

UNIVERZITRA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Katedra vojenské tělovýchovy



VLIV TEXTILNÍ MEMBRÁNY
NA DYNAMIKU ZMĚN FYZIOLOGICKÝCH
UKAZATELŮ ZÁTĚŽE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce:

Mjr. Mgr. Karel Sýkora

Zpracoval:

Bc. Tomáš Funfálek

2015

Abstrakt:

Název:

Vliv textilní membrány na dynamiku změn fyziologických ukazatelů zátěže

Cíle práce:

Porovnat výsledky měření technických parametrů oděvů a laboratorního měření zátěže v těchto oděvech. Popsat a vysvětlit vztah mezi výsledky technických a funkčních měření a fyziologické otázky spojené s použitím různých textilních membrán během sportovního výkonu.

Metoda:

Laboratorní kvantitativní měření vybraných fyziologických ukazatelů, technických parametrů oděvů, kožní teploty a subjektivního vnímání termofyziologického komfortu. Následná komparativní analýza výsledků měření.

Klíčová slova:

Oblečení, textilní membrána, zátěž, spotřeba kyslíku (VO_2), termofyziologický komfort, pot, fyziologie oblékání

Abstract:

Title:

Impact textile membranes on the dynamics of changes physiological indicators of workload

Goals:

Compare measurements of clothing technical parameters and laboratory measurement workload in this outfit. Describe and explain the relationship between the results of the technical and functional measurements and physiological issues associated with the use of different textile membranes during a workout.

Method:

Laboratory quantitative measurement of selected physiological parameters, clothings technical parameters, skin temperature and subjective perception of thermophysiological comfort. Subsequent comparative analysis of measurement results.

Key words:

clothes, textile membranes, workload, oxygen consumption (VO_2), thermophysiological comfort, sweat, clothing physiology

Touto cestou bych chtěl poděkovat mjr. Mgr. Karlu Sýkorovi, Mgr. Jiřímu Balášovi, Ph.D., Ing. Ladislavu Siegerovi, CSc. a konzultantovi Ing. Romanu Knížkovi za odborné vedení práce, za praktické rady a za možnost využití jejich zkušeností v této problematice. Dále bych rád poděkoval firmě HUDY sport, a. s. (především Janku Bednaříkovi) a firmě TILAK za poskytnutí testovaného materiálu.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a použil jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

Bc. Tomáš Funfálek

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení: Číslo OP: Datum vypůjčení: Poznámka:

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	REŠERŠE LITERATURY	12
2.1	LIDSKÁ TERMOREGULACE A MĚŘENÍ TĚLESNÉ TEPLoty BĚHEM CVIČENÍ V KLINICKÝCH PODMÍNKÁCH	12
2.2	TEXTILNÍ VLÁKNA NEOVLIVŇUJÍ TERMOREGULACI BĚHEM CVIČENÍ V PŘIMĚŘENÉ TEPLOTĚ.....	14
2.3	VLIV OBLEČENÍ NA CVIČENÍ V HORKU.....	15
2.4	KLAMNÉ INFORMACE O KOMFORTU TEXTILÍ PŘI MARKETINGU	16
2.5	LAMINACE HYDROFOBIZOVANÉ NANOVLÁKENNÉ VRSTVY S CÍLEM VYSOKÉ ADHEZE A PAROPROPUSTNOSTI.....	16
	TEORETICKÁ ČÁST	17
3	HISTORIE OBLEČENÍ	17
4	VÝVOJ TEXTILNÍCH VLÁKEN	20
4.1	BAVLNĚNÁ VLÁKNA	20
4.2	MIKORVLÁKNA.....	21
4.3	NANOVLÁKNA.....	21
5	VRSTVENÍ OBLEČENÍ	23
6	VÝVOJ TEXTILNÍCH MEMBRÁN	24
6.1	HYDROFOBNÍ - MIKROPORÉZNÍ	24
6.2	HYDROFILNÍ – NEPORÉZNÍ	26
6.3	LAMINÁT	28
7	HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ TEXTILÍ.....	30
7.1	HYDROSTATICKÁ ODDOLNOST	30
7.2	PRODYŠNOST	31
7.3	PAROPROPUSTNOST	32
7.3.1	<i>Odvod plynné vlhkosti z povrchu těla.....</i>	<i>33</i>
7.3.2	<i>Odvod kapalné vlhkosti z povrchu těla</i>	<i>33</i>

8	TERMOREGULACE	35
8.1	TEPLO A TEPLOTA	36
8.2	KŮŽE JAKO HLAVNÍ ORGÁN TERMOREGULACE	36
8.2.1	<i>Radiace (sálání)</i>	36
8.2.2	<i>Konvekce (proudění)</i>	37
8.2.3	<i>Kondukce (Vedení)</i>	38
8.2.4	<i>Evaporace (Odpařování)</i>	38
8.2.5	<i>Termocepce</i>	39
8.3	ŘÍZENÍ TĚLESNÉ TEPLoty	39
8.4	TERMOGENEZE	40
9	FYZIOLOGICKÉ UKAZATELE ZATÍŽENÍ	42
9.1	KARDIOVASKULÁRNÍ PARAMETRY	42
9.1.1	<i>Srdeční frekvence</i>	42
9.1.2	<i>Měření SF</i>	45
9.2	DECHOVÉ PARAMETRY	45
9.2.1	<i>Ventilační parametry</i>	46
9.2.2	<i>Respirační parametry</i>	46
9.2.3	<i>Měření dechových parametrů - Spiroergometrie</i>	47
	PRAKTICKÁ ČÁST	48
10	VÝZKUMNÁ OTÁZKA, CÍLE, ÚKOLY, HYPOTÉZY	48
11	METODIKA VÝZKUMU	49
11.1	VÝZKUMNÝ SOUBOR	49
11.2	POUŽITÉ MATERIÁLY	49
11.2.1	<i>Gore Tex</i>	50
11.2.2	<i>Nanomembrane</i>	50
11.2.3	<i>Ventile</i>	51
11.2.4	<i>Funkční prádlo z Polyesterových vláken (PES)</i>	51
11.3	MĚŘENÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ ODĚVŮ	51
11.3.1	<i>Permetest - Propustnost pro vodní páry (paropropustnost)</i>	52
11.3.2	<i>FX 3300 Textest AG - hodnocení propustnosti textilií pro vzduch (prodyšnost)</i>	54
11.4	LABORATORNÍ ZÁTĚŽOVÉ MĚŘENÍ	55
11.4.1	<i>Design měření</i>	55
11.4.2	<i>Metoda získávání dat</i>	57
11.5	ANALÝZA DAT	62
11.5.1	<i>Výpočty</i>	62
11.6	LIMITACE STUDIE	65

12	VÝSLEDKY	66
12.1	MĚŘENÍ TEPLoty.....	66
12.2	SPOTŘEBA KYSLÍKU (VO ₂)	67
12.3	RESPIRAČNÍ POMĚR (RER)	68
12.4	SRDEČNÍ FREKVENCE	69
12.5	HODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU	70
12.6	PRODUKCE POTU	71
12.7	METABOLICKÝ ÚBYTEK HMOTNOSTI.....	72
12.8	PAROPROPUSTNOST.....	73
13	DISKUZE.....	74
14	ZÁVĚR.....	77
	POUŽITÁ LITERATURA A PŘÍLOHY	79
15	LITERATURA.....	79
16	INTERNETOVÉ ZDROJE	82
17	SEZNAM OBRÁZKŮ	83
18	SEZNAM TABULEK	84
19	SEZNAM GRAFŮ.....	84
20	PŘÍLOHY	85

Seznam zkratk

BMI	body mass index (ukazatel tělesného složení)
COT	bavlněný materiál
PES	polyesterový materiál
PTFE	teflonový materiál (polytetrafluoroethylen)
RER	respirační poměr
Ret	výparný odpor
SD	směrodatná odchylka (standard deviance)
SF	srdeční frekvence
SN	polonahý (seminude)
SYN	syntetický materiál
Tc	teplota jádra (temperature core)
Ts	teplota obalu (temperature shell)
TUL	Technická Universita Liberec
VO ₂	minutová spotřeba kyslíku

1 ÚVOD

Téma diplomové práce se zabývá problematikou použití textilních membrán během fyzického zatížení střední až submaximální intenzity.

Člověk se od svého počátku musel přizpůsobovat přírodě. Nejen že byl nucen obhajovat svou existenci v přímé konfrontaci s mnohem silnějšími živočichy a objevovat nové způsoby obstarávání potravy, ale každý den se musel vypořádat s aktuálními klimatickými podmínkami. V průběhu fylogeneze se tak vyvíjely termoregulační mechanismy, které člověku pomáhají udržet jeho vnitřní homeostázu. Člověk samozřejmě pochopil, že možnosti termoregulace jsou omezené a je třeba se chránit proti vnějším vlivům dalšími způsoby. Začali se používat kožešiny (Eskymáci), róby z peří (Mongolsko, Čína) nebo dlouhé vlněné kabáty (Rusko).

Postupem času západní civilizace oblečení přestaly vnímat jen jako prvek ochrany a začaly prosazovat i estetické hledisko. Oblečení se stalo spíše součástí módy a umění než předmětem vědy. Nutnost výzkumu a vývoje nových technologií v oblasti termoregulace a oblečení ukázala především až I. a II. světová válka. Vojáci byli nasazováni ve všech pěti klimatických zónách (Köppen; 2014), na moři i ve vzduchu bez vhodného oblečení a dostatečné aklimatizace. Na základě výsledků počtů zranění a úmrtí vlivem klimatických podmínek se věda začíná tímto problémem zabývat.

Zakládají se první vědecká oddělení pro výzkum termoregulace a fyziologie oblékání (přeloženo z používaného termínu Clothing physiologi) a pracoviště pro vývoj textilních technologií (1946 Hohenstein Institut, Německo). V první fázi vývoje šlo především o spolupráci s armádou, která potřebovala své vojáky lépe chránit. Kupříkladu dnes americká armáda používá systém oblékání ECWCS (Extended cold weather clothing system), který byl vyvinut institutem U. S. Army Natick Soldier Research, Development and Engineering Center v Massachusetts v roce 1980 a soubor čítá 31 vrstev oblečení. Systémem vrstvení má zajistit ochranu v teplotním rozmezí -51 °C až +4 °C. Postupem času se technologie a patenty začaly uplatňovat i ve veřejném sektoru a dnes si již výzkum a vývoj z velké části hradí výrobci technického a funkčního oblečení.

Díky tomuto vývoji se dnes objevují na trhu dostupnější a levnější membránové textilie slibující komfort za každého počasí. Samozřejmě takové oblečení neexistuje a každý produkt je určen svou technologií a vlastnostmi do určitých podmínek nebo k určitému druhu pohybové aktivity. Díky kompromisům při výrobě pak oblečení může získat některé vlastnosti navíc, avšak na úkor vlastností jiné. Proto je důležité, aby každý, kdo si oděvy z těchto materiálů pořizuje, přesně věděl, do jakých podmínek je bude používat a do kterých podmínek jsou primárně výrobcem doporučeny.

Zde v praxi narážíme na problém, kterým se tato práce zabývá. Vzhledem k objemu trhu s funkčním a technickým oblečením je dnes velmi složité se v jednotlivých materiálech a jejich vlastnostech orientovat. Výrobci udávají různá čísla pro různé vlastnosti a spotřebitel se většinou při výběru drží zásady „čím více, tím lépe“. Tato zásada není bohužel vždy tou správnou cestou. Čísla totiž popisují, jak se bude textilie chovat ve vztahu k okolním podmínkám, ale jaký konkrétní vliv bude mít na organismus, se už kupující z cedulky nedozví.

Tato práce by měla prozkoumat vliv vybraných typů membrán na funkci organismu při zátěži. Mohlo by se jednat o zajímavý úhel pohledu, neboť podobná měření v ČR se spíše zabývají fyzikálními a mechanickými vlastnostmi textilií.

2 REŠERŠE LITERATURY

2.1 LIDSKÁ TERMOREGULACE A MĚŘENÍ TĚLESNÉ TEPLoty BĚHEM CVIČENÍ V KLINICKÝCH PODMÍNKÁCH

(CHIN LEONG LIM,^{1PHD}, CHRIS BYRNE,^{2PHD}, JASON KW LEE,^{1PHD})

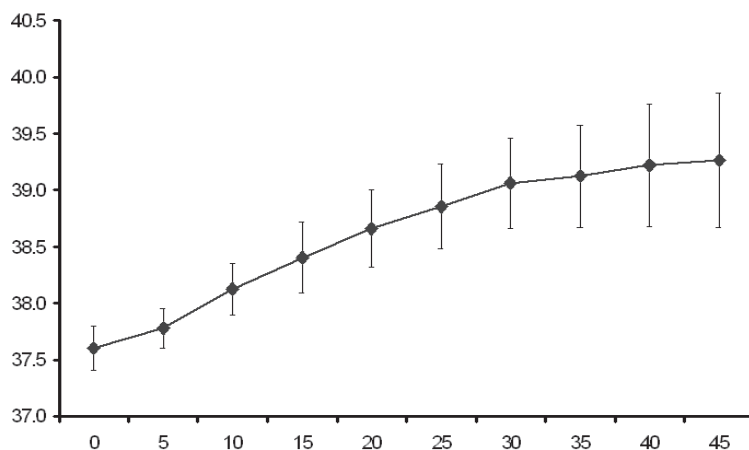
Ann Acad Med Singapore 2008;37:347-53

Tento článek uvádí přehled o termoregulaci člověka během zátěže. Zabývá se procesy a způsobem jejich měření, které mají vliv na změny tělesné teploty jádra T_c (abdominální, thoraciální a craniální dutina) a pláště T_s (epidermis, corium, subcutanea a musculli). Tyto dva ukazatele jsou řízeny různými způsoby. Zatímco T_c zcela podléhá regulaci teploty z hypothalamu (36,8 °C), T_s je výrazně ovlivněna průtokem krve a vnějšími podmínkami.

Byla provedena dvě měření, kde byla pozorována T_c (pomocí gastrointestinálního tepelného čidla) v závislosti na intenzitě a době trvání zátěže:

[1.] Devět zdravých mužů běžců (20 - 24 let) provedlo venkovní běh v tempu (5 - 6 min/km), při okolní teplotě ~ 30 °C a relativní vlhkosti vzduchu ~ 65 %. Teplota jádra byla měřena pomocí požitelného telemetrického tepelného čidla (VitalSense, Mini Mitter, Bend, OR), které bylo požito asi 8 h před zahájením testu.

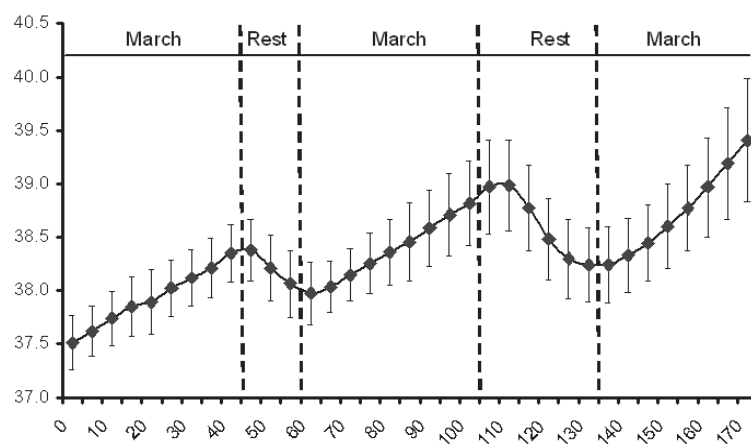
Graf 1: Průměrná hodnota a směrodatná odchylka gastrointestinální teploty při 45 min venkovního běhu.



Zdroj: Lim, Byrne, Lee, 2008

[2.] Deset mužů rekrutů (18 až 19 let) ze Singapore Armed Forces provedlo 12 km dlouhý pochod se zátěží ~ 28 kg při okolní teplotě ~ 30 °C a relativní vlhkosti vzduchu ~ 65 %. Pochod byl proveden v průběhu tří 45min pracovních intervalů a byl proložen 15 a 30min intervaly odpočinku po prvním a druhém pracovním intervalu. Rekruti pochodovali tempem ~ 5,3 km/h. Teplota jádra byla měřena pomocí požitelné telemetrického tepelného čidla (VitalSense, Mini Mitter, Bend, OR), které bylo požito asi 8 h před pochodem.

Graf 2: Průměrná hodnota a směrodatná odchylka gastrointestinální teploty během 12 km pochodu se standardní zátěží nováčků v Singapore Armed Forces



Zdroj: Lim, Byrne, Lee, 2008

Z měření vyplývá, že doba trvání a intenzita zátěže zcela signifikantně ovlivňuje množství nahromaděného tepla v organismu. Autoři uvádějí, že může dojít ke zranění v důsledku přehřátí organismu i za chladnějších podmínek (< 20 °C), neboť samotná tělesná metabolická produkce je schopna vytvořit dostatek tepla k poranění organismu. Tyto nehody byly popsány v několika případových studiích (např.: Hughson et al., 1980). Huffman et al. (2008) ve své práci dokazuje, že ~ 20 % všech zranění, která utrpěli středoškolská sportovci během dvouleté periody na stovce pozorovaných škol, souvisela s dehydratací a přehřátím.

Na základě výše uvedeného lze teoreticky uvažovat o zranění v důsledku hypertermie i v podmínkách daleko chladnějších, například v zimním období. Při použití oděvu jako ochranné vrstvy vůči vnějším vlivům vzniká mezi pokožkou a oděvem mikroklima. Toto mikroklima je ovlivněno technickými vlastnostmi materiálu, z něhož je oděv vyroben. Při nevhodných vlastnostech materiálu lze tedy dosáhnout například takových podmínek, které při vyšším zatížení neúměrně zvyšují nároky na produkci potu, nebo mohou způsobit až hypertermii, navzdory chladnému okolnímu prostředí.

2.2 TEXTILNÍ VLÁKNA NEOVLIVŇUJÍ TERMOREGULACI BĚHEM CVIČENÍ V PŘIMĚŘENÉ TEPLOTĚ

(TIMOTHY P. GAVIN, J. PATRICK BABINGTON, CRAIG A. HARMS, MARGARET E. ARDELT,
DAVID A. TANNER, and JOEL M. STAGER)

Department of Kinesiology, Human Performance Laboratory, Indiana University, Bloomington, IN 47405

Tento výzkum si kladl za cíl ověřit reklamní tvrzení výrobců sportovního oblečení. Ti tvrdili, že oblečení z jejich vláken zlepšuje odpařování potu, tudíž dochází k rychlejšímu ochlazení pokožky, lepší regulaci teploty tělesného jádra a zamezuje ztrátám tekutin.

Osm dobře trénovaných euhydratovaných (vhodná úroveň hydratace pro fyzickou aktivitu) mužů provedlo tři měření - v oděvu vyrobeného z polyesterové tkaniny (SYN), oděvu vyrobeného z tradiční bavlněné tkaniny (COT) a polonazí (SN) v náhodném pořadí. Měření se skládalo z 15 min odpočinku v sedě, 30 min běhu na 70 % VO_{2max} , 15 min chůze na 40 % VO_{2max} a 15 min odpočinku v sedě. To vše za 30 ± 1 °C a $35 \pm 5\%$ relativní vlhkosti. COT a SYN soubory oděvů se skládaly z trička s krátkým rukávem, cyklistických šortek, kotníkových ponožek (SYN, COT) a běžeckých bot. SN oděv se skládal z plavek (Lycra), ponožek (SYN) a běžeckých bot.

Průměrná teplota kůže v klidu před měřením byla nižší u SN (polonazí) v porovnání se SYN (polyesterová vlákna) a COT (bavlněná vlákna). Během nebo po skončení cvičení nebyly pozorovány žádné rozdíly v průměrné tělesné teplotě, rektální teplotě nebo průměrné teplotě kůže. Žádné rozdíly VO_2 nebo srdeční frekvence nebyly pozorovány. Nebyly zjištěny žádné rozdíly ve vnímání pocitů pohodlí. Pouze soubory z COT zachovávaly přibližně trojnásobek potu než SYN a SN. Účinnost pocení tak byla nižší, tento rozdíl se však ve fyziologických ukazatelích zátěže nijak neprojevil.

Na základě výsledků měření je patrné, že doporučení a údaje udávané výrobcem nemusí být vždy zcela pravdivé, nebo pravdivé jsou, ale očekávaný fyziologický efekt nemusí platit.

2.3 VLIV OBLEČENÍ NA CVIČENÍ V HORKU

(JON-KYLE DAVIS, PHILLIP A. BISHOP)

Springer International Publishing Switzerland 2013

V roce 2013 byla vypracována literární rešerše v oblasti výzkumu vlivu oblečení na pohybovou aktivitu a termoregulaci. Výzkumy zařazené do této rešerše musely splňovat kritéria, která si autoři zadali:

1. Textilní vlákna a jejich vlastnosti musely být hodnoceny během zátěže
2. Zátěžový protokol byl jasně definován
3. Studie musela hodnotit přírodní i syntetická vlákna
4. Teplota okolního prostředí byla ≥ 20 °C
5. Studie zahrnovala trénované i netrénované subjekty
6. Byla měřena povrchová teplota pokožky nebo teplota tělesného jádra

Na základě kritérií bylo vybráno 14 studií, které se těmito tématy zabývají. Autoři uvádějí nutnost dalšího výzkumu vlivu oblečení na termoregulaci vzhledem k pohybové aktivitě.

V oblasti vlivu textilních vláken na teplotu tělesného jádra a srdeční frekvenci rešerše obsahuje hodně prací, které ukazují, že přírodní materiály (vlna, bavlna) jsou z těchto hledisek vhodnější než syntetické materiály (polyester). Tento jev může být zapříčiněn rychlejším odváděním vlhkosti (polyester), která napomáhá ochlazování.

Např.: Tokura a Natsume (1987) ve své práci porovnávali 100% polyesterové a 100% vlněné materiály. Byla zjištěna signifikantně vyšší teplota tělesného jádra a množství naakumulovaného tepla během odpočinku po zátěži při použití polyesteru, než při použití vlny.

Tento článek výborně slouží pro orientaci a přehled ve zkoumané problematice.

2.4 KLAMNÉ INFORMACE O KOMFORTU TEXTÍLIÍ PŘI MARKETINGU

(BC. LENKA JÁGROVÁ)

Technická Univerzita v Liberci; Fakulta textilní 2009

Autorka se ve své závěrečné práci zabývá oficiálními údaji o vlastnostech oděvů, které prodejce u svých produktů uvádí a jejich reálnou hodnotou. Tuto hodnotu porovnává s vlastním laboratorním měřením na přístrojích Permetest a Alambeta. Další částí její práce je marketingový výzkum formou dotazníkového šetření, který udává, do jaké míry jsou respondenti srozuměni s novinkami v textilním průmyslu a jak se v nich orientují. Výsledky práce přinesly zjištění, že zkoumané parametry oblečení ve 33 % neodpovídají údajům uváděným výrobcem. A dotazníkové šetření ukazuje na dezinformovanost veřejnosti v oblasti textilních technologií, která cenu považuje za hlavní indikátor kvality oblečení.

Tento výzkum se bohužel opírá o příliš malé množství respondentů a testovaných produktů, ale výsledky laboratorního měření i přesto ukazují na klamnou reklamu a nesouhlasné hodnoty technických vlastností materiálů.

Význam popisovaného výzkumu v této práci je spíše v oblasti metodiky měření metodou Permetest a výsledek dotazníku ukazuje na potřebu získávání dalších informací v oblasti testování textilních materiálů.

2.5 LAMINACE HYDROFOBIZOVANÉ NANOVLÁKENNÉ VRSTVY S CÍLEM VYSOKÉ ADHEZE A PAROPROPUSTNOSTI

(BC. HANA SCHMIDOVÁ)

Technická Univerzita v Liberci; Fakulta textilní 2013

Autorka práce v teoretické části informuje o jednotlivých druzích materiálů běžně používaných pro výrobu outdoorového oblečení a vysvětluje základní pojmy: komfort, laminace, technologie membrán, druhy membrán a jejich využití. V praktické části sama vytváří kompozitní nanovlákněné lamináty, které následně porovnává se vzorky laminátů světového výrobce PTFE membrán. Součástí hodnocení materiálů jsou i metody Permetest (paropropustnost) a FX 3300 Textest AG (prodyšnost), které byly použity i v této práci. Výsledek porovnání ukazuje na lepší vlastnosti hydrofobní membrány vyrobené z nanovláken než z PTFE.

Bude zajímavé zkoumat tento výsledek v porovnání s praktickým hlediskem použití oděvů při zátěži v laboratorních podmínkách.

TEORETICKÁ ČÁST

3 HISTORIE OBLEČENÍ

Pravěk

V evoluci člověka představuje ztráta srsti velice důležitý předěl z hlediska jeho schopnosti adaptovat se na vnější podmínky. Zatímco ostatní savci vydávají teplo především respirací (odpařování vody ze sliznic dýchacích cest), pračlověk tzv. „nahá opice“ využívá k odvádění tepla celého povrchu těla, což z něj dělá velice adaptibilního tvora.

Na druhou stranu tento proces snížil odolnost pračlověka vůči chladnému prostředí a bylo třeba jej vyřešit využitím dalších izolačních vrstev. Tím byla otevřena otázka oblékání, které má nejen fyziologické opodstatnění, ale stala se i výrazným kulturním a sociálním jevem.

K ochraně proti chladu byly používány přírodní materiály z ulovených zvířat (kosti, peří, kůže, střívka, vlna) a rostlin (lýko, len, konopí, juta). Svědčí o tom například nález Ötziho mumie v ledovci roku 1991 (Hohenstein, 2009).

Obrázek 1: Oděv z kožešin (doba ledová) (Hohenstein, 2015)



Starověk

V době bronzové a železné byl člověk schopen z vlny a bavlny pomocí tkalcovských rámců a spřádacích přeslic sešít různé typy oděvů. Oblečení, které mělo původně fyziologický a kulturní účel, se stává módní záležitostí. Plní především sociální funkci a je výrazem bohatství a sociálního postavení. Každá ze starověkých kultur měla typické střihy a barvy, ale materiál byl používán stále přírodní (do 18. st. n. l. - cca 1 % hedvábí, 5 % bavlna, 76 % vlna, 18 % len a konopí) (Kybalová, 2001).

Řecký filosof Empedokles prosazoval teorii o tom, že pokožka dýchá a oblečení by nemělo bránit perspiraci, ale mělo by zabraňovat pronikání škodlivých látek z okolí.

Středověk

Obecně pod vlivem církve a odvrácení se od světských záležitostí nepřinesl středověk moc užitečných věcí, a to ani ve vývoji oblečení a použitých materiálů.

Oděvy se vyráběly nejčastěji z pevných lněných pláten nebo hrubějších vlněných suken. Tkanina se buď nebarvila vůbec (takže zůstala v barvě příze) nebo se jednoduše bělila na slunci či barvila nějakým běžně dostupným barvivem.

Bohatší vrstvy pak pro své honosné oblečení využívaly materiály dovážené z východu, jako bylo hedvábí a bavlna. Významným materiálem především pro vojáky byla stále kůže (Kybalová, 2001).

Novověk

Nástup humanismu a osvícenství posouvá vědu a člověka do popředí zájmů. Především díky vynálezu knihtisku se nové informace z výzkumů a vědy dostávají do povědomí lidí a dochází k velkému rozmachu technologií a nových postupů ve výrobě. Klíčové je toto období pro výrobu z bavlny, která až do této doby byla těžce zpracovatelná. Díky technologickému pokroku ve zpracování bavlny (vynález vyzrňovacího stroje) a založení první průmyslové přádelny v Anglii se dostává bavlna na přední místa výrobních materiálů pro oděvy.

Největším vývozcem v 19. století bylo USA, kde otrokářství umožnilo zpracovávat bavlnu v obrovském množství. V souvislosti s tímto rozmachem proběhla výrazná stratifikace společnosti a došlo k prohloubení sociálních nerovností mezi bohatým severem a chudým jihu. Zisky z bavlny vypěstované z otročenými černochoy v jižních státech USA výrazně přispívaly k hospodářskému rozvoji severu, kde byla bavlna ve velkých přístavech exportována do zbytku světa. Tento stav vyústil až v občanskou válku Severu proti Jihu (Yafa, 2004; Riello, 2013).

Moderní doba

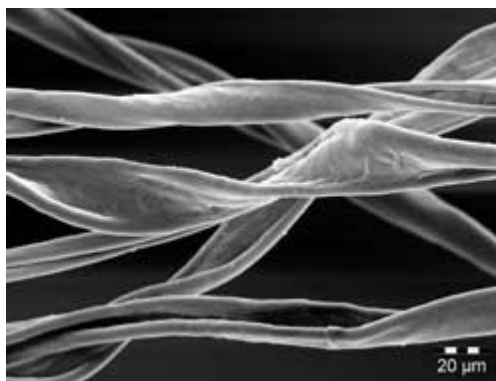
S industrializací roste množství volného času. Někteří lidé se rozhodují trávit jej v horách, kde je kvalitní a funkční oblečení tou nejdůležitější věcí. Horolezci se tedy začínají zabývat dalšími možnostmi využití materiálů pro oblečení.

Zásadními se však staly až I. a II. světová válka, ve kterých byli vojáci nasazováni ve všech klimatických podmínkách. Nastal problém s vystrojováním, neboť byly kladeny přísné podmínky na uniformitu, ale na druhou stranu muselo být oblečení adekvátní podmínkám. Po skončení válek se vzhledem k počtu obětí padlým v důsledku klimatických podmínek zakládají odborné ústavy a laboratoře, které mají za cíl zkoumat nové možnosti v oblasti vývoje oblečení (např.: US Army Natick Soldier Research, Development & Engineering Centre, 1954; Hohenstein Institute in Germany, 1946).

4 VÝVOJ TEXTILNÍCH VLÁKEN

4.1 BAVLNĚNÁ VLÁKNA

Obrázek 2: Bavlněné vlákno (zvětšeno 630x)



Zdroj: <http://cottonpromotion.org/features/commitment-and-competence-in-cotton/>

Vědcům ze Shirley institutu v Manchesteru se ve 40. letech 20. století podařilo vyvinout tkaninu s názvem Ventile. Tato bavlněná tkanina je unikátní svou těsnou vazbou (o 30 % hustší) a kvalitou bavlněných vláken (na výrobu lze použít jen 2 % z celoroční produkce). Při vystavení vodě zvětší vlákna svůj objem a zcela uzavřou mezery i po vpichu jehly.

Oblečení z tohoto materiálu sloužilo britským pilotům RAF, kteří byli sestřelováni nad Atlantikem. Šance na záchranu v tak chladné vodě byly minimální, neboť chlad piloty zcela ochromil a ti se proto utopili do několika minut. Po vývoji kombinézy z materiálu Ventile se doba na záchranu prodloužila na cca 20 min a 80 % z havarovaných pilotů bylo zachráněno. Oblečení z tohoto materiálu je používáno piloty RAF a jinými armádami NATO dodnes.

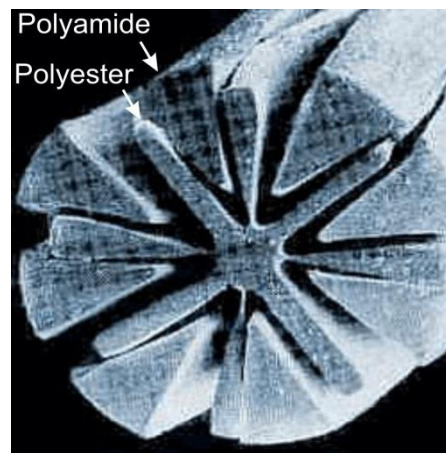
Vývojem této tkaniny byly položeny základy pro vývoj dalších membránových a funkčních oděvů (Knížek, 2013).

Bavlněná vlákna jsou přírodním materiálem a jsou velmi příjemná, ale jejich vysoká schopnost vázat vodu je při fyzické námaze nekomfortní. Začal se tedy hledat způsob, jak vytvořit materiál, který by odváděl vodu od pokožky a svou vazbou nabídnul co možná největší plochu pro odpařování potu do okolního prostředí.

4.2 MIKORVLÁKNA

Jako první se v roce 1935 podařilo doktoru Wallace Hume Carothers vyrobit první syntetické vlákno z nylonu. Toto vlákno bylo časem vyráběno i v Evropě pod jiným označením (Německo – perlon; Česká Republika – silon). Vývoj syntetických vláken pokračoval a v roce 1965 v japonských laboratořích vytvořili první mikrovláknem, které se vyrábělo z polyesteru nebo polyamidu. Z těchto vláken je dnes vyráběna většina sportovního a outdoorového oblečení. Je to pro jejich schopnost odpuzovat vlhkost a chlad z vnějšku. Na druhou stranu umožňuje velké množství pórů snadné odpařování potu (Knížek, 2013; Hohenstein, 2009).

Obrázek 3: Průřez kombinovaného mikrovláknem



Zdroj: <http://backreaction.blogspot.cz/2013/05/what-is-microfiber-cloth-and-how-does.html>

4.3 NANOVLÁKNA

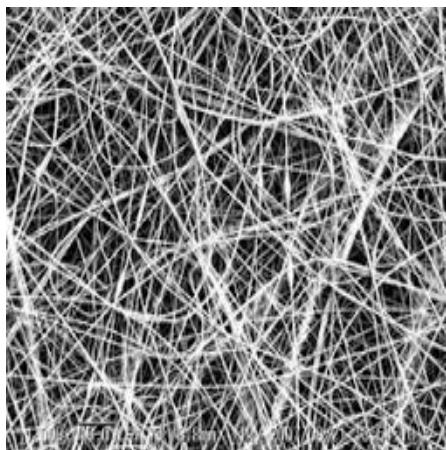
Název pochází z řeckého slova „nano“ (trpaslík) a vyjadřuje miliardtinu základní jednotky ($\text{nm} = 10^{-9}$). Jedná se často o tloušťku několika atomů. Vývoj nanotechnologie je spojen se jménem amerického vědce R. P. Feynman, který během II. světové války pracoval i na sestrojení atomové bomby. Je nositelem Nobelovy ceny za fyziku a do povědomí veřejnosti se dostal především odhalením závady na raketoplánu Challenger. Jeho bádání přineslo v roce 1959 (kongres American Physical Society) v příspěvku *There's Plenty of Room at the Bottom* (Tam dole je spousta místa) otázku: „Proč bychom nemohli zapsat na špendlíkovou hlavičku všech 24 dílů Encyklopedie Britanniky?“ (Šrámek, 2009).

Od tohoto okamžiku se datují první snahy v oblasti nanotechnologií. Jedním z produktů jsou nanomateriály. Označují takové materiály, jejichž základními stavebními prvky jsou nanočástice s přesně definovanými vlastnostmi. Prostorové uspořádání nanočástic může vytvářet různé struktury, jako například trubice, vlákna nebo třeba tenké vrstvy (Šrámek, 2009).

Vývojáři textilních vláken našli možnost využití i pro vývoj oblečení. První materiály z nanovláken se dostávají do prodeje koncem 80. let minulého století. Byla zkonstruována vlákna, která se používají při výrobě oděvů. Tyto oděvy se nemačkají a jsou rezistentní proti vodě a skvrnám. Textilní materiály, kde je využívána nanotechnologie se perou při nižších teplotách a méně často. Nanotechnologie byla použita pro integraci malých částic uhlíku do textilu a tím byla zaručena jeho ochrana před elektrostatickými náboji. Nanomateriály jsou porézní, což umožňuje vývoj hydrofobně upravených materiálů, které jsou nepropustné pro vodu, ale zároveň umožňují průstup vodních par a vzduchu. Jejich využití by tedy bylo možné například v armádě nebo při výrobě sportovního oblečení. Struktura nanovláknenné textilie se velmi podobá struktuře mezibuněčné hmoty lidské tkáně (Špěrová, 2008).

Vývojem nanotextilí se zabývá Technická univerzita Liberec, Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů a její výsledky jsou zcela unikátní. V současné době je totiž Česká republika jediným výrobcem nanovláknenných membrán na světě (Knížek, 2013).

Obrázek 4: Nanovláknenná struktura



Zdroj: <http://www.fuence.co.jp/en/alliance/index2.html>

5 VRSTVENÍ OBLEČENÍ

Jde o systém kombinace vrstev oblečení, který má za úkol udržet svého nositele v optimální tepelné pohodě bez příznaků hypotermie nebo hypertermie i v náročných klimatických podmínkách. Systém je založen na vhodné kombinaci materiálů různých vlastností. Základem jsou jednotlivé vrstvy oblečení, jejichž pořadí nelze měnit, neboť by došlo ke zhroucení celého efektu.

Základním prvkem je udržování stálého mikroklimatu těla. Pokud dojde ke kumulaci nebo ztrátě tepla, v organismu jsou spuštěny termoregulační procesy k obnovení tohoto mikroklimatu. Systém oblečení by měl tedy být používán s ohledem na aktuální stav počasí a úroveň náročnosti pohybové aktivity.

Současný systém vrstveného oblékání se skládá ze tří, respektive v extrémních případech čtyř vrstev. Každá tato vrstva má specifický ochranný vliv proti vnějším podmínkám a následkům procesů termoregulace (pocení, odvod tepla) (Knížek, 2013).

Tabulka 1: Druhy vrstev oblečení (Knížek, 2013)

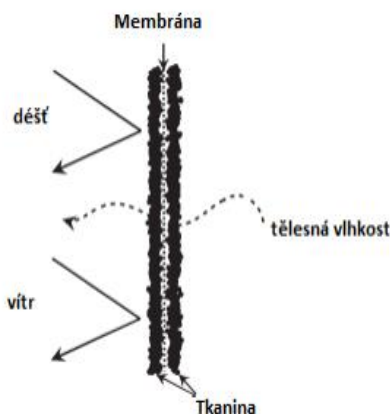
Název vrstvy	Funkce	Mechanismus
Transportní (primární) vrstva	udržuje suché a teplé mikroklima u pokožky	nasátí vlhkosti do struktury vláken a transport do dalších vrstev
Izolační vrstva	vrstva s dostatečným tepelným odporem, která izoluje teplo uvnitř oděvu	zachytávání ohřátých částic vzduchu a zpomalování odvádění tepla do dalších vrstev
Super izolační vrstva	vrstva s dostatečným tepelným odporem, která izoluje teplo uvnitř oděvu (při extrémně nízkých teplotách, nejčastěji peří nebo duté vlákno)	zachytávání ohřátých částic vzduchu a zpomalování odvádění tepla do dalších vrstev
Ochranná vrstva	zamezuje proniknutí vnější vlhkosti a větru, a umožňuje odpařování potu skrz její materiál (Gore Tex, Sympatex, ...)	materiál nedovoluje průchod kapek vody a větru skrz materiál, ale propouští molekuly vodní páry

6 VÝVOJ TEXTILNÍCH MEMBRÁN

Vzhledem k vývoji technologií a požadavkům spotřebitelů na aktivní pohyb v náročných podmínkách bylo třeba vyvíjet nové typy oblečení. Toto oblečení by mělo udržet uživatele mimo vliv okolních podmínek a zároveň udržovat příjemné vnitřní mikroklima. Pro tento požadavek bylo třeba vyvinout jiný materiál než Ventile, který je pro běžné použití velmi drahý a při namočení se znatelně zvýší i jeho hmotnost.

Vědci vynalezli způsob laminace dvou až tří vrstev s vloženou membránou, která brání vodě a proudícímu vzduchu procházet dovnitř a naopak umožňuje pohyb molekul vodní páry skrz do okolí. Jde o tenké vrstvy z polymerních materiálů silných několik desítek μm . Membrána zajišťuje nepromokavost, větruodolnost a paropropustnost (Schmidová, 2013).

Obrázek 5: Princip membrány



Zdroj: Schmidová, 2013

Z hlediska vlastností jednotlivých membrán jsou děleny na dva druhy.

6.1 HYDROFOBNÍ - MIKROPORÉZNÍ

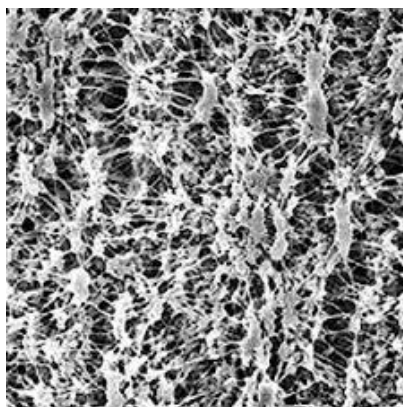
Princip těchto membrán je založen na rozdílné velikosti molekul vodní páry a kapkách vody. Například výrobce Gore Texu uvádí, že póry membrány jsou 20000x menší než nejmenší kapka vody, ale zároveň jsou cca 700x větší než největší molekula vodní páry. Tím se kapky vody nedostanou dovnitř, ale vodní pára může unikat. Tímto mechanismem si tyto membrány drží vysoký standard paropropustnosti při zachování vysoké hydrostatické a mechanické odolnosti. Naopak nevýhodou je jejich zanášení během používání například nečistotami, tukovými částicemi a solemi. Proto jsou výrobci nuceni k různým úpravám (například chemickým ošetření či potažení tenkou vrstvou), které vlastnosti membrány zhoršují (Knížek, 2013).

Základním materiálem pro výrobu těchto membrán je PTFE (polytetrafluoroethylen = teflon) a nově i polyamid 6.

Gore Tex

Neznámější a nejrozšířenější výrobce PTFE membrán. Vznikají protlačováním neprodyšné membrány přes štěrbinu a následným natahováním ve dvou směrech pod teplotou tání a vysokých rychlostech. To vede ke vzniku značných mikrotrhlin (mikroporozita). Výrobce uvádí, že tyto póry jsou 20000x menší než nejmenší kapka vody, ale zároveň jsou cca 700x větší než největší molekula vodní páry. Ve struktuře membrány je začleněna i olejofobní látka, která má bránit znečištění. Firma nabízí čtyři různě modifikované lamináty, které lze použít na výrobu, jak lehkých větrových bund tak na výrobu oblečení do extrémních podmínek (Knížek, 2013; Růžičková, 2003).

Obrázek 6: Mikrotrhliny v membráně z PTFE



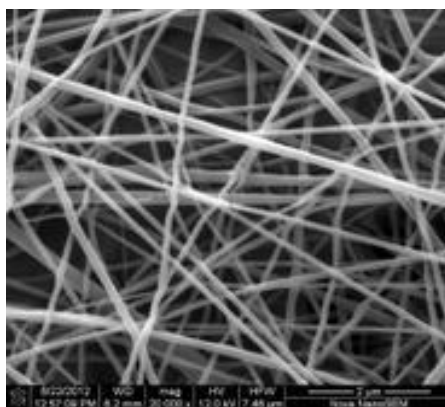
Zdroj: <http://www.militarygloves.com/tech-notes.html>

Nanoprotex

Český a v současnosti jediný výrobce textilních membrán s nanovláknennou strukturou na světě. Výrobním materiálem je polyamid 6. Jeho výhodou spočívá v tepelné stálosti při extrémně nízkých i vysokých teplotách. Průměr nanovláken je 150 nm, což jsou nejmenší vlákna, která kdy byla v oděvním průmyslu použita. Díky parametrům nanovláken mají tyto membrány více pórů na danou plochu než PTFE membrány a tím zajišťují nejlepší paropropustnost na trhu.

U dvouvrstvého laminátu (vrchní tkanina + nanovlákná membrána) je paropropustnost Ret pod $1,5 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Paropropustnost nanovlákné membrány bez laminace je Ret $0,0 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. U této membrány se hodnota vodního sloupce pohybuje od 5000 mm až do 20 000 mm, při zachování extrémně vysoké paropropustnosti. Membrána Nanoprotex je 100% větruodolná. Stálost materiálu se projevuje vysokou mechanickou odolností při údržbě, praní a namáhání. Problém se zanášením pórů je řešen nanášením tenké vrstvy fluorkarbonu na jednotlivá nanovlákná. Zabraňuje se tak přilnavosti nečistot k membráně (Knížek, 2013; Schmidová, 2013).

Obrázek 7: Nanovlákná struktura



Zdroj: <http://www.fuence.co.jp/en/alliance/index2.html>

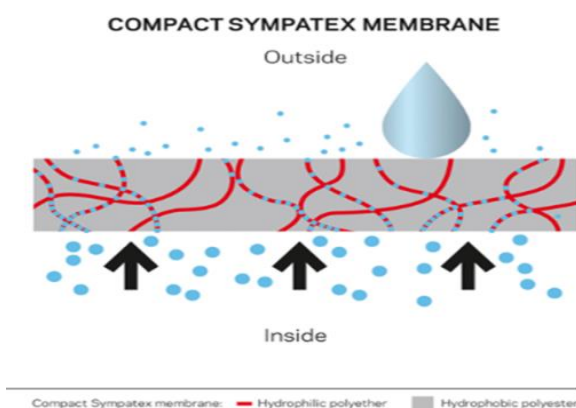
6.2 HYDROFILNÍ – NEPORÉZNÍ

Neobsahují žádné póry a vnější voda tedy nemá jak proniknout skrz. Způsob odvodu vodních par je založen na chemickém principu. Kondenzující voda na vnitřní straně membrány je rozvedena do vlastního materiálu a chemicky transportována do okolí. Přenos vodní páry tedy funguje na základě molekulárního mechanismu (absorbce – difúze – desorbce). Tyto membrány jsou vyráběny z polymeru (nejčastěji polyuretan). Jejich výhodou je lepší elasticita a nedochází k zanášení pórů. Nevýhodou je naopak menší paropropustnost a nulový přenos plynů (Knížek, 2013; Schmidová, 2013).

Sympatex

Je německá firma, která vyrábí membrány ze 100% recyklovaných materiálů (polyester). Membrána je vyrobena ze dvou složek - 70 % hydrofobní (polyester) a 30 % hydrofilní (polyethylen). Vlhkost je absorbována hydrofilními kanálky a díky větším parciálním tlakům na vnitřní straně membrány je transportována do vnějšího prostředí.

Obrázek 8: Způsob odvádění vodních par Sympatex

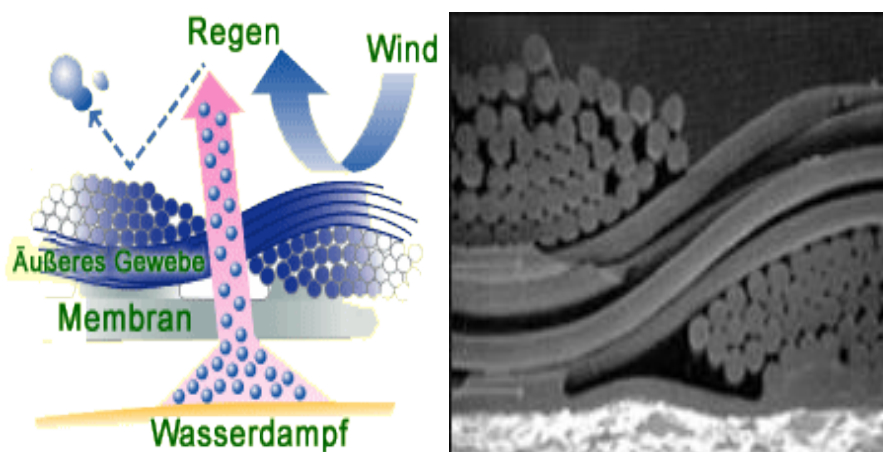


Zdroj: <https://southernascent.files.wordpress.com/2013/07/sympatex-membrane-properties.png>

Dermizax

Je druhým velkým zástupcem neporézních membrán od japonské firmy Toray. Membrána je vyrobena z polyuretanu, který svou molekulovou strukturou nabízí hodně prostoru pro vazbu molekul vodní páry. Přesun těchto molekul do okolí je založen na vzrůstajícím parciálním tlaku vodní páry uvnitř membrány. Čím vyšší je tlak, tím je rychlejší přesun molekul do okolí.

Obrázek 9: Způsob odvádění vodních par Dermizax



Zdroj: <http://www.bergans-shop-rosenheim.de/deutsch/Dermizax-Membran>

6.3 LAMINÁT

Samotná membrána je slabá a křehká, proto musí být laminována na textilní nosič. Tím může být tkanina, pletenina nebo netkaná textilie. Laminace znamená spojení více vrstev látek stejného nebo různého složení. Děje se tak za pomoci pojiva, tlaku a tepla. Výsledkem jsou lepší funkční vlastnosti materiálu. Způsob laminace závisí na kvalitě podšívkového a povrchového materiálu, funkčních požadavcích, postupu výroby a ceně finálního produktu. Laminace zlepšuje odolnost před mechanickým poškozením membrány, ale současně snižuje paropropustnost.

Laminaci membrán lze rozdělit do 5 skupin (Knížek, 2013; Růžičková, 2003):

- Dvouvrstvý laminát (vnější látka + membrána)

Membrána v tomto případě není chráněná proti vlivu tření s pokožkou a jejímu zanášení (potem, tukovými částicemi, ...). Laminát je lehčí a paropropustnější, ale v praxi se samotný téměř nepoužívá.

- Dvouvrstvý laminát s volně vloženou podšívkou (vnější látka + membrána + volná podšívka)

Membrána je chráněna volně vloženou podšívkou, avšak tím že podšívka není slaminována, dochází mezi těmito vrstvami ke tření. Tím je membrána poškozována. Vzduchová vrstva mezi podšívkou a membránou zvyšuje odpor vodních par a zhoršuje se tím paropropustnost.

- Dvouapůlvrstvý laminát (vnější látka + membrána + půlvrstva)

Jde o obchodní označení, neboť z technologického hlediska se jedná o třívrstvý laminát. Technologicky nejmladší způsob laminace. Podšívka je nahrazena vrstvou ochranného tisku nebo nánosu (nejčastěji karbonových vláken). Výsledkem je kvalitní materiál, který je velmi skladný, příjemný a velmi odolný. Zároveň ale lépe odvádí pot od těla a má vysokou hydrostatickou odolnost.

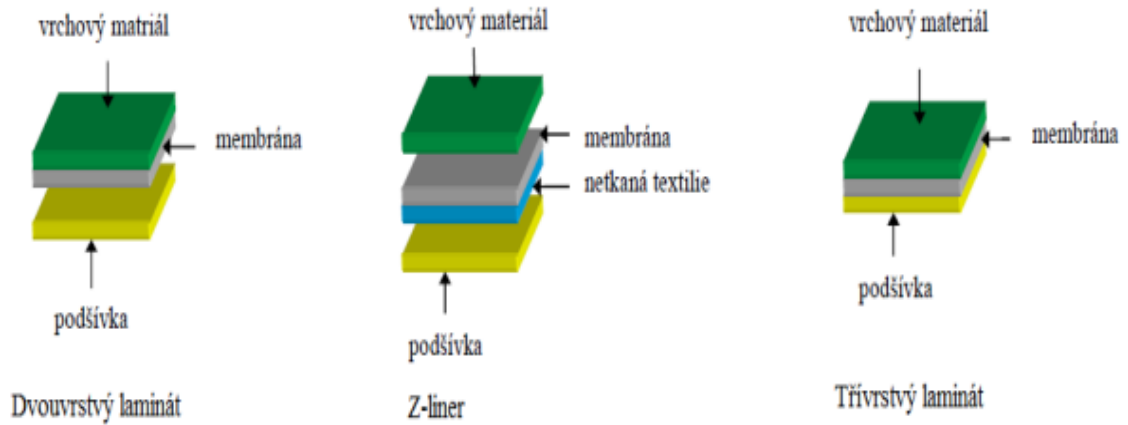
- Třívrstvý laminát (vnější látka + membrána + podšívka)

Nejčastěji používaný typ laminátu. Provádí se laminací membrány na povrchový materiál a podšívku, čímž se vytvoří kompaktní celek. Protože jsou používány pevnější a méně poddajné materiály, má tento typ nejvyšší mechanickou odolnost. Membrána je velmi dobře chráněna proti tření a zanášení. Současnými technologickými postupy jsou přední výrobci schopni dosáhnout vysokých hodnot vodního sloupce (20 000 mm) s nízkou paropropustností ($Ret < 3$) a hmotností bundy méně než 500 g.

- Volně vložená membrána (Z – liner)

U tohoto typu konstrukce je nalaminována membrána na lehký textilní materiál, nebo není laminována vůbec. Vznikne samostatná vrstva, která je vložena mezi povrchový materiál a podšívku. Výhodou je velmi nízká ohybová tuhost. Tento typ konstrukce se používá například při výrobě rukavic.

Obrázek 10: Druhy laminátů



Zdroj: Schmidová, 2013

7 HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ TEXTILIÍ

Pro oblečení je důležité, aby splňovalo určité nároky uživatelů na komfort. Ten lze definovat jako: „stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané všemi našimi smysly“ (Hes, 2005).

Komfort je dělen do čtyř kategorií (Hes, 2005):

- Psychologický
- Sensorický
- Termofyziologický
- Patofyziologický

Pro potřeby této práce postačí zabývat se hodnocením pouze z hlediska termofyziologického komfortu.

Do této kategorie patří takové vlastnosti oděvu, které mají uživatele udržet v optimální teplotě a suchu. To znamená, jak proti vnějšímu působení vody, tak proti vlastnímu potu. Holmer (1999) uvádí tři kritické faktory hodnocení termofyziologického komfortu: přizpůsobivost oděvu (střih), vlhkost a mechanické vlastnosti vláken.

7.1 HYDROSTATICKÁ ODDOLNOST

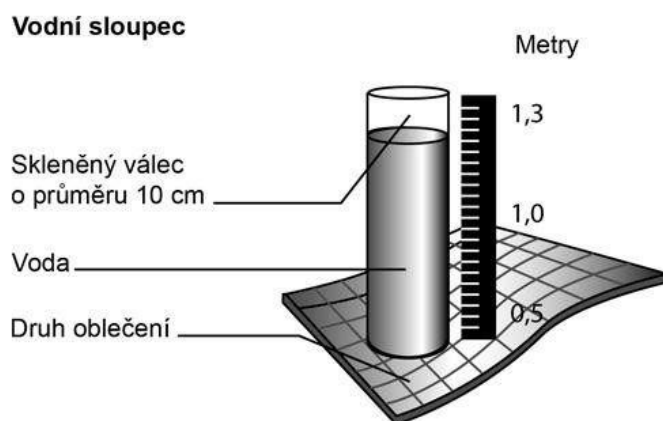
Hydrostatická odolnost sportovního oblečení je velmi důležitým parametrem kvality. Jde o ukazatel, který je většinou na výrobcích uváděn jako výška vodního sloupce (v. s.). Popisuje schopnost materiálu odolávat hydrostatickému tlaku. Čím vyšší je hodnota, tím je materiál odolnější proti pronikání vody. V laboratořích je vodní sloupec měřen na přístrojích pomocí narůstajícího tlaku v kapalině. Hodnota tlaku se pak pro lepší orientaci přepočítává na vodní sloupec (Hes, 2005).

Označení odolnosti proti pronikání vody (Knížek, 2013)

- waterrepelent (cca 500 mm v. s.): ochrana proti vodě řešena pouze impregnací nebo napuštěním.
- waterresistant (cca 1100 mm v. s.): jde o vrstvené materiály nebo je použit zátěr (teflon, polyuretan, akryl, ...)
- waterproof (cca 1300 mm v. s.): tyto materiály lze označit za nepromokavé. Tato hodnota je ekvivalentem dopadajících dešťových kapek a stačí k jejich zadržení.

Pod popruhy batohů (tzv. klínový efekt), pokleknutí nebo pádu do mokrého prostředí ovšem vzrůstají tlaky až na hranici 20 000 mm vodního sloupce. Z toho je patrné, že v závislosti na použití je třeba definovat nepromokavost konkrétně pro jednotlivé podmínky (Knížek, 2013; Hes, 2005).

Obrázek 11: Zjednodušené měření hydrostatické odolnosti



Zdroj: <http://www.moto-obleceni-held.cz/materialy-held/vodni-sloupec-a-nepromokavost>

7.2 PRODYŠNOST

Je vlastnost oděvu propouštět vzduch skrz oděvní systém. Fyzická aktivita vyvolává zvýšenou produkci tepla, kterou je třeba odvádět od těla. K tomu dochází, pouze když je okolní teplota vzduchu nižší a oděv dostatečně prodyšný. Tato vlastnost je žádoucí většinou u sportovního oblečení, kdy je žádoucí silný ochlazovací efekt. Naopak oblečení do hor nebo do zimy se snaží těmto ztrátám tepla zabránit, neboť by za nízkých teplot brzy došlo k podchlazení. Materiály, které zabraňují prostupu vzduchu, jsou nejčastěji označovány jako WINDSTOPPER.

Metoda pro měření prodyšnosti spočívá ve zjišťování množství vzduchu (l), které projde plochou textilie (m²) za jednotku času (s). Údaj o prodyšnosti je tedy udáván v jednotkách [l / m².s] (Hes, 2005; Růžičková, 2003) . (viz kap. Metodika výzkumu)

7.3 PAROPROPUSTNOST

Je prostup molekul vodní páry (potu) produkované nositelem skrz oděvní systém do vnějšího prostředí. Pot lidské tělo produkuje při veškeré činnosti. Vyšší a náročnější aktivita vyvolává výraznou produkci vodních par. Proto moderní outdoorové oblečení musí být velmi dobře paropropustné, aby nedocházelo k přehřívání a propocení uživatelů těchto oděvů. Měření paropropustnosti se provádí nejčastěji dvěma metodami (Schmidová, 2013; Knížek, 2013).

- Metoda MVTR (Moisture vapor transmission rate)

Udává množství vodní páry v gramech, které propustí jeden metr čtvereční látky během 24 hodin. Hodnota MVTR je udávána v $\text{g/m}^2 \cdot 24 \text{ hod}$. Čím vyšší hodnota, tím je materiál propustnější pro vodní páry. Výhodou je, že se touto hodnotou dá vyjádřit i produkce potu (viz Tabulka č. 2). Toto měření se dnes již tolik nepoužívá, neboť nezohledňuje důležité parametry, jako jsou teplota a vlhkost vzduchu (Schmidová, 2013; Knížek, 2013).

Tabulka 2: Přibližné hodnoty produkce vodních par (potu) (Knížek, 2013)

chůze	5 000 – 10 000 $\text{g/m}^2 \cdot 24 \text{ hod}$
běh	20 000 – 28 000 $\text{g/m}^2 \cdot 24 \text{ hod}$
extrémní fyzická aktivita	nad 35 000 $\text{g/m}^2 \cdot 24 \text{ hod}$

- Metoda Permetest (viz Metodika výzkumu)

Určuje dvě důležité veličiny. Jednou je relativní propustnost materiálu pro vodní páry (%), což popisuje kolik procent z celkového množství vodní páry projde skrz materiál. Je to nenormalizovaný, ale praktický parametr.

Druhou důležitou veličinou je výparný odpor (Ret). Udává velikost, jakou brání textilie průchodu vodních par do vnějšího prostředí. Na rozdíl od metody MVTR tato metoda zohledňuje aktuální okolní podmínky. Platí, že čím je hodnota Ret nižší, tím je materiál paropropustnější (Hes, 2005; Knížek, 2013).

Tabulka 3: Klasifikace paropropustnosti (Knížek, 2013)

Ret < 6	velmi dobrá	Nad 20 000 g/m ² .24 hod
Ret 6 – 13	dobrá	20 000 – 9 000 g/m ² .24 hod
Ret 13 – 20	uspokojivá	9 000 – 5 000 g/m ² .24 hod
Ret > 20	neuspokojivá	Pod 5 000 g/m ² .24 hod

7.3.1 ODVOD PLYNNÉ VLHKOSTI Z POVRCHU TĚLA

Podobně jako teplo je vlhkost přenášena vedením a prouděním ve formě vodní páry. Množství takto odvedené vodní páry je závislé na gradientu mezi koncentrací (parciálním tlakem) nasycené páry na povrchu lidské pokožky a aktuální koncentrací (parciálním tlakem) vodní páry v okolním prostředí. Při dostatečném gradientu se odparem vlhkosti z povrchu kůže odvede teplo, které má při 20 °C hodnotu 2400 kJ/kg (jde o tzv. výparné teplo vody, které říká, že tělo při odpaření 1 kg vody ztrácí tepelnou energii o hodnotě 2400 kJ). Tato vysoká hodnota výparného tepla umožňuje dosáhnout termofyziologického komfortu i při vysokých teplotách, pokud relativní vlhkost vzduchu bude nižší než 60 %. V případě, že relativní vlhkost vzduchu převyšuje hodnotu 90 %, pak při teplotě vzduchu 35 °C není možné dosáhnout komfortního stavu organismu (Knížek, 2013; Hes, 2005).

7.3.2 ODVOD KAPALNÉ VLHKOSTI Z POVRCHU TĚLA

Ochlazovací efekt potu vznikne pouze při jeho odpaření z pokožky. Jestliže povrch pokožky nic nezakrývá, je jedinou podmínkou fungování tohoto mechanismu dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry. Oblečení tento způsob odvodu znemožňuje a tak je situace u oblečeného člověka odlišná a řídí se jinými principy.

Difúze

Je proces rozptylování vlhkosti v prostoru, který se uplatňuje při prostupu vlhkosti z povrchu pokožky skrz oděvní systém do okolního prostředí. Jde o přirozenou vlastnost látek, které se snaží vyrovnat svou koncentraci v celém prostoru, kterého mohou dosáhnout (tzv. difundují).

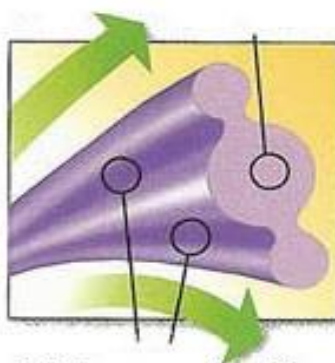
Jednotlivé vrstvy oblečení a vzduchové vrstvy vytvářejí difúzní odpor, který brání volnému šíření vlhkosti. Tento odpor je úměrný délce (tortuosita) a průměru (porosita) pórů ve struktuře (tkaniny, pleteniny). Čím delší a užší pór, tím je difúzní odpor větší a vlhkost zůstává uvnitř oděvního systému (Knížek, 2013; Hes, 2005).

Kapilární odvod

Principem je kontakt kapalného potu s první textilní vrstvou. Jejými kapilárními cestami se šíří všemi směry do plochy této textilie tzv. knotový efekt. Směr pohybu kapalné vlhkosti je vyvolán kapilárním tlakem, který způsobuje tok obecně od velkých pórů k malým. Tento tlak lze zvýšit zvětšením vnitřního povrchu kapilárních kanálků. Zvětšení se nejčastěji provádí laserovou úpravou vláken. Takto upravená vlákna pak vykazují vyšší knotové vlastnosti.

Pro intenzivní odvod vlhkosti, musí být struktura příze kompaktní a prostor mezi speciálně tvarovanými vlákny co nejmenší. Zároveň však musí být adheze (přilnavost) mezi kapalinou a vláknem dostatečně malá, aby se kapalina mohla pohybovat. Velké adhezní síly mají například vlákna bavlněná a pohyb vlhkosti je tím omezen.

Obrázek 12:Průřez speciálním polyesterovým vláknem COOLMAX s vysokým kapilárním efektem



**Coolmax® je konstruován s důrazem
na odvod vlhkosti od těla
do vnějšího prostoru**

Zdroj: <http://www.humi.cz/?lg=cz&str=6&id=65&n=coolmax>

Například zavlhčením bavlněné textilie kapkou vody (0,3 ml) dojde k rozšíření vlhkosti do kruhu menšího než 20 mm, zatímco u úpletu typu COOLMAX se rozšíří do průměru 50 mm (Knížek, 2013; Hes, 2005).

Sorpce

Je nejpomalejším způsobem odvodu kapalné vlhkosti a je podmíněna užitím textilie, která alespoň z části obsahuje sorpční vlákna. Proces začíná vniknutím vlhkosti do mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna, kde se následně naváží na hydrofilní skupiny molekulové struktury.

Všechny tři mechanismy se transportu vlhkosti účastní současně, ale nejrychlejší je difúzní a kapilární odvod (Knížek, 2013; Hes, 2005).

8 TERMOREGULACE

Pro fungování lidského organismu je nezbytné zajistit stálost vnitřního prostředí, v němž dochází ke všem životně důležitým procesům a reakcím - tzv. homeostáza.

Homeostáza je udržována systémem regulačních mechanismů, jako autoregulace fyziologických i patofyziologických procesů a jako množství variabilních reakcí na vnější podněty. Těmi disponuje prakticky každý orgán a jejich prostřednictvím se snaží tělo homeostázu udržet (Trojan, 2003).

Z předchozího je zřetelné, že jedním z nároků na homeostázu je i stálá teplota. Vzhledem k tomu, že člověk se neustále pohybuje v různém prostředí, kde se vnější podmínky mohou měnit, je třeba být schopen na změnu rychle reagovat, aby nedošlo ke kolapsu homeostázy vlivem prudkých změn teplot. V průběhu fylogeneze se lidské tělo naučilo reagovat na změny mikroklimatu a vytvořilo si určité mechanismy pro udržení stálé teploty, které popisuje pojem termoregulace.

Termoregulací se rozumí řízené změny teploty těla. Lidské tělo je z hlediska teploty rozděleno na tzv. tělesné jádro a tělesný obal (plášť).

TĚLESNÝM JÁDREM (T_c – temperature core) se rozumí břišní, hrudní a lebeční dutina (zhruba 65 % celkového tělesného objemu), kde jsou uloženy životně důležité orgány, které jsou náchylné na změnu teploty. Je to ta část organismu, která je teplotně udržována v co nejstabilnějším prostředí (homoiotermní) cca 36,8 °C. Většina termoregulačních reakcí a mechanismů má směřovat k udržení konstantní teploty v těchto dutinách (Lim, Byrne, Lee, 2008).

TĚLESNÝM OBALEM (T_s – temperature shell) je ta část, která má izolovat jádro od vnějších změn teploty a zahrnuje pokožku, škáru, podkoží a svalový aparát. Tento obal podléhá daleko větším změnám teploty (poikilotermní) a probíhá v něm většina termoregulačních mechanismů a reakcí.

Přestože člověk patří mezi homoiotermní (teplokrevné) živočichy je patrný rozpor mezi mechanismy řízení T_s a T_c . Zatím co T_c je řízena z mozku (hypotalamem) endotermním mechanismem. T_s podléhá spíše změnám vnějšího prostředí a jde tedy o ektotermní mechanismus. Jde o velmi unikátní mechanismus, kdy T_s je plně podřízena „otrokem“ T_c . V případě kritických stresových situací je organismus ochoten obětovat část obalu, aby zachoval T_c (Lim, Byrne, Lee, 2008).

8.1 TEPLA A TEPLOTA

Teplota je vnitřní energií tělesa, která nemá pracovní ani chemickou povahu a je vyzařována (vyměněna) při styku s jiným tělesem. Teplota je udávána v jednotkách J (Joul) a pro potřeby určování energetické hodnoty byla zavedena i jednotka cal (kalorie) (Smutný, 2012).

1 kalorie je definována jako množství energie potřebné k ohřátí 1 g vody o 1 °C z 14,5 °C na 15,5 °C. Protože teplota se vyjadřuje v joulech (J), využívá se následujících přepočtů: 1 cal = 4,1868 J a 1 J = 0,239 cal. V praxi, pokud hovoříme o energetické hodnotě jídla nebo energetickém výdeji při pohybové aktivitě, byl zaveden termín kilokalorie a 1 kcal = 1000 cal. Lze tedy 1 kilokalorii definovat jako energii potřebnou k ohřátí 1 kg vody o 1 °C a je možno využít těchto přepočtů: 1 kcal = 4,1868 kJ a 1 kJ = 0,239 kcal (Dunford a Doyle, 2012).

Teplota je skalární veličina, která je přímo měřitelná pomocí teploměru nebo termistorů. Udává míru působení tepla na předměty v okolí. Její hodnota je udávána v K (Kelvin); °C (Celsius) nebo °F (Fahrenheit). Pro biomedicínské účely je využívána hodnota ve °C (Smutný, 2012).

8.2 KŮŽE JAKO HLAVNÍ ORGÁN TERMOREGULACE

Tepelná výměna nebo transport je možná jen mezi tělesným obalem (T_s) a vnějším prostředím. Kůže se svým povrchem (1,5 – 1,8 m²) představuje velký plošný orgán, kde při jeho prokrvení dochází k velké tepelné výměně (Dylevský, 2007). Ta se uskutečňuje pomocí 4 základních fyzikálních mechanismů a jejich účinnost je závislá na teplotním gradientu mezi kůží a vnějším prostředím.

8.2.1 RADIACE (SÁLÁNÍ)

Umožňuje tělu vyzařovat do okolí teplotu ve formě elektromagnetického záření výrazným překrváním pokožky. Tento jev funguje i obráceně při vysoké úrovni odraženého infračerveného záření (vodní hladina, sníh), vysokých teplotách a přímému působení slunce je teplota naopak přijímána. Působení radiace lze částečně ovlivnit barvou oblečení. Bílá barva má tendenci záření spíše odrážet, zatímco černá sálání i pohlcování podporuje (Smutný, 2012).

Člověk v klidu takto při teplotě prostředí 20 °C a bez oděvu ztrácí 50 – 60 % tepla. Zvyšující teplota prostředí má za následek narůstání evaporace a procento radiace klesá. V chladných podmínkách bez pokrývky hlavy je tělo schopno až 60 % tělesného tepla vysálat hlavou. Stojící osoba se účastní radiace až 85 % povrchu svého těla, sedící osoba až 70 % a schoulená osoba (dřep, poloha plodu vleže na boku) se účastní radiace 45 – 50 % povrchu těla. Z tohoto důvodu se člověk při působení chladu instinktivně choulí do pozice plodu a snaží se zabránit ztrátám tepla (Jandová, 2006).

8.2.2 KONVEKCE (PROUDĚNÍ)

Prouděním krve je předáváno teplo z jádra do periferie. Vrstva vzduchu, která je v přímém kontaktu s kůží je ohřívána a tvoří tepelnou bariéru. Rychlost proudění okolních částic vzduchu ovlivňuje, jakou rychlostí jsou částice bariéry odebírány a kolik tepla je třeba vyprodukovat k jejich ohřátí. Klíčový je rozdíl teplot kůže a vzduchu, velikost povrchu těla a rychlosti proudění částic okolního vzduchu (vody). Za pokojové teploty v sedu, v klidu a oblečení se ztrácí až 25 % tělesného tepla. Při teplotě prostředí nad 30 °C ztrácí konvekce obalové vrstvy klinický význam (Jandová, 2006).

Tabulka 4: Ochlazovací efekt větru

Actual Air Temperature T_{air} (°C)

	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76
55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

Zdroj: <http://pixshark.com/wind-chill-factor.htm>

8.2.3 KONDUKCE (VEDENÍ)

Je výměna tepla přímým kontaktem (dotykem). Částice v kontaktu si předávají tepelnou energii. Důležitý je teplotní gradient mezi dotýkajícími se tělesy. Přenos tepla vždy probíhá z teplejšího na chladnější, aby došlo pokud možno k teplotní rovnováze. V tomto mechanismu je velmi důležitá vlhkost prostředí, neboť voda má 23x vyšší tepelnou vodivost ($H_2O = 0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; vzduch = $0,026 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) (Suchánek a Laboutka, 2001). Ve vlhkém prostředí je teplo odnímáno mnohem rychleji a snáze může dojít k hypotermii (ztráta tepla v chladné vodě je až 200x vyšší oproti vzduchu o stejné teplotě vody a vzduchu). V teplém a suchém vzduchu naopak klesá podíl kondukce, protože teplotní gradient i tepelná vodivost jsou na nízké úrovni a pro tělo je vhodnější vydávat tepelnou energii pocením (evaporací). Oblečení umožňuje výdej tepla pouze kondukcí, v čem spočívá jeho izolační schopnost (Jandová, 2006; Smutný, 2012).

8.2.4 EVAPORACE (ODPAŘOVÁNÍ)

Jedná se o extraglandulární (mimožlázový) výdej vody kůží a za určitých podmínek jde o nejúčinnější mechanismus výdeje tepla. Chrání organismus před přehřátím zvláště při námaze a při vyšší teplotě okolního vzduchu než je teplota těla. Aby bylo pocení efektivní, voda musí být z pokožky odpařena (evaporací 1 g vody ztrácí tělo 2,5 kJ). Evaporace převládá nad radiací při tělesné práci. Výdej tepla evaporací je možný i při 100% vlhkosti vzduchu pokud je teplota kůže vyšší než teplota okolního vzduchu. Dochází k ní i na sliznicích dýchacích cest. Přes tyto sliznice může snadno dojít k dehydrataci i při suchém a chladném počasí (Trojan, 2003).

Rychlost proudění, teplota a nasycení vzduchu vodními parami jsou pro tento mechanismus určující. Špatně proudící vlhký vzduch nad pokožkou (vznikající například špatně zvoleným oblečením) odpařování výrazně zpomaluje. Dochází tím k nárůstu T_c i T_s a efektivita výdeje tepla výrazně klesá (Jandová, 2006; Trojan, 2003; McArdle, 2007).

8.2.5 TERMOCEPCE

V kůži jsou uloženy termoreceptory zprostředkovávající vnímání teplotních změn a autonomních reakcí, podílející se na regulaci tělesné teploty. Termoreceptory hodnotí dvě kvality impulsů: vnímání tepla a chladu. Pro oba typy jsou v kůži uloženy zvlášť body na chlad (Krauseho tělíska, cca 250 tisíc) a na teplo (Ruffiniho tělíska, cca 30 tisíc). Tělo je senzitivnější na chladové podmínky, protože chladové receptory jsou zastoupeny v kůži ve větším počtu a jsou uloženy v epidermis, zatímco tepelné receptory leží v horní a střední škáře. Z tohoto důvodu člověk mnohem rychleji a intenzivněji reaguje na stimuly chladové, nežli na stimuly tepelné (Krumlová, 2010).

Tepelný komfort je vyrovnaný stav organismu, kdy nepřevládají pocity tepla a ani chladu. Je dán schopností textílie transportovat teplo a vlhkost a to v situacích, kdy nedochází k pocení (normální situace) nebo naopak dochází k mírnému až silnému pocení (nestandardní situace) (Zabilanský, 2011).

Optimální podmínky, kdy nastává teplotní komfort, jsou:

1. teplota pokožky 33 – 34 °C,
2. relativní vlhkost vzduchu 50 ± 10 %,
3. rychlost proudění vzduchu 0,25 ± 0,1 m/s,
4. nepřítomnost vody na pokožce.

8.3 ŘÍZENÍ TĚLESNÉ TEPLoty

Centrum pro řízení tělesné teploty je uloženo v zadní části hypothalamu, který působí jako termostat. Pomocí vnitřních (v okolí velkých cév, dutina břišní a CNS – preoptická část hypothalamu, mozkový kmen, páteřní mícha) a periferních (kůže) termoreceptorů má kompletní informace o výkyvech teploty v různých částech těla. Tyto informace o teplotě T_c a T_s vyhodnocuje a excituje nebo naopak inhibuje termoregulační mechanismy.

Údaje o teplotě T_s jsou přivedeny z receptorů v kůži somatosensitivními vlákny a volnými nervovými zakončeními, která předávají informace o chladu, teple, bolesti a tlaku. Zpětnovazební informace z hypothalamu je naopak vedena eferentními drahami na visceromotorická vlákna, která jsou zakončena v kůži a ovlivňují pocení a vazomotoriku.

8.4 TERMOGENEZE

Základním zdrojem produkce tepla (tzv. termogeneze) v organismu je metabolismus. Teplo vzniká jako vedlejší produkt látkové přeměny a faktory, které vedou ke zvýšení metabolismu, mají stejný vliv i na zvýšení produkce tepla. Základní neboli bazální metabolismus má rozdílnou hodnotu u všech jedinců a vede tedy k rozdílné bazální úrovni produkce tepla a tedy i tělesné teploty (Baehr, Revelle & Eastman, 2000).

Živiny přijaté potravou zpracovává metabolismus do chemicky uložené energie. Jedná se o makroergní fosfáty především adenzintrifosfát (ATP) a kreatinfosfát (CP). Tato energie se využívá pro svalovou práci, syntézu nových látek v organismu nebo k přeměně na potenciální energii nejrůznějších gradientů vnitřního prostředí (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} atd.). Při všech těchto procesech se z makroergních vazeb uvolňuje energie ve formě tepla (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Bazální metabolismus je ovlivňován mnoha faktory, jako je věk, somatotyp, denní doba nebo u žen ovulačním cyklem. Bazální metabolismus se výrazně navyšuje při podnětech jako stres, nemoc či fyzická zátěž. Ta způsobuje nejmohutnější zvýšení produkce tepla v organismu (Trojan, 2003).

Trojan (2003) dělí termogenezi na:

TŘESOVÁ

Je u dospělých nejdůležitějším mechanismem pro dodatečnou tvorbu tepla. Primární motorická oblast pro třes je uložena v oblasti zadního hypothalamu. Tato area je inhibována tepelnými signály z preoptické oblasti hypothalamu a excitována chladovými signály z kožních a míšních termoreceptorů. Termoregulační centrum je aktivováno, když dojde ke snižování teploty tělesného jádra pod kritickou úroveň teploty ($35,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) a je spojeno centrální třesovou drahou s motorickými centry kmene. Nejprve se zvyšuje tonus kosterního svalstva a po dosažení kritické úrovně dochází k svalovému třesu.

Nejvýznamnější tvorbu tepla zajišťuje kosterní svalstvo při fyzické aktivitě. Metabolická produkce tepla tak může vzrůst až na dvacetinásobek své klidové hodnoty, avšak pouze méně než 30 % tohoto tepla je převedeno na mechanickou energii. Naopak více než 70 % je transportováno do tělesného pláště a odváděno do okolního prostředí (Lim, Byrne, Lee, 2008).

NETŘESOVÁ

Dochází k ní u většiny homoiotermních organismů vystavených chronickému chladu. Je excitována při kritické teplotě jádra (36 °C) a řízena humorálně a sympatikem. Projevuje se charakteristickým zvýšením metabolické úrovně, která není důsledkem svalové aktivity. Bazální metabolismus je navýšen díky adrenalinu a noradrenalinu. Z endokrinních mechanismů se uplatňuje tyroxin, jenž je charakterizován pomalým nástupem ale dlouhodobým efektem.

Při tvorbě tepla se uplatňuje i tzv. dietou indukovaná termogeneze (thermic effect of food), kdy dochází ke zvýšení teploty jako podpůrného mechanismu pro štěpení přijaté potravy (Winslow, 1950).

9 FYZIOLOGICKÉ UKAZATELE ZATÍŽENÍ

Při pohybové aktivitě dochází ke změnám stálosti vnitřního prostředí (homeostázy). Tělo tento stav vnímá jako stresovou situaci a spouští mechanismy, které mají tyto změny kompenzovat a udržet na přijatelné hladině. Akutní zatížení se nejvíce projevuje změnami v řízení kardiovaskulárního a dýchacího systému. Vzhledem k tomu, že lze tyto změny přesně změřit a hodnotit, považují se za standardní ukazatele intenzity zátěže.

9.1 KARDIOVASKULÁRNÍ PARAMETRY

Popisují práci srdečního svalu a celého tepenného a žilního oběhu. Nejčastěji měřené parametry jsou srdeční frekvence SF (Heart Rate, HR), krevní tlak, systolický krevní objem (množství vypuzené krve při srdeční kontrakci).

9.1.1 SRDEČNÍ FREKVENCE

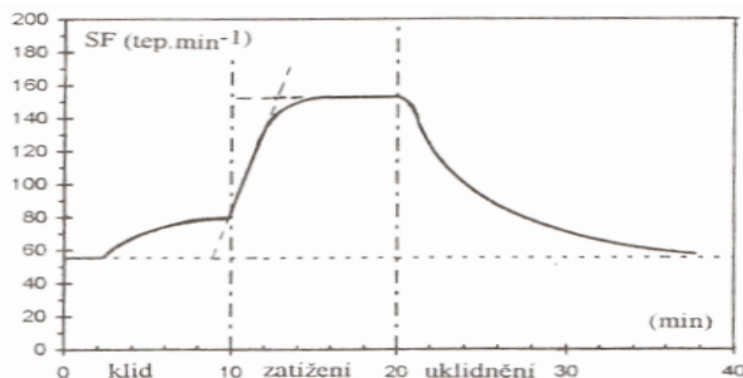
„SF vyjadřuje počet srdečních stahů za minutu, je přímo úměrná intenzitě tělesné zátěže a v úzké souvislosti i trénovanosti organismu. Je to nejjednodušší kontrola vypovídající o aktuálním stavu organismu z hlediska výpovědi fyziologické náročnosti vykonávané činnosti“ (Daněčková, 2010).

Za řízení srdeční frekvence je téměř výlučně zodpovědné autonomní nervstvo, které řídí práci sinoatriálního uzlíku. Ten pomocí elektromagnetických vzruchů vyvolává srdeční stahy a určuje tak srdeční frekvenci. Střídáním působení sympatiku (pozitivně chronotropně) a parasympatiku (negativně chronotropně) tak dochází k regulaci srdeční frekvence. U zdravého člověka v klidu převažuje vliv parasympatiku. K ovlivnění srdeční frekvence také dochází při podráždění baroreceptorů, které hlídají stálost tlaku krve a při náhlém stoupení tlaku v oblouku aorty a karotických sinech dojde k tlumení sympatiku a tím i k poklesu srdeční frekvence. Z tohoto důvodu není vhodné měření srdeční frekvence pohmatem krkavic, neboť při podráždění sinů klesne srdeční frekvence o 5 - 6 tepů.min⁻¹ a u citlivějších jedinců až o 10 tepů.min⁻¹ (Trojan, 2003; Havlíčková a kol., 2008).

Průběh SF

Dynamiku změn SF můžeme pozorovat v průběhu tří fází:

Graf 3: Fáze SF při zatížení



Zdroj: Havlíčková a kol., 2008

- **FÁZE ÚVODNÍ**

Jde o fázi tzv. startovních a předstartovních stavů. Dochází ke zvýšení SF před samotným výkonem vlivem podmíněných reflexů a emocí. U netrénovaných osob jsou vyvolány spíše emocemi, u osob trénovaných jsou tyto změny vyvolány více podmíněnými reflexy (Havlíčková a kol., 2008).

- **FÁZE PRŮVODNÍ**

Dochází k pokračování změn nastupujících v první fázi. V části iniciální stoupá SF rychleji a poté se zpomaluje, až dojde k části homeostatické = ustálení hodnot na úrovni odpovídající podávanému výkonu. V této fázi se kromě podmíněných reflexů majících vztah ke svalové činnosti uplatňují také reflexy nepodmíněné, které vycházejí ze svalových proprioreceptorů, z volných nervových zakončení v extracelulární tekutině a z cévních baroreceptorů. Změny SF ovlivňují i faktory, jako je hormonální a látková změna v krvi a tělesná teplota (Havlíčková a kol., 2008).

- **FÁZE NÁSLEDNÁ:**

V této fázi klesá SF na výchozí hodnoty. Křivka návratu je nejdříve strmá a později se zmírňuje. Rychlost návratu závisí na převaze dané části autonomního nervového systému. U vagotoniků dochází k návratu ke klidovým hodnotám SF rychleji. Během této fáze se uplatňují nepodmíněné reflexy, různé vlivy látkové, které vycházejí ze svalů a signalizují potřebu rychlého odplavení katabolitů a doplnění zásob energie (Havlíčková a kol., 2008).

Hodnocení SF

Ve sportovní praxi využíváme SF ke kontrole tréninku a jeho zaměření. Díky hodnotám naměřeným pomocí sporttestru můžeme přesně určit charakter tréninku a jaké adaptační změny budou vyvolány v organismu. Lze i díky ní určit, zda je jednatelc přetrénovaný nebo má jiné zdravotní problémy.

Základní hodnoty SF potřebné k diagnostice výkonu a určení míry zatížení:

- *KLIDOVÁ SF*

Je velice individuální a vzhledem k trénovanosti jedince se může i během roku měnit. Její hodnota se pohybuje průměrně mezi 40 - 60 tepů.min⁻¹. Klidová SF je indikátorem zdravotního stavu a míry regenerace organismu po zátěži. Nejpresnější hodnoty jsou měřeny ráno po klidném probuzení. Výrazné změny hodnot můžou signalizovat nedostatečnou regeneraci nebo přicházející onemocnění (Danečková, 2010).

- *MAXIMÁLNÍ SF*

Hodnota maximální srdeční frekvence odpovídá maximální intenzitě, kterou je organismus jedince schopen při zátěži dosáhnout a krátkodobě udržet. Je to hodnota individuální a více než trénink jí ovlivňují genetické dispozice a věk. Podle toho se mohou hodnoty pohybovat cca mezi 170 - 210 tepů.min⁻¹. Jejich přesné stanovení se dá zjistit funkčním testem v laboratoři, terénním testem nebo při maximálním tréninkovém či soutěžním zatížení (Kohlíková, 2007). Jako nejběžnější a nejjednodušší (ale méně přesný) způsob určení SF max se používá vzorec:

$$SF_{max} = 220 - věk$$

- *MAXIMÁLNÍ TEPOVÁ REZERVA (MTR)*

Každý sportovec se se svou SF pohybuje v individuálním rozsahu maximální tepové rezervy (MTR). Ta je u každého sportovce odlišná v závislosti na jeho SF klid a SF max a dalších fyziologických parametrech, zdravotním stavu a aktuální trénovanosti. Tato rezerva je výchozí pro stanovení míry a intenzity zatížení při tréninku. Je vhodnější než metoda % SF max, protože lépe vystihuje individuální možnosti SF jedince (Danečková, 2010).

9.1.2 MĚŘENÍ SF

Při měření SF se ustálil též pojem tepová frekvence (TF). Kohlíková (2007) uvádí tepovou frekvenci jako výsledek aktivity srdce, kdy se palpačně na tepně zápěstní, vřetení či spánkové stanovuje počet tepových vln za minutu jako projevu srdeční činnosti.

Snímání srdeční frekvence probíhá na základě elektrických impulzů z myokardu a je zaznamenávána technologií EKG. Ve sportu a terénním měření se však využívá modifikací snímání SF a to zejména sporttestery.

Sporttester

Jde o komplet digitálních hodinek s možností ukládání a přenášení dat a hrudního snímače SF. Snímač díky bezdrátovému spojení s hodinkami přenáší pomocí elektrod data o SF, která jsou okamžitě zobrazována a ukládána do paměti. Na základě těchto dat lze určit úroveň trénovanosti jedince a míru zatížení.

9.2 DECHOVÉ PARAMETRY

„Živé organismy potřebují energii k zajišťování aktivního transportu látek přes membrány, k pohybu, pro syntézu vlastních látek a k produkci tepla. Tuto energii většinou získávají oxidací cukrů, tuků a aminokyselin, ve kterých je konzervována sluneční energie, chemická energie se z těchto živin uvolňuje sériemi reakcí, při kterých se spotřebovává kyslík a vzniká oxid uhličitý, kyslík je přijímán z okolí a oxid uhličitý se do okolí uvolňuje“ (Trojan a kol., 2003).

Dechový a oběhový systém zajišťují transport dýchacích plynů. V tomto procesu je třeba rozlišovat dýchání vnější a dýchání vnitřní.

Vnější dýchání (ventilace) se odehrává při transportu kyslíku z vnější atmosféry do plic a obráceně. Dýchání vnitřní (respirace) je výměna plynů mezi plícemi, krví a tkáněmi (buňkami) (Bartůňková, 2010).

9.2.1 VENTILAČNÍ PARAMETRY

Jsou veličiny, které popisují intenzitu a kapacitu pro výměnu vzduchu mezi atmosférou a plicními alveoly.

Bartůňková (2010):

Dechová frekvence (DF)

Rychlost střídání nádechu a výdechu (klidová hodnota 14 – 16 dechů.min⁻¹)

Dechový objem (VT)

Množství vzduchu vydechnutého jedním výdechem (klidová hodnota cca 0,5 l)

Minutová ventilace (Ve)

Množství vydýchaného vzduchu za jednu minutu (klidová hodnota cca 8 l.min⁻¹)

Vitální kapacita (VC)

Množství vzduchu vydechnutého s maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu. Součet dechového, inspiračního a expiračního rezervního objemu.

9.2.2 RESPIRAČNÍ PARAMETRY

Jsou veličiny, které popisují intenzitu a kapacitu pro výměnu kyslíku mezi plicními alveoly, krví a tkáněmi (buňkami).

Minutová spotřeba kyslíku (VO₂)

Je množství kyslíku, které je dopraveno a spotřebováno ve tkáních. Je udávána ve dvou parametrech. Absolutní hodnota udává celkové množství spotřebovaného kyslíku, ale nezohledňuje somatické rozdíly a udává se v jednotkách (l.min⁻¹). Relativní hodnota je spotřeba kyslíku přepočtená na kilogram hmotnosti a je považována za nejpřesnější ukazatel zatížení (ml.min⁻¹.kg⁻¹) (Bartůňková, 2010).

Maximální spotřeba kyslíku (VO_{2 max})

Jde o maximální množství kyslíku, které je organismus schopen využít při zátěži. Maximální hodnota spotřeby kyslíku je považována za nejpřesnější ukazatel aerobního výkonu a úrovně trénovanosti (Havlíčková, 2008).

Výdej oxidu uhličitého (CO₂)

Je množství, o které se zvýší objem CO₂ ve vydechovaném vzduchu oproti nadechovanému. Je ukazatelem metabolických procesů a lze díky jeho pozorování, přesně učit metabolický úbytek hmotnosti a z jakých energetických zdrojů byl výkon hrazen.

Respirační poměr (RER)

Vyjadřuje poměr mezi vydechovaným CO₂ a spotřebovaným O₂ (CO₂/O₂). Různé energetické zdroje vyžadují na svou oxidaci různé množství kyslíku. Proto z jejich spalování vzniká také odlišné množství CO₂ a dá se s pomocí RER určit momentální podíl bílkovin, cukrů a tuků na celkové produkci energie. RER začíná stoupat až při intenzivnější zátěži.

V klidu závisí hodnota RER na složení stravy, zejména na trojpoměru živin. Pokud se strava skládá výhradně ze sacharidů, hodnota RER je cca 1, pokud pouze z tuků, hodnota RER je cca 0,7 a pokud by strava byla složena pouze bílkovin, hodnota RER bude cca 0,8. Hodnoty naměřené při zátěži tedy popisují, jaký energetický substrát byl pro hrazení energie dominantní a o jak velké zatížení se jednalo (Vilikus et al., 2004).

9.2.3 MĚŘENÍ DECHOVÝCH PARAMETRŮ - SPIROERGOMETRIE

Je metoda stanovení aerobní kardiovaskulární a respirační zdatnosti, na základě analýzy vydechovaného vzduchu při fyzické zátěži a měření SF. Provádí se nejčastěji v laboratoři na běžeckém nebo bicyklovém ergometru pro zjištění hodnot VO₂ a VO_{2 max}. Je nejkompexnějším testem funkčních schopností člověka s nejlépe vypracovanou formou vyšetření transportního systému pro kyslík. Používají se přístroje s tzv. otevřeným systémem. To znamená, že je nadechován vzduch z okolního prostředí v místnosti, který má známé složení a při výdechu je analyzována změna tohoto složení (Thanh Hai, 2011).

PRAKTICKÁ ČÁST

10 VÝZKUMNÁ OTÁZKA, CÍLE, ÚKOLY, HYPOTÉZY

VÝZKUMNÁ OTÁZKA:

Jak ovlivní typ použité textilní membrány fyziologické ukazatele, termodynamiku a výdej H₂O organismu při sportovním výkonu?

CÍLE:

Na základě měření technických parametrů oděvů a zátěžového měření v laboratořích porovnat výsledky technického a funkčního měření mezi sebou. Popsat a vysvětlit problematiku spjatou s použitím různých textilních membrán při sportovním výkonu z hlediska fyziologické odezvy.

ÚKOLY:

- Rešerše dosavadních výzkumů v oblasti termoregulace, textilních membrán a fyziologie oblékání
- Studium teoretických základů a odborné literatury
- Plánování měření na základě rešerše, dostupných podmínek a technologických možnostech
- Pilotní měření
- Měření
- Zpracování a vyhodnocení dat
- Sepsání výsledků a závěrů

HYPOTÉZA:

H₁ – Použití různých materiálů ochranné vrstvy oděvu se projeví na hodnotách fyziologických ukazatelů, teploty a termofyziologického komfortu.

11 METODIKA VÝZKUMU

11.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Jednalo se o příležitostný soubor pěti studentů z řad VO FTVS UK. Tento soubor byl zvolen vzhledem k podobnému programu a časovému rozvrhu v době měření. Měření bylo časově náročné a bylo třeba zajistit u každého probanda čtyři měření v rozsahu cca 1 hodiny. Probandi měli podobnou úroveň trénovanosti a věkové rozpětí bylo 22 – 29 let. Všichni probandi byli zdraví nekuřáci s žádnou historií kardiopulmonálních onemocnění. Schválení bylo uděleno etickou komisí (Ev. č. EK076/2015) Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze. Všechny pokusy byly prováděny v laboratoři pro lidskou výkonnost. Charakteristika zkoumaného souboru jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Charakteristika výzkumného souboru

	Průměr	±SD	Rozpětí
Výška cm	175,9	± 5,3	168 - 184
Hmotnost kg	72,8	± 1,2	70,5 - 75
BMI	23,7	± 1,3	21,3 - 25,6
Věk	25,4	± 2,8	22 - 29
Povrch těla (m²)	1,9	± 0,05	1,81 - 1,95
VO₂ max (ml/min/kg)	61,0	± 2,0	58,3 - 63,7

11.2 POUŽITÉ MATERIÁLY

Ceny a dostupnost jednotlivých oděvů byly pro výzkum limitující. Byly tedy použity takové, které byly ochotny poskytnout firmy Tilak, HUDY sport, a. s. a Katedra hodnocení textilií na Technické Univerzitě Liberec.

Termofyziologický komfort byl měřen v laboratořích na Technické Univerzitě v Liberci (TUL). Nebylo bohužel možné otestovat hydrostatickou odolnost použitých vzorků, neboť jde o destruktivní metodu. Vzhledem k cíli výzkumu však tento ukazatel nebyl nezbytný. Byly tedy naměřeny jen hodnoty pro paropropustnost a prodyšnost.

Měření každého vnějšího materiálu proběhlo celkem třikrát a byla určena průměrná hodnota daných vlastností.

Při měření byly použity dva typy hydrofobních membrán (Gore Tex, Nanomembrane), přírodní tkanina (Ventile) a základní vrstva z polyesteru (SINTEX Thermocool).

11.2.1 GORE TEX

Oděv z této membrány poskytla firma HUDY sport, a. s..

Bunda Mammút Meron (GORE TEX® Pro 3-Layer):

Výrobce udává pouze jeden typ laminátu, ale při testování bylo zjištěno, že bunda je ušita ze dvou laminátů s rozdílnými vlastnostmi. Byly tedy naměřeny hodnoty pro každý laminát zvlášť a pak tyto hodnoty byly zprůměrovány.

- Materiál (dle výrobce):

Vnitřní a vnější vrstva je vyrobena ze 100% polyamidu, membrána 100% PTFE

- Paropropustnost: Ret = 4,18; relativní propustnost pro vodní páry 63,2 %
- Prodyšnost: 0,50 l / m².s¹
- Hydrostatická odolnost (dle výrobce): 28 000 mm v. s.

Kalhoty Mammút Convey (GORE TEX® 2.5-Layer):

- Materiál:

Vnitřní a vnější vrstva je vyrobena ze 100% polyester, membrána 100% PTFE

- Paropropustnost: Ret = 3,86; relativní propustnost pro vodní páry 68 %
- Prodyšnost: 0,64 l / m².s¹
- Hydrostatická odolnost (dle výrobce): 28 000 mm v. s.

11.2.2 NANOMEMBRANE

Oděv z této membrány poskytla firma TILAK. Jde o materiál a oděv, který ještě není v běžném prodeji a nemá marketingové označení. Bunda i kalhoty jsou vyrobeny ze stejného laminátu (Nanomembrane X).

- Materiál (dle výrobce):

Vnitřní vrstva je vyrobena ze 100% polyesteru, membrána 100% polyamid 6 a vnější vrstva 100% polyamid.

- Paropropustnost: Ret = 1,9; relativní propustnost pro vodní páry 78 %
- Prodyšnost: 3,65 l / m².s¹
- Hydrostatická odolnost (dle výrobce): 15 000 mm v. s.

11.2.3 VENTILE

Oděv z této bavlněné tkaniny poskytla TUL.

Bunda Direct Alpine Highlander:

- Materiál (dle výrobce): 100 % bavlna
- Paropropustnost: $Ret = 4,77$; relativní propustnost pro vodní páry 58 %
- Prodyšnost: $34,48 \text{ l} / \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Hydrostatická odolnost (dle výrobce): 900 mm v. s.

11.2.4 FUNKČNÍ PRÁDLO Z POLYESTEROVÝCH VLÁKEN (PES)

Jde o základní transportní vrstvu, která má za úkol odvádět tělesnou vlhkost z pokožky a zabraňovat přehřívání nebo ochlazování v důsledku fyzické aktivity. Pro měření bylo použito armádní funkční prádlo. Tato pletenina byla vyrobena firmou SINTEX a na jeho výrobu byly použity mikrovlákna typu ThermoCool.

Speciální vlákna při výrobě tvarovaná do vícelaločných příčných profilů, které mají několikanásobně větší povrchovou plochu, a tím dosahují dokonalého transportu tělesné vlhkosti do dalších vrstev (SINTEX, 1999).

- Materiál (dle výrobce): 100 % polyester
- Paropropustnost: $Ret = 2,1$; relativní propustnost pro vodní páry 71 %
- Prodyšnost: $2628 \text{ l} / \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

11.3 MĚŘENÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ ODĚVŮ

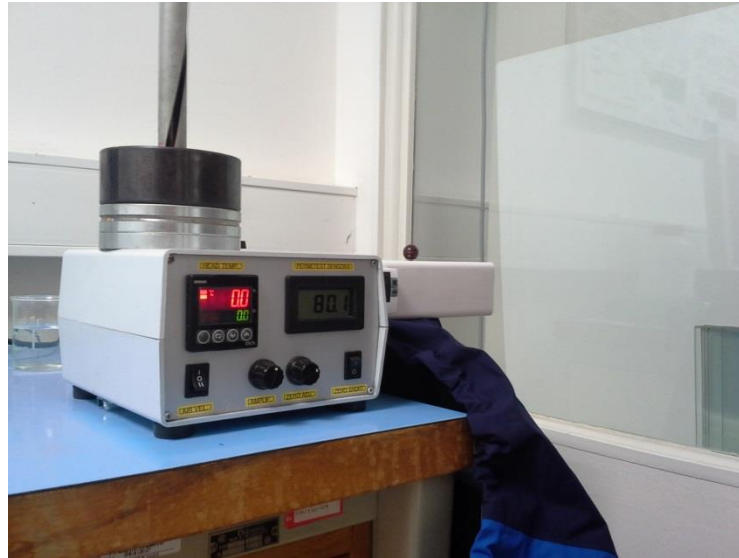
Toto měření proběhlo v Laboratoři komfortu a fyziologie Technické univerzity v Liberci dvěma nedestruktivními metodami - hodnocení propustnosti textilií pro vodní páry (Permetest) a hodnocení propustnosti textilií pro vzduch (FX 3300 TEXTEST AG).

U každého z měřených materiálů byly provedeny tři měření, ze kterých byla vypočtena průměrná hodnota paropropustnosti a prodyšnosti.

11.3.1 PERMETEST - PROPUSTNOST PRO VODNÍ PÁRY (PAROPROPUSTNOST)

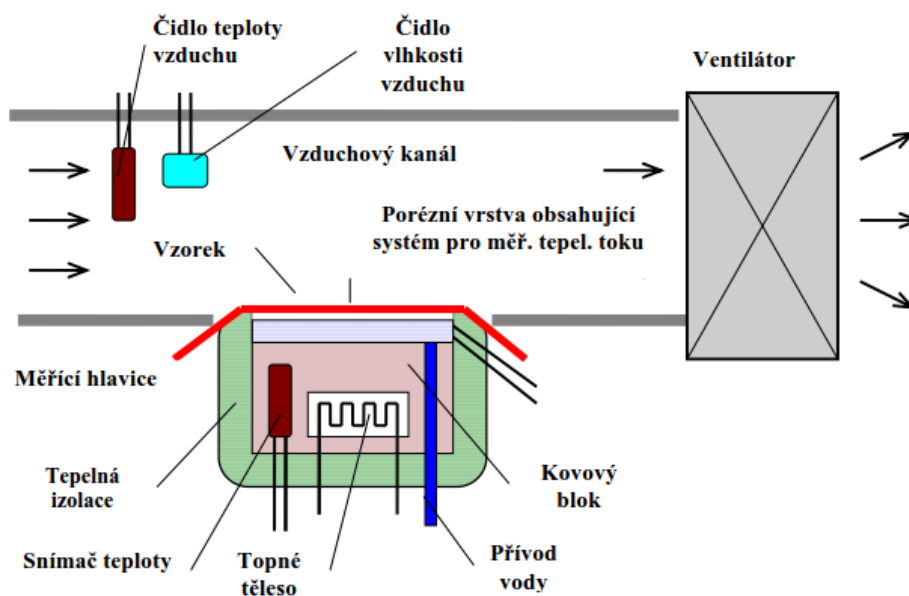
Jde o tzv. Skin model (model lidské pokožky), založený na přímém měření tepelného toku (q) procházejícího povrchem tohoto modelu.

Obrázek 13: Příklad Permetest



Povrch modelu je porézní a je zvlhčován, čímž je simulována funkce pocení. Na tento povrch je přiložen měřený vzorek přes separační folii. Nejprve je měřen tepelný tok bez vzorku a následně se vzorkem. Z těchto hodnot je pak následně vypočtena relativní propustnost pro vodní páry (Hes, 2005).

Obrázek 14: Schéma Permetest (Schmidová, 2013)



Při měření je měřicí hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu (cca 20 – 23 °C), který je do přístroje nasáván, pomocí elektrické topné spirály. Tímto jsou zajištěny izometrické podmínky. Vlhkost se v porézní vrstvě mění v páru, která prochází vzorkem přes separační folii. Výparný tepelný tok je měřen snímačem a jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu (Ret) (Hes, 2005).

Stanovení relativní propustnosti [%]

„Přístroj měří relativní propustnost textilií pro vodní páry p [%], což je nenormalizovaný, ale velmi praktický parametr, kde 100% propustnost představuje tepelný tok q_0 vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jaký má měřený vzorek. Zakrytím této hladiny vzorkem se pak tepelný tok sníží na hodnotu q_v a platí (Hes, 2005)“:

Pro výpočet relativní propustnosti platí vztah:

$$p = 100 \left(\frac{q_v}{q_0} \right) [\%]$$

Kde hodnoty:

p = je rovno relativní prostupnosti textilie pro vodní páry

q_0 = je tepelný tok vyvozený odparem z volné vodní hladiny

q_v = je tepelný tok vyvozený odparem ze zakryté vodní hladiny

Stanovení výparného odporu - Ret [Pa.m2/W]

Pro výpočet hodnoty výparného odporu platí vztah:

$$R_{et} = (P_m - P_a)(q_v^{-1} - q_0^{-1})$$

Kde hodnoty:

P_m je rovno parciálnímu tlaku vodní páry na povrchu měřicí hlavičky [Pa]

P_a je rovno parciálnímu tlaku vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru

q_0 plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavičkou nezakrytou měřeným vzorkem [W/m^2]

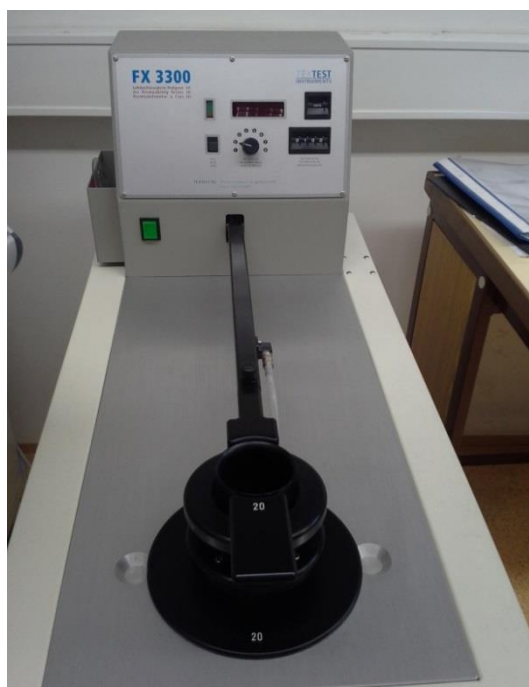
q_v plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavičkou zakrytou měřeným vzorkem [W/m^2]

11.3.2 FX 3300 TEXTTEST AG - HODNOCENÍ PROPUSTNOSTI TEXTILÍ PRO VZDUCH (PRODYŠNOST)

Při vysokém fyzickém zatížení lze značnou část tepla odvést z oděvního systému ventilací, pokud je vnější vzduch chladnější a oděv dostatečně propustný pro vzduch neboli prodyšný. Úroveň prodyšnosti je vyžadována v závislosti na okolních podmínkách a způsobu použití oblečení (Hes, 2005).

Přístroj hodnotí propustnost textilií pro vzduch na principu vytváření tlakového rozdílu mezi vnitřním a vnějším povrchem textilie (nejčastěji 100 Pa) a následného měření takto vyvolaného průtoku vzduchu. Plocha pro testování činí 20 cm². Propustnost vzduchu je vyjádřena jako objem vzduchu (l), který projde plochou textilie (m²) za jednotku času (s) [$l / m^2 s$] (Hes, 2005).

Obrázek 15: Příklad přístroje FX 3300 TEXTEST pro měření prodyšnosti



11.4 LABORATORNÍ ZÁTĚŽOVÉ MĚŘENÍ

V podmínkách Laboratoře sportovní motoriky na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze proběhlo v měsících květen a červen 2015 zátěžové měření. Měření bylo prováděno pod odborným dohledem Mgr. Jiřího Baláše a laboratorních asistentů.

11.4.1 DESIGN MĚŘENÍ

Každý proband provedl jeden test maximální aerobní kapacity (VO₂ max), jedno základní měření pouze v polyesterovém (PES) funkčním prádle a tři experimentální randomizované zátěžové testy v oděvních souborech: PES + Gore Tex, PES + Nanomembrane a PES + Ventile.

Všechny měření proběhly na běžeckém pásu v laboratoři. Probandi byli instruováni, aby ráno před každým měřením vypili 1 litr vody, 1 h před zahájením testování a tím byla zajištěna jejich euhydratace. Probandi byli testováni dopoledne mezi 08:00 a 13:00 a odpoledne mezi 15:00 až 19:00 hodinou. Mezi každým měřením byla vždy alespoň sedmidenní pauza.

Na začátku každého měření byla zjištěna počáteční hmotnost oblečení před testem a hmotnost probanda bez oblečení. Probandovi byly připevněny čtyři tepelná čidla pro snímání kožní teploty do oblasti lopatek a zadní strany stehen. Norma ČSN EN ISO 9886 (standard pro měření kožní teploty) sice kromě stehna a lopatky uvádí ještě krk a zadní stranu ruky, ale pro měření byly zvoleny tyto body s ohledem na co nejmenší omezení pohybu. Dále si připevnil hrudní snímač tepové frekvence. Po nastavení čidel se oblékl do jednoho z oděvních souborů, do úst mu byl vložen respirační analyzátor Cortex a nasazen kolík na nos. Tím byl proband připraven k zahájení testu. Na začátku každého testu byly zaznamenány hodnoty relativní vlhkosti, atmosférického tlaku, teploty a času.

Každý test trval 40 minut a měl tři fáze:

1. Fáze odpočinek (0 PRE) - 0. až 5. min.:

Proband seděl na židli a byly mu měřeny klidové hodnoty. Na konci každé minuty byl vyzván k hodnocení pocitu termofyziologického komfortu.

2. Fáze zátěž - 5. až 35. min.:

Během zatížení se proband pohyboval konstantní rychlostí $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a každých 10 min se zvýšil sklon stoupání o 2 % (12 %, 14 % a 16 %). Na konci každé minuty byl vyzván k hodnocení pocitu termofyziologického komfortu.

3. Fáze odpočinek po zátěži (0 POST) 35. – 40. min.:

Proband byl posazen na židli a byly mu měřeny pozátěžové hodnoty. Na konci každé minuty byl vyzván k hodnocení pocitu termofyziologického komfortu.

Po testu se proband vysvlékl a oděv odložil do igelitového pytle (zamezení dalšího odpařování vody) a byl znovu zvážen. Celý oděv byl také znovu zvážen a hmotnost probanda a oblečení po zátěži byla zaznamenána do protokolu.

11.4.2 METODA ZÍSKÁVÁNÍ DAT

Spiroergometrické vyšetření

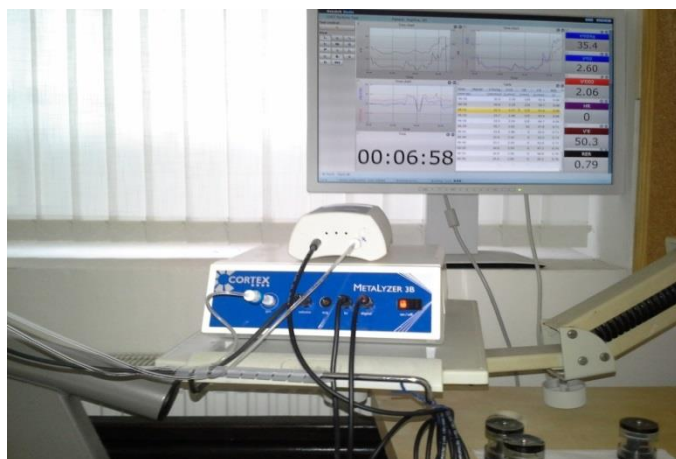
Zátěž byla prováděna na běžeckém trenažeru Quasar (Cosmos, Německo), který umožňuje plynulé zvyšování rychlosti od 0 do 25 km/h a sklonu od 0 do 28 %. Rozměry běžecké plochy jsou 170 x 65 cm.

Obrázek 16: Běžecký trenažer Quasar



Během zátěže byly sledovány dechové parametry pomocí metabolického analyzátoru Metalyzer (Cortex, Německo). Jde o velmi přesný analyzátor respiračních plynů s vyhodnocováním dech po dechu (breath by breath).

Obrázek 17: Dechový analyzátor Cortex



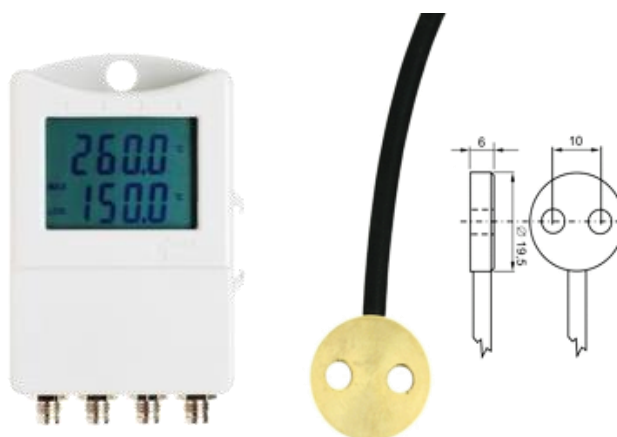
Srdeční frekvence byla snímána pomocí hrudního pásu Polar, jehož signál byl zapisován přímo do počítače.

Data zaznamenávána přímo do PC byla zpracována pomocí softwaru MetaSoft Studio a vyexportována k dalšímu vyhodnocení.

Snímání kožní teploty

Byla snímána přístrojem Datalogger - S0141, který umožňuje připojení 4 čidel. Jednalo se o mosazná čidla Pt1000TG7 E, která snímají rozsah teplot -30 až 200 °C a délka kabelu 2 m dovozovala pohyb bez omezení. Údaje o teplotě byly zapisovány v půlminutovém intervalu.

Obrázek 18: Datalogger - S0141 a čidlo Pt 1000TG7 E



Sledování změn hmotnosti

Hmotnost probandů byla sledována pomocí váhy Soehnle 7730,01.001 (Germany) s přesností rozlišení na 0,05 kg a hmotnost oblečení na váze Salter 4001 (UK) s přesností rozlišení na 2 g.

Obrázek 19: Váha pro sledování změn hmotnosti probandů



Obrázek 20: Váha pro sledování změn hmotnosti oděvů



Hodnocení termofyziologického komfortu

Škála pro subjektivní hodnocení termofyziologického komfortu byla sestavena na základě Borgovy škály. Tato škála byla zvolena s ohledem na stupňované zatížení a jejím cílem bylo zjistit změnu ve vnímání termofyziologického komfortu při použití různých typů oděvů. Probandi na této škále hodnotily celkový pocit tepla a úroveň pocení.

Borgova škála je stupnice popisující intenzitu subjektivně vnímaných pocitů. Tato metoda je často využívána při vyšetření ve sportovní medicíně. Pro potřeby této práce byla použita patnáctibodová škála (RPE - Rating of Perceived Exertion; 6 - 20) rozšířena o hodnoty 1 - 5, které vyjadřovaly termofyziologický diskomfort ve smyslu vnímání chladu. Jednotlivé kategorie pak odpovídají příslušnému slovnímu hodnocení zátěže: *VYROVNANÝ STAV* - velmi velmi lehká až velmi lehká zátěž; *TEPLO* - lehká až namáhavá zátěž; *SILNÉ TEPLO* - namáhavá až velmi namáhavá zátěž; *EXTRÉMNÍ TEPLO* - velmi velmi namáhavá zátěž.

Obrázek 21: Porovnání jednotlivých kategorií použité škály a odpovídající kategorie škály RPE

1	CHLAD	
2		
3		
4		
5		
6	VYROVNANÝ STAV	6
7		7 velmi velmi lehká
8		8
9		9 velmi lehká
10		10
11	TEPLO	11 lehká
12		12
13		13 poněkud namáhavá
14		14
15		15 namáhavá
16	SILNÉ TEPLO	16
17		17 velmi namáhavá
18		18
19	EXTRÉMNÍ TEPLO <small>Schopen pokračovat !!!</small>	19 velmi velmi namáhavá
20		20
	EXTRÉMNÍ TEPLO <small>Neschopen pokračovat !!!</small>	

Zdroj: http://www.fsps.muni.cz/~novotny/Bio_Ukazatele_RVS.pdf

Vnější podmínky měření

Podmínky, v nichž se testování provádělo, byly sledovány přístrojem TFA Dostmann 30.5021.01. (Germany) s přesností měření teploty ± 1 °C a vlhkosti ± 4 %.

Obrázek 22: Teploměr a vlhkoměr TFA Dostmann



Tabulka 6: Hodnoty teploty a relativní vlhkosti během měření

Typ oděvu	Teplota	RH
PES	19,1	49%
Gore Tex + PES	20,3	51%
Nanomembrane + PES	22,7	54%
Ventile + PES	21,3	49%
Celkový průměr	20,9	51%
± SD	1,8	6%
min	17,1	41%
max	23,5	63%

11.5 ANALÝZA DAT

Naměřená data byla zpracována a analyzována pomocí počítačového softwaru Microsoft Excel 2010 a Statistica 12.

11.5.1 VÝPOČTY

Z naměřených hodnot bylo třeba pro získání výsledků některých proměnných použít nebo odvodit několik vzorců.

Metabolický úbytek hmotnosti

Díky spiroergometrickému vyšetření byl naměřen údaj o objemu vydechovaného CO₂. Na základě tohoto údaje bylo možno vypočítat celkovou hmotnost, kterou tělo ztratilo vlivem rozkladu energetických substrátů (cukry, tuky, bílkoviny) a vydýcháním odpadních produktů CO₂ a H₂O.

Výpočet hmotnosti byl proveden na základě objemu a hustoty CO₂.

$$m_{met} = \rho * VCO_2$$

Kde hodnoty:

$$m_{met} = \text{hmotnost vydýchaného CO}_2$$

$$\rho = \text{tabulková hodnota hustoty CO}_2$$

$$VCO_2 = \text{celkový objem vydýchaného CO}_2 \text{ během měření}$$

Tabulky hodnot hustoty CO₂ viz. přílohy

Hmotnost vydané H₂O respirací

Pro zjištění hmotnosti vody, která byla během měření odvedena respirací, bylo třeba vypočítat hmotnost vody, která byla při inspiraci přijata a hmotnost vody, která byla při expiraci vydána do okolí. Nadechovaný vzduch měl průměrně 21 °C a 51% relativní vlhkost. Vydechovaný vzduch z plic má průměrně teplotu 37 °C a relativní vlhkost 100 %. Proto je při výdechu odváděno více vodní páry, než je nadechováno. Rozdíl mezi těmito veličinami byl považován za celkový úbytek hmotnosti vlivem expirace H₂O.

Platí tedy vztahy:

$$H_2O_{insp} = VE * (18,33 * 0,51)$$

$$H_2O_{exsp} = VE * (43,93 * 1,00)$$

$$m_{resp} = H_2O_{exsp} - H_2O_{insp}$$

Kde hodnoty:

$$H_2O_{insp} = \text{hmotnost vody přijaté inspirací (g)}$$

$$H_2O_{exsp} = \text{hmotnost vody přijaté expirací (g)}$$

$$m_{resp} = \text{hmotnost } H_2O \text{ vydanou respirací (g)}$$

$$VE = \text{celkový objem ventilace (m}^3\text{)}$$

18,33 = tabulková hodnota hustoty vodní páry při teplotě 21 °C a 100% nasycení (g/m³).

0,51 = relativní vlhkost vdechovaného vzduchu

43,93 = tabulková hodnota hustoty vodní páry při teplotě 37 °C a 100% nasycení (g/m³)

1,00 = relativní vlhkost vydechovaného vzduchu

Tabulky hodnot hustoty vodní páry viz přílohy

Hmotnost odpařeného potu přes oděvní systém

Tato proměnná byla vypočtena jako rozdíl mezi celkovým úbytkem hmotnosti probanda a hmotností vody zachycenou v oděvu, vydanou respirací a metabolickým úbytkem hmotnosti.

Platí tedy vztah:

$$m_{ev} = m_{celk} - m_{resp} - m_{met} - m_{tex}$$

Kde hodnoty:

$$m_{ev} = \text{hmotnost evaporovaného potu (g)}$$

$$m_{celk} = \text{celkový úbytek hmotnosti vlivem zatížení (g)}$$

$$m_{resp} = \text{hmotnost } H_2O \text{ vydanou respirací (g)}$$

$$m_{met} = \text{metabolický úbytek hmotnosti (štěpení energetických zdrojů) (g)}$$

$$m_{tex} = \text{hmotnost potu zachyceného v oděvu (g)}$$

Výpočet relativní paropropustnosti během zátěžového měření

Na základě hmotnosti odpařeného potu byla vypočítána relativní propustnost pro vodní páry. Tato proměnná byla vypočítána ve dvou krocích. Nejdříve byl proveden výpočet relativní paropropustnosti pro celé soubory oblečení. V případě použití ochranné vrstvy byla paropropustnost vypočítána i s primární vrstvou (př. Gore Tex + PES).

$$PAR_{rel}(\%) = \frac{m_{ev}}{m_{celk} - m_{resp} - m_{met}} * 100$$

Kde hodnoty:

PAR_{rel} = relativní paropropustnost (%)

m_{ev} = hmotnost evaporovaného potu (g)

m_{celk} = celkový úbytek hmotnosti vlivem zatížení (g)

m_{resp} = hmotnost H₂O vydanou respirací (g)

m_{met} = metabolický úbytek hmotnosti (štěpení energetických zdrojů) (g)

Díky tomuto výpočtu byl zjištěn vliv primární vrstvy na celkovou paropropustnost. Výsledek relativní paropropustnosti oděvu z PES byl 65 %. To znamená, že vnější ochranná vrstva mohla maximálně propustit jen 65 % z potu zachyceného v oděvu, protože 35 % bylo zachyceno již primární vrstvou. Vzhledem k tomu, že byl znám vliv primární vrstvy, mohl být proveden výpočet relativní paropropustnosti pro samotné materiály ochranných oděvů (Gore Tex, Nanomembrane, Ventile).

$$PAR_{rel}(\%) = \frac{[m_{celk} - (0,65 * m_{text}) - m_{resp} - m_{met}]}{(m_{text} + m_{ev})} * 100$$

Kde hodnoty:

PAR_{rel} = relativní paropropustnost (%)

m_{celk} = celkový úbytek hmotnosti vlivem zatížení (g)

$(0,65 * m_{text})$ = hmotnost potu zachyceného v oděvu vlivem přidané vrstvy oděvu (g)

m_{resp} = hmotnost H₂O vydanou respirací (g)

m_{met} = metabolický úbytek hmotnosti (štěpení energetických zdrojů) (g)

m_{text} = hmotnost potu zachyceného v oděvu (g)

m_{ev} = hmotnost evaporovaného potu (g)

11.6 LIMITACE STUDIE

Práce byla limitována několika faktory, které se do jisté míry mohou promítnout do výsledků studie.

Každý z probandů musel celkově strávit měřením cca 5 hodin, což celkově znamenalo zhruba 25 hodin provozu laboratoře. Vzhledem k nulovým finančním prostředkům nebylo možné pronajmout laboratoř na určitý čas a den. Měření muselo být přizpůsobeno obsazení laboratoře a časovým možnostem personálu. Tím se měření natáhlo na dobu dvou měsíců. Během této doby (u některých probandů) vzrůstala úroveň adaptace na teplo a zátěž vlivem tréninku ve volném čase. Intervence mezi měřeními nebyla sledována a nijak regulována. Tím mohlo dojít ke zkreslení výsledků především u membrány typu Nanomembrane a bavlněného oděvu Ventile, které byly dodány až jako poslední a nebylo možno je použít už při prvních měřeních.

Zcela konstantní podmínky se vzhledem k výrazné změně klimatu v tomto období nepodařilo zajistit. Měření muselo z kapacitních důvodů probíhat v dopoledních i odpoledních hodinách, kdy mohlo dojít k různým úrovním počáteční hydratace a stupně únavy probandů.

Probandi byli požádáni, aby 1 hodinu před zátěží vypili 1 l vody pro docílení podobné úrovně hydratace. Tím, že probandi nebyli finančně motivováni, je otázkou, do jaké míry byla tato podmínka dodržena.

Měření hmotnosti oděvů probíhalo na váze s přesností rozlišení ± 2 g, zatímco měření hmotnosti probandů bylo prováděno s rozlišením ± 50 g. Bohužel nebylo možné probandy vážit na váze s přesnějším rozlišením.

Vzhledem k časové náročnosti nebylo v možnostech této práce otestovat více probandů.

12 VÝSLEDKY

12.1 MĚŘENÍ TEPLoty

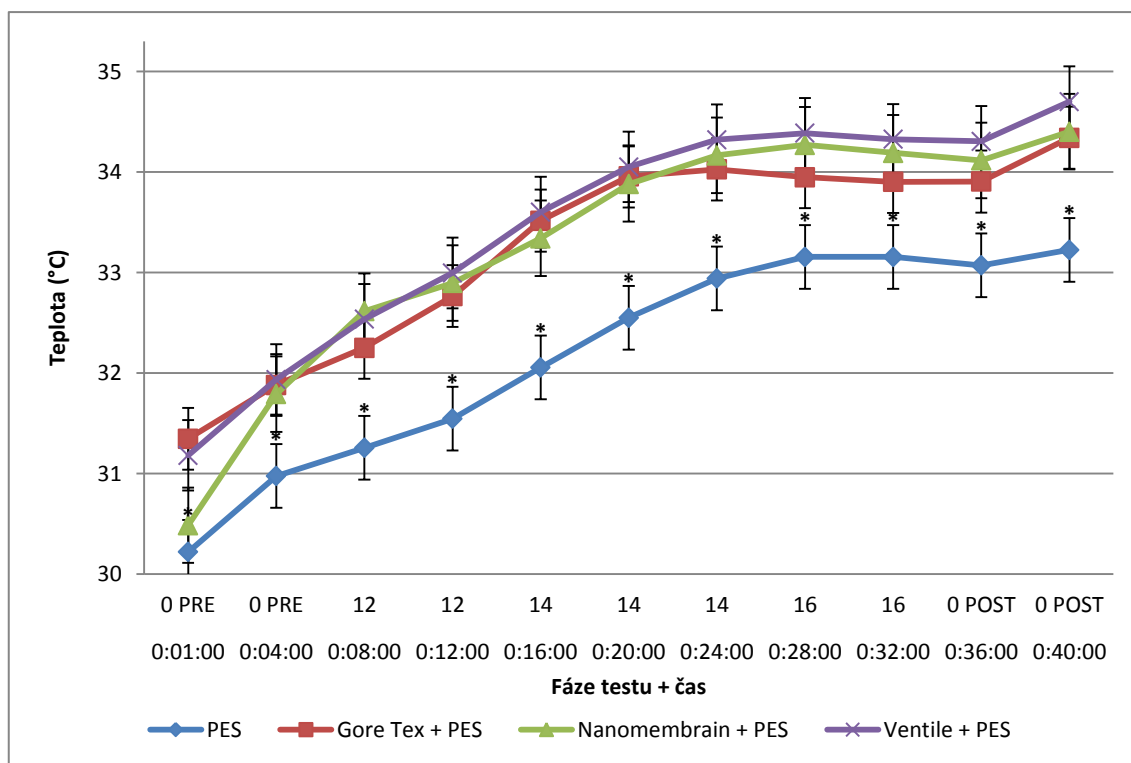
Průběh kožní teploty je téměř totožný a je zobrazen v grafu č. 4. Kožní teplota má progresivní lineární průběh až do 24. minuty, kde dochází k lehké regresii a následně zase stoupá. Signifikantní zvýšení kožní teploty vůči PES kompletu bylo prokázáno u všech použitých svrchních materiálů. Tento efekt byl ovšem logicky očekáván. Mezi materiálem Nanomembrane, Gore Tex ani Ventile nebyli shledány žádné signifikantní rozdíly.

Tabulka 7: Souhrnné hodnoty kožní teploty v závislosti na použitém oděvu

Oděvní soubor	PES	Gore Tex + PES	Nanomembrane + PES	Ventile + PES
Celkový průměr	32,3	33,3	33,4	33,6
±SD	1,1	1,1	1,1	1,1
min	29,1	30,5	29,3	30,9
max	34,4	34,8	35,2	35,4

Hodnoty jsou uvedeny ve °C, modré hodnoty = základní měření

Graf 4: Průběh kožní teploty v závislosti na použitém typu oděvu



Hodnoty v grafu jsou průměry +/- SD, * označuje signifikantní rozdíl průběhu kožní teploty ($p \leq 0,05$)

12.2 SPOTŘEBA KYSLÍKU (VO₂)

Průběh měření spotřeby kyslíku (graf č. 5) nevykazuje žádné signifikantní rozdíly jak mezi základním měřením v PES a experimentálními materiály, tak ani mezi jednotlivými overaly navzájem.

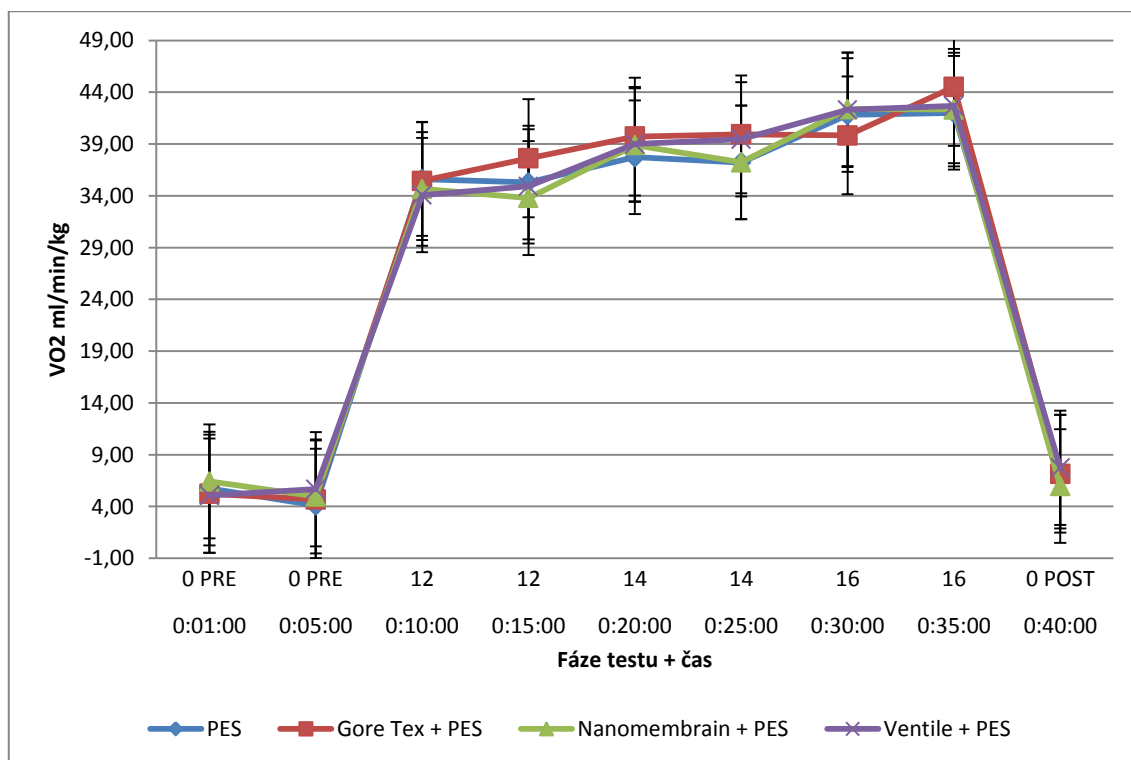
Jednotlivé fáze testu jsou dobře zřetelné, ale ani v jedné z nich nelze jasně určit rozdíl mezi jednotlivými typy oblečení. Zajímavé je, že nedošlo k rozdílu mezi základním a experimentálním měřením ani v jednom případě, i když použití další vrstvy jakéhokoliv oblečení vedlo k výraznému zvýšení kožní teploty a produkci potu.

Tabulka 8: Souhrnné hodnoty spotřeby kyslíku (VO₂) v závislosti na použitém oděvu

Typ oděvu	PES	Gore Tex + PES	Nanomembrane + PES	Ventile + PES
Celkový průměr	29,76	30,64	30,02	30,45
±SD	13,88	14,45	13,92	14,04
min	2,23	2,04	2,59	2,97
max	45,70	48,58	49,80	46,67

Hodnoty jsou uvedeny v ml/min/kg; modré hodnoty = základní měření

Graf 5: Průběh spotřeby kyslíku (VO₂) v závislosti na použitém typu oděvu



Hodnoty v grafu jsou průměry +/- SD,

12.3 RESPIRAČNÍ POMĚR (RER)

Výsledky měření respiračního poměru (graf č. 6) nevykazují žádné signifikantní rozdíly mezi základním a experimentálními měřeními. Zvláštní je klidová fáze (0 PRE), kde byly naměřeny průměrně vyšší hodnoty respiračního poměru u PES a Gore Texu než v průběhu zátěže. Tento jev byl způsoben složením stravy ráno před výkonem (snídaně obsahuje hodně sacharidů - RER cca 1).

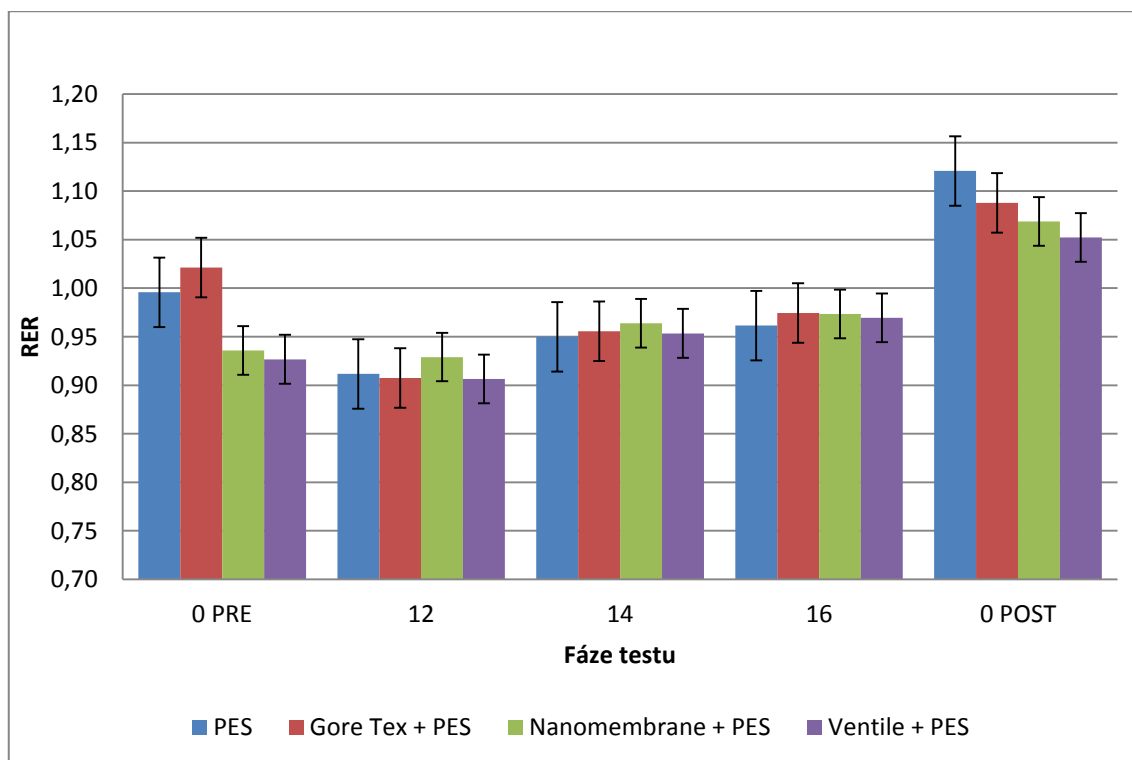
Pozátěžové měření už zcela správně nabývá nejvyšších hodnot, neboť zde dochází ke splácení kyslíkového dluhu.

Tabulka 9: Souhrnné hodnoty respiračního poměru (RER) v závislosti na použitém oděvu

Typ oděvu	PES	Gore Tex + PES	Nanomembrane + PES	Ventile + PES
Celkový průměr	0,97	0,97	0,97	0,95
±SD	0,10	0,12	0,08	0,09
min	0,70	0,66	0,75	0,69
max	1,52	1,70	1,38	1,44

Modré hodnoty = základní měření

Graf 6: Průměrné hodnoty RER pro jednotlivé fáze testu



Hodnoty v grafu jsou průměry +/- SD,

12.4 SRDEČNÍ FREKVENCE

Její průběh (graf č. 7) přesně kopíruje stupňované zatížení a nevykazuje žádné zvláštnosti. Ani v tomto sledovaném parametru nebyly pozorovány žádné statisticky významné rozdíly. Ovšem při pohledu na celkovou průměrnou srdeční frekvenci jsou rozdíly patrné. Použití oděvu z Gore Texu mělo největší a nejrychlejší vliv na progres srdeční frekvence.

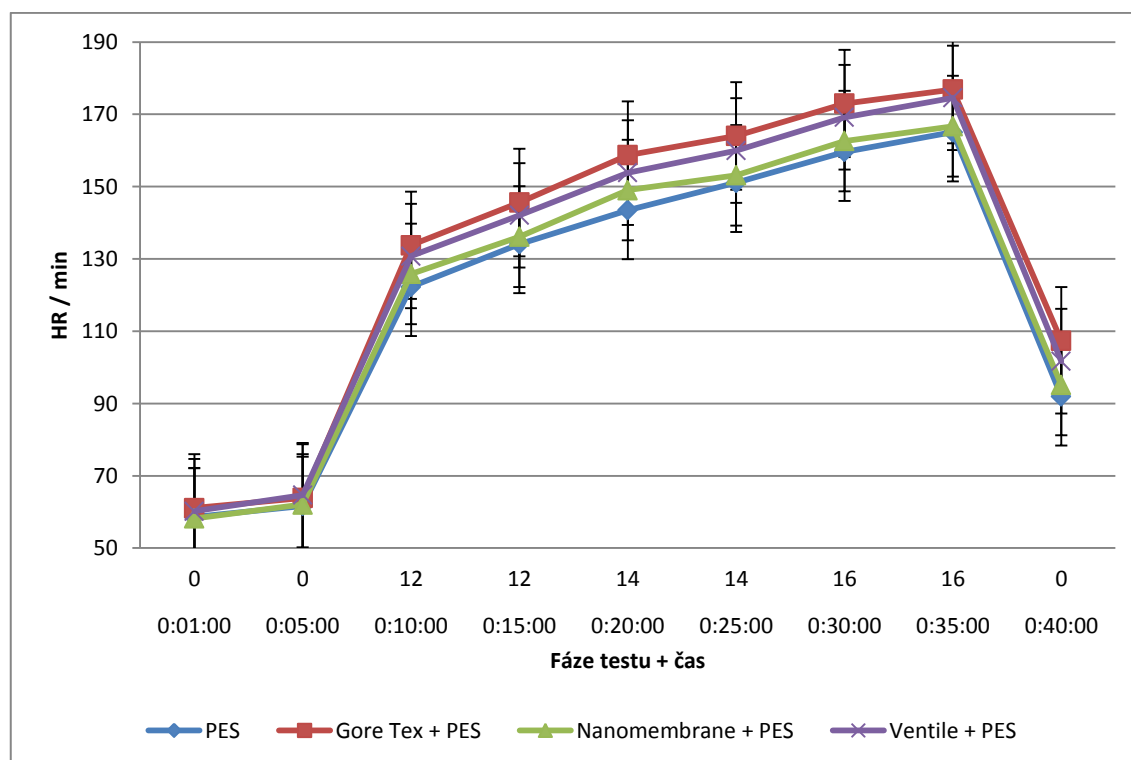
V tabulce č. 10 jsou uvedeny souhrnné hodnoty pro jednotlivé soubory oblečení, kterých bylo při měření dosaženo. Je zde patrný dominantní vliv materiálu Gore Tex na změnu srdeční frekvence.

Tabulka 10: Souhrnné hodnoty srdeční frekvence v závislosti na použitém oděvu

Typ oděvu	PES	Gore Tex + PES	Nanomembrane + PES	Ventile + PES
Celkový průměr	128	139	130	135
±SD	33,4	35,8	33,5	34,5
min	43	52	50	47
max	177	185	173	183

Hodnoty jsou uvedeny HR/min, Modré hodnoty = základní měření

Graf 7: Průběh srdeční frekvence v závislosti na použitém typu oděvu



Hodnoty v grafu jsou průměry +/- SD,

12.5 HODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU

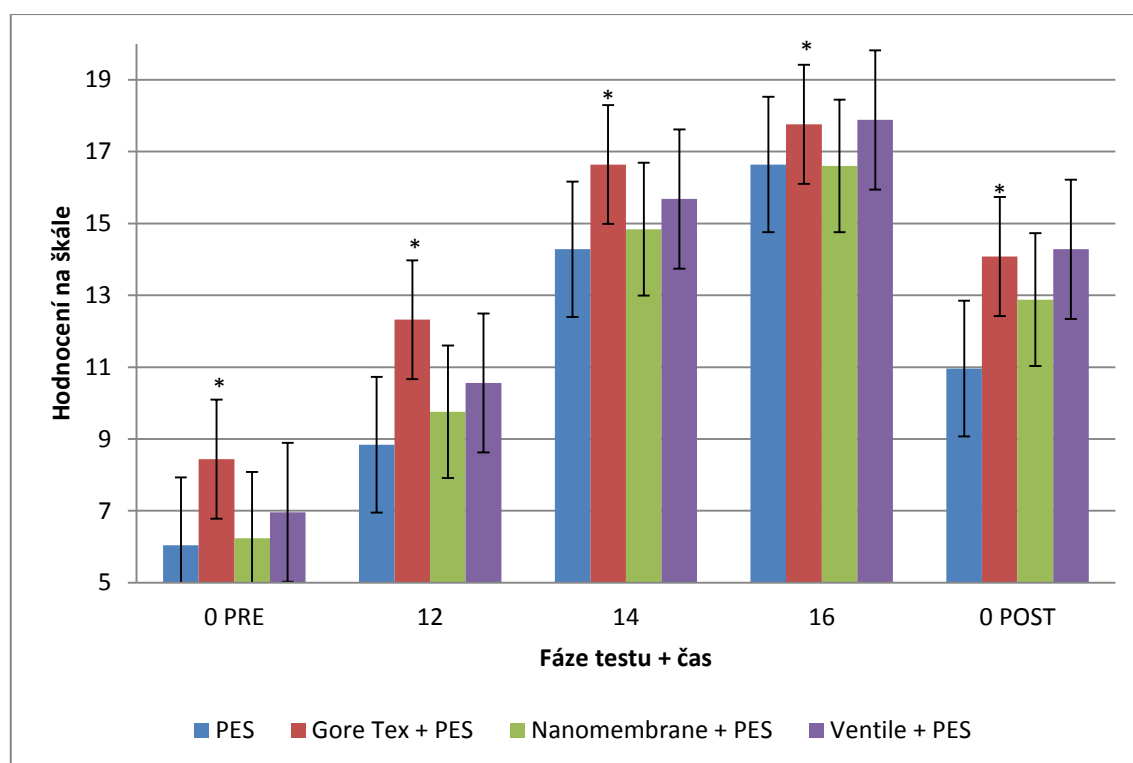
Ke zjištění rozdílů ve vnímání jednotlivých typů oděvních tkanin byli probandi požádáni, aby hodnotili míru jejich termofyziologického komfortu. V grafu č. 8 jsou znázorněny výsledky průměrného hodnocení jednotlivých typů oděvů během měření. Jako signifikantní byl označen rozdíl mezi oděvy z Gore Tex - Nanomembrane ($p \leq 0,05$) a Gore Tex - PES ($p \leq 0,005$). Zajímavý je především rozdíl mezi oběma membránami. Na základě tohoto výsledku lze tvrdit, že ačkoliv se jedná v obou případech o hydrofobní mikroporézní membránu, u nichž nebyl prokázán rozdíl ve vlivu na kožní teplotu, ventilační parametry ani produkci potu, tak probandi v případě použití oděvu z Nanomembrane nepocítovali takový termofyziologický diskomfort a zátěž jim nepřipadala tak namáhavá, jako tomu bylo v případě Gore Texu.

Tabulka 11: Souhrnné hodnoty termofyziologického komfortu v závislosti na použitém oděvu

Typ oděvu	PES	Gore Tex + PES	Nanomembrane + PES	Ventile + PES
Celkový průměr	12,1	14,5	12,7	13,7
±SD	4,2	3,9	3,9	4,1
min	5,0	5,0	5,0	6,0
max	19,0	19,0	18,0	19,0

Modré hodnoty = základní měření

Graf 8: Hodnocení termofyziologického komfortu v závislosti na použitém oděvu



Hodnoty v grafu jsou průměry +/- SD, * označuje signifikantní rozdíl ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,005$)

12.6 PRODUKCE POTU

Graf č. 9 ukazuje změnu hmotnosti po zátěži. V případě experimentálních měření došlo k signifikantnímu ($p \leq 0,05$) úbytku hmotnosti a nárůstu potu zachyceného v oděvu u všech použitých materiálů vůči základnímu měření v PES. Materiály Nanomembrane a Ventile vykazují i signifikantní zvýšení ($p \leq 0,05$) celkové produkce potu. Mezi jednotlivými experimentálními oděvy významný rozdíl zjištěn nebyl.

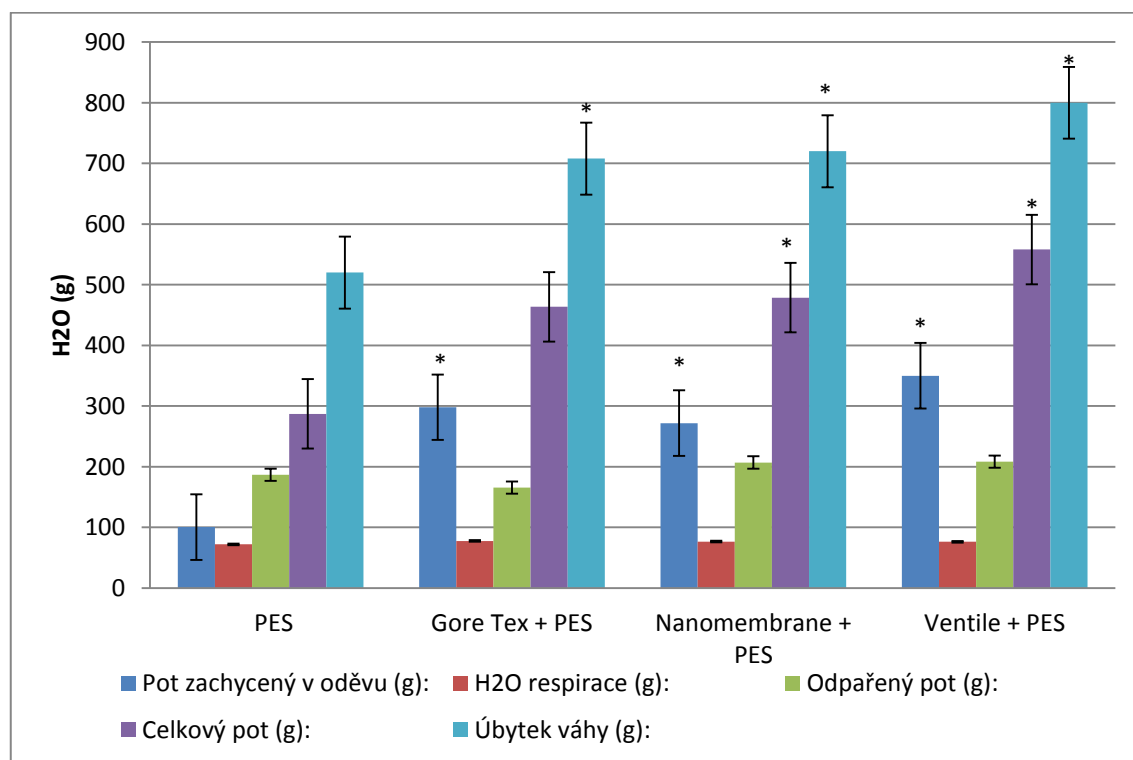
V tabulce č. 12 je patrný vliv přidané vrstvy na úbytek hmotnosti a o kolik se procentuálně zvýší podíl potu na tomto úbytku. V tomto směru vykazuje největší vliv materiál Ventile.

Tabulka 12: Průměrné změny úbytku hmotnosti a podílu potu při použití experimentálních oděvů proti základnímu testovacímu oděvu z PES

Typ oděvu	Podíl potu na celkovém úbytku hmotnosti	Úbytek hmotnosti
PES	69%	100%
Gore Tex + PES	75%	136%
Nanomembrane+ PES	76%	138%
Ventile + PES	79%	154%

Modré hodnoty = základní měření

Graf 9: Hodnoty úbytku hmotnosti a množství vydané vody v závislosti na použitém oděvu



Hodnoty v grafu jsou průměry +/- SD, * označuje signifikantní rozdíl ($p \leq 0,05$)

12.7 METABOLICKÝ ÚBYTEK HMOTNOSTI

V grafu č. 10 je uveden úbytek hmotnosti způsobený metabolickým spalováním energetických zdrojů. Stejně výsledky měření spotřeby kyslíku znamenají, že pro uhrazení energie spotřebované při zátěži byly použity totožné zdroje u všech měření, a proto ani metabolický úbytek hmotnosti nevykazuje žádné rozdíly.

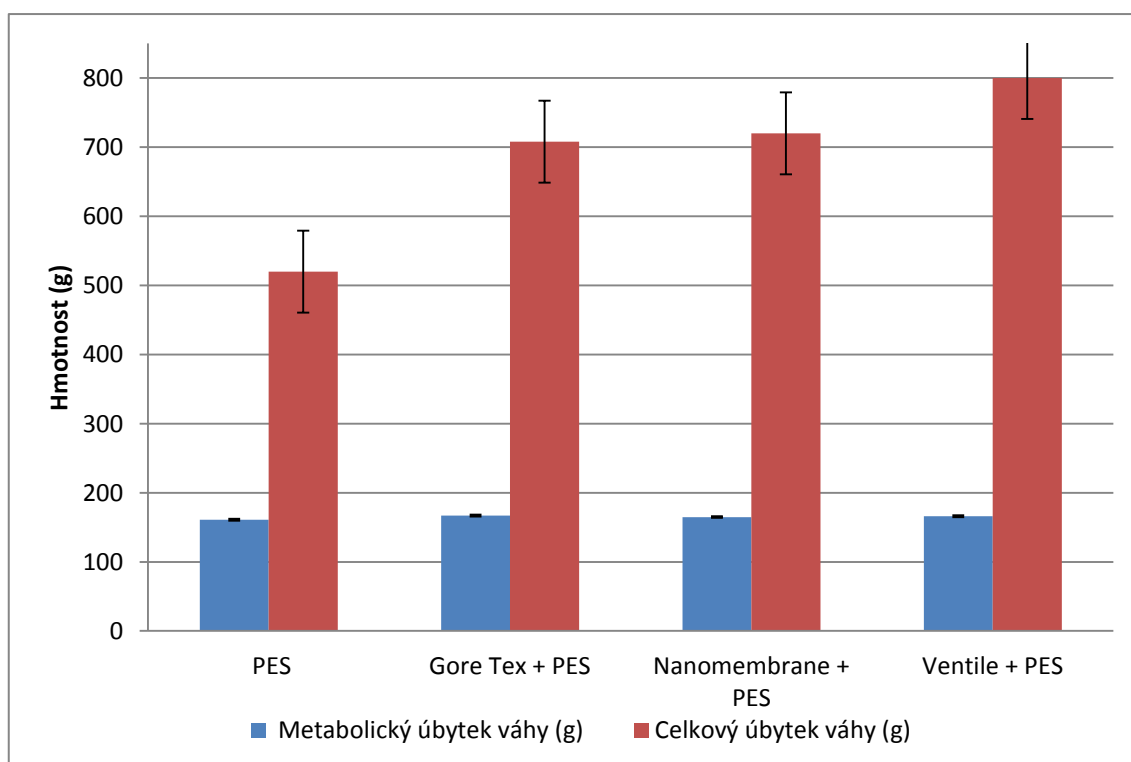
Rozdíl mezi základním a experimentálními oděvy je patrný pouze v procentuálním vyjádření (tabulka č. 13) metabolického úbytku hmotnosti na celkovém, který je způsoben zvyšující se produkcí potu.

Tabulka 13: Průměrné hodnoty metabolického a celkového úbytku hmotnosti

Typ oděvu	Metabolický úbytek hmotnosti (%)	Metabolický úbytek hmotnosti (g)	Celkový úbytek hmotnosti (g)
PES	31%	161	520
Gore Tex + PES	25%	167	708
Nanomembrane + PES	24%	165	720
Ventile + PES	21%	166	800

Modré hodnoty = základní měření

Graf 10: Hodnoty metabolického úbytku hmotnosti v porovnání s celkovým úbytkem v závislosti na použitém oděvu



Hodnoty v grafu jsou průměry +/- SD

12.8 PAROPROPUSTNOST

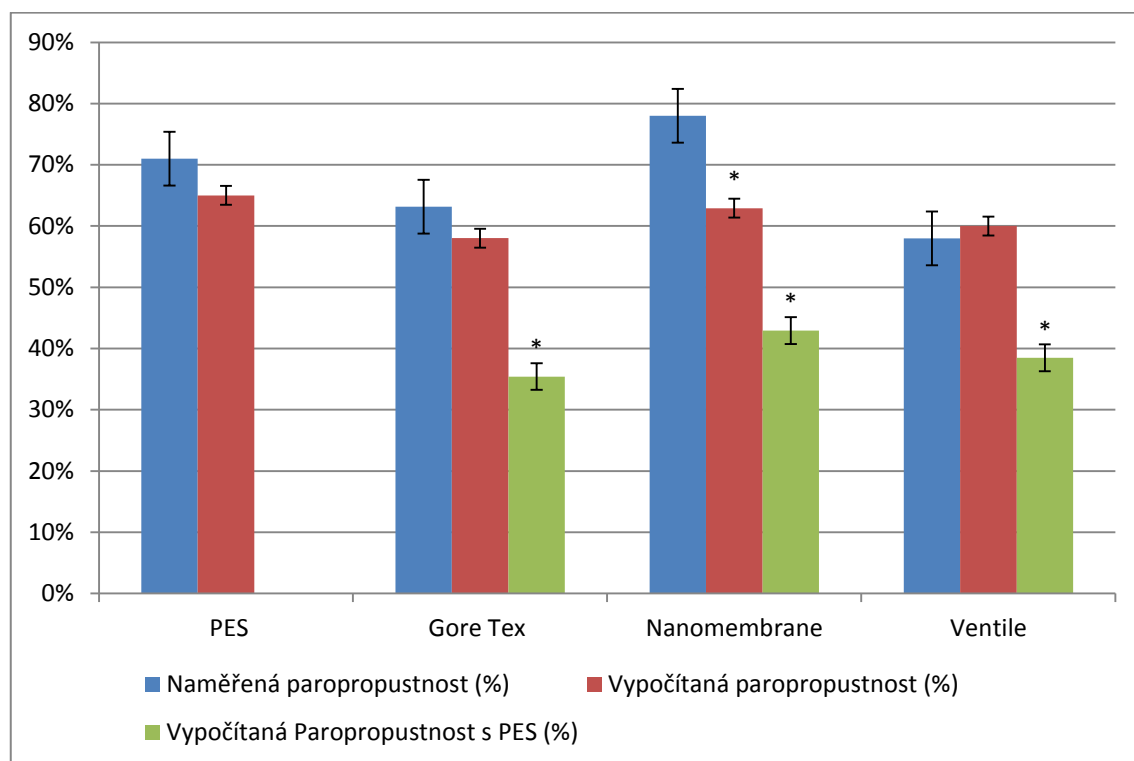
Měření ukázalo, jak významně ($p \leq 0,005$, $p \leq 0,05$) se tato vlastnost u experimentálních oděvů změnila v případě použití primární vrstvy z PES (graf č. 11). Výsledky relativní paropropustnosti naměřené na přístroji Permetest a výsledky vypočtené na základě hmotnostní bilance ukazují na výrazný rozdíl u materiálu Nanomembrane. V tomto případě je rozdíl v použitých metodách pro určení 15 % a byl shledán jako významný ($p \leq 0,005$).

Tabulka 14: Průměrné výsledky paropropustnosti

Membrána	Vypočítaná paropropustnost (%)	Naměřená paropropustnost (%)	Paropropustnost s PES (%)
PES	65%	71%	X
Gore Tex	58%	63%	35%
Nanomembrane	63%	78%	43%
Ventile	60%	58%	38%

Modré hodnoty = základní měření

Graf 11: Průměrné hodnoty relativní paropropustnosti



13 DISKUZE

Hlavním zjištěním této práce byl fakt, že použití ochranné vrstvy oděvu z jednotlivých materiálů (Gore Tex, Nanomembrane, Ventile) v laboratorních podmínkách nemá vliv na změnu spotřeby O₂ a tím ani na změnu využití energetických zdrojů (cukry, tuky bílkoviny). Na základě toho vyplývá, že i výsledná ztráta hmotnosti není ovlivněna metabolickým úbytkem hmotnosti, ale pouze zvýšením produkce potu. Podobné výsledky byly zjištěny i ve výzkumu (Timothy, Babington et al., 2001), kde byl porovnáván vliv SYN a COT oblečení na termoregulační a fyziologické procesy. Stejně tak jako v tomto výzkumu se nepodařilo prokázat rozdíl ve vlivu materiálu na energetickou náročnost a fyziologické funkce.

Porovnání výsledků měření paropropustnosti vykazuje výrazný rozdíl jen u materiálu Nanomembrane a výrazný pokles této vlastnosti při použití základní vrstvy z PES.

Výsledky práce zhodnocují vliv ochranných vrstev oděvů na výkon z několika hledisek.

Měření teploty

Měření kožní teploty neukázalo žádný rozdíl mezi jednotlivými experimentálními oděvy. Výrazný nárůst byl zaznamenán jen v porovnání se základním oděvem z PES. Téměř u všech materiálů byla hodnota průměrné kožní teploty během celého testu o 1,2 °C vyšší než u základního oděvu. Při porovnání těchto výsledků s měřením okolních podmínek testu vykazoval nejnižší nárůst materiál Nanomembrane, který byl testován v nejteplejších podmínkách (22,7 °C). Vzhledem k dostupnosti materiálů a možnostem laboratoře bylo toto měření prováděno v odpoledních hodinách, které byly v průměru o 3,6 °C teplejší než při základním měření v PES (19,1 °C). I přes teplejší podmínky okolního prostředí nevykazoval Nanomembrane vyšší průměrné hodnoty kožní teploty než Gore Tex nebo Ventile. Materiál Nanomembrane měl z testovaných vzorků nejmenší tloušťku (mm) a plošnou hmotnost (g/m²) z čehož lze usuzovat i na nejnižší hodnotu tepelného odporu. Díky tomu by neměl být problém s využitím tohoto materiálu i v relativně teplejších podmínkách.

Spiroergometrické měření

Při měření respiračních parametrů nebyly shledány žádné rozdíly při použití ochranné vrstvy ani při měření pouze v oděvu z PES. Znamená to, že použití ochranné vrstvy nemá vliv na metabolismus energetických zdrojů a ani změnu jejich využití.

Srdeční frekvence (SF) vykazovala určité změny v souvislosti s použitím různých oděvů, ale tento výsledek nebyl shledán jako signifikantní. Rozdíly mohly být způsobené zvyšující se trénovaností některých probandů (viz kap. limitace studie). Z fyziologického hlediska je určitý nárůst SF ve vztahu ke stoupající kožní teplotě očekáván. Zvyšující se teplota jádra nutí tělo rychleji odvádět teplo a vodu do periférií a plic, kde jsou vylučovány. Toho je docíleno zvýšením SF cca o 10 tepů při zvýšení tělesné teploty o 1 °C (Campell, Reese, 2007). Tento jev byl patrný i na lehkém zvýšení H₂O vydané respirací při použití ochranné vrstvy oblečení (cca o 4 - 6 g).

Hodnocení termofyziologického komfortu

Signifikantní rozdíl v subjektivním vnímání obou hydrofobních membrán ukazuje na důležitost komfortu, který ochranná vrstva uživateli poskytuje. Ačkoliv materiály Gore Tex a Nanomembrane dosáhly podobných výsledků, a to jak technického, tak funkčního měření, při hodnocení byl Gore Tex shledán méně komfortním. Gore Tex byl hůře hodnocen i v porovnání s přírodním materiálem Ventile. Přesto, že při použití Ventilů bylo vyprodukováno nejvíce potu a naměřeny nejvyšší kožní teploty, probandi tento materiál vnímali pozitivněji. Určitou roli zde hraje fakt, že materiál je přírodní, nešustí a v případě pocení se na nositele tolik nelepí. Všemi probandy byl hodnocen jako velmi pohodlný materiál. Výsledky hodnocení této studie mohly být ovlivněny zvýšením adaptace na teplo v průběhu měření (viz kap. limitace studie).

Pro ověření výsledku tohoto hodnocení by však bylo vhodné materiály otestovat v podmínkách, pro něž by měly především sloužit. Klimatické prostředí laboratoře neposkytuje dostatek podnětů, které by otestovaly reálnou funkčnost a poskytnutý komfort použitých materiálů.

Hodnocením termofyziologického komfortu v reálných podmínkách se zabývá tým Kena Ledwarda z Velké Británie (Ken Ledward Equipment Testing Services, KLETS). V roce 2008 tým provedl testování oděvů složených pouze ze syntetických materiálů (1. Polyester – 2. Polyester fleece – 3. Gore Tex 3 vrstvý laminát) a pouze přírodních materiálů (1. Merino vlna - 2. Shetland vlněný svetr – 3. Ventile Double). Výsledek ukazuje, že i když jsou přírodní materiály pohodlnější, v náročných podmínkách jeho tým na základě subjektivních pocitů a hodnot zaznamenaných senzory mezi jednotlivými vrstvami oblečení hodnotil lépe materiály syntetické. Především pro jejich schopnost odvádět pot od těla do okolního prostředí. Vlhkost, která zůstávala ve vrstvách přírodního oděvu, způsobovala i vzhledem k větší prodyšnosti těchto materiálů rychlý pokles teploty a větší pocit vlhka (Ledward, 2008).

Produkce potu a paropropustnost

Protože nedošlo k žádným rozdílům v metabolismu energetických zdrojů, jediným rozdílem bylo množství produkce potu. Zde došlo k výraznému nárůstu při přidání ochranné vrstvy oděvu. Při použití obou hydrofobních membrán došlo k nárůstu produkce potu o více než 30 % a v případě Ventilů až o 54 % (viz kap. výsledky). Na produkci potu má vliv především velikost výparného a tepelného odporu. Čím větší je tepelný odpor, tím více dochází k narůstání teploty a produkci potu a čím větší je výparný odpor, tím hůře se produkovaný pot odpařuje skrz oděvní systém. Hodnoty obou těchto proměnných byly u materiálu Ventilů nejvyšší. Proto v případě jeho použití byla produkce potu výrazně vyšší.

Důležitou vlastností materiálu ochranné vrstvy je tedy relativní paropropustnost, respektive nízká hodnota výparného odporu, která zamezuje tomu, aby se produkovaný pot akumuloval. Výsledky technického měření relativní paropropustnosti metodou Permetest byly výrazně nejvyšší u materiálu Nanomembrane (dokonce vyšší než samotný oděv z PES).

Tyto výsledky však neodpovídaly zátěžovému měření. Nanomembrane si zachoval nejvyšší relativní paropropustnost ze všech vzorků, ale pouze u něj byl shledán rozdíl mezi hodnotou technického měření (Permetest, 78 %) a vypočítanou hodnotou zátěžového měření (63 %) jako velmi signifikantní.

Zajímavé jsou hodnoty relativní paropropustnosti, která byla vypočtena při použití primární vrstvy z PES a ochranné vrstvy. V tomto případě klesaly hodnoty vypočtené relativní paropropustnosti o 20 až 23 %. Tím se všechny oděvy dostaly na hodnotu okolo 40 %. Pro všechny, kteří se na této studii podíleli, bylo zjištěno, že primární vrstva ovlivňuje takto výrazně celkovou paropropustnost oděvu, velmi zajímavé.

Uvedené výsledky a hodnoty však mohou být zkresleny především přesností rozlišení váhy, na níž byli probandi váženi (± 50 g) (viz kap. limitace studie).

14 ZÁVĚR

Výsledky této práce ukazují, že použití jakéhokoliv z testovaných materiálů nemá za následek zvýšení energetické náročnosti, ani nijak výrazně neovlivňuje fyziologické ukazatele, jako je SF a VO₂. Z tohoto hlediska byla hypotéza H₁ vyvrácena.

Při hodnocení termofyziologického komfortu byly shledány rozdíly mezi základním a experimentálním měřením a dokonce i mezi jednotlivými ochrannými materiály. Jako nejvhodnější byl pro dané podmínky vyhodnocen materiál Nanomembrane. Byla přijata hypotéza H₁, neboť se projevily signifikantní rozdíly.

Použití jakéhokoliv vrstvy oblečení má za následek zvýšení tepelného odporu oděvu, který vede ke zvýšení kožní teploty a produkci potu. Zvýšení bylo označeno jako signifikantní a byla přijata H₁.

Jelikož nebyl zjištěn žádný rozdíl v energetickém metabolismu, zvýšený úbytek hmotnosti u jednotlivých ochranných materiálů byl způsoben pouze navýšením výdeje vody, respektive potu. Aby toto navýšování bylo co nejvíce omezeno, je jedním ze základních požadavků na moderní outdoorové oblečení paropropustnost. V případě, že oděv není schopen dostatečně transportovat pot do vnějšího prostředí, není schopen zbavit se přebytečné tepelné energie a dochází k hypertermii. V opačném případě chladného okolí dochází k provlhnutí vrstev, rychlému odvodu tepla a vzniku hypotermie. Se zvýšenou produkcí potu se zvyšuje i stupeň dehydratace, která negativně ovlivňuje biochemické procesy v těle.

Na základě těchto výsledků je patrné, že je důležité při outdoorových aktivitách s oděvem pracovat. Zjištění, že základní vrstva z PES snižuje hodnoty paropropustnosti ochranných vrstev ze syntetických i přírodních vláken cca o 22 %, ukazuje na fakt, že základ funkčního odívání je především ve správné skladbě vrstev. Ani sebelepší a kvalitnější materiál nemůže svého nositele správně ochránit, pokud nebude znát principy vrstveného odívání.

Práce spojuje technické měření vlastností materiálů, které jsou výrobcem uváděny a jejich praktický význam při laboratorním zátěžovém měření. Málokdo si dnes dokáže představit, jaký vliv na něj bude mít ten či onen údaj na cedulce oblečení. Sledovat vliv definovaných technických parametrů a praktický dopad na organismus při různých podmínkách je způsob, jakým se snaží tato práce nahlížet na předkládanou problematiku. Při rešerši zdrojů nebyl podobný design komparace výsledků těchto dvou druhů měření (technické x zátěžové měření) pozorován.

Další výzkum vývoje funkčních materiálů pro outdoor by měl pokračovat nejen v technických laboratořích, terénu, ale také v laboratořích zkoumajících fyziologickou odezvu. Laboratorní zátěžové měření by mělo sloužit jako kontrolní část výzkumu. Stanovit přesně podmínky, za kterých bude měření probíhat a zkoumat vliv jednotlivých vlastností textilií na fyziologickou odezvu. Následně provádět terénní měření, ve kterém by se měly hledat odchylky od základního měření. Tyto odchylky analyzovat čím byly způsobené a zaměřit se na praktický vývoj textilií.

Výsledky práce nelze zobecňovat a aplikovat na širší populaci. Vztahují se pouze k testovanému souboru a podmínkám, za nichž byly naměřeny.

POUŽITÁ LITERATURA A PŘÍLOHY

15 LITERATURA

- [1.] BAEHR, E. L., REVELLE, W., EASTMAN, C.I. Individual differences in the phase and amplitude of the human circadian temperature rhythm: with an emphasis on morningness-eveningness. *Journal of Sleep Research*, 2000
- [2.] BARTUŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*: Učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2010, 285 s. ISBN 978-80-246-1817-3.
- [3.] BISHOP, A. P. DAVIS, J. *Impact of Clothing on Exercise in the Heat*. Springer International Publishing. Switzerland 2013
- [4.] CAMPBELL, N. and REECE, J. *Biology. [s.l.]*: Benjamin Cummings, 2007. ISBN 978-0321543257. Kapitola 42
- [5.] DANĚČKOVÁ, R. *Využití sporttesteru v běžeckém lyžování*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Paedr.Dr. František Langer, CSc.
- [6.] DOYLE, J. A. a DUNFORD, M. *Nutrition for sport and exercise (2nd edition)*. Belmont, CA: Wadsworth, 2012, 602 p. ISBN 978-0-8400-6829-3.
- [7.] DRAŠAROVÁ, J.. *Vysoce funkční textilie: Funkční textilie – Sport, outdoor*. KDE – FT – TUL. [pdf přednáška]. 8. 4. 2009, 28 s. [cit. 2015-04-06].
- [8.] DYLEVSKÝ, I. *Základy funkční anatomie člověka*. 1. vyd. Praha: Manus, 2007, 194 s. ISBN 978-80-86571-10-2.
- [9.] HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže I.: Obecná část*. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2008, 203 s. ISBN 978-80-7184-875-2.
- [10.] HES, L. a SLUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2005, 109 s. ISBN 80-708-3926-0.
- [11.] HOLMER, I. NILSSON, H. HAVENITH, G. et al. Clothing convective heatexchange proposal for improved prediction in standards and models. *Ann Occup Hyg*. 1999;43:329–37.
- [12.] HUGHSON, R.L. GREEN, H.J. HOUSTON, M.E. THOMSON, J.A. McLEAN, R.D. SUTTON, J.R. *Heat injuries in Canadian mass participation runs*. *CMAJ*, 1980;122:1141-4

- [13.] Huffman, EA., Yard, EE. Fields, SK. Collins, CL. Comstock, D. Epidemiology of rare injuries and conditions among United States high school athletes during 2005–2006 and 2006–2007 school years. *J Athl Train.* 2008;43:624–30.
- [14.] JÁGROVÁ, L. *Klamné informace o komfortu textilií při marketingu.* Liberec, 2009. Bakalářská. Technická Universita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.
- [15.] JANDOVÁ, D. *Neurofyzilogie termoregulace*, studijní materiál, 3LF UK, bakalářské studium fyzioterapie, Praha, 2006.
- [16.] KIEU THI, T. *Hodnocení kardiopirační zdatnosti sportovců a oběžných pacientů pomocí spiroergometrie.* Praha, 2011. Diplomová práce. 1. LF UK v Praze. Vedoucí práce Zdeněk Vilikus.
- [17.] KNÍŽEK, R. *Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity.* Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013, 39 s. ISBN 978-80-7494-012-5.
- [18.] KRUMLOVÁ, H. *Měření EMG aktivity svalové tkáně po aplikaci celotělové chladové terapie (- 130 °C).* Praha, 2010. Diplomová. FTVS UK, Katedra fyziologie. Vedoucí práce MuDr. David Pánek, Ph.D.
- [19.] KYBALOVÁ, L. *Dějiny odívání.* Praha: Lidové noviny, 2001, 278 s. ISBN 8071061425.
- [20.] LEDWARD, K. *Real World Product Testing.* BMC Technical Conference, 2008.
- [21.] LIM, Ch. L.; BYRNE, Ch.; LEE, J. KW. *Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings.* *Annals Academy of Medicine Singapore*, 2008, 37.4: 347.
- [22.] McARDLE, D. W. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- [23.] PODĚBRADSKÝ, J., VAŘEKA, I. *Fyzikální terapie.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1998, 264 s. ISBN 80-716-9661-7.
- [24.] RIELLO, G. *Cotton: the fabric that made the modern world.* 1st pub. Cambridge: Cambridge University Press, 2013, xxvii, 407 s., [32] s. obr. příl. ISBN 978-1-107-00022-3.
- [25.] RŮŽIČKOVÁ, D. *Oděvní materiály.* Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2003, 221 s. ISBN 80-7083-682-2

- [26.] SCHMIDOVÁ, H. *Laminace hydrofobizované nanovláknenné vrstvy s cílem vysoké adheze a paropropustnosti*. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická Univerzita Liberec. Vedoucí práce Roman Knížek.
- [27.] SILBERNAGL, S. DESPOPOULOS, A.. *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada Publishing, 2004
- [28.] SIPLE, P. A. *General Principles Governing Selection of Clothing for Cold Climates*, Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 89, No. 1, Reports on Scientific Results of the United States Antarctic Service Expedition, 1939-1941 (Apr. 30, 1945), pp. 200-234 Published by: American Philosophical Society
- [29.] SMUTNÝ, M. *Termogeneze ve vztahu k zátěži*. Praha, 2012. Bakalářská práce. Universita Karlova, 2. lékařská fakulta.
- [30.] SUCHÁNEK, T. LABOUTKA, K. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 978-800-2014-669.
- [31.] ŠPÉROVÁ, M. *Potenciální rizika používání nanočásticových materiálů*, Brno, 2008. Vysoké učení technické v Brně, Chemická fakulta – ústav fyzikální a spotřební chemie.
- [32.] ŠRÁMEK, J. *Nanotechnologie v medicíně*. Brno, 2009. Masarykova univerzita v Brně Lékařská fakulta – Biofyzikální ústav.
- [33.] TIMOTHY, G. BABINGTON, P. HARMS, C. ARDELT, M. TANNER, D., STAGER, J. *Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat*. Medicine & Science in Sports & Exercise, Vol. 33, No. 12, 2001, pp. 2124–2130.
- [34.] TOKURA, H. NATSUME, K. The effects of different clothing on human thermoregulation at an ambient temperature of 34 °C. Trans Menzies Found. 1987;14:279–81.
- [35.] TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. přepr. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003, s. 179-319. ISBN 8024705125.
- [36.] VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P. NOVOTNÝ, V. *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Karolinum 2004.
- [37.] WINSLOW, C-EA. *Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing*. American Journal of Public Health and the Nations Health 1950;40(6):757-758.

- [38.] YAFA, S. Cotton: *The Biography of a Revolutionary Fiber*. Penguin Press, Londýn, 2004.

16 INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1.] *Clothing physiological research in the service of wear comfort*. Hohenstein Institute [online]. 2009 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: http://www.hohenstein.de/media/downloads/FC_EN_Bekleidungsphysiologie_mail.pdf
- [2.] *Historie moderních technologií. <i>Nanotechnologie VŠB-TUO</i>* [online]. 2009 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://nanotechnologie.vsb.cz/Historie/nano_historie.pdf
- [3.] JAKOBKOVÁ, D. *Typologie materiálů, vše kolem textilií: Zátěr a membrane*. OutdoorGuide: časopis pro život za dveřmi [online]. OutdoorGuide, 27. 11. 2009 [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.outdoorguide.cz/zater-a--membrana-40.html>
- [4.] KLETS. Ken Ledward Equipment Testing Services. [online]. 2003 [cit. 2015-08-22]. Dostupné z: <http://www.klets.co.uk/>
- [5.] KÖPPEN, W. *Encyclopaedia Britannica* [online]. 2014 [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/322065/Wladimir-Koppen>
- [6.] SINTEX. *Produkty* [online]. 1999 [cit. 2015-06-25]. Dostupné z: <http://www.sintex.cz/menu&id=124>
- [7.] VENTILE. *Fabric the Action*, Ventile.co.uk [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.ventile.co.uk/about.php?PHPSESSID=c63a0803c4906cf7998e3fb93b1bd852>

17 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Oděv z kožešin (doba ledová) (Hohenstein, 2015)	17
Obrázek 2: Bavlněné vlákno (zvětšeno 630x)	20
Obrázek 3: Průřez kombinovaného mikrovlákna	21
Obrázek 4: Nanovláknenná struktura	22
Obrázek 5: Princip membrány	24
Obrázek 6: Mikrotrhliny v membráně z PTFE	25
Obrázek 7: Nanovláknenná struktura	26
Obrázek 8: Způsob odvádění vodních par Sympatex	27
Obrázek 9: Způsob odvádění vodních par Dermizax	27
Obrázek 10: Druhy laminátů	29
Obrázek 11: Zjednodušené měření hydrostatické odolnosti	31
Obrázek 12: Průřez speciálním polyesterovým vláknem COOLMAX s vysokým kapilárním efektem	34
Obrázek 13: Přístroj Permetest	52
Obrázek 14: Schéma Permetest (Schmidová, 2013)	53
Obrázek 15: Přístroj FX 3300 TEXTTEST pro měření prodyšnosti	55
Obrázek 16: Běžecský treňažer Quasar	57
Obrázek 17: Dechový analyzátor Cortex	57
Obrázek 18: Datalogger - S0141 a čidlo Pt 1000TG7 E	58
Obrázek 19: Váha pro sledování změn hmotnosti probandů	58
Obrázek 20: Váha pro sledování změn hmotnosti oděvů	59
Obrázek 21: Porovnání jednotlivých kategorií použité škály a odpovídající kategorie škály RPE	60
Obrázek 22: Teploměr a vlhkoměr TFA Dostmann	61

18 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Druhy vrstev oblečení (Knížek, 2013).....	23
Tabulka 2: Přibližné hodnoty produkce vodních par (potu) (Knížek; 2013)	32
Tabulka 3: Klasifikace paropropustnosti (Knížek, 2013).....	33
Tabulka 4: Ochlazovací efekt větru (http://pixshark.com/wind-chill-factor.htm)	37
Tabulka 5: Charakteristika výzkumného souboru.....	49
Tabulka 6: Hodnoty teploty a relativní vlhkosti během měření	61
Tabulka 7: Souhrnné hodnoty kožní teploty v závislosti na použitém oděvu	66
Tabulka 8: Souhrnné hodnoty spotřeby kyslíku (VO ₂) v závislosti na použitém oděvu.....	67
Tabulka 9: Souhrnné hodnoty respiračního poměru (RER) v závislosti na použitém oděvu	68
Tabulka 10: Souhrnné hodnoty srdeční frekvence v závislosti na použitém oděvu.....	69
Tabulka 11: Souhrnné hodnoty termofyziologického komfortu v závislosti na použitém oděvu	70
Tabulka 12: Průměrné změny úbytku hmotnosti a podílu potu při použití experimentálních oděvů proti základnímu testovacímu oděvu z PES	71
Tabulka 13: Průměrné hodnoty metabolického a celkového úbytku hmotnosti	72
Tabulka 14: Průměrné výsledky paropropustnosti.....	73

19 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Průměrná hodnota a směrodatná odchylka gastrointestinální teploty při 45 min venkovního běhu.	12
Graf 2: Průměrná hodnota a směrodatná odchylka gastrointestinální teploty během 12 km pochodu se standardní zátěží nováčků v Singapore Armed Forces	13
Graf 3: Fáze SF při zatížení	43
Graf 4: Průběh kožní teploty v závislosti na použitém typu oděvu	66
Graf 5: Průběh spotřeby kyslíku (VO ₂) v závislosti na použitém typu oděvu	67
Graf 6: Průměrné hodnoty RER pro jednotlivé fáze testu.....	68
Graf 7: Průběh srdeční frekvence v závislosti na použitém typu oděvu	69
Graf 8: Hodnocení termofyziologického komfortu v závislosti na použitém oděvu	70
Graf 9: Hodnoty úbytku hmotnosti a množství vydané vody v závislosti na použitém oděvu	71
Graf 10: Hodnoty metabolického úbytku hmotnosti v porovnání s celkovým úbytkem v závislosti na použitém oděvu	72
Graf 11: Průměrné hodnoty relativní paropropustnosti.....	73

20 PŘÍLOHY



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Vliv textilní membrány na dynamiku změn fyziologických ukazatelů zátěže

Forma projektu: diplomová práce

Autor: Bc. Tomáš Funfálék

Školitel: Mgr. Karel Sýkora

Popis projektu (max. 10 řádek) zahrnuje i

Cílem práce je popsat a vysvětlit problematiku spojenou s použitím různých textilních membrán při sportovním výkonu z hlediska fyziologické odezvy. Hodnoty získané při měření fyziologických ukazatelů v laboratořích FTVS budou komparovány s výsledky měření technických vlastností v laboratořích TUL (Technická univerzita Liberec). Výsledky měření a komparace by měly popisovat, jaký je reálný dopad vlastností jednotlivých tkanin na lidský organizmus při zatížení.

Průběh měření a zajištění bezpečnosti:

Měření bude probíhat v laboratoři sportovní motoriky za účasti odborného asistenta a nebude použita žádná z invazivních metod. Probandi se podrobí spiroergometrickému vyšetření, při němž dojde k mírnému až submaximálnímu zatížení v celkovém rozsahu 40 min, analýze tělesného složení a měření kožní teploty v průběhu zatížení. V průběhu měření budou v časovém úseku 1 – 2 min hodnotit subjektivní vnímání tepelného komfortu. Toto měření se bude opakovat celkově 4krát (1 x pouze celotělový komplet z polyesteru, 1 x polyester + komplet z materiálu Gore – Tex, 1 x polyester + komplet z materiálu Ventile, 1 x polyester + komplet z materiálu Nanomembrane).

Vzhledem k vzorku populace vybrané pro toto testování se nepředpokládá, že by mohlo dojít ke zdravotním potížím v důsledku zatížení. Na místě je dostupná vybavená lékárna a přístroj AED (Automated External Defibrillator). Další komplikace bude případně řešit přivolaná záchranná služba.

Etické aspekty výzkumu

Účast ve studii je dobrovolná. Výsledky ani osobní data nebudou zneužity

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 3.4.2015

Podpis autora: *Funfálék*

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem:
dne: *04/2015*
3.4.2015

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy

UNIVERZITA KARLOVA v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

podpis předsedy EK

Tab. 1.3 Hodnoty tlaku, hustoty, entalpie a entropie vody/pary v závislosti od teploty

Teplota t [°C]	Tlak p [MPa]	Hustota ρ [kg·m ⁻³]		Entalpia i [kJ·kg ⁻¹]		Entropia s [kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	
		kvapaliny	pary	kvapaliny	pary	kvapaliny	pary
		0	0,00061	999,8	0,0048	0,00	2500,78
1	0,00066	999,9	0,0052	4,23	2502,45	0,016	9,128
2	0,00071	999,9	0,0056	8,42	2504,54	0,041	9,102
3	0,00076	999,9	0,0059	12,64	2506,22	0,046	9,076
4	0,00081	999,9	0,0064	16,83	2508,31	0,061	9,050
5	0,00087	999,9	0,0068	21,06	2509,99	0,076	9,024
6	0,00093	999,9	0,0073	25,25	2511,66	0,091	8,999
7	0,00100	999,9	0,0077	29,43	2513,76	0,106	8,974
8	0,00107	999,8	0,0083	33,66	2515,43	0,121	8,948
9	0,00115	999,7	0,0088	37,85	2517,52	0,137	8,924
10	0,00123	999,6	0,0094	42,04	2519,20	0,151	8,900
11	0,00131	999,5	0,0100	46,22	2521,29	0,166	8,875
12	0,00140	999,4	0,0107	50,41	2522,97	0,181	8,851
13	0,00150	999,3	0,0113	54,60	2525,06	0,195	8,827
14	0,00160	999,2	0,0121	58,78	2526,73	0,210	8,804
15	0,00170	999,0	0,0128	69,97	2528,41	0,244	8,781
16	0,00182	998,9	0,0136	65,16	2530,08	0,239	8,757
17	0,00194	998,7	0,0145	71,34	2531,76	0,253	8,734
18	0,00206	998,5	0,0154	75,53	2533,43	0,268	8,712
19	0,00220	998,4	0,0163	79,72	2535,53	0,282	8,689
20	0,00234	998,2	0,0173	83,90	2537,20	0,296	8,666
21	0,00249	997,9	0,0183	88,09	2538,88	0,311	8,644
22	0,00264	997,7	0,0194	92,28	2540,97	0,325	8,622
23	0,00281	997,5	0,0206	96,46	2542,64	0,339	8,600
24	0,00298	997,2	0,0218	100,61	2544,74	0,353	8,578
25	0,00317	997,0	0,0230	104,80	2546,41	0,367	8,557
26	0,00336	996,7	0,0244	108,98	2548,09	0,381	8,536
27	0,00356	996,4	0,0258	113,77	2550,18	0,395	8,515
28	0,00378	996,2	0,0272	117,36	2551,86	0,409	8,494
29	0,00400	995,9	0,0288	121,50	2553,95	0,423	8,473
30	0,00424	995,6	0,0304	125,69	2555,62	0,437	8,452
31	0,00449	995,3	0,0321	129,88	2557,72	0,451	8,432
32	0,00475	994,9	0,0338	134,06	2559,39	0,464	8,412
33	0,00503	994,6	0,0357	138,25	2561,07	0,478	8,392
34	0,00532	994,3	0,0376	142,44	2563,16	0,491	8,372
35	0,00562	993,9	0,0396	146,58	2564,83	0,505	8,352

Teplota t [°C]	Tlak p [MPa]	Hustota ρ [kg·m ⁻³]		Entalpia i [kJ·kg ⁻¹]		Entropia s [kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	
		kvapaliny	pary	kvapaliny	pary	kvapaliny	pary
36	0,00594	993,6	0,0417	150,77	2566,51	0,519	8,332
37	0,00627	993,3	0,0439	154,95	2568,60	0,532	8,313
38	0,00662	992,9	0,0462	159,14	2570,28	0,546	8,294
39	0,00699	992,6	0,0486	163,33	2571,95	0,559	8,275
40	0,00737	992,2	0,0512	167,51	2573,63	0,572	8,256
41	0,00778	991,8	0,0538	171,66	2575,30	0,586	8,238
42	0,00820	991,4	0,0565	175,85	2576,98	0,599	8,219
43	0,00864	991,0	0,0594	180,03	2578,65	0,612	8,200
44	0,00910	990,6	0,0623	184,22	2580,74	0,625	8,182
45	0,00958	990,2	0,0654	188,41	2582,42	0,639	8,164
46	0,0101	989,8	0,0687	192,59	2584,51	0,652	8,146
47	0,0106	989,3	0,0721	196,78	2584,19	0,665	8,128
48	0,0116	988,9	0,0756	200,93	2587,86	0,679	8,110
49	0,0117	988,5	0,0792	205,11	2589,95	0,691	8,093
50	0,0123	988,0	0,0831	209,30	2591,63	0,704	8,075
55	0,0157	985,7	0,104	230,19	2600,42	0,768	7,990
60	0,0199	983,2	0,130	251,12	2609,21	0,831	7,908
65	0,0250	980,5	0,161	272,06	2617,59	0,894	7,830
70	0,0312	977,7	0,198	292,99	2626,38	0,955	7,754
75	0,0385	974,9	0,242	313,97	2634,75	1,02	7,682
80	0,0474	971,8	0,293	334,94	2643,13	1,08	7,612
85	0,0578	968,6	0,354	355,96	2651,50	1,13	7,544
90	0,0701	965,3	0,424	376,98	2659,46	1,19	7,479
95	0,0845	961,9	0,505	398,04	2667,83	1,25	7,416
100	0,101	958,3	0,598	419,10	2675,78	1,31	7,355
110	0,143	951,0	0,826	464,34	2691,28	1,42	7,239
120	0,199	943,1	1,12	503,67	2706,35	1,53	7,130
130	0,270	934,8	1,50	546,38	2720,58	1,63	7,027
140	0,361	926,1	1,97	589,08	2733,98	1,74	6,930
150	0,476	916,9	2,55	632,21	2746,54	1,84	6,838
160	0,618	907,4	3,26	675,33	2757,85	1,94	6,751
170	0,792	897,3	4,12	719,29	2768,73	2,04	6,667
180	1,00	886,9	5,16	763,25	2778,36	2,14	6,586
190	1,26	876,0	6,40	807,63	2786,32	2,24	6,508
200	1,55	864,7	7,86	852,43	2793,01	2,33	6,432

Hustota plynů

Tabulka *hustoty* vybraných plynů

Látka	Hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Poznámka
Acetylen	1,147	
Amoniak	0,75	[3]
Argon	1,759	
Bromvodík	3,563	[3]
Butan	2,559	[3]
Dusík	1,234	
Ethan	1,24	
Ethylen	1,235	
Fluor	1,673	[3]
Helium	0,1762	
Chlor	3,12	
Chlorovodík	1,605	
Krypton	3,69	
Kyslík	1,409	
Methan	0,707	
Neon	0,888	
Oxid dusnatý	1,323	
Oxid dusný	1,938	
Oxid siřičitý	2,82	[3]
Oxid uhelnatý	1,234	
Oxid uhličitý	1,951	
Ozon	2,114	[3]
Propan	1,942	
Sírovodík	1,501	
Vodík	0,088 95	
Vzduch (suchý)	1,275 9	
Xenon	5,78	[3]

Zdroje:

Čmelík, M., Machonský, L., Šíma, Z. *Fyzikální tabulky*. Liberec: TU Liberec, 2001

[3] Mikulčák a kolektiv. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. Praha: SPN Praha, 1988

Protokol měření a karta účastníka

Jméno:	Příjmení:	Věk:	Datum:	Teplota °C:	Hodnocení tepelného komfortu (TK) a SF				
Výška (cm):	Typ overalu:	Pohlaví (M/Ž)	BMI:	Tlak:	Čas zahájení:				
				Vlhkost:	Čas ukončení:				
	Před zátěží	Po zátěží	Rozdíl		Sklon:	Pořadí	Čas	TK	SF
Hmotnost (kg):			0		0%	1.	1. min		
					0%	2.	2. min		
Ponožky (g):			0		0%	3.	3. min		
					0%	4.	4. min		
Plavky (g):			0		0%	5.	5. min		
					12%	6.	7. min		
Kalhoty polyester (g):			0		12%	7.	9. min		
					12%	8.	11. min		
Triko polyester (g):			0		12%	9.	13. min		
					12%	10.	15. min		
Kalhoty overall (g):			0		14%	11.	17. min		
					14%	12.	19. min		
Bunda overall (g):			0		14%	13.	21. min		
					14%	14.	23. min		
Boty (g):			0		14%	15.	25. min		
					16%	16.	27. min		
					16%	17.	29. min		
Celkem (Σ):	0	0	0		16%	18.	31. min		
	Před	Po			16%	19.	33. min		
Tuk (%)					16%	20.	35. min		
TPH (kg)					0%	21.	36. min		
TBW (kg)					0%	22.	37. min		
ECW (kg)					0%	23.	38. min		
ICW (kg)					0%	24.	39. min		
ECM/BCM					0%	25.	40. min		

Fotodokumentace zátěžového měření





