



Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství
Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie
Autor práce: **Bc. Magdaléna Ratičáková**
Vedoucí práce: Ing. Renáta Nemčoková





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Transport of liquid moisture with respect to weaves of fabric

Master thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering
Study branch: 3106T017 – Clothing and Textile Technology
Author: **Bc. Magdaléna Ratičáková**
Supervisor: Ing. Renáta Nemčoková





Zadání diplomové práce

Transport kapalně vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

Jméno a příjmení: Bc. Magdaléna Ratičáková
Osobní číslo: T16000507
Studijní program: N3106 Textilní inženýrství
Studijní obor: Oděvní a textilní technologie
Zadávací katedra: Katedra oděvnictví
Akademický rok: 2018/2019

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši týkající se transportu vlhkosti textilií, objasněte princip metody MMT a základní pojmy týkající se teorie termografie související s experimentálním měřením v rámci DP.
2. Na vybraném souboru vzorků proveďte měření šíření kapalně vlhkosti pomocí termografické techniky. Zpracování dat proveďte pomocí programu NIS-Elements.
3. Proveďte standardizované měření daného souboru vzorků na zařízení Moisture management tester pro měření šíření kapalně vlhkosti.
4. Diskutujte výsledky získané z měření uvedených metod. Vybrané charakteristiky z daných metod měření porovnejte.



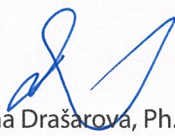
Rozsah grafických prací: dle rozsahu dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: cca 60 stran
Forma zpracování práce: tištěná




Seznam odborné literatury:

- BANERJEE, D. et al. Infrared thermography in material research A review of textile applications, Indian Journal of Fibre & Textile Researcher, 2013, 38, 427-437. ISSN 0971-0426.
- HSIEH, Y. L. Liquid Transport in Fabric Structures. Textile Research Journal. 1995, 65 (5), 299-307. ISSN 0040-5175.
- POUCHOVÁ Tereza. Alternativní metoda měření transportu kapalné vlhkosti u funkčních materiálů. Liberec, 2015. 95 s. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Katedra oděvnictví.
- FLIR SYSTEMS. User's manual. X6540sc-X6550sc. 2013.
- SVOBODA, Jiří. Termodiagnostika, učební texty.
- JUNYAN, Hu et al. Moisture Management Tester: A Method to Characterize Fabric Liquid Moisture Management Properties. Textile Research Journal. 2005,75(1), 57-62. ISSN 0040-5175.
- VOLLMER M., MOLLMANN K.P. Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications. WILEY-VCH, 2010. ISBN 978-3-527-40717-0.

Vedoucí práce: Ing. Renáta Nemčoková
Katedra oděvnictví
Datum zadání práce: 14. prosince 2018
Předpokládaný termín odevzdání: 18. dubna 2019


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
vedoucí katedry

V Liberci 14. prosince 2018

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 texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.



16. 4. 2019

Bc. Magdaléna Ratičáková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí práce Ing. Renátě Nemčokové z katedry oděvnictví na Technické univerzitě v Liberci za její odborný dohled a nasměrování v rámci zkoumané problematiky. Také bych ráda poděkovala Ing. Ivě Mertové z katedry textilních technologií na Technické univerzitě v Liberci za její rady a kontrolu dílčích částí práce a zejména za poskytnutí textilních materiálů. A v neposledním radě bych ráda poděkovala mému manželovi, dětem a rodičům za jejich pomoc, podporu a trpělivost.

ANOTACE

Teoretická část této práce je rozdělena do tří částí. V první části jsou představeny základní pojmy týkající se tkanin a malá část je věnována i vazbám. Druhá část je věnována problematice transportu kapalné vlhkosti a jeho měřením. Poslední část je věnována termovizi a jejímu použití zejména v textilní oblasti.

Experimentální část práce se skládá z měření transportu kapalné vlhkosti vybraných tkanin pomocí termovizní techniky a pomocí přístroje Moisture Management tester. Vzorky tkanin se od sebe odlišují použitou vazbou a různou hodnotou dostavy útku. V závěru práce jsou tyto techniky porovnány.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vazba tkaniny, dostava útku, transport kapalné vlhkosti, Moisture Management tester, termovizní technika.

ANOTATION

The theoretical part of this thesis is divided into three parts. The first part introduces the basic concepts related to woven fabrics and a small part is devoted to the weave. The second part is devoted to the issue of liquid moisture transport and its measurement. The last part is devoted to thermovision and its use especially in textile industry.

The experimental part of the work consists of measuring the transport of liquid moisture of selected fabrics by means of thermal imaging technology and using the Moisture Management tester. The fabric samples are distinguished from each other by the weave used and the weft density. In conclusion, these techniques are compared.

KEY WORDS

Weave, weft density, transport of liquid moisture, Moisture Management tester, thermovision.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	11
Úvod.....	13
REŠERŠNÍ ČÁST	14
1. Tkaniny.....	14
1.1. Základní vazby tkanin	16
1.2. Transport kapalné vlhkosti u tkanin	17
2. Transport vlhkosti skrz textilní materiál.....	20
2.1. Hydromechanické vlastnosti textilií	20
2.1.1. Hydroskopičnost textilních materiálů.....	20
2.1.2. Vzlínavost.....	20
2.1.3. Nasáklivost	21
2.1.4. Smáčivost	21
2.2. Termofyziologický komfort	21
2.3. Měření přenosu kapaliny skrz textilní materiál	23
2.3.1. Stanovení nepromokavosti metodou umělého deště	23
2.3.2. Hodnocení pomocí úhlu smáčení	23
2.3.3. Metoda měření vzlínavosti	24
2.3.4. Prostup tlakové vody	24
2.3.5. Hodnocení pomocí obrazové analýzy.....	24
2.3.6. Měření pomocí Moisture Management tester.....	25
2.3.7. Měření pomocí rentgenové termografie	27
3. Termografie	28
3.1. Infračervené spektrum	28
3.2. Princip infračervené termografie	29
3.3. Využití termografie v praxi	29
3.4. Využití termografie v textilním průmyslu.....	30

3.3.1. Využití termografie pro hodnocení transportu kapalné vlhkosti na Technické univerzitě v Liberci 35

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	38
4. Zkoumané materiály	38
5. Měření pomocí Moisture management tester	40
5.1. Výsledky měření.....	42
5.2. Dílčí závěr	47
6. Měření pomocí termovizní techniky	48
6.1. Snímání pomocí termovizní kamery	48
6.2. Zpracování obrazů	52
6.3. Výsledky měření.....	54
6.4. Dílčí závěr	59
7. Porovnání metody měření pomocí přístroje MMT a pomocí termovizní techniky	61
7.1. Dílčí závěr	70
Závěr.....	72
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74
SEZNAM OBRÁZKOV	77
SEZNAM TABULEK.....	79
PŘÍLOHOVÁ ČÁST.....	80
SEZNAM OBRÁZKŮ PŘÍLOHOVÉ ČÁSTI	80
SEZNAM TABULEK PŘÍLOHOVÉ ČÁSTI.....	82

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

A – plocha kruhu

a.s. – akciová společnost

BAR – savost dolní strany textilie

cm – centimetr

Do – dostava osnovy

d_o - průměr osnovních nití

dtex – decitex

Du – dostava útku

d_u - průměr útkových nití

g – gramy

IS – interval spolehlivosti

IR – infračervený

kg – kilogramy

m – hmotnost

m^3 – metr krychlový

mm – milimetr

mm^2 – milimetr čtverečný

MMT – Moisture Management tester

MWR_{horní} – maximální rádius navlhčení horního čidla vlhkosti

MWR_{spodní} – maximální rádius navlhčení spodního čidla vlhkosti

N – nasákavost vzorku

OMMC – celkový ukazovateľ managementu vlhkosti textilií

R – index kumulatívneho jednosmerného prenosu kapaliny textilií

r – průměr

s – sekunda

T - jemnost

tan – tangenta

TAR – savost spodní strany textilie

tzv. – takzvaný

WTB – doba navlhčení spodní strany textilie

WTT – doba navlhčení horní strany textilie

Z – zakrytí tkaniny

° - stupeň

°C – stupně Celsia

°K – stupně Kelvina

μl – mikrolitr

ρ - hustota

Úvod

Kapalná vlhkost a její chování při kontaktu s textilním materiálem je velice důležitým faktorem a to zejména pro komfort nošení. Z tohoto důvodu je potřeba kvalitní metodiky pro její měření velice důležitá.

Tato práce je zaměřená na hodnocení transportu kapalné vlhkosti textilního materiálu pomocí dvou metod měření. Metoda Moisture Management tester je pro tuto problematiku používána zcela běžně. Především výzkum ukazuje, že pro tuto problematiku by mohlo být příznivé i hodnocení pomocí termografie. Ta totiž vidí reálný tvar rozpíjení kapaliny na textilní materiál na rozdíl od metody Moisture Management tester, která předpokládá rozpíjení kapaliny po kružnici.

V této práci budou porovnávány v jedné skupině polyesterové textilní materiály a ve druhé skupině textilní materiály z viskózy. Obě tyto skupiny se budou skládat ještě z podskupin, kde se jednotlivé skupiny budou lišit vazbou, v které jsou tyto tkaniny utkány a také rozdílnou dostavou útku.

Cílem práce je zhodnotit, jak velký vliv má na samotný transport kapalné vlhkosti vazba a dostava tkaniny. To by mohlo mít příznivý vliv pro samotný výběr materiálu používaných v podmínkách, kde jsou tyto textilie v kontaktu s kapalnou vlhkostí.

Dalším cílem práce je porovnání metody měření pomocí termografie a pomocí přístroje Moisture Management tester. Práce by měla vyhodnotit, pro který textilní materiál je metoda měření transportu kapalné vlhkosti pomocí Moisture Management tester dostačující a pro který je, z hlediska získání spolehlivých výsledků, potřeba ještě doplnit o jiné doplňující měření.

REŠERŠNÍ ČÁST

Rešeršní část práce se věnuje všem nosním tématům, která jsou pro páci důležitá. Z hlediska výběru materiálů je potřeba charakterizovat pojem tkanina a všechny podstatné pojmy, které s ní souvisí. Zejména důležitá je pro tuto práci charakteristika jednotlivých vazeb a také pojem dostavy, které podle úvodních předpokladů ovlivňují transport kapalné vlhkosti.

Další kapitola je zaměřena na chování kapaliny při kontaktu s textilním materiálem. Tato kapitola seznamuje se všemi možnostmi jak se kapalina textilním materiálem šíří a také udává normy pro hodnocení přestupu kapaliny textilním materiálem. Konec zmiňované kapitoly se věnuje různým možnostem hodnocení transportu kapalné vlhkosti přes textilní materiál.

Poslední kapitola rešeršní části práce je zaměřena na vysvětlení pojmu termografie a všech pojmů, které jsou pro danou problematiku důležité. Konec kapitoly je věnován využití termografie v textilním průmyslu.

1. Tkaniny

Pod pojmem tkanina většinou rozumíme plošnou textilií, která je vytvořená zpravidla ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, osnovy a útku, které jsou navzájem provázané.

Osnova je soustava nití ležících ve směru délky tkaniny. Skládá se z většího počtu nití (stovky až tisíce) a tyto nitě jsou rovnoběžné s okraji tkaniny.

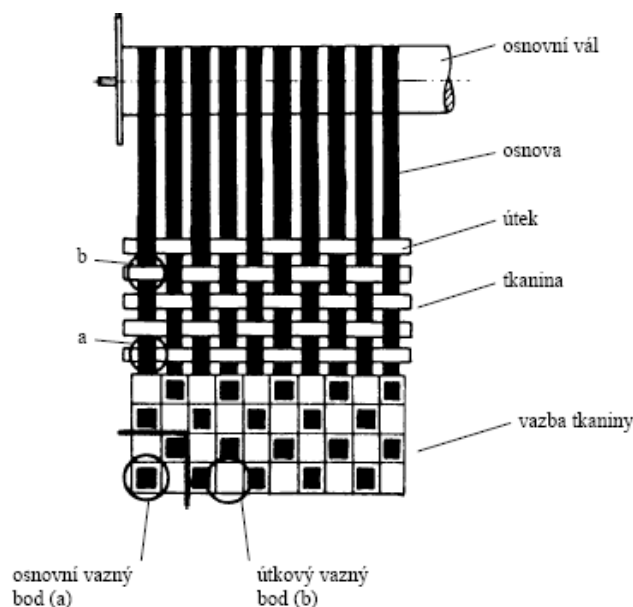
Útek je soustava nití ležících ve směru šíře tkaniny, tedy jsou kolmé na osnovu. Každý další útek se ukládá rovnoběžně s předchozím útkem.

Způsob vzájemného provázání (překřížení) osnovních a útkových nití se nazývá vazba tkaniny. Znázorňuje se do čtverečkového zornicového papíru (tzv. rastru). Osnovní vazba má na líci tkaniny převahu osnovních vazných bodů nad útkovými. Útková vazba má na líci větší počet útkových vazných bodů než osnovních. Oboustranná vazba je taková, která má stejný počet osnovních a útkových vazných bodů.

Parametr, který udává hustotu (počet) dané soustavy nití na 100mm (v praxi běžně na 1cm) se nazývá dostava tkaniny. Pro osnovu se pak udává dostava osnovy jako počet osnovních nití na 100 mm a pro útek se udává dostava útku jako počet útkových nití na 100 mm.

Překřížení osnovní a útkové nitě se nazývá vazný bod. Když je osnovní nit při křížení položena nad útkem (v rastru se značí plně), jde o osnovní vazný bod. Když je naopak při křížení položena útková nit nad osnovou (do rastru se neznačí), jedná se o útkový vazný bod.

Střída vazby je taková část, která se v celé ploše, s výjimkou krajů tkaniny, pravidelně opakuje. Velikost je dána počtem osnovních vazných bodů krát počet útkových vazných bodů. Střída vazby se běžně kreslí černě, rozkreslení vazby po střídě (opakování vazby) se zakresluje červeně. [1]



Obrázek 1: Základní charakteristiky tkaniny [1]

Zakrytí tkaniny se definuje jako poměr plochy zakryté nití k celkové ploše textilie, nebo jejího vazného prvku. Zakrytí je nejlépe stanovit pomocí všeobecně známého vztahu jako součet ploch osnovních a útkových nití v jednotce plochy tkaniny, od které je odečtená plocha jedné soustavy nití ve vazných bodech, kde se nitě překrývají a je podělená plochou tkaniny. [2]

$$z = D_o \cdot d_o + D_u \cdot d_u - (D_o \cdot D_u \cdot d_o \cdot d_u)$$

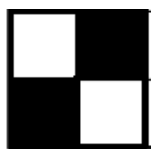
$D_{o,u}$ – dostava osnovy a útku

$d_{o,u}$ – průměr osnovních a útkových nití

1.1. Základní vazby tkanin

Plátnová vazba – Jedná se o nejjednodušší vazbu s nejhustším provázáním nití. Je to nejpevnější a nejtrvanlivější vazba. Střídu vazby tvoří dvě nitě osnovní a dvě útkové.

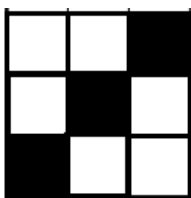
Plátnová vazba se nejčastěji používá na košiloviny, kapesníky, ložní a stolní prádlo, plachtoviny a obaloviny. [1]



Obrázek 2: Střída plátnové vazby

Keprová vazba – Tato vazba je charakteristická šikmým úhlopříčným (diagonálním) řádkováním levého nebo pravého směru. Pravý směr řádkování se označuje písmenem Z a levý směr písmenem S. Může být osnovní nebo útková. Nejmenší střída kepru je 3x3.

Používá se na pracovní oděvy, známá je tkanina denim, pro podšívkoviny ze syntetického hedvábí, známá je také odvozenina keprové vazby tzv. rybí kost na zimní plášt'oviny. [1]

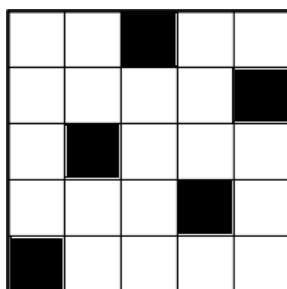


Obrázek 3: Střída nejmenší keprové vazby s pravým řádkováním Z

Atlasová vazba – vyznačuje se leskem, který je způsobený vazbou. Má nevýrazné šikmé řádkování. Vazné body jsou pravidelně rozsazeny tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Využívá

se často pro výrazné vzorování - lesklé efekty. Může být osnovní nebo útková. Je také charakteristická postupným číslem, které udává posunutí dalšího vazního bodu od toho předešlého. Nejmenší střída vazby je 5x5 nití.

Často se využívá pro efektní lesklé vzorování a to zejména na damašcích, brokáttech nebo u proužků na kapesnících. [1]



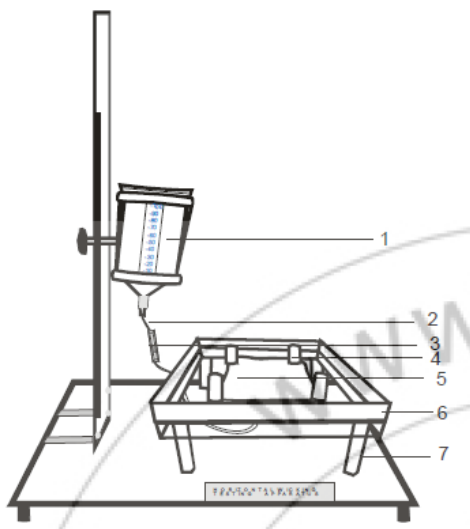
Obrázek 4: Pět vazný atlas s postupným číslem 3

1.2. Transport kapalné vlhkosti u tkanin

Na transport kapalné vlhkosti textilie mají vliv různé parametry. Níže uvedené zdroje potvrzují, že na to, jak se chová kapalina na povrchu tkaniny má velký vliv vazba nebo také materiálové složení.

Zdroj [3] řeší problematiku vlivu vazby na transport kapaliny skrz textilní materiál. V tomto zdroji se autoři K. Parveen Banu a S. Lakshmi Manokari zabývají tímto vlivem při zkoumání tkaniny ve směru kolmo na její rovinu. Pro toto testování bylo vytvořeno speciální testovací zařízení (obrázek 5). Toto strojní zařízení se skládalo ze: 1-nádržky na vodu, 2-trubice, 3-nastavitelného knoflíku, 4-magnetického drážku, 5-tkaniny, 6-skleněné desky, 7-stojánku.

Z analýzy výsledků vyplynulo, že saténová vazba vykazuje největší navlhavost, která ukázala souvis s tloušťkou tkaniny.



Obrázek 5: Testovací zařízení použito autory v literatuře [3]

Literatura [4] se zabývá problematikou nemocničních prostěradel. Ta jsou obvykle vyráběna ze směsi bavlny a polyesteru. Během vlhkých dní dochází k tomu, že bavlněná vlákna touto vlhkostí nasáknou a to způsobuje pacientovi diskomfort. Předmětným tématem tohoto výzkumu bylo sledovat smáčivost bavlny, polyesteru a vícevrstvé textilie vytvořené kombinací bavlny a polyesteru. Také byly použité různé vazby tkaniny.

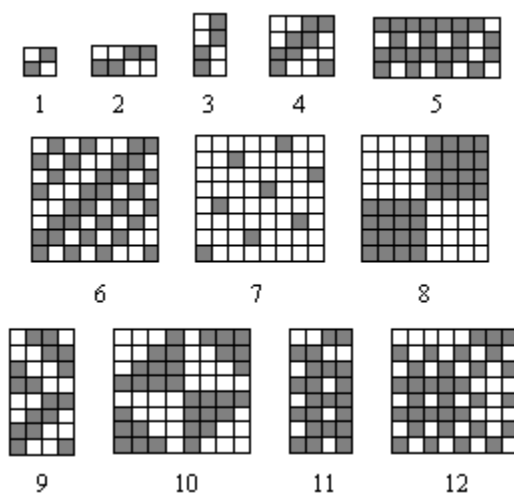
Testované vzorky byly nastříhané ve směru osnovy i útku v šíři 2 cm a délce 10 cm. Testování probíhalo metodou měření vzlínivosti, kdy se jeden konec textilie namočí do kapaliny a sleduje se, do jaké výšky kapalina vystoupá.

Z výsledků vyplynulo, že transport vlhkosti byl nejvíce ovlivněn výběrem příze a spojovací vazbou mezi dvěma vrstvami tkaniny. Když jsou vrstvy spojeny, kapilarita obou těchto vrstev vzroste stejně na obou stranách. Dále z testu vyplynulo, že odvádění vlhkosti textilie je ovlivněno konstrukcí vlákna i konstrukcí tkaniny.

Literatura [5] se zabývá vlivem vazby na transport kapalné vlhkosti. Testované tkaniny byly vytvořeny kombinací polyesteru a viskózy. Testovalo se 12 různých vazeb (obrázek 6). Testovací zařízení obsahovalo sondu, která zaznamenávala výšku, do které vystoupala voda. Textilie byly testovány ve směru osnovy i útku.

Bylo zjištěno, že charakteristiky vzlínivosti tkanin, jejichž vazné body jsou rozloženy rovnoměrně po celé ploše povrchu textilie a těch, jejichž vazné body jsou rozmístěny ve

vodorovných pružích, jsou jiné. Tkaniny s rovnoměrným rozložením vazních bodů nasákne kapalinu pomaleji.



Obrázek 6: Vazby testované v experimentu [5]

2. Transport vlhkosti skrz textilní materiál

Přenos vlhkosti textilním materiálem hraje velmi důležitou roli při ovlivňování jeho účinnosti s ohledem na termofyziologický komfort těla. Tepelní komfort oblečení je spojen s tepelnou rovnováhou lidského těla a jeho tepelné odezvy na dynamické interakce s oděvy a systémy životního prostředí. Teplo a chování přenosu vlhkosti textilním materiálem hrají velmi důležitou úlohu při udržování termofyziologického komfortu. [6]

Vlhkost se skrz textilní materiál může přenášet jak ve formě kapaliny, tak ve formě vodní páry. Vodní pára může být přenášena textilními vrstvami různými postupy, např. difúze, absorpce-desorpce a konvekce.

Šíření kapalné vlhkosti v textilií je ovlivněno kapilárními jevy, smáčivostí povrchu textilie (povrchovým napětím), hydrofilností či hydrofóbností vláken.

2.1. Hydromechanické vlastnosti textilií

2.1.1. Hydroskopičnost textilních materiálů

Schopnost materiálu pohlcovat vlhkost ze vzduchu se nazývá hydroskopičnost. Tato vlastnost se zjišťuje z poměru hmotnosti vody pohlcené materiálem při určité teplotě a tlaku a relativní vlhkosti vzduchu k hmotnosti materiálu suchého a vyjadřuje se v procentech. Schopnost textilií pohlcovat vodu z ovzduší souvisí se sorpčními vlastnostmi textilních vláken i s jejich speciálními úpravami. Hydroskopičnost textilních materiálů závisí na dostavě, tloušťce a na vlastnostech jejich vláken a značně ovlivňuje rychlost nasakování a vysychání textilie. Můžeme říct, že čím mají textilie větší tloušťku a hustotu, tím pomaleji nasávají i propouští vodu a tím lépe zajišťují stálost vlhkosti a tepla vzduchové vrstvy mezi oděvem a tělem. [7]

2.1.2. Vzlínavost

Je to schopnost plošné textilie přijímat vodu, která vniká do plošných textilií působením kapilárních sil za určitý časový úsek. U textilií to znamená schopnost odvádět vodu z prostoru

pod oděvem (tzv. mikroklimatu) a je závislá na jejich pórovitosti, tj. na velikosti a tvaru pórů. Tato vlastnost může u některých textilních materiálů doplňovat hydrokopičnost. [7]

2.1.3. Nasáklivost

Nasáklivost je schopnost plošné textilie přijímat a fyzikálně vázat vodu při ponoření za stanovené teploty a doby. Vyjadřuje se v procentech. [7]

Nasákavost vzorku lze podle [7] stanovit podle vztahu:

$$N = \frac{m_1 - m_0}{m_0}$$

kde: N – nasáklivost vzorku [%]

m_1 – hmotnost mokrého vzorku po okapání [g]

m_0 – hmotnost klimatizovaného vzorku [g]

2.1.4. Smáčivost

Základním předpokladem pro to, aby textilie sála vodu, je smáčivost materiálu vodou. Smáčivost je dána povrchovým napětím, které vzniká na rozhraní textilie, vody a vzduchu. Ukazatelem průběhu smáčení je dotykový úhel. Kapalina, která má vysoké povrchové napětí, tzv. nepatrnou smáčivost utvoří na těžko smáčivém tělese kulatou kapku. Pokud klesá povrchové napětí, tak se kapka více rozšiřuje a dotykový úhel kapky se zmenšuje. [7]

2.2. Termofyziologický komfort

Tento komfort souvisí s termoregulací lidského těla. Úkolem termoregulačního systému je zejména udržet vnitřní teplotu lidského těla.

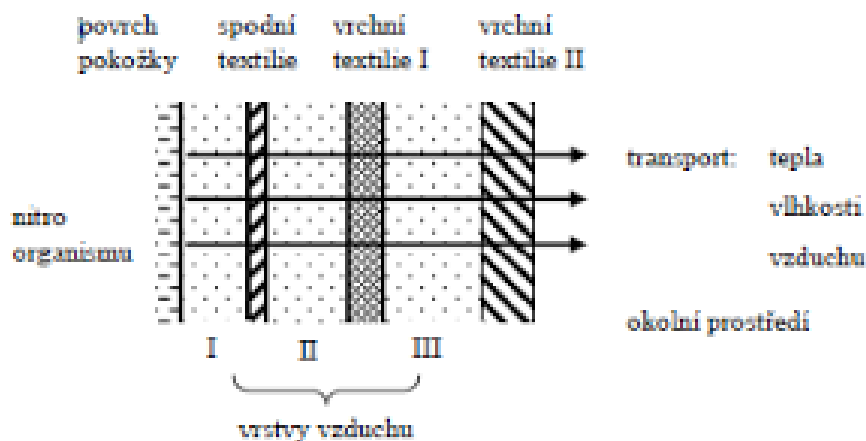
Termofyziologický komfort podle literatury [8] nastává za těchto podmínek:

- Teplota pokožky 33 – 35 °C
- Relativní vlhkost vzduchu 50±10%
- Rychlost proudění vzduchu 25±10 cm.s⁻¹
- Obsah CO₂ 0,07%
- Nepřítomnost vody na pokožce

Za těchto podmínek je člověk ve stavu, ve kterém vydrží pracovat neomezeně dlouho.

Oděv je ochranný systém, ve kterém dochází k prostupu tepla a vlhkosti. Prostup tepla a vlhkosti je buď usnadňován, nebo brzděn. Oděv tak napomáhá termoregulaci organismu, když ji nedokáže zabezpečit samo.

Oděv většinou vytváří oděvní systém, který se skládá z několika oděvních vrstev a mezi těmito vrstvami se nachází vrstva vzduchu. Jednotlivé vrstvy pak nejde uvažovat nezávisle na sobě a všechny se účastní na transportu tepla, vlhkosti a vzduchu a to tak, že stav fyzikální vlastnosti jedné vrstvy ovlivňuje stav a vlastnosti další vrstvy a opačně.



Obrázek 7: Oděvní systém [8]

Hodnocení termofyziologického komfortu plošných textilií lze buď pomocí přístrojů, které přesně charakterizují příslušný fyzikální děj, ale bez přímého vztahu k podmínkám platícím v systému pokožka – oděv – prostředí, nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla.[8]

2.3. Měření přenosu kapaliny skrz textilní materiál

Vzájemné působení vody nebo jiné kapaliny s plošnou textilií může být realizováno několika způsoby:

- voda je na povrchu textilie (textilie odpuzuje vodu) - smáčivost, nepromokavost
- vnik vody do struktury textilie - nasákavost, vzlínavost
- průnik vody přes textilií - protlak vody [9]

2.3.1. Stanovení nepromokavosti metodou umělého deště

Metoda umělého deště je nazývána také spray test. Tato metoda simuluje chování textilního vzorku při smáčení proudem kapek vody. Vzorek o určitém rozměru se upevní do zkušební hlavy s vypínacím kroužkem pod úhlem 45° , přes skrápěcí zařízení s kovovou skrápěcí trubicí lijeme na vzorek odměřené množství destilované vody. Výsledky zkoušky jsou stanoveny podle normy ČSN EN 24920 na stupnici ISO pro hodnocení zkrápění na základě fotografické stupnice (fotoetalonů). [10]

2.3.2. Hodnocení pomocí úhlu smáčení

Úhel smáčení je metoda, při níž se měří vlastnosti fázového rozhraní látka – kapalina - plyn. Je stanoven při přímém měření úhlu smáčení na přilnuté kapce viz obrázek 8. Kapka je pozorována mikroskopem vybaveným goniometrickým okulárem, což umožňuje přímo odečíst úhel smáčení nebo je úhel vyhodnocován z fotografie kapky. [11]



Obrázek 8: Kapka při měření úhlu smáčení [11]

2.3.3. Metoda měření vzlínivosti

Dle normy ČSN 80 0828 tato metoda spočívá v ponoření jednoho konce vzorku do kapaliny o definované teplotě. Když jde o bílý materiál, kapalina musí být obarvená. Hloubka ponoření vzorku je 2 – 5 mm a měření probíhá na klimatizovaných vzorcích o rozměrech 255 x 10 mm. Sleduje se výška, které tato kapalina dosáhne v předepsaných časových intervalech. Sací výška zpočátku narůstá rychle, při delších časech však dojde k rovnovážnému stavu, kdy se dále nemění. [12]

2.3.4. Prostup tlakové vody

Dle ČSN EN 20811 (800818) se testovaný vzorek upevní do kruhové čelisti o předepsané ploše, do které je čerpadlem tlačena voda ze zásobníku. Rychlost protékající vody je regulována. Tlak je zaznamenáván tlakoměrem a je použit při výpočtu. Zkoušku lze vyhodnotit třemi způsoby:

- Tlakem, který způsobí průnik prvních tří kapek vody na horní plochu textilie při zvyšujícím se tlaku
- Časem, který uplyne do průniku prvních tří kapek vody při konstantním tlaku
- Množstvím vody, které proteče textilií při konstantním tlaku za jednotku času [13]

2.3.5. Hodnocení pomocí obrazové analýzy

Literatura [14] od autora Jana Štefla je diplomovou prací z Technické univerzity v Liberci, která hodnotí transport kapalné vlhkosti v textiliích pomocí obrazové analýzy a výsledky porovnává s hodnotami získanými z přístroje Moisture Management tester. Pro hodnocení jsou použité pleteniny z polyesterových vláken s různým tvarem příčného řezu. Vzorky byly zkoumány po třech typech předzpracování zohledňujících do různé míry vliv povrchové lubrikace a možné související změny struktury povrchu. Vzorky standardně prané, vyprané v lázni s urychlenou sonifikací a extrahované v Soxhletově extraktoru, byly porovnány s vzorky

nepranými. Vyhodnocení kinetiky šíření kapaliny po povrchu zkoumaných vzorků bylo realizováno v Matlabu. Vzorky byly vzájemně porovnány v každé ze tří úrovní předzpracování. Byly porovnány výsledky měření na MMT s metodikou využívající obrazové analýzy.

Z měření vyplynuly výhody a nevýhody nově navrhnuté metodiky měření transportu kapalné vlhkosti pomocí obrazové analýzy. Mezi výhody patří možnost přesně změřit plochy a obvody rozpíjejících se kapek na různých textiliích nebo také možnost sledovat, jak se kapky rozpíjejí v určitých směrech. Mezi nevýhody patří komplikovanost skript v Matlabu, které pak nelze univerzálně použít na všechny typy textilií různých barev. Další nevýhodou bylo, že navrhovaná metodika měří kapky pouze na lící straně textilie.

2.3.6. Měření pomocí Moisture Management tester

Tento přístroj slouží k měření dynamického šíření vlhkosti v textilních materiálech a zkoumá tři rozměry:

Savost – doba pohlcování vlhkosti tkaninou z rubní i lící strany

Schopnost jednosměrného přenosu vlhkosti – jednosměrný přenos vlhkosti z rubní na lící stranu

Rychlost šíření/vysychání – rychlost šíření vlhkosti na rubové i lícové straně textilie

MMT umožňuje testování distribuce kapalné vlhkosti v ploše a skrz textilní materiál na základě změny elektrického odporu měřené textilie.

Přístroj se skládá z horních a dolních soustředně umístěných čidel vlhkosti. Textilní vzorek se pak ukládá mezi tyto čidla. Na horní stranu textilie se pak aplikuje stanovené množství roztoku. Jako roztok je pro dosažení požadované vodivosti používán syntetický pot. Sleduje se šíření roztoku materiálem směrem k vnějším okrajům na horní i spodní straně textilie a přenos roztoku z horní strany na spodní stranu zkoumané textilie.

Výsledky měření jsou pak zaznamenávány pomocí softwaru. Zde je možné jednotlivé zkoušky zobrazit a srovnávat jejich grafické zobrazení.

Pomocí přístroje jsou sledovány tyto parametry:

Doba navlhčení (WTT, WTB) - Tento parametr je sledován na horní (rubní) i spodní (lící) straně testovaného materiálu. Ukazuje na časový interval mezi počátkem navlhčení povrchu textilie a momentem překročení hodnoty $Tan(15^\circ)$, kterou dosáhne vodní sloupec objemu vody na obou stranách.

Savost (TAR, BAR) - Sleduje průměrnou schopnost textilie (na obou jejích stranách) absorbovat vlhkost za dobu provozu.

Maximální rádius navlhčení (MWRhorní, MWRspodní) - Zde se měří maximální rádius navlhčeného kruhu na obou stranách textilie v okamžiku, kdy vodní sloupec celkového objemu vody dosáhne hodnoty vyšší než $Tan(15^\circ)$.

Rychlost šíření roztoku textilií - Kumulativní rychlost, jakou se roztok šíří od středu do maximálního poloměru navlhčení.

Index kumulativního jednosměrného přenosu kapaliny textilií R - Rozdíl kumulativního obsahu vlhkosti mezi jednotlivými stranami textilie za celkový čas.

Celkový ukazatel managementu vlhkosti textilie (OMMC) - Vyjadřuje celkovou schopnost textilie šířit absorbovanou vlhkost. Zahrnuje následující parametry: savost spodní stranou textilie (BAR), schopnost jednosměrného přenosu vlhkosti (R) a kumulativní rychlost šíření kapaliny (BSS). [15]



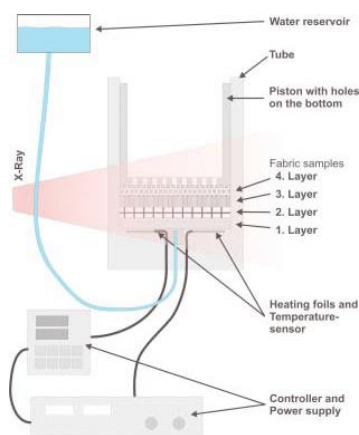
Obrázek 9: Moisture Management tester [15]

V příloze 1 je pak možné vidět všechny typy textilií podle Moisture Managemet tester a to z hlediska absorpce roztoku a šíření kapaliny skrz samotnou textilii. Dále je v této příloze možné vidět obrázek toho, jak se šíří kapalina na daném typu textilie směrem od středu a graf, kde na ose x je možné vidět čas měření a na ose y obsah vody v textilii.

2.3.7. Měření pomocí rentgenové tomografie

V článku [16] byla pro hodnocení distribuce vlhkosti vícevrstevných materiálů využita rentgenová tomografie. Bylo možné sledovat dynamiku přepravy vlhkosti jak pro danou vrstvu, celek i uvnitř vrstvy. Díky snadno dostupným rentgenovým přístrojům poskytujícím velmi vysokou kvalitu a vysoké prostorové rozlišení tato metoda nabízí podobnou schopnost bezkontaktní analýzy, s nimiž lze kvantitativně zaznamenávat dynamickou vlhkost, transport a určení prostorového rozložení vlhkosti. Tato metoda je také běžně používána k poskytování detailních trojrozměrných obrazů objektů.

Pro měření bylo vybráno pět textilních kombinací, z nichž každá byla tvořena čtyřmi různými materiály s rozličnými absorpčními vlastnostmi. Pro měření byl použitý μ CT přístroj. Na obrázku 10 je možné vidět ukázkou principu měřicího zařízení.



Obrázek 10: Ukázkou strojního zařízení použitého pro měření distribuce vlhkosti [16]

Z měření vyplynulo, že rentgenová tomografie je schopna rychlého a kvalitního zobrazení polohy a transportu vlhkosti v komplexních textilních systémech. Navíc se tato metoda ukázala jako velice přesná.

3. Termografie

Termografie je název pro vědný obor, který se zabývá bezkontaktním snímáním těles a zobrazením jejich teplotních polí [17]. V literatuře [18] se uvádí, že termografie pracuje na principu transformace tepelného záření na viditelný obraz. Látky ve všech skupenstvích vydávají elektromagnetické tepelné záření, které má původ v termických pohybech mikročástic.

Hlavním předmětem termografie je povrch snímaného objektu, který emituje (sálá) zářivou energii v infračervené části spektra. Povrch je možné si představit jako soustavu bodových zdrojů signálové radiace, přičemž každý bod vyzařuje z povrchu objektu signál – foton. [17]

Z fyzikálního hlediska se dá říct, že každé těleso, které má teplotu vyšší jako je absolutní nula ($0 \text{ °K} = -273,15 \text{ °C}$) emituje infračervené záření. Termovizní kamera je schopná toto záření detekovat a převést na termogram. [18] Termogram je infračervený snímek, který transformuje neviditelné infračervené záření na viditelný obraz s použitím barevných palet, které přiřazují barvu různým teplotám nebo množství tepelného toku. [17]

3.1. Infračervené spektrum

Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, neodmyslitelnou částí termografie je pro oko neviditelné infračervené záření. Objevení tohoto záření se připisuje Siru Williamu Herschelovi, který ho objevil při snaze najít optický filtr, kterým by se při pozorování slunce snížil jas obrazu v dalekohledech. Jedná se o záření s vlnovou délkou v intervalu $0,78\mu\text{m}$ až 1 mm . [17] Tento interval, jak udává literatura [17], je v praxi rozdělen na několik oblastí, a to na:

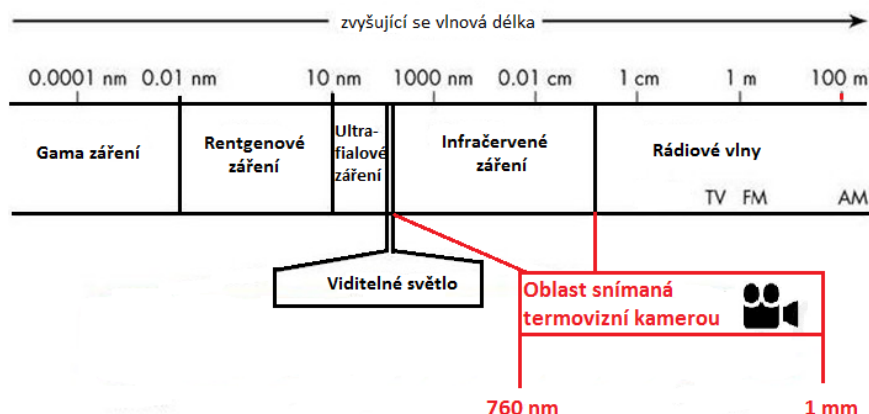
Blízká oblast: $0,75 \mu\text{m} - 2 \mu\text{m}$ (Near Wave IR)

Středovlnná: $2\mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$ (Middle Wave IR)

Vzdálená oblast: $5 \mu\text{m} - 15 \mu\text{m}$ (Long Wave IR)

Velmi vzdálená oblast: $15 \mu\text{m} - 1 \text{ mm}$ (Very Long Wave IR)

Na obrázku 18 je zobrazeno elektromagnetické spektrum a jeho rozdělení na jednotlivé jeho části.



Obrázek 11: Elektromagnetické spektrum

3.2. Princip infračervené termografie

Infračervená zobrazovací technologie se používá pro měření v reálném čase dvourozměrného pole povrchové teploty. Infračervená termografie obsahuje kameru, sběrnici dat a počítač pro zpracování. Infračervený detektor fotoaparátu pohlcuje infračervenou energii vyzařovanou zkoušeným objektem a přemění ji na elektrický signál. Jakýkoli objekt vyzařuje záření, které je úměrné své povrchové teplotě. Toto záření může být detekováno pomocí infračervené kamery. Nicméně skutečně zjištěná energie (infračerveným detektorem) závisí na koeficientu emisivity povrchu. [19]

Emisivita je podle normy ČSN ISO 18434-1 [20] definována jako poměr energie vyzařované z povrchu objektu k vyzařované energii černého tělesa se stejnou teplotou jako má objekt a v tom samém spektrálním intervalu.

Černé těleso je podle normy ČSN ISO 18434-1 [20] definováno jako ideální zdroj a pohlcovač zářivé infračervené tepelné energie všech vlnových délek.

3.3. Využití termografie v praxi

První využití termografie se datuje do poloviny 20. století, kde byla tato technika využívána pro armádní účely. Pak se tato technika měření a snímání záření dostala i do dalších odvětví.

Nejrozšířenější využití termografie je dnes v oblasti stavebnictví. V této oblasti je dnes důležitou částí spotřeba energie. Termokamera je schopna detekovat místa tepelných ztrát budov, zobrazit poruchy podlahového topení, nebo zobrazit praskliny v plášti budovy. Všechny tyto detekce a jejich odstranění může přispět k menší spotřebě energie a tak i k snížení výdajů domácnosti. Také je pomocí termokamery možné detekovat vlhká místa a zabránit tak dalšímu pronikání vlhkosti a tvorbě plísní. [18]

Další nezbytnou oblastí použití termografie je oblast medicíny. Zde se tato technika používá zejména pro vaskulární vyšetření, identifikaci nádorového problému, hodnocení svalového kmene a detekci bodu krvácení. V práci [21] se autor zabývá využitím termografie při diagnostice revmatoidní artritidy. V současné době je tato technika používána i k detekci rakoviny prsu.

3.4. Využití termografie v textilním průmyslu

Článek [19] uveřejněn v Indian Journal of Fibre & Textile Research uvádí přehled použití termografie v textilních aplikacích. Aplikace jsou rozděleny do pěti skupin, jak je možné vidět na obrázku 12.



Obrázek 12: Použití termografie v textilním průmyslu [19]

Článek uvádí sérii studií, které používaly termografii jako bezdotykovou metodu měření tepelných vlastností a přenosu tepla v textilních výrobcích a to například pro měření příčné tepelné vodivosti netkaných textilií a materiálů s fázovou změnou nebo také pro měření

tepelných parametrů netkaných textilií vyrobených z konopných vláken, chemických vláken s přídavkem elektricky vodivých vláken. Dále uvádí využití termografie pro měření tepelných vlastností textilního výrobku a vizualizaci tepelného toku v textilních materiálech a v oděvu nebo zkoumání tepelných účinků digitálního inkoustového tisku na textilní materiál, kde byla termovizní kamera použita k pozorování rozložení teploty povrchu vzorku. Jako další velmi důležitá aplikace termografie byla uvedena aplikace přenosu tepla a hmoty v hygroskopických textilních materiálech. Jedná se o proces charakterizovaný přenosem tepla a vlhkosti, který zahrnuje difúzi par, absorpci vlhkosti vláken, kondenzaci / odpařování a transport kapaliny kapilárou.

Autoři také uvádí použití termografie ve vývoji nových produktů a to zejména funkčních textilií. Například ve vývoji zahřívacího obleku, kde začlenili keramické prášky, jako je zirkonium a oxid hořečnatý, do textilního substrátu, byla termovizní kamera použita pro hodnocení zabudování těchto aktivních látek do textilií. Kapacity pro skladování tepla a výkonnost těchto keramických povlaků byly potvrzeny kvalitativním pozorováním termogramových dat.

Další oblast využití termografie v textilním průmyslu je v analýze mechanických vlastností, kde deformace pevného materiálu je téměř vždy spojena s uvolňováním tepla. V článku se uvádí měření pevnosti textilních výrobků s termografickým monitoringem, kde byla zjištěna korelace mezi teplotou v místě přetrhu, prodloužením a pevností v tahu.

Další část uvádí použití termografie pro hodnocení komfortu textilií a oděvů. Tady je uveden experiment, který po fyzické aktivitě porovnává bavlnu a polyamid 6.6 při kontaktu s pokožkou. Bylo zjištěno, že modifikovaný PA umožňuje reagovat s lidským tělem tím, že vyzařuje infračervené záření, zpomaluje únavu svalů a zlepšuje elasticitu pokožky.

Pro část syntetického zvlákňování byla jako nejúspěšnější aplikace infračervené termografie pro měření povrchové teploty a průměru vláken v procesu zvlákňování taveniny.

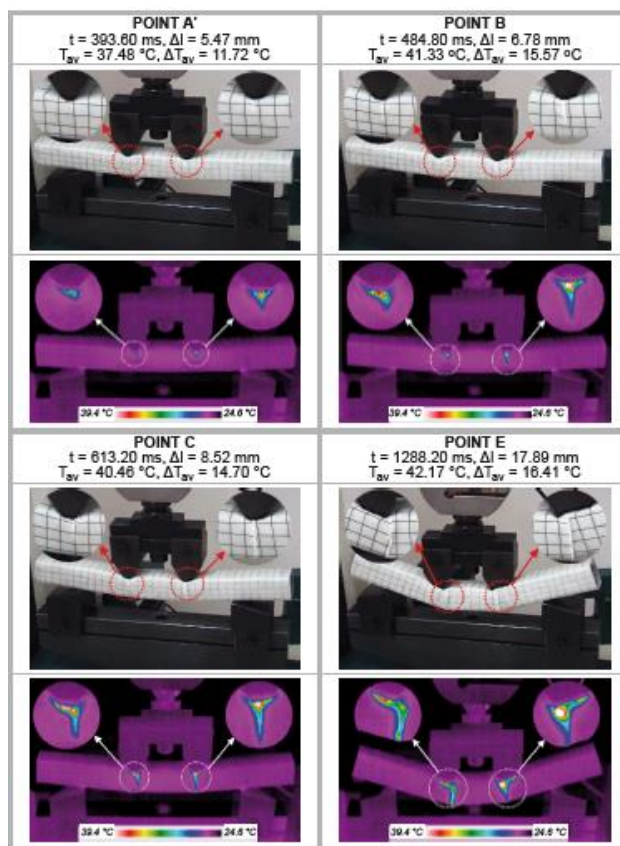
Zdroj [22] se zabývá možností nanášení mikrokapslí, které jsou schopné změny fáze. Mikro kapsule, které jsou použité, reagují na změnu teploty. Tyto mikro kapsule byly následně potištěny na ovčí kůži suchým a vlhkým způsobem. Adheze potisku na přírodní kůži je hodnocena pomocí elektronové mikroskopie, pak byla hodnocena tepelná kapacita hodnocených vzorků a teplotní rozložení potisků pomocí termografie.

Ve zdroji [23] se setkáváme s použitím termografie při hodnocení přenosu tepla radiací textilní vrstvou vytvořenou pomocí dutých vláken. Přenos tepla radiací byl monitorován jako interakce textilní vrstvy se suchou kůží dobrovolníka. Porovnání spočívalo v použití vláken s rozdílným počtem dutin. Textilní vrstva složená z vláken s různým počtem dutin vytvořila rozličná prostředí pro šíření tepla. Pomocí termovizní kamery Agama medical byli vytvořeny snímky, které se následně analyzovali. Důležitým faktorem hodnocení byla změna teploty kůže dobrovolníka při kontaktu s netkanou textilií. Šíření tepla vedením každé textilní vrstvy bylo hodnoceno pomocí přístroje Alambeta. Pomocí těchto dvou hodnocení byly získány všechny potřebné informace pro vyhodnocení přenosu tepla textilní vrstvou.

Zdroj [24] uvádí použití termovizní kamery při hodnocení změny v drsnosti polyesterové textilie při digitálním potisku. Předpokládalo se, že tepelný účinek způsobuje změnu ve struktuře materiálu. Pro hodnocení změny ve struktuře byl zvolen parametr drsnosti. Hodnocená textilie byla pro porovnání potištěná při třech různých teplotách. Pak byla tato textilie vystavena tepelnému zatížení použitím žehličky. Cílem bylo získat informaci o vlivu tepla na drsnost textilie. Pro měření tepelné zátěže byla použita termovizní kamera FLIR typu P65. Změny drsnosti povrchu byly měřeny jednotkou TR 200 a výsledky ukázaly korelaci mezi počtem tepelných účinků a změnami drsnosti povrchu, bez ohledu na tepelnou hodnotu. Z experimentu nakonec vyplynulo, že inkoust a tepelná zátěž změni drsnost povrchu, protože drsnosti inkoustu se zvýší a drsnost povrchu se sníží tepelným zpracováním tištěného povrchu. To způsobí, že část inkoustu vstoupí do struktury materiálu a snížení drsnosti povrchu textilního materiálu ze 100 % polyesteru.

Článek [25] představuje studii o tepelných vlastnostech plochých textilních výrobků s využitím metody založené na současném zaznamenávání rozložení teploty na opačných stranách plochého vzorku pomocí IR zrcadel. Metoda umožňuje stanovit tepelné parametry jak ve statických, tak v dynamických podmínkách, což má velký význam pro studium inteligentních textilií. Měřicí souprava sestávala z topného prvku umístěného mezi zrcátky ve vertikální poloze osy symetrie, která byla ve styku se vzorkem. Ohřívací prvek byl vyroben z elektrovedivé netkané textilie namontované na speciálním rámu s elektrickými svorkami. V experimentech byl použit netkaný vzorek rozdělený do dvou částí. Ohřívací prvek i vzorek byly obdélníkové. Každá část vzorku byla připojena k topné vrstvě a zajišťovala dobrý mechanický kontakt a dobrou elektrickou izolaci. Rozložení teploty na povrchu obou částí vzorku bylo zaznamenáno termovizní kamerou.

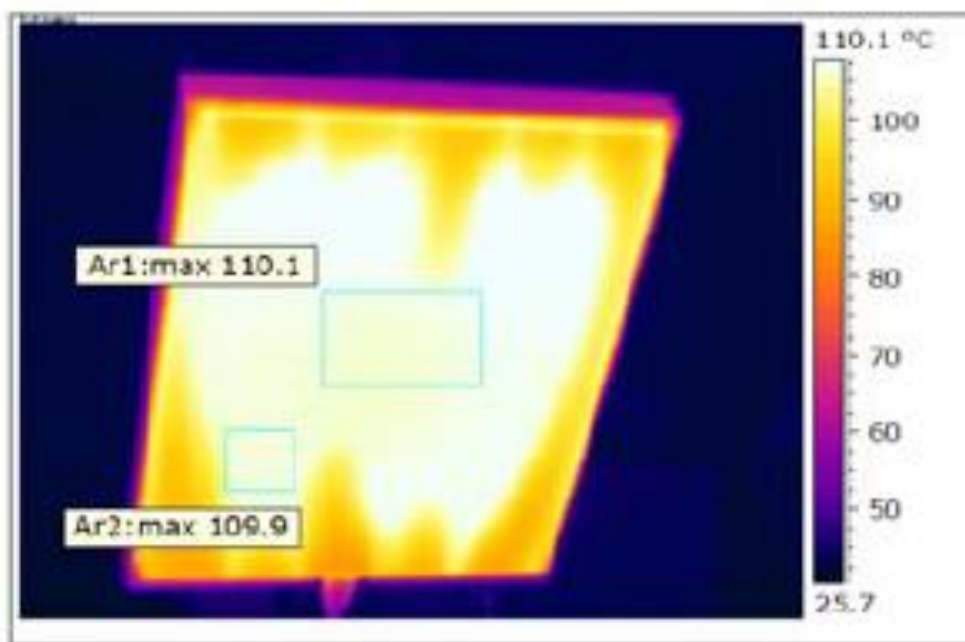
Katarzyna Piekłak a Zbigniew Mikołajczyk ve své práci [26] uvádí použití termovizní kamery při hodnocení pevnosti 3D pletených kompozit. Pomocí 3D pletenin byly vytvořeny kompozity, které byly hodnoceny v pevnosti v ohybu. Toto bylo hodnoceno pomocí speciálního měřicího zařízení zhotoveného na Technické univerzitě v Lodži. Kompozit byl následně zatěžován a pomocí termovizní kamery byly pořízeny snímky, které se následně analyzovaly a byla určena maximální teplota v místě zatížení (Obrázek 13).



Obrázek 13: Obraz zatížení z digitální a termovizní kamery [26]

V experimentu [27] si určili jako hlavní cíl stanovit optimální vrstvu potisku pro polyesterový textilní materiál. Použity byly tři typy textilních materiálů, které se lišily dostavou a plošnou hmotností. Tyto materiály byly zhotoveny ve čtyřech barvách. Vzorky byly potištěny 1 až 5 vrstvami digitálního potisku. Na základě systému tisku se předpokládalo větší množství inkoustu (více kroků tisku), zlepšení trvanlivosti a stálobarevnost vzorků během delšího používání. Pro kolorimetrické měření vlastností tisků byl použitý CT spektrofotometr

Datacolor Spectraflash SF 600® PLUS. Na zajištění přesné teploty během procesu byla použita infračervená kamera typu P65 od firmy FLIR. Obrázek 21 ukazuje termogram vzorku a jeho teplotního rozložení s maximální a minimální teplotní hodnotou.



Obrázek 14: Tepelní rozložení vzorku [27]

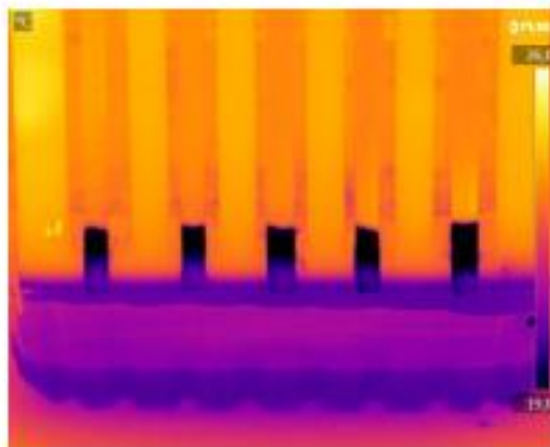
Experiment [28] měřil pomocí termografie transport tepla a vlhkosti oblečení. Oblečení se skládalo z několika vrstev, kde každá vrstva měla svou specifickou funkci. Hodnocení bylo prováděno pomocí skupiny 9 dobrovolníků, kteří vykonávali v klimatizované místnosti fyzickou aktivitu. Oděvy byly speciálně sestaveny podle požadavků policejního oddělení a byly všechny vytvořeny ze 100 % bavlny. Pro hodnocení byla použita termokamera FLIR, která zaznamenávala termogramy před a po fyzické aktivitě probandů z různých uhlů pohledu. Pak byla určena teplota jednotlivých částí těla před a po fyzické aktivitě. Hlavním cílem experimentu bylo určit, jestli je použití termografické techniky objektivní pro hodnocení transportu tepla a vlhkosti oděvů.

3.3.1. Využití termografie pro hodnocení transportu kapalné vlhkosti na Technické univerzitě v Liberci

Na Technické univerzitě v Liberci v rámci diplomové práce [29] byla použita termovizní kamera pro měření transportu kapalné vlhkosti u vybraných textilií určených pro první vrstvu oděvu. Měření pomocí termografie je ještě doplněno o měření šíření kapalné vlhkosti na přístroji Moisture management testeru. Pro účely práce bylo využito šest druhů pletenin o různém materiálovém složení a rozdílné struktuře pleteniny. První skupina materiálů zahrnovala materiály stejného materiálového složení, ale rozdílné struktury pleteniny. Druhá skupina obsahovala nehořlavé materiály. Pro provedení experimentu byla potřeba dvou termovizních kamer značky FLIR typu X6540sc a S60, stojánku pro umístění rámečku, pipety, syntetického potu a obou skupin textilií. Experiment simuluje odvod potu od pokožky a šíření kapalné vlhkosti oděvem. Snímána byla rubní i lícni strana textilie současně dvěma termovizními kamerami, aby bylo možné výsledky porovnat. Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány. V závěru experimentální části byly metody termovize a MMT porovnány. Experiment prokázal, že metoda termovize byla pro určení plochy kapky a jiných veličin přesnější než metoda MMT, neboť metoda MMT předpokládá kruhové šíření kapaliny textilií a to nemusí být vždy pravda.

Pomocí termografické techniky byl na Technické univerzitě v Liberci proveden také experiment, který analyzoval šíření kapalné vlhkosti textilním materiálem s ohledem na strukturu tohoto textilního materiálu [30]. Experiment byl inspirován a navazoval na diplomovou práci slečny Bc. Pouchové z roku 2015, které byla věnována předchozí kapitola. Měření probíhalo na čtyřech různých pletených textiliích. Po podrobné analýze těchto textilií, lze říci, že se liší pouze způsobem provázání oček a jeden z textilních materiálů byl z rubní strany počesaný, dále uváděný jako zimní úplet. První skupina textilií je nepotištěná. Druhá skupina textilií je stejná jako první skupina s tím rozdílem, že textilie jsou potištěné sublimačním tiskem. Textilie byly nejdříve měřeny pomocí přístroje MMT a pak použitím termovizní kamery. Výsledky získané z těchto dvou metod měření jsou mezi sebou porovnány. Porovnávaly se nejen jednotlivé ukazatele šíření kapalné vlhkosti textilním materiálem, ale také jednotlivé textilie mezi sebou. A to jak pro potištěný, tak pro nepotištěný textilní materiál. Výsledky experimentu ukázaly, že sublimační tisk nemá vliv na transport kapalné vlhkosti textilním materiálem. To potvrdila jak termografie, tak i přístroj MMT.

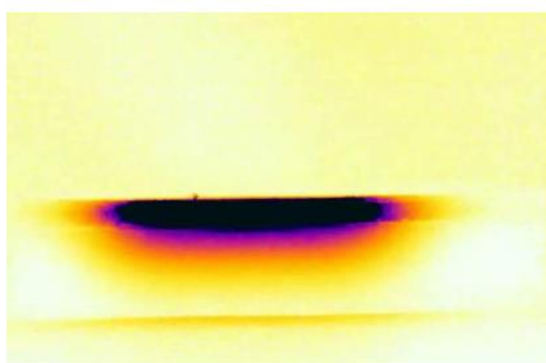
Cílem experimentu diplomové práce Kláry Šikové [31] bylo stanovení vztlínivosti pomocí termografické techniky a metody vážení u vybraných košilovin. Vztlínivost byla měřena pomocí termovizní kamery značky FLIR a vyhodnocována pomocí obrazové analýzy v programu NIS Elements. Termovizní kamera nesnímala v tomto případě teplotu daného objektu, ale pouze sloužila jako zobrazovací prostředek rozdílných teplotních polí a ta byla následovně vyhodnocována. Pro tento experiment bylo také zapotřebí temné komory, která byla zhotovena z kovové konstrukce a potažena černou textilií, která celou tuto konstrukci zakrývala. Před každým měřením byl vzorek košiloviny zvážen na váze a poté po pěti vzorcích připevněn do rámečku. Pod přístrojem byla připravena plastová miska se stejným množstvím tekutiny a stejnou teplotou. Hodnotícím prvkem byla metoda vážení po absorpci a sací výška měřená v mm. Měření sací výšky se provádělo v časech: 5, 10, 20, 30 a 60 s. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulek a následovně statisticky vyhodnoceny. Obrázek 15 ukazuje jedno z měření.



Obrázek 15: Hodnocení vztlínivosti pomocí termografie [31]

V rámci diplomové práce [32] byla termografie využita i Pavlem Kleinem. Cílem bylo navržení experimentu pro měření transportu kapaliny příčným řezem sendvičovou strukturou s použitím srovnávací termografické techniky. Transport kapaliny v testovaných sendvičových strukturách byl snímán pomocí termovizní kamery FLIR X6540sc. Termovizní kamera v experimentu sloužila jako zobrazovací prostředek. Teplotní pole reprezentovala kapalinu, šířící se sendvičovou strukturou v závislosti na čase. Nasnímané rozměry šířící se kapaliny byly následně analyzovány pomocí programu MATLAB. Získané výsledky,

reprezentující šíření kapaliny v jednotlivých testovaných sendvičových strukturách, byly mezi sebou porovnány. Měření bylo provedeno na třech typech sendvičové struktury, využívané v automobilovém průmyslu jako potah na automobilové sedačky. Dvě testované sendvičové textilie se skládaly ze dvou vrstev, třetí testovaná sendvičová textilie se skládala ze tří vrstev. Svrchní vrstva sendvičové struktury byla pro všechny tři vzorky totožná. Rozdílné absorpční vlastnosti jednotlivých vzorků byly díky tomu ovlivňovány hlavně dalšími vrstvami sendvičové textilie a jednotlivými druhy spojení jednotlivých vrstev vzorku k sobě. Obrázek 16 zobrazuje termogram jednoho z testovaných materiálů v příčném řezu.



Obrázek 16: Termogram šíření kapaliny v příčném řezu [16]

Výsledky tohoto experimentu prokázaly, že měření transportu kapaliny v příčném řezu pomocí termovizní techniky je proveditelné a poskytuje dostatečně přesné výsledky. Díky experimentálnímu měření bylo zjištěno, že rychlost šíření kapaliny v jednotlivých typech sendvičových textilií se od sebe odlišuje zejména díky rozdílné struktuře spodní vrstvy sendvičové textilie. Tato struktura totiž ovlivňuje množství a distribuci mezi kapilární prostor v sendvičové textilií, do nichž kapalná vlhkost migruje. Rychlost šíření kapaliny v jednotlivých vzorcích však také mohla být ovlivněna způsobem spojení jednotlivých vrstev v testovaných sendvičových textiliích. Každá z testovaných sendvičových textilií měla odlišný způsob spojení jednotlivých vrstev k sobě.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Hlavním záměrem experimentální části bylo zjistit vliv vazby tkaniny a dostavy tkaniny na šíření kapalné vlhkosti na textilním vzorku. Měření bylo prováděno pomocí termovizní techniky a také pomocí přístroje pro sledování a měření vlhkosti Moisture Management Tester. Vzorky tkanin pocházely z české firmy Hedva a.s., která sídlí v Moravské Třebové. Pro účel měření byly pro porovnání vybrány polyesterové a viskóзовé tkaniny. Vybrané materiály byly utkané ve třech vazbách. Pro každou vazbu byly ještě vybrány tři různé dostavy osnovy.

4. Zkoumané materiály

Testovací tkaniny pro zkoumání transportu kapalné vlhkosti pro tuto práci poskytla Katedra textilních technologií. Materiály utkala firma HEDVA, a.s. se sídlem v Moravské Třebové. Tato společnost se zabývá tkaním z různých materiálů. Sortiment obsahuje technické tkaniny, dekorační tkaniny i podšívkové tkaniny. Některé z vyráběných tkanin jsou pak ještě ošetřeny povrchovou úpravou (hydrofobní, nehořlavou).

Zkoumané materiály pocházely z části sortimentu pro technické účely, konkrétně pro výrobu spacích pytlů, stanů a batohů. Pro lepší zobrazení transportu kapalné vlhkosti zkoumané materiály nebyly ošetřeny žádnou povrchovou úpravou, která je pro konečné použití materiálů nezbytná. Všechny materiály byly předem obarveny.

Pro porovnání transportu kapalné vlhkosti byly pro testování vybrány tkaniny skládající se ze dvou skupin materiálového složení. První skupinu tvořily tkaniny ze 100 % polyesteru, což je syntetické vlákno a ve druhé skupině tkaniny ze 100 % viskózy, chemicky vyráběného vlákna z přírodního polymeru.

Soubor polyesterových i viskóзовých tkanin se skládá ze tří dalších podskupin a to ze tří různých vazeb, ve kterých byly tkaniny utkané. První byla základní plátňová vazba, pak vazba keprová a atlasová. Každá vazební podskupina se pak ještě dělila na tři další podskupiny, které se lišily dostavou útku. Rozdělení testovaných materiálů je přehledně zobrazeno v tabulce 1 a 2.

Pro dosažení co nejlepší porovnatelnosti bylo dbáno na to, aby se materiály lišily jenom v požadovaných parametrech. Pro všechny polyesterové tkaniny tedy platilo, že dostava osnovy při všech vazbách i dostavách byla 42 nití/cm, jemnost osnovních nití byla 78 dtex a jemnost útkových nití 165 dtex. Pro všechny viskóзовé tkaniny platilo, že dostava osnovy při všech vazbách i dostavách byla 41,5 nití/cm, jemnost osnovních i útkových nití byla 133 dtex.

Tabulka 1: Rozdělení materiálů - polyester

Plátno	Du = 21 nití/cm	Kepr 3/1	Du = 25 nití/cm	Atlas 7/1	Du = 29 nití/cm
	Du = 25 nití/cm		Du = 29 nití/cm		Du = 33 nití/cm
	Du = 29 nití/cm		Du = 33 nití/cm		Du = 37 nití/cm

Tabulka 2: Rozdělení materiálů - viskóza

Plátno	Du = 22 nití/cm	Kepr 3/1	Du = 25 nití/cm	Atlas 7/1	Du = 30 nití/cm
	Du = 26 nití/cm		Du = 29 nití/cm		Du = 34 nití/cm
	Du = 30 nití/cm		Du = 33 nití/cm		Du = 38 nití/ cm

Pro porovnání byly všechny testované materiály snímány pomocí obrazové analýzy. Tyto obrázky je možné vidět v příloze 2 a příloha 5 obsahuje reálné vzorky měřených textilních materiálů

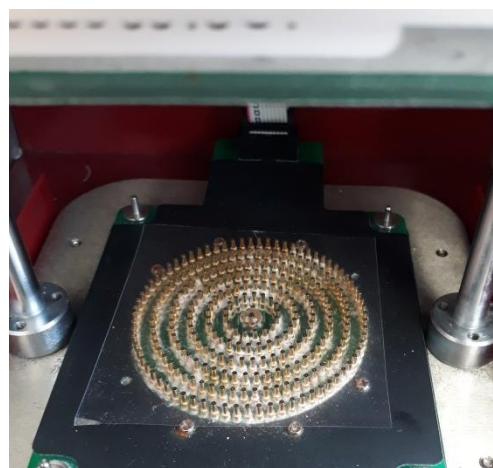
V následujícím textu jsou zkoumané vzorky materiálů označeny podle následujícího klíče: První písmeno označuje první písmeno materiálu, z kterého jsou vzorky utkány. Pro polyesterovou tkaninu se název vzorku začíná písmenem P, pro viskózovou písmenem V. Další písmeno označuje použitou vazbu. Pro plátno je druhé písmeno P, pro keprovou vazbu K a pro atlasovou vazbu A. Pak v označení následuje lomítko a za lomítkem příslušná dostava osnovy.

5. Měření pomocí Moisture management tester

Tento přístroj je standardně používán pro hodnocení schopnosti managementu vlhkosti, co je schopnost textilie přenášet vlhkost ve více dimenzích. Přístroj se skládá z horních a dolních soustředně umístěných čidel vlhkosti, mezi které se vkládá testovaná textilie.



Obrázek 17: Přístroj Moisture Management tester



Obrázek 18: Čidla vlhkosti

Prvním krokem pro měření pomocí přístroje Moisture Management tester bylo připravit vzorky materiálů. Z každého typu materiálu bylo vytvořeno 5 vzorků o rozměrech 8x8 cm. Tento rozměr je pro měření nejlepší z důvodu, že vzorek se bez ohnutí vejde do měřicí části a nehrozí posun materiálu během měření.

Před samotným procesem měření je potřeba nádobu s destilovanou vodou v zadní části přístroje vyměnit za roztok vody s chloridem sodným. Tento roztok je důležitý z hlediska vodivosti.

Přístroj Moisture Management tester pracuje za pomoci softwaru, který je součástí tohoto přístroje. Před samotným procesem měření je potřeba nastavit tyto parametry:

Doba provozu čerpadla – čas, v průběhu kterého čerpadlo nanáší na textilii zkušební roztok.

Doba měření – celková doba získávání dat měřením. Standardně je tato doba nastavena na 120 s.

Pro zajištění stejných měřících podmínek jako při použití termovizní techniky, kde byla pro kapání kapaliny použita mikropipeta a kapalo se 20 μ l kapaliny, což odpovídalo přibližně 0,02 g, bylo potřeba nastavit dobu provozu čerpadla tak, aby bylo na textilií kapáno stejné množství kapaliny. Pro zjištění této charakteristiky byla použita metoda, kde namísto textilie byl do měřícího zařízení vložen kousek igelitu, který byl před měřením zvážen. Pak byla nastavena doba provozu čerpadla nastavena na předpokládanou hodnotu a po uplynutí této doby byl vzorek znovu zvážen, kde rozdíl mezi váhou před vložením do měřícího zařízení a po samotném kápnutí kapaliny představoval hmotnost vody, která byla na tento igelit kápnuta. Toto měření bylo opakováno několikrát, kde se zkoušením zjistilo, že pro dosažení kápnutí 0,02 g kapaliny je potřeba kápnutí 1 kapky a dobu provozu čerpadla je potřeba nastavit na 3 s. Doba měření byla nastavena na 120 s z důvodu zajištění stejných podmínek jako při měření pomocí termovizní techniky.

Po nastavení všech parametrů bylo možné přistoupit k samotnému procesu měření podle následujícího postupu:

1. Otevření nového souboru v programu pro obsluhu přístroje.
2. Otevření krytu přístroje.
3. Zdvihnutí horního čidla a vložení vzorku textilie na dolní čidlo.
4. Spuštění měření.
5. Otevření krytu přístroje.
6. Zdvihnutí horního čidla.
7. Vyjmutí testovaného vzorku.
8. Otření čidel vlhkosti od přebytečné kapaliny.
9. Uložení naměřených dat (probíhá vždy po změření všech 5 vzorků textilií jedné skupiny).

U každého vzorku materiálu byly naměřeny tyto charakteristiky: doba navlhčení [s], savost [%/s], maximální rádius navlhčení [mm], rychlost šíření roztoku [mm/s], schopnost jednosměrného přenosu kapaliny [%] a celkový ukazovatel managementu vlhkosti v textilií (OMMC). Všechny tyto charakteristiky jsou objasněny v kapitole 1.1.6. Program vkládá

všechny změřené charakteristiky do přehledné tabulky, je možné zobrazit i grafické zobrazení srovnání obsahu vody vs. čas, také grafické zobrazení obrazu vody vs. čas pro každé měřicí čidlo zvlášť a variabilitu měřených parametrů pro každou skupinu materiálů.

Všechny parametry jsou zvlášť vyhodnocovány pro dolní čidlo a zvlášť pro horní čidlo vlhkosti. Z hlediska použití zvolených vzorků tkanin, které byly prezentovány v kapitole 4, byly zpracovávány jenom údaje z horního čidla vlhkosti.

5.1. Výsledky měření

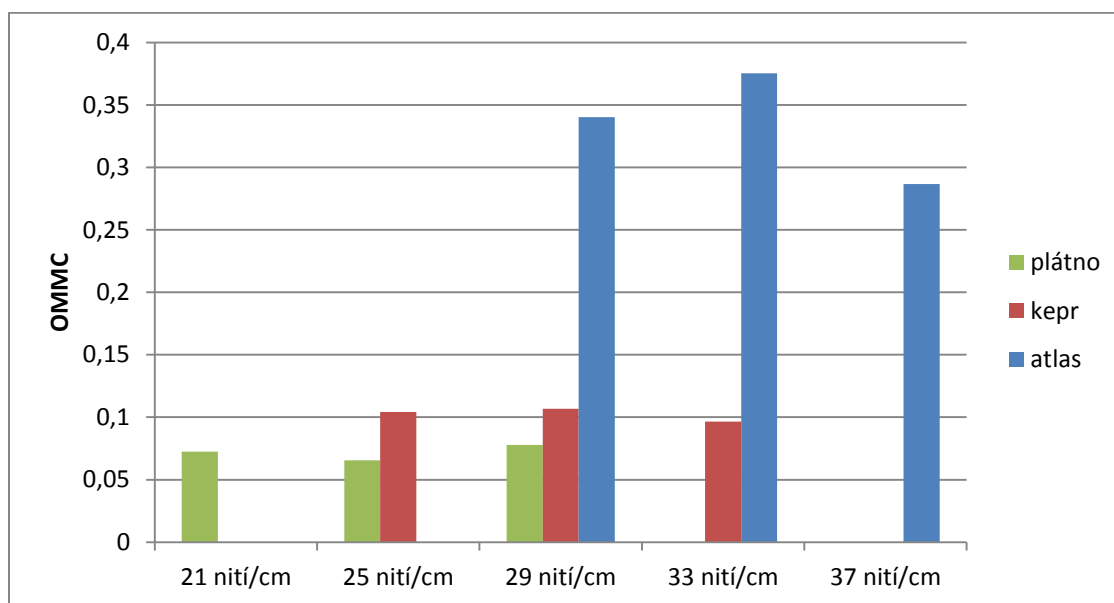
Následující tabulky 3 obsahují všechny průměrné hodnoty naměřených dat vzorků polyesterových tkanin.

Tabulka 3: Průměrné hodnoty naměřených dat pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu

Název vzorku	Savost (%/s)		Maximální rádius navlhčení (mm)		Rychlost šíření roztoku (mm/s)		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
	Horní čidlo	Dolní čidlo	Horní čidlo	Dolní čidlo	Horní čidlo	Dolní čidlo		
PA_29	24,2453	31,5747	15	15	2,4011	2,5985	82,2544	0,3401
PA_33	34,9083	36,6243	12	12	3,1618	3,0849	68,0933	0,3753
PA_37	22,991	30,6413	11	10	2,3776	2,1645	68,9607	0,2866
PK_25	6,021	6,337	7	8	0,9975	0,9898	33,076	0,1042
PK_29	6,0653	7,1715	7	10	1,0158	1,0085	40,6495	0,1069
PK_33	6,0891	5,8922	6	9	0,7901	0,8086	35,0695	0,0965
PP_21	4,3533	4,5595	5	5	0,8001	0,6836	15,1992	0,0724
PP_25	3,3835	2,5205	5	4	0,4456	0,4184	9,0552	0,0656
PP_29	5,5784	5,1935	5	5	0,3298	0,3351	19,8944	0,0777

Celkové výsledky měření doplněné o základní statistické charakteristiky je možné vidět v tabulkách v příloze 3.

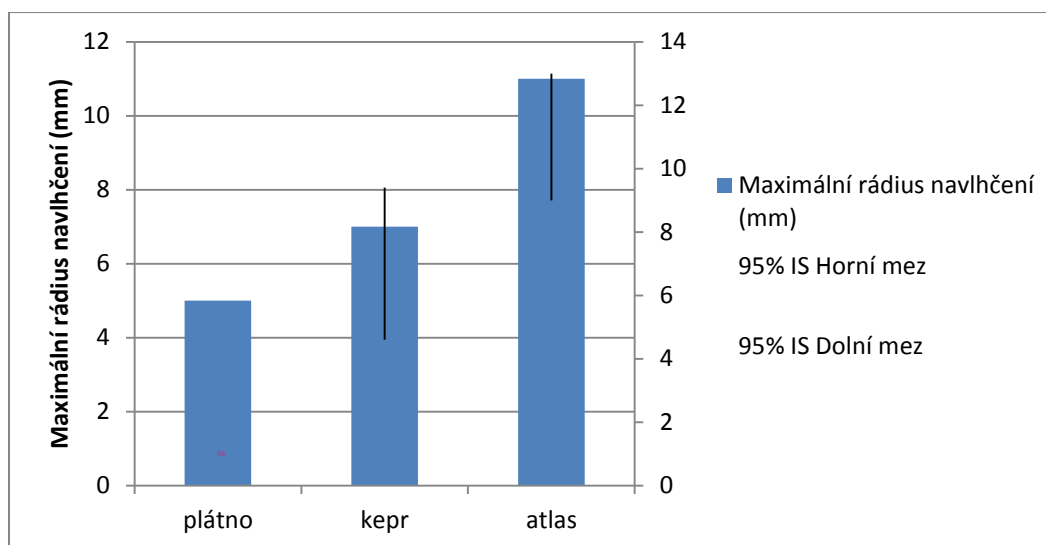
Naměřená data byla následně analyzována za pomoci grafického zobrazení. Následující obrázek 19 zobrazuje závislost celkového managementu vlhkosti (OMMC), zobrazeného na osy y a jeho závislost na dostavě útku, zobrazené na osy x. Je vidět i porovnání všech tří vazeb, kde vazba plátňová je zakreslená zeleně, keprová vazba je zakreslená červeně a modře je zobrazená atlasová vazba. Celkový management vlhkosti je charakteristika, která slouží pro vyjádření celkové schopnosti textilie rozvádět absorbovanou vlhkost. Z naměřených hodnot pro plátňovou vazbu dokážeme vydedukovat, že tkanina v plátňové vazbě dokáže nejhůř rozvádět absorbovanou vlhkost. Z naměřených hodnot pro tkaninu v keprové vazbě se dá vydedukovat, že dokáže rozvádět absorbovanou vlhkost lépe než plátňová vazba a méně než atlasová vazba. Pro atlasovou vazbu platí, že dokáže rozvádět absorbovanou vlhkost nejlépe ze všech měřených vzorků. Tyto výsledky vychází ze zdroje [15], kterého součástí je tabulka se stupnicí hodnocení. Je však potřeba podotknout, že objem kapaliny, který byl při měření používán je výrazně nižší, než objem kapaliny vycházející z nastavení přístroje MMT. Z hlediska tabulky se stupnicí hodnocení rozvádí všechny zkoumané vzorky kapalinu velmi slabo, nebo jenom slabo.



Obrázek 19: Závislost celkového managementu vlhkosti (OMMC) na dostavě útku polyesterové tkaniny a její vazbě

Z obrázku 19, který zobrazuje závislost celkového managementu vlhkosti, což je bezrozměrná veličina, na počtu nití v útku, a v závislosti na použité vazbě je možné vidět, že nejslabší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost má při stejné dostavě útku plátňová vazba, dále následuje keprová vazba a nejlepší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost vykazuje vazba atlasová. Co se týče porovnání jednotlivých dostav útku, tato charakteristika nevykazuje ani vzestupnou ani sestupnou tendenci. Intervaly spolehlivosti jednotlivých dostav útku se překrývají, tedy je možné říct, že rozdíly mezi celkovými ukazateli managementu vlhkosti textilií nejsou statisticky významné.

Na obrázku 20 je znázorněna závislost maximálního rádia navlhčení, zobrazeného na ose y, k použité vazbě tkaniny (plátno, kepr, atlas), zobrazené na ose x, při použití stejné dostavy útku 29 nití/cm. Graf je doplněn o horní a dolní mez 95% intervalu spolehlivosti pro všechny tři typy tkanin. Maximální rádius je charakterizován jako maximální rádius navlhčeného kruhu na obou stranách textilie v okamžiku, kdy vodní sloupec celkového objemu vody dosáhne hodnoty vyšší než T_{an} (15°).



Obrázek 20: Závislost maximálního rádia navlhčení na použité vazbě tkaniny při stejné dostavě útku

Z grafického zobrazení na obrázku 20 je vidět, že nejvyšší hodnotu maximálního rádia vykazuje atlasová vazba, což značí, že v tomto případě došlo k rozpití tekutiny k čidlu, které se nachází nejdále od středu, vzhledem k dalším měřeným vazbám.

Stejná data byla naměřena i pro vzorky viskóзовých tkanin. Tyto data jsou zobrazena v tabulce 4.

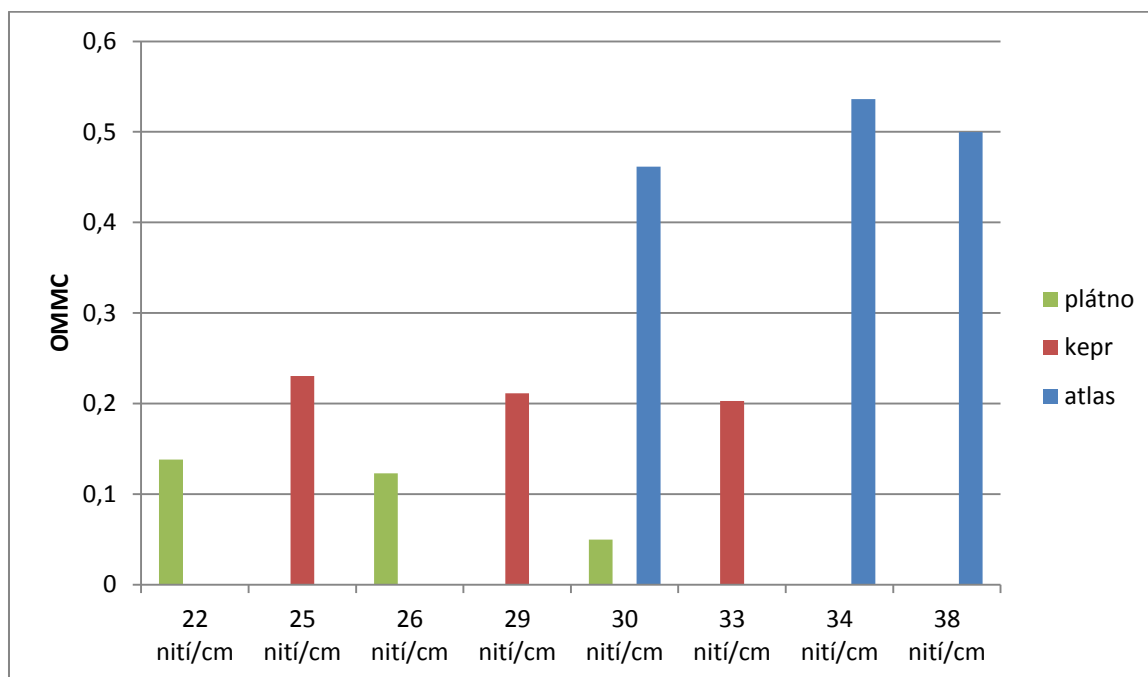
Tabulka 4: Průměrné hodnoty naměřených dat pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu

Název vzorku	Savost (%/s)		Maximální rádius navlhčení (mm)		Rychlost šíření roztoku (mm/s)		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
	Horní čidlo	Dolní čidlo	Horní čidlo	Dolní čidlo	Horní čidlo	Dolní čidlo		
VA_30	56,2992	68,6201	10	11	3,6251	3,2442	50,611	0,4616
VA_34	67,4752	90,009	10	10	3,6471	3,3654	55,0523	0,5361
VA_38	56,2668	83,8596	10	10	3,4486	3,1276	55,6703	0,4999
VK_25	13,3394	14,8047	10	11	2,4583	2,3705	42,364	0,2302
VK_29	15,9849	18,2425	10	10	2,1296	1,9782	45,9934	0,2111
VK_33	13,5423	22,2302	10	10	1,8908	1,7771	43,6856	0,2028
VP_22	14,8402	14,2726	10	10	1,6796	1,7349	8,6254	0,1382
VP_26	19,4804	21,136	10	10	1,3744	1,3872	3,5397	0,1227
VP_30	11,2571	10,8513	6	6	0,9292	0,9334	-11,9603	0,0465

Celkové výsledky měření doplněné o základní statistické charakteristiky je možné vidět v tabulkách v příloze 3.

Data byla následně diskutována a zobrazená pomocí grafického zobrazení.

Obrázek 21 je grafickým zobrazením vlivu celkového ukazatele managementu vlhkosti textilie na zvolenu vazbu tkaniny a počtu nití na 1 cm v útku této tkaniny. Na ose x jsou zobrazeny všechny zvolené dostavy útku v jednotkách počet nití/cm a na ose y jsou zobrazené naměřené hodnoty ukazatele celkového managementu vlhkosti textilie, což je bezrozměrná veličina. Barevně jsou od sebe odlišené všechny vazby, zeleně je zobrazená plátňová vazba, červeně keprová vazba a modře atlasová vazba.

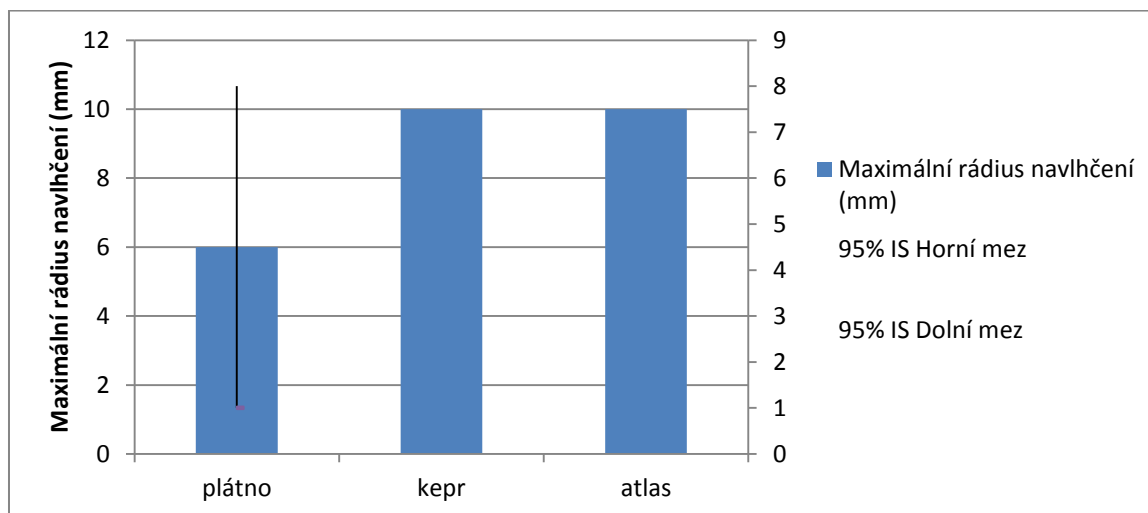


Obrázek 21: Závislost celkového managementu vlhkosti (OMMC) na dostavě útku viskóznové tkaniny a její vazbě

Z tohoto grafického zobrazení je možné předpokládat, že pro plátnovou vazbu platí, že nejvyšší hodnotu celkového managementu vlhkosti dosahuje při nejnižším počtu nití na 1 cm útku a s rostoucím počtem nití v útku na 1 cm hodnota tohoto parametru klesá. To samé platí i pro keprovou vazbu, při atlasové vazbě však toto tvrzení neplatí. Z naměřených hodnot vyplynulo, že plátnová vazba vykazuje nejhorší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost, naopak nejlepší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost dosahuje atlasová vazba.

Na obrázku 22 je graficky znázorněná závislost maximálního rádia navlhčení, zobrazeného na ose y, na vazbě tkaniny, zobrazené na ose x, při dostavě útku 30 nití/cm u plátnové a atlasové vazby a dostavě útku 30 nití/cm u vazby keprové. Rozdíl jedné niti při keprové vazbě byl v tomto případě zanedbán a to zejména z důvodu, že i samotný parametr dostavy útku může vykazovat určitou variabilitu a počet nití na 1 cm útku se může v různých místech lišit. Graf je doplněn o hodnoty dolní a horní meze 95% intervalu spolehlivosti. Z tohoto grafu lze vyčíst, že nejnižší hodnotu maximálního rádia navlhavosti vykazuje plátnová vazba, pro keprovou a atlasovou vazbu je hodnota maximálního rádia navlhčení stejná. Intervaly

spolehlivosti se však v tomto případě překrývají, což značí, že rozdíly v maximálním rádia navlhčení u všech třech měřených vzorků tkanin nejsou statisticky významné.



Obrázek 22: Závislost maximálního rádia navlhčení na použité vazbě viskózové tkaniny při stejné dostavě útku

5.2. Dílčí závěr

Z výsledků měření získaných pomocí přístroje Moisture Management tester je možné vydedukovat, že u polyesterové tkaniny se kapalina nejrychleji šíří ve vazbě atlasové a nejpomaleji v plátnové vazbě a to samé platí i u viskózové tkaniny.

Nejvyšší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost má polyesterová tkanina v atlasové vazbě a v prostřední hodnotě dostavy útku 33 nití/cm. Nejnižší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost má tato tkanina při plátnové vazbě a prostřední hodnotě počtem nití na 1 cm útku a to 25 nití/cm. Při viskózové tkanině má nejvyšší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost také atlasová vazba v prostřední hodnotě dostavy útku 34 nití/cm a nejnižší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost při plátnové vazbě a dostavě útku 30 nití/cm.

Z předchozích shrnutí plyne, že nejrychleji se kapalina šíří, v polyesterové i viskózové tkanině, v atlasové vazbě a v této vazbě má i nejvyšší schopnost rozvádět absorbovanou vlhkost. Z hlediska použití zvolených vzorků textilií je důležité, aby se kapalina co nejlépe rozváděla do samotné textilie a tento proces aby probíhal co nejrychleji. Čím větší je plocha,

do které se kapalina rozvede, tím rychleji dojde k jejímu odpaření a tedy k vyschnutí samotné textilie. Z naměřených dat plyne, že nejrychleji a nejlépe kapalinu rozvádí textilie z viskózové i polyesterové tkaniny v atlasové vazbě.

6. Měření pomocí termovizní techniky

Měření transportu kapalné vlhkosti tkaným textilním materiálem bylo následně hodnoceno pomocí termovizní techniky. Vzorek byl nejdříve snímán pomocí termovizní kamery a snímky byly následně analyzovány pomocí programu NIS Elements.

6.1. Snímání pomocí termovizní kamery

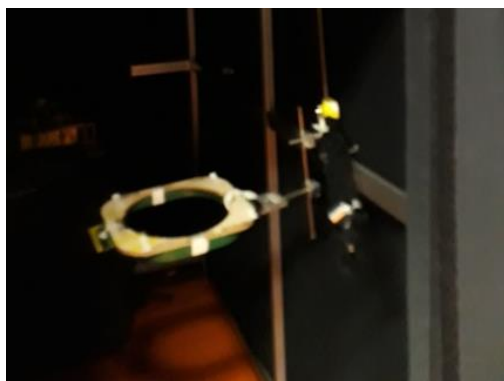
Snímání samotného procesu transportu kapalné vlhkosti vybranými tkaninami probíhalo za pomoci termovizní kamery. Pro měření byla zvolena termovizní kamera typu X6540sc s rozlišením 640 x 512 obrazových bodů a automatickou identifikací obrazu. Součástí kamery je LCD displej a software FLIR Research IR. Kamera byla umístěna na stojanu v tmavé komoře. Stojan byl instalován tak, aby byla dosažena konstantní vzdálenost mezi snímaným textilním materiálem a kamerou. Do stojanu byla také umístěna i mikropipeta, pomocí které bylo aplikováno požadované množství kapaliny. Tmavá komora omezovala přístup jiných zdrojů infračerveného záření, které by mohli měření ovlivnit.

Měření probíhalo v klimatizované místnosti na budově L na Technické univerzitě v Liberci. Teplota místnosti byla 23 °C a vlhkost se pohybovala od 45 do 59%.

Obrázek 23 ukazuje fotografii termovizní kamery používané pro snímání, obrázek 24 ukazuje stojan pro umístění vzorků a obrázek 25 zobrazuje tmavou komoru, ve které byla termovizní kamera i textilní vzorky v průběhu snímání termovizní kamerou umístěny.



Obrázek 23: Termovizní kamera používaná pro měření



Obrázek 24: Stojan pro umístění vzorku



Obrázek 25: Tmavá komora

Měřené vzorky tkaných textilních materiálů měli 1x1 m a měřená část byla umístěna v rámu o velikosti 20x20 cm, který se používá pro vyšívací stroje a to zejména pro dosažení stejného napětí vzorku. Vzorek byl postupně upínán do rámu po diagonále a každý vzorek byl změřen 5x. Vzorky byly do rámu upínány vždy stejným směrem z důvodu zajištění směru osnovy a útku. Textilní vzorek upnutý v rámu byl pak položen na spodní rám, který byl nainstalován v tmavé komoře, to zajistilo konstantní vzdálenost textilního vzorku od termovizní kamery i od stojánku pro umístění mikropipety. Obrázek 26 ukazuje vzorek upnutý v rámu před samotným měřením.



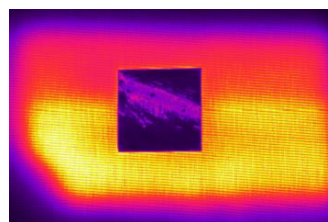
Obrázek 26: Vzorek upnutý v rámu před měřením

Pro kapání byla používána mikropipeta Fisher Scientific. Bylo kapáno 20 μ l čisté vody, to odpovídá hmotnosti 0,02 g. Hodnota hmotnosti byla přepočtena pomocí vzorce pro hustotu s dosažením známé hodnoty hustoty vody 1000kg/m³. Teplota kapané vody byla v klimatizované místnosti 21 °C. Kapalina byla kapána na lící stranu textilního materiálu a samotné kápnutí probíhalo ručně. Kapání na lící stranu mělo souvislost zejména s použitím vybraných textilních materiálů. Jak už bylo zmíněno výše, vybrané textilní materiály se používají pro výrobu spacích pytlů, batohů nebo také stanů. Pro toto použití je nesmírně důležité aby dokázali uchránit člověka před pronikáním vlhkosti z vnějšího prostředí.

Před samotným měřením bylo potřeba ještě provést kalibraci měření, která je potřebná pro následné zpracování obrazu. Kalibrace probíhala vytvořením čtverečků o velikosti 1,5 x 1,5 cm z alobalu. Vytvořený kalibrační vzorek byl zahřát pomocí kovového plíšku předem ohřátého žehličkou a následně nasnímán termovizní kamerou. Ukázkou kalibračních čtverečků i jejich zobrazení pomocí termovize je možné vidět na následujících obrázcích.



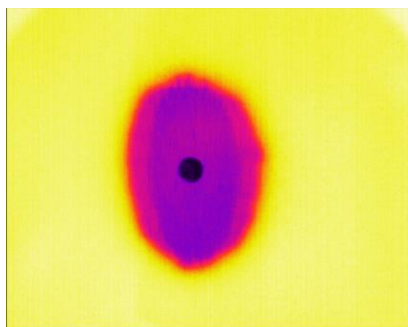
Obrázek 27: Kalibrační čtvereček



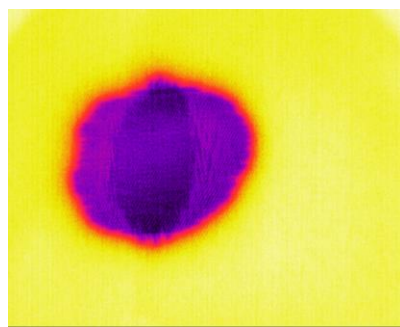
Obrázek 28: Zobrazení kalibračního čtverečku pomocí termovizní techniky

Před samotným měřením bylo potřebné nastavit parametry měření, a to zejména čas snímání a celkový počet snímků. Čas snímání byl nastaven na 180 sekund a to z důvodu, že přístroj Moisture Management tester má dobu měření obvykle nastavenou na 120 sekund a je potřeba přidat čas potřebný pro kápnutí. V tomto případě bylo přidáno 60 sekund. Dále bylo potřeba nastavit počet snímků, které termovizní kamera udělá za sekundu. Pro dosažení optimální velikosti nahrávaného souboru bylo přednastaveno uložení jednoho snímku za sekundu. Celkový soubor (video) se skládá ze 180 za sebou jedoucích snímků, přičemž video trvá tři minuty. Při následném zpracování byl pro hodnocení vybrán snímek, který byl nasnímán přesně 120 sekund po kápnutí kapaliny na textilní materiál.

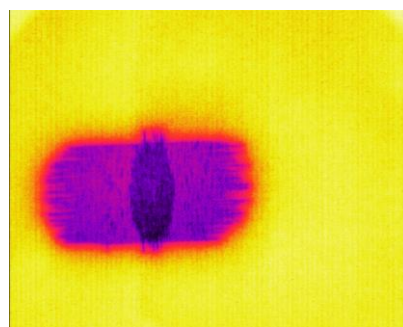
Nejdříve byla snímána polyesterová tkanina. Na následujících obrázcích je možné vidět obraz z termovizní kamery u všech vazeb pro dostavu útku 29 nití/cm.



**Obrázek 29: PES, plátnová
vazba**

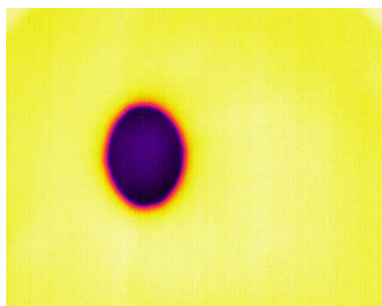


**Obrázek 30: PES, keprová
vazba**

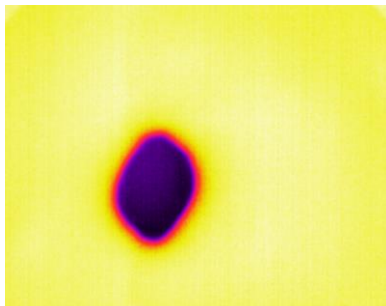


**Obrázek 31: PES, atlasová
vazba**

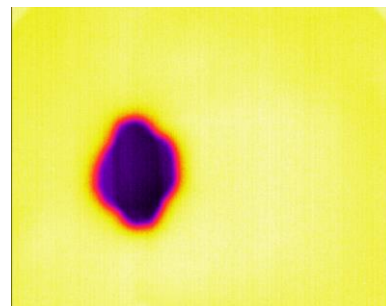
Následně byla měření provedena i na viskóзовé tkanině. Pro porovnání jsou na obrázku 32-34 zobrazeny viskóзовé tkaniny se stejnou dostavou útku ve všech třech vazbách. Dostava útku v tomto případě byla 30 nití/cm.



**Obrázek 32: VS, plátňová
vazba**



**Obrázek 33: VS, keprová
vazba**



**Obrázek 34: VS, atlasová
vazba**

6.2. Zpracování obrazů

Zpracování obrazu nejdříve probíhalo v programu Research IR, který sloužil i pro samotné snímání obrazu. Obraz byl zpracováván tak, aby byla následná práce s ním co nejjednodušší a zároveň co nejpřesnější. Zpracování spočívalo nejprve ve vybrání snímku, který byl snímán přesně 120 sekund od kápnutí kapaliny. Tento snímek byl pak upraven tak, aby byla vybrána jenom plocha, která představovala část textilie smáčené kapalinou. Byla použita funkce, která vybrala část obrazu, kde teplota dosahovala 22,5 °C a méně. Za předpokladu, že v klimatizované místnosti jsou podmínky měření vždy stejné, tato funkce dokázala zajistit stejné podmínky při každém měřeném vzorku. Vybraná část byla následně zabarvená na bílo a snímek byl uložen do formátu .jpeg, což je formát podporovaný programem NIS Elements a tedy vhodný pro následné zpracování.

Před zpracováním obrazů v programu NIS Elements je potřeba provést kalibraci. Ta byla provedena pomocí kalibračního čtverečku a funkce quick calibration. Za předpokladu, že byla známá velikost tohoto čtverečku, dokáže program určit velikost pixelu. Tato hodnota byla důležitá pro následné kalibrování všech snímků. V tomto případě byla kalibrace vykonána dvakrát, kde pro první kalibraci byla vypočtena hodnota pixelu na 0,259 mm, a ve druhém případě byl 1 pixel 0,246 mm.

Samotné zpracování jednotlivých obrazů získaných z termovizní kamery probíhalo postupně v několika krocích:

1. Překalibrování dokumentu pomocí funkce rychlá kalibrace a vložení velikosti pixelu.

2. Konverze obrazu do šedého obrazu.
3. Definice prahování, tj. výběr části obrazu, která bude analyzována. Určuje se, které pixely budou zahrnuty do binární vrstvy. Pro dosažení stejných podmínek pro všechny snímky a za předpokladu, že oblast zájmu byla předem obarvena na bílo, byla dolní mez definice prahování nastavena na hodnotu 190 a horní mez definice prahování nastavena na hodnotu 255.
4. Definice oblasti zájmu pomocí funkce kreslit polygonální ROI a to zejména pro odstranění okolních plošek, které nepatří do zkoumané oblasti.
5. Provedení měření pomocí funkce provést měření. Naměřená data je pak možné zobrazit v programu Microsoft Excel.

Měření probíhalo vždy pro každý snímek zvlášť, přičemž po proměření všech pěti vzorků z jedné skupiny materiálů se stejným materiálovým složením, utkané v stejné vazbě a stejné dostavy útku, byla získaná data exportována do programu Microsoft Excel, kde z těchto dat byly vypočteny základní statistické charakteristiky. Takto zpracovaná data byla uložena pro následnou analýzu.

Před samotným provedením měření bylo ještě důležité nadefinovat příznaky pro měření objektů. Tyto příznaky určují, které charakteristiky jsou důležité pro hodnocení a analýzu námi zvolené problematiky. Pro tuto práci byly jako nosné vybrány tyto příznaky:

Plocha: Základní příznak vypovídající o velikosti objektu. V kalibrovaném dokumentu určuje reálnou velikost objektu.

Ekvivalentní průměr: Příznak velikosti odvozený z plochy. Určuje průměr kružnice, která má stejnou plochu jako odpovídající objekt.

Obvod: Celkový obvod měřeného objektu.

Délka: Odvozený příznak vhodný pro prodloužené nebo tenké struktury.

Šířka: Odvozený příznak vhodný pro prodloužené nebo tenké struktury. Počítá se jako plocha podělená délkou objektu.

Kruhovitost: Odvozená míra tvaru počítaná z plochy a obvodu. Pro kruh je rovná 1 a pro všechny ostatní tvary je její hodnota menší než 1.

Protážení: Užitečná charakteristika tvaru. Poměr příznaků MaxFeret a MinFeret.

Orientace: Úhel, při kterém má Feretův průmět své maximum. Průměty jsou počítány s přírůstkem úhlu o velikosti 5 stupňů.

6.3. Výsledky měření

Po vyhodnocení všech obrazů získaných pomocí termovizní kamery pomocí programu NIS – Elements byla všechna data uložena pomocí programu Microsoft Office Excel. Data byla seřazena do tabulky a pro každý zvolený příznak byly vypočteny základní statistické charakteristiky, jako je průměr, střední odchylka, maximální a minimální hodnota.

Jednotlivé vzorky byly pojmenovávány pomocí následujícího klíče: První písmeno dělí vybrané vzorky na polyesterové, s počátečním písmenem P a viskóзовé, s počátečním písmenem V. Další písmeno v názvu je počáteční písmeno zvolené vazby. Pro A platí, že jde o atlasovou vazbu, pro K platí, že jde o keprovou vazbu a pro P platí, že vzorek byl utkán v plátnové vazbě. Dále v názvu následuje číslo, které udává dostavu útku měřeného vzorku.

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty vybraných měřených parametrů pro polyesterovou tkaninu.

Tabulka 5: Průměrné hodnoty vybraných měřených parametrů pro polyester

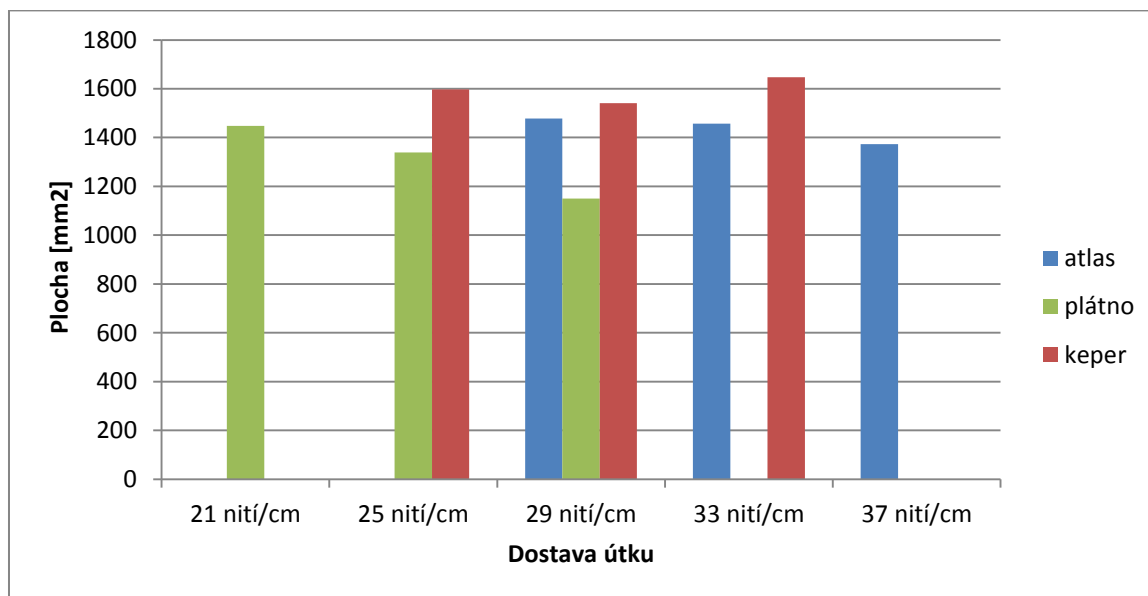
Název vzorku:	Plocha (mm^2):	Ekvivalentní průměr (mm):	Obvod (mm):	Délka (mm):	Šířka (mm):	Kruhovitost:
PA_29	1477,67	43,24	235,96	103,25	14,73	0,352
PA_33	1456,72	43,02	200,42	82,49	17,72	0,457
PA_37	1372,68	41,78	176,89	68,36	20,08	0,551
PK_25	1596,88	45,06	224,31	95,25	16,91	0,404
PK_29	1541,14	44,29	236,7	103,33	15,02	0,351
PK_33	1646,88	45,79	241,97	105,3	15,68	0,355
PP_21	1448,21	42,9	199,16	81,89	17,69	0,458
PP_25	1338,8	41,25	171,44	65,22	20,05	0,572
PP_29	1149,54	38,22	152,53	55,53	20,74	0,622

Z hodnot, které byly dále analyzovány, byly vypočteny další statistické charakteristiky, jako je směrodatná odchylka, variační koeficient a 95% interval spolehlivosti. Tyto charakteristiky jsou uvedeny v tabulkách, které jsou k nahlédnutí v příloze 4.

Následně byly tyto charakteristiky vloženy do grafů pro lepší představu a následně byly jednotlivé charakteristiky porovnány.

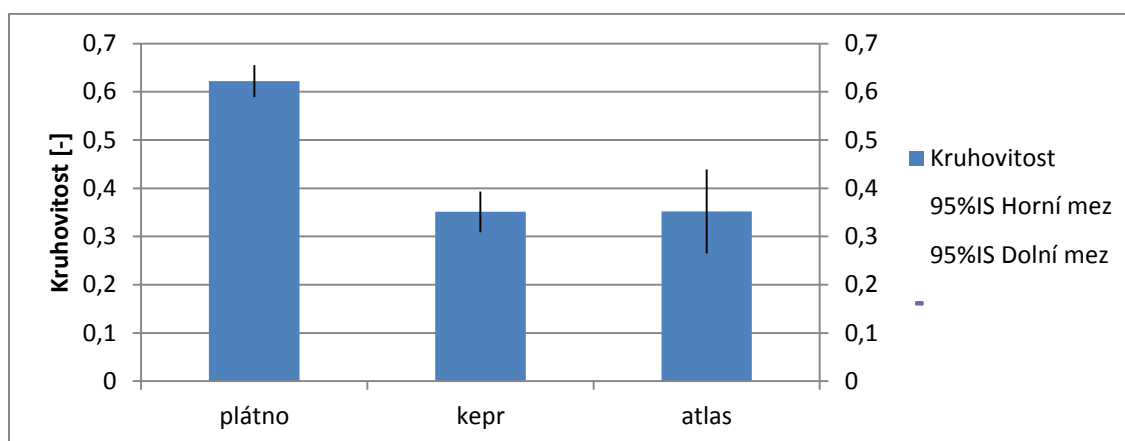
Na obrázku 35 je možné vidět porovnání průměrné hodnoty smáčené plochy na zvolenou vazbu a dostavu polyesterové tkaniny. Z tohoto grafického zobrazení je vidět, že u atlasové a plátňové vazby při větším počtu útkových nití v tkanině dochází k zmenšení plochy rozpíjení tekutiny v textilií. Toto tvrzení se ale nepotvrdilo pro keprovou vazbu, kde toto tvrzení platí jenom pro porovnání prvních dvou dostav, ale pro dostavu 31 nití/cm platí, že tato plocha je ještě větší než při zvolené nejmenší dostavě 25 nití/cm.

Z grafického obrazu 35 je také vidět porovnání ploch rozpíjení tekutiny při stejné dostavě útku a to 29 nití/cm. Při této dostavě je plocha smáčené tkaniny největší u keprové vazby a nejmenší plochu dosahuje plátňová vazba. Z toho můžeme usuzovat, že nejlrychleji bude vysychat tkanina utkaná v keprové vazbě a nejhůř tkanina utkána v plátňové vazbě.



Obrázek 35: Závislost dostavy na změřenou plochu smáčené části v mm² u jednotlivých vazeb a dostav polyesterové tkaniny

Následující obrázek 36 zobrazuje porovnání všech tří vazeb se stejnou dostavou útku 29 nití/cm a to z hlediska parametru kruhovitosti. Tento parametr je charakterizován jako míra tvaru počítaná z plochy a obvodu. Pro kruh je rovná 1 a pro všechny ostatní tvary je její hodnota menší než 1. Z tohoto grafického zobrazení můžeme vidět, že nejvyšší hodnotu kruhovitosti vykazuje plátňová vazba. Tedy platí, že plocha, do které se tekutina při smáčení povrchu této tkaniny rozpije má nejbližší tvaru kruhu. Pro vazbu atlasovou a pro vazbu keprovou je průměrná hodnota kruhovitosti stejná. 95% interval spolehlivosti je však pro atlasovou vazbu širší, tedy lze předpokládat, že tyto data mají větší variabilitu.



Obrázek 36: Porovnání parametru kruhovitosti pro stejnou dostavu útku u všech vazeb polyesterové tkaniny

V další části byly analyzovány vzorky vyrobené ze 100 % viskózy. V následující tabulce 6 jsou zobrazeny průměrné hodnoty vybraných parametrů pro různé hodnoty dostavy útku.

Tabulka 6: Průměrné hodnoty vybraných měřených parametrů pro viskózu

Název vzorku:	Plocha (mm^2):	Ekvivalentní průměr (mm):	Šířka (mm):	Délka (mm):	Obvod (mm):	Kruhovitost:
VA_30	574,03	27,03	18,11	31,82	94,58	0,807
VA_34	587,91	27,35	18,66	31,54	95,55	0,81
VA_38	414,08	22,67	16,08	25,17	79,11	0,814

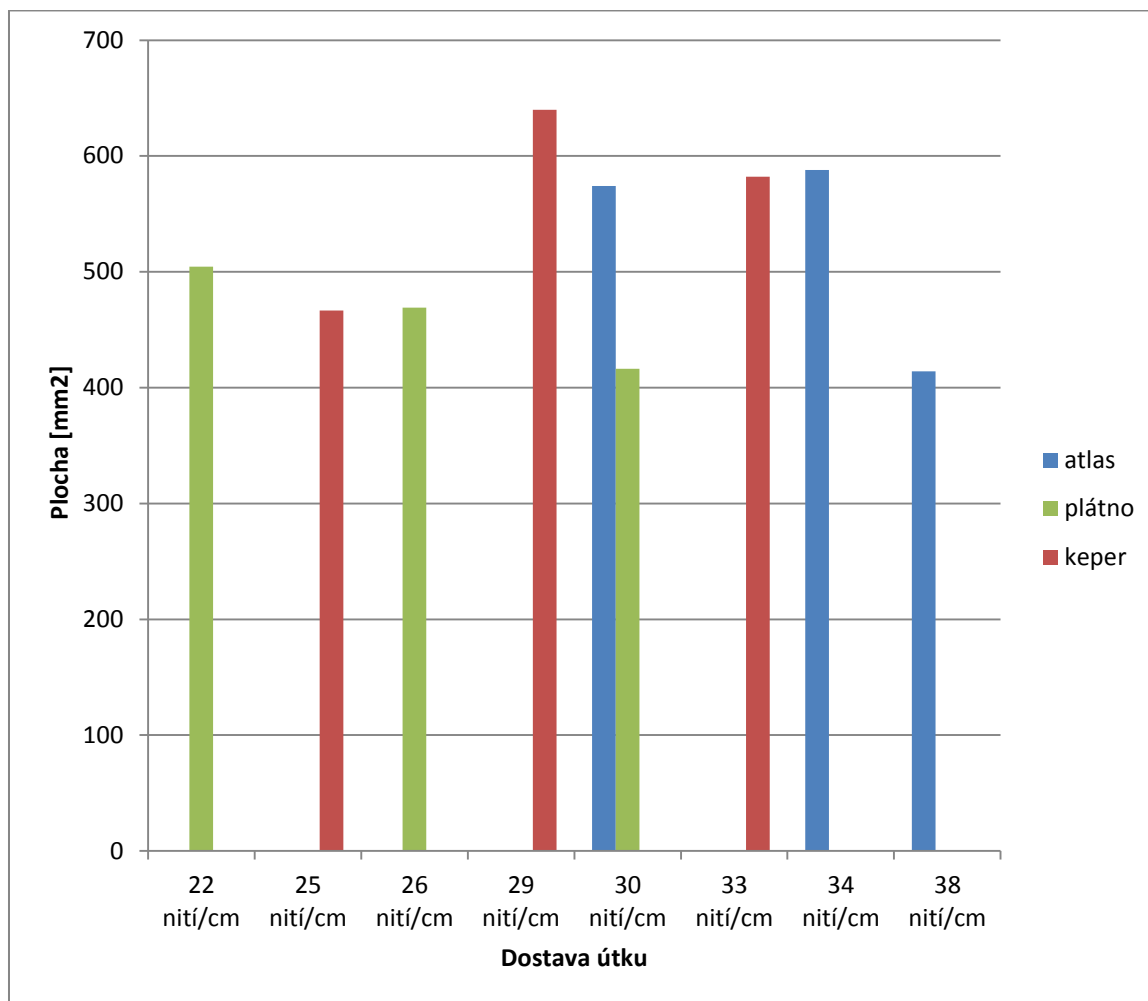
VK_25	466,49	24,37	15,2	30,68	83,69	0,837
VK_29	639,81	28,54	14,47	44,98	118,91	0,579
VK_33	582,01	27,21	16,37	35,89	104,52	0,673
VP_22	504,4	25,34	15,37	32,81	87,15	0,835
VP_26	469,08	24,44	15,58	30,13	81,43	0,889
VP_30	416,4	23,02	15,2	27,39	75,45	0,919

Z hodnot, které byly dále analyzovány, byly vypočteny dal i statistické charakteristiky, jako je směrodatná odchylka, variační koeficient a 95% interval spolehlivosti. Tyto charakteristiky jsou uvedeny v tabulkách v p ilozce 4.

N sledn  byly tyto charakteristiky vlo en  do grafů pro lep i představu a pak byly jednotlivé charakteristiky porovnány.

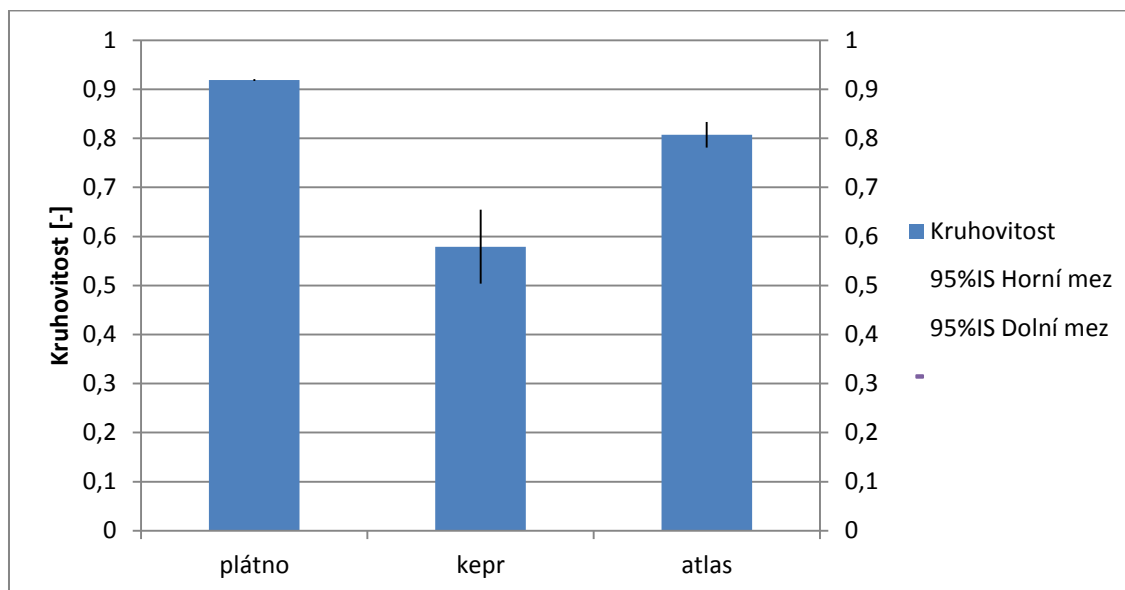
Následující grafické obraz 37 zobrazuje porovnání plochy sm a en  roztokem a dostavy útku pro všechny tři vazby. Z tohoto grafického zn zorn n  plyne, že pro plátnovou vazbu platí, že se stoupajícím počtem nití na 1 cm v útku, plocha, kter  je sm a en  roztokem klesá. U keprov  vazby nejn i  i plochu dosahuje nejn i  i dostava, a to konkr tn  dostava 25 nití/cm. Nejvyš i hodnotu plochy dosahuje při dostav  útku 29 nití/cm. Při nejvyš i hodnot  dostavy útku 33 nití/cm dosahuje hodnota plochy prost edn i hodnotu. Při atlasov  vazbě dosahuje parametr plochy nejn i  i hodnotu při nejvyš i zvolen  dostav  38 nití/cm a nejn i  i hodnotu při dostav  34 nití/cm.

Porovnání všech tři vazeb není v tomto p ilpad  zcela p esn , protože pro keprovou se hodnota počtu nití na 1 cm li i o 1 nit. Tato hodnota je však při celkov m porovnání zanedbána, protože jde o hodnotu, kter  v celkov m počtu nití zanedbána být může. Třeba totiž počítat i s variabilitou samotn  dostavy útku, kter  nemusí být v ka d m m st  stejn . To souvisí se samotn m procesem tkan  a parametrem setkání, kter  byl charakterizován v kapitole 1. Z grafického zobrazen  plyne, že při stejn  dostav  útku dosahuje nejvyš i hodnotu plochy keprov  vazba, pak j  následuje atlasov  vazba a nejn i  i hodnotu parametru plochy je vidět u vazby pl tnov .



Obrázek 37: Závislost dostavy na změřenou plochu smáčené části v mm² u jednotlivých vazeb a dostav viskóзовé tkaniny

Další obrázek znázorňuje vliv kruhovitosti na všechny tři typy vazeb. Jak už bylo uvedeno v předchozím odstavci, fakt, že při keprové vazbě je dostava útku 29 nití/ cm a v plátnové a atlasové vazbě 30 nití/cm byl v tomto případě zanedbán. V grafu je vidět i horní a dolní mez 95% intervalu spolehlivosti pro naměřená data kruhovitosti. Z tohoto grafického zobrazení je možné vidět, že nejvyšší hodnotu kruhovitosti dosahuje plátnová vazba, tedy obraz rozpíjení tekutiny po textilií je nejvíc podobný kruhu. Prostřední hodnotu kruhovitosti vykazuje atlasová vazba a nejnižší hodnotu kruhovitosti vidíme u vazby keprové.



Obrázek 38: Porovnání parametru kruhovitosti pro stejnou dostavu útku u všech vazeb viskóзовé tkaniny

6.4. Dílčí závěr

Z dat získaných pomocí termografické techniky plyne, že u polyesterové tkaniny při použití plátnové a atlasové vazby s rostoucím počtem nití na 1 cm v útku klesá plocha, do které se kapalina při kápnutí rozpívá. Při keprové vazbě toto tvrzení ale neplatí. Při použití plátnové a atlasové vazby v tkanině je tedy možné předpokládat, že čím nižší počet nití na 1 cm v útku bude, tím větší bude plocha rozpívá tekutiny a tím rychleji bude daná tekutina vysychat. Při keprové vazbě tato úvaha ale není správná. Jiný výsledek vykazuje viskóзовá tkanina, kde tvrzení, že při vyšším počtu nití na 1 cm v útku klesá plocha, do které se tekutina rozpívá, potvrzuje jenom plátnová vazba. Při keprové a atlasové vazbě toto tvrzení neplatí a platí, že nejvyšší plochu rozpívá dosahují při prostřední zvolené hodnotě dostavy útku.

Když porovnáme vybrané polyesterové textilie při stejné dostavě útku, největší plochu dosahuje keprová vazba a nejmenší plochu dosahuje plátnová vazba. Stejně to platí i pro viskóзовou tkaninu.

Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, vzorky materiálů použité na měření v této práci se používají na výrobu spacích pytlů, batohů, ... Pro toto použití je potřeba, aby se kapalina při kontaktu s tímto materiálem rozpívá do co největší plochy a mohla pak co nejrychleji

vysychat. Z naměřených dat můžeme předpokládat, že pro toto použití je pro polyesterovou tkaninu nejvíc vyhovující keprová vazba s dostavou útku 33 nití/cm. Pro viskózovou tkaninu je to keprová vazba a dostava osnovy 29 nití/cm.

Dalším porovnávaným parametrem byl zvolen parametr kruhovitosti. Tenhle parametr byl zvolen hlavně pro porovnání výsledků s přístrojem Moisture Management tester. Ze získaných výsledků měření je vidět, že u polyesterových vláken je hodnota kruhovitosti nejvyšší u plátnové vazby, což znamená, že obraz rozpití kapaliny se nejvíc podobá kruhu. U viskózové vazby je také nejvyšší hodnota kruhovitosti u plátnové vazby. Nejnižší hodnotu parametru kruhovitosti vykazuje keprová vazba. Lze tedy předpokládat, že při plátnové vazbě je použití přístroje Moisture Management tester pro hodnocení šíření kapalné vlhkosti textilním vzorkem nejspolehlivější.

7. Porovnání metody měření pomocí přístroje MMT a pomocí termovizní techniky

Při porovnání metod byl využit parametr plochy, který byl získán ze zpracování obrazu pomocí programu NIS-Elements. Tento parametr byl porovnán s parametrem plochy, která byla vypočtena z hodnoty maximálního rádia navlhčení horního čidla, které bylo výsledkem měření pomocí přístroje Moisture Management tester. Plocha byla z tohoto parametru vypočtena tak, že parametr maximálního rádia navlhčení horního čidla je chápán jako nejvzdálenější čidlo, které kapalná vlhkost při transportu textilií dosáhne. Pomocí vzorce pro výpočet plochy kruhu $A = \pi r^2$ byla na základě tohoto parametru pro každou textilii vypočtena plocha, která by při předpokladu, že kapalina se textilií šíří rovnoměrně v každém uhlu, měla udávat celkovou smáčenou plochu textilie. Pro lepší srozumitelnost byly tyto dvě plochy následně dány do poměru. Tento poměr se rozumí jako poměr plochy v mm^2 , získané pomocí zpracování obrazů v programu NIS-Elements, k ploše vypočtené z parametru maximálního rádia navlhčení v mm získaného z naměřených dat pomocí přístroje Moisture Management tester.

Vypočtené hodnoty jsou zobrazeny v tabulce. Ta je ještě doplněna o parametr kruhovitosti, který byl získán pomocí zpracování obrazů získaných pomocí termovize.

Dalším parametrem uvedeným v tabulce je vypočtená hodnota zakrytí tkaniny, vycházející ze vzorce uvedeného v kapitole 1. Hodnota zakrytí je závislá na hodnotě dostavy osnovních a útkových nití, která byla předem stanovena, a průměru osnovních a útkových nití. Průměry jednotlivých nití byly vypočteny ze vztahu:

$$d = \sqrt{\frac{4T}{\pi * \rho}}$$

kde jemnost T osnovních i útkových nití byla dopředu známá a její hodnotu je možné najít v kapitole 4. Hustota ρ pro polyesterovou přízi je známá hodnota, kde $\rho = 1390 \text{ kg/m}^3$ a pro viskózu hustota $\rho = 1,53 \text{ g/cm}^3$. Vypočtená hodnota průměru ale není reálná hodnota, jedná se o tzv. substanční průměr. Tento fakt je ale možné zanedbat z důvodu, že parametr je použitý pro porovnání vzorků materiálů, které se liší jenom v dostavě útku. Je nutné si ale uvědomit,

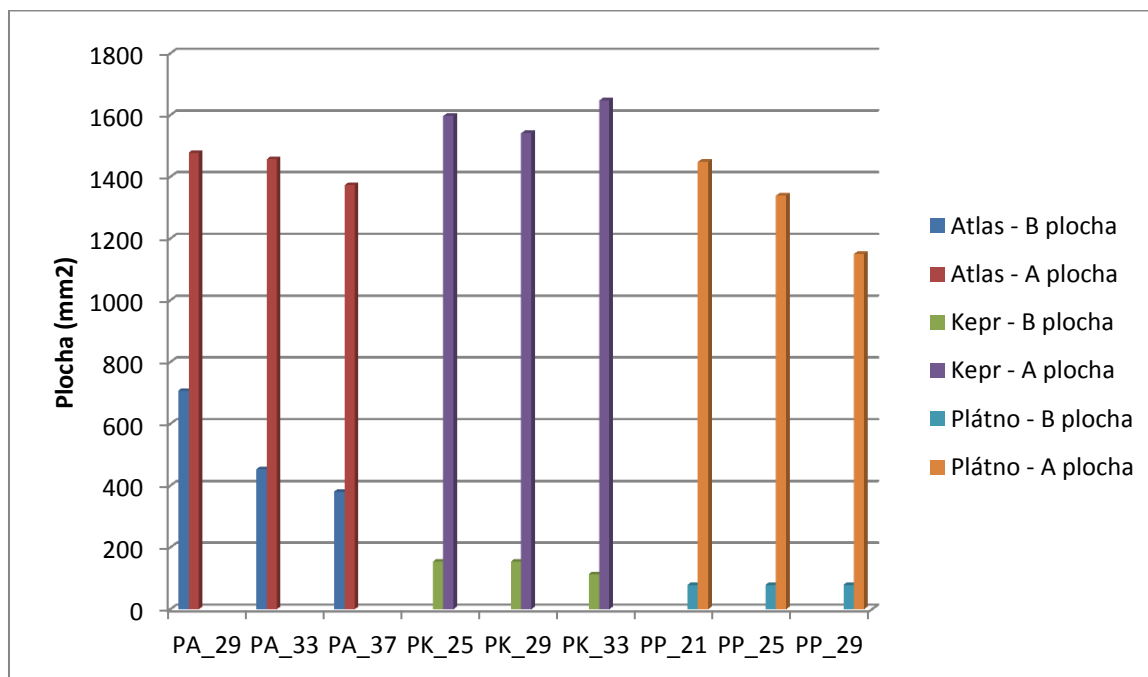
že je tato vypočtená hodnota zakrytí výrazně nižší než skutečná, právě kvůli použitému průměru.

Zkoumané parametry byly následně vloženy do grafů pro lepší prezentaci výsledků.

Tabulka 7: Hodnoty parametrů porovnání pro polyesterovou tkaninu

Název vzorku	Maximální rádius navlhčení (mm)	B- Vypočtená plocha (mm^2)	A- Plocha z NIS-Elements (mm^2)	Poměr ploch: A/B	Kruhovitost	Zakrytí
PA_29	15	706,8583	1477,67	2,09048	0,352	0,584966
PA_33	12	452,3893	1456,72	3,22006	0,457	0,616683
PA_37	11	380,1327	1372,68	3,61105	0,551	0,648401
PK_25	7	153,938	1596,88	10,3735	0,404	0,553248
PK_29	7	153,938	1541,14	10,0114	0,351	0,584966
PK_33	6	113,0973	1646,88	14,5616	0,355	0,616683
PP_21	5	78,53982	1448,21	18,4392	0,458	0,52153
PP_25	5	78,53982	1338,8	17,0461	0,572	0,553248
PP_29	5	78,53982	1149,54	14,6364	0,622	0,584966

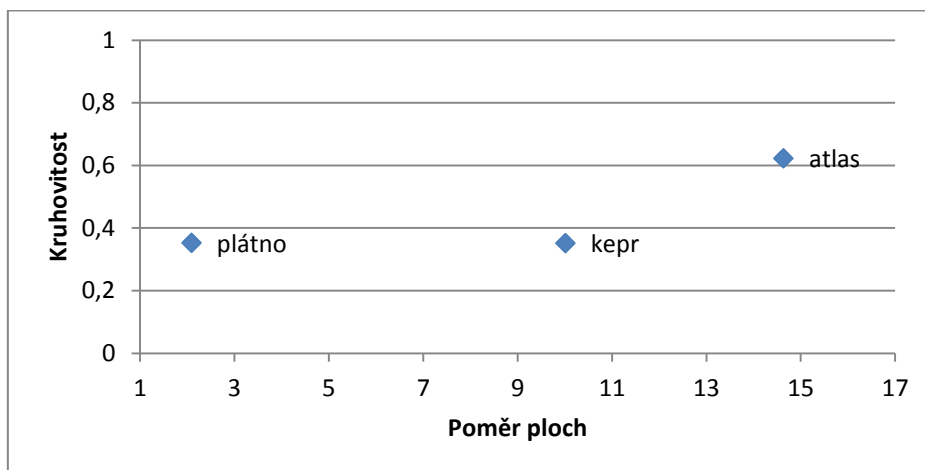
Obrázek 29 je grafickým zobrazením, kde na ose x jsou zobrazeny všechny zkoumané vzorky polyesterové tkaniny ve všech třech vazbách, a pro každou vazbu tři zkoumané dostavy útku. Na ose y je jednou barvou zobrazena plocha A v mm^2 , což je plocha získána po zpracování obrazu získaného z termovizní kamery a následném zpracování v programu NIS-Elements, druhou barvou je zobrazena plocha B v mm^2 , což je plocha vypočtená z hodnoty parametru maximálního rádia navlhčení pro horní čidlo získaná pomocí měření na přístroji MMT.



Obrázek 39: Grafické zobrazení plochy A – získané po zpracování obrazů z termovize a plochy B – vypočtené z parametru maximálního rádia navlhčení z MMT pro polyesterovou tkaninu ve všech zkoumaných vazbách a dostavách

Z grafického zobrazení na obrázku 39 je vidět, že největší rozdíl mezi plochou získanou z přístroje MMT a plochou získanou zpracováním obrazu získaného z termovize vykazuje keprová vazba. Nejmenší rozdíl mezi těmito plochami vykazuje vazba atlasová. Z grafického zobrazení je vidět, že podle přístroje MMT největší plochu ze všech tří vazeb vykazuje atlasová vazba. Při výsledcích získaných zpracováním obrazu z termovizní kamery má parametr plochy nejvyšší hodnotu pro keprovou vazbu. Je tedy možné říct, že výsledek měření pomocí přístroje MMT vykazuje jiný výsledek jako měření pomocí termovizní kamery.

Pro lepší zhodnocení rozdílu ploch byla vypočtena hodnota poměru plochy A, což je plocha získána zpracováním obrazu z termovize, k ploše B, což je plocha vypočtená z parametru maximálního rádia navlhčení u horního čidla získaného z měření pomocí Moisture Management tester. Bylo by možné předpokládat, že hodnota poměru těchto ploch by měla mít souvis s parametrem kruhovitosti. Předpokládalo se, že čím nižší hodnota kruhovitosti, což je ukazovatel jak se obraz liší od kruhu, tím vyšší bude hodnota poměru ploch A/B.



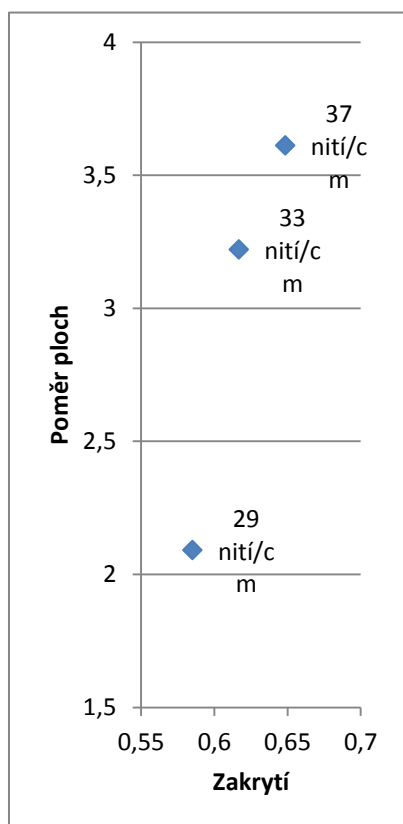
Obrázek 40: Grafické zobrazení závislosti mezi poměrem ploch A/B a kruhovitostí jednotlivých polyesterových vzorků

Grafické zobrazení na obrázku 40 ukazuje závislost mezi průměrnou hodnotou kruhovitosti všech měřených vzorků se stejnou dostavou útku 29 nití/cm a ve všech třech vazbách, zobrazené na ose y a poměru plochy A – což je průměrná hodnota ploch získána ze zpracování obrazu snímaného termovizní kamerou a plochy B – což je průměrná hodnota ploch, vypočtená z parametru maximálního rádia navlhčení horního čidla získaného pomocí přístroje MMT na ose x.

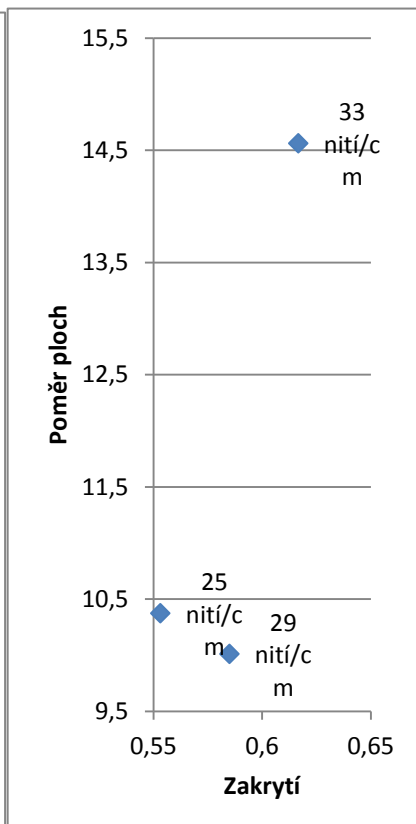
V předchozím odstavci byl vysloven předpoklad, že s rostoucí hodnotou poměru ploch by měl lineárně klesat parametr kruhovitosti. To by pro další zkoumání znamenalo, že čím vyšší je hodnota kruhovitosti daného vzorku, tím se reálně změřená plocha více shoduje s předpokládanou plochou s kterou pracuje přístroj MMT. Jak je ale vidět na obrázku 40, tento předpoklad se pro polyesterovou tkaninu nepotvrdil.

Další zkoumaná závislost se zabývala vlivem vypočtené hodnoty zakrytí, který souvisí s jemností osnovných a útkových nití a dostavou osnovních a útkových nití, na poměr ploch A k ploše B. Plocha A je plocha získaná zpracováním obrazu získaného z termovizní kamery a plocha B představuje plochu vypočtenou z maximálního rádia navlhčení získaného měřením pomocí přístroje MMT. Pro každou vazbu bylo vytvořeno grafické zobrazení, obrázek 41-43, kde na ose x je zobrazená vypočtená hodnota zakrytí a na ose y je zobrazená hodnota poměru ploch. Pomocí tohoto grafického zobrazení je sledována souvislost mezi zakrytím, což je

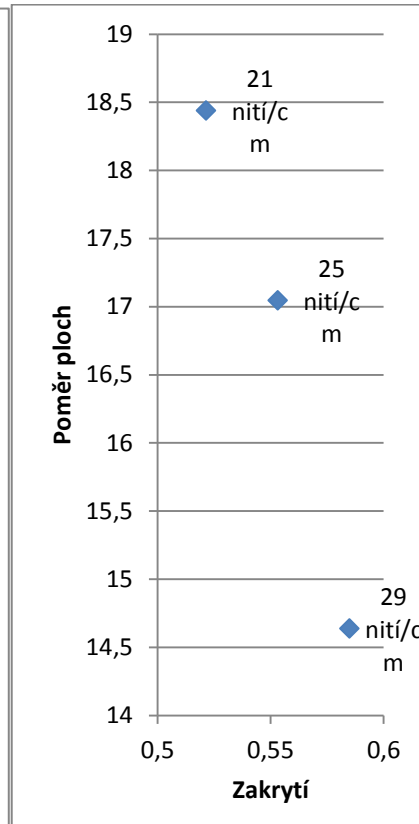
parametr, který je v tomto případě ovlivněn dostavou útku, protože ostatní parametry jsou v skupině porovnávaných vzorků stejné, a poměrem ploch pro každou vazbu zvlášť.



Obrázek 41: Závislost zakrytí na poměru ploch atlasové vazby polyesterové tkaniny



Obrázek 42: Závislost zakrytí na poměru ploch keprové vazby polyesterové tkaniny



Obrázek 43: Závislost zakrytí na poměru ploch plátnové vazby polyesterové tkaniny

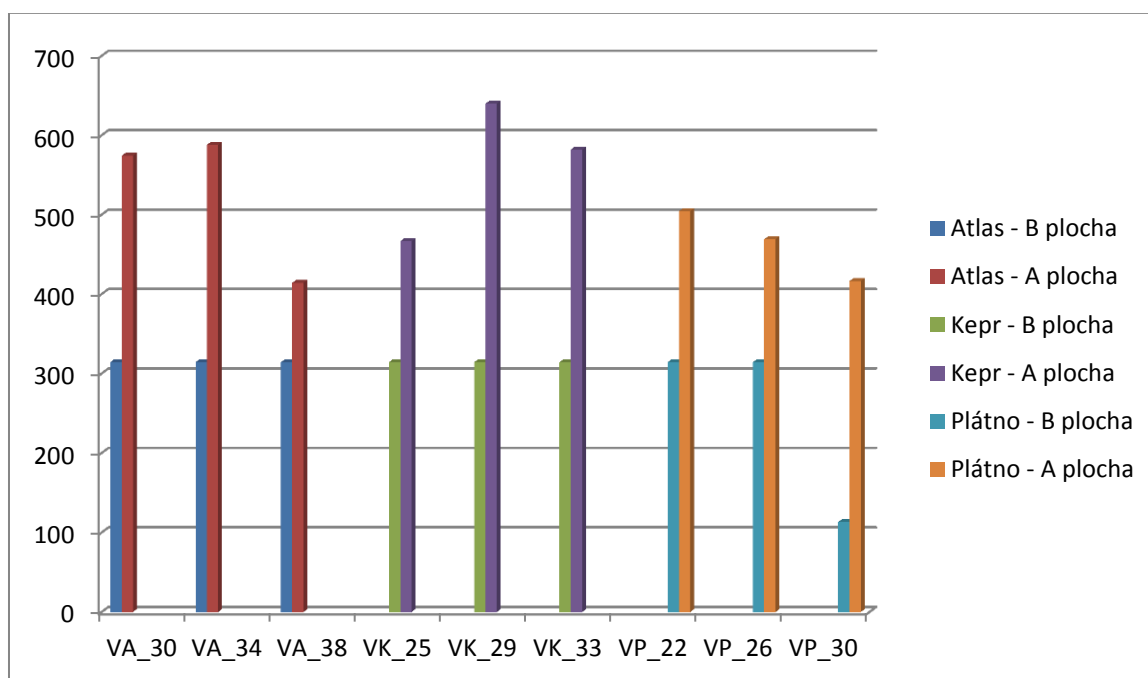
Z grafického zobrazení na obrázku 41 je vidět závislost zakrytí na poměru ploch u atlasové vazby. Z tohoto grafického zobrazení lze vidět, že s rostoucí hodnotou poměru ploch roste i parametr zakrytí. Lze tedy říct, že s rostoucím zakrytím tkaniny roste i poměr ploch získaných z obou metod měření, což značí, že výsledky se od sebe víc liší. Z grafického zobrazení na obrázku 42, které zobrazuje závislost zakrytí na poměru ploch u keprové vazby, není viditelná žádná závislost těchto parametrů. Grafické zobrazení na obrázku 43 ukazuje, že u plátnové vazby s vyšší hodnotou zakrytí tkaniny poměr ploch klesá. Tedy můžeme předpokládat, že s vyšší hodnotou zakrytí tkaniny se měření pomocí obou metod více shodují.

Stejně jak u polyesterové tkaniny byly parametry zvolené pro porovnání obou metod měření vloženy do tabulky 8 a dále analyzovány. Pro porovnání byly zvoleny stejné parametry jako pro polyesterové vzorky tkanin. Stejně jako u vzorků polyesterových tkanin byly vypočteny hodnoty ploch z parametru maximálního rádia navlhčení horního čidla a poměr plochy v mm^2 získané pomocí zpracování obrazu z termovizní kamery k této vypočtené ploše. Dalším vypočteným parametrem byl parametr zakrytí. Princip výpočtu zakrytí je uveden v úvodu kapitoly 7.

Tabulka 8: Hodnoty parametrů porovnání pro viskóзовou tkaninu

Název vzorku	Maximální rádius navlhčení (mm)	B- Vypočtená plocha (mm^2)	A- Plocha z NIS-Elements (mm^2)	Poměr ploch: A/B	Kruhovitost	Zakrytí
VA_30	10	314,1593	574,03	1,82719	0,807	0,614417
VA_34	10	314,1593	587,91	1,87138	0,81	0,638126
VA_38	10	314,1593	414,08	1,31806	0,814	0,661835
VK_25	10	314,1593	466,49	1,48488	0,837	0,58478
VK_29	10	314,1593	639,81	2,03658	0,579	0,608489
VK_33	10	314,1593	582,01	1,8526	0,673	0,632198
VP_22	10	314,1593	504,4	1,60556	0,835	0,566999
VP_26	10	314,1593	469,08	1,49313	0,889	0,590708
VP_30	6	113,0973	416,4	3,68178	0,919	0,614417

Pro lepší vizuální zhodnocení byly hodnoty ploch v mm^2 vloženy do grafu na obrázku 41. Os x tohoto grafického zobrazení zobrazuje všechny zkoumané vzorky materiálů ve všech třech zkoumaných vazbách a dostavách. Osa y zobrazuje hodnoty parametru plochy A v mm^2 , což je plocha získaná zpracováním obrazu z termovizní kamery pomocí programu NIS-Elements a plochy B v mm^2 , což je plocha vypočtená z parametru maximálního rádia navlhčení horního čidla z přístroje Moisture Management tester. Všechny plochy jsou od sebe barevně odlišeny a jejich barevná příslušnost je zobrazena v legendě.

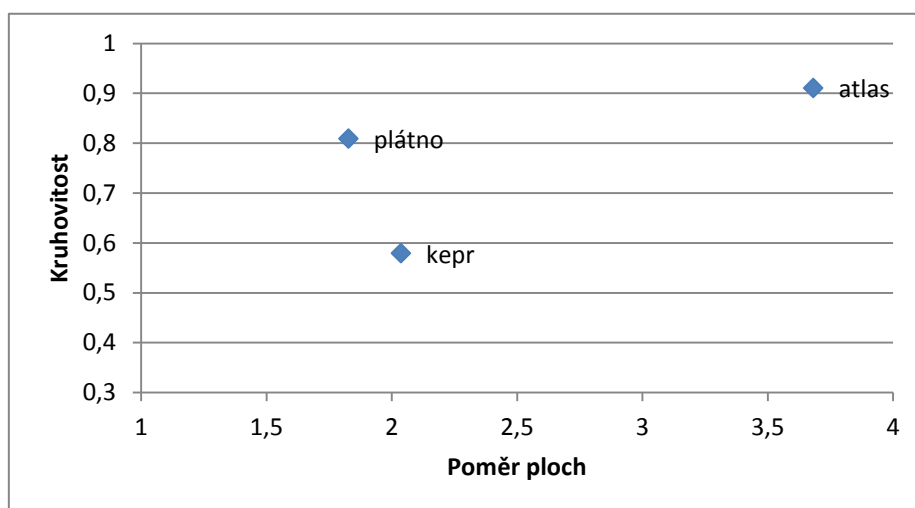


Obrázek 44: Grafické zobrazení plochy A – získané po zpracování obrazů z termovize a plochy B – vypočtené z parametru maximálního rádia navlhčení z MMT pro viskózovou tkaninu ve všech zkoumaných vazbách a dostavách

Grafické zobrazení na obrázku 41 ukazuje, že plochy A, což jsou obsahy ploch získaných zpracováním obrazu z termovizní kamery, jsou větší než plochy B, což jsou plochy vypočtené z parametru maximálního rádia navlhčení horního čidla přístroje MMT. V případě viskózové tkaniny vykazuje maximální rádius navlhčení téměř při všech měřených vzorcích stejnou hodnotu. Jediný vzorek, kde je hodnota odlišná je vzorek utkaný v plátnové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm. Jak je ale vidět u ploch získaných pomocí zpracování obrazu získaného pomocí termovizní kamery plochy se od sebe značně liší. Jak je vidět i v příloze 4, kde jsou uvedeny i vypočtené hodnoty 95% intervalu spolehlivosti a zejména dolní a horní mez tohoto

intervalu a z těchto dat plyne, že intervaly spolehlivosti se nepřekrývají pro vzorky, které se od sebe liší jenom v parametru vazby, no nepřekrývající interval spolehlivosti vykazují i vzorky utkané v keprové a plátnové vazbě, které mají jiný počet nití na 1 cm v útku. Fakt, že se tyto intervaly spolehlivosti nepřekrývají, vede k závěru, že jejich rozdíl je statisticky významný a tedy je nezanedbatelný.

Stejně jako u vzorků z polyesteru byla pro lepší zhodnocení rozdílu ploch vypočtena hodnota poměru plochy A, což je plocha získána zpracováním obrazu z termovizní kamery, k ploše B, což je plocha vypočtená z parametru maximálního rádia navlhčení u horního čidla, získaného z měření pomocí Moisture Management tester. Taky byl vysloven předpoklad, že hodnota poměru těchto ploch by měla mít souvis s parametrem kruhovitosti. Předpokládalo se, že čím nižší hodnota kruhovitosti, což je ukazovatel jak se obraz liší od kruhu, tím bude vyšší hodnota poměru ploch A/B.

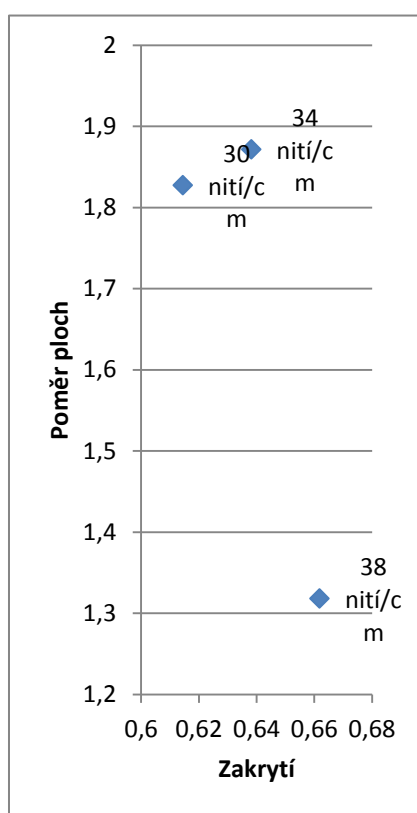


Obrázek 45: Grafické zobrazení závislosti mezi poměrem ploch A/B a kruhovitosti jednotlivých viskózních vzorků

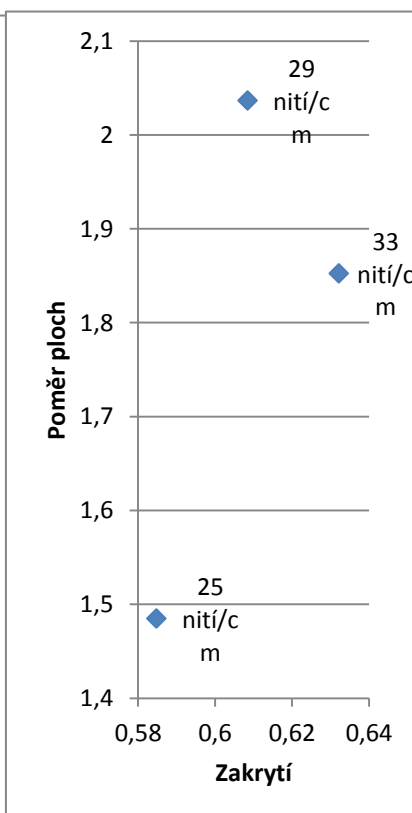
Grafické zobrazení na obrázku 42 ukazuje závislost poměru ploch A, což je plocha získána zpracováním obrazu z termovizní kamery k ploše B, což je plocha vypočtená z hodnoty maximálního rádia navlhčení horního čidla přístroje MMT na ose x a kruhovitosti na ose y. Závislost je uvedena pro testované vzorky mající shodu ve všech parametrech kromě vazby, v které jsou utkány. Jak už bylo uvedeno výše, byl vysloven předpoklad, že čím nižší hodnota kruhovitosti, což je ukazovatel jak se obraz liší od kruhu, tím bude vyšší hodnota poměru

ploch A k B. Jak je vidět z grafického zobrazení ani pro viskózovou tkaninu se tento předpoklad nepotvrdil.

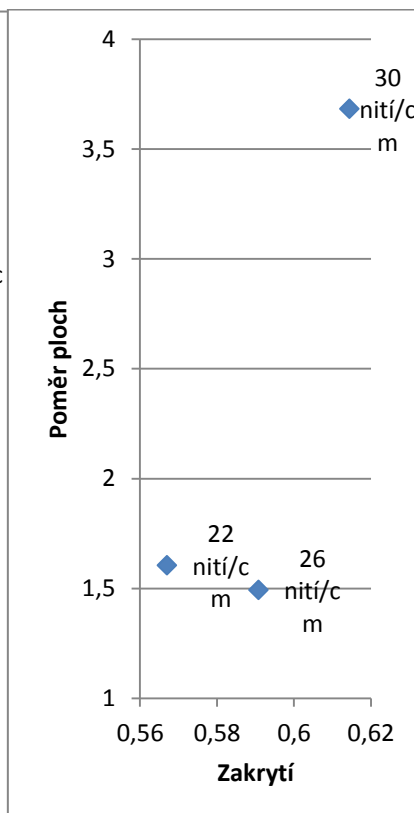
Jak pro polyesterovou tkaninu i tady byl zkoumán trend mezi vypočtenou hodnotou zakrytí a poměrem ploch pro každou vazbu zvlášť. Hodnota zakrytí úzce souvisí s dostavou útku, proto byl tento parametr zvolen pro zkoumání jeho vlivu na poměr ploch A k B, kde A je plocha získána zpracováním obrazu z termovizní kamery a plocha B je vypočtená z maximálního rádia navlhčení horního čidla. Na ose x následujících grafických zobrazení na obrázku 46-48 je zobrazena hodnota zakrytí a na ose y je zobrazena vypočtená hodnota poměru ploch.



Obrázek 46: Závislost zakrytí na poměru ploch atlasové vazby, viskózové tkaniny



Obrázek 47: Závislost zakrytí na poměru ploch keprové vazby, polyesterové tkaniny



Obrázek 48: Závislost zakrytí na poměru ploch plátňové vazby, viskózové tkaniny

Grafické zobrazení na obrázku 46 ukazuje závislost mezi zakrytím a poměrem ploch u atlasové vazby. Z tohoto zobrazení lze vidět, že pro první dvě hodnoty zakrytí, tedy pro první dvě dostavy útku, s rostoucí hodnotou poměru ploch roste i parametr zakrytí. Hodnota poměru

ploch pro největší zakrytí, tedy pro tkaninu v atlasové vazbě s počtem nití 38 na 1 cm útku, pak ale hluboko klesá. Grafické zobrazení na obrázku 47 ukazuje závislost zakrytí na poměru ploch u keprové vazby. U této vazby se taky neukazuje žádná viditelná závislost mezi poměrem ploch a zakrytím. Obrázek 48 je grafickým zobrazením závislosti zakrytí na poměru ploch u plátňové vazby. Tady je vidět, že pro první dvě hodnoty zakrytí platí, že s rostoucí hodnotou zakrytí poměr ploch klesá. Pro nejvyšší hodnotu zakrytí, tedy pro dostavu útku 30 nití/cm, hodnota poměru ploch rychle vzroste. Vliv zakrytí na poměru ploch tedy u viskóзовé tkaniny můžeme sledovat jenom u keprové vazby. Pro vazbu plátňovou a atlasovou se žádná závislost u tohoto typu tkaniny neukazuje.

7.1. Dílčí závěr

V kapitole 7 byla snaha o objektivní porovnání měření transportu kapalné vlhkosti pomocí přístroje MMT a pomocí termovizní techniky. Pro toto porovnání byl zvolen parametr plochy, který byl pro měření pomocí termovize automaticky vygenerován při zpracování obrazu pomocí programu NIS-Elements a z dat naměřených pomocí přístroje MMT bylo možné tento parametr vypočítat použitím maximálního rádia navlhčení horního čidla. Ze zjištěných dat plyne, že plocha získána pomocí termovize je větší, než plocha získána pomocí přístroje MMT. Tento fakt je překvapivý z důvodu, že plocha získána pomocí termovize by měla vystupovat jako reálná plocha, do které se kapka vody rozpíje, zatím co plocha vypočtená z maximálního rádia navlhčení horního čidla získána pomocí přístroje MMT zobrazuje plochu vypočítanou za pomoci průměru v nejvzdálenějším bodě od středu. Jak je však vidět na obrazu z termovizní kamery i na reálném obrazu rozpité kapky na textilním materiálu, kapka se nerozpíjí do kruhové plochy a proto když použijeme pro vypočtení plochy největší průměr, tato plocha bude od reálné plochy větší. Z hlediska nevýhod přístroje MMT je tedy možné uvést, že nelze přístroj nastavit tak, aby byl na textilií kápnut požadovaný počet kapek kapaliny. To je možné nastavit jenom zvolením správné doby provozu čerpadla. Toto nastavení není pro malé množství kapaliny vždy přesné.

Poměr ploch byl použitý jako ukazovatel přesnosti a korektnosti měření. Bylo předpokládáno, že při stejných podmínkách měření bude platit, že čím nižší hodnota poměru ploch, tím víc se plocha získána pomocí termovize shoduje s plochou vypočtenou z maximálního rádia

navlhčení horního čidla získána z měření pomocí MMT. Byl tu předpoklad závislosti tohoto poměru na parametru kruhovitosti. Tato závislost se však nepotvrdila ani pro polyesterovou, ani pro viskózovou tkaninu. Tady je možné poukázat na výhodu měření pomocí termovize, kde je přesně vidět tvar, do kterého se kapalina rozpívá a také je možné vidět celkový průběh rozpívání. Nevýhodou měření pomocí termovize je to, že samotné vyhodnocení o jakou textílii jde z hlediska transportu kapalné vlhkosti je potřeba udělat dodatečně, zatím co přístroj MMT to určí pomocí parametru celkového managementu vlhkosti.

Pro hodnocení vlivu dostavy útku jednotlivých vazeb na poměr získaných ploch byl vybrán parametr zakrytí, který při zachování všech stejných parametrů tkaniny přímo souvisí i s dostavou útku. U polyesterové tkaniny je vidět mírně lineární závislost u atlasové a plátnové vazby.

Závěr

Tato diplomová práce se zabývala šířením kapalné vlhkosti tkaným textilním materiálem a zejména vlivem vazby, ve které je tkanina utkána a dostavy útku testované tkaniny. Měření proběhlo na dvou typech materiálů, na tkanině ze 100 % polyesteru a druhou skupinu tvořily tkaniny ze 100 % viskózy. Pro standardní měření byl zvolen přístroj Moisture Management tester, který se pro hodnocení transportu kapalné vlhkosti běžně využívá, a tato metodika byla ještě doplněna o měření pomocí termovizní techniky. V závěru byly obě tyto metody měření porovnány.

Měření pomocí přístroje Moisture Management tester ukázalo, že kapalná vlhkost je závislá na tom, v jaké vazbě jsou tkaniny utkány. Bylo taky předpokládáno, že i dostava útku bude vykazovat téměř lineární závislost na transportu kapalné vlhkosti, tento předpoklad se nepotvrdil. Tuto závislost však není správné zcela zahodit, protože pro každý vzorek bylo vykonáno pouze 5 měření, což je sice z hlediska manuálu pro nastavení přístroje dostačující množství, ale při malých rozdílech v zkoumaných parametrech je tento počet nedostačující. Také při snížení objemu vody, který byl na textilií kapán je potřeba i malou variabilitu brát v úvahu. Zde je potřeba poukázat i na fakt, že právě z hlediska použití menšího objemu kapaliny než je standard by pro lepší výsledky bylo potřebné jemnějšího rozdělení čidel vlhkosti tohoto přístroje.

Měření pomocí termovizní techniky a následného zpracování termogramů také ukázalo, že kapalná vlhkost se v tkaninách utkaných v různých vazbách šíří jinak. To bylo patrné i v průběhu samotného měření, kde je i na samotném videu vidět průběh šíření. Už samotný průběh ukazuje, že při keprové vazbě se kapalina rozpíjí ve směru nití a je tedy patrně vidět, jestli jde o tkaninu s keprovou vazbou s pravým nebo levým směrem řádkování. Jako parametr pro hodnocení transportu kapalné vlhkosti byl v tomto případě vybrán parametr plochy, do které se kapalina v průběhu šíření rozpíje. V případě měření pomocí termovize je potřeba poukázat na fakt, že samotné hodnocení probíhá velice subjektivně. Vytvořený obraz není zpracováván automatickým programem ale člověkem, proto je toto hodnocení velice subjektivní a je potřeba tento fakt co nejlíp optimalizovat. Na měření má ale vliv i fakt, že měření sice probíhá v tmavé komoře a jsou tu zabezpečeny základní podmínky tak, aby termovizní kamera i měřený vzorek byly v stejné vzdálenosti, ale samotný proces kápnutí je

prováděn člověkem, a může tedy dojít k nepřesnostem. Tuto skutečnost by také bylo potřeba co nejlépe optimalizovat.

Porovnání obou metod spočívalo v porovnání parametru plochy, získané z obou metod měření. Byl tady vysloven předpoklad, že parametr poměru plochy získané ze zpracování obrazu z termovizní techniky a plochy získané přepočtem z parametru maximálního navlhčení horního čidla přístroje Moisture Management tester, souvisí s kruhovitostí. Předpokládalo se, že čím víc se budou tyto plochy lišit, tím větší kruhovitost bude pro daný vzorek zaznamenána. Tento předpoklad se ale nepotvrdil. Pro porovnání obou metod při různých dostavách útku testovaných vzorků byl zvolen parametr zakrytí. I zde byla taky hledána závislost mezi zakrytím a poměrem ploch. Tato závislost se u polyesterové tkaniny u dvou vazeb potvrdila. Při porovnání by bylo ale potřeba brát v úvahu i rychlost šíření kapaliny, která může celé hodnocení také ovlivnit.

Z provedeného experimentu je tedy možné dedukovat, že to v jaké vazbě je tkanina utkána má vliv na transport kapalné vlhkosti textilním materiálem. Také se ukázalo, že tkaniny utkány ve stejné vazbě, které se lišily jenom v dostavě útku šíří kapalnou vlhkost jinak. Jak velký je tento vliv ale po tomto experimentu není možné jednoznačně říct a to zejména z důvodu veliké variability měření. Pro optimalizaci je potřeba pro následující experimenty zvážit objem roztoku, který se naměření používá a to zejména pro rozložení čidel vlhkosti u přístroje Moisture Management tester. Při měření pomocí termovizní techniky je potřeba co nejvíc minimalizovat vliv subjektivnosti a to zejména při kapání kapky na textilní materiál, ale i při samotném vyhodnocování získaného obrazu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOSTALOVÁ, M. KŘIVÁNKOVÁ, M. *Základy textilní a oděvní výroby*. Liberec: Technická univerzita, 1998. ISBN 80-7083-306-8.
- [2] KOVÁŘ, R. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-675-8.
- [3] *Wicking behaviour of woven cotton fabrics by horizontal method*. [Online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/303186006_Wicking_behaviour_of_woven_cotton_fabrics_by_horizontal_method. [citace 2019-01-08].
- [4] T. Council of Scientific & Industrial Research (India). Publications & Information Directorate., I. National Institute of Science Communication (New Delhi, D. Dupuis, a P. Viallier, Indian journal of fibre & textile research. Publications & Information Directorate, CSIR, 1990.
- [5] R. V BABU, S. V S, L. KANTHA, a R. BABU: *Analysis of Fabrics Structure on the Character of Wicking*.
- [6] B. DAS, A. DAS, V. K. KOTHARI, R. FANGUEIRO, a M. DE ARAÚJO, *MOISTURE TRANSMISSION THROUGH TEXTILES Part II: Evaluation Methods and Mathematical Modelling*, 2007.
- [7] HORNÍČEK, P.: *Odvod vlhkosti a tepla z povrchu lidského těla*. [Online]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16688460-Odvod-vlhkosti-a-tepla-z-povrchu-lidskeho-tela.html>. [citace 2019-01-15].
- [8] HES, L. ,SLUKA, P.: *Úvod do komfortu textilií*, skriptum, TUL, 2005
- [9] STANĚK, Jaroslav a Milada KUBÍČKOVÁ. *Oděvní materiály*. Liberec : Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1986
- [10] ČSN 80 0831(800831): *Savost plošných textilií. Stanovení nasákavosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1992-2008
- [11] *Úhel smáčení*. [online]. [citace 2019-01-05 9. 6. 2015] Dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/mereni_uhlu_smaceni.html

- [12] ČSN 80 0828 (800828): *Plošné textilie. Stanovení savosti vůči vodě. Postup vztlínáním*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1992
- [13] ČSN EN 20811 (800818): *Textilie. Stanovení odolnosti proti pronikání vody. Zkouška tlakem vody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1994
- [14] ŠTEFL, J.: *Kinetika šíření vlhkosti v textiliích*, Diplomová práce 2013
- [15] MOISTURE MANAGEMENT TESTE, M290 MMT – Users manual. SDL ATLAS, Rev. 4. 1(11/10), SN:808G0007.
- [16] WEDER, M., BRUHWIELER, P., LAIB, A. P.: *X-Ray Tomography Measurements of the Moisture Distribution in Multilayered Clothing Systems*, *Text. Res. J.*, roč. 76, č. 1, s. 18–26, led. 2006.
- [17] SVOBODA, J.: *Termodiagnostika: učební texty*.
- [18] ŠIMKO, M.: *Termovízia a jej využitie v praxi*
- [19] BANERJEE, D., CHATTOPADHYAY, S. TULI, S.: *Infrared thermography in material research – A review of textile applications*", *Indian J. Fibre Text. Res.*, roč. 38, s. 427–437, 2013.
- [20] ČSN ISO 18434-1: *Monitorování stavu a diagnostika strojů – Termografie – Část 1: Všeobecné postupy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009
- [21] HORÁKOVÁ, Z.: *Využití termovize u pacientů s reumatoidní artritidou*.
- [22] RENZI IZZO, A. PERSICO, P. CARFAGNA, C.: *Phase Change Materials (PCMs) technology for leather wearing industry*.
- [23] LIZÁK, P. MURÁROVÁ, A. MOJUMDAR, S. C.: *Heat transfer through a textile layer composed of hollow fibres*, *J. Therm. Anal. Calorim.*, roč. 108, č. 3, s. 851–857, čer. 2012.
- [24] KOSIKOVIC, N. VLADIĆ, G. KOŠIKOVIĆ, D. AVRAMOVIĆ, D. ZELJKOVIĆ, Ž.: *Analysis of roughness changes in digitally printed polyester material exposed to thermal load; Development of software model for scientific and production*

- improvement in graphic industry " View project ANALYSIS OF ROUGHNESS CHANGES IN DIGITALY PRINTED POLYESTER MATERIAL EXPOSED TO THERMAL LOAD", 2010.
- [25] MICHALAK,M.: *Application of the Non-Contact Thermal Method for Estimation of the Thermal Parameters of Flat Materials*, *FIBRES Text. East. Eur.*, roč. 18, č. 683, s. 76–79, 2010.
- [26] PIEKLAK,K. MIKOLAJCZY,Z.: *Strength Tests of 3D Warp-Knitted Composites with the Use of the Thermovision Technique*, *Fibres Text. East. Eur.*, roč. Nr 5 (88), 2011.
- [27] KOŠIKOVIĆ,N. NOVAKOVIĆ,I. KARLOVIĆ,I. VLADIĆ,G.: *INFLUENCE OF INK LAYERS ON THE QUALITY OF INK JET PRINTED TEXTILE MATERIALS* *MÜREKKEP TABAKALARININ INK JET BASKILI TEKSTİL MALZEMELERİNİN KALİTESİNE ETKİSİ, TEKSTİL ve KONFEKSİYON*, roč. 2, 2012.
- [28] MIJOVIC,B. SALOPEK CUBRIC,I. SKENDERIZ,Z. REISCHL,U.: *Thermographic Assessment of Sweat Evaporation inside Clothing Systems*, *Fibres Text. East. Eur.*, roč. Nr 5 (94), 2012.
- [29] POUCHOVÁ, Tereza. *Alternativní metoda měření transportu kapalné vlhkosti u funkčních materiálů*, Liberec, 2015. Diplomová práce TUL
- [30] VLASATÁ, Monika. *Analýza šíření kapalné vlhkosti materiálem vzhledem ke struktuře textilního materiálu*, Liberec, 2015. Diplomová práce TUL
- [31] ŠIKOVÁ, Klára. *Hodnocení nasákavosti košilovin pomocí termografické techniky*, Liberec, 2014. Diplomová práce TUL
- [32] KLEIN, Pavel. *Experimentální měření transportu kapaliny v příčném řezu sendvičové struktury*, Liberec, 2017. Diplomová práce TUL

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Základní charakteristiky tkaniny [1].....	15
Obrázek 2: Střída plátňové vazby	16
Obrázek 3: Střída nejmenší keprové vazby s pravým řádkováním Z	16
Obrázek 4: Pět vazný atlas s postupným číslem 3	17
Obrázek 5: Testovací zařízení použito autory v literatuře [3].....	18
Obrázek 6: Vazby testované v experimentu [5]	19
Obrázek 7: Oděvní systém [8].....	22
Obrázek 8: Kapka při měření úhlu smáčení [11]	23
Obrázek 9: Moisture Management tester [15].....	26
Obrázek 10: Ukázka strojního zařízení použitého pro měření [16]	27
Obrázek 11: Elektromagnetické spektrum	29
Obrázek 12: Použití termografie v textilním průmyslu [19]	30
Obrázek 13: Obraz zatížení z digitální a termovizní kamery [26]	33
Obrázek 14: Tepelní rozložení vzorku [27]	34
Obrázek 15: Hodnocení vzlínivosti pomocí termografie [31].....	36
Obrázek 16: Termogram šíření kapaliny v příčném řezu [16]	37
Obrázek 17: Přístroj Moisture Management tester	40
Obrázek 18: Čidla vlhkosti.....	40
Obrázek 19: Závislost celkového managementu vlhkosti (OMMC) na dostavě útku polyesterové tkaniny a její vazbě	43
Obrázek 20: Závislost maximálního rádiusu navlhčení na použité vazbě tkaniny při stejné dostavě útku.....	44
Obrázek 21: Závislost celkového managementu vlhkosti (OMMC) na dostavě útku viskóзовé tkaniny a její vazbě.....	46
Obrázek 22: Závislost maximálního rádiusu navlhčení na použité vazbě viskóзовé tkaniny při stejné dostavě útku	47
Obrázek 23: Termovizní kamera používaná pro měření	49
Obrázek 24: Stojan pro umístění vzorku.....	49
Obrázek 25: Tmavá komora	49
Obrázek 26: Vzorek upnutý v rámu před měřením.....	50
Obrázek 27: Kalibrační čtvereček	50

Obrázek 28: Zobrazení kalibračního čtverečku pomocí termovizní techniky	50
Obrázek 29: PES, plátňová vazba	51
Obrázek 30: PES, keprová vazba	51
Obrázek 31: PES, atlasová vazba	51
Obrázek 32: VS, plátňová vazba	52
Obrázek 33: VS, keprová vazba	52
Obrázek 34: VS, atlasová vazba.....	52
Obrázek 35: Závislost dostavy na změřenou plochu smáčené části v mm ² u jednotlivých vazeb a dostav polyesterové tkaniny	55
Obrázek 36: Porovnání parametru kruhovitosti pro stejnou dostavu útku u všech vazeb polyesterové tkaniny	56
Obrázek 37: Závislost dostavy na změřenou plochu smáčené části v mm ² u jednotlivých vazeb a dostav viskóзовé tkaniny	58
Obrázek 38: Porovnání parametru kruhovitosti pro stejnou dostavu útku u všech vazeb viskóзовé tkaniny.....	59
Obrázek 39: Grafické zobrazení plochy A – získané po zpracování obrazů z termovize a plochy B – vypočtené z parametru maximálního rádia navlhčení z MMT pro polyesterovou tkaninu ve všech zkoumaných vazbách a dostavách.....	63
Obrázek 40: Grafické zobrazení závislosti mezi poměrem ploch A a B a kruhovitostí jednotlivých polyesterových vzorků	64
Obrázek 41: Závislost zakrytí na poměru ploch atlasové vazby polyesterové tkaniny.....	65
Obrázek 42: Závislost zakrytí na poměru ploch keprové vazby polyesterové tkaniny.....	65
Obrázek 43: Závislost zakrytí na poměru ploch plátňové vazby polyesterové tkaniny.....	65
Obrázek 44: Grafické zobrazení plochy A – získané po zpracování obrazů z termovize a plochy B – vypočtené z parametru maximálního rádia navlhčení z MMT pro viskóзовou tkaninu ve všech zkoumaných vazbách a dostavách.....	67
Obrázek 45: Grafické zobrazení závislosti mezi poměrem ploch A a B a kruhovitostí jednotlivých viskóзовých vzorků.....	68
Obrázek 46: Závislost zakrytí na poměru ploch atlasové vazby, viskóзовé tkaniny.....	69
Obrázek 47: Závislost zakrytí na poměru ploch keprové vazby, polyesterové tkaniny.....	69
Obrázek 48: Závislost zakrytí na poměru ploch plátňové vazby, viskóзовé tkaniny	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozdělení materiálů - polyester	39
Tabulka 2: Rozdělení materiálů - viskóza.....	39
Tabulka 3: Průměrné hodnoty naměřených dat pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu.....	42
Tabulka 4: Průměrné hodnoty naměřených dat pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu	45
Tabulka 5: Průměrné hodnoty vybraných měřených parametrů pro polyester	54
Tabulka 6: Průměrné hodnoty vybraných měřených parametrů pro viskózu	56
Tabulka 7: Hodnoty parametrů porovnání pro polyesterovou tkaninu	62
Tabulka 8: Hodnoty parametrů porovnání pro polyesterovou tkaninu	66

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Příloha 1: Typy textilií podle MMT	85
Příloha 2: Zesnímané vzorky textilií	89
Příloha 3: Data naměřená pomocí přístroje MMT doplněná o základní statistické charakteristiky	91
Příloha 4: Data získána pomocí termovizní techniky a vyhodnocená pomocí programu NIS-elements doplněná o základní statistické charakteristiky	104
Příloha 5: Reální vzorky měřených textilních materiálů.....	112

SEZNAM OBRÁZKŮ PŘÍLOHOVÉ ČÁSTI

Obrázek 1: Šíření roztoku textilií ze středu směrem	85
Obrázek 2: Šíření roztoku textilií ze středu směrem	85
Obrázek 3: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas pomalu absorbující a pomalu schnoucí textilie [15]	86
Obrázek 4: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas rychle absorbující a pomalu schnoucí textilie [15]	86
Obrázek 5: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas rychle absorbující a pomalu schnoucí textilie.....	87
Obrázek 6: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas vodě odpudivé textilie.....	87
Obrázek 7: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas textilie s managementem vlhkosti.....	88
Obrázek 8: PES, plátno, Du=21nití/cm	89
Obrázek 9: PES, plátno, Du=25nití/cm	89
Obrázek 10: PES, plátno, Du=29nití/cm	89
Obrázek 11: PES, kepr, Du=25nití/cm	89
Obrázek 12: PES, kepr, Du=29nití/cm	89
Obrázek 13: PES, kepr, Du=33nití/cm	89

Obrázek 14: PES, atlas, Du=29nití/cm.....	89
Obrázek 15: PES, atlas, Du=33nití/cm.....	89
Obrázek 16: PES, atlas, Du=37nití/cm.....	89
Obrázek 17: VS, plátno, Du=22nití/cm.....	90
Obrázek 18: VS, plátno, Du=26nití/cm.....	90
Obrázek 19: VS, plátno, Du=30nití/cm.....	90
Obrázek 20: VS, kepr, Du=25nití/cm.....	90
Obrázek 21: VS, kepr, Du=29nití/cm.....	90
Obrázek 22: VS, kepr, Du=33nití/cm.....	90
Obrázek 23: VS, atlas, Du=30nití/cm	90
Obrázek 24: VS, atlas, Du=34nití/cm	90
Obrázek 25: VS, atlas, Du=38nití/cm	90
Obrázek 26: Reální obraz PA_29.....	112
Obrázek 27: Reální obraz PA_33.....	112
Obrázek 28: Reální obraz PA_37.....	112
Obrázek 29: Reální obraz PK_25.....	112
Obrázek 30: Reální obraz PK_29.....	112
Obrázek 31: Reální obraz PK_33.....	112
Obrázek 32: Reální obraz PP_21	112
Obrázek 33: Reální obraz PP_25	112
Obrázek 34: Reální obraz PP_29	112
Obrázek 35: Reální obraz VA_30	113
Obrázek 36: Reální obraz VA_34	113
Obrázek 37: Reální obraz VA_38	113
Obrázek 38: Reální obraz VK_25	113
Obrázek 39: Reální obraz VK_29	113
Obrázek 40: Reální obraz VK_33	113
Obrázek 41: Reální obraz VP_22.....	113
Obrázek 42: Reální obraz VP_26.....	113
Obrázek 43: Reální obraz VP_30.....	113

SEZNAM TABULEK PŘÍLOHOVÉ ČÁSTI

Tabulka 1: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v atlasové vazbě	91
Tabulka 2: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 33 nití/cm utkané v atlasové vazbě	92
Tabulka 3: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 37 nití/cm utkané v atlasové vazbě	92
Tabulka 4: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 25 nití/cm utkané v keprové vazbě.....	93
Tabulka 5: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v keprové vazbě.....	94
Tabulka 6: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 33 nití/cm utkané v keprové vazbě.....	94
Tabulka 7: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 21 nití/cm utkané v plátnové vazbě.....	95
Tabulka 8: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 25 nití/cm utkané v plátnové vazbě.....	96
Tabulka 9: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v plátnové vazbě.....	96
Tabulka 10: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 30 nití/cm utkané v atlasové vazbě	97
Tabulka 11: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 34 nití/cm utkané v atlasové vazbě	98
Tabulka 12: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 38 nití/cm utkané v atlasové vazbě	99
Tabulka 13: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 25 nití/cm utkané v keprové vazbě.....	99
Tabulka 14: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v keprové vazbě.....	100
Tabulka 15: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 33 nití/cm utkané v keprové vazbě.....	101

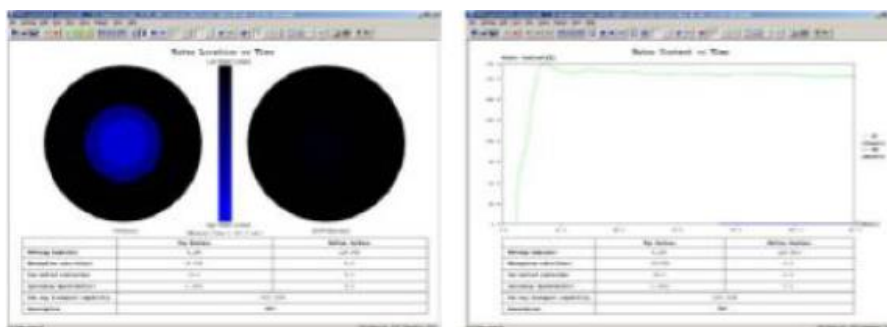
Tabulka 16: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 22 nití/cm utkané v plátňové vazbě.....	101
Tabulka 17: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 26 nití/cm utkané v plátňové vazbě.....	102
Tabulka 18: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 30 nití/cm utkané v plátňové vazbě.....	103
Tabulka 19: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm	104
Tabulka 20: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 33 nití/cm	104
Tabulka 21: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 37 nití/cm	105
Tabulka 22: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 25 nití/cm	105
Tabulka 23: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm	105
Tabulka 24: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 33 nití/cm	106
Tabulka 25: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v plátňové vazbě s dostavou útku 21 nití/cm	106
Tabulka 26: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v plátňové vazbě s dostavou útku 25 nití/cm	107
Tabulka 27: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v plátňové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm	107
Tabulka 28: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 30 nití/cm	107
Tabulka 29: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 34 nití/cm	108
Tabulka 30: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 38 nití/cm	108
Tabulka 31: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 25 nití/cm	109

Tabulka 32: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm	109
Tabulka 33: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 33 nití/cm	109
Tabulka 34: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v plátnové vazbě s dostavou útku 22 nití/cm	110
Tabulka 35: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 26 nití/cm	110
Tabulka 36: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v plátnové vazbě s dostavou útku 30 nití/cm	111

Příloha 1: Typy textilií podle MMT

1. Voděodolné textilie [15]

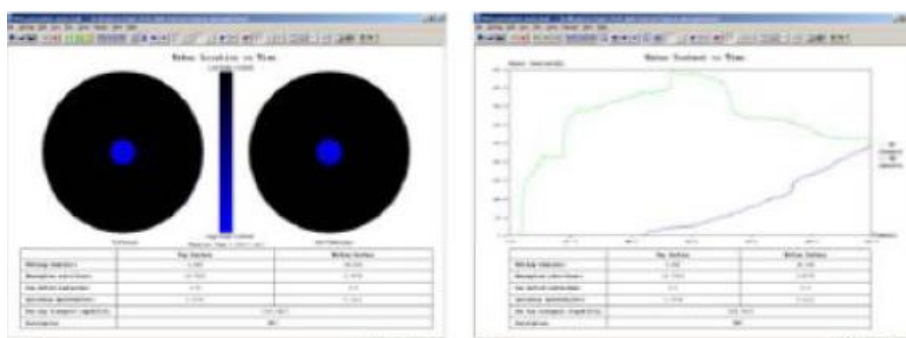
- velmi pomalá absorpce roztoku
- velmi pomalé šíření kapaliny textilií
- nedochází k jednosměrnému přenosu ani k penetraci



Obrázek 1: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas voděodolné textilie [15]

2. Vodu odpuzující textilie [15]

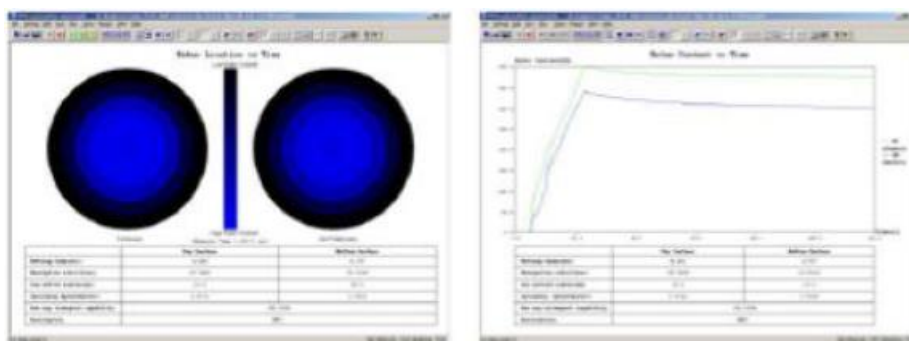
- nedochází k navlhčení textilie
- nedochází k absorpci
- nedochází k šíření roztoku textilií
- slabý jednosměrný přenos bez působení vnějších vlivů



Obrázek 2: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas vodě odpuzující textilie [15]

3. Pomalu absorbující a pomalu schnoucí textilie [15]

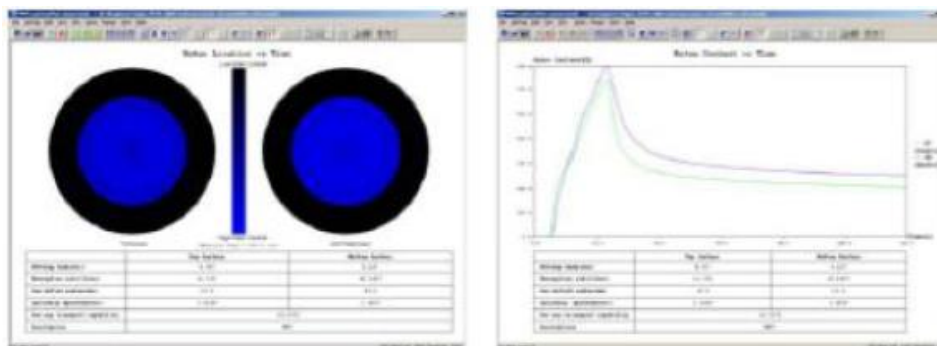
- pomalá absorpce
- pomalé šíření roztoku textilií
- slabý jednosměrný přenos



Obrázek 3: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas pomalu absorbující a pomalu schnoucí textilie [15]

4. Rychle absorbující a pomalu schnoucí textilie

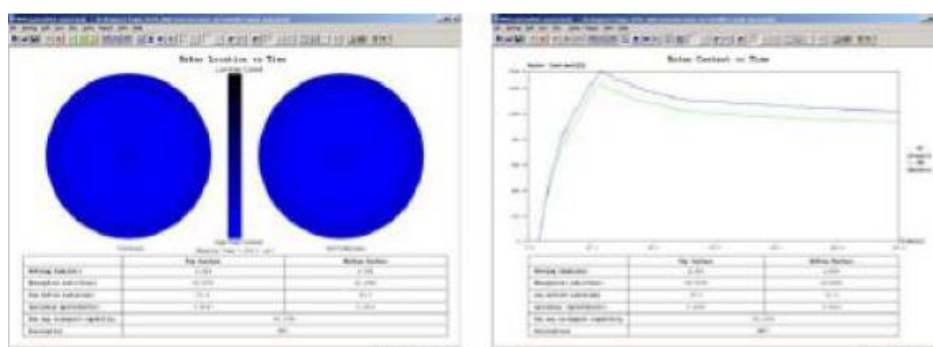
- střední až rychlé namočení textilie
- střední až rychlá absorpce
- malá oblast šíření kapaliny
- pomalé šíření roztoku
- slabý jednosměrný přenos



Obrázek 4: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas rychle absorbující a pomalu schnoucí textilie [15]

5. Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie

- střední až rychlé namočení textilie
- střední až rychlá absorpce
- velká oblast šíření kapaliny
- rychlé šíření roztoku
- slabý jednosměrný přenos

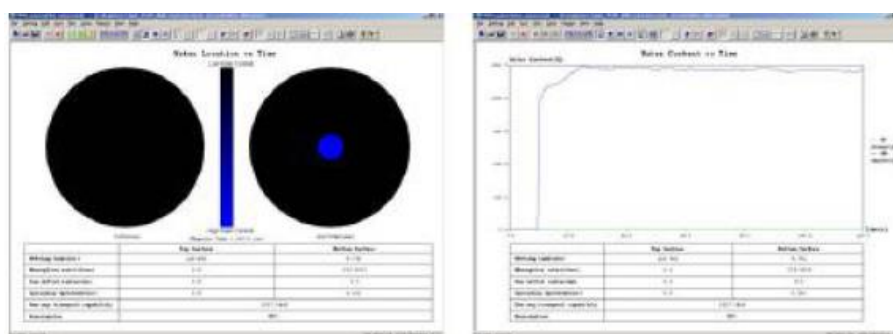


Obrázek 5: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas rychle absorbující a pomalu schnoucí textilie

[15]

6. Vodě propustné textilie

- malá oblast šíření kapaliny
- výborný jednosměrný přenos roztoku

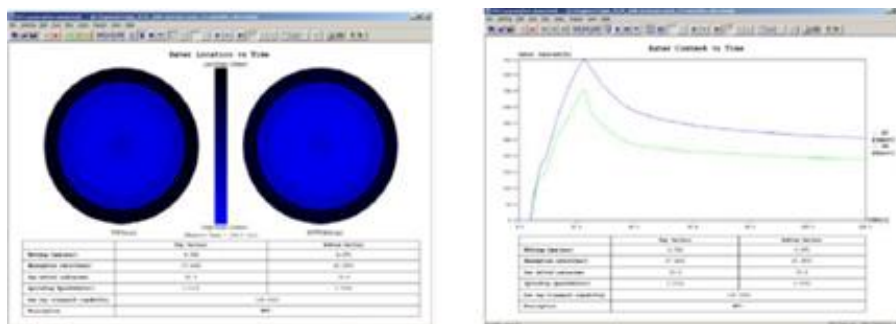


Obrázek 6: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas vodě odpudivé textilie

[15]

7. Textilie s managementem vlhkosti

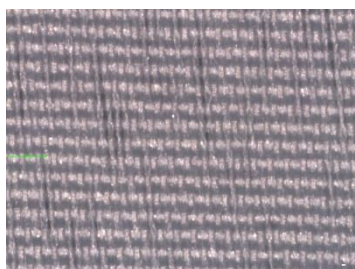
- střední až rychlé namočení textilie
- střední až rychlá absorpce
- velká oblast šíření kapaliny na spodní straně textilie
- rychlé šíření roztoku na spodní straně textilie
- dobrý až výborný jednosměrný přenos



Obrázek 7: Šíření roztoku textilií ze středu směrem k vnějším okrajům na obou stranách textilie a graf obsah vody vs. čas textilie s managementem vlhkosti

[15]

Příloha 2: Zesnímané vzorky textilií



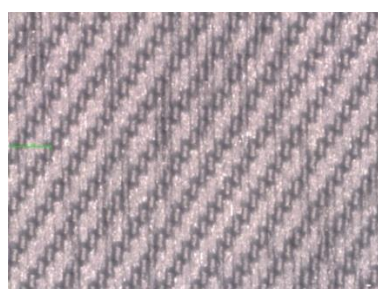
**Obrázek 8: PES, plátno,
Du=21nití/cm**



**Obrázek 9: PES, plátno,
Du=25nití/cm**



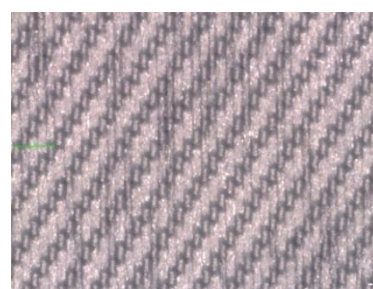
**Obrázek 10: PES, plátno,
Du=29nití/cm**



**Obrázek 11: PES, kepr,
Du=25nití/cm**



**Obrázek 12: PES, kepr,
Du=29nití/cm**



**Obrázek 13: PES, kepr,
Du=33nití/cm**



**Obrázek 14: PES, atlas,
Du=29nití/cm**



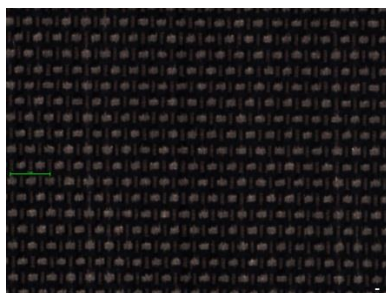
**Obrázek 15: PES, atlas,
Du=33nití/cm**



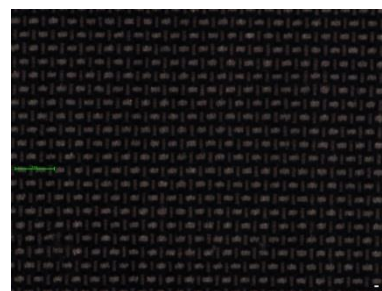
**Obrázek 16: PES, atlas,
Du=37nití/cm**



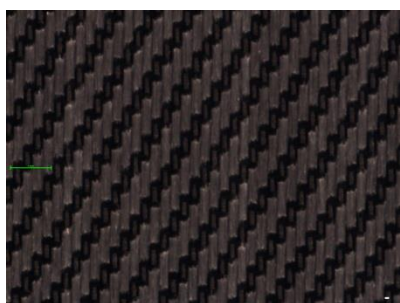
**Obrázek 17: VS, plátno,
Du=22nití/cm**



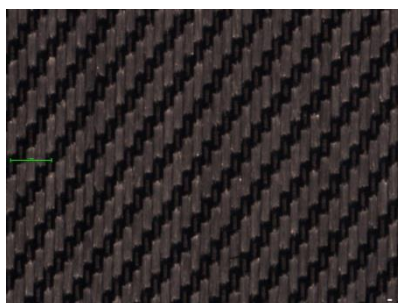
**Obrázek 18: VS, plátno,
Du=26nití/cm**



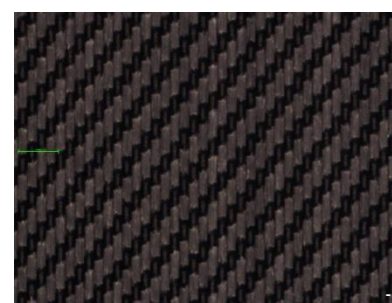
**Obrázek 19: VS, plátno,
Du=30nití/cm**



**Obrázek 20: VS, kepr,
Du=25nití/cm**



**Obrázek 21: VS, kepr,
Du=29nití/cm**



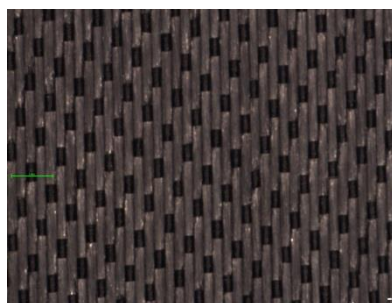
**Obrázek 22: VS, kepr,
Du=33nití/cm**



**Obrázek 23: VS, atlas,
Du=30nití/cm**



**Obrázek 24: VS, atlas,
Du=34nití/cm**



**Obrázek 25: VS, atlas,
Du=38nití/cm**

Příloha 3: Data naměřená pomocí přístroje MMT doplněná o základní statistické charakteristiky

Tabulka 1: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v atlasové vazbě

PA_29	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	23,1619	15,0	2,6351	110,8895	0,3499
F-2	19,2873	10,0	2,4649	88,6063	0,332
F-3	28,8838	10,0	2,4534	53,5929	0,3256
F-4	21,4893	10,0	2,1326	76,6762	0,3026
F-5	28,4045	10,0	2,3195	81,5073	0,3902
Průměr	24,2453	11,0	2,4011	82,2544	0,3401
Směrodatná odchylka	4,2475	2,2361	0,1873	20,6971	0,0327
Variační koeficient	0,1752	0,2033	0,078	0,2516	0,0962
95% IS	3,7230295	1,9599921	0,16417267	18,141475	0,0286623
Horní mez	27,9683	13,0	2,5653	100,3959	0,3688
Dolní mez	20,5223	9,0	2,2369	64,1129	0,3114

Tabulka 2: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 33 nití/cm utkané v atlasové vazbě

PA_33	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku textilií (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	55,0829	15,0	4,0082	98,3046	0,4963
F-2	24,1683	10,0	2,3818	51,8543	0,2819
F-3	22,8937	10,0	2,4405	65,4102	0,2914
F-4	37,0882	10,0	3,0526	64,876	0,3986
F-5	35,3083	15,0	3,9259	60,0216	0,4084
Průměr	34,9083	12,0	3,1618	68,0933	0,3753
Směrodatná odchylka	12,9579	2,7386	0,7812	17,7421	0,0895
Variační koeficient	0,3712	0,2282	0,2471	0,2606	0,2384
95% IS	11,357891	2,4004446	0,68473941	15,551351	0,0784488
Horní mez	46,2662	14,4	3,8465	83,6447	0,4537
Dolní mez	23,5504	9,6	2,4771	52,5419	0,2969

Tabulka 3: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 37 nití/cm utkané v atlasové vazbě

PA_37	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	22.5672	10.0	2.2451	65.5696	0.284
F-2	35.5968	15.0	3.8419	70.3349	0.4071
F-3	22.9247	10.0	2.0938	72.7283	0.2858

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

F-4	18.8096	10.0	2.5341	74.449	0.2992
F-5	15.0569	10.0	1.1731	61.7218	0.1568
Průměr	22,991	11	2,3776	68,9607	0,2866
Směrodatná odchylka	7,7383	2,2361	0,964	5,2466	0,0888
Variační koeficient	0.3366	0.2033	0,4055	0.0761	0.3098
95% IS	6,7827944	1,9599921	0,84496773	4,5987632	0,0778352
Horní mez	29,773794	12,959992	3,22256773	73,559463	0,3644352
Dolní mez	16,208206	9,0400079	1,53263227	64,361937	0,2087648

Tabulka 4: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 25 nití/cm utkané v keprové vazbě

PK_25	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	6,2664	5,0	0,8903	40,3505	0,1251
F-2	5,7417	5,0	0,7123	31,8189	0,0909
F-3	5,1816	10,0	1,257	30,489	0,0894
F-4	6,6615	5,0	1,0903	33,3959	0,1233
F-5	6,2538	10,0	1,0376	29,3255	0,0922
Průměr	6,021	7,0	0,9975	33,076	0,1042
Směrodatná odchylka	0,5717	2,7386	0,2064	4,3405	0,0183
Variační koeficient	0,0949	0,3912	0,2069	0,1312	0,1757
95% IS	0,5011079	2,4004446	0,18091425	3,8045461	0,0160404
Horní mez	6,522	9,4	1,1784	36,881	0,1202
Dolní mez	5,520	4,6	0,8166	29,271	0,0882

Tabulka 5: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v keprové vazbě

PK_29	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	5,8341	5,0	0,8093	37,0452	0,0967
F-2	5,8948	10,0	1,1936	46,995	0,1158
F-3	5,7712	5,0	1,0271	32,8526	0,0921
F-4	5,3305	5,0	0,7972	50,0842	0,1112
F-5	7,4957	10,0	1,2515	36,2707	0,1187
Průměr	6,0653	7,0	1,0158	40,6495	0,1069
Směrodatná odchylka	0,8299	2,7386	0,2108	7,4538	0,0118
Variační koeficient	0,1368	0,3912	0,2075	0,1834	0,1108
95% IS	0,7274261	2,4004446	0,18477095	6,5334237	0,010343
Horní mez	6,7927	9,4	1,2006	47,1829	0,1172
Dolní mez	5,3379	4,6	0,8310	34,1161	0,0966

Tabulka 6: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 33 nití/cm utkané v keprové vazbě

PK_33	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	6.6523	5.0	0.6436	31.4349	0.0905
F-2	7.9261	5.0	0.6938	50.6036	0.1118
F-3	4.7577	10.0	0.8286	26.1661	0.0846
F-4	6.3565	5.0	1.0373	34.7409	0.1043

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

F-5	4.7527	5.0	0.7472	32.4019	0.0916
Průměr	6,0891	6	0,7901	35,0695	0,0965
Směrodatná odchylka	1,353	2,2361	0,1543	9,2333	0,0111
Variační koeficient	0.2222	0.3727	0.1953	0.2633	0.1152
95% IS	1,185935	1,9599921	0,13524743	8,0931956	0,0097294
Horní mez	7,275035	7,9599921	0,92534743	43,162696	0,1062294
Dolní mez	4,903165	4,0400079	0,65485257	26,976304	0,0867706

Tabulka 7: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 21 nití/cm utkané v plátňové vazbě

PP_21	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	3,1284	5,0	0,7317	13,7984	0,0709
F-2	5,6264	5,0	0,8903	23,79	0,082
F-3	2,751	5,0	0,9538	8,2461	0,0647
F-4	5,6104	5,0	0,8903	18,9581	0,0766
F-5	4,6502	5,0	0,5342	11,2032	0,068
Průměr	4,3533	5,0	0,8001	15,1992	0,0724
Směrodatná odchylka	1,3562	0,0	0,1698	6,209	0,0069
Variační koeficient	0,3115	0,0	0,2122	0,4085	0,0952
95% IS	1,1887399	0,0	0,14883353	5,4423285	0,006048
Horní mez	5,5420		0,9489	20,6415	0,0784
Dolní mez	3,1646		0,6513	9,7569	0,0664

Tabulka 8: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 25 nití/cm utkané v plátnové vazbě

PP_25	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku textilií (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	3.0667	5.0	0.3469	2.1778	0.058
F-3	2.8002	5.0	0.607	9.3905	0.066
F-4	2.8359	5.0	0.4274	9.8981	0.0666
F-5	4.0314	5.0	0.4452	9.2478	0.0658
F-5	4.1833	5.0	0.4016	14.5617	0.0717
Průměr	3,3835	5.0	0,4456	9,0552	0,0656
Směrodatná odchylka	0,6708	0.0	0,0976	4,4295	0,0049
Variační koeficient	0.1983	0.0	0.2189	0.4892	0.075
95% IS	0,5879713		0,0855486	3,8825566	0,004295
Horní mez	3,9714713		0,5311486	12,937757	0,069895
Dolní mez	2,7955287		0,3600514	5,1726434	0,061305

Tabulka 9: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro polyesterovou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v plátnové vazbě

PP_29	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	4,6821	5,0	0,2568	16,6836	0,0741
F-2	4,8954	5,0	0,336	13,0775	0,0701
F-3	5,7697	5,0	0,351	22,6685	0,0807

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

F-4	8,1312	5,0	0,3238	26,4552	0,085
F-5	4,4136	5,0	0,3816	20,5871	0,0784
Průměr	5,5784	5,0	0,3298	19,8944	0,0777
Směrodatná odchylka	1,5149	0,0	0,0462	5,1961	0,0058
Variační koeficient	0,2716	0,0	0,14	0,2612	0,0743
95% IS	1,327844		0,04049534	4,5544988	0,0050838
Horní mez	6,9062		0,3703	24,4489	0,0828
Dolní mez	4,2506		0,2893	15,3399	0,0726

Tabulka 10: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 30 nití/cm utkané v atlasové vazbě

VA_30	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	46.217	10.0	3.8603	56.6869	0.4404
F-2	45.3998	10.0	3.0035	42.9295	0.3746
F-3	68.9055	10.0	4.2735	55.4318	0.5678
F-4	64.6055	10.0	3.4501	52.3735	0.4925
F-5	56.3684	10.0	3.5384	45.6334	0.4329
Průměr	56,2992	10.0	3,6251	50,611	0,4616
Směrodatná odchylka	10,5873	0.0	0,4744	6,0631	0,0726
Variační	0.1881	0.0	0.1309	0.1198	0.1572

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

koeficient					
95% IS	9,2800071		0,41582229	5,3144438	0,0636355
Horní mez	65,579207		4,04092229	55,925444	0,5252355
Dolní mez	47,019193		3,20927771	45,296556	0,3979645

Tabulka 11: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskózovou tkaninu s dostavou útku 34 nití/cm utkané v atlasové vazbě

VA_34	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	67.0799	10.0	3.6229	56.4046	0.5418
F-2	67.9486	10.0	3.2408	61.6249	0.5589
F-3	74.7321	10.0	4.1181	48.414	0.5444
F-4	67.7224	10.0	3.6312	57.3983	0.5231
F-5	59.8932	10.0	3.6222	51.4196	0.5121
Průměr	67,4752	10.0	3,6471	55,0523	0,5361
Směrodatná odchylka	5,2581	0.0	0,3116	5,1912	0,0185
Variační koeficient	0.0779	0.0	0.0854	0.0943	0.0345
95% IS	4,6088432		0,27312442	4,5502038	0,0162157
Horní mez	72,084043		3,92022442	59,602504	0,5523157
Dolní mez	62,866357		3,37397558	50,502096	0,5198843

Tabulka 12: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 38 nití/cm utkané v atlasové vazbě

VA_38	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	65,6236	10,0	3,8153	60,6225	0,5592
F-2	54,8207	10,0	3,3416	50,7464	0,481
F-3	55,1478	10,0	3,3422	50,626	0,4899
F-4	56,5843	10,0	3,6313	53,1152	0,4977
F-5	49,1575	10,0	3,1127	63,2416	0,4716
Průměr	56,2668	10,0	3,4486	55,6703	0,4999
Směrodatná odchylka	5,9484	0,0	0,2754	5,8751	0,0346
Variační koeficient	0,1057	0,0	0,0799	0,1055	0,0692
95% IS	5,2139067		0,24139431	5,1496576	0,0303277
Horní mez	61,4807		3,6900	60,8200	0,5302
Dolní mez	51,0529		3,2072	50,5206	0,4696

Tabulka 13: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 25 nití/cm utkané v keprové vazbě

VK_25	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	12,4681	10,0	2,4753	44,2876	0,253
F-2	12,0336	10,0	2,574	38,404	0,2157
F-3	16,8283	10,0	2,6164	44,6292	0,2368
F-4	14,529	10,0	2,4865	39,1892	0,2386

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

F-5	10,8381	10,0	2,1391	45,3101	0,2068
Průměr	13,3394	10,0	2,4583	42,364	0,2302
Směrodatná odchylka	2,3616	0,0	0,188	3,2891	0,0187
Variační koeficient	0,177	0,0	0,0765	0,0776	0,081
95% IS	2,0699956		0,16478624	2,8829703	0,016391
Horní mez	15,4094		2,6231	45,247	0,2466
Dolní mez	11,2694		2,2935	39,481	0,2138

Tabulka 14: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 29 nití/cm utkané v keprové vazbě

VK_29	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	17,187	10,0	2,1069	44,8206	0,2208
F-2	15,5128	10,0	2,2393	48,2181	0,2212
F-3	16,5677	10,0	2,0798	44,8598	0,2057
F-4	14,3974	10,0	2,2145	59,8064	0,2335
F-5	16,2598	10,0	2,0074	32,262	0,1742
Průměr	15,9849	10,0	2,1296	45,9934	0,2111
Směrodatná odchylka	1,0728	0,0	0,0964	9,8357	0,0228
Variační koeficient	0,0671	0,0	0,0453	0,2138	0,1081
95% IS	0,9403334		0,08449677	8,6212128	0,0199847
Horní mez	16,9252		2,2141	54,6146	0,2311
Dolní mez	15,0446		2,0451	37,3722	0,1911

Tabulka 15: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 33 nití/cm utkané v keprové vazbě

VK_33	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	12.3002	10.0	1.944	48.3659	0.2175
F-2	12.4805	10.0	1.7308	45.7213	0.2062
F-3	13.0066	10.0	1.8227	38.313	0.1634
F-4	15.5503	10.0	1.9924	43.465	0.2038
F-5	14.3739	10.0	1.9641	42.5626	0.2233
Průměr	13,5423	10.0	1,8908	43,6856	0,2028
Směrodatná odchylka	1,3857	0.0	0,1104	3,7491	0,0235
Variační koeficient	0.1023	0.0	0.0584	0.0858	0.1157
95% IS	1,2145973		0,09676809	3,2861707	0,0205983
Horní mez	14,756897		1,98756809	46,971771	0,2233983
Dolní mez	12,327703		1,79403191	40,399429	0,1822017

Tabulka 16: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 22 nití/cm utkané v plátnové vazbě

VP_22	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	12.6791	10.0	1.6007	8.8332	0.126
F-2	13.5027	10.0	1.5818	3.6558	0.1211
F-3	15.3762	10.0	1.5788	5.8884	0.1421
F-4	17.0803	10.0	1.9254	10.5761	0.1531

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

F-5	15.5625	10.0	1.7111	14.1734	0.1488
Průměr	14,8402	10.0	1,6796	8,6254	0,1382
Směrodatná odchylka	1,7526	0.0	0,1478	4,0871	0,0141
Variační koeficient	0.1181	0.0	0.088	0.4738	0.1018
95% IS	1,5361934		0,12955003	3,5824353	0,012359
Horní mez	16,376393		1,80915003	12,207835	0,150559
Dolní mez	13,304007		1,55004997	5,0429647	0,125841

Tabulka 17: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 26 nití/cm utkané v plátňové vazbě

VP_26	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	18,3252	10,0	1,3239	-2,1384	0,1298
F-2	19,8022	10,0	1,3315	9,325	0,1231
F-3	11,8039	10,0	1,4078	7,2018	0,0969
F-4	22,0599	10,0	1,4348	3,5946	0,1293
F-5	25,4106	10,0	1,3742	-0,2843	0,1343
Průměr	19,4804	10,0	1,3744	3,5397	0,1227
Směrodatná odchylka	5,0544	0,0	0,0478	4,8412	0,0149
Variační koeficient	0,2595	0,0	0,0348	1,3677	0,1218
95% IS	4,4302955		0,04189778	4,2434209	0,0130602
Horní mez	23,9107		1,4163	7,7831	0,1358
Dolní mez	15,0501		1,3325	-0,7037	0,1096

Tabulka 18: Charakteristiky naměřené pomocí přístroje MMT pro viskóзовou tkaninu s dostavou útku 30 nití/cm utkané v plátnové vazbě

VP_30	Savost (%/sec)	Maximální rádius navlhčení (mm)	Rychlost šíření roztoku (mm/sec)	Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny (%)	OMMC
F-1	13,5734	5,0	0,8903	-3,7152	0,0604
F-2	10,1096	5,0	0,9713	-14,3688	0,0411
F-3	9,1657	5,0	0,9893	-9,4636	0,045
F-4	10,4974	5,0	0,6937	-17,3841	0,0362
F-5	12,9396	10,0	1,1016	-14,8697	0,0497
Průměr	11,2571	6,0	0,9292	-11,9603	0,0465
Směrodatná odchylka	1,9016	2,2361	0,1517	5,429	0,0092
Variační koeficient	0,1689	0,3727	0,1633	0,4539	0,1985
95% IS	1,6667953	1,9599921	0,13296847	4,7586409	0,008064
Horní mez	12,9239	8,0	1,0622	-7,2017	0,0546
Dolní mez	9,5903	4,0	0,7962	-16,7189	0,0384

Příloha 4: Data získána pomocí termovizní techniky a vyhodnocená pomocí programu NIS-elements doplněná o základní statistické charakteristiky

Tabulka 19: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm

PA_29	Průměr	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	horní mez	dolní mez
Plocha	1477,67	248,283	61644,42755	0,168023	217,6256	1695,296	1260,044
Ekv. Průměr	43,24	3,818442	14,5805	0,088308	3,346951	46,58695	39,89305
Obvod	235,96	48,6142		0,206027	42,61144	278,5714	193,3486
Šířka	14,73	3,172496	10,06473	0,215377	2,780764	17,51076	11,94924
Kruhovitost	0,352	0,098932	0,0097875	0,281056	0,086716	0,438716	0,265284

Tabulka 20: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 33 nití/cm

PA_33	Průměr	St. odchylná	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Spodní mez
Plocha	1456,72	129,4	144,6756	20931,03	0,099316	126,8114	1583,531	1329,909
Ekv. průměr	43,02	1,95	2,176173	4,73573	0,05058515	1,907465	44,92746	41,11254
Obvod	200,42	10,14	11,33959	128,5864	0,05657915	9,939409	210,3594	190,4806
Šířka	17,72	1,71	1,915743	3,67007	0,10811188	1,67919	19,3991	16,0408

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

					9	2	9	1
Kruhovitost	0,457	0,044	0,049676	0,00246	0,10870010	0,04354	0,50054	0,41345
				8	9	2	2	8

Tabulka 21: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 37 nití/cm

PA_37	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	1372,68	90,14	100,7762	10155,85	0,073416	88,33262	1461,013	1284,347
Ekv. Průměr	41,78	1,39	1,549816	2,40193	0,037095	1,358449	43,13845	40,42155
Obvod	176,89	4,61	5,152681	26,55012	0,029129	4,516441	181,4064	172,3736
Šířka	20,08	1,19	1,330056	1,76905	0,066238	1,165824	21,24582	18,91418
Kruhovitost	0,551	0,021	0,023679	0,000561	0,042975	0,020755	0,571755	0,530245

Tabulka 22: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 25 nití/cm

PK_25	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	1596,88	110,28	123,2984	15202,49	0,077212	108,0738	1704,954	1488,806
Ekv. průměr	45,06	1,58	1,765709	3,11773	0,039186	1,547684	46,60768	43,51232
Obvod	224,31	18,4	20,56859	423,0668	0,091697	18,02883	242,3388	206,2812
Šířka	16,91	1,65	1,84772	3,41407	0,109268	1,619568	18,52957	15,29043
Kruhovitost	0,404	0,055	0,061232	0,003749	0,151563	0,053671	0,457671	0,350329

Tabulka 23: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm

PK_29	Průměr	St.	Směrodatná	Rozptyl	Variační	95% IS	Horní	Dolní
-------	--------	-----	------------	---------	----------	--------	-------	-------

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

		odchylka	odchylka		koeficient		mez	mez
Plocha	1541,14	52,44	58,62749	3437,183	0,038042	51,38832	1592,528	1489,752
Ekv. průměr	44,29	0,75	0,842241	0,70937	0,019017	0,738243	45,02824	43,55176
Obvod	236,7	19,13	21,39177	457,6078	0,090375	18,75037	255,4504	217,9496
Šířka	15,02	1,1	1,22643	1,50413	0,081653	1,074993	16,09499	13,94501
Kruhovitost	0,351	0,044	0,048444	0,002347	0,138016	0,042462	0,393462	0,308538

Tabulka 24: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 33 nití/cm

PK_33	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95%IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	1646,88	24,21	27,07465	733,0367	0,01644	23,73154	1670,612	1623,148
Ekv. průměr	45,79	0,34	0,375965	0,14135	0,008211	0,329542	46,11954	45,46046
Obvod	241,97	10,29	11,50249	132,3072	0,047537	10,08219	252,0522	231,8878
Šířka	15,68	0,79	0,884912	0,78307	0,056436	0,775646	16,45565	14,90435
Kruhovitost	0,355	0,028	0,030708	0,000943	0,086502	0,026917	0,381917	0,328083

Tabulka 25: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v plátňové vazbě s dostavou útku 21 nití/cm

PP_21	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95%IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	1448,21	128,07	143,1852	20501,99	0,09887	125,505	1573,715	1322,705
Ekv. průměr	42,9	1,87	2,092929	4,38035	0,048786	1,834499	44,7345	41,0655
Obvod	199,16	6,89	7,704351	59,35703	0,038684	6,753038	205,913	192,407
Šířka	17,69	1,43	1,59777	2,55287	0,090321	1,400482	19,09048	16,28952
Kruhovitost	0,458	0,027	0,030047	0,000903	0,065604	0,026337	0,484337	0,431663

Tabulka 26: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v plátnové vazbě s dostavou útku 25 nití/cm

PP_25	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	1338,8	121,49	135,8237	18448,07	0,101452	119,0525	1457,853	1219,747
Ekv. průměr	41,25	1,83	2,04561	4,18452	0,049591	1,793023	43,04302	39,45698
Obvod	171,44	8,65	9,671883	93,54532	0,056416	8,477623	179,9176	162,9624
Šířka	20,5	0,9	1,002786	1,00558	0,048916	0,878965	21,37896	19,62104
Kruhovitost	0,572	0,016	0,018235	0,000332	0,031879	0,015983	0,587983	0,556017

Tabulka 27: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro polyesterovou tkaninu v plátnové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm

PP_29	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	1149,54	99,97	111,7654	12491,5	0,097226	97,96488	1247,505	1051,575
Ekv. průměr	38,22	1,66	1,852261	3,43087	0,048463	1,623548	39,84355	36,59645
Obvod	152,53	10,29	11,50482	132,3609	0,075427	10,08424	162,6142	142,4458
Šířka	20,74	0,7	0,78406	0,61475	0,037804	0,687246	21,42725	20,05275
Kruhovitost	0,622	0,034	0,038155	0,001456	0,061342	0,033444	0,655444	0,588556

Tabulka 28: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskózovou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 30 nití/cm

VA_30	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	574,03	10,28	11,4961	132,1602	0,020027	10,07659	584,1066	563,9534
Ekv.	27,03	0,24	0,268272	0,07197	0,009925	0,235147	27,26515	26,79485

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

průměr								
Obvod	94,58	2,3	2,576069	6,63613	0,027237	2,257982	96,83798	92,32202
Délka	31,82	1,66	1,862028	3,46715	0,058518	1,63211	33,45211	30,18789
Šířka	18,11	1,32	1,471095	2,16412	0,081231	1,289448	19,39945	16,82055
Kruhovitost	0,807	0,026	0,029623	0,000877	0,036707	0,025965	0,832965	0,781035

Tabulka 29: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 34 nití/cm

VA_34	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	587,91	37,34	41,74774	1742,874	0,07101	36,59284	624,5028	551,3172
Ekv. průměr	27,35	0,86	0,959364	0,92038	0,035077	0,840904	28,1909	26,5091
Obvod	95,55	3,85	4,308302	18,56147	0,04509	3,776324	99,32632	91,77368
Délka	31,54	2,12	2,376272	5,64667	0,075342	2,082856	33,62286	29,45714
Šířka	18,66	0,79	0,886538	0,78595	0,04751	0,777071	19,43707	17,88293
Kruhovitost	0,81	0,031	0,035104	0,001232	0,043338	0,03077	0,84077	0,77923

Tabulka 30: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v atlasové vazbě s dostavou útku 38 nití/cm

VA_38	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	414,08	123,15	137,6821	18956,35	0,332501	120,6814	534,7614	293,3986
Ekv. průměr	22,67	3,66	4,087255	16,70565	0,180294	3,582571	26,25257	19,08743
Obvod	79,11	13,58	15,18536	230,5952	0,191952	13,31031	92,42031	65,79969
Délka	25,17	4,22	4,713601	22,21803	0,187271	4,131577	29,30158	21,03842
Šířka	16,08	2,79	3,122086	9,74742	0,19416	2,736579	18,81658	13,34342
Kruhovitost	0,814	0,03	0,033282	0,001108	0,040887	0,029173	0,843173	0,784827

Tabulka 31: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 25 nití/cm

VK_25	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	466,49	11,84	13,239151	175,2751	0,02838	11,60441	478,0944	454,8856
Ekv. průměr	24,37	0,31	0,343875	0,11825	0,014111	0,301414	24,67141	24,06859
Obvod	83,69	1,6	1,7877724	3,19613	0,021362	1,567023	85,25702	82,12298
Délka	30,68	0,37	0,4174566	0,17427	0,013607	0,36591	31,04591	30,31409
Šířka	15,2	0,21	0,2309329	0,05333	0,015193	0,202418	15,40242	14,99758
Kruhovitost	0,837	0,02	0,0223607	0,0005	0,026715	0,0196	0,8566	0,8174

Tabulka 32: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 29 nití/cm

VK_29	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	639,81	26,89	30,05764595	903,4621	0,046979	26,3462	666,1562	613,4638
Ekv. průměr	28,54	0,59	0,665041352	0,44228	0,023302	0,582924	29,12292	27,95708
Obvod	118,91	11,4	12,74617904	162,4651	0,107192	11,17231	130,0823	107,7377
Délka	44,98	7,23	8,077733593	65,24978	0,179585	7,080316	52,06032	37,89968
Šířka	14,47	1,55	1,733715663	3,00577	0,119814	1,519641	15,98964	12,95036
Kruhovitost	0,579	0,077	0,08617018	0,007425	0,148826	0,07553	0,65453	0,50347

Tabulka 33: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 33 nití/cm

VK_33	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	582,01	29,32	32,77968426	1074,508	0,056322	28,73213	610,7421	553,2779
Ekv.	27,21	0,69	0,76638763	0,58735	0,028166	0,671756	27,88176	26,53824

Transport kapalné vlhkosti s ohledem na vazbu tkaniny

průměr								
Obvod	104,52	5,65	6,315445352	39,88485	0,060423	5,53563	110,0556	98,98437
Délka	35,89	4,09	4,574016834	20,92163	0,127445	4,009229	39,89923	31,88077
Šířka	16,37	1,52	1,701343587	2,89457	0,103931	1,491266	17,86127	14,87873
Kruhovitost	0,673	0,053	0,05961795	0,003554	0,088585	0,052256	0,725256	0,620744

Tabulka 34: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v plátňové vazbě s dostavou útku 22 nití/cm

VP_22	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	504,4	16,48	18,42497	339,4796	0,036528	16,1499	520,5499	488,2501
Ekv. průměr	25,34	0,41	0,462028	0,21347	0,018233	0,404978	25,74498	24,93502
Obvod	87,15	1,99	2,224372	4,94783	0,025523	1,949712	89,09971	85,20029
Délka	32,81	0,85	0,950563	0,90357	0,028972	0,83319	33,64319	31,97681
Šířka	15,37	0,29	0,322754	0,10417	0,020999	0,282901	15,6529	15,0871
Kruhovitost	0,835	0,017	0,019032	0,000362	0,022792	0,016682	0,851682	0,818318

Tabulka 35: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v keprové vazbě s dostavou útku 26 nití/cm

VP_26	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	469,08	9,92	11,09236	123,0405	0,023647	9,722707	478,8027	459,3573
Ekv. průměr	24,44	0,26	0,293206	0,08597	0,011997	0,257002	24,697	24,183
Obvod	81,43	0,95	1,060957	1,12563	0,013029	0,929953	82,35995	80,50005
Délka	30,13	0,75	0,835207	0,69757	0,02772	0,732077	30,86208	29,39792
Šířka	15,58	0,51	0,565818	0,32015	0,036317	0,495952	16,07595	15,08405
Kruhovitost	0,889	0,016	0,018235	0,000333	0,020511	0,015983	0,904983	0,873017

Tabulka 36: Vybrané hodnoty a jejich statistické charakteristiky pro viskóзовou tkaninu v plátňové vazbě s dostavou útku 30 nití/cm

VP_30	Průměr	St. odchylka	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient	95% IS	Horní mez	Dolní mez
Plocha	416,4	16,58	18,54067	343,7564	0,044526	16,25131	432,6513	400,1487
Ekv. průměr	23,02	0,46	0,519827	0,27022	0,022582	0,45564	23,47564	22,56436
Obvod	75,45	1,46	1,63073	2,65928	0,021613	1,429372	76,87937	74,02063
Délka	27,39	0,55	0,619476	0,38375	0,022617	0,542984	27,93298	26,84702
Šířka	15,2	0,53	0,596448	0,35575	0,03924	0,5228	15,7228	14,6772
Kruhovitost	0,919	0,002	0,002168	4,7E-06	0,002359	0,0019	0,9209	0,9171

Příloha 5: Reální vzorky měřených textilních materiálů



**Obrázek 26: Reální obraz
PA_29**



**Obrázek 27: Reální obraz
PA_33**



**Obrázek 28: Reální obraz
PA_37**



**Obrázek 29: Reální obraz
PK_25**



**Obrázek 30: Reální obraz
PK_29**



**Obrázek 31: Reální obraz
PK_33**



**Obrázek 32: Reální obraz
PP_21**



**Obrázek 33: Reální obraz
PP_25**



**Obrázek 34: Reální obraz
PP_29**



**Obrázek 35: Reální obraz
VA_30**



**Obrázek 36: Reální obraz
VA_34**



**Obrázek 37: Reální obraz
VA_38**



**Obrázek 38: Reální obraz
VK_25**



**Obrázek 39: Reální obraz
VK_29**



**Obrázek 40: Reální obraz
VK_33**



**Obrázek 41: Reální obraz
VP_22**



**Obrázek 42: Reální obraz
VP_26**



**Obrázek 43: Reální obraz
VP_30**