



Vztah mezi porositou tkaniny a její propustností pro vzduch a vodní páry

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3911T023 – Řízení jakosti

Autor práce: **Bc. Nikola Havlová**

Vedoucí práce: Ing. Marie Havlová, Ph.D.



Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3911T023 – Quality Control

Author: **Bc. Nikola Havlová**

Supervisor: Ing. Marie Havlová, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Nikola Havlová**
Osobní číslo: **T13000045**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**
Název tématu: **Vztah mezi porositou tkaniny a její propustností pro vzduch a vodní páry**
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. V rešeršní části práce přehledně zpracujte problematiku vlivu strukturních parametrů tkaniny na její propustnost pro vzduch a vodní páry. Definujte také rozdíly v obou fyzikálních dějích.
2. Pro soubor polyesterových tkanin navrhnete a realizujete experiment zaměřený na hodnocení vztahu mezi strukturou tkaniny a její propustností pro vodní páry.
3. Získané výsledky diskutujte a porovnejte s výsledky dřívějších experimentů hodnotících vzájemný vztah mezi strukturou tkanin a jejich prodyšností, které byly získány měřením na stejném souboru experimentálních tkanin. Pokuste se nalézt vzájemné vztahy. Vyslovte závěry.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

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

Seznam odborné literatury:

1. Spatzierová, Š.: Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny, diplomová práce TU v Liberci, 2011.
2. Havlová, M.: Detection of Fabric Structure Irregularities Using Air Permeability Measurements, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol. 9, Issue 4 - 2014, ISSN 1558-9250.
3. Lee, S. - Obendorf, K.: Statistical modelling of water vapour transport through woven fabrics, Textile Research Journal 82(3) 211-219, 2012.
4. Turan, B. - Okur, A.: Prediction of the in-plane and through-plane fluid flow behaviour of woven fabrics, Textile Research Journal 83(7) 700-717, 2012.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marie Havlová, Ph.D.**

Katedra hodnocení textilií

Konzultant diplomové práce: **prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.**

Katedra hodnocení textilií


Datum zadání diplomové práce: **24. října 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2015**



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.



doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 16. března 2015

Prohlášení

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

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

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

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

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

Datum:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce paní Ing. Marii Havlové, Ph.D., za poskytnutí odborných rad, věnovaný čas, ochotu a pomoc při zpracování této diplomové práce. Ráda bych také poděkovala rodině a blízkým přátelům, kteří mě po celou dobu podporovali jak materiálně, tak psychicky.

Anotace:

Tato předkládaná diplomová práce se zabývá vztahy konstrukčních parametrů tkanin a její propustností pro vzduch a vodní páry. Cílem je nalezení konstrukčních parametrů tkanin, které mají vliv na prodyšnost tkanin a propustnost pro vodní páry a jejich porovnání.

Teoretická část se zabývá konstrukčními parametry, které mají vliv na prodyšnost tkanin a paropropustnost tkanin. Značná pozornost je věnována porositě a jejímu vlivu na tyto parametry. V diplomové práci byly zmapovány vědecké studie, které se zabývaly problematikou prodyšnosti tkanin a prostupu vodních par skrz textilii.

V experimentální části je věnována pozornost vlivu konstrukčních parametrů tkanin na prodyšnost a paropropustnost před vypráním a po vyprání tkanin. Byla zjišťována nerovnoměrnost paropropustnosti tkanin v ploše a porovnávána s nerovnoměrností prodyšnosti tkanin v ploše.

Annotation:

This thesis deals with the relationships of the constructional parameters of fabric and its permeability to air and water vapor permeability. Goal is to find the constructional parameters of fabrics, which have influence on the air permeability of woven fabrics, and permeability to water vapor of woven fabrics and their comparison.

The theoretical part deals with the constructional parameters which have influence on the air permeability of the fabrics and the water vapor permeability of the fabrics. Considerable attention is paid to the porosity and its effect on these parameters. On have been mapped to scientific work, which discussed the issue of the air permeability of woven fabrics and the transport of the water vapor permeability through woven fabric.

In the experimental part of the attention is paid to the influence of the constructional parameters of woven fabrics on air permeability and water vapor permeability before washing and after washing of the fabrics. It was further clarified irregularities water vapor permeability the fabric in the area and matched with irregularities air permeability of the fabric in the area.

Klíčová slova:

tkanina

porosita

propustnost pro vodní páry

prodyšnost

nerovnoměrnost

Key words:

woven fabric

porosity

water vapor permeability

air permeability

irregularities

Obsah

Přehled symbolů a zkratk:	11
1. Cíle práce	15
2. Vybrané charakteristiky textilních materiálů	16
2.1. Parametry textilních vláken	16
2.2. Parametry délkových textilií	16
2.2.1. Jemnost příze	16
2.2.2. Průměr a Substanční průměr příze	17
2.2.3. Zaplnění příze	17
2.2.4. Chlupatost příze	18
2.3. Parametry tkaniny	19
2.3.1. Dostava tkaniny	19
2.3.2. Vazba tkaniny	19
2.3.3. Plošná hmotnost tkaniny	21
2.3.4. Objemová hmotnost tkaniny	21
2.3.5. Tloušťka tkaniny	22
2.3.6. Zakrytí tkaniny	22
2.3.7. Deformace příze ve tkanině	22
3. Porosita	24
3.1. Teoretické metody pro vyjádření porosity	25
3.1.1. Porosita stanovená z plošného zakrytí tkaniny	25
3.1.2. Objemová porosita	29
3.1.3. Porosita stanovená z podílu měrných hmotností	30
4. Propustnost pro vodní páry	31
4.1. Difuzní princip transportu vlhkosti	31
4.2. Princip absorpce a desorpce vláken	32
4.3. Princip nucené konvekce	33
5. Stanovení propustnosti pro vodní páry	36
5.1. Gravimetrická metoda	36
5.2. Stanovení pomocí skin modelu	36
5.2.1. Měření pomocí přístroje Permetest	36
6. Propustnost pro vzduch	39
6.1. Měření pomocí přístroje TEXTEST FX 3300 Air Permeability Tester III	39
7. Rozdíl prodyšnosti a paropropustnosti	40

8.	Statistické vyhodnocovací postupy	41
8.1.	Lineární regrese	41
8.2.	Analýza rozptylu	42
9.	Experimentální část	45
9.1.	Vztah mezi paropropustností a konstrukčními parametry tkaniny	48
9.2.	Hodnocení vlivu vazby tkaniny na její paropropustnost	53
9.3.	Hodnocení rovnoměrnosti paropropustnosti v ploše tkaniny	58
9.4.	Hodnocení vztahu mezi hydraulickým odporem a výparným odporem tkaniny.	62
9.5.	Hodnocení paropropustnosti a prodyšnosti po vyprání tkanin	64
9.5.1.	Vliv konstrukčních parametrů na paropropustnost a prodyšnost po vyprání tkanin 66	
9.5.2.	Hodnocení rovnoměrnosti paropropustnosti tkanin v ploše po vyprání	72
10.	Vztah mezi konstrukčními parametry a výparným odporem	75
11.	Závěr	81
	Literatura:	84
	Zdroje obrázků:	86
	Příloha A: Naměřené hodnoty paropropustnosti a výparného odporu pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny	88
	Příloha B: Naměřené hodnoty paropropustnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 49 místech v ploše tkaniny	90
	Příloha C: Naměřené hodnoty paropropustnosti a výparného odporu pro tkaniny s odlišnou vazbou, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny	91
	Příloha D: Naměřené hodnoty paropropustnosti a výparného odporu pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny po vyprání	92
	Příloha E: Naměřené hodnoty prodyšnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny po vyprání	94
	Příloha F: Naměřené hodnoty paropropustnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 49 místech v ploše tkaniny po vyprání	95
	Příloha G: Naměřené hodnoty prodyšnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 49 místech v ploše tkaniny po vyprání	96
	Příloha H: Nerovnoměrnost prodyšnosti a paropropustnosti v ploše tkaniny	97
	Příloha CH: Nerovnoměrnost prodyšnosti a paropropustnosti v ploše tkaniny po vyprání	99

Přehled symbolů a zkratk:

μ [1]	zaplnění tkaniny
μ_o [1]	zaplnění osnovní příze
μ_u [1]	zaplnění útkové příze
a [m]	šířka příze
A_{I-4} [m ²]	plocha pórů
A_o [m]	rozteč osnovních přízí
AP [mm/s]	prodyšnost
A_u [m]	rozteč útkových přízí
b [m]	výška příze
C [kg H ₂ O / 1 kg vlhkého vzduchu]	gradient koncentrace hmotnosti
d [m]	průměr příze
d_o [m]	průměr osnovních přízí
D_o [1/cm]	dostava osnovy
d_p [mm]	průměr mezinitných pórů
d_u [m]	průměr útkových přízí
D_u [1/cm]	dostava útku
E_o [cm ²]	plocha všech vertikálních pórů osnovní soustavy
E_u [cm ²]	plocha všech vertikálních pórů útkové soustavy
G_l [g]	hmotnost mísy se vzorkem po expozici
G_o [g]	hmotnost mísy se vzorkem před expozicí
l [km]	délka příze
l_{fo} [cm]	délka flotáže osnovní nitě
l_{fu} [cm]	délka flotáže útkové nitě
l_v [m]	délka vláken
L [kJ/kg]	výparné teplo vody

m [g]	hmotnost příze
M [%]	schopnost vláken přijímat vlhkost
m^* [kg/m ² s]	vteřinové množství páry přenášené difuzí vrstvou klidného vzduchu
m_p [g/m ²]	plošná hmotnost tkaniny
m_t [kg]	hmotnost tkaniny
m_v [kg/m ³]	objemová hmotnost tkaniny
m_1 - m_4 [1]	počet jednotlivých typů pórů obsažených ve střídě vazby
n_o [1]	počet osnovních přízí ve střídě vazby
n_u [1]	počet útkových přízí ve střídě vazby
P_{1-4} [1]	počet pórových buňek
P_{abs} [kg/m ² hod]	absolutní paropropustnost
P_D [1]	porosita z měrné hmotnosti
P_G [1]	porosita podle Goiera
P_k [Pa]	parciální tlak na vnitřní straně textilie
P_o [Pa]	parciální tlak na vnější straně textilie
P_{rel} [%]	relativní paropropustnost
P_S [1]	porosita z plošného zakrytí
P_V [1]	vertikální porosita
P_{vo} [1]	objemová porosita
p_{WE} [Pa]	parciální tlak v okolním prostředí
p_{WSAT} [Pa]	gradient mezi koncentrací nasycené páry na povrchu lidské pokožky
p_{fu} [1]	počet daných útkových flotází ve střídě vazby
p_{lu} [1]	počet nezakřížených úseků nitě v dané flotáži
q [W/m ²]	tepelný tok
q_o [W/m ²]	tepelný tok bez vzorku
q_v [W/m ²]	tepelný tok se vzorkem

R [Pa.s/m]	hydraulický odpor
R_{et} [m ² .Pa/W]	výparný odpor
S_{FO} [cm ²]	plochu průmětu flotáže osnovní nitě
S_{FU} [cm ²]	plocha průmětu flotáže útkové nitě
S_o [%]	setkání osnovy
S_p [m ²]	plocha příze
S_t [m ²]	plocha tkaniny
S_u [%]	setkání útku
S_v [m ²]	plocha vláken
t [m]	tloušťka tkaniny
t_a [°C]	teplota vzduchu z vnější strany vzorku
t_m [°C]	teplota vzduchu z vnitřní strany vzorku
T_o [tex]	jemnost osnovních přízí
T_t [tex]	jemnost příze
T_u [tex]	jemnost útkových přízí
V_1-V_4 [m ³]	objem pórových buněk typu 1-4
V_o [m ³]	objem osnovních přízí
V_{ol} [m ³]	objem 1 osnovní příze v úseku 1 m tkaniny
V_p [m ³]	celkový objem příze
$V_{př}$ [m ³]	celkový objem příze na 1 m ² tkaniny
V_t [m ³]	celkový objem tkaniny
V_{tt} [m ³]	celkový objem tkaniny na 1 m ²
V_u [m ³]	objem útkových přízí
V_{ul} [m ³]	objem 1 útkové příze v úseku 1 m tkaniny
V_v [m ³]	objem vláken
V_{ZO-} [m ³]	objem nezakříženého spojovacího úseku osnovní příze
V_{ZO+} [m ³]	objem zakříženého spojovacího úseku osnovní příze

z [cm]	maximální velikost oddálení neprovazujícího úseku příze
Z [1]	celkové zakrytí tkaniny
ρ [kg/m ³]	hustota (měrná hmotnost)
ρ_o [kg/m ³]	měrná hmotnost osnovních přízí
ρ_p [kg/m ³]	měrná hmotnost příze
ρ_t [kg/m ³]	měrná hmotnost tkaniny
ρ_u [kg/m ³]	měrná hmotnost útkových přízí
ρ_v [kg/m ³]	měrná hmotnost vláken
Φ [1]	úhel provázání osnovní příze
φ [%]	relativní vlhkost

1. Cíle práce

V minulosti se Spatzierová [1] zabývala ve své diplomové práci vlivem distribuce velikosti jednotlivých mezinitných pórů na hodnotu prodyšnosti. Experiment byl proveden na vzorcích polyesterových tkanin utkaných v plátňové vazbě. Tkaniny byly použity rezné, tedy nijak neupravené. Pro jejich výrobu byly použity 100% polyesterové příze o různých jemnostech ($T= 16,5 \text{ tex}$, 25 tex a 40 tex). Kombinací jemností přízí a různých dostav osnovních a útkových přízí vznikly odlišné tkaniny.

Mimo jiné se Spatzierová [1] zabývala hodnocením nerovnoměrnosti prodyšnosti tkanin v ploše. V této práci bude mimo jiné sledováno, zda nerovnoměrnost paropropustnosti tkanin v ploše bude vykazovat stejný trend jako nerovnoměrnost u prodyšnosti tkanin.

Experiment bude proveden na stejných vzorcích tkanin na definovaných místech v ploše tkaniny, a je rozdělen do 3 hlavních částí.

Tak jako prodyšnost, je i propustnost pro vodní páry důležitou vlastností tkaniny. Prodyšnost je definována podle normy ČSN EN ISO 9237, jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo skrz textilií při daných zkušebních podmínkách, ploše, tlaku a času. Propustnost pro vodní páry je charakterizována podle A.Delljové [2] jako schopnost textilních materiálů propouštět vodu v podobě vodních par z prostoru omezeného daným materiálem. Tyto vlastnosti úzce souvisí se strukturou tkaniny. Strukturu tkaniny lze rozdělit: charakteristiku příze (parametry jako materiál, ze kterého je vyrobena a jakou technologií, jemnost přízí a mnoho dalších charakteristik) a charakteristiku tkanin (dostava osnovních a útkových přízí, vazba tkaniny, setkání přízí a další charakteristiky).

Důležitým parametrem tkaniny, který bude zkoumán, je porosita (vyjádření podílu vzduchu obsaženého v textilií), která zásadním způsobem ovlivňuje prodyšnost tkaniny. Bude sledováno, zda porosita ovlivňuje také propustnost pro vodní páry.

Cílem této práce, je v první části experimentu nalezení vztahu mezi propustností pro vodní páry a konstrukčními parametry tkanin s plátňovou vazbou. Sledován bude především vztah mezi propustností pro vodní páry a různými druhy porosit tkaniny, a také vztah mezi propustností pro vodní páry a tloušťkou tkaniny. Ve druhé části experimentu bude zjišťován vliv vazby tkaniny na její propustnost pro vodní páry. Poslední část experimentu se bude zabývat zjišťováním nerovnoměrnosti v ploše tkaniny. Zda

propustnost pro vodní páry bude vykazovat stejnou nerovnoměrnost v ploše tkaniny jako prodyšnost tkanin, kterou se zabývala právě Spatzierová [1].

2. Vybrané charakteristiky textilních materiálů

Finální textilie je vždy ovlivněna výběrem vlákenného materiálu, který má svou strukturu a vlastnosti, dále postupem výroby délkové textilie a následně postupem výroby plošné textilie. Veškeré zmíněné procesy mají vliv na užité vlastnosti konečné textilie.

2.1. Parametry textilních vláken

Tvar a struktura vláken ovlivňuje vlastnosti textilie. Geometrie vláken udává jejich povrchové vlastnosti, které mají vliv na transportní vlastnosti tepla, vlhkosti a vzduchu. Transportní vlastnosti tepla, vlhkosti a vzduchu jsou hlavní fyziologické vlastnosti, vyplývající ze základních fyziologických činností kožního systému a potřeb při nošení oděvního výrobku. Tvar příčné a podélné geometrie vláken je dán tvarem příčného řezu a velikostí povrchu vláken, jejich objemem a měrným povrchem. Materiálové složení má vliv na průchod vodní páry a odpor přechodu tepla.

V případě přírodních vláken by mohlo nastat jejich bobtnání, které by mělo zásadní vliv na hodnocení prodyšnosti a propustnosti pro vodní páry. Nabobtnání vláken by ovlivnilo velikost pórů v tkanině a prodyšnost s propustností pro vodní páry by byla snížena. V případě syntetických vláken, která budou použita pro experiment, tento jev nenastává[27].

2.2. Parametry délkových textilií

Příze je délková textilie složená ze spřadatelných vláken, zpevněná zákrutem nebo pojením tak, že při přetrhu příze dochází i k přetrhu jednotlivých vláken [12].

Z hlediska hodnocení prodyšnosti a propustnosti pro vodní páry plošných textilií jsou důležitými parametry [5,8,11,23]: jemnost příze, průměr příze, zaplnění, chlupatost příze. Dalším parametrem je tvar příčného řezu, který ovlivňuje, jak do sebe nitě zapadají. Po zatkání příze do tkaniny se tvar příčného řezu změní.

2.2.1. Jemnost příze

Jemnost příze neboli délková hmotnost příze vyjadřuje vztah mezi hmotností příze m a délkou příze l . Pro vyjádření jemnosti příze se používá jednotka tex.

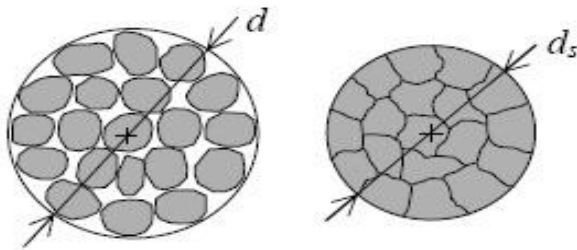
$$T_t = \frac{m}{l} \quad (1)$$

Kde $T_t[\text{tex}]$ je jemnost příze, $m[\text{g}]$ je hmotnost příze a $l[\text{km}]$ je délka příze.

2.2.2. Průměr a Substanční průměr příze

Každá příze obsahuje mezi vlákny nerovnoměrné vzduchové mezery, proto nelze přízi považovat za homogenní válec. Z tohoto důvodu není jednoznačně určena definice průměru.

Za účelem zjednodušení problematiky je formulován tzv. substanční průměr. Princip spočívá v pomyslném vytlačení veškerého vzduchu z příze. Takto se skutečně získá homogenní válec, který je tvořen pouze vlákny [7].



Obr. 1: Rozdíl mezi průměrem příze d a substančním průměrem příze d_s [7]

Substanční průměr představuje pouze teoretickou veličinu a jeho hodnota je zpravidla nižší než reálný průměr.

$$d_s = \frac{\sqrt{4S_p}}{\pi} = \frac{\sqrt{4T_t}}{\pi\rho_p} \quad (2)$$

$$\text{Kde } S_p = \frac{T_t}{\rho} \quad (3)$$

$d_s[\text{m}]$ je substanční průměr příze, $S_p[\text{m}^2]$ je plocha průřezu příze, $T_t[\text{tex}]$ je jemnost příze a $\rho_p[\text{kg}/\text{m}^3]$ je měrná hmotnost příze.

2.2.3. Zaplnění příze

Tato veličina popisuje do jaké míry je příze naplněna jednotlivými vlákny. Jedná se o bezrozměrný parametr, který nabývá hodnot v intervalu mezi 0 a 1. Podle Neckáře [4], zaplnění může být interpretováno třemi způsoby: objemová interpretace zaplnění, plošná interpretace zaplnění a hmotnostní interpretace zaplnění.

Objemová interpretace zaplnění: představuje poměr mezi objemem příze, který je zaplněn vlákny $V_v[m^3]$ a celkovým objemem příze $V_p[m^3]$.

$$\mu = \frac{V_v}{V_p} \quad (4)$$

Kde $\mu[1]$ je zaplnění, $V_v[m^3]$ je objem vláken a $V_p[m^3]$ je celkový objem příze.

Plošná interpretace zaplnění: představuje poměr plochy v průřezu příze (viz obr. 1), která je zaplněná vlákny $S_v[m^2]$ a celkovou plochou průřezu příze $S_p[m^2]$.

$$\mu = \frac{S_v}{S_p} \quad (5)$$

Kde $\mu[1]$ je zaplnění, $S_v[m^2]$ je plocha vláken a $S_p[m^2]$ je plocha příze.

Hmotnostní interpretace zaplnění: představuje poměr mezi celkovou měrnou hmotností příze $\rho_p[kg/m^3]$ a měrnou hmotností příze, zaplněné vlákny $\rho_v[kg/m^3]$.

$$\mu = \frac{\rho_p}{\rho_v} \quad (6)$$

Kde $\mu[1]$ je zaplnění, $\rho_v[kg/m^3]$ je měrná hmotnost vláken a $\rho_p[kg/m^3]$ je měrná hmotnost příze.

Z hlediska hodnocení vztahu mezi prodyšností a strukturou tkaniny se podle Robertsona [32] příze zpravidla uvažuje jako neprodyšná, jelikož póry uvnitř příze lze zanedbat. V případě hodnocení vztahu paropropustnosti ve studii [11] Leea a Obendorfa vodní páry proudí póry uvnitř příze.

2.2.4. Chlupatost příze

Chlupatost je charakterizována množstvím z příze nebo z plošné textilie vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken, nebo vlákenných smyček. Kritériem pro posuzování je počet odstávajících vláken, jako délkových jednotek, nebo plošných jednotek ve směru kolmém k přízi, nebo plošně naměřeného odstupu konců vláken[17].

Havlová [23] ve své práci uvádí, že v případě tkaniny utkané ze staplových přízí je plocha pórů ovlivněna chlupatostí příze. Je zde předpoklad, že u řídké tkané tkaniny, která má póry dost velké a vzduch má dostatek prostoru pro volné proudění, bude vzduch proudit právě tudy. Ovšem u hustě tkané tkaniny jsou póry značně překrývány vyčnívajícími vlákny. Nelze tak tuto oblast považovat za volně či málo propustnou pro vzduch.

Hustá chlupatost

Hustou chlupatost tvoří velmi krátká vlákna a smyčky vláken vystupující ve velkém počtu z kompaktní oblasti příze. Tento „mech“ na přízi, je těsně přiléhající

k vnitřní části příze. Textilie tak má vyšší zakrytí a tento fakt může být podle Spatzierové [1] z hlediska prodyšnosti tkaniny s vysokou dostavou velmi významný. Chlupatost příze může značně zasahovat do prostoru mezi osnovními a útkovými přízemi, čímž může docházet k určitým hydraulickým ztrátám.

Řídká chlupatost

Řídkou chlupatost tvoří dlouhé „vlající“ konce vláken. Spatzierová [1] uvádí, že jednotlivá vlákna díky své délce nejsou pevně ukotvena v přízi. Proto je možné, že při procházejícím vzduchu dojde k jejich částečnému vychýlení z póru. Tím také dochází k jistým hydraulickým ztrátám.

2.3. Parametry tkaniny

Tkanina je plošná textilie, která vzniká vzájemným provázáním nejméně dvou soustav nití [13]. Osnova je orientována v podélném směru tkaniny a útek v příčném směru tkaniny. Po vzájemném provázání obou soustav nití vzniká vazba, pravoúhlá síť s mezinitnými póry, které mají přibližně obdélníkový, nebo čtvercový tvar.

Struktura tkaniny je velmi složitá, složitě je také její chování a možné deformace způsobené silovými účinky proudícího vzduchu.

Mezi základní konstrukční parametry tkaniny patří dostava tkaniny, vazba tkaniny a jemnost použitých nití. Dalšími parametry pak jsou plošná a objemová hmotnost tkanin, tloušťka tkaniny a její zakrytí.

2.3.1. Dostava tkaniny

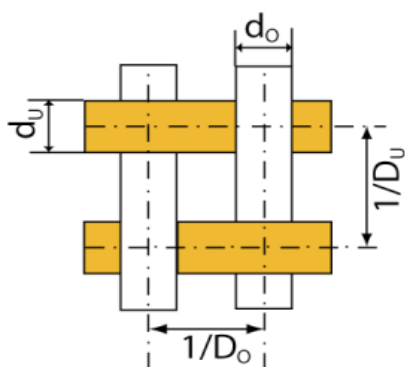
Dostava tkaniny značí počet nití na jednotku délky tkaniny, zpravidla se udává na 1cm nebo na 10 cm. Dostava tkaniny je definována zvlášť pro osnovní soustavu nití $D_o[1/cm]$ a zvlášť pro útkovou soustavu nití $D_u[1/cm]$. Dostava tkaniny značně ovlivňuje hustotu tkaniny. Dostava je spolu s průměry osnovních a útkových nití určujícím parametrem pro stanovení plošného zakrytí, které je popsáno dále [3].

2.3.2. Vazba tkaniny

Vazba tkaniny je důležitá pro samotnou konstrukci textilie, kdy se vytváří žádaný vzor, vzhled i vlastnosti budoucí tkaniny. Vazba tkaniny má částečně vliv na pevnost, pružnost a tuhost. Vazbou tkaniny je ovlivněna také prodyšnost, kterou se zabývá ve své práci např. Gooijer [8], nebo Havlová [24]. Plátňová vazba je díky svému hustému

provázání méně prodyšná, oproti jiným vazbám, u kterých může docházet k pohybujícím se přízím, tzv. flotujícím úsekům, které se od sebe oddalují a mohou tak vznikat přídavné póry, které zvyšují prodyšnost. Tento jev je označován jako „vertikální nárůst porosity“, a je popsán v práci Havlové [24].

Základním prvkem vazby tkaniny je tzv. vazný bod, tedy místo, kde se kříží osnovní nit s útkovou. Je-li osnova nad útkem, jde o osnovní vazný bod. Je-li útek nad osnovou, jde o útkový vazný bod. Kombinací osnovních a útkových vazných bodů a jejich uspořádáním je docíleno určité vazby. Na obrázku 2 je vidět pórová buňka tkaniny, která zahrnuje okolí jednoho vazného bodu, kde d_o , d_u je průměr osnovních a útkových přízí.



Obr. 2: Pórová buňka tkaniny [14]

Plátnová vazba:

Plátnová vazba, viz obr. 3a je nejpoužívanější a nejjednodušší vazbou. Plátno má nejmenší střidu vazby 2/2 (tzn. 2 osnovní a 2 útkové nitě), tudíž nejhustší provázání osnovních a útkových nití. Je zde pravidlem, že vedle osnovního vazného bodu je vždy ve směru osnovy i útku útkový vazný bod a naopak [13].

Plátnové vazby mají své odvozeniny: ryps, panama.

Keprová vazba:

Keprová vazba, viz obr. 3b se vyznačuje tím, že vytváří na tkanině šikmé řádkování, dříve se keprovým vazbám říkalo diagonální vazby. Nejmenší střida vazby je 3/3 (tzn. 3 osnovní a 3 útkové nitě).

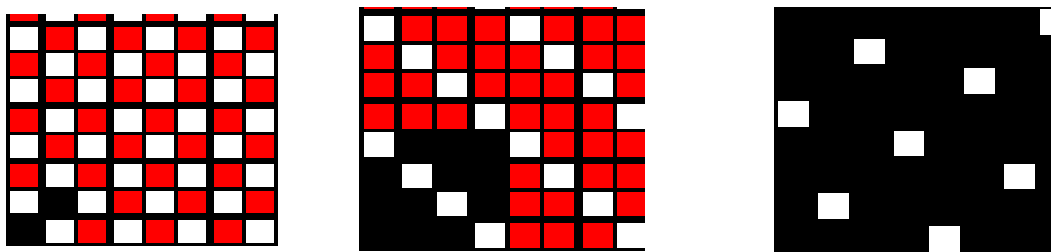
Jestliže ve střídě vazby převládají osnovní vazné body, kepr je nazýván osnovní, v opačném případě, kdy ve střídě vazby převažují útkové vazné body, kepr je nazýván útkový. U keprových vazeb se také rozlišuje směr stoupání řádku na levý S nebo pravý Z.

Odvozeniny keprových vazeb jsou: kepr zesílený, lomený po střídě, hrotový, křížový, aj [13].

Atlasová vazba:

Atlasová vazba, viz obr. 3c je charakteristická dvojitým stoupáním ve dvou směrech pod různým úhlem. Toto řádkování je patrné i u atlasu s několikanásobně vyšší dostavou osnovních nití než je nití v útku. Úhel stoupání šikmých řádků se mění podle použitého postupného čísla při konstrukci vazby a podle dostavy osnovních a útkových nití. Nejmenší střída vazby je 5/5 (tzn. 5 osnovních a 5 útkových nití). Atlasové vazby se rozlišují podle počtu převládajících vazných bodů osnovních, nebo útkových.

Odvozeniny atlasových vazeb jsou: atlas nepravidelný šestivazný, atlas zesílený, přisazovaný, stínový, aj [13].



a: Plátňová vazba P 1/1

b: Keprvá vazba K 3/1

c: Atlasová vazba A 7/1

Obr. 3: Základní vazby tkanin

2.3.3. Plošná hmotnost tkaniny

Plošná měrná hmotnost je hmotnost tkaniny vztažená na jednotkovou plochu. Hmotnost tkaniny závisí na dostavě tkaniny v jednotlivých soustavách, jemnosti přízí a také na setkání přízí v těchto soustavách[16]. Plošná měrná hmotnost $m_p[kg/m^2]$ představuje poměr mezi hmotností tkaniny $m_t[kg]$ a plochou tkaniny $S_t[m^2]$.

$$m_p = \frac{m_t}{S_t} \tag{7}$$

Plošná hmotnost podle Das [10] a Lee a Obensdorf [11] je parametr, na kterém je závislá propustnost pro vodní páry.

2.3.4. Objemová hmotnost tkaniny

Objemová měrná hmotnost je definována jako hmotnost 1 m³ plošné textilie, což je podle fyzikální definice hustota $\rho [kg/m^3]$, avšak zároveň pojem hustota je u plošných textilií používán v jiných souvislostech. Byl zaveden pojem objemové měrné hmotnosti.

$$m_v = \frac{m_t}{V_t} \quad (8)$$

Kde m_v [kg/m³] je objemová hmotnost tkaniny, m_t [kg] je hmotnost tkaniny a V_t [m³] je objem tkaniny.

2.3.5. Tloušťka tkaniny

Tloušťka tkaniny je definovaná jako kolmá vzdálenost, kterou určuje rozměr mezi horní a spodní stranou textilie [14]. Podle ČSN EN ISO 5084 se jedná o kolmou vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami, přičemž na textiliu působí přítlak 1kPa nebo nižší. Tloušťka tkaniny je závislá na průměru osnovních a útkových nití, na použité vazbě a dostavě tkaniny a použité technologii výroby samotné textilie. Z hlediska měření paropropustnosti je dle Leea a Obendorfa [11] tloušťka tkaniny významným parametrem.

2.3.6. Zakrytí tkaniny

Zakrytí tkaniny je bezrozměrný parametr, který vyjadřuje podíl mezi plochou zakrytou nitěmi a celkovou plochou. Tkaniny se stejnými dostavami mohou mít při různých průměrech nití zcela odlišné zakrytí tkaniny. Při velkém průměru nitě je tkanina plnější než při malém průměru nitě. Nezakrytá plocha tkaniny představuje póry [15]. Vzhledem k prodyšnosti tkaniny lze předpokládat, že při větším zakrytí tkaniny se snižuje hodnota prodyšnosti, a naopak.

Vztah pro výpočet zakrytí vychází ze znalosti průměru osnovních přízí d_o [m] a útkových přízí d_u [m], dále osnovní dostavy nití D_o [1/m], a útkové dostavy nití D_u [1/m].

$$Z_o = D_o * d_o \quad (9)$$

$$Z_u = D_u * d_u \quad (10)$$

Kde Z_o, Z_u [1] je zakrytí osnovní, útkovou soustavou nití, D_o, D_u [1/m] je dostava osnovy a útku a d_o, d_u [m] je průměr osnovní, útkové nitě.

Hodnotu celkového zakrytí tkaniny oběma soustavami nití lze zjistit dle vztahu:

$$Z = Z_o + Z_u - Z_o * Z_u \quad (11)$$

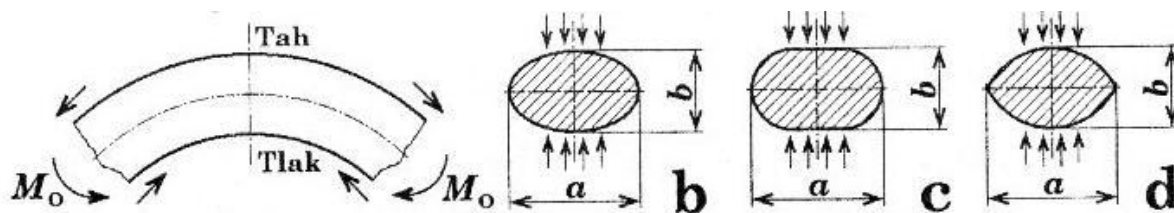
Dosazením do rovnice (11) dostaneme zakrytí celkové Z [1]:

$$Z = (D_o * d_o) + (D_u * d_u) - (D_o * d_o) * (D_u * d_u) \quad (12)$$

2.3.7. Deformace příze ve tkanině

V příčném řezu tkaniny vzniká deformace průřezu nitě, zejména jejím ohybem či vlivem vnějšího tlaku. Vlivem zakřivení vzniká na vnější polovině průřezu tahové a na dolní tlakové axiální napětí, které vede ke vzniku radiálního napětí působícího směrem k

vodorovné ose průřezu nitě [15]. Takovéto napětí deformuje původně kruhový průřez nitě na přibližně eliptický- obrázek 4b, oválný-obrázek 4c nebo čočku-obrázek 4d.



Obr. 4: Deformace průměru přize [19]

Velikost deformace příčného řezu nitě ve tkanině se dá zjistit změnou šířky přize, a změnou výšky přize dle relativního stlačení, či relativního rozšíření [21].

Deformací původního kruhového průřezu přize se zmenší jednotlivé póry ve tkanině, čímž se také sníží hodnota prodyšnosti.

Relativní stlačení je definováno:

$$\varepsilon_1 = \frac{b-d}{d} \quad (13)$$

Kde $\varepsilon_1[1]$ je relativní stlačení, $b[m]$ je výška přize a $d[m]$ je kruhový průměr přize.

Relativní rozšíření je definováno [21]:

$$\varepsilon_2 = \frac{a-d}{d} \quad (14)$$

Kde $\varepsilon_2[1]$ je relativní rozšíření, $a[m]$ je šířka přize a $d[m]$ je kruhový průměr přize.

Podle Drašarové [21], pro vyjádření vztahu mezi parametry příčného řezu před a po deformaci bývají navrhovány dvě alternativní hypotézy, které vycházejí z ryze geometrických představ:

Hypotéza o zachování plochy

Tato hypotéza předpokládá, že se nemění plocha příčného řezu, kdežto obvod deformovaného řezu roste. Objem mezivláknenných pórů ani zaplnění se nemění.

Hypotéza o zachování obvodu

Tato hypotéza předpokládá, že se nemění obvod příčného řezu, oproti tomu plocha deformovaného řezu klesá a roste zaplnění, tím dochází ke zmenšení pórů.

3. Porosita

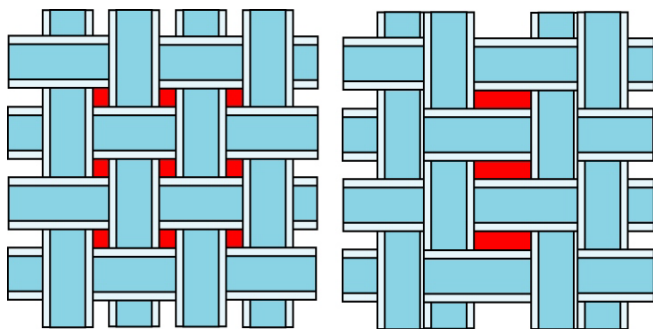
Porosita se vyskytuje ve všech textilních útvarech (příze, tkanina, pletenina, netkaná textilie). Všechny tyto útvary mají stejnou vlastnost, nejsou plně zaplněné. Místa, kde nejsou útvary zaplněné se nazývají póry.

Rozdělení pórů podle jejich výskytu:

- Póry uvnitř vláken
- Póry uvnitř příze mezi vlákny
- Póry mezi nitěmi ve tkanině (tzv. mezinitné póry, viz. obr. 6)

Ve většině výzkumných prací, zabývajících se hodnocením prodyšnosti, např. [5,8,14] autoři využívají předpokladu Robertsona [32], že póry uvnitř přízí mezi vlákny lze vzhledem k prodyšnosti zanedbat, jelikož póry uvnitř přízí jsou ve srovnání s póry mezi přízemi tak malé, že jimi neprochází takřka žádný vzduch. Podle Das [10] vodní pára může prostupovat všemi uvedenými póry.

Tzv. ideální tkanina by měla mít všechny póry mezi přízemi stejně velké, ale ve skutečnosti dochází vlivem nerovnoměrnosti útkových a osnovních dostav přízí k jejich posunu, čímž lze pozorovat rozdílné velikosti jednotlivých pórů ve tkanině. V dostavách osnovy lze pozorovat, že soustavy dvou, ale i tří přízí jsou uloženy těsně vedle sebe. V těchto místech, kde jsou příze uloženy těsně vedle sebe se nacházejí malé mezinitné póry, které se zmenšily ve prospěch velkých mezinitných pórů. Tento jev je vyobrazen na obrázku 5, kde na levé části obrázku je vyobrazena tzv. ideální tkanina, v pravé části obrázku je vyobrazena tkanina reálná, kde lze pozorovat nerovnoměrnost v dostavách přízí.



Obr. 5: Ideální a reálná tkanina [23]

Velikost mezinitných pórů je ovlivněna konstrukčními parametry tkaniny, ale i konečnou úpravou tkaniny, jako je např. kalandrování (za působení tlaku popř. i tepla dochází ke zploštění přízí a následnému zaplnění mezinitných pórů tkaniny).

Porosita udává informaci pouze o tom, kolik vzduchu je obsaženo v textilií, ale nevypovídá nic o velikostech pórů, jejich rozložení. Porosita je charakterizována jako poměrné číslo v intervalu od 0 do 1, ale lze ji vyjádřit i v procentech, v intervalu 0 až 100. Porositu lze určit mnoha způsoby, jak řadou teoretických postupů, tak i různými experimentálními metodami pro zjišťování porosity. Vzhledem ke složité struktuře textilních materiálů, má každá z teoretických metod své určité zjednodušující předpoklady, které způsobují nepřesnosti ve výsledcích. Nelze tedy objektivně říci, která z metod je nejpřesnější.

3.1. Teoretické metody pro vyjádření porosity

Porosita je vlastně doplněk k zaplnění textilního materiálu. Rozděluje se tedy obdobně jako zaplnění na: porositu stanovenou z plošného zakrytí, porositu stanovenou z podílu objemů a porositu stanovenou z podílu měrných hmotností.

3.1.1. Porosita stanovená z plošného zakrytí tkaniny

Plošnou porositou tkaniny se zabývalo již mnoho autorů. Jak je již zmíněno, každý model měl své předpoklady ze kterých autoři vycházeli.

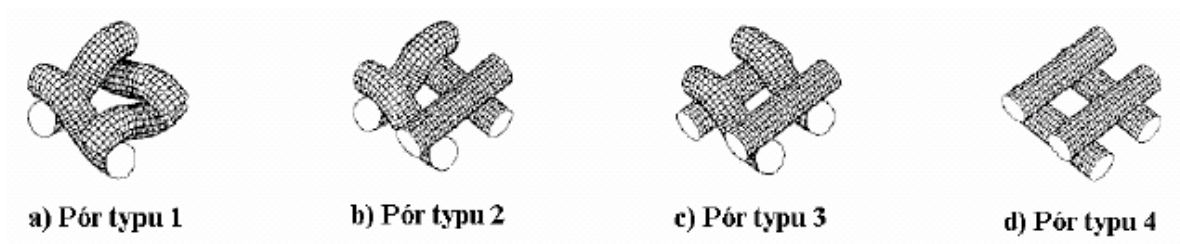
Klasický 2D model porosity je definován jako doplněk plošného zakrytí, který vychází ze znalostí dostav osnovních a útkových přízí a jejich průměru (viz obr. 3). Model vychází z kolmého průmětu tkaniny do roviny, přičemž zanedbává způsob provázání přízí. Předpokladem pro tento model je kruhový průřez příže[14]. Porosita tkaniny je vypočtena dle vztahu:

$$P_s = 1 - Z \quad (15)$$

Kde zakrytí tkaniny $Z[1]$ je vypočteno dle vztahu (12), $P_s[1]$ je porosita tkaniny a $Z[1]$ je zakrytí tkaniny celkové.

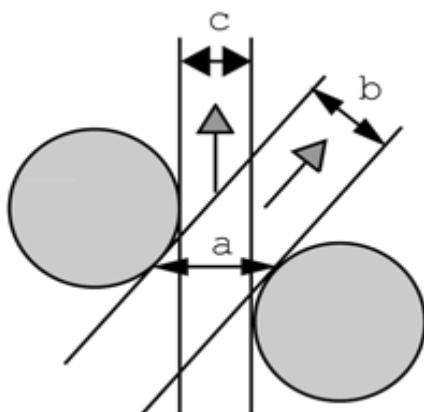
Klasický 2D model stanovení porosity tkaniny nelze uplatnit u hustě dostavených tkanin, jelikož plošná porosita hustě dostavených tkanin se jeví jako téměř nulová[14]. Touto problematikou se ve své práci zabýval Gooijer[8]. Autor vychází z Backerových čtyř typů pórových buněk, jež jsou vyobrazeny na obrázku 6. Gooijer na

rozdíl od Backera uvádí, že proud vzduchu neprochází pouze kolmo k rovině tkaniny, ale dochází k průtoku vzduchu v šikmém směru ke tkanině (viz obr. 7).



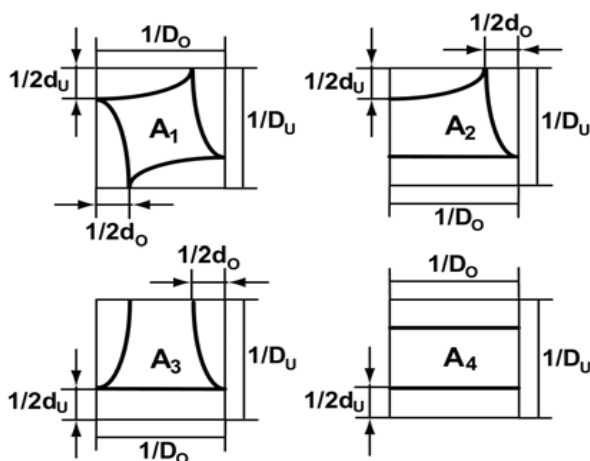
Obr. 6: Rozlišení 4 typů pórů podle Backera [5]

Na obrázku 7 je vidět, že plocha póru získaná při provedení šikmého směru průtoku vzduchu (rozměr a) je větší, než plocha póru (rozměr b) získaná při provedení řezu kolmého na „šikmý“ průtok vzduchu. Nejmenší je plocha póru (rozměr c), získaná na základě průmětu plochy tkaniny do roviny.



Obr. 7: Možnosti stanovení plochy póru přístupné pro vzduch [8]

Na základě dosavadních poznatků, provedl Gooijer průmět omočených obvodů pórů čtyř přízí tvořících pór do roviny textilie, v jejich nejužším místě. Tímto autor zahrnul do úvah vliv vazebního provázání. Průměty omočených obvodů pórů lze vidět na obrázku 8.



Obr. 8: Průřezy omočených obvodů čtyř typů jednotkových pórových buněk ve tkanině [8]

Vztahy pro výpočty jednotlivých pórových buněk A_1 až A_4 jsou následující:

$$A_1 = \frac{1}{D_o} * \frac{1}{D_u} - \frac{\pi}{4} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_o \left(\frac{1}{d_u} - \frac{d_u}{2} \right) \quad (16)$$

$$A_2 = \frac{1}{D_o} * \frac{1}{D_u} - \frac{\pi}{8} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) - \frac{\pi}{8} d_o \left(\frac{1}{d_u} - \frac{d_u}{2} \right) - \frac{d_u}{2} * \frac{1}{D_o} \quad (17)$$

$$A_3 = \frac{1}{D_o} * \frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} * \frac{1}{D_o} - \frac{\pi}{4} d_o \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right) \quad (18)$$

$$A_4 = \frac{1}{D_o} * \frac{1}{D_u} - \frac{1}{D_o} d_u \quad (19)$$

Kde $A_1, A_2, A_3, A_4 [m^2]$ je plocha jednotlivých pórů, $D_o, D_u [1/m]$ je dostava osnovy, dostava útku a $d_o, d_u [m]$ je průměr osnovních, útkových přízí.

Porositu lze pak vyjádřit s využitím předchozích vztahů, jako podíl celkové plochy všech pórů ve střídě vazby a celkové plochy střídě vazby tkaniny[14].

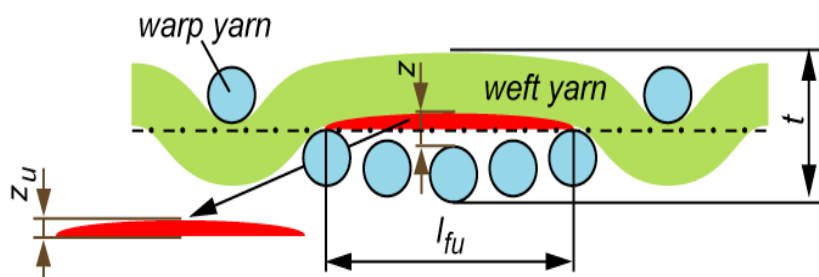
$$P_G = \frac{p_1 A_1 + p_2 A_2 + p_3 A_3 + p_4 A_4}{\frac{1}{D_o} * n_o * \frac{1}{D_u} * n_u} \quad (20)$$

Kde $P_G [I]$ je porosita, p_1 až $p_4 [I]$ je počet pórových buněk typu 1-4 obsažených ve střídě vazby, A_1 až $A_4 [m^2]$ je plocha jednotlivých pórů, $D_o, D_u [1/m]$ je dostava osnovy, dostava útku a $n_o, n_u [I]$ je počet osnovních, útkových přízí ve střídě vazby.

K základnímu modelu plošné porosity, který je popsán výše, Šindelková [6] bere v úvahu deformaci průřezu nitě ve vazných bodech. Havlová [24, 9] se zabývá vertikální porositou, kde díky proudícímu vzduchu vzrůstá plocha vertikální porosity vlivem výskytu

flotáží (místo delšího neprovázaného úseku mezi osnovní a útkovou nití). U tkanin s plátňovou vazbou, kde se flotující úseky nevyskytují, se vertikální porosita neprojeví.

Havlová ve svých příspěvcích [24,9] navrhla model eliptického vertikálního póru (obr. 9). Plocha tohoto póru je modelována jako plocha poloviny elipsy.



Obr.9: Model eliptického vertikálního póru [24]

$$E_{U1} = \frac{1}{2} * l_{fu} * z_u \quad (21)$$

Kde l_{fu} [cm] je délka flotáže útkové nitě která se stanoví:

$$l_{fu} = \frac{1}{D_o} * p_{lu} \quad (22)$$

Kde p_{lu} [1] je počet nezakřížených úseků nitě v dané flotáži. Dále je potřeba stanovit počet stříd na cm^2 :

$$p_s = \frac{D_o D_u}{n_o n_u} \quad (23)$$

Kde D_o a D_u [1/cm] jsou dostavy osnovních a útkových nití a n_o , n_u jsou počty vazných bodů ve střídě osnovy a útku.

Plocha všech vertikálních pórů útkové soustavy E_u [cm²] se stanoví:

$$E_U = \frac{\pi}{2} * \frac{p_{lu}}{D_o} * z_u * p_{fu} * \frac{D_o D_u}{n_o n_u} \quad (24)$$

Kde p_{fu} [1] počet daných útkových flotáží ve střídě vazby, z [cm] je maximální velikost oddálení neprovazujícího úseku příze.

Záměnou indexů O za U se stanoví plocha pórů osnovní soustavy E_o [cm²]. U vazeb, ve kterých se vyskytuje více odlišných flotáží, je nutné vypočítat plochu pórů pro každou flotáž zvlášť.

Maximální velikost oddálení neprovazujícího úseku příze z [cm] se stanoví odhadem:

$$z = t - (d_o + d_u) \quad (25)$$

Kde t [cm] je tloušťka tkaniny, d_o a d_u [cm] jsou průměry osnovních a útkových přízí.

Plocha průmětu flotáže útkové nitě S_{FU} [cm²] se stanoví jako:

$$S_{FU} = \frac{\pi}{2} \left(\frac{p_{1u}}{D_o} + 2d_u \right) (z_u + d_u) p_{fu} \frac{D_o D_u}{n_o n_u} \quad (26)$$

Záměnou indexů O za U lze stanovit plochu průmětu flotáže osnovní nitě. Vertikální porosita P_V se pak stanoví jako:

$$P_V = \frac{E_o + E_u}{S_{FO} + S_{FU}} \quad (27)$$

3.1.2. Objemová porosita

Porositu lze vypočítat z charakteristik objemu (je třeba znát celkový objem vlákněného útvaru a objem vláken). Stejně jako u porosity stanovené z plošného zakrytí je objemová porosita stanovená jako doplněk k objemovému zaplnění. Stanovením objemové porosity se zabýval Neckář [4]. Touto metodou však nelze zjistit tvar pórů, ani jejich rozmístění v tkanině. Neckář [4] definoval porositu vztahem:

$$P_{vo} = 1 - \frac{V_p}{V_t} = 1 - \mu \quad (28)$$

Kde P_{vo} [I] je objemová porosita tkaniny, V_t [m³] je celkový objem tkaniny, V_p [m³] je objem přízí ve tkanině a μ [I] je zaplnění.

Podle Havrdové [19] lze stanovit porositu s vlivem setkání nitě:

$$P_H = 1 - \frac{V_p}{V_t} \quad (29)$$

Kde V_p [m³] je celkový objem přízí na 1m², V_t [m³] je objem tkaniny na 1m².

Celkový objem příze V_p se stanoví:

$$V_p = V_o + V_u \quad (30)$$

Kde V_o [m³] je objem osnovních nití a V_u [m³] je objem útkových nití.

Objem osnovních a útkových nití se stanoví:

$$V_o = D_o V_{1mO} \quad (31) \quad \text{a} \quad V_u = D_u V_{1mU} \quad (32)$$

Kde D_o a D_u [1/m] je dostava osnovních a útkových nití, V_{1mO} a V_{1mU} [1/m] je objem jedné osnovní a útkové nitě v úseku 1 metru tkaniny. Za předpokladu kruhového průřezu příze se objem stanoví:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} l = \frac{T_t}{\rho_v \mu} \left(1 + \frac{s}{100} \right) \quad (33)$$

Kde T_t [tex] je jemnost příze, μ [1] je zaplnění příze, s [%] je procento setkání příze v tkanině a ρ_v [kg/m³] je měrná hmotnost vláken.

Celkový objem přízí v tkanině lze stanovit:

$$V_p = D_o \frac{T_o}{\rho_v} \left(1 + \frac{s_o}{100} \right) + D_u \frac{T_u}{\rho_{vu} \mu_{vu}} \left(1 + \frac{s_u}{100} \right) \quad (34)$$

3.1.3. Porosita stanovená z podílu měrných hmotností

Dále lze porositu vyjádřit pomocí měrné hmotnosti. Podle Havrdové [5] je tkanina chápána jako plochá destička s rovinným horním a spodním povrchem. Ke stanovení výpočtu je třeba znát plošnou hmotnost tkaniny, její tloušťku a materiálové složení. Tak jako u objemové porosity, tak i v modelu měrné hmotnosti, nelze zjistit tvar pórů, ani jejich rozmístění v tkanině.

Základní vztah je stanoven podle Kovačiče[22]:

$$P_D = 1 - \frac{\rho_t}{\rho_v} \quad (35)$$

Kde P_D [1] je porosita, ρ_t [kg/m³] je měrná hmotnost tkaniny, ρ_v [kg/m³] je měrná hmotnost vláken.

Měrnou hmotnost tkaniny ρ_t [kg/m³] lze zjistit vztahem:

$$\rho_t = \frac{m_s}{t} \quad (36)$$

Plošnou hmotnost m_s [g/m²] tkaniny lze určit:

$$m_s = \frac{m}{S} \quad (37)$$

Kde $m_s[g/m^2]$ je plošná hmotnost tkaniny, $m[g]$ je hmotnost tkaniny, $S[m^2]$ je plocha tkaniny a $t[m]$ je tloušťka tkaniny.

Výsledný vztah pro výpočet porosity je:

$$P_D = 1 - \frac{m_s}{\rho_v \cdot t} \quad (38)$$

$m_s[g/m^2]$ je plošná hmotnost tkaniny, $\rho_v[kg/m^3]$ je měrná hmotnost vláken a $t[m]$ je tloušťka tkaniny.

4. Propustnost pro vodní páry

Vlivem termoregulační činnosti produkuje lidský organismus vodu ve formě potu. Při teplotě kůže do 34 °C uvolňuje lidské tělo do okolí cca 0,03 l/h potu. Při vyšších teplotách uvolní až 0,7 l/h potu, proto je nutné lidský organismus ochlazovat. Ochlazovací efekt vznikne pouze odpařením potu.

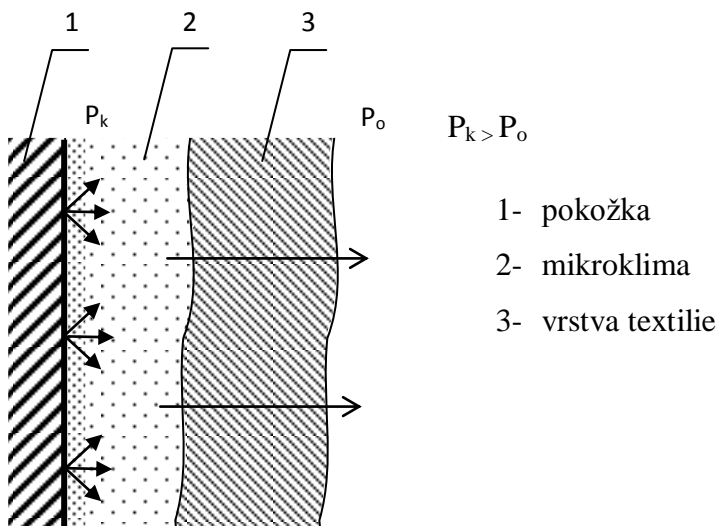
Transport vlhkosti skrz textilii má velký vliv na tepelně-fyziologické pohodlí člověka. Vlhkost je odpařována ve formě vodních par, nebo v kapalně formě.

U volného povrchu kůže k odparu postačí dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry. Situace je složitější, pokud je člověk oblečen. Tehdy se transport vlhkosti podle Hese[27] řídí principy: difuzí, kapilárně a sorpčně.

Podle Das [10] se transport vlhkosti ve formě vodní páry řídí mechanismy: difuzí, absorpcí a desorpcí vláken, absorpcí a migrací vláken a nucenou konvekcí.

4.1. Difuzní princip transportu vlhkosti

Difuzní prostup vlhkosti z povrchu lidské kůže přes textilii je podle Hese [27] realizován prostřednictvím pórů, které se svou velikostí a křivolakostí zúčastňují na kapilárním odvodu.



Obr. 10: Difuzní odvod [27]

Vodní pára prostupuje skrz textílii směrem od vyššího parciálního tlaku P_k [Pa] k nižšímu parciálnímu tlaku P_o [Pa], tedy z vlhčího prostředí do méně vlhkého prostředí. Difuzní odpor jednotlivých oděvních vrstev se sčítá, přičemž významnou roli hraje i odpor vzduchových mezivrstev oděvu.

Platí, že čím má textílie větší porositu, tím má přirozeně vyšší propustnost pro vodní páry.

Podle Das [10] se může vodní pára skrz textílii šířit třemi způsoby: póry mezi nitěmi ve tkanině, póry uvnitř příze mezi vlákny a samotnými vlákny v přízi. V případě difuze skrz samotná vlákna se vodní pára rozptyluje od vnitřního povrchu tkaniny přes vlákna v přízi až do vnějšího povrchu tkaniny. V případě výskytu hydrofilních vláken v přízi dojde v důsledku nabobtnání vláken ke zmenšení pórů uvnitř příze mezi vlákny, a tím dojde ke zmenšení propustnosti vodních par.

Přenos vodních par je dán vztahem [27]:

$$m^* = -D_p \frac{\Delta p_{\text{parc}}}{\Delta x} \quad (39)$$

Kde m^* [kg/m²s] je vteřinové množství páry přenášené difuzí vrstvou klidného vzduchu, D_p [kg/m.s.Pa] je difuzní koeficient a $\frac{\Delta p_{\text{parc}}}{\Delta x}$ je gradient parciálního tlaku podle Fickova zákona.

4.2. Princip absorpce a desorpce vláken

Sorpční odvod vlhkosti je podle Hese [27] založen na principu vniku vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna, a

následné navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. Je zde předpoklad, že textilie je vyrobena alespoň částečně z přízí obsahující sorpční vlákna.

Tento princip je závislý na četnosti hydrofilních skupin ve vláknech, na které se pak molekuly vody vážou. Tento proces odvodu vlhkosti je nejpomalejší způsob.

Propustnost pro vodní páry ovlivňuje nejen rozdíl tlaků, ale také charakter vláken, ze kterého je textilie vyrobena. U textilií vyrobených z přírodních vláken nebo vláken z přírodního polymeru je propustnost pro vodní páry vysoká vzhledem k sorpčním vlastnostem těchto vláken.

Podle Das [10] je tento proces velmi důležitý, jelikož udržuje mikroklima během procesu. Tkanina absorbuje vodní páru z vlhkého prostředí a uvolní ji ven do suchého prostředí. Pohlcující textilie funguje jako zdroj vlhkosti do atmosféry.

4.3. Princip nucené konvekce

Vlhkost ve formě vodní páry, může být podobně jako teplo přenášena prouděním nebo-li konvekcí. Hnací silou je podle Hese [27] gradient mezi koncentrací nasycené páry na povrchu lidské pokožky $p_{WSAT} [Pa]$ a aktuální koncentrací vodní páry a jejím parciálním tlakem v okolním prostředí $p_{WE} [Pa]$. Opačný poměr těchto parametrů vynásobeným 100, se nazývá relativní vlhkost $\varphi [\%]$.

Při dostatečném gradientu hnací síly se odparem vlhkosti z povrchu kůže $m^* [kg/m^2s]$ odvede tepelný tok $q [W/m^2]$ dle vztahu:

$$q = m^*L \quad (40)$$

Kde $L[kJ/kg]$ je výparné teplo vody a $m^* [kg/m^2s]$ je množství páry přenášené difuzí vrstvou klidného vzduchu. Výparné teplo vody L má hodnotu přibližně $2500kJ/kg$. Podle Das [10], jelikož je výparné teplo poměrně velké, tak i malé množství odpařování významně navyšuje tepelný tok. V ustáleném stavu, výparné teplo ztracené vody z důvodu odpaření je rovno teplu, které přichází do vody z okolního vzduchu.

Přenos vodních par je dán stejným vztahem viz kapitola 4.1. [27]:

$$m^* = -D_p \frac{\Delta p_{\text{parc}}}{\Delta x} \quad (41)$$

Kde m^* [kg/m^2s] je vteřinové množství páry přenášené difuzí vrstvou klidného vzduchu, D_p [$kg/m.s.Pa$] je difúzní koeficient a $\frac{\Delta p_{parc}}{\Delta x}$ je gradient parciálního tlaku podle Fickova zákona.

Namísto gradientu tlaku vodní páry, může být také použit gradient koncentrace hmotnosti C [$kg H_2O / 1 kg vlhkého vzduchu$] ve zmíněné rovnici (41):

$$m^* = -D_c \frac{\Delta C}{\Delta x} \quad (42)$$

Transportem vodní páry skrz textilii se zabývali ve své studii Lee a Obendorf [11]. Autoři ve své studii ověřovali, které strukturní parametry mají rozhodující vliv na přepravu transportu vodní páry skrz textilii a následně tak vytvořili prediktivní model, který popisuje transport vodní páry skrz tkaninu.

V tomto experimentu bylo vybráno 15 tkanin. Jednalo se o tkaniny, které byly utkány z přízí různého druhu materiálu a měly i odlišné zákruty. Tkaniny byly také utkány v odlišných vazbách. Výsledné tkaniny měly různou tloušťku tkaniny a plošnou hmotnost.

Lee a Obendorf [11] uvažovali předpoklad, stejně tak jako Das [10], že vodní páry skrz textilii prochází póry mezi nitěmi ve tkanině, póry uvnitř příze mezi vlákny a samotnými vlákny v přízi. Tento předpoklad byl tedy zahrnut do vytvoření prediktivního modelu. Aby bylo možné tento předpoklad využít v modelu, musí být vyjádřen v příslušných proměnných. Autoři vybrali parametr zakrytí tkaniny jako proměnnou pro průchod vodní páry póry mezi nitěmi ve tkanině. Parametr zákrut příze a zaplnění příze byl vybrán jako proměnná pro průchod vodní páry póry uvnitř příze mezi vlákny. Proměnná pro průchod vodních par samotnými vlákny byla vybrána schopnost vláken přijímat vlhkost. Tato proměnná charakterizuje hydrofilní nebo hydrofobní charakter vláken.

Bylo vybráno sedm parametrů tkanin: tloušťka tkaniny, hmotnostní zaplnění tkaniny, zakrytí tkaniny, zákrut příze, schopnost vláken přijímat vlhkost, zaplnění příze a průměr mezinitných pórů, které byly ověřovány.

Autoři svým experimentem prokázali, že průměr mezinitných pórů ve tkanině pozitivně ovlivňuje transport vodních par skrz textilii a ostatní zkoumané parametry ovlivňují transport vodních par negativně. Tedy čím větší průměry pórů tkanina má, tím má i větší propustnost pro vodní páry. Oproti tomu se zvyšující se tloušťkou tkaniny, nebo vysokém zakrytí tkaniny, propustnost pro vodní páry klesá.

Parametry zákrut příze a zaplnění příze a hmotnostní zaplnění tkaniny se v této studii ukázaly jako nevýznamné parametry. Autoři tedy vytvořili prediktivní model s parametry: tloušťka tkaniny, zakrytí tkaniny, schopnost vláken přijímat vlhkost a průměr mezinitných pórů.

Výsledná rovnice je následující [11]:

$$TVP = -0,05 - t - 0,2Z - 0,06M + 0,002d_p + 11Z^2 + 0,025M^2 - 0,0017d_p^2 \quad (43)$$

Kde $t[mm]$ je tloušťka tkaniny, $Z[1]$ je zakrytí tkaniny, $M[\%]$ je schopnost vláken přijímat vlhkost a $d_p[\mu m]$ je průměr mezinitných pórů.

Tento prediktivní model transportu vodních par skrz textilii je platný pouze pro tkaniny s vlastnostmi parametrů podobnými v této studii. Tzn., že v tomto modelu byly použity tkaniny utkané ze staplových přízí o tloušťce tkaniny v rozmezí 0,206 – 1,000 mm, faktor zakrytí tkaniny byl v rozmezí 0,71 – 1,00, schopnost vláken přijímat vlhkost byla v rozmezí 0,1 – 12% a průměr mezinitných pórů se pohyboval v rozmezí 4,89 – 49,59 μm .

V další studii se Bogusławska-Bączek a Hes [33] zabývali propustností pro vodní páry skrz textilii s vlivem obsahu vlhkosti v textilií. Autoři sledovali, jak se změni parametr propustnost pro vodní páry se změnou vlhkosti v textilií.

S rostoucí vlhkostí textilie, dochází ke zhoršení schopnosti transportu vodních par skrz textilií, což se týká hlavně textilií s obsahem hydrofilních vláken.

V této studii byly zkoumány tkaniny utkané z 100% vlněných vláken, dále tkaniny utkané z 45% vlněných vláken a 55% viskózových vláken a tkaniny utkané z 45% vlněných vláken a 55% polyesterových vláken. Tkaniny se liší tloušťkou tkaniny a plošnou hmotností.

U zmíněných tkanin byla naměřena propustnost pro vodní páry v suchém stavu textilií, kde výsledky prokázaly, že se zvýšenou plošnou hmotností tkaniny se propustnost pro vodní páry snižuje. Zároveň se propustnost pro vodní páry snižuje se snížením procenta vlněných vláken obsažených v textilií. Při měření v mokřém stavu (po zavlhčení textilií) se ale u všech tkanin propustnost pro vodní páry zvýšila.

5. Stanovení propustnosti pro vodní páry

5.1. Gravimetrická metoda

Měření gravimetrickou metodou spočívá v upevnění vzorku textilie na misku, obsahující silikagel (vysoušedlo- silikagel T dle ON 65 4655 středně porézní o zrnitosti 0,4 až 1,6 mm), který na spodní straně zkoušené textilie zajišťuje nulovou relativní vlhkost. V klimatizační skříni se miska se vzorkem zváží (označeno $G_0[kg]$), a po uplynutí šesti hodin se miska se vzorkem znovu zváží (označeno $G_1[kg]$)[27].

Relativní propustnost $P_{rel}[\%]$ se vypočte dle vztahu:

$$P_{rel} = \frac{(G_1 - G_0)}{G_0} \quad (44)$$

Absolutní propustnost $P_{abs}[kg/m^2 \text{ hod}]$ se vypočte dle vztahu:

$$P_{abs} = \frac{(G_1 - G_2)}{S\tau} \quad (45)$$

Kde $\tau[hod]$ je doba expozice a $S[m^2]$ je plocha vzorku textilie.

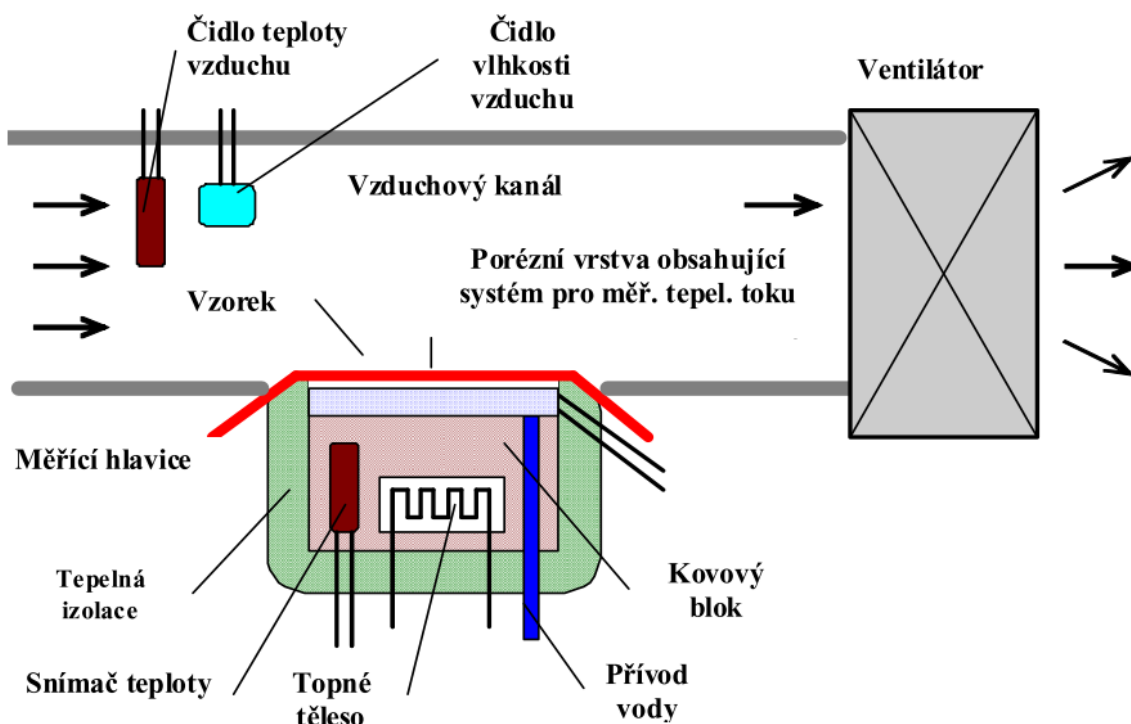
5.2. Stanovení pomocí skin modelu

Jedná se o měření pomocí přístroje, jehož základem je vyhřívání a zvlhčování porézní deska simulující lidskou kůži.

Zkoušený vzorek je umístěn na elektricky vyhřívanou desku o teplotě 35 °C obtékanou vzduchem rychlostí 1 m/s a teplotě 35 °C. Vyhřívání porézní deska je pokryta celofánovou membránou, která propouští vodní páru, ale nepropouští vodu. Voda přiváděná k vyhřívání desce je odpařována, a prochází membránou ve formě páry. Odpar je přímo úměrný propustnosti textilie pro páru. Měřicí deska je obklopena elektronicky stabilizovanou izotermní plochou, z důvodu zachování teploty[27].

5.2.1. Měření pomocí přístroje Permetest

Přístroj Permetest, jehož schéma je vyobrazeno na obr. 11, je svou podstatou výše popsán skin model založen na přímém měření tepelného toku $q[W/m^2]$, který prochází povrchem tohoto modelu lidské kůže. Povrch desky je porézní a zvlhčován, čímž je simulována funkce pocení. Na desku je přiložen přes separační fólii vzorek textilie, která je vnější stranou ofukována.



Obr.11 : Schéma přístroje Permetest [27]

Při měření paropropustnosti a výparného odporu je deska udržována na teplotě okolního vzduchu ($20-23\text{ }^{\circ}\text{C}$), který je do přístroje nasáván. Při měření se vlhkost mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Výparný tepelný tok je naměřen snímačem, a jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti a nepřímo úměrná výparnému odporu. Výparný tepelný tok je měřen vždy nejprve bez vzorku ($q_o[\text{W}/\text{m}^2]$) a poté se vzorkem ($q_v[\text{W}/\text{m}^2]$). Přístroj registruje odpovídající tepelné toky[27].

Hodnocení výparného odporu textilie $R_{et} [\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}]$ je používanou metodou pro hodnocení paropropustnosti textilie. Čím nižší je hodnota R_{et} , tím vyšší je paropropustnost textilie.

Výparný odpor $R_{et} [\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}]$ podle Hese[27] charakterizuje odpor proti prostupu tepla vzorkem při definované teplotě t_m jeho jedné strany a při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé (vnější) strany do vzduchu o teplotě t_a , přičemž tepelný odpor této vnější mezní vrstvy se odečítá.

Výhodou je krátká doba a možnost měření v jakýchkoliv klimatických podmínkách.

Relativní propustnost $P_{rel}[\%]$ je dána vztahem:

$$P_{rel} = \frac{q_v}{q_o} * 100 \quad (46)$$

Výparným odporem se zabýval Sluka [31]. Sledoval vztah mezi výparným a hydraulickým odporem vícevrstvých textilií. Hydraulický odpor textilie je v práci definován jako převrácená hodnota prodyšnosti, jež se vypočítá dle vztahu:

$$R = \frac{\Delta P}{AP} \quad (47)$$

Kde $R[Pa.s/m]$ je hydraulický odpor, $\Delta P[Pa]$ je tlakový spád a $AP[m/s]$ značí prodyšnost.

Sluka [31] provedl experiment na jednom polypropylenovém vzorku získaným z referenční sady od společnosti Spolsin. Vzorek byl měřen na přístroji FX 3300 v intervalu tlakového spádu od 5 do 500 Pa po kroku 5Pa. Ukázalo se, že hydraulický odpor textilie stejně tak jako prodyšnost je závislý na tlakovém spádu. Ovšem v mnohem menším rozsahu. Prodyšnost materiálu se změnila z 64 l/s.m² na 2400 l/s.m². Kdežto hydraulický odpor stejného materiálu se změnil z 78 Pa.s/m na 208 Pa.s/m. Z tohoto důvodu se dle autora hydraulický odpor jeví jako vhodnější ukazatel bránění prostupu vzduchu než prodyšnost.

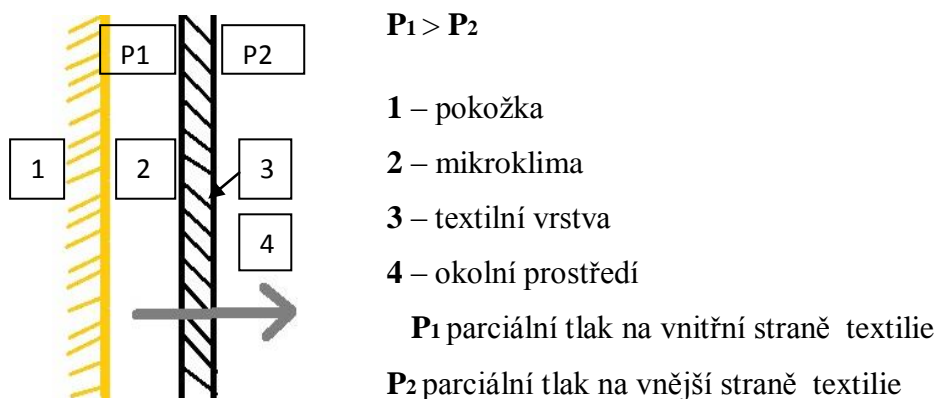
Pro zjišťování vztahu mezi výparným odporem a hydraulickým odporem textilie byly vybrány dva polypropylenové vzorky, tkaniny se lišily plošnou hmotností. Polypropylen byl vybrán pro svou nenavlhavost. Byl tak odstraněn vliv sorpce na výsledky výparného odporu. Vzorky byly vrstveny do jednovrstvých až pětivrstvých kompletů.

Po vynesení těchto parametrů do korelačního grafu, kde na ose „x“ byl vynesena výparný odpor a na ose „y“ byl vynesena hydraulický odpor. Ukázalo se, že pro oba zkoušené vzorky jsou tyto parametry závislé. Hodnota koeficientu determinace R^2 byla 0,9937, což značí, že 99% variability, je vysvětleno lineárním modelem. Jelikož vzorky měly odlišnou plošnou hmotnost, byl tedy zjišťován vztah mezi plošnou hmotností tkaniny a jejím výparným odporem, a vztah mezi plošnou hmotností tkaniny a hydraulickým odporem. Po vynesení hodnot plošné hmotnosti na osu „x“ a hodnot výparného odporu na osu „y“ do korelačního grafu. Ukázalo se, že u obou vzorků je výparný odpor tkanin závislý na plošné hmotnosti a sklon přímek je přibližně stejný. Avšak po vynesení hodnot plošné hmotnosti tkaniny na osu „x“ a hodnot hydraulického odporu na osu „y“ se ukázalo,

že hydraulický odpor je také závislý na plošné hmotnosti, ale sklon přímek byl odlišný. Dle autora je to dáno strukturou tkaniny a její deformací při tlakovém spádu. U měření prodyšnosti dochází vlivem proudícího vzduchu k prohnutí tkaniny ve směru proudícího vzduchu, zatímco při měření výparného odporu k tomuto jevu nedochází.

6. Propustnost pro vzduch

Propustnost pro vzduch, nebo-li prodyšnost je definována podle normy ČSN EN ISO 9237, jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo skrz textilií při daných zkušebních podmínkách, ploše, tlaku a času. Prodyšnost je obvykle značena AP v jednotkách $[mm/s]$.



Obr. 12: Prostup vzduchu [26]

Princip měřících přístrojů pro zjišťování prodyšnosti textilií spočívá ve vytvoření tlakového spádu mezi vnější a vnitřní stranou plošné textilie. Tímto dojde k protékání vzduchu přes textilií a zaznamenává se rychlost proudu vzduchu za daného tlakového spádu [14].

6.1. Měření pomocí přístroje TEXTTEST FX 3300 Air Permeability Tester

III

Přístroj (viz obr.13) vyrobený společností TexTest Instrument je dle výrobce [28] určen pro rychlé, jednoduché a přesné určení prodyšnosti pro všechny druhy textilních materiálů.



Obr. 13: Příklad přístroje TEXTEST FX 3300 [28]

Okolní vzduch je do přístroje nasáván přes měřící hlavici přístroje. Textilní vzorek je vložen pod měřící hlavici, která je přitisknuta k podložce. Vzduch, který je z okolí nasáván do přístroje, prochází skrz textilní materiál. Prodyšnost materiálu je zobrazena na digitálním displeji.

7. Rozdíl prodyšnosti a paropropustnosti

Základní rozdíl mezi oběma parametry je médium, které prochází textilním materiálem. Jak již napovídá název: u prodyšnosti nebo-li propustnosti pro vzduch, prochází textilním materiálem vzduch. U paropropustnosti se jedná o vodní páry.

Dalším rozdílem je rychlost proudění média. U paropropustnosti se vodní páry transportují difuzně, tedy samovolně, kdežto u prodyšnosti vzduch proudí relativně vysokou rychlostí.

Rozdíl je také v prostupu měřícím materiálem. U paropropustnosti vodní pára může podle autorů studií [11, 10] procházet skrz materiál i přes vlákna. Jedná-li se o hydrofilní vlákna, pára pomalu prostupuje skrz. V důsledku nabobtnání těchto vláken se snižuje pórovitost a tím se naopak snižuje propustnost vodních par.

V případě prodyšnosti proudí vzduch skrz textilií nikoli přes vlákno, ani přízi, ale jak je uvedeno v kapitole 3., vzduch proudí póry mezi nitěmi ve tkanině, tzv. mezinitními póry.

Při samotném měření paropropustnosti tkaniny na přístroji Permetest je vzduch nasáván z okolí. Rychlost vzduchu však lze regulovat od 1,5 až 3 m/s. Při měření

prodyšnosti tkaniny je vzduch nasáván také z okolí, vzniká tak požadovaný podtlak a okolní vzduch je nasáván dovnitř přístroje. Na přístroji lze tlakový spád nastavit dle potřeby.

8. Statistické vyhodnocovací postupy

8.1. Lineární regrese

Pomocí Lineární regrese je dle [29] zjišťována závislost mezi dvěma veličinami. Vstupní nezávisle proměnnou x , (označovanou regresor), a výstupní závisle proměnnou Y (odezva). Za předpokladu, že skutečný vztah mezi odezvou Y a regresorem x je lineární, a pozorování Y pro každé x je náhodná proměnná, očekávaná hodnota Y je pak:

$$E(Y|x) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (48)$$

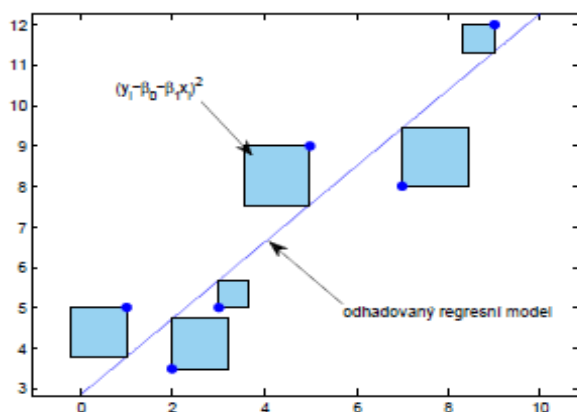
Kde úsek β_0 a směrnice β_1 jsou neznámé regresní koeficienty.

Každý regresor Y lze popsat modelem:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \mathcal{E} \quad (49)$$

Kde \mathcal{E} je náhodná chyba s nulovou střední hodnotou a neznámým rozptylem σ^2 . Náhodné chyby odpovídající jednotlivým pozorováním jsou nekorelované náhodné veličiny.

Pro odhad parametrů β_0 a β_1 byla navržena v rovnici (53) minimalizace sumy čtverců vertikálních odchylek. Toto kritérium pro odhad regresních koeficientů je nazýváno „metoda nejmenších čtverců“.



Obr. 14: Odhad regresního modelu [30]

Rovnice (53) pro jednotlivá pozorování je vyjádřena:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (50)$$

Suma čtverců odchylek pozorování je pak vyjádřena:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i))^2 \quad (51)$$

Jelikož odhady musí splňovat minimum sumy čtverců, rovnici (51) je nutné derivovat. Poté vznikne tzv. soustava normálních rovnic.

$$\sum_{i=1}^n Y_i = n\beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^n x_i \quad (52)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i Y_i = \beta_0 \sum_{i=1}^n x_i + \beta_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (53)$$

Řešením soustavy těchto dvou rovnic jsou odhady koeficientů β_0 a β_1 .

Odhadovaná regresní přímka je pak:

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \quad (54)$$

8.2. Analýza rozptylu

Analýza rozptylu, označovaná ANOVA (Analysis of Variance) umožňuje posuzovat významnosti jednotlivých zdrojů variability dat. Podstatou analýzy rozptylu je rozložení celkového rozptylu dat na dvě složky. Složku objasněnou, která představuje známé zdroje variability, a složku neobjasněnou, o níž se předpokládá, že je náhodná. Následně se testují hypotézy o významnosti jednotlivých zdrojů variability[30].


Podle počtu sledovaných faktorů je analýza rozptylu rozdělena na dva druhy: jednofaktorová a dvoufaktorová analýza rozptylu. Jednofaktorová analýza rozptylu je využívána při zkoumání jednoho faktoru na výsledek experimentu, dvoufaktorová analýza rozptylu je využívána při zkoumání dvou faktorů na výsledek experimentu. Dále je možno ji rozdělit na analýzu s opakováním měření dat a analýzu bez opakování měření dat[30].

Vhodnou metodou pro následující hodnocení nerovnoměrnosti paropropustnosti tkaniny v ploše je dvoufaktorová analýza rozptylu bez opakování měření dat.

U dvoufaktorové analýzy rozptylu je experiment obvykle proveden na různých úrovních dvou faktorů označovaných *A* a *B*. Kombinací těchto úrovní faktoru je tvořena tzv. mřížková struktura, jejímž základním prvkem je cela nebo-li buňka. V každé buňce je

n_{ij} pozorování, nebo v případě analýzy bez opakování jen jedno pozorování. Mřížkovou strukturu lze pozorovat na následujícím obrázku 15[30].

	B_1	B_2	...	B_M
A_1	•	•	...	•
A_2	•	●	...	•
...
A_N	•	•	...	•



Obr. 15: Mřížková struktura dvoufaktorové analýzy dat [30]

Model dvoufaktorové analýzy rozptylu bez opakování, který bude použit v předkládané diplomové práci má tvar:

$$y_{ij} = \mu_s + \alpha_i + \beta_j + C\alpha_i\beta_j \quad (55)$$

Kde μ_s je celková střední hodnota, α_i jsou složky charakteristické pro řádkové efekty (směr osnovy), faktor A , a β_j jsou složky charakteristické pro sloupcové efekty (směr útku), faktor B . Poslední člen je interaktivní člen, jehož důsledkem je kombinace sloupcových a řádkových efektů A a B . C je konstanta, která znázorňuje model neaktivity s jedním stupněm volnosti Tukeyovo modelu interakce[30].

Parametry z výše uvedené rovnice (55) lze vypočítat podle následujících vztahů.

$$\mu_s = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M y_{ij} \quad (56)$$

$$\alpha = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M y_{ij} - \mu_s \quad (57)$$

$$\beta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{ij} - \mu_s \quad (58)$$

kde N je počet řádků, M je počet sloupců a y_{ij} je naměřená hodnoty buňky.

K vyhodnocení dvoufaktorové analýzy rozptylu se nejprve musí určit následující hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Analýza rozptylu pro dvojnásobné třídění

Součet čtverců pro	Stupeň volnosti	Průměrný čtverec	Kritérium F
Faktor A $S_A = M \sum_{i=1}^N \alpha_i^2$	N-1	$M_A = S_A / (N-1)$	$F_A = M_A / M_{AB}$
Faktor B $S_B = N \sum_{j=1}^M \beta_j^2$	M-1	$M_B = S_B / (M-1)$	$F_B = M_B / M_{AB}$
Interakce (Tukey) S_T	1	$M_T = S_T$	$F_T = M_T / M_E$
Residuální $S_R = S_{AB} - S_T$	NM - N - M	$M_E = S_R / (NM - N - M)$	-

Parametr S_T značí součet čtverců odchylek, které odpovídají Tukeyově interakci:

$$S_T = (\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M y_{ij} \alpha_i \beta_j)^2 / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \alpha_i^2 \beta_j^2 \quad (59)$$

Parametr S_{AB} značí reziduální součet čtverců pro případ bez interakcí:

$$S_{AB} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (y_{ij} - \mu_s - \alpha_i - \beta_j)^2 \quad (60)$$

Poslední parametr M_{AB} odpovídá hodnotě průměrného čtverce:

$$M_{AB} = \frac{S_{AB}}{(N-1)*(M-1)} \quad (61)$$

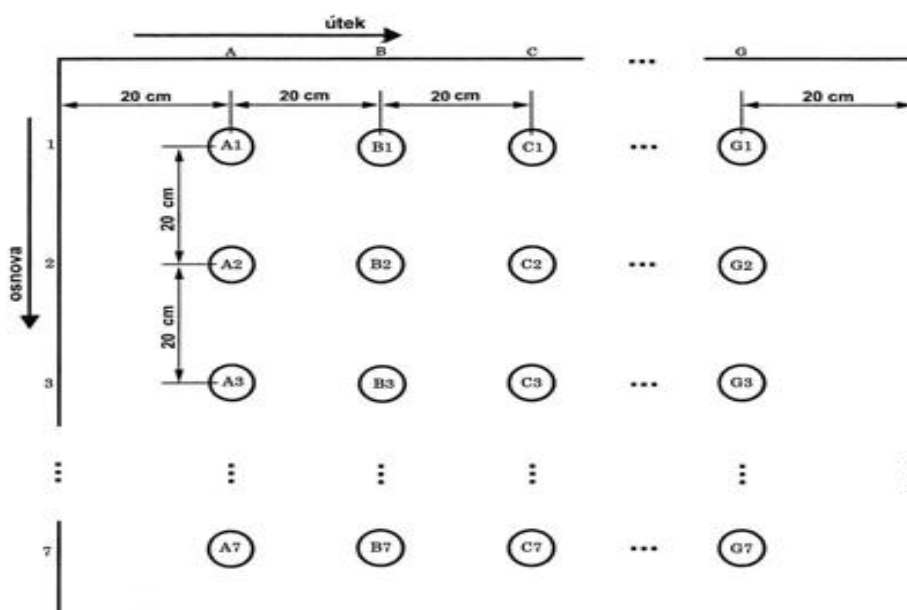
F -kritérium, uvedené v tabulce 1 slouží k vyhodnocení statistických hypotéz. Veškeré testování se obvykle provádí s jistotou 95%, tzn., že hladina významnosti je 0,05.

9. Experimentální část

Experimentální část předkládané diplomové práce se zabývá hodnocením vlivu konstrukčních parametrů tkaniny na její propustnost pro vodní páry. Experiment byl proveden na tkaninách, které byly v minulosti proměřovány Spatzierovou [1], která hodnotila vztah mezi strukturou tkaniny a její prodyšností. V návaznosti na diplomovou práci Spatzierové jsou konstrukční parametry tkaniny hodnoceny ve vztahu s propustností pro vodní páry. Parametr propustnosti pro vodní páry byl měřen na přístroji Permetest v laboratoři KHT dle metodiky popsané v kapitole 5.3. Měření pomocí přístroje Permetest.

Experiment je rozdělen do tří částí:

- V první části experimentu je sledován vztah mezi propustností pro vodní páry a konstrukčními parametry tkanin s plátňovou vazbou. K tomuto experimentu bylo vybráno 12 tkanin, které jsou utkány v plátňové vazbě z 100% polyesterových přízí a liší se v konstrukčních parametrech: dostava osnova, útku a jemnost nití. Parametr propustnost pro vodní páry byl měřen pro každou tkaninu v náhodně vybraných deseti místech v ploše tkaniny. Identifikace vybraných míst v ploše tkaniny byla převzata z experimentu Spatzierové [1], která vyznačila síť bodů, jejichž rozteč byla 20 cm, jak lze pozorovat na obrázku 16. První proměřovaný bod byl odsazen 20 cm od kraje tkaniny. Ve směru osnova i útku bylo vyznačeno sedm míst, tedy 7 x 7 bodů.



Obr.16: Schéma rozložení bodů v plošné textilii [1]

- Ve druhé části experimentu je sledován vliv vazby tkaniny na její propustnost pro vodní páry. K experimentu bylo vybráno sedm tkanin, které se liší pouze svou vazbou. Všechny ostatní konstrukční parametry jsou zachovány stejné. Sledován bude vliv typu vazby tkaniny na hodnotu její paropropustnosti, a zároveň vztah mezi paropropustností a prodyšností tkaniny.
- V poslední části experimentu je sledován vztah mezi propustností pro vodní páry a prodyšností tkaniny, především zda propustnost pro vodní páry bude vykazovat stejnou nerovnoměrnost v ploše tkaniny jako prodyšnost. K experimentu byly vybrány tři tkaniny, které se liší jemnostmi nití a dostavami osnovy i útku. Na těchto tkaninách byla zjištěna výrazná nerovnoměrnost prodyšnosti. Zjištění nerovnoměrnosti prodyšnosti je převzato z diplomové práce Spatzierové [1].

Veškeré experimenty byly prováděny za stejných podmínek při teplotě okolo 24°C a vlhkosti 37 %.

Pro první a třetí část experimentu bylo použito tkanin, které, jak už bylo zmíněno, byly převzaty od Spatzierové [1]. Tkaniny byly převzaty jako rezné, tedy nijak neupravené, vyrobené v podniku SPOLSIN s.r.o., Česká Třebová. Všechny tkaniny byly utkány v plátnové vazbě ze 100 % polyesterových staplových přízí. Tkaniny se liší jemností použitých nití a různou dostavou osnovních i útkových nití, čímž vznikly odlišné tkaniny (viz tabulka 2).

Na každé tkanině byla Spatzierovou [1] pomocí mikroskopu spočítána dostava osnovy, a dostava útku na 1 m. Průměry nití byly měřeny na KTT pomocí přístroje USTER. Z těchto parametrů bylo vyjádřeno plošné zakrytí Z a porosita P_S , stanovená z plošného zakrytí. Dále byla doměřena tloušťka tkanin t na KTT pomocí tloušťkoměru a plošná hmotnost tkanin m_s . Z těchto parametrů tkanin byla dále stanovena porosita podle Goiera P_G podle vzorce (20) a porosita z měrné hmotnosti P_D podle vzorce (38). Parametry tkanin jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Konstrukční parametry použitých tkanin s plátňovou vazbou

Tkaniny	T_o [tex]	T_u [tex]	D_o [1/m]	D_u [1/m]	d_o [m]	d_u [m]	P_s [1]	P_G[1]	P_D [1]	t [mm]	m_s [g/m²]
P-1	25	25	1930	1910	0,000227	0,000227	0,318	0,465	0,779	0,336	100,6
P-2	16,5	16,5	2535	2425	0,000177	0,000177	0,315	0,462	0,769	0,292	91,8
P-3	16,5	16,5	2900	2470	0,000177	0,000177	0,274	0,43	0,749	0,296	101
P-4	25	25	2320	1975	0,000227	0,000227	0,261	0,419	0,745	0,358	124
P-5	16,5	16,5	2930	2835	0,000177	0,000177	0,24	0,505	0,723	0,29	109,2
P-6	25	25	2365	2225	0,000227	0,000227	0,229	0,395	0,726	0,354	131,8
P-7	40	40	1910	1515	0,000305	0,000305	0,225	0,391	0,753	0,454	152,2
P-8	25	25	2655	1935	0,000227	0,000227	0,223	0,39	0,731	0,358	131,2
P-9	40	40	1980	1810	0,000305	0,000305	0,177	0,354	0,723	0,45	169,8
P-10	25	25	2765	2660	0,000227	0,000227	0,148	0,33	0,694	0,372	154,6
P-11	40	40	2205	1835	0,000305	0,000305	0,144	0,328	0,752	0,534	180,4
P-12	40	40	2245	2060	0,000305	0,000305	0,117	0,273	0,7	0,494	201,6

Pro druhou část experimentu bylo vybráno 7 tkanin. Tkaniny jsou rovněž vyrobeny z 100% polyesterových přízí a mají stejné konstrukční parametry: dostava osnovy a útku, jemnost použitých nití, ale liší se typem vazby. Pro tento experiment jsou použité tkaniny s vazbou keprovou, atlasovou a plátňovou. Hodnoty konstrukčních parametrů tkanin s atlasovou a keprovou vazbou jsou převzaty z příspěvku Havlové [24]. Konstrukční parametry tkaniny plátňové vazby P-12 jsou převzaty z DP Spatzierové [1]. Dostava osnovy a útku byla na každé tkanině přepočítána, byla změřena tloušťka tkaniny t a plošná hmotnost tkaniny m_s . Parametry tkanin jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Konstrukční parametry použitých tkanin s odlišnými vazbami

Označení tkaniny	Vazba tkaniny	T_o [tex]	T_u [tex]	D_o [1/m]	D_u [1/m]	d_o [m]	d_u [m]	t [mm]	m_s [g/m²]
A-1	A 2/4	40	40	2 140	2 420	0,000305	0,000305	0,878	193,8
A-2	A 1/5	40	40	2 160	2 200	0,000305	0,000305	0,854	193,4

A-3	A 3/3	40	40	2 280	2 140	0,000305	0,000305	0,758	190,8
K-4	K 2/4 Z	40	40	2 140	2 120	0,000305	0,000305	0,844	194,2
K-5	K 1/5 Z	40	40	2 180	2 160	0,000305	0,000305	0,885	195
K-6	K 2/1-1/2 Z	40	40	2 180	2 160	0,000305	0,000305	0,661	197,8
P-12	P 1/1	40	40	2 245	2 060	0,000305	0,000305	0,494	201,6

9.1. Vztah mezi paropropustnostmi a konstrukčními parametry tkaniny

Měření paropropustnosti tkanin bylo provedeno na přístroji Permetest, jak bylo popsáno výše v kapitole 5.3. Měření pomocí přístroje Permetest.

Sledovány byly dvě hodnoty: relativní paropropustnost P_{rel} [%] a výparný odpor R_{et} [$m^2 \cdot Pa/W$].

Hodnoty parametru prodyšnosti tkanin, se kterými je paropropustnost tkanin porovnávána, jsou převzaty s DP Spatzierové[1]. Hodnoty naměřené paropropustnosti a výparného odporu pro každou tkaninu jsou uvedeny v příloze A.

Tato část experimentu se zabývá vztahem mezi paropropustností tkaniny a jejími konstrukčními parametry. K tomuto účelu bylo vybráno 12 tkanin, jejichž konstrukční parametry jsou uvedeny v tabulce 2. Souhrn průměrných hodnot a základních statistických údajů je uveden v tabulce 4.

Zkoumané vztahy byly vyhodnoceny pomocí lineární regrese, jež je popsána výše v kapitole 8.1. Lineární regrese.

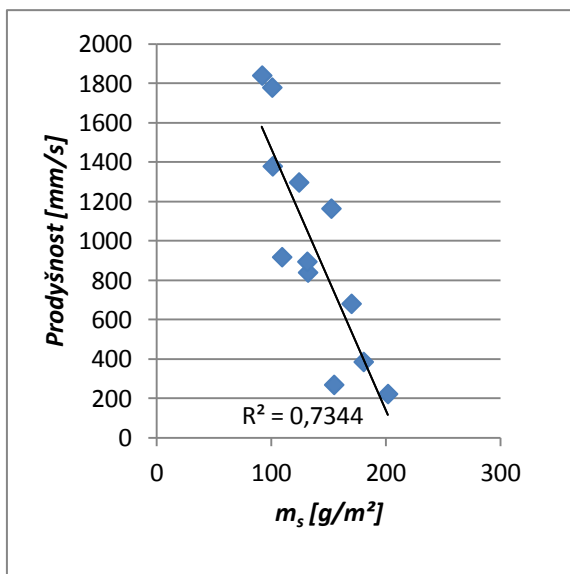
Jak již bylo zmíněno, na tkaninách byla naznačena síť bodů po 20 cm. Ve směru osnovy i útku bylo vyznačeno 7 bodů, celkem tedy 49 bodů. Hodnota paropropustnosti tkanin byla proměřována na 10-ti těchto místech. Místa v ploše tkaniny byla vybrána náhodně. Souhrn průměrných hodnot a základních statistických údajů z tabulky 4 je vypočten z hodnot právě z těchto zmíněných 10 míst v ploše.

Tabulka 4: Prodyšnost a paropropustnost souboru tkanin s plátňovou vazbou

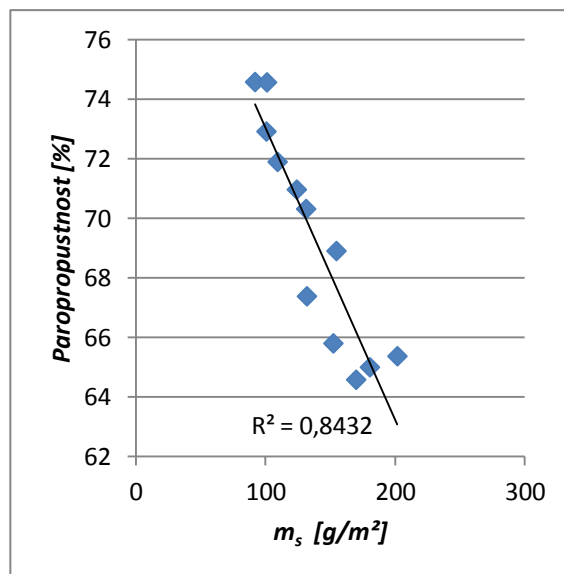
<i>Označení tkaniny</i>	<i>Prodyšnost [mm/s]</i>			<i>Paropropustnost [%]</i>		
	<i>Průměr [mm/s]</i>	<i>CV [%]</i>	<i>Interval spolehlivosti [mm/s]</i>	<i>Průměr [%]</i>	<i>CV [%]</i>	<i>Interval spolehlivosti [%]</i>
<i>P-1</i>	1780	6,519	(1708,074 ; 1851,926)	72,92	2,907	(71,606; 74,234)
<i>P-2</i>	1841	5,053	(1783,340 ; 1898,660)	74,58	2,467	(73,439 ;75,721)
<i>P-3</i>	1380	6,400	(1325,260 ; 1434,740)	74,57	3,682	(72,868; 76,272)
<i>P-4</i>	1298	9,222	(1223,807 ; 1372,193)	70,97	3,540	(69,413 ; 72,527)
<i>P-5</i>	918,5	12,471	(847,502 ; 989,498)	71,9	2,979	(70,573; 73,227)
<i>P-6</i>	840,3	13,664	(769,132 ; 911,4678)	67,39	3,367	(65,983 ; 68,797)
<i>P-7</i>	1165	5,610	(1124,488 ; 1205,512)	65,81	5,452	(63,586; 68,034)
<i>P-8</i>	895,2	10,893	(834,761 ; 955,639)	70,32	3,533	(68,780 ; 71,860)
<i>P-9</i>	681,4	9,422	(641,609;721,191)	64,59	1,583	(63,956 ; 65,224)
<i>P-10</i>	269,6	20,321	(235,644 ; 303,556)	68,91	4,485	(66,994; 70,826)
<i>P-11</i>	386,1	11,528	(358,513 ; 413,687)	65,01	4,931	(63,023; 66,997)
<i>P-12</i>	223,2	20,793	(194,434 ; 251,966)	65,38	2,758	(64,263 ; 66,497)

Naměřená data prodyšnosti tkanin jsou převzata z DP Spatzierové[1]. Vyhodnocení lineární regrese lze vidět na následujících obrázcích.

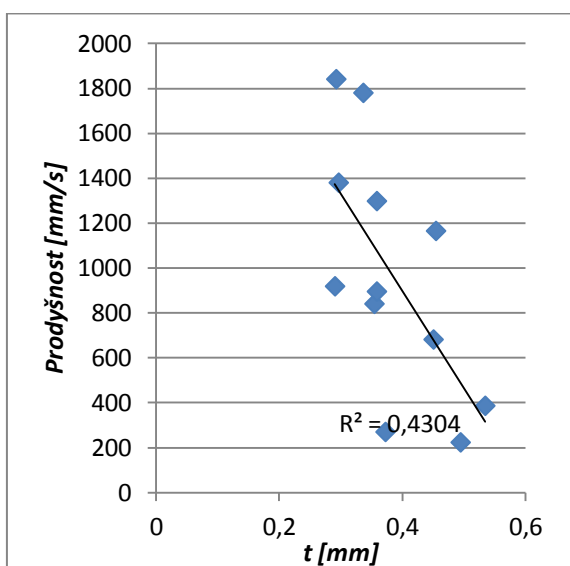
Na obrázcích 17 a 18 lze pozorovat, že plošná hmotnost tkaniny má vliv na prodyšnost i paropropustnost tkanin. V obou případech se zvyšující se plošnou hmotností, klesají hodnoty prodyšnosti a paropropustnosti tkanin. Tento výsledek dokazuje i korelační koeficient. Korelační koeficient vztahu mezi plošnou hmotností a prodyšností tkanin je -0,86, tedy závislost je silná a nepřímá. Korelační koeficient vztahu mezi plošnou hmotností a paropropustností tkanin je -0,92, tedy závislost je opět silná a nepřímá.



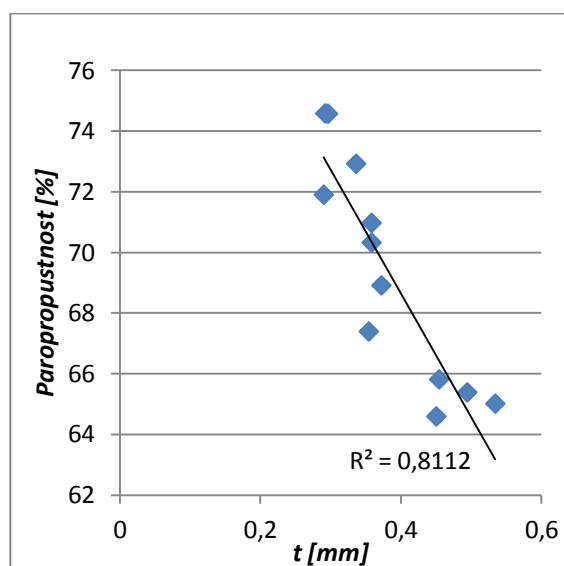
Obr. 17: Vztah mezi plošnou hmotností a prodyšností tkaniny



Obr. 18: Vztah mezi plošnou hmotností a paropropustností tkaniny

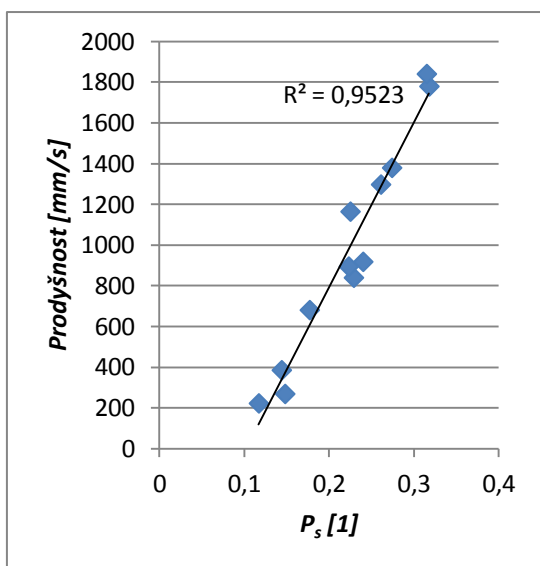


Obr. 19: Vztah mezi tloušťkou a prodyšností tkaniny

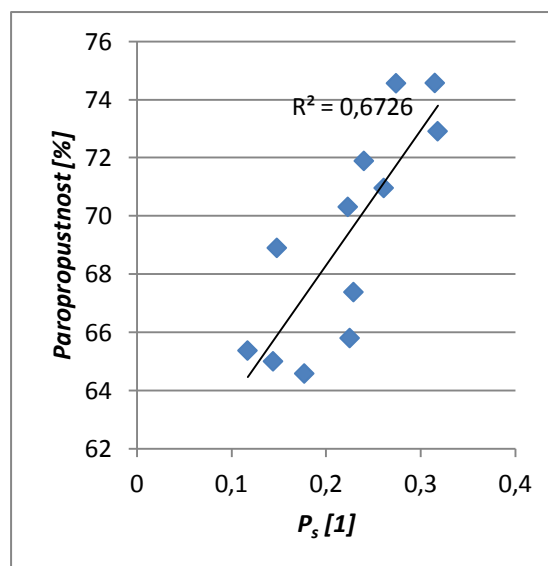


Obr. 20: Vztah mezi tloušťkou a paropropustností tkaniny

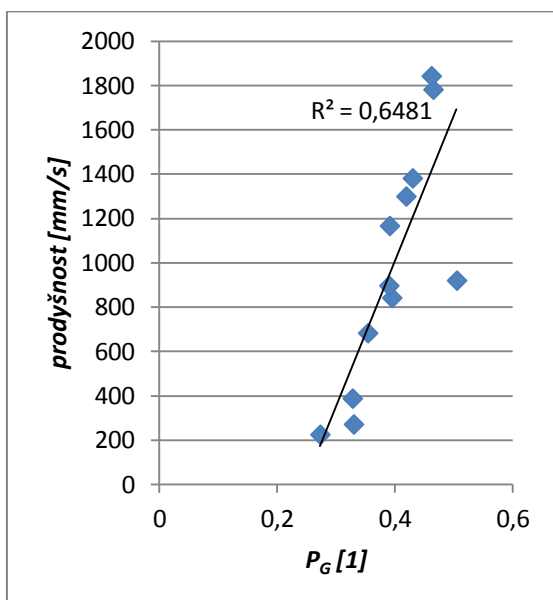
Dále byl sledován vztah mezi tloušťkou tkanin, její prodyšností a paropropustností. Na obr. 20 lze sledovat silnou závislost mezi tloušťkou tkaniny a její paropropustností. Se zvyšující se tloušťkou tkaniny klesá hodnota paropropustnosti, což dokazuje korelační koeficient -0,90. Je tak potvrzeno tvrzení autorů Leea a Obendorfa [11], že tloušťka textilie ovlivňuje transport vodních par skrz textilii. Oproti tomu vztah mezi tloušťkou tkaniny a její prodyšností, vyobrazen na obr. 19 nevykazuje příliš silnou závislost. Korelační koeficient vztahu mezi tloušťkou a prodyšností tkanin je -0,66.



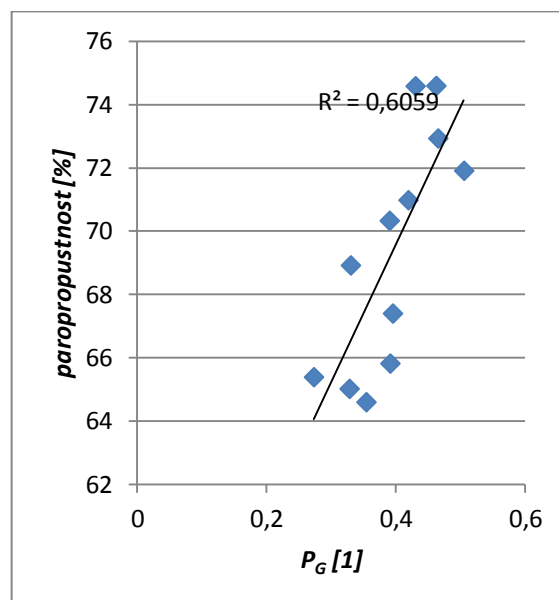
Obr. 21: Vztah mezi porositou z plošného zakrytí a prodyšností tkaniny



Obr. 22: Vztah mezi porositou z plošného zakrytí a paropropustností tkaniny



Obr.23: Vztah mezi porositou podle Goiera a prodyšností tkaniny



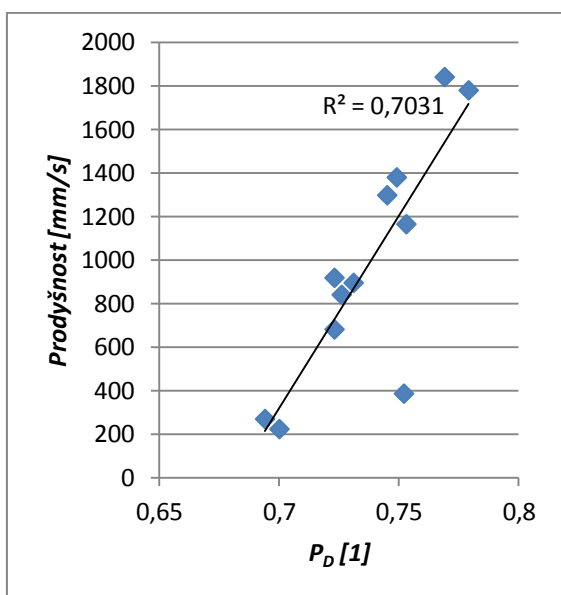
Obr. 24: Vztah mezi porositou podle Goiera a paropropustností tkaniny

Také byl sledován vliv porosity z plošného zakrytí, vypočtené podle vzorce (15) z kapitoly 3.1.1. a porosity podle Goiera, jak na prodyšnost tkanin, tak i na paropropustnost tkanin. Porosita podle Goiera byla vypočtena podle vzorce (20) z kapitoly 3.1.1.

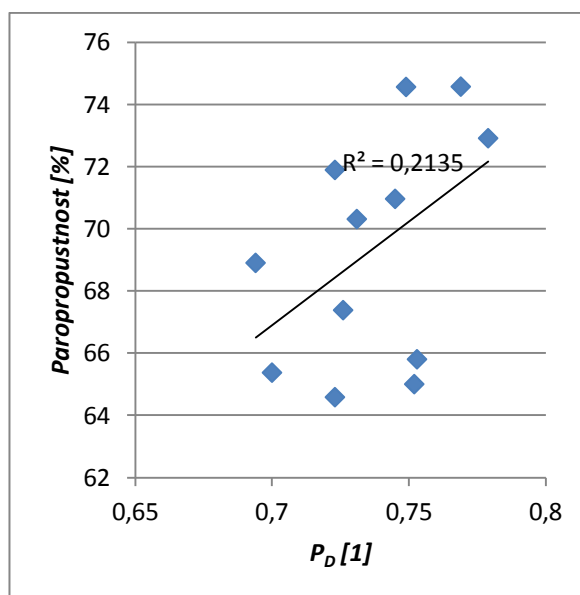
Na obr. 23 a 24 lze sledovat, že vliv porosity podle Goiera na prodyšnost i paropropustnost se výrazně neliší. Korelační koeficient závislosti mezi porositou podle Goiera a prodyšností tkanin je 0,81, a korelační koeficient závislosti mezi porositou podle Goiera a paropropustností tkanin je 0,78. Na obr. 21 a 22 lze pozorovat, že vliv porosity z plošného zakrytí na paropropustnost tkanin se jeví jako slabší než vliv porosity z plošného zakrytí na prodyšnost tkanin. Dle korelačního koeficientu se tyto závislosti významně neliší. Korelační koeficient závislosti porosity z plošného zakrytí na prodyšnost tkanin je 0,98 a korelační koeficient závislosti porosity z plošného zakrytí na paropropustnost tkanin je 0,82.

Hodnoty porosity podle Goiera jsou vyšší, než hodnoty porosity z plošného zakrytí, což je způsobeno tím, že model podle Goiera počítá s tím, že vzduch neprochází pouze kolmo k rovině tkaniny, ale dochází k šikmému obtékání nití. Z toho plyne, že je větší plocha průmětu pórů.

Jistý vliv může být i ve variabilitě výsledků uvedených v tabulce 4. Hodnoty prodyšnosti tkaniny mají poměrně vyšší variabilitu než hodnoty paropropustnosti tkanin. V tabulce 4 lze vidět, že u všech tkanin mimo tkaniny P-7 mají hodnoty prodyšnosti významně vyšší variabilitu než hodnoty paropropustnosti.



Obr. 25: Vztah mezi porositou z měrné hmotnosti a prodyšností tkaniny



Obr. 26: Vztah mezi porositou z měrné hmotnosti a paropropustností tkaniny

Na obrázcích 25 a 26 lze pozorovat vliv mezi porositou z měrné hmotnosti, která je vypočtena dle vztahu (38) z kapitoly 3.1.3. a prodyšností s paropropustností tkanin. Porosita z měrné hmotnosti má dle korelačního koeficientu 0,84 vliv na prodyšnost tkanin. Stejně tak se prokázalo i u ostatních druhů porosit. U zjišťovaného vztahu mezi porositou z měrné hmotnosti a paropropustností tkanin se výrazná závislost neprojevila. Korelační koeficient je 0,46.

Tento výsledek je však překvapivý. Vzhledem k tomu, že porosita z měrné hmotnosti zahrnuje póry uvnitř příze a podle předpokladu Robertsona [32] lze póry uvnitř příze vzhledem k prodyšnosti zanedbat (viz. kapitola 3.), dalo by se očekávat, že porosita stanovená z měrné hmotnosti nebude mít vliv na prodyšnost tkaniny. Naopak by se dalo očekávat, že porosita z měrné hmotnosti bude mít vliv na paropropustnost, vzhledem k tomu, že podle autorů [11 a 10], vodní pára prostupuje póry uvnitř příze.

9.2. Hodnocení vlivu vazby tkaniny na její paropropustnost

Tato část experimentu se zabývá vlivem vazby tkaniny na její paropropustnost. K tomuto účelu bylo vybráno 7 tkanin. Tkaniny jsou rovněž vyrobeny ze 100 % polyesterových přízí a mají stejné konstrukční parametry: dostava osnovy a útku, jemnost přízí. Tkaniny se liší pouze typem vazby. Tkaniny jsou utkány v atlasové a keprové vazbě.

K těmto tkaninám byla vybrána tkanina z předchozího experimentu s plátňovou vazbou. Jedná se o tkaninu P-12.

Konstrukční parametry tkanin s různou vazbou jsou uvedeny v tabulce 3. Další parametry jsou uvedeny v tabulce 5.

Měření paropropustnosti tkanin bylo opět provedeno na přístroji Permetest, jak bylo popsáno výše v kapitole 5.3. Měření pomocí přístroje Permetest. Měřeno bylo 10 míst v ploše tkanin, která byla vybrána náhodně. Všechny naměřené hodnoty paropropustnosti jsou k nahlédnutí v příloze C. Základní statistické výsledky z hodnot paropropustnosti tkanin jsou v tabulce 6.

Tabulka 5: Porosita použitých materiálů s odlišnou vazbou

Označení tkaniny	Vazba tkaniny	P_V [1]	P_S [1]	P_G [1]	P_D [1]
A-1	A 2/4	0,1019	0,091	0,2852	0,838
A-2	A 1/5	0,1528	0,112	0,3201	0,833
A-3	A 3/3	0,0559	0,106	0,3120	0,815
K-4	K 2/4 Z	0,1381	0,123	0,3392	0,831
K-5	K 1/5 Z	0,1685	0,114	0,3291	0,838
K-6	K 2/1-1/2 Z	0,0155	0,114	0,3168	0,78
P-12	P 1/1	0	0,117	0,273	0,7

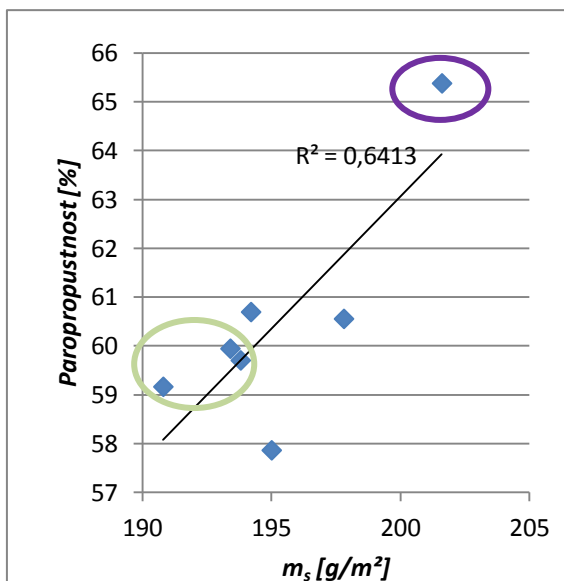
V tabulce 5 jsou hodnoty tkanin s různou vazbou převzaty z příspěvku Havlové [24], jedná se o hodnoty parametru vertikální porosity P_V . Ostatní parametry jsou vypočteny. Porosita z plošného zakrytí P_S je vypočtena podle vzorce (15) z kapitoly 3.1.1, porosita podle Goiera P_G podle vzorce (20) z kapitoly 3.1.1. a porosita z měrné hmotnosti P_D podle vzorce (38) z kapitoly 3.1.3. Hodnoty parametrů tkaniny P-12 jsou převzaty z tabulky 2.

Tabulka 6: Výsledky měření paropropustnosti souboru tkanin s odlišnou vazbou

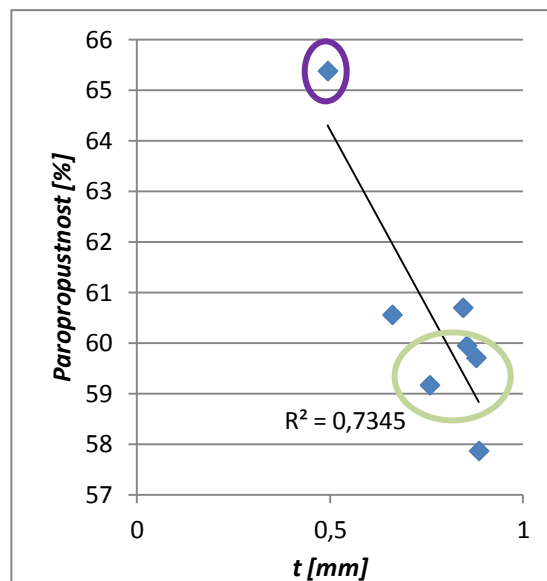
Tkanina	Průměrná paropropustnost [%]	Směrodatná odchylka [%]	CV [%]	95% IS [%]
A-1	59,71	2,407	4,031	(58,218 ; 61,202)
A-2	59,95	1,421	2,369	(59,069 ; 60,831)
A-3	59,17	1,669	2,82	(58,136 ; 60,204)
K-4	60,7	1,536	2,531	(59,748 ; 61,652)
K-5	57,87	1,554	2,686	(56,907 ; 58,833)
K-6	60,56	2,521	4,152	(58,998 ; 62,122)
P-12	65,01	3,206	4,931	(63,023 ; 66,997)

Na obrázcích 27 a 28 lze vidět, že plošná hmotnost i tloušťka tkaniny mají vliv na paropropustnost tkanin s odlišnou vazbou. Je zde potvrzen předpoklad ze studie [33], že se zvyšující se tloušťkou tkaniny se snižuje paropropustnost tkanin. Je patrné, že tkanina utkaná v plátňové vazbě, označená fialovým kroužkem na obr. 28 má nejmenší naměřenou hodnotu tloušťky a také má naměřenou nejvyšší paropropustnost. Korelační koeficient je -0,86. Závislost mezi plošnou hmotností a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou se projevuje obdobně. Opět lze vidět, že plátňová vazba, označená fialovým kroužkem na obr. 27 s nejvyšší naměřenou paropropustností, má i nejvyšší plošnou hmotnost. Stejně tomu je u ostatních tkanin. Tkaniny s atlasovou vazbou, označené zeleným kroužkem na obr. 27 mají nižší plošnou hmotnost, než tkaniny s keprovou vazbou (neoznačené). Korelační koeficient vztahu mezi plošnou hmotností a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou je 0,80.

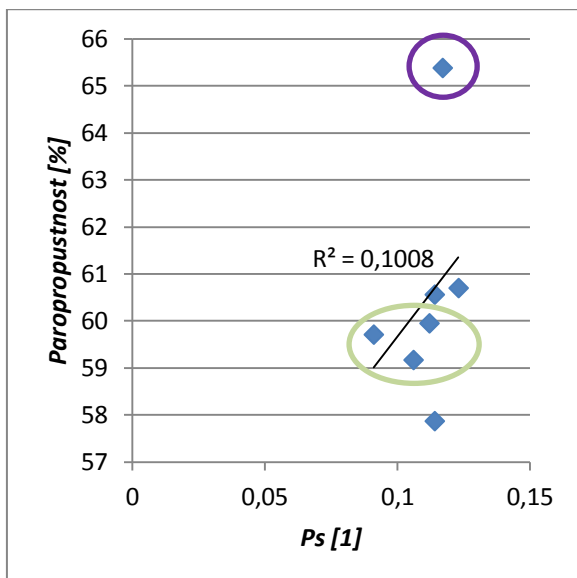
V tomto experimentu se jeví, že vliv vazebního provázání nití ve tkanině má vliv na tloušťku i plošnou hmotnost tkaniny a tím i na paropropustnost tkanin. Vazby, které mají větší provázání, a mají obsaženo méně flotujících nití, mají i menší tloušťku tkanin. Naopak u tkanin s vazbou menšího provázání a tím i obsahujících více flotujících nití mají tloušťku tkanin větší.



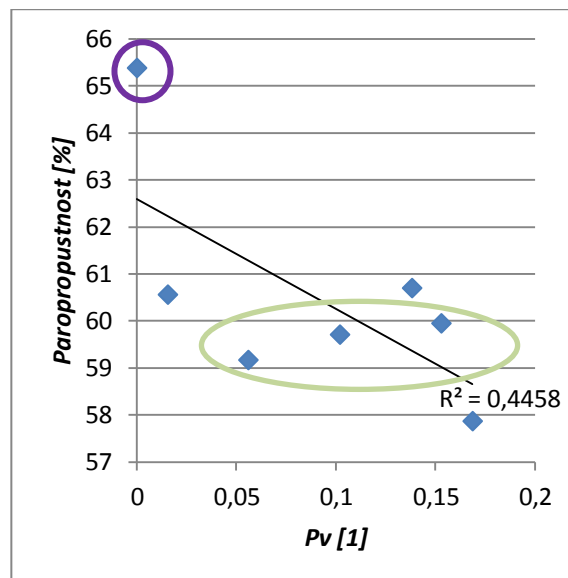
Obr.27: Vztah mezi plošnou hmotností a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou



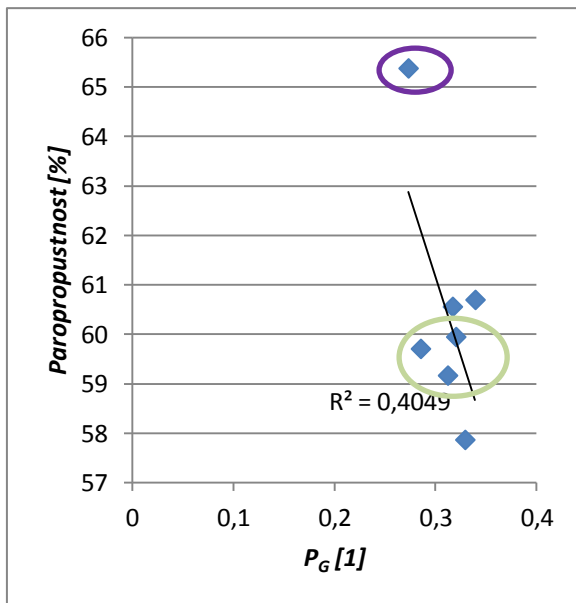
Obr.28: Vztah mezi tloušťkou a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou



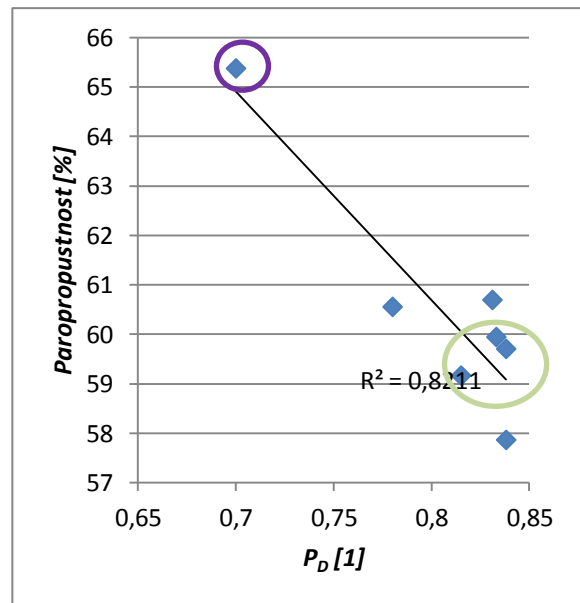
Obr.29: Vztah mezi porositou z plošného zakrytí a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou



Obr.30: Vztah mezi vertikální porositou a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou



Obr. 31: Vztah mezi porositou podle Goiera a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou



Obr. 32: Vztah mezi porositou z měrné hmotnosti a paropropustností tkanin s odlišnou vazbou

Dále byly zkoumány různé typy porosit, zda mají vliv na paropropustnost tkanin s odlišnou vazbou. Vzhledem k tomu, že v předchozím experimentu 9.1. byl zkoumán také vztah mezi různými druhy porosit a paropropustností tkaniny utkané v plátnové vazbě, nebyla prokázána nějak silná závislost mezi těmito parametry, dalo by se předpokládat, že ani zde se výrazná závislost mezi těmito parametry neprojeví.

Na obrázcích 29 až 32 lze vidět, že jistá závislost se projevila mezi porositou z měrné hmotnosti a paropropustností tkanin (obr. 32) s korelačním koeficientem -0,91. U vztahu mezi porositou z plošného zakrytí a paropropustností tkanin (obr. 29) se žádná závislost neprojevila. Korelační koeficient je 0,32. Tento výsledek lze předpokládat, jelikož všechny tkaniny byly vybrány tak aby měly stejnou dostavu osnovy i útku a stejné průměry osnovních i útkových přízí. Tkaniny se liší pouze vazebním provázáním, což se ve výsledku porosity z plošného zakrytí, vypočtenou dle vzorce (12) z kapitoly 2.3.6. Zakrytí tkaniny, neprojeví.

Vztah vertikální porosity (obr. 30) a porosity podle Goiera (obr. 31) neprokázala silnou závislost na paropropustnost tkanin s odlišnou vazbou. Avšak dle korelačních koeficientů tu slabá závislost je. Pro závislost mezi vertikální porositou a paropropustností

tkaniny je korelační koeficient -0,67. Pro závislost mezi porositou podle Goiera a paropropustností tkaniny je korelační koeficient -0,64.

9.3. Hodnocení rovnoměrnosti paropropustnosti v ploše tkaniny

K tomuto experimentu byly vybrány 3 tkaniny z předchozího experimentu utkané v plátňové vazbě. Jedná se o tkaniny P-1, P-5 a P-11. Právě tyto tkaniny byly vybrány z důvodu zjištění výrazné nerovnoměrnosti prodyšnosti v ploše tkaniny Spatzierovou[1]. Vybrané tkaniny se také liší svými konstrukčními parametry: dostavou osnovy a útku, jemnost nití (viz tabulka 1).

Hodnoty paropropustnosti byly naměřeny na všech 49 místech vyznačených výše zmiňovanou sítí bodů naznačenou na obrázku 16, tedy 7 bodů v šířce tkaniny a 7 bodů po délce tkaniny. Naměřené hodnoty jsou k nahlédnutí v příloze B.

Naměřené hodnoty paropropustnosti byly nejdříve vyhodnoceny pomocí základních statistických údajů. Zjišťována byla průměrná hodnota paropropustnosti tkaniny, variační koeficient CV, zvláště ve směru osnovy, a ve směru útku. Hodnoty statistických údajů hodnot paropropustnosti jsou uvedeny v tabulce 7 a hodnoty prodyšnosti, které jsou převzaty z DP Spatzierové [1] jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 7: Základní statistické údaje paropropustnosti, souboru tkanin s plátňovou vazbou

<i>Tkanina</i>	<i>Průměrná paropropustnost [%]</i>	<i>CVo [%]</i>	<i>CVu [%]</i>
<i>P-1</i>	71,678	2,607	3,375
<i>P-5</i>	74,604	2,511	2,859
<i>P-11</i>	65,233	4,155	4,777

Tabulka 8: Základní statistické údaje prodyšnosti, souboru tkanin s plátňovou vazbou

<i>Tkanina</i>	<i>Průměrná prodyšnost [mm/s]</i>	<i>CVo [%]</i>	<i>CVu [%]</i>
<i>P-1</i>	1812,45	5,85	2,35
<i>P-5</i>	925,35	9,58	2,73
<i>P-11</i>	383,1	11,56	3,32

Dále byly hodnoty paropropustnosti vyhodnoceny analýzou rozptylu podle postupu v kapitole 8.2. Analýza rozptylu.

Tato metodika hodnocení rovnoměrnosti tkanin v ploše je převzata od Havlové [29].

K zhodnocení rovnoměrnosti paropropustnosti byly testovány tyto dvě hypotézy:

- HO: rovnoměrnost ve směru osnovy, faktory ve směru řádků jsou nevýznamné
- HO*: rovnoměrnost ve směru útku, faktory ve směru sloupců jsou nevýznamné

Testy byly provedeny na hladině významnosti α 0,05.

Výsledky analýzy rozptylu jsou uvedeny níže v tabulce 9.

Povrchové grafy znázorňující rovnoměrnost paropropustnosti a prodyšnosti v ploše tkaniny jsou uvedeny na obrázcích 33 a 34.

Tabulka 9: Hodnocení rovnoměrnosti tkanin

Označení tkaniny	Prodyšnost		Paropropustnost	
	HO	HO*	HO	HO*
P-1	1,585<2,364 akceptována	41,584>2,364 zamítnuta	0,595<2,364 akceptována	4,772>2,364 zamítnuta
P-5	3,830>2,364 zamítnuta	113,149>2,364 zamítnuta	2,637>2,364 zamítnuta	5,129>2,364 zamítnuta
P-11	6,552>2,364 zamítnuta	135,423>2,364 zamítnuta	0,391<2,364 akceptována	2,566>2,364 zamítnuta

Z tabulky 7, kde jsou uvedeny základní statistické údaje souboru tkanin nelze pozorovat významnou nerovnoměrnost paropropustnosti tkanin. Variační koeficienty ani u jedné z předkládaných tkanin nejsou příliš vysoké. Nelze tedy vyvodit předpoklad o stejné nerovnoměrnosti paropropustnosti tkanin, jak tomu je u nerovnoměrnosti prodyšnosti tkanin.

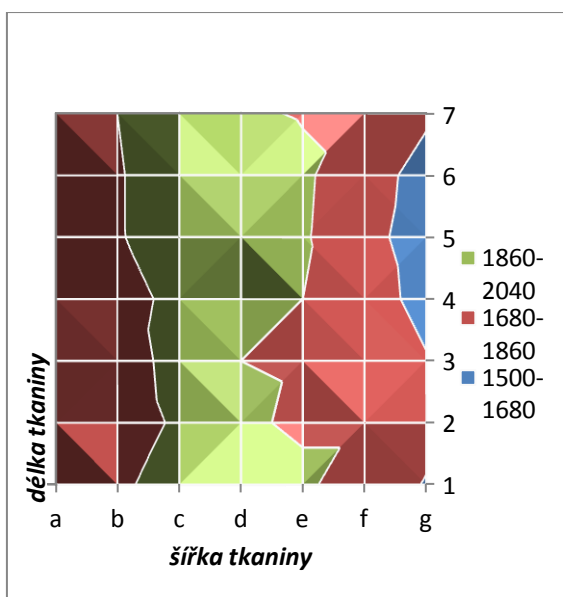
Oproti tomu z výsledků uvedených v tabulce 9 provedené analýzy rozptylu plyne, že rovnoměrnost paropropustnosti ve směru osnovy, tedy vliv útku, je akceptována u tkaniny P-1 a P-11. Rovnoměrnost ve směru útku, tedy vliv osnovy, je zamítnuta u všech předkládaných tkanin. Podobné výsledky byly zaznamenány i při zjišťování

nerovnoměrnosti prodyšnosti tkaniny Spatzierovou [1]. Výsledky analýzy rozptylu hodnot prodyšnosti jsou zaznamenány také v tabulce 9.

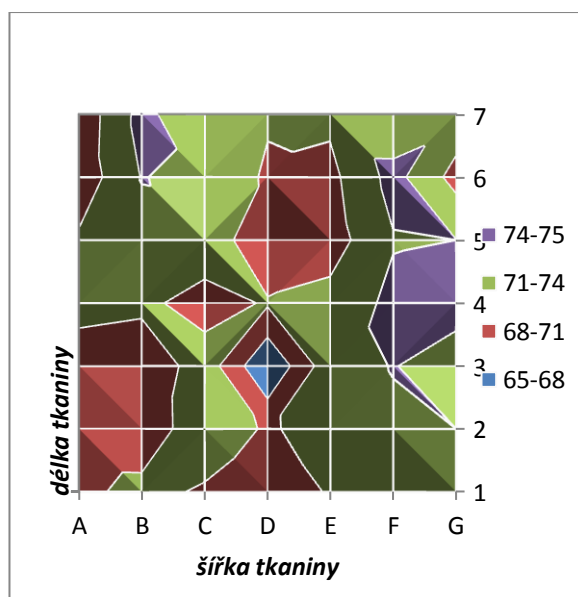
Výsledky nerovnoměrnosti prodyšnosti a paropropustnosti tkaniny se liší pouze u tkaniny P-11, kde rovnoměrnost ve směru osnovy byla u hodnocení prodyšnosti zamítnuta, kdežto u hodnocení paropropustnosti byla akceptována. Ale u tkaniny P-5 ve směru osnovy, není výsledek příliš jasný. HO je sice zamítnuta, ale jak ze vidět v tabulce 9, testová statistika (2,637) není o mnoho větší než kritická hodnota (2,364). Stejně tomu tak je i u tkaniny P-11 ve směru útku.

Z analýzy rozptylu nelze potvrdit předpoklad o stejné nerovnoměrnosti paropropustnosti tkanin jako tomu je u prodyšnosti tkanin.

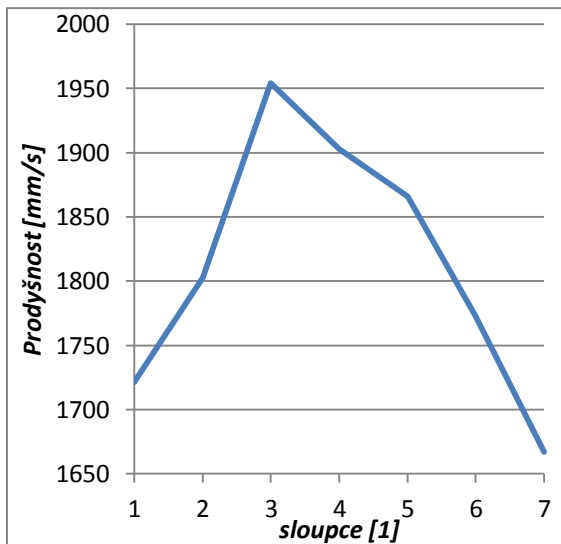
Pro lepší přehlednost byly hodnoty paropropustnosti vyneseny do povrchového 2D grafu s pohledem shora, které umožňují představu o rozložení naměřených hodnot paropropustnosti, tedy nerovnoměrnosti v ploše tkaniny.



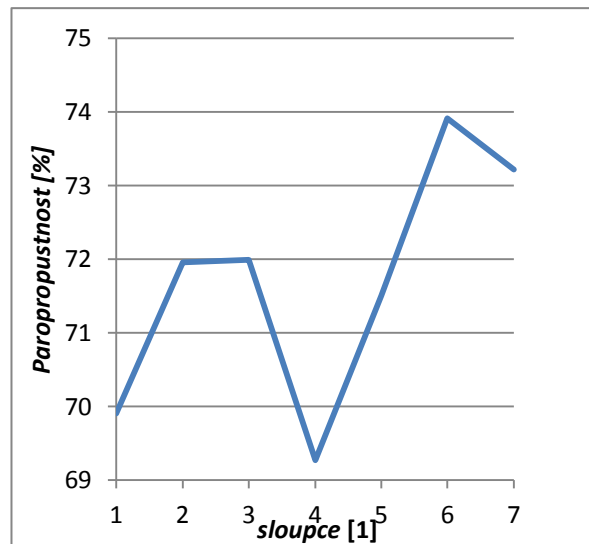
Obr. 33: Nerovnoměrnost prodyšnosti pro tkaninu 1



Obr. 34: Nerovnoměrnost paropropustnosti pro tkaninu 1



Obr.35: Nerovnoměrnost prodyšnosti ve směru útku pro tkaninu 1



Obr. 36: Nerovnoměrnost paropropustnosti ve směru útku pro tkaninu 1

Na obrázku 33 je patrné, že hodnoty prodyšnosti se zvyšují směrem ke středu tkaniny, kdežto u naměřených hodnot paropropustnosti tkaniny, vyobrazené na obrázku 34 se zdá, že hodnoty jsou nerovnoměrné v celé ploše tkaniny. Zatímco naměřené hodnoty prodyšnosti tkaniny vykazují zřetelný trend zvyšujících se hodnot směrem ke středu tkaniny, u naměřených hodnot paropropustnosti se žádný trend nevykazuje. To lze pozorovat i na obrázcích 35 a 36, kde jsou vyobrazeny průměrné hodnoty prodyšnosti a paropropustnosti ve sloupcích, tedy ve směru útku. Na obr. 35 se nejvyšší hodnoty prodyšnosti pohybují ve středu tkaniny a směrem ke krajům se hodnoty snižují. U hodnot paropropustnosti tkaniny na obr. 36 se uprostřed tkaniny sice také vyskytují nejnižší hodnoty paropropustnosti tkanin, ale směrem ke krajům tkaniny hodnoty paropropustnosti kolísají.

U tkanin P-5 a P-11 se výsledky jeví stejně. Tkaniny se vyznačují nerovnoměrností v ploše tkaniny jak u prodyšnosti tkanin, tak u paropropustnosti tkanin. Opět se jeví hodnoty paropropustnosti tkanin jako nerovnoměrné v celé ploše tkaniny, zatímco u hodnot prodyšnosti tkaniny se vyskytuje výše zmíněný trend zvyšujících se hodnot směrem ke středu tkaniny. Grafy pro tkaniny P-5 a P-11 jsou uvedeny v příloze H.

9.4. Hodnocení vztahu mezi hydraulickým odporem a výparným odporem tkaniny.

K hodnocení vztahu mezi hydraulickým odporem a výparným odporem tkaniny bylo použito stejných 12 tkanin utkaných v plátnové vazbě, jako v experimentu z kapitoly 9.1., ale i tkaniny utkané s různou vazbou z experimentu 9.2. Konstrukční parametry všech tkanin jsou uvedeny v tabulce 2 a 3. Tkaniny byly vybrány tak, aby mohl být pozorován vztah mezi hydraulickým odporem a výparným odporem při zachování stejného vazebního provázání a při různém vazebním provázání.

Hodnoty prodyšnosti tkanin s odlišnou vazbou byly převzaty z práce Havlové [24], a hodnoty prodyšnosti tkanin s plátnovou vazbou byly převzaty z tabulky 4.

Hodnoty hydraulického odporu byly vypočteny podle vzorce (47) a hodnoty výparného odporu byly naměřeny na přístroji Permetest. Hodnoty výparného odporu pro tkaniny v plátnové vazbě byly měřeny na stejných 10 místech v ploše jako v experimentu 9.1. Hodnoty výparného odporu pro tkaniny s odlišnou vazbou byly měřeny také na 10 místech v ploše, ale vybrány náhodně. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze A a C.

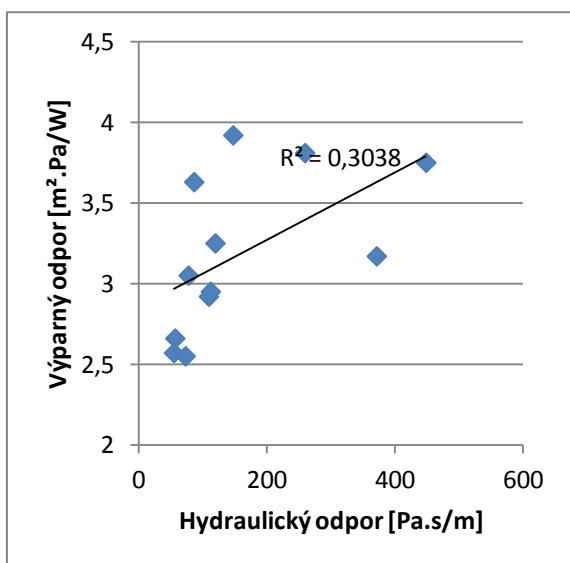
Průměrné hodnoty hydraulického a výparného odporu jsou uvedeny v tabulce 10 a 11.

Tabulka 10: Průměrné hodnoty hydraulického odporu a výparného odporu tkanin s plátnovou vazbou

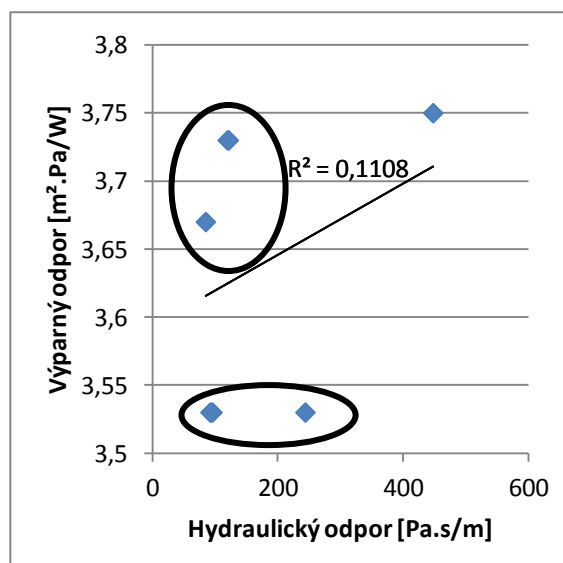
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11	P-12
Tlakový spád [Pa]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Prodyšnost [mm/s]	1780	1841	1380	1298	918,5	840,3	1165	895,2	681,4	269,6	386,1	223,2
Hydraulický odpor [Pa.s/m]	56,18	54,318	72,46	77,04	108,9	119	85,837	111,71	146,76	370,92	259	448,03
Výparný odpor [m².Pa/W]	2,66	2,57	2,55	3,05	2,92	3,25	3,63	2,95	3,92	3,17	3,81	3,75

Tabulka 11: Průměrné hodnoty hydraulického odporu a výparného odporu tkanin s odlišnou vazbou

	A2/4	A1/5	A3/3	K2/4	K1/5	K2/1	P1/1
Tlakový spád [Pa]	100	100	100	100	100	100	100
Prodyšnost [mm/s]	835	1179	823	1048	1085	410	223,2
Hydraulický odpor [Pa*s/m]	119,76	84,82	121,51	95,42	92,17	243,9	448,03
Výparný odpor [m².Pa/W]	3,73	3,67	3,73	3,53	3,53	3,53	3,75



Obr. 37: Vztah mezi hydraulickým odporem a výparným odporem textilií s plátňovou vazbou



Obr. 38: Vztah mezi hydraulickým odporem a výparným odporem textilií s odlišnou vazbou

Na obrázcích 37 a 38 se jeví, že hydraulický odpor textilie s výparným odporem textilie nejsou na sobě nijak závislé. Při použití tkanin s odlišnou vazbou, vyobrazeno na obr 38, se závislost mezi hydraulickým odporem a výparným odporem neprojevila žádná. Soudě i dle korelačního koeficientu 0,27. Ale zdá se, že vazba tkaniny má vliv na výparný odpor tkaniny. Tkaniny s keprovou vazbou mají naměřen nejnižší výparný odpor, hodnoty

tkanin s atlasovou vazbou se pohybují vprostřed grafu, tedy mají průměrné hodnoty a tkanina s plátňovou vazbou má nejvyšší naměřenou hodnotu výparného odporu. Ovšem pro takto malý výběr vzorku nelze potvrdit toto tvrzení. Pro další zkoumání by bylo vhodné použít více vzorků tkanin s odlišnými vazbami. U použití tkanin s plátňovou vazbou, na obr. 37 se také výrazná závislost neprojevila.

Na druhou stranu, Sluka [31] ve své diplomové práci také zkoumal vztah mezi hydraulickým a výparným odporem. Ve své práci prokázal závislost těchto dvou parametrů.

V tomto experimentu se však ani tento jev neprojevil. Již z tabulky 9 je patrné, že nejvyšší hodnoty hydraulického odporu neodpovídají nejvyšším hodnotám výparného odporu.

9.5. Hodnocení paropropustnosti a prodyšnosti po vyprání tkanin

Veškeré tkaniny utkané v plátňové vazbě použité v experimentu 9.1. byly vyprány. Cílem bylo zjistit, zda na předešlé výsledky měření paropropustnosti tkanin nemá vliv např. možný použitý šlichtovací prostředek při výrobě těchto tkanin.

Tkaniny utkané v plátňové vazbě byly vyprány podle normy ČSN EN ISO 6330-3A : Textilie- Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. Teplota praní byla nastavena na 60 °C.

Na všech tkaninách byla znovu proměřena paropropustnost tkanin, ale i prodyšnost tkanin. Prodyšnost tkanin byla proměřována na přístroji FX 3300, vyobrazeném na obr. 13. Hodnoty byly měřeny na stejných místech v ploše jako při měření těchto parametrů před vypráním tkanin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v příloze D a E.

U proměřovaných tkanin po vyprání byla spočítána dostava osnovy i útku, zda se následkem praní změnila struktura těchto tkanin. Zjištěné hodnoty dostav osnovy a útku jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12: Zjištěné hodnoty dostav osnovy a útku

Označení tkaniny	Dostava osnovy před vypráním [1/m]	Dostava osnovy po vyprání [1/m]	Dostava útku před vypráním [1/m]	Dostava útku po vyprání [1/m]
P-1	1930	2060	1910	2020
P-2	2535	2820	2425	2800
P-3	2900	3060	2470	2720
P-4	2320	2420	1975	2160
P-5	2930	3040	2835	3020
P-6	2365	2420	2225	2340
P-7	1910	1940	1515	1540
P-8	2655	2560	1935	2680
P-9	1980	2060	1810	1840
P-10	2765	2880	2660	2860
P-11	2205	2020	1835	2240
P-12	2245	2260	2060	2160

Z tabulky 12 je zřejmé, že se struktura tkaniny v důsledku praní změnila. U všech tkanin se dostava ve směru osnovy i útku zvýšila. Tedy všechny tkaniny se následkem praní vysrážely, což má za následek i to, že se zmenšila porosita u všech tkanin.

Na všech tkaninách po vyprání byla změřena plošná hmotnost a tloušťka. Dále byly přepočteny porosity tkaniny, tedy porosita z plošného zakrytí dle vzorce (15), porosita podle Goiera dle vzorce (20) a porosita z měrné hmotnosti dle vzorce (38). Konstrukční parametry tkanin po vyprání jsou uvedeny v tabulce 13.

Tabulka 13: Základní konstrukční parametry tkanin po vyprání

Tkaniny	P_s [1]	P_G [1]	P_D [1]	t [mm]	m_s [g/m²]
P-1	0,288	0,441	0,797	0,366	100,8
P-2	0,253	0,413	0,786	0,304	88,6
P-3	0,238	0,401	0,724	0,264	99
P-4	0,230	0,501	0,766	0,372	118,4
P-5	0,215	0,383	0,748	0,318	109

P-6	0,211	0,381	0,698	0,314	128,8
P-7	0,217	0,385	0,745	0,432	150
P-8	0,164	0,344	0,808	0,376	129,6
P-9	0,163	0,343	0,759	0,418	168,8
P-10	0,121	0,310	0,73	0,414	151,8
P-11	0,122	0,310	0,682	0,514	181
P-12	0,106	0,298	0,617	0,496	196

9.5.1. Vliv konstrukčních parametrů na paropropustnost a prodyšnost po vyprání tkanin

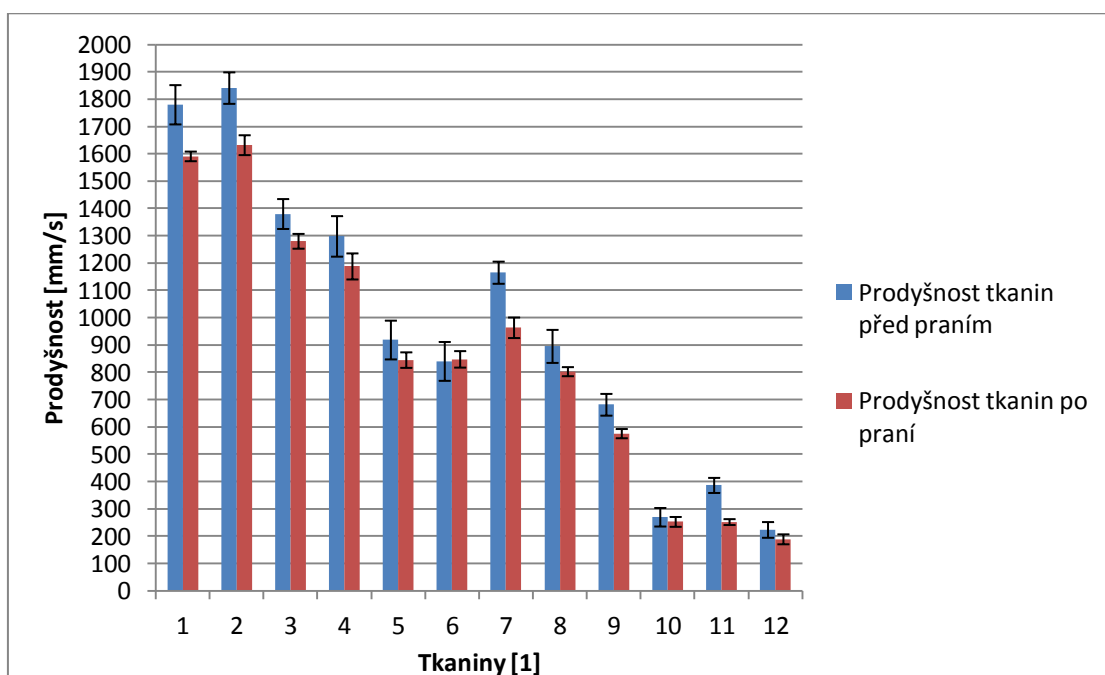
V tomto experimentu bylo použito všech zmíněných 12 tkanin s plátňovou vazbou po vyprání, na kterých byla proměřena paropropustnost a prodyšnost tkanin. Hodnoty těchto dvou parametrů byly měřeny na stejných místech v ploše, jako při měření před vypráním tkanin.

Tabulka 14: Statistické hodnoty paropropustnosti a prodyšnosti tkaniny po vyprání

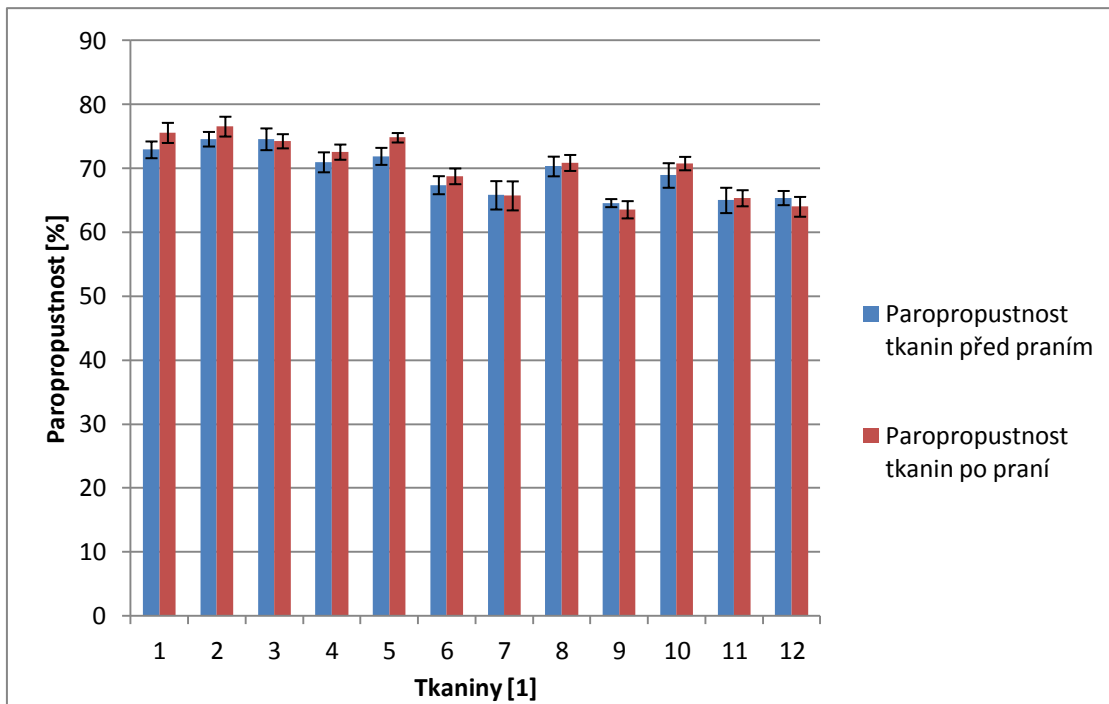
Označení tkaniny	Průměrná prodyšnost po prání [mm/s]	CV prodyšnosti po prání [%]	IS prodyšnosti po prání [mm/s]	Průměrná paropropustnost po prání [%]	CV paropropustnosti po prání [%]	IS paropropustnosti po prání [%]
P-1	1591	1,789	(1573,36 ; 1608,64)	75,57	3,35	(74,00 ; 77,14)
P-2	1632	3,594	(1595,65 ; 1668,35)	76,55	3,261	(75,00 ; 78,10)
P-3	1280	3,415	(1252,90 ; 1307,10)	74,26	2,409	(73,15 ; 75,37)
P-4	1188	6,481	(1140,28 ; 1235,73)	72,56	2,639	(71,37 ; 73,75)
P-5	845	5,427	(816,58 ; 873,42)	74,81	1,599	(74,07 ; 75,55)
P-6	847,7	5,742	(817,53 ; 877,87)	68,78	2,883	(67,55 ; 70,01)
P-7	963,4	6,298	(925,79 ; 1001,01)	65,72	5,589	(63,44 ; 67,99)
P-8	802,7	3,345	(786,06 ; 819,34)	70,87	2,840	(69,62 ; 72,12)

P-9	575,8	4,736	(558,90 ; 592,70)	63,55	3,436	(62,20 ; 64,90)
P-10	252,6	11,523	(234,56 ; 270,64)	70,77	2,397	(69,72 ; 71,82)
P-11	252	6,883	(241,25 ; 262,75)	65,35	3,117	(64,08 ; 66,61)
P-12	188,8	15,54	(170,62 ; 206,99)	64,01	3,902	(62,46 ; 65,56)

V tabulce 14, s porovnáním s tabulkou 4, lze pozorovat, že u tkanin 3, 7, 9 a 12 hodnoty paropropustnosti po vyprání tkanin klesly, ale u ostatních tkanin se hodnoty paropropustnosti tkanin zvýšily. Hodnoty prodyšnosti klesly u všech tkanin. Na obrázku 39 a 40, kde jsou vyobrazeny hodnoty prodyšnosti a paropropustnosti tkanin s intervaly spolehlivosti, lze pozorovat, že u hodnot prodyšnosti tkanin výrazně poklesla variabilita hodnot po vyprání tkanin. Kdežto u hodnot paropropustnosti tkanin se variabilita nijak moc nezměnila. U některých tkanin se variabilita také snížila, jak tomu bylo v případě variability hodnot prodyšnosti tkanin, ovšem u některých tkanin se variabilita hodnot paropropustnosti naopak zvýšila.



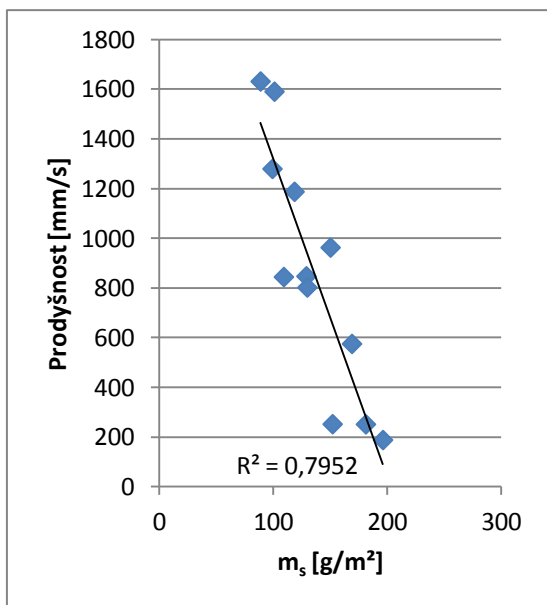
Obr. 39: Intervaly spolehlivosti hodnot prodyšnosti tkaniny



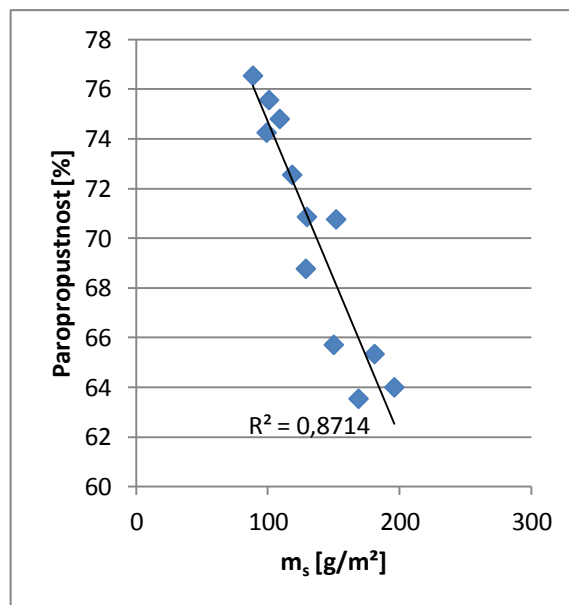
Obr. 40: Intervaly spolehlivosti hodnot paropropustnosti tkaniny

Vztah mezi plošnou hmotností a hodnotami prodyšnosti po vyprání tkanin (obr. 41) se téměř nezměnil s porovnáním tohoto vztahu před vypráním tkanin (obr. 17). Plošná hmotnost tkanin má silný vliv na prodyšnost tkanin. Dokazuje to i korelační koeficient -0,73. Stejně tak i plošná hmotnost tkaniny má silný vliv na paropropustnost tkanin po vyprání, vyobrazeno na obr. 42. Míra závislosti plošné hmotnosti tkanin na paropropustnosti se po vyprání tkanin mírně prohloubila. Před vypráním tkanin byl korelační koeficient -0,92 (viz. kapitola 9.1.), a po vyprání tkanin je -0,93.

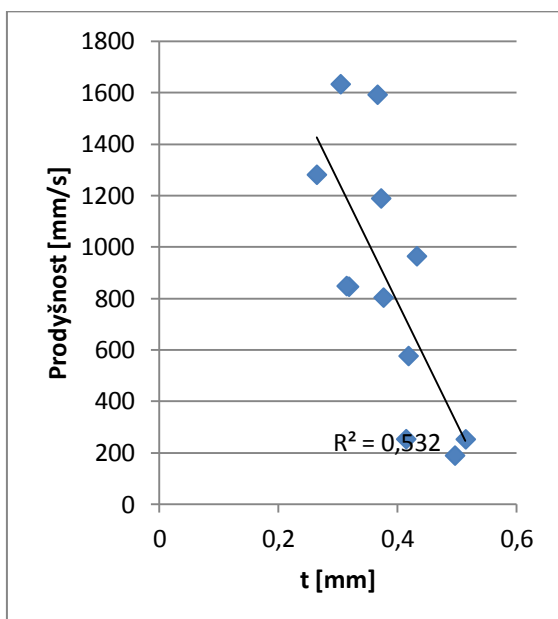
Dále byl zkoumán vztah mezi tloušťkou tkaniny a hodnotami paropropustnosti a prodyšnosti tkaniny. Působení tloušťky tkaniny na prodyšnost (obr. 43) se po vyprání tkanin mírně prohloubilo v porovnání s působením tloušťky tkaniny na prodyšnost před vypráním (obr. 19). U paropropustnosti tkanin po vyprání (obr. 44) však vzájemný vztah mezi tloušťkou tkaniny a hodnotami paropropustnosti poklesl. Před vypráním tkanin se zdálo, že tloušťka tkaniny má silný vliv na paropropustnost tkanin (obr. 20) s korelačním koeficientem -0,90. Po vyprání se však korelační koeficient snížil na -0,78. Přes to však lze konstatovat, že tloušťka tkaniny má silný vliv na paropropustnost tkanin.



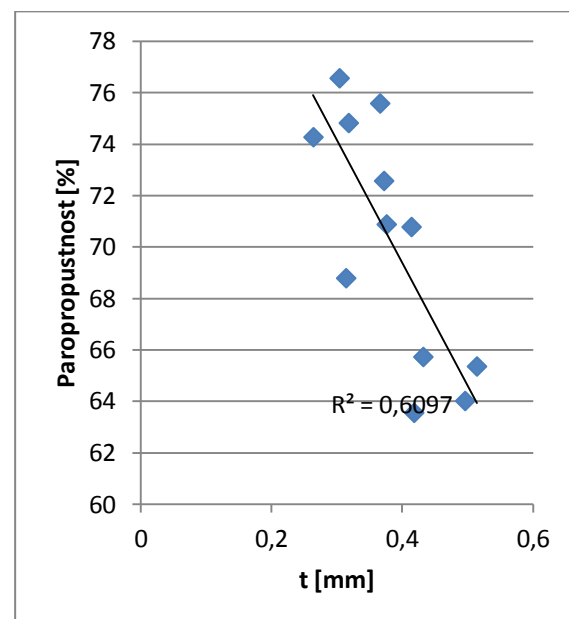
Obr. 41: Vztah mezi plošnou hmotností a prodyšností tkaniny po vyprání



Obr. 42: Vztah mezi plošnou hmotností a paropropustností tkaniny po vyprání



Obr. 43: Vztah mezi tloušťkou a prodyšností tkaniny po vyprání

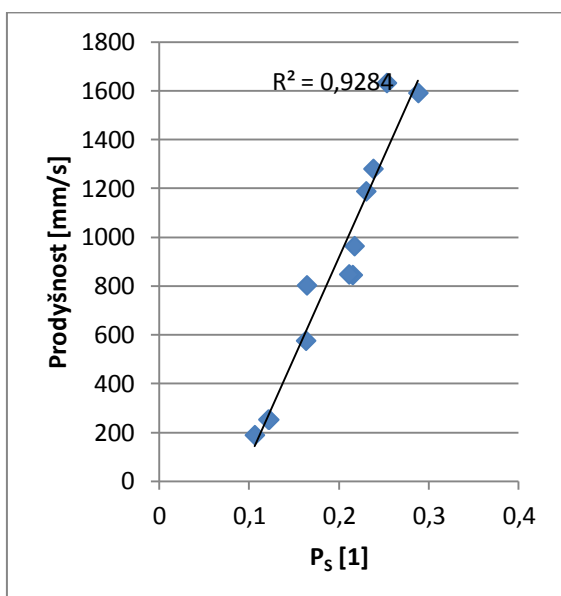


Obr. 44: Vztah mezi tloušťkou a paropropustností tkaniny po vyprání

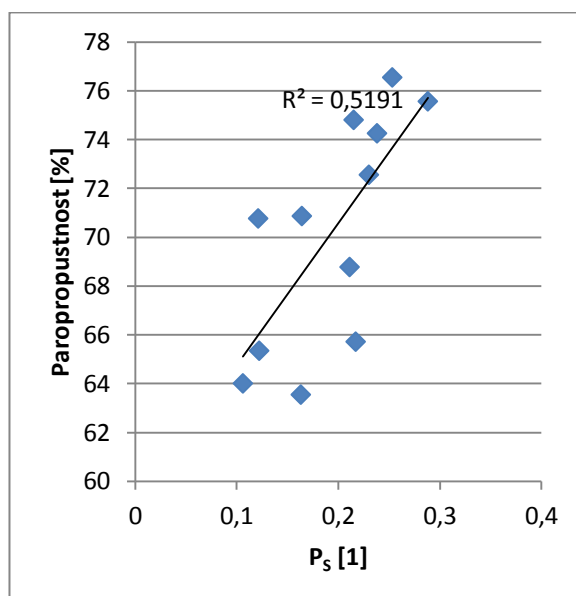
Vztah porosity z plošného zakrytí a porosity podle Goiera mezi prodyšností tkaniny po vyprání, vyobrazeny na obr. 45 a 47, se jeví téměř stejně jako před vypráním tkanin (obr. 21 a 23). Se zvyšující se porositou z plošného zakrytí i porositou podle Goiera se zvyšují i hodnoty prodyšnosti tkanin.

Korelační koeficienty se téměř nezměnily. Pro vztah mezi porositou z plošného zakrytí a prodyšností tkanin byl před vypráním 0,98. Po vyprání je korelační koeficient 0,96. Pro vztah mezi porositou podle Goiera a prodyšností tkanin byl před vypráním 0,81. Korelační koeficient po vyprání je 0,84.

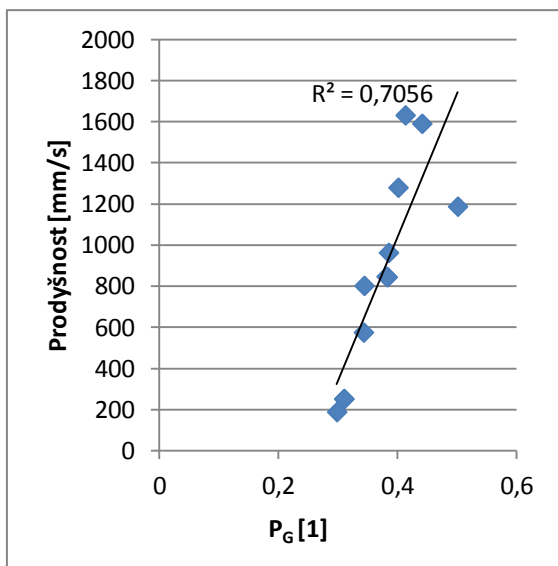
U paropropustnosti tkanin (obr. 46 a 48) se však jeví, že porosita z plošného zakrytí i porosita podle Goiera nemají po vyprání tkanin vliv na paropropustnost tkanin. Přičemž v kapitole 9.1. Vztah mezi paropropustností a konstrukčními parametry tkaniny se jistá závislost projevila. Avšak dle korelačních koeficientů se jistá závislost projevila. Korelační koeficient vztahu mezi porositou z plošného zakrytí a paropropustností tkanin před vypráním byl 0,82. Po vyprání tkanin je 0,72. Korelační koeficient vztahu mezi porositou podle Goiera a paropropustností tkanin před vypráním byl 0,78. Po vyprání tkanin je 0,63.



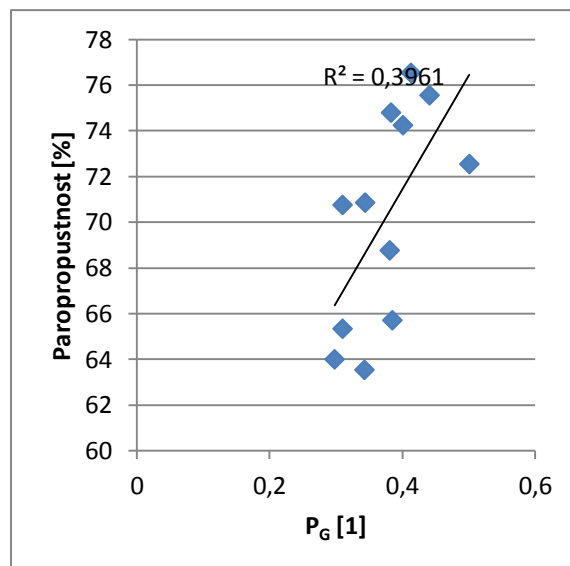
Obr. 45: Vztah mezi porositou z plošného zakrytí a prodyšností tkaniny po vyprání



Obr. 46: Vztah mezi porositou z plošného zakrytí a paropropustností tkaniny po vyprání



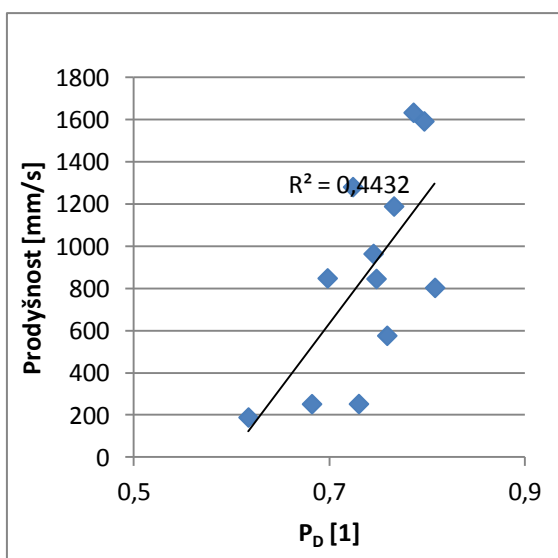
Obr. 47: Vztah mezi porositou podle Goiera a prodyšností tkaniny po vyprání



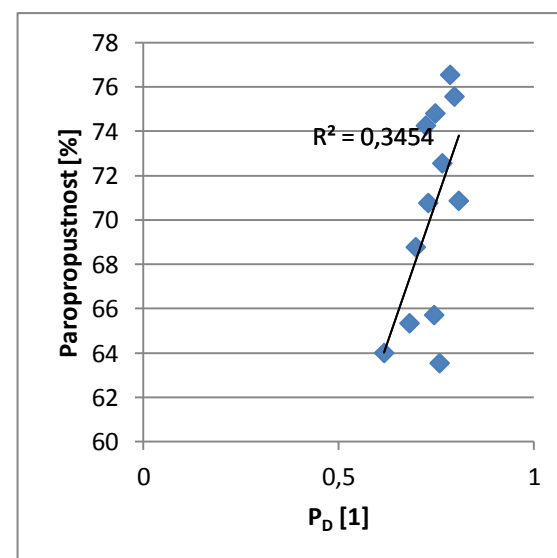
Obr. 48: Vztah mezi porositou podle Goiera a paropropustností tkaniny po vyprání

Dále byl porovnáván vztah porosity z měrné hmotnosti s prodyšností a paropropustností tkanin. U prodyšnosti tkanin po vyprání (obr. 49) došlo k malému poklesu závislosti těchto parametrů. Korelační koeficient poklesl z 0,84 na 0,67. Ale i po vyprání tkanin lze tvrdit, že porosita z měrné hmotnosti má vliv na prodyšnost tkanin.

U paropropustnosti tkanin se téměř nic nezměnilo. Porosita z měrné hmotnosti nemá významný vliv na paropropustnost ani po vyprání tkanin. Vztah mezi těmito parametry je vyobrazen na obr. 50. Korelační koeficient je 0,59.



Obr. 49: Vztah mezi porositou z měrné hmotnosti a prodyšností tkaniny po vyprání



Obr. 50: Vztah mezi porositou z měrné hmotnosti a paropropustností tkaniny po vyprání

9.5.2. Hodnocení rovnoměrnosti paropropustnosti tkanin v ploše po vyprání

K tomuto experimentu byly vybrány 3 tkaniny, stejně tak jako v předešlém experimentu popsaném v kapitole 9.3. Hodnocení rovnoměrnosti paropropustnosti tkanin v ploše. Jedná se o tkaniny P-1, P-5 a P-11. Konstrukční parametry těchto tkanin jsou uvedeny v tabulce 2.

Na těchto tkaninách byla znovu proměřena paropropustnost i prodyšnost tkaniny na všech 49 místech v ploše tkaniny. Bylo zjišťováno, zda se vzhledem ke změně struktury tkaniny po jejím vyprání, změnila i nerovnoměrnost v ploše tkaniny. Naměřené hodnoty paropropustnosti i prodyšnosti jsou uvedeny v příloze F a G.

Data byla nejprve vyhodnocena pomocí základních statistických údajů. Zjišťována byla průměrná hodnota paropropustnosti a prodyšnosti tkaniny, variační koeficient CV, zvláště pro osnovní soustavu přízí, zvláště pro útkovou soustavu přízí. Tyto vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15 a 16.

Tabulka 15: Statistické údaje o paropropustnosti tkanin po vyprání

Tkanina	Průměrná paropropustnost [%]	CVo [%]	CVu [%]
P-1	71,178	2,004	3,999
P-5	68,327	1,722	3,513
P-11	60,406	2,172	3,349

Tabulka 16: Statistické údaje o prodyšnosti tkanin po vyprání

Tkanina	Průměrná prodyšnost [mm/s]	CVo [%]	CVu [%]
P-1	1602,595	2,511	2,39
P-5	835,641	2,607	4,581
P-11	249,373	4,155	5,254

V tabulce 15 jsou základní statistické údaje naměřených hodnot paropropustnosti tkanin po jejich vyprání. S porovnáním předešlé tabulky 7, kde jsou základní statistické údaje paropropustnosti tkanin před vypráním, je zřejmé, že průměrná hodnota paropropustnosti u všech tkanin se snížila. Avšak u tkaniny P-1 se hodnota průměrné paropropustnosti snížila nepatrně.

V tabulce 16 jsou základní statistické údaje naměřených hodnot prodyšnosti tkanin po vyprání a projevil se zde stejný jev. Hodnoty průměrné prodyšnosti po vyprání tkanin se snížily oproti hodnotám průměrné prodyšnosti před vypráním tkanin. Hodnoty průměrné prodyšnosti před vypráním jsou uvedeny v tabulce 8.

Statistické údaje v tabulkách 15 a 16 však nevypovídají nic o rovnoměrnosti tkanin. Proto byly hodnoty paropropustnosti tkanin a prodyšnosti tkanin vyhodnoceny také analýzou rozptylu.

K zhodnocení rovnoměrnosti paropropustnosti a prodyšnosti tkanin byly testovány tyto dvě hypotézy:

- HO: rovnoměrnost ve směru osnovy, faktory ve směru řádků jsou nevýznamné
- HO*: rovnoměrnost ve směru útku, faktory ve směru sloupců jsou nevýznamné

Testy byly provedeny na hladině významnosti α 0,05.

Tabulka 17: Hodnocení rovnoměrnosti tkanin

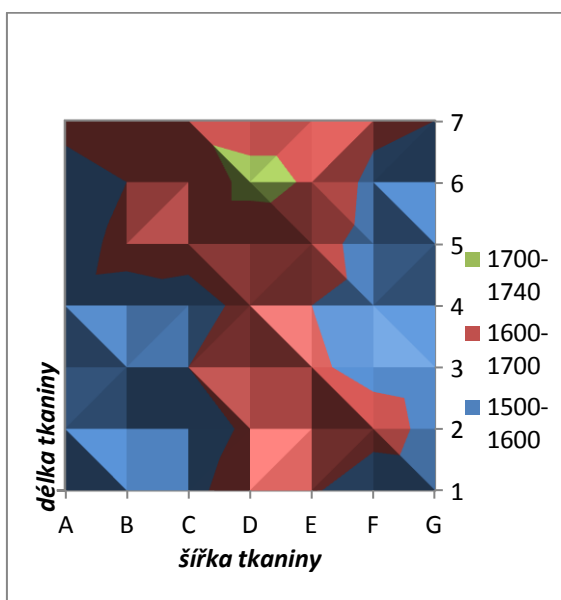
Označení tkaniny	Prodyšnost		Paropropustnost	
	HO	HO*	HO	HO*
P-1	3,538 >2,364 zamítnuta	9,925 >2,364 zamítnuta	0,681 <2,364 akceptována	20,959 >2,364 zamítnuta
P-5	4,309 >2,364 zamítnuta	5,728 >2,364 zamítnuta	0,736 <2,364 akceptována	23,482 >2,364 zamítnuta
P-11	2,363 <2,364 akceptována	4,137 >2,364 zamítnuta	1,642 <2,364 akceptována	12,313 >2,364 zamítnuta

Výsledky analýzy rozptylu z tabulky 17 ukazují, že u prodyšnosti tkanin je ve všech případech, mimo tkaniny P-11, rovnoměrnost tkanin zamítnuta. U tkaniny P-11 je rovnoměrnost akceptována pouze u rovnoměrnosti ve směru osnovy, tedy vlivu útku.

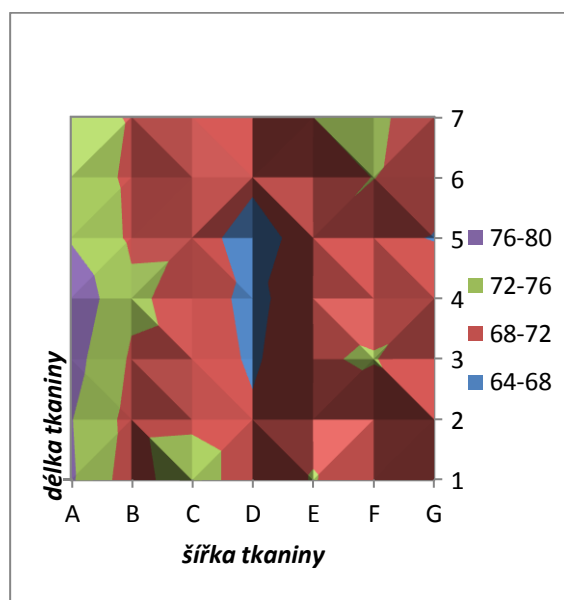
Ovšem u proměrování tkanin před vypráním (tabulka 9), byla rovnoměrnost ve směru osnovy zamítnuta. Z toho však nelze vyvodit žádný závěr, jelikož u zmíněné tkaniny P-11 z tabulky 17, hodnota testové statistiky (2,363) není o mnoho menší než kritická hodnota (2,364).

Při proměrování paropropustnosti tkanin se výsledky s předchozím měřením před vypráním tkanin téměř nezměnily. Rovnoměrnost ve směru osnovy, tedy vliv útku je akceptována u všech tkanin a rovnoměrnost ve směru útku, tedy vliv osnovy je zamítnuta u všech tkanin. Ani zde nelze vyvodit jistý závěr. V tabulce 17 lze vidět, že opět se hodnoty testové statistiky HO u všech tkanin příliš neliší od kritických hodnot.

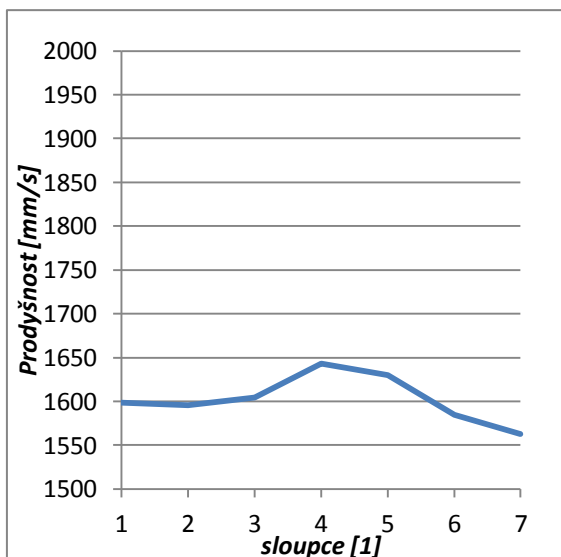
Pro lepší přehlednost byly hodnoty paropropustnosti a prodyšnosti vyneseny do povrchového 2D grafu s pohledem shora.



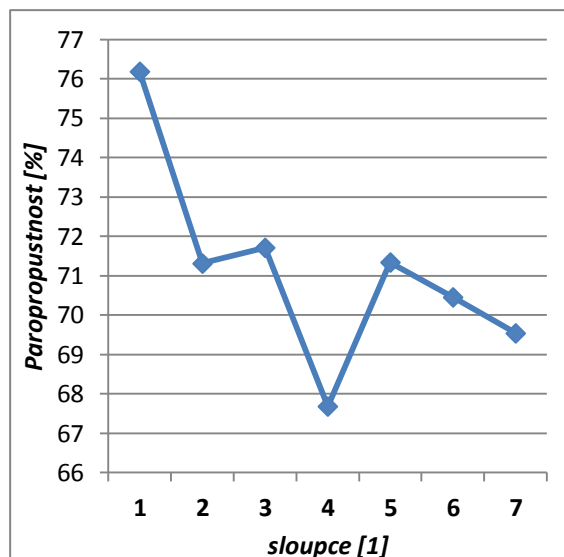
Obr. 51: Nerovnoměrnost prodyšnosti pro tkaninu 1 po vyprání



Obr. 52: Nerovnoměrnost paropropustnosti pro tkaninu 1 po vyprání



Obr. 53: Nerovnoměrnost prodyšnosti ve směru útku pro tkaninu 1 po vyprání



Obr. 54: Nerovnoměrnost paropropustnosti ve směru útku pro tkaninu 1 po vyprání

Na obr. 51 lze pozorovat, že hodnoty prodyšnosti po vyprání pro tkaninu P-1 vykazují stále zřetelný trend zvyšujících se hodnot směrem ke středu tkaniny nerovnoměrnosti v ploše, jak tomu bylo u hodnot prodyšnosti před vypráním, zkoumané v experimentu 9.3. Ale se snížením hodnot prodyšnosti po vyprání a snížením jejich variability se zdá, že hodnoty jsou více rovnoměrné v ploše tkaniny. Stále se však objevuje stejný trend jako před vypráním tkanin. Hodnoty prodyšnosti jsou vprostřed tkaniny nejvyšší. To lze pozorovat na obr. 53.

Nerovnoměrnost paropropustnosti tkanin se však po vyprání (obr. 52) změnila. Před vypráním tkanin se hodnoty paropropustnosti jeví jako nerovnoměrné v celé ploše tkaniny, ale po vyprání hodnoty paropropustnosti vykazují opačný trend, jako tomu bylo u prodyšnosti tkaniny před vypráním. Hodnoty paropropustnosti jsou ve středu tkaniny nejnižší, ale směrem ke krajům se zvyšují. Což lze vidět na obrázku 54. Grafy pro tkaniny P-5 a P-11 jsou k nahlédnutí v příloze CH.

10. Vztah mezi konstrukčními parametry a výparným odporem

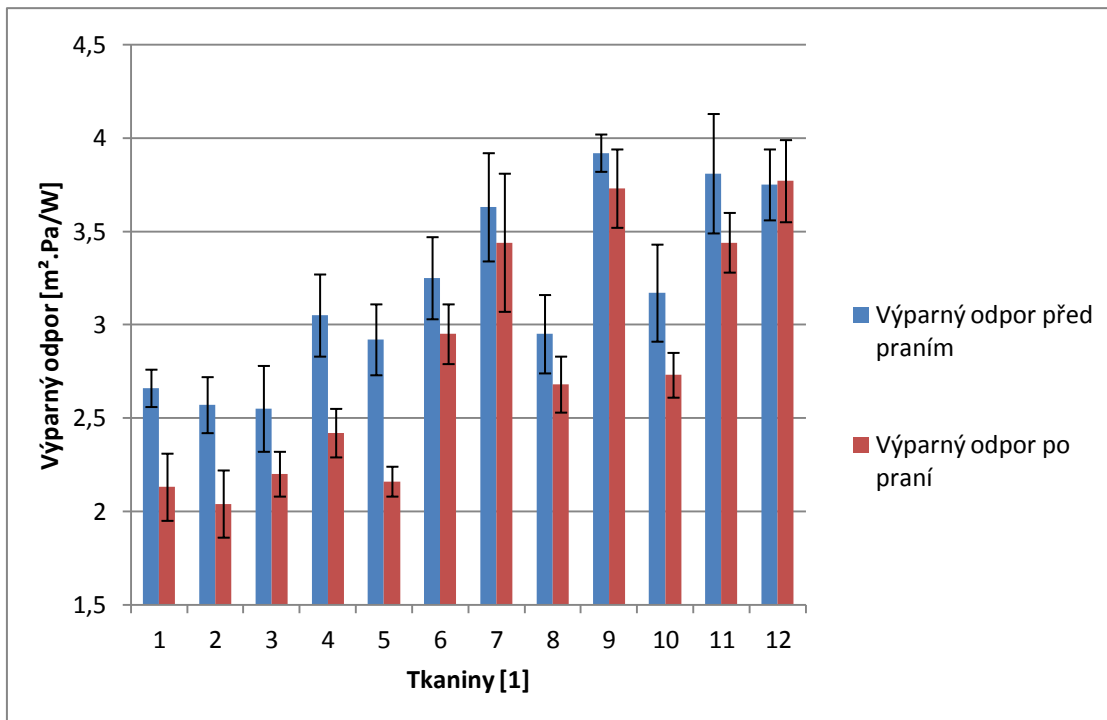
V tomto experimentu bylo zjišťováno, zda má některý z konstrukčních parametrů tkanin, zkoumaných v experimentu 9.1 vliv také na výparný odpor tkaniny. Bylo použito opět všech 12 tkanin v plátňové vazbě, na kterých byl proměřen výparný odpor v 10 místech v ploše, stejně jak tomu bylo u prodyšnosti a paropropustnosti tkanin. Hodnoty byly proměřovány před vypráním tkanin i po vyprání tkanin. Naměřené hodnoty

jsou k vidění v příloze D. V tabulce 18 jsou uvedeny průměrné hodnoty, variační koeficienty a intervaly spolehlivosti výparného odporu před a po vyprání tkanin. Hodnoty konstrukčních parametrů tkanin před vypráním jsou převzaty z experimentu 9.1 z tabulky 2 a hodnoty konstrukčních parametrů tkanin po vyprání jsou převzaty z experimentu 9.5. z tabulky 13.

Tabulka 18: Hodnoty výparného odporu před a po vyprání

<i>Tkanina</i>	<i>Výparný odpor před [m².Pa/W]</i>	<i>CV před vypráním [%]</i>	<i>IS před vypráním [m².Pa/W]</i>	<i>Výparný odpor po [m².Pa/W]</i>	<i>CV po vyprání [%]</i>	<i>IS po vyprání [m².Pa/W]</i>
<i>P-1</i>	2,66	5,931	(2,56 ; 2,76)	2,13	13,471	(1,95 ; 2,31)
<i>P-2</i>	2,57	9,715	(2,42 ; 2,72)	2,04	13,903	(1,86 ; 2,22)
<i>P-3</i>	2,55	14,702	(2,32 ; 2,78)	2,2	8,571	(2,08 ; 2,32)
<i>P-4</i>	3,05	11,897	(2,83 ; 3,27)	2,42	8,884	(2,29 ; 2,55)
<i>P-5</i>	2,92	10,438	(2,73 ; 3,11)	2,16	6,250	(2,08 ; 2,24)
<i>P-6</i>	3,25	10,879	(3,03 ; 3,47)	2,95	8,493	(2,79 ; 3,11)
<i>P-7</i>	3,63	12,989	(3,34 ; 3,92)	3,44	17,182	(3,07 ; 3,81)
<i>P-8</i>	2,95	11,214	(2,75 ; 3,16)	2,68	9,106	(2,53 ; 2,83)
<i>P-9</i>	3,92	4,302	(3,82 ; 4,02)	3,73	9,205	(3,52 ; 3,94)
<i>P-10</i>	3,17	13,305	(2,91 ; 3,43)	2,73	7,130	(2,61 ; 2,85)
<i>P-11</i>	3,81	13,579	(3,49 ; 4,13)	3,44	7,531	(3,28 ; 3,60)
<i>P-12</i>	3,75	8,074	(3,56 ; 3,94)	3,77	9,362	(3,55 ; 3,99)

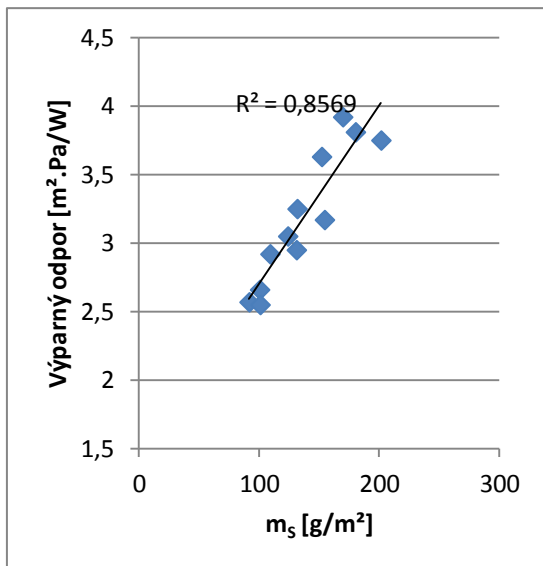
Z tabulky 18 lze vidět, že téměř u všech tkanin, krom tkaniny P-12 se hodnoty výparného odporu po vyprání nepatrně snížily. Vzhledem k variabilitě těchto hodnot, vyobrazené na obr. 55, jsou tyto změny významné. Variabilita hodnot výparného odporu se u některých tkanin snížila, a u některých tkanin se naopak zvýšila, ale u tkanin P-1, 2, 3, 4, 5 a 10 se intervaly spolehlivosti provedených měření nepřekrývají. Lze tedy tyto změny považovat za významné.



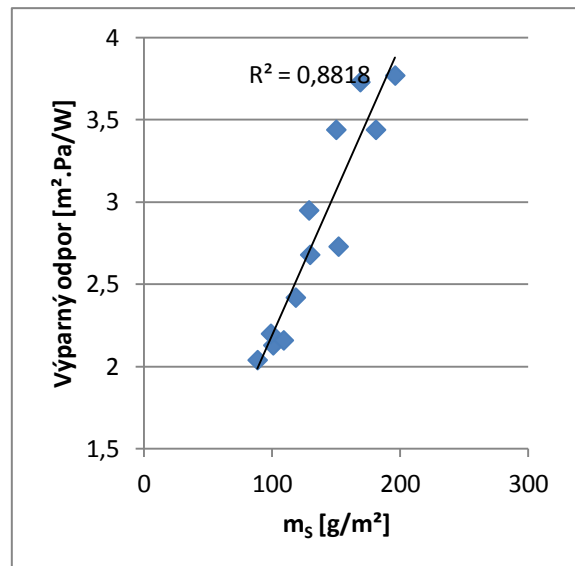
Obr. 55: Intervaly spolehlivosti hodnot výparného odporu tkaniny

Na obrázcích 56 a 57, kde je vyobrazena závislost mezi plošnou hmotností a výparným odporem před vypráním tkanin a po vyprání, lze vidět, že před vypráním tkanin byla silná závislost mezi těmito parametry s korelačním koeficientem 0,93. Po vyprání tkanin se tato závislost nepatrně prohloubila. Dokazuje to korelační koeficient 0,94. Plošná hmotnost tkaniny má silný vliv na výparný odpor tkaniny. Zde je potvrzen předpoklad ze studie [31].

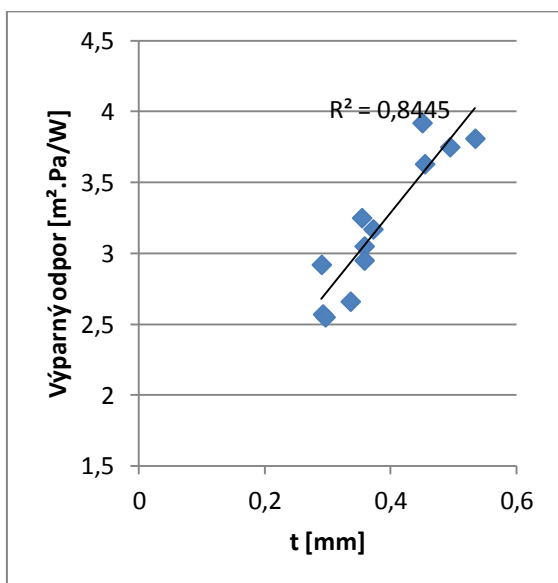
Při hodnocení vztahu mezi tloušťkou a výparným odporem před a po vyprání tkanin se však závislost mezi těmito parametry snížila. Před vypráním tkanin měla tloušťka tkaniny silný vliv na výparný odpor tkanin (viz obr. 58). Po vyprání se však závislost snížila (viz obr. 59). Korelační koeficient před vypráním byl 0,92 a po vyprání je 0,80. I přes to však lze tvrdit, že tloušťka tkaniny má silný vliv na výparný odpor tkaniny.



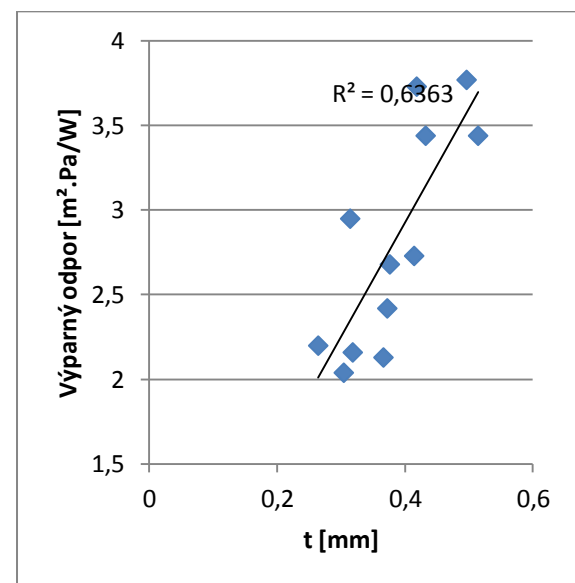
Obr. 56: Vztah mezi plošnou hmotností a výparným odporem tkaniny před praním



Obr. 57: Vztah mezi plošnou hmotností a výparným odporem tkaniny po praní



Obr. 58: Vztah mezi tloušťkou a výparným odporem tkaniny před praním

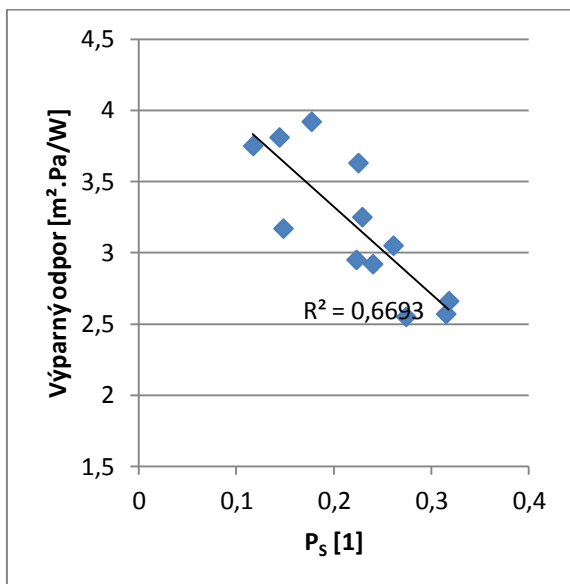


Obr. 59: Vztah mezi tloušťkou a výparným odporem tkaniny po praní

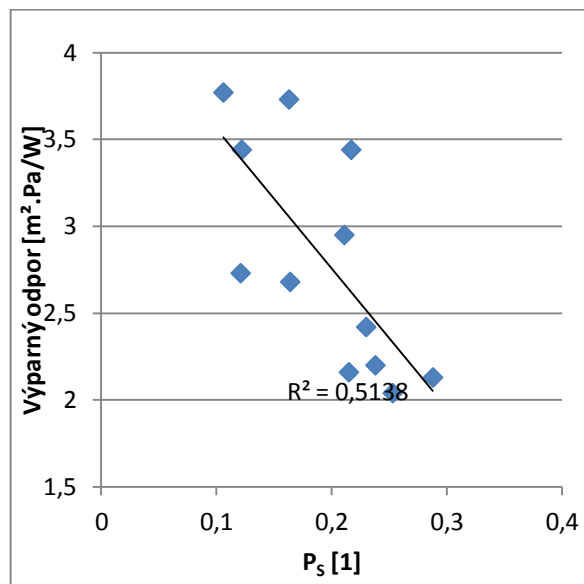
Závislosti porosity z plošného zakrytí a porosity podle Goiera na výparný odpor tkanin se jeví obdobně jako závislost tloušťky tkanin. Na obrázcích 61 a 63 lze vidět, že závislost porosit tkanin po vyprání se snížila s porovnáním závislosti porosit tkanin před vypráním, vyobrazených na obr. 60 a 62. Korelační koeficient vztahu porosity z plošného zakrytí a výparného odporu před vypráním tkanin byl -0,82, kdežto po vyprání tkanin je -

0,72. Stejně tak u vztahu porosity podle Goiera a výparným odporem před vypráním tkanin byl korelační koeficient -0,76. Po vyprání tkanin se však snížil na -0,64. Dle korelačních koeficientů se slabá závislost projevila u obou interpretací porosit tkaniny.

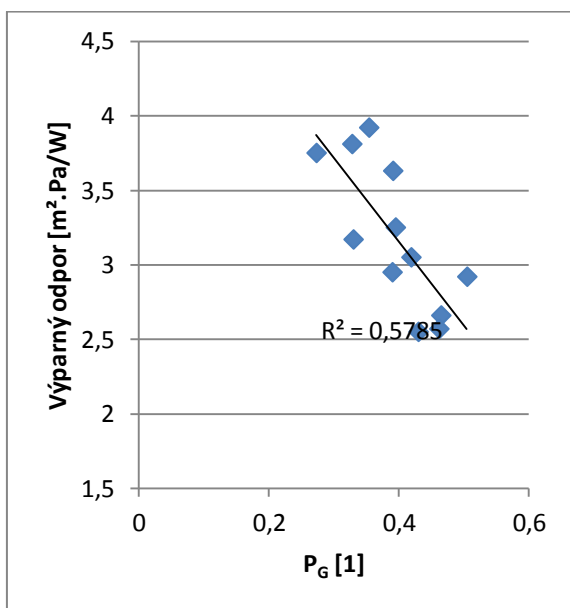
Po vyprání tkanin se tedy jeví, že porosita z plošného zakrytí a porosita podle Goiera, má slabý vliv na výparný odpor tkanin.



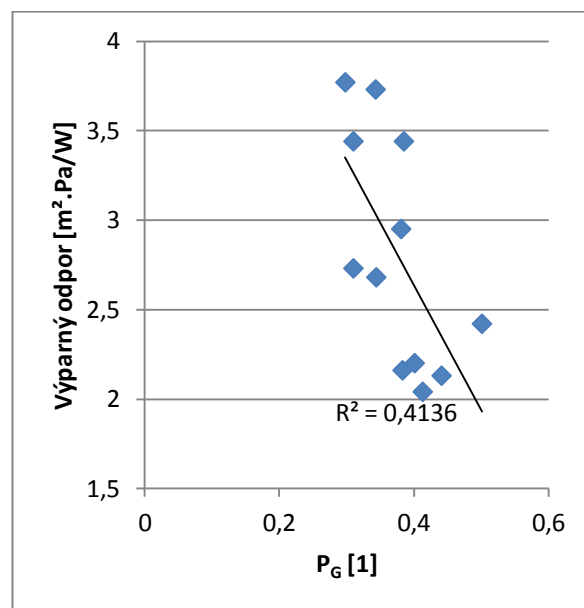
Obr. 60: Vztah mezi porositou z plošného zakrytí a výparným odporem před vypráním



Obr. 61: Vztah mezi porositou z plošného zakrytí a výparným odporem po vyprání

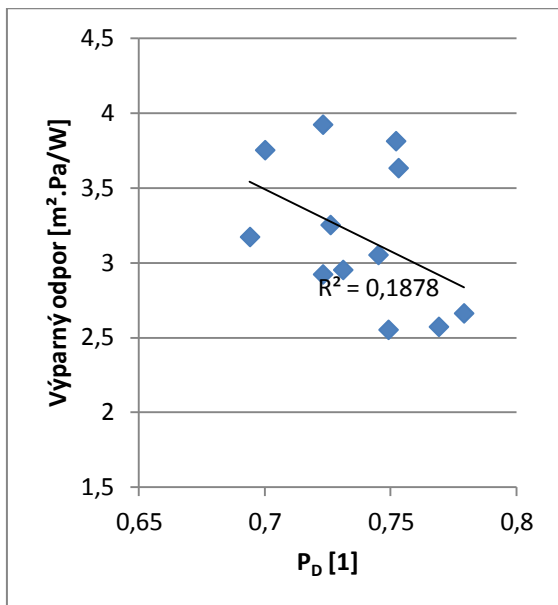


Obr. 62: Vztah mezi porositou podle Goiera a výparným odporem před vypráním

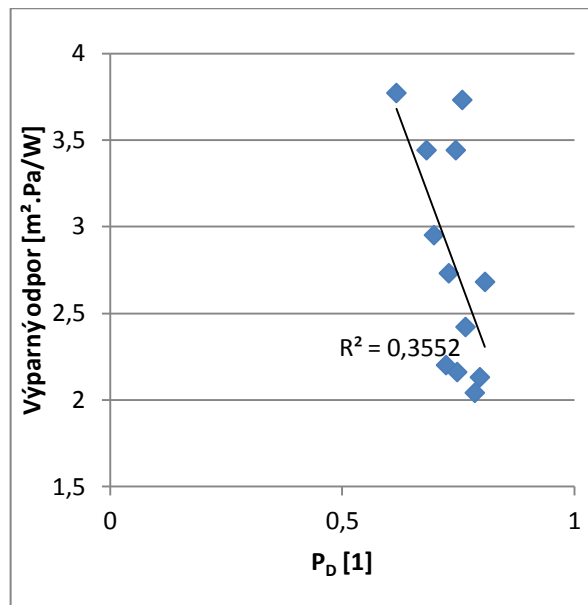


Obr. 63: Vztah mezi porositou podle Goiera a výparným odporem po vyprání

Dále byl zkoumán vliv porosity z měrné hmotnosti na výparný odpor tkaniny, vyobrazen na obrázcích 64 a 65.



Obr. 64: Vztah mezi porositou z měrné hmotnosti a výparným odporem tkaniny před praní



Obr. 65: Vztah mezi porositou z měrné hmotnosti a výparným odporem tkaniny po praní

U této porosity se neprojevil žádný vliv na výparný odpor tkaniny. Zde však nebyl prokázán žádný vliv ani před vypráním tkanin.

11. Závěr

Cílem předkládané diplomové práce bylo zkoumání vztahu mezi strukturou tkaniny a její propustností pro vodní páry. Zjištěné vztahy jsou také porovnávány s dřívějšími experimenty, zabývajícími se hodnocením vztahu mezi strukturou tkaniny a její prodyšností. Hlavní část experimentu je rozdělena do tří dílčích celků.

V rešeršní části práce jsou popsány vybrané charakteristiky textilních materiálů, které mají vliv na prodyšnost a paropropustnost tkaniny. Pozornost byla věnována zejména porositě tkaniny a jejím různým interpretacím. Tedy porositě vypočtené z plošného zakrytí, objemové porositě a porositě vypočtené z měrné hmotnosti tkaniny.

V první části experimentu, popsaném v kapitole 9.1 byl sledován vztah mezi propustností pro vodní páry a konstrukčními parametry tkanin s plátňovou vazbou. K tomuto experimentu bylo vybráno 12 tkanin, které jsou utkány v plátňové vazbě ze 100% polyesterových přízí. Tkaniny se liší konstrukčními parametry: dostava osnovy i útku a jemnost přízí. Bylo zjištěno, že plošná hmotnost a tloušťka tkaniny mají silný vliv na paropropustnost tkanin, čímž je potvrzeno tvrzení z příspěvku [11 a 33]. Se zvyšující se tloušťkou tkaniny a plošnou hmotností tkaniny se snižuje hodnota paropropustnosti. Dále byl v kapitole 9.1 sledován vztah mezi paropropustností a různými druhy porosit. Jednalo se o porositu vypočtenou z plošného zakrytí, porositu vypočtenou podle Goiera [8] a porositu vypočtenou z měrných hmotností. Ukázalo se, že porosita z plošného zakrytí a porosita podle Goiera má jistý vliv na paropropustnost tkanin. Avšak u porosity vypočtené z měrné hmotnosti, nebyl nalezen žádný vliv, což je překvapivý výsledek vzhledem k tomu, že podle příspěvku [11 a 10] vodní pára prostupuje skrz póry uvnitř příze a tento model porosity zahrnuje právě póry uvnitř příze. Předpoklad, že právě porosita vypočtená z měrné hmotnosti bude mít vliv na paropropustnost tkanin, není potvrzen.

Při hodnocení vztahu konstrukčních parametrů a prodyšnosti tkaniny se výsledky jeví podobně. Pouze u hodnocení vlivu porosit se ukázalo, že porosita z měrné hmotnosti má vliv na prodyšnost tkanin, což je opět překvapující výsledek, jelikož na rozdíl od paropropustnosti, u prodyšnosti lze dle příspěvku [32] póry uvnitř příze zanedbat.

Ve druhé části experimentu, popsaném v kapitole 9.2 byl sledován vztah mezi propustností pro vodní páry a konstrukčními parametry tkanin, ale pro tkaniny utkané s odlišnou vazbou. Bylo vybráno 6 tkanin utkaných v atlasové a keprové vazbě. K tomu byla přidána tkanina utkaná v plátňové vazbě, použitá v první části experimentu. Jedná se o

tkaninu P-12. Všechny tkaniny v této části experimentu mají stejné konstrukční parametry: dostava útku i osnovy a jemnosti přízí. Tímto experimentem je opět potvrzeno tvrzení z příspěvku [11 a 33], že plošná hmotnost a tloušťka tkanin mají silný vliv na paropropustnost tkanin. Ukázalo se, že vliv vazebního provázání nití ve tkanině má vliv na tloušťku i plošnou hmotnost tkaniny a tím i na paropropustnost tkanin. Vazby, které mají větší provázání, a mají obsaženo méně flotujících nití, mají i menší tloušťku tkanin. Naopak u tkanin s vazbou menšího provázání a tím i obsahujících více flotujících nití mají tloušťku tkanin větší. Stejně tak, jako v první části experimentu, i v této části byl hodnocen vztah mezi různými druhy porosit a paropropustností tkanin. Porosita vypočtená z plošného zakrytí nemá žádný vliv na paropropustnost tkanin. Tento výsledek byl předpokládán, jelikož byly vybrány tkaniny, které mají stejné dostavy osnovy i útku a stejné průměry přízí, a právě z těchto parametrů je porosita vypočtena. V této části experimentu byl však prokázán vliv porosity vypočtené z měrné hmotnosti na paropropustnost tkanin, oproti první části experimentu.

Třetí část experimentu, popsaná v kapitole 9.3, se zabývala hodnocením nerovnoměrnosti paropropustnosti v ploše tkanin. Výsledky byly porovnávány s hodnocením nerovnoměrnosti prodyšnosti v ploše tkanin. Byly vybrány tři tkaniny utkané v plátnové vazbě z první části experimentu. Jedná se o tkaniny P-1, 5 a 11. Tyto tkaniny byly vybrány z důvodu zjištění výrazné nerovnoměrnosti prodyšnosti v ploše tkaniny, již dřívějším experimentem. Bylo sledováno, zda paropropustnost v ploše tkanin bude vykazovat stejnou nerovnoměrnost, jako prodyšnost tkanin. Zatímco u prodyšnosti se nerovnoměrnost v ploše tkanin projevuje jistým trendem klesajících hodnot směrem ke krajům tkaniny, u paropropustnosti tkanin se žádný trend neobjevuje. Hodnoty paropropustnosti jsou nerovnoměrné v celé ploše tkaniny.

Všechny tkaniny použité v první části experimentu, utkané v plátnové vazbě byly následně vyprány. Znovu byla proměřena paropropustnost i prodyšnost tkanin a byla přepočítána dostava osnovy i útku. Ukázalo se, že u všech tkanin se dostavy osnovy i útku zvýšily. Zatímco hodnoty paropropustnosti tkanin se u některých tkanin snížily, u některých tkanin se naopak zvýšily. Hodnoty prodyšnosti tkanin se snížily u všech tkanin. Se snížením hodnot prodyšnosti klesla i variabilita těchto hodnot. Znovu byl sledován vztah mezi paropropustností a konstrukčními parametry tkanin. Experiment je popsán v kapitole 9.5.1. Po vyprání tkanin má na paropropustnost tkanin stále silný vliv tloušťka a plošná hmotnost tkaniny. Porosita vypočtená z plošné hmotnosti

a porosita podle Goiera má také jistý vliv na paropropustnost tkanin. Míra závislosti se u těchto dvou porosit mírně prohloubila po vyprání tkanin. Při hodnocení vztahu mezi prodyšností a konstrukčními parametry tkanin po vyprání, se výsledky téměř nezměnily. Na prodyšnost tkanin mají vliv všechny zkoumané parametry tkanin.

Po vyprání tkanin byla také znovu hodnocena nerovnoměrnost prodyšnosti a paropropustnosti v ploše tkanin. Tato část experimentu je popsána v kapitole 9.5.2. V případě hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti v ploše tkanin se v důsledku snížení hodnot a jejich variability zdá, že se hodnoty více zrovnoměrnily, avšak stále zůstává zřetelný trend klesajících hodnot směrem ke krajům tkaniny. Zatímco před vypráním tkanin se zdálo, že hodnoty paropropustnosti tkaniny jsou nerovnoměrné v celé ploše a nevykazují žádný trend. Po vyprání tkanin se jeví, že hodnoty paropropustnosti tkanin mají opačný trend, jak tomu bylo u nerovnoměrnosti prodyšnosti tkanin. Tedy hodnoty paropropustnosti v ploše tkaniny se zvyšují směrem ke krajům tkaniny.

V poslední části experimentu, popsaném v kapitole 10., byl sledován vztah mezi konstrukčními parametry tkanin a výparným odporem před vypráním i po vyprání tkanin. Experiment byl proveden na stejných tkaninách, utkaných v plátnové vazbě, jako v první části experimentu. Výsledky se zdají stejné jako u hodnocení vztahu mezi paropropustností tkanin a konstrukčními parametry tkanin. Na výparný odpor tkanin, má silný vliv tloušťka a plošná hmotnost tkanin. Jistý vliv na výparný odpor má i porosita vypočtena z plošného zakrytí a porosita vypočtena podle Goiera. Výsledky jsou stejné i po vyprání tkanin.

Tato diplomová práce přispívá k dosavadnímu hodnocení vlivu konstrukčních parametrů tkanin na jejich paropropustnost. Příspěvkem je také hodnocení nerovnoměrnosti paropropustnosti v ploše tkaniny. Doposud se touto metodikou zabývala Havlová [29], ale pouze pro prodyšnost v ploše tkaniny.

Literatura:

- [1] Spatzierová, Š.: Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny, Diplomová práce, TU v Liberci, 2011.
- [2] Delljová, R.A., Afanasjevová, R.F.: Hygiena odívání. SNTL Praha 1984
- [3] Čapková, L.: Hodnocení prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátňovou vazbou, Diplomová práce, TU v Liberci, 2010.
- [4] Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika vláknenných útvarů, TU v Liberci, 1998.
- [5] Havrdová, M.: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin, Disertační práce, TU v Liberci, 2004.
- [6] Šindelková, L: Hodnocení vztahu mezi prodyšností a strukturou tkaniny, Diplomová práce, TU v Liberci, 2007
- [7] Křemenáková, D.: Interní norma č. 12-108-01/01: Geometrické vlastnosti staplových přízí, Výzkumné centrum Textil, TU v Liberci, 2002
- [8] Gooijer, H.: Flow resistance of textile materials, Thesis UT Enschede, 1998. ISBN 90-36511240.
- [9] Havlová, M.: Influence of vertical porosity on woven fabric air, TU v Liberci, TEXSCI 2010
- [10] Das,B., Das,A., Kotharil,V.K., Fanguiero,R., Araújo,M.: Moisture transmission through textiles: Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play, AUTEX Research Journal, Vol. 7, No2 2007.
- [11] Lee, S., Obendorf,S.K.: Statistical modeling of water vapor transport through woven fabrics, Textile Research Journal, 82(3) 211-219, 2012.
- [12] Moučková, E.: Předání I, Skripta, TU v Liberci

- [13] Pařilová, H.: Textilní zbožíznalství: Typologie tkanin, Skripta, TU v Liberci, 2011
- [14] Kolčavová, B., Mertová, I., Havrdová, M.: Systém projektování textilních struktur: Část II, Příze-ťkanina, Závěrečná zpráva, TU v Liberci, 2004
- [15] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií, Skripta, TU v Liberci, 2003
- [16] Drařarová, J., Nováčková, J.: Projektování vlastností přízí a plošných textilií Novaspin: Část II, Tkaniny
- [17] Voborová, J.: Textilní materiály a konstrukce textilních výrobků: Chlupatost a průměry přízí, Souhrnná zpráva
- [18] Neckář, B.: Příze, Tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL Praha, 1990
- [19] Šustrová, A.: Predikce prodyšnosti bavlnářských tkanin, Diplomová práce, TU v Liberci, 2010
- [20] Blažejevská, I.: Vliv finální úpravy na prodyšnost tkaniny při současném sledování její rovnoměrnosti v ploše, Diplomová práce, TU v Liberci, 2013
- [21] Drařarová, J.: Analýza příčných řezů tkaniny, Disertační práce, TU v Liberci, 2004
- [22] Kovačič, V.: Kapitoly z textilního zkušebnictví., TU v Liberci, 2004
- [23] Havlová, M.: Air Permeability and Constructional Parameters of Woven Fabrics, *Fibres & Textiles*, Vol. 21, No2(98), TU v Liberci, 2012
- [24] Havlová, M.: Model of Vertical Porosity Occurring in Woven Fabrics and its Effect on Air Permeability, *Fibres & Textiles*, Vol. 22, 4(106), TU v Liberci, 2014
- [25] Backer S. The relationship between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties, *Text. Res. Journal*, 1951
- [26] Kyselová, A.: Význam prodyšnosti textilních materiálů z hlediska spotřebitele, Bakalářská práce, TU v Liberci, 2011
- [27] Hes, L.: Úvod do komfortu textilií, Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0

- [28] Textest Instruments: Air Permeability: Air Permeability Tester FX 3300 LabAir IV, Dostupné z: <http://www.textest.ch/en/FX3300-Lab-Air.html> [online.25.11.2015]
- [29] Havlová, M.: Detection of Fabric Structure Irregularities Using Air Permeability Measurements, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol.9, Issue 4-2014, ISSN 1558-9250.
- [30] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. PLUS spol.s.r.o. Praha, 1994
- [31] Sluka,P.: Výparný a hydraulický odpor vícevrstvých textilií, Diplomová práce, TU v Liberci, 2006
- [32] Robertson AF. Air porosity of Open- Weave Fabric. Text. Res. J. 1950; December: 838 – 857.
- [33] Bogusławska-Bączek,M., Hes,L.,: Effective Water Vapour Permeability of Wet Wool Fabric and Blended Fabrics, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe , 2013
- [34] Růžičková, D.: Oděvní materiály. Skripta, TU Liberec, 2003.

Zdroje obrázků:

- [1] Spatzierová, Š.: Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny, Diplomová práce, TU v Liberci, 2011.
- [3] Čapková, L.: Hodnocení prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátňovou vazbou, Diplomová práce, TU v Liberci, 2010.
- [20] Blažejovská,I.,: Vliv finální úpravy na prodyšnost tkaniny při současném sledování její rovnoměrnosti v ploše, Diplomová práce, TU v Liberci, 2013
- [5] Havrdová, M.: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin, Disertační práce, TU v Liberci, 2004.
- [8] Gooijer, H.: Flow resistance of textile materials, Thesis UT Enschede, 1998. ISBN 90-36511240.

- [27] Hes, L.: Úvod do komfortu textilií, Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- [12] Moučková, E.: Předání I, Skripta, TU v Liberci
- [17] Voborová, J.: Textilní materiály a konstrukce textilních výrobků: Chlupatost a průměry přízí, Souhrnná zpráva
- [19] Šustrová, A.: Predikce prodyšnosti bavlnářských tkanin, Diplomová práce, TU v Liberci, 2010
- [30] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. PLUS spol.s.r.o. Praha, 1994.
- [35] Křemenáková, D.: Interní norma č. 12-108-01/01: Geometrické vlastnosti staplových přízí, Výzkumné centrum Textil, TU v Liberci, 2002
- [28] Textest Instruments: Air Permeability: Air Permeability Tester FX 3300 LabAir IV, Dostupné z: <http://www.textest.ch/en/FX3300-Lab-Air.html> [online.25.11.2015]
- [26] Kyselová, A.: Význam prodyšnosti textilních materiálů z hlediska spotřebitele, Bakalářská práce, TU v Liberci, 2011

Příloha A: Naměřené hodnoty paropropustnosti a výparného odporu pro tkaniny v plátnové vazbě, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny

Tkanina 1				Tkanina 4			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body ploše tkaniny
1	2,8	72,1	B1	1	3,5	68	F7
2	2,5	74	G5	2	2,5	74,9	A1
3	2,6	73,2	C6	3	3	71	E5
4	2,9	70,5	D2	4	2,7	73	B3
5	2,7	72,3	A4	5	2,6	74,7	C6
6	2,6	73,6	F2	6	3,3	69,3	D4
7	2,7	73,3	E3	7	3,2	70,1	G2
8	2,5	74,7	F6	8	2,9	71,4	A4
9	2,7	72,7	G3	9	3,4	68,7	F3
10	3	70,7	A1	10	3,4	68,6	B7
Tkanina 2				Tkanina 5			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body ploše tkaniny
1	2,5	75,6	F7	1	2,8	72,6	B6
2	3	72,8	G2	2	3	71,3	G2
3	2,3	77,6	C1	3	3,3	69,1	D7
4	2,3	76,1	A4	4	2,7	73,7	A4
5	2,3	76,2	B5	5	2,4	75,2	C1
6	2,7	72,8	D7	6	2,7	73,5	E5
7	2,8	72,5	E3	7	3,1	70,6	F3
8	2,8	72,7	G6	8	2,7	73,8	A7
9	2,6	74	C3	9	3,2	69,7	G6
10	2,4	75,5	B1	10	3,3	69,5	D3
Tkanina 3				Tkanina 6			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body ploše tkaniny
1	2,1	77,7	B1	1	3,8	63,8	D7
2	2,4	76	G3	2	3,5	65,4	A1
3	2,7	73	D3	3	3,4	67,6	B2
4	2	79	C6	4	3,2	67,8	C4
5	2,9	71,9	E2	5	3	68,7	E7
6	3,2	70,3	F4	6	2,8	70,5	F3
7	2,4	75,5	G7	7	3	68,6	G5
8	2,3	76,2	A4	8	3,7	64,4	A6
9	2,8	72,6	D5	9	3,3	67	D3
10	2,7	73,5	E6	10	2,8	70,1	E2

Tkanina 7				Tkanina 10			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	3,1	70,5	B1	1	3,6	66,1	B2
2	2,9	72,1	A1	2	3,7	65	A1
3	3,4	67,2	C5	3	3,6	66,1	D3
4	4	62,4	D4	4	2,7	72,4	C7
5	3,2	68	E2	5	3,4	66,7	E4
6	4,1	62,5	F7	6	3,2	68,6	F2
7	3,5	66,3	G3	7	2,9	70,8	G5
8	4,2	62,1	B6	8	3,3	67,9	A6
9	4,1	63,1	D5	9	2,5	74,1	E7
10	3,8	63,9	E6	10	2,8	71,4	C4
Tkanina 8				Tkanina 11			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	3,6	65,5	F6	1	3,2	69,1	F3
2	3	69,9	G7	2	3,7	65,8	A5
3	3	69,8	D1	3	4,2	62,8	D2
4	2,4	74,3	B3	4	3,4	67,5	B1
5	2,8	71,7	C2	5	3,7	65,1	C7
6	2,6	73	A4	6	4,5	60,9	E4
7	3,2	68,1	E5	7	3,5	66,8	G6
8	3	70,3	G3	8	3,5	66,7	C3
9	3,1	69,3	F2	9	4,8	58,8	D6
10	2,8	71,3	C4	10	3,6	66,6	G1
Tkanina 9				Tkanina 12			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	3,9	65	F3	1	3,6	66,4	B5
2	3,6	66,1	G5	2	3,2	69,1	G1
3	4,3	62	D3	3	4,3	62,7	D2
4	3,9	64,9	A2	4	3,6	66,1	A2
5	4	64,4	B6	5	3,9	64,7	C4
6	3,9	64,8	C4	6	3,7	65,3	E7
7	3,9	64,5	E1	7	3,8	65	F5
8	3,9	64,8	D2	8	4,1	63	E3
9	3,9	64,7	G7	9	3,6	66	G6
10	3,9	64,7	F5	10	3,7	65,5	A7

Příloha B: Naměřené hodnoty paropropustnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 49 místech v ploše tkaniny

Tkanina 1							
	A	B	C	D	E	F	G
1	70,7	72,1	70,5	68	71,4	71,9	73,6
2	68,5	68,4	73,6	70,5	72,8	73,6	74
3	69	68,5	72,7	65,1	72,9	74,1	72,7
4	72,3	71,8	69,5	71,3	72	74,7	75,3
5	71,4	73,2	73,4	68,1	69,6	73,8	74
6	69,1	74,1	73,2	70,6	70,2	77,8	69,9
7	68,9	75,6	71	71,3	71,6	71,5	73
Tkanina 5							
	A	B	C	D	E	F	G
1	76,5	79,5	75,2	74,6	77	75,1	75,3
2	75,4	76,5	75,9	74	76,4	76,9	71,3
3	78,5	75,4	75,2	69,5	75,3	70,6	73,9
4	73,7	75	76	72,7	75,2	75,6	73,3
5	79,6	74,1	77	74,1	73,5	75,8	74,5
6	77,2	72,6	73,7	71	75,9	74,4	69,7
7	73,8	72,4	74,3	69,1	75,4	75	73
Tkanina 11							
	A	B	C	D	E	F	G
1	62,9	67,5	62,3	60,9	69,9	63,5	66,6
2	69,9	63,5	69	62,8	65,4	66,8	65,4
3	69,8	61,6	66,7	63,5	65,7	69,1	63,4
4	71,8	64,9	60,5	62,7	60,9	68,2	64,3
5	65,8	64,8	66,2	62,2	63,8	63,5	69,9
6	68,4	72,3	61,4	58,8	65,9	67,6	66,8
7	63,5	63	65,1	62,3	63,4	64,5	67,7

Příloha C: Naměřené hodnoty paropropustnosti a výparného odporu pro tkaniny s odlišnou vazbou, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny

Tkanina 1 (A 2/4)			Tkanina 4 (K 2/4 Z)		
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]
1	3,5	60,3	1	3,2	62,9
2	3,8	59,4	2	3,4	62
3	3,4	62,7	3	3,5	60,9
4	3,6	60,3	4	3,3	62,6
5	3,5	61,7	5	3,4	61,2
6	3,4	61,5	6	3,8	59,1
7	4,4	55,1	7	3,9	58,1
8	4	57,3	8	3,6	59,8
9	4,2	57,4	9	3,5	60,5
10	3,5	61,4	10	3,7	59,9
Tkanina 2 (A 1/5)			Tkanina 5 (K 1/5 Z)		
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]
1	3,3	62,1	1	3,4	61,4
2	3,7	59,9	2	4	57,4
3	3,8	59,8	3	3,7	59,1
4	3,4	62,1	4	4	57,5
5	3,6	60,2	5	3,8	58,5
6	3,6	60,1	6	4,3	55,5
7	3,8	58,5	7	4	57,3
8	4,1	57,4	8	4,1	57,2
9	3,7	59,9	9	4	57,7
10	3,7	59,5	10	4,1	57,1
Tkanina 3 (A 3/3)			Tkanina 6 (K 2/1-1/2 Z)		
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]
1	3,5	60,9	1	3,2	62,8
2	4,1	56,7	2	3,1	63,8
3	3,6	60,1	3	3,4	61
4	3,9	57,8	4	3,1	63,1
5	3,8	58,9	5	3,3	61,8
6	3,7	58,9	6	3,6	60,1
7	3,7	59,4	7	4,2	56,3
8	4,1	57	8	3,8	59
9	3,6	60,1	9	3,5	60,7
10	3,3	61,9	10	4,1	57

Příloha D: Naměřené hodnoty paropropustnosti a výparného odporu pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny po vyprání

Tkanina 1 (1)				Tkanina 4 (7)			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	2,0	77,0	B1	1	2,6	71,2	F7
2	1,7	79,3	G5	2	2,2	74,6	A1
3	1,9	77,9	C6	3	2,5	71,2	E5
4	2,6	71,4	D2	4	2,0	76,1	B3
5	2,3	73,8	A4	5	2,5	72,3	C6
6	2,1	76,0	F2	6	2,7	70,0	D4
7	1,9	77,4	E3	7	2,6	71,4	G2
8	2,0	76,3	F6	8	2,3	73,4	A4
9	2,3	74,1	G3	9	2,5	71,3	F3
10	2,5	72,5	A1	10	2,3	74,1	B7
Tkanina 2 (2)				Tkanina 5 (8)			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	1,9	77,7	F7	1	1,9	77,3	B6
2	2,1	75,9	G2	2	2,2	74,8	G2
3	1,7	79,6	C1	3	2,3	73,4	D7
4	1,8	78,6	A4	4	2,3	73,2	A4
5	2,6	72,0	B5	5	2,2	74,9	C1
6	2,3	74,1	D7	6	2,0	75,9	E5
7	2,0	77,2	E3	7	2,1	75,1	F3
8	2,2	75,2	G6	8	2,2	74,2	A7
9	2,1	75,4	C3	9	2,1	75,1	G6
10	1,7	79,8	B1	10	2,3	74,2	D3
Tkanina 3 (6)				Tkanina 6 (9)			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	2,0	76,0	B1	1	3,1	67,9	D7
2	2,3	73,2	G3	2	3,0	68,4	A1
3	2,4	72,8	D3	3	3,0	68,3	B2
4	2,1	75,7	C6	4	2,9	68,9	C4
5	2,3	73,1	E2	5	3,0	68,2	E7
6	2,4	72,2	F4	6	2,4	73,5	F3
7	1,8	77,9	G7	7	2,8	69,9	G5
8	2,3	73,0	A4	8	2,9	68,8	A6
9	2,2	74,3	D5	9	3,4	65,6	D3
10	2,2	74,4	E6	10	3,0	68,3	E2

Tkanina 7 (10)				Tkanina 10 (15)			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	2,9	69,3	B1	1	2,5	72,6	B2
2	2,8	69,5	A1	2	2,6	72,2	A1
3	3,9	62,2	C5	3	2,9	68,9	D3
4	4,6	59,4	D4	4	2,9	69,4	C7
5	2,8	70,3	E2	5	2,7	71,0	E4
6	3,8	63,5	F7	6	2,8	70,3	F2
7	3,0	68,4	G3	7	2,5	72,6	G5
8	3,3	66,3	B6	8	3,1	67,6	A6
9	3,8	62,8	D5	9	2,7	71,2	E7
10	3,5	65,5	E6	10	2,6	71,9	C4
Tkanina 8 (11)				Tkanina 11 (16)			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	2,8	69,2	F6	1	3,1	67,9	F3
2	3,1	67,8	G7	2	3,3	67,1	A5
3	3,0	68,2	D1	3	4,0	62,2	D2
4	2,3	73,8	B3	4	3,2	67,3	B1
5	2,4	73,1	C2	5	3,6	64,9	C7
6	2,6	71,0	A4	6	3,3	67,2	E4
7	2,7	70,5	E5	7	3,6	64,6	G6
8	2,6	71,5	G3	8	3,5	65,6	C3
9	2,6	71,0	F2	9	3,5	64,3	D6
10	2,7	72,6	C4	10	3,3	62,4	G1
Tkanina 9 (12)				Tkanina 12 (18)			
Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny	Měření	Výparný odpor [Pa.m ² /W]	Paropropustnost [%]	Body v ploše tkaniny
1	3,7	64,1	F3	1	3,0	69,4	B5
2	4,0	62,8	G5	2	3,8	64,1	G1
3	3,8	63,4	D3	3	3,4	66,8	D2
4	3,9	62,7	A2	4	3,8	64,2	A2
5	2,9	69,0	B6	5	4,0	62,0	C4
6	3,9	61,8	C4	6	4,2	61,3	E7
7	3,9	62,3	E1	7	3,9	62,6	F5
8	4,1	61,1	D2	8	4,0	62,9	E3
9	3,5	64,5	G7	9	3,6	64,8	G6
10	3,6	63,8	F5	10	4,0	62,0	A7

Příloha E: Naměřené hodnoty prodyšnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 10 místech v ploše tkaniny po vyprání

Tkanina 1 (1)			Tkanina 4 (7)			Tkanina 7 (10)			Tkanina 10 (15)		
Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny
1	1580	B1	1	1190	F7	1	1010	B1	1	230	B2
2	1580	G5	2	1080	A1	2	997	A1	2	229	A1
3	1630	C6	3	1290	E5	3	1020	C5	3	245	D3
4	1620	D2	4	1300	B3	4	841	D4	4	286	C7
5	1560	A4	5	1230	C6	5	976	E2	5	270	E4
6	1630	F2	6	1100	D4	6	994	F7	6	215	F2
7	1580	E3	7	1100	G2	7	914	G3	7	229	G5
8	1570	F6	8	1220	A4	8	1030	B6	8	240	A6
9	1570	G3	9	1200	F3	9	947	D5	9	292	E7
10	1560	A1	10	1170	B7	10	905	E6	10	290	C4
Tkanina 2 (2)			Tkanina 5 (8)			Tkanina 8 (11)			Tkanina 11 (16)		
Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny
1	1620	F7	1	849	B6	1	840	F6	1	258	F3
2	1580	G2	2	774	G2	2	792	G7	2	244	A5
3	1740	C1	3	916	D7	3	794	D1	3	264	D2
4	1630	A4	4	857	A4	4	838	B3	4	270	B1
5	1610	B5	5	872	C1	5	793	C2	5	255	C7
6	1630	D7	6	842	E5	6	788	A4	6	231	E4
7	1600	E3	7	848	F3	7	799	E5	7	240	G6
8	1620	G6	8	831	A7	8	750	G3	8	264	C3
9	1560	C3	9	770	G6	9	807	F2	9	273	D6
10	1730	B1	10	891	D3	10	826	C4	10	221	G1
Tkanina 3 (6)			Tkanina 6 (9)			Tkanina 9 (12)			Tkanina 12 (18)		
Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny	Měření	Prodyšnost [m/s]	Body v ploše tkaniny
1	1310	B1	1	857	D7	1	554	F3	1	185	B5
2	1210	G3	2	735	A1	2	553	G5	2	149	G1
3	1300	D3	3	867	B2	3	577	D3	3	208	D2
4	1290	C6	4	864	C4	4	548	A2	4	196	A2
5	1280	E2	5	854	E7	5	590	B6	5	214	C4
6	1320	F4	6	904	F3	6	611	C4	6	225	E7
7	1190	G7	7	844	G5	7	606	E1	7	177	F5
8	1300	A4	8	796	A6	8	532	D2	8	217	E3
9	1300	D5	9	869	D3	9	590	G7	9	136	G6
10	1300	E6	10	887	E2	10	597	F5	10	181	A7

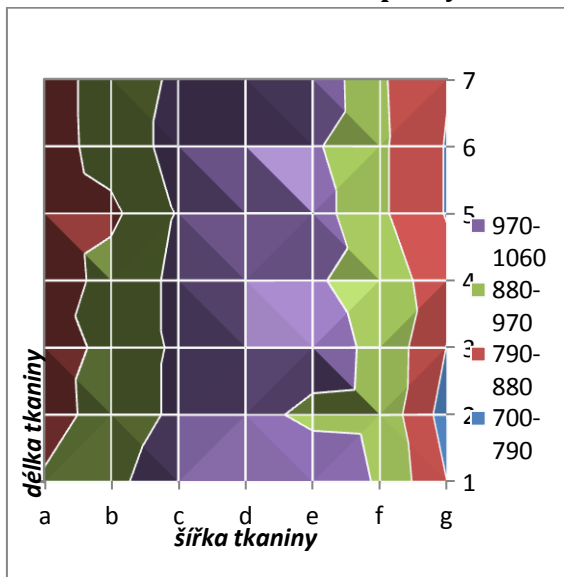
Příloha F: Naměřené hodnoty paropropustnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 49 místech v ploše tkaniny po vyprání

Tkanina 1							
	A	B	C	D	E	F	G
1	76,5	69,9	75,1	68,7	72,3	68,5	68,3
2	76,2	70,7	71	68,7	70,7	68,9	70,3
3	77,6	71,5	71	67,3	71,7	72,3	68,1
4	78,9	72,8	70,4	66,7	71	70,2	71,1
5	75,7	71,4	71,5	64,4	71,8	69	67,8
6	74,7	71,2	71,6	69,7	69,9	72,1	69,7
7	73,7	71,7	71,4	68,3	72	72,2	71,5
Tkanina 5							
	A	B	C	D	E	F	G
1	73,3	71,8	68,8	67	68,7	67,4	65,6
2	72,3	69,1	69,4	65,5	66,2	66,7	68,6
3	70,6	69,6	67,2	68,3	68,6	68	68,5
4	73,9	69,4	66,4	66,6	66,1	68,2	68,5
5	72,4	72	66,7	65,3	66,2	65,6	68,6
6	72,1	70,3	68,9	64,5	66,4	65,7	67
7	71,1	71,1	66,3	65,5	67,3	66,9	67,8
Tkanina 11							
	A	B	C	D	E	F	G
1	62,2	65,9	61,2	55,2	61	60,9	63,5
2	63,2	60,9	58	56,6	58,6	61,3	61,2
3	60,8	59	58,7	58,1	60,2	62,8	62,1
4	59,8	60,2	59,1	56,7	59,8	60,9	59,8
5	63,2	60,1	60,4	56,1	58,9	62,4	62,3
6	61,2	61,4	59,2	59,3	60,2	64,1	61,3
7	61,9	61,1	60,1	57,7	59,6	60,7	61

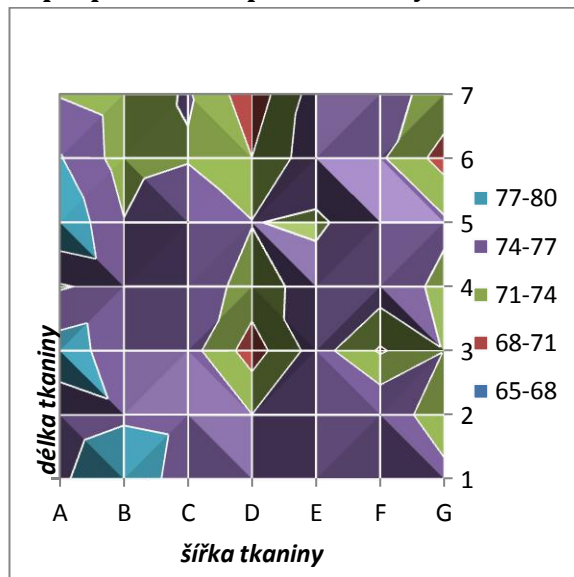
Příloha G: Naměřené hodnoty prodyšnosti pro tkaniny v plátňové vazbě, měřeny na 49 místech v ploše tkaniny po vyprání

Tkanina 1							
	A	B	C	D	E	F	G
1	1560	1580	1580	1640	1610	1550	1560
2	1580	1540	1540	1620	1600	1630	1580
3	1560	1590	1600	1600	1610	1580	1570
4	1560	1550	1570	1620	1600	1570	1540
5	1540	1640	1630	1630	1640	1560	1580
6	1510	1600	1630	1730	1690	1570	1510
7	1660	1670	1680	1660	1660	1630	1600
Tkanina 5							
	A	B	C	D	E	F	G
1	947	853	872	891	863	836	805
2	890	818	868	853	816	858	774
3	869	822	839	891	859	848	780
4	857	855	842	863	808	834	822
5	821	773	841	821	842	760	767
6	850	849	891	880	843	786	770
7	831	831	863	916	890	791	786
Tkanina 11							
	A	B	C	D	E	F	G
1	259	270	252	230	233	240	221
2	255	259	258	264	262	253	257
3	243	255	264	250	243	258	226
4	242	247	257	235	231	240	220
5	244	231	246	279	245	256	223
6	234	256	269	273	256	242	240
7	242	272	255	271	240	252	246

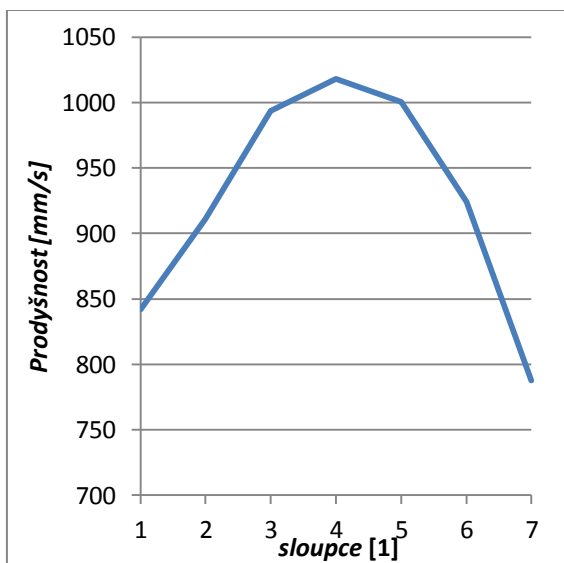
Příloha H: Nerovnoměrnost prodyšnosti a paropropustnosti v ploše tkaniny



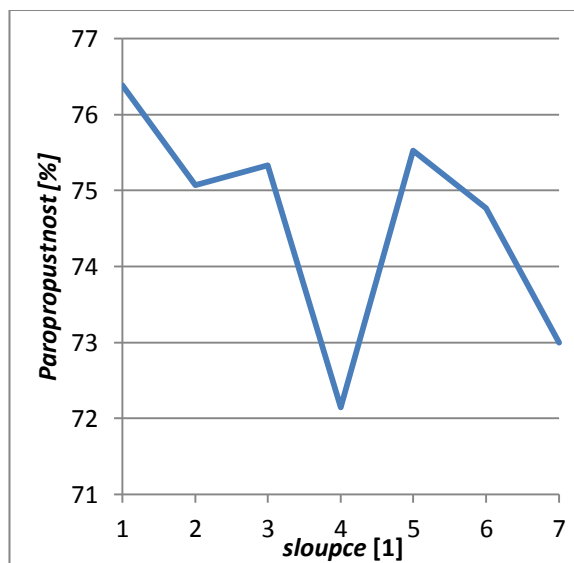
Obr. 37: Nerovnoměrnost prodyšnosti pro tkaninu 5



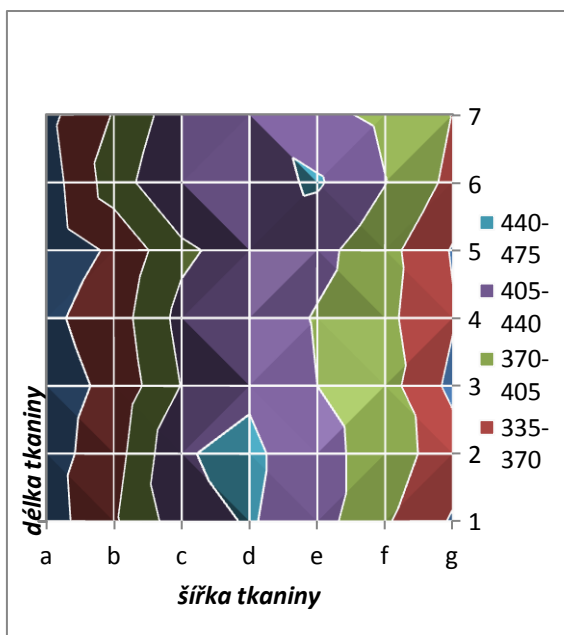
Obr. 38: Nerovnoměrnost paropropustnosti pro tkaninu 5



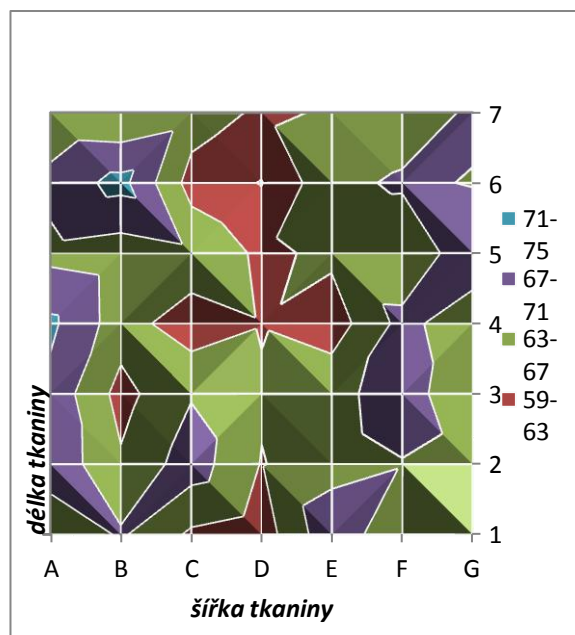
Obr. 39: Nerovnoměrnost prodyšnosti ve směru útku pro tkaninu 5



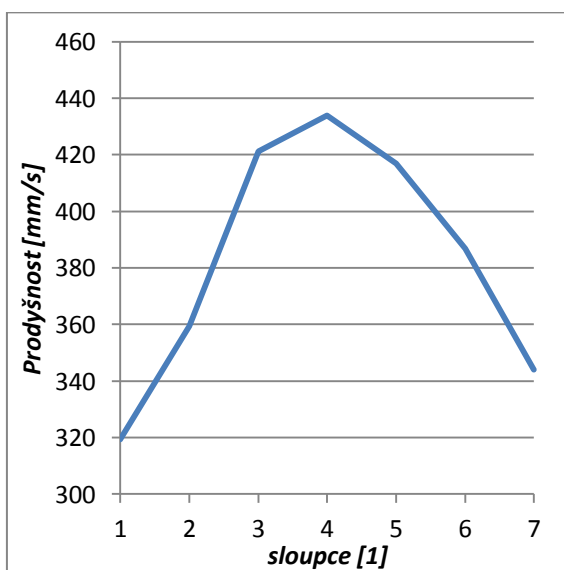
Obr. 40: Nerovnoměrnost paropropustnosti ve směru útku pro tkaninu 5



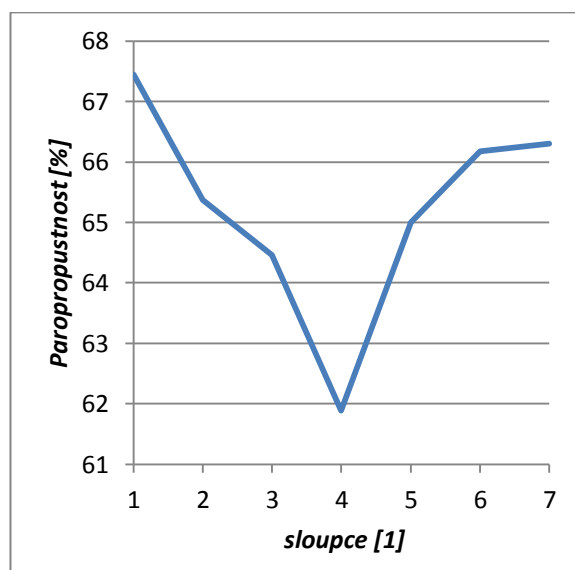
Obr. 41: Nerovnoměrnost prodyšnosti pro tkaninu 11



Obr. 42: Nerovnoměrnost paropropustnosti pro tkaninu 11

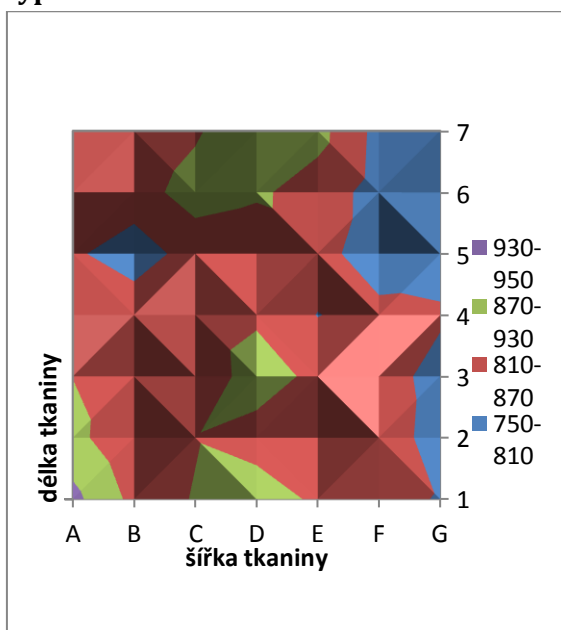


Obr.43: Nerovnoměrnost prodyšnosti ve směru útku pro tkaninu 11

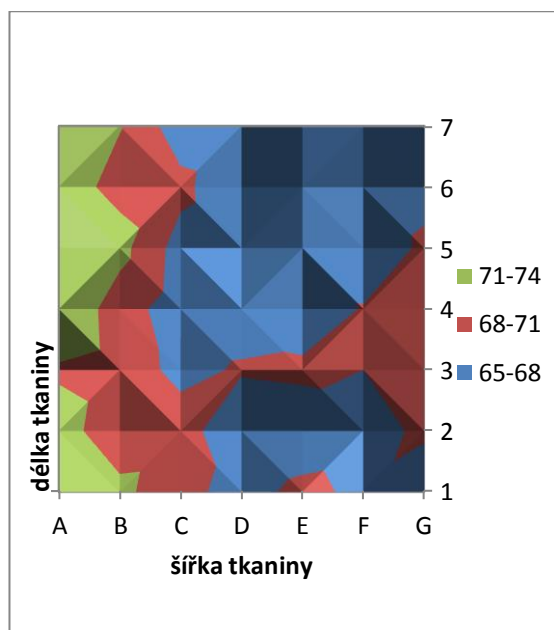


Obr. 44: Nerovnoměrnost paropropustnosti ve směru útku pro tkaninu 11

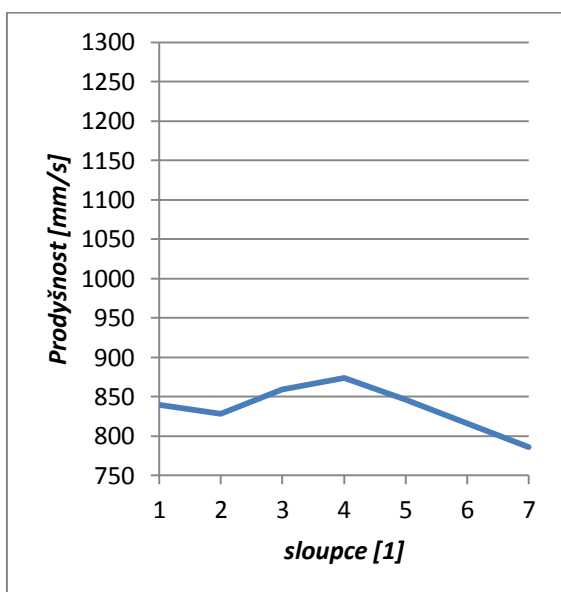
Příloha CH: Nerovnoměrnost prodyšnosti a paropropustnosti v ploše tkaniny po vyprání



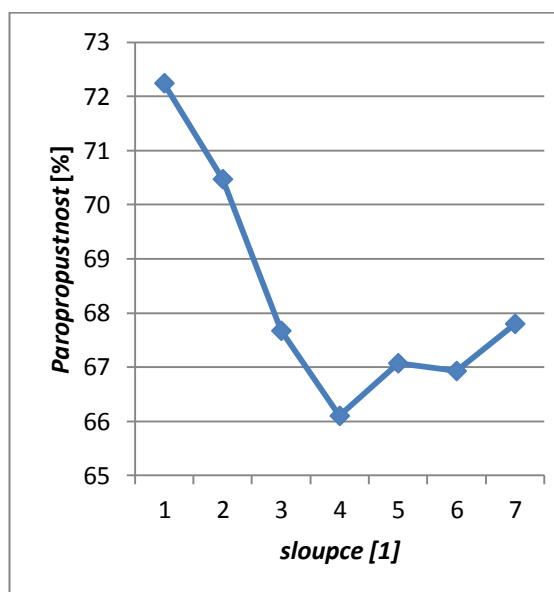
Obr. 63: Nerovnoměrnost prodyšnosti pro tkaninu 5 po vyprání



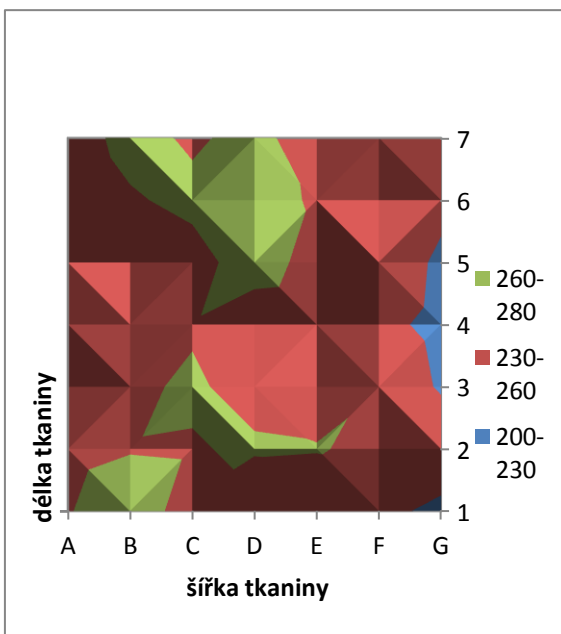
Obr. 64: Nerovnoměrnost paropropustnosti pro tkaninu 5 po vyprání



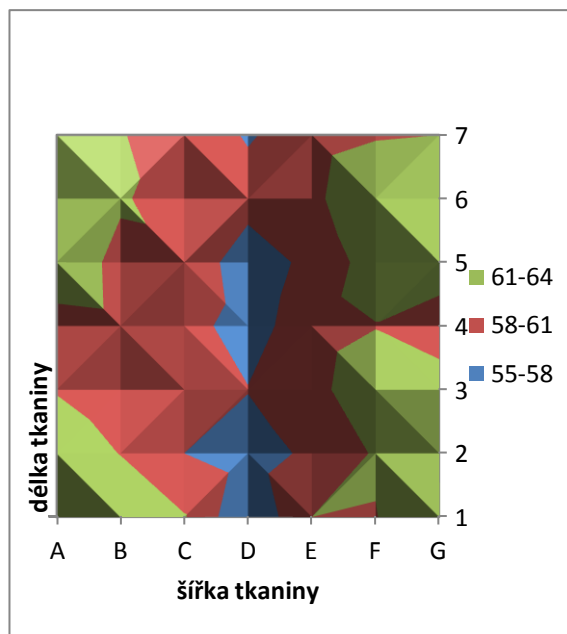
Obr. 65: Nerovnoměrnost prodyšnosti ve směru útku pro tkaninu 5 po vyprání



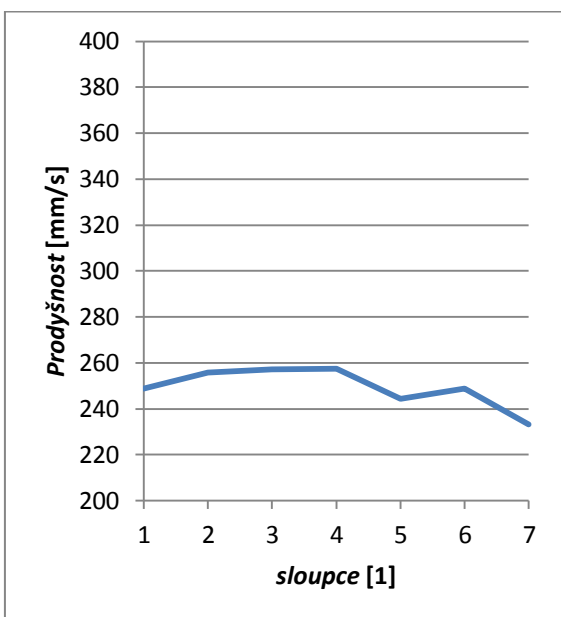
Obr. 66: Nerovnoměrnost paropropustnosti ve směru útku pro tkaninu 5 po vyprání



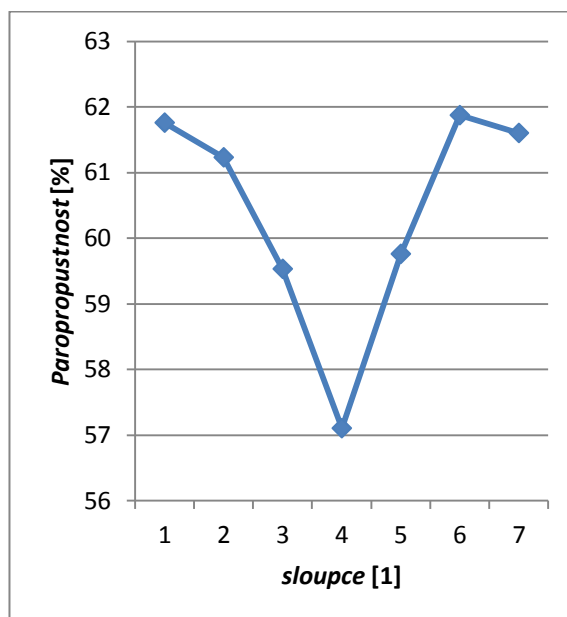
Obr. 67: Nerovnoměrnost prodyšnosti pro tkaninu 11 po vyprání



Obr. 68: Nerovnoměrnost paropropustnosti pro tkaninu 11 po vyprání



Obr. 69: Nerovnoměrnost prodyšnosti ve směru útku pro tkaninu 11 po vyprání



Obr. 70: Nerovnoměrnost paropropustnosti ve směru útku pro tkaninu 11 po vyprání