



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní



# Porovnání užitných vlastností funkčních oděvů pro sportovní aktivity

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3106 – Textilní inženýrství

*Studijní obor:* 3106T017 – Oděvní a textilní technologie

*Autor práce:* **Bc. Sabina Kinclová**

*Vedoucí práce:* doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

# Comparison of the utility properties of sportswear

## Master thesis

*Study programme:* N3106 – Textile Engineering

*Study branch:* 3106T017 – Clothing and Textile Engineering

*Author:* **Bc. Sabina Kinclová**

*Supervisor:* doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.



## Zadání diplomové práce

# Porovnání užitných vlastností funkčních oděvů pro sportovní aktivity

*Jméno a příjmení:* **Bc. Sabina Kinclová**  
*Osobní číslo:* T16000437  
*Studijní program:* N3106 Textilní inženýrství  
*Studijní obor:* Oděvní a textilní technologie  
*Zadávající katedra:* Katedra oděvnictví  
*Akademický rok:* **2017/2018**

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši na téma užitné vlastnosti funkčních oděvů, zejména z hlediska komfortu nošení.
2. Vytipujte soubor vzorků, které reprezentují celou škálu textilních materiálů použitých pro funkční T-shirt a vyhodnoťte základní vlastnosti s ohledem na použití.
3. Proveďte testování komfortu v laboratorních podmínkách.
4. Experiment vyhodnoťte a určete typ textilního materiálu nejvhodnějšího pro funkční sportovní oblečení.

*Rozsah grafických prací:*

dle rozsahu dokumentace

*Rozsah pracovní zprávy:*

cca 60 stran

*Forma zpracování práce:*

tištěná



### **Seznam odborné literatury:**

- Hes, L.; Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií, TU of Liberec, pp. 33, Liberec, 2005
- Šínová, K.: Fyziologické vlastnosti moderních materiálu pro sportovní účely, [diplomová práce] TUL, Liberec, 2006
- BLAŽEJ, A., ŠUTÁ, Š. Vlastnosti textilních vláken. Bratislava: Alfa, 1982
- HLADÍK, V. a kol. Textilní vlákna. Praha: SNTL, 1974
- Improving Comfort in Clothing Editors: Guowen Song cool. Woodhead Publishing limited January 2011 UK

*Vedoucí práce:*

doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.  
Katedra oděvnictví

*Datum zadání práce:*

16. listopadu 2017

*Předpokládaný termín odevzdání:*

4. května 2018

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka

V Liberci 16. listopadu 2017



  
doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.  
vedoucí katedry

## Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: Sabina Kinclová  
Osobní číslo: T16000437  
Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství  
Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie  
Zadávající katedra: Katedra oděvnictví

Žádám o změnu termínu odevzdání závěrečné práce z 4.5.2018 na 18.4.2019 .

Odůvodnění žádosti: prodloužení studia

V Liberci dne 22.3.2018

Podpis:



Vyjádření vedoucího práce:

*Soubhlasím*



Vyjádření vedoucího katedry:

*Soubhlasím*

26 MAR. 2018



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ  
Katedra oděvnictví



## 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 tom- to 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.

23. 3. 2019

Bc. Sabina Kinclová



## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Antonínu Havelkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a trpělivost při psaní této práce. Dále bych ráda poděkovala zaměstnancům katedry oděvnictví za asistenci při realizaci experimentů a za poskytnutí potřebných materiálů a podkladů k mé práci. Děkuji Ing. Aleně Frydrychové z katedry designu, jejíž rady byly přínosem k realizaci mé práce. V neposlední řadě mé rodině a přátelům za veškerou podporu při studiu.

## **Anotace**

V diplomové práci byl hodnocen fyziologický komfort sportovních triček s různým materiálovým složením. Byly testované vybrané fyziologické vlastnosti triček jako prodyšnost, propustnost vodních par, tepelně izolační vlastnosti. Objektivní měření spočívalo v zátěžovém testu v jízdě na cyklistickém trenažéru. Zátěžový test se skládal z 30 min jízdy na cyklistickém trenažéru a 10 min relaxace. Byla použita sada senzorů, které v průběhu zátěžového testu zaznamenávala teplotu a vlhkost na pokožce těla probanda a na povrchu trička. Nově byly sledované fyzikální parametry v zátěžovém testu nejenom u muže, ale i u ženy. V průběhu zátěže byly pomocí dotazníku zaznamenány subjektivní pocity vnímání komfortu. Volbou trička byla ovlivněná hodnota teploty a vlhkosti na pokožce těla i na povrchu trička. V zátěži se vlhkost pohybovala až kolem hodnoty 90 %. Výsledky ukázaly, že produkce tepla a vlhkosti se u muže a ženy lišily a to mělo vliv na subjektivní vnímání komfortu při zátěžové aktivitě. Teplotně žena jako komfortní uvedla tričko 100% bavlnu, vlhkostně tričko 100% polypropylen. Muž teplotně komfortní pocity měl u trička 100% polyester a vlhkostně komfortní pocity měl u trička ze 100% polypropylenu.

## **Klíčová slova**

Tričko, komfort, prodyšnost, cyklistický trenažér, teplota, vlhkost, tepelný odpor, výparný odpor



## **Annotation**

The master thesis evaluated the physiological comfort of sports T-shirts with different material composition. Selected physiological properties of T-shirts like breathability, water vapor permeability, thermal insulation properties were tested. Objective measurements consisted of a cycling exercise load test. The load test consisted of a 30 minutes ride on a cycling simulator and 10 minutes of relaxation. A set of sensors were used to record the temperature and humidity on the skin of the body and on the surface of the T-shirt. Physical parameters which occurred during the stress test were newly recorded for men and women. During the exercise, subjective feelings of comfort were recorded using a questionnaire. The choice of T-shirt was influenced by the temperature and humidity on the body skin and on the T-shirt surface. In the load, the humidity was around 90 %. The results showed that heat and moisture production is different between men and women, this affected the subjective perception of comfort during exercise activity. In terms of temperature comfort, the woman has chosen the 100% cotton T-shirt, in terms of humidity comfort, she chose the 100% polypropylene T-shirt. In question of temperature comfort the man chose a T-shirt that consisted of 100% polyester. In terms of humidity comfort the man picked the T-shirt made of 100% polypropylene.

## **Key words**

T-shirt, comfort, permeability, cycling simulator, temperature, humidity, thermal resistance, evaporation resistance

## Obsah

Seznam použitých symbolů, jednotek a zkratk	12
Úvod	14
1 Teoretická část	15
1.1 Klasifikace a definice komfortu	15
1.2 Komfort oděvu	15
1.2.1 Psychologický komfort	16
1.2.2 Sensorický komfort	17
1.2.3 Termofyziologický komfort	17
1.2.4 Patofyziologický komfort	18
1.3 Hodnocení komfortu	19
1.4 Funkční oděv	23
1.5 Vlastnosti vybraných vláken	25
1.5.1 Bavlna	26
1.5.2 Viskóza	27
1.5.3 Bambusová viskóza	27
1.5.4 Polyester	27
1.5.5 Polypropylen	28
1.5.6 Vlna	28
2 Experimentální část	30
2.1 Charakteristika použitých materiálů	30
2.2 Charakteristika použitých zařízení	36
2.2.1 Charakteristika použitého zařízení pro hodnocení prodyšnosti vzduchu plošných textilií SDL M021S	36
2.2.2 Měření tepelně-izolačních vlastností materiálů pomocí analyzátoru C-Therm TCi <sup>TM</sup> pro stanovení tepelné vodivosti pevných látek	38
2.2.3 Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek přístrojem Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA	39

2.2.4	Určení propustnosti vodních par gravimetrickou metodou pomocí přístroje FX 3180 CupMaster.....	42
2.3	Metodika testování triček při zátěži na cyklistickém trenažéru .....	44
2.4	Zhodnocení vybraných užitečných vlastností testovaných sportovních triček....	47
2.4.1	Vyhodnocení prodyšnosti vzduchu testovaných triček .....	47
2.4.2	Testování triček na propustnost vodních par .....	48
2.4.3	Měření výparného odporu za stálých podmínek pomocí přístroje Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA .....	49
2.4.4	Vyhodnocení tepelně izolačních vlastností triček pomocí přístroje C-Therm TCi.....	49
2.5	Vyhodnocení triček v průběhu simulace reálného zatížení probanda v laboratorních podmínkách (objektivní hodnocení) .....	51
2.6	Subjektivní vyhodnocení pocitu tepla, pocitu vlhkosti a sensorického komfortu .....	67
3	Diskuze výsledků .....	73
4	Závěr .....	79
	Použitá literatura .....	81
	Seznam obrázků.....	85
	Seznam tabulek .....	87
	Příloha.....	88
	Příloha č. 1: Použité materiály .....	89
	Příloha č. 2: Vzor použitého dotazníku.....	91

## Seznam použitých symbolů, jednotek a zkratek

%	procento	
®	registrovaná ochranná známka	
°C	stupeň Celsia	
b	tepelná jímavost	[Ws <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> /K]
CO	cotton (balvna)	
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý	
ČSN	československá normalizační společnost	
d	hloubka	[cm]
EN	evropská norma	
F <sub>1</sub>	propustnost vlhkosti	[g/m <sup>2</sup> /hmba]
F <sub>i</sub>	schopnost krátkodobého přijímání par	[%]
FOM	Fabric Objective Measurement	
H <sub>c</sub>	tepelný tok zahrnující záření, vedení a proudění	
H <sub>e</sub>	odpařovací tepelný tok způsobený pocením	
H <sub>res</sub>	tepelné ztráty vzniklé dýcháním	
i <sub>mt</sub>	index prostupu vodních par	
ISO	International Organization for Standardization	
K	teplota	[Kelvin]
K <sub>d</sub>	hodnota vyrovnávání vlhkosti	
KES	Kawabata Evaluation System	
K <sub>f</sub>	pufrační veličina	
Pa	tlak	[Pascal]
m	délka	[metr]
M	energie vytvořená metabolismem	
min	minuty	
obr.	obrázek	
PAD	polyamid	
PAN	polyakrylonitril	
PES	polyester	
P <sub>ex</sub>	externí práce	[J]
PP	polypropylen	
Q	množství tepla	[J]
q	aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu	[cm <sup>3</sup> /s]

$q_{\max}$	tepelný tok	[W]
R	tepelný odpor	[W <sup>-1</sup> Km <sup>2</sup> ]
$R_{ct}$	tepelná izolace vlhké textilie	[m <sup>2</sup> mbar/W]
$R_{ct}$	tepelný odpor	[m <sup>2</sup> K/W]
$R_{et}$	výparný odpor	[m <sup>2</sup> Pa/W]
RH	relativní vlhkost vzduchu	[%]
s	plocha	[m <sup>2</sup> ]
T1	tričko 1	
T2	tričko 2	
T3	tričko 3	
T4	tričko 4	
T5	tričko 5	
Tab.	tabulka	
tzn.	to znamená	
tzv.	takzvaně	
USA	United States of America (Spojené státy americké)	
WO	wool (vlna)	
$\alpha$	konstanta alfa	[-]
$\beta$	konstanta beta	[-]
$\beta_T$	hodnota vyrovnávání teploty	[K/min]
$\Delta$	delta	[-]
$\Delta p$	hydrostatický tlak	[Pa]
$\Delta S$	obsah	[m <sup>2</sup> ]
$\Delta t$	čas	[min]
$\Delta T$	rozdíl teplot	[°C]
$\lambda$	měrná tepelná vodivost	[W/m/K]
ř	řádek	
sl	sloupek	
$\tau$	čas	[min]
$\Delta\varphi$	rozdíl vlhkosti	[%]

## Úvod

Tato diplomová práce se zabývá tématem „Porovnání užitných vlastností funkčních oděvů pro sportovní aktivity“. Cíl této diplomové práce spočívá ve vzájemném porovnávání různých textilních materiálů na našem trhu, a to z hlediska komfortu první vrstvy oděvu, zdali jsou nebo nejsou vyhovující pro dané účely. Pro testování komfortu funkčních triček jsou použité jak metody subjektivní, tak objektivní.

V dnešní době je značně významným znakem kvalita, která při nošení oděvu ovlivňuje nejen efektivitu a výkon nositele, ale i celkové pocity. Jedním z hlavních důvodů, proč se tato diplomová práce zabývá hodnocením textilií, je nedostatečnou gramotností společnosti o moderních metodách hodnocení textilií.

První část práce je věnována rešeršní části, kde je vysvětlena definice komfortu textilií a jeho klasifikace. Dalším bodem je přehled vzorků představující řadu textilních materiálů aplikovaných pro sportovní trička s elementárními vlastnostmi s hlediskem na uplatnění.

Experimentální část představuje část druhou. Zaměřuje se na samotné testování oděvního komfortu funkčních triček různého materiálového složení. Na vybraných přístrojích jsou laboratorně testovány vlastnosti jako prodyšnost, propustnost vodních par a v neposlední řadě testování fyziologických vlastností probandy na cyklistickém trenažéru, čímž je simulována fyzická zátěž v laboratorních podmínkách. Klíčem tohoto testování je vzájemné porovnání naměřených hodnot a následné vyhodnocení nejvhodnějšího typu textilního materiálu pro sportovní funkční oblečení.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Klasifikace a definice komfortu

Komfort je stav organismu, kdy okolí nevytváří žádné nepříznivé vjemy vnímané našimi smysly, a zároveň jsou fyziologické funkce organismu optimální. Tento pocit je v subjektivním pohledu vnímán jako pocit pohody. Jelikož jsou pocity chladu i tepla vyrovnané, tak lze v tomto stavu zůstat a klidně pracovat. Naopak pocit diskomfortu vzniká při pocitu chladu nebo tepla. Pociťování chladu je především reakcí na nízkou pracovní zátěž organismu nebo na sníženou teplotu klimatu. Příčinou tepla je např. vyšší pracovní zátěž nebo působení vlhkého a teplého klimatu na náš organismus. Vnímavost komfortu závisí i na lidských smyslech krom chuti, což je hmat, zrak, sluch a čich v tomto pořadí. Komfort lze definovat jako dostatek až nadbytek pohodlí, je tedy protikladem nepříjemných až bolestivých vjemů. [1]

Komfort je zároveň základní a všeobecnou potřebou pro spotřebitele. Jako spotřebitelé sami, vše co děláme, lze považovat za úsilí ke zlepšení úrovně pohodlí v životě. Textilní výrobky a oblečení jsou základními materiály, které každodenně používáme k získání fyziologického a psychologického pohodlí a zásadněji k zajištění fyzických podmínek kolem našeho těla, které jsou vhodné pro přežití. [2]

Výzkum komfortu oděvu má tedy zásadní význam pro zlepšení kvality našeho života a přežití člověka. Z hlediska podnikového řízení textilních podniků má výzkum komfortu v oblasti oděvů významné finanční důsledky pro uspokojení přání a potřeb spotřebitelů, aby získal udržitelné konkurenční výhody na moderních spotřebitelských trzích. [2]

## 1.2 Komfort oděvu

Moderní spotřebitelé se úzce zajímají o oblečení, které vypadá nejen dobře, ale také se v něm dobře cítí. Chtějí, aby se jejich oblečení shodovalo s jejich postoji a rolemi. Bylo zjištěno obchodníky, že spotřebitelé dávají častěji přednost emocím (dotek, vůně, intuice) než vizualizaci při výběru oblečení. [2]

Komfort oděvu byl identifikován hlavními obchodníky s vlákny jako jeden z klíčových atributů pro potřeby spotřebitele v oblasti výrobků oděvů na všech trzích. Nicméně

zpracovatelé a maloobchodníci mají pocit jisté nejistoty ohledně požadavků spotřebitelů. Také bylo prokázáno, že požadavky spotřebitelů na komfort se mění s výrobky a jejich opotřebením. [2]

V 90. letech je trh s oděvy vysoce konkurenceschopný. Aby se splnily a dokonce překročily potřeby a očekávání spotřebitelů, je nezbytné, aby v oděvním a textilním průmyslu podniky na trhu uspěly. Výrobci syntetických vláken dosáhli úspěšného návratu cestou sportovního oblečení, kde se klade důraz na pohodlí, výkon a pohyb. [2]

Optimální stav komfortu nastává v případě, kdy organismus nemusí regulovat teplotu, tedy nedochází k pocitům chladu či horku nebo k pocení. Oděv by měl fungovat tak, aby pomáhal při termoregulaci, měl by ochraňovat nositele před nežádoucími okolními vlivy ovzduší, ale zároveň by měl umožnit prostup tepla a vlhkosti od pokožky ven. Komfort neboli absence diskomfortu popisuje stav organismu, když jsou fyziologické funkce v rovnováze, tudíž naše smysly subjektivně vnímají okolí včetně oděvu jako pocit pohody. Tento stav je v optimu, kdy nepřevládá ani chlad ani teplo. V různých klimatických podmínkách mohou nastat pocity tepla (např. při aktivní sportovní zátěži) nebo chladu (např. při nízkém sportovním zatížení). [1]

Komfort lze rozdělit na psychologický, sensorický, termofyziologický a patofyziologický.

### **1.2.1 Psychologický komfort**

Tento komfort je vnímán myslí. Můžeme ho rozdělit na různá hlediska. Prvním takovým příkladem jsou klimatická hlediska, kde by denní oděv měl uznávat tepelně klimatické podmínky. Ekonomická hlediska se týkají politického systému, výrobních prostředků nebo přírodními podmínkami obživy. Dalším hlediskem je kultura, kam se řadí tradice, zvyky náboženství a obřady. U sociálního hlediska se řeší vzdělání a kvalifikace, věk, sociální třída nebo postavení. Hlediska historická se zabírají produkty imitující přírodu, k produktům přírodních vůní. Vznik tradic v módě a stylu života. Poslední hlediska jsou skupinová a individuální zahrnující módní vlivy a styl, trendy, barvy a lesk a v neposlední řadě osobní preference. [1, 8]



## 1.2.2 Sensorický komfort

Tento komfort se zabývá pocity a vjemy člověka při přímém styku pokožky s první vrstvou oděvu. Při styku pokožky s textilií nastávají pocity příjemné např. měkkost či splývavost, nebo naopak pocity dráždivé a nepříjemné jako je vlhkost, lepení, škrábání, tlak atd. [1]

Sensorický komfort se dělí na omak a na komfort nošení:

- Omak představuje subjektivní veličinu, navíc nesprávně reprodukovatelnou založenou na vjemech prostřednictvím hmatu (dlaní a prsty). Omak lze popsat těmito vlastnostmi: tuhostí (smykovou a ohybovou), objemností (i stlačitelností), hladkostí (součinitelem povrchového tření) a tepelně-kontaktním vjemem. [1, 3]
- Komfort nošení oděvů se zabývá vybranými mechanickými vlastnostmi ovlivňujícími rozložení tlaků a sil v oděvním systému, dále strukturou povrchu použitých textilií nebo možnost textilií transportovat a absorbovat kapalnou nebo plynnou vlhkost s důsledkem na své kontaktní vlastnosti. [1]

## 1.2.3 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort úzce souvisí s fyziologií lidského těla. Do jisté míry jsou tyto procesy dány od přírody, umožňuje nám poznat náš fyziologický stav, aby se zamezilo fyziologicky nepříjemným situacím při aktivitě, což je podchlazení či přehřátí organismu. Jedním z hlavních účelů oděvu je uživateli poskytnout ochranu proti nežádoucímu prostředí. Permeabilita vzduchu v textilním materiálu určuje jeho odolnost proti pronikání větru a ovlivňuje tak tepelnou izolaci poskytovanou oděvem. Transport tepla doprovází evaporaci a difúzi vodních par přes oděv. [5]

Primární funkcí oděvu je snaha udržovat fyziologickou tepelnou rovnováhu. Tepelná rovnováha těla s prostředím závisí na produkci tepla a tepelných ztrátách. Vztah mezi produkcí tepla a ztrátou tepla může být veden modifikací mikroklimatického vzduchu mezi pokožkou a oděvem. Faktory, které ovlivňují míru výměny vzduchu v mikroklimatu, zahrnují rychlost větru, propustnost oděvu, pohyby těla, design oblečení a vlastnosti tkaniny. [6]

Na fyzikálním zákonu zachování energie je vybudován termofyziologický komfort. Veškeré energie vytvořené metabolismem  $M$  v těle, viz vztah (1), musí být rozprostřeny ve shodném množství od těla, jak popisuje Umbach [22]. [4]

$$M - P_{ex} = H_{res} + H_c + H_e + \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

Kde značí:  $P_{ex}$  - externí práce,  $H_{res}$  - tepelné ztráty vzniklé dýcháním,  $H_c$  - tepelný tok zahrnující záření, vedení a proudění,  $H_e$  - odpařovací tepelný tok způsobený pocením,  $\Delta S$  - obsah,  $\Delta t$  - čas

Tento komfort textilií se dá popsat pomocí dvou elementárních parametrů a to výparného a tepelného odporu. Výparný odpor má klíčovou úlohu při ochlazování těla evaporací potu z povrchu pokožky. Úroveň ochlazování je závislá na rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a na okolním prostředí, dále na propustnosti oděvní soustavy pro vodní páry. Paropropustnost neboli výparný odpor simulující u měření reálné přenosové jevy při nošení oblečení popisuje tepelné účinky pocitující pokožkou vytvářející v důsledku odparu potu. Je velmi důležité vidět rozdíl mezi celkovým výparným odporem a výparným odporem vrstvy zevního přilehlého vzduchu, tedy mezní vrstvy. [1]

Pocitově nastává při těchto optimálních podmínkách: relativní vlhkost vzduchu se pohybuje okolo  $50 \pm 10 \%$ , teplota pokožky je kolem  $33 - 35^\circ\text{C}$ , obsah  $\text{CO}_2$  je  $0,07 \%$ , rychlost proudění vzduchu je  $25 \pm 10 \text{ cm/s}$  a při tom nepřítomnost vody na pokožce. [7]

#### 1.2.4 Patofyziologický komfort

Chemické látky obsažené v materiálu, ze kterého je oděv vyroben, ovlivňují tento typ komfortu. Dalším vlivem je výskyt jistých mikroorganismů na pokožce člověka. Míra vnímání patofyziologického komfortu je závislá na odolnosti pokožky člověka a také na mikroklimatu vznikajícím mezi textilií a pokožkou. Existuje kožní onemocnění neboli dermatóza, které může být způsobeno působením oděvu na pokožku. Tato dermatóza může být vyvolána drážděním nebo alergií. [1, 8]

Patofyziologický komfort se hodnotí jen objektivně pomocí příslušné certifikace materiálu, ze kterého je oděv vyroben. Na základě certifikace ISO 14 000 [42] je hodnocena chemická a biologická nezávadnost. [8]

### 1.3 Hodnocení komfortu

Za nejpodstatnější fyziologické vlastnosti oděvu se dá označit prodyšnost, způsoblost propouštění vodních par a tepelně-izolační vlastnosti. Tyto vlastnosti oděvů lze zkoumat např. v podmínkách bioklimatické komory, kde se dají nasimulovat rozdílné situace okolního prostředí. Způsob hodnocení je subjektivní i objektivní. Dále se dá zkoumat laboratorně a to na zkušebních přístrojích např. zjišťování parametrů textilií. V tomto případě je způsob hodnocení objektivní. Objektivní hodnocení – experiment se koná na probandovi v klimatické komoře, kde je možnost nastavit podmínky prostředí jako je teplota nebo vlhkost vzduchu. Proband může konat činnost na ergometru nebo na běžeckém pásu s různou zátěží. Při této činnosti se mění etapa klidu a etapa zátěže, tzn., že přípravná etapa, kdy se svalstvo teprve připravuje k činnosti, trvá od 0 do 10 min. Od 10 do 30 min nastává etapa činnosti, kdy je maximální výkon organismu, při tom se zvyšuje tepová frekvence a probíhá výměna tepla mezi prostředím a organismem. Při klidové etapě se zpomaluje tepová frekvence a zklidňuje se organismus od 30 do 40 min. Při tomto hodnocení se na tělo probanda přichytí snímače teploty a vlhkosti, které snímají současnou teplotu pokožky i vlhkost vyprodukovanou organismem. Častou oblastí snímání je čelo, záda, hrudník, stehno, lýtko, předloktí a oblasti s nejvyšší hustotou pórů. Naopak subjektivní hodnocení – je hodnocení, kdy proband hodnotí sám jednotlivé druhy oděvů svými pocity při volné činnosti. Hodnocení prochází v několika úrovních. 1. úroveň – pocity tepla nebo chladu (různé úrovně), 2. úroveň – na různých oblastech těla pocity vlhkosti a 3. úroveň – vhodnost řešení střihu oděvu. [23]

V Institutu oděvní hygieny v Hohensteinu sestavil Umbach a Meechels [22] bádání na základě obsáhlého experimentálního empirického vztahu a to pro objektivní hodnocení sensorického komfortu textilií. Termofyziologický komfort se popisuje tímto vztahem (2).

$$TK_T = \alpha_1 i_{mt} + \alpha_2 F_i + \alpha_3 K_d + \alpha_4 \beta_T + \alpha_5 K_f + \beta \quad (2)$$

Kde značí:  $i_{mt}$  – index prostupu vodních par,  $F_i$  – schopnost krátkodobého přijímání par [%],  $K_d$  – hodnota vyrovnávání vlhkosti,  $\beta_T$  – hodnota vyrovnávání teploty [K/min],  $K_f$  – puфраční veličina,  $F_1$  – propustnost vlhkosti [ $\text{g}/\text{m}^2/\text{hbar}$ ],  $R_{ct}$  – tepelná izolace vlhké textilie [ $\text{m}^2\text{mbar}/\text{W}$ ].

Konstanty:  $\alpha_1 = -5,640$ ,  $\alpha_2 = -0,375$ ,  $\alpha_3 = -1,587$ ,  $\alpha_4 = -4,512$ ,  $\alpha_5 = -4,532$ ,  $\beta = 11,553$

KES systém (Kawabata Evaluation System) hodnotí omak. Byl vyvinut profesorem Kawabatou a jeho dodavatelem je japonská firma KATO. Tento systém se skládá ze čtyř přístrojů měřící celkem patnáct charakteristik u plošných textilií při obvyklém namáhání oděvních textilií při nošení. Jmenovaný postup se nazývá Fabric Objective Measurement zkráceně FOM [24]. Toto měření se dělí do pěti kategorií:

- Tahové – pružnost [%], deformace [ $\text{Ncm}/\text{cm}^2$ ] a linearita [-]
- Smykové – hystereze při úhlu smyku  $\Phi = 0,5^\circ$  [ $\text{Ncm}$ ] a tuhost ve smyku jako směrnice přímky [ $\text{N}/\text{cm}^\circ$ ]
- Ohybové – tuhost v ohybu na jednotku délky [ $\text{Ncm}/\text{cm}^2$ ], moment hystereze na jednotku délky při  $\Phi = 0,5^\circ$  [ $\text{Ncm}/\text{cm}^2$ ] a moment hystereze na jednotku délky při  $\Phi = 5^\circ$  [ $\text{Ncm}/\text{cm}^2$ ]
- Objemové - pružnost [%], linearita [-], tloušťka jako funkce rostoucího přtlaku a energie nezbytná ke stlačení [ $\text{Ncm}/\text{cm}^2$ ]
- Povrchové – střední geometrická drsnost [ $\mu\text{m}$ ], střední koeficient tření [-] a střední odchylka koeficientu tření [-]
- Konstrukční – plošná hmotnost [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]

Toto měření FOM za pomoci přístrojů profesora Kawabaty pracuje na získání soustavy mechanických charakteristik. Mechanické vlastnosti a jejich hodnoty jsou zakresleny do Snake diagramů. Horizontální stupnice těchto diagramů prezentují souhrnné rozsahy individuálních mechanických veličin. Pomocí regresních funkcí se vhodný počet mechanických parametrů přivádí do korelace se subjektivně (omakem) stanovenými hodnotami. Kvalita se hodnotí hodnotiteli a to na stupnici 1 až 5 respektive 1 až 10. V praxi je tento systém využíván hlavně pro objektivní hodnocení omaku plošných textilií při výběru materiálů pro vrchní šatstvo. Dále systém funguje k optimalizaci finálních úprav. [1]

Přístroj s názvem Alambeta byl vyvinut Dolaželem a Hesem [25, 1]. Tento přístroj měří textilie a jejich termofyzikální parametry. Zabývá se stacionárními tepelně – izolačními vlastnostmi např. tepelná vodivost či tepelný odpor, dále pak dynamickými vlastnostmi jako je tepelný tok nebo tepelná jímavost. Je to počítačem řízený poloautomatický přístroj vyhodnocující statistické hodnoty naměřených dat. Měření tepelného toku  $q_{\max}$ , měrné tepelné vodivosti  $\lambda$ , tloušťky vzorku, tepelného odporu  $R$  a statistické zpracování výsledků celkem trvá pod 5 minut. Tepelná jímavost  $b$  [ $Ws^{1/2}/m^2/K$ ] byla na základě analýzy vybrána jako objektivní parametr tepelného omaku textilií. Tento přístroj měří měrnou tepelnou vodivost, tepelný tok, tloušťku materiálu, plošný odpor vedení tepla, tepelnou jímavost nebo měrnou teplotní vodivost.

Hodnocení termofyziologického komfortu plošných textilií se hodnotí buď přístroji nebo lze transport vlhkosti a tepla měřit za podmínek příbuzných fyziologickému režimu lidského organismu. Druhý postup v poslední době převládá, důvodem je, že dokáže hodnotit termofyziologický komfort lépe než metody psané v prvním případě. První případ měření je založený na použití „skin modelu“, tedy modelu „lidské pokožky“. Termofyziologický komfort textilií se popisuje primárními parametry, kterými je tepelný a výparný odpor. Výparný odpor splňuje důležitou roli při ochlazování organismu odpařováním potu z pokožky. Stupeň ochlazování podléhá na rozdíl parciálních tlaků vodních par na pokožce a v exteriéru, dále na propustnosti oděvní struktury pro vodní páry. Výparný odpor neboli paropropustnost u měření simulujících transportní skutečné jevy při nošení oděvu popisuje tepelné účinky pociťované pokožkou vznikající v konsekvenci odparu potu. Je důležité rozlišovat výparný odpor vrstvy zevnějšího přilehlého vzduchu (mezní vrstvy) a celkový výparný odpor oblečení. Existují různé způsoby měření tepelného a výparného odporu textilií a relativní propustnosti textilií pro vodní páru např. gravimetrickou metodou, metodou DREO (Farnworthův difuzimetr), pomocí skin modelu nebo měření přístrojem PERMETEST. Mezi nové principy hodnocení tepelného komfortu oděvů patří potící torzo, válec o velikosti lidského trupu, kde jednotlivé vrstvy materiálů jsou modelovány jako lidské tělo, tzn. jádro, tuková vrstva, podkoží a nakonec pokožka. Dalším principem je tepelný manekýn, který nahrazuje lidské tělo s primárními termoregulačními funkcemi. Tento stroj obsahuje 17 samostatných tepelných segmentů,

kteřé dokážou udržet pomocí počítačového zařízení své povrchové teploty kůže na hladině 33°C. Bioklimatické komory zase poskytují simulaci klimatických podmínek v rozsáhlém rozsahu. Za použití speciálních čidel snímající hodnoty vlhkosti a teplot. V těchto komorách se zkoušky praktikují jak na lidech, tak na tepelných manekýnech. [1]

U hodnocení sportovních oděvů existují čtyři způsoby, které hodnotí sportovní oděvy: textilní měření, měření pomocí figuríny, lidské laboratorní testy a terénní testy. Textilní zkušební laboratoře obecně nabízejí identifikaci vláken, testování eko-textilie, testování výkonnosti (např. stabilitu při praní oděvu, fyzikální testy (odolnost) a chemické zkoušky), testování hořlavosti a testování odolnosti proti tepelným a vodním parám. Testování textilií je poměrně levnější ve srovnání testování pomocí figuríny a člověka a poskytuje základní informace o textilním materiálu. Při testování na figurínách se zkouší celý oděv nikoli jen vzorek plošné textile. Testování hořlavosti na figurínách je realističtější. Pro hodnocení tepelné zátěže mohou moderní figuríny simulovat pohyb i pocení. Manekýnové měření vykazuje lepší reprodukovatelnost než měření pro tepelnou izolaci u člověka, ale je důležitým faktorem, jak uvádí Meinander a spol. [30]. Lidské laboratorní testy mají tu výhodu, že aspekty jako tepelná pohoda a tepelné pocity ve sportovních oděvech mohou být hodnoceny za reálných podmínek např. v klimatických komorách. Testy v exteriéru mají nejlepší účinnost, ale chybí kontrola, a proto je reprodukovatelnost problémem. Počasí, které má velký vliv na hodnocení oblečení je mimo kontrolu, a proto je těžké interpretovat výsledky pro jiné situace.

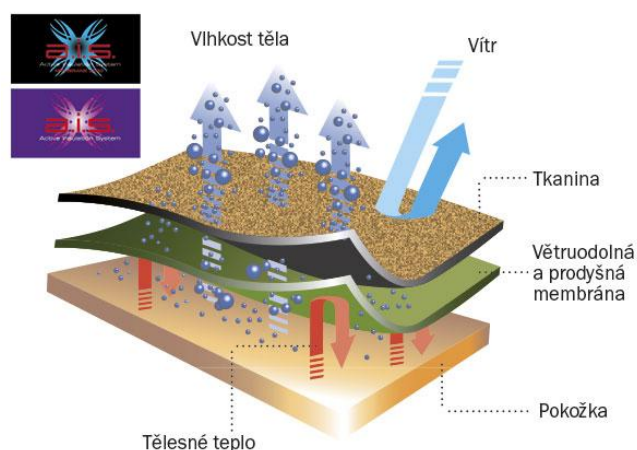
Co se týče budoucích trendů, lze předpokládat, že sportovní oblečení bude budoucí platformou ovladačů a senzorů pro sledování a vedení sportovců a nový vývoj umožní také lepší chlazení organismu sportovce. Nejběžnějším parametrem pro měření během sportu je srdeční frekvence. Srdeční frekvence souvisí s intenzitou cvičení a udává ukazatel fyzické zátěže. Srdeční frekvence se obvykle měří pomocí oddělených hrudních pásů, které však mohou být integrovány do podprsenky (např. LuLuLemon Sport Bra) nebo do trička. Mezi další zajímavé fyziologické parametry patří teplota pokožky nebo vlhkost kůže. Odhady rychlosti potu mohou být užitečné jako ukazatele optimálního příjmu tekutin v průběhu sportovních aktivit. Při sportovních aktivitách může být sportovní oblečení také vybaveno tzv. úhlovými senzory pro měření kloubů.

Touto metodou lze monitorovat přetížení kloubu a v případě potřeby je možné provést preventivní opatření. Společným aktivním členem je hmatová destička, která je lehká a může být zabudována do trička (např. [www.elitac.nl](http://www.elitac.nl)). Tento systém lze využít k orientaci sportovce nebo k optimální stimulaci. Když je rychlost příliš nízká, snímače tlaku na zadní straně trička mohou stimulovat sportovce, aby se urychlil. Podobně aktivní členy na hrudníku způsobují to, že běžící signál sníží rychlost jízdy. Jak již bylo uvedeno výše, sportovec je schopen vyprodukovat více než 1000 W tepla. Při cvičení v teple je extrémně náročné přizpůsobit tepelné ztráty výrobě tepla, což vede k nežádoucímu zvýšení teploty. Proto může být pro sportovce užitečné takové oblečení, které ho ochladí. Zvýšené větrání v oděvu umožňuje lepší odpařování potu a tím i větší chlazení organismu. Vesty s větráním jsou v současné době používány a zkoumány pro pracovní a vojenské použití, ale mohou být použitelné i pro některé typy sportů v ochranných oděvech, jako je americký fotbal. [35]

Pro fyziologické měřicí systémy a pro chlazení těla je nutná pečlivost. Stále více se používají trojrozměrné celotělové skenery pro skenování mimo lidské tělo a první kroky jsou prováděny k automatickému přenesení skenů do omezených tvarů, jak tvrdí Daanen a Hong [36]. Skenování těla může být také použito pro výrobu těsně přiléhajících kompresních oděvů. Tvrdí se, že takové oděvy snižují bolesti svalů, ale nedávný přehled ukazuje, že výsledky jsou v současné době neprůkazné podle MacRae a spol. [37].

#### **1.4 Funkční oděv**

V současnosti je objektem pozornosti stav fyziologického komfortu oděvů a to u všech výrobců oděvů a plošných textilií po celém světě. Zásadním důvodem je psychika a zároveň výkon nositele oděvu. Moderní oděvy umožňují nejen perfektní ochranu lidského těla při různých teplotních a povětrnostních podmínkách okolí, ale i při různém fyzickém namáhání člověka tj. při vzniku tepla a vlhkosti. Nezbytností pro kvalitní fyziologický komfort je odvod vlhkosti do okolí. Transport tepla je založen na okolní teplotě a fyzické aktivitě člověka. Moderní systém funkčního oblečení se skládá zpravidla ze tří vrstev, jak lze vidět na obr. 1. [11]



**Obr. 1: Model třívrstvého systému [13]**

Základem první vrstvy je spodní prádlo, vyhovující požadavkům sensorického komfortu a transportu vlhkosti. Tato vrstva obvykle obsahuje syntetická vlákna na bázi polypropylenu či tvarovaných polyesterových vláken. Naopak vlákna z bavlny se používají málokdy a to díky vysoké navlhavosti, která posléze zapříčiní nepříjemné ochlazení a nesprávné sensorické vlastnosti při dotyku s pokožkou. Druhá vrstva oděvního materiálu má možnost vytvořit ideální tepelně izolační vlastnosti. Tyto vlastnosti závisí na množství uzavřeného suchého vzduchu. Třetí tedy ochranná vrstva by měla umožnit transport vodních par (zvláště mechanismem difúze) do okolí, ale na druhou stranu by neměla dovolit propustnost vody v kapalné formě až do hydrostatického tlaku  $\Delta p \sim 20$  m vodního sloupce. Benefitem třetí vrstvy je nezávislost na jiných vrstvách nebo se dá kompletovat s druhou vrstvou. [12]

Oděvní systém musí ochraňovat nositele před nepříznivými klimatickými vlivy okolního prostředí a zároveň musí umožnit dostatečný odvod vlhkosti vodních par od pokožky lidského těla směrem do vnějšího prostředí, tedy uspokojivý oděvní komfort, jak už bylo dříve zmíněno. Dnes se využívá zvláště principu vrstveného oděvu tzv. cibulový princip oblékání. Elementární model oděvního systému tvoří tři vrstvy a to 1. transportní (prádlo z polyesteru nebo vlny), 2. izolační (fleece z polyesteru, vlny nebo bavlny), 3. ochrannou (softshellová bunda nebo goretexová pláštěnka), ovšem první vrstva je ze všech nejdůležitější z hlediska sensorického komfortu. Každá vrstva musí splňovat určité požadavky, jak ukazuje tab. 1. V extrémních klimatických podmínkách lze využít pěti nebo i vícevrstvý systém. [11, 13]



Tab. 1: Elementární třívrstvý oděvní systém

Vrstvy	Název vrstvy	Požadavky	Používané materiály
1	<b>Transportní</b> (prádlo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ nízká navlhavost</li> <li>▪ okamžitý odvod vlhkosti od těla</li> <li>▪ dokonalé přilnutí k tělu tedy přímý kontakt s pokožkou</li> <li>▪ příjemný omak</li> <li>▪ tepelná izolace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ hydrofilní (CO, WO)</li> <li>▪ hydrofóbní (PAD, PES, PP)</li> </ul>
2	<b>Izolační</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ odvod vlhkosti z první vrstvy do okolí</li> <li>▪ tepelná izolace</li> <li>▪ příjemný omak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fleece (PA, PES)</li> <li>▪ další druhy tepelně izolačních materiálů</li> </ul>
3	<b>Ochranná</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ochrana před nepříznivým klimatem</li> <li>▪ ochrana před pronikáním vlhkosti z okolí (voděodolnost textilie)</li> <li>▪ ochrana vůči povětrnostním podmínkám</li> <li>▪ propustnost páry</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ materiály s vysokou dostavou</li> <li>▪ materiály zátěrové</li> <li>▪ membrány</li> </ul>

## 1.5 Vlastnosti vybraných vláken

Hlavní surovinou textilií jsou vlákna. Tyto vlákna jsou přírodního původu nebo jsou vyrobená chemicky. Přírodní vlákna jsou rozdělena do 3 skupin na rostlinná (stonky, plody, semena), živočišná (sekret, srst) a v poslední řadě na anorganická (azbest). Naopak chemická vlákna se vyrábějí z přírodních polymerů (acetátová či viskózní), z nepolymerních vláken (kovy a nekovy) a ze syntetických polymerů (PES, PP, PAN, PAD apod.) [10]. Každé textilní vlákno je nositelem specifických vlastností, mezi které patří například hřejivost, tvárnost, příjemný omak, pružnost, srážlivost, odolnost proti oděru, tepelná odolnost, pevnost atd. [31]

Z provedeného průzkumu trhu vyplývá, že pro výrobu funkčních triček se nejčastěji používají vlákna polyesterová a polypropylenová. Na rozdíl od vlny merino vlákna syntetická nesají pot, ale po svém povrchu ho od těla odvádí. Z toho vyplývá, že na pokožce těla nestudí a tím se zvyšuje pocit pohody a tepelný komfort. Syntetická vlákna jsou velmi lehká, díky tomu mají nízkou absorpci (neabsorbují více než 0,1 % tělesné vlhkosti) a zároveň rychle schnou. Jsou tedy vhodné na výlety i sport. Přírodní vlákno např. vlna z ovcí merino je mnohem jemnější než klasická vlna. Funguje jako přírodní termostat a udržuje tak stabilní teplotu lidského organismu. Tento materiál je ideální pro

výrobu funkčního prádla pro zimní období, ovšem v nižší plošné hmotnosti se dá použít i v létě. Plošná hmotnost merino vlny se pohybuje od 120 do 260 g/m<sup>2</sup>. Čím je hodnota vyšší, tím se více hodí do chladnějších podmínek. Mezi velké plusy merino vlny se řadí např. její antibakteriální účinky, nehořlavost, nezapáchá, výhřevnost za vlhka a je z obnovitelného a ekologického zdroje. Naopak bavlna jako nejrozšířenější textilní materiál má vysokou schopnost absorbovat vlhkost a vysokou část zachytí v sobě. Není tedy příliš vhodná pro potřeby funkčního odívání. [29]

### 1.5.1 Bavlna

Bavlněné vlákno je získáváno z tobolek bavlníku, které je součástí semene. Vlákno bavlny má typický ledvinovitý průřez s dutinou po celé délce vlákna a zároveň se stáčí do tvaru stužky. Jednobuněčné vlákno se pohybuje v rozmezí délky 25 – 60 mm a tloušťka se pohybuje kolem 12 – 17 μm. Obsahuje 90 – 94 % celulózy, dále tuky, pektiny, popel, vodu, bílkoviny, přírodní vosky atd. Bavlna se ve vodě chemicky nemění, ale bobtná, zvyšuje se její tažnost a pevnost. Působením suchého tepla např. 70°C při delší době bavlna klesá na pevnosti a tažnosti. Při teplotě nad 200°C bavlněné vlákno hnědne a při vyšších teplotách nastává zuhelnatění. Bavlněné vlákno je velmi příjemné na dotek k pokožce. Díky její nasákavosti na sebe dokáže vázat vlhkost, kterou absorbuje, což je v našem případě nežádoucí, jelikož pomalu schne a vystavuje tak tělo nebezpečí k prochladnutí. Vůči chemikáliím není dostatečně odolná a je hořlavá. Při styku s hydroxidy mění své vlastnosti a bobtná. Tento proces je využíván při mercerování vlákna, kdy se vlákno v průřezu zaobluje a zároveň se zvyšuje pevnost, savost a lesk. [14, 29, 31]

Ve více než 50 % vyráběných textiliích jsou vlákna z bavlny. Díky svým fyzikálním vlastnostem byla bavlna velmi žádanou surovinou pro textilní průmysl v době průmyslové revoluce a koncem 19. století představovala 80 % objemu všech textilií. Dnes je též bavlna postavena jako nejvýznamnější přírodní vlákno, ale do určité míry je její význam snížen díky syntetickými vlákny. Tím pádem se bavlna podílí na nynější produkci s pouhými 30 %. Pro spotřebitele je nejdůležitější příjemný omak a dobrá savost, např. potu. To je i hlavní příčina, proč se bavlna rozšířila i do lůžkovin. Důvodem vysoké spotřeby bavlny je velmi dobrý poměr cena/užité vlastnosti. Ovšem mezi nevýhody patří snadná mačkavost a žmolkovatost vláken. [34]

### **1.5.2 Viskóza**

Obecně viskózová vlákna patří mezi nejrozšířenější chemická vlákna. Tato vlákna dosahují více než 50 % světové výroby. Oproti syntetickým vláknům má viskóza mnoho výhod, ačkoliv nežádoucí vlastností je mačkavost. Vlákna z viskózy mají příjemný omak oproti syntetickým vláknům, dále se snadno zpracovávají a mají nízkou cenu. Přírodní viskózové vlákno je vyrobeno z regenerace celulózy (dřeva). Má standardně nízkou pevnost, ale za to vysokou tažnost za mokra. Při vyšších teplotách je viskóza hořlavá i srážlivá a má vysokou navlhavost (26 – 28 %). Výhodou je nízký sklon ke žmolkování či třepení a má dobrou afinitu k barvivům. Viskózová vlákna se vyrábí lesklá, polomatovaná nebo matovaná jako nekonečná nebo jako stříž. Textilní materiály z viskózy jsou velmi příjemné na pokožce a působí na omak velmi měkce. Viskózová vlákna poskytují optimální výměnu tepla, čímž dokážou vyvolat příjemný pocit při nošení. Na rozdíl od 100% bavlny je viskóza lesklejší a splývavější. [16, 17, 29]

### **1.5.3 Bambusová viskóza**

Bambusová viskóza je zde použita jako obchodní název (použito z důvodu rozlišení viskózy a viskózy z bambusu). Viskóza z bambusu je přírodním vláknem, vyrobená speciální technologií a to regenerací celulózy. Charakterizuje se vysokou pevností za sucha a daleko lepší afinitou k barvivům, než u jiných materiálů z celulózy. Především je velmi příjemná na omak (vysoká měkkost), než je např. bavlna. Přítomnost bambusového vlákna dokáže zničit až 70 % bakterií, zároveň saje i odpařuje pot a to až 4 krát více než bavlna. Má dokonalou termoregulaci, kdy v zimě hřeje a v létě naopak příjemně chladí. Další výhodou je její antistatická a hypoalergenní funkce. Na dotek připomíná díky své jemnosti a měkkosti hedvábí. Bambusová viskóza je ideální pro sportovní účely, důvodem je odolnost vzniku nežádoucích pachů. [18, 35]

### **1.5.4 Polyester**

Toto vlákno je lineární makromolekula, původem aromatických dikarbonových kyselin např. kyseliny tereftalové s glykoly. Vlákno obsahuje minimálně 85 % esteru vyrobeného polykondenzací. Polyesterové vlákno má vysokou odolnost vůči oděru, na světlo, vůči povětrnosti a mikroorganismům, zároveň má nízkou navlhavost, ale vyšší než u polypropylenu. Omak a lesk u vláken s neokrouhlým průřezem je podobný přírodnímu hedvábí. Je velmi lehký a tak se dutá polyesterová vlákna používají jako

alternativa k peří. Vlákná mají asi dvakrát větší objemovou hmotnost a nižší tepelnou vodivost než je u polypropylenu a dokáže odolat vyšším teplotám. Díky dutým vláknům poskytuje dobrou úroveň tepelné izolace a lépe umožňuje odvod vlhkosti (potu) od těla svým tvarovaným průřezem. Polyester je vysoce odolný proti chemikáliím. [15, 31, 32]

Polyester je v textilním průmyslu známý svým hebkým omakem a leskem připomínající přírodní hedvábí díky vláknům s nezaobleným trojúhelníkovým průřezem. Často se využívá mísení polyesteru s přírodními vlákny díky nimž se docílí v mnohém směru zdokonalení užitečných vlastností příze. Jak již bylo zmíněno, polyesterová vlákna jsou vyráběna s různým tvarem průřezu např. oválný, hvězdicový, vroubkovaný tvar apod. Aby byly výborné termoizolační vlastnosti vlákna, vyrábí se dutá. Díky kombinaci těchto vláken se docílí téměř ideálního chování funkčního oblečení, ať už pro sportovní nebo pracovní využití. Existují i případy, kdy se do vláken přimísí i ionty stříbra, které mají dobrý vliv na antibakteriální ochranu. [33]

### **1.5.5 Polypropylen**

Polypropylenové vlákno je známé pod firmou značky MOIRA® (obchodní název speciální integrované pleteniny). Jeho specifický vzhled průřezu je ve tvaru pěticípé hvězdice. Díky laločnatému tvaru lépe umožňuje odvod vlhkosti (potu) od těla. Polypropylen se řadí mezi syntetická vlákna. Toto vlákno má velmi dobrou odolnost vůči chemikáliím a namáhání. Textilní materiály vyrobené z polypropylenu jsou lehké, jemné, přesto jsou řazeny mezi textilie s vysokou trvanlivostí. Jak již bylo zmíněno, vlákno rychle transportuje vlhkost od pokožky, dochází tak k rychlé evaporaci na povrchu textilie, čímž je zaručen pocit sucha. Polypropylenová vlákna dokážou odolávat plísním, bakteriím nebo chemikáliím, tím pádem neulpívají nečistoty na jejím povrchu. Díky tomu je velmi snadná údržba. Vlákná je ovšem obtížně barvitelná, ale získané barvy jsou stálé. Při kombinaci s jinými materiály se docílí zajímavých efektů. [19, 36]

### **1.5.6 Vlna**

Vlna spadá pod živočišná vlákna obsahující proteiny. Tato vlákna jsou ze srsti obratlovců, jako je ovce, velbloud, koza apod. Vlákná vlny mají komplikovanou buněčnou strukturu, která je složena ze třech primárních složek a to z kutikuly, která

tvoří povrch vlákna z šupin, dále z kortexu, tj. jádra vlákna a dřeně, která jsou uložena v centrální dutině. Hlavní charakteristikou tohoto vlákna je pevnost, dobrá tažnost, která za mokra vzroste až na 50 % a navlhavost. Vlákno dobře odolává kyselinám, ale při styku s louhem se vlákno naruší a ve vodě bobtná. Vlna je řazena k vláknům s nízkou hořlavostí, protože křehne při 100°C a hoří až při 205°C, zároveň má vynikající tepelně izolační vlastnosti. Existuje mnoho typů vln např. ovčí vlna merino má délku vláken 40 – 400 mm a tloušťka se pohybuje kolem 10 – 70  $\mu\text{m}$ . Kašmírová vlna je ze srsti kašmírské kozy žijící v Tibetu, Číně a Indii. Její vlasy mají málo šupinek, tedy 5 – 6/100  $\mu\text{m}$  s vnitřním dřeňovým kanálkem. Tyto vlákna se vyznačují svou jemností a leskem. Naopak mohérová vlna je z kozy angorské žijící v Turecku, Austrálii a v USA. Její vlas má velké šupiny se zubatým okrajem. Má tak vyšší absorpci vody oproti ovčí vlně. Je méně plstivá a má vysokou odolnost oproti opotřebení. Vlna velbloudí je ze srsti dvouhřbých velbloudů. Tmavě zbarvená srst má velký rozdíl mezi podsadou a pesíky. Tato surovina se řadí k velmi ceněným. Používá se na plášt'ové tkaniny díky její lehkosti a měkkosti. [31]

## 2 Experimentální část

Pro první vrstvu, resp. funkční sportovní trička jsou důležité fyziologické vlastnosti, které patří mezi vlastnosti vyjadřující oděvní komfort. Cílem experimentální práce bylo proto hodnocení vybraných fyziologických vlastností triček.

Řešení předložené diplomové práce bylo rozděleno na hodnocení:

- Laboratorní, kde byly měřeny vybrané fyziologické vlastnosti funkčních sportovních triček dle příslušných norem:
  - a. Zjišťování prodyšnosti vzduchu pomocí přístroje SDL M021S
  - b. Měření výparného odporu za stálých podmínek pomocí přístroje Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA, který je uzavřen v klimatické zkušební komoře Vötsch VC 0060  
Určování propustnosti vodních par gravimetrickou metodou pomocí přístroje FX 3180 CupMaster
  - c. Zjišťování tepelně izolačních vlastností (měrná tepelná vodivost) pomocí analyzátoru C-Therm Tci
  
- Experimentální, kde byl testován fyziologický komfort triček reálným testováním při jízdě na cyklistickém trenažéru v klimatických podmínkách. Měření probíhalo:
  - a. Snímáním teploty a vlhkosti pomocí sady senzorů umístěných na těle probanda (objektivní hodnocení)
  - b. Snímáním probanda pomocí termovizní techniky FLIR (informativně)
  - c. Hodnocení komfortu triček pomocí dotazníkového šetření v průběhu a na konci jízdy na cyklistickém trenažéru (subjektivní hodnocení)

Měření bylo prováděno na Technické univerzitě v Liberci v laboratořích katedry oděvnictví.

### 2.1 Charakteristika použitých materiálů

Pro trička byly použity tyto materiály: bavlna, bambusová viskóza, polyester, polypropylen a viskóza. Trička byla zakoupena od výrobců jako např. H&M, Moira,

Vero Moda, Bushman nebo Martes. Každé tričko má i jinou vhodnost využití např. pro různé sportovní i volnočasové aktivity. Charakteristika materiálů testovaných triček je uvedena v tab. 2. Byly pořízeny snímky průřezu vláken u jednotlivých textilních materiálů na rastrovacím elektronovém mikroskopu VEGA3 LM TESCAN.

Tab. 2: **Charakteristika použitých materiálů, triček**

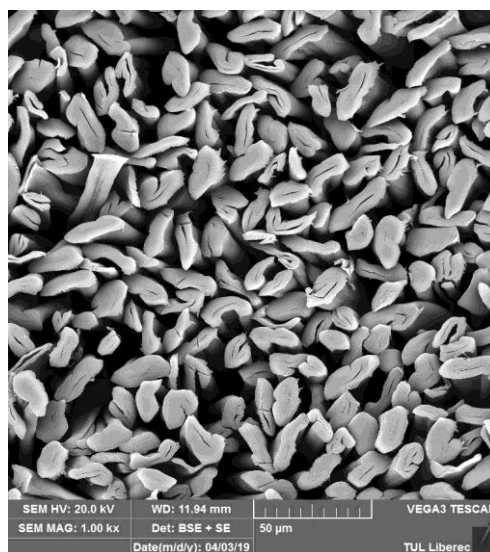
Označení trička	Materiálové složení	Vazba pleteniny	Hustota řádku [ř/cm]	Hustota sloupku [sl/cm]	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Tloušťka [mm]
T1	Bavlna 100%	hladká jednolící	23	16	143,6	0,54
T2	Bambusová viskóza 100%	hladká jednolící	25	17	111,7	0,51
T3	Polyester 100%	interloková	23	17	138,8	0,57
T4	Polypropylen 100%	obouliční žakárská	20	5	143,8	1,47
T5	Viskóza 100%	hladká jednolící	18	14	166,2	0,58

*Pozn: tloušťka pleteniny byla zjištěna dle normy ČSN EN ISO 5084 z roku 1998 [38], plošná hmotnost byla zjištěna dle normy ČSN EN 12127 z roku 1997 [39].*

T1 – na obr. 2 je vyrobeno v Bangladéši ze 100% organické bavlny. Bylo zakoupeno v obchodě H&M za 249,- Kč pod značkou L.O.G.G. Výrobce neuvedl účel použití výrobku, nicméně dané tričko lze použít na lehkou sportovní aktivitu, procházku i denní nošení. Mikroskopická zkouška, viz obr. 3, potvrdila, že se jedná o bavlněné vlákno. Vlákno má typický ledvinovitý průřez s dutinou (lumenem) po celé délce a zároveň se stáčí do tvaru stužky. Vlákna mají úzký lumen, čím je lumen užší, tím je vlákno zralejší. Na obr. 3 lze vidět, že jsou vlákna namíchaná, textilní materiál obsahuje vlákna více zralá i méně zralá.



**Obr. 2: T1 (bavlna)**



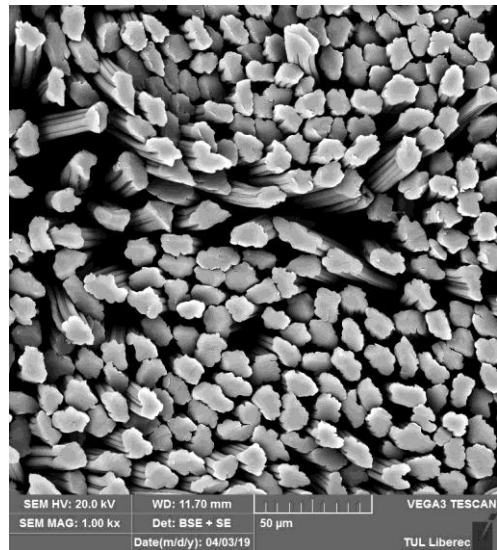
**Obr. 3: Příčný řez bavlněnými vlákny**

T2 – na obr. 4 je vyrobeno ze 100% bambusové viskózy (obchodní název). Viskóza se vyrábí z celulózy, nezáleží na původu, ale na technologii zpracování. Tričko bylo vyrobeno v Číně a zakoupeno v Bushmanshop za 489,- Kč pod značkou Bushman. Výrobce udává, že je materiál lehký, prodyšný a pohodlný. Použití např. v zaměstnání, doma i během nejrůznějších aktivit. Zároveň je antistatické a díky antibakteriálním vlastnostem není cítit potem i po náročném dni. Díky hladké struktuře viskózových vláken připomíná hedvábí. Mikroskopická zkouška ukazuje známý obláčkovitý tvar v řezu vlákna, viz obr. 5.





**Obr. 4: T2 (bambusová viskóza)**

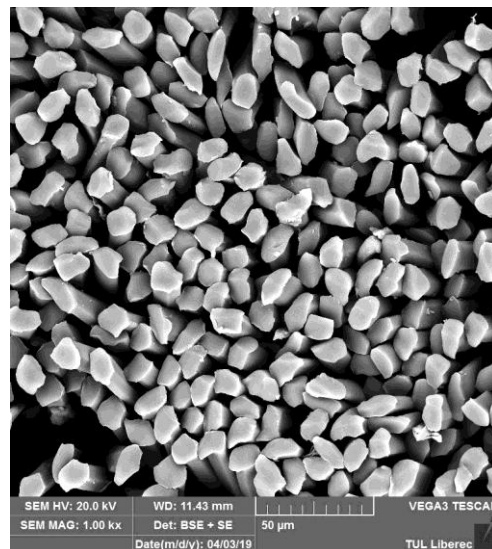


**Obr. 5: Příčný řez vláknů z bambusové viskózy**

T3 – vyrobeno ze 100% polyesteru v Číně. Bylo zakoupeno pod značkou Martes v obchodě Martes Sport za 139,- Kč. Toto tričko, viz obr. 6 je určeno pro první vrstvu a to pro všechny sportovní aktivity. Dle výrobce je vyrobeno z prodyšného, rychleschnoucího a ultralehkého materiálu, který dobře odvádí pot a udržuje tak povrch těla v suchu. Dokonce pro větší bezpečnost je vybaveno reflexními prvky. Byla provedena mikroskopická zkouška. Snímek z mikroskopu ukázal nepravidelný tvar profilovaných vláken, viz obr. 7. Syntetická profilovaná vlákna mohou mít různé tvary např. trojúhelníkový, hvězdicový, ledvinovitý, piškotový apod.



**Obr. 6: T3 (polyester)**

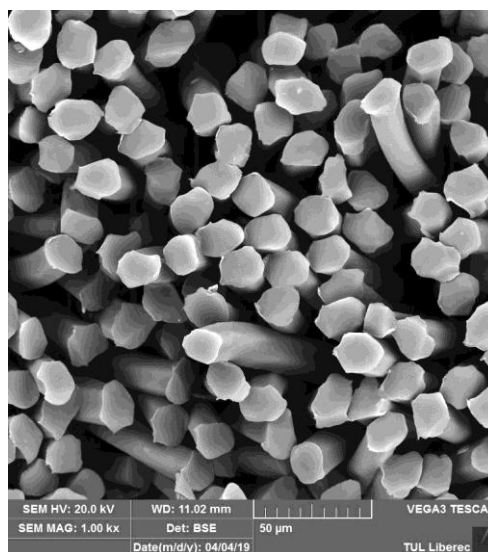


**Obr. 7: Příčný řez polyesterovými vlákny**

T4 – vyrobeno z 80% polypropylenu a z 20% funkčního vlákna na bázi polypropylenu – Moira. Bylo vyrobeno v České republice a zakoupeno v obchodě Moira pod značkou Moira<sup>®</sup> za 549,- Kč. Výrobek je ze vzorované žakárové pleteniny, viz obr. 8, která je konstruovaná dvěma typy rozdílně silných přízí. Rozdílné vlastnosti použitých přízí jednak zvýrazňují vzor a jednak se podílejí na funkčnosti. Vzájemné působení přízí, z nichž je jedna mikrovláknenná, umožňuje dobrou ventilaci na povrchu pokožky, příjemný omak a vyváženou pružnost. Podle výrobce úplet Ultralight v exponovaných zónách trička zvyšuje odvod vlhkosti a komfort při nošení. Vhodné pro všechny sportovní i volnočasové aktivity. Průřez polypropylenového vlákna MOIRA TG 900<sup>®</sup> by měl připomínat pětilaločnou hvězdičku a vlákno by se mělo vyznačovat hlubokými laloky, jak uvádí výrobce Moira<sup>®</sup>. Po mikroskopické zkoušce, viz obr. 9, bylo zjištěno, že příčný průřez vláken neodpovídá tvaru pětilaločné hvězdičky, ale podobá se řezu vláken z polyesteru.



**Obr. 8: T4 (polypropylen)**

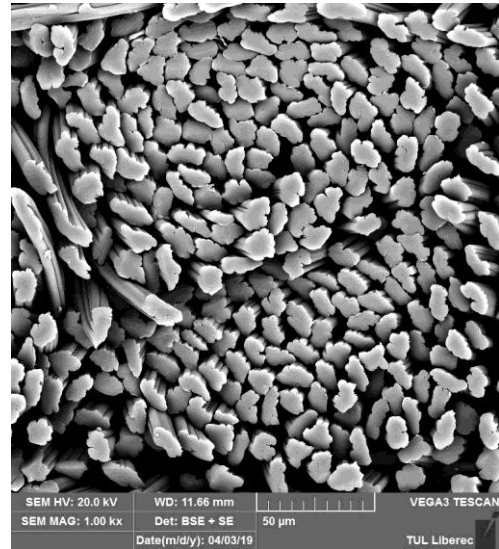


**Obr. 9: Příčný řez  
polypropylenovými vlákny**

T5 – vyrobeno ze 100% viskózy v Bangladéši, viz obr. 10. Výrobek byl zakoupen přes internetový obchod ZOOT značky VERO MODA za 459,- Kč. Výrobce uvádí pouze příjemné, prodyšné a pružné vlastnosti materiálu nikoliv jeho užití. Ovšem tričko z tohoto materiálu lze použít pro sportovní i volné aktivity. Rastrovací mikroskop ukázal příčný řez vláken, která mají tvar nepravidelných obláčků, viz obr. 11. Vlákna ze 100% viskózy tvarově zcela odpovídají tvaru vláken ze 100% bambusové viskózy, viz obr. 5.



Obr. 10: T5 (viskóza)



Obr. 11: Příčný řez vlákny z viskózy

## 2.2 Charakteristika použitých zařízení

Celkem čtyři zařízení byla použita k hodnocení textilních materiálů. V první řadě se zjišťovala prodyšnost vzduchu plošných textilií na přístroji SDL M021S. Dále byl zjišťován výparný odpor na přístroji Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA. Na přístroji FX 3180 CupMaster byla testována propustnost vodních par. V neposlední řadě byl použit analyzátor C-Therm Tci k měření tepelně izolačních vlastností.

### 2.2.1 Charakteristika použitého zařízení pro hodnocení prodyšnosti vzduchu plošných textilií SDL M021S

SDL M021S je přístroj, který měří prodyšnost vzduchu plošných textilií. Textilie propouští vzduch za určitých podmínek a udává se v jednotkách [m/s], tedy rychlost proudu vzduchu pronikajícího v kolmém směru na plochu zkoušeného vzorku při daném tlakovém spádu a při daném čase.

Přístroj SDL M021S pracuje podle normy ČSN EN ISO 9237 [20]. Přístroj se ovládá pomocí pedálu a má oddělené vakuové čerpadlo. Měří se za pomoci 4 rotametrů se stupnicí a ventily, které jsou izolovány. Proud vzduchu je možné navolit od 0,1 až 400 ml/s. Pomocí přístroje SDL M021S, viz obr. 12 se měří při daném tlakovém spádu

rychlost vzduchu procházejícího kolmo určitou plochou plošné textilie. Pro oděvní textilie je použit tlakový spád 100 kPa. Testování bylo provedeno za klimatických podmínek 20°C, 65 % RH. Z jednotlivých měření se spočítal aritmetický průměr a variační koeficient (na nejbližší 0,1 %). Výpočet prodyšnosti vzduchu R dle vztahu (3) [20]:

$$R = \frac{q}{A}10 \quad (3)$$

Kde značí: q – aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu [cm<sup>3</sup>/s], A – zkoušená plocha textilie (A=20 cm<sup>2</sup>) [cm<sup>2</sup>], 10 – přepočítávací faktor z [ml/s/cm<sup>2</sup>] na [mm/s]



**Obr. 12: Přístroj SDL M021S s upnutým vzorkem**

Postup zkoušky:

1. Vzorek byl upnutý za dostatečného upnutí do kruhového držáku lícní stranou nahoru, aby byla odolnost vůči pronikání větru z okolního prostředí a zároveň nevznikaly na vzorku záhyby.
2. V dalším kroku se nastavil ventil průtokoměru na polohu č. 4 a sešlápnul se pedál nasávacího zařízení. Vzduch se pak nasává přes zkoušený vzorek.
3. Tlakový spád byl nastaven pomocí otočení ventilu C.
4. Průtok vzduchu na vrcholku plováku byl odečten cca po jedné minutě.

5. Nastal by-li případ, kdy by se plovák č. 4 v průtokoměru nezvedl, musel by se ventil C i průtokoměr č. 4 uzavřít a zvolil by se průtokoměr č. 3 a opakoval by se postup v bodě 3. a 4.
6. Kdyby se nezvedl plovák č. 3, uzavřel by se ventil C a zvolil by se průtokoměr č. 2.
7. Doporučený tlakový spád byl nastaven otáčením ventilu A. Hodnota průtoku vzduchu [ml/s] byla odečtena na průtokoměru. Pokud by se plovák nezvedl, nastavil by se průtokoměr č. 1 a postup by se opakoval.

Pozn.: ventil B byl používán ve spojení s ventilem A pro jemnější seřízení tlakového spádu. Ovšem nesměl by být nikdy uzavřen.

### **2.2.2 Měření tepelně-izolačních vlastností materiálů pomocí analyzátoru C-Therm TCi<sup>TM</sup> pro stanovení tepelné vodivosti pevných látek**

Záměrem tohoto testování bylo zjistit tepelnou vodivost v textiliích, tedy rychlost šíření tepla ze zahřáté části látky do chladnější. Analyzátor byl navržen pro stanovení tepelné charakteristiky materiálů nebo pro kontrolu jakosti. Mezi benefity této metody patří jednoduchost kalibrace a okamžité zobrazení výsledků z měření.

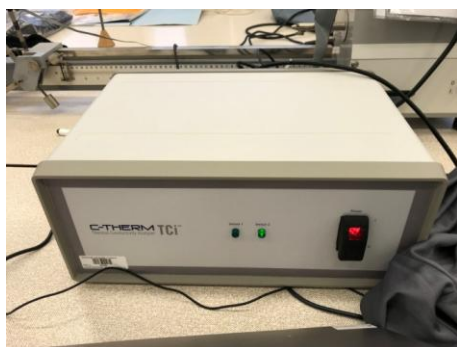
Přístroj Thermal Conductivity Analyzer na obr. 13 poskytuje tepelnou analýzu kapalin, prášků nebo pevných látek v rozmezí od 0,01 do 100 W/m/K za 5 sekund. Teplota teplotní komory se pohybuje od -75°C do +200°C. Dále měří tepelnou jímavost, efusivitu, tepelnou vodivost a dokáže spočítat měrnou tepelnou kapacitu a teplotní vodivost.

Zařízení využívá jednostranný mezi-kontaktní odrazivý snímač sestavený z řídicí elektroniky, měřícího čidla a softwaru. Ve snímači, viz obr. 14 je topné těleso. Při testu proudí teplo od senzoru do materiálu. Čidlo topného tělesa vyprodukuje nevelké množství tepla. Mezi vzorkem a senzorem dojde k nárůstu teploty (maximálně 2°C). Tímto nárůstem teploty na rozhraní snímače je vyvolána změna – pokles napětí čidla. Tempo růstu napětí na snímači je nepřímo úměrné k termo-fyzikálním vlastnostem vzorku (tepelné vodivosti vzorku). Čím je strmější nárůst napětí, tím více je materiál tepelně-izolační. Smáčivost, typ materiálu nebo kvalita povrchu ovlivňuje přenos tepla.

[43]

Cílem měření na přístroji C-Therm TCi bylo změřit tepelně-izolační vlastnosti rozličných typů materiálů. Naměřené hodnoty s měrnou tepelnou vodivostí  $\lambda$  u měřených materiálů se vzájemně porovnály mezi sebou.

Teplota vzduchu a relativní vlhkost odpovídala laboratorním podmínkám tj. 20°C, 65 % RH. Přípravené vzorky byly před samotným měřením klimatizovány po dobu 24 hodin.



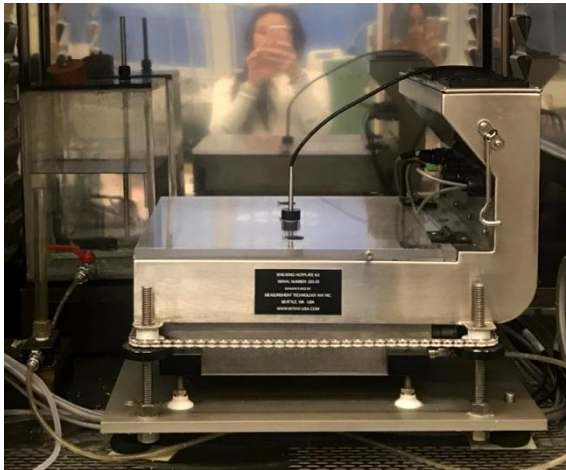
Obr. 13: Přístroj C-Therm TCi<sup>TM</sup>



Obr. 14: Umístění senzoru na tričko

### **2.2.3 Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek přístrojem Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA**

Přístroj Sweating Guarded Hotplate na obr. 15 je umístěn v automatické klimatické komoře Vötsch VC 0060, viz obr. 16 a je určený k měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení) dle normy ČSN EN ISO 11092 [27]. Přístroj tepelného odporu simuluje proces přenosu tepla a hmoty, který se vyskytuje na lidské kůži. Je vhodný pro měření tepelného odporu a odolnosti proti vodním parám v ustáleném stavu. Měří řadu výrobků z tkanin, fólií, povlaků, pěn a kůže, včetně vícevrstvých sestav, které jsou použity v oděvních systémech.



**Obr. 15: Příklad Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA**



**Obr. 16: Klimatická komora Vötsch VC 0060**

Tepelný odpor (thermal resistance,  $R_{ct}$ ) mezi dvěma povrchy materiálu je rozdíl teplot, který je dělený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy [ $m^2K/W$ ]. Tepelný odpor je speciální veličina pro textilní materiály, která stanovuje výparný tepelný tok určitou plochou, jako odezvu na použitý ustálený gradient tlaku vodních par. Výparný tepelný tok se skládá z konvekčních a difúzních prvků.

Teplota měřicí jednotky  $T_m$  byla nastavena na teplotu  $35^\circ C$  a teplota vzduchu  $T_a$  na teplotu  $20^\circ C$ . Relativní vlhkost RH byla nastavena na 65 % a rychlost vzduchu  $v_a$  byla nastavena na 1 m/s dle vztahu (4). Tepelný odpor zkoušeného vzorku byla spočítána jako aritmetický průměr z jednotlivých měření.

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a) A}{H - \Delta H_c} - R_{ct0} \quad (4)$$

Kde značí:  $R_{ct}$  – tepelný odpor [ $m^2K/W$ ],  $T_m$  – teplota měřicí jednotky [ $m^2$ ],  $T_a$  – teplota vzduchu v laboratoři [ $^\circ C$ ],  $A$  – plocha měřicí jednotky [ $m^2$ ],  $R_{ct0}$  – konstanta přístroje [ $m^2Pa/W$ ],  $H$  – výhřevnost dodávaná měřicí jednotce [ $W$ ],  $\Delta H_c$  – opravný faktor výhřevnosti pro měření tepelného odporu

Výparný odpor (water-vapour resistance,  $R_{ct}$ ) udává mezi dvěma povrchy materiálu rozdíl tlaku vodních par, který je dělený výsledným výparným tepelným tokem na



jednotku plochy [ $\text{m}^2\text{Pa/w}$ ]. Výparný odpor je veličina, která je specifická pro textilní materiály. Stanovuje výparný tepelný tok určitou plochou, jako reakci na použitý ustálený gradient tlaku vodních par. Výparný tepelný tok je složen z konvekčních a difúzních prvků.

Při měření výparného odporu musela být položena membrána z celofánu na povrch měřící jednotky propouštějící vodní páru, nikoliv vodu. Teplota vzduchu  $T_a$  a měřící jednotky  $T_m$  se nastaví na relativní vlhkost RH 40 % s teplotou  $35^\circ\text{C}$ . Rychlost vzduchu  $v_a$  byla udržována na 1 m/s dle vztahu (5). Díky těmto podmínkám, které byly uvnitř zkušební vzorku bylo zabráněno kondenzaci vodních par.

$$R_{et} = \frac{p_m - p_a}{H - \Delta H_e} - R_{et0} \quad (5)$$

Kde značí:  $R_{et}$  – výparný odpor [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ],  $p_m$  – parciální tlak nasycených vodních par [Pa] na povrchu měřící jednotky při teplotě  $T_m$ ,  $p_a$  – parciální tlak vodních par ve vzduchu [Pa] ve zkušební místnosti při teplotě  $T_s$ ,  $A$  – plocha měřící jednotky [ $\text{m}^2$ ],  $H$  – výhřevnost dodávaná měřící jednotce [W],  $\Delta H_e$  – opravný faktor výhřevnosti pro měření výparného odporu,  $R_{et0}$  – konstanta přístroje [ $\text{m}^2\text{Pa/W}$ ] pro měření výparného odporu

Podstatou zkoušky je umístění zkušební vzorku na vyhřívanou elektrickou desku, přitom klimatizovaný vzduch proudí rovnoběžně a zároveň i napříč s povrchem vzorku dle normy, která je uvedena výše. Pro výpočet výparného odporu se porézní vyhřívaná deska přikryje membránou, která propouští vodní páry, nikoliv vodu. K vyhřívané desce je přiváděna voda, která se vypařuje a v podobě páry tak prochází membránou, přičemž voda nepříjde se zkušebním vzorkem do styku. Nutnost je udržet konstantní teploty desky, na níž je umístěná membrána se zkušebním vzorkem. Na membráně je tepelný tok. Konstantní teplota desky zajišťuje míru rychlosti vypařování vody, z níž se určí výparný odpor u zkušební vzorku. V rámci diplomové práce byl měřen pouze výparný odpor  $R_{et}$ , tepelná vodivost byla měřena přístrojem C-Therm Tci.

## 2.2.4 Určení propustnosti vodních par gravimetrickou metodou pomocí přístroje FX 3180 CupMaster

Přístroj FX 3180 CupMaster, jak lze vidět na obr. 17, se využívá k přesnému, automatickému a ekonomickému určení propustnosti vodních par gravimetrickou metodou obsáhlé palety materiálů např. tkané i netkané textilie, fólie z plastu, stavební materiály, zdravotnické materiály nebo potahované látky. Přístroj pracuje zcela nezávisle, není potřeba spojení s počítačem. Automaticky se zaznamenává a řídí teplota, rychlost proudění vzduchu a vlhkost dle zadaných parametrů aplikované zkušební normy. Váhy se zaznamenávají a váží po nezávisle nastavitelném času kondicionování. Záleží na modelu přístroje, ale lze testovat až 12 nebo 15 vzorků najednou a to v rozsáhlém rozmezí vlhkosti, teplot a rychlosti proudění vzduchu. Existují dvě metody testování a to metoda mokrého šálku (s kapalinou uvnitř) nebo metoda suchého šálku (se sorbentem). Přístroj je složen především z klimatické komory, vážicího modulu, řídicí elektroniky a šálku (misky). Výsledkem zkoušky je rozdíl hmotnosti, který se vyjadřuje jako rychlost propustnosti vodních par v jednotkách  $[g/m^2den]$ . Vysoce přesný snímač vyrobený společností „Rotronic AG“ měří teplotu i vlhkost. Zvlhčení cirkulujícího vzduchu má na starost piezoelektrické zařízení, zatímco vysoušení je prováděno vymrazováním. Uživatel má možnost nenáročnou výměnu senzoru pro důvody kalibrace. Po celou dobu testování měří integrovaný snímač skutečný průtok vzduchu a ventilátor ve tvaru kříže zajišťuje požadovanou rychlost vzduchu. Spolehlivé a velmi přesné váhy od společnosti „Mettler-Toledo (Switzerland) GmbH“ zabezpečují měření hmotnosti a její změny. Přístroj pracuje v souladu s normou ČSN EN ISO 12572 [40].

Přístroj pracoval na principu metody wetcup, kdy byla použita relativní vlhkost vzduchu 50 % s konstantní teplotou 40°C a s rychlostí vzduchu 0,8 m/s. Vzhledem ke stejné teplotě, ale rozdílné relativní vlhkosti vzduchu docházelo k difundaci vodních par přes zkoušený vzorek z prostředí s vyšší relativní vlhkostí vzduchu (tedy z prostředí s vyšším parciálním tlakem vodních par). Zkušební miska se zkoušeným vzorkem byla poté zvážena a byly vypočteny difúzní vlastnosti zkoušeného vzorku. Mokrý hodnota difúzní tloušťky se vypočítá dle vztahu (6). Přesnější použití miskových metod a popis lze najít v technických normách [32, 33, 34].

$$s_{dw} = \frac{\delta_0 A \Delta t \Delta p}{\Delta m} \quad (6)$$

Kde značí: A – plocha zkoušeného vzorku [m<sup>2</sup>], Δt – časový rozdíl [s], Δp – rozdíl částečných tlaků vodních par [Pa], Δm – změna hmotnosti [kg]



**Obr. 17: Příklad přístroje FX 3180 CupMaster pro určení propustnosti vodních par**

Vzorky byly připraveny na základě manuálu FX 3180 CupMaster. Byla použita metoda mokrého šálku (misky), kdy miska byla naplněna destilovanou vodou podle obr. 18 v poměru 42 ml o teplotě 40°C (dle normy ISC 59.080.01) [26]. Na misku bylo umístěno těsnění spolu se vzorkem plošné textilie a teflonovým kroužkem do vložky, viz obr. 19. Všech 10 vzorků (2 stejné materiály po 5 druzích materiálového složení) bylo postupně umístěno do odpovídající pozice. Po vložení všech šálků do přístroje o ploše 50 cm<sup>2</sup> byl spuštěn proces testování. Testovalo se 24 hodin při teplotě 40°C, relativní vlhkosti 50 % a při rychlosti vzduchu 0,8 m/s.



**Obr. 18:** Metoda mokrého šálku  
(misky)



**Obr. 19:** Miska s vodou a upnutým  
vzorkem

### 2.3 Metodika testování triček při zátěži na cyklistickém trenážeru

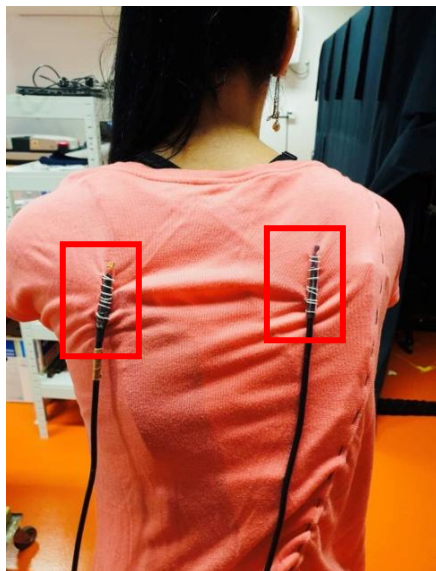
V experimentální části bylo testováno 5 dámských triček a 4 pánská trička. Probandy byla jedna žena ve věku 25 let a jeden muž ve věku 31 let. Do triček a na tělo byly připevněny digitální senzory přístroje značky ALMEMO® D6-Fühler pro měření a zaznamenávání všech fyzikálních veličin, v tomto případě měření teploty a relativní vlhkosti textilie i pokožky, viz obr. 20.



**Obr. 20:** Senzor AHLBORN ALMEMO FHAD460 relativní vlhkosti a teploty vzduchu

Jednalo se o princip, který byl navržen v disertační práci [21]. Na každé tričko byly našity 2 senzory (AHLBORN ALMEMO FHAD460), které jsou vidět na obr. 21. Tyto senzory měřily teplotu a vlhkost na povrchu textilie. Zbylé 2 senzory byly připevněny

na zádech probanda lepicí páskou a to z důvodu snímání současné teploty pokožky a vlhkosti, která byla vyprodukována organismem, viz obr. 22.



**Obr. 21:** Snímek levého a pravého senzoru přišitého na zadní straně trička

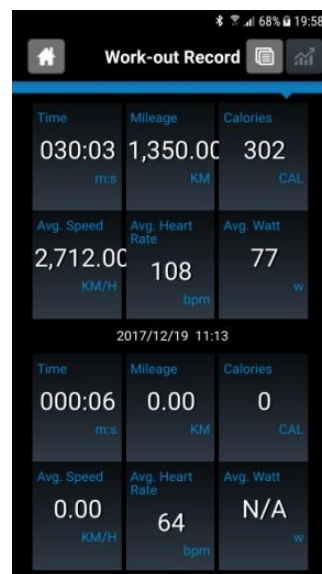


**Obr. 22:** Umístění levého a pravého senzoru na zadní části těla probanda pomocí lepicí pásky

Experiment probíhal v klimatizované laboratoři na katedře oděvnictví v Technické univerzitě v Liberci při teplotě  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti  $64 \pm 2\%$ . Vzorčky triček byly před samotným měřením klimatizovány po dobu 24 hodin pro zajištění stejných podmínek u všech materiálů. Zátěž probíhala formou jízdy na cyklistickém trenažéru značky InSPORTline inCondi UB40i, viz obr. 23 s možností nastavení různé zátěže. Každá jízda trvala 40 minut a měla následující průběh: 30 minut zátěž probanda a 10 minut relaxace. V průběhu jízdy v čase po 15 min, 30 min a 40 min proband vyplňoval dotazník s pocitem tepla, pocitem vlhkosti a se snesitelností (pocit sensorického komfortu) trička, viz příloha č. 2. Pomocí aplikace inSPORTline v mobilním telefonu, která je vidět na obr. 24, byly v průběhu jízdy na cyklistickém trenažéru zaznamenávány údaje, jako jsou spálené kalorie, rychlost jízdy, čas, tepová frekvence apod. Probandi u fyzické zátěže při jízdě na cyklistickém trenažéru dodržovali tepovou frekvenci, která se pohybovala v rozmezí 110 – 120 tepů za minutu a rychlost přibližně 30 km/h.



**Obr. 23: Cyklistický treňačér značky Insportline UB40i**



**Obr. 24: Ukázka aplikace „Work out Record“ v mobilním telefonu**

Součástí testování byl i protokol, viz příloha č. 2, o jeho průběhu. Tento protokol, dotazník byl vyhotoven z normy ČSN ISO 10551 [41] a stanovení škál vycházelo ze stejné normy, která byla použita v práci [21]. Probandi při zátěžovém testu na cyklistickém treňačéru museli vyplnit protokol. Popisovali, jak se v daném tričku (T1 – bavlna, T2 – bambusová viskóza, T3 – polyester, T4 – polypropylen, T5 – viskóza) za daný čas (před testem, počas testu, po testu a při relaxaci) cítili, jaký pocit tepla a vlhkosti na sobě vnímali. Pocit tepla obsahoval 9 stádií komfortu a to: velká zima (-4), zima (-3), chladno (-2), mírně chladno (-1), neutrální bod (0), mírně teplo (1), teplo (2), horko (3), velké horko (4) a byl rozdělen dle sensorického komfortu na: komfortní, mírně diskomfortní, diskomfortní, velmi diskomfortní a extrémně diskomfortní. Pocit vlhkosti byl rozdělen na 5 stádií: sucho (0), trochu vlhko (1), mírně vlhko (2), velmi vlhko (3), extrémně vlhko (4) a intenzita sensorického komfortu byla rozdělena na: komfortní, mírně diskomfortní, diskomfortní, velmi diskomfortní a extrémně diskomfortní. Posledním hodnocením byla snesitelnost trička na těle, tedy sensorický komfort, kde pocity snesitelnosti byly rozděleny na: velmi dobře snesitelné (0), dobře snesitelné (1), vcelku snesitelné (2), obtížně snesitelné (3) a nesnesitelné (4). Na závěr se zakreslovaly pocity probandů do grafického zobrazení (postava těla).

## 2.4 Zhodnocení vybraných užitečných vlastností testovaných sportovních triček

V této části se hodnotila prodyšnost vzduchu, propustnost vodních par a hodnotily se tepelně-izolační vlastnosti triček.

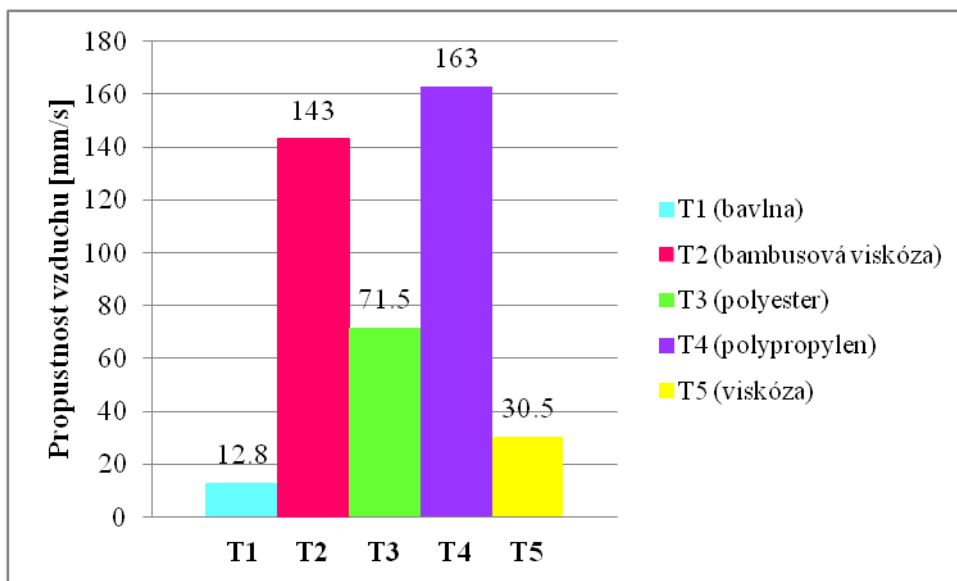
### 2.4.1 Vyhodnocení prodyšnosti vzduchu testovaných triček

Trička určená pro sportovní účely by měla být dostatečně propustná pro vodní páry. Jinak se při sportovní aktivitě může teplo hromadit a lidský organismus se začne přehřívat. Při špatné propustnosti vodních par, se zase nebude pot správně odvádět do okolního prostředí. Jak ukazují výsledky v tab. 3 nejnižší propustnost vzduchu byla naměřena u trička T1 (bavlna). Hodnota propustnosti vzduchu mohla být ovlivněna plošnou hmotností materiálu, ze kterého bylo tričko vyrobeno. Plošná hmotnost byla u tohoto trička nejvyšší. Největší hodnotu propustnosti vzduchu a to až řádově 163 a 143 mm/s měly trička T2 (bambusová viskóza) a T4 (polypropylen). Výsledkem tohoto měření (prodyšnosti vzduchu) je průměrná hodnota z 10 měření u každého zkoušeného vzorku.

Tab. 3: Prodyšnost vzduchu sportovních triček

Označení trička	Materiálové složení	Průměrná propustnost vzduchu [mm/s]	Směrodatná odchylka [W/mK]	Variační koeficient [%]
T1	Bavlna 100%	<b>12.8</b>	1.89	7
T2	Bambusová viskóza 100%	<b>143</b>	37.95	13
T3	Polyester 100%	<b>71.5</b>	6	4
T4	Polypropylen 100%	<b>163</b>	8	2
T5	Viskóza 100%	<b>30.5</b>	9.17	15

Z grafického porovnání, viz obr. 25 je vidět, že prodyšnost vzduchu u trička T1 je nejnižší, tím pádem propouští nejméně vzduchu na rozdíl od trička T4, které má nejvyšší propustnost vzduchu a je tak nejvhodnější pro sportovní účely.



Obr. 25: Porovnání testovaných sportovních triček v propustnosti vzduchu

## 2.4.2 Testování triček na propustnost vodních par

Sportovní trička by měla, co nejrychleji odvádět nahromaděnou vlhkost v podobě vodní páry od těla z důvodu lepšího komfortu. Z výsledků testování na propustnost vodních par vyplývá, že čím má tričko vyšší rozdíl v hmotnosti, tím rychleji schne, tzn., že vodní pára rychleji projde skrz textilní materiál. Dle tab. 4 lze konstatovat, že tričko T4 (polypropylen) s nejvyšší hodnotou WVTR nejrychleji propustí vodní páru, což může souviset s nejnižším počtem sloupců ve vazbě pleteniny. Naopak tričko T1 (bavlna) má nejnižší hodnotu WVTR, proto také nejpomaleji schne a zadržuje v sobě vlhkost delší dobu. U každého zkoušeného vzorku byly provedeny celkem 2 zkoušky, z kterých byla vypočtena průměrná hodnota.



Tab. 4: Propustnost vodních par triček gravimetrickou metodou

Označení trička	Materiálové složení	Průměrná počáteční hmotnost [g]	Průměrná konečná hmotnost [g]	Rozdíl [g]	Rychlost propustnosti vodních par WVTR [g/m <sup>2</sup> d]
T1	Bavlna 100%	146.506	142.393	4.1134	<b>3932.5</b>
T2	Bambusová viskóza 100%	144.425	143.636	4.7894	<b>4547.4</b>
T3	Polyester 100%	146.0748	141.596	4.4788	<b>4281.5</b>
T4	Polypropylen 100%	145.2621	140.445	4.8176	<b>4615.0</b>
T5	Viskóza 100%	146.4446	142.138	4.3068	<b>4118.5</b>

Nejlepší hodnoty mělo tričko T4 (polypropylen), protože odvedlo nejvíce vlhkosti v podobě vodní páry, což potvrzují hodnoty prodyšnosti a propustnosti vodních par.

### 2.4.3 Měření výparného odporu za stálých podmínek pomocí přístroje Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA

Výsledky při této zkoušce se zcela neshodují s měřením propustnosti vodních par gravimetrickou metodou. Výsledky měření jsou v tomto pořadí od nejnižší hodnoty:

- T3 (polyester) s hodnotou  $R_{et} = 6,8 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ ,
- T1 (bavlna) s  $R_{et} = 7,6 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ ,
- T5 (viskóza) s hodnotou  $R_{et} = 7,8 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ ,
- T4 (polypropylen) s  $R_{et} = 8,8 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ ,
- T2 (bambusová viskóza) s výparným odporem  $R_{et} = 9,0 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ .

Hodně nízká hodnota odolnosti vůči vodním parám byla naměřena u trička z polyesteru (T3), tzn., že tričko má velmi dobrou propustnost vodních par a můžeme tedy předpokládat, že vyprodukovaná vlhkost u trička bude dobře procházet skrz textilní materiál do okolního prostředí.

### 2.4.4 Vyhodnocení tepelně izolačních vlastností triček pomocí přístroje C-Therm TCi

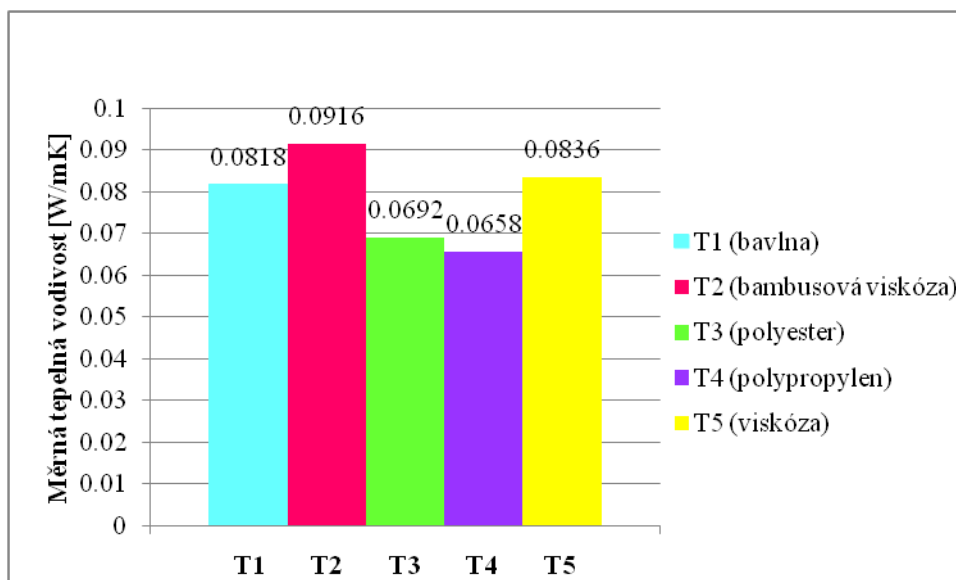
Platí, že čím je teplotní rozdíl větší, tím je tričko lepší, lépe chladí, ovšem za předpokladu, že se jedná o letní období. Jak ukazuje tab. 5, tak největší hodnotu má T2

(bambusová viskóza). T2 při styku s pokožkou vyvolává pocit chladu, je to způsobeno rychlejším odvodem tepla z naší pokožky. Výsledkem je, že T2 vede teplo lépe než T4 (polypropylen), který má nejnižší hodnotu. T4 působí na dotyk s pokožkou nejtepleji, protože vede teplo pomalu.

Tab. 5: Měrná tepelná vodivost

Označení trička	Materiálové složení	Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W/m/K]	Směrodatná odchylka [W/m/K]	Variační koeficient [%]
T1	Bavlna 100%	<b>0.0818</b>	0.00160	1.9
T2	Bambusová viskóza 100%	<b>0.0916</b>	0.00135	1.5
T3	Polyester 100%	<b>0.0692</b>	0.00042	0.6
T4	Polypropylen 100%	<b>0.0658</b>	0.00101	0.2
T5	Viskóza 100%	<b>0.0836</b>	0.00022	0.2

Výsledkem je, že trička T2 (bambusová viskóza) a T5 (viskóza) mají nejlepší výsledky. Nejhorší výsledek mělo tričko T4 (polypropylen), které organismus spíše zahřívá, než aby ho ochlazoval. Zbylé hodnoty triček můžeme vidět v grafu, viz obr. 26.



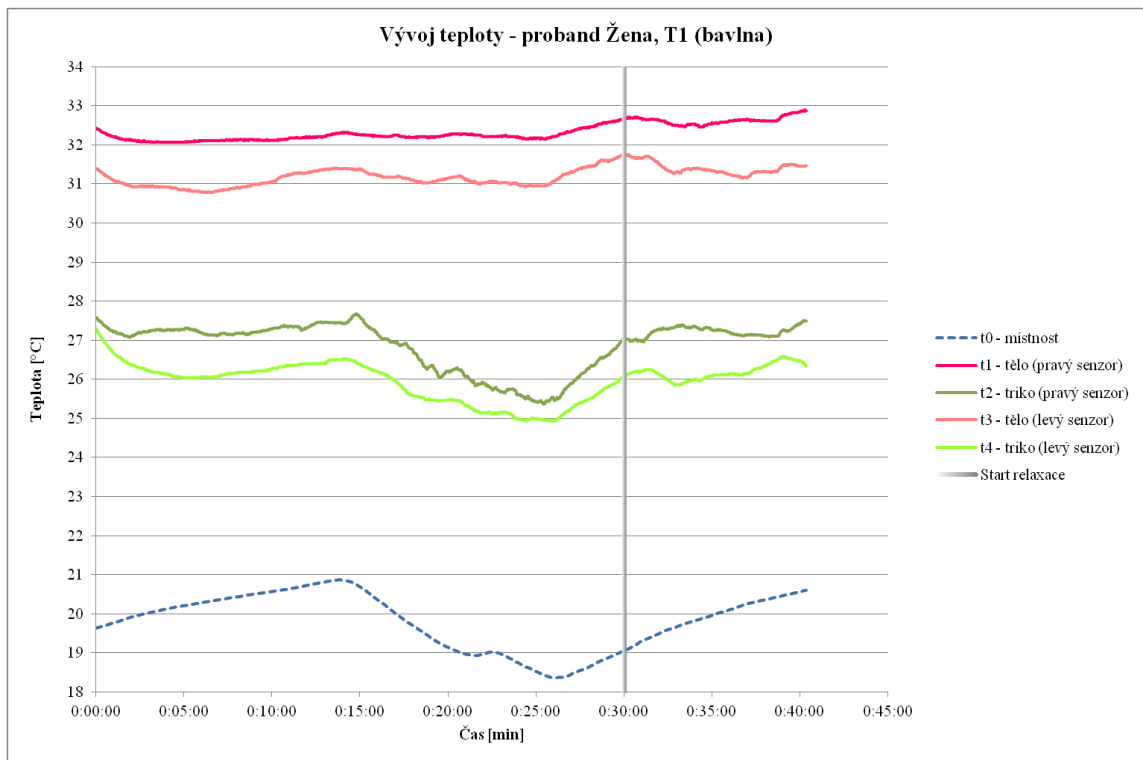
Obr. 26: Graf měrné tepelné vodivosti

## **2.5 Vyhodnocení triček v průběhu simulace reálného zatížení probanda v laboratorních podmínkách (objektivní hodnocení)**

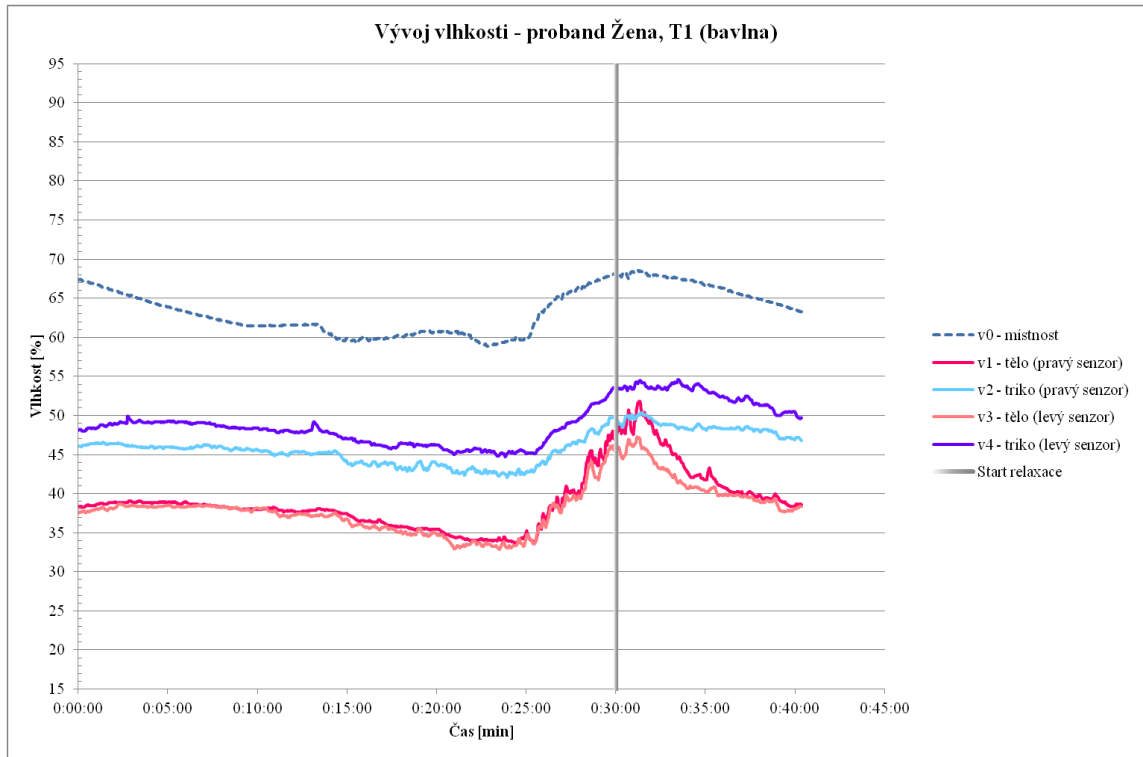
Pomocí čtyř senzorů se zjišťoval vývoj teploty a vlhkosti, jak na pokožce probanda, tak na plošné textilii.

Popis zkoušky při zátěži v laboratoři (objektivní hodnocení) lze pozorovat, že u trička T1 (bavlna) u probanda ženy byl vývoj teploty na pokožce bez větších výchylek. Teplota se pohybovala od 31°C do 33°C, viz obr. 27. V průběhu jízdy, zátěže po 15 min teplota na povrchu trička klesala z 27,5°C na 25°C, avšak po dalších 10 min zátěže opět teplota stoupla na 27°C. Žena se po 15 min zátěže zpotila a tričko tak nasáklo pot, čímž došlo k ochlazení pokožky na hodnotu 25°C. V době relaxace teplota na povrchu trička stoupla na 27°C.

Při vývoji vlhkosti na pokožce ženy došlo po 25 min zátěže k výraznému stoupání vlhkosti z 33 % na 48 %. Podobný efekt lze pozorovat i na povrchu trička, kde rovněž vlhkost stoupala z 43 % na 54 %, viz obr. 28. V době relaxace vlhkost na povrchu trička klesala a to z hodnoty 55 % na 47 % a stejně tak vlhkost klesala i na pokožce ženy z 53 % na 37 %.



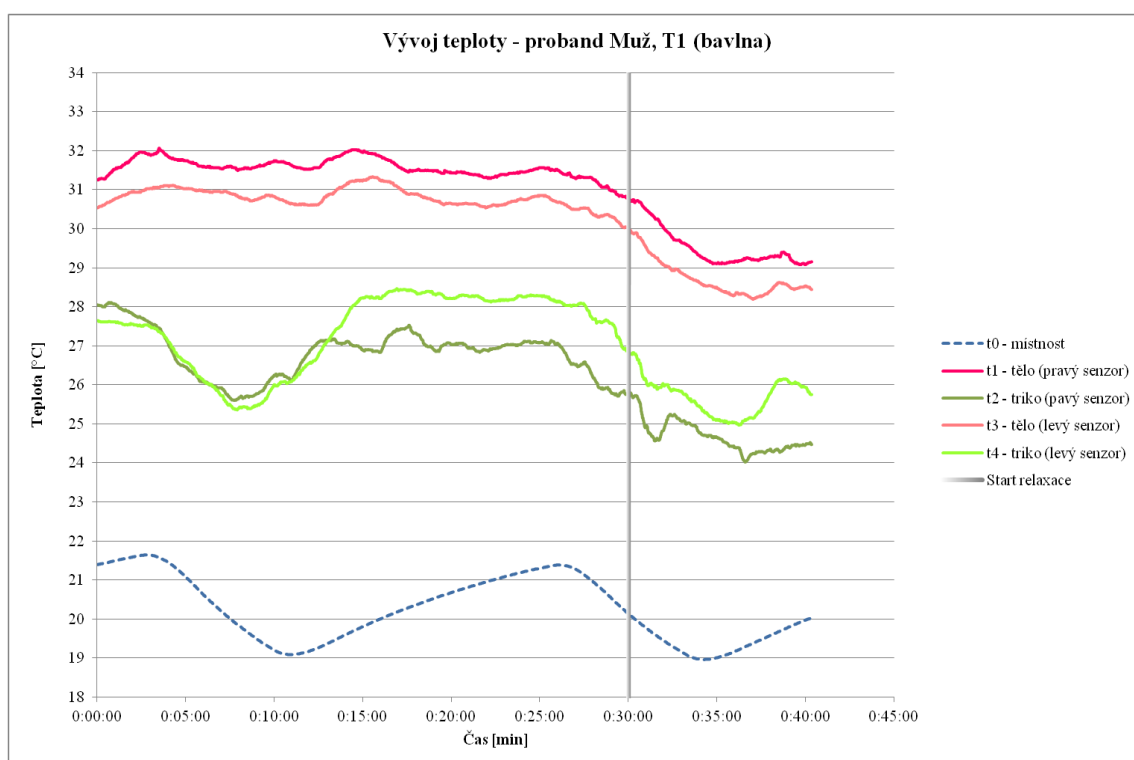
**Obr. 27: Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T1**



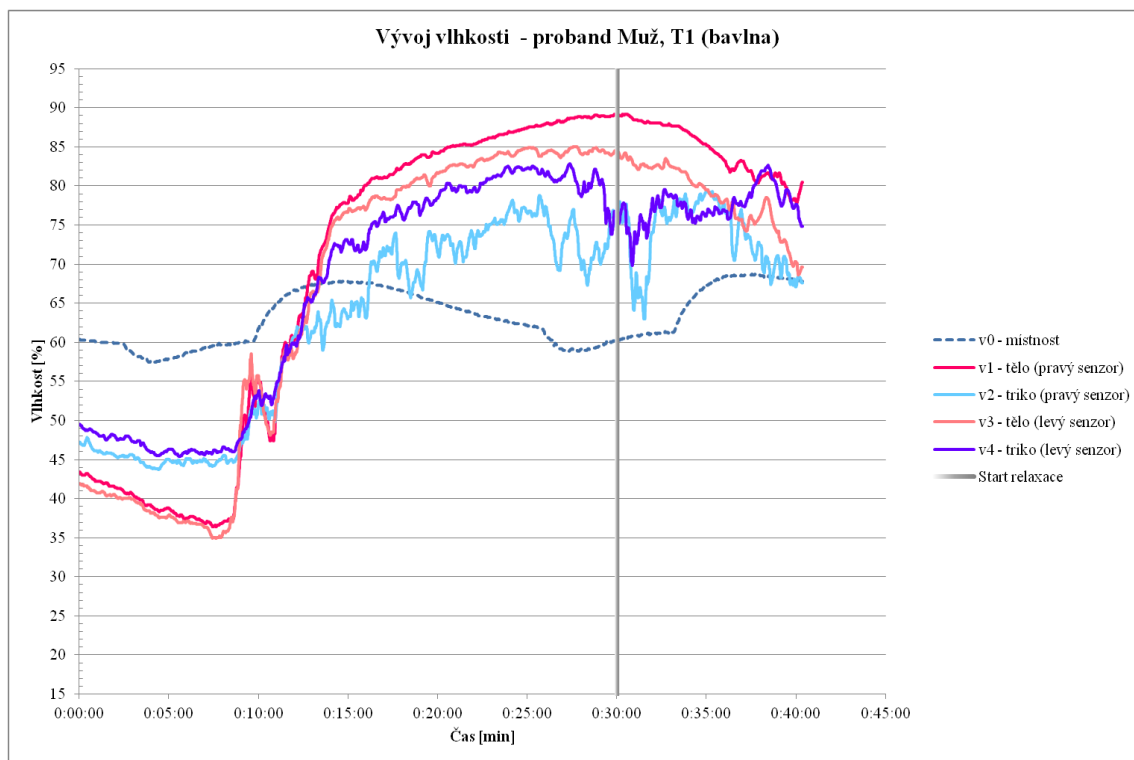
**Obr. 28: Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T1**

U muže naopak lze pozorovat, že vývoj teploty v průběhu zátěže na pokožce mírně klesal a to z 32°C na 30°C. Avšak na povrchu trička teplota klesala již po 2 min zátěže z 28°C na 25,5°C. Tento pokles ukazuje, že došlo na ochlazení pokožky muže v průběhu zátěže, viz obr. 29. Teplota pokožky těla začala klesat v době relaxace z 31°C na 28°C i teplota na povrchu trička klesla z 27°C na 24°C.

Z průběhu vývoje vlhkosti u muže, viz obr. 30, můžeme vidět, že vlhkost na pokožce prudce stoupala po 8 min zátěže a to z 35 % až na 89 %. Tento 54% nárůst vlhkosti se držel na povrchu pokožky až do konce doby zátěže, tedy do 30 min. Po 30 min zátěže, v době relaxace naopak vlhkost na povrchu pokožky klesla v průměru na 75 %. Naopak na povrchu trička vlhkost stoupala již po 10 min zátěže a to z 45 % na 83 %. V době relaxace, podobně jako na pokožce tak i na povrchu trička vlhkost klesla na 68 %, tedy o 15 %. Avšak, u muže lze navíc pozorovat, že v průběhu relaxace, docházelo k dalšímu zvýšení vlhkosti na povrchu trička, a to až na hodnotu 83 % na konci relaxace. Dále si lze povšimnout, že v době relaxace byla vlhkost na povrchu trička nižší než na povrchu pokožky těla. Hodnoty senzoru v2 značně kmitaly, zřejmě byl senzor zalit kapkou potu.



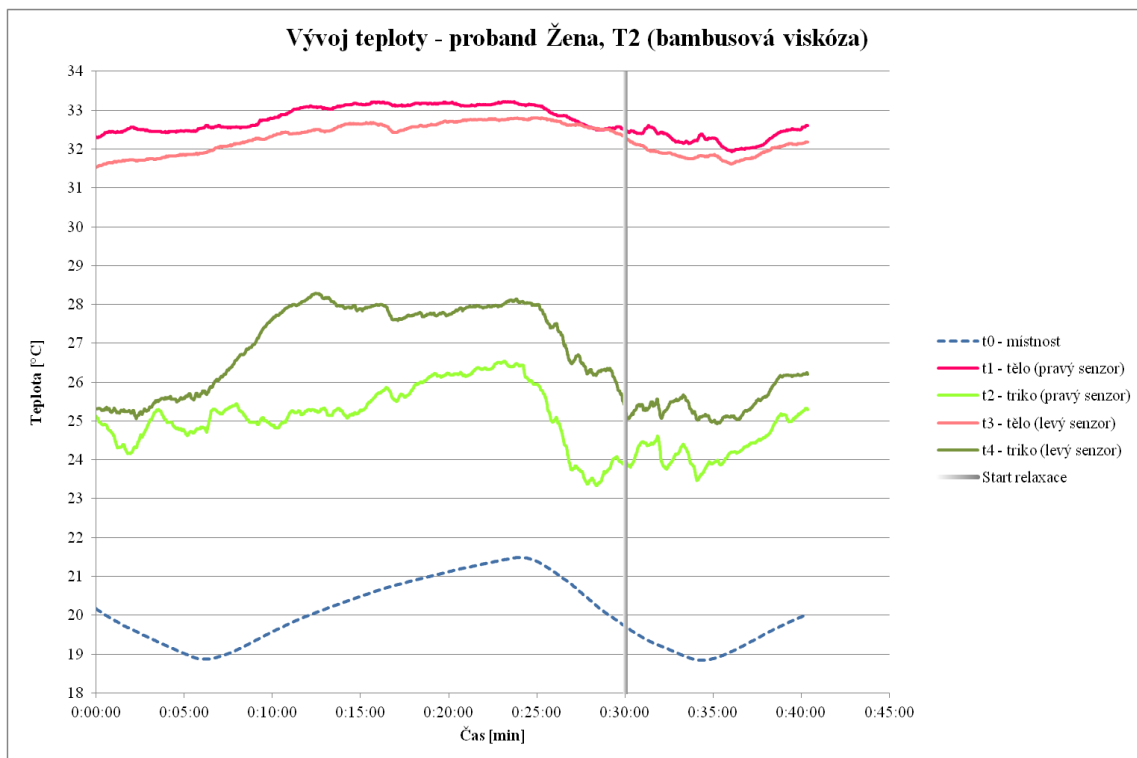
Obr. 29: Graf popisující vývoj teploty u muže pro T1



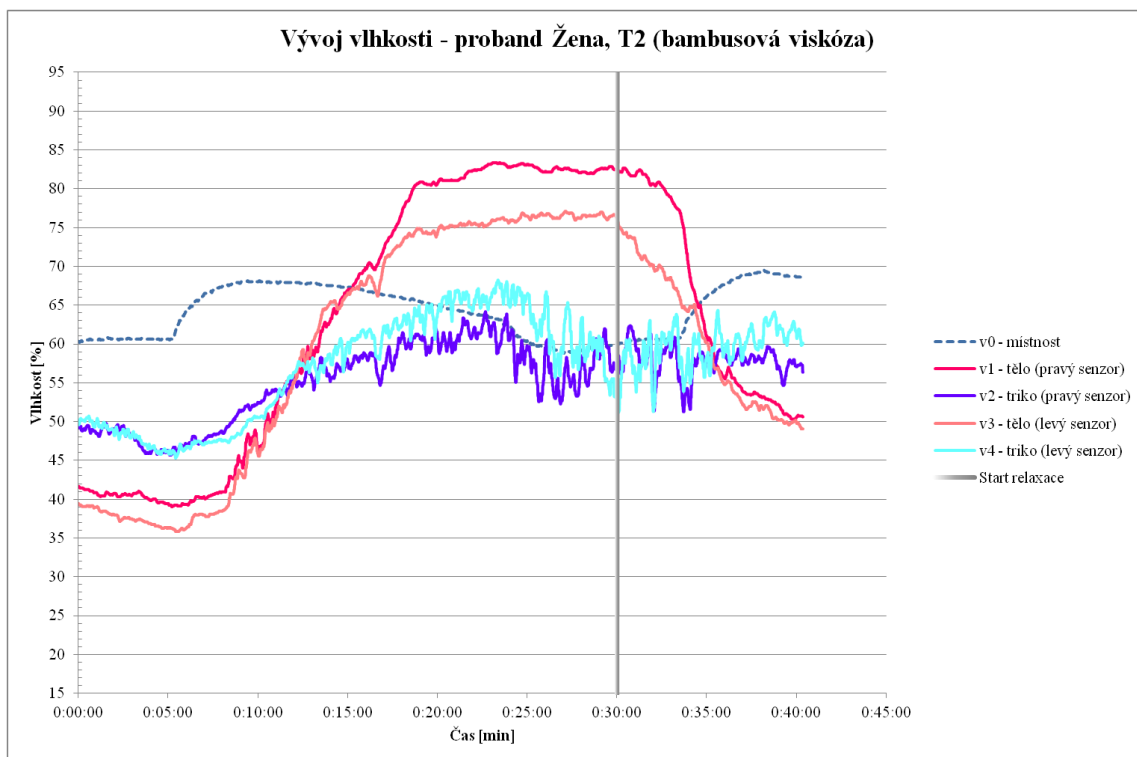
**Obr. 30: Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T1**

Druhým zkušebním vzorkem bylo tričko z bambusové viskózy, označené jako T2. Žena v tričku z bambusové viskózy měla vývoj teploty na pokožce bez výchylek a to v rozmezí od 31,5°C – 33°C, viz obr. 31. Jak ukazuje graf, teplota na povrchu trička stoupala po 5 min a to v průměru z 25°C na 26,5°C. Teplota na povrchu trička po 20 min klesla o 2°C na 25°C. V době relaxace se teplota na povrchu trička držela na 24,5°C a po 35 min teplota stoupla na 25,5°C.

Vlhkost na pokožce těla ženy po 8 min stoupla z 37,5 % o 46,5 %. Tento trend naznačuje, že u ženy docházelo k náhlé produkci tepla a pokožka se v průběhu zátěže zahřála a zpotila. Na začátku relaxace, po 30 min zátěže vlhkost na pokožce těla klesla z průměrné hodnoty 80,5 % na 50 %, viz obr. 32. Po 5 min zátěže vlhkost na povrchu trička stoupala z 45 % na 64 %, tzn. že tričko absorbovalo v době zátěže vlhkost. Po 25 min vlhkost na povrchu trička klesla v průměru na 60 % a tuto hodnotu si držela až do konce relaxace. Lze pozorovat, že u ženy byla vlhkost na povrchu trička v zátěži o cca 20 % nižší než na pokožce. Avšak v průběhu relaxace, klesala vlhkost z povrchu těla na 50 %.



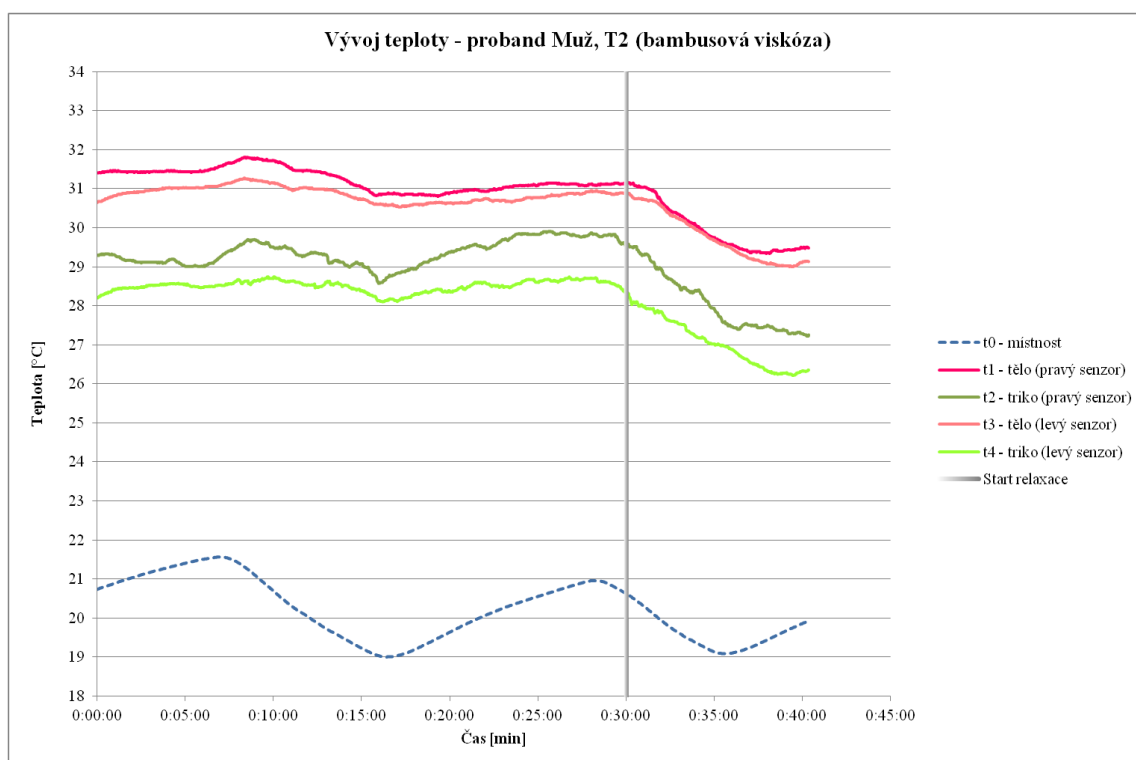
**Obr. 31: Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T2**



**Obr. 32: Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T2**

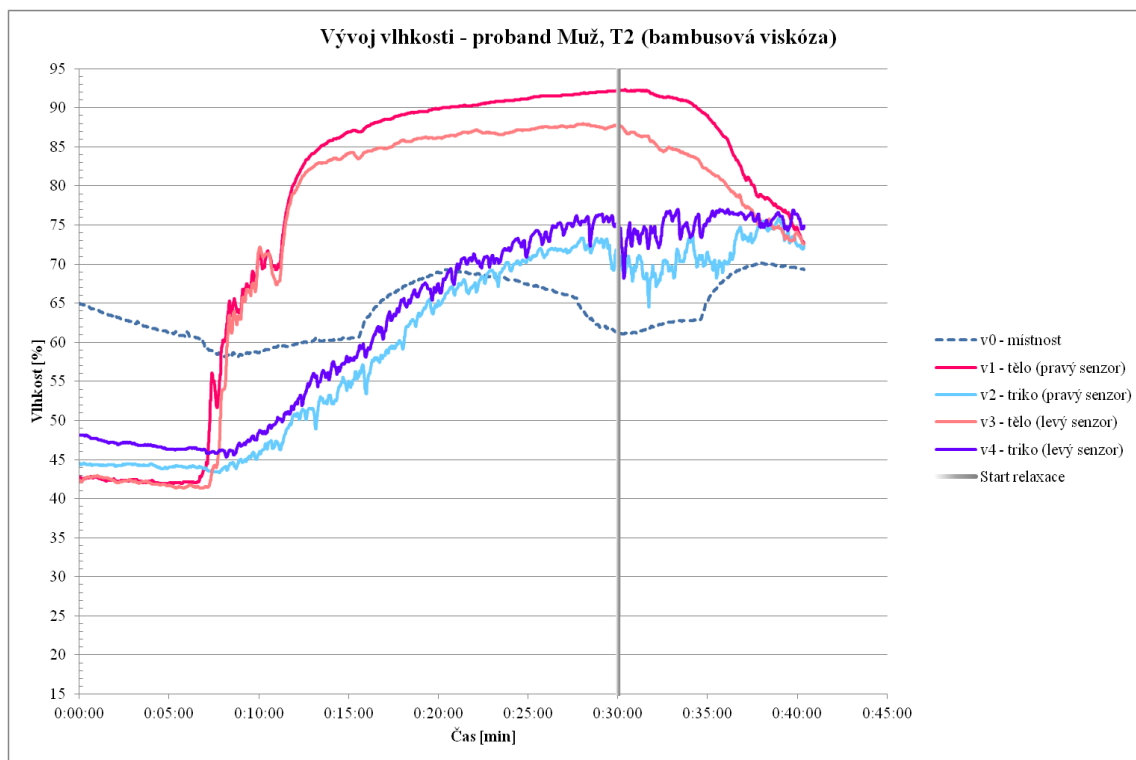
Vývoj teploty na pokožce muže probíhal v době zátěže konstantně a to mezi 30,5°C – 32°C, viz obr. 33. Na povrchu trička se teplota pohybovala od 28°C – 30°C. Při relaxaci teplota pokožky těla klesla z 31°C na 29°C a podobně klesla i teplota na povrchu trička a to z 29,5°C na 26°C. Rozdíl v teplotě na pokožce těla a na povrchu trička byl pouhé 3 %.

Při zátěži po 7 min vlhkost na pokožce těla muže prudce stoupla a to z 42 % až na 92 %. Tento trend v grafu na obr. 34 ukazuje, že byl organismus rychle zahřát a tím se zvýšila i jeho vlhkost. Ve stejném čase stoupala i vlhkost na povrchu trička z 45 % na 75 %. Po zátěži, při relaxaci vlhkost na povrchu trička zůstala na 75 %, nikoliv tak vlhkost na pokožce muže, která klesla na 73 %.



**Obr. 33: Graf popisující vývoj teploty u muže pro T2**

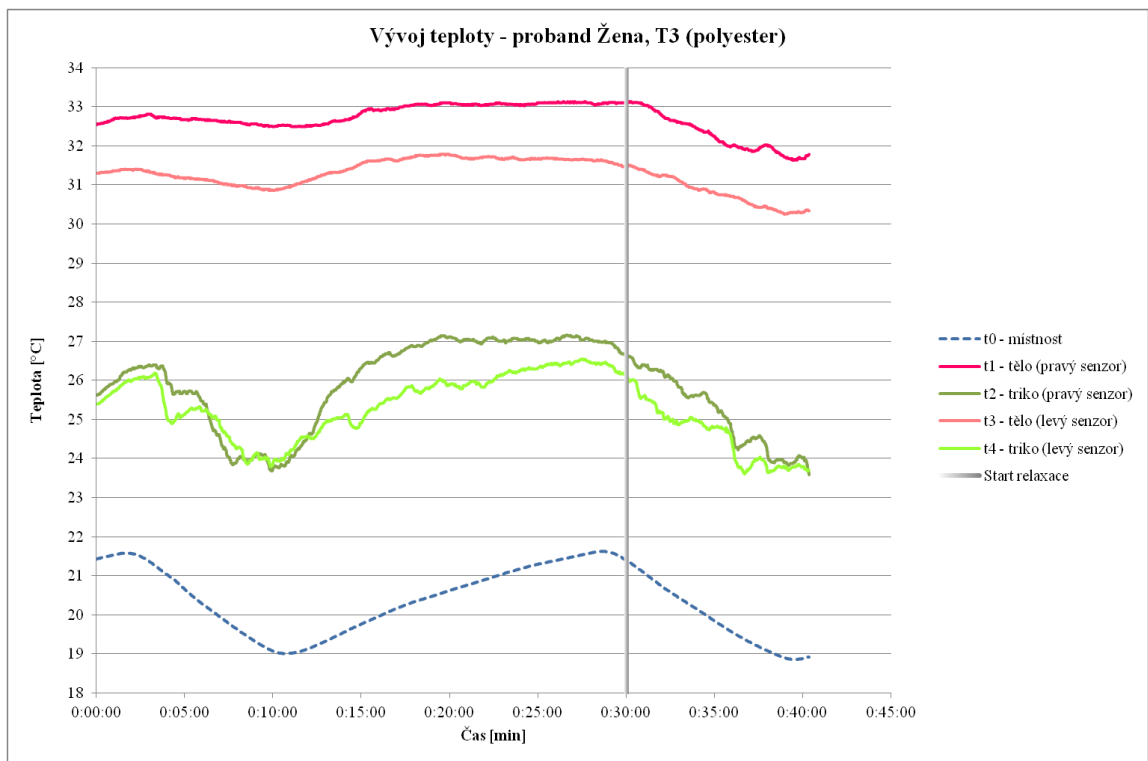




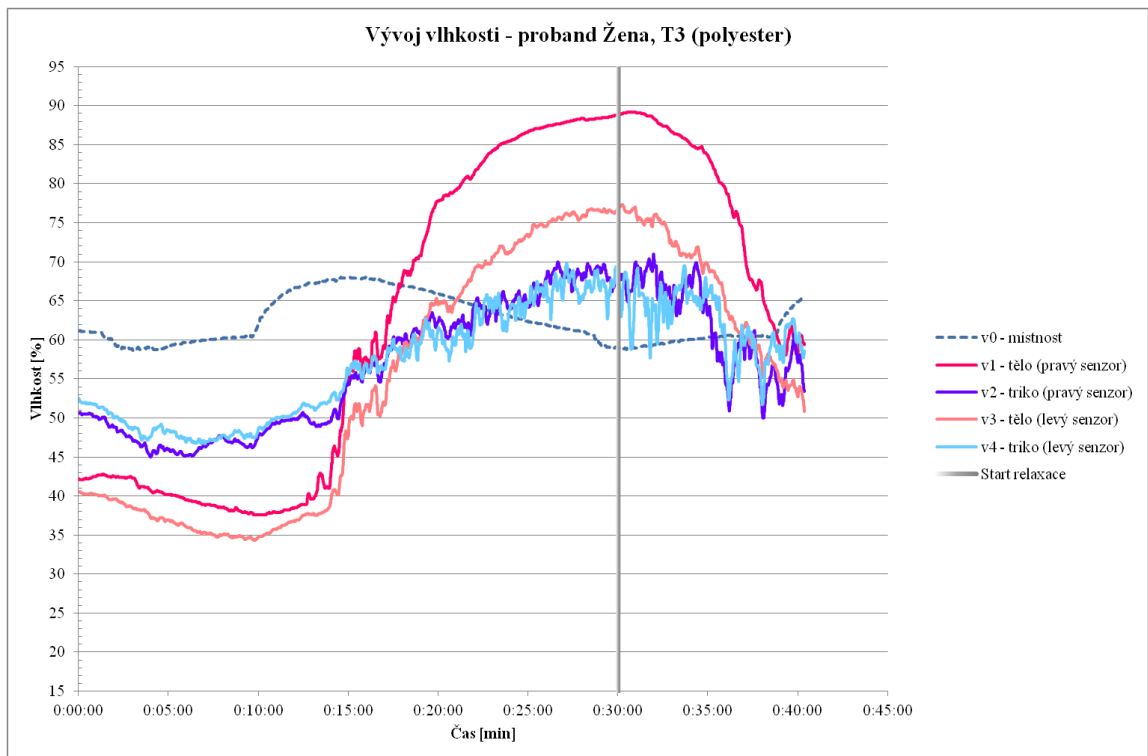
**Obr. 34: Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T2**

U Trička T3, ze 100% polyesteru byla u ženy teplota na pokožce těla mezi 30°C – 33°C, viz obr. 35. Na povrchu trička teplota klesala do 10 min zátěže z 26,5°C na 24°C a poté vlhkost stoupla a to maximálně na 27°C. V průběhu relaxace teplota na povrchu trička klesla na 23,5°C.

Vlhkost na pokožce ženy prudce stoupla až po 15 min zátěže a to z 40 % na 89 %. V době relaxace vlhkost na pokožce těla ženy klesla na 51 %, viz obr. 36. Organismus ženy se při zátěži rychle zahřál a pokožka se zpotila, jak ukazuje vysoká hodnota vlhkosti (89 %) na konci zátěže. Vlhkost na povrchu trička mírně stoupla z 45 % na 70 % a v průběhu relaxace vlhkost na povrchu trička klesla na 50 %.



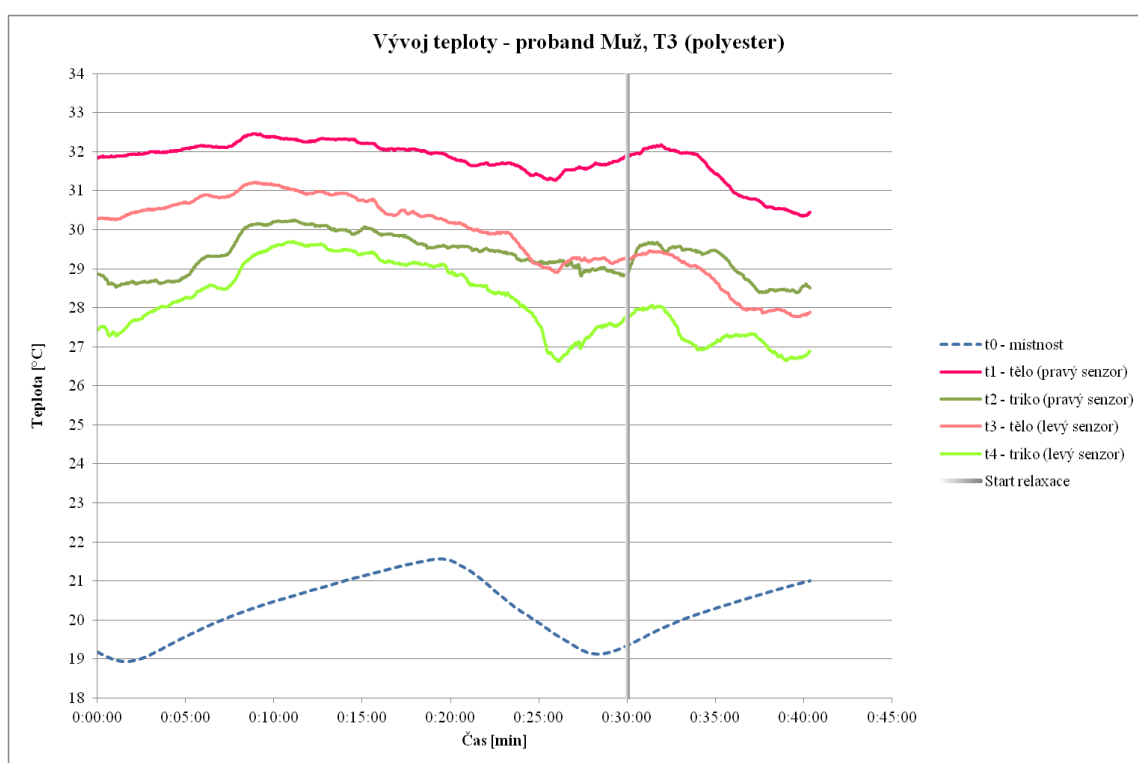
**Obr. 35: Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T3**



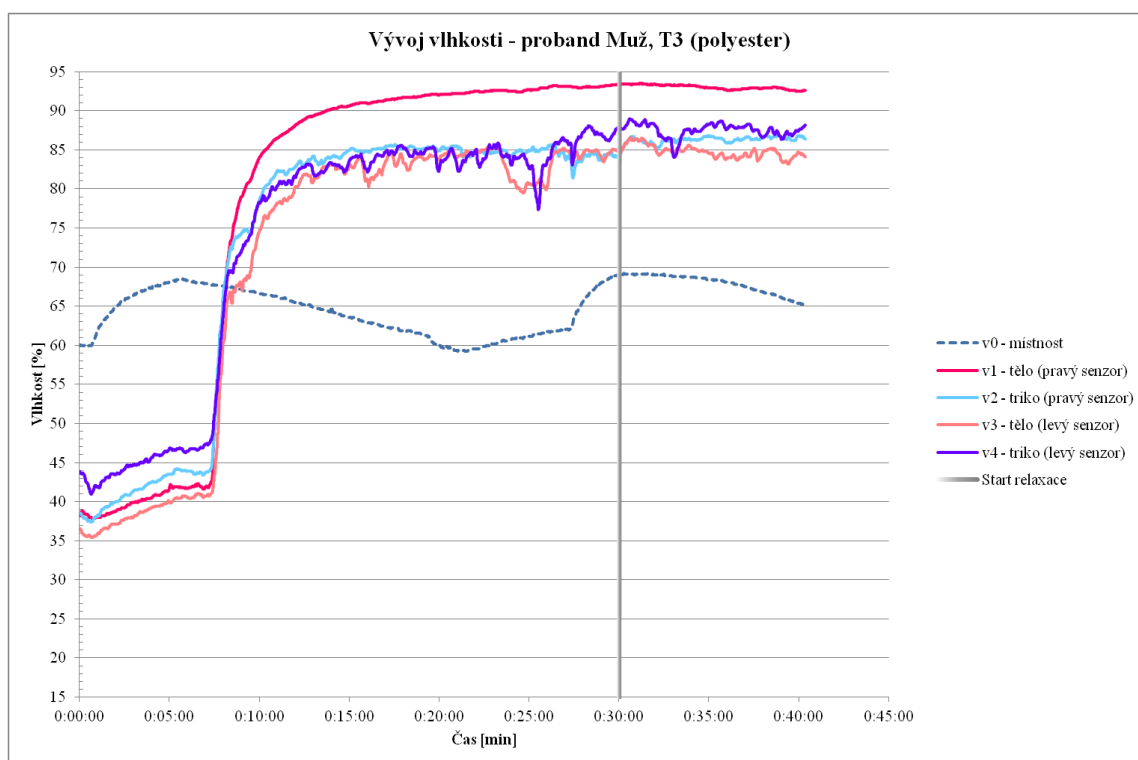
**Obr. 36: Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T3**

U muže při použití trička T3 (polyester) teplota na pokožce těla i povrchu trička po 10 min zátěže mírně klesala dle grafu na obr. 37. U pokožky poklesla teplota z 32,5°C na 29°C a na povrchu trička z 30°C – 27°C. Teplota na pokožce těla po zátěži klesla až na 28°C. V grafu lze vidět, že povrch trička z polyesteru po zátěži měl vyšší teplotu, než byla teplota pokožky těla.

Vlhkost na pokožce muže rapidně stoupla po 8 min z 40 % na 93 % a stejně tak na tričku vlhkost stoupla z 43 % na 85 %, viz obr. 38. Vlhkost se držela až do konce měření.



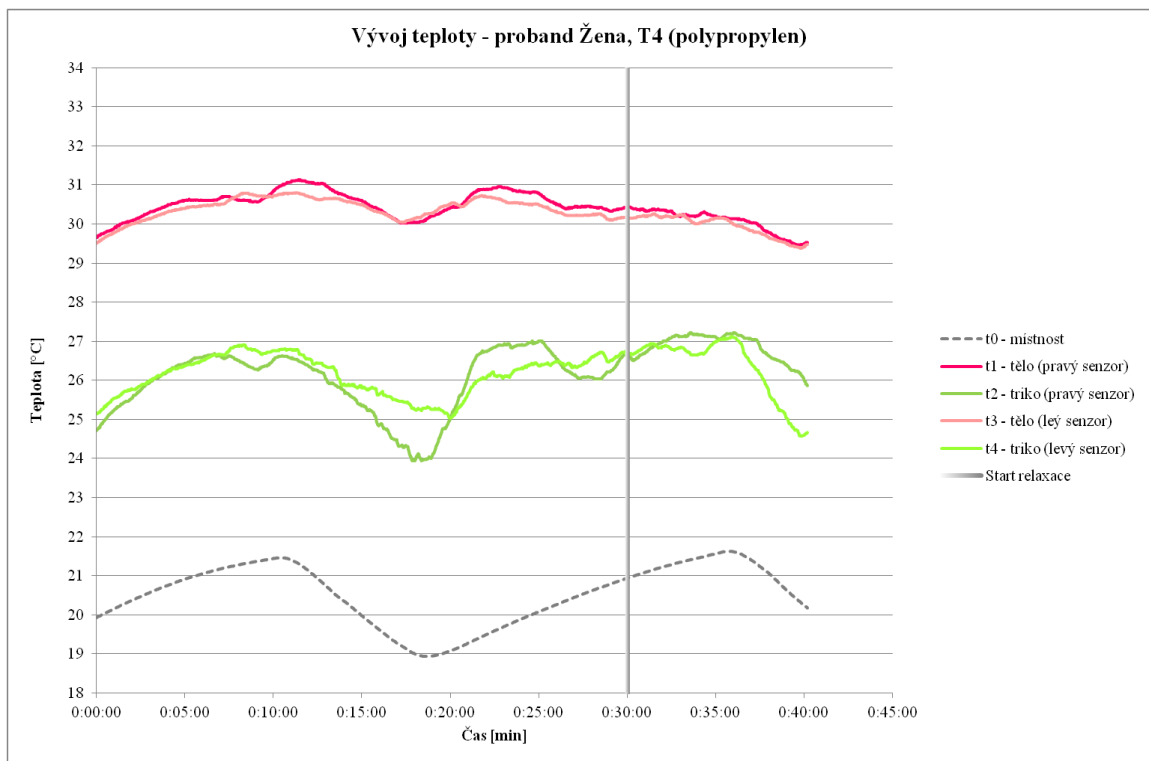
**Obr. 37: Graf popisující vývoj teploty u muže pro T3**



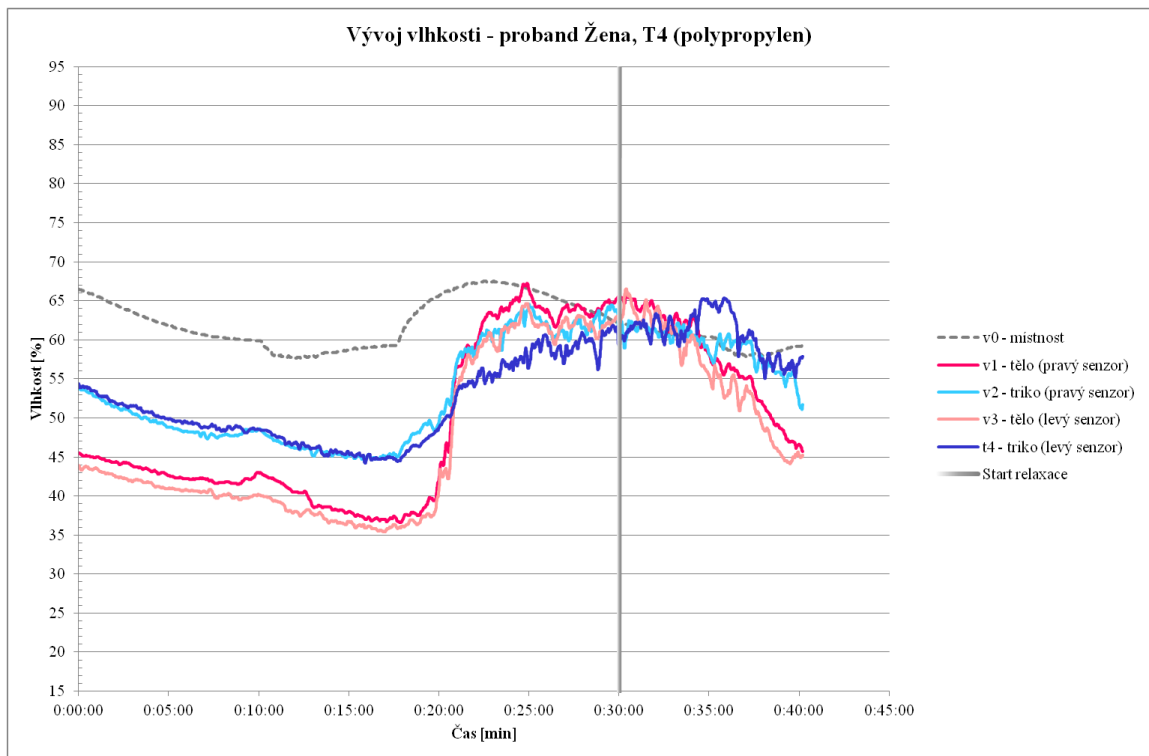
**Obr. 38: Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T3**

U trička z polypropylenového materiálu byla teplota na pokožce ženy bez výchylek, tedy  $29,5^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C}$ , viz obr. 39. Na tričku teplota po 10 min klesala z  $27^{\circ}\text{C}$  na  $24^{\circ}\text{C}$  a stoupala zpět na  $27^{\circ}\text{C}$ . Teplota pokožky v době relaxace klesla o  $0,5^{\circ}\text{C}$ , kdežto teplota na povrchu trička klesla o  $2,5^{\circ}\text{C}$ .

Vlhkost na pokožce ženy klesala z 45 % na 35 %, v době zátěže po 20 min stoupala vlhkost na 66 %, po dalších 20 min v době relaxace vlhkost klesla na 45 %, viz obr. 40. Na povrchu trička vlhkost klesla o 9 % z 54 % na 45 % a po 20 min v době zátěže stoupla na 67 %. Vlhkost na povrchu trička při relaxaci klesla na 51 %. V tomto případě byly znatelné vlhkostní výkyvy. Na tričku z polypropylenylo zpočátku měření a na konci měření byla vlhkost více než o 12 % nižší než vlhkost místnosti.



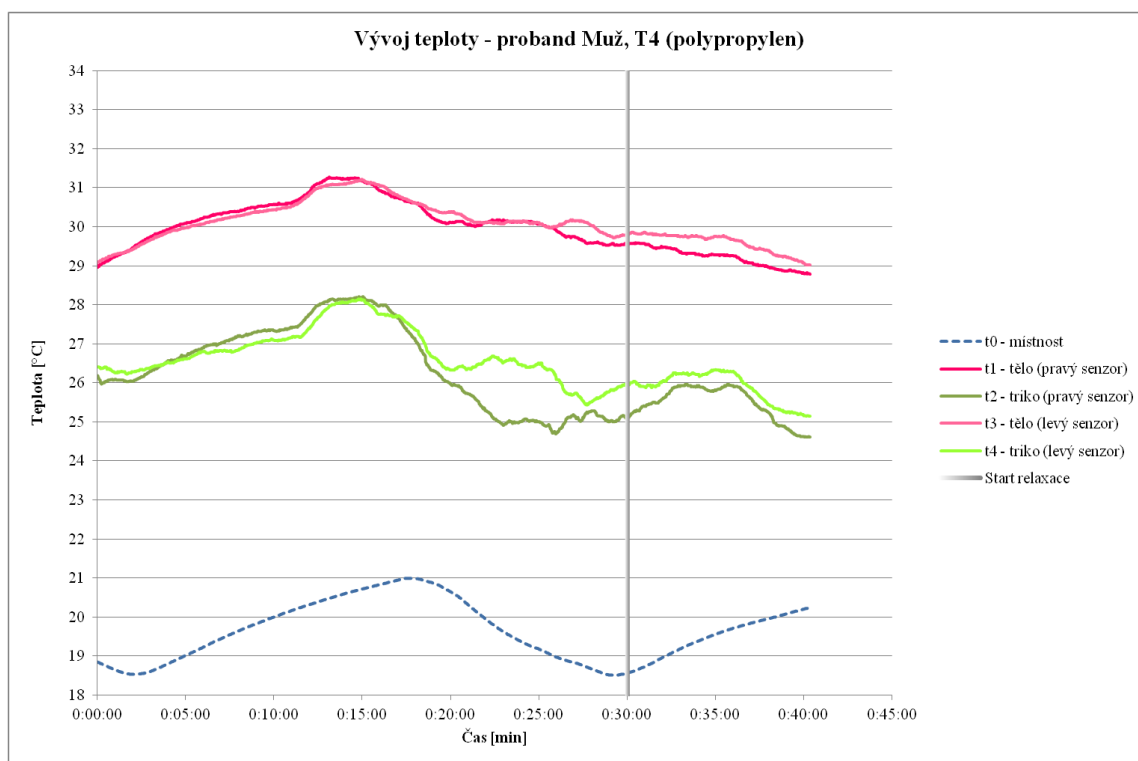
**Obr. 39: Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T4**



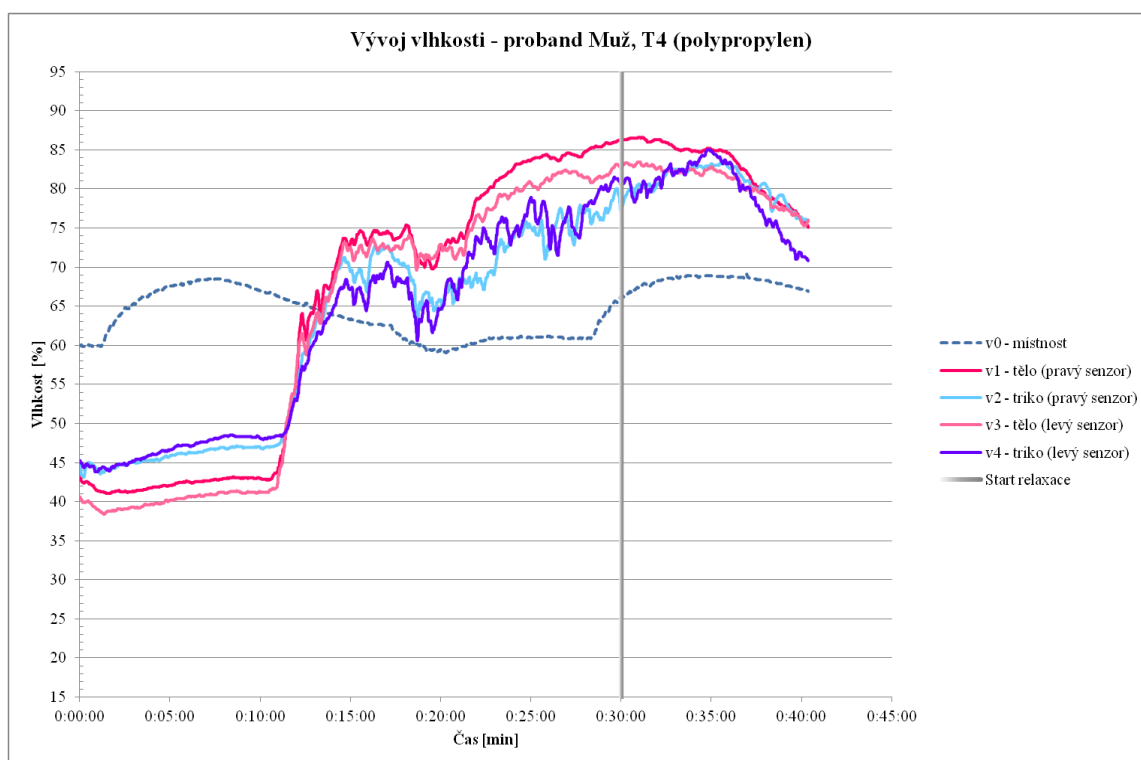
**Obr. 40: Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T4**

Na pokožce těla muže se teplota při zátěži pohybovala mezi hodnotou 29°C – 31°C a na povrchu trička z polypropylenu teplota klesla po 15 min z 28°C na 25°C, viz obr. 41. V době relaxace klesala teplota jak na pokožce těla, tak na povrchu trička a to s rozdílem 4,5°C.

Vlhkost u T4 po 10 min zátěže na pokožce muže stoupla z 40 % na 86 % a po dalších 20 min vlhkost na pokožce klesla a to na 75 %, viz obr. 42. Stejně tak na povrchu trička vlhkost stoupala po 10 min zátěže z 47 % na 81 % a v době relaxace klesla až na 71 %, tedy o 10 %. Lze konstatovat, že materiál z polypropylenu nasákl vlhkost ihned do 10 min při zátěži. Po 10 min zátěže byla vlhkost na pokožce vyšší než na povrchu trička.



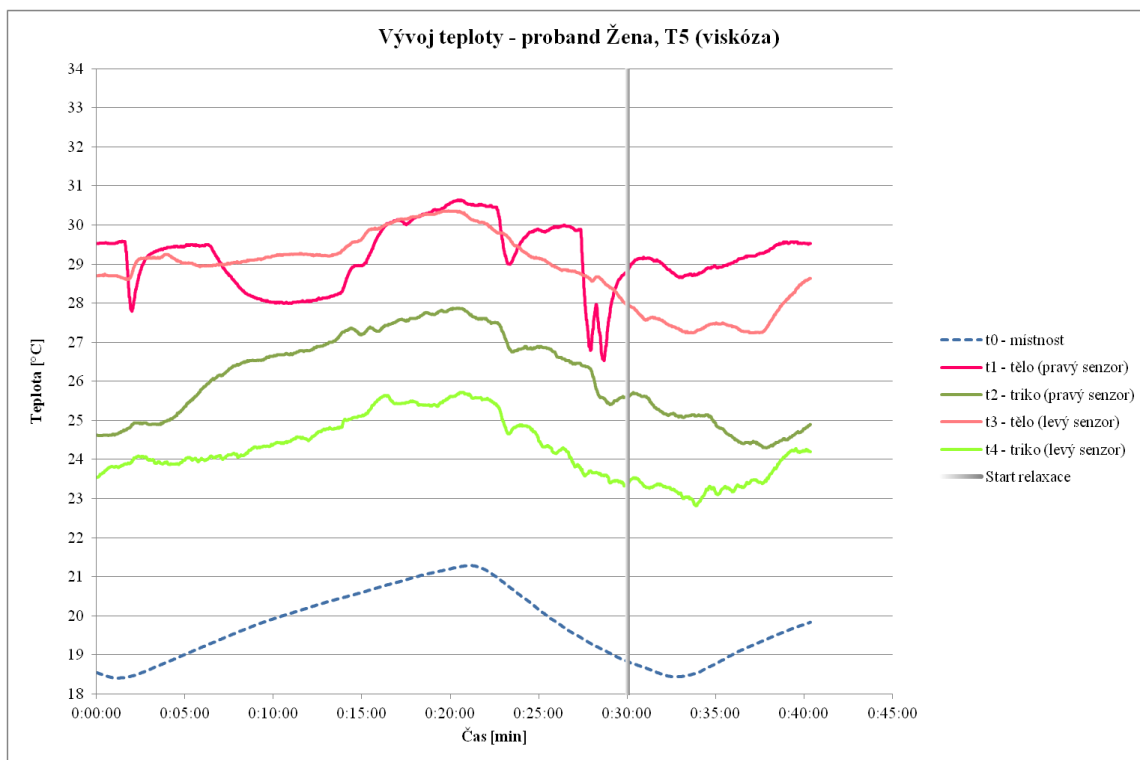
**Obr. 41: Graf popisující vývoj teploty u muže pro T4**



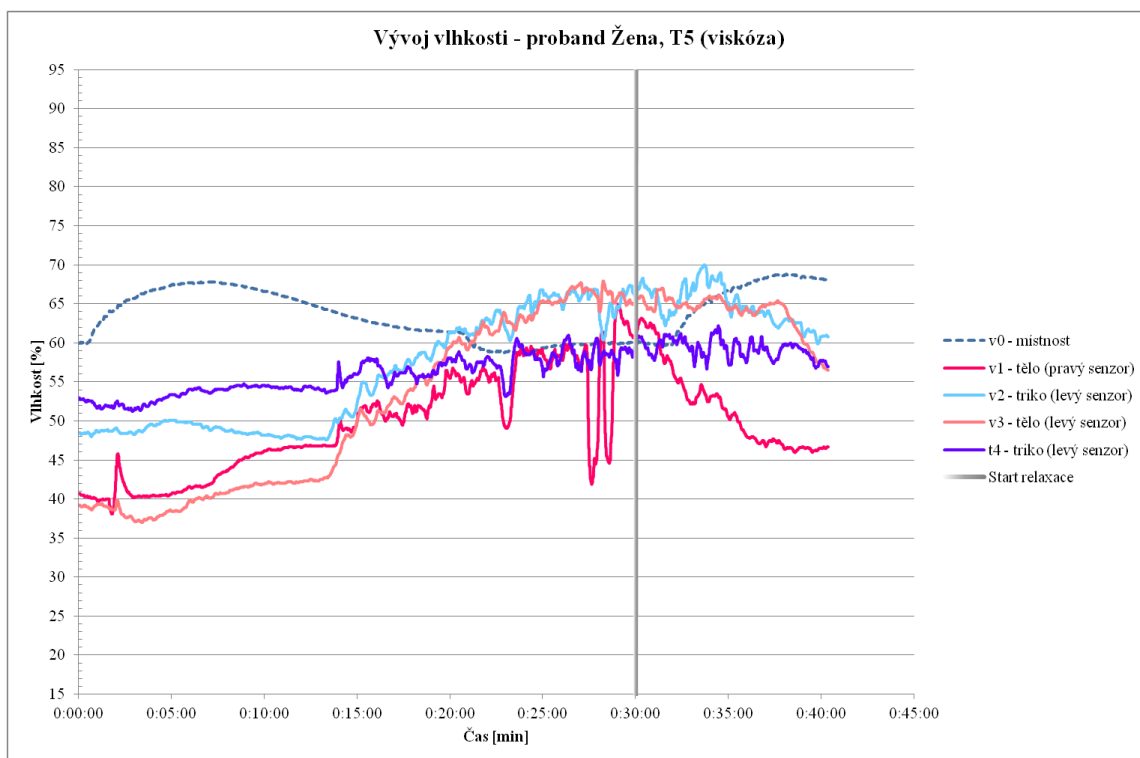
**Obr. 42: Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T4**

U viskózného materiálu se teplota na pokožce ženy při zátěži pohybovala v rozmezí od 26,5°C do 30,5°C, viz obr. 43. V době relaxace se teplota na pokožce těla pohybovala při hodnotách 27°C – 29,5°C. Teplota při zátěži stoupala i na povrchu trička a to od 23,5°C – 28°C. V době zátěže po 20 min teplota na povrchu trička klesla z 28°C na 23,5°C a podobně klesala i na pokožce ženy a to z 30,5°C na 26,5°C. Teplota klesala i v době relaxace, jak na povrchu trička, tak na pokožce těla. Výsledkem je, že s klesáním teploty organismu klesala i teplota na povrchu trička.

Vlhkost u T5 na pokožce ženy po 5 min zátěže stoupla o 30 % z hodnoty 37 % na 67 %. Ovšem v době relaxace vlhkost na pokožce těla klesla z 67 % na 46 %. Na povrchu trička vlhkost po 15 min zátěže stoupla z 47 % na 70 % a po 35 min v době relaxace vlhkost na povrchu trička klesla na 57 %, viz obr. 44.



Obr. 43: Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T5

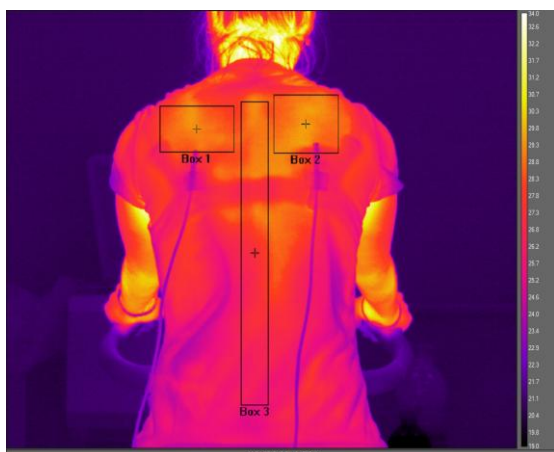


Obr. 44: Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T5



Z výše uvedených grafů, viz obr. 27 – 44 a naměřených hodnot pomocí senzorů měřící teplotu a vlhkost bylo nejlépe vyhodnoceno tričko z polypropylenu (T4) u muže i ženy.

Jelikož infračervené záření je pro lidský zrak neviditelné, byla provedena bezkontaktní analýza rozložení teplotního pole na povrchu těla probanda. To je možné měřit termovizní kamerou FLIR. Výstupem z termovizní kamery byly termovizní snímky respektive termogramy, viz obr. 45 – 52. Termogramy byly pořízeny na začátku testu, po 15 min, po 30 min a v době relaxace. Na ukázkou byly vybrány snímky v čase po 15 min, kde bylo rozložení teploty na zádech muže a ženy nejvíce vidět. U ženy lze pozorovat, že tričko z bavlny (T1) mělo teplotu okolo 30°C, viz obr. 45. Naopak u muže mělo stejné tričko (T1) teplotu nižší než u ženy, viz obr. 46. Tričko z bambusové viskózy (T2) mělo teplotu přes 29°C, jak u ženy, tak u muže, viz obr. 47 – 48, na rozdíl od trička z polypropylenu (T4), kde teplota nebyla v termogramu čitelná, viz obr. 51 – 52. Polyesterové tričko (T3) u muže mělo teplotu přes 31°C, kdežto u ženy byla teplota nižší než u muže.



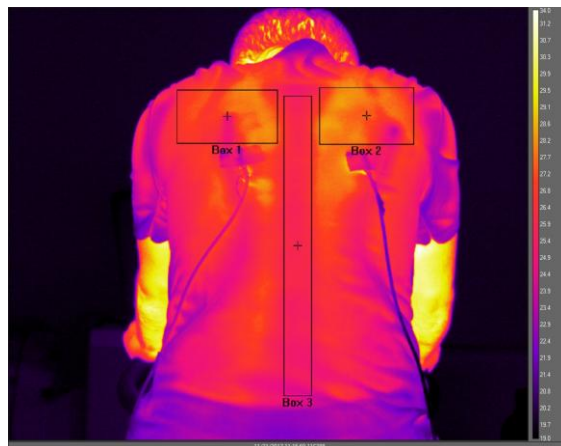
Obr. 45: Termovizní snímek ženy T1



Obr. 46: Termovizní snímek muže T1



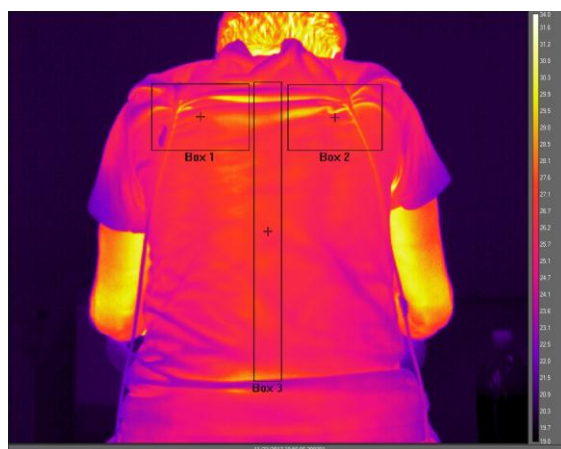
Obr. 47: Termovizní snímek ženy T2



Obr. 48: Termovizní snímek muže T2



Obr. 49: Termovizní snímek ženy T3



Obr. 50: Termovizní snímek muže T3



Obr. 51: Termovizní snímek ženy T4



Obr. 52: Termovizní snímek muže T4

## 2.6 Subjektivní vyhodnocení pocitu tepla, pocitu vlhkosti a sensorického komfortu

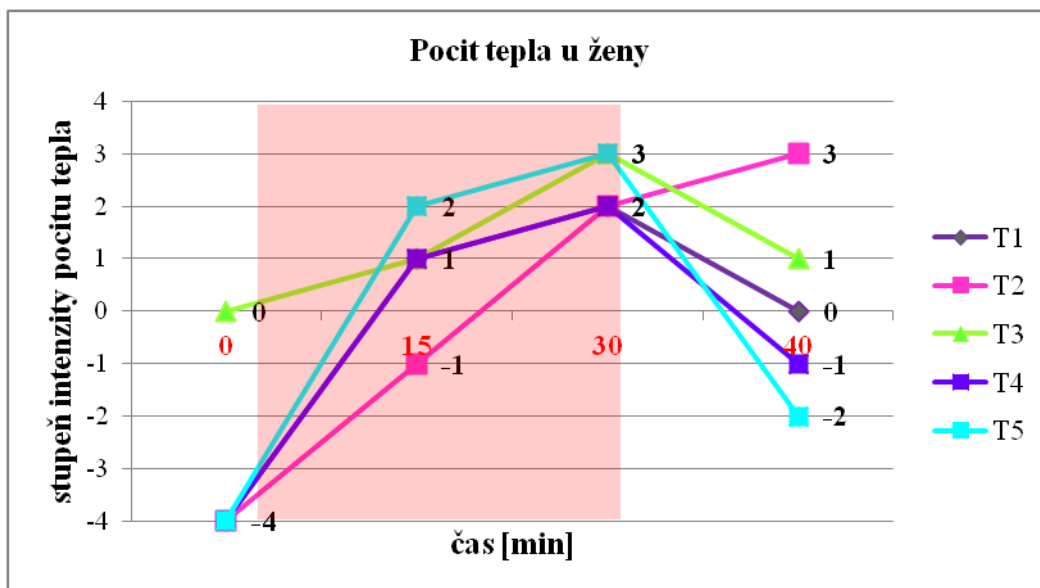
Pro zaznamenání subjektivního pocitu komfortu při jízdě na cyklistickém trenažeru byl použit dotazník, pomocí kterého byly zaznamenávány pocity tepla a pocitu vlhkosti před jízdou, při jízdě, po jízdě a při relaxaci. Proband při záznamu teplotních pocitů vybíral ze škály od -4 až 4. Kde škála -4 ukazovala na pocity velké zimy, 0 – neutrální pocity a škály 4 na pocity velkého horka při jízdě. Proband měl možnost také zaznamenat celkové pocity a vnímání sensorického komfortu při jízdě u jednotlivých triček.

Jak ukazují výsledky dotazníkového šetření v tab. 6 bylo zjištěno, že žena pociťovala pocity tepla nejkomfortněji v bavlněném tričku (T1) a naopak se nejhůře cítila v tričku z viskózy (T5). Muž pociťoval pocity tepla nejlépe u trička z polyesteru (T3) a nejhůře u bavlněného (T1) trička. Sensorický komfort vnímala žena stejně dobře u všech tří triček a to u bavlněného (T1), polypropylenového (T4) a viskózového (T5), naopak tričko z bambusové viskózy (T2) shledala za nejméně komfortní. Muž vyhodnotil tričko z polypropylenu (T4) jako nejkomfortnější na svém těle a naopak se cítil diskomfortně v tričku bavlněném (T1). Pozn.: tričko z viskózy (T5) hodnotila pouze žena.

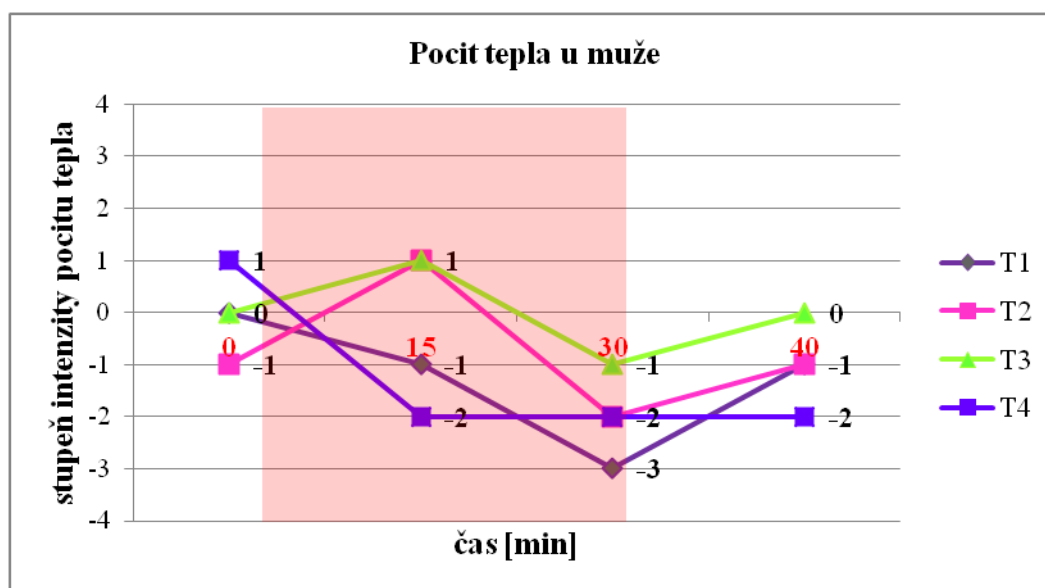
Tab. 6: **Pocit tepla na těle probanda**

Čas [min]		Pocit tepla									
		Žena					Muž				
		Tričko 1	Tričko 2	Tričko 3	Tričko 4	Tričko 5	Tričko 1	Tričko 2	Tričko 3	Tričko 4	Tričko 5
Před testem	0	-4	3	0	-4	-4	0	-1	0	1	-
Počas testu	15	1	4	1	1	2	-1	1	1	-2	-
Po testu	30	2	4	3	2	3	-3	-2	-1	-2	-
Relaxace	40	0	2	1	-1	-2	-1	-1	0	-2	-
Poznámka: -4 ~ velká zima, -3 ~ zima, -1 ~ mírně chladno, -2 ~ chladno, 0 ~ neutrální bod, 1 ~ mírně teplo, 2 ~ teplo, 3 ~ horko, 4 ~ velké horko											

Vývoj pocitů tepla v průběhu zátěžového testu na cyklistickém trenažeru a při relaxaci ukazují obrázky 53 – 54. Je patrné, že se pocity probandů v průběhu jízdy měnily.



Obr. 53: Graf popisující pocit tepla ženy u triček



Obr. 54: Graf popisující pocit tepla muže u triček

Pro subjektivní zhodnocení pocitů vlhkosti byla použita škála 0 – 4. Kde škála 0 ukazuje na pocity sucha a naopak škála 4 na pocity extrémního vlhka jak před testem, při jízdě, po jízdě nebo při relaxaci. Jak ukazují výsledky dotazníkového šetření v oblasti pocitů vlhkosti, viz tab. 7 bylo zjištěno, že žena pociťovala pocity vlhkosti nejlépe u polypropylenového trička (T4), naopak se nejhůře cítila v tričku z polyesteru (T3). Muž vyhodnotil jako nejpříjemnější, tričko z polypropylenu (T4) a za nejméně snesitelné tričko označil tričko z polyesteru (T3). Pocitové vnímání komfortu vnímala

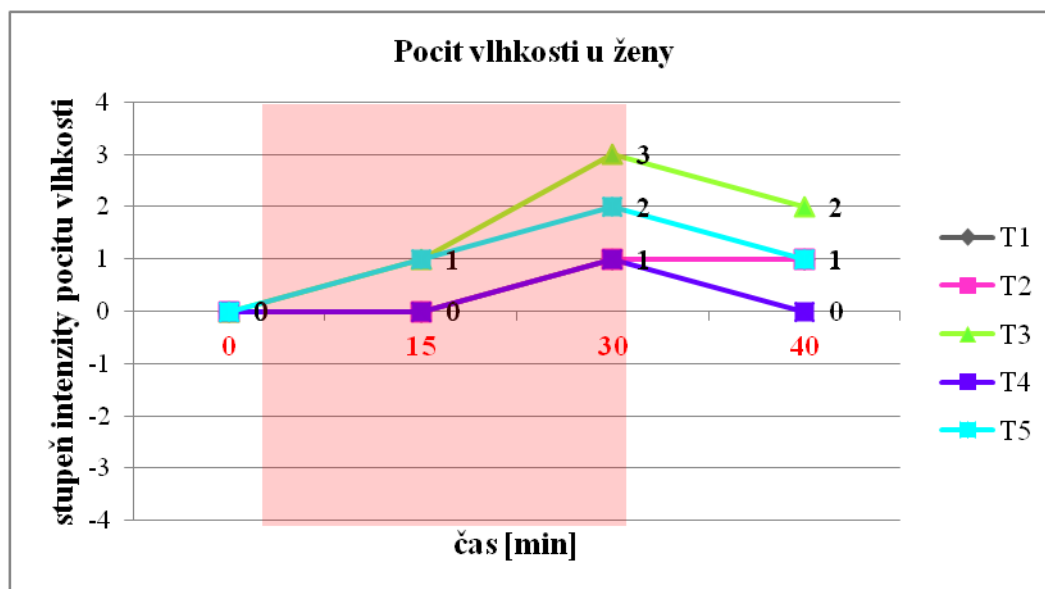
žena nejlépe u trička z bavlny (T1), polypropylenu (T4) a viskózy (T5), nejhůře hodnotila tričko z bambusové viskózy (T2). Muž se shodl s ženou u trička z polypropylenu, které hodnotil nejkomfortněji a stejně tak se shodl i s diskomfortním hodnocením u trička z bambusové viskózy (T2). Pozn.: tričko z viskózy (T5) hodnotila pouze žena.

Tab. 7: **Pocit vlhkosti na těle probanda**

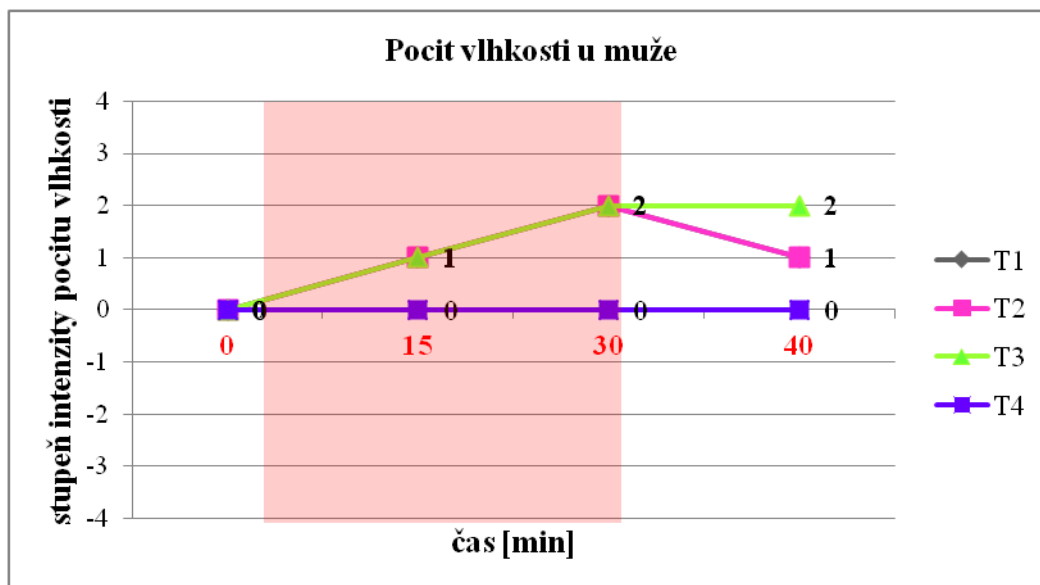
Čas [min]		Pocit vlhkosti									
		Žena					Muž				
		Tričko 1	Tričko 2	Tričko 3	Tričko 4	Tričko 5	Tričko 1	Tričko 2	Tričko 3	Tričko 4	Tričko 5
Před testem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Počas testu	15	0	3	1	0	1	1	1	1	0	-
Po testu	30	1	4	3	1	2	2	2	2	0	-
Relaxace	40	1	1	2	0	1	1	1	2	0	-

Poznámka: 0 ~ sucho, 1 ~ trochu vlhko, 2 ~ mírně vlhko, 3 ~ velmi vlhko, 4 ~ extrémně vlhko

Vývoj pocitů vlhkosti u triček v průběhu zátěžového testu na cyklistickém trenažéru a při relaxaci ukazují obrázky 55 – 56. Je viditelné, že se pocity probandů v průběhu jízdy lišily. Žena testovala celkem 5 triček, muž testoval 4 trička.



Obr. 55: Graf popisující pocit vlhkosti ženy u triček



Obr. 56: Graf popisující pocit vlhkosti mužů u triček

Proband měl možnost pomocí škály 0 – 4 posoudit sensorický komfort, na základě vjemů, které vznikají při nošení trička. Kde škála 0 ukazovala na velmi dobré, snesitelné pocity a škála 4 ukazovala na nesnesitelné, nepříjemné pocity při nošení. Mezi příjemné pocity lze označit například jemnost či měkkost materiálu. Pokud převažují nepříjemné pocity, jako jsou škrábání, zvýšená potivost, tlak či lepení, lze sportovní tričko považovat za diskomfortní. Tyto negativní pocity lze zmírnit výběrem triček např. jiného materiálového složení. Jak ukazuje tab. 8, žena vzhledem k sensorickému komfortu vyhodnotila tričko z polypropylenu (T4) jako nejpohodlnější při fyzické zátěži a naopak polyesterové tričko (T3) označila za nejméně snesitelné. Muž se nejlépe cítil v polypropylenovém materiálu (T4), stejně jako žena. Tričko z bavlny (T1) a z bambusové viskózy (T2) vyhodnotil muž jako dobře snesitelné. Pozn.: tričko z viskózy (T5) hodnotila pouze žena.

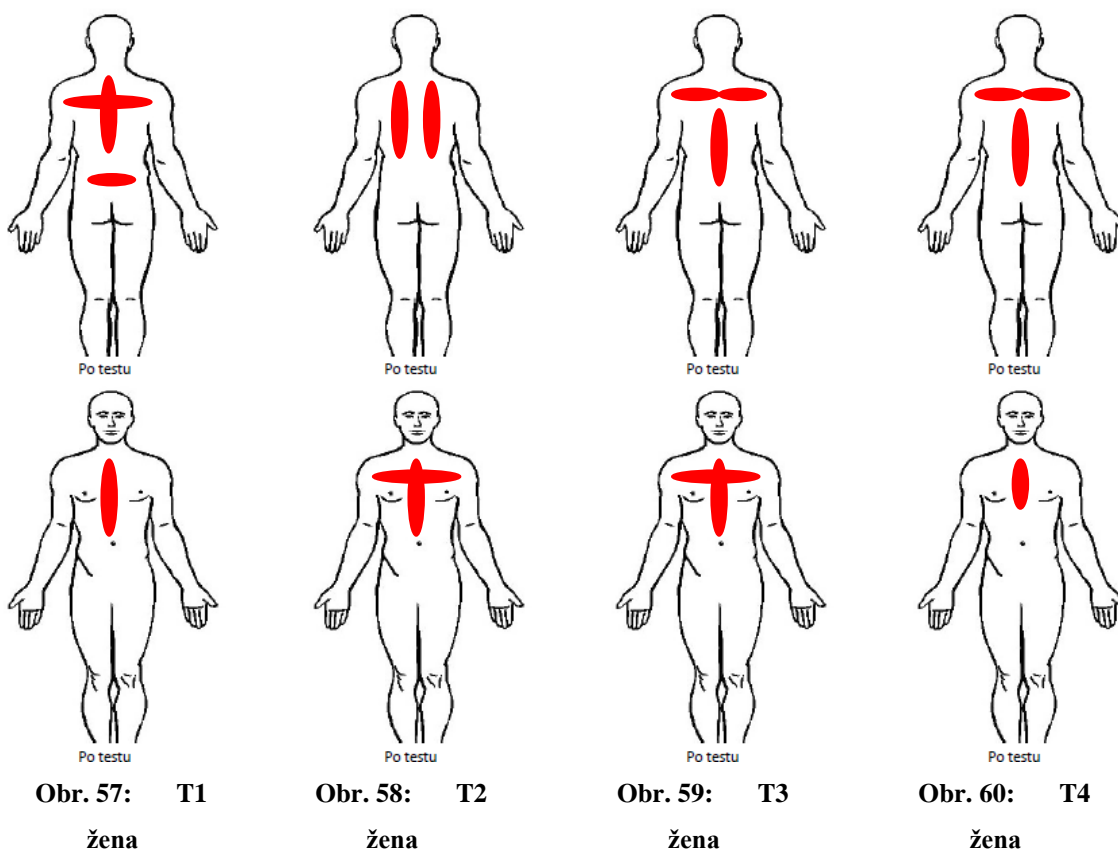
Tab. 8: Pocit sensorického komfortu trička na těle

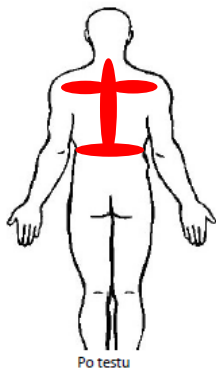
Čas [min]		Sensorický komfort										
		Žena					Muž					
		Tričko 1	Tričko 2	Tričko 3	Tričko 4	Tričko 5	Tričko 1	Tričko 2	Tričko 3	Tričko 4	Tričko 5	
Před testem	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	-
Počas testu	15	0	2	2	0	1	1	1	1	1	0	-
Po testu	30	1	3	3	0	2	2	2	1	0	0	-
Relaxace	40	1	2	2	0	1	1	1	1	1	0	-

Poznámka: 0 ~ velmi dobře snesitelné, 1 ~ dobře snesitelné, 2 ~ vcelku snesitelné, 3 ~ obtížně snesitelné, 4 ~ nesnesitelné

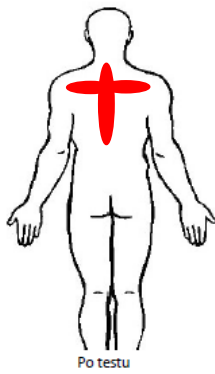
Použitý dotazník umožňoval také zakreslit na postavě oblasti, resp. místa na těle, kde proband pociťoval hromadění tepla a vlhkosti. Jak ukazuje tabulka 9, největší koncentrace teploty a vlhkosti probandi muž i žena pociťovali v bederní oblasti a dále na místě lopatek nebo na hrudi. Žena pociťovala nejvyšší vlhkost v tričku z polyesteru (T3), viz obr. 60 a to v oblasti lopatek a páteře a dále na hrudi a mezi prsy. Nejnižší vlhkost žena zaznamenala v obr. 61, tedy u trička z polypropylenu (T4). Muž vyhodnotil za nejméně komfortní tričko z bavlny (T1), viz obr. 62. V bavlněném tričku (T1) se nejvíce muž potil v oblasti lopatek, v bederní oblasti a na páteři a dále na hrudi, pod prsy a na bříše. Naopak v tričku z polypropylenu (T4) pociťoval nejnižší vlhkost, viz obr. 65.

Tab. 9: Grafické zobrazení pocitu tepla a vlhkosti

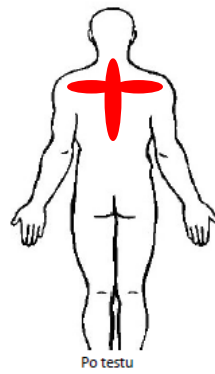




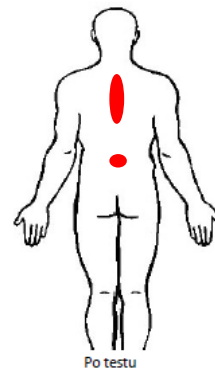
Po testu



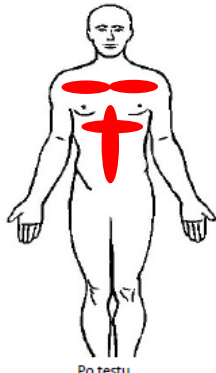
Po testu



Po testu



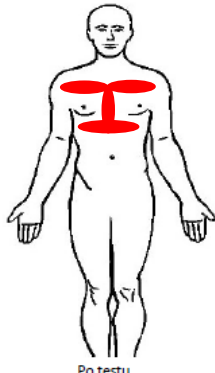
Po testu



Po testu

**Obr. 61: T1**

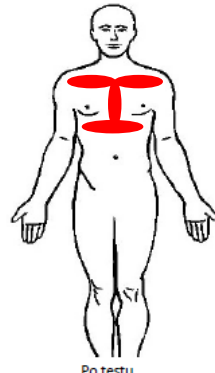
**muž**



Po testu

**Obr. 62: T2**

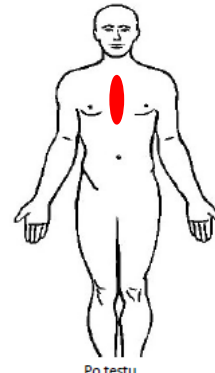
**muž**



Po testu

**Obr. 63: T3**

**muž**



Po testu

**Obr. 64: T4**

**muž**



### 3 Diskuze výsledků

Dosažené výsledky předložené diplomové práce lze rozdělit na tři oblasti. Bylo provedeno laboratorní hodnocení vybraných fyziologických vlastností dle standardních metod a norem. Soubor testovaných materiálů používaných pro sportovní trička s různým materiálovým složením umožnil stanovit vliv materiálového složení na fyziologický komfort. Bylo provedeno testování sportovních triček v zátěžovém testu na jízdě na cyklistickém trenažéru. Jednalo se o testovací metodu, která vycházela ze snímání teploty a vlhkosti pomocí sady senzorů na pokožce těla a na povrchu trička. Bylo provedeno subjektivní hodnocení komfortu v průběhu jízdy na cyklistickém trenažéru. Pomocí dotazníkového šetření byly zaznamenávány teplotní a vlhkostní pocity před jízdou, při jízdě po skončení jízdy a při relaxaci.

#### a) Laboratorní testování vybraných fyziologických vlastností triček

Při měření prodyšnosti vzduchu bylo zjištěno dle tabulky 10, že u bavlny (T1) byla naměřena nejnižší prodyšnost vzduchu, tzn., že bavlněné tričko je nejméně prodyšné, naopak u trička z polypropylenu (T4) byla prodyšnost vzduchu nejvyšší. U měření propustnosti vodních par vyšlo bavlněné tričko (T1) s nejnižší hodnotou. Opakem je polypropylen (T4), který má nejvyšší hodnotu. Měření měrné tepelné vodivosti ukazuje, že tričko z bambusové viskózy (T2) má nejvyšší hodnotu, tudíž vede teplo nejrychleji a na dotyk působí chladně na rozdíl od trička z polypropylenu (T4), které při styku s pokožkou působí teple, důvodem je pomalé vedení tepla textilním materiálem.

Tab. 10: Porovnání testovaných vlastností triček						
Tričko	Prodyšnost vzduchu [mm/s]	Rychlost propustnosti vodních par WVTR [g/m <sup>2</sup> d]	Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W/mK]	Prodyšnost vzduchu [mm/s]	Rychlost propustnosti vodních par WVTR [g/m <sup>2</sup> d]	Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W/mK]
T1	12,8	3932,5	0,0818	*	*	***
T2	143	4547,4	0,0916	****	****	*****
T3	71,5	4281,5	0,0692	***	***	**
T4	163	4615,0	0,0658	*****	*****	*
T5	30,5	4118,5	0,0836	**	**	****

Pozn.: nejnižší hodnota – \*, nejvyšší hodnota – \*\*\*\*\*

## b) Objektivní testování komfortu sportovních triček pomocí zátěžového testu

Pro dobrý fyziologický komfort v průběhu sportovní aktivity, je zapotřebí, aby bylo vyprodukované teplo a vlhkost co nejrychleji odváděno z pokožky sportovce. Jak ukazují tab. 11 – 12 a tab. 13 – 14 hodnoty teploty a vlhkosti se v průběhu zátěže mění v závislosti na typu použitého trička nebo samotného probanda. Naměřená teplota (pomocí levého a pravého senzoru) a vlhkost (pomocí levého a pravého senzoru) byla v tabulce 11, 12, 13 a 14 zapsána v průměrných hodnotách.

### ▪ Porovnání teploty u ženy

Z tab. 11 lze vyčíst, že teplota se u všech triček pohybovala od 18,5°C do maximálně 23,1°C. Tyto výkyvy teploty jsou způsobeny např. klimatizací, náhlým zářením od slunce atd. Teplota pokožky těla ženy v počátečním čase  $T_0$  byla nejnižší u T5 (viskóza). Naopak nejvyšší teplota pokožky těla byla u T3 (polyester). V čase zátěže měla teplota pokožky těla u ženy stále nejnižší hodnotu v tričku T5 (viskóza), dokonce i v čase relaxace. Tričko T3 (polyester) hrálo nejvíce ze všech triček při zátěži a tričko T1 (bavlna) zase nejvíce hrálo v době relaxace. Teplota na povrchu trička u ženy měla nejnižší hodnotu u T5 (viskóza) a nejvyšší hodnotu u trička T1 (bavlna) a to na samotném začátku zátěže. Po 15 min zátěže se hodnoty teploty na povrchu trička změnily, tentokrát byla teplota nejvyšší u T2 (bambusová viskóza) a nejnižší u T5 (viskóza).

	Teplota okolí [°C]				Teplota pokožky těla [°C]				Teplota povrchu trička [°C]			
	$T_0$	$T_{15}$	$T_{30}$	T	$T_0$	$T_{15}$	$T_{30}$	T	$T_0$	$T_{15}$	$T_{30}$	T
	min	min	min	relaxace	min	min	min	relaxace	min	min	min	relaxace
T1	19,7	20,8	19	20,5	32	31,5	32	32	27,5	27	26,5	27
T2	20	20,5	19,5	20	32	33	32,5	32,5	25	26,5	24,5	25,5
T3	21,5	19,8	21,4	18,9	32	32,2	32,2	31	25,5	25,5	26,2	23,8
T4	20	20	21	20,1	29,6	30,6	30,2	29,5	25	25,9	26,5	25,4
T5	18,5	20,7	18,9	19,9	29,2	29,2	28,5	29	24,1	26,1	24,5	24,6

- Porovnání teploty u muže

U muže se teplota okolí, viz tab. 12 pohybovala od 18,5°C do 21,4°C. Teplota pokožky muže byla nejnižší na začátku testování u T4 (polypropylen). Naopak nejvyšší teplota pokožky těla byla v tričku T3 (polyester), tedy rozdílně než u ženy. V čase 15 min byla pokožka muže nejvíce zahřátá v T3 (polyester) a nejméně v tričku T2 (bambusová viskóza). V době 30 min zátěže, kdy mělo T2 (bambusová viskóza) nejvyšší hodnotu a T4 (polypropylen) nejnižší hodnotu nastala doba relaxace. Při relaxaci se teplota pokožky těla nejvíce snížila u trička T1 (bavlna), naopak nejvíce stoupla u trička T2 (bambusová viskóza). Muž měl nejnižší teplotu na povrchu trička po celou dobu testování u T4 (polypropylen). Nejvyšší teplotu na povrchu trička v době 30 min mělo tričko T2 (bambusová viskóza), ale v době relaxace byla nejvyšší teplota na tričku T3 (polyester). Výsledek se liší u ženy a muže – opak.

Tab. 12: **Porovnání teplot okolí, pokožky a triček během zátěžového testu – proband muž**

	Teplota okolí [°C]				Teplota pokožky těla [°C]				Teplota povrchu trička [°C]			
	T <sub>0</sub> min	T <sub>15</sub> min	T <sub>30</sub> min	T relaxace	T <sub>0</sub> min	T <sub>15</sub> min	T <sub>30</sub> min	T relaxace	T <sub>0</sub> min	T <sub>15</sub> min	T <sub>30</sub> min	T relaxace
T1	21,4	19,8	20	20	30,8	31,5	30,2	28,8	27,8	27,5	26,4	25,2
T2	20,8	19,1	20,6	20	31	30,9	31	29,3	28,6	28,8	29	26,8
T3	19,1	21	19,2	21	31,1	31,6	30,6	29,2	28,1	29,8	28,5	27,8
T4	18,9	20,8	18,5	20,1	29	31,1	29,7	29	26,3	28	25,5	24,9

- Porovnání vlhkosti u ženy

Nejmenší rozdíl RH u pokožky těla ženy mělo tričko T1 (bavlna) v době zátěže od 0 min do 30 min, viz tab. 13. Stejný rozdíl RH u trička T1 (bavlna) byl i v době relaxace, tedy od 30 min do 40 min. Rozdíl relativní vlhkosti na povrchu trička byl nejmenší v době zátěže u trička T1 (bavlna) s hodnotou 5 %. Tričko T2 (bambusová viskóza) mělo nejmenší rozdíl RH v době relaxace a to -4 %.

Tab. 13: Porovnání relativní vlhkosti pokožky a triček během zátěžového testu – proband žena												
	RH pokožky těla [%]				A* [%]	B* [%]	RH povrchu trička [%]				A* [%]	B* [%]
	R	RH	RH	RH			RH	RH	RH	RH		
	0 min	15 min	30 min	relaxace			0 min	15 min	30 min	relaxace		
T1	38	37	47	38	9	9	47	46	52	47	5	5
T2	41	65	79	50	38	29	50	57	56	60	6	-4
T3	41	48	83	55	42	28	51	56	67	57	16	10
T4	45	37	65	45	20	20	54	45	60	55	6	5

A\* -  $RH_{30 \text{ min}} - RH_0$

B\* -  $RH_{30 \text{ min}} - RH_{\text{relaxace}}$

- Porovnání vlhkosti u muže

Nejmenší rozdíl relativní vlhkosti na pokožce těla muže v době zátěže byl u triček T1 (bavlna) a T4 (polypropylen) s hodnotou 44 %, viz tab. 14. Naopak v době relaxace byla nejnižší relativní vlhkost u trička T3 (polyester). U porovnávání relativní vlhkosti triček bylo zjištěno, že nejnižší rozdíl v době zátěže byl naměřen u trička T2 (bambusová viskóza) s hodnotou 25 %. Stejně tričko mělo nejnižší rozdíl RH i v době relaxace.

Tab. 14: Porovnání relativní vlhkosti pokožky a triček během zátěžového testu – proband muž												
	RH pokožky těla [%]				A* [%]	B* [%]	RH povrchu trička [%]				A* [%]	B* [%]
	RH	RH	RH	RH			RH	RH	RH	RH		
	0 min	15 min	30 min	relaxace			0 min	15 min	30 min	relaxace		
T1	43	77	87	75	44	12	48	68	76	72	28	4
T2	42	86	90	73	48	17	47	56	72	73	25	-1
T3	37	87	88	88	51	0	41	83	87	87	46	0
T4	41	72	85	75	44	10	45	69	80	74	35	6

A\* -  $RH_{30 \text{ min}} - RH_0$

B\* -  $RH_{30 \text{ min}} - RH_{\text{relaxace}}$

## Vyhodnocení

U měřeného souboru triček byla vytvořena tabulka obsahující vyhodnocení triček v průběhu simulace při zátěži probanda na cyklistickém trenažéru. Mezi průměrnou hodnotou teploty/vlhkosti místnosti a průměrnou hodnotou teploty/vlhkosti těla byl spočítán rozdíl. Rozdíl byl zapsán do tab. 15 a 16. V dané tabulce byly rozdíly teploty a vlhkosti v době zátěže (po dobu 30 minut) zapsány pro ženu a muže. Dle výsledků bylo zjištěno, že žena prokazovala u T1 (bavlna) a T3 (polyester) nejvyšší vlhkost i teplotu a naopak nejnižší vlhkost a teplota byla u T2 (bambusová viskóza). Muž vykazoval nejvyšší vlhkost u T2 (bambusová viskóza) a nejnižší vlhkost u T4 (polypropylen). Rozdíl teploty byl nejvyšší u T4 (polypropylen), jinak byl rozdíl teploty u T1, T2 a T3 téměř stejný. Pozn.: Muž netestoval tričko T5 (viskóza).

Tab. 15: Rozdíly teplot mezi teplotou okolím a pokožkou těla na začátku a během testu – proband žena a muž								
$\Delta T = T \text{ pokožky} - T \text{ okolí } [^{\circ}\text{C}]$								
ŽENA					MUŽ			
Čas testu	0 min začátek testu	15 min	30 min	40 min relaxace	0 min začátek testu	15 min	30 min	40 min relaxace
T1	<b>12,3</b>	10,7	13	11,5	<b>9,4</b>	11,7	10,2	8,8
T2	<b>12,5</b>	12,5	12,5	12,5	<b>10,2</b>	11,8	10,4	9,3
T3	<b>10,5</b>	12,4	10,8	12,1	<b>12</b>	10,6	11,4	8,2
T4	<b>9,6</b>	10,6	9,2	9,4	<b>12</b>	10,3	11,2	8,9
T5	<b>10,7</b>	8,5	9,6	9,1	-	-	-	-

Tab. 16: Rozdíly relativní vlhkosti mezi vlhkostí okolí a pokožkou těla na začátku a během testu – proband žena a muž								
$\Delta RH = RH \text{ pokožky} - RH \text{ okolí } [^{\circ}\text{C}]$								
ŽENA					MUŽ			
Čas testu	0 min začátek testu	15 min	30 min	40 min relaxace	0 min začátek testu	15 min	30 min	40 min relaxace
T1	<b>29</b>	23	21	25	<b>17</b>	10	27	7
T2	<b>19</b>	2	23	19	<b>23</b>	26	28	3
T3	<b>20</b>	20	24	10	<b>23</b>	23	19	23
T4	<b>10</b>	22	3	14	<b>19</b>	9	19	8
T5	<b>20</b>	13	3	14	-	-	-	-

Subjektivní hodnocení bylo zjišťováno pomocí dotazníkového šetření. Z pohledu vnímavosti tepla bylo tričko T1 (bavlna) označeno ženou za nejkomfortnější, viz tab. 17. Muž se cítil nejlépe v tričku T3 (polyester). Naopak nejhůře žena hodnotila tričko T5 (viskóza) a muž tričko T1 (bavlna). U vnímání vlhkosti, žena i muž shledali za nejkomfortnější tričko T4 (polypropylen) a za nejméně komfortní tričko T3 (polyester).

Tab. 17: Subjektivní hodnocení triček při zátěžovém testu na cyklistickém trenažéru

		Žena		Muž	
		Nejlepší výsledky	Nejhorší výsledky	Nejlepší výsledky	Nejhorší výsledky
Subjektivní hodnocení	Pocit tepla	T1 (bavlna)	T5 (viskóza)	T3 (polyester)	T1 (bavlna)
	Pocit vlhkosti	T4 (polypropylen)	T3 (polyester)	T4 (polypropylen)	T3 (polyester)

## 4 Závěr

Cílem předložené diplomové práce bylo zjištění funkčnosti sportovních triček při zátěži na cyklistickém trenažéru pomocí probandů a hodnocení vybraného souboru triček. Určit a následně vyhodnotit, které z testovaných triček pro sportovní účely bude nejkomfortnější. V rešeršní části byla provedena studie zaměřená na analýzu současného stavu hodnocení fyziologických vlastností a komfortu oděvů. Byla diskutována vlákna vhodná pro oděvy určené pro sportovní účely. Jak ukazují současné studie autoři se stále snaží o zdokonalování metod testování komfortu oděvů simulací zátěže v různých podmínkách.

Experimentální část této práce se v první části zabývala laboratorním testováním vlastností textilií, ovlivňující fyziologický komfort sportovních triček s využitím standardních metod. Byla hodnocena prodyšnost vzduchu, propustnost vodních par, tepelně-izolační vlastnosti materiálu. V druhé části se experiment zabýval objektivním testováním fyziologického komfortu sportovních triček reálným testováním při jízdě na cyklistickém trenažéru. V průběhu zátěžového testu bylo realizované i subjektivní hodnocení pocitů tepla a vlhkosti pomocí dotazníkového šetření. Závěry vyplývající z předložené diplomové práce jsou následující:

- Laboratorní hodnocení prodyšnosti vzduchu ukazuje, že tričko T4 (polypropylen) má nejvyšší propustnost vzduchu.
- Výsledky výparného odporu nepřinesly příliš velké rozdíly, proto bylo provedeno měření propustnosti vodních par gravimetrickou metodou. Výsledky testování propustnosti vodních par gravimetrickou metodou poukazují na to, že nejlepší hodnoty mělo tričko T4 (polypropylen), protože propustilo nejvíce vlhkosti.
- Laboratorní hodnocení měrné tepelné vodivosti prokazuje, že trička T2 (bambusová viskóza) a T5 (viskóza) nejlépe vedou teplo.
- Zátěžový test na cyklistickém trenažéru (objektivní hodnocení) poukazuje na to, že z naměřených hodnot pomocí tepelných a vlhkostních senzorů bylo tričko T4 (polypropylen) vyhodnoceno jako nejvhodnější pro sport u muže i ženy.

- Z hodnocení tepelného komfortu triček pomocí dotazníkového šetření bylo tričko T1 (bavlna) vyhodnoceno ženou za nejkomfortnější a muž vyhodnotil za nejpohodlnější tričko T3 (polyester).
- Z hodnocení komfortu vlhkosti triček pomocí dotazníkového šetření bylo tričko T4 (polypropylen) vyhodnoceno mužem i ženou za nejkomfortnější. Což se shoduje i s výsledkem zátěžového testu.
- Subjektivním hodnocením sensorického komfortu pomocí dotazníkového šetření bylo při jízdě na cyklistickém trenažéru vyhodnoceno jako nejpohodlnější tričko T4 (polypropylen), jak u muže, tak u ženy.

Z výše uvedených výsledků při subjektivním a objektivním hodnocení vyplývá, že nevhodnějším tričkem pro funkční sportovní oblečení je tričko T4 (polypropylen).

Při analýze příčných řezů vláken za pomoci rastrovacího mikroskopu bylo zjištěno, že tvar vláken ze 100% viskózy se naprosto shoduje s tvarem vláken ze 100% „bambusové viskózy“. Při testování triček T2 (bambusová viskóza) a T5 (viskóza) bylo také zjištěno, že mezi nimi není podstatný rozdíl.



## Použitá literatura

- [1] HES, L., SLUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec, 2005. Technická univerzita v Liberci. ISBN 80-708-3926-0.
- [2] LI, Y. *The Science Of Clothing Comfort*. Textile Progress [online]. 2001, 29 Nov 2010, (31), p. 1-135 [cit. 2018-11-24]. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405160108688951>. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/00405160108688951?scroll=top&needAccess=true>
- [3] HOWORTH, W. S.: *The Handle of Suiting*. Journal of Textile Institute (Transactions), 55, 1965, n. 4, p. 251 – 260.
- [4] SHISHOO, R. *Textiles in sport*. Boca Raton, FL: CRC, 2005. ISBN 9781855739222.
- [5] ZHANG, P., YANAI, Y., TOKURA, H., GONG, R. H. *Effects of Clothing Material on Thermoregulatory Responses*. Textile Research Journal [online]. 2002, (72), p. 83 - 89 [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/279704938\\_Effects\\_of\\_clothing\\_material\\_on\\_thermoregulatory\\_responses](https://www.researchgate.net/publication/279704938_Effects_of_clothing_material_on_thermoregulatory_responses)
- [6] CROCKFORD, G. W., CROWDER, M., PRESTIDGE, S. P., *A Trace-Gas Technique for Measuring Clothing Microclimate Air Exchange Rates*, 1972, Br. 1. Int. Med. 29, p. 378-386.
- [7] BERGEROVÁ, V. *Hodnocení komfortu advokátních talárů* [online]. Liberec, 2015, Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Pavla Těšinová, Ph.D. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: [https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/25585/Bergerova\\_V\\_Bakalarska\\_prace\\_\\_Hodnoceni\\_advokatnich\\_talaru.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/25585/Bergerova_V_Bakalarska_prace__Hodnoceni_advokatnich_talaru.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). Bakalářská práce.
- [8] JELÍNKOVÁ, E. *Termo-fyziologický komfort pracovních oděvů ochranné třídy III* [online]. Liberec, 2016, Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Mgr. Václav Bittner. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: [https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/24652/BP\\_HOTOVO.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/24652/BP_HOTOVO.pdf?sequence=-1&isAllowed=y).

- [9] DELL', R. A., ČUBAROVA, Z. S. *Hygiena odívání*. Praha, 1984. Státní nakladatelství technické literatury.
- [10] KOZLOVSKÁ, H., BOHANESOVÁ, B. a kol. *Oděvní materiály I, II*. Praha, 1998. Infomatorium.
- [11] DRAŠAROVÁ, J. *Oděvy pro sport a volný čas*. Docplayer [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/16948589-Odevy-pro-sport-a-volny-cas-jana-drasarova.html>
- [12] BLEŠA, M. *Komplexní hodnocení povrchové struktury textilií*. Liberec, 2009. Autoreferát disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [13] Profi oděvy. In: Profi oděvy: Materiály [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <https://www.profi-odevy.cz/prakticke-informace/materialy/>
- [14] Swicofil. In: Swicofil [online]. 2015 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <http://www.swicofil.com/products/001cotton.html>
- [15] BLAŽEJ, A., ŠUTÁ, Š. *Vlastnosti textilních vláken*. Bratislava: Alfa, 1982.
- [16] HLADÍK, V. a kol. *Textilní vlákna*. Praha: SNTL, 1974.
- [17] PAŘILOVÁ, H. *Chemická vlákna*. In: Turbo [online]. 2017 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <https://turbo.cdv.tul.cz/mod/book/tool/print/index.php?id=2363>
- [18] KIRON, M. I. Bamboo fiber. Textile Learner [online]. Bangladesh, 2013 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <https://textilelearner.blogspot.com/2011/12/bamboo-fiber-bamboo-fabric-production.html>
- [19] Moira. In: Outdoor termopradlo [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <https://www.outdoor-termopradlo.cz/clanky/vse-o-vlaknu-moira/>
- [20] ČSN EN ISO 9237. Textilie - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [21] NAGY, L. *Hodnocení fyziologických vlastností první vrstvy oděvu*. Liberec, 2015. Autoreferát disertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
- [22] UMBACH, K. *Messmethoden zur Prüfung physiologischer Anforderungsprofile. Melliand Textilberichte*, 1987.
- [23] RŮŽIČKOVÁ, D. *Oděvní materiály*. Liberec, 2003. Technická univerzita. ISBN 80-708-3682-2.

- [24] KAWABATA, S. *The standardisation and analysis of hand evaluation*. Osaka, 1980. Textile Machinery Society of Japan.
- [25] HES, L., DOLEŽAL, I. *New Method and Equipment for Measuring Thermal Properties of Textiles*, 1989. J. Text. Mach. Soc. Japan 42, T124-128
- [26] Japanese Industrial Standard: Testing methods for water vapour permeability of textiles. Japan: JIS, 2012.
- [27] ČSN EN ISO 11092. Textilie-Fyziologické účinky-Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [28] Laboratoře pro hodnocení vybraných transportních vlastností textilních sendvičových struktur. Liberec, 2012. Projekt. Technická univerzita v Liberci.
- [29] Textilní vlákna: vysokoškolská příručka. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1970. Řada textilní literatury.
- [30] SHISHOO, R. *Textiles for Sportswear*. Oxford, UK: Woodhead Publishing, 2015. ISBN 978-1-78242-229-7.
- [31] PAKOSTOVÁ, V. Textilní vlákna [online]. 2010 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2017/C5985/um/Textilni\\_vlakna-text\\_k\\_prednasce.pdf](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2017/C5985/um/Textilni_vlakna-text_k_prednasce.pdf)
- [32] ČSN 727030 : 2000 Stanovení součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů. Všeobecná část.
- [33] ČSN 727031: 1975 Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu.
- [34] ČSN EN ISO 12572: 2002 Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků. Stanovení prostupu vodní páry.
- [35] HADID, A., YANOVICH, R., ERLICH, T., KHOMENOK, G., MORAN, D. S., 2008. Effect of a personal ambient ventilation systém on physiological strain during heat stress wearing a ballistic vest. *Eur. J. Appl. Physiol.* 104 (2), p. 311 – 319.
- [36] DAANEN, H., HONG, S., 2008. Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans. *Int. J. Clothing Sci. Technol.* 20 (1), p. 15 – 25.

- [37] MACRAE, B. A., COTTER, J. D., LAING, R. M., 2011. Compression garments and exercise: garment considerations, physiology and performance. *Sports Med.* 41 (10), p. 815 – 843.
- [38] ČSN EN ISO 5084: 1998 Textilie - Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků.
- [39] ČSN EN 12127: 1997 Textilie - Plošné textilie - Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků.
- [40] ČSN ISO 12572: 2018 Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení propustnosti vodní páry - Misková metoda.
- [41] ČSN ISO 10551: 1997 Ergonomie tepelného prostředí - Stanovení vlivů tepelného prostředí použitím subjektivních posuzovacích stupnic.
- [42] ISO 14 000: Systémy environmentálního managementu (Environmental management).
- [43] Stručná zpráva o plnění projektu na rok 2010: Laboratoře pro hodnocení vybraných transportních vlastností textilních sendvičových struktur. Technická univerzita v Liberci, 2012.

## Seznam obrázků

Obr. 1:	Model třívrstvého systému [13].....	24
Obr. 2:	T1 (bavlna) .....	32
Obr. 3:	Příčný řez bavlněnými vlákny .....	32
Obr. 4:	T2 (bambusová viskóza).....	33
Obr. 5:	Příčný řez vlákny z bambusové viskózy .....	33
Obr. 6:	T3 (polyester) .....	34
Obr. 7:	Příčný řez polyesterovými vlákny .....	34
Obr. 8:	T4 (polypropylen).....	35
Obr. 9:	Příčný řez polypropylenovými vlákny .....	35
Obr. 10:	T5 (viskóza).....	36
Obr. 11:	Příčný řez vlákny z viskózy.....	36
Obr. 12:	Přístroj SDL M021S s upnutým vzorkem .....	37
Obr. 13:	Přístroj C-Therm TCi <sup>TM</sup> .....	39
Obr. 14:	Umístění senzoru na tričko .....	39
Obr. 15:	Přístroj Sweating Guarded Hotplate firmy MTNW USA .....	40
Obr. 16:	Klimatická komora Vötsch VC 0060 .....	40
Obr. 17:	Přístroj FX 3180 CupMaster pro určení propustnosti vodních par .....	43
Obr. 18:	Metoda mokrého šálku (misky).....	44
Obr. 19:	Miska s vodou a upnutým vzorkem.....	44
Obr. 20:	Senzor AHLBORN ALMEMO FHAD460 relativní vlhkosti a teploty vzduchu.....	44
Obr. 21:	Snímek levého a pravého senzoru přišitého na zadní straně trička .....	45
Obr. 22:	Umístění levého a pravého senzoru na zadní části těla probanda pomocí lepící pásky .....	45
Obr. 23:	Cyklistický trenážér značky InSPORTline UB40i .....	46
Obr. 24:	Ukázka aplikace „Work out Record“ v mobilním telefonu.....	46
Obr. 25:	Porovnání testovaných sportovních triček v propustnosti vzduchu .....	48
Obr. 26:	Graf měrné tepelné vodivosti .....	50
Obr. 27:	Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T1 .....	52
Obr. 28:	Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T1 .....	52
Obr. 29:	Graf popisující vývoj teploty u muže pro T1 .....	53

Obr. 30:	Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T1.....	54
Obr. 31:	Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T2 .....	55
Obr. 32:	Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T2.....	55
Obr. 33:	Graf popisující vývoj teploty u muže pro T2 .....	56
Obr. 34:	Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T2.....	57
Obr. 35:	Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T3 .....	58
Obr. 36:	Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T3.....	58
Obr. 37:	Graf popisující vývoj teploty u muže pro T3 .....	59
Obr. 38:	Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T3.....	60
Obr. 39:	Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T4 .....	61
Obr. 40:	Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T4.....	61
Obr. 41:	Graf popisující vývoj teploty u muže pro T4 .....	62
Obr. 42:	Graf popisující vývoj vlhkosti u muže pro T4.....	63
Obr. 43:	Graf popisující vývoj teploty u ženy pro T5 .....	64
Obr. 44:	Graf popisující vývoj vlhkosti u ženy pro T5.....	64
Obr. 45:	Termovizní snímek ženy T1 .....	65
Obr. 46:	Termovizní snímek muže T1 .....	65
Obr. 47:	Termovizní snímek ženy T2 .....	66
Obr. 48:	Termovizní snímek muže T2.....	66
Obr. 49:	Termovizní snímek ženy T3 .....	66
Obr. 50:	Termovizní snímek muže T3 .....	66
Obr. 51:	Termovizní snímek ženy T4 .....	66
Obr. 52:	Termovizní snímek muže T4.....	66
Obr. 53:	Graf popisující pocit tepla ženy u triček.....	68
Obr. 54:	Graf popisující pocit tepla muže u triček .....	68
Obr. 55:	Graf popisující pocit vlhkosti ženy u triček .....	69
Obr. 56:	Graf popisující pocit vlhkosti muže u triček .....	70
Obr. 57:	T1 žena .....	71
Obr. 58:	T2 žena .....	71
Obr. 59:	T3 žena .....	71
Obr. 60:	T4 žena .....	71
Obr. 61:	T1 muž.....	72

Obr. 62:	T2 muž.....	72
Obr. 63:	T3 muž.....	72
Obr. 64:	T4 muž.....	72

## Seznam tabulek

Tab. 1:	Elementární třívrstvý oděvní systém .....	25
Tab. 2:	Charakteristika použitých materiálů, triček .....	31
Tab. 3:	Prodyšnost vzduchu sportovních triček .....	47
Tab. 4:	Propustnost vodních par triček gravimetrickou metodou .....	49
Tab. 5:	Měrná tepelná vodivost.....	50
Tab. 6:	Pocit tepla na těle probanda .....	67
Tab. 7:	Pocit vlhkosti na těle probanda .....	69
Tab. 8:	Pocit senzorického komfortu trička na těle.....	70
Tab. 9:	Grafické zobrazení pocitu tepla a vlhkosti.....	71
Tab. 10:	Porovnání testovaných vlastností triček .....	73
Tab. 11:	Porovnání teplot okolí, pokožky a triček během zátěžového testu – proband žena.....	74
Tab. 12:	Porovnání teplot okolí, pokožky a triček během zátěžového testu – proband muž .....	75
Tab. 13:	Porovnání relativní vlhkosti pokožky a triček během zátěžového testu – proband žena.....	76
Tab. 14:	Porovnání relativní vlhkosti pokožky a triček během zátěžového testu – proband muž .....	76
Tab. 15:	Rozdíly teplot mezi teplotou okolím a pokožkou těla na začátku a během testu – proband žena a muž.....	77
Tab. 16:	Rozdíly relativní vlhkosti mezi vlhkostí okolí a pokožkou těla na začátku a během testu – proband žena a muž.....	77
Tab. 17:	Subjektivní hodnocení triček při zátěžovém testu na cyklistickém trenažéru.. ..	78

## **Příloha**



## Příloha č. 1: Použité materiály

### Charakteristika použitého materiálu

Označení trička	T1	
Materiálové složení	Bavlna 100%	
Vazba pleteniny	Hladká jednolící	
Hustota řádku [ř/cm]	23	
Hustota sloupku [sl/cm]	16	
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	143,6	
Tloušťka materiálu [mm]	0,54	

### Charakteristika použitého materiálu

Označení trička	T2	
Materiálové složení	Bambusová viskóza 100%	
Vazba pleteniny	Hladká jednolící	
Hustota řádku [ř/cm]	25	
Hustota sloupku [sl/cm]	17	
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	111,7	
Tloušťka materiálu [mm]	0,51	

### Charakteristika použitého materiálu

Označení trička	T3	
Materiálové složení	Polyester 100%	
Vazba pleteniny	Interloková	
Hustota řádku [ř/cm]	23	
Hustota sloupku [sl/cm]	17	
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	138,8	
Tloušťka materiálu [mm]	0,57	

**Charakteristika použitého materiálu**

Označení trička	T4	
Materiálové složení	Polypropylen 100%	
Vazba pleteniny	Obouliční žakárská	
Hustota řádku [ř/cm]	20	
Hustota sloupku [sl/cm]	5	
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	143,8	
Tloušťka materiálu [mm]	1,47	

**Charakteristika použitého materiálu**

Označení trička	T5	
Materiálové složení	Viskóza 100%	
Vazba pleteniny	Hladká jednolící	
Hustota řádku [ř/cm]	18	
Hustota sloupku [sl/cm]	14	
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	166,2	
Tloušťka materiálu [mm]	0,58	

## Příloha č. 2: Vzor použitého dotazníku

Protokol o průběhu testování										
		start	1/2	konec	relaxace					
Datum testu:	<input style="width: 100px;" type="text"/>	Čas testu (časový plán):	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Klimatické podmínky:	<input style="width: 100px;" type="text"/>									
Proband:	<input style="width: 100px;" type="text"/>	Typ oděvu (vršek/spodek)	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Typ (označení) testu	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>									
Termogram:	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Poznámky:	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>									

1a) Tepelná vnímavost										
Jaký máte nyní pocit? (označte příslušný čtvereček): Je mi ...										
Před testem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Počas testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Po testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Relaxace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pól A	(-4)	-3	-2	-1	0	1	2	3	(4)	
Chlad	Velká zima	Zima	Chladno	Mírně chladno	Neutrální bod	Mírně teplo	Teplo	Horko	Velké horko	
	Chladnější				ani horko ani zima	Teplejší				
1b) Schledali by jste ho jako ... ?										
Před testem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Poznámky: Před testem - před začátkem měření Počas testu - po 1/2 testu Po testu - na konci testu Relaxace - po 10 minutách Stupeň intenzity 4 značí extrémní limitní stav diskomfortu!				
Počas testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Po testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Relaxace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
	Komfortní	Mírně diskomfortní	Diskomfortní	Velmi diskomfortní	Extrémně diskomfortní					
<i>Středový bod nerozhodnosti odpovídá absenci změny.</i>										

2a) Vlhkostní vnímavost					
Jaký máte nyní pocit? (označte příslušný čtvereček): Je mi ...					
Před testem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Počas testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Po testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relaxace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pocit vlhkosti	0	1	2	3	4
	Sucho	Trochu vlhko	Mírně vlhko	Velmi vlhko	Extrémně vlhko
2b) Schledali by jste ho jako ... ?					
Před testem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Počas testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Po testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relaxace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Komfortní	Mírně diskomfortní	Diskomfortní	Velmi diskomfortní	Extrémně diskomfortní
<i>Stupeň intenzity 0 odpovídá optimálnímu stavu pocitu komfortu.</i>					

3) Senzorické vnímání - snesitelnost					
Jaký máte nyní pocit? (označte příslušný čtvereček): Je to ...					
Před testem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Počas testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Po testu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relaxace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pocit snesitelnosti	0	1	2	3	4
	Velmi dobře snesitelné	Dobře snesitelné	Vcelku snesitelné	Obtížně snesitelné	Nesnesitelné
<i>Stupeň intenzity 0 odpovídá optimálnímu stavu pocitu komfortu.</i>					
<i>Zpracováno dle ČSN ISO 10551</i>					

