

HODNOCENÍ KOMFORTU FOTBALOVÝCH DRESŮ

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3911T023 – Řízení jakosti

Autor práce: **Bc. Jakub Lang**

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Dana Křemenáková



FOOTBALL JERSEYS COMFORT EVALUTION

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3911T023 – Quality Control

Author: **Bc. Jakub Lang**

Supervisor: doc. Dr. Ing. Dana Křemenáková



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Lang**
Osobní číslo: **T12000430**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**
Název tématu: **Hodnocení komfortu fotbalových dresů**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. Provedte rešerši na téma hodnocení komfortu fotbalových dresů.
2. Navrhněte metodiku měření na vybraných materiálech v zátěžových podmínkách. Provedte měření vybraných vlastností textilií použitých pro fotbalové dresy.
3. Zhodnoňte dosažené výsledky a stanovte doporučení pro zlepšení komfortu fotbalových dresů.

Rozsah grafických prací:

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

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

Seznam odborné literatury:

HES L., SLUKA P.: Úvod do komfortu textilií. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005.

JÁNSKÝ L.: Vývojová fyziologie I. Základy termoregulace 1. vyd Praha: Univerzita Karlova, Státní pedagogické nakladatelství n.p. 1990. 107 s. ISBN 80-7066-240-9.

SONG, G.: Improving comfort in clothing, Woodhead Publishing Limited, Sawston, Cambridge CB22 3HJ, United Kingdom, ISBN 978-1-84569-539-2.
KŘEMENÁKOVÁ D., MILITKÝ J., ŠESTÁK J.: Vlákné struktury pro speciální aplikace. vydalo: O.P.S. Kanina, 2013. ISBN 97880-87269-32-9.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Dana Křemenáková**

Katedra materiálového inženýrství

Konzultant diplomové práce: **Ing. Ladislav Nagy**

Katedra oděvnictví

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

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



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



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

V Liberci dne 30. ledna 2015

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra hodnocení textilií

V Liberci dne

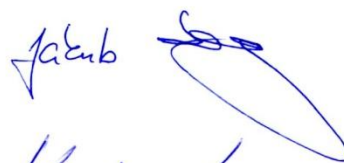
Žádám o změnu termínu odevzdání diplomové práce z 14. 05. 2015

na 04. 09. 2015

Důvod odkladu odevzdání: Z DŮVODU PRACOVNÍHO VYTIŽENÍ

Děkuji za vyřízení.

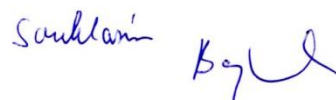
VAKUB LANG



Vyjádření vedoucího práce



Vyjádření vedoucího katedry



Prohlášení

Byl jsem seznámen 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.

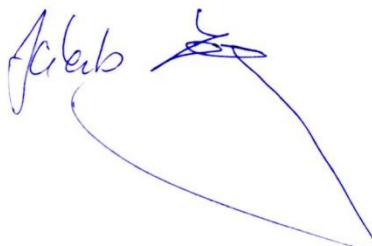
Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

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

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

Datum: 14. 05. 2015

Podpis:



Poděkování

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval všem, kteří mi během tvorby mé diplomové práce pomáhali a poskytovali veškeré informace a podklady potřebné k jejímu vzniku. Děkuji mé vedoucí práce Doc. Dr. Ing. Daně Křemenákové za její názory, rady a připomínky, které mi pomohly k celkovému zpracování této diplomové práce. Další poděkování patří mému konzultantovi Ing. Ladislavu Nagymu za poskytnutí potřebných podkladů, materiálů a asistenci při měření v zátěžových podmínkách. Rád bych také poděkoval členům Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci Ing. Ireně Lenfeldové Ph.D. a Ing. Janě Salačové Ph.D., jejichž informace a rady byly přínosem k vyhotovení mé práce. Na závěr bych chtěl poděkovat mé rodině a svým přátelům, kteří mi po celou dobu vypracovávání pomáhali a byli mi velkou oporou.

ANOTACE

Diplomová práce byla věnována problematice hodnocení komfortu fotbalových dresů.

Pro komplexní posuzování komfortu je nezbytné hodnotit celý systém skládající se z vnější vrstvy lidského těla, vzduchové mezivrstvy, vlastní textilie a okolní atmosféry. Nedílnou součástí je také předpokládaná aktivita člověka vyjádřená jako souhrnná práce. U sportovního ošacení je nezbytné eliminovat tepelné výkyvy a chránit nositele před teplotními extrémy. Kromě příjemného omaku a volnosti pohybu je základním předpokladem rychlé odvádění potu od pokožky při zvýšené námaze nebo vyšší teplotě okolí. S řešením této otázky souvisí také problematika laboratorního hodnocení za simulace příslušných tepelných podmínek. Většina stávajících metod hodnocení tepelného komfortu textilií probíhá za stacionárních podmínek, nezohledňuje přenos tepla prouděním a sáláním, nebere v úvahu proudění vzduchu apod. Uvedené skutečnosti jsou podrobněji popsány v rešeršní části práce.

Cílem diplomové práce je vytvoření metodiky testování tepelného komfortu fotbalových dresů při zátěži a nalezení jednoduchých charakteristik pro hodnocení přenosu tepla a vlhkosti přes textilií. Teplota a vlhkost je měřena pomocí senzorů umístěných na těle probanda, pod textilií a na textilií za reálné fyzické zátěže. Je uvedeno také stanovení komplexního kritéria jakosti (užitné hodnoty) s ohledem na vybrané měřené charakteristiky doplněné o další měřené vlastnosti jako je prodyšnost, tepelná vodivost, apod. Uvedené kritérium jako výsledek objektivního měření je porovnáno též se subjektivním hodnocením komfortu dresů probandy formou dotazníku.

Uvedená metodika použitá pro hodnocení komfortu čtyř typů fotbalových dresů je uvedena v experimentální části práce. Je také hodnocena poróznost textilií, která vyplývá z jejich struktury a ovlivňuje významně jednotlivé složky tepelného komfortu. Poróznost je predikována z hustoty vláken, z plošné hmotnosti a tloušťky textilií, a je také hodnocena z 3D obrazů textilie, které byly vytvořeny s využitím mikrotomografu.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Fotbalový dres, tepelný komfort, tepelný odpor, tepelná vodivost, metabolická rychlost, porózita, prodyšnost vzduchu.

ANOTATION

This dissertation looks at the issue of assessing the comfort of football strips.

A comprehensive consideration of comfort requires an evaluation of the system as a whole, consisting of the outer layer of the human body, the intermediate layer of air, the fabric itself and the surrounding atmosphere. Another integral part is the anticipated activity of the person, expressed as overall work. It is essential that sportswear is able to eliminate fluctuations of temperature and protect the wearer from temperature extremes. A fundamental condition, besides being pleasant to the touch and providing freedom of movement, is that such clothing conducts sweat away from the skin at speed at times of physical exertion or at higher surrounding temperatures. Laboratory evaluation involving the simulation of the relevant thermal conditions is another aspect of dealing with this issue. Most existing methods of assessing the thermal comfort of a fabric involve stationary conditions, do not consider the transfer of heat by way of flowing and radiation, do not account for the flow of air etc. These aspects are described in more detail in the background research for the paper.

The aim of the dissertation is to create a method of testing the thermal comfort of football strips under a load and to find simple characteristics with which to evaluate the transfer of heat and moisture through the fabric. Temperature and moisture are measured using sensors placed on the body of the proband and on the fabric under a real physical load. A comprehensive quality criterion (utility value) is also determined with regard to the selected characteristics measured, supplemented by other measured properties such as permeability, thermal conductivity etc. The criterion in question, the result of objective measurement, is also compared with a subjective assessment of the comfort of strips by probands in the form of a questionnaire.

The method presented, used to assess four types of football strips for comfort, is described in the experimental part of the paper. There is also an evaluation of the porousness of the fabric, which ensues from its structure and which significantly influences the individual components of thermal comfort.

Porousness is predicted from the density of fibres, the areal weight and the thickness of the fabric and is also assessed using 3D images of the fabric generated using microtomography.

KEY WORDS:

football strip, thermal comfort, thermal resistance, thermal conductivity, metabolic rate, porousness, air permeability

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	16
ÚVOD	20
1. REŠERŠNÍ ČÁST	21
1.1 FOTBALOVÉ DRESY	21
1.1.2 Historie dresů	21
1.1.3 Současnost dresů	23
1.1.4 Požadavky hráčů na fotbalový dres.....	24
1.2 KOMFORT	25
1.2.1 Psychologický komfort	26
1.2.2 Senzorický komfort.....	26
1.2.3 Patofyziologický komfort.....	27
1.2.4 Termofyziologický komfort	28
1.3 TERMOREGULACE ORGANISMU	28
1.3.1 Tělesná teplota	29
1.3.2 Teplota pláště a jádra	30
1.3.3 Plášť	30
1.3.4 Jádro	30
1.3.5 Reakce a adaptace organismu na zátěž v teplých podmínkách.....	31
1.3.6 Reakce a adaptace organismu na zátěž v chladných podmínkách	32
1.3.7 Rozdíly v produkci potu na různých částech těla.....	34
1.4 TEPELNÝ KOMFORT Z HLEDISKA ČLOVĚKA	37
1.4.1 Tvorba tepla	39
1.4.2 Přenos tepla	39
1.4.2.1 Přenos tepla kondukcí	40
1.4.2.2 Přenos tepla konvekcí	40
1.4.2.3 Přenos tepla radiací	41
1.4.2.4 Přenos tepla evaporací.....	42
1.4.2.5 Přenos tepla respirací	43
1.4.3 Člověk a textilie	44
1.4.3.1 Faktory prostředí	44

1.4.3.1.1 Teplota vzduchu t_a [°C].....	44
1.4.3.1.2 Operativní teplota t_o [°C]	44
1.4.3.1.3 Efektivní teplota t_{ef} [°C]	45
1.4.3.1.4 Střední radiační teplota t_r [°C].....	45
1.4.3.1.5 Rychlost proudění vzduchu v_a [m/s]	45
1.4.3.1.6 Relativní vlhkost vzduchu RH [%]	45
1.4.3.2 Faktory osobní.....	45
1.4.3.2.1 Hodnota metabolismu [W/m ² , MET].....	45
1.4.3.2.2 Tepelný odpor oděvu R_{cl} [m ² *K/W, clo]	47
1.4.3.3 Faktory plošné textilie.....	48
1.4.3.3.1 Objemová poróznost	48
1.5 HODNOCENÍ TEPELNÉHO KOMFORTU	49
1.5.1 Vybrané tepelné charakteristiky	50
1.5.1.1 Index PMV	50
1.5.1.2 Index PPD	51
1.5.1.3 Index WBGT	51
1.5.2 Simulace tepelných podmínek	52
1.5.2.1 Tepelný manekýn.....	52
1.5.3 Vybrané vlastnosti textilií	53
1.5.3.1 FX 3300.....	53
1.5.3.2 Alambeta	54
1.5.3.2.1 Tloušťka materiálu h [mm]	56
1.5.3.2.2 Tepelná vodivost λ [W*m ⁻¹ *K ⁻¹].....	56
1.5.3.2.3 Tepelný odpor r [W ⁻¹ *K*m ²].....	56
1.5.3.3 Permetest	57
1.5.3.3.1 Relativní paropropustnost pro vodní páry p [%].....	58
1.5.3.3.2 Výparný odpor R_{et} [m ² *Pa / W]	58
1.5.4 Užítost textilie	59
2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	61
2.1 POPIS ZKOUMANÉHO MATERIÁLU A STANOVENÍ PORÓZITY	61
2.1.1 Charakteristika testovaných fotbalových dresů	62
2.1.1.1 Dres FC Slovan Liberec	62
2.1.1.2 Dres české reprezentace	66

2.1.1.3 Dres SK Motorlet Praha	68
2.1.1.4 Dres Errea Union Navy	70
2.1.2 Stanovení poróznosti	72
2.1.2.1 Diskuse	73
2.1.3 Stanovení 2D poróznosti.....	74
2.1.3.1 Diskuse	79
2.2 MĚŘENÍ VYBRANÝCH VLASTNOSTÍ TEXTILIÍ	80
2.2.1 FX 3300.....	80
2.2.1.1 Postup měření.....	80
2.2.1.2 Výsledky měření	81
2.2.2 ALAMBETA.....	81
2.2.2.1 Postup měření.....	82
2.2.2.2 Výsledky měření	82
2.2.3. PERMETEST	86
2.2.3.1 Postup měření.....	87
2.2.3.2 Výsledky měření	87
2.2.4 Diskuse	90
2.3 NÁVRH METODIKY TESTOVÁNÍ DRESŮ PŘI ZÁTĚŽI.....	91
2.3.1 Příprava zkoušeného materiálu	92
2.3.1.1 Kalibrace senzorů.....	92
2.3.1.2 Sensory SHT21	93
2.3.1.3 Sensory SHT74	93
2.3.2 Příprava probanda	95
2.3.2.1 Měření tepové frekvence.....	96
2.3.3 Příprava dotazníku	97
2.3.4 Příprava měřicího zařízení	98
2.4 VÝSLEDKY OBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘI ZÁTĚŽI.....	98
2.4.1 Výsledky měření dresu FC Slovan Liberec	98
2.4.1.1 Výsledky teploty	98
2.4.1.2 Výsledky vlhkosti.....	99
2.4.2 Výsledky měření dresu české reprezentace.....	102
2.4.2.1 Výsledky teploty	102
2.4.2.2 Výsledky vlhkosti.....	102

2.4.3 Výsledky měření dresu SK Motorlet Praha	105
2.4.3.1 Výsledky teploty	105
2.4.3.2 Výsledky vlhkosti.....	105
2.4.4 Výsledky měření dresu Errea Union Navy	109
2.4.4.1 Výsledky teploty	109
2.4.4.2 Výsledky vlhkosti.....	109
2.5 VYHODNOCENÍ OBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘI ZÁTĚŽI.....	113
2.5.1 Návrh metodiky na hodnocení objektivního měření při zátěži	113
2.5.1.1 WBGT index	113
2.5.1.2 Návrh výpočtu tepelných charakteristik.....	114
2.5.1.3 Stanovení užítivosti textilie	117
2.6 VYHODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU FOTBALOVÝCH DRESŮ	118
2.6.1 Výsledky komfortu fotbalových dresů.....	118
2.6.1.1 Stupeň tepelné izolace.....	118
2.6.1.2 Stupeň vlhkostní izolace	119
2.6.1.3 Clo celkové.....	119
2.6.1.4 Prodyšnost	119
2.6.2 Diskuse	120
2.7 VYHODNOCENÍ SUBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘI ZÁTĚŽI.....	121
2.7.1 Fyzická aktivita	122
2.7.2 Tepelný diskomfort	123
2.7.3 Senzorický diskomfort	124
2.7.4 Vlhkostní diskomfort	125
2.7.5 Diskuse	126
3. ZÁVĚR.....	127
POUŽITÁ LITERATURA.....	129
PŘÍLOHY	133

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČFS	Český fotbalový svaz
ČR	Česká republika
ČFS	Český fotbalový svaz
ČR	Česká republika
ČMFS	Českomoravský fotbalový svaz
ČSAF	Československá asociace fotbalová
ČSFS	Československý fotbalový svaz
ČSSF	Československý svaz fotbalový
UEFA	Evropská fotbalová federace
FA	Fotbalová asociace
FC	Fotbalový klub
SK	Sportovní klub
FIFA	Mezinárodní fotbalová federace
Obr.	Obrázek
Ing.	inženýr
př. n. l.	před našim letopočtem
Sb.	sbírka
tis.	Tisíc
°C	stupeň celsia
%	procento
cm	centimetr
m	metr
tj.	to je
ml	mililitr
PE	polyester
min.	minut
kg	kilogram
např.	například
apod.	a podobně
tzn.	to znamená
R _{et}	výparný odpor textílie

λ	měrná tepelná vodivost
VO ₂ max	ukazatel sportovní výkonnosti
r	tepelný odpor
h	tloušťka materiálu
a	měrná teplotní vodivost
b	tepelná jímavost
p	relativní propustnost pro vodní páry
STI	stupeň tepelné izolace
SVI	stupeň vlhkostní izolace
W	výkon
L	dolní limita
H	horní limita
RH	relativní vlhkost vzduchu
M	metabolická rychlost
W	mechanický výkon
K	tepelná ztráta vedením (kondukcí) z pokožky
C	tepelná ztráta prouděním z pokožky
S	tepelná ztráta sáláním (radiací) z pokožky
E	tepelná ztráta vypařováním z pokožky
C _{res}	tepelná ztráta prouděním při dýchání
E _{res}	tepelná ztráta vypařováním při dýchání
H	rychlost akumulace tělesného tepla
HR	průměrná tepová frekvence při aktivitě
HT	výška probanda
A	věk probanda
RHR	průměrná klidová tepová frekvence
P _s	průměrný tlak par na pokožce
P _a	průměrný tlak par vzduchu
H _C	hustota celková provázání pleteniny
H _S	hustota sloupku provázání pleteniny
H _Ř	hustota řádku provázání pleteniny
d	průměr nitě
l _o	celková délka očka
l _{oJ}	délka jehelního oblouku

l_s	délka stěny očka
l_{OP}	délka platinového oblouku
p_s	plošná hmotnost
m	hmotnost odstříhu plošné textilie o ploše S
S	plocha odstříhu plošné textilie
l	délka vzorku
b	šířka vzorku
p_{vIK}	hustota klimatizovaných vláken
p_v	objemová měrná hmotnost textilie
p_{SM}	hustota směsi
p_{vIKj}	hustota j -té komponenty klimat. vláken
v_j	obsah j -té komponenty ve vlákenné směsi
V_p	objem pórů
V_c	objemový podíl vláken
V_{vl}	objem vláken
T_l	tloušťka materiálu
g_{sm}	plošná hmotnost
g_v	hustota vláken
t	teplota
τ	tepelný kontakt
q	tepelný tok
c	měrná tepelná kapacita
q_o	tepelný tok procházející měřicí hlavici nezakrytou měřeným vzorkem
q_v	tepelný tok procházející měřicí hlavici zakrytou měřeným vzorkem
P_m	nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice
P_a	parciální tlak vodní páry v okolí
T_{sk}	teplota pokožky
T_{tex}	teplota textilie
T_o	teplota okolí
φ_{sk}	vlhkost pokožky
φ_{tex}	vlhkost textilie

φ_o	vlhkost okolí
STI	stupeň tepelné izolace
SVI	stupeň vlhkostní izolace
PTI	průměrná teplotní izolace
t_{vv}	tloušťka vzduchové vrstvy
λ_v	tepelná vodivost vzduchu
TF	tepová frekvence

ÚVOD

Téma této diplomové práce jsem si vybral, protože mě velmi zajímá fotbal a vše, co se kolem něho odehrává. Zajímalo mě, jak velké jsou rozdíly mezi fotbalovými dresy z hlediska komfortu.

Pokud se fotbalový hráč cítí komfortně, může se plně soustředit na podání nejlepšího výkonu. Proto bylo zajímavé se na tuto problematiku zaměřit a zjistit, jaký má dres vliv na pocit komfortu pro samotné fotbalové hráče.

Cílem diplomové práce bylo vytvořit metodiku testování tepelného komfortu fotbalových dresů při zátěži a nalezení jednoduchých charakteristik pro hodnocení přenosu tepla a vlhkosti přes textilii. Teplota a vlhkost byla měřena pomocí senzorů umístěných na těle probanda, pod textilií a na textilii za reálné fyzické zátěže. Bylo uvedeno také stanovení komplexního kritéria jakosti (užitné hodnoty) s ohledem na vybrané měřené charakteristiky doplněné o další měřené vlastnosti. Pro stanovení prodyšnosti byl použit přístroj FX 3300. Tepelná vodivost, tepelný odpor, vypočtené clo a tloušťka byla měřena přístrojem Alambeta. Pomocí přístroje Permetest byla měřena paropropustnost a výparný odpor. Uvedené kritérium jako výsledek objektivního měření bylo porovnáno též se subjektivním hodnocením komfortu dresů probandy formou dotazníku. Dále byla zkoumána struktura textilií použitých na fotbalové dresy a hodnocena jejich porózita. Porózita byla predikována z hustoty vláken, z plošné hmotnosti a tloušťky textilií, a byla také hodnocena z 3D obrazů textilie, které byly vytvořeny s využitím mikrotomografu.

1. REŠERŠNÍ ČÁST

1.1 FOTBALOVÉ DRESY

1.1.2 Historie dresů

První písemná zmínka o oblečení speciálně věnované fotbalu přichází v roce 1526 za vlády krále Jindřicha VIII z Anglie. Nejstarší důkaz o barevných tričkách sloužící k identifikaci fotbalových týmů pochází z počátku anglických veřejných školních fotbalových utkání. Fotbal, jak ho známe dnes, se podle dochovaných pramenů skutečně zrodil v Anglii, a to v šedesátých letech 19. století [1, 2].

Hra se začala rozvíjet na jednotlivých školách, ale každá škola měla svá pravidla. V roce 1862 vytvořil uppinghamský rektor J. C. Thring nejstarší dochovaná pravidla fotbalu. Tato pravidla nazval Nejjednodušší hra [1].

Roku 1863 se sešli zástupci 11 londýnských klubů, kteří se shodli na tom, že je nutné sjednotit fotbalová pravidla, ustavit spolek, jenž by organizoval fotbalové zápasy a soutěže. Proto založili první fotbalovou organizaci na světě zvanou The Football Association (FA) [1].

Organizovaný fotbal se poprvé hrál v Anglii v roce 1870 a mnoho klubů se rozhodlo pro barvy dresů spojené se školami nebo jinými sportovními organizacemi. V roce 1890 fotbalová liga, která byla vytvořena o dva roky dříve, rozhodla, že tým musí mít dvě sady dresů s rozdílnými barvami. Od prvopočátku fotbalu bylo primárním hlediskem odlišit se od soupeře [2].

Český fotbalový svaz byl založen v roce 1901. Do pravomocí zastřešující organizace přešla správa všech fotbalových soutěží [1].

Na počátku 20. století brankáři měli na sobě obvykle těžký vlněný oděv podobný spíše svetru než košilím, který nosili hráči v poli. Textilie z bavlny měla dobrou pevnost v tahu, příjemný omak a možnost sát značné množství vlhkosti a potu. Špatná byla však i nasákavost materiálu, která způsobovala nárůst hmotnosti dresu [2].

Mezinárodní fotbalová federace FIFA byla založena v Paříži už roku 1904. Je fotbalovou organizací sdružující 208 fotbalových asociací na světě, včetně českého fotbalového svazu, a její hlavní náplní je pořádání mistrovství světa. Na obr. 1 je jsou znázorněny dresy, které používaly týmy v roce 1910 [1, 3].



Obr. 1: Fotbalové dresy z roku 1910 [2].

Československý svaz fotbalový – ČSSF byl nově vzniklým výborem svazu od roku 1921 a společně s dalšími fotbalovými organizacemi, které působily v ČR, vytvořil v roce 1922 Československou asociaci fotbalovou – ČSAF [1].

V roce 1930 nastaly velké pokroky v zavádění systému výroby s novými syntetickými materiály a měkčí kůží. První hlavní zápas, ve kterém se nosila čísla, byl v roce 1933 FA Cup Final mezi Everton a Manchester United.

V roce 1950 se sady dresů, které nosí hráči v jižní Evropě a Jižní Americe, staly mnohem lehčí s dresy šitými do V místo obojků a syntetické materiály nahradily těžká přírodní vlákna. Následně byla v roce 1954 založena Evropská fotbalová federace UEFA, která je hlavní řídicí organizací evropského fotbalu [2] [3].

Ve světě začal přechod na syntetické materiály pro výrobu fotbalových dresů v sedmdesátých letech. Dnes se především vyrábí většina dresů z polyesteru. K jejich nejdůležitějším pozitivním vlastnostem patří vysoká odolnost vůči světlu, povětrnostním podmínkám a mikroorganismům, rychlé sušení díky

malé navlhavosti. S vývojem dresů je také spojen i vývoj vláken polyesteru. Nejdříve to byly vlákna hrubá, nedokonale zpracovaná a nekomfortní dresy byly často nevhodné zejména pro alergiky. Díky této nepříjemné reakci bylo nutné nosit spodní prádlo pod dres. Mnohé vlastnosti se daly zlepšit chemickými nebo mechanickými procesy. U polyesteru se upravily vlastnosti a začala se vyvíjet mikrovlákna, která jsou jemná a lépe tvarovatelná. V současné době je polyester (PES) nejpoužívanější textilní vlákno [2].

Roku 1960 už nezdobil dres pouze znak klubový nebo znak národní asociace a číslo hráče. Rozvojem tržního hospodářství v různých částech světa se začaly objevovat společnosti, které měly zájem se zviditelnit a sponzorovat klub. Brzy tak téměř všechny velké kluby podepsaly takové nabídky [2].

S rozdělením České a Slovenské republiky k 1.1.1993 vznikl Českomoravský fotbalový svaz (ČMFS) a tím získal svoje místo ve FIFA. Od roku 2011 užívá název Fotbalová asociace České republiky (FAČR) [1].

1.1.3 Současnost dresů

Fotbalové dresy jsou v současné době vyráběny ze syntetických vláken nebo kombinovaných materiálů obsahující syntetická vlákna. Tato syntetická vlákna bývají standardního kruhového, oválného nebo podobně jednoduchého tvaru. Mohou se používat též profilovaná vlákna tzv. tetrachanel, hexachanel, také dutá PES vlákna, ale často bývají dutiny deformované po mechanickém tvarování a potom nemají požadovaný účinek. K tomu přispívá též vysoká poróznost vlastních textilií, kdy se vlastnosti dutého vlákna vlastně neprojeví [4, 5].

Velmi často firmy proklamují i vlákno o hvězdicový tvar příčného řezu (Moira), aby mohlo co nejnadhěji a nejrychleji absorbovat pot, který pak odvádí od těla. Díky tomu vlákno větší absorbní plochu. Nejčastěji se tento materiál vyrábí z polyesteru (PES) a polypropylenu (PP). Jelikož ani jeden není zrovna pružný materiál, tak pro zajištění elasticity přidávají firmy např. vlákna lycry. Fotbalový dres byl měl těsně přiléhat k tělu a tím se zvyšuje komfort nošení [6].

Polypropylen (PP) dosahuje ze všech materiálů používaných ve funkčních vláknech nejnižší měrné hmotnosti (nejlehčí), dosahuje nízké tepelné vodivosti a má nejnižší nasákavost. Vlákno je velmi pevné, lehké, chemicky netečné,

antialergenní, ale náchylné na vysokou teplotu. Nevýhodou je barevná omezenost a náchylnost k mechanickému poškození. Polyester (PES) se proti polypropylénu (PP) vyznačuje snadnějším zpracováním. Má nízkou nasákavost, ale horší tepelnou vodivost (hůř drží teplo). Má proti polypropylénu asi dvojnásobně vyšší měrnou hmotnost. Vlákná jsou pevná, odolnější vůči vyšším teplotám a dají se povrchově barvit (snáz se přizpůsobí módním trendům) [7].

Fotbal se od počátku po současnost neustále vyvíjí vlivem nové kvality povrchu hřiště a míčů, taktiky, fyzické přípravy a výstroje. Dnes, více než kdy jindy, se klade hlavní důraz nejen na výkon, ale také na vzhled a image mužstev [2].

Řada firem jako je Nike (USA), Adidas a Puma (Německo), Hummel (Dánsko), Salming (Švédsko), Legea a Errea (Itálie) používá speciální textilie jako je např. Dri-FIT, ClimaCool, Dry Cell, Play Dry, CoolFeel, Tree Tech, Ti-Energy [?]. Tyto textilie dle výrobců údajně odvádí pot z povrchu těla a zároveň přivádí vzduch z okolí k pokožce pro větší komfort. V řadě případů při měření např. tepelné vodivosti, prodyšnosti apod. se výsledné hodnoty statisticky významně neliší [5].

Na současném trhu je řada dalších společností zabývajících se výrobou fotbalových dresů, např. (ZEUS, ROYAL, JAKO, BISON, CELEANO, UHLSPORT, JADBERG).

Výše uvedené popisy dresů jednotlivých firem jsou však v řadě případů převážně reklamního charakteru. Bylo by zajímavé tuto problematiku prozkoumat a zjistit z jakého materiálu jsou dresy, jaká je struktura použitých textilií a jejich vlastnosti související s komfortem. Jeden z možných přístupů jak toto hodnotit je uvedeno v této práci.

1.1.4 Požadavky hráčů na fotbalový dres

Jeho účelem je přizpůsobovat se tělu v různých klimatických podmínkách a udržovat hráče neustále v co největší komfortní pohodě. Hráči by se měli cítit dobře a dres by měl být příjemný na omak. Dres by měl rychle schnout, nevyvolával alergické reakce a měl by mít nízkou hmotnost. Měl by doléhat po

celé ploše na tělo. Neměl by být příliš vypnutý a nikde by neměl škrtit, škrábat, tlačit. Dres, aby mohl plnit svoji funkci co nejlépe tak nesmí být v žádném případě volný a musí se při jakémkoliv rozsahu pohybu dotýkat kůže.

Dalším důležitým požadavkem bez ohledu na počasí je udržení tělesného tepla. Dresy se vyrábí v mnoha různých pleteninách o různé plošné hmotnosti a tloušťce materiálu. Cílem je vždy docílit co nejlepšího kompromisu odvodu vlhkosti a udržení dostatečného množství tepla. V létě se použije dres s nejlepší prodyšností a odvodu potu. V zimě je to komplikovanější. Dres musí nejen odvádět veškerou vlhkost pryč od těla, ale zároveň by měl co nejvíc zadržovat tělesné teplo. V zimním období se většinou používá termo prádlo pod dres [8].

Dle informací, fotbalové týmy na profesionální úrovni využívají dresy, které splňují všechny tyto požadavky a dresy tak sedí přímo na tělo. Naopak tomu je u fotbalových hráčů na amatérské úrovni. Ti mají většinou dresy volnější a musí řešit tuhle situaci přidáním termo prádla pod dres, který už požadovanou funkci splňuje.

1.2 KOMFORT

Komfort představuje stav člověka, při kterém jsou fyziologické funkce organismu v optimu. Okolí, včetně oděvu, nevytváří žádné nepříjemné vjemy, jež jsou vnímány lidskými smysly. Komfort je projevem pohodlí a pohody. Je to stav, kdy se člověk cítí dobře, není zima a současně ani příliš velké teplo. Oděv neškrábe, netlačí, nelepí se na tělo a člověk není nikterak omezen v pohybu. V tomto stavu vytvářeného oděvem lze setrvat dlouhou dobu a vykonávat určitou činnost. Komfort je vnímán všemi lidskými smysly, kromě chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich [9].

Nepohodlí, neboli diskomfort, může být popsáno jako kousání, škrábání, přílišné teplo nebo chlad, vlhkost, nepříjemný pach a omezenost pohybu. Velice závisí na subjektivním, vizuálním, tepelném a hmatovém vjemu, psychologických procesech a vnějších dopadech na prostředí [10].

Komfort se dělí do skupin:

- Psychologický
- Senzorický
- Patofyziologický
- Termofyziologický

1.2.1 Psychologický komfort

Tato část komfortu vyjadřuje individualitu člověka. Je závislá na kulturní a sociální úrovni a lze se na něj dívat z několika hledisek:

- Klimatické - dané oblečení by mělo především respektovat tepelně-klimatické podmínky, které jsou podmíněné geograficky.
- Ekonomické - je závislé na způsobu získávání finančních prostředků, zahrnuje politický systém či úroveň technologie.
- Historické - upřednostňuje výrobky z přírodních materiálů a výrobky napodobující přírodu.
- Kulturní - jedná se o vliv náboženství, tradic a zvyků.
- Sociální - zohledňuje věk, vzdělání, kvalifikaci, sociální třídu a postavení.
- Skupinové a individuální - týká se oboru módního návrhářství, stylu, barvy, ale i osobní preference a konstrukčního řešení [9].

1.2.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort zahrnuje všechny vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky s první vrstvou oděvu. Pocity vznikající při styku pokožky s textilií mohou být příjemné, tzn. je vnímána její měkkost, splývavost, hřejivost, nebo naopak nepříjemné a dráždivé, jako je tlak, pocit vlhkosti, píchání, svědění, kousání a škrábání [9].

Senzorický komfort lze rozdělit:

- Komfort nošení - zahrnuje povrchovou strukturu textilií, mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvním systému a schopnost textilie vstřebávat a odvádět plynnou a kapalnou vlhkost.
- Komfort omakem - lze charakterizovat jako veličinu značně subjektivní a špatně reprodukovatelnou, založenou na vjemech prstů a dlaně. Může být charakterizován vlastnostmi, jako je hladkost, objemnost, tepelně kontaktní vjem, tuhost. Kvůli velké kontaktní ploše může hladký povrch textilie působit na kůži chladně a chybí tepelně izolační vrstva vzduchu. Záleží tedy na velikosti oděvu a celkové konstrukci [9, 10].

Je to senzorická odezva nervových zakončení na externí podněty zahrnující teplo, bolest, tlak. Vytváří neurofyzilogické impulzy vysílané do mozku. Tyto signály jsou zpracovány mozkiem do subjektivních pocitů a tělo reaguje uzpůsobením toku krve a stupněm pocení při tvorbě tepla při svalovém třesu [10].

1.2.3 Patofyziologický komfort

Pocit komfortu při nošení textilií je ovlivněn působením patofyziologicko-toxických vlivů. Komfort vzniká působením chemických substancí obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyroben a mikroorganismů na lidské pokožce. Působením patofyziologických vlivů je závislé na odolnosti člověka proti účinkům chemických látek obsažených v textiliích a na podmínkách růstu kultur mikroorganismů vyskytujících se v mikroklimatu, který je omezený povrchem lidského těla a textilií. Působením oděvu na pokožku může být vyvolána dermatóza, jedná se o kožní onemocnění. Je nutné usměrnit vývoj textilních materiálů s minimální dráždivostí pokožky. V poslední době se užívají antibakteriální stříbrné nanočástice vkládané do výchozího polymeru [9].

1.2.4 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort lze chápat jako stav lidského organismu, kdy lidské tělo je v tepelné rovnováze s okolím. Nemusí se regulovat jeho teplota a nedochází tak k pocení ani nenastává pocit chladu. Člověk v tomto stavu dokáže pracovat neomezeně dlouhou dobu. Tepelná pohoda je závislá na rychlosti metabolismu (interní produkce tepla), ztrátě tepla z těla a klimatických podmínkách [9].

Termofyziologický komfort nastává za těchto optimálních podmínek:

- teplota pokožky $33 - 35^{\circ}\text{C}$
- relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10\%$
- rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$
- obsah CO_2 0,07%
- nepřítomnost vody na pokožce [9].

1.3 TERMOREGULACE ORGANISMU

Termoregulace je schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu, přestože produkce tepla, příjmy a ztráty neustále kolísají. Organismus člověka představuje samoregulační systém, jehož cílem je vytvořit rovnováhu mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a množstvím tepla odevzdaného okolnímu prostředí.

Je to proces, který slučuje fyziologické pochody řízené centrálním nervovým systémem, udržujícím tělesnou teplotu na optimální hodnotě, při které probíhají metabolické proměny. [11].

Termoregulaci dělíme na:

- Chemickou - představuje látkovou přeměnu, tedy intenzitu chemických reakcí a tvorbu tepla. Je závislá na fyzické zátěži organismu a jeho činnosti, kdy je produkováno nejvíce tepla. Chemická termoregulace se uskutečňuje při ochlazení a hlavně při zvýšení svalového napětí a chvění vedoucí k tvorbě tepla.
- Fyzikální - vzniká rozšiřováním a zužováním cév v pokožce. Nejdříve se sdílení tepla do okolí zvyšuje, protože stoupá teplotní vodivost tkání v organismu, teplota pokožky a tepelný spád se zvětšuje spolu s odpařováním. V druhém případě se sdílení tepla snižuje [9].

1.3.1 Tělesná teplota

Lidské tělo má tělesnou teplotu 37 °C s tolerancí \pm půl stupně v závislosti na různých klimatických podmínkách. Při této teplotě probíhá nejvýhodnějším způsobem látková přeměna.

Všechny biochemické pochody v organismu jsou závislé na teplotě těla. Procesy v našem metabolismu se buď zrychlují, nebo zpomalují v závislosti na zvyšování a snižování tělesné teploty. Při těžké svalové práci stoupá teplota až o dva stupně Celsia.

Kůže, podkožní tuk, a svaly do jisté míry izolují vnitřek těla od zevního prostředí. Podkožní tuk je zásobárnou energie pro organismus. Vytváří se zde teplotní spád (gradient) mezi chladnější kůží a teplejším vnitřkem těla. Běžnou tělesnou akcí je kolísání teploty v průběhu dne. Pokud člověku stoupne teplota pouze o 0,5 °C, má tento nárůst za následek povrchové roztažení cév, proto se průtok krve zvýší až sedmkrát a člověk zčervená [12].

1.3.2 Teplota pláště a jádra

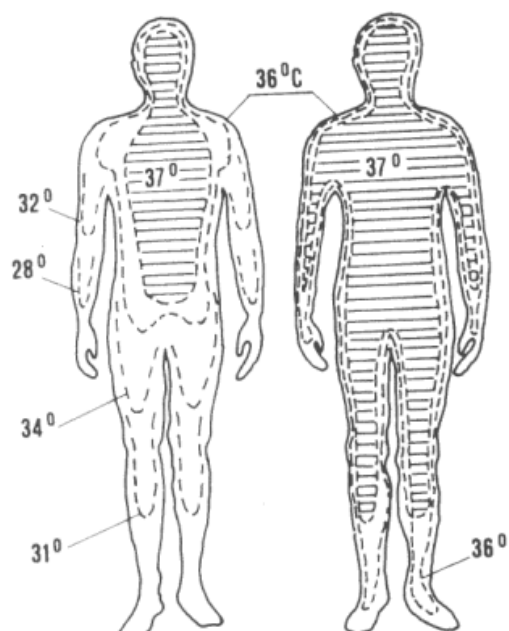
Normální tělesná teplota lidského těla měřená v axile kolísá mezi 35,8 – 37,0°C. Teplota pláště (slupky) je závislá na aktivitě a stavu organismu, teplotě, vlhkosti a proudění vzduchu v okolí a je měřená na oblečení. Avšak i různá textilie přenáší teplo různým způsobem [13].

1.3.3 Plášť

Části těla, které označujeme jako plášť, jsou ty, které mění svou teplotu na základě vlivu okolí (horní a dolní končetiny, hlava a povrchové vrstvy těla). Teplota jádra je oproti teplotě pláště přibližně konstantní a nezávisí na teplotě okolí. Jedná se o teplotu v hrudní a břišní dutině a hodnota v játrech kolísá v rozmezí 39 – 40°C [13].

1.3.4 Jádro

Teplota jádra se nedá změřit pomocí zevního měření, avšak její změny sleduje nejlépe hodnota rektální teploty (za fyziologických okolností je rektální teplota o 0,5°C vyšší než teplota v axile). Téměř konstantní teplotu jádra pomáhá udržet izolaci pomocí kůže, podkožního vaziva a tukové vrstvy. Při poklesu jádrové teploty pod 35°C dochází k počínajícím poruchám fyziologického chování termoregulace. Tomuto stavu (pokles teploty jádra pod 35°C) se říká hypotermie. Dalšími jejími projevy jsou třes a zmíněná euforie. Později třes ustává, naopak se objevuje letargie (nezájem o okolí) a další jiné psychické poruchy. Při poklesu jádra pod 25°C je již dýchání oslabeno, při poklesu pod 20°C nastává smrt selháním oběhu [13].



Obr. 2: Schématické znázornění teploty jádra v chladném a teplém prostředí [13].

1.3.5 Reakce a adaptace organismu na zátěž v teplých podmínkách

Tvorba tepla probíhá převážně v jádře organismu, a to především v játrech a svalech. Při zátěži se teplo vytváří až ze 70% ve svalech a 30% v ostatních orgánech [14].

Mechanismy aktivované teplem:

- zvýšení výdeje tepla - kožní vazodilatací, pocením, intenzivnějším dýcháním
- snížení výdeje tepla - nechutenstvím, apatií a nečinností [14].

Nejúčinnějším mechanismem výdeje tepla během fyzického zatížení je pocení. Potem se ztrácí z těla až 80% tepla. V klidu je to okolo 10%. Jedná se o jediný způsob výdeje tepla, jestliže teplota okolí je vyšší než teplota těla. Pocením se odpařuje pot vyloučený na kůži, kde odebírá z povrchu kůže určité množství tepla. Tento mechanismus je během fyzické zátěže spouštěn

adrenalinem, v klidu jsou potní žlázy inervovány nervovými vlákny. Krev se ochladí v podkoží a proudí do hlubších tkání. Tento způsob výdeje tepla je závislý na vlhkosti vzduchu v prostředí, kde se právě nacházíme. Pot se rychleji odpařuje v suchém vzduchu než ve vlhkém vzduchu. Důležitý je vhodný výběr oděvu, který by neměl bránit odpařování potu [14].

K přehřátí organismu může dojít při velké zátěži organismu pohybovou aktivitou nebo těžkou prací v horkém počasí. Jedná se o stav organismu, kdy mechanismy zajišťující termoregulaci nezvládají situaci nebo z nějakého důvodu nefungují. Hypotalamus se začne přehřívat a tím ztrácí schopnost regulovat teplotu. K příznakům hypertermie patří zástava pocení, horká a suchá kůže, tachypnoe a tachykardie, malátnost, zmatenost, a bezvědomí. V horku je více namáhán kardiovaskulární systém, kvůli transportu tepla ze svalů do povrchových oblastí těla. Dochází ke zvýšení minutového objemu srdce a většího prokrvení kůže a podkoží.

Opakovaná zátěž v horku působí zlepšení schopnosti organismu odvádět teplo z těla a snižuje nebezpečí vyčerpání z horka a selhání termoregulace. Adaptace spočívá v přizpůsobení pocení a krevního oběhu. Aklimatizované osoby se při zátěži začínají potit dříve, čímž se snižuje kožní teplota. Větší tepelné ztráty v horku umožňují adaptovaným osobám přesunout více krve k pracujícím svalům. Adaptovaní k horku mají při stejné fyzické zátěži nižší tělesnou teplotu a nižší srdeční frekvenci (SF) než neaklimatizovaní [14].

1.3.6 Reakce a adaptace organismu na zátěž v chladných podmínkách

Mechanismy aktivované chladem:

- zvýšení produkce tepla - svalovým třesem, hladem, zvýšením volní aktivity, zvýšením sekrece noradrenalinu a adrenalinu
- snížení ztrát tepla - kožní vazokonstrikcí, stočením se do klubíčka, zježením chlupů (piloerекce) [14].

Hlavním mechanismem obrany proti chladu je třes. Je způsoben nesynchronizovanými rytmickými záškuby svalů, které nevedou ke změně polohy. Vznikající svalová aktivita je pravděpodobně důsledkem reflexního mechanismu svalového vřetenka. Třes zvyšuje produkci tepla v organismu trojnásobně. Zároveň s tím se snižuje prokrvení kůže, zatímco svaly jsou více prokrveny [14].

Za netřesovou termogenezi je zodpovědný účinek adrenalinu a noradrenalinu ze sympatiku v hnědé tukové tkáni (u novorozenců) a snad i bílé tukové tkáni a částečně v kosterních svalech (u dospělých). Tímto mechanismem dochází k produkci tepla asi dvojnásobně. Tyroxin také zvyšuje tvorbu tepla a to o 50% ve všech orgánech. Ale tento způsob tvorby tepla se aktivuje až po několika týdnech v chladném prostředí [14].

K podchlazení organismu dochází, jakmile teplota jádra klesne pod 35°C. V první fázi tělo reaguje na hypotermii snahou zastavit pokles teploty třesem, vazokonstrikcí cév a zrychlením srdeční frekvence. Jakmile se teplota jádra nachází okolo 30°C upadá postižený do bezvědomí. Se snižováním teploty se snižuje bazální metabolismus, při teplotě těla 28°C je bazální metabolismus přibližně na polovině normální hodnoty [14].

Adaptace na chlad je rozdělena do 4 skupin:

- genetická - jedinci, kteří žijí v chladnějším podnebí z pohledu evoluce, jsou schopni spát v chladu méně oblečení a přikryti než středoevropané
- aklimatizace - získané modifikace v reakci na komplex zevních faktorů jako jsou sezónní a klimatické změny
- aklimace - získané modifikace v reakci na jediný faktor prostředí (např. chladu)
- habitace - neboli přivykání, je zmenšení reakcí nebo citlivosti po opakovaném chladovém podnětu [14].

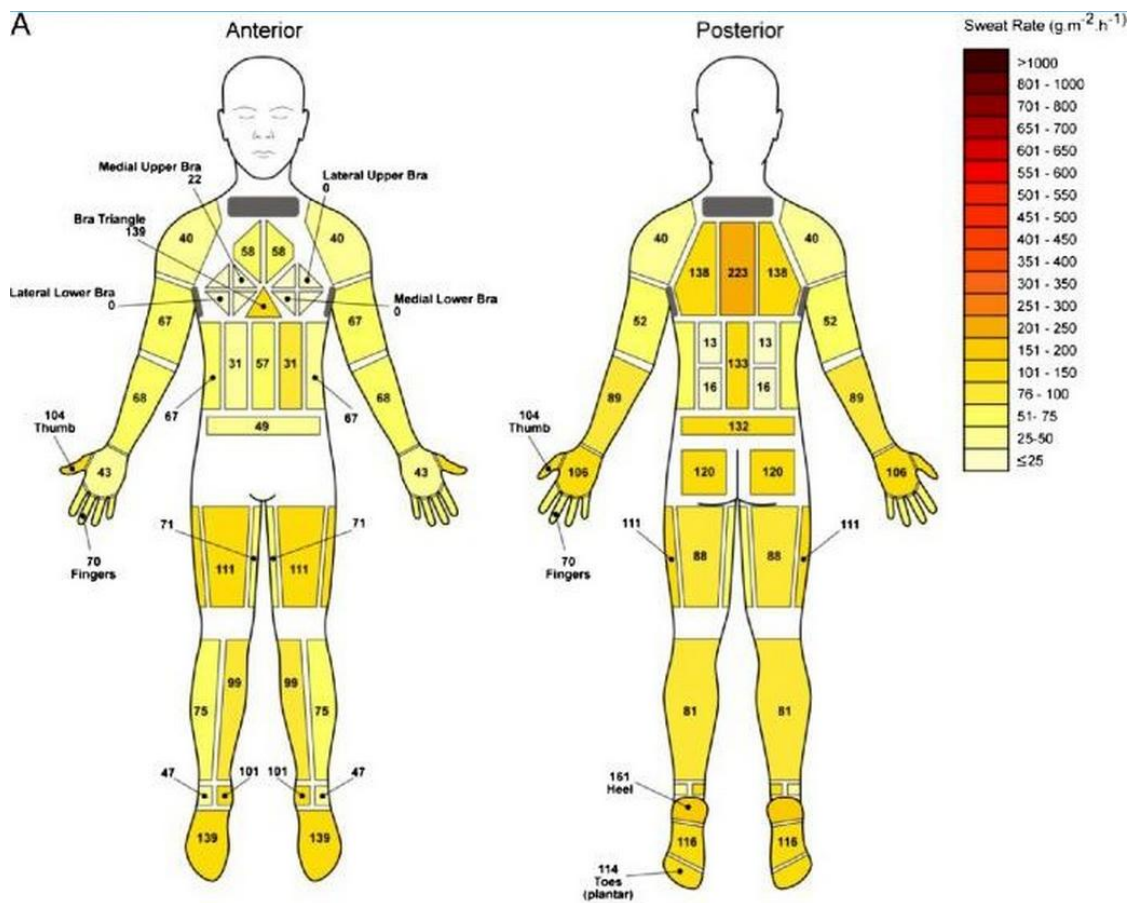
1.3.7 Rozdíly v produkci potu na různých částech těla

Situace, které nastávají při nošení oděvu jsou charakterizovány nepozorovatelným pocením, tj. nositel nepozná transport potu ve formě vodních par. Přesto se přes polopropustnou membránu kůže vypaří nejméně 30 gramů vodní páry za hodinu. Součinitel tepelné odolnosti R_{ct} a součinitel R_{et} (součinitel odolnosti vůči vodním parám) vrstev textilií jsou zvláště důležité pro pocit komfortu oděvů při normálním nošení (podle ČSN EN ISO 11092).

Pocení je způsobeno sekreční činností potních žláz, které nastává při teplotě kůže nad 29°C. Pot se skládá z vody, chloridu sodného, močoviny, kyseliny mléčné, mastných kyselin a další látek. Každý člověk má přibližně 2,5 milionů potních žláz. Potní žlázy nejsou v kůži rozmístěny rovnoměrně. Nejvíce je jich umístěno v obličeji, na čele, v dlaních, v podpaží, na chodidlech a na přední ploše hrudníku [15].

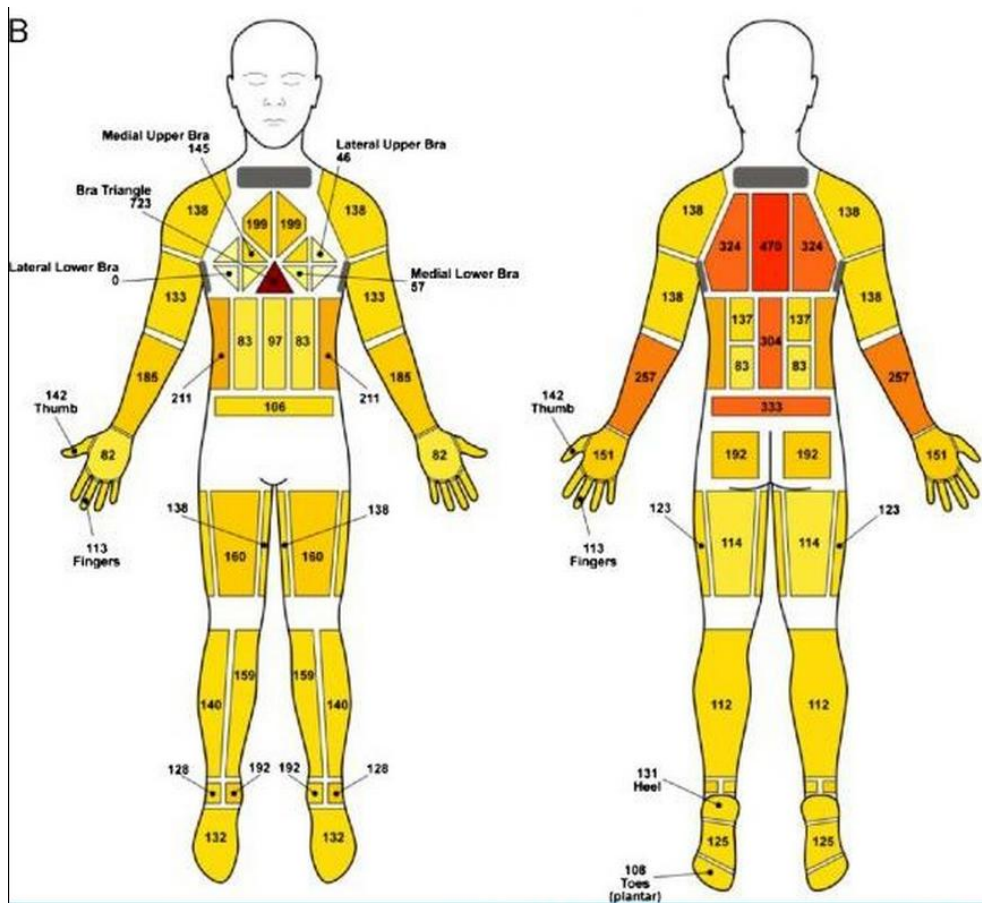
Ve svém výzkumu se Havenith a Smith zabývají mapováním pocení na různých částech těla s porovnáním rozdílů mezi pocením u mužů a žen. Produkce potu byla sledována při dvou intenzitách cvičení (Intensity 1 a Intensity 2) u třinácti žen v mírně teplých podmínkách (teplota vzduchu 25°C, relativní vlhkost vzduchu 45%, rychlost proudění vzduchu 2 m*s⁻¹). Produkce potu u žen byla srovnávána s produkcí potu u devíti mužů, sledovaných za stejných podmínek [16].

Bylo zjištěno, že při nižší intenzitě cvičení je pot u žen produkován nejvíce v horní části zad, na patách, v zadní části nohou a mezi prsy. Nejnižší hodnoty byly naměřeny v oblasti přes prsa a ve střední a dolní vnější části zad. Na Obr. 3 jsou tyto hodnoty graficky znázorněny.



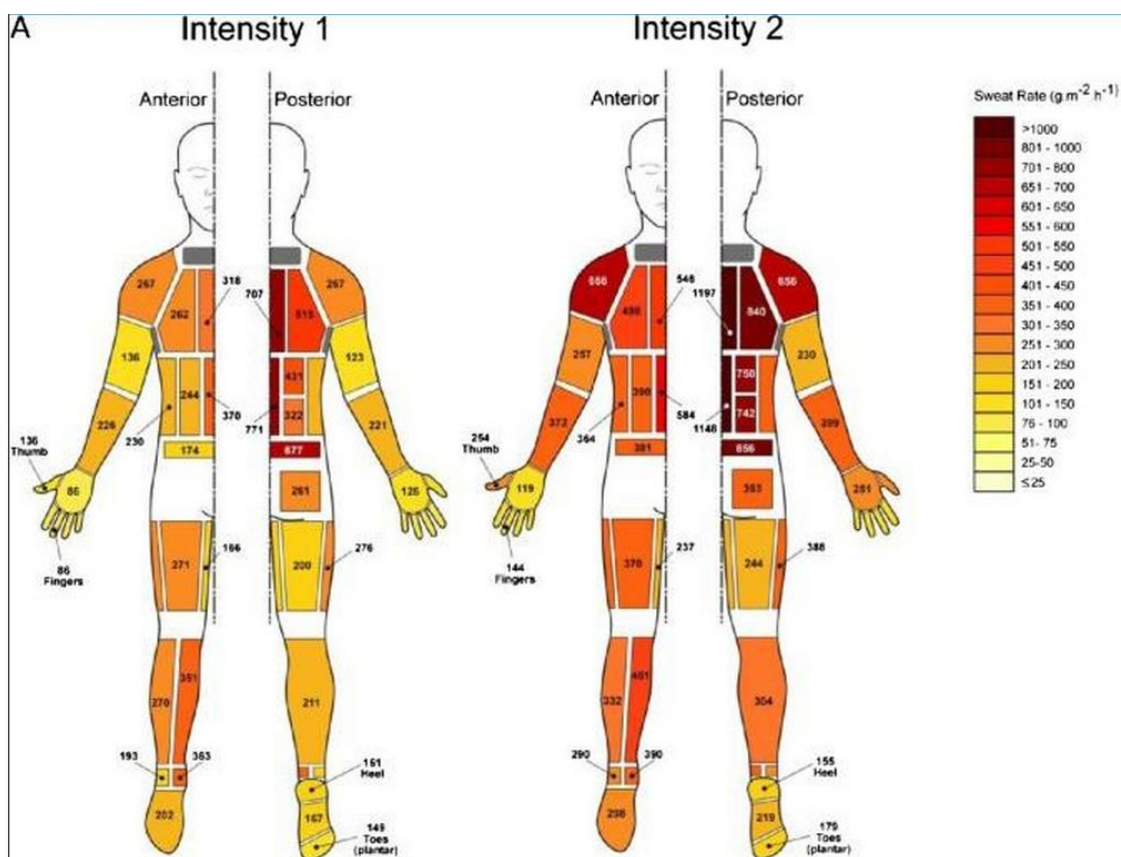
Obr. 3: Zóny produkce potu u žen při nižší intenzitě cvičení [16].

Při vyšší intenzitě cvičení (viz obr. 4) byla zjištěna nejvyšší produkce potu v oblasti centrální horní části zad, v dolní části zad a v oblasti trojúhelníku mezi prsy. Oblasti na prsou a dlaních vykazovaly nejnižší produkci potu při vyšší intenzitě cvičení.



Obr. 4: Zóny produkce potu u žen při vyšší intenzitě cvičení [16].

U mužů byla pozorována podstatně vyšší celková produkce potu než u žen při obou intenzitách cvičení (viz obr. 5).



Obr. 5: Zóny produkce potu u mužů při intenzitě cvičení Intensity 1 a Intensity 2 [16].

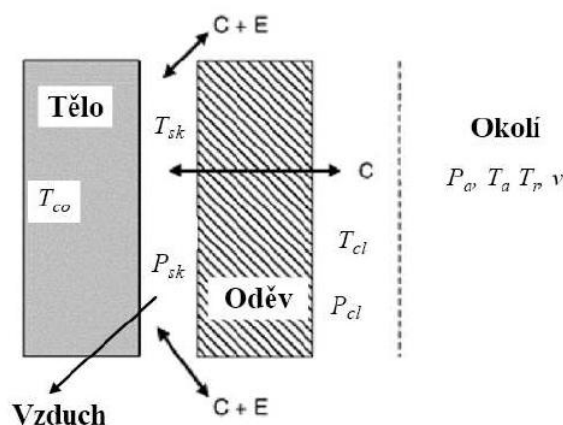
Přes některé rozdíly v distribuci potu vykazují ženy i muži nejvyšší produkci potu na centrální horní části zad a nejnižší produkci potu směrem ke končetinám. Nebyla pozorována žádná korelace mezi lokální kožní teplotou a produkcí potu [16].

1.4 TEPELNÝ KOMFORT Z HLEDISKA ČLOVĚKA

Při působení různých faktorů na organismus člověka je velmi důležité, aby byl daný jedinec v co největší tepelné pohodě, pociťoval tzv. tepelný komfort. Ten úzce souvisí s tím, jak lidský organismus reaguje na okolní prostředí fyzicky a psychicky. Tepelný komfort lze posuzovat u oblečení, prostředí, v interiérech budov, či uvnitř kabin automobilů.

Tepelný komfort, nebo-li tepelná pohoda, je dosažení takových tepelných poměrů, kdy se člověk cítí příjemně, není mu ani chladno, ani příliš teplo [16].

Existuje celá řada komplikovaných vztahů a zjednodušujících předpokladů umožňujících odhadnout tepelný komfort na základě znalostí parametrů ovlivňujících tepelně vlhkostní projevy systému člověk – oděv – okolí. Model, který je zobrazený na obr. 6 zahrnuje tepelný model lidského těla, tepelné chování textilií, tepelně vlhkostní vlastnosti okolí a dynamické chování člověka [17].



Obr. 6: Model tepelně vlhkostních projevů systém člověk - oděv - okolí
[17].

Teplu, které uvolňuje lidské tělo s vnitřní teplotou T_{co} , se přenáší na povrch kůže a určuje tedy její teplotu T_{sk} . V závislosti na podmínkách okolí a aktivitě člověka se z povrchu těla může také uvolnit kapalným pot, který se dále odpařuje, takže u povrchu kůže vzniká tlak vodní páry P_{sk} . Prouděním a vypařováním se teplo a vlhkost přenášejí buď z kůže přes vzduchovou mezeru na vnitřní povrch textilie nebo obráceně z vnitřního povrchu textilie na kůži podle podmínek okolí (teplota vzduchu T_a , parciální tlak vodních par P_a , rychlost proudění vzduchu v a teplota vyzařování T_r). Textilie funguje jako izolační vrstva omezující jak přenos vlhkosti a teploty z lidského těla do okolí tak i přenos vlhkosti a tepla z okolí na povrch lidského těla. Směr proudění závisí také na teplotě T_{cl} a tlaku vodních par P_{cl} , na vnějším povrchu textilie a na teple vyvíjeném metabolickými procesy (M), resp. energii produkované aktivitami člověka (G) [17].

1.4.1 Tvorba tepla

Chemické přeměny při látkovém metabolismu v každé činné tkáni mají za následek tvorbu tepla. Nejdůležitějším místem, kde se tvoří teplo, je kosterní svalstvo, které zaujímá až 45% hmotnosti těla. Výrazný podíl na tvorbě tepla mají po svalstvu i játra, která mají velmi aktivní metabolismus. Tvorba tepla je většinou vedlejším produktem metabolických dějů. Při činnosti svalů se podstatně zvyšuje látková přeměna a tím se zvětší i vytvořené teplo. Produkce tepla je řízena nervovým systémem nezávisle na naší vůli. Ovlivnit tvorbu tepla lze pomocí pohybů kosterního svalstva.

Většinou se teplo tvoří jako vedlejší produkt při metabolických dějích, může se však tvořit i cíleně: svalovou činností nebo zvýšením metabolismu účinkem metabolických hormonů. Tvorba a výdej tepla udržuje tělesnou teplotu [18].

1.4.2 Přenos tepla

Přenos tepla je proces, při kterém dochází k předávání tepla z míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší. Zbytková energie, kterou tělo nespotřebuje, se přemění na energii tepelnou, která se odvádí z organismu. Ze zdravotních důvodů by ztráta tepla neměla být příliš rychlá ani příliš pomalá.

Teplotní rovnováha těla záleží na následujících systémech (kardiovaskulární, kosterní a svalový, centrální nervový systém, plicní, trávicí systém a termoregulační mechanismy [10].

Výdej tepla do prostředí je uskutečňován především pomocí povrchu těla těmito způsoby:

- kondukcí (vedením)
- konvekcí (prouděním)
- radiací (sáláním)
- evaporací (odpařováním potu)
- respirací (dýcháním)

1.4.2.1 Přenos tepla kondukcí

Transport tepelné energie je vyvolán pohybem elementárních částic, které při zvýšení teploty začínají kmitat. Molekuly s vyšší teplotou odevzdávají při srážkách přebytek své kinetické energie molekulám, které mají nižší teplotu. Kondukcí ztrácíme až 5% tepla, pokud je pokožka v kontaktu s chladnějším prostředím.

Vedením se teplo odvádí v podobě kinetické energie, kterou předávají molekuly těla okolí, s nímž jsou v kontaktu např. chodidly, zadní částí těla při sezení nebo spánku a samozřejmě vzduchu, který tělo obklopuje. Vzduch vede teplo relativně málo. Pokud neproudí, je možno vyrovnat teplotu těla s teplotou vzduchu v bezprostředním okolí a ztráty vedením do vzduchu se minimalizují, až zastaví. Jiná situace nastává, pokud se tak děje ve studeném vlhkém vzduchu nebo ve studené vodě, neboť voda je výborným vodičem tepla. Vedení tepla je ale také hlavní mechanismus přenosu tepla v tenkých vrstvách v oděvních systémech [9,19].

Tepelná ztráta vedením K [W m^{-2}] je dána vztahem:

$$K = R_c (T_{cl} - T_a) \quad (1)$$

kde R_c se počítá z rovnice (25) na tepelný odpor a T_{cl} je teplota textilie, která se často aproximuje teplotou pokožky, T_a je teplota vzduchu v místnosti [17].

1.4.2.2 Přenos tepla konvekcí

Proudění představuje nejvýznamnější přenos tepla mezi člověkem a okolím. Transport tepla probíhá pomocí částic tekutin pohybujících se určitou rychlostí v [m/s]. Mezi pokožkou a první oděvní vrstvou se nachází vzduchová mezivrstva (mikroklima – M) o tloušťce δ , ve které dochází k realizaci teplotního spádu.

Z hlediska fyzikální podstaty rozeznáváme konvekci přirozenou a nucenou. Přirozená konvekce je vyvolána vztakovými silami. Nucená konvekce vzniká zpravidla působením vnějších vlivů. Tloušťka mezní vrstvy je vyšší při

laminárním proudění a klesá u proudění turbulentního. Turbulentní proudění zajišťuje přenos tepla intenzivněji než proudění laminární [9,19].

Tepelná ztráta prouděním C [W m^{-2}] je dána vztahem:

$$C = f_{cl} k_p (T_{cl} - T_a) \quad (2)$$

kde koeficient přenosu tepla prouděním $k_p = 1/R_p$ [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$] souvisí s rychlostí proudění vzduchu. Pro sezení v podmínkách přirozené ventilace (rychlost vzduchu je $v = 0,2 \text{ m s}^{-1}$) je $k_p = 3,1 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ a pro aktivity přirozeném prostředí (intenzita aktivit je vyjádřena metabolickou rychlostí M) je:

$$k_p = 5,7 (M - 0,8)^{0,39} \quad \text{pro } 1,1 \leq M \leq 2 \quad (3) [17].$$

1.4.2.3 Přenos tepla radiací

Teplu je předáváno z pokožky do okolí a naopak je pokožkou přijímáno prostřednictvím infračerveného záření, které vydávají všechna tělesa. [20]

Tepelné ztráty jsou závislé na teplotě a vlhkosti okolí a na množství oblečení, které má člověk na sobě. Pokud je člověk nahý v místnosti při běžné pokojové teplotě, ztrácí přibližně 60% celkového tepla zářením. K tepelným ztrátám dochází při styku s chladnějšími povrchy nebo chladnějším okolím než je teplota těla. Pokud je teplejší okolní prostředí, dochází k přijímání tepla. Lidské tělo získává sálavé teplo např. vystavováním se na slunci nebo při pohybu u otevřeného ohně. Nachází-li se člověk u chladné zdi nebo okna, ztrácí velkého množství tělesného tepla. Řešením je např. záclona, blokující sálavé teplo, které vyzařuje chladné okno. Úroveň sálavého přenosu záleží na rozdílu teplot mezi povrchem těla a průměrnou teplotou okolních povrchů. Jelikož vzduch je slabým absorbentem sálavého tepla, tak téměř všechny zářivé (sálavé) výměny jsou mezi pevnými povrchy [10].

Tepelná ztráta sáláním S [W m^{-2}] je dána vztahem:

$$S = f_{cl} k_R (T_{cl} - T_r) \quad (4)$$

Koeficient přestupu tepla sáláním $k_R = 1/R_R$ [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$] lze určit ze vztahu:

$$k_R = 4 \varepsilon \sigma \frac{A_r}{A_T} \left(273,15 + \frac{T_{cl} + T_r}{2} \right)^3 \quad (5)$$

kde ε je průměrná emisivita oděvu, resp. povrchu těla (obvykle $\varepsilon = 0,95$), σ [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$] je Stefan Boltzmanova konstanta rovna $5,68 \cdot 10^{-8}$ a A_r [m^2] je efektivní plocha sálání těla. Poměr A_r/A_T je pro sedící osoby 0,7 a pro stojící osoby 0,73. Odpor sálání je pro běžné podmínky v místnostech obvykle téměř konstantní a do výpočtů se bere rovnost $4,7 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Pokud nejsou v systému žádné externí zdroje tepla a nepůsobí sluneční záření, bere se průměrná radiační teplota T_r , která je přibližně rovna teplotě vzduchu T_a [17].

1.4.2.4 Přenos tepla evaporací

Jedná se o nejúčinnější a nejdůležitější způsob vedení tepla. Je to jediný možný způsob výdeje tepla v případě, jestliže je teplota okolí vyšší než teplota těla. Odpařuje se pot vyloučený na kůži a svou přeměnou na páru odebírá změnou skupenství povrchu kůže určité množství tepla. Krev v podkoží se ochladí a proudí do hlubších tkání. Způsob, jak se pot odpařuje, je přímo závislý na vlhkosti vzduchu (v tropických pralesích s téměř 90% vlhkostí vzduchu se pot neodpařuje).

Kromě potu se odpařuje také tekutina ze sliznic a z plic. Za normálních teplot se takto ztrácí kolem 450 – 800 ml tekutiny denně. Tento proces odpařování není možné regulovat v procesu udržování tělesné teploty [10].

Ztráty vypařováním jsou popsány rovnicí:

$$E = \frac{P_s - P_a}{R_{et} + R_{esk}} \quad (6)$$

P_s [kPa] je průměrný tlak par na pokožce, P_a [kPa] je průměrný tlak par vzduchu, R_{et} [m² kPa W⁻¹] je výparný odpor oděvního systému a R_{esk} [m² kPa W⁻¹] je výparný odpor pokožky. Přibližně platí, že $R_{esk} = 0.33$ m² kPa W⁻¹ [17].

1.4.2.5 Přenos tepla respirací

Respirační množství tepla je realizováno pomocí dýchacích cest a jeho množství závisí na rozdílu množství vodních par vdechovaných a vydechovaných. Odpařování tohoto tepla se děje nepřetržitě [20].

V závislosti na teplotě okolního vzduchu a předmětů, lidské tělo může získat či ztratit teplo radiací, konvekcí a kondukcí. Člověk se výhradně chladí odpařováním. Při nižších teplotách proto v tepelné bilanci odpařování nehraje významnou roli. Při vyšších teplotách, kdy tepelné ztráty radiací a vedením nemohou nastat, tělo získává teplo z okolního prostředí a jediným způsobem, jak ztratit teplo, je odpařováním.

U lehce oblečeného člověka jsou tepelné ztráty prouděním a sáláním vyšší. Obě klesají s rostoucí teplotou vzduchu, zatímco teplotní ztráta vypařováním se zvyšuje s rostoucí teplotou vzduchu [10].

Tepelné ztráty prouděním při dýchání se dají určit ze vztahu:

$$C_{res} = m_{res} c_{pa} (T_{ex} - T_a) \quad (7)$$

m_{res} [kg s⁻¹ m⁻²] je rychlost dýchání, $c_{pa} = 1007$ [J kg⁻¹ K⁻¹] je specifické teplo vzduchu a T_{ex} [°C] je teplota vydechovaného vzduchu. Rychlost dýchání přímo souvisí s metabolickou rychlostí M [W m⁻²] vztahem:

$$m_{res} = \frac{2,58 M}{A} \quad (8) [17].$$

kde A [m^2] je povrchová plocha těla (běžně $1,8 m^2$).

Tepelná ztráta vypařováním při dýchání se dá vypočítat z rovnice:

$$E_{res} = m_{res} h_{fg} (W_{ex} / W_a) \quad (9)$$

$h_{fg} = 2423 \text{ kJ kg}^{-1}$ je vypařovací teplo vody, W_{ex} je relativní podíl vlhkosti vydechaného vzduchu a W_a je relativní podíl vlhkosti okolního vzduchu [17].

1.4.3 Člověk a textilie

Faktory ovlivňující tepelnou pohodu se rozdělují na faktory prostředí a faktory osobní, faktory textilie, popřípadě faktory doplňující [21, 22].

1.4.3.1 Faktory prostředí

1.4.3.1.1 Teplota vzduchu t_a [$^{\circ}\text{C}$]

Jedná se o teplotu vzduchu v interiéru neovlivněnou sáláním tepla z okolních předmětů. Čidlo by mělo být před tímto nežádoucím vlivem chráněno [21, 22].

1.4.3.1.2 Operativní teplota t_o [$^{\circ}\text{C}$]

Operativní teplota je dle ČSN EN ISO 7730 definována jako jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by tělo sdílelo radiaci i konvekci stejné množství tepla, jako ve skutečném, teplotně nesourodém prostředí [23].

1.4.3.1.3 Efektivní teplota t_{ef} [°C]

Vyjadřuje vzájemné působení teploty a vlhkosti na člověka. Je definována jako teplota vnitřního prostředí s relativní vlhkostí 50 %, která vyvolává stejné tepelné ztráty jako skutečné prostředí. Závisí na osobních faktorech, tedy na tepelném odporu oděvu a aktivitě metabolismu [22].

1.4.3.1.4 Střední radiační teplota t_r [°C]

Je myšlená rovnoměrná společná teplota všech ploch v prostoru, při níž by byl přenos tepla z těla sáláním stejný, jako ve skutečnosti [21, 22].

1.4.3.1.5 Rychlost proudění vzduchu v_a [m/s]

Jde o efektivní rychlost vzduchu určenou svojí velikostí a směrem. Rozumíme tím velikost vektoru rychlosti v místě měření dle ČSN ISO 7726 [21, 22].

1.4.3.1.6 Relativní vlhkost vzduchu RH [%]

Relativní vlhkost vzduchu udává míru nasycení suchého vzduchu vodní parou (poměr obsahu vodní páry k maximu, který může vzduch při dané teplotě dosáhnout). Hodnoty vlhkosti by se měly pohybovat v rozmezí 30 - 70 % [21, 22].

1.4.3.2 Faktory osobní

1.4.3.2.1 Hodnota metabolismu [W/m², MET]

Hodnota metabolismu (stupeň aktivity) může být ovlivněna jídlem a pitím i úrovní aklimatizace člověka. Krátkodobé přizpůsobení zmíněným podmínkám je dosahováno za 20 až 30 minut. Je však i dlouhodobé přizpůsobení venkovním podmínkám, kdy aklimatizace může trvat až 6 měsíců [24].

Tepelná bilance v systému člověk-oděv-okolí je definována:

Tepelná produkce = tepelná ztráta

$$M - W = K + C + S + E + C_{res} + E_{res} + H \quad (10)$$

M [W m^{-2}] je metabolická rychlost

W [W m^{-2}] je mechanický výkon

K [W m^{-2}] je tepelná ztráta vedením (kondukcí) z pokožky

C [W m^{-2}] je tepelná ztráta prouděním (konvekci) z pokožky

S [W m^{-2}] je tepelná ztráta sáláním (radiací) z pokožky

E [W m^{-2}] je tepelná ztráta vypařováním z pokožky

C_{res} [W m^{-2}] je tepelná ztráta prouděním při dýchání

E_{res} [W m^{-2}] je tepelná ztráta vypařováním při dýchání

H [W m^{-2}] je rychlost akumulace (hromadění) tělesného tepla [17].

Metabolický stupeň se mění s mírou námahy. Pokud je uvolňování tepla pomalejší než rychlost vytváření tepla uvnitř těla, tak se přebytek tepla ukládá v tělesných tkáních. Tělo má však omezenou tepelnou kapacitu [10].

Metabolická rychlost M_r . Vyjadřuje se v jednotkách met (1 met = 58,1 W m^{-2}). Ve spánku je metabolická aktivita 0,7 met, při sezení v klidu je 1 met, při chůzi rychlostí 0,9 m s^{-1} (3,2 km h^{-1}) je 2 met a při chůzi rychlostí 1,8 m s^{-1} (6,4 km h^{-1}) je 3,8 met. Metabolickou rychlost je možno měřit na základě spotřeby kyslíku a množství vydechovaného CO_2 . M_r lze vypočítat na základě hodnot srdečního tepu. Jednoduchý empirický regresivní model lze vyjádřit ve vztahu:

$$M_r = -1967 + 8,58 HR + 25,1 HT + 4,5 A - 7,47 RHR + 67,8 G \quad [\text{W}] \quad (11) [17]$$

HR [tepy min^{-1}] je průměrná tepová frekvence při aktivitě

HT [palce] je výška probanda

A [roky] je věk probanda

RHR [tepy min^{-1}] je průměrná klidová tepová frekvence

G je 0 pro muže, resp. $G = 1$ pro ženy [17].

1.4.3.2.2 Tepelný odpor oděvu R_{cl} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, clo]

Vlastnosti oděvu významně ovlivňují přenos tepla. Za nejdůležitější vlastnost můžeme považovat tepelný odpor oděvu. Dalšími vlastnostmi jsou prodyšnost vzduchu, prodyšnost vodních par, typ materiálu, odolnost proti průniku vody, odpuzování a vedení potu atd. Tepelný odpor oděvu vychází z vrstvení materiálu a ze vzduchových vrstev mezi nimi. Je závislý na tloušťce textilie [21, 22, 23].

Pro kvantifikaci tepelného komfortu byla zavedena veličina Clo . 1 Clo definuje izolaci díky oděvnímu systému, která zajišťuje komfort (tepelnou pohodu) klidně sedícímu člověku v normálně ventilované místnosti (rychlost proudění vzduchu je 0,1 m/s) při teplotě $T_a = 21^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu RH méně než 50%. Předpokládá se, že za těchto podmínek se 24% metabolického tepla ztrácí odpařováním z povrchu pokožky. Celkové metabolické teplo za těchto podmínek je 1 Met, což je $58,153 \text{ W m}^{-2}$. Zbýlých 76% metabolického tepla, tj. $Q_e = 44.1963 \text{ W m}^{-2}$ ($38 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), se musí odvést oděvem mechanismy proudění, vedení, radiace. Teplota pokožky v klidném pohodovém je přibližně $T_s = 33^\circ\text{C}$. Izolace pouze oděvního systému je tedy $0,155 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$ tj. 1 Clo . Takto určená izolace oděvu je vlastně efektivní izolace celého těla [17].

Tab. 1: – Tepelný odpor vybraných druhů oděvů [22].

<i>Oděv</i>	<i>I_a [clo]</i>
slipy	0,03
kalhotky a podprsenka	0,03
tričko s krátkým rukávem	0,08
tričko s dlouhým rukávem	0,34
kalhoty normální	0,24
svetr	0,36
sako	0,48
ponožky	0,02

1.4.3.3 Faktory plošné textilie

1.4.3.3.1 Objemová poróznost

Poróznost je faktor textilie, který statisticky významně ovlivňuje tepelnou vodivost, ta spolu s tloušťkou textilie ovlivňuje tepelný odpor a výsledné clo oděvu. Celková poróznost se může rozdělit na mikroporóznost, mezoporóznost a makroporóznost.

Mikroporóznost je poróznost ve vláknech, kde přírodní vlákna jsou přirozeně porézní oproti syntetickým vláknům. Akrylová vlákna jsou vyrobená zamokra a jsou také porézní (zde odchází látky skrz povrch vlákna). Ostatní většinou porézní nejsou, protože syntetická vlákna se vyrábějí z taveniny a při ochlazení taveniny na povrchu dochází k tunutí povrchu. Na povrchu jsou vlákna více orientována a na povrchu je tedy vlákno kompaktnější (skin efekt).

Mezoporóznost je mezi vlákny v nitích. Nitě jsou hedvábí a příze. Příze jsou z krátkých staplových vláken. Vlastnosti příze závisí na vláknech (délka, jemnost, kadeřavost), jak jsou vyrobené (jemnost, zákrut, typ technologie) a to ovlivňuje orientaci. Poróznost příze podle toho, zda-li to je česané (více narovnané), z delších vláken má větší poróznost než mikaná (přibližně 50%). Hedvábí, kde jsou rovnoběžně vlákna vedle sebe je poróznost přibližně 20 - 30%.

Makroporóza je mezi nitěmi. Závisí na vazbě a přízi (hrubá, jemná). Celková poróza je 70% a více.

Jednoduchým způsobem se definuje hustotní poróza:

$$P_o = 1 - \frac{gsm}{tl * \rho_v} \quad (12)$$

tl [mm] je tloušťka materiálu, gsm [g/m²] je plošná hmotnost, g [kg m⁻³] je hustota vláken

Jedná se o podíl objemu pórů ku celkovému objemu. Lze také stanovit ve vztahu:

$$P_o = \frac{V_p}{V_c} = 1 - \frac{V_{vl}}{V_c} = 1 - \frac{\rho_{plošné\ textilie}}{\rho_v} = 1 - \frac{gsm}{Tl * \rho_v} \quad (13) [17].$$

V_p [m³] je objem pórů, V_c [m³] je objemový podíl vláken, V_{vl} [m³] je objem vláken, Tl [mm] je tloušťka materiálu, gsm [g/m²] je plošná hmotnost, g_v [kg m⁻³] je hustota vláken [17].

1.5 HODNOCENÍ TEPELNÉHO KOMFORTU

Metody používané pro hodnocení (zjišťování) tepelné pohody lidí jsou:

- objektivní -
 - měření fyzikálních veličin a výpočet tepelně komfortních charakteristik a tepelných indexů, tj. PMV (Predicted Mean Vote), PPD (Predicted Percentage Dissatisfied), IREQ

(Required Clothing Insulation), DLE (Duration Limited Exposure), WGBT (Wet Bulb Globe Temperature), TC (komfort Air Temperature).

- simulace tepelných podmínek pomocí speciálních zařízení – např. tepelný manekýn, vyhřívaný válec [25].
 - sledování vybraných fyziologických funkcí (teplota, vlhkost, srdeční frekvence SF) na člověku v klimatizované místnosti, v závislosti na fyzickém zatížení člověka a klimatických podmínkách prostředí.
 - měření vybraných vlastností textilií - prodyšnost (FX 3300), tepelná vodivost a tepelný odpor (λ), paropropustnost a výparný odpor (Permetest)
- subjektivní -
 - doplňuje objektivní hodnocení formou dotazování. Jedinci odpovídají na otázky týkající se převážně vnímání teploty a současně se měří parametry vzduchu. Tato metoda se používá převážně v interiérech běžně obydlených lidmi (tedy v konkrétní budově, při běžném provozu) [10].

1.5.1 Vybrané tepelné charakteristiky

1.5.1.1 Index PMV

PMV neboli předpokládaná průměrná volba (Predicted Mean Vote), předpovídá střední tepelný pocit skupiny osob a určuje se na základě ASHRAE sedmibodového měřítka tepelné pohody (viz tab. 2). Index je definován jako funkce rozdílu tepelného výdeje a aktuálního toku tepla, které je tělu odnímáno okolím při daných parametrech okolí. Každý vnímá teplo a chladno jinak, respektive každý má jiné vnímání tepelného komfortu. Pocitovému hodnocení tepelného komfortu více odpovídá právě Bedfordova stupnice, zatímco stupnice ASHRAE hodnotí, jak je člověk spokojený. Na základě rozdílného vnímání nemusí být všichni ve stejném prostředí stejně spokojeni. Rovněž neutrální vnímání neznamena nutně dosažení tepelného komfortu [22, 23, 27, 28].

Tab. 2: – Vyjádření tepelného pocitu dle indexu PMV [28].

<i>PMV</i>	<i>ASHRAE</i>	<i>Bedford</i>
3	horko	velmi teplo
2	teplo	teplo
1	mírně teplo	příjemně teplo
0	neutrálně	příjemně
-1	mírně chladno	příjemně chladno
-2	chladno	chladno
-3	zima	velmi chladno

1.5.1.2 Index PPD

PPD, předpokládané procento nespokojených (Predicted Percentage of Dissatisfied), je procentuální podíl lidí, kteří pocítují tepelný diskomfort, tedy jsou nespokojení. Stanovuje se na základě indexu PMV [22].

1.5.1.3 Index WBGT

Pro vyjádření celkové tepelné pohody se uvažuje, že obě strany těla je možné průměrovat se stejnými významnostmi. To bylo možné s využitím tepelných indexů. Jedním ze standardních indexů vhodný pro podmínky zvýšené teploty patří WBGT index, který lze vyjádřit ve vztahu:

$$WBGT = 0,7 T_w(T_a) + 0,3 T_a \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (14) [17].$$

Teplota mokrého teploměru $T_w(T_a)$ [$^{\circ}\text{C}$] souvisela s teplotou okolí T_a a relativní vlhkostí okolí RH [%]. Lze ji určit dosazením do empirického výrazu:

$$T_w(T_a) = T_a \operatorname{atg} \left[0,151977 \sqrt{(RH + 8,313658)} \right] + \operatorname{atg}(T_a + RH) - \operatorname{atg}(RH - 1,676331) + 0,00391838 \sqrt{RH^3} \operatorname{atg}(0,023101 RH) - 4,686035$$

(15) [17].

symbol $\operatorname{atg}(x)$ označuje arkustangentu x a x je v radiánech. Vztah mezi *WBGT* a úrovni rizika přehřátí je znázorněn v tab. č. 3.

Tab. 3: Vztah mezi *WBGT* a úrovni rizika přehřátí [17].

Rozmezí <i>WBGT</i>	Riziko přehřátí	Body
pod 18°C	nízké	1,0
18°C ≤ <i>WBGT</i> ≤ 23°C	střední	0,8
23°C ≤ <i>WBGT</i> ≤ 28°C	vysoké	0,6
28°C ≤ <i>WBGT</i> ≤ 30°C	velmi vysoké	0,4
nad 30°C	téměř jisté	0,2

Pro přesnější posouzení byla využita bodová škála dle tab. č. 3, kde byla použita průměrná a maximální hodnota *WBGT*. Čím víc bodů, tím je pocit komfortu lepší a riziko přehřátí nižší.

Existuje však řada dalších indexů. Heat index zjišťuje tepelný nesoulad. Efektivní teplota určuje, zda-li máme pocit tepla nebo chladu a Humindex vyjadřuje úroveň tepelné pohody z hlediska komfortu. [17].

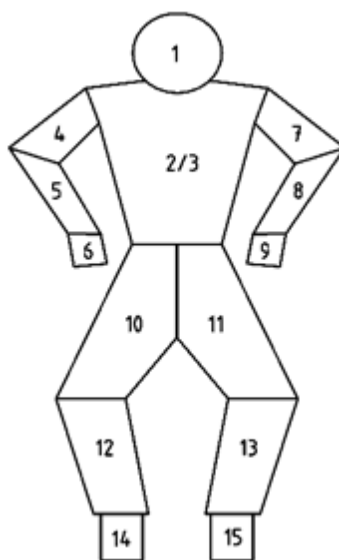
1.5.2 Simulace tepelných podmínek

1.5.2.1 Tepelný manekýn

Jelikož měření na živých dobrovolnících může být neefektivní a nemuselo by přinášet spolehlivý výsledek, používá se mnohem přesnější metoda, kdy se využívá tepelný manekýn jménem "Karel" [25].

Tepelný manekýn je model lidského těla s přibližným zachováním rozměrů průměrného člověka, který umožňuje simulovat tepelné reakce lidského organismu. Kovový manekýn se skládá z makety hlavy, hrudníku, břicha, zad, horních končetin s nataženými prsty a dolních končetin. Je rozdělen na 15 zón,

který jsou znázorněny na obr. 7. V každé zóně je nezávisle ovládané elektrické topné těleso s možností měření tepelného toku, který zároveň funguje jako odporový teploměr. Povrchová teplota je elektrickým vyhříváním udržována na určité konstantní teplotě. Teplo se z jeho povrchu přenáší do okolního prostředí způsoby, uvedenými v kapitole 1.4.2 (převážně radiace a konvekce, evaporace je nulová). Z dodaného příkonu (respektive tepelného toku) v každé zóně se poté vyvozují závěry ohledně výdeje tepla [25].



Obr. 7: Tepelný manekýn - schématické uspořádání zón [25].

Jedná se o model vícesegmentový a statický. Lze se napojit na pohybový systém a simulovat chůzi.

Tepelný manekýn "Karel" je používán ke zkoušení oděvů a jejich fyziologických účinků. Metodika se nazývá 'Měření tepelné izolace pomocí tepelné figuríny' a zkušební metoda je ČSN EN ISO 15831:2004 [25].

1.5.3 Vybrané vlastnosti textilií

1.5.3.1 FX 3300

Přístroj slouží k měření propustnosti textilií pro vzduch neboli prodyšnosti. Přístroj je výrobkem švýcarské firmy TEXTEST AG.

Jeho princip spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu (nejčastěji 100 Pa) mezi oběma povrchy testované textilie a měření takto vyvolaného průtoku vzduchu. Testovaná plocha činí 5 cm² nebo 20 cm². Propustnost se udává v m/s. Měřená textilie se vkládá do přístroje vcelku, není třeba vystříhovat vzorek o speciálních rozměrech [9].



Obr. 8: Schéma měřícího přístroje FX 3300 [29].

Výhodou tohoto přístroje je velmi krátká doba měření a zkouška prodyšnosti se provádí nedestruktivním způsobem [9].

Prodyšnost je užitná vlastnost oděvního materiálu, která ovlivňuje fyziologický komfort nositele. Dobře prodyšný oděv umožňuje větrání prostoru pod oděvem, kterým se může podporovat odpařování tělesného potu a odvod tepla konvencí. Napomáhá odstraňování malého množství CO₂, který dává tělu pocit chladu a zabraňuje tvorbě zápachu rozkladem bakterií přítomných na kůži [20].

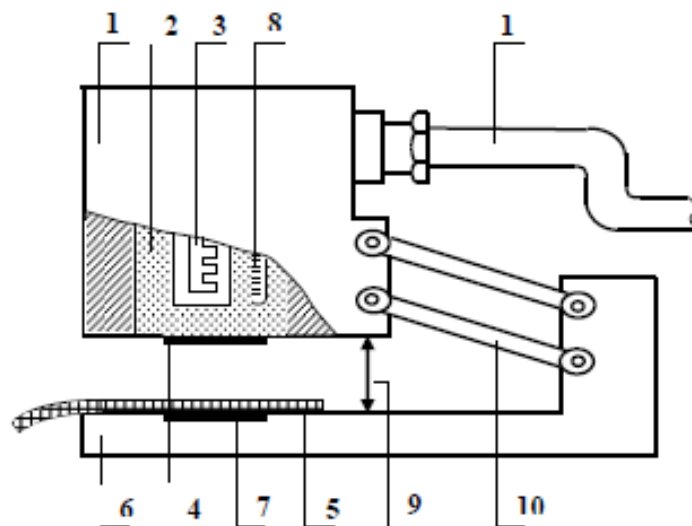
1.5.3.2 Alambeta

Termofyzikální parametry textilií měří přístroj vyvinutý profesorem Hesem a Doležalem [9]. Pomocí přístroje Alambeta je možno měřit vlastnosti textilií, jako je tepelná vodivost λ , tepelná jímavost b , tepelný odpor r , tloušťka materiálu

h , teplotní vodivost a , max. tepelný tok q nebo poměr maximálního a ustáleného tepelného toku p [9].

Princip spočívá v aplikaci snímače tepelného toku s konstantní teplotou 32°C na vzorek textilie a počítač začne vyhodnocovat průběh tepelného toku. Zároveň fotoelektrický senzor změří tloušťku vzorku.

Vyšší tepelná vodivost znamená rychlejší odvod tepla. Je to však ovlivněné strukturou a složením materiálu [9].



Obr. 9: Schéma měřicího přístroje ALAMBETA [9].

Na základnu přístroje **6** (spodní část), který je vyhříván na teplotu okolí, se položí měřený vzorek **5**. Hlavice **1**, která je vyhřívána na teplotu o cca 10°C vyšší (obvykle 33°C, tj. teplota kůže lidského těla), než je teplota okolí, se spustí a snímače tepelného toku **4** a **7** měří tepelné toky mezi jednotlivými povrchy. Současně je změřena i tloušťka materiálu h , jako vzdálenost měřících hlav. Součástí základny přístroje je termostat a teploměr, součástí měřicí hlavičky je teploměr **8**, topné těleso **3**, termostat **2** a tepelná izolace.

Před vlastním měřením je důležité nechat nejprve klesnout měřící hlavičku bez vložení vzorku, kdy si přístroj nastaví tloušťku $h_0 = 0$ [9].

1.5.3.2.1 Tloušťka materiálu h [mm]

1.5.3.2.2 Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

Měrná tepelná vodivost představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá. Materiály, které mají vysokou hodnotu tepelné vodivosti, se označují jako vodiče, materiály s nízkou hodnotou tepelné vodivosti jako izolátory. Nejmenší tepelnou vodivost mají materiály z velmi jemných vláken. Průměr vláken a tloušťka tepelnou vodivost zvyšují. Chceme-li izolovat, tak nejmenší vodivost má vzduch ($0,024 \text{ Wm}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) [9].

1.5.3.2.3 Tepelný odpor r [$\text{W}^{-1}\cdot\text{K}\cdot\text{m}^2$]

Je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor.

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad (16)$$

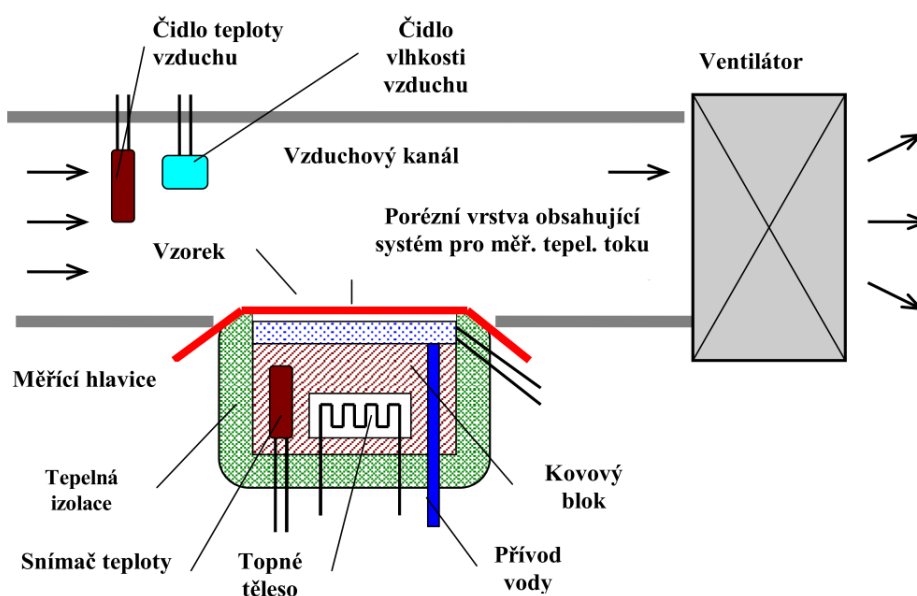
h [mm] je tloušťka, λ [$\text{W} / \text{m}\cdot\text{K}$] je tepelná vodivost [9].

Dle pana profesora Hese je možné hodnotit ještě další parametry, např. tepelný tok q , měrná teplotní vodivost a , tepelná jímavost b [9].

Tyto vlastnosti textilie souvisí se schopností materiálu vést teplo a tedy tepelně izolační schopnost materiálu je nepřímou závislou na součiniteli tepelné vodivosti. Textilní útvar tvoří na povrchu těla nehomogenní izolační vrstvu, která má za úkol zabránit přestupu tepla z prostředí teplejšího do chladnějšího a naopak bránit zvyšování tělesné teploty sálavým teplem z horkého okolního prostředí [20].

1.5.3.3 Permetest

„Přístroj měřící tepelný odpor, výparný odpor a relativní paropropustnost. Jedná se o skin model, na kterém lze měřit za jakýchkoliv klimatických podmínek, neboť se měření provádí pod hlavicí, kde jsou ustáleny podmínky. Přístroj byl nainstalován již ve 22 zemích světa, mimo Evropy také například v Austrálii, Brazílii či USA. V roce 1990 byl patentován profesorem Lubošem Hesem z Technické univerzity v Liberci“ [9].



Obr. 10: Schéma měřicího přístroje PERMETEST [9].

Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu, který je přístrojem nasáván (obvykle o teplotě 20 – 23°C). Vlhkost se při měření v porézní vrstvě mění v páru a prochází přes separační fólii měřicím vzorkem. Výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem. Jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímě úměrná jejímu výparnému odporu. V obou případech se měří nejdříve bez vzorku, následně znovu se vzorkem. Tímto způsobem se naměří odpovídající tepelné toky q_o a q_v .

Hlavní výhodou Permetestu je nedestrukční způsob měření, kdy můžeme textilní výrobek vkládat vcelku. Další výhodou jsou rozměry přístroje, které

umožňují snadné přemístění stroje a v poslední řadě je velkou výhodou krátká doba měření (2 – 3 minuty). Měření lze provádět za jakýkoliv klimatických podmínek [9,30].

1.5.3.3.1 Relativní paropropustnost pro vodní páry p [%]

Přístroj měří relativní propustnost pro vodní páry p [%]. Tento parametr není normalizovaný. Ve vztahu 100% propustnost představuje tepelný tok q_o vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako má měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží o hodnotu q_v . Platí tedy:

$$p = 100 \left(\frac{q_v}{q_o} \right) \quad [\%] \quad (17)$$

q_o, q_v [W/m^2] je tepelný tok [9].

1.5.3.3.2 Výparný odpor R_{et} [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa} / \text{W}$]

Výparný odpor je definován jako tlakový rozdíl mezi dvěma stranami materiálu dělený výparným tepelným tokem na jednotku plochy.

$$R_{et} = \frac{(P_m - P_a)}{(q_v - q_o)} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} / \text{W}] \quad (18)$$

P_m [Pa] je nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavičky, P_a [Pa] je parciální tlak vodní páry v okolí, q_v [W/m^2] je tepelný tok procházející měřicí hlavičkou zakrytou měřeným vzorkem, q_o [W/m^2] je tepelný tok procházející měřicí hlavičkou nezakrytou měřeným vzorkem [9,30].

Propustnost vodních par má velký význam pro tvorbu oděvu, protože s ní souvisí normalizace vhodného mikroklimatu v prostoru pod oděvem a tedy i normalizace sdílení tepla i vlhkosti [20].

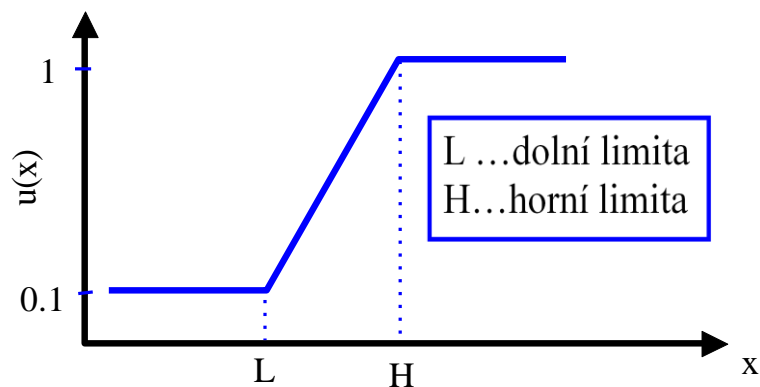
1.5.4 Užítost textílie

Jak vyplývá z předchozích kapitol je možné měřit a získat mnoho tepelných indexů, fyzikálních veličin apod. Tyto veličiny pro zkoumané textílie jsou různé velikosti, mají různé jednotky a lze obtížně stanovit, která textílie lépe vyhovuje daným požadavkům. Výrobce bude zřejmě preferovat především dodržení technologických parametrů výroby a snažit se omezovat variabilitu produktů. Zpracovatel bude hodnotit zpracovatelské vlastnosti vstupujícího "meziproduktu" a jejich vliv na jakost vyráběného produktu. Spotřebitele budou zřejmě zajímat užité vlastnosti, jako jsou: organoleptické vlastnosti, komfort, vzhled, životnost atd. Spotřebitel při nákupu jakéhokoliv oděvu očekává, že výrobek splní jeho požadavky na užité vlastnosti, které odpovídají účelu a způsobu užívání.

Pro sportovní oděvy jsou důležité vlastnosti související s fyzikálními parametry prostupu tepla, vodních par, vzduchu a vody ve směru od lidského organismu do prostředí a naopak. Tyto vlastnosti jsou základem pro charakterizaci funkčního a uživatelského komfortu [17].

Pro hodnocení komfortu dresů je tedy vhodné stanovit užítost textílie. Existují znaky jakosti, které jsou vyjádřeny tzv. užítými vlastnostmi. Mohou být buď jednoduše měřitelné (pevnost, tažnost, navlhavost), které mají u některých druhů výrobků (např. oděvních textílií) menší význam, nebo přímo neměřitelné (omak, vůně, komfort při použití, vzhled), které jsou pro výrobky spotřebního charakteru rozhodující. [17].

Tvar transformační funkce $f(x)$ závisí na typu užité vlastnosti. Jednostranně ohraničené vlastnosti jsou takové, že $f(x)$ je monotónně rostoucí (pro vlastnosti typu „větší“ je „lepší“ – např. pevnost), resp. monotónně klesající (pro vlastnosti typu „větší“ je „horší“ – např. sráživost) funkcí x . Oboustranně ohraničené vlastnosti (vlastnosti typu „na obě strany od optimálního rozmezí dochází k poklesu“ – např. prodyšnost vzduchu) jsou takové, že $f(x)$ monotónně klesá na obě strany od optimálního rozmezí. Je zřejmé, že $f(x)$ pro oboustranně ohraničené vlastnosti se dá při vhodné volbě mezí (L_1, L_2, D_1, D_2) použít i pro jednostranně ohraničené vlastnosti.



Obr. 11: Jednoduchá transformace na dílčí užitnosti u [17].

Stanovením dolní a horní limity byla pomocí níže uvedeného vzorce získána užitná hodnota:

$$u(x) = \frac{0.9}{H - L} (x - H) + 1 \quad (19) [17].$$

S ohledem na požadované vlastnosti (pro nulové u_i vychází také $U = 0$) je vhodné použít vážený geometrický průměr.

$$U = \exp\left(\sum_{j=1}^K w_j \ln(u_j)\right) \quad (20)$$

Hodnota U se pohybuje v mezích od 0 (nevyhovující) až 1 (úplně vyhovující).

Je tedy vyžadováno nalezení pokud možno úplné množiny významných užitných vlastností, stanovení jejich velikosti (měření), nalezení vhodných vah (součet musel být roven 1) a vybrat vhodné komplexní kritérium [17].

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této části diplomové práce je uveden popis zkoumaného materiálu, včetně rozboru pletenin, jejich přízí a řezů. Je stanovena hustotní poróznost, která byla vypočtena dle vztahu (12) a následně zjištěna orientačně celková poróznost pomocí mikrotomografu SkyScan 1272.

Druhou fází experimentu bylo objektivní měření vybraných vlastností textilií - prodyšnost (FX 3300), tepelná vodivost a tepelný odpor (Alambeta), paropropustnost a výparný odpor (Permetest). Tyto vlastnosti byly vyhodnoceny v závislosti na hustotní poróznosti.

V třetí části byla navržena metodika testování tepelného komfortu fotbalových dresů při zátěži a nalezení jednoduchých charakteristik pro hodnocení přenosu tepla a vlhkosti přes textilií. Teplota a vlhkost je měřena pomocí senzorů umístěných na těle probanda, pod textilií a na textilií za reálné fyzické zátěže. K tomuto objektivnímu měření bylo zjišťováno i subjektivní hodnocení dresů probandy. Před zátěží, během zátěže, ihned po skončení zátěže a na konci měření jedinec vyplnil dotazník, který měl několik otázek týkající se subjektivního hodnocení.

V návrhu metodiky na hodnocení při zátěži je uvedeno také stanovení komplexního kritéria jakosti (užitné hodnoty) s ohledem na vybrané měřené charakteristiky doplněné o další měřené vlastnosti jako je prodyšnost, tepelná vodivost, tepelný odpor, apod.

2.1 POPIS ZKOUMANÉHO MATERIÁLU A STANOVENÍ PORÓZNOSTI

Měření komfortních vlastností bylo prováděno na čtyřech různých fotbalových dresech. Všechny dresy byly s krátkým rukávem. Na šicím oddělení na Katedře oděvnictví byly zúženy tak, aby obepínaly tělo probanda.

Pomocí Tescan Vega TS 5130MM, což je rastrovací elektronový mikroskop s motorizovaným manipulátorem, byly pořízeny snímky pletenin včetně příze a řezu.

2.1.1 Charakteristika testovaných fotbalových dresů

2.1.1.1 Dres FC Slovan Liberec

Fotbalový dres od firmy Nike znázorněný na obr. 12, byl ze 100% polyesteru. V současné době používán profesionálním fotbalovým klubem FC Slovan Liberec.



Obr. 12: Zúžený dres FC Slovan Liberec

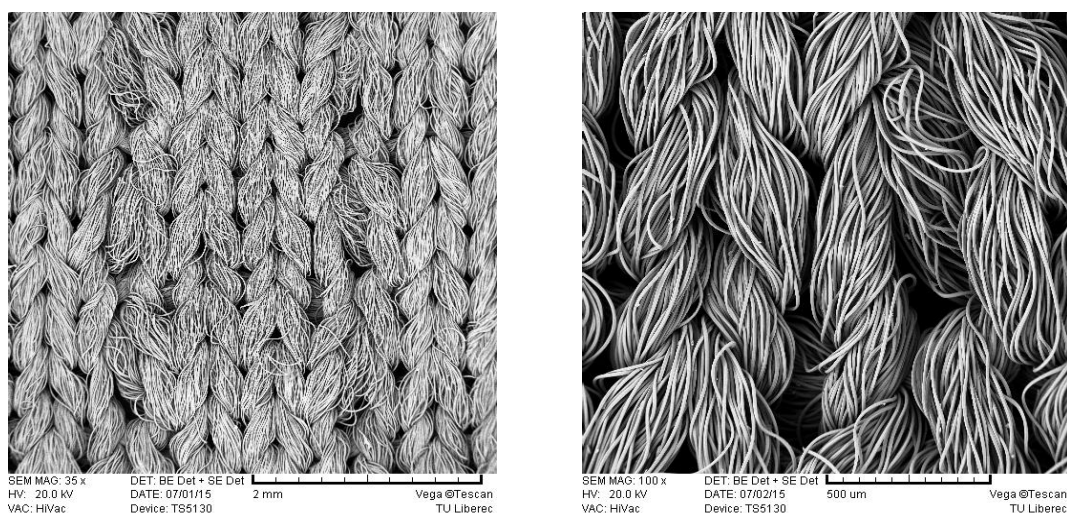


Obr. 13: Laserem stříhané otvory

Vlivem zúžení dresu nebyly plně využity laserem stříhané otvory na boční straně dresu (obr. 13), které sloužili k lepší ventilaci a ochlazování těla.

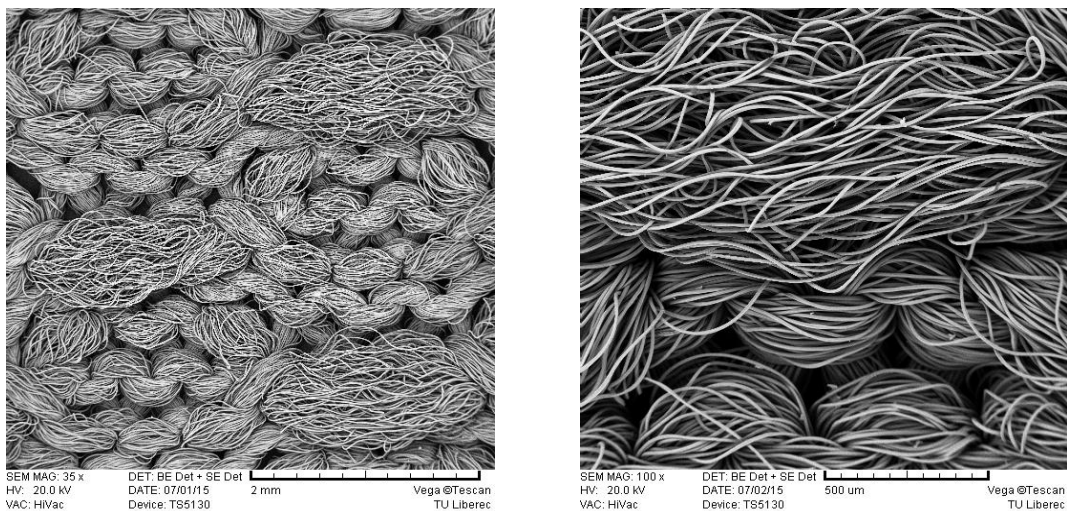
Dres Slovanu Liberec je složen ze dvou různých pletařských částí. Designéři firmy Nike došli k závěru, že na hrudní přední straně by měl dres především chránit orgány a svaly před povětrnostními podmínkami. Pletenina má minimální otvory. Oproti tomu dres na zadní straně má velké otvory a lze očekávat vyšší prodyšnost.

Na obr. 14 je znázorněno, že přední část dresu je ze zátažné jedolící pleteniny.



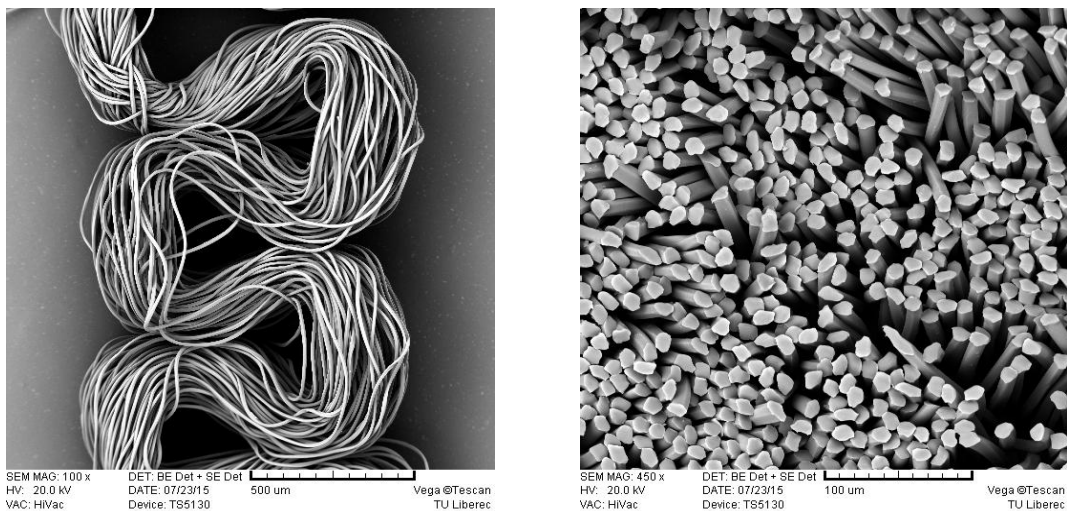
Obr. 14: Přední část dresu - líc

Na obr. 15 je znázorněna zátažná jedolící pletenina s přetaženou kličkou.



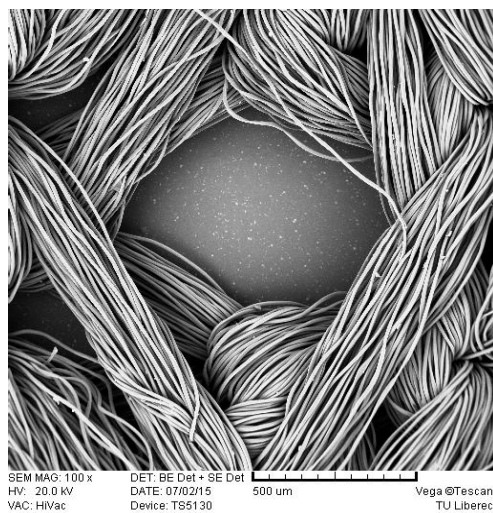
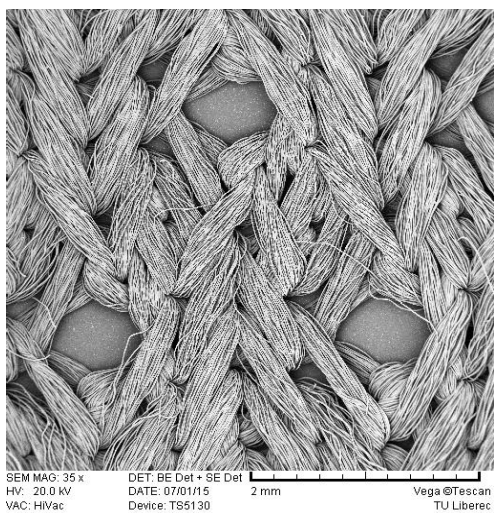
Obr. 15: Přední část dresu - rub

Na obr. 16 je znázorněn multifil a podle řezu pleteniny je vidět, že se jedná o polyester oválného průřezu.

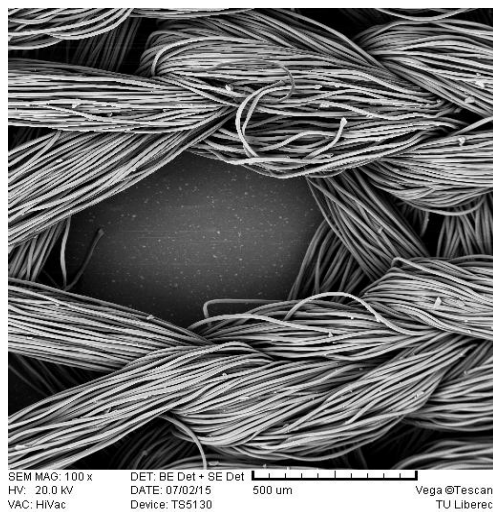
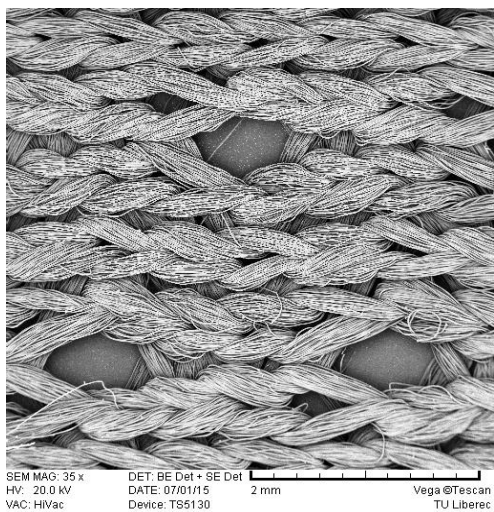


Obr. 16: Multifil a řez přední části dresu

Lícni a rubní strana zadní části dresu, která je znázorněna na obr. 17, 18 lze označit za osnovní jednolící pleteninu.

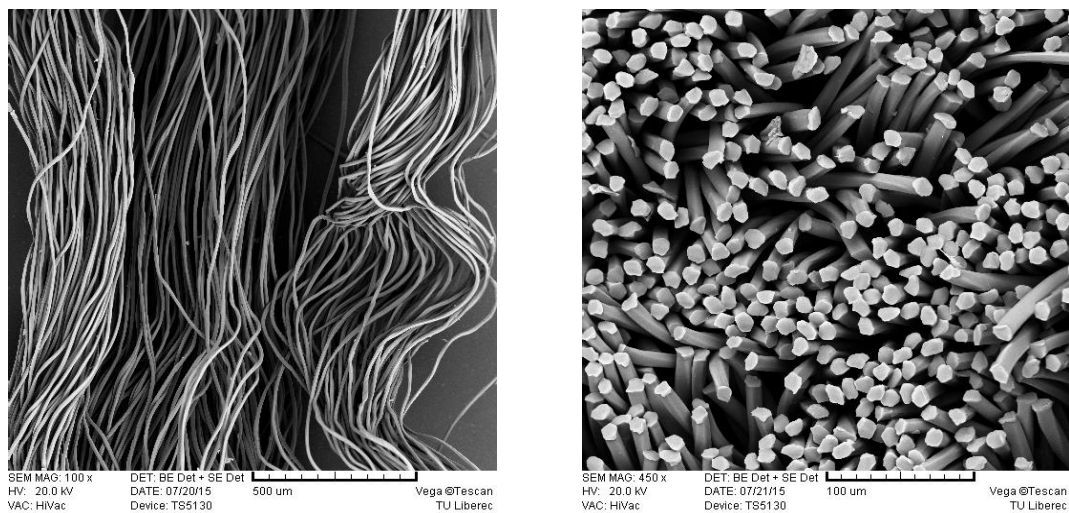


Obr. 17: Zadní část dresu - lic



Obr. 18: Zadní část dresu - rub

Na obr. 19 je vidět multifil a řez pleteniny znázorňuje polyester oválného průřezu.



Obr. 19: Multifil a řez zadní části dresu

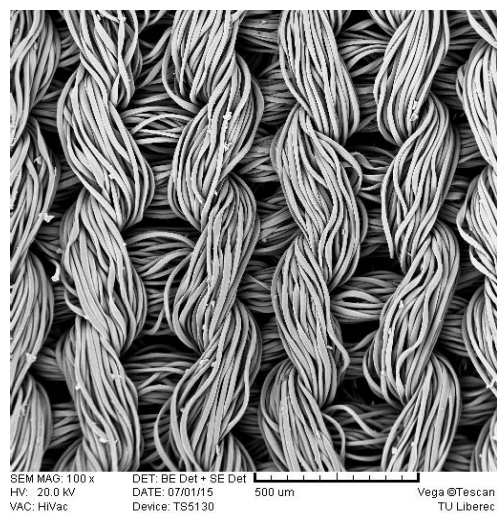
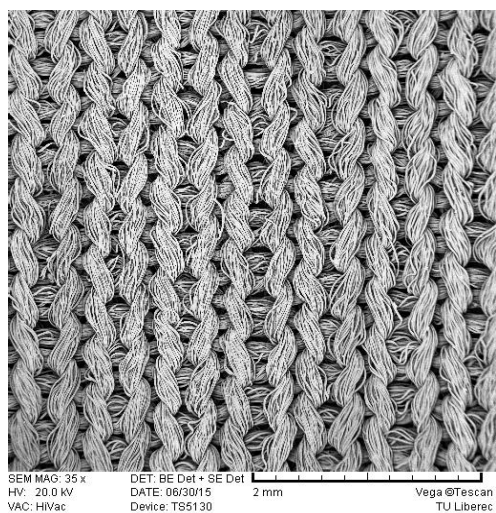
2.1.1.2 Dres české reprezentace

Fotbalový dres značky Puma znázorněný na obr. 20, byl také ze 100% polyesteru. Dres byl replikou fotbalového národního týmu české reprezentace.

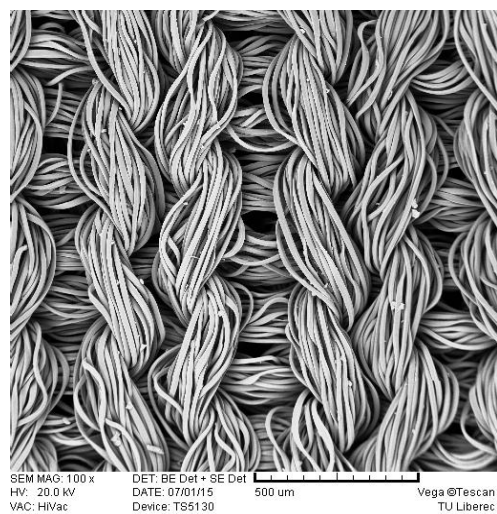
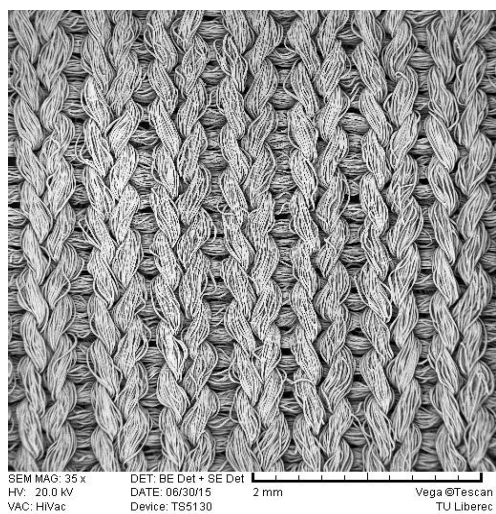


Obr. 20: Zúžený dres české reprezentace

Lící a rubní strana dresu, která je znázorněna na obr. 21, 22 lze označit za zátažnou interlokovou hladkou pleteninu.

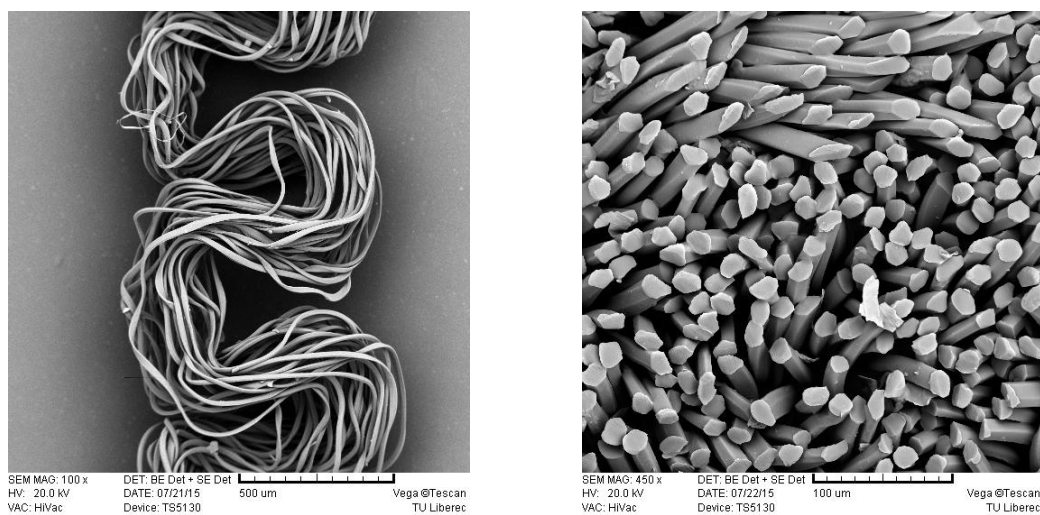


Obr. 21: Část dresu české reprezentace - lic



Obr. 22: Část dresu české reprezentace - rub

Na obr. 23 je vidět multifil, který není vzduchově tvarovaný a řez pleteniny znázorňuje polyester oválného průřezu.



Obr. 23: Multifil a řez části dresu české reprezentace

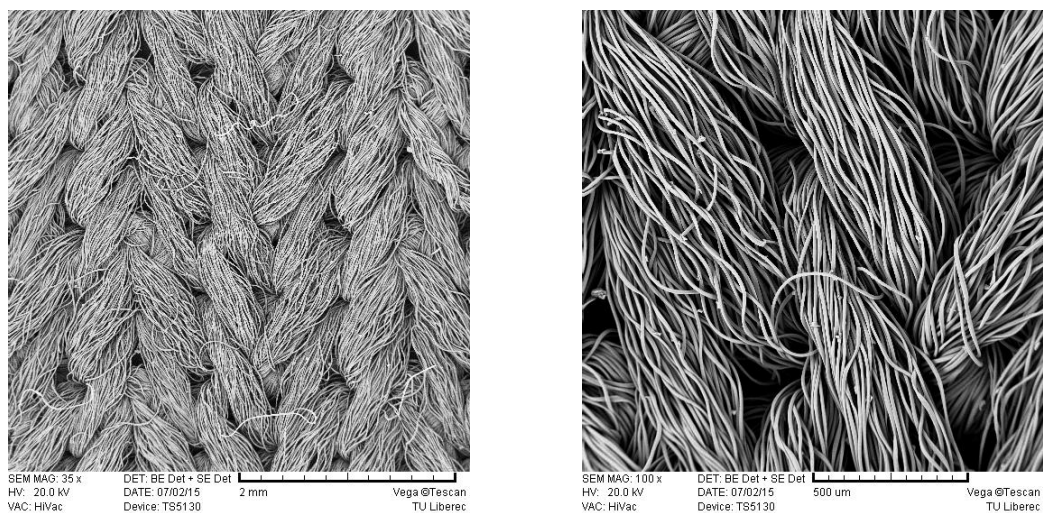
2.1.1.3 Dres SK Motorlet Praha

Fotbalový dres od firmy Adidas, který byl ze 100% polyesteru je znázorněn na obr. 24. Dres byl používán divizním fotbalovým klubem SK Motorlet Praha v sezóně 2010/2011.

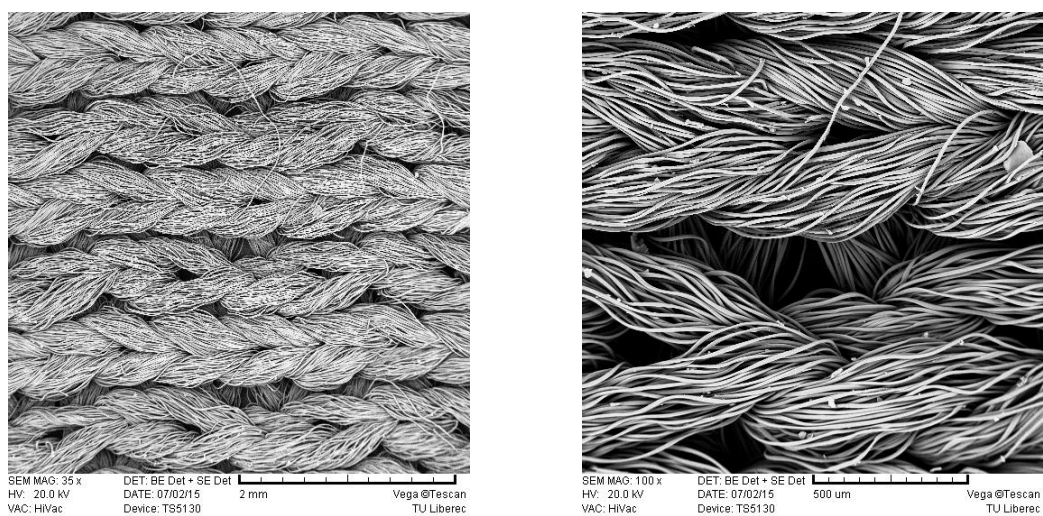


Obr. 24: Zúžený dres SK Motorlet Praha

Lící a rubní strana dresu, která je znázorněna na obr. 25, 26 lze označit za osnovní jednocícní pletenina mající kombinaci střídavého kladení.

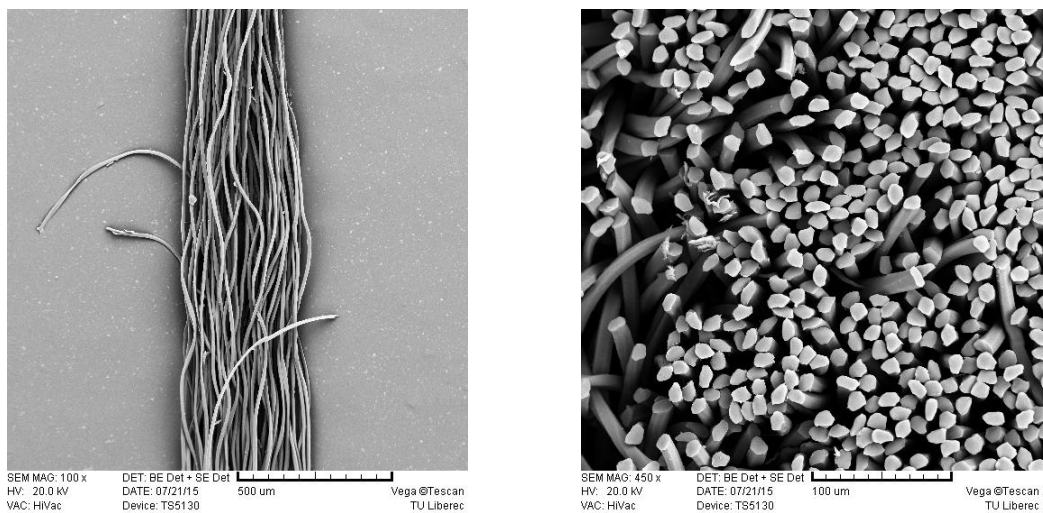


Obr. 25: Část dresu Motorlet Praha - líc



Obr. 26: Část dresu Motorlet Praha - rub

Na obr. 27 je vidět multifil a řez pleteniny znázorňuje polyester oválného průřezu.



Obr. 27: Multifil a řez části dresu

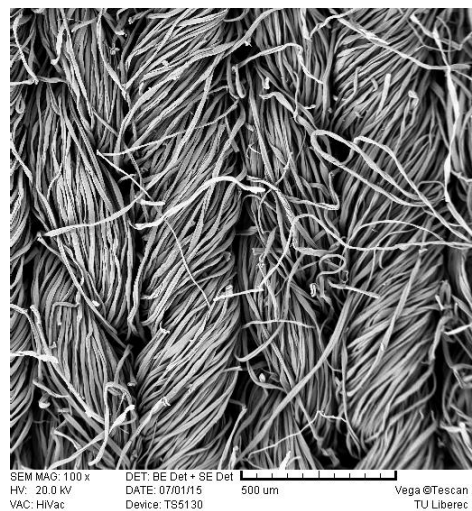
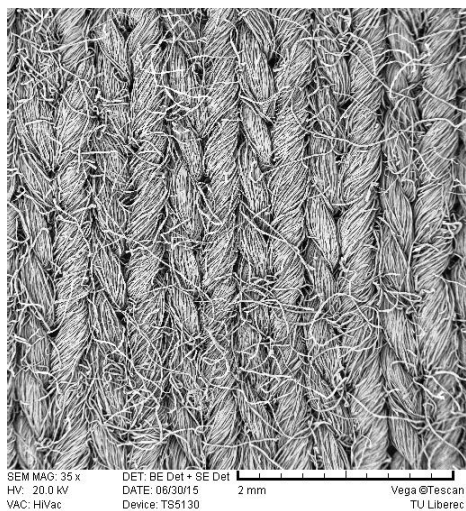
2.1.1.4 Dres Errea Union Navy

Poslední měřený fotbalový dres byl od firmy Errea. Vyroben je ze 100% bavlny a znázorněn na obr. 28. Dres je možné využít na všechny míčové sporty včetně běžného nošení.

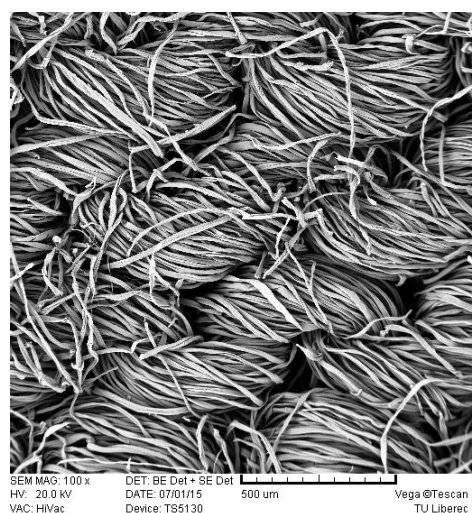
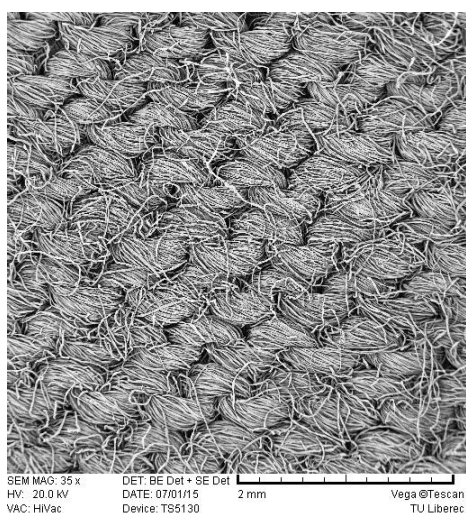


Obr. 28: Zúžený dres Errea Union Navy

Lícní a rubní strana dresu, která je znázorněna na obr. 29, 30 lze označit za zátažnou jednolícní hladkou pleteninu (staplová příze).

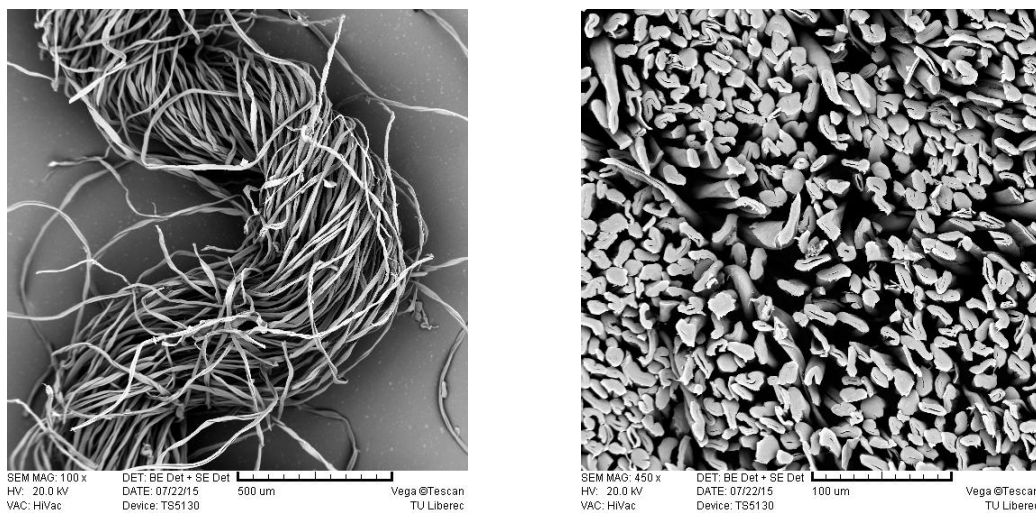


Obr. 29: Část dresu Errea- líc



Obr. 30: Část dresu Errea - rub

Na obr. 31 je vidět bavlněná (staplová) příze a řez pleteniny znázorňuje, že se jedná o bavlnu.



Obr. 31: Bavlněná příze a řez části dresu Errea

2.1.2 Stanovení poróznosti

Pro stanovení hustotní poróznosti byla měřena u textilií plošná hmotnost (dle normy ČSN EN 12127) a tloušťka (ČSN EN ISO 5084) při co nejmenším přítlaku 100Pa. Hustotní poróznita byla vypočtena dle vztahu (12) viz tab. 4.

Tab. 4: – Popis měřených dresů

Typ dresu	Díl dresu	Materiál	Plošná hmotnost [g/m ²]	Tloušťka [mm]	Hustotní poróznost [-]	Hustota textilie [kg m ⁻³]	Hustota vláken [kg m ⁻³]
FC Liberec	Přední	100% PE	178 (177-179)	0,77 (0,76-0,78)	0,83	231	1360
FC Liberec	Zadní	100% PE	129 (128-129)	0,45 (0,44-0,46)	0,79	288	1360
ČR	Přední	100% PE	131 (129-133)	0,37 (0,37-0,38)	0,74	352	1360
ČR	Zadní	100% PE	131 (129-132)	0,37 (0,36-0,38)	0,74	356	1360
Motorlet	Přední	100% PE	161 (159-164)	0,62 (0,61-0,63)	0,81	260	1360
Motorlet	Zadní	100% PE	161 (160-163)	0,62 (0,61-0,63)	0,81	260	1360
Errea	Přední	100% bavlna	147 (145-149)	0,66 (0,65-0,67)	0,85	221	1520
Errea	zadní	100% bavlna	147 (145-149)	0,66 (0,65-0,67)	0,85	222	1520

2.1.2.1 Diskuse

Z výsledků v tab. 4 je vidět, že nejvyšší plošnou hmotnost měla přední část dresu FC Slovan Liberec. Důvodem mohla být přetažená klička nacházející se na rubní přední straně dresu. Nejmenší plošnou hmotnost měla zadní část dresu FC Slovan Liberec, která měla velké póry. Velmi malá plošná hmotnost byla také zjištěna u dresu české reprezentace.

Největší tloušťku měla opět přední část libereckého fotbalového dresu. Vysoká tloušťka byla také u bavlněného dresu Errea. Nejnižší tloušťka byla naměřena na fotbalovém dresu české reprezentace.

Vypočtená hodnota poróznosti závisí na přesnosti měření plošné hmotnosti (rozměry vzorku), na přítlaku při měření tloušťky (100Pa), na tabulkové hodnotě

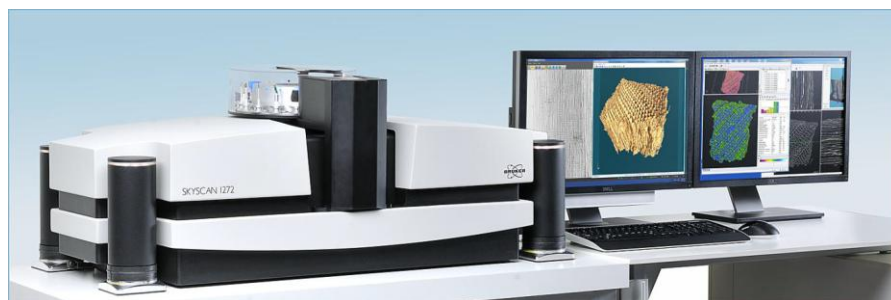
hustoty vláken, hustota se však může měnit dle podmínek výroby (stupeň krystalizace, dlužení apod.).

Bavlněný dres Errea vykazoval největší hustotní porózitou. Obecně platí, že příze z přírodních vláken vykazují vyšší porózitu než syntetická, která se většinou pravidelněji uspořádají ve struktuře příze [26]. Velmi vysoká hustotní porózita byla také vypočtena na přední části libereckého dresu. Nejmenší hustotní porózita byla zjištěna u dresu české reprezentace. Kupodivu textilie použitá na dres s většími póry nevykazuje nejvyšší porózitu, protože má poměrně vysokou hustotu.

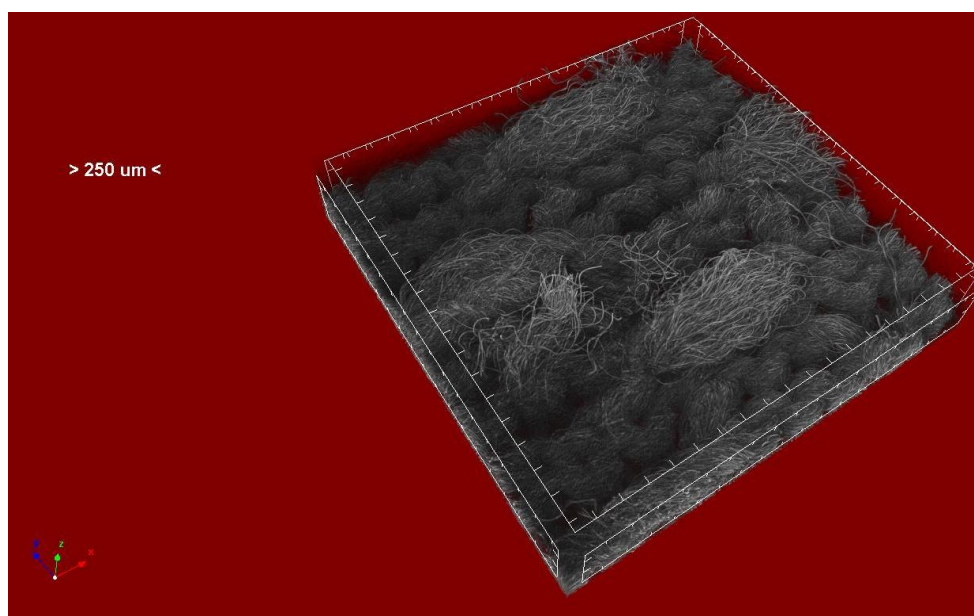
2.1.3 Stanovení 2D porózy

Pro ověření vypočtených výsledků porózy bylo provedeno orientační měření porózy na mikrotomografu SkyScan 1272 (viz. obr. 32) [36].

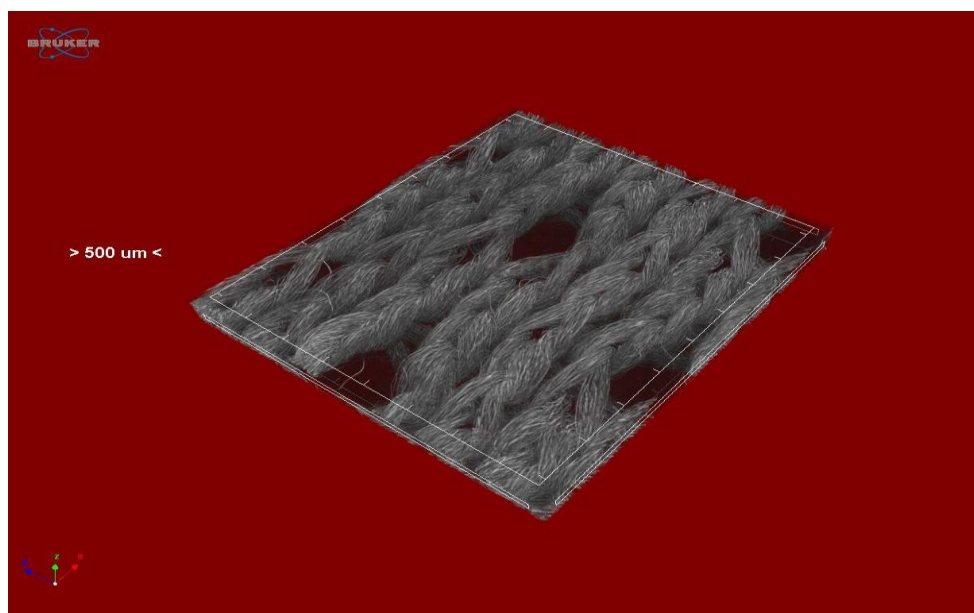
Postupně bylo provedeno skenování viz příloha č. 6, rekonstrukce obrazu viz obr. 33, 34, 35, 36, 37 a analýza obrazu. Binární obrazy jsou na obr. 38, 39, 40, 41, 42 a 2D analýza obrazu viz příloha č. 7.



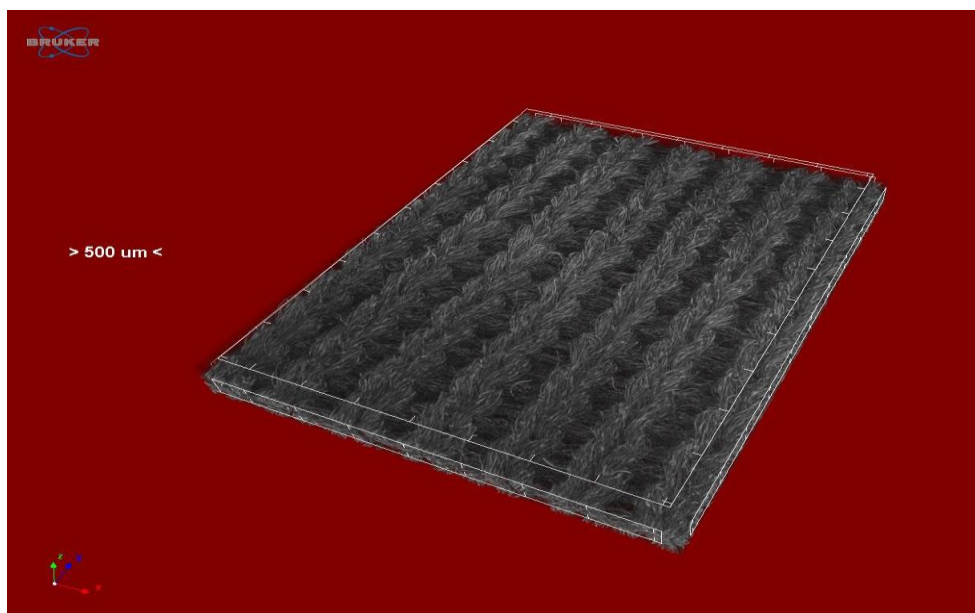
Obr. 32: SkyScan 1272 [36]



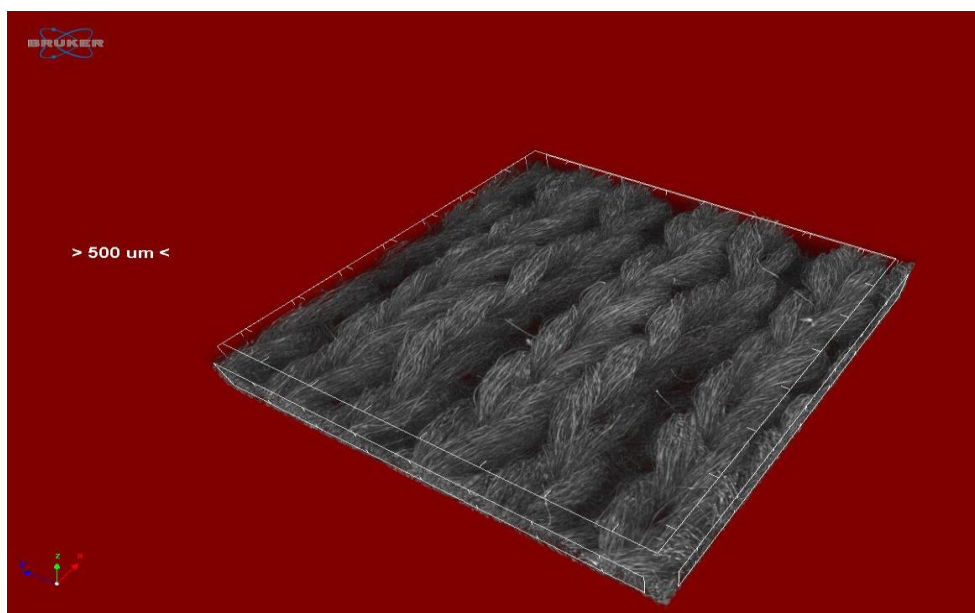
Obr. 33: 3D obraz přední části dresu FC Slovan Liberec



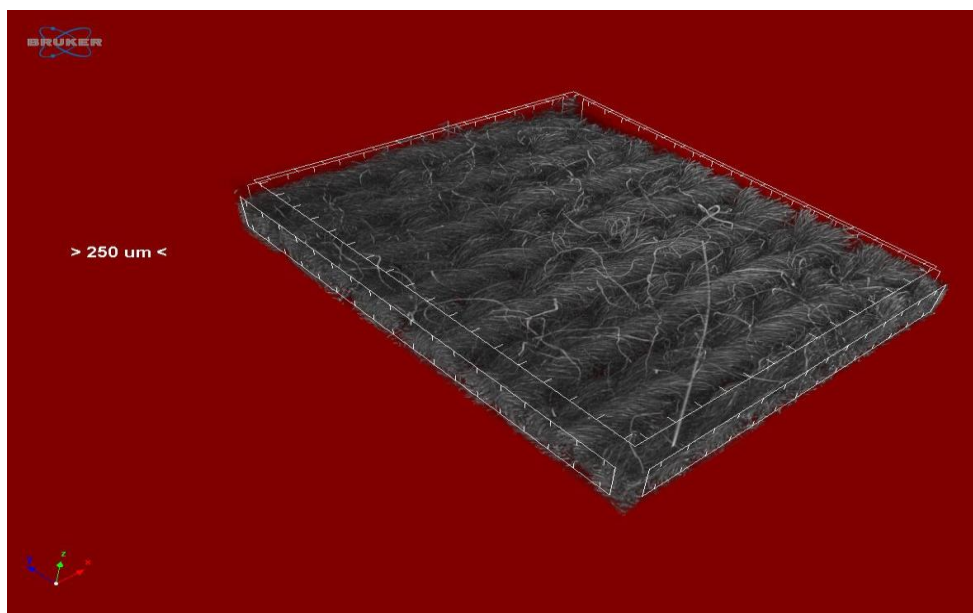
Obr. 34: 3D obraz zadní části dresu FC Slovan Liberec



Obr. 35: 3D obraz dresu české reprezentace



Obr. 36: 3D obraz dresu Motorlet Praha



Obr. 37: 3D obraz dresu Errea Union Navy



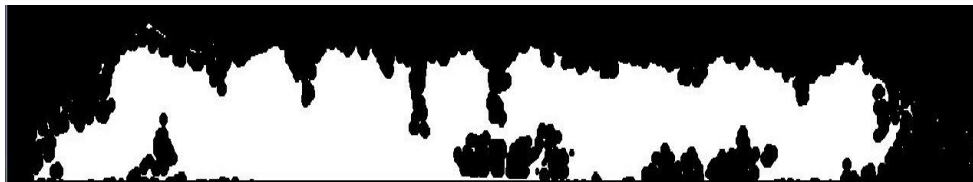
Obr. 38: Binární obraz přední části dresu FC Slovan Liberec



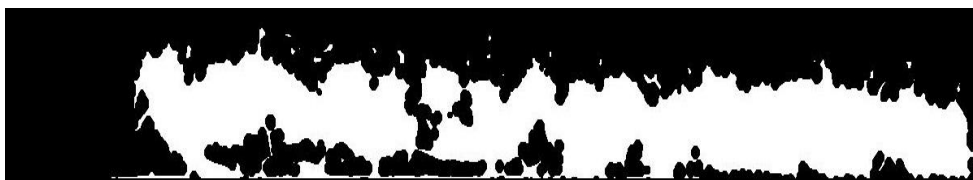
Obr. 39: Binární obraz přední části dresu FC Slovan Liberec



Obr. 40: Binární obraz dresu české reprezentace



Obr. 41: Binární obraz dresu Motorlet Praha



Obr. 42: Binární obraz dresu Errea Union Navy

Celkové porózity se vypočítá z rovnice:

$$P_{CTT} = 1 - v_p = 1 - \frac{V_{objektů}}{V_{celkový}} \quad (21)$$

v_p [%] je objemový podíl, $V_{objektů}$ [m^3] je objem objektů, $V_{celkový}$ [m^3] je celkový objem

Tab. 5: – Výsledky celkové porózy

Měřené parametry	Slovan Liberec přední	Slovan Liberec zadní	Česká reprezentace	Motorlet Praha	Errea
počet vrstev	500	500	500	500	500
krok [mm]	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
proměřená délka [mm]	3	3	3	3	3
dolní proměřená délka [mm]	3,30601	3,30601	3,30601	2,10601	2,64634
horní proměřená délka [mm]	6,30003	6,30003	6,30003	5,10002	5,64073
délka vzorku [mm]	2,99402	2,99402	2,99402	2,99401	2,99439
velikost pixelů [μm]	6,00002	6,00002	6,00002	6,00002	6,00078
dolní stupeň šedi - threshold	25	25	25	25	25
horní stupeň šedi - threshold	255	255	255	255	255
celkový objem (mm ³)	9,45392	6,71437	6,93203	8,93681	6,47377
objem objektů (mm ³)	5,22633	3,36902	3,26889	4,15878	2,35057
objemový podíl %	55,2822	50,17626	47,15637	46,53541	36,3091
Celková poróza (%)	44,7178	49,82374	52,84363	53,46459	63,6909

2.1.3.1 Diskuse

Při porovnání výsledků z obou měření porózy lze konstatovat, že byla nalezena slabá korelace (korelační koeficient 0,45) mezi vypočtenou a naměřenou porózitou.

Z výsledků v tab. 5 je vidět, že největší měřenou porózitu vykazoval dres z bavlny Errea Union Navy. Naopak nejmenší měřená poróza byla zjištěna u přední části libereckého dresu.

V porovnání s vypočtenou hustotní porózitou se zjistil největší rozdíl na přední straně dresu FC Slovan Liberec, kde měřená poróza byla nejnižší a vypočtená hustotní poróza byla nejvyšší. Za zajímavost lze považovat dres děrovaný, který měl podobné naměřené a vypočtené hodnoty porózy.

Rozdíly jsou způsobeny zejména tím, že na zařízení mikroCT byla měřena velmi malá část textilie (měřená délka 3 mm), kde není žádný přítlak a zahrnuje tedy lokální nerovnoměrnosti. Mělo by se dále měřit na více místech vzorků a statisticky vyhodnotit. Zatímco vypočtená hustotní poróza měla plošnou hmotnost měření (100cm²), vzorek byl měřený na více místech a byl zde rozdíl tloušťky v přítlaku 100Pa. Pro budoucnost bude třeba se věnovat hlouběji analýze obrazu a tvorbě binárního obrazu, a také proměřit vzorek vícekrát na různých místech textilie. Pro další hodnocení byla zvolena hustotní poróza.

2.2 MĚŘENÍ VYBRANÝCH VLASTNOSTÍ TEXTILIÍ

V této části práce bylo provedeno objektivní měření fyziologických vlastností vybraných fotbalových dresů dostupnými metodami.

Pro stanovení prodyšnosti byl použit přístroj FX 3300. Pro zjištění tepelně izolačních vlastností, které nám ještě lépe pomohou vystihnout termofyziologický komfort bylo potřeba naměřit s pomocí přístroje ALAMBETA tepelnou vodivost, tepelný odpor, clo a tloušťku. Přístrojem PERMETEST byla změřena propustnost vodní páry (odvod potu) a výparný odpor. Vybrané vlastnosti textilií byly vyhodnoceny v závislosti na vypočtené objemové porózitě dle vzorce (13) kapitoly 1.4.3.3.1.

Všechna uvedená měření byla provedena v laboratoři katedry Hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci.

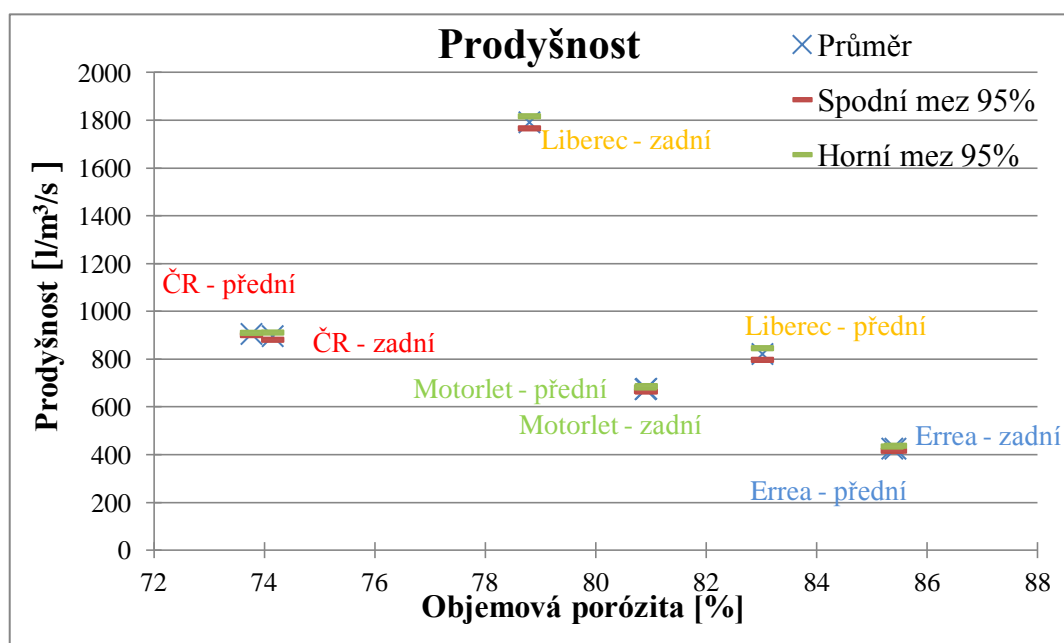
2.2.1 FX 3300

Měření bylo provedeno za stálých klimatických podmínek, při teplotě vzduchu 25,5°C a relativní vlhkosti vzduchu 44%.

2.2.1.1 Postup měření

Pod upínací rameno přístroje se upnul testovaný vzorek. V tomto případě fotbalový dres. Stlačením ramene přístroj spustil sání vzduchu skrz plochu vzorku o ploše 5 cm². Po ustálení průtoku vzduchu za stanoveného tlaku 100 Pa se zaznamenala hodnota prodyšnosti na displeji, uváděná v předem stanovených jednotkách l/m²/s. Na každém dresu bylo provedeno osm měření, vždy na jiném místě. Z naměřených hodnot byla statistickým zpracováním určena průměrná hodnota prodyšnosti, směrodatná odchylka, confidence, spodní mez 95% a horní mez 95%. Výsledky statisticky zpracovaných výsledků jednotlivých měření jsou uvedeny v tabulkách a znázorněny v grafech.

2.2.1.2 Výsledky měření



Obr. 43: Závislost prodyšnosti na objemové poróznosti

Na obr. 43 je vidět závislost prodyšnosti na objemové poróznosti. Je znázorněno, že mezi přední a zadní stranou dresu české reprezentace, Motorletu a bavlněného dresu Errea byl zjištěn statisticky nevýznamný rozdíl v hodnotách prodyšnosti, který mohl být dán chybou měření. Jediný statisticky významný rozdíl v prodyšnosti byl zjištěn u přední a zadní strany dresu FC Slovan Liberec z důvodu odlišné struktury pleteniny. Důvodem vysoké děrovanosti na zadní straně dresu FC Slovan Liberec byla zaznamenána vysoká prodyšnost (rychlejší proudění vzduchu). Vyšší prodyšnost byla i zjištěna u dresu české reprezentace. Důvodem může být velmi malá tloušťka materiálu (0,37mm). U polyesterových dresů byl s nejmenší prodyšností dres SK Motorlet Praha. Nejmenší prodyšnost měl 100% bavlněný dres Errea.

2.2.2 ALAMBETA

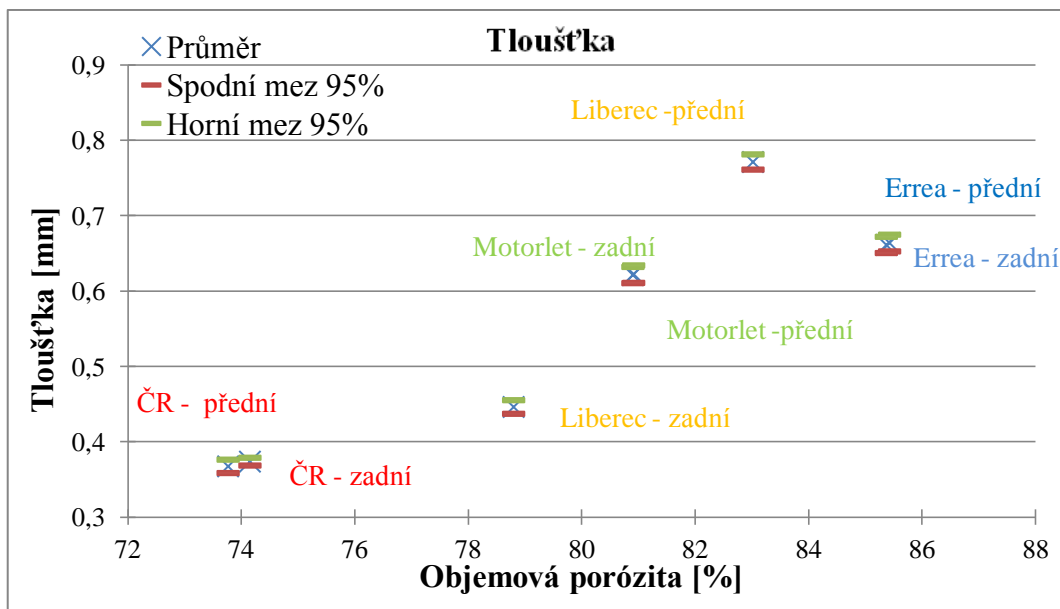
Měření bylo provedeno za stálých klimatických podmínek, při teplotě vzduchu 25°C a relativní vlhkosti vzduchu 44,5%.

2.2.2.1 Postup měření

Po zapnutí měřicího přístroje Alambeta se nastavily příslušné parametry. Pro co nejmenší přítlak se přidá závaží, které stanoví podmínku na 100Pa. Nechá se samovolně spustit měřící hlavice, aby mohlo dojít ke kalibraci přístroje. Na spodní základnu přístroje se položil dres z přední nebo zadní strany. Stiskem tlačítka EN se spustila hlavice a začaly se počítat statistické hodnoty. Jednalo se o tloušťku materiálu, měrnou tepelnou vodivost, měrnou teplotní vodivost, tepelnou jímavost, plošný odpor vedení tepla a poměr maximální a ustálený tepelný tok. Po změření se zvedla hlavice nahoru a pomocí tlačítka RL se listovalo ve statistice a naměřené údaje se zaznamenávaly do protokolu o měření. Tento proces se opakoval na každý dres 8x, pokaždé na jiném místě. Z naměřených hodnot byla statistickým zpracováním použita tloušťka, tepelná vodivost a tepelný odpor. Na základě toho byl u těchto veličin vypočítán průměr, směrodatná odchylka, confidence, spodní mez 95% a horní mez 95%. Výsledky statisticky zpracovaných výsledků jednotlivých měření jsou uvedeny v tabulkách a znázorněny v grafech.

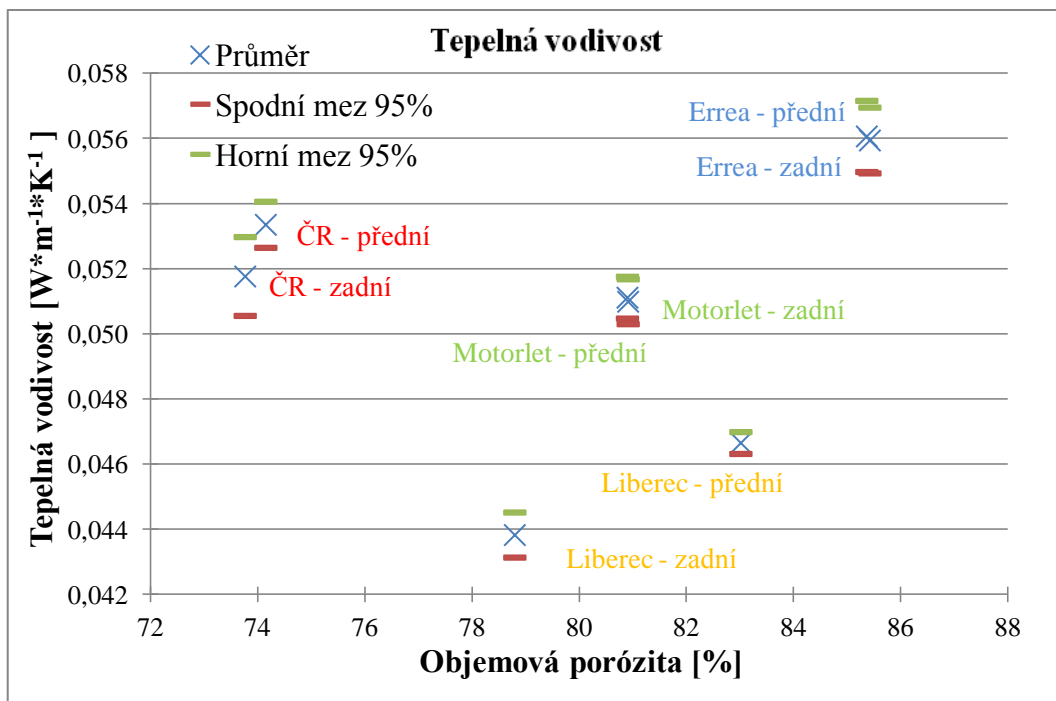
2.2.2.2 Výsledky měření

Uvedené parametry měřené na přístroji Alambeta určují tepelný komfort daných materiálů. Materiály byly změřeny za sucha a tyto hodnoty mohly být použity jako výchozí hodnoty pro hodnocení vlivu vlhkosti.



Obr. 44: Závislost tloušťky na objemové poróznosti

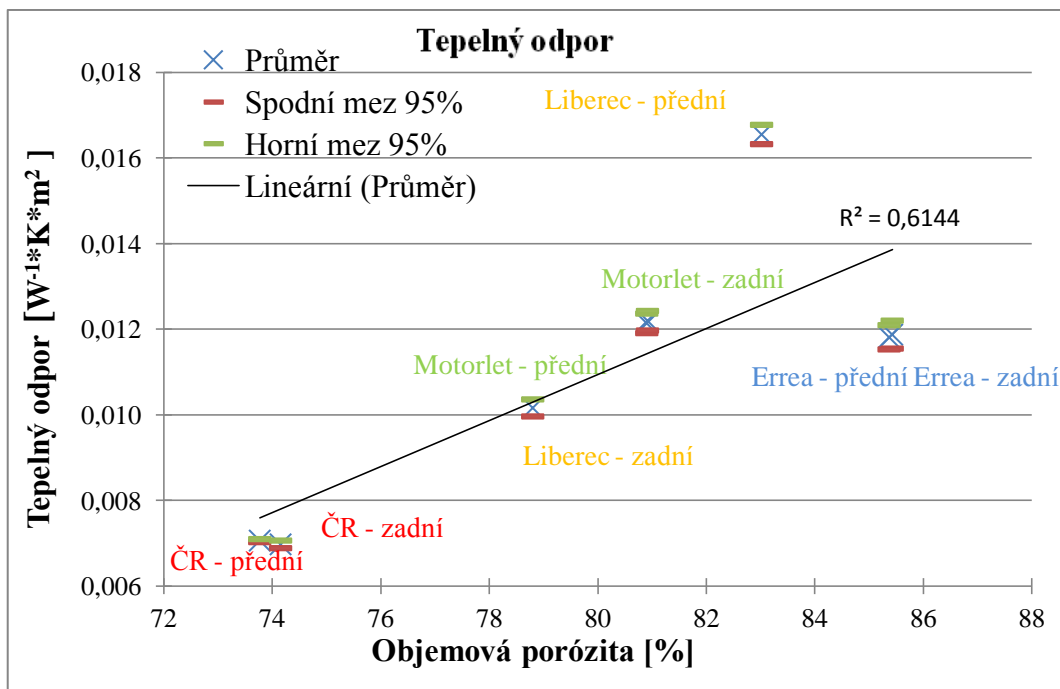
Na obr. 44 byla zjištěna závislost tloušťky na objemové poróznosti. Byl zaznamenán mezi přední a zadní stranou dresu české reprezentace, Motorletu Praha a Errea Union Navy statisticky nevýznamný rozdíl v hodnotách tloušťky, který byl dán chybou měření. Zjistil se statisticky významný rozdíl mezi tloušťkou naměřeným na přední a zadní straně dresu FC Slovan Liberec, z důvodu odlišného typu textilie. Je tedy zřejmé, že dres české reprezentace, který měl nejmenší tloušťku (0,37mm) disponoval nejmenší objemovou porózností.



Obr. 45: Závislost tepelné vodivosti na objemové poróznitě

Na uvedeném obr. 45 byla znázorněna závislost tepelné vodivosti na objemové poróznitě. Je znázorněno, že mezi přední a zadní stranou dresu české reprezentace, Motorletu a bavlněného dresu Errea byl zjištěn statisticky nevýznamný rozdíl v hodnotách tepelné vodivosti. Na přední a zadní straně dresu FC Slovan Liberec, který měl odlišný typ textilie, byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi tepelnou vodivostí. Je ale patrné, že nejvyšší tepelnou vodivost má bavlněný dres Errea. Nejnižší hodnotu a tedy nejlepší schopnost držet teplo má dres FC Slovan Liberec.

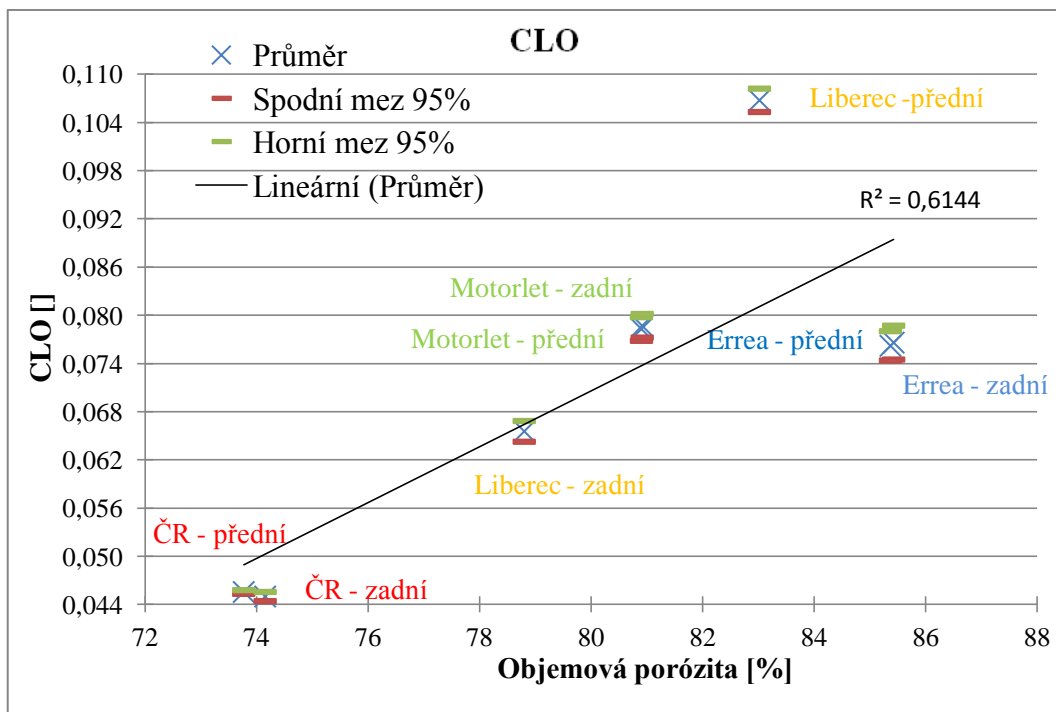
Hodnoty tepelného odporu jsou závislé na tepelné vodivosti a tloušťce materiálu. Udávají, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Znamená tedy, že nízká tepelná vodivost a vysoký tepelný odpor charakterizuje kvalitní tepelnou izolaci.



Obr. 46: Závislost tepelného odporu na objemové poróznosti

Závislost tepelného odporu na objemové poróznosti je znázorněna na obr. 46. Bylo zjištěno, že mezi přední a zadní stranou dresu Errea Union Navy, Motorlet Praha a dresu české reprezentace je statisticky nevýznamný rozdíl v hodnotách tepelného odporu. Tento rozdíl byl dán chybou měření. Na přední a zadní straně dresu FC Slovan Liberec byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi tepelným odporem z důvodu odlišného typu textilie. Je zde vidět že s rostoucí porózností roste tepelný odpor. Čím je tepelný odpor vyšší, tím textilie lépe izoluje. S tím souvisí i vyšší objemová poróznost. Z grafu lze říct, že nejnižší tepelný odpor měl dres české reprezentace. Naopak nejvyšší tepelný odpor měl dres FC Slovan Liberec a lze ho označit za dres s nejlepší tepelnou izolací.

Pro vyjádření tepelného komfortu (tepelné pohody) byly zavedeny speciální jednotky clo resp. tog, které zahrnují tepelnou izolaci vlivem vzduchových vrstev v oděvu a tepelnou izolaci oděvního materiálu (viz kapitola 1.4.3.2.2).



Obr. 47: Závislost clo na objemové poróznosti

Závislost jednotky komfortu clo na objemové poróznosti je znázorněna na obr. 47. Byl zaznamenán mezi přední a zadní stranou dresu české reprezentace, Motorletu Praha a Errea Union Navy statisticky nevýznamný rozdíl v hodnotách clo. Malý rozdíl byl dán chybou měření. Naopak se zjistil statisticky významný rozdíl mezi jednotkou clo naměřeným na přední a zadní straně dresu FC Slovan Liberec, z důvodu odlišného typu textilie. S rostoucí objemovou porózností roste jednotka clo. Jedná se o odpor dresu, který nezahrnuje odpor při přestupu tepla. Jak lze vidět z obr. 44 a 46 tak clo přímo souvisí s tloušťkou a tepelným odporem, proto dres české reprezentace měl nejnižší hodnotu clo. Naopak tomu bylo u dresu Errea.

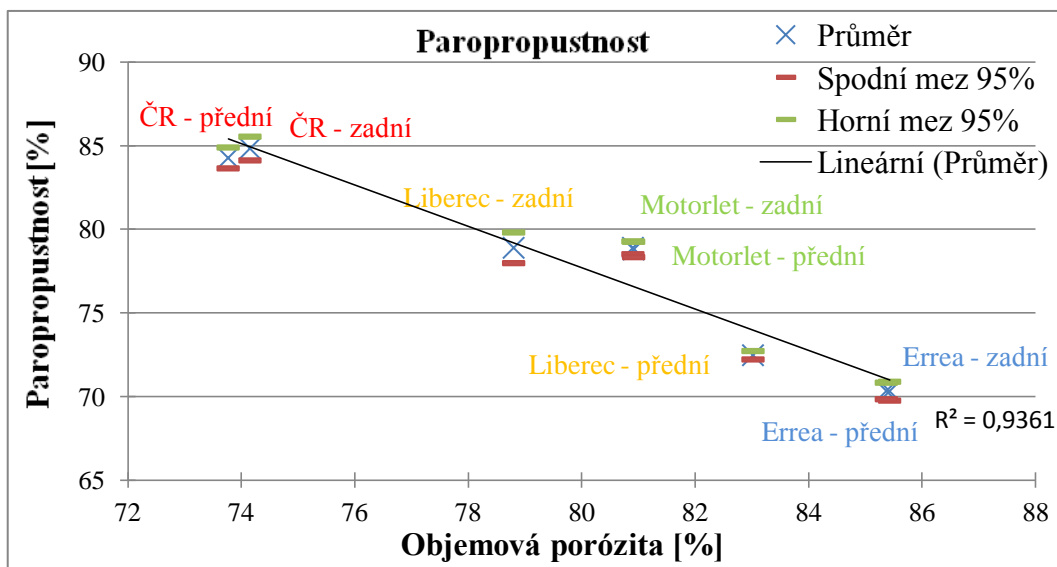
2.2.3. PERMETEST

Měření bylo provedeno za stálých klimatických podmínek, při teplotě vzduchu 22°C a relativní vlhkosti vzduchu 45,5%.

2.2.3.1 Postup měření

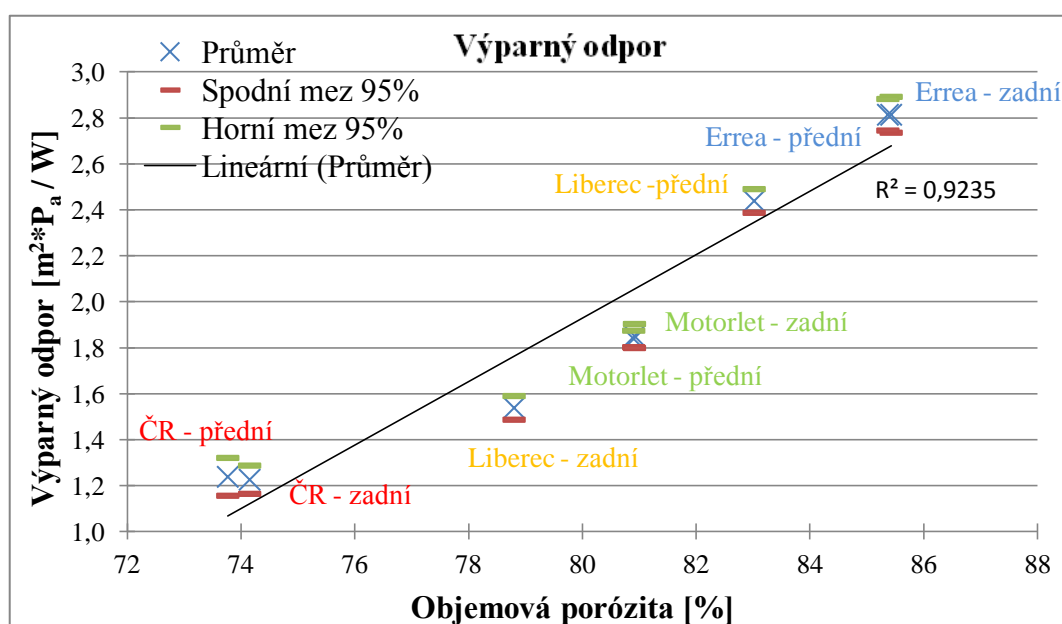
Testovaný fotbalový dres nemusel být žádným způsobem upravován, protože tato metoda měření je nedestruktivní. Před měřením dresu byla provedena kalibrace přístroje pomocí referenčního vzorku dle interní normy č. 23-304-01/01. Po kalibraci přístroje proběhlo měření fotbalového dresu. Jednotlivá měření probíhala vždy ve dvou fázích. V první fázi proběhlo měření s nezakrytou měřicí hlavicí, ve druhé fázi byla měřicí hlavička zakryta dresem, který byl umístěn přední nebo zadní stranou na měřicí plochu hlavičky. Po provedení druhé fáze počítač zpracoval a generoval na monitoru počítače naměřené hodnoty relativní paropropustnosti a výparného odporu. Celý cyklus měření se opakoval 8x pokaždé na jiném místě dresu. Měření bylo prováděno za sucha, tedy na klimatizovaných dresech. Naměřené hodnoty byly následně statisticky zpracovány a byla určena průměrná relativní paropropustnost a průměrný výparný odpor. Dále k nim byla vypočítána směrodatná odchylka, confidence, spodní a horní 95% mez. Výsledky statistického zpracování jednotlivých měření jsou uvedeny v tabulkách a znázorněny v grafech.

2.2.3.2 Výsledky měření



Obr. 48: Závislost paropustnosti na objemové poróznosti

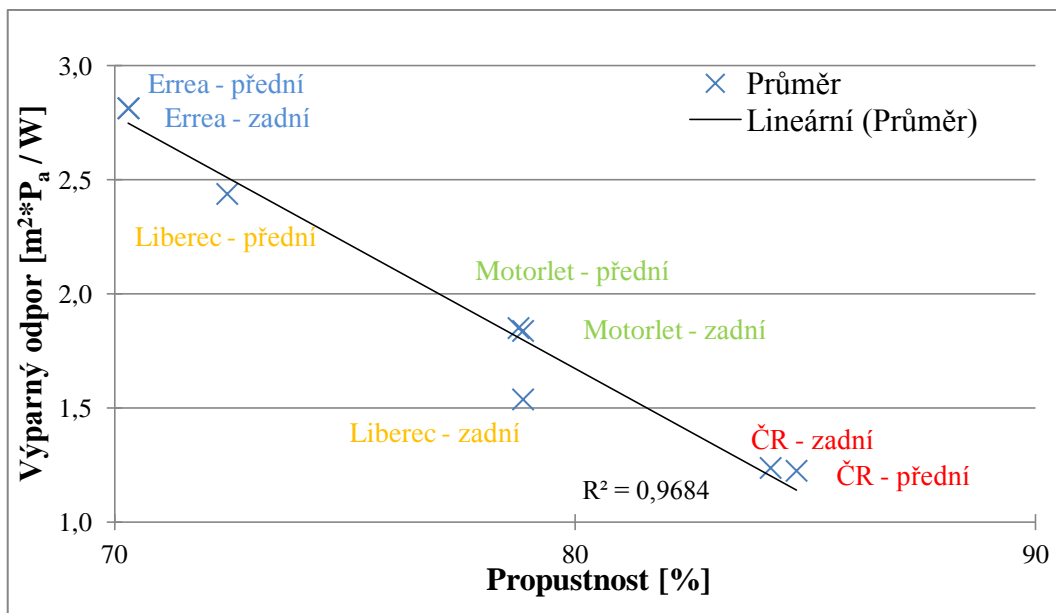
Obr. 48 znázorňuje závislost paropropustnosti na objemové porózitě. Byl zaznamenán mezi přední a zadní stranou dresu české reprezentace, Motorletu Praha a Errea Union navy statisticky nevýznamný rozdíl v hodnotách paropropustnosti. Malý rozdíl byl dán chybou měření. Naopak se zjistil statisticky významný rozdíl mezi paropropustností naměřeným na přední a zadní straně dresu FC Slovan Liberec, z důvodu odlišného typu textilie. Dres české reprezentace měl nejvyšší hodnotu odvodu potu z pokožky. Bavlněný dres Errea odváděl vlhkost nejhůře a disponoval tak nejvyšší objemovou porózitou (bavlna zbotná).



Obr. 49: Závislost výparného odporu na objemové porózingě

Závislost výparného odporu na objemové porózingě je znázorněna na obr. 49. Je znázorněno, že mezi přední a zadní stranou dresu české reprezentace, Motorletu a bavlněného dresu Errea byl zjištěn statisticky nevýznamný rozdíl v hodnotách výparného odporu. Na přední a zadní straně dresu FC Slovan Liberec, který měl odlišný typ textilie, byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi výparným odporem. Dres české reprezentace měl nejnižší hodnotu výparného odporu. Bavlněný dres Errea měl výparný odpor nejvyšší.

Hodnoty výparného odporu jsou v opačném sledu a měly by do určité míry korelovat s hodnotami relativní paropropustnosti (viz obr. 50).



Obr. 50: Závislost výparného odporu na propustnosti

Výsledky, které byly zjištěny pomocí přístrojů jsou sumarizovány v tabulce č. 6.

Tab. 6: – Souhrn výsledků

Typ dresu	Díl dresu	Propustnost [%]	Výparný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa} / \text{W}$]	Tepelná vodivost [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]	Tepelný odpor [$\text{W}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2$]	CLO []	Prodyšnost [$\text{l m}^{-3} \text{s}^{-1}$]
Liberec	Přední	72 (72-73)	2,4 (2,4-2,5)	0,047 (0,046-0,047)	0,017 (0,016-0,017)	0,107 (0,105-0,108)	821 (797-846)
Liberec	Zadní	79 (78-80)	1,5 (1,5-1,6)	0,044 (0,043-0,045)	0,010 (0,010-0,010)	0,066 (0,064-0,067)	1791 (1766-1816)
ČR	Přední	85 (84-86)	1,2 (1,2-1,3)	0,053 (0,053-0,054)	0,007 (0,007-0,007)	0,045 (0,044-0,046)	896 (881-911)
ČR	Zadní	84 (84-85)	1,2 (1,2-1,3)	0,052 (0,051-0,053)	0,007 (0,007-0,007)	0,046 (0,045-0,046)	905 (901-910)
Motorlet	Přední	79 (78-79)	1,8 (1,8-1,9)	0,051 (0,050-0,052)	0,012 (0,012-0,012)	0,078 (0,077-0,080)	674 (666-681)
Motorlet	Zadní	79 (78-79)	1,9 (1,8-1,9)	0,051 (0,050-0,051)	0,012 (0,012-0,012)	0,079 (0,077-0,080)	676 (665-687)
Errea	Přední	70 (70-71)	2,8 (2,7-2,9)	0,056 (0,055-0,057)	0,012 (0,012-0,012)	0,077 (0,075-0,079)	425 (417-437)
Errea	zadní	70 (70-71)	2,8 (2,7-2,9)	0,056 (0,055-0,057)	0,012 (0,012-0,012)	0,076 (0,074-0,078)	425 (416-434)

Všechny hodnoty získané pomocí přístrojů je možné shlédnout v příloze č. 3, 4, 5 této práce.

2.3.4 Diskuse

Z výsledků v tab. 6 je vidět, že nejvyšší propustnost měl dres české reprezentace. Naopak nejmenší propustnost byla zjištěna u bavlněného dresu Errea. Dres české reprezentace dosahoval nejnižšího výparného odporu a bavlněný dres disponoval nejvyššími hodnotami. Tepelná vodivost byla nejmenší u libereckého dresu (dres měl nejlepší tepelnou izolaci). Naopak nejvyšší tepelná vodivost byla naměřena u dresu z bavlny. Tepelný odpor a tedy lepší izolace byla zjištěna na přední straně libereckého fotbalového dresu. Dres české reprezentace

měl tepelný odpor nejnižší. Nejmenší vypočtená jednotka clo byla zjištěna u dresu české reprezentace a nejvyšší hodnota byla vypočtena na přední straně dresu Slovanu Liberec. Poslední měřenou vlastností byla prodyšnost, kde zadní část dresu díky vysoké děrovanosti dosahovala nejvyšších hodnot. Naopak tomu bylo u bavlněného dresu, který disponoval nejnižší prodyšností.

2.3 NÁVRH METODIKY TESTOVÁNÍ DRESŮ PŘI ZÁTĚŽI

Testování bylo provedeno pomocí senzorů na měření teploty a vlhkosti, v klimatizované místnosti na katedře Oděvnictví Technické univerzity v Liberci.

Zkoušky byly realizovány v těchto krocích:

- příprava zkoušeného materiálu - kalibrace senzorů, nastavení klimatizace, stupně zátěže, uchycení senzorů na dres
- příprava probanda - připevnění hrudního pásu na sledování srdeční frekvence, uchycení senzorů na tělo
- příprava dotazníku - subjektivní hodnocení materiálu
- příprava měřicího zařízení - navázání spojení
- měření veličin při zátěži

K experimentu byly použity:

- Klimatizační zařízení
- Rotoped
- Hrudní pás
- Senzory SHT 21 a SHT 75
- Almemo 2690-8A
- Software

2.3.1 Příprava zkoušeného materiálu

Klimatické parametry experimentálního prostředí byly voleny dle ČSN EN ISO 139 (teplota $21 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkost vzduchu $62 \pm 2\%$). Dresy spolu se senzory zde byly ponechány 24 hodin, aby se jim ustálila teplota.

2.3.1.1 Kalibrace senzorů

Bezdrátové senzory SHT 21 byly kalibrovány v klimatické komoře VÓTSCH VC 0060 (komora měří s odchylkou 3%) a zároveň přístrojem ALMEMO 2690 - 8A (měří v rozsahu -20 až 0°C s přesností $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ a v rozsahu $0 - 70^{\circ}\text{C}$ s přesností $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$) spolu se snímačem SHT 74, který relativní vlhkost měří od 5 do 98 % s přesností 2 %. Teplotu vzduchu snímá od -20 do $+80^{\circ}\text{C}$. Teplota v komoře byla stále stejná a to 35°C [31].

Pro srovnání s bezdrátovými senzory byly po celou dobu monitorovány venkovní teplotní a vlhkostní podmínky přístrojem Almemo 2690 - 8A (obr. 51), ke kterému bylo připojeno čidlo SHT 74.



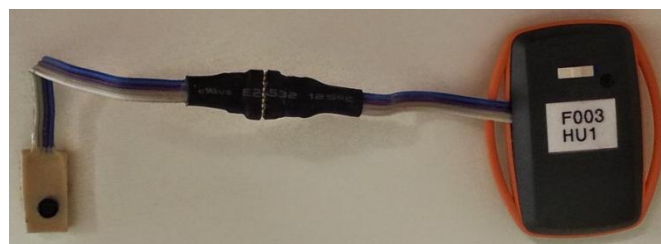
Obr. 51: Datalogger ALMEMO 2690 - 8A [31]

Na základě maximálních rozdílů hodnot naměřených jednotlivými čidly v porovnání s absolutní hodnotou lze čidla považovat pro experiment za funkční a zkalibrovaná.

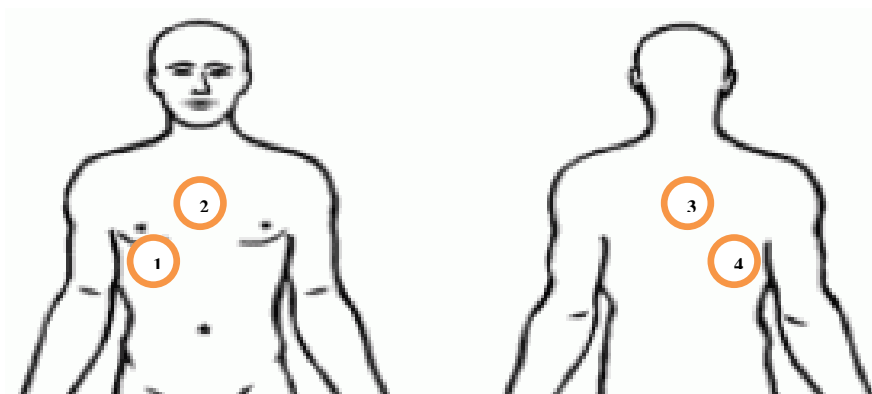
2.3.1.2 Senzory SHT21

Pro měření teploty a vlhkosti na těle probanda byly použity čtyři bezdrátové senzory SHT21 (viz obr. 52) označené HU1, HU2, HU3, HU4. Každý senzor byl připevněn na tělo fixační náplastí. Na obr. 53 jsou znázorněny čidla na těle. 1 - pod pravým prsem, 2 - mezi prsy, 3 - mezi lopatkami a 4 - pod pravou lopatkou.

Senzor vykazuje odchylku měření $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ / $\pm 0,2\%$ RH, při relativní vlhkosti při 25°C a odečitatelnost 0,01 K a 1/25%. Měřicí jednotka je vybaven dvouosými digitálními senzory zrychlení a náklonu [32].



Obr. 52: Bezdrátový senzor SHT21



Obr. 53: Umístění čidel na těle

2.3.1.3 Senzory SHT74

Drátové senzory SHT75 (viz obr. 54), které měřily teplotu a vlhkost, byly k dispozici tři. Dvě čidla byla zašita stehovací nití, vždy na stejné místo do speciální kapsičky z paropropustného materiálu Neoshell (viz obr. 55). Čidla byla označená HD1 a HD2. Na obr. 56 jsou zobrazeny čidla na dresu (5 - mezi prsy, 6 - mezi

lopatkami) spolu s třetím čidlem č.7, které zůstalo volné a sloužilo jako kontrolní čidlo prostředí

Všechny tři senzory byly připojeny k přístroji ALMEMO 2590, který zobrazoval na displeji naměřenou teplotu a vlhkost, a ta byla následně převáděna do počítače.

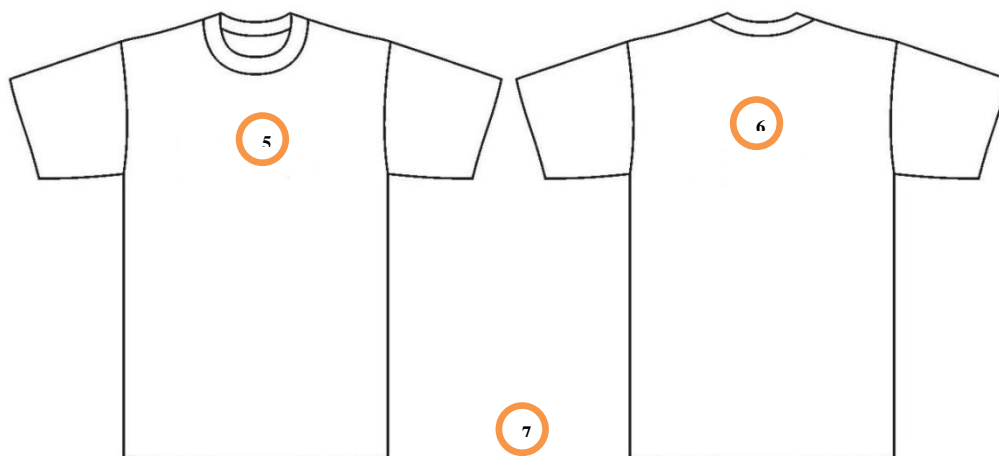
Senzor vykazuje odchylku měření pouze $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ / $\pm 0,18\%$ RH, v relativní vlhkosti při 25°C a odečitelnost 0,01 K a 1/25%. V rozsahu $-40 - 124^{\circ}\text{C}$ [33].



Obr. 45: Senzor SHT75



Obr. 55: Kapsička na senzor z Neoshellu



Obr. 56: Umístění čidel na dresu

2.3.2 Příprava probanda

Proband si musel připevnit na hrudník měřící pás, pomocí kterého sledoval požadovanou srdeční frekvenci a údaje se zaznamenávaly do počítače každou vteřinu. Sledovaný jedinec měl vždy na sobě trenýrky, měřený dres a běžeckou obuv.

Měření probíhalo 50 minut a bylo rozděleno do třech částí. První část byla aklimatizace. Sledovaný jedinec následně musel zůstat 10 minut v klidu, aby se mu ustálila srdeční frekvence na 70t/min. Díky klimatizované místnosti následně došlo i k ustálení teplotních a vlhkostních hodnot.

Fyzická zátěž organismu spočívala v jízdě na stacionárním kole, na kterém se dal nastavit stupeň zátěže. Ta byla nastavena tak, aby tepová frekvence dosahovala 70 – 75% maximální tepové frekvence, tedy rozmezí 135 - 145 tepů za minutu po dobu 30 minut.

V třetí části se sledovala reakce teploty a vlhkosti na schnutí dresu po zátěži. Po uplynutí 10 minut proband slezl z kola.

Splněním těchto podmínek se proband pohyboval v aerobním tréninku, které je nejlepší pro rozvoj vytrvalosti a odolnosti proti únavě.

Tab. 7: – Základní údaje probanda

Věk	27
Výška	183 cm
Váha	77 kg
Maximální tepová frekvence	193 t/min

2.3.2.1 Měření tepové frekvence

Tepová frekvence patří k nejdůležitějším ukazatelům při pohybové aktivitě. Udává počet tepů (stahů) srdce za minutu. Podle tepové frekvence lze zjistit, v jakém stupni zatížení se právě proband nachází. Závisí to řadě faktorů, k nejdůležitějším patří věk, trénovanost a stresové zatížení. Trénovaností se klidové hodnoty snižují.

Maximální tepovou frekvenci vypočítáme: $TF_{max} = 220 - \text{věk probanda}$

Stupně intenzity zatížení:

- nízký stupeň – 50% - 60% z MTF (maximální tepová frekvence)
- střední stupeň – 60% - 70%
- vysoký stupeň – 75% - 85%

Tepová frekvence se měří na vřetení tepně na zápěstí a na spánkové tepně. Při sportu však využívají sportovci tzv. sporttestery. Sporttester se skládá ze dvou částí, vysílače a přijímače [34].

Při našem měření byl použit hrudní pás, který se aktivuje jeho umístěním na tělo (pás detekuje srdeční aktivitu a sám se zapne). Deaktivace hrudního pásu je automatická, nastane po cca 2 - 3 minutách, během kterých pás nedetekuje srdeční aktivitu (pás je sundán z těla). Data se zaznamenávaly bezdrátově do počítače každou vteřinu.

2.3.3 Příprava dotazníku

Cílem experimentální části bylo zhodnotit oděv na základě pocitů. Byl vytvořen dotazník, který sledovaný jedinec vyplnil před zátěží v době aklimatizace, v průběhu zátěže, na konci zátěže a na konci měření.

Dotazník obsahoval několik otázek, které se týkaly následujících parametrů:

- Fyzická aktivita (kritéria hodnocení - neunaven, mírná nebo zvýšená únava, vyčerpán)
- Tepelný diskomfort (kritéria hodnocení - tepelná vnímavost, prodyšnost)
- Vlhkostní diskomfort (kritéria hodnocení - navlhavost)
- Sensorický diskomfort (kritéria hodnocení - pichlavost, sušivost)
- Znázornění pocitového vnímání diskomfortu na částech těla.

Tepelný, vlhkostní a sensorický diskomfort byl posuzován dle Borgovy škály diskomfortu (tab. č. 8), který měl bodovou stupnici od 0 - 10. Čím vyšší intenzita tím vyšší nepříjemný pocit z materiálu.

Tab. 8: – Borgova škála diskomfortu [35].

Intenzita	Charakteristika diskomfortu
0	Vůbec žádný
1	Velmi slabě
2	Lehce
3	Středně
4	Poněkud silně nepohodlný
5	Středně silně
6	Silně
7	Velmi silně
8	Krajně nepohodlné - brání v činnosti
9	Velmi krajně
10	Maximálně nepohodlné, nelze pokračovat

Všechny vyplněné dotazníky je možné shlédnout v příloze č. 1 této práce.

2.3.4 Příprava měřícího zařízení

Po splnění všech předchozích kroků bylo pomocí bezdrátových čidel a drátových čidel navázáno spojení s počítačem. Data vlhkosti, teploty a tepové frekvence byla po celou dobu měření automaticky zaznamenávána do počítače a následně byla zpracována.

2.4 VÝSLEDKY OBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘI ZÁTĚŽI

Všechna měření měla stejný průběh. Ve fázi aklimatizace, která trvala 10 minut, došlo k ustálení teplotních a vlhkostních hodnot. V další fázi došlo k oteplení z důvodu zvýšené fyzické zátěže, kterou proband musel vynaložit na získání požadované tepové frekvence. Rozmezí bylo nastaveno na 135 - 145 tepů za minutu po dobu 30 minut. Reakce organismu na pocity tepla spočívala v ochlazování těla proti přehřátí produkcí potu. Pocení vyvolalo diskomfortní pocit v podobě chladu. Transport potu pomocí dresu od těla docházelo k odpařování. V závěrečné fázi odpočinku, který trval 10 minut po zátěži, se sledovala teplota a vlhkost při sušení dresu.

2.4.1 Výsledky měření dresu FC Slovan Liberec

Fotbalový dres ze 100% polyesteru byl testován v klimatizované místnosti při průměrné teplotě 20,5 °C a průměrné vlhkosti 63%.

2.4.1.1 Výsledky teploty

Z obr. 57 bylo v prvních minutách měření vidět, že v době aklimatizace, měla všechna čidla, která byla umístěná na těle, velmi podobnou teplotu, přibližně 31,5 °C. Čidla umístěná na dresu měla startovní teplotu odlišnou. Čidlo mezi lopatkami mělo 27°C a čidlo mezi prsy o 2°C menší. V končící fázi aklimatizace měla všechna čidla nepatrnou rostoucí tendenci. Do osmé minuty zátěže si čidla na těle držela takovou teplotu, jakou měla na konci aklimatizace. Čidla na dresu měla spíše pomalou klesající tendenci. Následoval skokový nárůst teploty u všech

čidel, řádově o 1 °C. Teplota na těle mezi prsy a pod pravou lopatkou se zvyšovala až do konce zátěže, kde zaznamenala své maximální hodnoty (mezi prsy 33,7 °C a pod pravou lopatkou 33 °C). Naopak tomu bylo u čidel připevněných na těle pod pravým prsem a mezi lopatkami, kde došlo k poklesu teploty. Čidla na dresu měla po nárůstu vlivem produkci potu klesající tendenci. V době odpočinku po fyzické zátěži byl vidět velmi značný pokles teplotních hodnot u tří čidel na těle (mezi prsy, pod pravou lopatkou a mezi lopatkami). Čidlo na těle pod pravým prsem udržovalo stále stejnou teplotu. Čidla připevněná na dresu měla taktéž klesající tendenci.

Z klesajícího průběhu křivek lze říci, že dres dobře odvádí teplo a dochází k ochlazení vlivem odpařování potu.

2.4.1.2 Výsledky vlhkosti

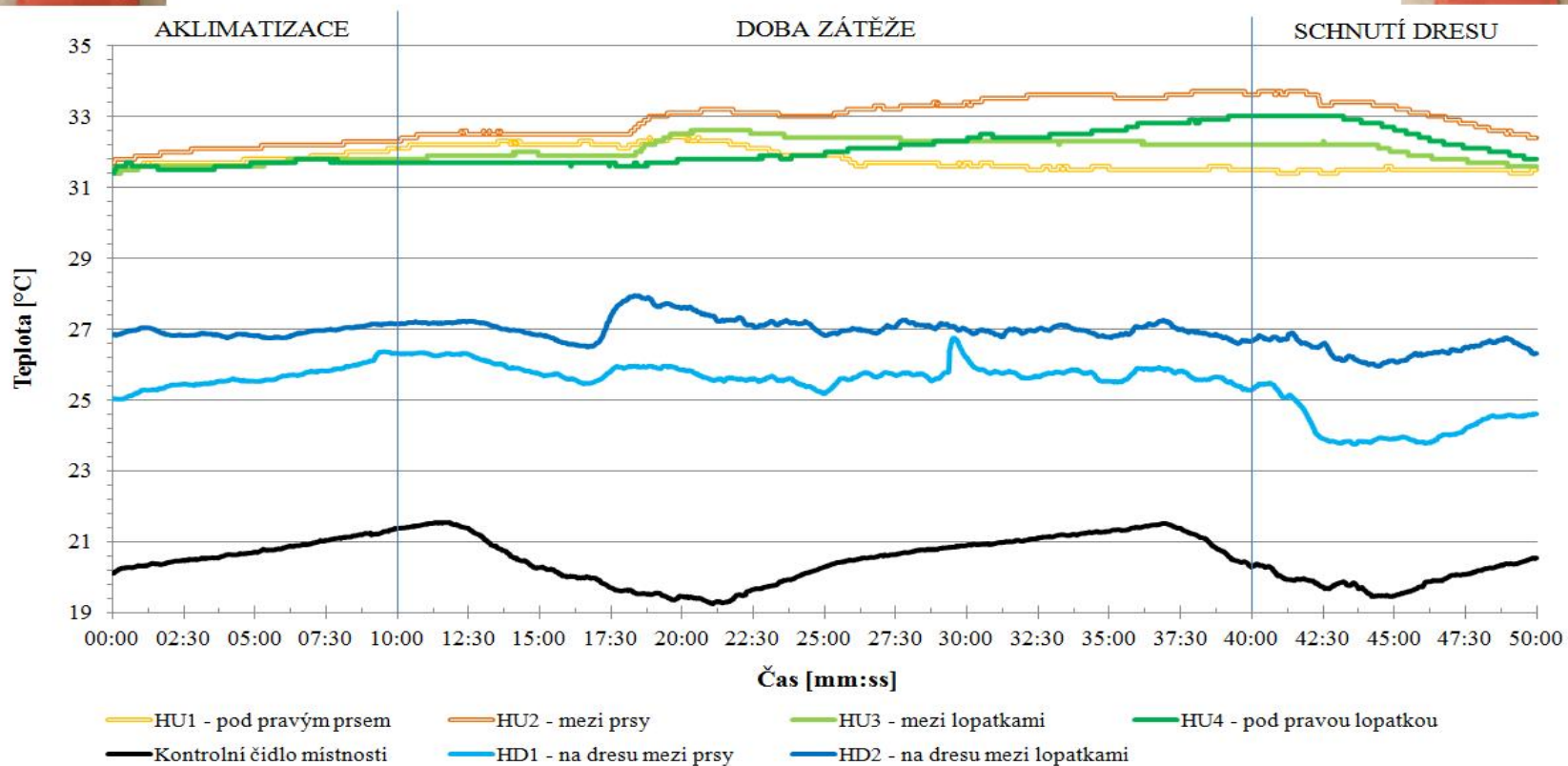
Z obr. 58 bylo vidět, že na počátku měření v době aklimatizace všechna čidla vykazovala vlhkost 50% ± 5%. Tato hodnota se neměnila až do konce aklimatizace. V úvodu zátěže začaly všechny křivky lehce klesat. Po 8 minutách začaly všechny hodnoty prudce stoupat. Tento prudký nárůst souvisel se zvyšující tepovou frekvencí a docházelo tak ke zvýšení vlhkosti pod dresem. Už po třech minutách byla zaznamenána nejvyšší hodnota vlhkosti 100% u čidla připevněného na těle mezi lopatkami. Následně se k tomu přidalo i čidlo na těle umístěné pod pravým prsem. Zbylé čidlo na těle mezi prsy dosáhlo maximální vlhkosti 99% a čidlo pod pravou lopatkou max. 95,7%. Čidla na dresu dosáhla svých maximálních hodnot (82%) až ke konci měření. V průběhu měření došlo u čidla na dresu mezi prsy ke skokovému nárůstu vlhkosti. Tento fakt mohl být způsoben pohnutím čidla nebo probanda. Hodnoty by nebyly v tom případě směrodatné, a proto byly z celkových výsledků odstraněny. Po dosažení svých maximálních hodnot došlo u všech čidel k poklesu křivek až do konce zátěže. Ve fázi odpočinku měly hodnoty vlhkosti stále klesající tendenci.



Graf - FC Slovan Liberec - oranžový



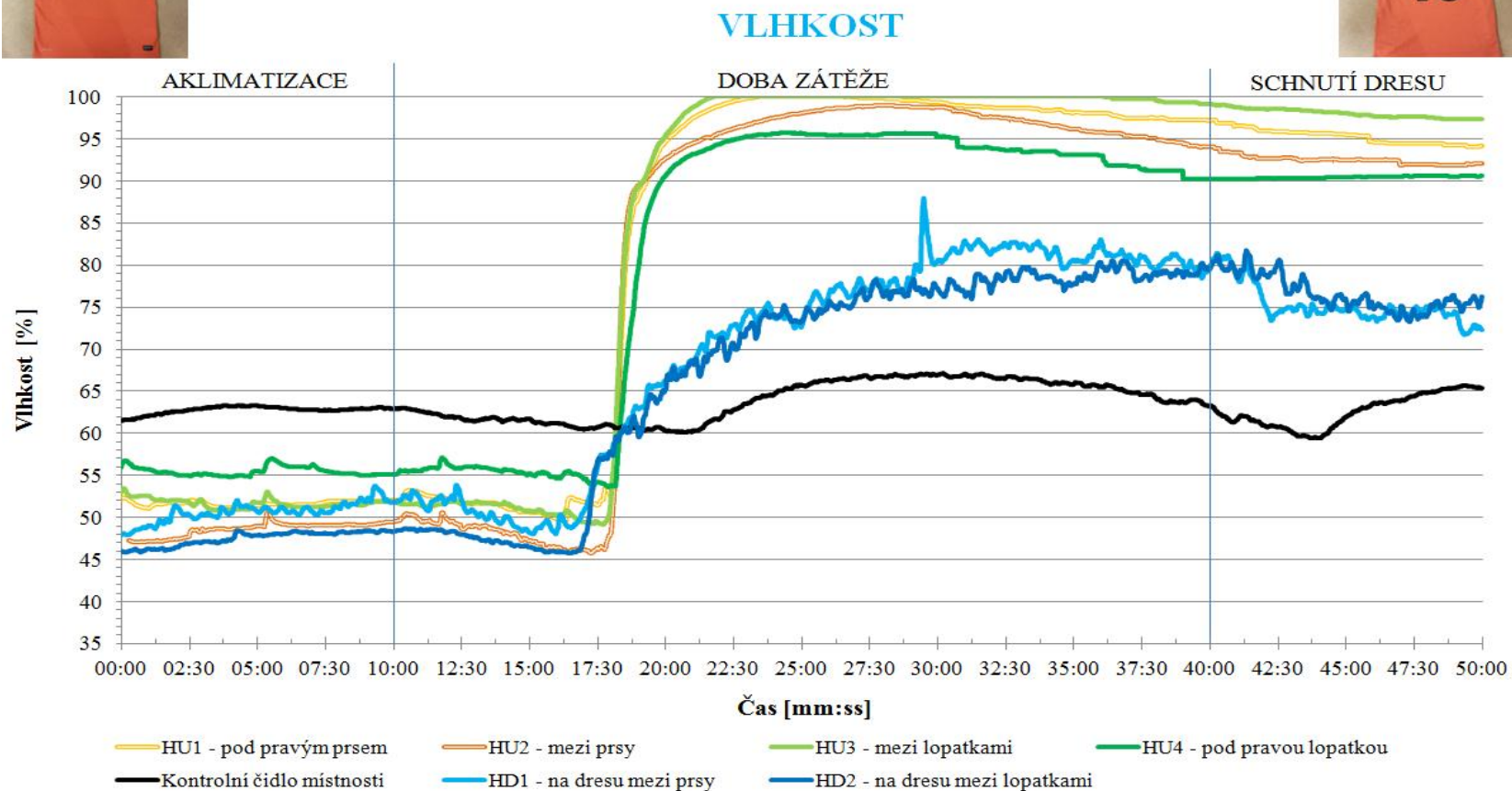
TEPLOTA



Obr. 57: Průběh teploty dresu FC Slovan Liberec při fyzické zátěži



Graf - FC Slovan Liberec - oranžový



Obr. 58: Průběh vlhkosti dresu FC Slovan Liberec při fyzické zátěži

2.4.2 Výsledky měření dresu české reprezentace

Fotbalový dres ze 100% polyesteru byl testován v klimatizované místnosti při průměrné teplotě 20,3 °C a průměrné vlhkosti 59,9%.

2.4.2.1 Výsledky teploty

V obr. 59 bylo v úvodní části aklimatizace možné sledovat podobné teplotní hodnoty u tří čidel na těle (mezi prsy, mezi lopatkami a pod pravou lopatkou). Teplota se pohybovala kolem 32,5 °C. Čidlo na těle pod pravým prsem měl na začátku teplotu kolem 31 °C. Čidla umístěná na dresu měla úvodní teplotu rozdílnou. O 1 °C vyšší ji mělo čidlo připevněné na dresu mezi lopatkami, které měly teplotu 28,5 °C. Po celou dobu aklimatizace měla všechny čidla klesající tendenci. Začátkem zátěže došlo u všech čidel k menšímu nárůstu hodnot. Po 7 minutách zátěže následoval skokový nárůst, kdy všechny čidla dosáhla ihned svých maximálních hodnot. Nejvyšší teplota na těle byla naměřená mezi prsy (33,5°C). Teplota na těle mezi lopatkami byla jen o 0,2°C menší. Čidla na dresu měla skokový nárůst o 2°C. Nejvyšší zjištěná teplota na dresu byla mezi lopatkami (29,04°C). Po dosažení maximálních hodnot došlo k poklesu všech křivek. Tento pokles trval až do konce měření. Největší pokles teploty na těle (2,3°C) byl zjištěn mezi prsy. Čidlo na dresu mezi lopatkami mělo pokles o 3,5°C.

2.4.2.2 Výsledky vlhkosti

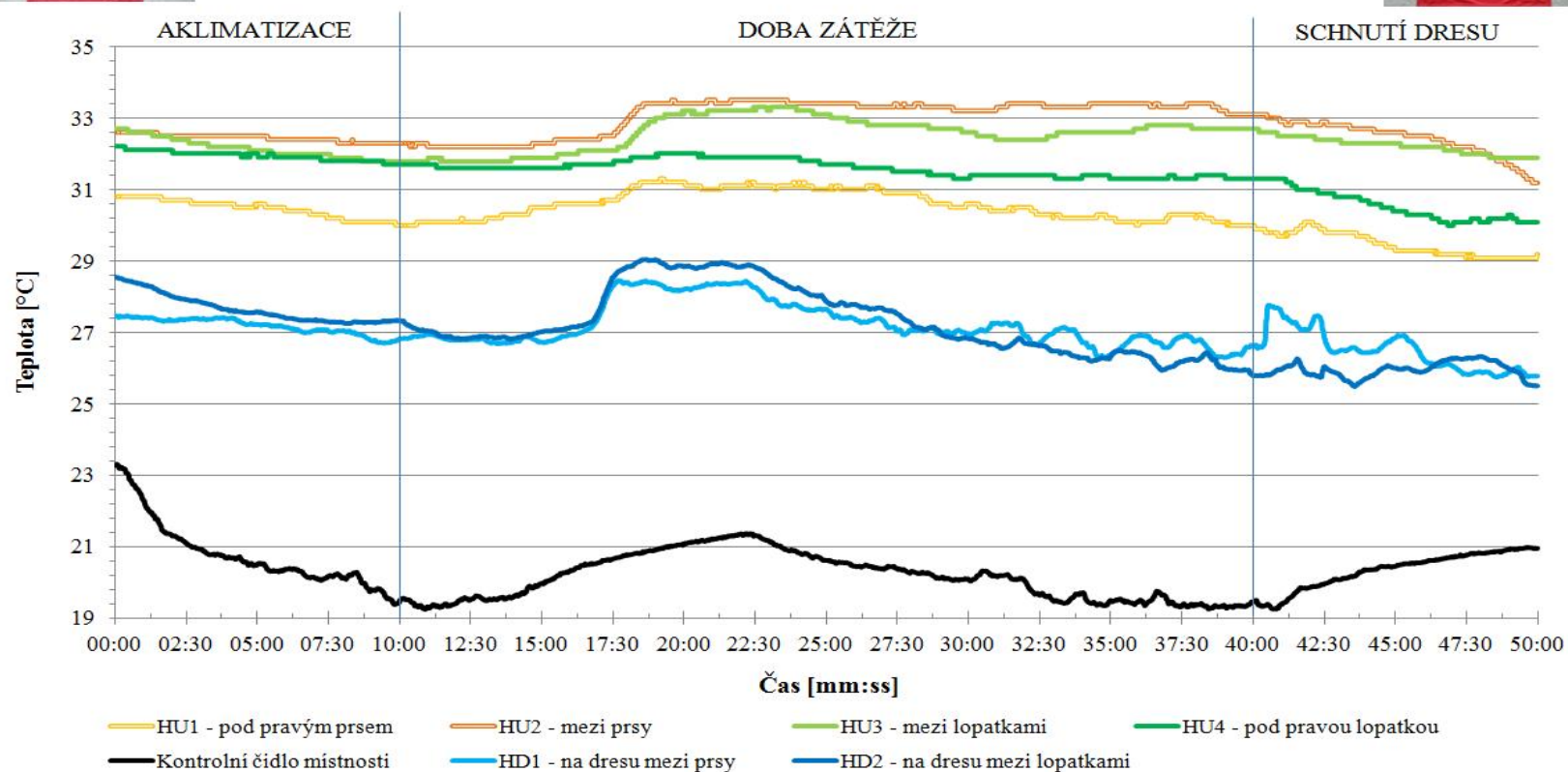
Z obr. 60 bylo vidět, že na začátku mělo pět čidel vlhkost 48% ± 3%. Jejich křivky měly do konce aklimatizace klesající tendenci. V úvodu zátěže začaly hodnoty vlhkosti stoupat. Po 7 minutovém šlapání došlo k prudkému nárůstu u všech sledovaných čidel. Po uplynutí 5 minut došlo k dvěma maximálním 100% hodnotám u čidel na těle (mezi lopatkami, mezi prsy). Čidlo na těle pod pravým prsem nejvýše dosáhlo vlhkosti 99,4% a čidlo pod pravou lopatkou 91,7%. Čidla na dresu dosáhla svých maximálních hodnot až ke konci měření. Čidlo na dresu mezi lopatkami dosáhlo 90,4% a čidlo mezi prsy 89,4%. Po dosažení svých maximálních hodnot došlo u všech čidel k poklesu křivek až do konce zátěže. Ve fázi odpočinku měly hodnoty vlhkosti stále klesající tendenci.



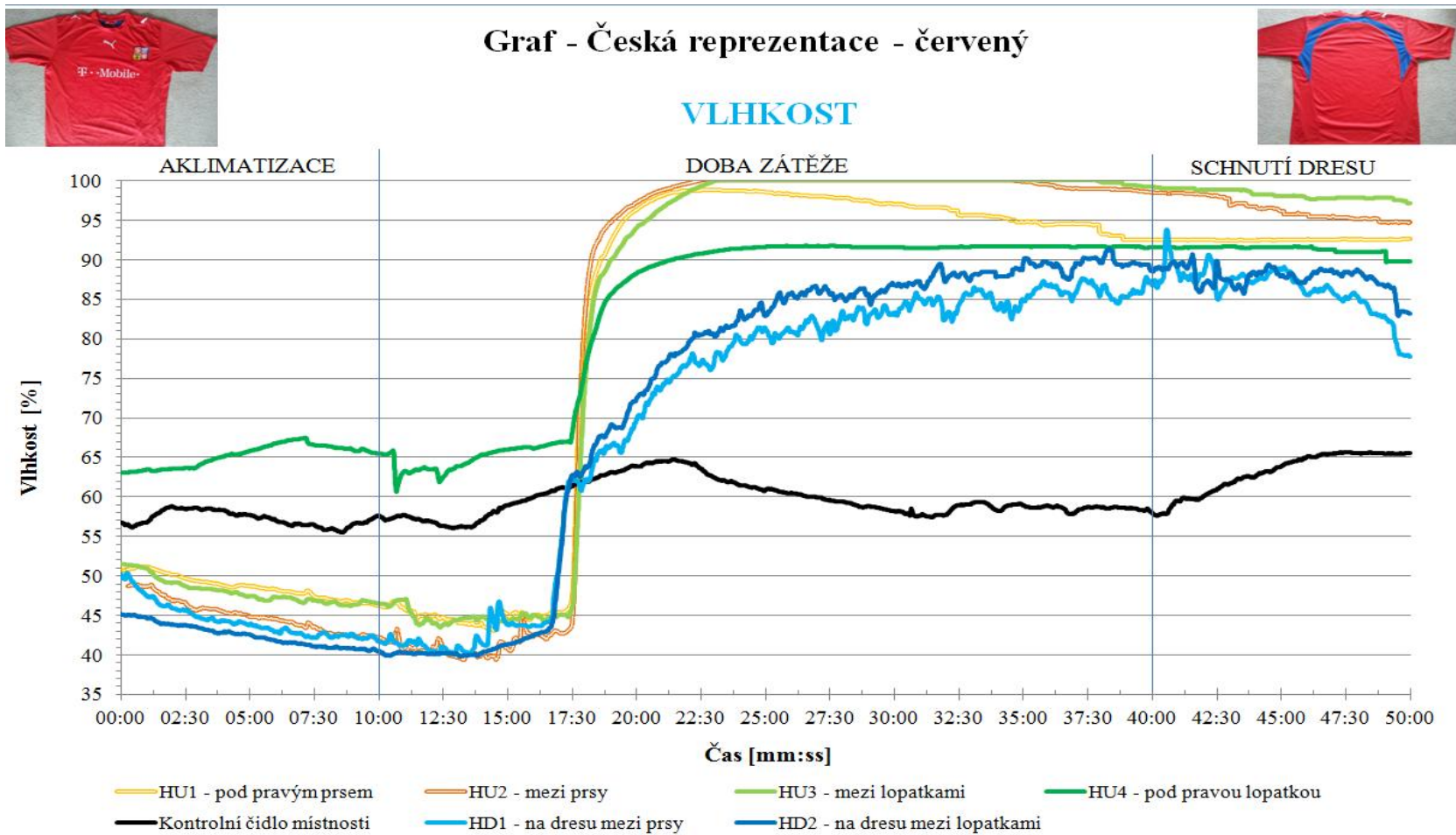
Graf - Česká reprezentace - červený



TEPLOTA



Obr. 59: Průběh teploty dresu české reprezentace při fyzické zátěži



Obr. 60: Průběh vlhkosti dresu české reprezentace při fyzické zátěži

2.4.3 Výsledky měření dresu SK Motorlet Praha

Fotbalový dres ze 100% polyesteru byl testován v klimatizované místnosti při průměrné teplotě 21,1 °C a průměrné vlhkosti 60,2%.

2.4.3.1 Výsledky teploty

V obr. 61 bylo v úvodních minutách vidět rozházené hodnoty teplot na těle, které se pohybovaly v $31,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Čidla na dresu měla podobné startovní hodnoty, přibližně 27°C . Během aklimatizace měla tři čidla na těle rovnovážnou tendenci, kromě čidla mezi prsy, které mělo od začátku rostoucí křivku. Zároveň lehce rostla i čidla na dresu. Startem zátěže došlo u tří čidel na těle (pod pravým prsem, mezi lopatkami a pod pravou lopatkou) k růstu teploty, přibližně o $0,5^{\circ}\text{C}$. Čidlo připevněné na těle mezi prsy mělo pokles teploty, ze $33,2^{\circ}\text{C}$ na $32,3^{\circ}\text{C}$. K poklesu teplot došlo na začátku zátěže i u čidel připevněných na dresu. Po necelých 7 minutách zátěže, kdy se proband přibližoval požadované tepové frekvenci, došlo k nárůstu teploty u všech čidel. Skok nárůstu však nebyl tolik značný. Maximálních hodnot čidel na těle pod pravým prsem ($32,7^{\circ}\text{C}$) a mezi lopatkami (32°C) bylo dosaženo ihned. Zatímco čidlo mezi prsy dosáhlo své maximální hodnoty ($33,8^{\circ}\text{C}$) až po 20 minutách šlapání. Stejně tomu tak bylo i pod pravou lopatkou ($32,9^{\circ}\text{C}$). Nejvyšší zjištěná teplota na dresu byla mezi prsy ($28,25^{\circ}\text{C}$). Po dosažení maximálních hodnot došlo k poklesu všech křivek. Tento pokles trval až do konce měření.

2.4.3.2 Výsledky vlhkosti

Obr. 62 nám ukázal, že na začátku měla čidla vlhkost $47,5\% \pm 2,5\%$. Křivky měly do konce aklimatizace rostoucí tendenci. V úvodu zátěže začaly hodnoty vlhkosti klesat. Po necelých 7 minutách došlo k prudkému nárůstu u všech čidel. Po uplynutí 6 minut došlo u dvou čidel na těle k maximálním hodnotám. Čidlo mezi lopatkami dosáhlo 100% vlhkosti, kterou si držela skoro až do konce měření. Čidlo mezi lopatkami mělo maximální hodnotu 98,8%. Zbylá dvě čidla na těle dosáhla svých maximálních hodnot až koncem zátěže (mezi prsy 100% a pod pravou lopatkou 92%). Čidla na dresu měla po celou dobu rostoucí tendenci až do

konce měření ve fázi odpočinku. Čidlo mezi lopatkami mělo maximální hodnotu 91,6% a čidlo mezi prsy 91%. Ve fázi odpočinku čidla na těle měly pomalou klesající tendenci.

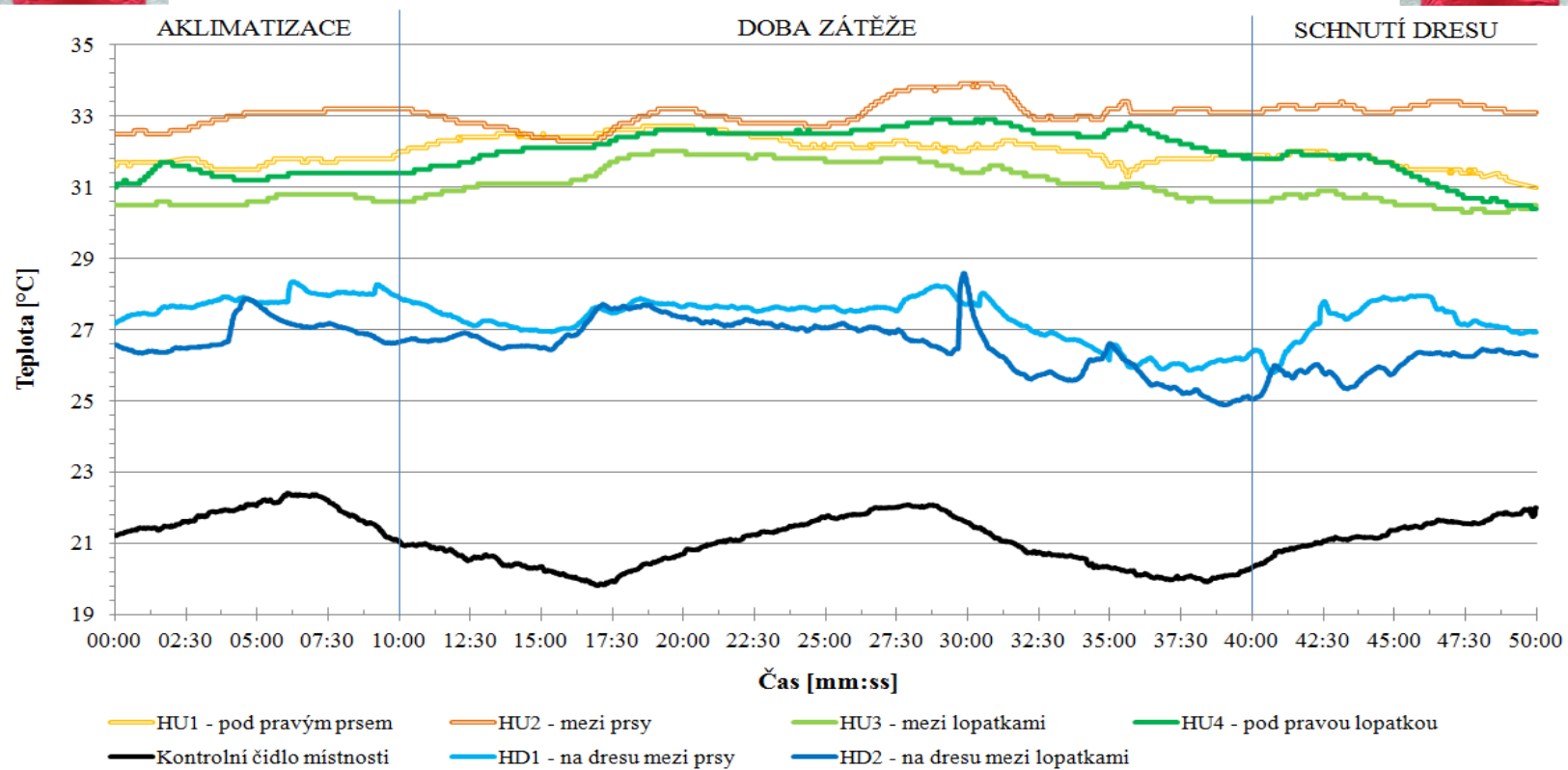
Z velmi malého klesajícího průběhu křivek lze říci, že tento dres hůře odvádí vlhkost a teplo v porovnání s ostatními dresy.



Graf - Motorlet Praha - červený



TEPLOTA



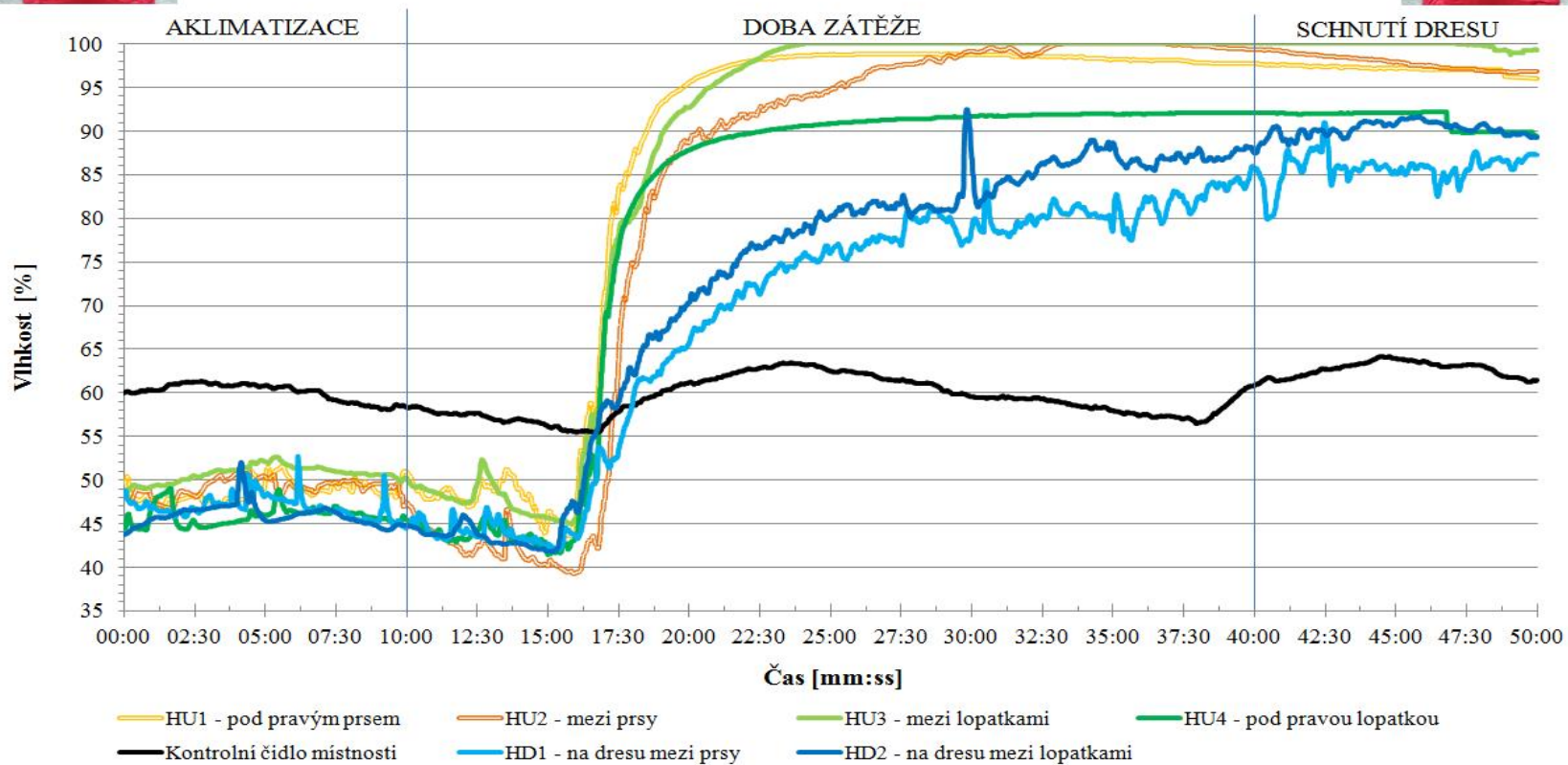
Obr. 61: Průběh teploty dresu SK Motorlet Praha při fyzické zátěži



Graf - Motorlet Praha - červený



VLHKOST



Obr. 62: Průběh vlhkosti dresu SK Motorlet Praha při fyzické zátěži

2.4.4 Výsledky měření dresu Errea Union Navy

Fotbalový dres ze 100% bavlny byl testován v klimatizované místnosti při průměrné teplotě 20,6 °C a průměrné vlhkosti 61,6 %.

2.4.4.1 Výsledky teploty

V obr. 63 měla čidla na těle mezi prsy a pod pravým prsem stejnou startovní teplotu (32,2°C). Teplota zbylých čidel na těle, tj. mezi lopatkami byla 32,7°C a pod pravou lopatkou 31,5°C. Čidlo připevněné na dresu mezi lopatkami měli úvodní teplotu 27,5°C a čidlo mezi prsy 26,5°C. Po celou dobu aklimatizace měli všechna čidla mírnou klesající tendenci. Vlivem začínající zátěže se teplota u všech čidel zvyšovala. Po uplynutí 7 minut došlo k nárůstu teplotních hodnot u všech čidel. Všechny čidla ihned dosáhla nejvyšších hodnot. Maximální zjištěná teplota na těle byla mezi lopatkami 33,8°C. Následovalo hned čidlo mezi prsy 33,7°C. Zbylá dvě čidla na dresu už tak veliký nárůst nezaznamenali, Pod pravým prsem 32,5°C a pod pravou lopatkou 31,8°C. Čidlo na dresu mezi lopatkami zaznamenalo nejvyšší skokový nárůst, který byl z teploty 27,4°C na 29,9°C. Čidlo na dresu mezi prsy mělo taky poměrně vysoký stupeň nárůstu (z 26,7°C na 28,4°C). Po zbytku zátěže a ve fázi odpočinku měla všechna čidla pozvolný pokles teplotních hodnot.

Ze zjištěných výsledků můžeme tento dres označit jako dres, který dobře odvádí teplo.

2.4.4.2 Výsledky vlhkosti

Z obr. 64 se zjistilo, že v úvodních minutách měření neměla čidla podobnou startovací hodnotu vlhkosti. Vlhkost se pohybovala od 47% do 60%. Křivky měly do konce aklimatizace klesající tendenci. V úvodu fyzické zátěže začaly hodnoty vlhkosti stoupat a po 7 minutách došlo ještě k prudšímu nárůstu hodnot. Už po čtyřech minutách dosáhla čidla na těle mezi lopatkami a pod pravým prsem 100% vlhkosti. Ve stejném čase čidlo pod pravou lopatkou dosáhlo své maximální hodnoty (95,7%). Poslední čidlo na těle, které bylo umístěno mezi prsy, dosáhlo maximální hodnoty 98,5% až ve fázi odpočinku. Čidla na dresu měli po celou

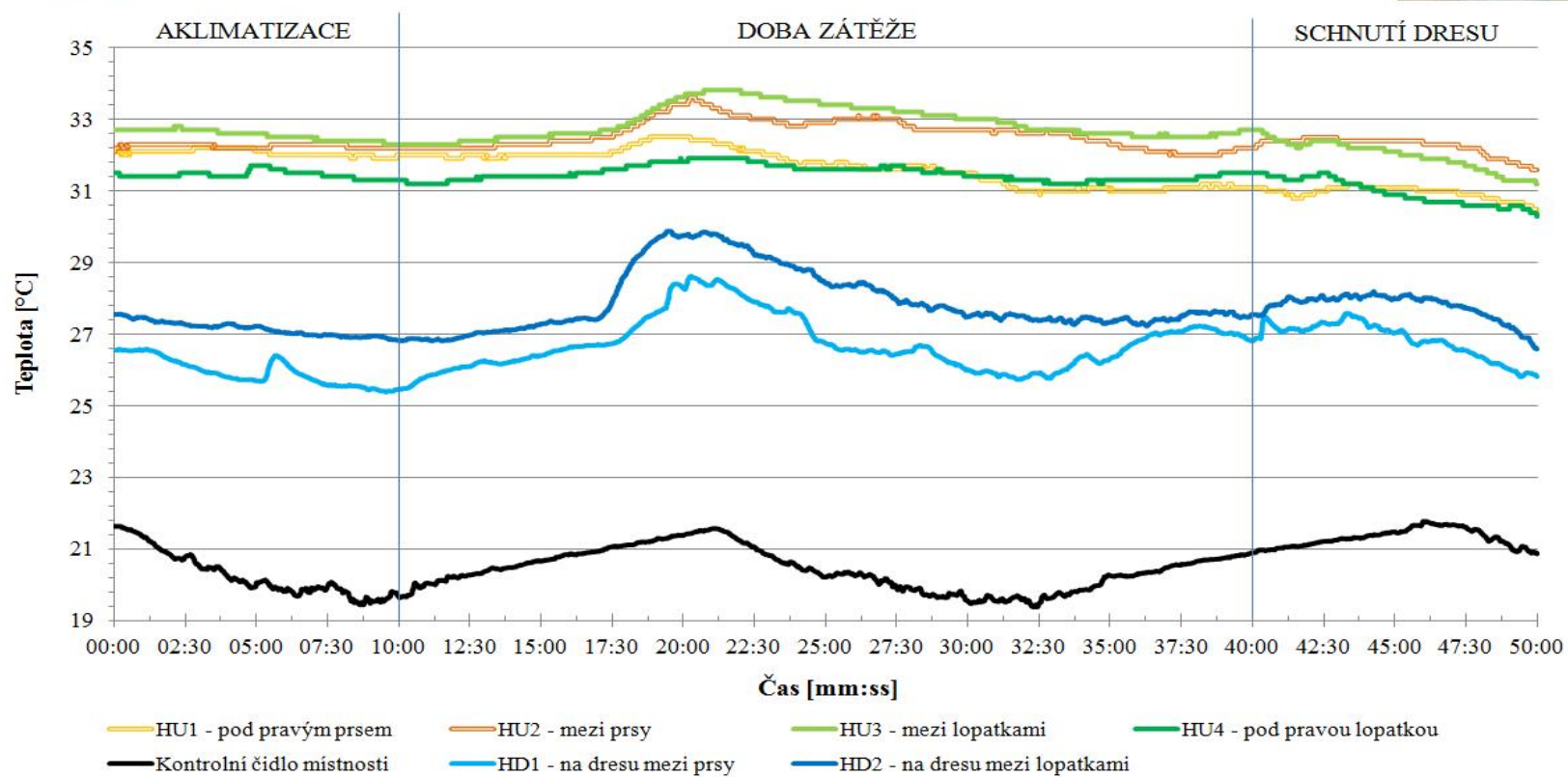
dobu rostoucí tendenci až fáze odpočinku, kde dosáhly svých maximálních hodnot. Čidlo mezi lopatkami mělo vlhkost 89,3% a čidlo mezi prsy 79,8%. Po dosažení maximálních hodnot vlhkosti následoval pokles u všech sledovaných čidel.



Graf - Errea Union Navy - bílý



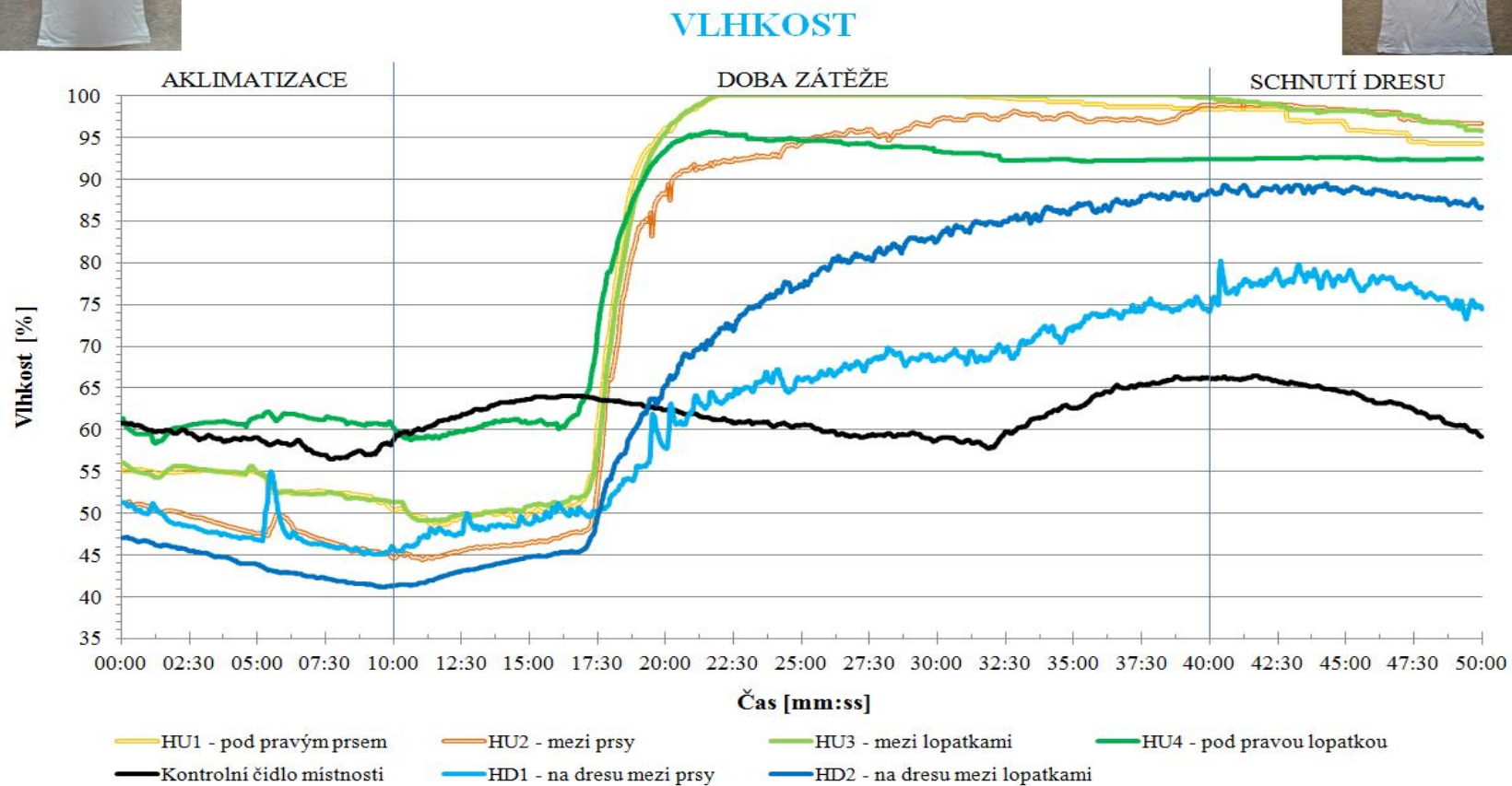
TEPLOTA



Obr. 63: Průběh teploty dresu Errea Union Navy při fyzické zátěži



Graf - Errea Union Navy - bílý

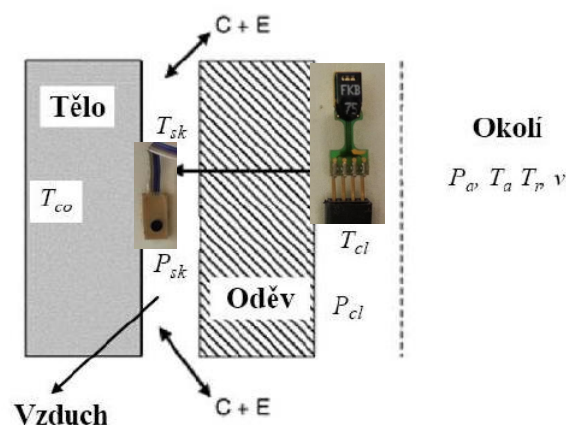


Obr. 64: Průběh vlhkosti dresu Errea Union Navy při fyzické zátěži

2.5 VYHODNOCENÍ OBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘI ZÁTĚŽI

2.5.1 Návrh metodiky na hodnocení objektivního měření při zátěži

Upravený model z kapitoly 1.4, který je zobrazený na obr. 65, byl použit při našem experimentálním měření. Zahrnuje tepelný model lidského těla, tepelné chování textilií, tepelně vlhkostní vlastnosti okolí a dynamické chování člověka. Bližší popis tepelné komfortu včetně popisu přenosu teplot a vlhkosti je v kapitole 1.4 [17].



Obr. 65: Upravený model tepelně vlhkostních projevů systém člověk - oděv - okolí (znázorněno umístění čidla na těle a na dresu)

2.5.1.1 WBGT index

WBGT je jedním z empirických tepelných indexů, který se běžně užívá jako charakteristika tepelného komfortu z hlediska meteorologického, kdy závisí na teplotě a vlhkosti okolí. V našem případě byl také použit pro hodnocení vlivu mikroklimatu (vzduchová vrstva u povrchu textilie) na tepelný komfort, a proto byla použita teplota a vlhkost na povrchu textilie. Index WBGT lze vyjádřit ze vztahu v kapitole 1.5.1.3.

Všechny grafy vyhotovené na základě použitého indexu WBGT je možné shlédnout v příloze č. 2 této práce.

2.5.1.2 Návrh výpočtu tepelných charakteristik

Snahou bylo propojit výsledky naměřených hodnot a na základě toho byly vytvořeny parametry, který platí za těchto předpokladů:

- Teplota pokožky T_{sk} je větší než teplota textilie T_{tex} a ta je větší než teplota okolí T_o .
- Vlhkost pokožky φ_{sk} je větší než vlhkost textilie φ_{tex} a ta je větší než vlhkost okolí φ_o .
- Vlhkost je způsobena pocením při zvýšené tělesné námaze a při standardní atmosféře okolí, tj. při teplotě 21°C a relativní vlhkosti 60%. Za těchto podmínek je výhodné, aby teplo a vlhkost vzniklé při fyzické námaze, byly co nejrychleji odváděny. Požaduje se tedy co nejnižší úroveň tepelné a vlhkostní izolace. Pro stanovení užité hodnoty se bere v úvahu kritická (největší) hodnota stupně tepelné a vlhkostní izolace při maximální tepové frekvenci.

Byly vytvořeny následující parametry k vyhodnocení:

Stupeň tepelné izolace STI. Stupeň nabývá hodnot od 0 (značila nulovou izolaci, teplota pokožky je rovna teplotě textilie) do 1 (znamenala izolaci, kde teplota textilie se rovnala teplotě okolí). Lze ho vyjádřit ve vztahu:

$$STI = \frac{(T_{sk} - T_{tex})}{(T_{sk} - T_o)} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (22)$$

T_{sk} [$^{\circ}\text{C}$] je teplota pokožky, T_{tex} [$^{\circ}\text{C}$] je teplota textilie, T_o [$^{\circ}\text{C}$] je teplota okolí

Stupeň vlhkostní izolace SVI. Zde se zohledňuje rozdíl vlhkosti pokožky a vlhkosti textilie v souladu s vlhkostí okolí. Stupeň nabýval hodnot od 0 (značila nulovou izolaci, vlhkost pokožky byla rovna vlhkosti textilie) do 1 (znamenala izolaci, kde vlhkost textilie se rovnala vlhkosti okolí). Lze ho vyjádřit ve vztahu:

$$SVI = \frac{(\varphi_{sk} - \varphi_{tex})}{(\varphi_{sk} - \varphi_o)} \quad [\%] \quad (23)$$

φ_{sk} [%] je teplota pokožky, φ_{tex} [%] je teplota textilie, φ_o [%] je teplota okolí

Pro určení Metabolické rychlosti M_r byl použit vzorec (11) (viz kapitola 1.4.3.2.1) k zjištění průměrné tepelné izolace. Zjistilo se, že proband udržoval svojí metabolickou aktivitu kolem 9 met.

Pro výpočet celkového výkonu bylo potřeba znát výkon a hmotnost probanda, a jeho plochu kůže. Z hlediska celkového vytížení těla se odhaduje, že průměrný špičkový cyklisté jsou schopni podat výkon P až 5 wattů na 1 kg své váhy. Plocha kůže, neboli plocha těla je vyjádřena z výšky a hmotnosti probanda. Stanovila se $1,98 \text{ m}^2$. Celkový výkon lze vyjádřit:

$$W = \frac{P * m}{S_k} \quad [\text{W m}^2] \quad (24)$$

P [W kg] je výkon probanda, m [kg] je hmotnost probanda, S_k [m^2] je plocha kůže

Průměrná teplotní izolace PTI. Byla vyjádřena rozdílem teploty pokožky a textilie / rozdíl metabolické rychlosti od celkového výkonu.

$$PTI = \frac{(T_{sk} - T_{tex})}{(M_r - W)} \quad [^\circ\text{C m}^2 \text{W}^{-1}] \quad (25)$$

T_{sk} [$^\circ\text{C}$] je teplota pokožky, T_{tex} [$^\circ\text{C}$] je teplota textilie, M_r [W m^2] je metabolická rychlost, W [W m^2] je celkový výkon

Průměrná teplotní izolace systému pokožka - vzduchová vrstva - textilie - okolí je tvořena izolací vzduchové vrstvy mezi pokožkou a textilií a izolací textilie.

Na základě zjištěného PTI bylo vypočteno clo celkové Clo_c . Číslo 0,155 je přepočítávací koeficient mezi jednotkami tepelného odporu oblečení, protože $1 Clo = 0,155 m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ (viz kapitola 1.4.3.2.2).

$$Clo_c = \frac{PTI}{0,155} \quad (26)$$

$PTI [^{\circ}C m^2 W^{-1}]$ je průměrná teplotní izolace

Pomocí zjištěných hodnot bylo vypočteno clo vzduchové vrstvy Clo_{vv} . Dosadily se výsledky Clo celkové / Clo (tepelný odpor / 0,155), které se zjistilo na přístroji Alambeta.

$$Clo_{vv} = \frac{Clo_c}{Clo} \quad (27)$$

Pro výpočet tloušťky vzduchové vrstvy t_{vv} se použila hodnota clo vzduchové vrstvy, tepelná vodivost vzduchu ($0,026 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) a jednotka clo (0,155). t_{vv} mezi pokožkou a textilií vyšla ze vztahu:

$$t_{vv} = Clo_{vv} * \lambda_v * 0,155 \quad [m] \quad (28)$$

Clo_{vv} je clo vzduchové vrstvy, $\lambda_v [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$ je tepelná vodivost vzduchu

2.5.1.3 Stanovení užitelnosti textilie

Pro hodnocení komfortu dressů bylo tedy vhodné stanovit užitelnost textilie, která je blíže popsána v kapitole 1.5.4.

Zjištěním výsledků z těchto výše uvedených indexů se získalo rozmezí hodnot, které pomohlo definovat dolní a horní limitu. Dolní limita L značila nevyhovující dres ($u_i = 0.1$) a horní limita H byla hodnota pro zcela vyhovující dres ($u_i = 1$). Stanovením dolní a horní limity z kapitoly 1.5.4 byla získána užitná hodnota.

Všechny výsledky, které vyšly pod nejnižší (nejhorší) stanovenou hodnotu limity jsou rovny 0. Výsledky, které měly větší hodnotu než nejvyšší (nejlepší) stanovená hodnota limity byly automaticky rovny 1.

Pro celkové porovnání všech měřených parametrů byla použita na každou užitnou hodnotu funkce LN, která vrátila přirozený logaritmus argumentu. Váhy nám definovaly význam dané užité vlastnosti a souvisely s účelem použití. V tab. 9 je znázorněno, že všem parametrům byla prozatím stanovena stejná váha, neboť lze těžko posoudit, který z parametrů má silnější vliv na termofyziologický komfort. Tato hodnota definovala, který z měřených dressů dosáhl nejlepšího komfortu.

Tab. 9: – Vybrané znaky, transformace, váhy

	Váhy	Limity	
		L	H
STI_{max} při TF_{max}	0,25	0,6	0,1
SVI_{max} při TF_{max}	0,25	0,8	0,1
Clo celkové	0,25	0,2	0,1
Prodyšnost [l/m³/s]	0,25	400	1000

2.6 VYHODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU FOTBALOVÝCH DRESŮ

2.6.1 Výsledky komfortu fotbalových dresů

Cílem bylo zjistit, který z dresů je z hlediska komfortu ten nejlepší, a nejvhodnější pro fotbalového hráče k podání stoprocentního výkonu.

Při konstrukci užité hodnoty se projevilo hledisko hodnocení, kde v našem případě uživatel vybral pro něj nejdůležitější parametry:

- Kritická hodnota (maximální) STI při maximální tepové frekvenci
- Kritická hodnota (maximální) SVI při maximální tepové frekvenci
- clo soustavy tělo - vzduchová vrstva - textilie - okolí
- prodyšnost

Tab. 10: – Výsledky naměřených hodnot

	FC Slovan Liberec	Česká reprezentace	SK Motorlet Praha	Errea Union Navy
STI _{max} při TF _{max}	0,52	0,47	0,49	0,44
SVI _{max} při TF _{max}	0,63	0,36	0,53	0,65
Clo celkové	0,1535	0,1252	0,1206	0,1523
Prodyšnost [l/m ³ /s]	1306	901	675	425

2.6.1.1 Stupeň tepelné izolace

Maximální stupeň tepelné izolace byl zjištěn při maximální tepové frekvenci. Šlo o zjištění kritické (nejvyšší) hodnoty. U STI na přední a zadní straně byl vypočten průměr z hodnot a následně vložen do dílčí funkce užítosti (viz tab. 11). Výsledky STI (znázorněny v tab. 10) se pohybují od 0,44 do 0,52. Bylo stanoveno, že komfortnější je dres s co nejmenší (nulovou) tepelnou izolací, kde docházelo k lepšímu proudění tepla.

2.6.1.2 Stupeň vlhkostní izolace

Při maximální tepové frekvenci byl zjištěn maximální stupeň vlhkostní izolace. Zjistila se nejvyšší kritická hodnota na přední a zadní straně dresu, následně byl vypočten průměr z hodnota a vložen do dílčí funkce užítlosti (viz tab. 11). Výsledky maximálního stupně vlhkostní izolace je znázorněn v tab. 10. Rozmezí je od 0,36 do 0,65. Čím víc se blížila hodnota k nule tím menší byla vlhkostní izolace a docházelo k lepšímu odvádění vlhkosti.

2.6.1.3 Clo celkové

Pro vyjádření celkového tepelného komfortu (tepelné pohody) bylo potřeba zjistit celkové clo. To bylo zjištěno pomocí jednotky clo a průměrné teplotní izolace na přední a zadní straně dresu. Následně byl vypočten průměr z hodnot a vložen do vzorce (27). Výsledky celkového clo v rozmezí 0,1206 - 0,1535 byly vloženy do tab. 10. pro výpočet dílčí funkce užítlosti (viz tab. 11). Čím nižší hodnota celkového clo tím komfortnější byl dres.

2.6.1.4 Prodyšnost

Výsledné hodnoty prodyšnosti, které byly měřeny pomocí přístroje FX 3300 jsou znázorněny v grafu č. 8 v kapitole 10.3.2.. Hodnoty prodyšnosti z přední a zadní části dresu byly vloženy do tab. č. 10. na výpočet dílčí funkce užítlosti (viz tab. 11). Důvodem odlišné struktury, tloušťky materiálu a dalších vlastností je rozmezí veliké (od 425 do 1306). Vysoká prodyšnost byla v našem případě komfortnější, protože usnadňuje převod tělesných výparů do vnějšího prostředí. Nízká prodyšnost značí vyšší produkci potu, než je dres schopen propustit a fotbalový hráč by se cítil diskomfortně.

Tab. 11: – Veličiny dílčí užité hodnoty

	Limity		FC Slovan Liberec	Česká reprezentace	SK Motorlet Praha	Errea Union Navy
	L	H				
STI_{max} při TF_{max}	0,6	0,1	0,25	0,34	0,31	0,39
SVI_{max} při TF_{max}	0,8	0,1	0,33	0,67	0,45	0,29
Clo celkové	0,2	0,1	0,52	0,77	0,81	0,53
Prodyšnost [l/m³/s]	400	1000	1,00	0,85	0,51	0,14

2.6.2 Diskuse

Z výsledků v tab. č. 11 lze říci, že liberecký dres měl nejnižší dílčí užité hodnotu tepelné izolace, tzn. že dres nejlépe drží a nepropouští teplo. Naopak tomu bylo u dresu ze 100% bavlny, který měl dílčí užité hodnotu nejvyšší. Dres měl tedy nejlepší výsledky pro odvádění tepla. Dresy české reprezentace a SK Motorlet Praha měla prakticky podobný stupeň, avšak dres ČR byl na tom o trochu lépe.

Nejllepší dílčí užité hodnota stupně vlhkostní izolace patřila dresu české reprezentace. Tento dres nejlépe propouštěl vlhkost z těla pryč. Naopak tomu bylo u dresu Errea. Ten měl o více než polovinu menší dílčí užité hodnotu a tedy i nejhůšší vlhkostní pocity pro fotbalového hráče.

Výsledky dílčí užité hodnoty celkového clo se se rozdělili na dva dresy s lepší dílčí užité hodnotou a dva s hůšší dílčí užité hodnotou. Dres Errea spolu s libereckým dresem měly nejlepší hodnotu clo (tepelné pohody). Zbylé dva dresy české reprezentace a SK Motorlet Praha měly dílčí užité hodnotu menší a stav tepelné pohody hůšší.

Nejllepší a zároveň maximální dílčí užité hodnota prodyšnosti byla zjištna u dresu FC Slovan Liberec. Následoval dres české reprezentace, který měl také velmi dobrou dílčí užité hodnotu prodyšnosti. Hůšší užité vlastnost prodyšnosti byla zjištna u dresu SK Motorlet Praha a nejhůšší u bavlnného

dresu Errea, který má nejnižší hodnotu a dochází tak k nejmenšímu proudění vzduchu.

Tab. 12: – Výpočet užité hodnoty

	Váhy	Limity		FC Slovan Liberec	Česká reprezentace	SK Motorlet Praha	Errea Union Navy
		L	H				
STI_{max} při TF_{max}	0,25	0,6	0,1	-0,34	-0,27	-0,30	-0,24
SVI_{max} při TF_{max}	0,25	0,8	0,1	-0,28	-0,10	-0,20	-0,31
Clo celkové	0,25	0,2	0,1	-0,16	-0,06	-0,05	-0,16
Prodyšnost [l/m³/s]	0,25	400	1000	0,00	-0,04	-0,17	-0,50
SUMA	1			-0,79	-0,47	-0,71	-1,20
EXP				0,4544	0,6225	0,4893	0,3016
POŘADÍ				3	1	2	4

Výsledky definující nejlepší dres z hlediska termofyziologického komfortu jsou znázorněny v tab. č. 12. Stanovením těchto parametrů, které byly určeny za prioritní z hlediska komfortu, se zjistilo, že za nejlepší dres dle uvedené metody můžeme označit dres české reprezentace. Dresy SK Motorlet Praha a FC Slovan Liberec jsou prakticky podobné, avšak o něco lépe je na tom dres SK Motorlet Praha. Nejhorší dres, který se vůbec nedoporučuje pro fotbalové hráče je jediný bavlněný dres Errea Union Navy.

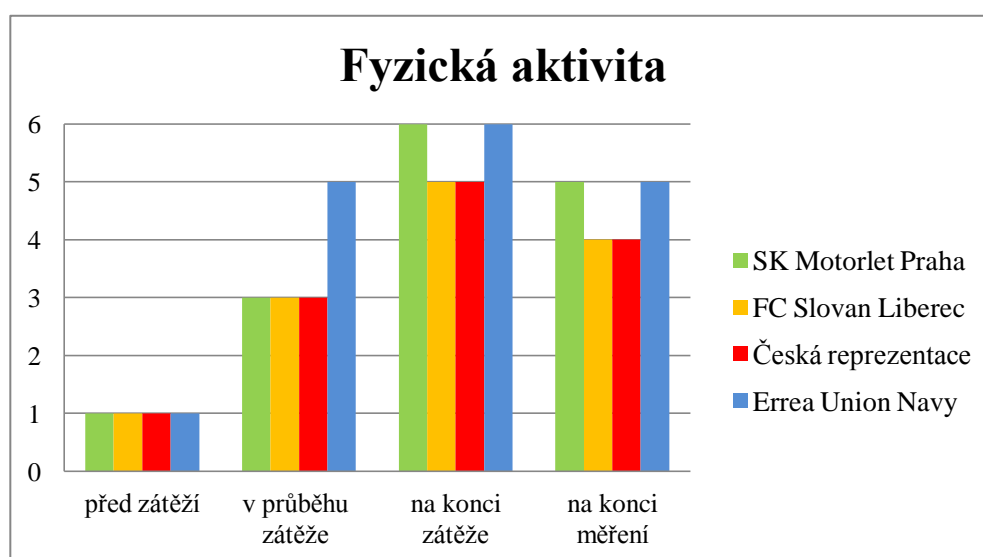
2.7 VYHODNOCENÍ SUBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘI ZÁTĚŽI

Úkolem probanda bylo zhodnocení oděvu na základě pocitů, tj. jak se v dresu cítí před zátěží, v průběhu zátěže, na konci zátěže a na konci měření.

Tepelný, vlhkostní a senzorický diskomfort byl posuzován dle Borgovy škály diskomfortu (tab. č. 8), který měl bodovou stupnici od 0 - 10.

2.7.1 Fyzická aktivita

Sledovaný jedinec se nejdříve vyjádřil ke své fyzické aktivitě. Jednotlivé vlastnosti hodnotil na stupnici od 1 do 10, přičemž 1 značila čerstvost probanda, 4 mírnou únavu, 6 zvýšenou únavu a 10 vyčerpání.



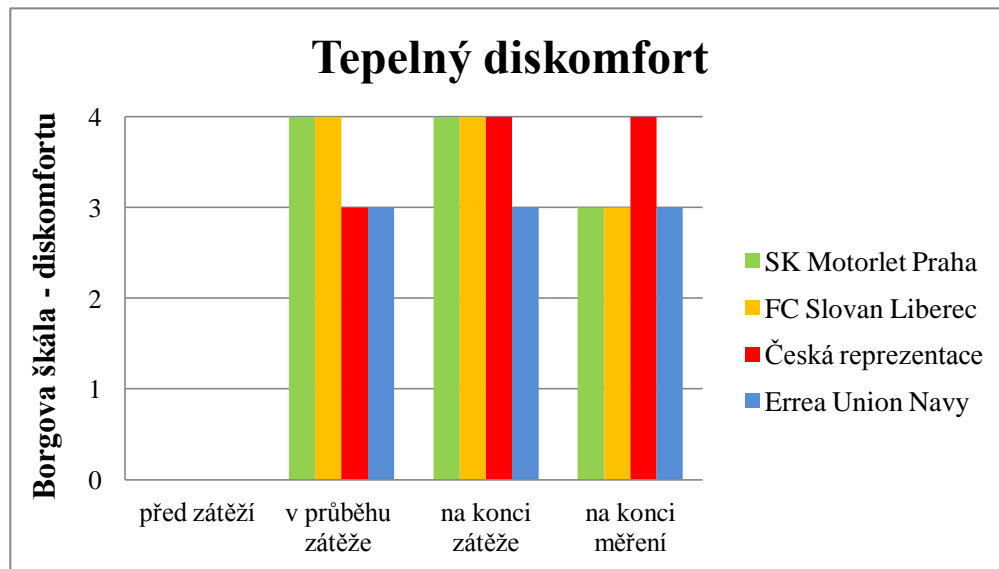
Obr. 66: Vyhodnocení fyzické aktivity

Na obr. 66 je znázorněno hodnocení fyzické aktivity probanda. Je zřejmé, že před zátěží se vždy cítil svěže. V průběhu zátěže došlo ke zvýšení fyzické únavy z důvodu jízdy na stacionárním kole, avšak k nejvyšší fyzické únavě došlo ve 100% bavlněném dresu Errea. I přes udržení tepové frekvence v rozmezí 135 - 145 tepů za minutu po celou dobu, proband na konci zátěže cítil zvýšenou únavu. Hodnoty fyzické aktivity na konci měření klesaly, protože proband 10 minut odpočíval a došlo k ustálení tepové frekvence.

Fyzická aktivita není nejdůležitější vlastností na zjištění komfortu fotbalových dresů, ale je důležitá 100% svěžest a zdraví probanda.

2.7.2 Tepelný diskomfort

Tento subjektivní pocit proband posuzoval dle Borgovy škály diskomfortu (tab. č. 8). Sledovaný jedinec měl bodovou stupnici od 0 - 10. Čím vyšší intenzita, tím vyšší nepříjemný pocit z materiálu. Proband odpovídal na otázky týkající se tepelné vnímavosti a prodyšnosti.



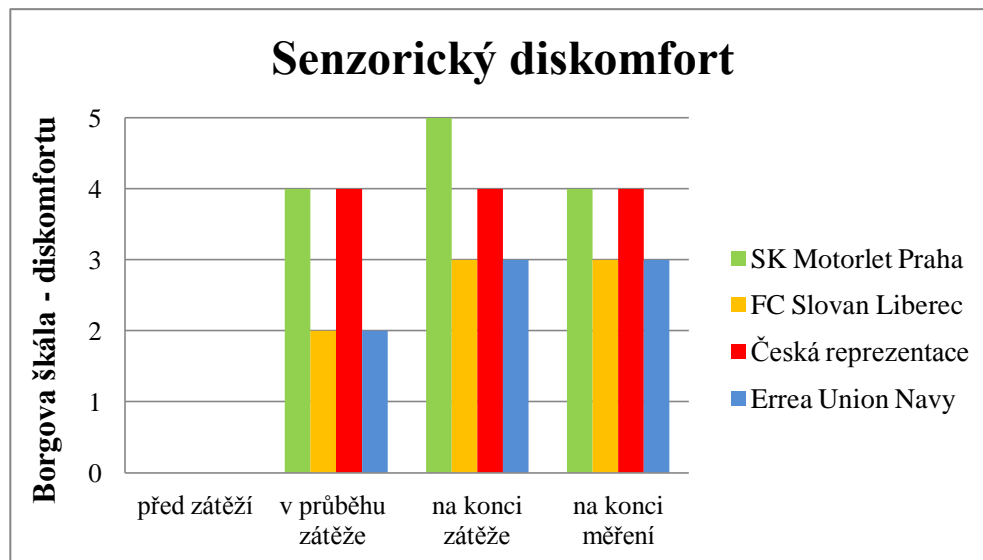
Obr. 67: Vyhodnocení tepelného diskomfortu

Obr. 67 vypovídá, že před zátěží proband neměl žádné známky diskomfortu. Změny nastaly v průběhu zátěže. U dresu z pražského Motorletu a libereckého Slovanu se proband cítil poněkud silně nepohodlně. Potil se a pociťoval velké teplo. Na konci zátěže proband měl nepříjemný pocit tepla u dvou již zmíněných dresů, ke kterým se zařadil i dres české reprezentace. Na konci měření hodnota diskomfortu klesla na střední intenzitu, ale dres české reprezentace zůstal v silně nepohodlné intenzitě.

Dres Errea Union Navy, který je 100% z bavlny, má nejlepší hodnocení z hlediska tepelného diskomfortu. Proband celou dobu měření cítil střední intenzitu diskomfortu.

2.7.3 Senzorický diskomfort

Předmětem zjištění bylo pocitové vnímání senzorického diskomfortu. Využili jsme opět Borgovu škálu diskomfortu (tab. č. 8). Jednalo se o vlastnosti: pocit škrábání, lepení, dráždění a celkový pocit při nošení.



Obr. 68: Vyhodnocení senzorického diskomfortu

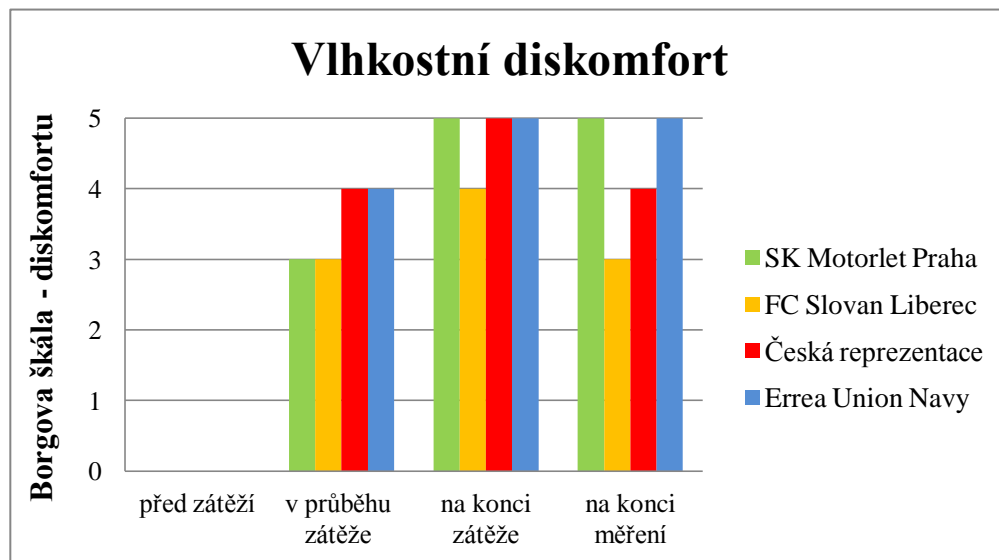
Hodnocení senzorického diskomfortu je znázorněno na obr. 68. Před zátěží byl proband velice spokojen se všemi dresy a neměl žádné nepříjemné pocity. V průběhu zátěže proband pociťoval na dresu SK Motorlet Praha a dresu české reprezentace lepení a pocit škrábání. U ostatních dresů to nebylo až tak znatelné. Na konci zátěže došlo ke zvýšení intenzity diskomfortu u dresu SK Motorlet Praha. V tomto dresu proband vnímal středně silné nepohodlné dráždění a lepení na tělo. Na konci měření si dresy FC Slovan Liberec, Errea Union Navy a Česká reprezentace udržely stejnou intenzitu diskomfortu jako na konci zátěže.

Dresy SK Motorlet Praha a Česká reprezentace lze označit podle výsledků za velmi podobné, ale zároveň za velmi nekomfortní z hlediska senzorického diskomfortu. Dresy FC Slovan Liberec a Errea Union Navy byly hodnoceny kladně s pocitem vcelku příjemným.

2.7.4 Vlhkostní diskomfort

Hodnocení vlhkostního diskomfortu bylo rozděleno na dvě části. První se týkala posuzování dle Borgovy škály diskomfortu (tab. č. 8). Proband odpovídal na otázky týkající se vlhkosti.

Druhá část se týkala grafického znázornění pocitového vnímání diskomfortu konkrétních částí těla. Pocení probanda na prsou, na zádech, na ramenech apod.



Obr. 69: Vyhodnocení vlhkostního diskomfortu

Obr. 69 znázorňuje, že sledovaný jedinec měl před zátěží komfortní a velmi příjemné pocity. V průběhu zátěže se proband začal značně potit, senzory dosahovaly maximálních hodnot měření na těle. V bavlněném dresu Errea a polyesterovém dresu české reprezentace se proband cítil poněkud silně nepohodlně z důvodu vysoké vlhkosti, kterou cítil převážně na prsou, zádech a ramenech. Po skončení zátěže u těchto dvou dresů, intenzita diskomfortu stoupla na středně silně nepohodlnou. Proband cítil přítomnost vlhkosti téměř na celé horní oblasti těla. Pouze dres libereckého Slovanu se držel na poněkud silně nepohodlném pocitu. Konec měření ukázal, který dres pocitově rychle odvádí vlhkost z povrchu těla. Dresy SK Motorlet Praha a Errea Union Navy držely stále vlhkost na celé horní polovině těla.

Na základě subjektivního pocitu lze pozitivně hodnotit dres Slovanu Liberec pro jeho velmi dobrý odvod vlhkosti. Proband se potil pouze na ramenech, zádech a prsou. Nejhorším vyhodnoceným je bavlněný dres, který nasál vlhkost a neodváděl ji. Proband cítil vlhkost na celé horní oblasti těla.

2.7.5 Diskuse

Objektivní měření bylo vyhodnoceno stanovením užité hodnoty a parametrů, které byly určeny za prioritní z hlediska komfortu. Lze tedy říci, že dle uvedené metody můžeme považovat za nejlepší dres české reprezentace. Dresy SK Motorlet Praha a FC Slovan Liberec jsou prakticky podobné, avšak o něco lépe je na tom dres SK Motorlet Praha. Nejhorší dres, který se vůbec nedoporučuje pro fotbalové hráče je jediný bavlněný dres Errea Union Navy.

Subjektivní hodnocení jednoznačně preferovalo 100% polyesterový dres FC Slovan Liberec pro jeho velmi dobrý odvod vlhkosti. Proband se potil pouze na ramenech, zádech a na prsou. Následoval bavlněný dres Errea, který měl velmi pozitivní hodnocení tepelného a sensorického diskomfortu. Výsledky subjektivního hodnocení pro dres české reprezentace a SK Motorlet Praha vykazovaly přibližně stejný stupeň a byly tak méně komfortnější.

3. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout metodiku měření na vybraných materiálech v zátěžových podmínkách. Stanovit a následně vyhodnotit, který z měřených fotbalových dresů je nejvhodnější pro fotbalové hráče při daných klimatických podmínkách.

Při zjišťování výsledků byla pozornost nejdříve zaměřena na vyhodnocení dat získaných z objektivního měření při fyzické zátěži pomocí senzorů. Objektivní měření bylo doplněné subjektivním hodnocením formou dotazníku. Pomocí přístrojů Permetest, Alambeta, FX 3300 byly provedeny objektivní měření fyziologických vlastností na vybraných fotbalových dresech. Byly kvantifikovány rozdíly u jednotlivých dresů a s využitím kritéria váženého geometrického průměru (užitné hodnoty) byly určeny vhodné dresy pro danou fyzickou činnost.

Ve všech případech měření pomocí přístrojů byl zjištěn u dresu FC Slovan Liberec statisticky významný rozdíl ve všech hodnotách měřených vlastností textilií. Což je způsobeno odlišnou strukturou přední a zadní strany dresu. Za statisticky nevýznamné rozdíly ve všech hodnotách měřených vlastností textilií lze označit zbylé tři dresy, který byl dán chybou měření. U výparného odporu, tepelného odporu a jednotky clo dochází k růstu spolu s objemovou porózitou. U propustnosti vodních par bylo zjištěno, že do budoucna by bylo dobré počítat objemovou porózitu za vlhka přidáním vlhkostního přivažku.

Byla zjištěna orientačně celková porózita pomocí microCT a vyhotoveny binární a 3D obrazy. V porovnání s vypočtenou hustotní porózitou se zjistil největší rozdíl na přední straně dresu FC Slovan Liberec, kde měřená porózita byla nejnižší a vypočtená hustotní porózita byla nejvyšší. Za zajímavost lze považovat dres děrovaný, který měl podobné naměřené a vypočtené hodnoty porózy.

Z výsledků měření pomocí senzorů při fyzické zátěži jsme mohli vytvořit pro uživatele ty nejdůležitější parametry. Byla zjištěna kritická (maximální) hodnota stupně tepelné izolace při maximální tepové frekvenci. Z výsledků bylo zjištěno že fotbalový dres FC Slovan Liberec nejlépe drží a nepropouští teplo. Naopak tomu bylo u dresu Errea Union Navy ze 100% bavlny, který měl pro nás

nejlepší výsledky pro odvádění tepla. Nejmenší kritická (maximální) hodnota stupně vlhkostní izolace při maximální tepové frekvenci byla naměřena u dresu české reprezentace. Tento dres měl nejlepší výsledky na odvádění vlhkosti. Nejhorší vlhkostní stupeň izolace byl zjištěn u bavlněného dresu Errea Union Navy. Výsledky soustavy clo byly rozděleny na dva dresy (FC Slovan Liberec, Errea Union Navy) s lepšími vzájemně podobnými hodnotami tepelné pohody a dva s nejnižší hodnotou tepelné pohody (Česká reprezentace, SK Motorlet Praha).

Pro zhodnocení celkového termofyziologického komfortu dresů bylo potřeba naměřené hodnoty, které byly k dispozici propojit a stanovit jim užitnou hodnotu.

Zjistilo se, že stanovením užité hodnoty a parametrů, které byly určeny za prioritní z hlediska komfortu, můžeme označit dle uvedené metody za nejlepší dres české reprezentace. Dresy SK Motorlet Praha a FC Slovan Liberec jsou prakticky podobné, avšak o něco lépe je na tom dres SK Motorlet Praha. Lze říci, že tyto tři dresy mohou být zařazeny do kategorie pro vysokou zátěž. Nejhorší dres, který se vůbec nedoporučuje pro fotbalové hráče je jediný bavlněný dres Errea Union Navy. Doporučuje se pouze k běžnému nošení.

Posledním úkolem bylo zhodnocení dresů na základě pocitů. Byl vytvořen dotazník, který byl vyhotovený dle Borgovy škály diskomfortu. Výsledné hodnoty jednoznačně preferovaly 100% polyesterový dres FC Slovan Liberec. Následoval bavlněný dres Errea, který měl velmi pozitivní hodnocení tepelného a senzorického diskomfortu. Výsledky subjektivního hodnocení pro dres české reprezentace a SK Motorlet Praha vykazovaly přibližně stejný stupeň a byly tak méně komfortnější

Do budoucna bych doporučil více opakovaných měření. Zapojení většího počtu probandů na objektivní měření pomocí senzorů při fyzické zátěži. Provést objektivní měření pomocí bezdrátových senzorů ve venkovním prostředí. Věnovat se hlouběji analýze obrazu a tvorbě binárního obrazu, a také proměřit vzorek víckrát na různých místech textilie.

Přestože se práce snaží o podrobné zpracování celé této problematiky, otevírají se před námi ještě další jiná témata, která si zaslouží bližší pozornost do budoucna a bude vhodné se jimi případně blíže zabývat a zpracovávat je.

POUŽITÁ LITERATURA

1. BEDŘICH, L. *Fotbal rituální hra moderní doby*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2006. ISBN 80-210-3927-2.
2. WIKIPEDIA: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIIE. *Kit (association football)* [online]. 23.01.2015,[2015-01-08]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Kit_%28association_football%29>
3. WIKIPEDIA: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIIE. *Fifa* [online]. 22.01.2015, [2014-08-26]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/FIFA>>
4. KŘEMENÁKOVÁ, D., MILITKÝ, J., GUOCHENG, Z.: Prediction of textile Structure Thermal Insulation. International Symposium on Fiber Science and Technology ISF 2014, Tokyo, Japan.
5. KŘEMENÁKOVÁ, D., MILITKÝ, J., a kol.: Komplexní výzkum postupů vedoucích k dosažení bariérových parametrů tepelně adaptivních textilií pro oděvní a technické aplikace ADAPTEP. Souhrnná zpráva projektu ADAPTEP 2014.
6. WIKIPEDIA: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIIE *Funkční materiál* [on-line]. 02.09.2015. Dostupný z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Funk%C4%8Dn%C3%AD_materi%C3%A1l>
7. TREKING *Funkční prádlo* [on-line]. 02.09.2015 Dostupný z WWW: <<http://www.treking.cz/testy/funkcni-pradlo.htm>>
8. SPORTISIMO *Funkční prádlo* [on-line]. 02.09.2015 Dostupný z WWW: <<http://www.sportisimo.cz/poradna/funkcni-pradlo/>>
9. HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. 2005. vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
10. SONG, G.: *Improving komfort in clothing*, Woodhead Publishing Limited, Sawston, Cambridge CB22 3HJ, United Kingdom, ISBN 978-1-84569-539-2.
11. HALASOVÁ, A.: *Vybrané kapitoly z fyziologie odívání*. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004
12. KOLEKTIV FYZIOLOGICKÉHO ÚSTAVU. *NÁRYS FYZIOLOGIE ČLOVĚKA Sešit III.A*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, vydavatelství Karolinum, 1994. 85 s. ISBN 80-7066-905-5.

13. JÁNSKÝ L. *Vývojová fyziologie I. Základy termoregulace*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, Státní pedagogické nakladatelství n. p. 1990. 107 s. ISBN 80-7066-240-9.
14. FSPS *Zátěž v extrémních teplotních podmínkách* [on-line]. 02.09.2015 Dostupný z WWW: < <http://www.fsps.muni.cz/~tvodicka/data/reader/book-3/11.html>>
15. POKORNÝ J. *PŘEHLED FYZIOLOGIE ČLOVĚKA III. díl*. přeprac. vyd. Praha: Univerzita Karlova, vydavatelství Karolinum, 2002. 255 s. ISBN 80-246-0229-6.
16. HAVENITH, GEORGE a CAROLINE J. SMITH. *Body mapping of Sweating Patterns in Athletes: A sex Comparison*. *Medicine and science in sports and exercise*, 2012, roč. 44, č. 12, s. 2350-2361. DOI: 10.1249/MSS.0b013r318267b0c4. Dostupný z WWW: <<http://www.medscape.com/viewarticle/775404>>
17. KŘEMENÁKOVÁ D., MILITKÝ J., ŠESTÁK J.: *Vláknenné struktury pro speciální aplikace*. vydalo: O.P.S. Kanina, 2013. ISBN 97880-87269-32-9.
18. POKORNÝ J. a kol. *PŘEHLED FYZIOLOGIE ČLOVĚKA II. díl*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, vydavatelství Karolinum, 1995. 162 s. ISBN 80-7184-165-X.
19. HORNÍČEK, P.: *Odvod vlhkosti a tepla z povrchu lidského těla*. Technická univerzita v Liberci, 2002
20. RŮŽIČKOVÁ, D.: *Oděvní materiály*. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003
21. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992. *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*, 1992
22. CENTNEROVÁ, L. *Tradiční a adaptivní model tepelné pohody*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2001. Vedoucí dizertační práce Doc. Ing. Karel Papeř, CSc.
23. CENTNEROVÁ, L. *Tepelná pohoda a nepohoda*. Vytápění, větrání, instalace, 2000, roč. 9, č. 5, s. 213-216. ISSN: 1210-1389.
24. AULICIEMS, A., SZOKOLAY, S. V.: *Thermal Comfort*, University of Queensland, Australia, 1997
25. Elektronické materiály propůjčené Textilním zkušebním ústavem.

26. KŘEMENÁKOVÁ D., MILITKÝ J., RAJESH M.,: *Pokročilé materiály pro bariérové a funkční vlákenné systémy*. vydalo: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7494-030-9.
27. ČSN EN ISO 7730, 2006. *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-iso-7730-2006-10>
28. CHARLES, K. E. *Fanger's Thermal Comfort and Draught Models*. National Research Council Canada. str. 29. [Published online] 02.09.2015. IRC-RR-162. Dostupné z: <http://www.nascoinc.com/standards/breathable/PO%20Fanger%20Thermal%20Comfort.pdf>.
29. HDL. *FX 3300* [on-line]. 18.04.2015 Dostupný z WWW: <http://www.hzdl.com/english/En_Honor.asp?Action=content>
30. KLÍMOVÁ, E.: *Permetest*, TUL Liberec, 2008 [on-line]. 18.04.2015 Dostupný z WWW: <<http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%20Den%20AD/PERMETEST.pdf>>
31. AHLBORN. *Almemo 2690-8A* [on-line]. 21.04.2015 Dostupný z WWW: <<http://www.directindustry.de/prod/ahlborn/universaler-datenlogger-display-tragbar-17042-201468.html>>
32. SENSIRION. *SHT21* [on-line]. 21.04.2015 Dostupný z WWW: <http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion_Humidity_SHT21_Datasheet_V4.pdf>
33. SENSIRION. *SHT75* [on-line]. 21.04.2015 Dostupný z WWW: <http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion_Humidity_SHT7x_Datasheet_V5.pdf>
34. SPORTVITAL. *Tepová frekvence - barometr správného tréninku* [on-line]. 15.02.2015 Dostupný z WWW: <<http://www.sportvital.cz/sport/trenink/tepova-frekvence-barometr-spravneho-treninku/>>
35. PALOVÁ, M.: *Dyskomfort při řízení automobilu závodními jezdci v porovnání s běžnými řidiči osobního automobilu*, Praha: 2007. 53s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Karel Jelen.

36. SKYSCAN 1272. *User Manual*. 03.09.2015 Dostupný v PDF: Desk-top X-ray microtomograph 2013

PŘÍLOHY

Příloha 1: Dotazníky vyplněné při objektivním měření v klimatizované místnosti

Příloha 2: Grafy vyhotovené na základě použitého indexu WBGT

P2: Graf. 1: Průběh WBGT dresu FC Slovan Liberec

P2: Graf. 2: Průběh WBGT dresu české reprezentace

P2: Graf. 3: Průběh WBGT dresu SK Motorlet Praha

P2: Graf. 4: Průběh WBGT dresu Errea Union Navy

Příloha 3: Data naměřená pomocí přístroje PERMETEST

P3: Tab. 1: FC Slovan Liberec

P3: Tab. 2: Česká reprezentace

P3: Tab. 3: SK Motorlet Praha

P3: Tab. 4: Errea Union Navy

Příloha 4: Data naměřená pomocí přístroje ALAMBETA

P4: Tab. 5,6: FC Slovan Liberec

P4: Tab. 7,8: Česká reprezentace

P4: Tab. 9,10: SK Motorlet Praha

P4: Tab. 11,12: Errea Union Navy

Příloha 5: Data naměřená pomocí přístroje FC 3300

P5: Tab. 13: FC Slovan Liberec

P5: Tab. 14: Česká reprezentace

P5: Tab. 15: SK Motorlet Praha

P5: Tab. 16: Errea Union Navy

Příloha 6: Parametry skenování

P6: Obr. 1: FC Slovan Liberec - přední část

P6: Obr. 2: FC Slovan Liberec - zadní část

P6: Obr. 3: Česká reprezentace

P6: Obr. 4: SK Motorlet Praha

P6: Obr. 5: Errea Union Navy

Příloha 7: Analýza 2D

P7: Obr. 6: FC Slovan Liberec - přední část

P7: Obr. 7: FC Slovan Liberec - zadní část

P7: Obr. 8: Česká reprezentace

P7: Obr. 9: SK Motorlet Praha

P6: Obr. 10: Errea Union Navy

Příloha 1 - Dotazníky vyplněné při objektivním měření v klimatizované místnosti

Dotazník o průběhu testu v místnosti					
Datum	31.03.2015				
Označení trička	FC Slovan Liberec - Nike				
Materiálové složení	100% polyester				
Tloušťka pleteniny [mm]	Přední část - 0,77			Zadní část - 0,45	
	start měření	před zátěží	v průběhu	na konci zátěže	na konci měření
Čas	10:40	10:50	11:05	11:20	11:30
Teplota [°C]	20,1	21,37	20,28	20,28	20,53
Vlhkost [%]	61,5	62,9	65,8	63,2	65,4
Tepová frekvence [tep/min]	94	89	149	137	94

A	Fyzická aktivita	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x									
	- v průběhu zátěže			x							
	- na konci zátěže					x					
	- na konci měření				x						
	Kritéria hodnocení (čerstvost, vyčerpání)	čerstvý		mírná únava		zvýšená únava			vyčerpání		

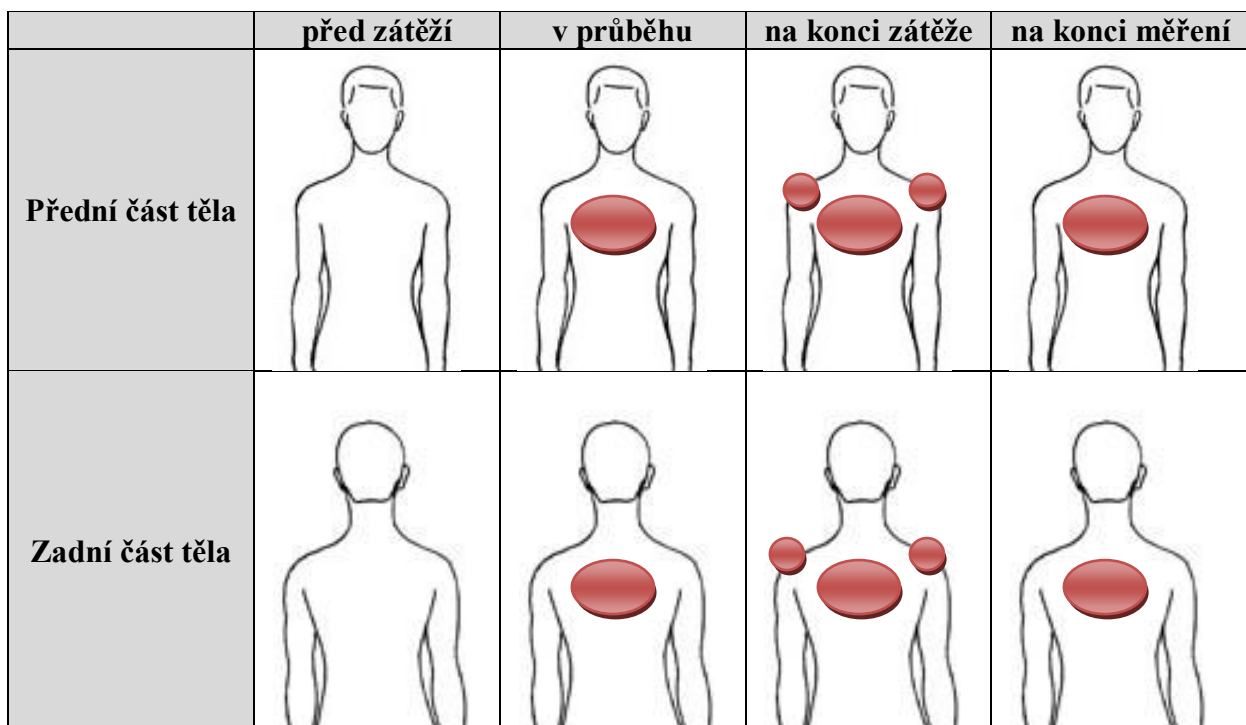
Záznam sledování smyslového vnímání dle borgovy škály diskomfortu:

B	Tepelný diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže					x						
	- na konci zátěže					x						
	- na konci měření				x							
	Kritéria hodnocení (tepelná vnímavost, prodyšnost)											

C	Senzorický diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže			x								
	- na konci zátěže				x							
	- na konci měření				x							
	Kritéria hodnocení (pichlavost, suštivost)											

D	Vlhkostní diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže				x							
	- na konci zátěže					x						
	- na konci měření				x							
	Kritéria hodnocení (navlhavost)											

Znázornění pocitového vnímání diskomfortu na částech těla:



Borgova škála - Diskomfortu

Intenzita	Charakteristika diskomfortu
0	Vůbec žádný
1	Velmi slabě
2	Lehce
3	Středně
4	Poněkud silně nepohodlný
5	Středně silně
6	Silně
7	Velmi silně
8	Krajně nepohodlné - brání v činnosti
9	Velmi krajně
10	Maximálně nepohodlné, nelze pokračovat

poznámky probanda:

Dotazník o průběhu testu v místnosti

Datum	23.03.2015				
Označení trička	Česká reprezentace - Puma				
Materiálové složení	100% polyester				
Tloušťka pleteniny [mm]	0,37				
	start měření	před zátěží	v průběhu	na konci zátěže	na konci měření
Čas	9:23	09:33	9:48	10:03	10:13
Teplota [°C]	23,31	19,43	20,62	19,46	20,96
Vlhkost [%]	56,7	57,6	60,9	57,9	65,5
Tepová frekvence [tep/min]	77	87	143	149	91

A	Fyzická aktivita	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x									
	- v průběhu zátěže			x							
	- na konci zátěže					x					
	- na konci měření				x						
	Kritéria hodnocení (čerstvost, vyčerpání)	čerstvý		mírná únava			zvýšená únava			vyčerpání	

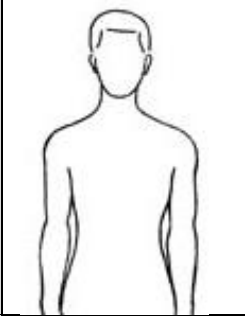
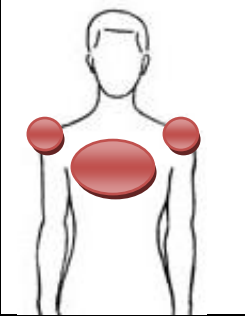
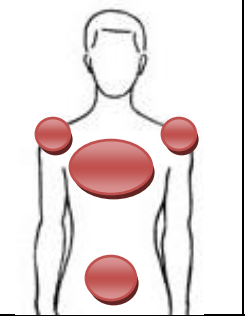
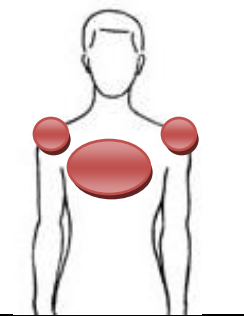
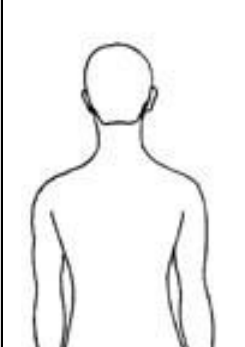
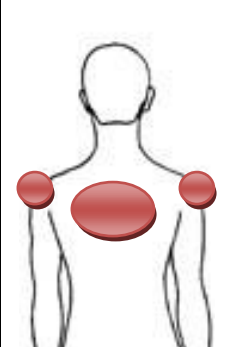
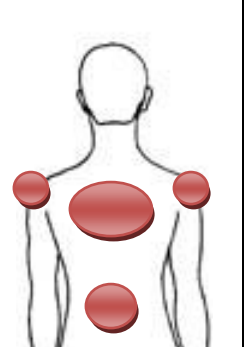
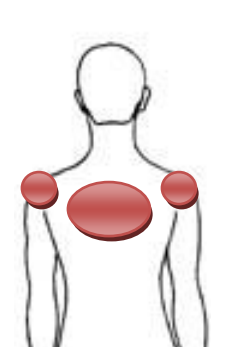
Záznam sledování smyslového vnímání dle borgovy škály diskomfortu:

B	Tepelný diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže				x							
	- na konci zátěže					x						
	- na konci měření					x						
	Kritéria hodnocení (tepelná vnímavost, prodyšnost)											

C	Senzorický diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže					x						
	- na konci zátěže					x						
	- na konci měření					x						
	Kritéria hodnocení (pichlavost, sušivost)											

D	Vlhkostní diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže					x						
	- na konci zátěže						x					
	- na konci měření					x						
	Kritéria hodnocení (navlhavost)											

Znázornění pocitového vnímání diskomfortu na částech těla:

	před zátěží	v průběhu	na konci zátěže	na konci měření
Přední část těla				
Zadní část těla				

Borgova škála - Diskomfortu

Intenzita	Charakteristika diskomfortu
0	Vůbec žádný
1	Velmi slabě
2	Lehce
3	Středně
4	Poněkud silně nepohodlný
5	Středně silně
6	Silně
7	Velmi silně
8	Krajně nepohodlné - brání v činnosti
9	Velmi krajně
10	Maximálně nepohodlné, nelze pokračovat

poznámky probanda:

Dotazník o průběhu testu v místnosti

Datum	16.03.2015				
Označení trička	Motorlet Praha - Adidas				
Materiálové složení	100% polyester				
Tloušťka pleteniny [mm]	0,62				
	start měření	před zátěží	v průběhu	na konci zátěže	na konci měření
Čas	9:38	9:48	10:03	10:18	10:28
Teplota [°C]	21,22	21,09	21,72	20,32	22
Vlhkost [%]	60	58,4	62,5	60,9	61,5
Tepová frekvence [tep/min]	74	83	144	143	109

A	Fyzická aktivita	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x									
	- v průběhu zátěže			x							
	- na konci zátěže						x				
	- na konci měření					x					
	Kritéria hodnocení (čerstvost, vyčerpání)	čerstvý		mírná únava			zvýšená únava			vyčerpání	

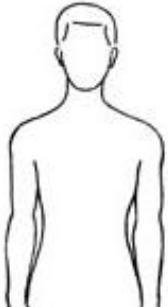
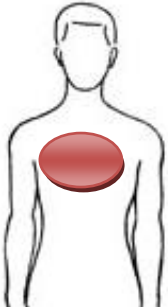
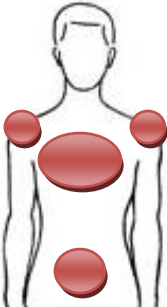
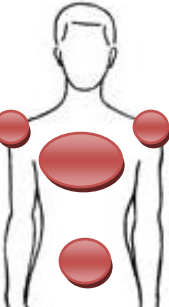

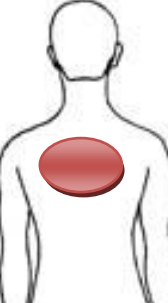
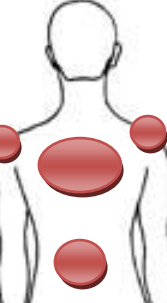
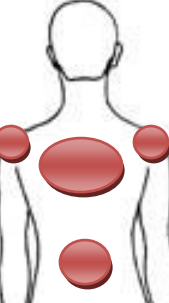
Záznam sledování smyslového vnímání dle borgovy škály diskomfortu:

B	Tepelný diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže					x						
	- na konci zátěže					x						
	- na konci měření				x							
	Kritéria hodnocení (tepelná vnímavost, prodyšnost)											

C	Senzorický diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže					x						
	- na konci zátěže						x					
	- na konci měření					x						
	Kritéria hodnocení (pichlavost, sušivost)											

D	Vlhkostní diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže				x							
	- na konci zátěže						x					
	- na konci měření						x					
	Kritéria hodnocení (navlhavost)											

Znázornění pocitového vnímání diskomfortu na částech těla:

	před zátěží	v průběhu	na konci zátěže	na konci měření
Přední část těla				
Zadní část těla				

Borgova škála - Diskomfortu

Intenzita	Charakteristika diskomfortu
0	Vůbec žádný
1	Velmi slabě
2	Lehce
3	Středně
4	Poněkud silně nepohodlný
5	Středně silně
6	Silně
7	Velmi silně
8	Krajně nepohodlné - brání v činnosti
9	Velmi krajně
10	Maximálně nepohodlné, nelze pokračovat

poznámky probanda:

Dotazník o průběhu testu v místnosti

Datum	08.04.2015				
Označení trička	Fotbalový dres Union Navy - Errea				
Materiálové složení	100% bavlna				
Tloušťka pleteniny [mm]	0,66				
	start měření	před zátěží	v průběhu	na konci zátěže	na konci měření
Čas	9:10	09:20	09:35	09:50	10:00
Teplota [°C]	21,64	19,69	20,22	20,91	20,87
Vlhkost [%]	60,8	58,7	60,6	66,2	59,2
Tepová frekvence [tep/min]	89	82	143	132	98

A	Fyzická aktivita	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x									
	- v průběhu zátěže					x					
	- na konci zátěže						x				
	- na konci měření					x					
	Kritéria hodnocení (čerstvost, vyčerpání)	čerstvý		mírná únava			zvýšená únava			vyčerpání	

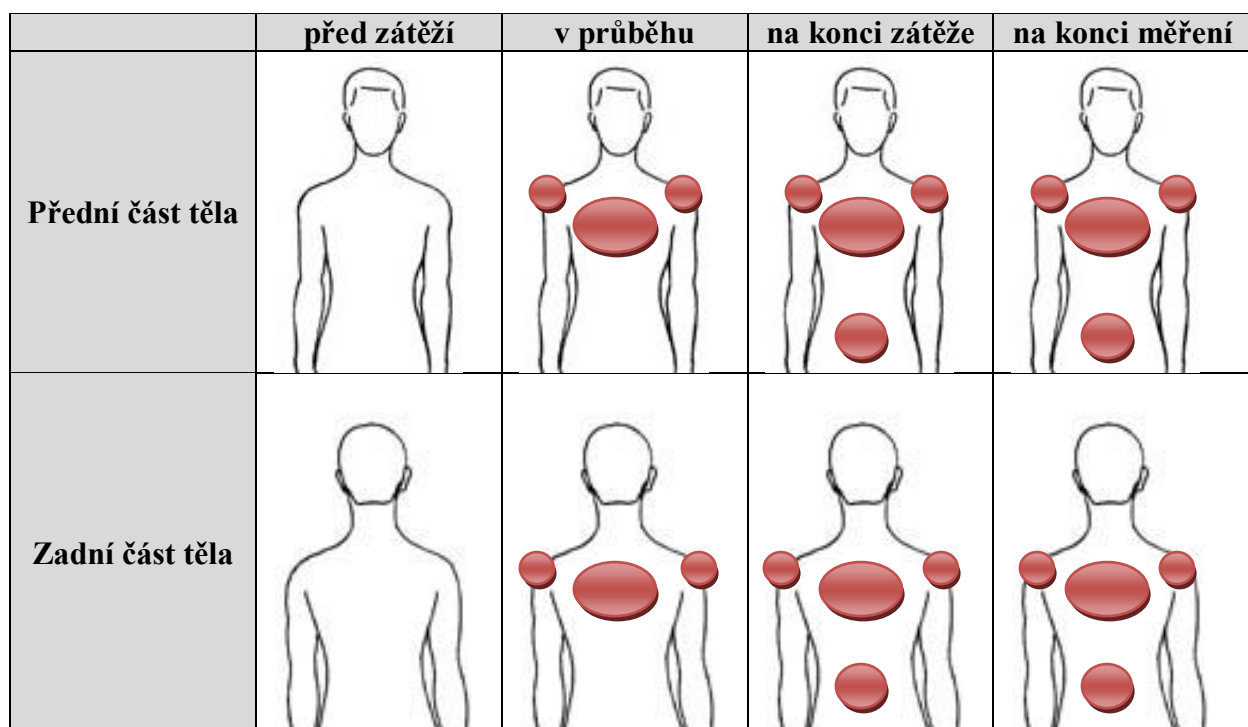
Záznam sledování smyslového vnímání dle borgovy škály diskomfortu:

B	Tepelný diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže				x							
	- na konci zátěže				x							
	- na konci měření				x							
	Kritéria hodnocení (tepelná vnímavost, prodyšnost)											

C	Senzorický diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže			x								
	- na konci zátěže				x							
	- na konci měření				x							
	Kritéria hodnocení (pichlavost, suštivost)											

D	Vlhkostní diskomfort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- před zátěží	x										
	- v průběhu zátěže					x						
	- na konci zátěže						x					
	- na konci měření						x					
	Kritéria hodnocení (navlhavost)											

Znázornění pocitového vnímání diskomfortu na částech těla:



Borgova škála - Diskomfortu

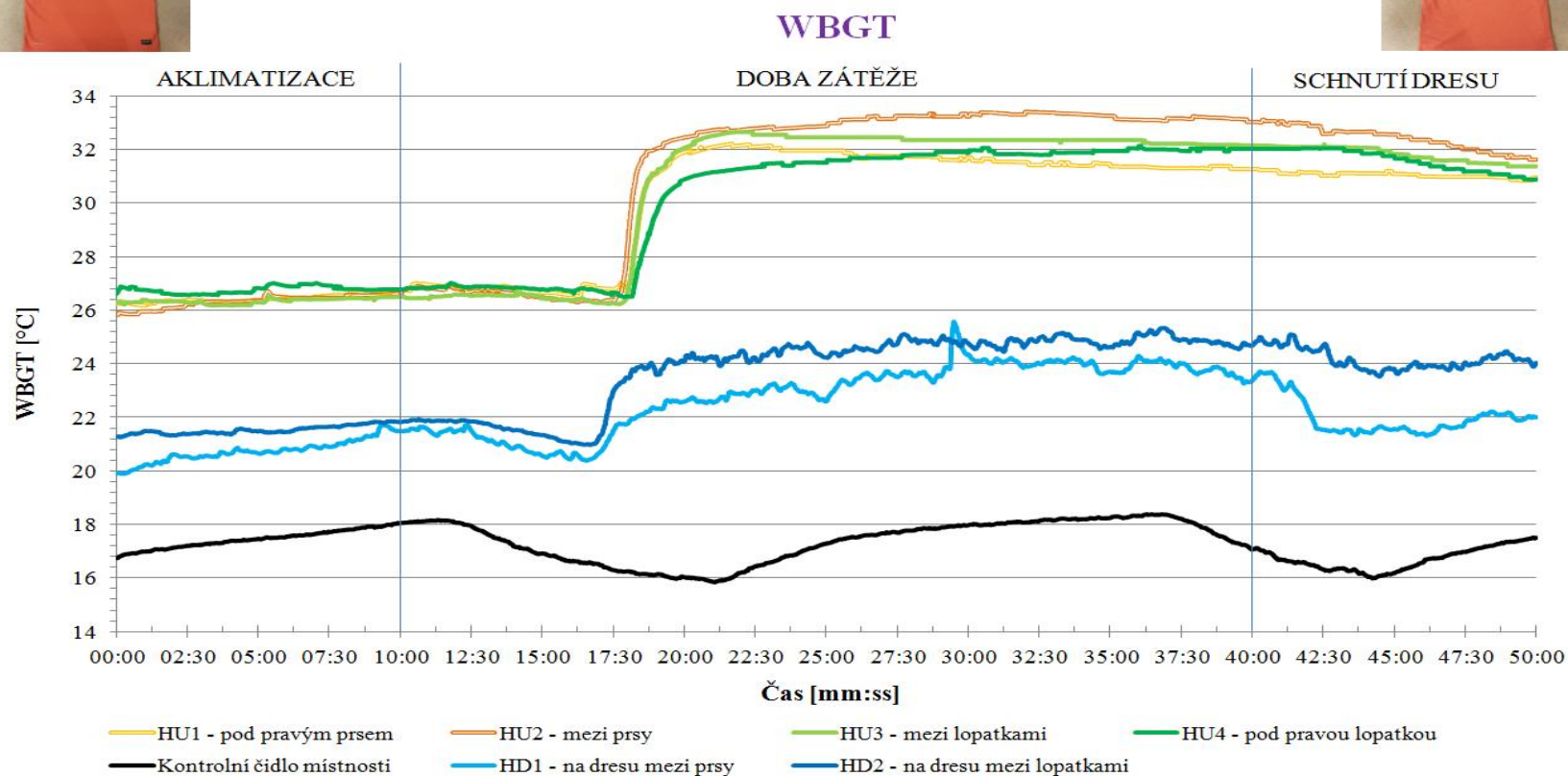
Intenzita	Charakteristika diskomfortu
0	Vůbec žádný
1	Velmi slabě
2	Lehce
3	Středně
4	Poněkud silně nepohodlný
5	Středně silně
6	Silně
7	Velmi silně
8	Krajně nepohodlné - brání v činnosti
9	Velmi krajně
10	Maximálně nepohodlné, nelze pokračovat

poznámky probanda:

Příloha 2 - Grafy vyhotovené na základě použitého indexu WBGT



Graf - FC Slovan Liberec - oranžový



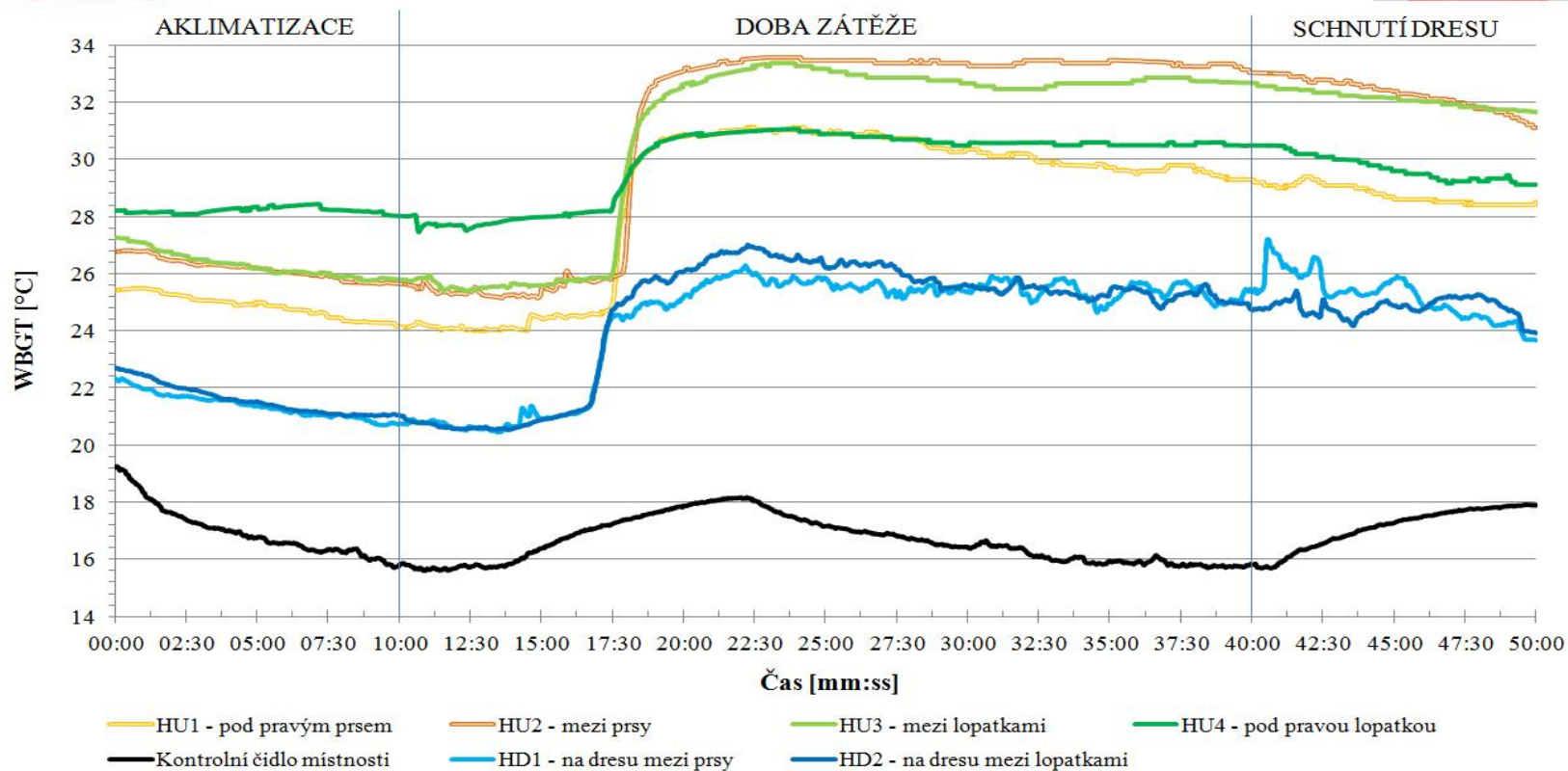
Graf. 1: Průběh indexu WBGT dresu FC Slovan Liberec při fyzické zátěži



Graf - Česká reprezentace - červený



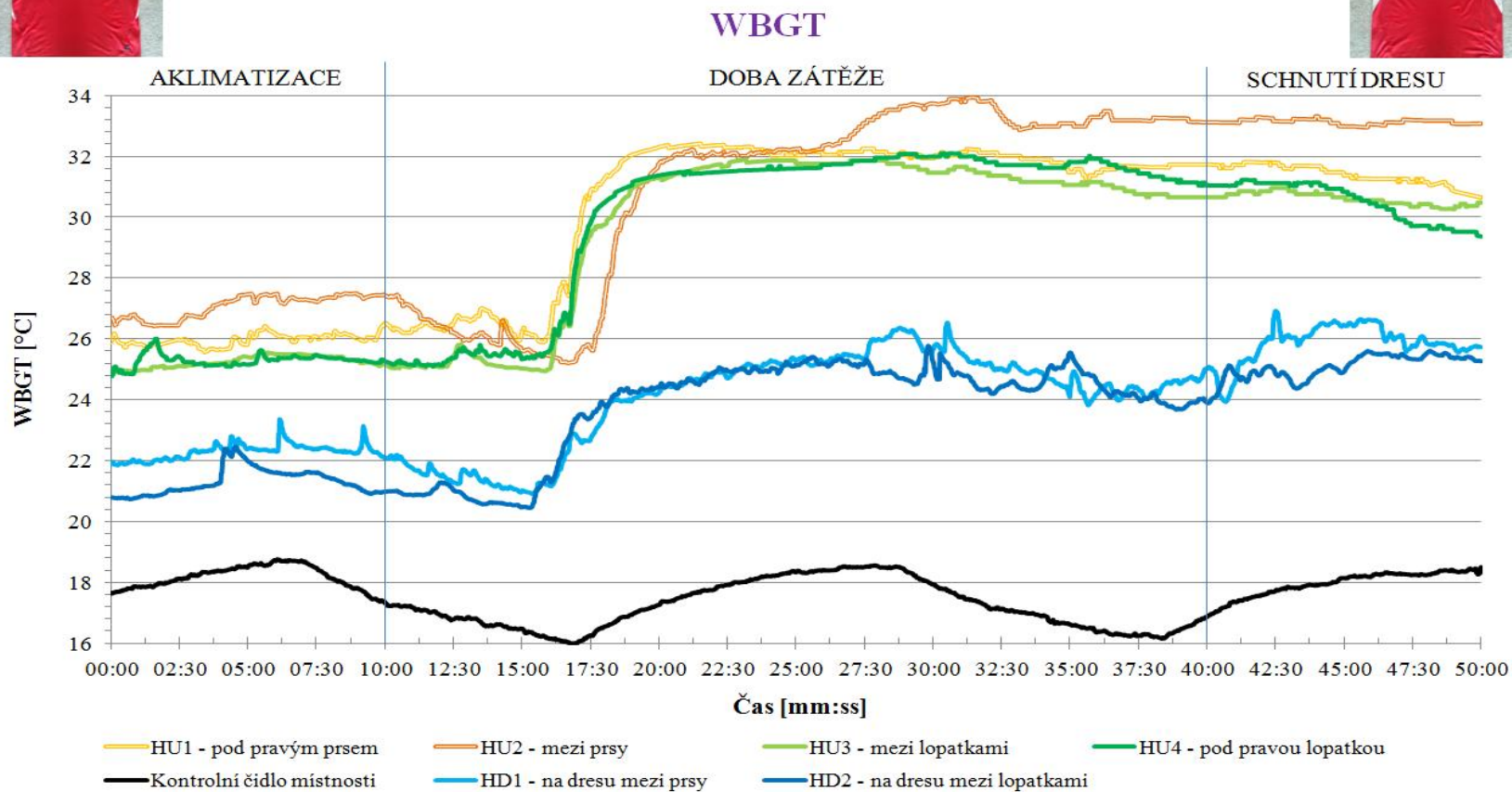
WBGT



Graf. 2: Průběh indexu WBGT dresu české reprezentace při fyzické zátěži



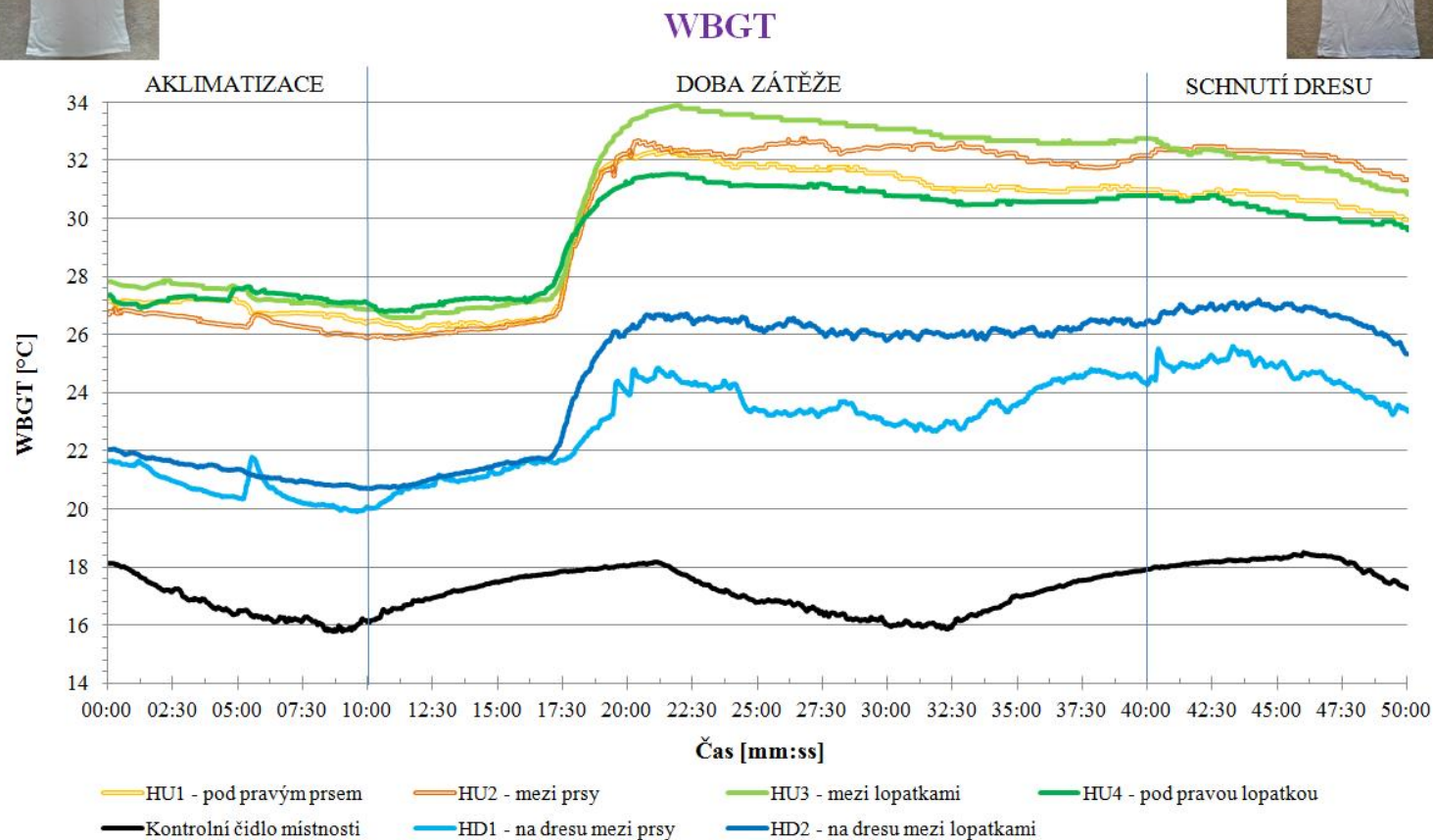
Graf - Motorlet Praha - červený



Graf. 3: Průběh indexu WBGT dresu SK Motorlet Praha při fyzické zátěži



Graf - Errea Union Navy - bílý



Graf. 4: Průběh indexu WBGT dresu Errea Union Navy při fyzické zátěži

Příloha 3 - Data naměřená pomocí přístroje PERMETEST

Tab. 1: Hodnoty dresu FC Slovan Liberec

FC Slovan Liberec					
	Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W		Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W
Zepředu	72,5	2,5	Zezadu	79,2	1,6
	72,7	2,5		79,7	1,5
	72,2	2,5		80,1	1,5
	72,1	2,4		78,5	1,6
	72,7	2,4		80	1,4
	72,2	2,5		76,7	1,6
	72,1	2,4		77,1	1,6
	73,1	2,3		79,7	1,5
Průměr	72,45	2,4375	Průměr	78,875	1,5375
Směrodatná odchylka	0,362530787	0,074402381	Směrodatná odchylka	1,323145603	0,074402381
Confidence	0,251216402	0,051557272	Confidence	0,916876275	0,051557272
spodní mez 95%	72,1987836	2,385942728	spodní mez 95%	77,95812372	1,485942728
horní mez 95%	72,7012164	2,489057272	horní mez 95%	79,79187628	1,589057272

Tab. 2: Hodnoty dresu české reprezentace

Česká reprezentace					
	Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W		Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W
Zepředu	84,5	1,2	Zezadu	83,8	1,3
	85	1,2		84,5	1,2
	84	1,3		83,9	1,1
	84,4	1,2		85	1,2
	85,5	1,2		84,4	1,2
	86,7	1,1		85,9	1,1
	83,3	1,4		83,3	1,4
	85,1	1,2		83,2	1,4
Průměr	84,8125	1,225	Průměr	84,25	1,2375
Směrodatná odchylka	1,026001253	0,088640526	Směrodatná odchylka	0,902377811	0,118773494
Confidence	0,71096953	0,061423622	Confidence	0,62530443	0,08230432
spodní mez 95%	84,10153047	1,163576378	spodní mez 95%	83,62469557	1,15519568
horní mez 95%	85,52346953	1,286423622	horní mez 95%	84,87530443	1,31980432

Tab. 3: Hodnoty dresu SK Motorlet Praha

SK Motorlet Praha					
	Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W		Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W
Zepředu	78,2	1,9	Zezadu	78,1	1,9
	78,8	1,8		79,9	1,7
	79,3	1,8		78,5	1,9
	79,5	1,8		78,3	1,9
	78,5	1,9		78,5	1,9
	78,1	1,9		79,3	1,8
	79,3	1,8		78,2	1,9
	79,3	1,8		79,4	1,8
Průměr	78,875	1,8375	Průměr	78,775	1,85
Směrodatná odchylka	0,552268051	0,051754917	Směrodatná odchylka	0,664938236	0,075592895
Confidence	0,382695202	0,035863669	Confidence	0,460770222	0,052382241
spodní mez 95%	78,4923048	1,801636331	spodní mez 95%	78,31422978	1,797617759
horní mez 95%	79,2576952	1,873363669	horní mez 95%	79,23577022	1,902382241

Tab. 4: Hodnoty dresu Errea Union Navy

Errea Union Navy					
	Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W		Propustnost p %	výparný odpor Ret m ² *Pa/W
Zepředu	71,7	2,6	Zezadu	69,6	2,9
	71	2,7		69,4	2,9
	70,8	2,8		70,6	2,8
	69,9	2,9		70,5	2,8
	69,6	2,9		70,4	2,8
	70,4	2,8		71,7	2,6
	69,4	2,9		69,9	2,9
	69,6	2,9		70,4	2,8
Průměr	70,3	2,8125	Průměr	70,3125	2,8125
Směrodatná odchylka	0,815913161	0,112599163	Směrodatná odchylka	0,714017807	0,099103121
Confidence	0,565388585	0,078025805	Confidence	0,494780005	0,068673697
spodní mez 95%	69,73461142	2,734474195	spodní mez 95%	69,81772	2,743826303
horní mez 95%	70,86538858	2,890525805	horní mez 95%	70,80728	2,881173697

Příloha 4 - Data naměřená pomocí přístroje ALAMBETA

Tab. 5,6: Hodnoty dresu FC Slovan Liberec

FC Slovan Liberec					
	Tloušťka materiálu h	Tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zepředu	0,77	0,0462	0,0167	0,107741935	1,756
	0,78	0,0477	0,0164	0,105806452	1,795
	0,77	0,0465	0,0165	0,106451613	1,798
	0,8	0,0465	0,0172	0,110967742	1,786
	0,76	0,0469	0,0162	0,104516129	1,762
	0,75	0,0467	0,0162	0,104516129	1,778
	0,77	0,0462	0,0167	0,107741935	1,783
	0,77	0,0465	0,0165	0,106451613	1,789
Průměr	0,77125	0,04665	0,01655	0,106774194	1,780875
Směrodatná odchylka	0,01457738	0,000484031	0,000325137	0,00209766	0,014989878
Confidence	0,010101423	0,00033541	0,000225305	0,001453578	0,010387264
spodní mez 95%	0,761148577	0,04631459	0,016324695	0,105320616	1,770487736
horní mez 95%	0,781351423	0,04698541	0,016775305	0,108227771	1,791262264
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

FC Slovan Liberec					
	Tloušťka materiálu h	Tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zezadu	0,42	0,0422	0,0099	0,063870968	1,288
	0,46	0,0434	0,0105	0,067741935	1,293
	0,45	0,043	0,0105	0,067741935	1,29
	0,44	0,0444	0,0099	0,063870968	1,276
	0,45	0,0445	0,0101	0,06516129	1,281
	0,45	0,0453	0,01	0,064516129	1,292
	0,44	0,0444	0,0099	0,063870968	1,287
	0,46	0,0434	0,0105	0,067741935	1,285
Průměr	0,44625	0,043825	0,0101625	0,065564516	1,2865
Směrodatná odchylka	0,013024702	0,000998213	0,000287539	0,001855089	0,005732115
Confidence	0,009025492	0,000691713	0,000199251	0,001285488	0,00397208
spodní mez 95%	0,437224508	0,043133287	0,009963249	0,064279029	1,28252792
horní mez 95%	0,455275492	0,044516713	0,010361751	0,066850004	1,29047208
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

Tab. 7,8: Hodnoty dresu české reprezentace

Česká reprezentace					
	Tloušťka materiálu h	Tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zepředu	0,38	0,0547	0,007	0,04516129	1,34
	0,37	0,0533	0,0069	0,044516129	1,351
	0,36	0,053	0,0067	0,043225806	1,332
	0,38	0,0546	0,007	0,04516129	1,329
	0,37	0,0521	0,0071	0,045806452	1,302
	0,38	0,0536	0,007	0,04516129	1,272
	0,38	0,0536	0,007	0,04516129	1,294
	0,37	0,0519	0,0071	0,045806452	1,29
Průměr	0,37375	0,05335	0,006975	0,045	1,31375
Směrodatná odchylka	0,007440238	0,001021204	0,000128174	0,000826929	0,027973201
Confidence	0,005155727	0,000707645	8,88184E-05	0,000573022	0,019384083
spodní mez 95%	0,368594273	0,052642355	0,006886182	0,044426978	1,294365917
horní mez 95%	0,378905727	0,054057645	0,007063818	0,045573022	1,333134083
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

Česká reprezentace					
	Tloušťka materiálu h	Tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zezadu	0,37	0,0521	0,0071	0,045806452	1,293
	0,38	0,0536	0,007	0,04516129	1,283
	0,34	0,0481	0,0071	0,045806452	1,313
	0,37	0,0519	0,0071	0,045806452	1,325
	0,36	0,0508	0,007	0,04516129	1,342
	0,37	0,0519	0,0071	0,045806452	1,281
	0,38	0,0536	0,007	0,04516129	1,316
	0,37	0,0521	0,0071	0,045806452	1,335
Průměr	0,3675	0,0517625	0,0070625	0,045564516	1,311
Směrodatná odchylka	0,012817399	0,001746783	5,17549E-05	0,000333903	0,023207142
Confidence	0,008881841	0,001210436	3,58637E-05	0,000231379	0,016081433
spodní mez 95%	0,358618159	0,050552064	0,007026636	0,045333138	1,294918567
horní mez 95%	0,376381841	0,052972936	0,007098364	0,045795895	1,327081433
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

Tab. 9,10: Hodnoty dresu SK Motorlet Praha

SK Motorlet Praha					
	Tloušťka materiálu h	Tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zepředu	0,63	0,0522	0,012	0,077419355	1,657
	0,64	0,0508	0,0126	0,081290323	1,66
	0,61	0,0514	0,0119	0,076774194	1,618
	0,61	0,0509	0,012	0,077419355	1,601
	0,6	0,0513	0,0117	0,075483871	1,59
	0,61	0,0493	0,0123	0,079354839	1,615
	0,63	0,0522	0,012	0,077419355	1,571
	0,64	0,0508	0,0126	0,081290323	1,595
Průměr	0,62125	0,0511125	0,0121375	0,078306452	1,613375
Směrodatná odchylka	0,015526475	0,000926495	0,000329231	0,002124069	0,031473061
Confidence	0,010759101	0,000642016	0,000228141	0,001471878	0,021809318
spodní mez 95%	0,610490899	0,050470484	0,011909359	0,076834574	1,591565682
horní mez 95%	0,632009101	0,051754516	0,012365641	0,079778329	1,635184318
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

SK Motorlet Praha					
	Tloušťka materiálu h	Tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zezadu	0,61	0,0509	0,012	0,077419355	1,633
	0,61	0,0493	0,0123	0,079354839	1,582
	0,61	0,0505	0,0121	0,078064516	1,658
	0,64	0,0524	0,0122	0,078709677	1,592
	0,64	0,0505	0,0127	0,081935484	1,598
	0,63	0,0522	0,012	0,077419355	1,625
	0,64	0,0508	0,0126	0,081290323	1,613
	0,6	0,0513	0,0117	0,075483871	1,623
Průměr	0,6225	0,0509875	0,0122	0,078709677	1,6155
Směrodatná odchylka	0,016690459	0,000994898	0,000329502	0,002125818	0,024628671
Confidence	0,011565686	0,000689416	0,000228329	0,00147309	0,017066485
spodní mez 95%	0,610934314	0,050298084	0,011971671	0,077236588	1,598433515
horní mez 95%	0,634065686	0,051676916	0,012428329	0,080182767	1,632566485
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

Tab. 11,12: Hodnoty dresu Errea Union Navy

Errea Union Navy					
	Tloušťka materiálu h	Měrná tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zepředu	0,67	0,0578	0,0115	0,074193548	1,438
	0,68	0,0546	0,0124	0,08	1,474
	0,66	0,0571	0,0116	0,07483871	1,456
	0,68	0,0535	0,0127	0,081935484	1,44
	0,65	0,0567	0,0115	0,074193548	1,507
	0,64	0,0562	0,0114	0,073548387	1,45
	0,65	0,0549	0,0119	0,076774194	1,477
	0,68	0,0567	0,012	0,077419355	1,518
Průměr	0,66375	0,0559375	0,011875	0,076612903	1,47
Směrodatná odchylka	0,015979898	0,001456942	0,00047132	0,003040776	0,029899833
Confidence	0,011073301	0,00100959	0,000326602	0,002107112	0,020719146
spodní mez 95%	0,652676699	0,05492791	0,011548398	0,074505791	1,449280854
horní mez 95%	0,674823301	0,05694709	0,012201602	0,078720015	1,490719146
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

Errea Union Navy					
	Tloušťka materiálu h	Měrná tepelná vodivost	Plošný odpor vedení tepla r	CLO	Plošná hmotnost
Zezadu	0,65	0,0567	0,0115	0,074193548	1,482
	0,68	0,0546	0,0124	0,08	1,433
	0,65	0,0549	0,0119	0,076774194	1,475
	0,67	0,0583	0,0115	0,074193548	1,505
	0,68	0,0546	0,0124	0,08	1,435
	0,65	0,0549	0,0119	0,076774194	1,506
	0,64	0,0562	0,0114	0,073548387	1,476
	0,67	0,0583	0,0115	0,074193548	1,45
Průměr	0,66125	0,0560625	0,0118125	0,076209677	1,47025
Směrodatná odchylka	0,015526475	0,001577464	0,000408613	0,002636211	0,028584461
Confidence	0,010759101	0,001093107	0,000283149	0,001826767	0,019807657
spodní mez 95%	0,650490899	0,054969393	0,011529351	0,07438291	1,450442343
horní mez 95%	0,672009101	0,057155607	0,012095649	0,078036445	1,490057657
Podmínka		/10 ³	/10 ³		

Příloha 5 - Data naměřená pomocí přístroje FX 3300

Tab. 13: Hodnoty dresu FC Slovan Liberec

FC Slovan Liberec			
	l/m3/s		l/m3/s
Zepředu	790	Zezadu	1800
	780		1820
	870		1780
	840		1850
	830		1780
	820		1750
	780		1740
	860		1810
Průměr	821,25	Průměr	1791,25
Směrodatná odchylka	35,2288437	Směrodatná odchylka	36,42506986
Confidence	24,41189461	Confidence	25,24082181
spodní mez 95%	796,8381054	spodní mez 95%	1766,009178
horní mez 95%	845,6618946	horní mez 95%	1816,490822

Tab. 14: Hodnoty dresu české reprezentace

Česká reprezentace			
	l/m3/s		l/m3/s
Zepředu	913	Zezadu	902
	879		911
	885		902
	858		911
	918		906
	920		905
	905		913
	891		892
Průměr	896,125	Průměr	905,25
Směrodatná odchylka	21,74158294	Směrodatná odchylka	6,798108981
Confidence	15,06587147	Confidence	4,710762617
spodní mez 95%	881,0591285	spodní mez 95%	900,5392374
horní mez 95%	911,1908715	horní mez 95%	909,9607626

Tab. 15: Hodnoty dresu SK Motorlet Praha

SK Motorlet Praha			
	l/m3/s		l/m3/s
Zepředu	660	Zezadu	670
	678		690
	672		659
	670		695
	681		682
	682		650
	658		671
	689		689
Průměr	673,75	Průměr	675,75
Směrodatná odchylka	10,85949223	Směrodatná odchylka	15,97989809
Confidence	7,525105904	Confidence	11,07330094
spodní mez 95%	666,2248941	spodní mez 95%	664,6766991
horní mez 95%	681,2751059	horní mez 95%	686,8233009

Tab. 16: Hodnoty dresu Errea Union Navy

Errea Union Navy			
	l/m3/s		l/m3/s
Zepředu	452	Zezadu	430
	425		423
	425		418
	420		425
	445		431
	419		411
	405		412
	424		451
Průměr	426,875	Průměr	425,125
Směrodatná odchylka	14,94215035	Směrodatná odchylka	12,84453747
Confidence	10,35419166	Confidence	8,900646802
spodní mez 95%	416,5208083	spodní mez 95%	416,2243532
horní mez 95%	437,2291917	horní mez 95%	434,0256468

Příloha 6 - Parametry skenování

Obr. 1: FC Slovan Liberec - přední část

```
Scanner=SkyScan1272
Instrument S/N=001
Software Version=1.0.5
Home Directory=C:\SkyScan1272
Source Type=HAMAMATSU_L11871_20
Camera Type=XIMEA_xiRAY16
Camera Pixel Size (um)=7.4
Camera X/Y Ratio=1.0000
[Acquisition]
Data Directory=C:\data\Kremenakova\LIBEREC_PREDNI
Filename Prefix=LIBEREC_PREDNI
Number Of Files= 941
Number Of Rows= 1640
Number Of Columns= 2452
Partial Width=OFF
Image crop origin X=0
Image crop origin Y=0
Camera binning=2x2
Image Rotation=0.28100
Optical Axis (line)= 820
Object to Source (mm)=54.37500
Camera to Source (mm)=268.61250
Source Voltage (kV)= 40
Source Current (uA)= 200
Image Pixel Size (um)=3.000000
Scaled Image Pixel Size (um)=3.000000
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Exposure (ms)=950
Rotation Step (deg)=0.200
Use 360 Rotation=NO
Scanning position=6.400 mm
Frame Averaging=ON (3)
Random Movement=OFF (30)
Flat Field Correction=ON
Geometrical Correction=ON
Filter=No Filter
Gantry direction=CC
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Study Date and Time=09 Jul 2015 14h:40m:21s
Scan duration=0h:54m:28s
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRacon
Program Version=Version: 1.6.9.8
Program Home Directory=C:\Skyscan\Nracon
Reconstruction engine=GPURaconServer
Engine version=Version: 1.6.9
Reconstruction from batch=No
Postalignment=-31.00
Reconstruction servers= T7610
Option for additional F4F float format=OFF
Dataset Origin=SkyScan1272
Dataset Prefix=LIBEREC_PREDNI
Dataset Directory=F:\DATA\Kremenakova\LIBEREC_PREDNI
Output Directory=F:\DATA\Kremenakova\LIBEREC_PREDNI\rec
Time and Date=Jul 10, 2015 12:30:10
First Section=668
Last Section=1098
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.185615
Total reconstruction time (431 slices) in seconds=80.000000
Section to Section Step=1
Sections Count=431
Result File Type=BMP
Result File Header Length (bytes)=1134
Result Image Width (pixels)=2452
Result Image Height (pixels)=2452
Pixel Size (um)=3.00000
Reconstruction Angular Range (deg)=188.20
Use 180+=OFF
```

Obr. 2: FC Slovan Liberec - zadní část

Scanner=SkyScan1272
Instrument S/N=001
Software Version=1.0.5
Home Directory=C:\SkyScan1272
Source Type=HAMAMATSU_L11871_20
Camera Type=XIMEA_xiRAY16
Camera Pixel Size (um)=7.4
Camera X/Y Ratio=1.0000
[Acquisition]
Data Directory=C:\data\Kremenakova\LIBEREC_ZADNI
Filename Prefix=LIBEREC_ZADNI
Number Of Files= 941
Number Of Rows= 1640
Number Of Columns= 2452
Partial Width=OFF
Image crop origin X=0
Image crop origin Y=0
Camera binning=2x2
Image Rotation=0.28100
Optical Axis (line)= 820
Object to Source (mm)=54.37500
Camera to Source (mm)=268.61250
Source Voltage (kV)= 40
Source Current (uA)= 200
Image Pixel Size (um)=3.000000
Scaled Image Pixel Size (um)=3.000000
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Exposure (ms)=950
Rotation Step (deg)=0.200
Use 360 Rotation=NO
Scanning position=7.200 mm
Frame Averaging=ON (3)
Random Movement=OFF (30)
Flat Field Correction=ON
Geometrical Correction=ON
Filter=No Filter
Gantry direction=CC
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Study Date and Time=07 Jul 2015 11h:29m:30s
Scan duration=0h:52m:28s
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRecon
Program Version=Version: 1.6.9.8
Program Home Directory=C:\Skyscan\Nrecon
Reconstruction engine=GPUReconServer
Engine version=Version: 1.6.9
Reconstruction from batch=No
Postalignment=-30.50
Reconstruction servers= T7610
Option for additional F4F float format=OFF
Dataset Origin=SkyScan1272
Dataset Prefix=LIBEREC_ZADNI
Dataset Directory=F:\DATA\Kremenakova\LIBEREC_ZADNI
Output Directory=F:\DATA\Kremenakova\LIBEREC_ZADNI\rec
Time and Date=Jul 09, 2015 11:08:02
First Section=723
Last Section=964
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.177686
Total reconstruction time (242 slices) in seconds=43.000000
Section to Section Step=1
Sections Count=242
Result File Type=BMP
Result File Header Length (bytes)=1134
Result Image Width (pixels)=2452
Result Image Height (pixels)=2452
Pixel Size (um)=3.00000
Reconstruction Angular Range (deg)=188.20
Use 180+=OFF

Obr. 3: Česká reprezentace

```
Scanner=SkyScan1272
Instrument S/N=001
Software Version=1.0.5
Home Directory=C:\SkyScan1272
Source Type=HAMAMATSU_L11871_20
Camera Type=XIMEA_xiRAY16
Camera Pixel Size (um)=7.4
Camera X/Y Ratio=1.0000
[Acquisition]
Data Directory=C:\data\Kremenakova\CR
Filename Prefix=CR
Number Of Files= 941
Number Of Rows= 1640
Number Of Columns= 2452
Partial Width=OFF
Image crop origin X=0
Image crop origin Y=0
Camera binning=2x2
Image Rotation=0.28100
Optical Axis (line)= 820
Object to Source (mm)=54.37500
Camera to Source (mm)=268.61250
Source Voltage (kV)= 40
Source Current (uA)= 200
Image Pixel Size (um)=3.000000
Scaled Image Pixel Size (um)=3.000000
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Exposure (ms)=950
Rotation Step (deg)=0.200
Use 360 Rotation=NO
Scanning position=6.800 mm
Frame Averaging=ON (3)
Random Movement=OFF (30)
Flat Field Correction=ON
Geometrical Correction=ON
Filter=No Filter
Gantry direction=CC
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Study Date and Time=09 Jul 2015 12h:35m:50s
Scan duration=0h:53m:2s
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRecon
Program Version=Version: 1.6.9.8
Program Home Directory=C:\Skyscan\Nrecon
Reconstruction engine=GPUReconServer
Engine version=Version: 1.6.9
Reconstruction from batch=No
Postalignment=-31.00
Reconstruction servers= T7610
Option for additional F4F float format=OFF
Dataset Origin=SkyScan1272
Dataset Prefix=CR
Dataset Directory=F:\DATA\Kremenakova\CR
Output Directory=F:\DATA\Kremenakova\CR\rec
Time and Date=Jul 09, 2015 14:07:53
First Section=734
Last Section=977
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.180328
Total reconstruction time (244 slices) in seconds=44.000000
Section to Section Step=1
Sections Count=244
Result File Type=BMP
Result File Header Length (bytes)=1134
Result Image Width (pixels)=2452
Result Image Height (pixels)=2452
Pixel Size (um)=3.00000
Reconstruction Angular Range (deg)=188.20
Use 180+=OFF
```

Obr. 4: SK Motorlet Praha

Scanner=SkyScan1272
Instrument S/N=001
Software Version=1.0.5
Home Directory=C:\SkyScan1272
Source Type=HAMAMATSU_L11871_20
Camera Type=XIMEA_xiRAY16
Camera Pixel Size (um)=7.4
Camera X/Y Ratio=1.0000
[Acquisition]
Data Directory=C:\data\Kremenakova\MOTORLET
Filename Prefix=MOTORLET
Number Of Files= 941
Number Of Rows= 1640
Number Of Columns= 2452
Partial Width=OFF
Image crop origin X=0
Image crop origin Y=0
Camera binning=2x2
Image Rotation=0.28100
Optical Axis (line)= 820
Object to Source (mm)=54.37500
Camera to Source (mm)=268.61250
Source Voltage (kV)= 40
Source Current (uA)= 200
Image Pixel Size (um)=3.000000
Scaled Image Pixel Size (um)=3.000000
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Exposure (ms)=950
Rotation Step (deg)=0.200
Use 360 Rotation=NO
Scanning position=6.800 mm
Frame Averaging=ON (3)
Random Movement=OFF (30)
Flat Field Correction=ON
Geometrical Correction=ON
Filter=No Filter
Gantry direction=CC
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Study Date and Time=09 Jul 2015 15h:39m:08s
Scan duration=0h:51m:32s
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRcon
Program Version=Version: 1.6.9.8
Program Home Directory=C:\Skyscan\Nrecon
Reconstruction engine=GPURconServer
Engine version=Version: 1.6.9
Reconstruction from batch=No
Postalignment=-30.50
Reconstruction servers= T7610
Option for additional F4F float format=OFF
Dataset Origin=SkyScan1272
Dataset Prefix=MOTORLET
Dataset Directory=F:\DATA\Kremenakova\MOTORLET
Output Directory=F:\DATA\Kremenakova\MOTORLET\rec
Time and Date=Jul 10, 2015 12:32:21
First Section=686
Last Section=1030
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.179710
Total reconstruction time (345 slices) in seconds=62.000000
Section to Section Step=1
Sections Count=345
Result File Type=BMP
Result File Header Length (bytes)=1134
Result Image Width (pixels)=2452
Result Image Height (pixels)=2452
Pixel Size (um)=3.00000
Reconstruction Angular Range (deg)=188.20
Use 180+=OFF

Obr. 5: Errea Union Navy

Scanner=SkyScan1272
Instrument S/N=001
Software Version=1.0.5
Home Directory=C:\SkyScan1272
Source Type=HAMAMATSU_L11871_20
Camera Type=XIMEA_xiRAY16
Camera Pixel Size (um)=7.4
Camera X/Y Ratio=1.0000
[Acquisition]
Data Directory=C:\data\Kremenakova\ERREA_vodor
Filename Prefix=ERREA_vodor
Number Of Files= 941
Number Of Rows= 1640
Number Of Columns= 2452
Partial Width=OFF
Image crop origin X=0
Image crop origin Y=0
Camera binning=2x2
Image Rotation=0.28100
Optical Axis (line)= 820
Object to Source (mm)=54.37500
Camera to Source (mm)=268.61250
Source Voltage (kV)= 40
Source Current (uA)= 200
Image Pixel Size (um)=3.000391
Scaled Image Pixel Size (um)=3.000391
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Exposure (ms)=950
Rotation Step (deg)=0.200
Use 360 Rotation=NO
Scanning position=7.200 mm
Frame Averaging=ON (3)
Random Movement=OFF (30)
Flat Field Correction=ON
Geometrical Correction=ON
Filter=No Filter
Gantry direction=CC
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Study Date and Time=03 Jul 2015 11h:53m:30s
Scan duration=0h:55m:19s
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRcon
Program Version=Version: 1.6.9.8
Program Home Directory=C:\Skyscan\Nrecon
Reconstruction engine=GPURconServer
Engine version=Version: 1.6.9
Reconstruction from batch=No
Postalignment=-29.00
Reconstruction servers= T7610
Option for additional F4F float format=OFF
Dataset Origin=SkyScan1272
Dataset Prefix=ERREA_vodor
Dataset Directory=F:\DATA\Kremenakova\ERREA_vodor
Output Directory=F:\DATA\Kremenakova\ERREA_vodor\rec
Time and Date=Jul 07, 2015 10:06:16
First Section=638
Last Section=1017
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.184211
Total reconstruction time (380 slices) in seconds=70.000000
Section to Section Step=1
Sections Count=380
Result File Type=BMP
Result File Header Length (bytes)=1134
Result Image Width (pixels)=2452
Result Image Height (pixels)=2452
Pixel Size (um)=3.00039
Reconstruction Angular Range (deg)=188.20
Use 180+=OFF

Příloha 7 - Analýza 2D

Obr. 6: FC Slovan Liberec - přední část

Date and time,18.08.2015 14:23
Operator identity,oem
Computer name,T7610
Computation time,00:00:15
Dataset,liberec predni_rec_rs2_tra_sag
Location,F:\DATA\Kremenakova\LIBEREC PREDNI\rec_sag\

Description,Abbreviation, Value, Unit

Number of layers,,500
Lower vertical position,,3.30601,mm
Upper vertical position,,6.30003,mm
Pixel size,,6.00002,um
Lower grey threshold,,25
Upper grey threshold,,255

Total VOI volume,TV,9.45392,mm³
Object volume,Obj.V,5.22633,mm³
Percent object volume,Obj.V/TV,55.28220,%
Total VOI surface,TS,133.87451,mm²
Object surface,Obj.S,596.18417,mm²
Intersection surface,i.S,37.77141,mm²
Object surface / volume ratio,Obj.S/Obj.V,114.07310,1/mm
Object surface density,Obj.S/TV,63.06212,1/mm
Surface convexity index,SCv.I,-68.13181,1/mm
Centroid (x),Crd.X,0.10712,mm
Centroid (y),Crd.Y,-0.22325,mm
Centroid (z),Crd.Z,4.74090,mm
Number of objects,Obj.N,64550,
Number of closed pores,Po.N(cl),1384,
Volume of closed pores,Po.V(cl),0.01144,mm³
Surface of closed pores,Po.S(cl),5.06926,mm²
Closed porosity (percent),Po(cl),0.21850,%
Volume of open pore space,Po.V(op),4.21614,mm³
Open porosity (percent),Po(op),44.59674,%
Total volume of pore space,Po.V(tot),4.22758,mm³
Total porosity (percent),Po(tot),44.71780,%
Euler number,Eu.N,-115194,
Connectivity,Conn,181128,
Connectivity density,Conn.Dn,19159.03955,1/mm³

Obr. 7: FC Slovan Liberec - zadní část

Date and time,19.08.2015 11:02
Operator identity,oem
Computer name,T7610
Computation time,00:00:10
Dataset,liberec zadni_rec_rs2_tra_sag
Location,F:\DATA\Kremenakova\LIBEREC ZADNI\rec_sag\

Description,Abbreviation,Value,Unit

Number of layers,,500
Lower vertical position,,3.30601,mm
Upper vertical position,,6.30003,mm
Pixel size,,6.00002,um
Lower grey threshold,,25
Upper grey threshold,,255

Total VOI volume,TV,6.71437,mm³
Object volume,Obj.V,3.36902,mm³
Percent object volume,Obj.V/TV,50.17626,%
Total VOI surface,TS,129.63663,mm²
Object surface,Obj.S,459.40065,mm²
Intersection surface,i.S,25.65394,mm²
Object surface / volume ratio,Obj.S/Obj.V,136.36025,1/mm
Object surface density,Obj.S/TV,68.42047,1/mm
Surface convexity index,SCv.I,-60.11706,1/mm
Centroid (x),Crd.X,0.18399,mm
Centroid (y),Crd.Y,-0.08379,mm
Centroid (z),Crd.Z,4.78555,mm
Number of objects,Obj.N,70913,
Number of closed pores,Po.N(cl),454,
Volume of closed pores,Po.V(cl),0.00312,mm³
Surface of closed pores,Po.S(cl),1.42406,mm²
Closed porosity (percent),Po(cl),0.09251,%
Volume of open pore space,Po.V(op),3.34223,mm³
Open porosity (percent),Po(op),49.77728,%
Total volume of pore space,Po.V(tot),3.34535,mm³
Total porosity (percent),Po(tot),49.82374,%
Euler number,Eu.N,-86084,
Connectivity,Conn,157451,
Connectivity density,Conn.Dn,23449.83882,1/mm³

Obr. 8: Česká reprezentace

Date and time,17.08.2015 12:01
Operator identity,oem
Computer name,T7610
Computation time,00:00:10
Dataset,cr_rec_rs2_sag
Location,F:\DATA\Kremenakova\CR\rec_sag\

Description,Abbreviation,Value,Unit

Number of layers,,500
Lower vertical position,,3.30601,mm
Upper vertical position,,6.30003,mm
Pixel size,,6.00002,um
Lower grey threshold,,25
Upper grey threshold,,255

Total VOI volume,TV,6.93203,mm³
Object volume,Obj.V,3.26889,mm³
Percent object volume,Obj.V/TV,47.15637,%
Total VOI surface,TS,100.92410,mm²
Object surface,Obj.S,479.82117,mm²
Intersection surface,i.S,28.87102,mm²
Object surface / volume ratio,Obj.S/Obj.V,146.78393,1/mm
Object surface density,Obj.S/TV,69.21798,1/mm
Surface convexity index,SCv.I,-59.94148,1/mm
Centroid (x),Crd.X,0.07284,mm
Centroid (y),Crd.Y,-0.15285,mm
Centroid (z),Crd.Z,4.76107,mm
Number of objects,Obj.N,29763,
Number of closed pores,Po.N(cl),261,
Volume of closed pores,Po.V(cl),0.00203,mm³
Surface of closed pores,Po.S(cl),0.89159,mm²
Closed porosity (percent),Po(cl),0.06203,%
Volume of open pore space,Po.V(op),3.66111,mm³
Open porosity (percent),Po(op),52.81436,%
Total volume of pore space,Po.V(tot),3.66314,mm³
Total porosity (percent),Po(tot),52.84363,%
Euler number,Eu.N,-111953,
Connectivity,Conn,141977,
Connectivity density,Conn.Dn,20481.29926,1/mm³

Obr. 9: SK Motorlet Praha

Date and time,19.08.2015 14:04
Operator identity,oem
Computer name,T7610
Computation time,00:00:14
Dataset,motorlet_rec_rs2_tra_sag
Location,F:\DATA\Kremenakova\MOTORLET\rec_sag\

Description,Abbreviation,Value,Unit

Number of layers,,500
Lower vertical position,,2.10601,mm
Upper vertical position,,5.10002,mm
Pixel size,,6.00002,um
Lower grey threshold,,25
Upper grey threshold,,255

Total VOI volume,TV,8.93681,mm³
Object volume,Obj.V,4.15878,mm³
Percent object volume,Obj.V/TV,46.53541,%
Total VOI surface,TS,129.52403,mm²
Object surface,Obj.S,607.32171,mm²
Intersection surface,i.S,28.25882,mm²
Object surface / volume ratio,Obj.S/Obj.V,146.03350,1/mm
Object surface density,Obj.S/TV,67.95730,1/mm
Surface convexity index,SCv.I,-57.93274,1/mm
Centroid (x),Crd.X,-0.21433,mm
Centroid (y),Crd.Y,-0.12536,mm
Centroid (z),Crd.Z,3.60149,mm
Number of objects,Obj.N,62275,
Number of closed pores,Po.N(cl),438,
Volume of closed pores,Po.V(cl),0.00350,mm³
Surface of closed pores,Po.S(cl),1.49250,mm²
Closed porosity (percent),Po(cl),0.08409,%
Volume of open pore space,Po.V(op),4.77453,mm³
Open porosity (percent),Po(op),53.42542,%
Total volume of pore space,Po.V(tot),4.77803,mm³
Total porosity (percent),Po(tot),53.46459,%
Euler number,Eu.N,-135166,
Connectivity,Conn,197879,
Connectivity density,Conn.Dn,22142.00740,1/mm³

Obr. 10: Errea Union Navy

Date and time,18.08.2015 13:49
Operator identity,oem
Computer name,T7610
Computation time,00:00:14
Dataset,errea_vodor_rec_rs2_tra_sag
Location,F:\DATA\Kremenakova\ERREA\rec_sag\

Description,Abbreviation,Value,Unit

Number of layers,,500
Lower vertical position,,2.64634,mm
Upper vertical position,,5.64073,mm
Pixel size,,6.00078,um
Lower grey threshold,,25
Upper grey threshold,,255

Total VOI volume,TV,6.47377,mm³
Object volume,Obj.V,2.35057,mm³
Percent object volume,Obj.V/TV,36.30910,%
Total VOI surface,TS,160.88974,mm²
Object surface,Obj.S,488.78608,mm²
Intersection surface,i.S,38.64215,mm²
Object surface / volume ratio,Obj.S/Obj.V,207.94398,1/mm
Object surface density,Obj.S/TV,75.50260,1/mm
Surface convexity index,SCv.I,-19.72009,1/mm
Centroid (x),Crd.X,0.21370,mm
Centroid (y),Crd.Y,-0.05757,mm
Centroid (z),Crd.Z,4.11895,mm
Number of objects,Obj.N,22463,
Number of closed pores,Po.N(cl),1,
Volume of closed pores,Po.V(cl),0.00001,mm³
Surface of closed pores,Po.S(cl),0.00325,mm²
Closed porosity (percent),Po(cl),0.00035,%
Volume of open pore space,Po.V(op),4.12319,mm³
Open porosity (percent),Po(op),63.69077,%
Total volume of pore space,Po.V(tot),4.12320,mm³
Total porosity (percent),Po(tot),63.69090,%
Euler number,Eu.N,-132029,
Connectivity,Conn,154493,
Connectivity density,Conn.Dn,23864.47416,1/mm³