



# Úplety se zvýšeným chladícím efektem

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 - Textil  
*Studijní obor:* 3107R007 - Textilní marketing  
*Autor práce:* **Michaela Slancová**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering ■

# Knitted fabrics with increased cooling effect

## Bachelor thesis

*Studyprogramme:* B3107 - Textil  
*Studybranch:* 3107R007 - Textile marketing - textile marketing  
*Author:* **Michaela Slancová**  
*Supervisor:* prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.



Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Slancová**  
Osobní číslo: **T14000245**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Textilní marketing**  
Název tématu: **Úplety se zvýšeným chladícím efektem**  
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. Uveďte základní poznatky o termofyziologickém komfortu textilií a způsobech hodnocení jejich paropropustnosti a tepelných vlastností. Stručně popište princip funkce úpletů typu COOLMAX se zvýšeným vedením vlhkosti v rovině textilie a vysokým odparem. Proveďte rešerši podobných textilií pomocí internetu.
2. Opatřete vzorky různých žebrových úpletů z vláken o nekruhovém průřezu a pomocí přístroje PERMETEST proměřte jejich relativní paropropustnost, neboli relativní chladicí tok za sucha a po zavlhčení na 4 - 5 různých úrovních relativní vlhkosti. Na základě dosažených výsledků a s přihlédnutím ke geometrii žeber se pokuste o konstrukci úpletu s co nejvyšším chladícím efektem. Nový úplet proměřte a vyhodnoťte.
3. Výsledky všech měření zpracujte pomocí statistických metod, zobrazte graficky a vyhodnoťte zejména vliv složení a konstrukce vzorku a geometrie žeber na dosažený chladicí tok jako funkce stupně zavlhčení. Dosažené výsledky zdůvodněte.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

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

Seznam odborné literatury:

Hes L., Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TUL-FT, Liberec 2005.

Kuneš J. a kol. : Tepelné bariéry, Academia 2003

Hes L., BogusawskaBaczek M.: Analysis and experimental determination of effective water vapour permeability of wet woven fabrics. J. of TATM, Vol. 8, Issue 4, p. 1-8, 2014.

Hes L., Ursache M.: Effect of composition of knitted fabrics on their cooling efficiency at simulated sweating. Indian Journal of Fibre & Textile Researchn Vol. 36 No 3, 2011, pp. 281-283

Jandurová M.: Tepelně komfortní vlastnosti funkčního prádla Moira v reálných podmínkách jeho nošení. Bakalářská práce, TUL- fakulta textilní, 2015.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.**

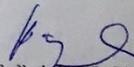
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání bakalářské práce: **29. září 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2018**

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



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

V Liberci dne 28. února 2018

## Prohlášení

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

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

Užiji-li bakalářskou 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.

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

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

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala panu Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc za odborné vedení a za cenné rady poskytnuté během realizace této bakalářské práce. Dále děkuji firmě Sintex za poskytnutí vzorků pletenin, bez kterých by tato práce nevznikla. A především bych chtěla poděkovat mé rodině, za pevné nervy a velkou oporu během celého mého studia.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá tepelně komfortními vlastnostmi žebrových úpletů. Cílem práce je pokusit se o konstrukci žebrového úpletu s co nejvyšším chladícím efektem. Pomocí přístroje PERMETEST jsou zjišťovány hodnoty vzorků pletenin potřebné k určení jejich paropropustnosti. V teoretické části se blíže seznamujeme s termofyziologickým komfortem a způsobech hodnocení jeho tepelných vlastností. Je zde popsán přístroj PERMETEST, na kterém je prováděno měření vzorků. Dále je zde popsán princip funkce úpletu typu COOLMAX a dalších podobných textilií. V praktické části bakalářské práce jsou popsány jednotlivé vzorky žebrových úpletů a jejich vlastnosti. V závěru práce jsou výsledky naměřených vzorků, zpracované pomocí tabulek a grafů, a jejich vyhodnocení.

**Klíčová slova:** Termofyziologický komfort, paropropustnost, chladící efekt, výparný odpor, žebrová pletenina, COOLMAX vlákna, PERMETEST

## **Abstract:**

The bachelor thesis deals with thermally comfortable properties of rib knits. The aim of the thesis is to try to construct rib knits with the greatest cooling effect. The PERMETEST instrument measures the sample values needed to determine their diameter. In the theoretical part we will get acquainted with thermophysiological comfort and ways of evaluating its thermal properties. Here is described the PERMETEST instrument on which the sample measurement is carried out. In addition, the COOLMAX function and other similar textiles are described here. In the practical part of the bachelor thesis are described individual samples of rib knits and their properties. At the end of the thesis are the results of the measured samples, processed by means of tables and graphs, and their evaluation.

**Keywords:** Thermophysiological comfort, vapor permeability, cooling effect, vapor resistance, rib knit fabric, COOLMAX fiber, PERMETEST

## Obsah

Úvod.....	10
<b>1. Teoretická část.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Komfort.....</b>	<b>11</b>
1.1.1. Psychologický komfort .....	11
1.1.2. Senzorický komfort .....	12
1.1.3. Patofyziologický komfort.....	12
1.1.4. Termofyziologický komfort .....	12
<b>1.2. Termoregulace .....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Chemická termoregulace .....	13
1.2.2. Fyzikální termoregulace .....	14
<b>1.3. Odvod vlhkosti z povrchu těla .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4. Veličiny termofyziologického komfortu textilií.....</b>	<b>18</b>
1.4.1. Paropropustnost.....	18
1.4.2. Výparný odpor .....	19
1.4.3. Měrná tepelná vodivost.....	19
1.4.4. Tepelný odpor .....	20
1.4.5. Tepelný tok .....	20
1.4.6. Měrná teplotní vodivost.....	21
1.4.7. Tepelná jímavost.....	21
<b>1.5. Metody měření propustnosti vodních par .....</b>	<b>22</b>
1.5.1. Gravimetrická metoda.....	22
1.5.2. Metoda DREO.....	22
1.5.3. Skin model.....	23
<b>1.6. Permetest .....</b>	<b>24</b>
1.6.1. Princip Permetestu.....	24
1.6.2. Měřitelné hodnoty.....	24
1.6.3. Výhody Permetestu .....	25
1.6.4. Popis přístroje.....	25
<b>1.7. Výpočet celkového tepelného toku u zavlhčené textilie .....</b>	<b>26</b>
1.7.1. Chladící efekt .....	28
<b>1.8. Pletenina .....</b>	<b>29</b>
1.8.1. Vlastnosti pletenin.....	30
1.8.2. Žebrové pleteniny.....	30

1.9.	<b>Vláknenné materiály</b> .....	31
1.9.1.	Coolmax vlákno .....	31
1.9.2.	Coolmax fresh .....	32
1.9.3.	Thermolite.....	33
1.9.4.	Thermocool.....	33
1.9.5.	Polyuretan .....	34
1.9.6.	Modacryl.....	34
2.	<b>Praktická část</b> .....	35
2.1.	<b>Hodnocené vzorky pletenin a jejich parametry</b> .....	35
2.2.	<b>Konstrukce žeber</b> .....	39
2.3.	<b>Teoretická referenční plocha žeber</b> .....	42
2.4.	<b>Postup měření na Permetestu</b> .....	42
2.5.	<b>Výsledky měření</b> .....	44
2.5.1.	Měření bez povrchové úpravy za suchého stavu .....	44
2.5.2.	Měření s povrchovou úpravou za suchého stavu.....	45
2.5.3.	Měření pletenin na úrovni relativní vlhkosti .....	47
	<b>Závěr</b> .....	54
	<b>Použitá literatura</b> .....	55
	<b>Seznam příloh</b> .....	56

## Úvod

Oděv je jednou z nejdůležitějších součástí lidského života. Zahaluje tělo a chrání ho před nepříznivými podmínkami počasí. Podle klimatu, ve kterém se nacházíme, si vybíráme vhodný typ oblečení a to tak, aby plnil všechny náležité funkce a potřeby k dosažení co největšího fyziologického komfortu. Jednou z hlavních fyziologických potřeb je propustnost vodních par, která závisí na teplotě okolí, ve kterém se člověk nachází a na samotné aktivitě daného jedince. Propustnost vodních par je pak velmi důležitá v oblastech s tropickým podnebím, kde je velice teplé klima a tělo se musí neustále termoregulovat, aby nedošlo k jeho přehřátí. Správné oblečení pomáhá odvádět teplo a vlhkost z povrchu těla a udržet tak jedince v komfortu.

Téma „Úplety se zvýšeným chladícím efektem“ bylo zvoleno na základě doporučení vedoucího práce prof. Ing. Luboše Hese, DrSc., Dr.h.c. Práce se zabývá měřeními paropropustnosti neboli chladícího toku příslušných vzorků žebrových úpletů různého materiálu při 4 - 5 různých úrovních relativní vlhkosti.

Cílem této práce je pokusit se o konstrukci úpletu s co nejvyšším chladícím efektem a zjistit, zda vyhotovená struktura plošné textilie bude mít vliv na její paropropustnost neboli chladící tok. Vzorky jsou vlastnoručně zhotoveny formou sešívání, do požadované struktury povrchu textilie. Následně jsou zpracované a vyhodnocené naměřené hodnoty.

Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části se blíže seznámíme s termofyziologickým komfortem textilií a termoregulací lidského těla. Stručně bude popsán princip funkce úpletů typu COOLMAX a jiných podobných materiálů. Dále se zaměříme na způsob hodnocení propustnosti vodních par, chladícího toku a jejich měření na stroji PERMETEST.

V praktické části jsou popsány jednotlivé vzorky textilií a jejich vlastnosti, dále byla provedena jejich měření na stroji PERMETEST. Závěrečná vyhodnocení naměřených hodnot, byla zpracována ve formě grafů a tabulek a jejich následným popsáním.

# 1. Teoretická část

## 1.1. Komfort

Komfort je subjektivní pocit jedince. Je to stav organismu, kdy jsou jeho fyziologické funkce v optimu a člověku nevadí žádné okolní faktory, které jsou vnímané našimi smysly. Člověk se cítí v naprosté pohodě. Není mu chladno, ani nadměrné teplo a je schopen v tomto stavu normálně pracovat. Při diskomfortu může jedinec cítit nadměrné teplo, a to při větší fyzické námaze nebo při teplém a vlhkém okolním klimatu. Člověk se potí. Naopak při nízké teplotě okolí, ve kterém se člověk nachází, nebo při malém pracovním zatížení, může pociťovat chlad. [1]

Komfort lze rozdělit do čtyř kategorií.

### 1.1.1. Psychologický komfort

Psychologický komfort se dělí dle různých hledisek:

- Klimatická (geografická) - Oblečení, které je typické na denní nošení by mělo zohledňovat tepelně klimatické podmínky, podmíněné geograficky. U živočichů žijících blíže u pólů roste poměr objemu těla k jeho povrchu. Mají také teplejší srst. Lidé žijící blíže rovníku jsou chráněni před UV zářením jejich kožním pigmentem. Mají snědší kůži než lidé žijící blíže pólům.
- Ekonomická – Součástí ekonomického hlediska jsou prostředky, ze kterých je možno vyrábět, dále přírodní podmínky k obživě, úroveň politického systému a technologická vyspělost společnosti.
- Historická – Obsahují životní a módní styl jedince
- Kulturní – Zahrnují náboženství, zvyky, tradice, obřady
- Sociální – Věk, postavení ve společnosti, sociální třída, vzdělání
- Skupinová a individuální – Styl, trendy, módní ikony. [1]

### **1.1.2. Senzorický komfort**

Popisuje vjemy a pocity jedince při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Pocity mohou být komfortní – hebkost, měkkost, splývavost, nebo diskomfortní – škrábání, kousání, lepení. Vlastnosti jsou určeny podle toho, jak je textilie schopna transportovat vlhkost, a to v plynné či kapalné formě. Pak také strukturou textilie. Senzorický komfort je možné rozdělit na komfort nošení a omak. [1]

- **Komfort nošení**

Zahrnuje povrch struktury použité textilie, mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvní soustavě. Dále zahrnuje schopnost textilie pohlcovat a převádět plynnou, či kapalnou vlhkost s vlivem na své kontaktní vlastnosti. Díky těmto vlastnostem je mezi komfortem sensorickým a fyziologickým velmi úzký vztah. [1]

- **Omak**

Je veličina subjektivní a obtížně hodnotitelná. Je to vjem, vyvolaný kontaktem lidské dlaně a prstů (kůže) s textilií. Je charakterizován vlastnostmi jako je hladkost (součinitel povrchového tření), tuhost (ohybová a smyková), objemnost (stlačitelnost), tepelně-kontaktní vjem. [1]

### **1.1.3. Patofyziologický komfort**

Patofyziologie se zabývá interakcí systému lidského organismu a oděvu, s přihlédnutím k působení chemických substancí obsažených v materiálu, z kterého je vyroben, a mikroorganismů, které se vyskytují na lidské pokožce. Působení patofyziologických vlivů závisí na subjektivní odolnosti lidské kůže proti účinkům chemických látek, které jsou obsaženy v textilií, a na podmínkách růstu kultur běžných mikroorganismů, které se vyskytují v mikroklimatu omezeném povrchem lidského těla a textilií. [1]

### **1.1.4. Termofyziologický komfort**

Jedná se o stav organismu, kdy jsou všechny termofyziologické funkce v optimu. Lze říci, že se jedná o stav tepelné pohody. U člověka nedochází k pocení, ani k pocitu chladu. Člověk nacházející se v tomto stavu je schopen pracovat neomezeně dlouho. [1]

Podmínky, při kterých nastává termofyziologický komfort:

- teplota lidské pokožky je v rozhraní 33–35 °C
- relativní vlhkost vzduchu 50±10 %
- rychlost proudění vzduchu 50±10  $cm * s^{-1}$
- obsah CO<sub>2</sub>= 0,07%
- absence vlhkosti na pokožce. [1]

## 1.2. Termoregulace

Termoregulací si lidský organismus udržuje stálou tělesnou teplotu, i když se produkce, příjem a ztráty tepla stále mění. Tato vnitřní teplota kolísá ± 4 °C, kolem teploty 36–37°C. Při této teplotě fungují vnitřní funkce těla správně.

Termoregulace zajišťuje rovnováhu mezi vnitřním tělesným teplem vytvořeným a tělesným teplem odvedeným do okolního prostředí. Tělesnou teplotu ovlivňuje jak tvorba tepla, tak okolní podmínky – vlhkost, teplota, proudění vzduchu, tepelné záření, také ale oblečení, které má člověk na sobě. Nedochází-li tedy ke správné termoregulaci, lidské tělo se přehřívá, kdy při teplotě 45 °C dochází ke sražení bílkovin, nebo naopak může dojít k prochladnutí, kdy se při teplotě -1 °C v buňkách tvoří krystalky ledu. [1]

Termoregulaci můžeme dělit na dva druhy – Chemickou a Fyzikální.

### 1.2.1. Chemická termoregulace

Jedná se o látkovou přeměnu neboli tvorbu tepla, která závisí na činnosti a fyzické zátěži organismu. Tělo produkuje nejvíce tepla při vysoké fyzické zátěži organismu. Většina tepla je produkována v orgánech. Centrála pro řízení tělesné teploty je uložena v hypotalamu, části mezimozku. Jsou zde dva úseky. Jeden slouží k zabránění podchlazení a druhý k zabránění přehřátí organismu. [2]

### 1.2.2. Fyzikální termoregulace

Zahrnuje odvod tepla z organismu – výdej tepla, ale také jeho tvorbu.

Při vysokých teplotách okolního prostředí se zvyšuje tepová frekvence jedince. Zvětšuje se tak i průřez cév, čímž se zvyšuje průtok krve. Teplota kůže roste a s tím i přenos tepla prouděním do okolního vzduchu. Ten musí být chladnější alespoň o 1 až 2 °C než teplota těla. V opačném případě, při nízkých teplotách, dochází k omezení průtoku krve do končetin i kůže. Klesá teplota kůže i přenos tepla do okolí. V této situaci je tepelná energie využita k zajištění správné teploty orgánů. [1]

Přenos tepla mezi člověkem a vnějším prostředím může probíhat:

- **vedením (kondukce)**

Kondukce je nejčastější způsob přenosu tepla. Dochází k němu jen při fyzickém kontaktu dvou různých materiálů. Při kondukcí přechází teplo z materiálu o vyšší teplotě do materiálu s teplotou nižší. Lidské tělo takto ztrácí zhruba až 5 % tepla. [1]

Každý materiál má odlišnou tepelnou vodivost. Mezi dobré vodiče patří kovy a kapaliny. Špatnými vodiči jsou plyny, tedy i vzduch (je-li stálý), polystyren nebo v lidském těle tuková tkáň. Hodně tepla je odváděno v případě, kdy okolní vzduch proudí, nebo když je tělo v mokřém prostředí. V mokřém prostředí tělo ztrácí teplo zhruba 24krát rychleji než na vzduchu. Proto je odvod vlhka z textilií tak důležitý. [3]

Fourierův zákon vyjadřuje vztah mezi tokem tepla, tepelnou vodivostí a teplotním gradientem. Je dán vztahem:

$$q = -\lambda * \Delta t / \Delta x \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (1)$$

Kde:

$q$  – tepelný tok [W/m<sup>2</sup>]

$\lambda$  – tepelná vodivost [W/m \* K]

$\Delta t / \Delta x$  – teplotní gradient. [1]

- **prouděním (konvekce)**

Vedení tepla konvekcí je možné jen u kapalin a plynů. U pevných látek k vedení nedochází. Teplo se odvádí od těla a tvoří se takzvaná tepelná mezní vrstva o tloušťce  $\delta$ , ve které se tvoří teplotní spád. Dochází zde k proudění tepla částicemi látky o rychlosti  $v$  [m/s] při různé teplotě. Tloušťka mezní vrstvy je vyšší při laminárním proudění tekutiny a nižší při turbulentním proudění, což je způsobeno různou trajektorií jednotlivých částic. Přenos tepla je při turbulentním proudění účinnější. Vyjadřuje se pomocí Reynoldsova čísla. Čím vyšší je jeho hodnota, tím je pravděpodobnější, že dojde k jeho vzniku. Chladící proud tepla z povrchu tkaniny je většinou způsoben právě konvekcí. [1]

- **sálání (radiace)**

Jinak také přenos tepla zářením, je elektromagnetické vlnění o určité délce  $\lambda$ , které se šíří prostorem. Tok tepla pomocí infračerveného záření představuje až 25 % celkového tepelného toku. [1].

- **odpařování (evaporace)**

Při odpařování dochází k přeměně kapalné látky v látku plynnou. Pot objevující se na kůži se mění v páru a odebírá tak i část tepla z povrchu kůže. [1]

### 1.3. Odvod vlhkosti z povrchu těla

Vlhkost z povrchu lidského těla se dá odvádět dvěma způsoby. V plynné podobě, nebo v kapalně.

- Plynná

Vlhkost v podobě páry může být přenášena obdobně jako teplo, vedením a prouděním. Přenos je způsoben díky rozdílu koncentrací mezi nasycenou párou  $p_{wsat}$  [Pa] na povrchu lidské pokožky a koncentrací vodní páry  $p_{we}$  [Pa] v okolním prostředí. Pokud se pot od těla odpaří, vzniká tak ochlazovací efekt. [1]

Následující výpočet je převzat z disertační práce prof. Hese. Je zde popsán teoretický výpočet maximální hodnoty odparu z volné hladiny.

Množství par odváděné z volné hladiny konvekcí lze stanovit ze vztahu:

$$M = -k_{\rho} * S * \frac{M_D}{RT} * (p_{nas} - p_{\varphi}) [Kg/m^2/s] \quad (2)$$

Kde:

$k_{\rho}$  – součinitel konvektivního přenosu hmoty vztažený na rozdíl koncentrací

$S$  – parosměnný povrch

$M_D$  – molární hustota páry

$R$  – universální plynová konstanta

$p_{nas}$  – tlak sytých par při teplotě měření (zde 20 °C)

$p_{\varphi}$  – parciální tlak vodních par v okolním prostředí při stejné teplotě.

Tento případ je považován za rovnoběžné obtékání rovinné desky.

Součinitel  $k_{\rho}$  se stanoví pomocí bezrozměrného Sherwoodova čísla definovaného vztahem:

$$Sh = \frac{k_{\rho} b}{D_u} \quad (3)$$

Kde:

$b$  – délka parosměnné plochy

$D_u$  – součinitel difúze vodní páry do vzduchu (pro  $t=20^{\circ}C$ ,  $p=0,1013$  MPa má  $D_u$  hodnotu  $1,136 * 10^{-5} m^2 s^{-2}$ )

Dále je potřeba vypočítat Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{v*b}{\nu} = \frac{3*0,025}{\nu} = 4,97 * 10^3 \quad (4)$$

Kde:

$v$  – rychlost proudění vzduchu podél volné hladiny

K následujícímu výpočtu je nutno znát velikost Schmidtova čísla  $Sc$ , které má pro směs vodní páry a vzduchu hodnotu:

$$Sh = 0,664 Re^{1/2} Sc^{1/3} = 39,48 \quad (5)$$

Z toho plyne:

$$k_{\rho} = \frac{D_u}{b} * Sh = 1,793 * 10^{-2} [m * s^{-1}] \quad (6)$$

Dosadíme do vztahu:

$$M = 0,664 Re^{1/2} v^{1/3} D_u^{2/3} S \frac{M_D}{RT} (p_{nas} - p_{\varphi}) \quad (7)$$

$$M = 1,161 * 10^{-10} (2,332 - p_{\varphi}) \quad (8)$$

[4]

- Kapalná

Lidský organismus vylučuje vodu ve formě potu, aby si zachoval svůj termofyziologický komfort. Vlhkost prostupuje skrz textilii ve směru nižšího parciálního tlaku vodní páry. Pokud je kůže zakrytá textilií, vstup vlhkosti se řídí těmito principy:

- Difuze

Transport vlhkosti z kůže skrz textilii je uskutečněn pomocí pórů. Difúzní odpor různých oděvních vrstev se sčítá. Důležitý je zde také odpor vzduchových mezivrstev. Díky větší porositě mají pleteniny vyšší paropropustnost než tkaniny. [1]

- Kapilární transport

Kapalný pot na kůži, v kontaktu s první textilní vrstvou, je odváděn jejími kapilárními cestami všemi směry. Jedná se o takzvaný knotový efekt. Kapilární tlak  $\Delta P$ , který způsobuje tok kapalné vlhkosti, je úměrný povrchovému napětí vody  $\gamma$  a funkci  $\cos$  konstantního úhlu  $\Theta$ , který charakterizuje smáčecí schopnost dané textilie. [1]

- Sorpce

Prvotní je vznik vlhkosti nebo potu v kapalné podobě do neuspořádaných mezimolekulárních míst ve struktuře vlákna a poté již samotné navázání na hydrofilní

skupiny v molekulové struktuře. Proces je podmíněn užitím textilie obsahující alespoň částečně sorpční vlákna. [1]

Tyto tři mechanismy se na transportu vlhkosti podílejí současně.

## **1.4. Veličiny termofyziologického komfortu textilií**

### **1.4.1. Paropropustnost**

Paropropustnost neboli chladicí tok je propustnost vodních par (potu) skrze oděvní systém do okolního prostředí. Pro sportovní oblečení je paropropustnost důležitá. Pokud je paropropustnost nošené textilie nízká, nedochází k odvodu vodních par z povrchu lidského těla a dochází k přehřátí organismu. [1]

Relativní paropropustnost textilie je měřená v procentech. 100 % paropropustnost pak představuje volný nezakrytý povrch pokožky. Pokud je paropropustnost 0 %, je materiál zcela nepropustný pro vodní páry, tudíž neodvádí vlhkost od lidské pokožky. [1]

Propustnost pro vodní páry je také možné hodnotit pomocí výparného odporu  $R_{et}$  [Pa.m<sup>2</sup>./W]. Čím nižší je hodnota výparného odporu, tím je paropropustnost vyšší. Čím je tloušťka textilie větší, tím menší je paropropustnost. [1]

Paropropustnost je dána vztahem:

$$p = \left( \frac{q_1}{q_2} \right) * 100 \text{ [%]} \quad (9)$$

Kde:

$p$  = propustnost pro vodní páry

$q_1$  – tepelný tok – odpar hladiny Ø vzorku

$q_2$  – snížený tepelný tok – zakrytí Ø vzorkem. [1]

Měření paropropustnosti je možné provést několika způsoby, které budou podrobněji popsány v další kapitole.

### 1.4.2. Výparný odpor

Výparný odpor je dán vztahem:

$$Ret = (P_m - P_a) * (q_v^{-1} - q_o^{-1}) [Pa * m^2/W] \quad (10)$$

kde:

$P_m$  – Parciální tlak vodní páry na povrchu měřící hlavice [ $Pa$ ]

$P_a$  – Parciální tlak vodní páry ve vzduchu [ $Pa$ ] (určen relativní vlhkostí vzduchu  $\varphi$  a jeho teploty  $t_a$ )

$q_o$  – tepelný tok – nezakrytá hlavice vzorkem [ $W/m^2$ ]

$q_v$  – snížený tepelný tok – hlavice zakrytá vzorkem [ $W/m^2$ ]

### 1.4.3. Měrná tepelná vodivost

Představuje schopnost látek vést teplo pokud je tepelný tok ustálen tak, že se rozložení teplot uvnitř látek nemění. Platí, že když roste teplota, tepelná vodivost klesá.[1]

Je dána vztahem:

$$\lambda = \frac{-q}{\Delta T} [W m^{-1}K^{-1}] \quad (11)$$

kde:

$q$  – hustota tepelného toku [ $W m^{-2}K^{-1}$ ]

$\Delta T$  – rozdíl teplot [ $K/m$ ]

#### 1.4.4. Tepelný odpor

Udává množství tepla, které projde jednotkou plochy za jednotku času, při teplotním spádu 1K. Vyjadřuje vztah plošných materiálů – textilií, tenkých vzduchových vrstev a jiných plošných materiálů o tloušťce  $h$  [m]. Při tloušťce  $h=0,005$  [m] tepelný odpor vzduchové vrstvy dosahuje svého maxima. Čím menší je tepelný odpor, tím větší je tepelná vodivost. [1]

$$r = \frac{h}{\lambda} [m^2 \cdot K/W] \quad (12)$$

Kde:

$r$  – tepelný odpor  $[m^2 \cdot K/W]$

$h$  - tloušťka materiálu  $[m]$

$\lambda$  – tepelná vodivost  $[W/m \cdot K]$

Celkový tepelný odpor  $R_{cl} [m^2 \cdot K/W]$  oděvu je závislý na počtu jednotlivých vrstev  $R_n$  oděvu.

#### 1.4.5. Tepelný tok

Množství tepla, šířící se z hlavice přístroje o teplotě  $t_2$  do plošné textilie o počáteční teplotě  $t_1$  za jednotku času. [1]

Pro krátkou dobu kontaktu platí:

$$q = b * \left( \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi * \tau}} \right) [W/m^2] \quad (13)$$

kde:

$b$  – tepelná jímavost  $[W s^{1/2} m^{-2} K^{-1}]$

$t_2 - t_1 = \Delta T$  – rozdíl teplot  $[K/m]$

$\pi$  – pí

$\tau$  – čas

#### 1.4.6. Měrná teplotní vodivost

Udává schopnost materiálu vyrovnávat teplotní změny. Čím vyšší je měrná tepelná vodivost, tím je materiál schopen lépe vyrovnat teplotu. [1]

Vztah pro výpočet teplotní vodivosti:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} [m^2 \cdot s^{-1}] \quad (14)$$

Kde:

$\lambda$  – tepelná vodivost [ $W/m \cdot K$ ]

$c$  – specifické teplo [ $J/Kg \cdot K$ ] udává kolik tepla je potřeba k ohřátí 1Kg látky o 1K.

$\rho$  – hustota materiálu [ $Kg/m^3$ ]

#### 1.4.7. Tepelná jímavost

Charakterizuje tepelný omak. Udává množství tepla, které projde při rozdílu 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. Čím větší je tepelná jímavost, tím člověk vnímá textílii jako chladnější. [1]

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} [Ws^{1/2}m^{-2}K^{-1}] \quad (15)$$

Kde:

$\lambda$  – měrná tepelná vodivost [ $mW \cdot m^{-1}K^{-1}$ ]

$\rho$  – hustota materiálu [ $Kg/m^3$ ]

$c$  – měrná tepelná kapacita [ $J/Kg K$ ]

## 1.5. Metody měření propustnosti vodních par

Paropropustnost je možné měřit na různých přístrojích, různou metodou. Mezi tyto metody můžeme zařadit Gravimetrickou metodu, Metodu DREO či měření pomocí přístroje Skin Model. Dále je propustnost pro vodní páry možné měřit na přístroji PERMETEST, který bude popsán podrobněji v samostatné kapitole. [1]

### 1.5.1. Gravimetrická metoda

Voda obsažená ve vzorku textilie je odstraněna pomocí vysoušení. Probíhá v klimatizační skříni, za přesně daných podmínek. Teplota ve skříni je  $20 \pm 2$  °C s relativní vlhkostí  $60 \pm 2\%$  a maximální rychlostí proudění vzduchu  $0,2 \text{ m/s}^1$ . Vzorek je upevněn na misku, která obsahuje silikagel. Jako první se zváží vzorek i s miskou, poté probíhá expozice v klimatizační skříni, po dobu šesti hodin. Po této době ( $\tau$ ) je vzorek opět zvážen a vypočítaná relativní paropropustnost podle vztahu:

$$P_{rel} = \frac{G_1 - G_0}{G_0} [\%] \quad (16)$$

Kde:

$P_{rel}$  = relativní paropropustnost

$G_0$  = hmotnost vzorku s miskou před expozicí

$G_1$  = hmotnost vzorku s miskou po expozici

Nevýhodou této metody je dlouhá doba měření a nízká přesnost naměřených hodnot kvůli nelineární sorpci silikagelu. [1]

### 1.5.2. Metoda DREO

Měřený vzorek je upevněn mezi dvě polopropustné vrstvy na podložku. Pod spodní vrstvou je voda a přes vrchní vrstvu proudí suchý vzduch. Spodní vrstva chrání a odděluje vzorek před vodou a horní vrstva před prouděním vzduchu. Úbytek vody není určován pomocí vážení, ale je odečítán ze skleněné kapiláry. Měření trvá 15 minut. [1]

### 1.5.3. Skin model

Princip Skin modelu je založen na vyhřívání zavlhčované porézní desce, jinak také modelu kůže, která slouží k simulaci procesu přenosu tepla a hmoty, docházejícímu mezi lidskou pokožkou a jejím okolím. Měření se může provádět při různých měnících se vnějších podmínkách. Mezi tyto podmínky patří různé stupně teploty, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. [1]

- Zkouška za stacionárních podmínek

Vzorek je umístěn na desku o teplotě 35 °C, která je obtékána vzduchem. Ten proudí souběžně s povrchem desky rychlostí 1 m/s<sup>1</sup> a teplotou 20 °C, pokud je měřen tepelný odpor. Pokud je měřena paropropustnost, je jeho teplota 35 °C. Měření může trvat několik hodin, než se ustálí podmínky systému. Při měření paropropustnosti je deska pokryta celofánovou membránou, která je schopna propustit vodní páry, ale nikoli vodu v kapalném stavu. Voda, která je přiváděna k vyhřívání desce se odpařuje a prochází membránou v podobě páry. Při odparu, který je přímo úměrný paropropustnosti vzorku, teplota desky klesá. Příkon tepla do desky, aby byla udržena její teplota, je přímo úměrný paropropustnosti vzorku. Ze stran a zespoda je deska pokryta elektronicky stabilizovanou izotermní plochou, zabraňující ztrátě tepla do okolí. [1]

- Zkouška za nestacionárních podmínek

Na porézní kovovou desku, která je vyhřívána na teplotu 35 °C, je umístěna hydrofilní tkanina navlhčená 4cm<sup>3</sup> vody. Působením tepla se zde voda odpařuje. Následuje meziprostor, ve kterém jsou umístěna čidla, která registrují časový průběh teploty a vlhkosti dle nastavení režimu impulsů pocení. Nad volným prostorem ve vzdálenosti 10 mm je upevněn vzorek v rámu, který buď vlhkost odpařuje nebo pouze pohlcuje. Aby byla simulace lidského těla dokonalejší, vzorek materiálu se pomocí elektricky poháněných nití pohybuje, čímž zlepšuje simulaci lidského těla. Nad vzorkem proudí vzduch o teplotě 25 °C. [1]

## 1.6. Permetest

Permetest je přístroj, který slouží k měření paropropustnosti (*RWVP*) a výparného odporu (*Ret*). V roce 1990 byl patentován Profesorem Lubošem Hesem z Technické univerzity v Liberci. Přístroj byl již instalován ve 22 zemích, převážně u velkých výrobců textilií. Používá se jak v Evropě, tak i v Austrálii, Brazílii a USA. [5]

V praktické části této Bakalářské práce jsou vzorky měřeny právě na přístroji Permetest, proto o něm bude níže psáno podrobněji.

### 1.6.1. Princip Permetestu

Princip Permetestu je založen na porézním povrchu simulující lidskou pokožku – takzvaný Skin model malých rozměrů, díky němuž je možné měřit tepelný tok  $q$  [ $W/m^2$ ], procházející povrchem tohoto modelu lidské pokožky. Tento povrch je porézní a je zvlhčován. Tak napodobuje proces ochlazování při pocení. Na tento povrch je přes separační fólii přiložen vzorek měřené plošné textilie, přičemž vnější strana vzorku je ofukována. Měřicí hlavice je pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržována na teplotě okolního vzduchu (20-23 °C), který je nasáván do přístroje. Jsou tak zajištěny izotermické podmínky měření. Při měření dochází v porézní vrstvě k přeměně vlhkosti v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Výparný tepelný tok je měřen pomocí speciálního snímače, který je přímo úměrný paropropustnosti textilie a nepřímo úměrný výparnému odporu textilie. Výparný tepelný tok se jako první měří bez vzorku textilie ( $q_0$ ) a poté s přiloženým vzorkem ( $q_v$ ). [1]

Permetest je schopen komunikovat s počítačovým programem Permetestr. Ten je schopen zobrazovat, ukládat a vyhodnocovat naměřené hodnoty. Pro získání naměřených hodnot, potřebných k této bakalářské práci nebylo počítačového programu Permetestr potřeba.

### 1.6.2. Měřitelné hodnoty

- Tepelný odpor při stabilizované teplotě 32 °C nebo při rozdílu teploty hlavice a kanálu. V mokřém, nebo suchém stavu.
- Výparný odpor a relativní paropropustnost při izotermních nebo při anizotermních podmínkách.

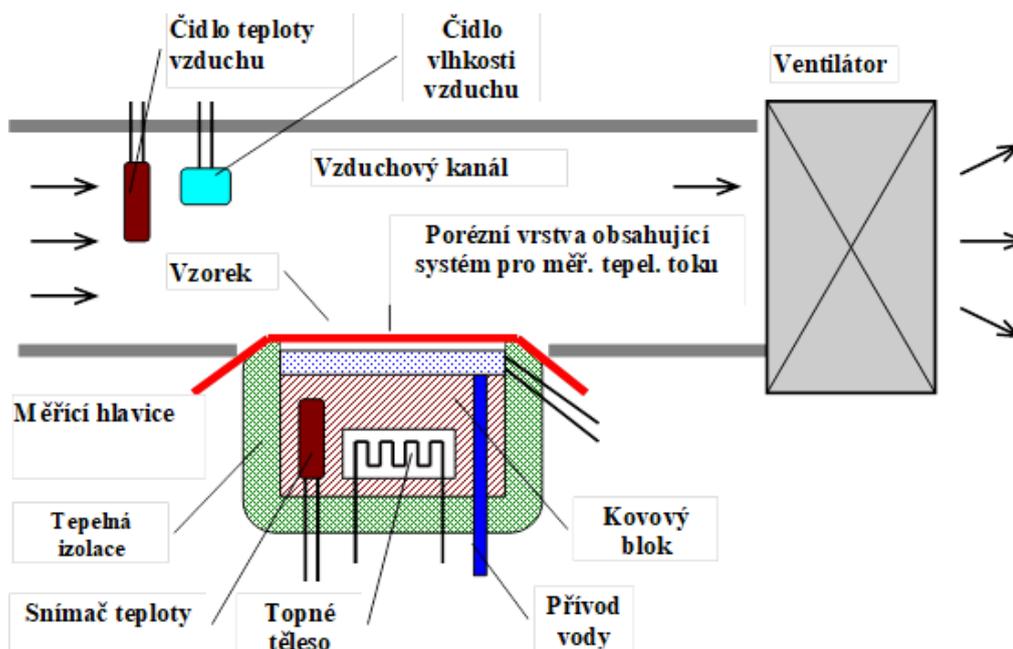
### 1.6.3. Výhody Permetestu

Jednou z výhod Permetestu jsou rozměry přístroje. Je malý a snadno přenositelný. Neničí měřený materiál, tudíž je možné měřit celý výrobek bez jeho destrukce. Další velmi důležitou výhodou je krátká doba měření a možnost měřit vzorek v jakýchkoliv běžných klimatických podmínkách. Měření je snadné a časově nenáročné.

### 1.6.4. Popis přístroje

Hlavními částmi přístroje Permetest (obrázek 1) jsou měřicí hlavice s regulací teploty a přívodem vody. Poté zkušební prostor pro měřený vzorek.

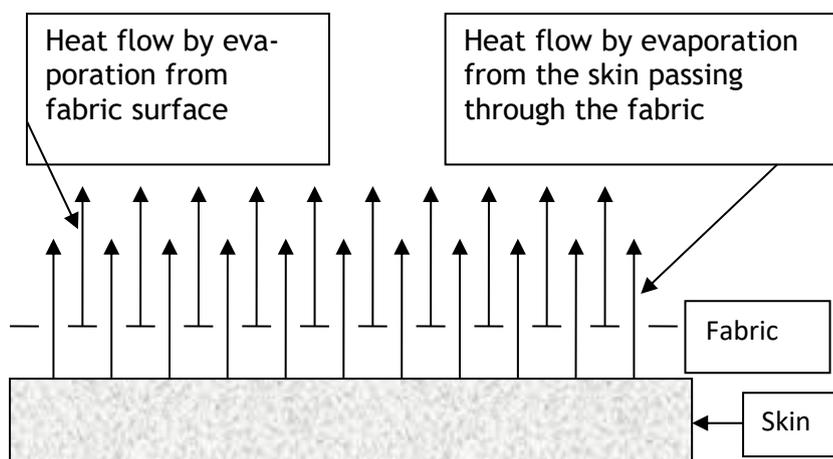
Měřicí hlavice obsahuje tenkou porézní kovovou desku obsahující systémem měřicí tepelný tok obklopenou ze stran a zespoda tepelnou izolací, zabraňující úniku tepla. Pod porézní deskou se nachází kovový blok, který obsahuje topné těleso, rozvádějící teplo v přístroji. Pomocí regulátoru teploty je topnému tělesu dodávána teplota. Ta je zachycena snímačem teploty. K porézní desce je zespoda přiváděna voda dávkovacím zařízením. Kovový blok přivedenou vodu zahřeje na teplotu měřicí jednotky. Zkoušený vzorek textilie, který je umístěn na měřicí hlavici, je z vrchní strany ofukován vzduchem přivedeným do zkušebního prostoru – vzduchového kanálu. Ten je pak pomocí ventilátoru odváděn ven z přístroje. Vzduch musí ve vzduchovém kanálu proudit v rovnoběžném směru. Ve vzduchovém kanálu jsou také čidla teploty a vlhkosti. [1]



Obrázek 1 - Schéma Permetestu [16]

## 1.7. Výpočet celkového tepelného toku u zavlhčené textilie

Odpařování potu z pokožky, který prochází oděvním systémem způsobuje chladicí efekt, který může přispět k pohodlí člověka při jeho nošení. Účinek chlazení však ovlivňuje i tok tepla, který je způsoben odpařením vlhkosti z povrchu textilie. Viz (obrázek 2). [6]



Obrázek 2 - Schéma odparu potu skrz textilii [16]

Celkový tepelný tok ( $q_{tot}$ ) je dán součtem tepelného toku procházejícího z kůže přes tkaninu a tepelného toku způsobeného teplotním rozdílem mezi kůží a povrchem textilie, který je ochlazen odpařením vody z povrchu tkaniny. [6]

Celkový tepelný tok je dán vztahem:

$$q_{tot} = q_{skin} + q_{fab} [W/m^2] \quad (17)$$

Tepelný tok z povrchu kůže:

$$q_{skin} = \frac{p_{sat} - p_{air}}{R_{gab} + R_{et} + R_{eto}} [W/m^2] \quad (18)$$

Tepelný tok z povrchu vlhké textilie:

$$q_{fab} = \frac{p_{sat} - p_{air}}{R_{eto}} + k * U [W/m^2] \quad (19)$$

Výparný odpor vzduchové vrstvy:

$$R_{gab} = \frac{h}{D_p} [Pa * m^2/W] \quad (20)$$

Výparný odpor mezní vrstvy:

$$R_{eto} = \frac{1}{\beta} [Pa * m^2/W] \quad (21)$$

Difuzní součinitel pro vodní páry – vztaženo na tlak:

$$D_p = D_c * M_w / RT [kg/m * s * Pa] \quad (22)$$

Kde:

$D_c$  – difuzní koeficient vztažen na koncentraci [ $m^2/s^1$ ]

$M_w$  – molární hmotnost vodní páry [ $18kg/kmol$ ]

$R$  – obecná plynová konstanta [ $8,31kg^{-1}mol^{-1}$ ]

$T$  – absolutní teplota vodní páry [ $K$ ]

Po dosazení dostaneme rovnici celkového tepelného toku [ $W/m^2$ ]:

$$q_{tot} = \frac{(p_{sat} - p_{air})}{(R_{gab} + R_{et} + R_{eto})} + \frac{(p_{sat} - p_{air})}{(R_{gab} + R_{et} + R_{eto})} [W/m^2] \quad (23)$$

Kde:

$p_{sat}$  – nasycený tlak na povrchu textilie [ $Pa$ ]

$p_{air}$  – tlak vzduchu v okolním prostředí [ $Pa$ ]

$R_{gab}$  – výparný odpor vzduchové mezery [ $Pa * \frac{m^2}{W}$ ]

$R_{et}$  – výparný odpor textilie [ $Pa * \frac{m^2}{W}$ ]

$R_{eto}$  – výparný odpor mezní vrstvy [ $Pa * \frac{m^2}{W}$ ]

$k$  – konstanta

$U$  – hmotnostní přívažek vlhkosti textilií [%]

$h$  – výška vzduchové mezery [ $mm$ ]

$\beta$  – součinitel přenosu hmoty prouděním  $\beta \approx \sqrt{v} [kg/m^2 * s * Pa]$

L – výparné teplo vody  $\left[\frac{J}{kg}\right]$

Z této rovnice vyplývá, že zvýšení tloušťky vzduchové vrstvy mezi kůží a tkaninou snižuje celkový tepelný tok skrze tkaninu, což snižuje chladící účinek. Toto je důležité při nošení mokrého oděvu. Části těla, které jsou v těsném kontaktu s textilií, mohou mít intenzivní chladící účinek, kdežto v částech, kde je mezera mezi pokožkou a mokrou textilií, může být chladící efekt menší, což může vést k jistému diskomfortu. [6]

### 1.7.1. Chladící efekt

Chladící efekt (chladící výkon) volného povrchu kůže je dán následujícím vztahem:

$$q_{cool} = A * \beta * \Delta_{par} [W/m^2] \quad (24)$$

$$\Delta_{par} = p_{nas} - p_{\varphi} \quad (25)$$

Kde:

$q_{cool}$  – chladící výkon

A – kontaktní plocha

$\beta$  – součinitel přestupu hmoty

$\Delta_{par}$  – rozdíl parciálních tlaků

$p_{nas}$  – Parciální tlak páry ve stavu nasycení

$p_{\varphi}$  – Parciální tlak vodní páry ve vzduchu (určen relativní vlhkostí vzduchu  $\varphi$  a jeho teploty)

Součinitel přestupu hmoty prouděním lze vypočítat pomocí Lewisova zákona:

$$\beta_{konv} = K_{konst} * \alpha_{konv} \quad (26)$$

Kde:

$\beta_{konv}$  – součinitel přestupu hmoty

$K_{konst}$  – konstanta

$\alpha_{konv}$  – součinitel přestupu tepla, kdy při malém proudění vzduchu  $v$  platí:

$$\alpha_{konv} = 8,3 v^{0,5}. [7]$$

## 1.8. Pletenina

Jedná se o plošnou textilií, která je zhotovena vytvářením a vzájemným proplétáním oček. Podle technologii výroby je dělíme na pleteniny zátažné a osnovní, které se navzájem liší strukturou i vlastnostmi. [8]

Pletenina zátažná je tvořena z příčné soustavy nití. Očka jsou vzájemně provázaná jednou nití. Je zde větší možnost vzorování a použití nití. Zátažné pleteniny mohou být jednolící, oboulící, obourubní a interlokové. [8]

Pletenina osnovní je tvořena z podélné soustavy nití – osnovy. Každé očko v řádku, je jedna samostatná nit. Osnovní pleteninu nelze vytvořit jen z jedné nitě. Celý řádek pleteniny vzniká najednou. Jednotlivá očka nití jsou vzájemně proplétána. Tento typ pletenin se vyrábí pouze strojově. Osnovní pleteniny jsou jednolící, nebo oboulící. [8]

Dle vazebních prvků a orientace oček rozlišujeme vazbu jednolící, oboulící a obourubní. V jednolící vazbě jsou všechny sloupky i řádky jednolící. Lze ji vytvořit jen z jedné řady jehel. Oboulící vazba má všechny sloupky jednolící a všechny nebo pouze některé řádky jsou oboulící. Oboulící pleteninu je možné vytvořit jen při použití dvou jehelních řad. Vazba obourubní má některé, nebo všechny sloupky oboulící. Lze vytvořit jen při použití dvou jehelních řad. [8]

### 1.8.1. Vlastnosti pletenin

Vlastnosti pletenin jsou ovlivněny především strukturou a vlastnostmi vláken a nití, ze kterých je pletenina zhotovena. Pak také samotnou konstrukcí pleteniny. U vláken se jedná o jemnost, délku, pevnost, tažnost, sorpční vlastnosti a také tvar příčného řezu vlákna. U nití je důležitá jejich jemnost, stupeň zákrutu, chlupatost. U konstrukce pleteniny je to především šířka a výška oka, délka nitě v oku, tloušťka nitě, hustota řádků a sloupků a také vazba pleteniny. Dále je ovlivňuje materiál, ze kterého je pletenina vyrobena. Obecně je pletenina pružnější než tkanina. Je však velmi ovlivněna její hustotou řádků a sloupků. [9]

### 1.8.2. Žebrové pleteniny

Pro žebrovou pleteninu jsou charakteristické podélné pruhy, které jsou tvořeny střídáním lícních a rubních sloupků. Ty jsou tvořeny zhruba z jednoho až pěti lícních nebo rubních oček. Žebrová pletenina je velmi pružná a tažná. Jedná se o zátažnou, či osnovní pleteninu, která je však vždy oboulícní.

Jsou různé druhy žebrových pletenin, které se dělí z hlediska vazby.

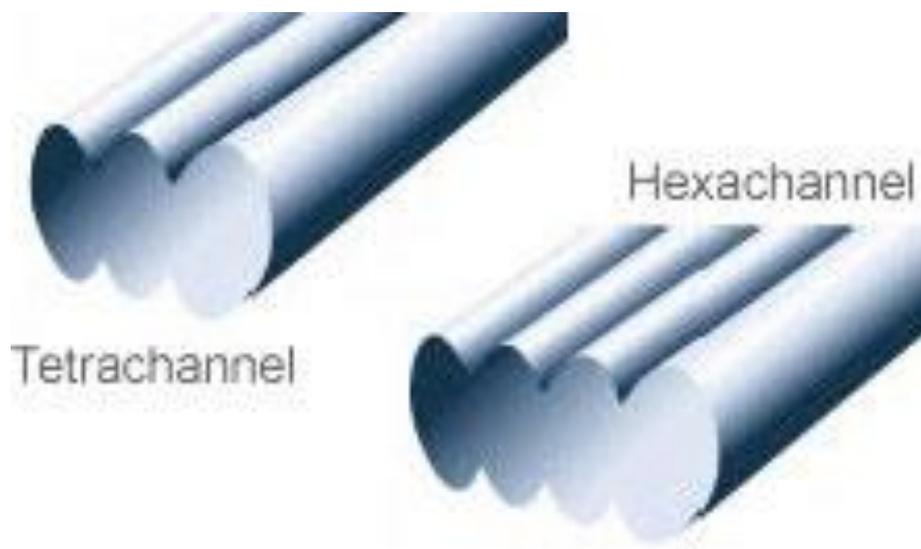
- Žebrová pletenina “jednolícní” - pletenina je tvořena ve vazbě jednolícní hladké. Střídají se sloupky lícních a sloupky rubních oček.
- Žebrová pletenina “oboulícní” - pletenina je tvořena ve vazbě oboulícní hladké. Efekt je tvořen střídáním skupin sloupků lícních ve vazbě oboulícní hladké a skupin sloupků rubních. Pletenina je plastická díky lícním sloupkům ve vazbě oboulícní.
- Patent – pletenina s jednolícními žebry, které se střídají po dvou až čtyřech sloupcích. Pletenina má zvýšenou tažnost v příčném směru.
- Žebra podkládaná – žebrovaný povrch má pouze na lícní straně textilie. Má sníženou příčnou tažnost, a to díky podloženým kličkám které jsou obsaženy ve struktuře pleteniny. [8]

## 1.9. Vlákenné materiály

V této kapitole jsou stručně popsána jednotlivá vlákna a jejich vlastnosti, která jsou obsažena ve vzorcích žebrových pletenin.

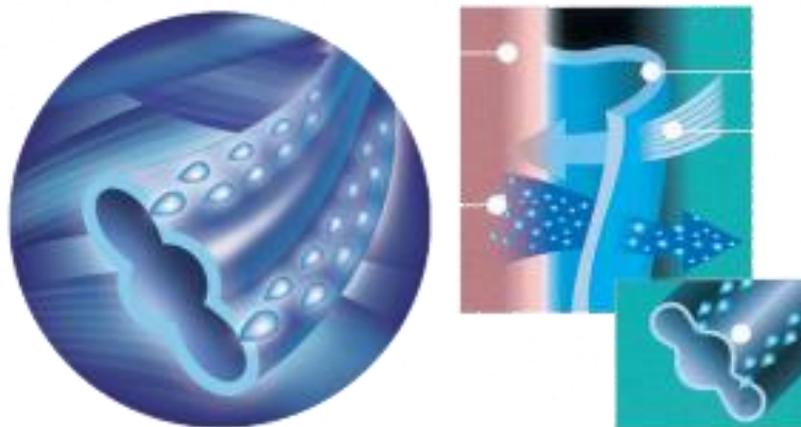
### 1.9.1. Coolmax vlákno

Technologie COOLMAX® byla vyvinuta roku 1986, firmou DuPont (dnes již Invista). Jedná se o modifikované tři až čtyřkomorové polyesterové vlákno charakteristické svým průřezem. (obrázek 3). [10]



Obrázek 3- Řez COOLMAX vláknem [17]

Vlákno (obrázek 4) je speciálně konstruované tak, aby mělo větší povrch a tím tedy dobře odvádělo přebytečné vodní páry ve formě potu od povrchu těla k vnější části textilie, kde se odpaří. Pokud se tedy člověk nachází v klimatu, kde je vysoká okolní teplota, nebo je člověk aktivní, oděvy vyrobené z CoolMax vláken pomohou daného jedince udržet déle v chladu a suchu, tedy i ve větším komfortu. [11]

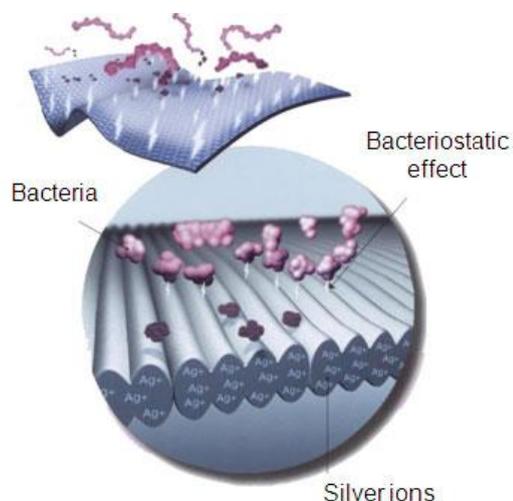


Obrázek 4 - COOLMAX vlákno – odvod vlhkosti z povrchu těla [17]

Vlákno má také velmi nízkou nasákovost a usychá rychleji než jiná vlákna. Úplet tvořený z Coolmax vláken je lehký, jemný a prodyšný. Pozitivum je, že materiál je odolný vůči plísním, pachu a je nenáročný na údržbu. Vlákno je vhodné k výrobě funkčního prádla, jako spodní prádlo, ponožky, trika, legíny, a jiné sportovní oblečení. [10]

### 1.9.2. Coolmax fresh

Vlákna Coolmax Fresh (obrázek 5) jsou obohacena o ionty stříbra ve vlákne. Ty zpomalují a omezují růst bakterií tím, že naruší jejich buněčnou strukturu. Bakterie způsobují rozklad potu. Tímto způsobem je zabráněno tvorbě nepříjemného pachu. Antibakteriální ochrana je permanentní. [12]



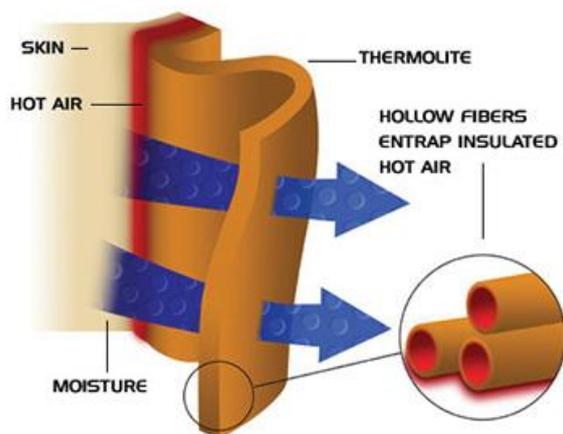
Obrázek 5 - Vlákna Coolmax Fresh [12]

### 1.9.3. Thermolite

Thermolite (obrázek 6) je duté polyesterové syntetické vlákno, registrované firmou Invista. V Evropě, na středním východě a v Africe má na značku výhradní práva společnost ADVANSA. Vlákno má nízkou hmotnost, vysokou životnost a velmi dobré izolační účinky. Ve srovnání s bavlnou, má Thermolite o 50 % vyšší schopnost odpařit vlhkost od pokožky těla, to zajišťuje, že textilie z vláken Thermolite schnou podstatně rychleji. Thermolite má lepší schopnost nasáknout a transportovat vlhkost až o 48 % a o 53 % vlhkost odpařit než jiná syntetická vlákna, jako polyester, polyamid či polypropylen. [13]

### 1.9.4. Thermocool

Jedná se o kombinaci vlákna Thermolite s dutým jádrem a vlákna Coolmax (obrázek 7). Jsou v něm spojené dvě odlišné vlastnosti, zajišťuje zchlazení odpařením, nebo vyrovnání teploty dle potřeb nositele. Vlhkost se odpařuje rychleji díky Coolmax vláknu. Vlákno s dutým jádrem funguje jako tepelná izolace. Udržuje teplotu a brání tak chladnutí při snížení fyzické zátěže. Stále však zachovává odvod přebytečného tepla. [14]



Obrázek 6 - Thermolite vlákno [13]



Obrázek 7 - Vlákno Thermocool [14]

### 1.9.5. Polyuretan

Materiály obohacené o tato vlákna mají lepší pružnost, splývavost a tvarovou stálost, takže se lépe přizpůsobí lidské postavě. Jsou schopna se prodloužit až na čtyřnásobek své původní délky, bez toho, aniž by se porušila jejich struktura. Ztrácí pevnost v chlorované vodě a jsou snadno hořlavá. [10]

Lycra je obchodní název vysoce pružného, syntetického vlákna vyrobeného z polyuretanu. Vlákna pod touto značkou jsou zvlákňována za sucha – z roztoku do horkovzdušné komory. [10]

### 1.9.6. Modacryl

Modakryl je sloučenina polyakrylonitrilu (PAN) a polyvinyl-chloridu (PVC)

- **Polyakrylnitrilová vlákna**

Proces výroby tohoto vlákna se dělí dle dvou zvlákňovacích postupů: do lázně, který je převažující, a do horkovzdušné komory. S ohledem na špatnou barvitelnost jsou vyráběny kopolymery – modakrylová vlákna. Jedná se o vlákna z lineárních makromolekul, které mají v řetězci 50–85 % polyakrylonitrilových jednotek, zbytek tvoří nositel barvitelné složky – zpravidla metakrylát.

Svémi vlastnostmi se velmi blíží vlně. Mají dobrou odolnost proti vlivům světla, povětrnosti a mikroorganismům. Mají nižší pevnost, vlákno je pružné a měkké (vhodné k mísení s vlnou). Jsou vysoce hořlavé, a mají špatnou tepelnou vodivost. [15]

- **Polyvinyl-chloridová vlákna**

Pružnost polyvinylchloridového vlákna je velmi dobrá, vlákno není navlhavé a má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Je také nehořlavé. Tepelný bod měknutí je kolem 70°C. Při 100 °C se sráží až o 60 % [15]

## 2. Praktická část

Praktická část bakalářské práce je založena na měření relativní paropropustnosti neboli relativního chladicího toku za sucha a po zavlhčení na 5 ti různých úrovních relativní vlhkosti na stroji PERMETEST.

Měřeny jsou vzorky žebrových úpletů z vláken o nekruhovém průřezu, dále tytéž vzorky se zhotovenou povrchovou strukturou. Zjištěné výsledky naměřených hodnot jsou zaznamenány a vyhodnoceny pomocí tabulek a grafů.

### 2.1. Hodnocené vzorky pletenin a jejich parametry

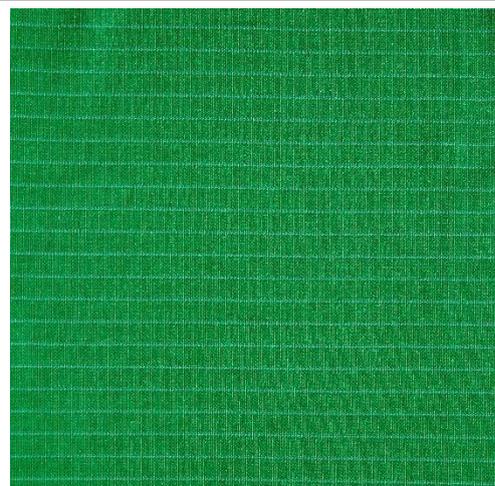
Pro tento experiment bylo vybráno osm různých druhů žebrových úpletů, s rozdílnými vlastnostmi – složení, plošná hmotnost, vazba žebber. V následujících tabulkách jsou zaznamenány jejich vlastnosti s příloženými fotkami jednotlivých pletenin.

Tabulka 1: Hodnocený materiál Vzorek 1

<b>Popis</b>	Vzorek 1
<b>Materiálové složení:</b>	PES Coolmax 86 %, PESH DTY f144/1 s DTY SD HLY 8%, Lycra
<b>Konstrukční parametry:</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	213 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 1:1

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	O	V	O
V	O	V	O



Obrázek 8 - vzorek 1

Tabulka 2: Hodnocený materiál Vzorek 2

<b>Vzorek č. 2</b>	
<b>Materiálové složení:</b>	Polyester Coolmax 62 % PESH DTY f144/SD HLY 32 %, Lycra 6 %
<b>Konstrukční</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	169 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 1:1

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	O	V	O
V	O	V	O



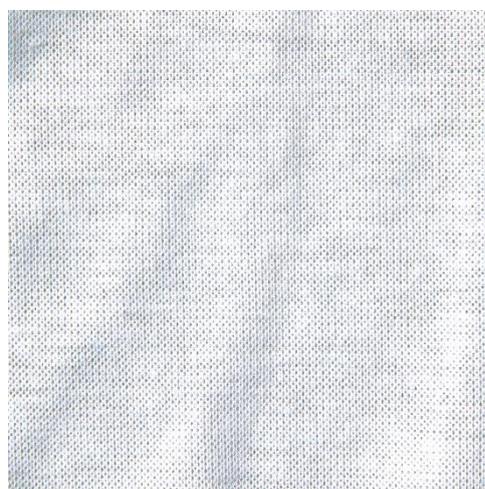
Obrázek 9 - vzorek 2

Tabulka 3: Hodnocený materiál Vzorek 3

<b>Vzorek č. 3</b>	
<b>Materiálové složení:</b>	Polyester Coolmax 94 %, Lycra 6 %
<b>Konstrukční parametry:</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	196 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 1:1

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	O	V	O
V	O	V	O



Obrázek 10 - vzorek 3

Tabulka 4: Hodnocený materiál Vzorek 4

<b>Vzorek č. 4</b>	
<b>Materiálové složení:</b>	Modacryl-Thermocool FR 100 %
<b>Konstrukční</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	183 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 1:1

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	O	V	O
V	O	V	O



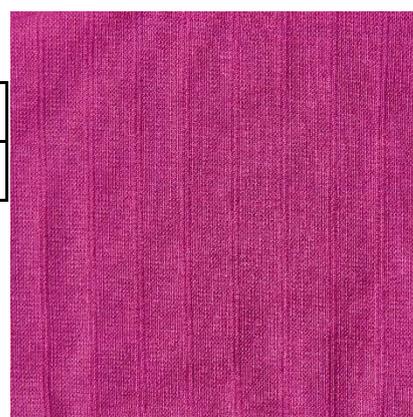
Obrázek 11 - vzorek 4

Tabulka 5: Hodnocený materiál Vzorek 5

<b>Vzorek č. 5</b>	
<b>Materiálové složení:</b>	PES Thermocool 96 %, Lycra 6 %
<b>Konstrukční parametry:</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	200 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 11:1:1:1

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	O	V	O	V
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	O	V	O	V



Obrázek 12 - vzorek 5

Tabulka 6: Hodnocený materiál Vzorek 6

<b>Vzorek č. 6</b>	
<b>Materiálové složení:</b>	PES Thermocool 96 %, Lycra 6 %
<b>Konstrukční parametry:</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	175 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 3:1:9:1:9:1

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	V	V	O	V	V	V	V	V	V	V	V	V	O	V	V	V	V	V	V	V	V	O
V	V	V	O	V	V	V	V	V	V	V	V	V	O	V	V	V	V	V	V	V	V	O



Obrázek 13 - vzorek 6

Tabulka 7: Hodnocený materiál Vzorek 7

<b>Vzorek č. 7</b>	
<b>Materiálové složení:</b>	PESh f194/1 PESh Thermocool Fresh 92 %, Lycra 8 %
<b>Konstrukční parametry:</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	190 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 1:1

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	O	V	O
V	O	V	O



Obrázek 14 - vzorek 7

Tabulka 8: Hodnocený materiál Vzorek 8

<b>Vzorek č. 8</b>	
<b>Materiálové složení:</b>	Coolmax 100%
<b>Konstrukční parametry:</b>	Pletenina zátažná
<b>Plošná hmotnost:</b>	213 [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Vazba:</b>	žebro 1:1
<b>Geometrická porozita</b>	47,41%

Zápis vazby pleteniny (systém VÚP):

V	O	V	O
V	O	V	O

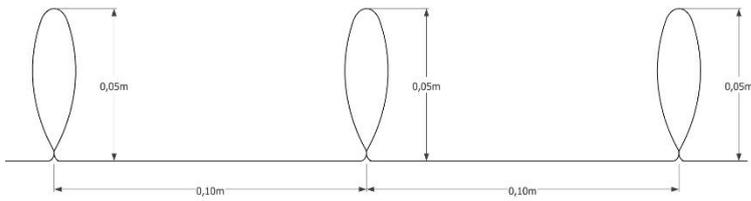


Obrázek 15 - vzorek 8

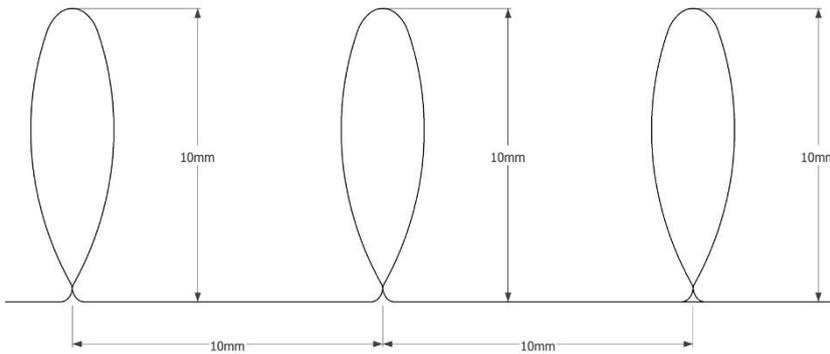
## 2.2. Konstrukce žeber

Každá pletenina byla nastříhaná na čtyři stejně velké obdélníky o délce a šířce 250x200 milimetrů. Na každém tomto obdélníku pleteniny byla vytvořena odlišná žebra. Ta se navzájem od sebe lišila výškou a vzájemnou vzdáleností.

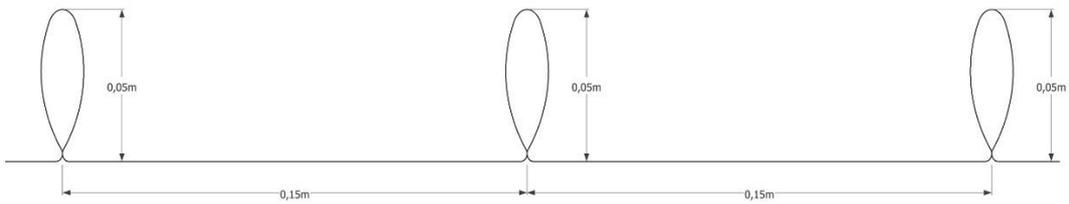
Na vzorek byly narýsované pomocné přímky, kolmo na osnovu pleteniny s předem určenou vzájemnou vzdáleností. Díky těmto přímkám bylo možno pleteninu vzájemně k sobě snadněji nastehovat. Pruhy byly následně sešity k sobě, čímž vznikla úzká žebra, která byla od sebe navzájem daleko - 10 milimetrů, či 15 milimetrů a vysoká 5 milimetrů, nebo 10 milimetrů. Délka jednoho žebra měří 70 milimetrů. Tato žebra byla na každém konci prošita, aby nedošlo při vložení vzorku na měřicí hlavici přístroje Permetest k jejich deformaci. Na každém vzorku pleteniny jsou tři žebra, která postačila k tomu, aby byla paropropustnost na Permetestu správně naměřena. Na obrázcích níže můžeme vidět názornou konstrukci jednotlivých druhů žeber.



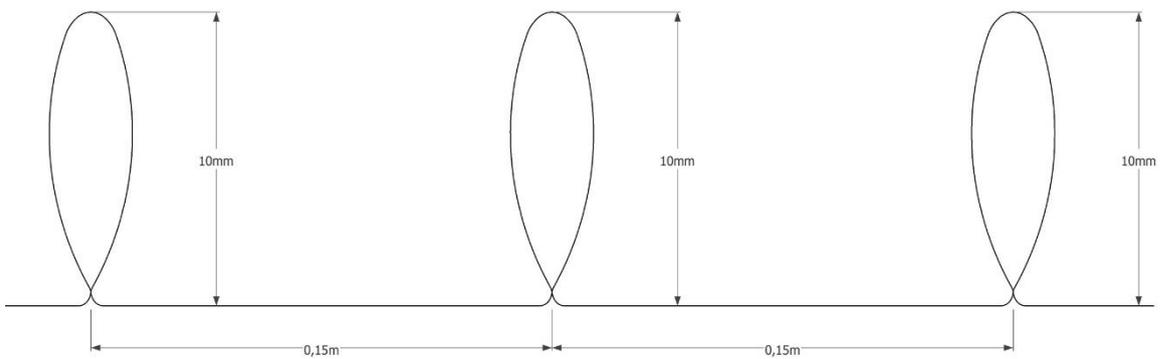
Obrázek 16 - žebra vysoká 5 milimetrů, vzdálené od sebe 10 milimetrů



Obrázek 17 - žebra vysoká 10 milimetrů, vzdálené od sebe 10 milimetrů



Obrázek 18 - žebra vysoká 5 milimetrů, vzdálené od sebe 15 milimetrů



Obrázek 19 - 10 milimetrů, vzdálené od sebe navzájem 15 milimetrů

- Ukázky žebry



*Obrázek 23 - pletenina s žebry  
5 mm/10 mm*



*Obrázek 22 - pletenina s žebry  
10 mm/10 mm*



*Obrázek 21 - pletenina s žebry  
5 mm/15 mm*



*Obrázek 20 - pletenina s žebry  
10 mm/15 mm*

### 2.3. Teoretická referenční plocha žeber

Teoretická referenční plocha ( $S_{ref}$ ) jednotlivých druhů vzorků, byla spočítána na rozměr  $1 \text{ dm}^2$ .

Pletenina bez žeber:

$$S_{ref} = \frac{0,1 \text{ dm}}{0,1 \text{ dm}} = 1 \text{ dm}^2 \quad (27)$$

Pletenina s žebry vysokými 5 mm a vzdálených od sebe 10 mm:

$$S_{ref} = \frac{0,2 \text{ dm}^2}{0,1 \text{ dm}^2} = 2 \text{ dm}^2 \quad (28)$$

Pletenina s žebry vysokými 10 mm a vzdálených od sebe 10 mm:

$$S_{ref} = \frac{0,3 \text{ dm}^2}{0,1 \text{ dm}^2} = 3 \text{ dm}^2 \quad (29)$$

Pletenina s žebry vysokými 5 mm a vzdálených od sebe 15 mm:

$$S_{ref} = \frac{0,17 \text{ dm}^2}{0,1 \text{ dm}^2} = 1,7 \text{ dm}^2 \quad (30)$$

Pletenina s žebry vysokými 10 mm a vzdálených od sebe 15 mm:

$$S_{ref} = \frac{0,24 \text{ dm}^2}{0,1 \text{ dm}^2} = 2,4 \text{ dm}^2 \quad (31)$$

### 2.4. Postup měření na Permetestu

Měření probíhalo v laboratoři Technické univerzity v Liberci na přístroji Permetest.

Klimatické podmínky laboratoře při měření:

- Teplota vzduchu  $21 \text{ }^\circ\text{C}$
- Relativní vlhkost vzduchu  $40 \text{ } \%$ .

Na přístroji byla měřena relativní propustnost  $p$  [%] pro vodní páry žebrových pletenin, při pěti různých úrovních relativní vlhkosti. Na každém vzorku, který byl navlhčen byla paropropustnost měřena pouze jednou, jelikož dosáhnout stejné úrovně relativní vlhkosti, jako při předešlém měření není možné.

Vzorky s konstrukcí žeber byly měřeny podélně a napříč ose proudícímu vzduchu, který měl rychlost proudění  $v = 1[m/s]$ , což odpovídá rychlosti při běžné chůzi člověka.

Různých stupňů vlhkosti bylo dosaženo ponořením vzorku do nádoby s destilovanou vodou, kam bylo přidáno i malé množství smáčedla, což pomohlo ke stejnoměrnému rozložení vlhkosti do vzorku. Vzorky byly do vody ponořeny alespoň na 20 minut, aby byly vzorky dobře nasáknuté vodou. Hmotnost materiálu byla určena těsně před měřením daného vzorku hned po vyjmutí z vody. Voda z pleteniny byla postupně vytlačena mechanicky. Vážení vzorku probíhalo před každým měřením.

Hmotnostní přívažek vlhkosti pletenin byl vypočítán z následující rovnice:

$$U = \frac{m_v - m_s}{m_s} * 100 [\%] \quad (32)$$

Kde:

$U$  = hmotnostní přívažek vlhkosti pletenin [%]

$m_v$  = hmotnost navlhčené pleteniny [g]

$m_s$  = hmotnost pleteniny v suchém stavu [g]

Kdy  $U = 0 \%$  je rovno pletenině za suchého stavu

Hmotnost pleteniny je vyšší, čím větší je obsah vlhkosti v pletenině.

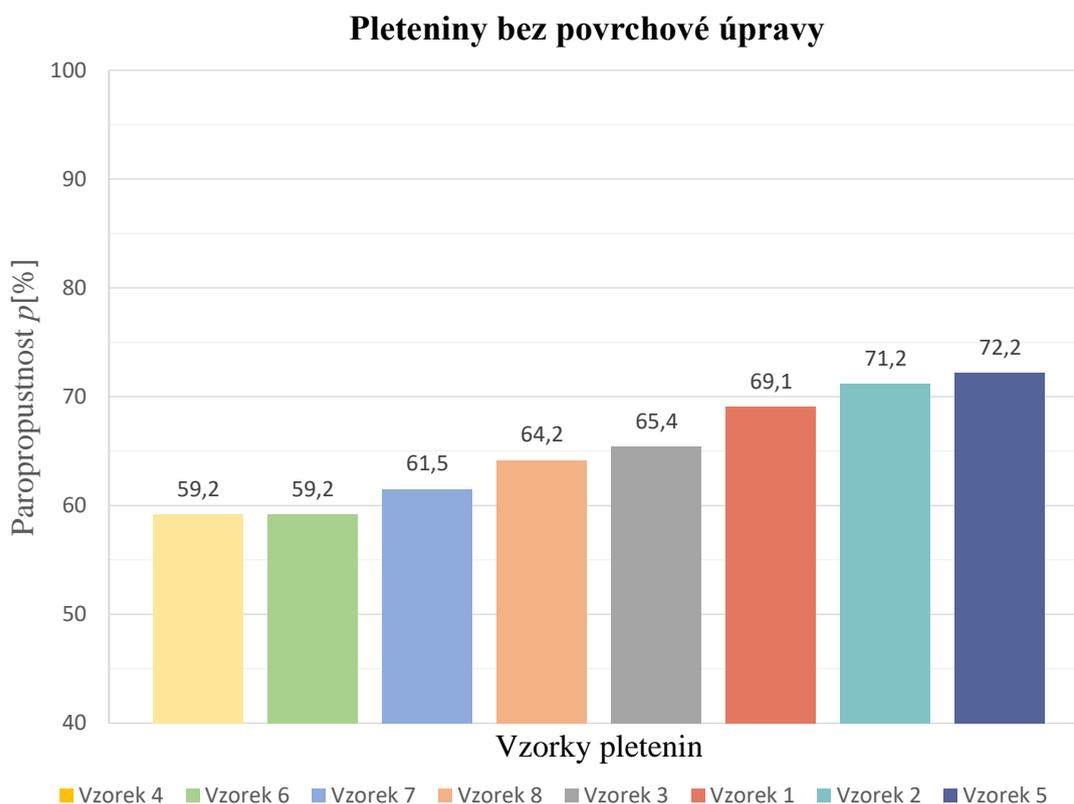
Před každým vložením vzorku byla potřeba přístroj zkalibrovat na hodnotu tepelného toku  $q_o$ , který odpovídá 100 % paropropustnosti. Poté byl vzorek vložen na měřící hlavici pokrytou separační fólií. Doba měření jedné hodnoty byla dvě až tři minuty. Výsledná hodnota relativní paropropustnosti byla následně zaznamenána.

100 % relativní chladící tok v přístroji Permetest odpovídá chladicímu výkonu  $q_{chl} = 5,25 [Kg/m^2/s]$  viz. rovnice (8).

## 2.5. Výsledky měření

Výsledky měření vzorků pletenin na přístroji Permetest jsou zaznamenány pomocí grafů a tabulek. Celkem bylo naměřeno 432 hodnot.

### 2.5.1. Měření bez povrchové úpravy za suchého stavu



Obrázek 24 - paropropustnost jednotlivých druhů pletenin

Na obrázku 20 je možné vidět porovnání paropropustnosti jednotlivých vzorků pletenin bez povrchové úpravy za suchého stavu – s relativní vlhkostí  $U=0$  %.

Největší propustnosti pro vodní páry dosáhl vzorek 5. s relativní paropropustností 72,2%. Tudiž je předpoklad, že po zavlhčení budou hodnoty tohoto vzorku také vyšší než u ostatních pletenin. Naopak nejnižší paropropustnosti dosáhly vzorky 4. a 6., s relativní paropropustností 59,2 %.

## 2.5.2. Měření s povrchovou úpravou za suchého stavu

- **Výsledky měření paropropustnosti  $p$  [%] pletenin za sucha – podélné měření**

Vzorky:	ŽEBRA 5 mm/10 mm	ŽEBRA 10 mm/10 mm	ŽEBRA 5 mm/15 mm	ŽEBRA 10 mm/15 mm
Vzorek 1	48,8	54,3	61,4	60
Vzorek 2	48,4	53,2	53,7	52,4
Vzorek 3	55,8	44,4	58,3	49,2
Vzorek 4	47,6	37	50,6	47,4
Vzorek 5	56,8	49,3	71,9	66,3
Vzorek 6	52,7	37,3	53,7	46,4
Vzorek 7	50,1	42,1	60,8	52,9
Vzorek 8	47,8	45,1	63,8	56,3

*Tabulka 9 - paropropustnost pletenin s žebry za sucha – podélné měření*

V tabulce 9 jsou naměřená data paropropustnosti jednotlivých vzorků pletenin se čtyřmi druhy žeber, měřených podélně s osou proudícího vzduchu

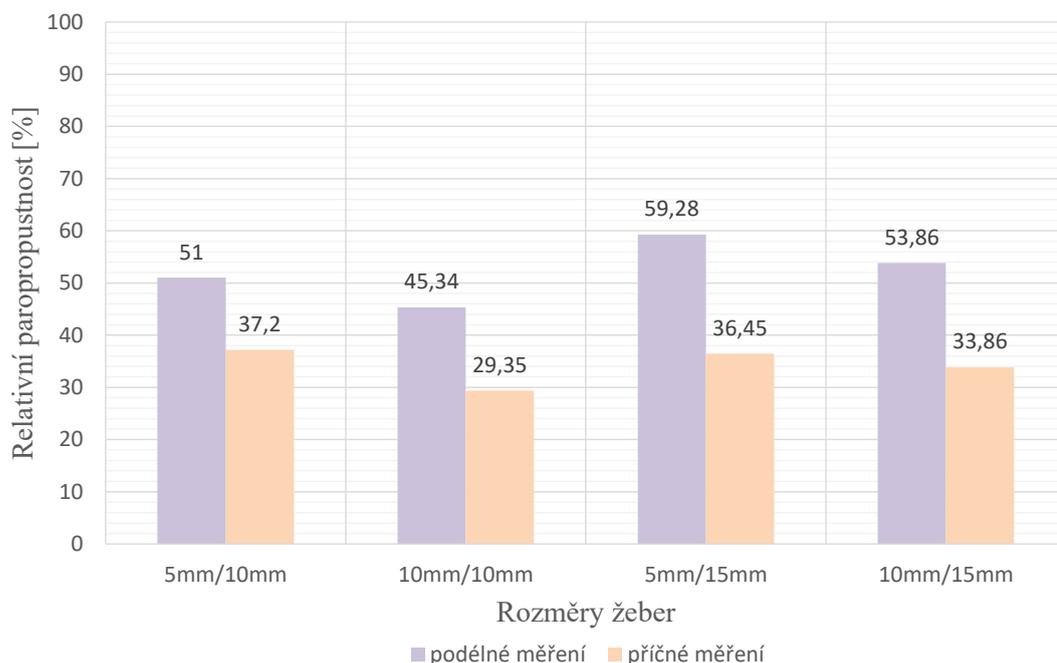
- **Výsledky měření paropropustnosti  $p$  [%] pletenin za sucha – příčné měření**

Pleteniny	ŽEBRA 5 mm/10 mm	ŽEBRA 10 mm/10 mm	ŽEBRA 5 mm/15 mm	ŽEBRA 10 mm/15 mm
Vzorek 1	36,2	28,7	33,3	36,7
Vzorek 2	34,9	33,2	33,5	35,8
Vzorek 3	43,2	25,5	32,5	30,9
Vzorek 4	31,8	30,9	36,2	34,2
Vzorek 5	43	33,5	49,3	35,2
Vzorek 6	38	25,5	33,7	34,5
Vzorek 7	39,5	30,7	36,8	29,4
Vzorek 8	32	26,8	36,3	34,2

*Tabulka 10 - paropropustnost pletenin s žebry za sucha – příčné měření*

V tabulce 10 jsou naměřená data paropropustnosti jednotlivých vzorků pletenin se čtyřmi druhy žeber, měřených napříč k ose proudícího vzduchu.

### Průměrná paropropustnost pletenin dle konstrukce žeber



Obrázek 25 - Průměrná paropropustnost pletenin dle konstrukce žeber při podélném a příčném měření k ose proudícímu vzduchu za sucha

Na obrázku 21 je zobrazen průměr paropropustnosti jednotlivých pletenin dle povrchové úpravy měřených podél a napříč ose proudícímu vzduchu při relativní vlhkosti  $U=0$  %. Je z něj možné vyčíst, že vzorky měřené podélně s osou proudícího vzduchu dosáhly výrazně větší relativní paropropustnosti než vzorky měřené napříč ose proudícího vzduchu. Ze čtyř druhů žeber dosáhly největší paropropustnosti žebra vysoká 5 mm a vzdálená od sebe navzájem 15 mm.

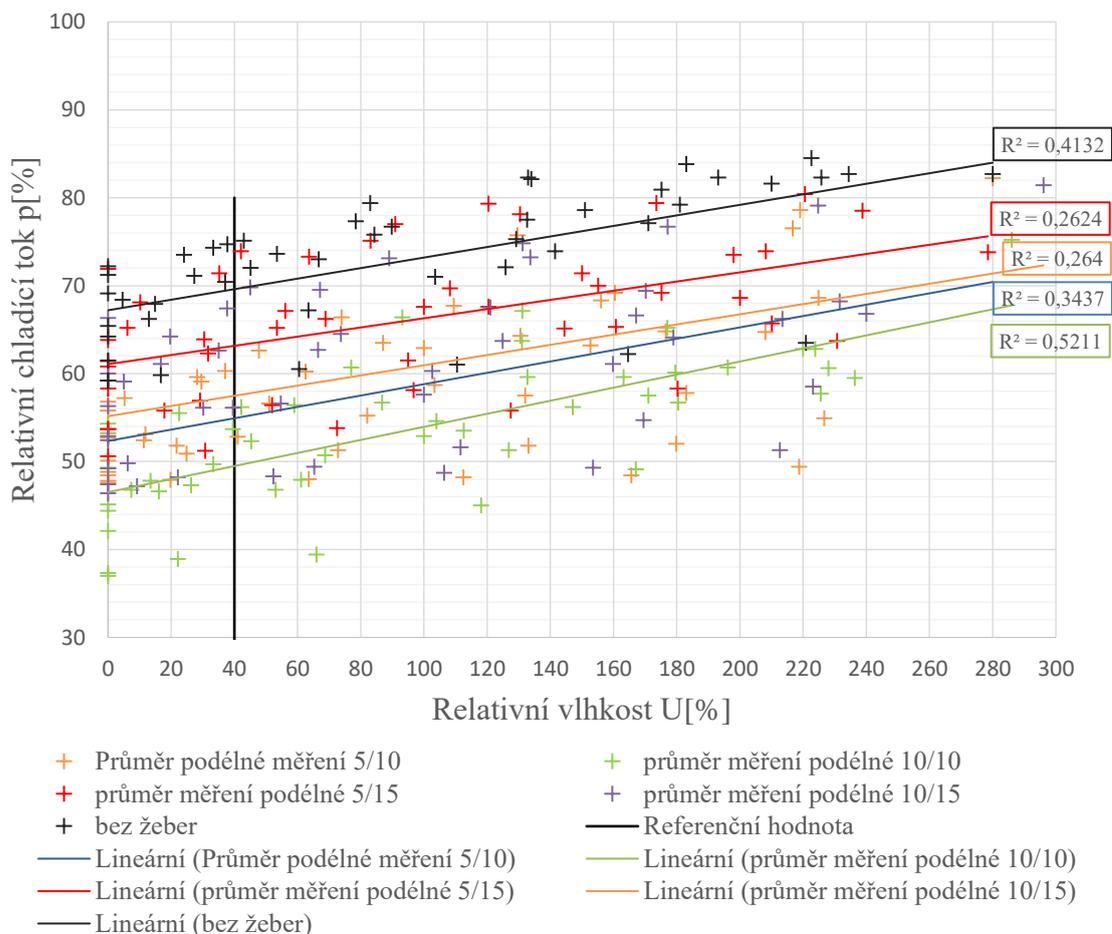
Výpočet aritmetického průměru:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (33)$$

### 2.5.3. Měření pletenin na úrovni relativní vlhkosti

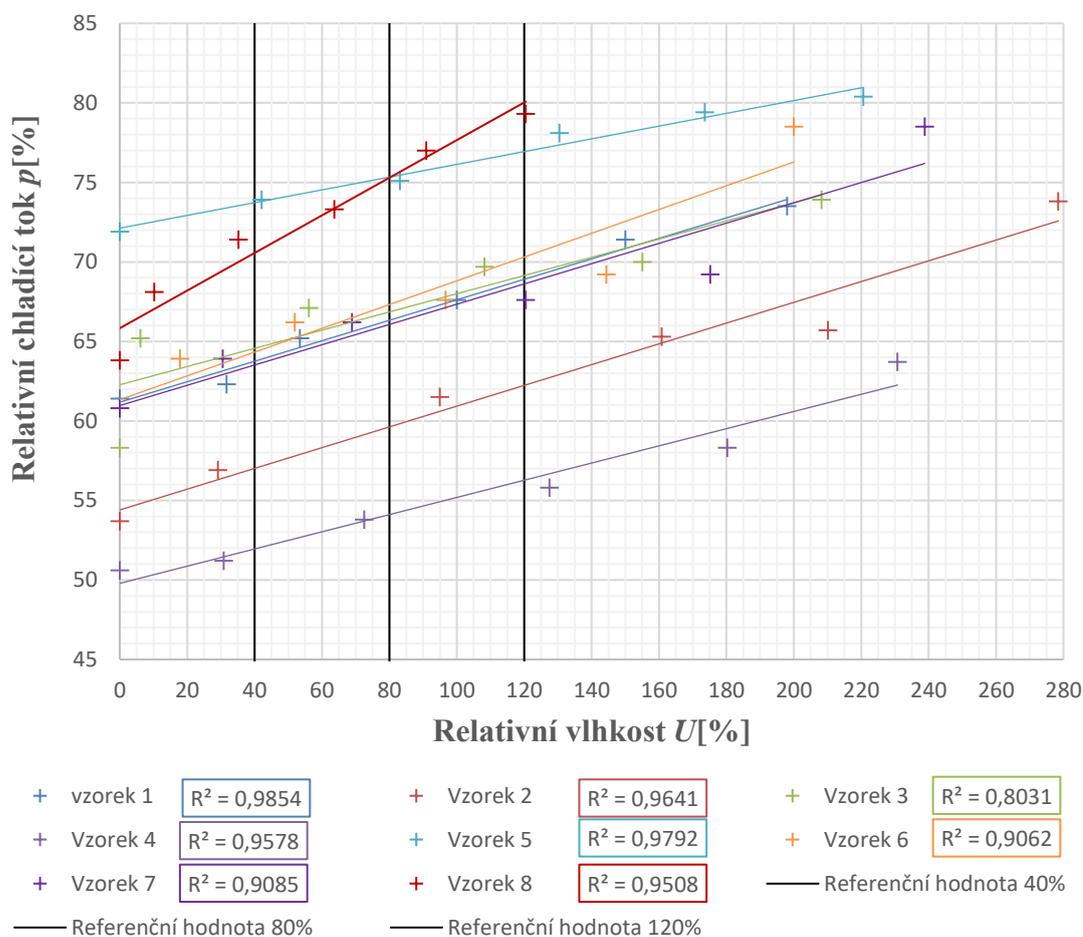
V následujícím grafu je zobrazen průměrný chladící tok pletenin, dle povrchové úpravy po navlhčení vzorků na různých úrovních relativní vlhkosti spolu s pleteninami s hladkým povrchem. Měření jsou podélně k ose proudícího vzduchu. Je zde možné vidět, že nejvyšších hodnot mezi pletninami s žebry opět dosahují vzorky s konstrukcí žeber 5 mm vysoká a 15 mm navzájem vzdálená. Tento výsledek se dal předpokládat už z obrázku 21, kdy dosahovaly nejvyšších hodnot už za suchého stavu. Ovšem relativní chladící tok pleteniny bez povrchové úpravy je stále největší. Na 40 % relativní vlhkosti dosahuje v průměru relativní chladící tok 69,5%.

Průměr relativního chladícího toku po zavlhčení dle povrchové úpravy - podélné měření



Obrázek 26 - Průměr relativního chladícího toku pletenin dle povrchové úpravy - měřené podél ose proudcho vzduchu

### Žebra 5mm/15mm - podélné měření

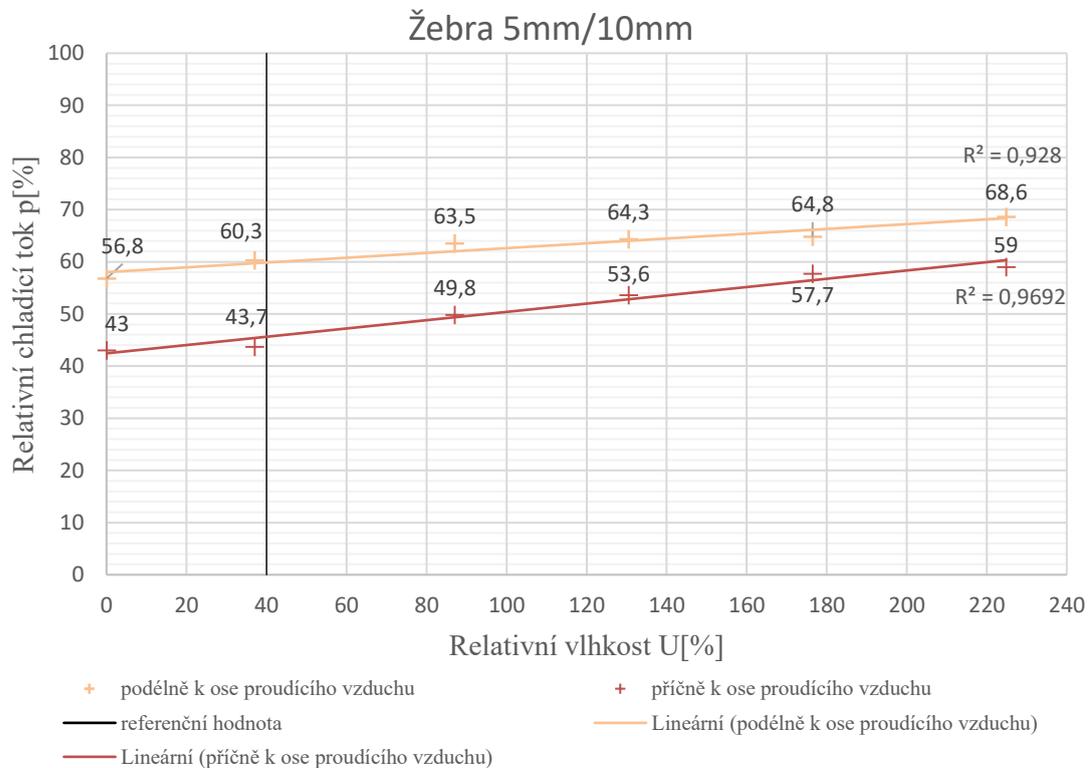


Obrázek 27 - Vliv vlhkosti na relativní chladicí tok – pleteniny s žebry 5 mm/15 mm

Z obrázku 21 a 22 bylo vypořazováno, že nejvyššího relativního chladicího toku dosáhly za sucha i po zavlhčení vzorky pletenin s žebry vysokými 5 mm a vzdálenými od sebe 15 mm. Na obrázku 23 je zobrazen vliv relativní vlhkosti na relativní chladicí tok jednotlivých vzorků pletenin právě s těmito žebry. Nejmenšího chladicího toku, a to i při vlhkosti 40 %, 80 % i 120%, dosáhl vzorek 4. Vzorky 7,1,6,3 dosáhli navzájem podobných hodnot.

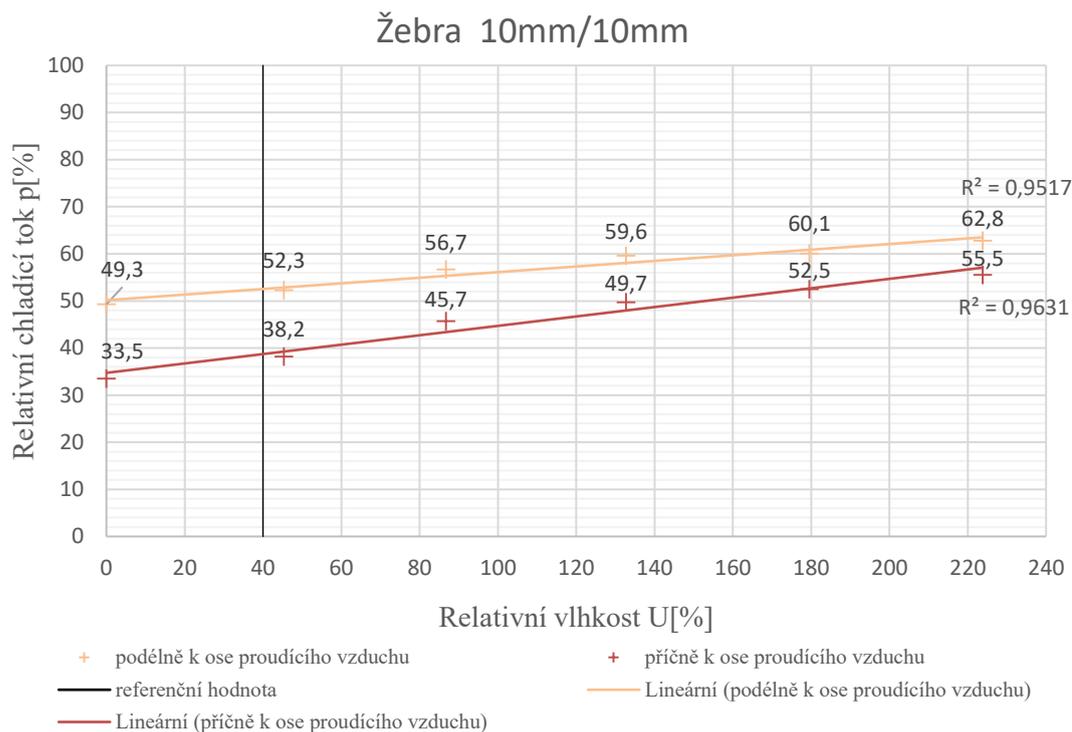
Největší paropropustnosti za sucha dosáhl vzorek 5, což je zřejmé z grafu 1. Při vlhkosti 40 % je chladicí tok tohoto vzorku stále nejvyšší. Při relativní vlhkosti 80 % však vzorek 8 dosahuje skoro stejné hodnoty. Ten má při relativní vlhkosti 120 % hodnotu chladicího toku zhruba 80 %. Vzorek 5 má při této hodnotě vlhkosti chladicí tok kolem 76,9 %.

Na následujících obrázcích bude názorně zobrazen rozdíl vlivu vlhkosti na relativní paropropustnost jednotlivých druhů žeber měřených podélně a napříč ose proudícího vzduchu. Tyto rozdíly budou ukázány na vzorku 5.



*Obrázek 28 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladicí tok pleteniny s povrchovou úpravou žeber vysokých 5 mm, a vzdálených od sebe 10 mm*

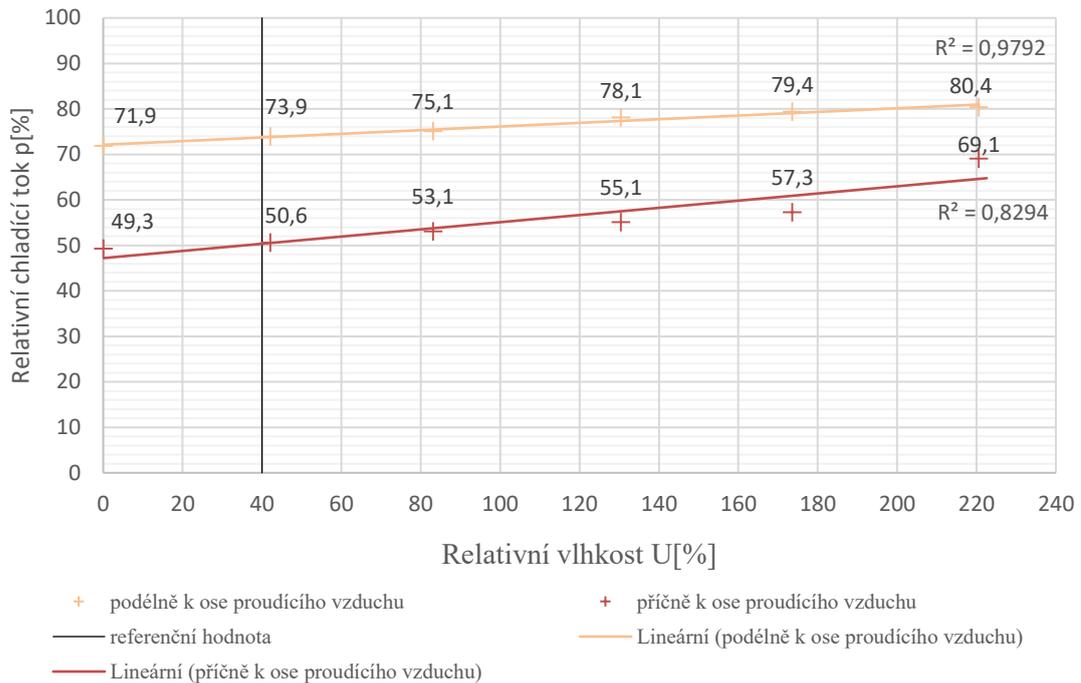
Na výše uvedeném obrázku 24 je možné vidět rozdíly relativního chladicího toku při měření vzorku žeber měřených podélně a kolmo na osu proudícího vzduchu. Podélné měření vykazuje větší chladicí tok než příčné, a to i po zavlhčení textilie. Chladicí tok vzorku měřeného napříč osy proudícího vzduchu stoupá rychleji než podélně k ose proudícího vzduchu. I přes to je při relativní vlhkosti 40 % chladicího toku vzorku měřeného podélně k ose proudícího vzduchu větší.



Obrázek 29 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladicí tok pleteniny s povrchovou úpravou žebor vysokých 10 mm, a vzdálených sebe od 10 mm

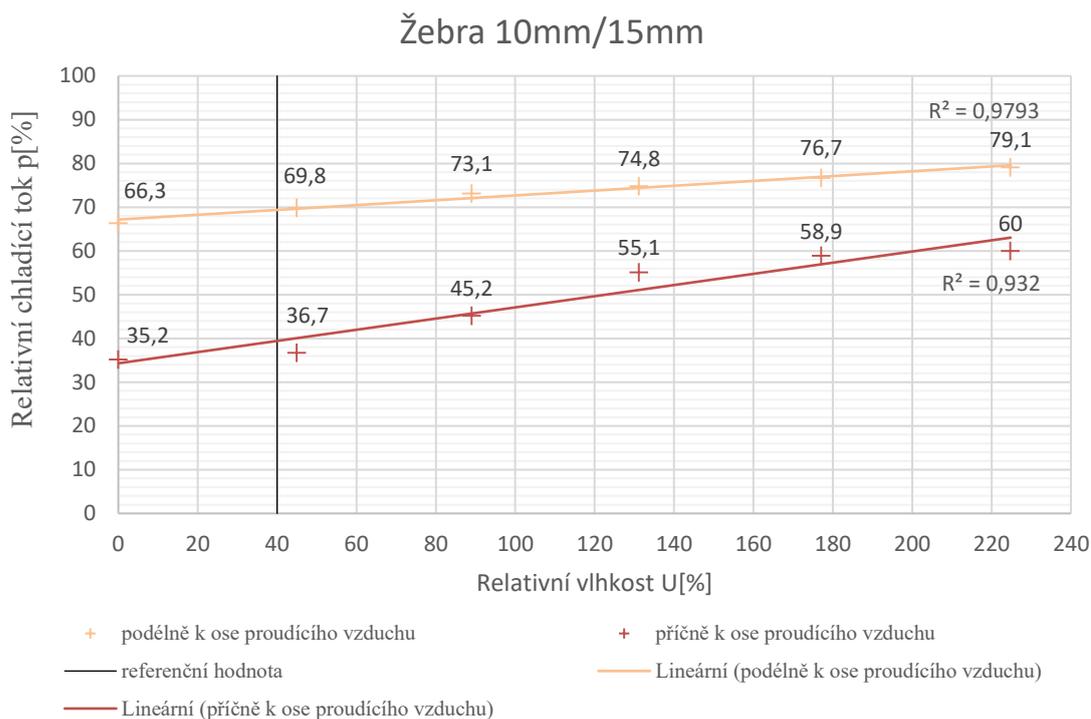
Na výše uvedeném obrázku 25 jsou vidět rozdíly relativního chladicího toku při měření vzorku žebor měřených podélně a kolmo na osu proudícího vzduchu. Jako u předešlého vzorku, relativní chladicí tok podélného měření je větší než příčné, a to i po zavlhčení textilie. Relativní chladicí tok vzorku měřeného napříč k ose proudícího vzduchu také stoupá rychleji. Na úrovni relativní vlhkosti 40 % je relativní chladicí tok vzorku měřeného podélně stále větší než u vzorku měřeného napříč ose proudícího vzduchu.

### Žebra 5mm/15mm



Obrázek 30 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladicí tok pleteniny s povrchovou úpravou žebrování vysokých 5 mm, a vzdálených od sebe 15 mm

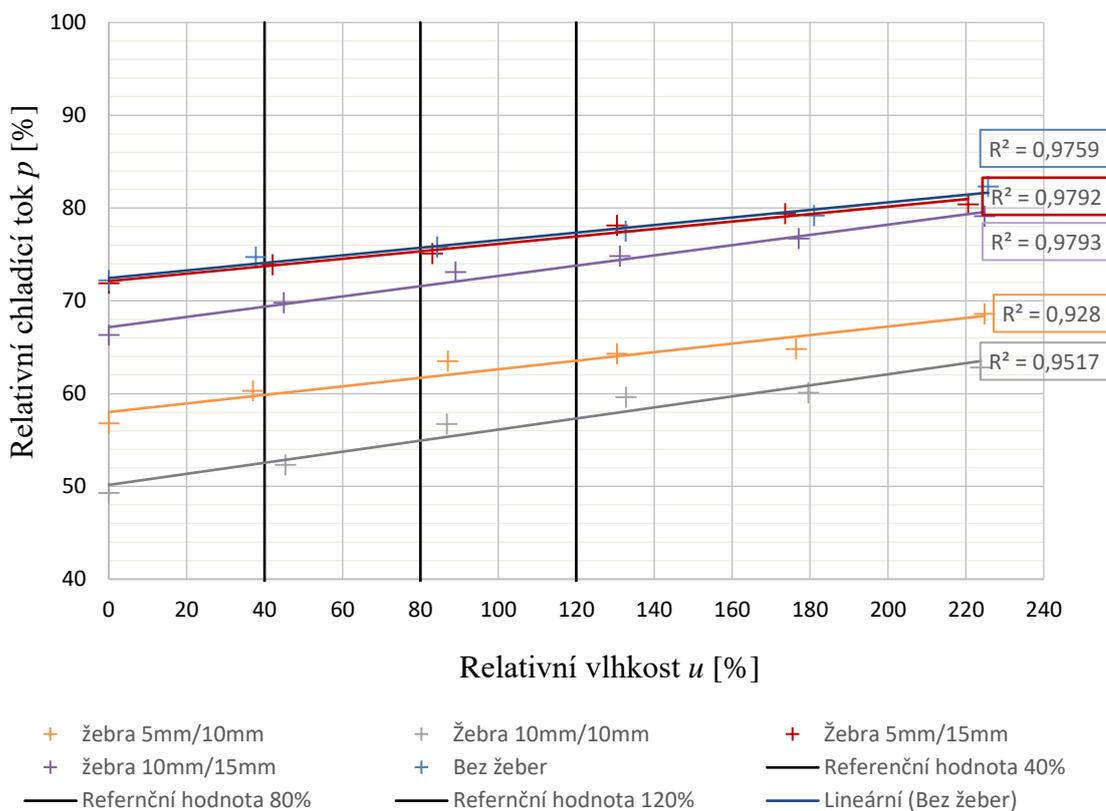
Jako u předešlých dvou druhů žebrování, měření chladicího toku podélné je větší než příčné, a to i po zvlhčení textilie i na úrovni relativní vlhkosti 40 %. Také relativní chladicí tok vzorku měřeného napříč stoupá rychleji. Rozdíl relativního chladicího toku příčného a podélného měření je zde však větší než u předešlých pletenin. Celkově je chladicí tok pleteniny s žebrováním vysokými a 15 mm vzdálenými největší ze všech čtyř druhů žebrování.



Obrázek 31 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladicí tok pleteniny s povrchovou úpravou žebber vysokých 10 mm, a vzdálených od sebe 15 mm

Výsledky jsou podobné jako u předešlých tří druhů žebber. Za suchého stavu vzorku je zde největší rozdíl chladicího toku pro vodní páry mezi podélným a příčným měření. Z grafu je možné vidět, že relativní chladicí tok vzorku měřeného napříč k ose proudícího vzduchu stoupá rychleji při zavlhčení vzorku než u předešlých tří pletenin s žebry.

## VZOREK 5.



Obrázek 32 - Vliv konstrukce a geometrie žeber vzorku 5 na chladící tok.

Na obrázku 28 můžeme vidět vztah mezi relativním chladícím tokem a relativní vlhkostí vzorku pleteniny 5. Je zde možné vidět, že vzorek s žebry 10 mm vysokých a 10 mm navzájem vzdálených od sebe dosáhl nejmenšího chladícího toku, a to i při zavlhčení na úrovních relativní vlhkosti 40 %, 80 % i 120 %. Tento druh žeber dosáhl nejmenší paropropustnosti i u ostatních vzorků pletenin, kromě vzorku 1. Naopak největšího chladícího toku pletenin s žebry dosáhla žebra vysoká 5 mm a vzdálená od sebe 15 mm.

Největšího relativního chladícího toku však dosáhla pletenina bez žeber. Na úrovni relativní vlhkosti 40 % dosahuje chladící tok kolem 74 %. Při 80 % relativní vlhkosti hodnota stoupla na 76 %. Při 120% relativní vlhkosti je hodnota chladícího toku pleteniny kolem 77,5 %.

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo pokusit se o konstrukci úpletu s co nejvyšším chladícím efektem. Pro tento experiment bylo použito žebrových úpletů z CoolMax a jím podobných vláken, které dobře odvádějí vlhkost ve formě potu od těla k vnější části textilie, kde se odpaří.

Na základě toho byly navrženy a zhotoveny čtyři různé povrchové úpravy pletenin, které byly vytvořené sešitím plochy pleteniny k sobě. Tím vznikla úzká žebra na povrchu textilie. Následně byla změřen jejich relativní chladicí tok za sucha a při pěti různých úrovních relativní vlhkosti na přístroji Permetest. Vzorky s žebry byly měřeny podélně a napříč k ose proudícího vzduchu. Změřeny byly i pleteniny bez povrchové úpravy.

Bylo zjištěno, že většího chladícího toku dosáhly vzorky měřené podélně proudícímu vzduchu nežli napříč. Tato skutečnost může být dána tím, že vzduch proudící podél žeber lépe pronikne do mezní vrstvy pleteniny. Nejhorších výsledků dosáhla žebra vysoká 10mm a vzdálená od sebe 10mm. Tato žebra jsou vysoká a velmi blízko u sebe. To způsobí, že proudící vzduch nepronikne mezi žebra. Naopak nejlepšího relativního chladícího toku dosáhly pleteniny s konstrukcí žeber 5 mm vysokých a 15 mm od sebe vzdálených. I při podélném proudění však nebylo dosaženo takového chladícího toku jako u pleteniny s hladkým povrchem.

V daných podmínkách experimentu, kdy bylo vyšetřováno proudění při běžné chůzi (1m/s), turbulence, při které je přenos tepla účinnější než při laminárním proudění, nebyla natolik významná a mezní vrstva pletenin natolik tlustá, že nebylo možné, aby turbulence pronikla na dno žeber. Tak nebylo dosaženo požadovaného chladícího efektu.

## Použitá literatura

- [1] Hes L., Sluka P.: *Úvod do komfortu textilií*. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- [2] ELUC. Tělesná teplota a termoregulace. Termoregulace. [online]. [cit. 2018-2-16] Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/229>
- [3] WIKISKRIPTA. Tepelné ztráty organismu. [online]. [cit. 2018-2-24] Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Tepelné\\_ztráty\\_organismu](https://www.wikiskripta.eu/w/Tepelné_ztráty_organismu)
- [4] Hes L.: *Nové metody tepelných měření na textiliích*. Liberec, 1993. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [5] T-UNI. Archiv. Na TUL měří komfortní vlastnosti textilií. [online]. [cit. 2018-3-5] Dostupné z: <http://tuni.tul.cz/archiv/id:30867/na-tul-meri-komfortni-vlastnosti-textilii>
- [6] Hes L., Bogusławska–Baczek M.: Analysis and experimental determination of effective water vapour permeability of wet woven fabrics. *J. of TATM*, Vol. 8, Issue 4, p. 1-8, 2014.
- [7] Hes L., Ursache M.: Effect of composition of knitted fabrics on their cooling efficiency at simulated sweating. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* Vol. 36 No 3, 2011, pp. 281-283
- [8] Havlová M., Pařilová H.: *Typologie pletenin: názvoslovný katalog*. Liberec, 2013. Technická univerzita v Liberci ISBN 978-80-7372-940-0
- [9] Dostálová M., Křivánková M.: *Základy textilní a oděvní výroby*. 3.vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-831-0.
- [10] GINA. Informace o zboží. Materiály. CoolMax. [online] [cit. 2018-2-15] Dostupné z: <https://www.gina.cz/Informace-o-zbozi/Materialy/CoolMax®.aspx>
- [11] INVISTA. What we do. Brands. [online] [cit. 2018-2-15] Dostupné z: <http://www.invista.com/en/brands/coolmax.html>
- [12] COOLMAX. Technologies-and-Innovations. CoolMax-technologies [online] [cit. 2018-2-20] Dostupné z: <https://coolmax.com/en/Technologies-and-Innovations/COOLMAX-technologies>

- [13] CRAFT. Materiály. Thermolite. [online]. ©2018 [cit. 2018-3-20] Dostupné z: <http://www.craft.cz/materialy/thermolite>
- [14] SALTMAN. Informace. Thermocool.[online]. [cit. 2018-3-20] Dostupné z: <http://www.saltman.cz/cz/informace/text/thermocool.html> 20.3.2018
- [15]SKOLATEXTILU. Textilní terminologie zboziznalstvi. Vlákna příze a nite. Polyetylenová vlákna. [online]. [cit. 2018-2-13] Dostupné z: <http://www.skolertextilu.cz/elearning/468/textilni-terminologie-zboziznalstvi/vlakna-prize-a-nite/Polyetylenova-vlakna.html>
- [16] Jandurová M.: Tepelně – komfortní vlastnosti funkčního prádla Moira v reálných podmínkách jeho nošení. Bakalářská práce, TUL- fakulta textilní, 2015.
- [17] BLOGSEGORA. Coolmax-funkční látka do horkých dní [online] [cit.2018-3-10] Dostupné z: <http://blog.sekora.cz/?p=3854>

## Seznam příloh

### Obrázky

Obrázek 1 - Schéma Permetestu [16].....	25
Obrázek 2 - Schéma odparu potu skrz textilii [16] .....	26
Obrázek 3- Řez COOLMAX vláknem [17] .....	31
Obrázek 4 - COOLMAX vlákno – odvod vlhkosti z povrchu těla [17].....	32
Obrázek 5 - Vlákna Coolmax Fresh [12] .....	32
Obrázek 6 - Thermolite vlákno [13]    Obrázek 7 - Vlákno Thermocool [14] .....	33
Obrázek 8 - vzorek 1 .....	35
Obrázek 9 - vzorek 2 .....	36
Obrázek 10 - vzorek 3 .....	36
Obrázek 11 - vzorek 4 .....	37
Obrázek 12 - vzorek 5 .....	37
Obrázek 13 - vzorek 6 .....	38
Obrázek 14 - vzorek 7 .....	38
Obrázek 15 - vzorek 8 .....	39
Obrázek 16 - žebra vysoká 5 milimetrů, vzdálené od sebe 10 milimetrů .....	40
Obrázek 17 - žebra vysoká 10 milimetrů, vzdálené od sebe 10 milimetrů .....	40
Obrázek 18 - žebra vysoká 5 milimetrů, vzdálené od sebe 15 milimetrů .....	40
Obrázek 19 - 10 milimetrů, vzdálené od sebe navzájem 15 milimetrů .....	40
Obrázek 20 - pletenina s žebry    10 mm/15 mm .....	41
Obrázek 21 - pletenina s žebry    5 mm/15 mm .....	41
Obrázek 22 - pletenina s žebry    10 mm/10 mm .....	41
Obrázek 23 - pletenina s žebry    5 mm/10 mm .....	41
Obrázek 24 - paropropustnost jednotlivých druhů pletenin .....	44
Obrázek 25 - Průměrná paropropustnost pletenin dle konstrukce žeber při podélném a příčném měření k ose proudícímu vzduchu za sucha.....	46

Obrázek 26 - Průměr relativního chladícho toku pletenin dle povrchové úpravy - měřené podél ose proudcho vzduchu .....	47
Obrázek 27 - Vliv vlhkosti na relativní chladící tok – pleteniny s žebry 5 mm/15 mm .....	48
Obrázek 28 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladící tok pleteniny s povrchovou úpravou žeber vysokých 5 mm, a vzdálených od sebe 10 mm .....	49
Obrázek 29 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladící tok pleteniny s povrchovou úpravou žeber vysokých 10 mm, a vzdálených sebe od 10 mm .....	50
Obrázek 30 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladící tok pleteniny s povrchovou úpravou žeber vysokých 5 mm, a vzdálených od sebe 15 mm .....	51
Obrázek 31 - Vliv relativní vlhkosti na relativní chladící tok pleteniny s povrchovou úpravou žeber vysokých 10 mm, a vzdálených od sebe 15 mm .....	52
Obrázek 32 - Vliv konstrukce a geometrie žeber vzorku 5 na chladící tok. ....	53

### **Tabulky:**

Tabulka 1: Hodnocený materiál Vzorek 1 .....	35
Tabulka 2: Hodnocený materiál Vzorek 2 .....	36
Tabulka 3: Hodnocený materiál Vzorek 3 .....	36
Tabulka 4: Hodnocený materiál Vzorek 4 .....	37
Tabulka 5: Hodnocený materiál Vzorek 5 .....	37
Tabulka 6: Hodnocený materiál Vzorek 6 .....	38
Tabulka 7: Hodnocený materiál Vzorek 7 .....	38
Tabulka 8: Hodnocený materiál Vzorek 8 .....	39
Tabulka 9 - paropropustnost pletenin s žebry za sucha – podélné měření .....	45
Tabulka 10 - paropropustnost pletenin s žebry za sucha – příčné měření.....	45