cdot b} \quad (3)$$

kde ρ_s je plošná hmotnost [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$], m je hmotnost vzorku o rozměru $a \times b$ [g], a je šířka textilie [m] a b je délka textilie [m]. Rozsah plošných hmotností pro netkané geotextilie se pohybuje od 70 do 1200 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$. [7][8]

Objemová hmotnost - ρ_V

Vyjadřuje poměr mezi hmotnostmi zkoumaného vzorku k jeho objemu pomocí vzorce

$$\rho_V = \frac{m}{a \cdot b \cdot h} \quad (4)$$

kde ρ_V je objemová hmotnost [$\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$], m je hmotnost vzorku o rozměru $a \times b \times h$ [g], a je šířka textilie [m], b je délka textilie [m] a h je tloušťka textilie [mm]. [7]

Pórovitost - P

Obsah pórů naplněných vzduchem ve všech typech textilií. Ovlivňuje propustnost i prodyšnost textilie. Netkané textilie mají průliny ve své struktuře rozloženy nerovnoměrně v závislosti na průměru, hustotě a propojení vláken. Velikost této charakteristické průliny se určuje dle normy ČSN EN ISO 12 956. Pórovitost se vyjadřuje podle vzorce

$$P = \frac{\rho - \rho_V}{\rho} \cdot 100 \quad (5)$$

kde pórovitost P se vyjadřuje v [%], ρ je hustota materiálu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] a ρ_V je objemová hmotnost vzorku [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]. Pórovitost tedy udává, kolik procent z celkového objemu netkané textilie objemu jsou póry naplněné vzduchem. [8][9][10][11]

Permitivita - ψ

Objemová rychlost proudění kapaliny na jednotku plochy na jednotku poklesu hydraulického spádu při lineárním proudění kolmo k rovině geotextilie. Je vyjádřena podle vzorce

$$\psi = \frac{K_n}{t_g} \quad (6)$$

kde ψ je permitivita [s^{-1}], K_n je koeficient permeability kolmo na rovinu řezu textilie [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] a t_g je tloušťka textilie [-]. [7][8]

Průtok - q_n

Průtok je za stanoveného hydraulického spádu daná objemová rychlost na jednotku plochy měřená kolmo k rovině výrobku a vyjádřena v [$\text{l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]. [7]

Propustnost - v

Rychlost průtoku kapaliny geotextilií se vyjadřuje podle vzorce

$$v = k_g \cdot i, \quad (7)$$

kde v je propustnost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], k_g je filtrační součinitel geotextilie [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] a i je hydraulický gradient [–]. [7][8]

Prodyšnost - R

Rychlost proudu vzduchu, který prochází plošnou textilií kolmo k její ploše při daném tlaku a čase. Vyjadřuje se vzorcem

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \cdot 167, \quad (8)$$

kde R je prodyšnost [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$], \bar{q}_v je rychlost průtoku vzduchu [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$], A je plocha měřící čelisti [cm^2] a 167 je přepočítávací faktor z [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{cm}^2$] na [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$]. [12]

2.2.3. Aplikace

Stavba komunikací

Trvalé nebo dočasné dopravní komunikace, jejich rozšiřování a údržba asfaltu, parkovací plochy, letiště a železnice. [9]

Hydraulické systémy

Ochrana pobřeží, přehrady, přístavní konstrukce, říční břehy a kanály a neposlední řadě rybníky a umělá jezírka. [9]

Pozemní systémy

Potrubí a příkopy, skladovací prostory, sportovní hřiště a údržba svahů. [9]

Konstrukce

Základy staveb, betonové podlahy, střechy, střešní zahrady a zařízení pro tlumení zvuku. [9]

Likvidace odpadů

Likvidace odpadů v horních a spodních vrstvách a systémy pro čištění vody. [9]

Drenáže

Drenáž potrubí, drenážní příkopy, povrchová drenáž a drenáže v budovách. [9]

2.3. NESTEJNOMĚRNOST

Jednou z nejdůležitějších vlastností u každého lineárního, nebo plošného textilního útvaru je stejnoměrnost, protože každý textilní útvar musí mít přesně definované parametry a vlastnosti po celé své ploše. U hodnocení vlastností netkaných textilií se můžeme setkat stejně jako u lineárních textilních útvarů se dvěma pojmy a to se stejnoměrností a nestejnoměrností. Stejnoměrnost je možné popsat jako soubor konstantních vlastností, kterými netkaná textilie disponuje a nestejnoměrnost odkazuje na vyšší odchylky měřených hodnot vybraných vlastností. [13]

Tyto odchylky hodnot lze pak označit jako vadu netkané textilie a můžeme je rozdělit do několika skupin. [14][15]

- Místní vada
- Lokální vada
- Plošná vada
- Náhodné vady
- Systematické vada
- Periodické vady

Nestejnoměrnost je možno rozdělit do několika skupin. [13]

- Strukturní nestejnoměrnost
- Hmotová nestejnoměrnost
- Vizuální nestejnoměrnost
- Vzhledová nestejnoměrnost
- Nestejnoměrnost fyzikálních a mechanických vlastností

Strukturní nestejnoměrnost

Vlastnosti netkaných textilií úzce souvisí s vnitřní strukturou materiálu a lze říci, že strukturní nestejnoměrnost se přenáší i na rozdílné hodnoty výsledných vlastností, kterými lze nestejnoměrnost ověřovat. [13]

Hmotová nestejnoměrnost

Ta se vyznačuje kolísáním hmotnosti netkané textilie ve vztahu k její ploše či objemu. Oběmová hmotnost se vyjadřuje se pomocí vztahu mezi hmotností a objemem a plošná hmotnost se vyjadřuje pomocí vztahu mezi hmotností a plochou. Tato nestejnoměrnost výrazně ovlivňuje vlastnosti netkané textilie. [13]

Vizuální nestejnoměrnost

Tato nestejnoměrnost se hodnotí na základě kolísání počtu slabých míst netkané textilie v návaznosti na její plošnou hmotnost pomocí opticko-mechanických zařízení. Nestejnoměrnost se dá vyjádřit jako funkce kontrastu, protože oko funguje jako receptor, který snímá minimální a maximální hodnoty osvětlení v různých místech netkané textilie. [13]

Vzhledová nestejnoměrnost

Jedná se o způsob určování vizuální nestejnoměrnosti pomocí subjektivní a objektivní metody s užitím systému pro analýzu obrazu, kde je zkoumán počet bílých míst a jejich relativní podíl, porosita a relativní podíl míst s konstantní úrovní šedi. [13]

2.3.1. Měření nestejnoměrnosti

K praktickému určování stejnoměrnosti netkaných textilií je třeba využít parametry, které jsou dostatečně reprezentativní a ověřitelné vzhledem ke struktuře materiálu. A proto mezi nejdůležitější požadavky, které jsou kladeny na netkané textilie, patří stejnoměrnost plošné hmotnosti a tloušťky. Tloušťka se ovšem nedá měřit u měkkých a strukturně málo homogenních roun a netkaných textilií, tam se pak musí stát měřeným parametrem plošná hmotnost. Právě nestejnoměrnost těchto hodnot je příčinou kolísání mechanicko – fyzikálních vlastností netkaných textilií a je také ukazatelem jejich reprezentativních vlastností. [14][16]

Nestejnomyšnost hmotnosti se dá vyjádřit pomocí variačního koeficientu plošné hmotnosti vzorků z různých nebo předem určených míst netkané textilie, jehož kolísání určí měrnou stejnoměrnost. Variační koeficient je relativní mírou kolísání naměřených hodnot okolo aritmetického průměru a je dán tímto vzorcem

$$V = \frac{S}{m} \cdot 10^2 \quad (9)$$

kde **m** je hmotnost vzorku [g] a **S** je obsah plochy [m²]. Vyjadřuje se v [%]. [14][17]

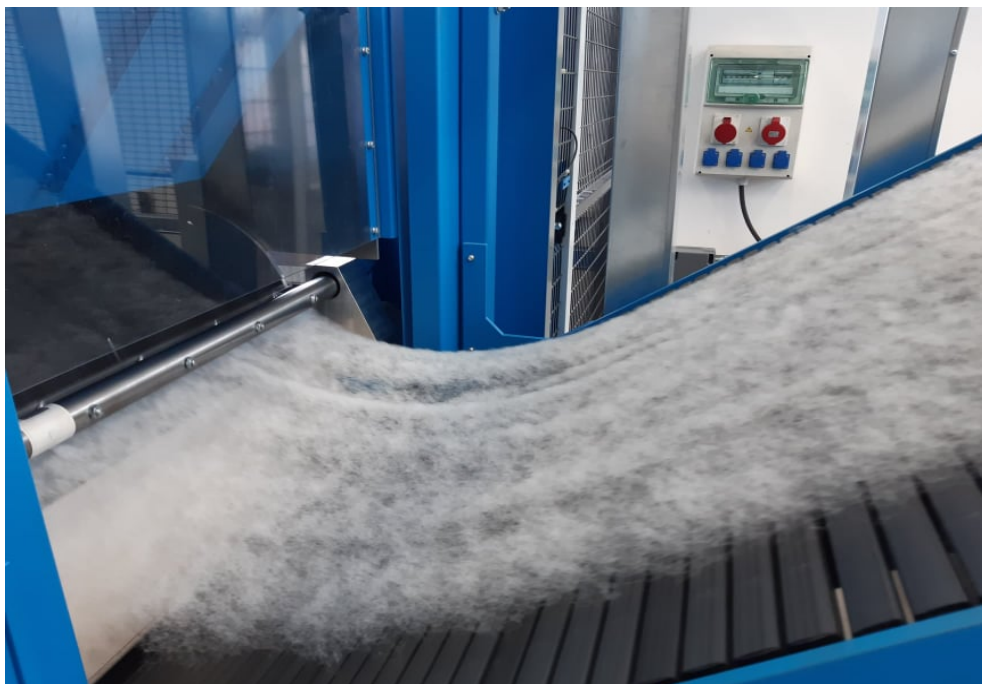
Stanovení stejnoměrnosti jako měřítka je možno provést provedením velkého počtu měření hmotnosti v daných místech netkané textilie o předem určené velikosti plchy, jednotlivý variační koeficient nemá dostatečnou vypovídající hodnotu. [14][18]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část práce je věnována popisu výroby a materiálu vzorků vpichované netkané textilie, metodiky měření zadaných vlastností a diskuzi výsledků.

3.1. VÝROBA VZORKŮ

Vzorky vpichovaných netkaných textilií byly vyrobeny v laboratoři poloprovozu KNT FT TUL na nové vpichovací lince DILO_FT-007. Vpichovací linka je složena s několika vzájemně propojených zařízení. Její součástí je dávkovací a rozvolňovací zařízení, kde dochází k prvotnímu rozvolňování vlákněných chomáčů, které jsou dále více rozvolňovány a míseny v aerodynamických komorách a transport mezi nimi je zajištěn aeromechanickým potrubím pomocí ventilátorů. Tyto chomáče jsou dále transportovány pomocí pásu do předmykacího a mykacího zařízení, kde dochází k finálnímu napřímení (anizotropní uspořádání) a ojednocení vláken a tvorbě pavučiny. Mykací stroj je vlnářského, válcového typu. Za mykacím strojem je příčný vertikální kladeč, který umožňuje tvorbu překladů pavučiny a tím se tak reguluje výsledná plošná hmotnost. Následuje pásový dopravník, který transportuje kladené rouno do vpichovacího stroje, kde dochází k tvorbě vpichované netkané textilie, ta se odvíjí do finálního nábalu na konci výrobní linky.

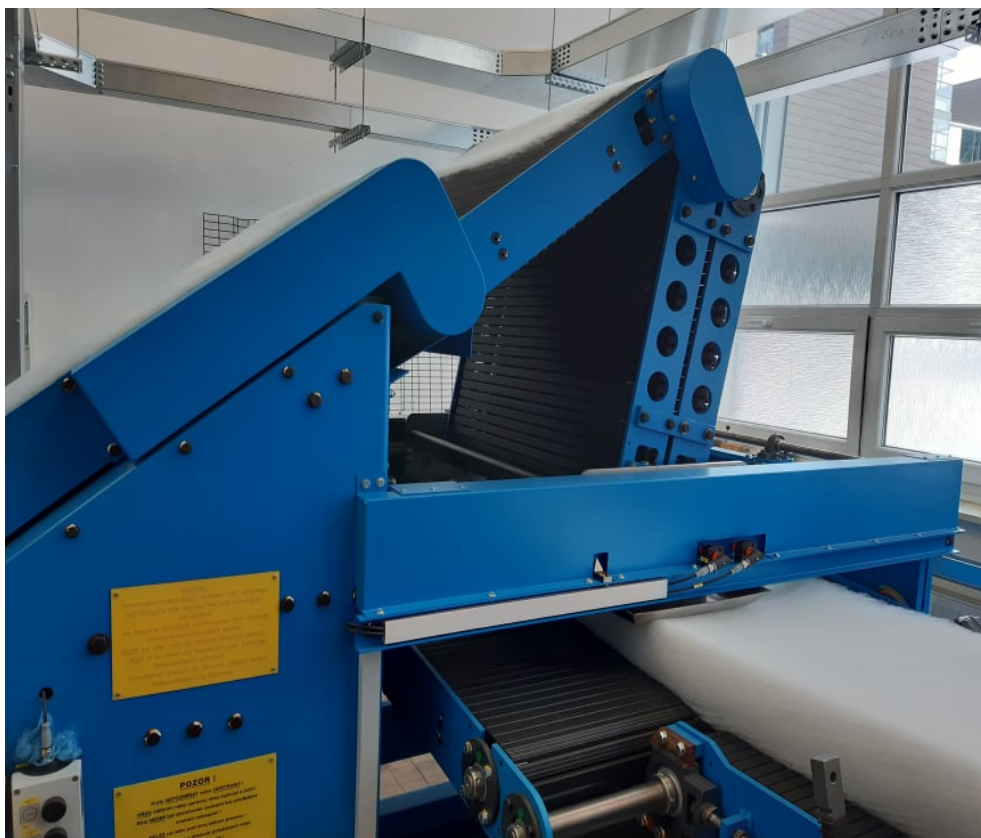


Obrázek 18: Sčesávací pilka

Vyrobeny byly tři materiály vpichované netkané textilie s označením dle pořadí výroby (A. B. C.), které se mezi sebou liší v počtu překladů pavučiny, ty označují počet překladů pavučiny na 1 metr textilie. Dále se každý vyrobený materiál odlišuje v levé a pravé straně ve směru výroby, kdy byl na každou stranu použit jiný typ vpichovacích jehel. Celková hodnota počtu jehel a hustota vpichu $300/\text{cm}^2$ je pro všechny vyrobené materiály stejná.

1. Materiál – A – 18 překladů, délka 10m a šíře 50cm, plošná hmotnost 419 g.m^{-2}
2. Materiál – B – 15 překladů, délka 10m a šíře 50cm, plošná hmotnost 403 g.m^{-2}
3. Materiál – C – 12 překladů, délka 10m a šíře 50cm, plošná hmotnost 321 g.m^{-2}

MD ... podélný směr výroby vpichované netkané textilie (délka)
CD ... směr kolmý ke směru výroby vpichované textilie (šíře)



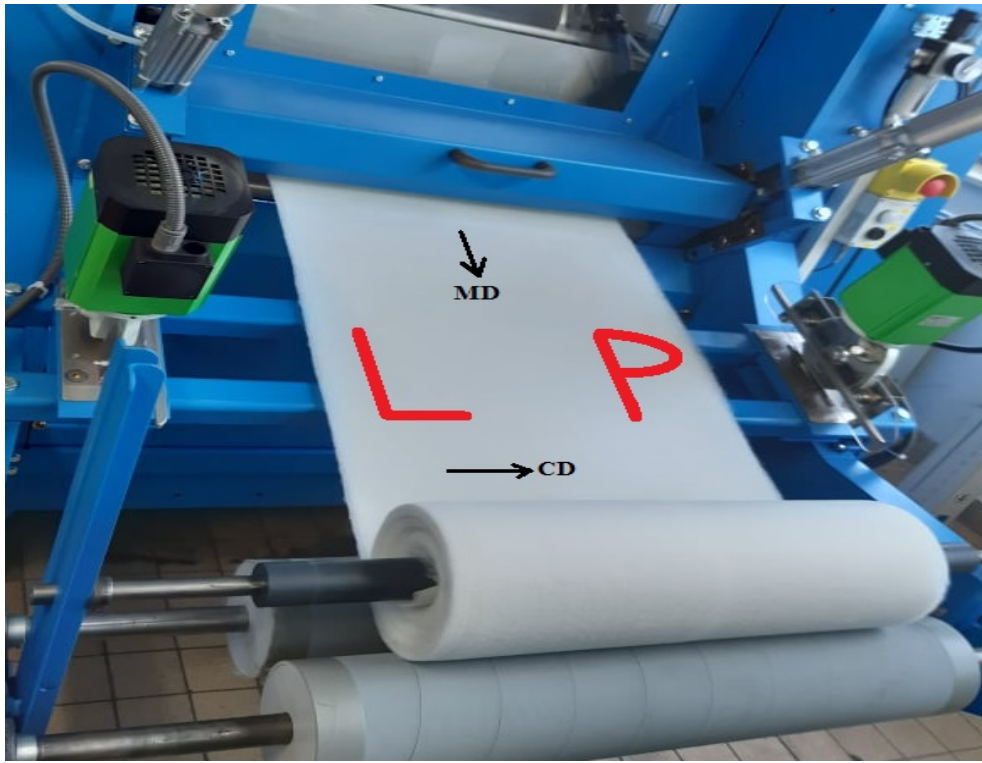
Obrázek 19: Tvorba překladů pomocí vertikálního příčného kladeče

3.1.1. Použitý materiál

K výrobě vzorků byla použita staplová Polyesterová vlákna FILLWELL 093 dodávaná v balících. Udávaná délka vláken je 60mm a jemnost 5.3dtex.

3.1.2. Použité vpichovací jehly

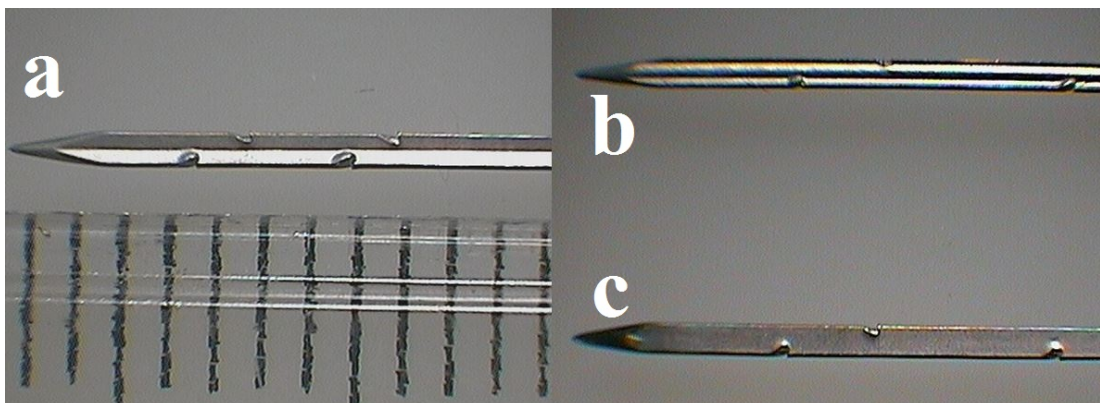
Stranové rozdělení materiálů v levé a pravé straně ve směru výroby souvisí s osazením jehelních desek. Pravá strana materiálu je z pohledu proti výstupu z vpichovacího stroje.



Obrázek 20: Znárodnění rozdělení stran a směru výroby

Osazení jehelních desek

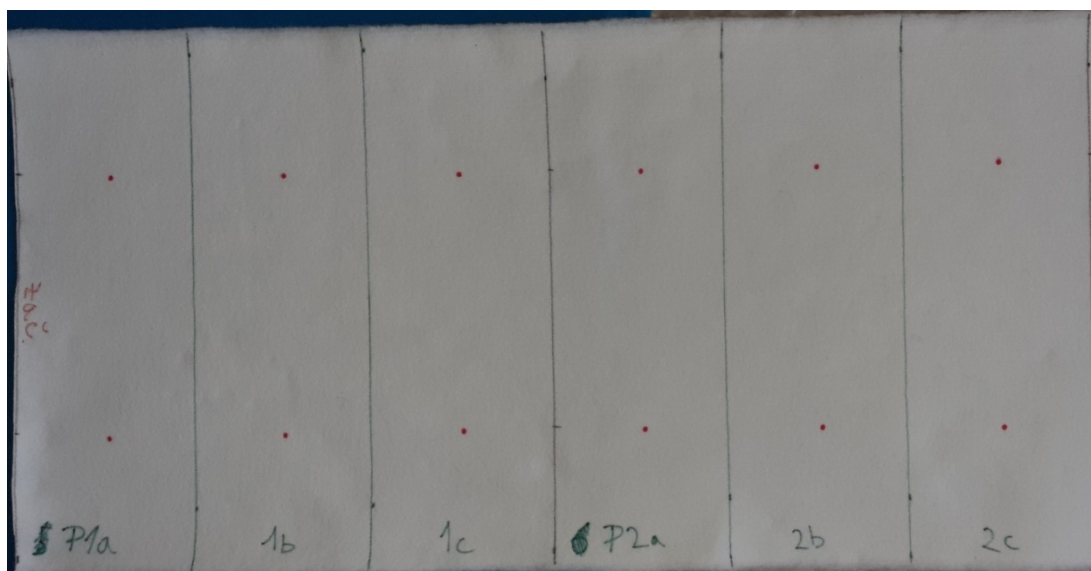
Vpichovací stroj má 2 jehelní desky. První deska je osazena stejným typem vpichovacích jehel s označením TriStar 15X16X36X3. Druhá deska je osazena v pravé straně vpichovacími jehlami typu 4-EcoStar 15X18X40X3 a na levé straně je typ 3-Automotive 15X18X38X3.



Obrázek 21: Použité vpichovací jehly (a) TriStar (měřítka 1 dílek je 1mm), b) EcoStar (nahore), c) Automotive (dole))

3.2. METODY MĚŘENÍ

U všech tří vyrobených materiálů o deseti metrech délky vpichované netkané textilie bylo provedeno stejné bodové rozměření, které sloužilo pro přesné zaměření místa pro měření prodyšnosti a tloušťky. V každém jednom metru délky byl na každé straně materiál proměřen s pravidelnými rozestupy 16,6cm. Odsazení v rámci šíře je jednotné v každé straně 12,5cm od kraje s výjimkou čtyřech měření v šíři (2. 4. 6. 8. metr), kde je v celé šíři umístěno 8 bodů. V každém materiálu bylo umístěno 120 bodů v délce a 24 bodů v šíři. Dále bylo provedeno rozměření pro měření hmotnosti. Každý materiál o deseti metrech délky byl rozměřen na základní délku vzorku jednoho metru s šíří 0,5m. Jeden délkový metr byl dále rozdělen na 1/2m délky a dále 1/6m délky. A tyto vzorky o délce 1/6m byly jednotlivě váženy.



Obrázek 22: Základní rozměření pro jeden délkový metr

3.2.1. Měření prodyšnosti

Měření propustnosti vzduchu bylo provedeno na přístroji SDL MO21A Atlas v budově Ústavu pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace TUL. Měření probíhalo na testovací hlavě 20cm² při zkušebním tlaku 200Pa. Měřený vzorek byl umístěn podle rozměřených bodů nad střed měřicího otvoru a po stisknutí čelisti došlo k změření hodnoty v jednotkách [l.m⁻².s⁻¹]. Přístroj pracuje v souladu s normou ČSN ISO 9237. V průmyslové výrobě se u vpichovaných netkaných textilií, ale i u jiných jako například spunbond a meltblown využívá měření průtoku vzduchu pomocí přístroje SDL MO21A Atlas k rychlému proměření stejnoměrnosti. Tolerance pro stejnoměrnost bývá 10%.



Obrázek 23: Měření prodyšnosti na přístroj SDL MO21A Atlas



Obrázek 24: Detail testovací hlavy přístroje SDL MO21A Atlas

3.2.2. Měření tloušťky

Měření tloušťky bylo provedeno na tloušťkoměru Elcometer 456 v laboratoři poloprovozu KNT FT TUL. Tloušťka byla měřena jako kolmá vzdálenost mezi horním a spodním okrajem vzorku ve stejných bodech, ve kterých probíhalo i měření prodyšnosti a to pro všechny materiály stejně. Jednotky měření jsou v [mm].

3.2.3. Měření hmotnosti

Měření hmotnosti bylo provedeno na kalibrované váze v laboratoři poloprovozu KNT FT TUL. Hmotnost byla pro všechny materiály zvážena dle rozměření. Vzorky o délce 1/6m a šíři 50cm byly váženy jednotlivě, po trojicích a nakonec po šesti vzorcích pro zvážení celého jednoho metru. Jednotky měření jsou v [g].

3.3. VÝSLEDKY

Výsledné hodnoty jsou pro jejich názornou ilustraci zobrazeny v bodových a sloupcových grafech. Ke každému grafu náleží tabulka hodnot, která zobrazuje základní statistické výpočty z celého souboru naměřených hodnot.

Vyhodnocení získaných dat zahrnovalo tyto výpočty:

- *Aritmetický průměr*

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10)$$

- *Směrodatná odchylka*

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

- *Variační koeficient*

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 10^2 \quad (12)$$

- *95% interval spolehlivosti*

$$IS = \bar{x} \pm t(n-1) \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

3.3.1. Výsledné hodnoty prodyšnosti

Data získaná měřením propustnosti vzduchu byla dle rozměření rozdělena podle směru shodného s výrobou MD (machine direction) a podle směru, který je ke směru výroby kolmý CD (cross direction). V podélném směru MD byly provedeny základní statistické výpočty z celého datového souboru. Tyto výpočty jsou znázorněny v **Tabulce 1**, **Tabulce 2** a v **Tabulce 3**. Pomocí směrodatných odchylek, které jsou odečtené a přičtené k aritmetickým průměrům ($\bar{X} - s$, $\bar{X} + s$) a jsou zanesené do **Grafu 1**, **Grafu 2** a do **Grafu 3** lze v těchto grafech znázornit datový rozptyl.

V kolmém směru CD byly statistické výpočty provedeny pro pravou i levou stranu dle rozměření (z každé strany jsou čtyři hodnoty) a jsou znázorněny v **Tabulce 4** a v **Tabulce 5**. Hodnoty v tomto směru jsou znázorněny ze získaných aritmetických průměrů, a k nim příslušných směrodatných odchylek v **Grafu 4**, **Grafu 5** a v **Grafu 6**.

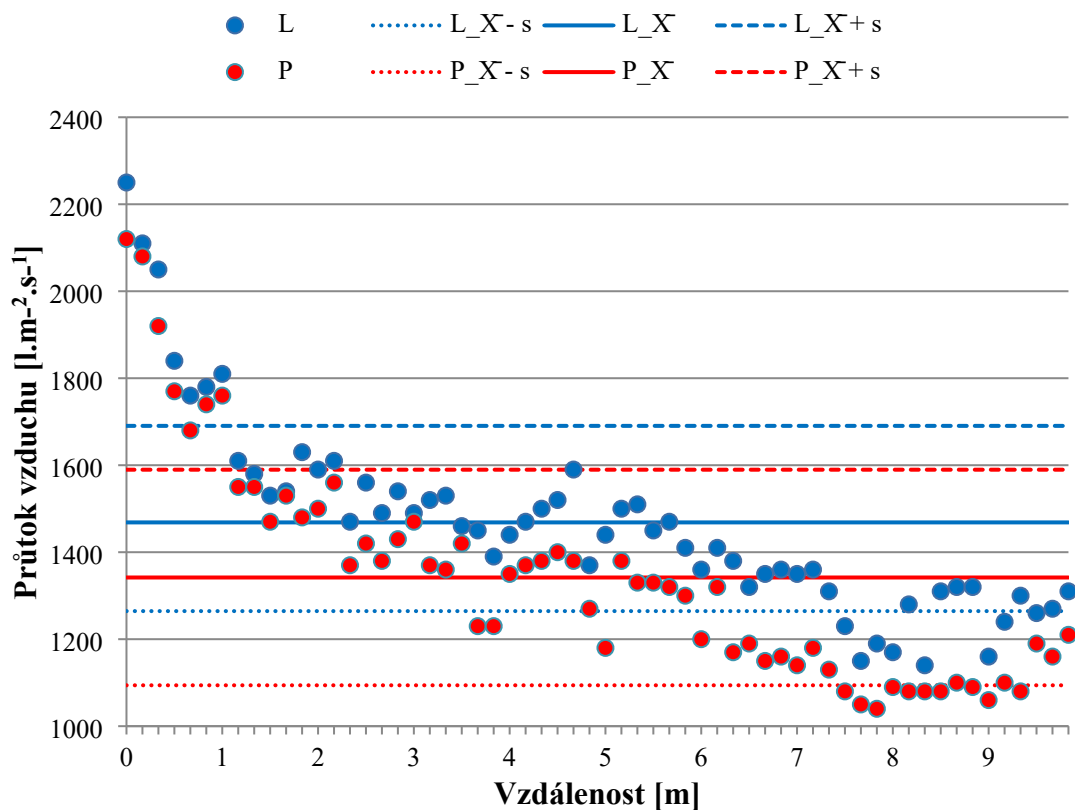
3.3.1.1. Prodyšnost_MD

V **Grafu 1** je patrné, že hodnoty průtoku vzduchu u prvního vyrobeného materiálu A byly na začátku výroby velice vysoké a k jejich mírnému ustálení došlo až v druhé polovině celkové délky materiálu. To má za následek velmi vysokou variabilitu dat u obou zkoumaných stran, ale vyšší je na straně pravé viz **Tabulka 1**. Hodnoty průtoku vzduchu jsou u tohoto materiálu nejnižší ze všech hodnocených materiálů a ve stranovém porovnání je hodnota nižší vpravo.

Tabulka 1: Prodyšnost – A (MD)

PRODYŠNOST (MD)	Materiál - A	
	L	P
Počet měření [-]	60	60
Aritmetický průměr [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	1468,5	1341,83
Variační koeficient [%]	15,11	18,47
Směrodatná odchylka [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	221,94	247,83
95%Interval spolehlivosti [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	(1411,15 ; 1525,85)	(1277,79 ; 1405,87)

PRODYŠNOST - MATERIÁL - A (MD)



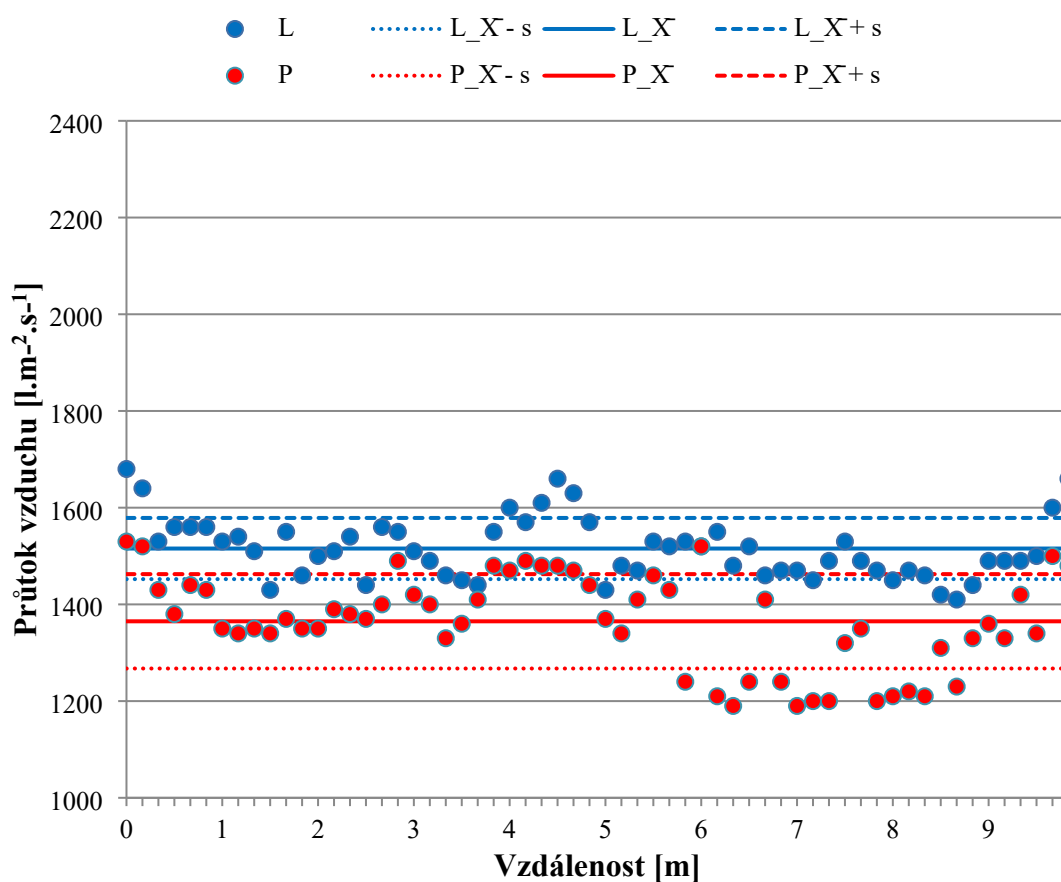
Graf 1: Hodnoty prodyšnosti – A (MD) – Celkové

Hodnoty propustnosti vzduchu u v pořadí druhého materiálu B v **Grafu 2** se ustálili a vykazují v porovnání s prvním materiálem nižší variabilitu dat a v případě levé strany je tato hodnota dokonce nejnižší ze všech třech hodnocených materiálů viz **Tabulka 2**. Variabilita dat na straně pravé je stejně jako u předešlého materiálu vyšší. Hodnoty průtoku vzduchu jsou u tohoto materiálu mírně vyšší oproti předchozímu materiálu s tím, že pravá strana dosahuje nižších hodnot oproti straně levé.

Tabulka 2: Prodyšnost – B (MD)

PRODYŠNOST (MD)	Materiál - B	
	L	P
Počet měření [-]	60	60
Aritmetický průměr [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	1515,5	1365
Variační koeficient [%]	4,17	7,15
Směrodatná odchylka [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	63,26	97,59
95%Interval spolehlivosti [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	(1499,15 ; 1531,85)	(1339,78 ; 1390,22)

PRODYŠNOST - MATERIÁL - B (MD)



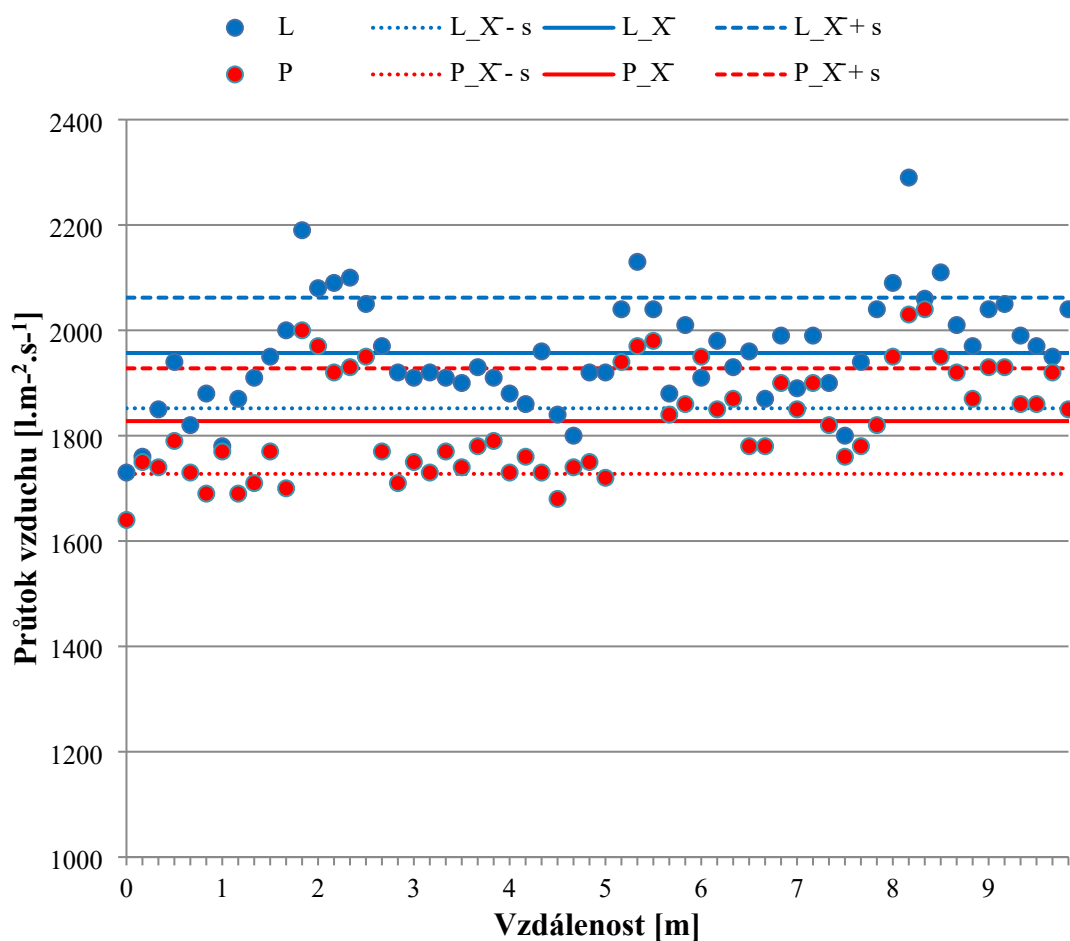
Graf 2: Hodnoty prodyšnosti – B (MD) – Celkové

U v pořadí třetího materiálu C jsou hodnoty průtoku vzduchu v **Grafu 3** déle ustálené, ale variabilita dat plynoucí z **Tabulky 3** je proti předchozímu materiálu mírně vyšší a ve stranovém porovnání je variabilita dat téměř shodná. Hodnoty průtoku vzduchu jsou u tohoto materiálu nejvyšší ze všech třech hodnocených materiálů s tím, že nižší hodnoty jsou také na pravé straně.

Tabulka 3: Prodyšnost – C (MD)

PRODYŠNOST (MD)	Materiál - C	
	L	P
Počet měření [-]	60	60
Aritmetický průměr [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	1957	1827,67
Variační koeficient [%]	5,37	5,48
Směrodatná odchylka [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	105,00	100,18
95%Interval spolehlivosti [$\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	(1929,87 ; 1984,13)	(1801,78 ; 1853,56)

PRODYŠNOST - MATERIÁL - C (MD)

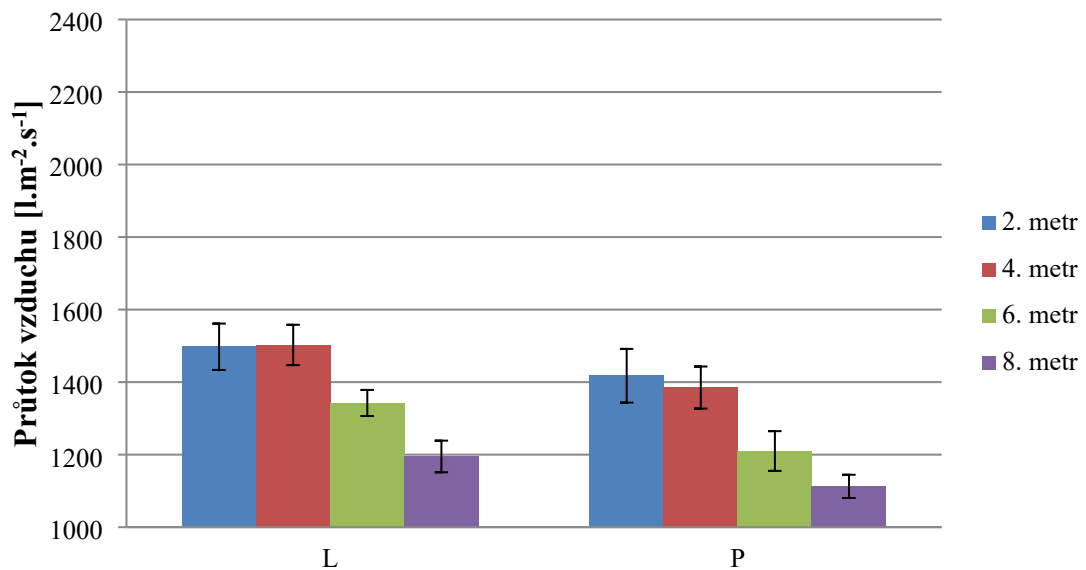


Graf 3: Hodnoty prodyšnost – C (MD) – Celkové

3.3.1.2. Prodyšnost_CD

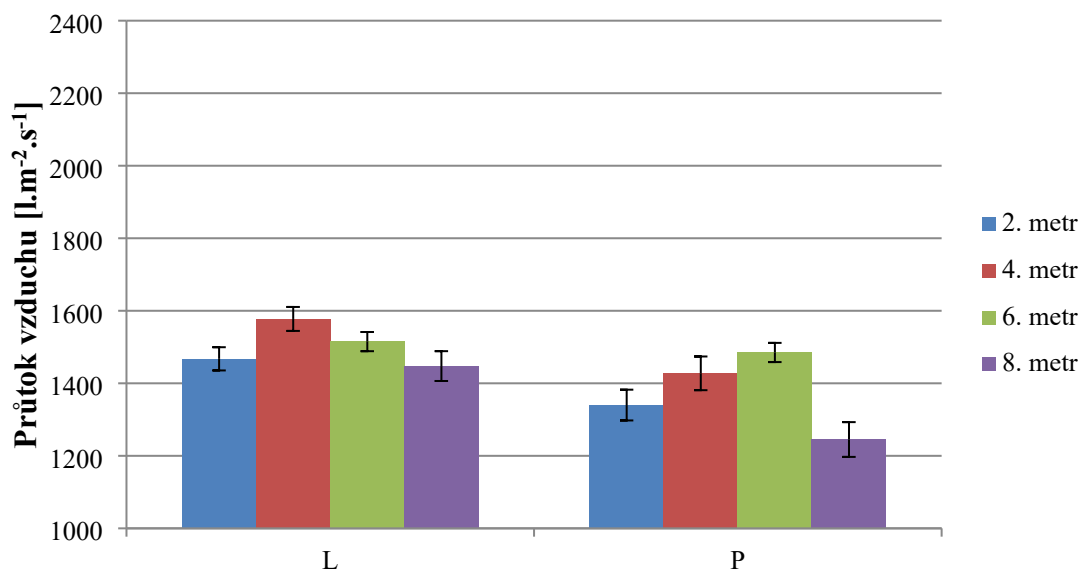
Hodnoty průtoku vzduchu získané v kolmých směrech CD potvrzují, že u všech třech hodnocených materiálů v **Grafu 4**, **Grafu 5** a v **Grafu 6**, platí, že obecně nižší hodnoty průtoku vykazují pravé strany oproti stranám levým. Variabilita dat patrná v **Tabulce 4** a v **Tabulce 5** je u většiny případů nižší pro levou stranu.

PRODYŠNOST - MATERIÁL - A (CD)



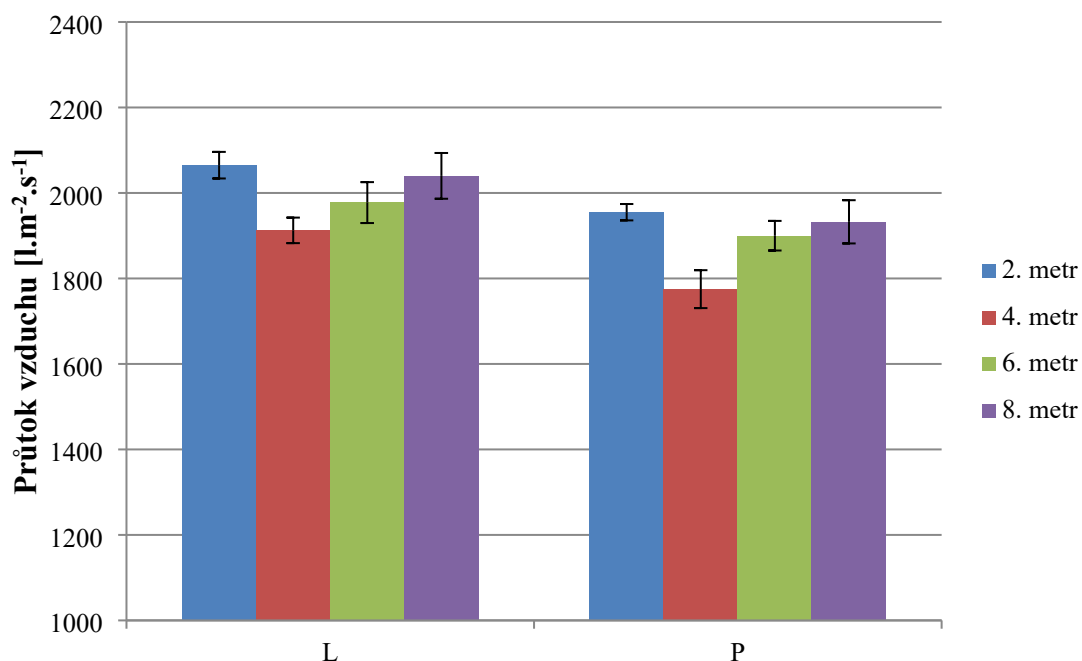
Graf 4: Hodnoty prodyšnost – A (CD) – Aritmetické průměry

PRODYŠNOST - MATERIÁL - B (CD)



Graf 5: Hodnoty prodyšnost – B (CD) – Aritmetické průměry

PRODYŠNOST - MATERIÁL - C (CD)



Graf 6: Hodnoty prodyšnost – C (CD) – Aritmetické průměry

Tabulka 4: Prodyšnost – (CD) – Levá strana

LEVÁ STRANA - MATERIÁL - A					
PRODYŠNOST (CD)	Počet měření [-]	Aritmetický průměr [l.m ⁻² .s ⁻¹]	Variační koeficient [%]	Směrodatná odchylka [l.m ⁻² .s ⁻¹]	95% Interval spolehlivosti [l.m ⁻² .s ⁻¹]
2. metr	4	1497,5	4,27	63,97	(1395,21 ; 1598,79)
4. metr	4	1502,5	3,70	55,60	(1414,03 ; 1590,97)
6. metr	4	1342,5	2,68	35,94	(1285,31 ; 1399,69)
8. metr	4	1195	3,65	43,59	(1125,64 ; 1264,36)
MATERIÁL - B					
2. metr	4	1467,5	2,18	32,02	(1416,56 ; 1518,44)
4. metr	4	1577,5	2,09	33,04	(1524,93 ; 1630,07)
6. metr	4	1515	1,75	26,46	(1472,90 ; 1557,10)
8. metr	4	1447,5	2,84	41,13	(1382,05 ; 1512,95)
MATERIÁL - C					
2. metr	4	2065	1,51	31,09	(2015,53 ; 2114,47)
4. metr	4	1912,5	1,56	29,86	(1864,99 ; 1960,01)
6. metr	4	1977,5	2,42	47,87	(1901,33 ; 2053,67)
8. metr	4	2040	2,62	53,54	(1954,80 ; 2125,19)

Tabulka 5: Prodyšnost – (CD) – Pravá strana

PRAVÁ STRANA - MATERIÁL - A					
PRODYŠNOST (CD)	Počet měření [-]	Aritmetický průměr [l.m⁻².s⁻¹]	Variační koeficient [%]	Směrodatná odchylka [l.m⁻².s⁻¹]	95% Interval spolehlivosti [l.m⁻².s⁻¹]
2. metr	4	1417,5	5,23	74,11	(1299,58 ; 1535,42)
4. metr	4	1385	4,19	58,02	(1292,68 ; 1477,32)
6. metr	4	1210	4,53	54,77	(1122,85 ; 1297,15)
8. metr	4	1112,5	2,88	32,02	(1061,55 ; 1163,45)
MATERIÁL - B					
2. metr	4	1340	3,17	42,43	(1272,49 ; 1407,51)
4. metr	4	1427,5	3,25	46,46	(1353,58 ; 1501,42)
6. metr	4	1485	1,78	26,46	(1442,90 ; 1527,10)
8. metr	4	1245	3,85	47,96	(1168,69 ; 1321,31)
MATERIÁL - C					
2. metr	4	1955	0,98	19,15	(1924,53 ; 1985,47)
4. metr	4	1775	2,50	44,35	(1704,43 ; 1845,57)
6. metr	4	1900	1,82	34,64	(1844,88 ; 1955,12)
8. metr	4	1932,5	2,62	50,58	(1852,02 ; 2012,98)

3.3.2. Výsledné hodnoty tloušťky

Data získaná měření tloušťky byla dle rozměření rozdělena podle směru shodného s výrobou MD a podle směru, který je ke směru výroby kolmý CD.

V podélném směru MD byly provedeny základní statistické výpočty, které jsou díky rozměření analogické s výpočty pro propustnost vzduchu z celého datového souboru. Tyto výpočty jsou znázorněné v **Tabulce 6**, **Tabulce 7** a v **Tabulce 8**. Pomocí směrodatných odchylek, které jsou odečtené a přičtené k aritmetickým průměrům ($\bar{X} - s$, $\bar{X} + s$) a jsou zanesené do **Grafu 7**, **Grafu 8** a v **Grafu 9** lze v těchto grafech znázornit datový rozptyl.

V kolmém směru CD byly statistické výpočty analogické s propustností vzduchu provedeny pro pravou i levou stranu dle rozměření (z každé strany jsou čtyři hodnoty) a jsou znázorněné v **Tabulce 9** a v **Tabulce 10**. Hodnoty v tomto směru jsou znázorněny ze získaných aritmetických průměrů a k nim příslušných směrodatných odchylek v **Grafu 10**, **Grafu 11** a v **Grafu 12**.

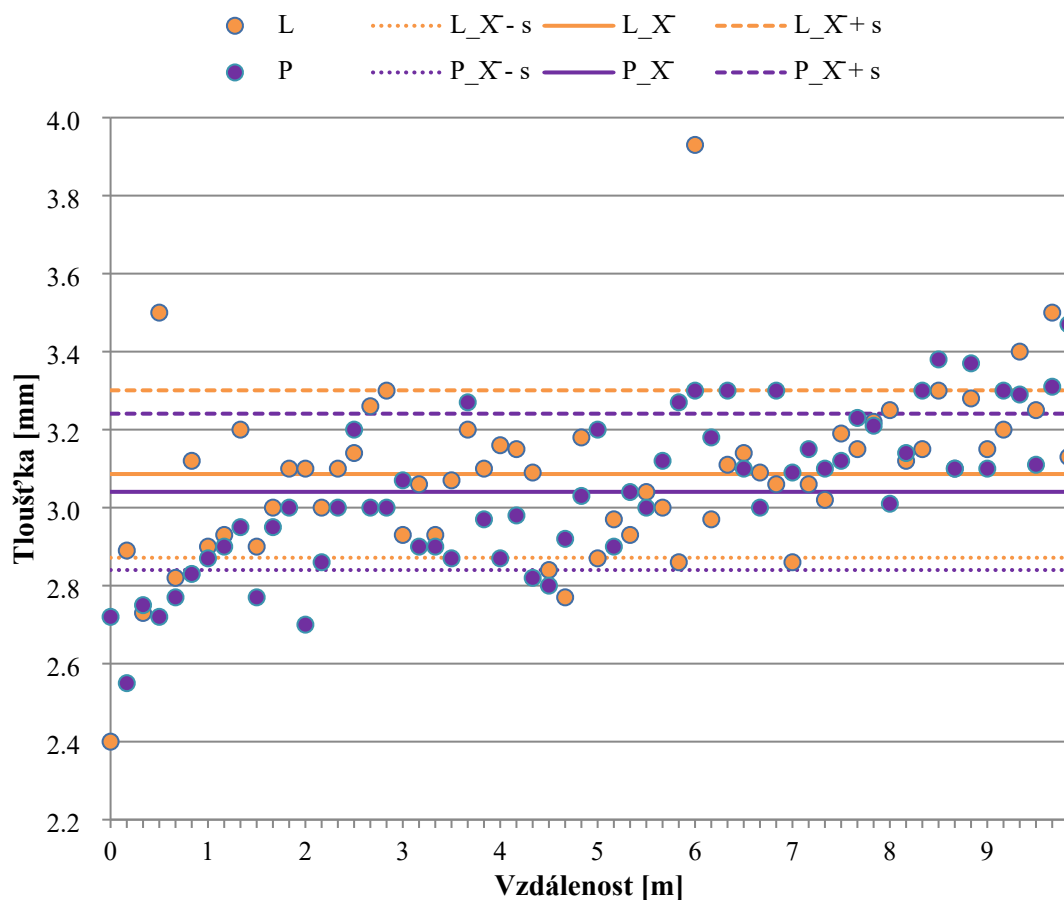
3.3.2.1. Tloušťka_MD

Hodnoty tloušťky z prvního vyrobeného materiálu A zobrazené v **Grafu 7** ukazují nízké počáteční hodnoty, kdy k jejich ustálení dochází zhruba po dosažení druhého metru délky. Po dosažení osmého metru jejich hodnota dále mírně stoupá. Variabilita dat patrná z **Tabulky 6** je u tohoto materiálu nejvyšší ze všech tří materiálů.

Tabulka 6: Tloušťka – A (MD)

TLOUŠŤKA (MD)	Materiál - A	
	L	P
Počet měření [-]	60	60
Aritmetický průměr [mm]	3,09	3,04
Variační koeficient [%]	6,95	6,59
Směrodatná odchylka [mm]	0,21	0,20
95%Interval spolehlivosti [mm]	(3,04 ; 3,14)	(2,99 ; 3,09)

TLOUŠŤKA - MATERIÁL - A (MD)



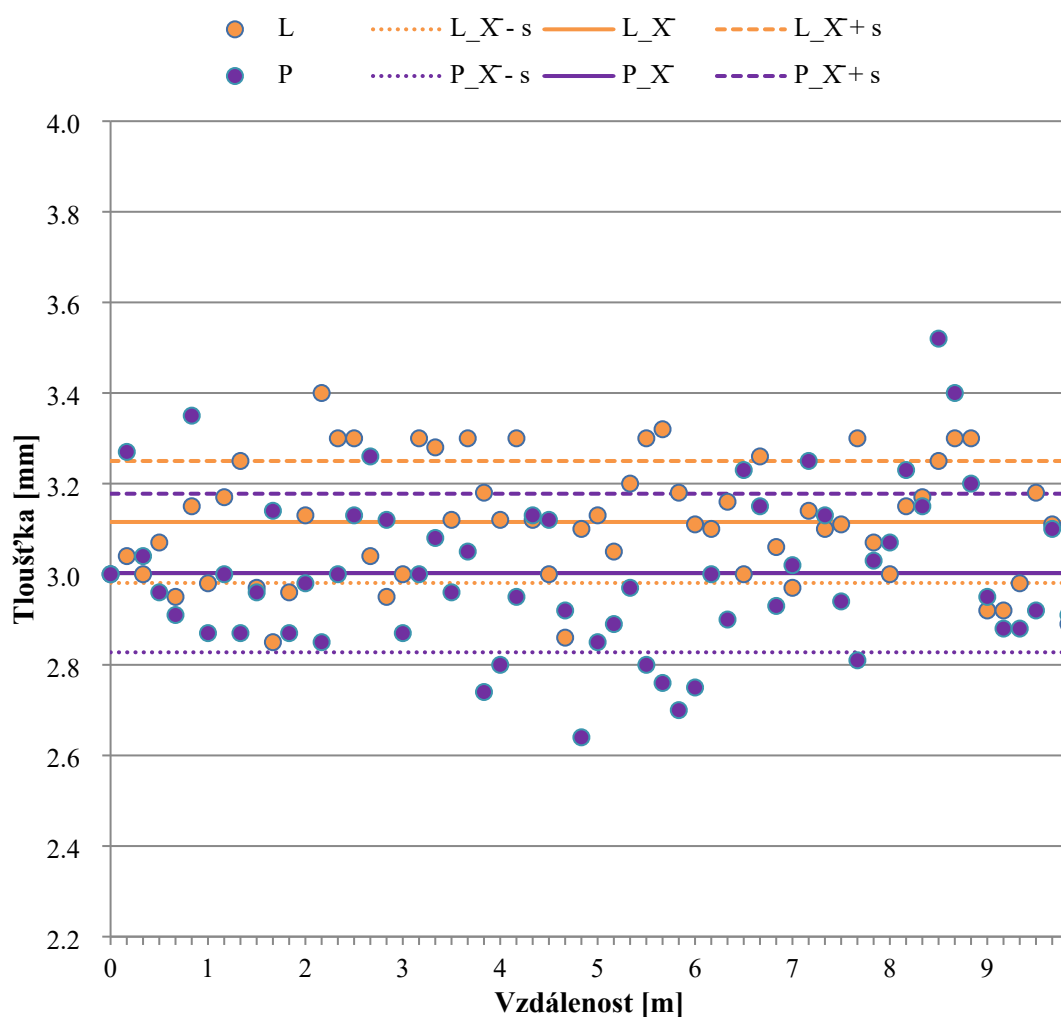
Graf 7: Hodnoty prodyšnost – A (MD) – Celkové

U druhého vyrobeného materiálu B hodnoty tloušťky v **Grafu 8** vykazují nejnižší variabilitu dat, viz **Tabulka 7** ve své levé části a to i v porovnání se všemi hodnocenými materiály. Hodnoty tloušťky jsou mírně nižší na pravé straně.

Tabulka 7: Tloušťka – B (MD)

TLOUŠŤKA (MD)	Materiál - B	
	L	P
Počet měření [-]	60	60
Aritmetický průměr [mm]	3,12	3,00
Variační koeficient [%]	4,32	5,83
Směrodatná odchylka [mm]	0,13	0,18
95%Interval spolehlivosti [mm]	(3,09 ; 3,15)	(2,95 ; 3,05)

TLOUŠŤKA - MATERIÁL - B (MD)



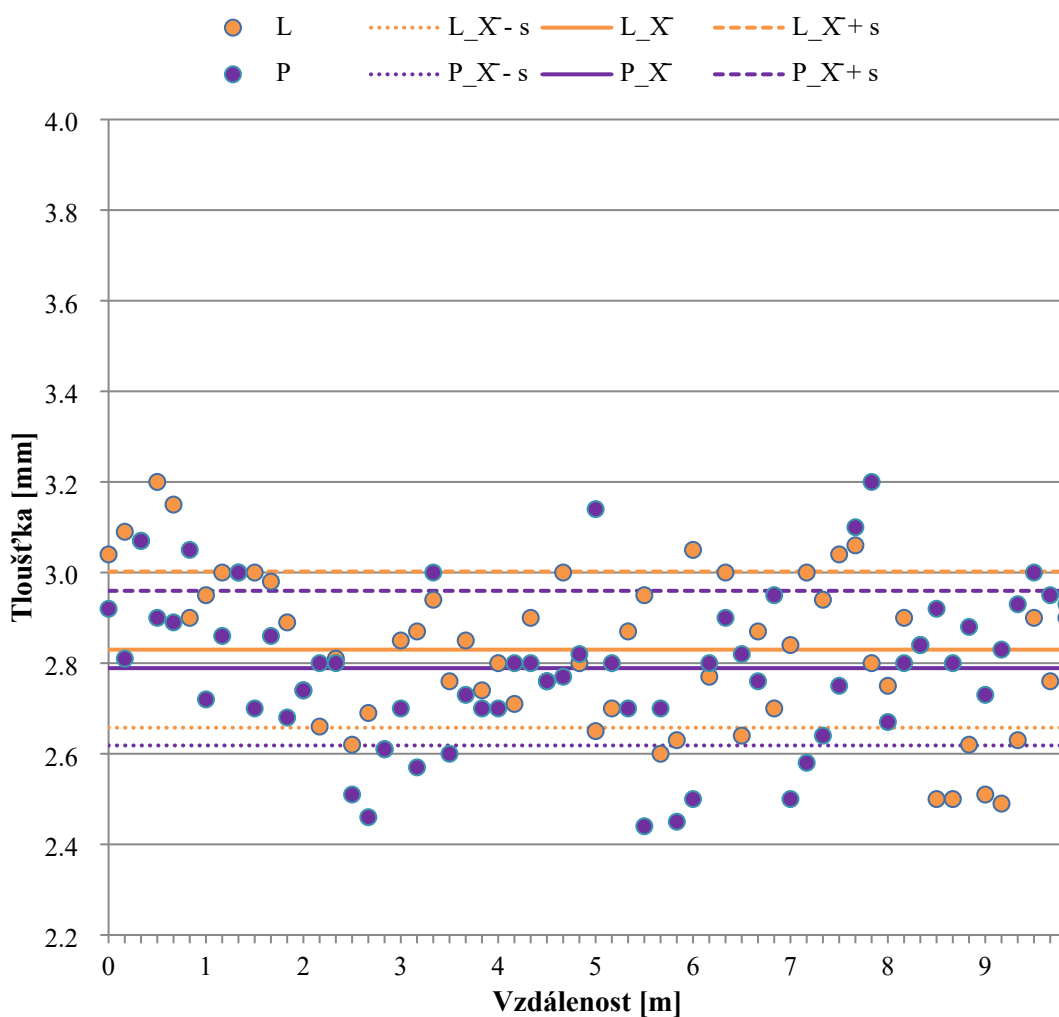
Graf 8: Hodnoty prodyšnost – B (MD) – Celkové

U třetího materiálu C v **Grafu 9** vykazují hodnoty, stejnou variabilitu dat viz **Tabulka 8** pro levou i pravou stranu. Hodnoty tloušťky jsou nejnižší ze všech hodnocených materiálů, kdy mírně nižší hodnotu dává pravá strana.

Tabulka 8: Tloušťka – C (MD)

TLOUŠŤKA (MD)	Materiál - C	
	L	P
Počet měření [-]	60	60
Aritmetický průměr [mm]	2,83	2,79
Variační koeficient [%]	6,09	6,12
Směrodatná odchylka [mm]	0,17	0,17
95%Interval spolehlivosti [mm]	(2,79 ; 2,87)	(2,75 ; 2,83)

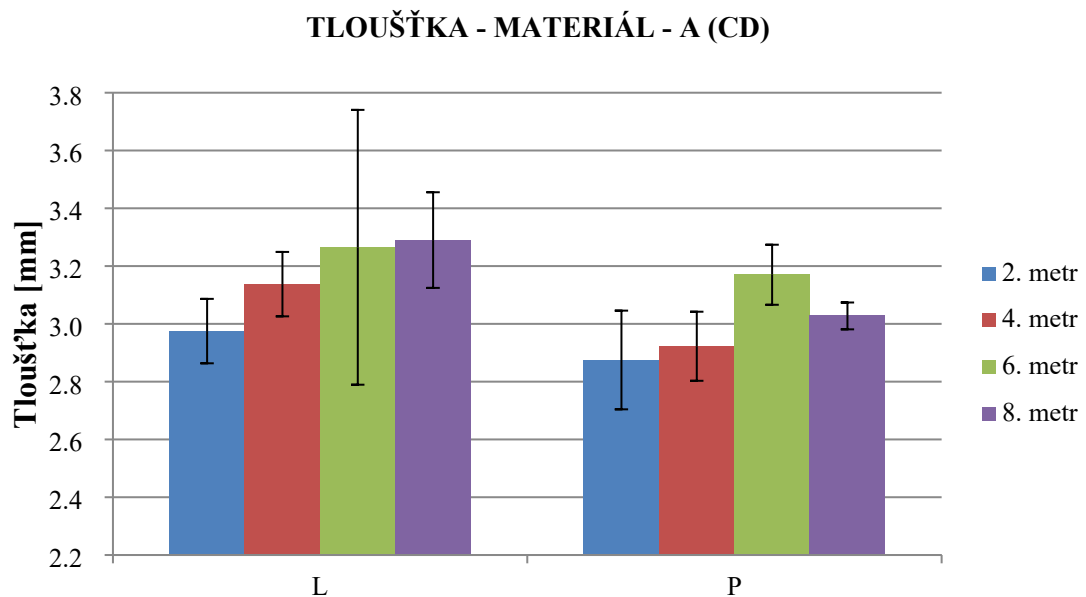
TLOUŠŤKA - MATERIÁL - C (MD)



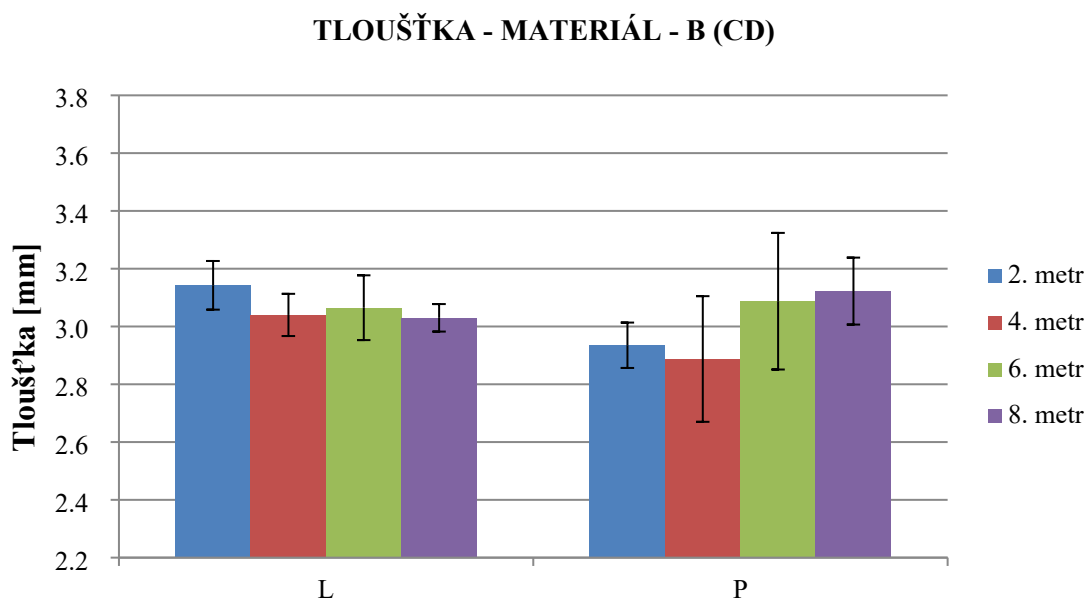
Graf 9: Hodnoty prodyšnost – C (MD) – Celkové

3.3.2.2. Tloušťka_CD

Hodnoty tloušťky získané v kolmých směrech CD potvrzují, že u všech třech materiálů v **Grafu 10**, **Grafu 11** a v **Grafu 12** platí, že obecně nižší tloušťku vykazují pravé strany, krom materiálu B, kdy v šestém a osmém metru byly zaznamenány nižší průměrné hodnoty pro levou část materiálu. Variabilita dat zobrazená v **Tabulce 9** a **Tabulce 10** je obecně nižší pro levou část až na dvě výjimky u materiálu A.

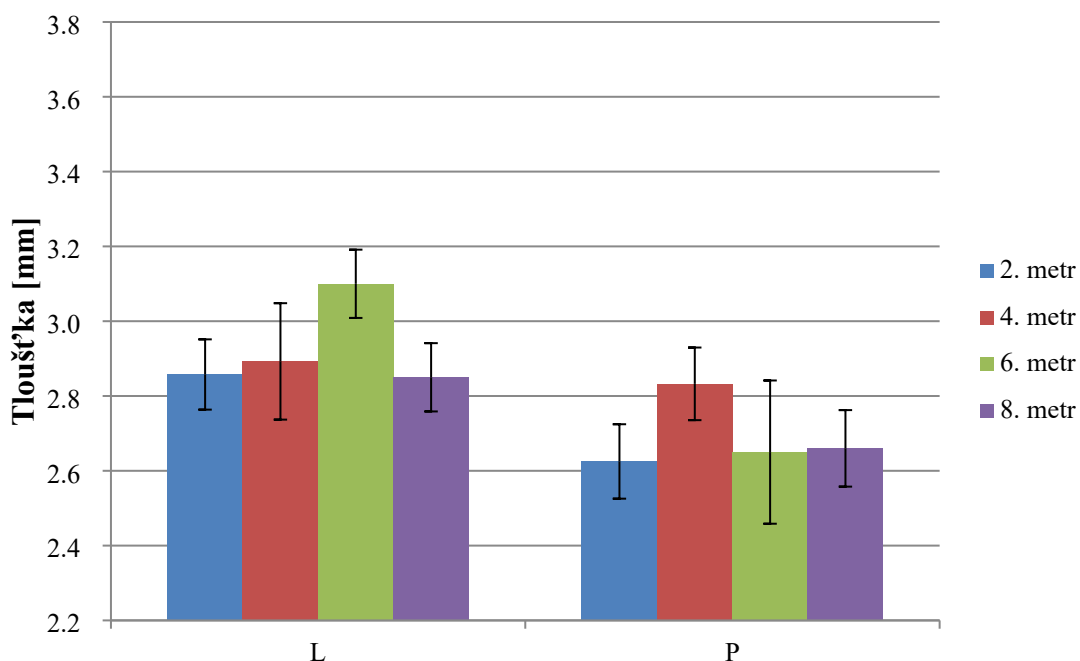


Graf 10: Hodnoty tloušťky – A (CD) – Aritmetické průměry



Graf 11: Hodnoty tloušťky – B (CD) – Aritmetické průměry

TLOUŠŤKA - MATERIÁL - C (CD)



Graf 12: Hodnoty tloušťky – C (CD) – Aritmetické průměry

Tabulka 9: Tloušťky – (CD) – Levá strana

LEVÁ STRANA - MATERIÁL - A					
TLOUŠŤKA (CD)	Počet měření [-]	Aritmetický průměr [mm]	Variační koeficient [%]	Směrodatná odchylka [mm]	95% Interval spolehlivosti [mm]
2. metr	4	2,98	3,75	0,11	(2,80 ; 3,15)
4. metr	4	3,14	3,55	0,11	(2,96 ; 3,35)
6. metr	4	3,27	14,57	0,48	(2,51 ; 4,02)
8. metr	4	3,29	5,03	0,17	(3,03 ; 3,55)
MATERIÁL - B					
2. metr	4	3,14	2,68	0,08	(3,01 ; 3,28)
4. metr	4	3,04	2,40	0,07	(2,92 ; 3,16)
6. metr	4	3,07	3,66	0,11	(2,89 ; 3,24)
8. metr	4	3,03	1,57	0,05	(2,95 ; 3,11)
MATERIÁL - C					
2. metr	4	2,86	3,29	0,09	(2,71 ; 3,01)
4. metr	4	2,89	5,38	0,16	(2,64 ; 3,14)
6. metr	4	3,10	2,94	0,09	(2,95 ; 3,25)
8. metr	4	2,85	3,20	0,09	(2,70 ; 3,00)

Tabulka 10: Tloušťky – (CD) – Pravá strana

PRAVÁ STRANA - MATERIÁL - A					
TLOUŠŤKA (CD)	Počet měření [-]	Aritmetický průměr [mm]	Variační koeficient [%]	Směrodatná odchylka [mm]	95% Interval spolehlivosti [mm]
2. metr	4	2,88	5,94	0,17	(2,60 ; 3,15)
4. metr	4	2,92	4,09	0,12	(3,73 ; 3,11)
6. metr	4	3,17	3,28	0,10	(3,00 ; 3,34)
8. metr	4	3,03	1,53	0,05	(2,95 ; 3,10)
MATERIÁL - B					
2. metr	4	2,94	2,68	0,08	(2,81 ; 3,06)
4. metr	4	2,89	7,53	0,22	(2,54 ; 3,23)
6. metr	4	3,09	7,66	0,24	(2,71 ; 3,46)
8. metr	4	3,12	3,71	0,12	(2,94 ; 3,31)
MATERIÁL - C					
2. metr	4	2,63	3,79	0,10	(2,47 ; 2,78)
4. metr	4	2,83	3,43	0,10	(2,68 ; 2,99)
6. metr	4	2,65	7,23	0,19	(2,35 ; 2,95)
8. metr	4	2,66	3,85	0,10	(2,50 ; 2,82)

Naměřená data v **Tabulce 11** představují základ pro statistické výpočty z **Tabulky 9** a **Tabulky 10** pro materiál A.

Tabulka 11: Ukázka výchozích dat z materiálu A

A	LEVÁ				PRAVÁ			
	6cm	12,5cm	18cm	24cm	24cm	18cm	12,5cm	6cm
2. metr	3,00	3,10	2,83	2,97	3,10	2,90	2,70	2,80
4. metr	3,00	3,16	3,12	3,27	3,00	2,78	2,87	3,04
6. metr	3,17	3,93	2,80	3,16	3,20	3,12	3,30	3,06
8. metr	3,50	3,25	3,10	3,31	3,07	2,97	3,01	3,06

3.3.3. Výsledné hodnoty hmotnosti

Z dat získaných měření hmotnosti jednotlivých materiálů byla vypočítána celková hmotnost každého zkoumaného materiálu a plošná hmotnost, která je vztažena k rozměru celkového rozměru materiálu (0,5m x 10m) a dále byly provedeny základní statistické výpočty z celého souboru získaných dat, které jsou zobrazené v **Tabulce 12**, **Tabulce 13** a v **Tabulce 14**. Hodnoty hmotností jednoho délkového metru o šíři 0,5m, jeho polovin a šestin jsou znázorněny v **Grafu 13**, **Grafu 14** a v **Grafu 15**.

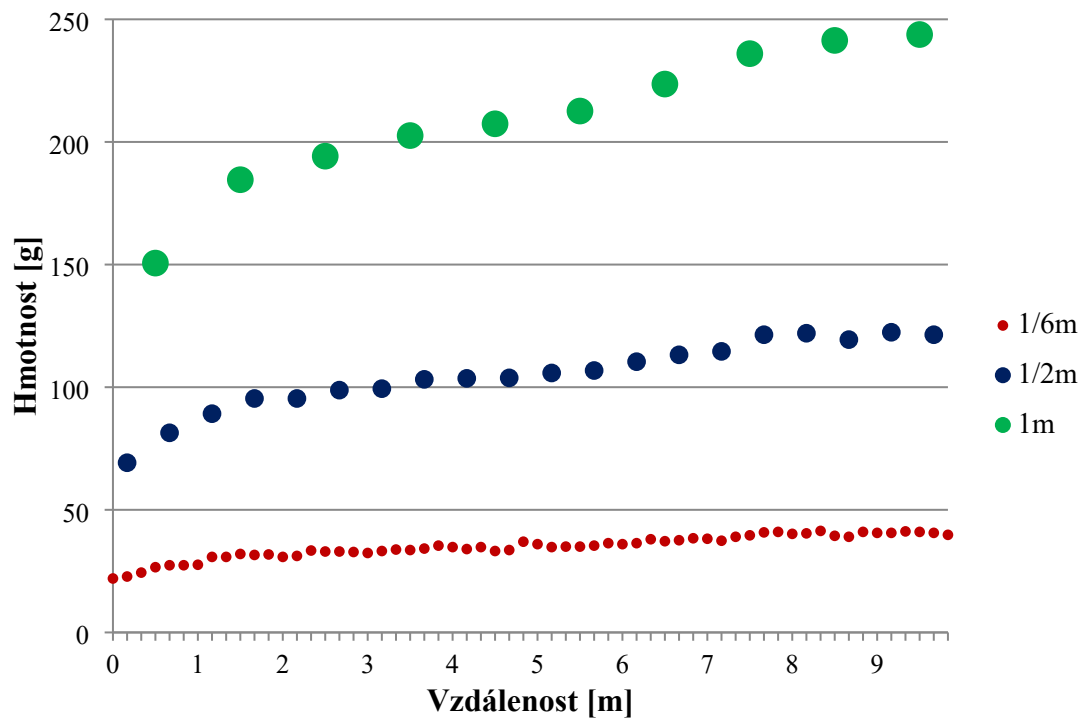
3.3.3.1. Hmotnost

Data prvního vyrobeného materiálu A v **Grafu 13** ukazují velký rozdíl v hmotnosti mezi počátečním a konečným metrem délky materiálu. Od počátku dochází k mírnému ustálení až na čtvrtém metru, kdy hmotnost narůstá pozvolna a dále roste výrazně od metru sedmého až ke konci materiálu. Z toho důvodu je u tohoto materiálu, jak plyne níže z **Tabulky 12** také nejvyšší variabilita dat ze všech třech hodnocených materiálů. Hmotnost a celková plošná hmotnost zde dosahují nejvyšších hodnot.

Tabulka 12: Hmotnost – A

HMOTNOST	Materiál - A		
	1/6m	1/2m	1m
Počet měření [-]	60	20	10
Aritmetický průměr [g]	34,95	104,84	209,68
Variační koeficient [%]	13,59	13,63	13,75
Směrodatná odchylka [g]	4,75	14,29	28,83
95%Interval spolehlivosti [g]	(33,72 ; 36,18)	(98,15 ; 111,53)	(189,06 ; 230,30)
Celková hmotnost [g]	2096,8		
Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	419,36		

MATERIÁL - A - HMOTNOST



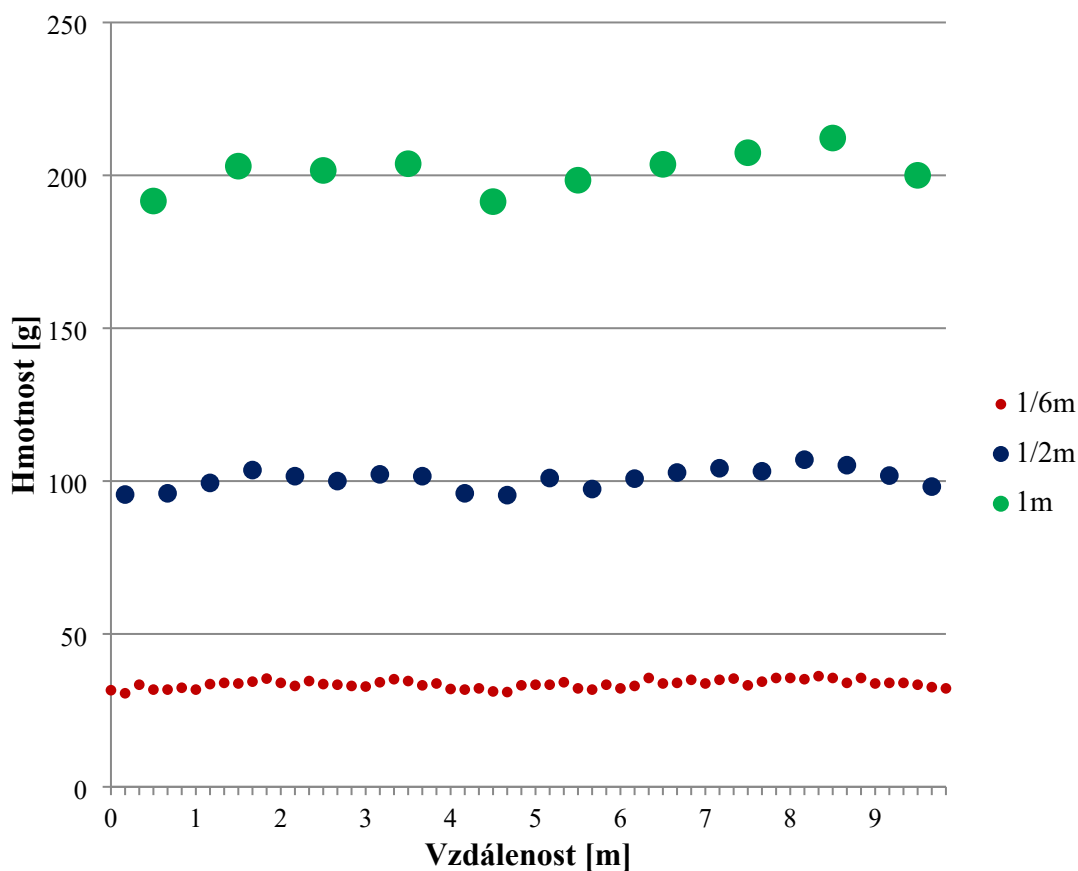
Graf 13: Hodnoty hmotnosti Materiál – A – Celkové

Data druhého vyrobeného materiálu B v **Grafu 14** ukazují, že hodnoty hmotnosti jsou oproti prvnímu materiálu mnohem více ustálené. Variabilita dat patrná z **Tabulky 13** je nejnižší ze všech hodnocených materiálů. Hodnoty hmotností a celkové plošné hmotnosti jsou zde nižší než u prvního materiálu A.

Tabulka 13: Hmotnost – B

HMOTNOST	Materiál - B		
	1/6m	1/2m	1m
Počet měření [-]	60	20	10
Aritmetický průměr [g]	33,55	100,65	201,40
Variační koeficient [%]	3,96	3,33	3,19
Směrodatná odchylka [g]	1,33	3,36	6,42
95%Interval spolehlivosti [g]	(33,21 ; 33,89)	(99,08 ; 102,22)	(196,81 ; 205,99)
Celková hmotnost [g]	2014		
Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	402,80		

MATERIÁL - B - HMOTNOST



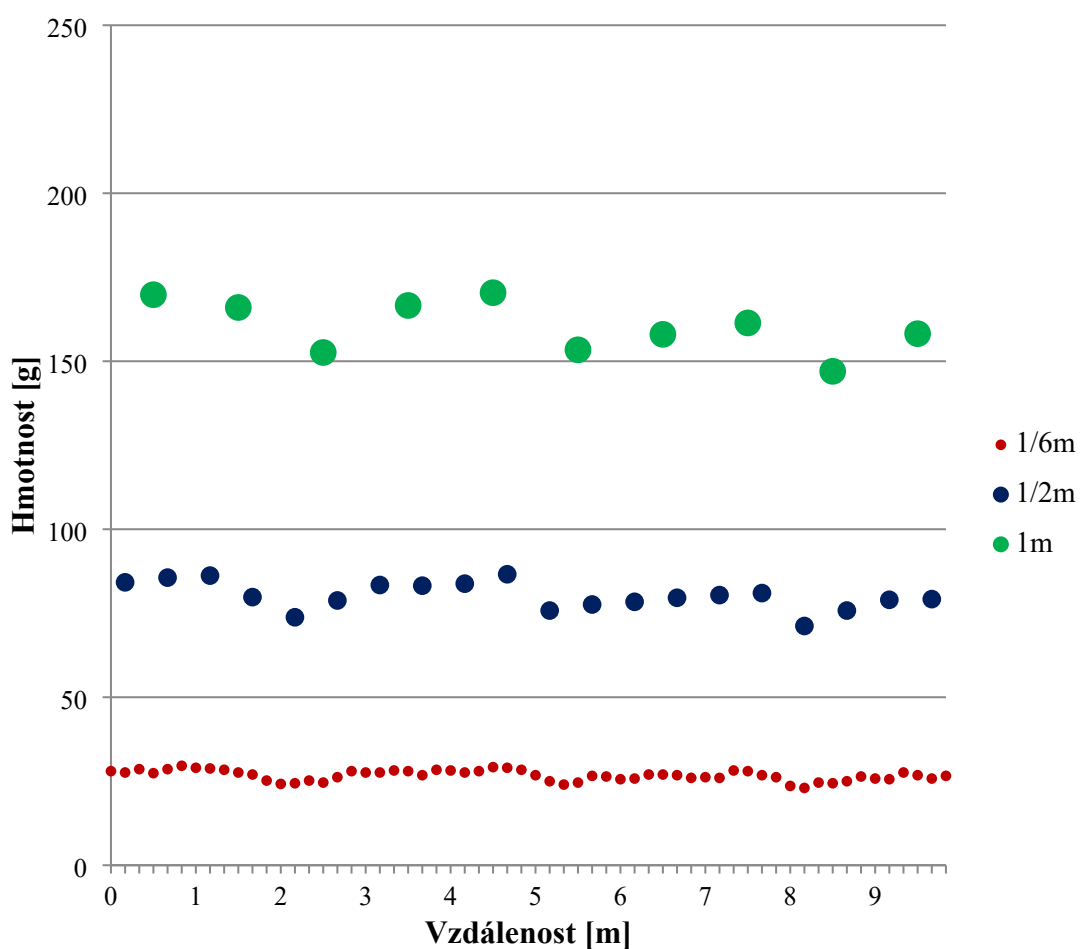
Graf 14: Hodnoty hmotnosti Materiál – B – Celkové

V **Grafu 15** je zobrazen v pořadí třetí vyrobený materiál C. Variabilita dat patrná z **Tabulky 14** je mírně vyšší než u předešlého materiálu B. Hodnoty hmotností a celkové plošné hmotnosti jsou zde nejnižší ze všech hodnocených materiálů.

Tabulka 14: Hmotnost – C

HMOTNOST	Materiál - C		
	1/6m	1/2m	1m
Počet měření [-]	60	20	10
Aritmetický průměr [g]	26,73	80,17	160,34
Variační koeficient [%]	5,85	5,20	4,92
Směrodatná odchylka [g]	1,56	4,17	7,88
95%Interval spolehlivosti [g]	(24,33 ; 25,13)	(78,22 ; 82,12)	(154,7 ; 165,98)
Celková hmotnost [g]	1603,4		
Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	320,68		

MATERIÁL - C - HMOTNOST



Graf 15: Hodnoty hmotnosti Materiál – C – Celkové

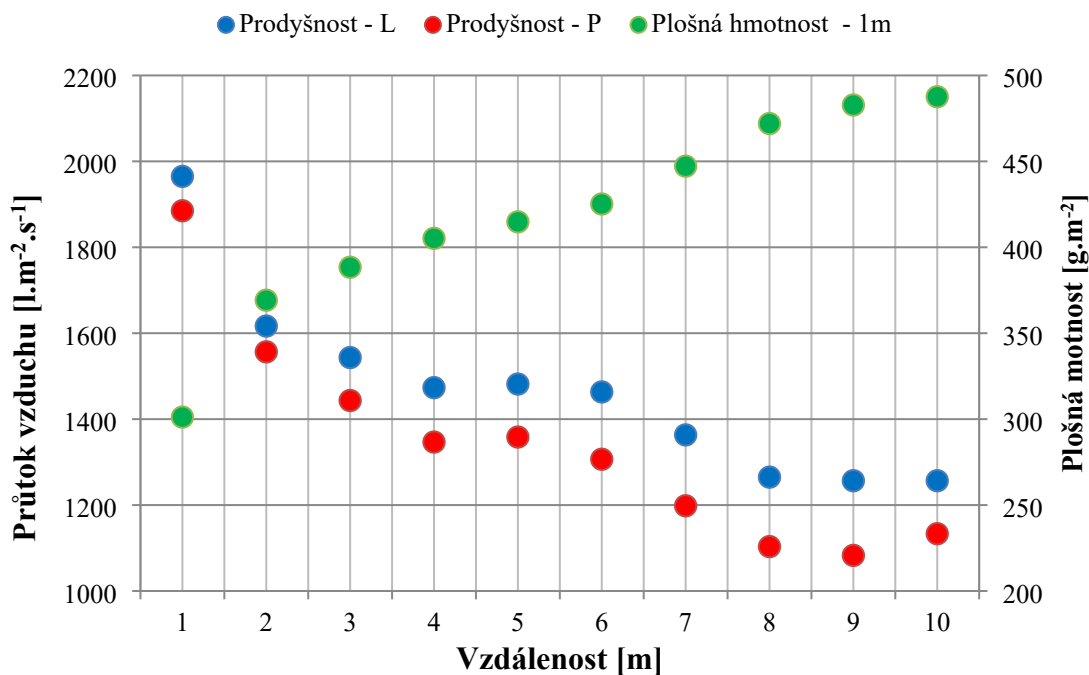
3.3.4. Korelace prodyšnosti MD a plošné hmotnosti

Pro znázornění vztahu mezi prodyšností a hmotností byl vypočítán aritmetický průměr z šesti měření pro každý jeden metr délky materiálů MD u prodyšnosti a vypočítána plošná hmotnost z každého jednoho délkového metru o šíři 50cm viz **Tabulka 15**. Hodnoty z této tabulky jsou mezi sebou porovnány v **Grafu 16**, **Grafu 17** a **Grafu 18**.

Tabulka 15: Aritmetické průměry propustnosti vzduchu a plošné hmotnosti

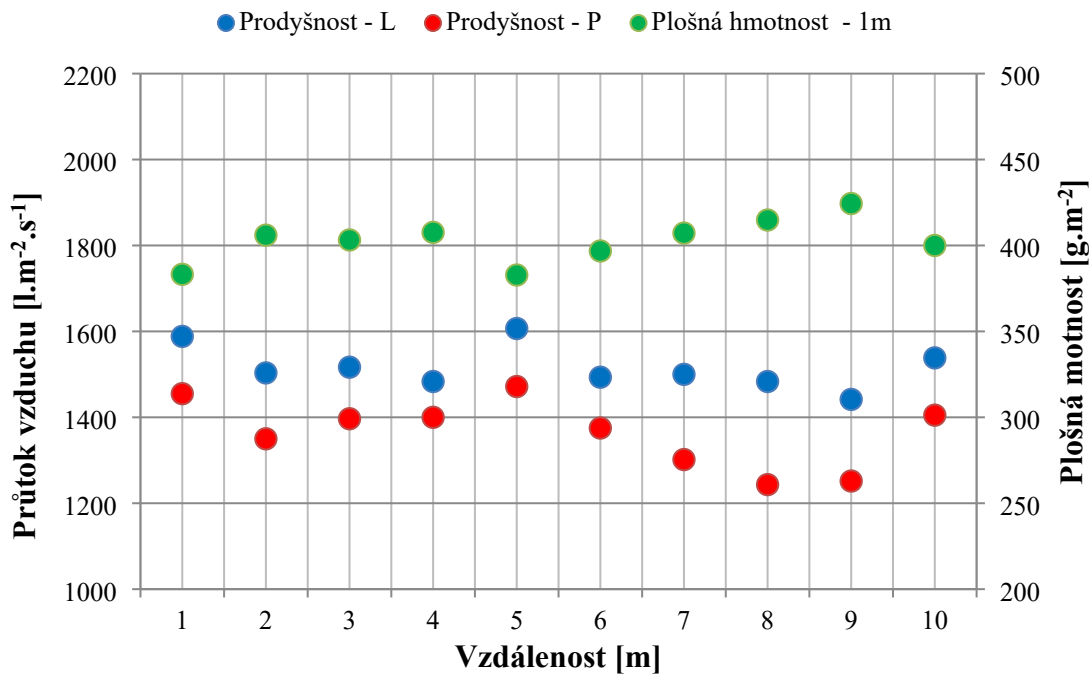
Materiál - A	Prodyšnost - L	Prodyšnost - P	Plošná hmotnost
1.	1965,00	1885,00	301,2
2.	1616,67	1556,67	369,2
3.	1543,33	1443,33	388,4
4.	1473,33	1346,67	405,2
5.	1481,67	1358,33	414,8
6.	1463,33	1306,67	425,2
7.	1363,33	1198,33	447,2
8.	1265,00	1103,33	472,0
9.	1256,67	1082,86	482,8
10.	1256,67	1133,33	487,6
Materiál - B	Prodyšnost - L	Prodyšnost - P	Plošná hmotnost
1.	1588,33	1455,00	383,2
2.	1503,33	1350,00	406,0
3.	1516,67	1396,67	403,2
4.	1483,33	1400,00	407,6
5.	1606,67	1471,67	382,8
6.	1493,33	1375,00	396,8
7.	1500,00	1301,67	407,2
8.	1483,33	1243,33	414,8
9.	1441,67	1251,67	424,4
10.	1538,33	1405,00	400,0
Materiál - C	Prodyšnost - L	Prodyšnost - P	Plošná hmotnost
1.	1830,00	1723,33	339,6
2.	1950,00	1773,33	332,0
3.	2035,00	1875,00	305,2
4.	1913,33	1760,00	333,2
5.	1876,67	1731,67	340,8
6.	2003,33	1885,00	306,8
7.	1940,00	1855,00	316,0
8.	1926,67	1821,67	322,8
9.	2088,33	1960,00	294,0
10.	2006,67	1891,67	316,4

MATERIÁL - A (MD) - PRODYŠNOST VS. PLOŠNÁ HMOTNOST



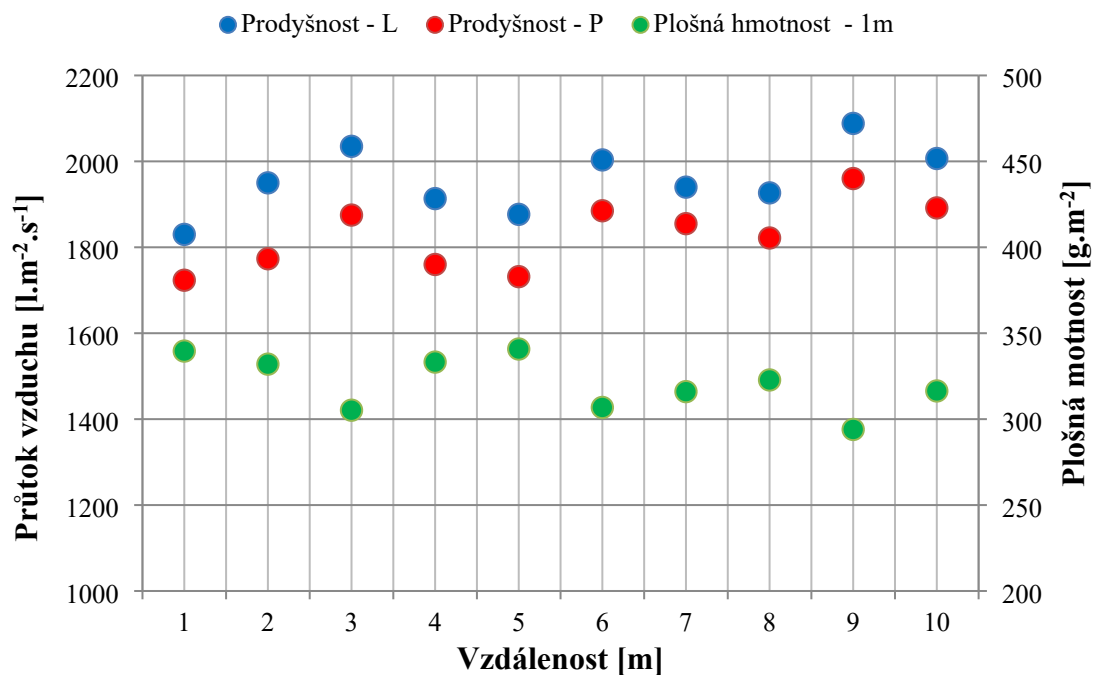
Graf 16: Materiál – A (MD) – Prodyšnosť vs. hmotnosť

MATERIÁL - B (MD) - PRODYŠNOST VS. PLOŠNÁ HMOTNOST



Graf 17: Materiál – B (MD) – Prodyšnosť vs. hmotnosť

MATERIÁL - C (MD) - PRODYŠNOST VS. PLOŠNÁ HMOTNOST



Graf 18: Materiál – C (MD) – Prodyšnost vs. hmotnost

V Tabulce 16 jsou znázorněné statistické přepočty pro data plošných hmotností z Tabulky 15. Variabilita dat je však stejná jako pro hmotnosti. Nejvyšší variabilita dat je tedy u materiálu A.

Tabulka 16: Statistické výpočty pro plošné hmotnosti

PLOŠNÉ HMOTNOSTI	Materiál		
	A	B	C
Počet měření [-]	10	10	10
Aritmet. průměr [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	419,40	402,60	320,70
Variační koeficient [%]	13,75	3,19	4,92
Směrodatná odch. [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	57,66	12,84	15,76
95%Interval Spol. [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	(378,15 ; 460,65)	(393,40 ; 411,81)	(309,42 ; 331,98)

3.4. DISKUZE K VÝSLEDKŮM

Ze získaných dat o průtoku vzduchu pro materiálu A je patrný velký rozdíl v průtoku vzduchu mezi začátkem a koncem jeho délky. Tento velký rozdíl je nepřímo úměrný s hmotností, která naopak v souvislosti poklesem průtoku vzduchu roste. Rozdíl je způsoben nájezdem výroby, kdy k ustálení naměřených hodnot došlo až za druhou polovinou celkové délky materiálu. Ke konci své délky již materiál A vykazuje nízké hodnoty průtoku vzduchu díky svým 18 překladům a tedy nejvyšší celkové plošné hmotnosti.

U materiálu B je již patrné, že došlo k ustálení výroby a naměřené hodnoty průtoku vzduchu nevykazují velkou variabilitu jako u materiálu A s tím, že na levé straně hodnoty vykazují nejstabilnější průběh ze všech hodnocených materiálů. Celkové hodnoty průtoku vzduchu jsou proti materiálu A celkově mírně vyšší a to díky počtu překladů, kterých je 15.

Hodnoty u materiálu C také nevykazují velký rozptyl hodnot proti materiálu A, ale celkové hodnoty průtoku vzduchu jsou díky nejnižšímu počtu překladu a tedy nejnižší plošné hmotnosti nejvyšší ze všech hodnocených materiálů, překladů je zde 12.

Ze všech získaných dat o průtoku vzduchu a také tloušťky je patrný rozdíl mezi levou a pravou stranou u všech tří hodnocených materiálů. Pravé strany vykazují nižší hodnoty průtoku vzduchu než strany levé a také mírně nižší hodnoty tloušťky vyjádřené aritmetickým průměrem. Tento rozdíl potvrzuje odlišný vliv dvou druhů jehel v druhé jehelní desce na zkoumané vlastnosti. Vysvětlením je právě typ jehel, který je na pravé straně druhé jehelní desky použit. Tyto jehly mohou efektivněji přeorientoávat vlákna vlákennou vrstvou z důvodu nižšího odporu a větší efektivitě při pronikání rounem a výsledný materiál pak má menší tloušťku a také představuje větší překážku pro průtok vzduchu.

V souvislosti s průtokem vzduchu a tloušťkou je dobré zmínit, že stejnou nejnižší variabilitu dat u obou těchto zkoumaných vlastností vykazují data z levé strany materiálu B a obecně data z levých částí obou typů měření u všech tří hodnocených materiálů. Tento jev lze vysvětlit tím, že jehly z levé části druhé jehelní desky tolik

nezpracují materiál z důvodu vyššího odporu a nižší efektivity při pronikání rounem a materiál pak má větší tloušťku a také představuje menší překážku pro průtok vzduchu. Materiály jsou na této levé straně více stejnoměrné.

Data získaná měřením hmotnosti dokazují přímou úměrnost mezi počtem překladů u jednotlivých materiálů a plošnou hmotností. Variabilita dat hmotnosti u materiálu B je nejnižší ze všech hodnocených materiálů a může tak korelovat se stabilnějším průběhem hodnot průtoku vzduchu a tloušťky. Nicméně je potřeba zdůraznit, že vzorky pro získání dat o hmotnosti byly váženy jako celek bez ohledu na stranové rozdělení.

4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnocení případné nestejnomyěrnosti vyrobených materiálů vpichované netkané textilie a vyhodnocení závislosti zkoumaných vlastností vyrobených materiálů. Byla sledována stejnoměrnost netkané textilie pomocí měření prodyšnosti, plošné hmotnosti a tloušťky, dále byla sledována změna uvedených vlastností při změně plošné hmotnosti netkané textilie, které bylo docíleno změnou počtu skladů vlákenné pavučiny.

Teoretická část této práce se věnovala obecně popisu použité technologie mykání a vpichování a aplikaci touto technologií vyrobených materiálů v oblasti geotextilií. Detailnější popis pro experiment použitého vpichovacího stroje včetně osazení jehelních desek byl umístěn v experimentální části této práce a to včetně popsání metodiky zjišťování potřebných dat k vyhodnocení zadaných vlastností.

Po zpracování získaných dat bylo potvrzeno několik předpokladů o vzájemné závislosti vlastností vyrobených materiálů. Bylo potvrzeno, že existuje výrazná nepřímá úměrnost mezi propustností vzduchu a plošnou hmotností. A přímá úměrnost mezi plošnou hmotností a počtem překladů. Bylo zjištěno, že nejvyšší hmotová nestejnomyěrnost se vyskytuje u materiálu A. Materiál B vykazuje nejvyšší stejnoměrnost a materiál C je také stejnoměrný.

Dále bylo zjištěno, že vpichovací jehly použité v experimentu odlišným způsobem ovlivňují zkoumané vlastnosti. Materiály zpracované jehlami z pravé části druhé jehelní desky vykazují nižší hodnoty průtoku vzduchu a také nepatrně nižší hodnoty tloušťky. Materiály na pravé straně jsou méně stejnoměrné.

Naopak materiály zpracované jehlami z levé části druhé jehelní desky vykazují vyšší hodnoty průtoku vzduchu a také nepatrně vyšší hodnoty tloušťky. Materiály na levé straně jsou více stejnoměrné. Lze konstatovat, že všechny hodnocené materiály jsou díky použitým vpichovacím jehlám strukturně nestejnomyerné.

Seznam literatury

- [1] Oldřich JIRSÁK a Klára KALINOVÁ, *Netkané textilie*, Skriptum Technické univerzity v Liberci, 2003, 129 s. ISBN 80-7083-746-2
- [2] RUSSELL, Edited by S. J. *Handbook of nonwovens*. Boca Raton, Fla. [etc.]: Cambridge: CRC press ; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
- [3] DOSTÁLOVÁ, M., KŘIVÁNKOVÁ, M. *Základy textilní a oděvní výroby*, skripta TU, Liberec 2004, ISBN 80-7083-831-0
- [4] W. ALBRECHT, H. FUCHS, W. KITTELMANN: *Nonwovens Fabrics*, Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN: 3-527-30406-1
- [5] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. [2. vydání]. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1
- [6] MILITKÝ, J.: The chemistry, manufacture and tensile behavior of polyester fibers, chap.9 in book, *Handbook of tensile properties of textile and technical fibers*, Ed. A. Bunsell, Woodhead Publisher Cambridge, England 2009
- [7] ČSN EN ISO 10318-1, *Geosyntetika - Termíny a definice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 16 s. Třídící znak 806172
- [8] *Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikacích, Technické podmínky 97*, [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, Odbor infrastruktury, 2008 [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_97.pdf
- [9] *Projektová příručka Geotextilie Fibertex* [online]. Svitavy: Fibertex Nonwovens [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/106554000-Projektova-prirucka-geotextilie-fibertex.html>
- [10] KOVAČIČ, V. *Zkoušení a textilní zkušebnictví*, Liberec, 2001. Učební texty

- [11] ČSN EN ISO 12956, *Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím - Zjišťování charakteristické velikosti otvorů*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020, 28 s. Třídící znak 806143
- [12] ČSN EN ISO 9237, *Textilie - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. Brno: Textilní zkušební ústav, s. p., 1996, 12 s. Třídící znak 800817
- [13] KLIČKA, Václav. *Metody hodnocení plošné nestejnoměrnosti netkaných textilií: Methods for evaluation of surface irregularity of nonwovens*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. Habilitační práce. Technická univerzita v Liberci
- [14] ČERTOK, Olga. *Vliv nestejnoměrnosti na mechanické vlastnosti pojených textilií*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1985. Diplomové práce. Vedoucí práce Lubomír Sodomka
- [15] SODOMKA, L.: *Způsob kontinuálního určování stejnoměrnosti plošných útvarů*, 1980, VŠST Liberec
- [16] KLIČKA, V.: *Posouzení významnosti vlivu surovinových faktorů na vyráběnou netkanou textilií z VSs a pojiva*, 1983, VŠST Liberec
- [17] KLIČKA, v.: *Souhrn metod určování stejnoměrnosti plošných útvarů*, VŠST Liberec, 1983, KNT
- [18] KRČMA, R.: *Stroje a chemická technologie netkaných textilií*, VŠST Liberec, 1983, skriptum

Přílohy

Tabulka 17: Naměřená data prodyšnosti MD_CD (celkové)

VZ	A_MD		B_MD		C_MD	
	L	P	L	P	L	P
1.	2250	2120	1680	1530	1730	1640
2.	2110	2080	1640	1520	1760	1750
3.	2050	1920	1530	1430	1850	1740
4.	1840	1770	1560	1380	1940	1790
5.	1760	1680	1560	1440	1820	1730
6.	1780	1740	1560	1430	1880	1690
7.	1810	1760	1530	1350	1780	1770
8.	1610	1550	1540	1340	1870	1690
9.	1580	1550	1510	1350	1910	1710
10.	1530	1470	1430	1340	1950	1770
11.	1540	1530	1550	1370	2000	1700
12.	1630	1480	1460	1350	2190	2000
13.	1590	1500	1500	1350	2080	1970
14.	1610	1560	1510	1390	2090	1920
15.	1470	1370	1540	1380	2100	1930
16.	1560	1420	1440	1370	2050	1950
17.	1490	1380	1560	1400	1970	1770
18.	1540	1430	1550	1490	1920	1710
19.	1490	1470	1510	1420	1910	1750
20.	1520	1370	1490	1400	1920	1730
21.	1530	1360	1460	1330	1910	1770
22.	1460	1420	1450	1360	1900	1740
23.	1450	1230	1440	1410	1930	1780
24.	1390	1230	1550	1480	1910	1790
25.	1440	1350	1600	1470	1880	1730
26.	1470	1370	1570	1490	1860	1760
27.	1500	1380	1610	1480	1960	1730
28.	1520	1400	1660	1480	1840	1680
29.	1590	1380	1630	1470	1800	1740
30.	1370	1270	1570	1440	1920	1750
31.	1440	1180	1430	1370	1920	1720
32.	1500	1380	1480	1340	2040	1940
33.	1510	1330	1470	1410	2130	1970
34.	1450	1330	1530	1460	2040	1980
35.	1470	1320	1520	1430	1880	1840
36.	1410	1300	1530	1240	2010	1860

37.	1360	1200	1520	1520	1910	1950		
38.	1410	1320	1550	1210	1980	1850		
39.	1380	1170	1480	1190	1930	1870		
40.	1320	1190	1520	1240	1960	1780		
41.	1350	1150	1460	1410	1870	1780		
42.	1360	1160	1470	1240	1990	1900		
43.	1350	1140	1470	1190	1890	1850		
44.	1360	1180	1450	1200	1990	1900		
45.	1310	1130	1490	1200	1900	1820		
46.	1230	1080	1530	1320	1800	1760		
47.	1150	1050	1490	1350	1940	1780		
48.	1190	1040	1470	1200	2040	1820		
49.	1170	1090	1450	1210	2090	1950		
50.	1280	1080	1470	1220	2290	2030		
51.	1140	1080	1460	1210	2060	2040		
52.	1310	1080	1420	1310	2110	1950		
53.	1320	1100	1410	1230	2010	1920		
54.	1320	1090	1440	1330	1970	1870		
55.	1160	1060	1490	1360	2040	1930		
56.	1240	1100	1490	1330	2050	1930		
57.	1300	1080	1490	1420	1990	1860		
58.	1260	1190	1500	1340	1970	1860		
59.	1270	1160	1600	1500	1950	1920		
60.	1310	1210	1660	1480	2040	1850		
A_CD	LEVÁ				PRAVÁ			
	6cm	12,5cm	18cm	24cm	24cm	18cm	12,5cm	6cm
<i>2. metr</i>	1490	1590	1460	1450	1420	1430	1500	1320
<i>4. metr</i>	1570	1440	1480	1520	1400	1460	1350	1330
<i>6. metr</i>	1290	1360	1350	1370	1290	1170	1200	1180
<i>8. metr</i>	1180	1170	1260	1170	1160	1100	1090	1100
B_CD	LEVÁ				PRAVÁ			
	6cm	12,5cm	18cm	24cm	24cm	18cm	12,5cm	6cm
<i>2. metr</i>	1490	1500	1440	1440	1350	1380	1350	1280
<i>4. metr</i>	1610	1600	1540	1560	1410	1460	1470	1370
<i>6. metr</i>	1550	1520	1500	1490	1470	1460	1520	1490
<i>8. metr</i>	1500	1450	1440	1400	1300	1270	1210	1200
C_CD	LEVÁ				PRAVÁ			
	6cm	12,5cm	18cm	24cm	24cm	18cm	12,5cm	6cm
<i>2. metr</i>	2100	2080	2050	2030	1970	1950	1970	1930
<i>4. metr</i>	1950	1880	1920	1900	1830	1790	1730	1750
<i>6. metr</i>	2000	1910	1980	2020	1890	1870	1950	1890
<i>8. metr</i>	2080	2090	2010	1980	1990	1920	1950	1870

Tabulka 18: Naměřená data tloušťky_MD_CD (celkové)

VZ	A_MD		B_MD		C_MD	
	L	P	L	P	L	P
1.	2,40	2,72	3,00	3,00	3,04	2,92
2.	2,89	2,55	3,04	3,27	3,09	2,81
3.	2,73	2,75	3,00	3,04	3,07	3,07
4.	3,50	2,72	3,07	2,96	3,20	2,90
5.	2,82	2,77	2,95	2,91	3,15	2,89
6.	3,12	2,83	3,15	3,35	2,90	3,05
7.	2,90	2,87	2,98	2,87	2,95	2,72
8.	2,93	2,90	3,17	3,00	3,00	2,86
9.	3,20	2,95	3,25	2,87	3,00	3,00
10.	2,90	2,77	2,97	2,96	3,00	2,70
11.	3,00	2,95	2,85	3,14	2,98	2,86
12.	3,10	3,00	2,96	2,87	2,89	2,68
13.	3,10	2,70	3,13	2,98	2,74	2,74
14.	3,00	2,86	3,40	2,85	2,66	2,80
15.	3,10	3,00	3,30	3,00	2,81	2,80
16.	3,14	3,20	3,30	3,13	2,62	2,51
17.	3,26	3,00	3,04	3,26	2,69	2,46
18.	3,30	3,00	2,95	3,12	2,61	2,61
19.	2,93	3,07	3,00	2,87	2,85	2,70
20.	3,06	2,90	3,30	3,00	2,87	2,57
21.	2,93	2,90	3,28	3,08	2,94	3,00
22.	3,07	2,87	3,12	2,96	2,76	2,60
23.	3,20	3,27	3,30	3,05	2,85	2,73
24.	3,10	2,97	3,18	2,74	2,74	2,70
25.	3,16	2,87	3,12	2,80	2,80	2,70
26.	3,15	2,98	3,30	2,95	2,71	2,80
27.	3,09	2,82	3,12	3,13	2,90	2,80
28.	2,84	2,80	3,00	3,12	2,76	2,76
29.	2,77	2,92	2,86	2,92	3,00	2,77
30.	3,18	3,03	3,10	2,64	2,80	2,82
31.	2,87	3,20	3,13	2,85	2,65	3,14
32.	2,97	2,90	3,05	2,89	2,70	2,80
33.	2,93	3,04	3,20	2,97	2,87	2,70
34.	3,04	3,00	3,30	2,80	2,95	2,44
35.	3,00	3,12	3,32	2,76	2,60	2,70
36.	2,86	3,27	3,18	2,70	2,63	2,45
37.	3,93	3,30	3,11	2,75	3,05	2,50
38.	2,97	3,18	3,10	3,00	2,77	2,80
39.	3,11	3,30	3,16	2,90	3,00	2,90

40.	3,14	3,10	3,00	3,23	2,64	2,82		
41.	3,09	3,00	3,26	3,15	2,87	2,76		
42.	3,06	3,30	3,06	2,93	2,70	2,95		
43.	2,86	3,09	2,97	3,02	2,84	2,50		
44.	3,06	3,15	3,14	3,25	3,00	2,58		
45.	3,02	3,10	3,10	3,13	2,94	2,64		
46.	3,19	3,12	3,11	2,94	3,04	2,75		
47.	3,15	3,23	3,30	2,81	3,06	3,10		
48.	3,22	3,21	3,07	3,03	2,80	3,20		
49.	3,25	3,01	3,00	3,07	2,75	2,67		
50.	3,12	3,14	3,15	3,23	2,90	2,80		
51.	3,15	3,30	3,17	3,15	2,84	2,84		
52.	3,30	3,38	3,25	3,52	2,50	2,92		
53.	3,10	3,10	3,30	3,40	2,50	2,80		
54.	3,28	3,37	3,30	3,20	2,62	2,88		
55.	3,15	3,10	2,92	2,95	2,51	2,73		
56.	3,20	3,30	2,92	2,88	2,49	2,83		
57.	3,40	3,29	2,98	2,88	2,63	2,93		
58.	3,25	3,11	3,18	2,92	2,90	3,00		
59.	3,50	3,31	3,11	3,10	2,76	2,95		
60.	3,13	3,47	2,89	2,91	2,90	2,93		
A_CD	LEVÁ				PRAVÁ			
	6cm	12,5cm	18cm	24cm	24cm	18cm	12,5cm	6cm
<i>2. metr</i>	3,00	3,10	2,83	2,97	3,10	2,90	2,70	2,80
<i>4. metr</i>	3,00	3,16	3,12	3,27	3,00	2,78	2,87	3,04
<i>6. metr</i>	3,17	3,93	2,80	3,16	3,20	3,12	3,30	3,06
<i>8. metr</i>	3,50	3,25	3,10	3,31	3,07	2,97	3,01	3,06
B_CD	LEVÁ				PRAVÁ			
	6cm	12,5cm	18cm	24cm	24cm	18cm	12,5cm	6cm
<i>2. metr</i>	3,06	3,13	3,26	3,12	2,85	2,89	2,98	3,02
<i>4. metr</i>	2,96	3,12	3,08	3,00	2,70	2,85	2,80	3,20
<i>6. metr</i>	2,95	3,11	3,20	3,00	3,23	3,27	2,75	3,10
<i>8. metr</i>	3,00	3,00	3,02	3,10	3,27	3,00	3,07	3,15
C_CD	LEVÁ				PRAVÁ			
	6cm	12,5cm	18cm	24cm	24cm	18cm	12,5cm	6cm
<i>2. metr</i>	2,86	2,74	2,97	2,86	2,50	2,65	2,74	2,61
<i>4. metr</i>	3,10	2,80	2,75	2,92	2,91	2,82	2,70	2,90
<i>6. metr</i>	3,15	3,05	3,00	3,20	2,90	2,70	2,50	2,50
<i>8. metr</i>	2,90	2,75	2,95	2,80	2,78	2,53	2,67	2,66

Tabulka 19: Naměřená data hmotnosti (celkové)

	A			B			C		
VZ	1/6m	1/2m	1m	1/6m	1/2m	1m	1/6m	1/2m	1m
1.	22,00	69,20	150,60	31,60	95,60	191,60	28,00	84,20	169,80
2.	22,80			30,60			27,60		
3.	24,40			33,40			28,60		
4.	26,60	81,40		31,80	96,00		27,40	85,60	
5.	27,40			31,80			28,60		
6.	27,40			32,40			29,60		
7.	27,60	89,20	184,60	31,80	99,40	203,00	29,00	86,20	166,00
8.	30,80			33,60			28,80		
9.	30,80			34,00			28,40		
10.	32,00	95,40		33,80	103,60		27,60	79,80	
11.	31,60			34,40			27,00		
12.	31,80			35,40			25,20		
13.	30,80	95,40	194,20	34,00	101,60	201,60	24,20	73,80	152,60
14.	31,20			33,00			24,40		
15.	33,40			34,60			25,20		
16.	33,00	98,80		33,60	100,00		24,60	78,80	
17.	33,00			33,40			26,20		
18.	32,80			33,00			28,00		
19.	32,40	99,40	202,60	32,80	102,20	203,80	27,60	83,40	166,60
20.	33,20			34,20			27,60		
21.	33,80			35,20			28,20		
22.	33,60	103,20		34,60	101,60		28,00	83,20	
23.	34,20			33,20			26,80		
24.	35,40			33,80			28,40		
25.	34,80	103,60	207,40	32,00	96,00	191,40	28,20	83,80	170,40
26.	34,00			31,80			27,60		
27.	34,80			32,20			28,00		
28.	33,20	103,80		31,20	95,40		29,20	86,60	
29.	33,60			31,00			29,00		
30.	37,00			33,20			28,40		
31.	36,00	105,80	212,60	33,40	101,00	198,40	26,80	75,80	153,40
32.	34,80			33,40			25,00		
33.	35,00			34,20			24,00		
34.	35,00	106,80		32,20	97,40		24,60	77,60	
35.	35,40			31,80			26,60		
36.	36,40			33,40			26,40		

37.	36,00	110,40	223,60	32,20	100,80	203,60	25,60	78,40	158,00
38.	36,40			33,00			25,80		
39.	38,00			35,60			27,00		
40.	37,20	113,20		33,80	102,80		27,00	79,60	
41.	37,60			34,00			26,80		
42.	38,40			35,00			26,00		
43.	38,20	114,60	236,00	33,80	104,20	207,40	26,20	80,40	161,40
44.	37,40			35,00			26,00		
45.	39,00			35,40			28,20		
46.	39,60	121,40		33,20	103,20		28,00	81,00	
47.	40,80			34,40			26,80		
48.	41,00			35,60			26,20		
49.	40,20	122,00	241,40	35,60	107,00	212,20	23,60	71,20	147,00
50.	40,40			35,20			23,00		
51.	41,40			36,20			24,60		
52.	39,40	119,40		35,60	105,20		24,40	75,80	
53.	39,00			34,00			25,00		
54.	41,00			35,60			26,40		
55.	40,60	122,40	243,80	33,80	101,80	200,00	25,80	79,00	158,20
56.	40,60			34,00			25,60		
57.	41,20			34,00			27,60		
58.	41,00	121,40		33,40	98,20		26,80	79,20	
59.	40,60			32,60			25,80		
60.	39,80			32,20			26,60		