

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2014

ZDEŇKA GREGUŠOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Produktový management

Studijní obor: 3106T014 Produktový management - Textil (PMT)

**VLIV LAMINACE NA TERMOFYZIOLOGICKÉ
VLASTNOSTI PŘI TVORBĚ SENDVIČOVÝCH
TEXTILIÍ**

**EFFECT OF LAMINATION ON THE THERMO
PHYSIOLOGICAL PROPERTIES IN THE
FORMATION OF SANDWICH FABRIC**

Zdeňka Gregušová

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tereza Heinisch

Rozsah práce:

Počet stran textu ...76

Počet obrázků26

Počet tabulek10

Počet grafů..... 6

Počet stran příloh... 4

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Zdeňka Gregušová**
Osobní číslo: **T11000097**
Studijní program: **N3108 Průmyslový management**
Studijní obor: **Produktový management - Textil**
Název tématu: **Vliv laminace na termofyziologické vlastnosti při tvorbě sendvičových textilií**
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. Zpracujte rešerši na dané téma, zaměřte se především na termofyziologický komfort a sendvičové textilie.
2. Popište způsob tvorby sendvičových textilií.
3. Vyberte materiály s různou plošnou hmotností a proměřte jejich termofyziologické vlastnosti.
4. Na základě naměřených vlastností jednotlivých vrstev a zlamínovaných sendvičů vyhodnoťte vliv laminace.



Rozsah grafických prací:

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

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

Seznam odborné literatury:

HES, Luboš - SLUKA, Petr. Úvod do komfortu textilií. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0 (brož.).
Šesták J., Rieger F. Přenosové jevy I - Přenos tepla. Skriptum ČVUT, Praha 1972. &, &.
Šesták J. Přenosové jevy II - Přenos hmoty. Skriptum ČVUT, Praha 1980.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tereza Heinisch

Katedra hodnocení textilií

Konzultant diplomové práce:

Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.

Katedra textilních technologií

Ostatní konzultanti:

Ing. Roman Knížek

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: **1. července 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **6. ledna 2014**


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




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

V Liberci dne 2. září 2013

PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

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

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

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

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě děkuji všem, kteří se nějakým způsobem podíleli na vypracování této diplomové práce. Jmenovitě Ing. Tereze Heinisch za odborné vedení a cenné připomínky.

Dále děkuji konzultantům za obohacující diskuze, zvláště pak Ing. Brigitě Kolčavové Sirkové, Ph.D., doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D. a Ing. Romanu Knížkovi.

Poděkování patří i laborantům a pracovníkům katedry hodnocení textilií a katedry textilních technologií. Děkuji všem, kteří mě po celé studium vedli a při požádání o prokonzultování problematiky diplomové práce byli ochotní a trpěliví.

Na závěr děkuji celé své rodině, zvláště rodičům Zdeňce Gregušové a Jozefu Gregušovi za umožnění studia na vysoké škole a bratrovi Bc. Josefu Gregušovi, DiS., za to, že mi věřil, a tím podporoval po celé studium.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá vlivem laminace na termofyziologické vlastnosti při tvorbě sendvičových textilií. Úvod práce seznamuje s teoretickým pohledem na dané téma. Jedná se hlavně o vysvětlení pojmů outdoorové textilie, vrstvení oděvů, sendvičové textilie, laminace, membrány, termofyziologický komfort, přenos tepla a vlhkosti. V praktické části je popsán způsob tvorby sendvičových textilií. Uvádí se zde i laboratorní měření. Jedná se především o výparný a tepelný odpor textilie. V závěru studie porovnává naměřené hodnoty termofyziologických vlastností membrány a samotné vrchové textilie, která má různé plošné hmotnosti s hodnotami celého dvouvrstvého laminátu, tj. textilie s nalaminovanou nanovláknennou membránou, a vyhodnocuje jejich změnu. Zjistí se tak vliv laminace jako procesu výroby materiálu používaného pro outdoorové oděvy.

KLÍČOVÁ SLOVA: laminace, dvouvrstvý laminát, termofyziologické vlastnosti, membrána

ANNOTATION

This thesis examines the influence of lamination on the Thermo physiological properties in the formation of sandwich fabric. Introduction This paper introduces the theoretical view on the topic. This is mostly an explanation of the terms of outdoor fabrics, layering clothing, sandwich fabric, lamination, membrane, Thermo physiological comfort, heat and moisture. The practical part describes the method of creating fabric sandwich. It is also a laboratory measurements. These are mainly evaporation and thermal resistance of the fabric. In conclusion compares measured values termofyziologických membrane properties and very tops of fabric having different basis weight values with the whole two-layer laminate, i. e., the fabric laminated with a nanofibrous membrane, evaluating their change. It is determined and the effect of lamination as a process of production of material used for outdoor clothing.

KEY WORDS: lamination, two-layer laminate, thermophysiological properties, membrane

Obsah

Seznam použitých symbolů	10
Úvod	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
1. Zhodnocení současného stavu problematiky	12
2. Komfort textilií	14
2.1 Termofyziologický komfort	15
2.1.1 Termoregulace lidského těla.....	16
2.1.1.1 Tepelný komfort	17
3. Přenos tepla	18
3.1 Přenos tepla vedením – kondukce	19
3.2 Přenos tepla prouděním - konvekce.....	21
3.3 Přenos tepla zářením - radiace.....	22
4. Přenos vlhkosti	23
4.1 Odvod plynné vlhkosti prouděním	23
4.2 Odvod kapalné vlhkosti	25
4.2.1 Odvod kapalné vlhkosti difúzí.....	26
4.3 Propustnost textilií pro vodní páry	27
5. Outdoorové textilie	28
5.1 Materiály pro outdoorové oděvy	29
5.1.1 Vlastnosti outdoorových textilií	29
5.1.2 Vrstvení oděvů.....	31
5.2 Sendvičové textilie	34
5.2.1 Membrány v oděvním průmyslu.....	35
5.2.2 Typy membrán.....	37
5.2.3 Laminace	39

PRAKTICKÁ ČÁST	55
6. Experiment	55
6.1 Návrh experimentu	56
7. Vybrané materiály	58
7.1 Popis materiálů	60
8. Způsob tvorby sendvičových textilií, tzn. laminátu	64
9. Laboratorní zjišťování vybraných vlastností vzorků	65
9.1 Plošná hmotnost	66
9.2 Tloušťka	67
9.3 Zakrytí	69
10. Měření termofyziologických vlastností	71
10.1 Výparný odpor	72
10.2 Tepelný odpor	74
10.3 Vyhodnocení vlivu laminace na termofyziologické vlastnosti	76
10.3.1 Výsledky měření výparného odporu	77
10.3.2 Výsledky měření tepelného odporu	82
11. Závěr	86
Seznam obrázků	88
Seznam tabulek	89
Seznam grafů	89
Zdroje	90
PŘÍLOHY	93

Seznam použitých symbolů

A	[cm ²]	plocha zkušební vzorku
a	[g/m ² /24hod]	propustnost pro vodní páry
ČSN		česká státní norma
EN		evropská norma
D _{o,ú}	[n/10 cm]	dostava osnovy, útku
h	[mm]	tloušťka
L _{tk}		délka vytažené nitě ve tkanině
l _{o,ú}		skutečná délka osnovní/útkové nitě po vytažení z tkaniny
so _ú		setkání osnovy, útku
T	[tex]	jemnost příze
M	[g/m ²]	plošná hmotnost
m	[g]	hmotnost zkušební vzorku
p	[%]	relativní propustnost pro vodní páry
PL		polyester
PTFE		polytetrafluorethylen
PU		polyuretan
q		tepelný tok
q _o		tepelný tok vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru, jaký má měřený vzorek
q _v		tepelný tok snížený vzorkem zakrývajícím volnou vodní hladinu o stejném průměru, jaký má měřený vzorek
R _{et}	[m ² .Pa.W ⁻¹]	výparný odpor
R _{ct}	[m ² .K.W ⁻¹]	tepelný odpor
tzn.		to znamená

Úvod

V posledních letech si mnoho lidí oblíbilo tzv. outdoorové aktivity, neboli aktivity konané ve venkovním prostředí, v přírodě. S tím souvisí i pojem outdoorový oděv, což znamená oblečení vhodné pro venkovní aktivity. Uživatel takového oblečení očekává především vysokou odolnost proti průniku vody (tzv. nepromokavost), dobrou odolnost proti větru (větruodolnost) a zároveň i perfektní paropropustnost (water vapour permeability). Očekává tedy, že se v oděvu bude cítit komfortně a zároveň jej ochrání i proti nepříznivým vnějším vlivům.

Důraz je u outdoorového oděvu kladen především na výborné vlastnosti jednotlivého kusu oděvu, ale i na vzájemné kombinaci oděvů, jež má nositel na sobě. V dnešní době již není třeba zdůrazňovat, že je nutné dodržet správné vrstvení, aby oděv mohl plnit všechny své funkce. U první a druhé vrstvy hraje roli především dobrá paropropustnost, u druhé vrstvy navíc i dobrá termoizolace. Třetí vrstva by měla splňovat všechny požadavky kladené na nižší vrstvy a zároveň by měla být i voděodolná a odolná proti větru. [1,2]

Aby se u třetí vrstvy dosáhlo požadovaných parametrů, je třeba pro její výrobu využít tzv. vícevrstvé textilie. Je tedy nutné vybrat a laminovat vhodné vrstvy – vrchový materiál s nepromokavou úpravou, vrchový materiál s membránou, případně vrchový materiál s membránou a podšívkou. [1,2]

V současné době existuje na trhu nepřehledné množství materiálů, membrán a pro výrobce je často velmi složité zvolit vhodnou kombinaci. Pokud zvolí špičkovou membránu i vrchový materiál, nemusí být vždy výsledná kombinace ideální. Podle známé teorie se jednotlivé (tepelné, výparné) odpory vrstev sčítají. Tato studie má být podkladem důkazu - faktu, že jednotlivé odpory vrstev laminátu (vrchový materiál, membrána) nelze jednoduše sečíst, ale musí se brát v úvahu kromě jiného i vliv laminace. Konkrétně například vliv tzv. třetí vrstvy, tj. lepidla. V teoretické části se čtenář seznamuje se současným zhodnocením a řeší dané problematiku. V praktické části je popsán postup výroby sendvičové textilie, použité měřicí přístroje, postupy při měření vlastností. Na základě naměřených vlastností jednotlivých vrstev a dvouvrstevých sendvičů je ke konci vyhodnocen vliv procesu laminace za podmínek, které se používají a které doporučuje výrobce membrány jako optimální. Vrchové materiály použité při tvorbě vzorků mají různé plošné hmotnosti.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Zhodnocení současného stavu problematiky

Pro zhodnocení současného stavu byla prostudována česká i zahraniční literatura. Přímo vlivem laminace na vlastnosti materiálů se zabývá jen několik zahraničních zdrojů.

Například autoři Kadem a Ergen se zabývali vlivem laminace na efektivitu hydrofobní úpravy, paropropustnosti atd. Experiment prováděli na dvou skupinách vzorků. U první skupiny se nejprve nanasla hydrofobní úprava vrchního materiálu, poté byla provedena laminace a posléze měření vlastností. U druhé skupiny se jednotlivé vrstvy nejprve laminovaly, poté byla provedena hydrofobní úprava, nakonec bylo provedeno měření. Jako vzorek vrchního materiálu byl použit 100% polyester (PL), který je stejný jako materiál měřených vzorků v této diplomové práci.

Na materiál byly nalaminovány membrány různého chemického složení, čímž vznikl dvouvrstvý laminát. Pro vyhodnocení vodoodpudivosti použili autoři skrápěcí metodu. V závěru autoři po této studii doporučují provádět vodoodpudivou úpravu až po laminaci. Přisuzují to tomu, že při provedení finální úpravy před laminací způsobí proces laminace tření, a míra přilnavosti vodoodpudivé úpravy bude nižší. Nejlepší odolnost vykazovala membrána z polyuretanu (PU).

Zkouška paropropustnosti ukázala relativně podobné výsledky nižších hodnot. Při laminování s membránou se uzavřely póry podkladové textilie, a to zabránilo proudění vzduchu. Při testu paropropustnosti prokázaly lamináty všech tří membránových skupin nižší propustnost vodních par než u samotné vrchové textilie. Různé výsledky membránových skupin byly připisovány strukturálním rozdílům materiálů (tloušťka, hustota dostavy a útku, počet a velikost pórů) a typů membrán (hydrofilní, hydrofobní). Autoři uvádějí, že laminování snižuje paropropustnost, a tím chrání před nepříznivými vlivy větru a dalšími povětrnostními vlivy.

Uživatelé požadují co nejlepší vlastnosti materiálů, proto se pro ochranné sportovní textilie používá technologie laminování. U textilních výrobků se pak vyžaduje kromě dobrých technických a funkčních vlastností i dobrý estetický dojem. Uživatelé pokládají za důležité zejména vysokou trvanlivost oděvu a pohodlí. Můžeme konstatovat, že s rostoucí životní úrovní obyvatelstva se změnily i požadavky na moderní sportovní oblečení. A proto se v současné době využívají laminované textilie pro zlepšení komfortních vlastností. Zvláště pak zmíněná vodoodpudivost. [4]

Autoři Jeong a An porovnávají vlastnosti tkanin s větruodolnou a vodoodpudivou úpravou z polyuretanu (PU) pro outdoorové aktivity laminací s PTFE membránou. Zkoumali mokrý a suchý způsob nátěru. Bylo zjištěno, že přenos vodních par se snižoval při suchém nátěru a zároveň se zvýšila odolnost proti vodě. U mokrého nátěru tomu bylo naopak. S vyšší hustotou materiálu se propustnost pro vodní páry a prodyšnost zhoršila. Odolnost proti vodě se zvýšila. [5]

Autor Sahin použil membránu z PU na různých materiálech. Nejlepší výsledky vykazovala PU membrána na polyesterové tkanině. Přenos vodní páry se zhoršil s větší tloušťkou materiálu. Vzduchová mezera paropropustnost podstatně snížila. Nejlepší tepelná izolace byla zjištěna v pořadí u PL, PTFE a PU materiálu.

V závěru autor uvádí, že jsou membrány užitečné tím, že přispívají ke komfortu, jsou paropropustné, umožňují přenos tepla a vodních par. Hlavní důvod použití membrány tkví v její vysoké odolnosti proti vodě. [6]

2. Komfort textilií

Komfort – je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřetrvávají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat.

Vnímáme ho všemi smysly kromě chuti tj. hmatem, sluchem a čichem.

Diskomfort – je to stav organismu, kdy mohou nastat pocity tepla nebo chladu. Pocity tepla se dostávají při větším pracovním zatížení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocity chladu se dostávají především jako reakce na nízkou teplotu klimatu nebo nízké pracovní zatížení.

Podle Hese lze komfort jednoduše definovat jako: „absenci znepokojujících a bolestivých vjemů“. [1]

Komfort se podle [1] dělí na:

- psychologický komfort (hledisko tepelné-klimatické, ekonomické, historické, kulturní, sociální, skupinové a individuální),
- senzorický komfort (vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu, komfort nošení – schopnost textilií absorbovat a transportovat vlhkost; omak),
- termofyziologický komfort – stav tepelné pohody,
- patofyziologický komfort – působení patofyziologicko-toxických vlivů, dráždění, alergie.

Je v lidské přirozenosti vyžadovat stále vyšší stupeň uspokojení potřeb a tedy i komfortu. Potřeba se obecně definuje jako pocit nedostatku, který se snažíme odstranit. Zvýšená potřeba komfortu náleží malým dětem, nemocným lidem a lidem, kteří dosáhli vysokého věku. Zvláštní skupinu tvoří nositelé ochranných oděvů vystavení pracovnímu nebezpečí nebo riziku ohrožení ostatních obyvatel (lékaři, záchranáři, pracovníci s chemikáliemi, pracovníci vystavení extrémním teplotám a jiným podmínkám a podobně). [1]

2.1 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort je stav těla, v němž jsou jeho funkce v optimu a je vnímán jako pocit pohodlí. Toto vnímání je individuální. Vnitřní teplota těla se pohybuje okolo 37 °C a pro celý organismus je jeho vnitřní teplota konstantní, jestliže je množství tepla vyprodukované tělem rovno teple odevzdanému do okolního prostředí. Obecně platí, že tělesná teplota není zcela stálá, je různá na různých místech těla. V těchto místech kolísá v závislosti na fyziologickém stavu těla a na okolních podmínkách. Člověk se cítí dobře, když průměrná teplota pokožky leží mezi 32-34 °C. Nejvyšší teplotu najdeme na nejlépe prokrvených částech těla tj.: hlava, břicho, prsa, tato teplota je v rozmezí 35-36 °C, naopak nejnižší teplotu pokožky naměříme na špičce nosu, ušních lalůčkách a špičkách prstů, tato teplota činí 23-28 °C. Ve stavu, kdy je organismus normálně prokrven, nedochází k pocení a nenastává pocit chladu.

Je to stav tepelné pohody, optimální prokrvení organismu, kdy nedochází k pocení a ani nenastává pocit chladu.

Také je to stav, ve kterém člověk vydrží pracovat neomezeně dlouho, stav fyziologické, psychologické a fyzikální harmonie mezi člověkem a okolím. [1,7]

Optimální termofyziologický komfort podle [1] nastává za těchto podmínek:

- teplota pokožky 33-35°C,
- relativní vlhkost vzduchu 50±10%,
- rychlost proudění vzduchu 25±10 cm.s⁻¹,
- obsah CO₂ 0,07%,
- nepřítomnost vody na pokožce.

Je tedy nutné konstruovat oděvy tak, aby jejich schopnosti přenosu tepla, kapalně i plynné vlhkosti a někdy i vzduchu zajišťovaly při nošení optimální hodnoty. [1]

2.1.1 Termoregulace lidského těla

Termoregulace je schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu v přesně vymezených mezích, přestože příjem a ztráty tepla neustále kolísají. Člověk si udržuje teplotu vnitřního prostředí, která kolísá v rozmezí ± 4 °C okolo průměrné teploty 36-37 °C. Toto kolísání je způsobeno vnitřními i vnějšími vlivy. Termoregulace je proces, který slučuje fyziologické procesy řízené centrálním nervovým systémem. Hlavním úkolem termoregulace je udržovat tělesnou teplotu na optimální hodnotě. Termoregulace funguje na bázi metabolických přeměn. Ty probíhají buď jako fyzikální, nebo chemické. V podstatě jde o zpětnovazební řídicí systém (obvod), který zahrnuje senzory (receptory), řídicí obvod a aktuátory (efektory). Dohromady zajišťují udržení příznivých podmínek pro lidský organismus. [1,8]

- Chemická přeměna – je to hlavně látková výměna závislá na fyzické zátěži organismu a na jeho činnosti. Největší množství produkovaného tepla je při namáhavé činnosti. => **tvorba tepla**
- Fyzikální přeměna – termoregulace zahrnuje podíly jednotlivých odvodů tepla z organismu. => **tvorba a výdej tepla** [1]

Termoregulační systém využívá v podstatě srdečního oběhu jako vitálního mechanismu k termoregulaci, projevující se kontrakcí a dilatací cév podle měnících se vnějších tepelných podmínek. Při vysokých teplotách okolí se zvyšuje tepová frekvence i průtok krve umožněný tzv. vasodilatací – zvýšeným průřezem cév. Tím se teplotní profil v celém objemu těla vyrovnává, teplota kůže vzrůstá a roste i přenos tepla konvekcí do okolního vzduchu, pokud tento je alespoň o 1-2 °C chladnější.

Zvýšení kožní teploty lze dosáhnout i pitím horkých nápojů. Tím lze paradoxně dosáhnout vyšší úrovně termofyziologického komfortu. Naproti tomu vasokonstrikce vede k omezení průtoku krve periferními částmi těla i pokožkou, kožní teplota klesá a klesají i tepelné ztráty do okolí. Tím v kritických situacích dojde k úsporám tepelné energie, která může být použita k zajištění konstantní teploty mozku a vnitřních orgánů důležitých k zachování života jedince. Nástupu vasokonstrikce předchází vznik třesu velkých svalových skupin (stehen), čímž se dočasně zvýší tvorba tepla oxidací glukózy ve svalových buňkách.

Tepelná rovnováha lidského těla představuje vyrovnanost mezi teplem generovaným metabolickými přeměnami a tepelnými ztrátami. Pokud dojde k nerovnováze, teplota těla začne buď narůstat, nebo klesat. K udržení přibližné rovnováhy si člověk intuitivně vytváří nad povrchem těla vnější mechanickou tepelnou bariéru představovanou vhodným oblečením. [1,8]

Pro tepelnou rovnováhu platí rovnice 1, kde Q_M značí vnitřní metabolický vývin tepla v lidském těle, Q_{DP} je tepelná ztráta difúzí vodní páry povrchem těla, Q_V je tepelná ztráta odpařováním potu z povrchu těla, Q_{RL} značí tepelnou ztrátu latentní respirací, Q_{RS} značí tepelnou ztrátu suchou respirací, Q_R je přenos tepla sáláním z povrchu oděného těla, Q_C udává přenos tepla konvekcí z povrchu oděného těla a Q_{KO} znamená přenos tepla z povrchu těla na vnější povrch oděvu (vedení tepla oděvem). [8]

$$Q_M - Q_{DP} - Q_V - Q_{RL} - Q_{RS} = Q_R + Q_C = Q_{KO} \quad [W] \quad (1)$$

2.1.1.1 Tepelný komfort

Tepelný komfort – tělo je v tepelné rovnováze, žádný svalový třes ani rozšiřování cév, žádné základní pocení (relativně suchá kůže), teplota kůže mezi 32-34 °C, žádná akumulace tepla nebo ztráty. Lidské tělo je tepelný stroj vytvářející si své vlastní teplo, přijímající teplo z okolí a také odvádějící teplo do svého okolí. [1]

Tento proces v těle vystaveného intenzivnímu toku tepla nebo chladu silně ovlivňuje jeho fyziologickou a psychologickou činnost, a tedy i jeho pracovní schopnost a zdraví. Toto se týká pracovníků v určitých oborech například o hutníky, horníky, strojaře, skláře a geology. [9]

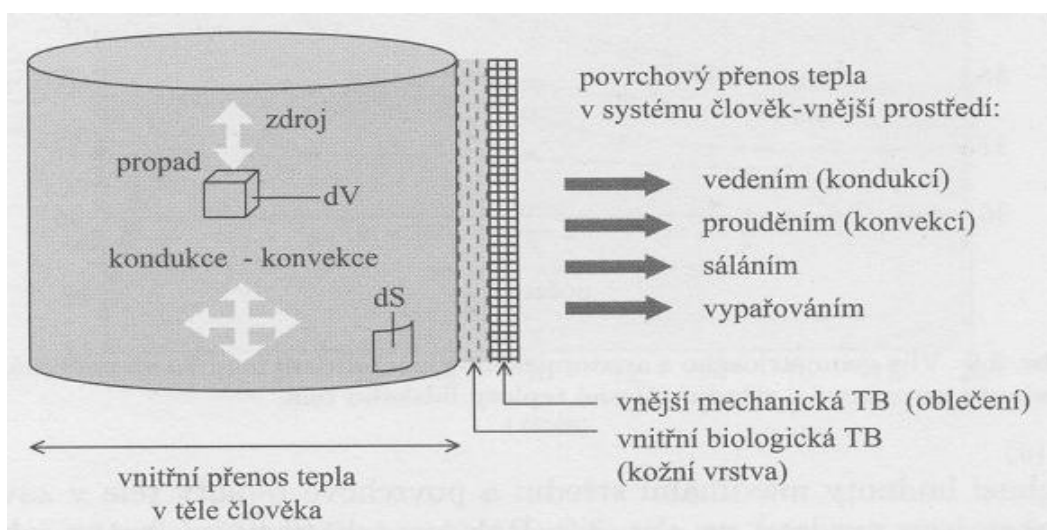
Oděv je tedy ochranný systém, ve kterém dochází k prostupu tepla a vlhkosti. Prostup tepla a vlhkosti pak závisí na konstrukci, střihu, použitém materiálu a ostatních parametrech oděvu. Oděv také napomáhá termoregulaci organismu v takových případech, kdy tělo není samo schopno samoregulace. [9]

3. Přenos tepla

Sdílení tepla je přenosový (transportní) jev, při kterém dochází k předávání tepla z míst o vyšší teplotě do míst o nižší teplotě. Předpokladem k předávání tepla je existence nerovnoměrného rozložení teploty v prostoru, tzv. teplotního pole. Nemění-li se teplota v jednotlivých bodech tohoto prostoru, můžeme teplotní pole označit jako stacionární (ustálené) teplotní pole.

K přestupu tepla dochází v obecném případě působením tří základních druhů sdílení tepla, a to: vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí) a zářením (radiací) či sáláním. Dále pak případně i evaporací (odpařováním potu) a respirací (dýcháním).

K zajištění tepelných podmínek pro člověka v pracovním prostředí je třeba vytvořit stav blízký tepelné rovnováze, při níž přívod tepla odpovídá tepelným ztrátám těla. Na vytvoření stavu tepelné rovnováhy a pocitu pohody (komfortu) působí teplota, rychlost a absolutní vlhkost okolního prostředí, teplota sálajícího zdroje, vnitřní metabolismus a tepelný odpor oděvu. Základní význam v řízení přenosu tepla mezi tělem a okolním prostředím má vnitřní tepelná bariéra těla, vytvářející přirozenou ochranu těla před jeho přetížením teplem nebo chladem. Tato bariéra tvoří nedílnou součást již zmíněného termoregulačního systému. Další důležitou roli v přenosu tepla v systému člověk – vnější prostředí hraje též vnější tepelná bariéra, představovaná oblečením. Schéma přenosu tepla v systému člověk – vnější prostředí je uvedeno na obrázku číslo 1. [1,8]



Obrázek 1: Přenos tepla v systému člověk - vnější prostředí [8]

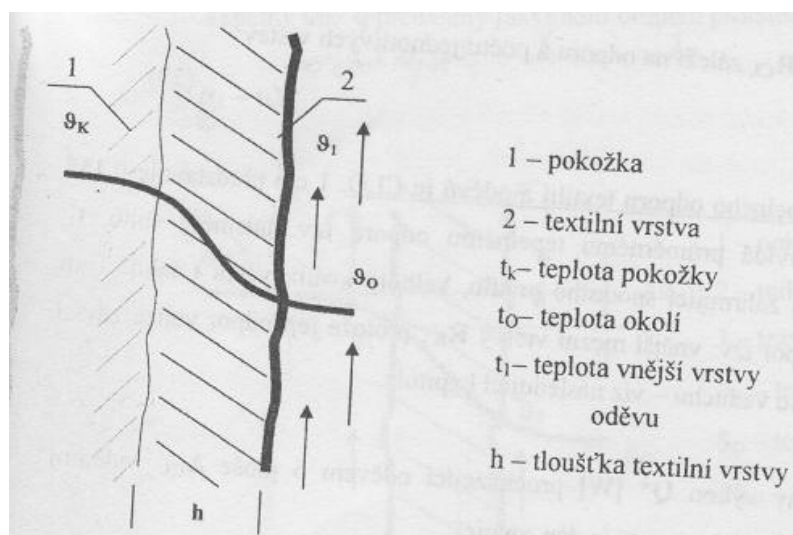
Vnitřní přenos tepla zahrnuje vedle kondukce i konvekce též tepelné zdroje a propady. Při povrchu těla se nachází v oblasti kožní vrstvy vnitřní biologická tepelná bariéra a nad ní vnější mechanická tepelná bariéra, představovaná oblečením. Povrchový přenos tepla z těla do okolí se děje vedením, prouděním, sáláním a vypařováním. [8]

3.1 Přenos tepla vedením – kondukce

Kondukcí ztrácíme teplo (až 5 %) tehdy, je-li kůže v kontaktu s chladnějším prostředím. Celý proces funguje na bázi předávání kinetické energie, teplota okolí musí být nižší než teplota těla. Čím vyšší je tento rozdíl, tím je přenos tepla vedením rychlejší. Nezáleží jen na rozdílu teplot, ale i na tloušťce vrstvy přilehlého oděvu, množství statického vzduchu v oděvu a na vnějším pohybu vzduchu.

Fyzikální podstata děje spočívá v pohybu strukturálních částic hmoty. V plynech se uskutečňuje difúzí molekul a atomů, v kapalinách a dielektrických pevných tělesech pružným vlněním, v kovech difúzí volných elektronů. Vedení tepla se uskutečňuje především v pevných tělesech a v kapalinách.

V lidském těle jde o přenos tepla chodidly, zadní částí těla při sezení či spánku, ale vedení tepla je také hlavní mechanismus přenosu tepla v tenkých vrstvách v oděvních systémech. Stručné schéma je vyobrazené na obrázku číslo 2. [9]



Obrázek 2: Přenos tepla kondukcí [1]

Základním zákonem pro vedení tepla je pro Fourierův zákon (rovnice 2) vyjadřující úměrnost mezi tokem tepla q^* [$W.m^{-2}$], tepelnou vodivostí λ [$W.m^{-1}.K^{-1}$] a teplotním gradientem $grad\ t$.

$$q^* = -\lambda \cdot grad\ t \quad [W.m^{-2}] \quad (2)$$

Záporné znaménko ukazuje, že tepelný tok a teplotní gradient mají jako vektory opačný smysl, tj. že se šíří ve směru klesající teploty. [9]

Při hodnocení tepelného komfortu je velice významným vztahem tepelný odpor R [$m^2.K.W^{-1}$] (rovnice číslo 3) deskových materiálů, jako jsou plošné textilie, tenké vzduchové vrstvy a jiné, o tloušťce h [m]. [1]

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad [m^2.K.W^{-1}] \quad (3)$$

Tepelný odpor vzduchové vrstvy v oděvu dosahuje maxima, když $h=5mm$, u silnějších vrstev tepelný odpor klesá, protože se uplatňuje volná konvekce. Celkový odpor oděvu R_{CL} (rovnice 4) záleží na odporu a počtu jednotlivých vrstev. [1]

$$R_{CL} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad [m^2.K.W^{-1}] \quad (4)$$

Podle Fourierova zákona, kde homogenní neomezenou rovinou stěnou, s povrchy, které jsou udržovány na nestejných teplotách, prochází tepelný tok Q^* (rovnice číslo 5).

$$Q^* = \lambda \cdot \frac{t_{s1} - t_{s2}}{l} \cdot S \quad [W] \quad (5)$$

Kde λ je součinitel tepelné vodivosti materiálu stěny [$W.m^{-1}.K^{-1}$], t_{s1} a t_{s2} jsou časově neměnné teploty izotermických povrchů stěny [$^{\circ}C, K$], l udává tloušťku stěny [m] a S znamená povrch stěny [m^2]. [9]

3.2 Přenos tepla prouděním - konvekce

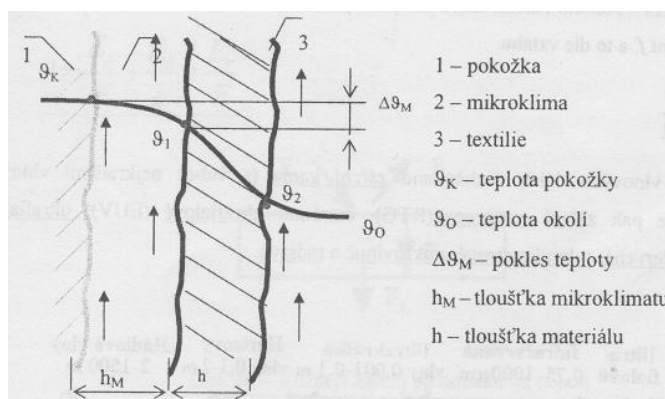
Konvekce neboli sdílení tepla prouděním představuje nejvýznamnější přenos tepla mezi člověkem a okolním prostředím. Je to způsob přenosu tepla v pohybujících se tekutinách, plynech a sypkých látkách. V čisté formě neexistuje, protože je vlastně uvnitř proudící tekutiny nebo na rozhraní pevného tělesa a tekutiny, vždy je doprovázeno vedením tepla. Přenos mezi tekutinou a pevným tělesem se nazývá přestup tepla, ale pouze při jejich těsném kontaktu. Teplo se šíří díky tepelné vodivosti, a to při ohřevu či ochlazení tekutiny. Tento jev se nazývá výměna tepla mezi tekutinou a obtékanou stěnou tuhého tělesa. [9,10]

Newtonova rovnice pro tepelný tok Q^* [W] je rovnice 6.

$$Q^* = \alpha \cdot (t_f - t_s) \cdot S \quad [\text{W}] \quad (6)$$

Kde α je součinitel přestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$], t_f udává teplotu tekutiny [$^{\circ}\text{C}$, K], t_s je teplota stěny [$^{\circ}\text{C}$, K] a S je teplosměnný povrch [m^2]. [9]

Jinými slovy je to teplo přenáшено částicemi tekutin pohybující se rychlostí v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]. V tepelné mezní vrstvě (prostředí mezi objektem a proudícím prostředím) vzniká teplotní spád. Tloušťka mezní vrstvy je rozdílná, a to při tzv. laminárním proudění tekutiny a turbulentním proudění. U turbulentního proudění si trajektorie jednotlivých částic nezachovávají svůj původní směr. Vzájemně se mísí. Na obrázku číslo 3 je uvedeno stručné schéma přestupu tepla prouděním. [1]



Obrázek 3: Přenos tepla prouděním [1]

3.3 Přenos tepla zářením - radiace

Tepelné záření nevyžaduje na rozdíl od obou předcházejících druhů přenosu tepelné energie hmotné prostředí. Přenos se uskutečňuje prostřednictvím elektromagnetického vlnění, které vzniká v důsledku tepelného stavu těles. Vlnění se šíří prostorem o rychlosti $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při dopadu na povrch jiných těles nebo jejich průchodem se mění částí zářivé energie zpět na energii tepelnou. I lidské tělo může přijímat či vydávat teplo radiací. Přenos je závislý na teplotě okolního prostředí a vlhkosti. O výdeji tepla se mluví tehdy, když je okolní teplota nižší než teplota lidského těla.

Tomuto záření, které má vlnový charakter o délce vlny λ , lze také přiřadit frekvenci záření f , a to dle vztahu, který popisuje rovnice 7.

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (7)$$

Podle vlnových délek se rozlišuje záření gama (nejkratší vlnové délky), dále pak záření rentgenové (RTG), extrémní ultrafialové (EUV), ultrafialové, optické, infračervené, submilimetrové, mikrovlnné a radiové.

Na povrch Země dopadá ultrafialové záření UVA (320 až 400 nm) a UVB (280 až 320 nm), infračervené paprsky a viditelné světlo. Nejškodlivější záření o vlnové délce méně než 240 nm je naštěstí absorbováno kyslíkem, ozón zase absorbuje záření v rozmezí 230 až 290 nm). Kosmické záření, gama paprsky, rentgenové záření a UVC záření (200 až 280 nm) tudíž na povrch země nedopadnou. [1,9]

4. Přenos vlhkosti

Sdílení vlhkosti je přenosový jev, při kterém dochází k předávání vlhkosti z místa větší relativní vlhkosti do míst s menší relativní vlhkostí. Přenos vlhkosti se uskutečňuje pomocí molekulární difúze a pomocí konvekce. Ve všech případech je nedílnou součástí přenosu vlhkosti také přenos tepla, které je přenosem vlhkosti přímo ovlivněn. Častými případy, kdy dochází k přenosu vlhkosti, jsou například vlhčení a odvlhčování vzduchu při klimatizaci či transportu vlhkosti daným materiálem. [1]

4.1 Odvod plynné vlhkosti prouděním

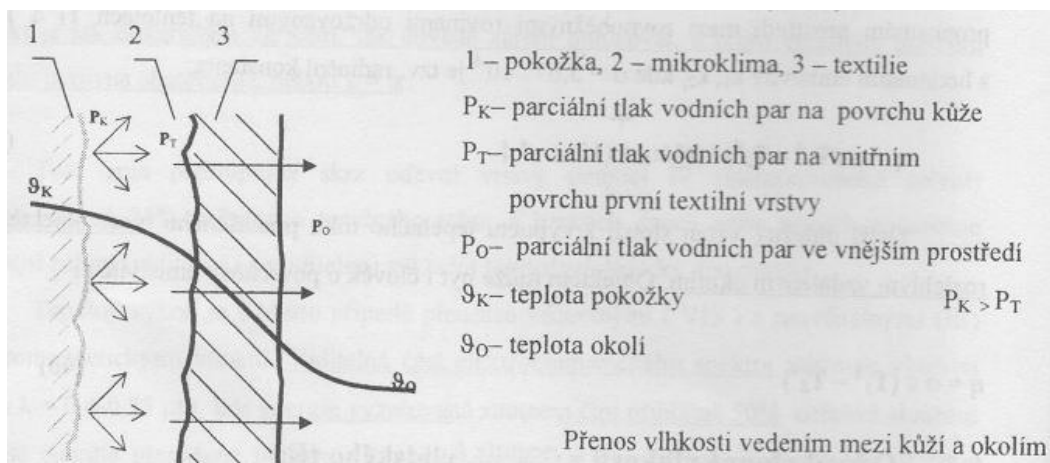
Stejně jako teplo, může být i plynná vlhkost ve formě vodní páry přenášena vedením a prouděním. Závisí to na gradientu (rozdílu) mezi koncentrací nasycené páry nebo parciálním (nasyceným) tlakem p_{WSAT} [Pa] na povrchu těla – lidské pokožky a aktuální koncentrací vodní páry – jejím parciálním (nasyceným) tlakem p_{WE} [Pa] v okolním prostředí. Opačný poměr těchto parametrů vynásobený 100 se nazývá relativní vlhkost φ [%]. [1]

Podle Hese [1] se při dostatečném gradientu parciálních tlaků z povrchu kůže odvede tepelný tok q [$W.m^{-2}$] (viz. rovnice 8), který se rovná násobku odparu vlhkosti m^* [$kg/(m^2.s)$] a výparnému teple vody L , kdy při 20°C má hodnotu cca 2,4 MJ.kg⁻¹.

$$q = m \cdot L \quad [W.m^{-2}] \quad (8)$$

Přenos vlhkosti prouděním nastává, když je vodní pára přenášena částicemi tekutin, a to za předpokladu, že mezi první vrstvou textilií a pokožkou je mezní vrstva. Právě tato vrstva umožňuje proudění částic a částečný pokles teploty. [1,7]

Přenos vlhkosti vedením neboli difúze nastává, když je oděvní systém uzavřen a mezi jednotlivými vrstvami textilií jsou malé mezery. V tomto případě můžeme mluvit o odvádění vodní páry vedením, jako je znázorněno na obrázku číslo 4.



Obrázek 4: Přenos tepla vedením [1]

Podle zdroje [1] se v 1. Fickově zákonu uvádí, že množství páry $m^* [k.(m^2.s^{-1})]$ je přenášeno vzduchovou mezerou tloušťky $h[m]$, zároveň je úměrné difúznímu koeficientu $D_p [kg . m^{-1}.s^{-1} . Pa^{-1}]$ a gradientu (rozdílu) parciálního tlaku $\Delta p_{parc}/\Delta x$. Vyjadřuje ho následující rovnice 9.

$$m^* = -D_p . \Delta p_{parc}/\Delta x = -D_p . (p_{WSAT} - p_{we})/h \quad [kg.m^{-2}.s^{-1}] \quad (9)$$

Na místo gradientu tlaku vodní páry může být také použit gradient koncentrace hmotnosti $C [kg H_2O/1 kg \text{ vlhkého vzduchu}]$ (viz. rovnice 10).

$$m^* = -D_C . \Delta C/\Delta x = -D_C . (C_{WSAT} - C_{WE})/h \quad [kg.m^{-2}.s^{-1}] \quad (10)$$

Rozdíl mezi oběma tvary difúzního koeficientu je dána stavovou rovnicí plynu číslo 11 obsahující molární koncentraci vodní páry M_W , obecnou plynovou konstantu R a absolutní teplotu vodní páry T . [1]

$$D_p = D_C . M_W/RT \quad (11)$$

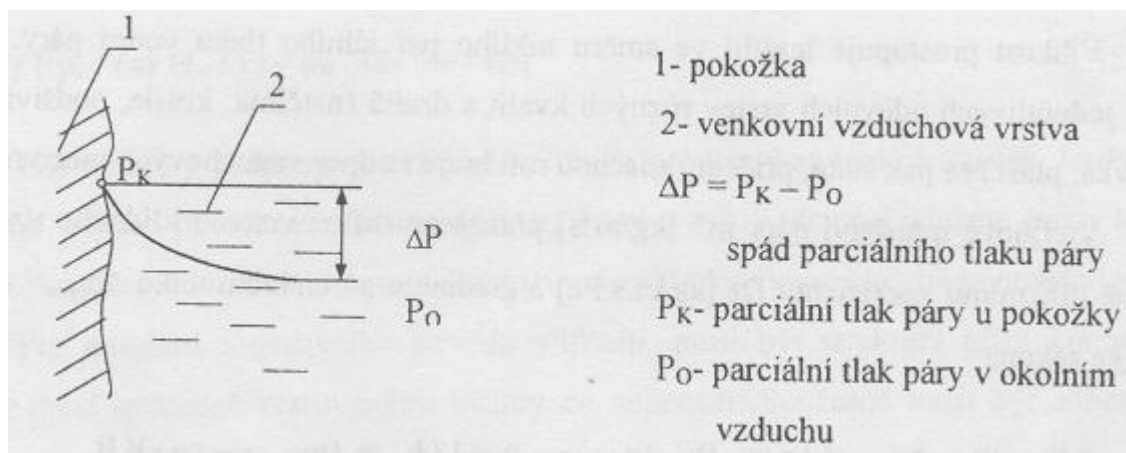
4.2 Odvod kapalné vlhkosti

Lidský organismus v rámci své termoregulační činnosti produkuje vodu ve formě potu. Při teplotách kůže do 34 °C uvolňuje lidské tělo do okolí asi 0,03 l.h⁻¹ potu a při překročení této teploty může uvolnit až 0,7 l.h⁻¹. Ochlazení vzniká právě při odpaření potu, proto je poslední dobou velmi sledovaná hodnota paropropustnosti, která je u oblečení s membránou velmi důležitou hodnotou.

U volného povrchu kůže je jedinou podmínkou odparu dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry. Kde ΔP je spád parciálních tlaků páry, P_K parciální tlak páry u pokožky, P_O parciální tlak páry v okolním prostředí vzduchu. Celé to znázorňuje rovnice číslo 12.

$$\Delta P = P_K - P_O \quad (12)$$

Obrázek číslo 5 ilustruje odvod vlhkosti z volného povrchu kůže (1 pokožka) odparem, 2 představuje venkovní vzduchovou vrstvu.[1]



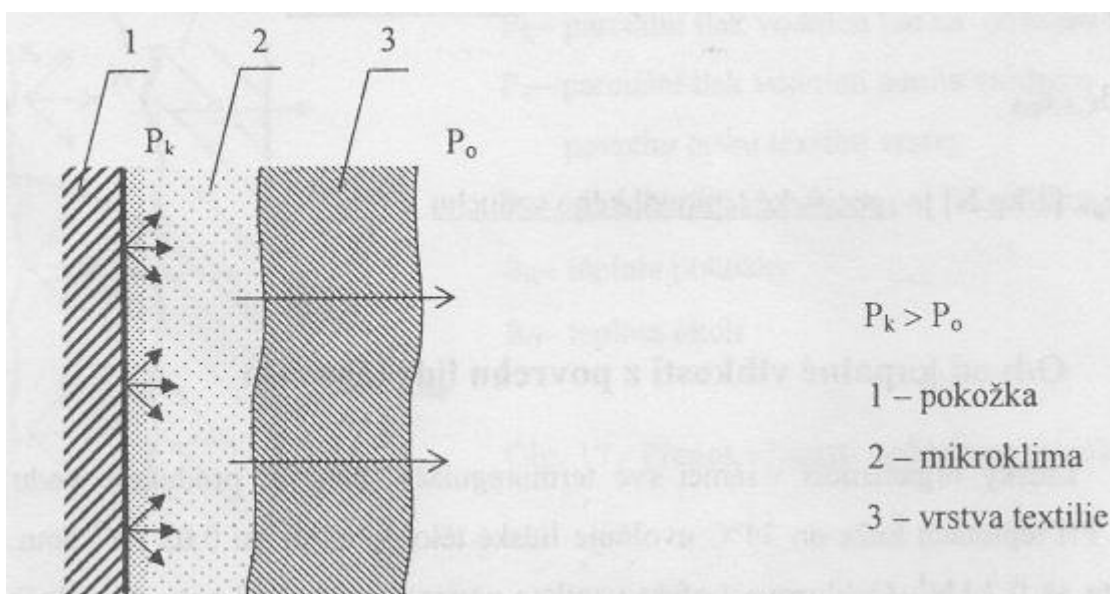
Obrázek 5:Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže odparem [1]

U oblečeného člověka je situace složitější, neboť transport vlhkosti se řídí jinými principy: difúzí, kapilárně, sorpčně. U oblečení s membránou se uplatňuje difúzní princip. [11]

4.2.1 Odvod kapalné vlhkosti difúzí

Difúzní prostup vlhkosti z povrchu kůže přes textilii je realizován prostřednictvím pórů. Pára je přenášena vedením – difúzí díky kanálkům, které jsou v jednotlivých částech oděvu.

Vlhkost prostupuje textilií od nižšího parciálního tlaku vodní páry. Difúzní odpor jednotlivých oděvních vrstev různých kvalit a druhů (nátělník, košile, podšívka, sako, plášť) se pak sčítá, přičemž značnou roli hraje i odpor vzduchových mezivrstev. Odvod kapalné vlhkosti difúzí znázorňuje obrázek číslo 6. Právě tyto póry ovlivňují kapilární odvod, a to díky jejich velikosti a křivosti. [1,11]



Obrázek 6: Difúzní odvod [1]

Vteřinové množství páry m^* [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$] přenášené difúzí vrstvou klidného vzduchu je úměrné difúznímu koeficientu D_p [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}$] a gradientu parciální tlaku $\Delta p_{\text{parc}}/\Delta x$ podle Fickova zákona v rovnici 13:

$$m^* = -D_p \cdot \Delta p_{\text{parc}} / \Delta X = -D_p \cdot (p_{\text{WSAT}} - p_{\text{WE}}) / h = (p_{\text{WSAT}} - p_{\text{WE}}) / R \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (13)$$

4.3 Propustnost textilií pro vodní páry

Propustnost textilií pro vodní páry se hodnotí pomocí výparného odporu R_{ET} ($\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$) podle ISO 11092. Čím nižší je hodnota R_{ET} , tím je propustnost textilie pro vodní páry vyšší. Tedy čím menší hodnota (menší odpor), tím materiál lépe „dýchá“, tedy propouští vodní páry, v případě lidského těla pot. Dříve uznávaná jednotka $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ hod}^{-1}$ se pak označuje jako propustnost vodních par a je měřena podle ASTM E96 - BWA ISO 2528. Nevýhodou této jednotky je okolnost, že z ní není ihned patrné, při jaké vlhkosti vnějšího vzduchu k příslušné propustnosti dochází. Pro měření výparného odporu se používá přístroj Permetest (viz. Praktická část). Klasifikaci propustnosti textilií pro vodní páry v obou jednotkách je dle stávajících norem ISO v tabulce číslo 1. [1,38]

Tabulka 1: Klasifikace propustnosti textilií pro vodní páry

$R_{ET} < 6$	velmi dobrá	nad 20 000 [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ hod}^{-1}$]
$R_{ET} 6-13$	dobrá	9 000-20 000 [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ hod}^{-1}$]
$R_{ET} 13 - 20$	uspokojivá	5 000-9 000 [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ hod}^{-1}$]
$R_{ET} > 20$	neuspokojivá	pod 5 000 [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ hod}^{-1}$]

5. Outdoorové textilie

V následující kapitole jsou vysvětleny dva základní termíny outdoor a outdoorové oblečení.

Outdoor

Jsou to veškeré aktivity, které probíhají mimo uzavřené prostory (z angl. *.out* - mimo, za; *door* – dveře). Dnes je tento termín všeobecně chápán jako značení oboru „pobyt v přírodě“, především jako způsob trávení volného času.

Označení outdoor se ujalo také jako obchodní označení – prodává se outdoorové oblečení, pořádá se outdoorový veletrh. Asi nejpřesnější je tedy napsat, že outdoor je segment trhu. Outdoorové zákazníky spojuje pobyt v přírodě, nákupní zvyklosti, představy o vybavení i styl. [39]

Outdoorové oblečení - je termín pro oblečení, které oblékáme v případě potřeby vykonávat určitou většinou sportovní činnost ve volné přírodě, vystaveni přitom po delší dobu rozmarům počasí a klimatickým podmínkám.

Jeho úkolem je ochránit nás po delší čas především před chladem, větrem a deštěm. Kvalitní moderní outdoorové oblečení je zároveň vysoce paropropustné pro naše tělesné výpary, mechanicky odolné, pohodlné, vysoce spolehlivé a promyšlené po všech stránkách. [39]

outdoorové aktivity: pěší turistika, horolezectví, cyklistika, jízda na koni, vodáctví, tábornictví, geocaching, paragliding, kanoistika, kiting, trekking, skialpinismus, expediční činnost,...

outdoorové oblečení: boty, bundy, kalhoty, čepice, termoprádlo, trika, mikiny, ponožky, ...

Zasloužilí milovníci přírody a provozovatelé outdoorových aktivit by zřejmě řekli, že neexistuje špatné počasí, ale jen nevhodné oblečení. Proto se výrobci, kteří se specializují na výrobu sportovních oděvů, snaží pomocí výzkumu a vývoje uspokojit požadavky potenciálních zákazníků (prodejny, obchodní domy apod.) a přání spotřebitelů jako takových. Spokojený zákazník se rád vrací a hlavně doporučuje. Z toho vyplývají konkurenční výhody a zisky.

5.1 Materiály pro outdoorové oděvy

Na outdoorové produkty jsou ve velké míře používány laminované textilie – viz níže. Zejména k zajištění ochrany proti povětrnostním vlivům. Největší použití těchto ochranných sportovních oděvů je pro pěší turistiku, cyklistiku a horolezectví. Jsou zde stále více laminované textilie používané na rukavice, čepice, ponožky, boty a dokonce i svetry. Existují různé úrovně vyžadované ochrany, což má za následek mnoho produktů s různými požadavky na úroveň výkonu, kvality a samozřejmě i ceny. [12]

5.1.1 Vlastnosti outdoorových textilií

Vývoj oblečení má za sebou dlouhou cestu od pravěkých kožešin, které splňovaly jen omezený komfort, až po dnešní inteligentní materiály, které jsou schopny sloučit několik schopností do jediného kusu oblečení. Zatím nebyl vyvinut materiál pro každou aktivitu a do každého počasí. Avšak textilie pro outdoorové oblečení jsou vyrobeny z materiálů, které vykazují kombinaci několika funkčních vlastností. Obvykle se požaduje vysoký komfort nošení a současně ochrana proti nepříznivým vnějším vlivům. [13]

Spotřebitelé oceňují, když oděv určený pro outdoorovou aktivitu neomezuje pohyb těla, je lehký, odolný proti povětrnostním vlivům (je větru odolný, vodě odolný) a je v něm příjemně (tj. např. příjemný omak, teplo). Zkrátka aby mu nic, co se oblékání týče, nebránilo ve výkonu jeho oblíbené sportovní činnosti. Pro komfort a kvalitu je také důležitá konstrukce, jednoduché oblékání (zapínání apod.), snadno udržovatelné a rychleschnoucí oblečení příjemné na pohled.

Pohodlí vysoce výkonných oděvů je důležité, a dokonce v některých případech je životně důležité pro přežití. Lidské tělo musí být totiž udržováno v úzkém rozmezí teplot, aby nedošlo ke ztrátě pohodlí nebo dokonce ke smrti. [12]

Z vnější strany je většinou požadovaná hydrofobita a z vnitřní strany vysoká propustnost pro vodní páry. Tyto vlastnosti jsou dále kombinovány s jinými vlastnostmi (termoizolační, vysoká pevnost, odolnost v oděru, udržovatelnost, splývavost, příjemný omak, estetičnost a zároveň příjemná cena). [13]

Ochrana proti dešti nebo vodě je důležitá, protože hlavně voda může uvést tělo mimo tělesnou teplotu mnohem rychleji než vzduch. Voda může také způsobit rozdílnou tepelně izolační vrstvu vaty nebo vlasový materiál může ztratit svou tloušťku, tak se stává méně účinným, aby drželo tělo v teple. [12]

Propustnost vodních par, vzduchu, vody, tepelný odpor a navlhavost mají velký vliv na hodnocení hygieničnosti oděvu. Tyto jmenované vlastnosti pomáhají regulovat oděvní mikroklima, které ovlivňuje pocity člověka a pracovní schopnosti pro nošení daného oděvu. Téměř vždy jde o prostup kombinovaný. To znamená, že při prostupu vlhkosti se připojuje prostup tepla nebo vzduchu. [13]

Pohodlí je tedy zásadním předpokladem nejen pro potěšení, ale také důležité pro bezpečnost, protože u potenciálně nebezpečných sportů jako je jachting a horolezectví nesmí naše rozhodnutí ovlivnit pocit diskomfortu. [12]

5.1.2 Vrstvení oděvů

Hlavním a nejdůležitějším úkolem vrstvení je koordinace a transport tepla a vlhkosti od těla. Zabráni se tím vzniku nepříjemných vjemů – pocitů a vzniku diskomfortu (pocit chladu či vlhka). Těmto pocitům se snažíme předcházet. Proto musíme prádlo správně vrstvit. Každá vrstva musí odvádět vlhkost od pokožky. Spodní vrstva musí přiléhat na tělo, další vrstva zajišťuje tepelnou izolaci a také odvod vlhkosti od první vrstvy do okolí. Nejvhodnějším materiálem pro tzv. druhou vrstvu je lehký a teplý materiál, který slouží jak izolační vrstva a rychle schne. Třetí vrstva slouží jako ochrana před nepříznivými vlivy počasí, odvádí vlhkost od spodní vrstvy, může chránit před UV zářením. [1]

Podstata zabránění pocitu diskomfortu spočívá v regulaci tělesné teploty svlékáním nebo oblékáním jednotlivých vrstev. Výhoda je, že ve vícevrstevném oděvu je uzavřeno více vzduchu, ve vzduchové mezeře pak nedochází k volné konvenci, a to přispívá k tepelnému odporu oděvu. Člověk se cítí komfortně a je schopen dosahovat vyšších výkonů. [1]

Obrázek číslo 7 znázorňuje všechny tři základní vrstvy, tak jak by si je provozovatel outdoorových aktivit měl správně navlékat.



Obrázek 7: Vrstvení oděvů [38]

1. VRSTVA TRANSPORTNÍ (komfortní) – termo prádlo, ponožky – odvádí od pokožky vlhkost
2. VRSTVA IZOLAČNÍ – zimní termoprádlo, mikina, udržuje tělesnou teplotu, teplo
3. VRSTVA OCHRANNÁ – svrchní oblečení – ochrana proti vnějším vlivům

Vrstva první - Základní vrstva, která se navléká přímo na tělo, odvádí tělesnou vlhkost (pot) rychle od těla a tím zabraňuje ochlazování nebo přehřívání těla. Vyrábí se buď z přírodních vláken - např. z bavlny, častěji však z nenasákavých hydrofilních syntetických materiálů (polypropylen, polyamid, polyester), které jednak izolují a zároveň umožňují odvod (transport) kapalné vlhkosti od povrchu těla směrem ven. Do této skupiny patří veškeré termoprádlo (Moira, Klimatex atd.). Bavlněná trička jsou pro vyšší fyzické výkony v zimě nevhodná, protože nasáknou a nemají schopnost odpařovat vlhkost z těla ven. Jsou tedy ideální pro nenáročné aktivity. Na spodní část těla volíme kalhoty s krátkými nebo dlouhými nohavicemi.

Současně musí být prádlo tělu co nejpříjemnější, nealergické a u teplejších provedení má zlepšovat tepelnou izolaci.

Český výrobce termoprádla a dalších funkčních výrobků Jitex vyvíjí produkty pro optimální odvod vlhkosti od těla, také udrží pokožku nositele v suchu a umí stabilizovat tělesnou teplotu. Například prádlo z polypropylenu, díky své nulové nasákavosti, transportuje pot dále od pokožky, a to buď do prostoru, nebo do další oděvní vrstvy. Funkční výrobky z jejich nabídky jsou vhodné jak do extrémních podmínek při práci, či při sportovních aktivitách, tak i k běžnému pobytu v přírodě a ke každodennímu nošení.

„Využitelné vždy, když uživatel potřebuje být v teple, suchu a v pohodě. Díky funkčnímu prádlu už nikdy neprochladnete!“ Uvádí o svém zboží firma Jitex. [39]

Materiály: Coolmax, Coomax, Coolmax sobec, Thermolite, becool, seamless, Polartec power stretch nízké gramáže, flees, Bamboo a Cool-dry na letní použití [13, 38]

Vrstva druhá – Tato vrstva pokrývá první vrstvu, odvádí vlhkost z komfortní vrstvy a zároveň udržuje tělesné teplo. Jsou to materiály rozmanitých druhů izolačních vláken a tkanin. Nejčastěji jsou to materiály syntetické, které neabsorbují vlhkost, a proto si díky menší absorpci vody uchovávají dobré izolační vlastnosti. Kromě toho má syntetika oproti přírodním vláknům i větší schopnost transportu vlhkosti. Ve srovnání s přírodními izolačními materiály syntetické mnohem rychleji schnou. Zde patří fleese, který je lehký, teplý, nadržuje vlhkost, rychle schne a dá se nosit samostatně. Tato vrstva už si klade nárok na hezký libivý design.

Materiály: Polartec – Power stretch, Clasic, Thermal pro, Windpro, Windbloch, Supertherm, Fleese

Třetí vrstva – Tato vrstva hraje klíčovou roli. Musí uchovávat izolační vrstvy pod sebou suché, aby se zabránilo nežádoucím ztrátám tepla. Musí být nepromokavá, aby zabránila přístupu vody z vnějšího prostředí, a zároveň musí chránit izolační vrstvy před akumulací vlhkosti vzniklé pocením zevnitř. Proto se na vrchní vrstvu používají různé materiály s membránou – lamináty se zátěry a nebo s impregnací. Tyto materiály zabraňují proniknutí větru a vody do systému oblečení. Materiál je proto robustní a často se používá Ripstop. Tato vrstva má i funkci izolační a je větruodolná, zabraňuje ztrátě tepla. Hraje tedy nejvýznamnější roli v systému vrstvení oblečení. Používají se materiály jako Gore – tex, Sympatex, Toray. [13]

Hlavní zdroj ztráty tepla je konvekce (proudění, vítr). Proto je jedním ze základních požadavků na moderní materiály u izolační a svrchní vrstvy větruodolnost. (Polartec, Windpro, Windbabrier, EVENT).

Dalšími významnými zdroji ztráty tepla je přímý kontakt a vedení (kondukce). Rozlišuje se ztráta tepla vedením suchou a mokrou cestou. Ztráta tepla mokrou cestou je přitom 32 krát rychlejší než suchou cestou! Čili vlhká nebo mokrá izolační vrstva (košile, spací pytel...) výrazně zvyšuje ztrátu tepla. Jedinou žádoucí ztrátou tepla je odpařování (pocení), kterou se organismus snaží bránit před přehřátím, proto naše izolační vrstva musí být maximálně paropropustná.

Je nutné mít všechny tři vrstvy z funkčních materiálů. Jinak požadovaný efekt komfortu nebude takový a mohl by spíše způsobit jev opačný. [13,38]

5.2 Sendvičové textilie

Jako vrchní materiály pro zhotovení outdoorových oděvů se používají tzv. sendvičové textilie. Sendvičové textilie jsou spojené vrstvy za pomoci pojiva ze dvou a více tkanin nebo i jiných např. pěnových materiálů s cílem vytvořit finální produkt s vlastnostmi požadovanými pro daný účel použití.

Sendvičové textilie jsou vytvořeny pomocí procesu laminace dvou a více vrstev materiálů, kde aspoň jedna z nich je textilie a druhá z nich je v podstatě kontinuální polymerní vrstva (membrána) = tzv. laminované textilie.

Cílem laminace je vytvořit multivrstvou konstrukci (sendvič) s vlastnostmi, které jednotlivé vrstvy samotné nemohou dosáhnout. Při laminaci jsou důležitými parametry teplota, čas, tlak. [14]

Sendvičová textilie je například vytvořena plošným spojením textilie s fólií pružné polyuretanové pěny, roztoku, disperze apod. Spojení se provádí za tepla nebo jinými způsoby, při kterých se povrch polyuretanové fólie roztaví a vzniklá lepivá tavenina se přitiskne na rub textilie. [15]

Laminované textilie s membránou mají schopnost propouštět vlhkost produkovanou organismem ve formě vodní páry a zároveň zabraňují průchodu vlhkosti z okolí směrem k pokožce. Odolávají působení větru, a tím snižují tepelné ztráty konvekci. [1]

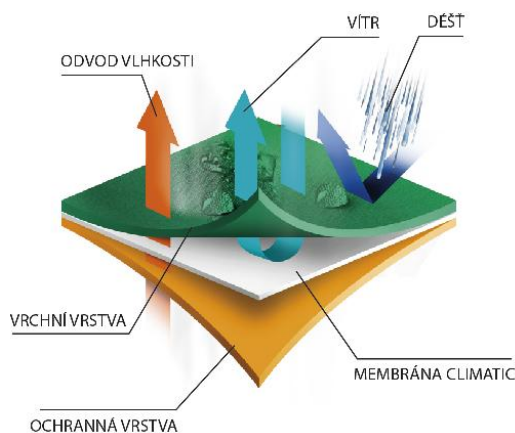
5.2.1 Membrány v oděvním průmyslu

Každý oděvní materiál má své limity, proto se vkládá mezi podšívkový (podšívka není podmínkou) a vrchní oděvní materiál membrána, aby se tyto limity navýšily a textilií udělaly pro zákazníka pokud možno plnohodnotnou. Membrány mají za úkol zvýšit naše pohodlí v oděvní textilií, ať už se jedná o bundu, kalhoty, rukavice či boty.

Membrány se vyrábí z polymerního materiálu, nejčastěji PTFE – polytetrafluoretylen, PL – polyester nebo PU – polyuretan. Tloušťka membrány se pohybuje řádově v jednotkách mikrometrů. Membrána má tři základní funkce: paropropusnost, nepromokavost a větru odolnost. [4]

Membrána má za úkol nepropustit vodu zvenčí, ale umožnit prostup vodních par (potu) ven. Membrána, která zvyšuje vodní sloupec, je větru odolná a především paropropustná. Nepromokavost a větru odolnost jsou vlastnosti, kterých se dá poměrně snadno docílit, například klasická pláštěnka tyto dva předpoklady splňuje, ale už není schopna paropropustnosti a člověk se v takovéto textilií potí, a tudíž se jeho pohodlí minimalizuje. Proto světoví výrobci outdoorového oblečení používají membrány pro docílení těchto tří parametrů.

Na obrázku číslo 8 je vidět jak takováto membrána funguje. Na vrchní materiál padají kapky vody (sníh, déšť). Vrchní oděvní materiál se snaží zamezit proniknutí kapek vody pod textilií, protože i samotný vrchní materiál je naimpregnovaný a chemicky zušlechťený, ale zároveň tak, aby byl paropropustný. Ovšem tento vrchní díl má své limity, proto bývá membrána zlamínovaná s vrchním dílem a podšívkou.[11]



Obrázek 8: Funkce membrány [40]

Membrány musí mít podle Hese [1] tyto základní vlastnosti podmínek:

- propustnost vodních par,
- odolnost proti dešti, tlaku vody,
- dobrou odolnost proti větru,
- odolnost před mechanickým poškozením,
- odolnost v praní a suchém čištění,
- nízkou hmotnost.

Nevýhody:

- vyšší cena ve srovnání s pouhým vrstvením,
- u dvouvrstevných laminátů hrozí nebezpečí poškození membrány, která není chráněna podšívkou,
- švy musí být přelepeny nebo jinak utěsněny, z důvodů průniku vody a větru.

5.2.2 Typy membrán

V dnešní době se vyskytují na trhu dva druhy membrán. Druhy se mohou navzájem doplňovat a kombinovat. Podle převažujícího principu se membrány dělí na:

a) Mikroporézní (hydrofobní) membrána má velké množství mikroskopických pórů, které jsou prostupné pro molekuly páry, ale pro zkondenzované kapky vody jsou příliš malé. Vlastnostmi se podobají lidské pokožce, která dýchá a propouští pot a zároveň nepropouští déšť ani vítr. Ve struktuře se nachází velké množství malých pórů, které jsou uspořádány do labyrintové struktury. Velikost pórů propustí molekulu vodní páry, ale nepropustí kapku deště. Otvory mají průměr do 0,2 mikrometrů a mají asi 500x menší průměr než je kapka jemné mlhy (tím je zajištěna nepromokavost) a zároveň 700x větší než je molekula vody, pot může tedy projít materiálem ve formě vodní páry. Póry jsou rozmístěny chaoticky a mají lomené dráhy, čímž je zajištěna i větruodolnost. [13]

Výrobce mikroporézní membrány je například firma Gore-tex. Je to neporézní polytetrafluorethylenový film, který je vyráběn oboustranným dloužením při vysokých rychlostech. Film má tloušťku 0,2 mm a laminuje se na textilní podklad adhezivními prostředky bodovým nánosem. Film má přibližně 9 bilionů pórů na 1 palec čtverečný. Teflon je stálý v teplotách ± 240 °C a špatně hoří.

b) Neporézní (hydrofilní) membrána se od mikroporézní liší v tom, že neobsahuje žádné póry, jedná se o bezporézní homogenní prvek a přenos vlhkosti je založen na principu, kdy se voda po určité době dostane do membrány, resp. se stane její součástí. To umožňuje, že vodu odvádí nejen jako vodní páru, ale i zkondenzovanou. Kondenzující voda na vnitřní straně membrány je rozváděna do materiálu a chemicky transportována navrch.

Výhodou je minimální zanášení, lepší možnosti elasticity, přenos kapalné fáze vody a vysoké hodnoty vodního sloupce. Nevýhodou je prakticky nulový přenos plynů. Hydrofilní membrány jsou obvykle umístěny mezi vnější a vnitřní látkou. Údržba je jednoduchá a převážně se vystačí s praním v běžných pracích prostředcích při teplotě 30 °C. Tyto membrány absorbují vlhkost na jedné straně a na druhé se vlhkost odpařuje. Výhodou proti porézním membránám je, že materiál je na povrchu hladký a nevstřebává tuk (nedochází k ucpání pórů) a chová se jako textilie, nikoliv jako folie. Tento princip je znám pod obchodním názvem Sympatex.

Nanovláknenné membrány by měly díky své pórovitosti splňovat všechny požadavky kladené na membrány: paropropustnost, větruodolnost a odolnost proti pronikání vody. Například membrána vyrobená z PU má vynikající mechanické vlastnosti, díky kterým splňuje požadavky kladené na membránu u outdoorových oděvů. Díky své pružnosti je odolná i v místech namáhaných na ohyb. [1,13,37]

5.2.3 Laminace

Laminací se rozumí spojení dvou, či více látek stejného, nebo různého určení i složení za pomoci pojiva, tlaku a tepla. Laminací textilie s membránou má být dosaženo lepších funkčních vlastností.

Samostatné zpracování membrán je velmi obtížné, z tohoto důvodu se laminuje na textilní nosič, kterým může být tkanina, pletenina nebo netkaná textilie.

Laminace membrány na vrchovou textilií

Jak již bylo řečeno, laminované materiály vznikají spojením membrány a nosné textilie. Membránové materiály se označují také jako lamináty, a to proto, že ke spojení membrány a nosné textilie je použito procesu laminace (vyjma volně vložené membrány). [37]

Vrchní látka + membrána = dvouvrstvé lamináty

Laminace samotné vrchní látky a membrány má své nevýhody, a to především v tom, že membrána není chráněná, a tak dochází k poškození vlivem tření mezi nositelem a membránou. Další nevýhoda je, že laminát nemá ochranu před znečištěním (např. potem). Samotná odolnost proti proniknutí vody je stejná jako u třívrstvého laminátu, avšak samotný laminát je lehčí a paropropustnější. Dvouvrstvý laminát může být například velmi lehká bunda.

Vrchní látka + membrána + volná podšívka

U dvouvrstvého laminátu bývá často také membrána zevnitř kryta volnou podšívkou. Podšívka je nezávislá a brání před poškozením membrány kontaktu těla s membránou. Nevýhodou ale je, že podšívka sice chrání membránu, ale protože není s membránou zalaminovaná, dochází při nošení ke tření těchto dvou ploch a tím k poškození membrány. Paropropustnost je také horší, jelikož mezi podšívkou a membránou je vzduch, který ovlivňuje odpor vodních par. Vrchní materiál bývá, pro zvýšení odolnosti proti vodě, opatřen hydrofobní úpravou. Laminací s vrchní textilií se sice sníží parametry nepromokavosti a paropropustnosti samotné membrány, ale zlepší se i odolnost vůči poškození, které je dáno odolností vrchní tkaniny. [13,18, 37]

Problém s podšívkou vyřešila například firma Gore-tex u řady s názvem Gore-tex Paclite, a to tak, že má na membránu nanesenou vrstvu karbonových vláken, které membránu ochrání před poškozením. Takový sendvič nazýváme někdy dvou a půlvrstvé lamináty.

Vrchní látka + membrána + podšívka = třívrstvé lamináty

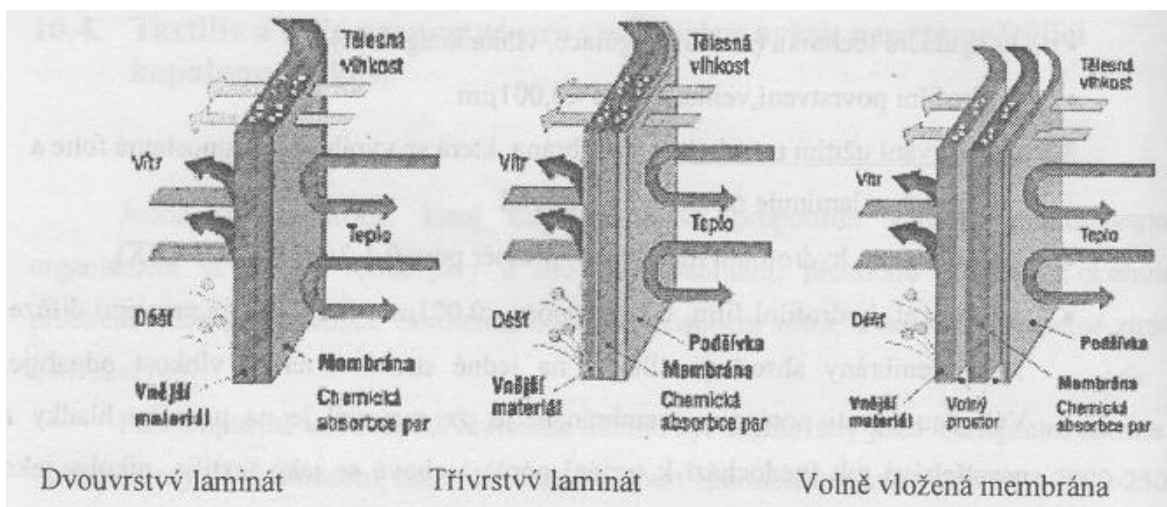
Laminace vrchní látky, membrány a podšívky je nejběžnější, jelikož odpadájí potíže, které se vyskytují u dvouvrstvého laminátu. Membrána je nalaminovaná mezi vnější textilií a podšívku. Vnější textilie, membrána a podšívka tedy tvoří jeden slaminovaný kompaktní celek. Membrána je tak dobře chráněná před nečistotami a třením. Vybraní výrobci v tomto případě dosahují i dobrých hodnot paropropustnosti. Vyznačuje se vysokou odolností proti větru a vodě. Jde o mechanicky nejodolnější kombinaci pro extrémní použití. Výhodou také je, že odpadá další operace, jako je podšívkování. Nevýhodou je, že mají větší tuhost než dvouvrstvé lamináty. Dostatečnou volnost v pohybu lze zajistit elastickým materiálem. Nevytváří také dostatečnou vzduchovou mezivrstvu, jako je to u dvouvrstvých laminátů, a tak tepelné-izolační funkce třívrstvého laminátu může být nižší.

Provedení s volně vloženou membránou

Membrána je volně vložená jako samostatná vrstva mezi podšívku a vrchní materiál, nepoužívá se laminace, tudíž nejde o laminát. Jde o zajímavý způsob, jak zachovat parametry membrány. Prodyšnost z prostoru za membránou směrem ven je omezena vrchním materiálem. Tento typ je vhodný spíše pro městské oděvy. Často se používá u módního oblečení, rukavic či bot. Umožňuje také jakékoli stříhové řešení u materiálů, na které by se špatně laminovalo, nebo by byl problém s podlepením švu, tento způsob není vhodný pro sportovní využití nebo extrémní klimatické podmínky. [13,18, 37]

Toto provedení s volně vloženou membránou je však na ústupu, právě díky zmíněným negativům.

Je tedy zřejmé, že nezáleží jen na kvalitě samotné membrány, ale i na podšívkovém a vrchním oděvním materiálu. Též je potřeba používat funkční oblečení (spodní prádlo, mikina atd.), aby byl komfort co nejlepší. Různé druhy polopropustných textilií znázorňuje obrázek číslo 9.



Obrázek 9: Různé druhy laminátů s membránou [1]

Existuje více metod k vytvoření vrstvené laminace (tzv. sendviče). Laminovací procesy jsou rozděleny do kategorií podle několika kritérií - kombinace, typ podkladu, počet vrstev a způsob spojení. [16]

Způsoby laminování [13]:

- prostřednictvím bodového nánosu pasty a šablony na kalandru,
- za pomoci polyuretanového lepidla střední viskozity mezi dvěma válci a sušení relativně nízkou teplotou 75-120 °C. Válce jsou dvojího typu, horní je ocelový a spodní válec je potažený gumou,
- kaširováním (provádí se prostřednictvím plamene)
- ultrazvukem.

Nánosování

Pro vznik laminátu je třeba nanést a upevnit na textilní materiál pojivo. Tomuto procesu se říká nánosování a může být prováděno více postupy. Pro nánosování musí být sladěna struktura a hmotnost nosné textilie s množstvím a velikostí bodů pojiva. Pojivá vrstva, která se nanáší, může být spojitá, nebo nespojitá. Mělo by se dosáhnout dobré trvalé přilnavosti, snížení rizika prúniku pojiva a podobně. Pro vytvoření laminátu s nízkou tuhostí, měkkým omakem a dobrou propustností pro vodní páry a vzduch se většinou používá technologie nespojitě vrstvy nánosování. [11,17, 30]

Hlavní složkou procesu je kontrola polymeru, jeho účinných látek, množství, správná manipulace a dobrá přilnavost k textilií. Množství polymeru je důležité z hlediska výkonu a ekonomických důvodů. Malé množství polymeru může mít za následek špatnou vodotěsnost, naopak příliš mnoho polymeru bude mít za následek pevnější a tužší tkaninu. Důležité je také postupné vysychání rozpouštědla nebo vody v sušárně. Příliš rychlé sušení může způsobit krátery nebo díry v nátěru. Dále je důležitá rychlost podávání textilie i polymeru, aby byla zajištěna hladká jednotná vrstva polymeru bez záhybů a aby se zabránilo deformaci potažené textilie pod tlakem nebo tahem. Musí být také dobrá přilnavost mezi textilií a polymerem, aby vydržela opotřebení po dobu životnosti produktů, včetně pracích cyklů, aniž by se odlamovala. [12]

Druhy technologických metod nánosování: ponořením, stěrkou (nožem), přenosem, brodícími válci, nános pomocí rotující šablony, extruzí, posypem. [16]

Nanášecí proces může být hodnocen na základě postupů měření tj.: [31]

(a) proces, kde je polymer aplikován na materiál a poté měřen,

(b) proces, kde je polymer měřen před aplikací.

Kombinací těchto metod se může určit množství přebytku a následným přeměřením upravit množství polymeru vhodného pro nanášení.

Pro konzistenci nátěru jsou směrodatné [31]:

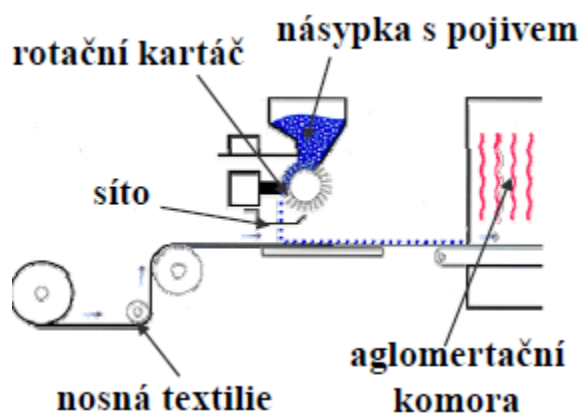
- substrátové napětí,
- viskozita nátěrového materiálu,
- jednotnost, či pórovitost substrátu.

Nespojitě vrstvy se docílí [30,31]:

- nánosování posypem – rozmístění pojiva je nepravidelné,
- nánosování tiskem - rozmístění pojiva je pravidelné,
- nánosování tiskem a posypem – bikomponentní bod,
- nánosování z taveniny (Hot Melt).

Nánosování posypem

Při tomto způsobu nánosování (obrázek číslo 10) se práškové pojivo rozmisťuje přímo na textilii. Pojivo je umístěno v násypce, je vynášeno dávkovacím válcem, z něhož je prášek vymetán rotačním kartáčem a rovnoměrně rozprostírán za pomoci stabilního nebo vibrujícího síta na povrch textilie, která se pohybuje. Takto upravená textilie s pojivem prochází natavovacím polem, kdy při teplotách o 25-30 °C vyšších, než je teplota tání pojiva za pomoci infračerveného ohřevu, dochází k upevnění pojiva na povrch textilie. Velikost částic pojiva se volí tak, aby jeho částice nezapadly do struktury tkaniny, ale zůstaly na jejím povrchu. [30,31,32]



Obrázek 10: Schéma nánosování posypem [32]

Nánosování tiskem

Pro nánosování tiskem se používají dva technologické postupy, a sice práškový bodový způsob a pastový způsob. Na základní textilií se v bodech nanáší aglomerované útvary pojiva (velikost a tvar aglomerovaných útvarů není závislý na velikosti částic prášku).

Rozeznávají se dva druhy práškového bodového nánosování – sítotiskový způsob a hlubotiskový. Nejčastěji používané tvary aglomerovaných útvarů jsou body - kulové vrchlíky, ale mohou být i úsečky, či mřížky apod. Bodové nánosy bývají uspořádány do pravidelných rastrů, výjimkou je rozmístění nepravidelné při zachování rovnoměrné hustoty (Computer Punkt). Množství nánosu pojiva určuje velikost a vzájemná vzdálenost bodů, jejich rozmístění ovlivňuje omak. Mesh udává počet bodů vyskytujících se na uhlopříčce čtverce o straně jednoho anglického palce (asi 254 mm). [30,31,32]

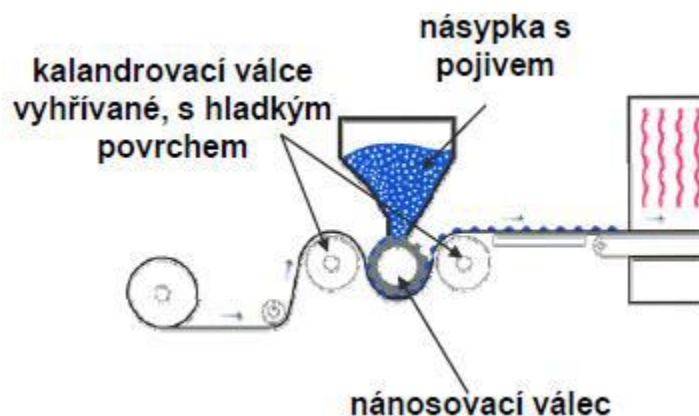
Sítotiskový způsob nánosování

Nánosování sítotiskovým způsobem se používá většinou pro netkané textilie, které nesnáší vzhledem ke svému složení (sráží se, natavují, nebo žloutnou) styk s vyhřátými válci hlubotiskových nánosovacích strojů. [30]

Během tohoto postupu základní textilie prochází pod válcovou síťovou tiskací šablonou. Do středu této šablony je šnekovým dopravníkem dopravován prášek, který dvojité stěrka protlačuje do otvoru v síti a tiskne tak prášek ve formě kupiček na podklad. Natavovací pole, kterým textilie dále prochází, roztaví práškovou kupičku a materiál vytvoří homogenní útvar, který je natavením upevněn na textilií. Proces upevnění pojiva je ukončen ochlazením. [30]

Hlubotiskový způsob

Pro tento způsob nánosování (obrázek 11) se používají dvouválcové, nebo tříválcové kalandry. Nánosovací válec má na povrchu gravuru, která odpovídá požadovanému vzoru nánosu. Ostatní válce jsou hladké a jsou přizpůsobeny pro vytápění kapalným médiem. Násypka přilehlá k nanášecímu válci obsahuje polymerní práškové pojivo a plní gravuru na nánosovacím válci, jehož přesné množství je zajištěno funkcí stěrky. [30,31,32]



Obrázek 11: Hlubotiskový způsob nanášení pojiva [32]

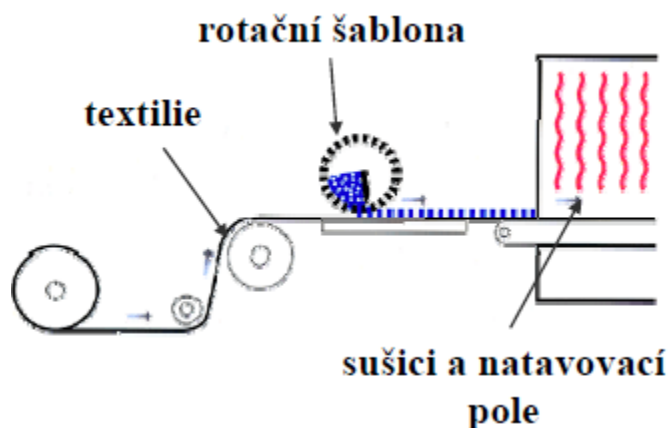
Množství prášku dané objemem gravury aglomeruje (efekt sněhové koule) za pomoci temperovaného válce (30-60 °C) a vytváří soudržný útvar, který je přenesen na ohřátou nosnou textilií (o 50-70 °C vyšší, než teplota tání polymerního pojiva), poté následuje natavení. Textilie dále postupuje do natavovacího pole, kde se části pojiva roztaví a spojí do bodů pevně natavených na textilií. Následuje ochlazování a navíjení textilie. Pro zlepšení omaku se může před ochlazením ještě zařadit kalandrování nánosů, při kterém se zploští body nánosů na stanovenou výšku. [31,32]

Mezi výhody nánosování hlubotiskovým způsobem patří stejnoměrné nanášení pojiva a kontrolovaný způsob nánosů na textilií. Další výhodou je i měkký omak, materiály však nesmí být citlivé na teplotu (srážení, natavování, žloutnutí). [30]

Pro gravury tiskacích válců s hustotou 11-17 mesh je upřednostňováno práškové pojivo v rozmezí 80-200 μm . Gravury s jemnějšími body vyžadují prášky s jemnějšími zrnky polymerního pojiva. [30]

Pastový způsob (obrázek 12)

Oproti předchozím způsobům se pojivo nanáší na základní textilii jako součást tiskací pasty obsahující i další složky, které upravují technologické vlastnosti pasty samotné, nebo jsou výhodné pro zpracování pojiva. Tiskací zařízení k nánosování je upravené pro rotační tisk šablonou (sítotisk). Základní textilie je pomocí vodícího a napínacího válce přiváděna mezi rotační šablonu a přítlačný válec. Tiskací pasta je přiváděna do středu rotační šablony a je vytlačována dávkovacími otvory po celé šířce zařízení (množství pasty je určeno počtem a velikostí bodů, viskozitou pasty, tloušťkou plechu šablony a tlakem přítlačného válce). Pasta se protlačuje otvory v šabloně na základní textilii a dále prochází sušícím a natavovacím polem. V pastě obsažená voda se zde odpaří a částice polymerního pojiva se roztaví. Pastový způsob nánosování je energeticky a provozně náročnější. [30,32]



Obrázek 12: Pastový způsob nanášení pojiva [32]

Bikomponentní bod (nánosování tiskem a posypem)

Bikomponentní, neboli dvousložkové nánosování využívá možnosti rozdílných vlastností dvou odlišných polymerů použitých pro vrchní a spodní části bodu pojiva. Odstraňují se tím některé negativní vlastnosti, především průnik pojiva vložkou, a současně se snižují náklady na výrobu. Technicky nejlepším řešením je natisknout pastový základ na textilii a nanést práškové pojivo na již vytvořený základ. Před sušením a tavením se přebytečný prášek buď odsaje pomocí elektrostatického pole, nebo odsype převrácením textilie. [32]

Hot Melt (nánosování z taveniny)

Metoda Hot Melt se užívá pro nánosování a laminování, kdy je využit přímo granulát teromopastického polymeru. Takto získaná tavenina se nánosuje vytlačovacím válcem do šablony rotačního tiskacího stroje, nebo jako fólie do gravury válcového nánosovacího stroje. Množství taveniny se upravuje podle její hustoty a viskozity. Po nanesení na textilií již následuje ochlazení a ukončení procesu. Ekonomicky je tento způsob nánosování výhodnější, vzhledem k úspoře elektrické energie (odpadá sušení) a další úspoře v podobě úprav polymerních pojiv (mletí, přesívání) a lepší skladování, prostorově úspornější. Současně je šetrnější k životnímu prostředí. [30,31]

Podleповání

Zpevnit výrobek, dát mu požadovaný tvar a udržet si jej, zajišťuje technologie podleповání, která využívá různých možností nanášení pojiv na nosné textilie a zároveň využívá vlastností pojivových polymerů. Zavedením technologie podleповání umožnilo kvalitativní změny ve výrobním procesu a jeho ekonomice, ale i zlepšení užitných vlastností oděvních výrobků a požadavků na estetickou stránku. Oděvy splňují zvýšené nároky na hygienické a fyziologické vlastnosti (prostup vzduchu, odvádění potu), mají nižší hmotnost, na uživatele působí měkce, lehce a pohodlně. [30,31]

Podleповací stroje

K dokonalému spojení vrchového materiálu s podleповací vložkou, kdy vzniká nerozebíratelný spoj, slouží speciální podleповací stroje. Tato zařízení vytváří optimální podmínky pro vlastní podleповání a zajistí přesnou reprodukovatelnost. Nutností je, aby byl podleповací stroj vybaven technicky tak, že parametry pro jeho provoz budou regulovatelné. [30,31]

Podleповací stroje – základní požadavky [30, 33]:

- Regulovatelnost podleповacích parametru:
 - teplota T [C] (termostat)
 - tlak p [kPa] (regulační ventil)
 - čas t [s] (časový spínač).
- Rovnoměrné rozložení teploty a tlaku na podleповacím stroji.
- Elektrické vyhřívání čelistí (tvarovek), ploché čelisti případně tvarované čelisti (tvarovky).
- Tepelné senzory kontrolují požadovanou teplotu, aby nedošlo k podleповání při jiných teplotách, než jsou požadovány.
- Automatické čištění podleповacích transportních pásů i horních tvarovek od zbytků termoplastického pojiva a textilií.

Požadavky kladené na podlepované součásti [32]:

- namáhání provádět rovnoměrně,
- optimální prohřátí nánosové podlepovací podložky,
- vrchový materiál by měl být co nejméně namáhán.

Podleповací stroje se dělí na [32]:

- diskontinuální,
- kontinuální (průběžné),
- Ostatní.

Diskontinuální podleповací stroje

Diskontinuální podleповací stroje byly vyvinuty z žehlicích lisů, mají pouze jednu pracovní polohu danou čelistmi stroje a pracují přetržitým způsobem. Celá oděvní součást je upnuta do stroje tak, aby po dobu působení teploty nedošlo ke změně rozměrů daného materiálu, což nám zajistí horní a dolní tělesa podleповacího stroje. Oděvní součást je po celé ploše po určitou dobu vystavena danému tlaku a teplotě. Prudký nárůst teploty zajistí optimální spojení vrchového materiálu s podleповací vložkou. [30,33]

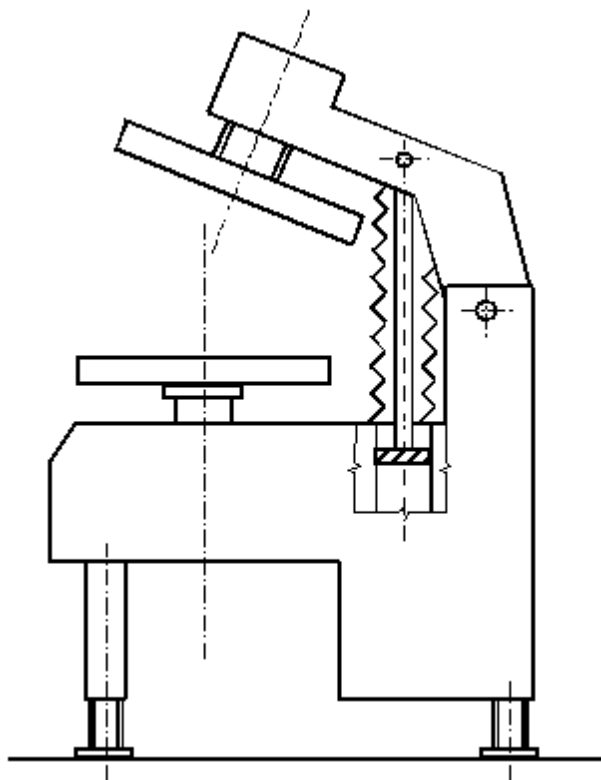
Diskontinuální podleповací stroje se uplatňují v zakázkové výrobě, při výrobě menších sérií nebo při podleповání menších oděvních součástí v hromadné výrobě.

Podle přítlaku se diskontinuální podleповací stroje dělí [30,31,33]:

- se sklopným přítlakem (s odklopným horním tělesem),
- s kolmým přítlakem (s vertikálním pohybem horního tělesa),
- s kombinovaným přítlakem.

Podleповací stroje se sklopným přítlakem (obrázek 13)

Potřebný tlak se provádí přítlakem horního tělesa na spodní, podleповací čelist je rovinná a podle druhu používaných podložek se mohou seřídít podleповací parametry. [33]



Obrázek 13: Podleповací stroj se sklopným přítlakem [33]

Podleповací stroje s kolmým přítlakem

Dvojice nakládacích rámu se pohybuje po vodících drážkách prostřednictvím pneumatického, či hydraulického zařízení. Mezi horní a dolní tělesa tvořící přítlak se střídavě zasouvají rámy s vrchovým materiálem a podleповacími vložkami. Rám se vysune ze stroje a ochladí odsáváním až po době určené k řádnému podleповení. Horní těleso nám obvykle zajišťuje vertikální pohyb. [33]

Podleповací stroje s kombinovaným přítlakem

Podleповací stroje pro tvarové podlepení

Tyto stroje zároveň s podlepením jsou schopné provádět i prostorové tvarování. Výsledkem je vytvoření potřebného tvaru plošných textilií v 3D se současným podlepením dané části textilie. Podleповací stroj je vybaven kolmým přitlakem a tvarovacími čelistmi (tvarovkami) ve tvaru požadovaného výsledného produktu. [30,33]

Stroj pro tvarové (plastické) podleповání

Stroj pro plastické podleповání má horní tvarovatelné těleso elektricky vytápěné a je opatřen membránou ze silikonové pryže. [30]

Karuselové podleповací stroje

Mají nejméně tři pracovní stanice, které jsou otočné do trojúhelníku, nebo čtyřúhelníku:

- 1) nakládací,
 - 2) tepelně-tvarovací,
 - 3) ochlazovací,
 - 4) možnost doplnění stroje o částečné podleповání, či odkládání oděvních součástí.
- [30, 33]

Kontinuální podlepovací stroje

Široké použití podlepovacích strojů v konfekční výrobě a vyšší rentabilitu spolu se zvýšením pracovní výkonnosti nám umožňují kontinuální (průběžné) podlepovací stroje. [33]

Proces kontinuálního podlepování má 4 pracovní fáze [33]:

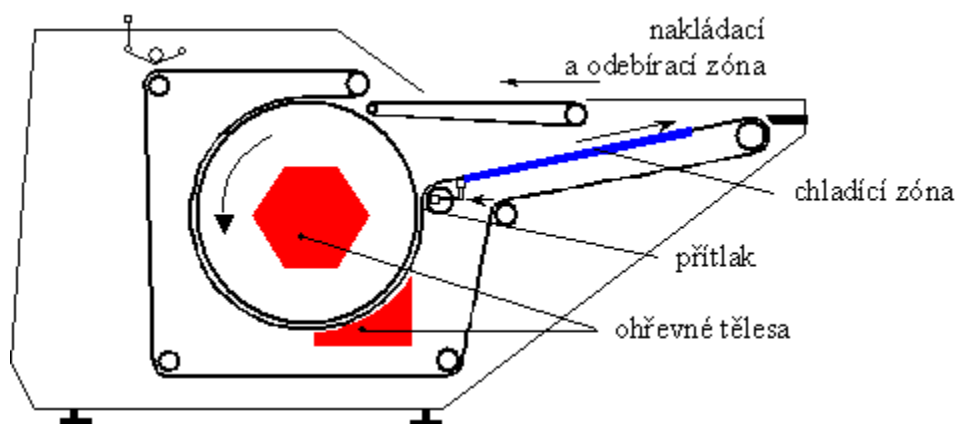
- 1 fáze – zóna nakládání - nakládání oděvních součástí (v případě laminace vrchový materiál + membrána) s nánosovými vložkami na pracovní nakládací plochu podlepovacího stroje
- 2 fáze – zóna teplotního nahřívání – nahřívání podlepovaných součástí na potřebnou teplotu
- 3 fáze – zóna lisování – lisování podlepených součástí potřebným přtlakem lisovacími válci
- 4 fáze – zóna ochlazování a odebírání – ochlazování podlepených oděvních součástí a následné odebírání

Dělení kontinuálních podlepovacích strojů [33]:

- bubnové podlepovací stroje
- pásové podlepovací stroje

Bubnové podlepovací stroje

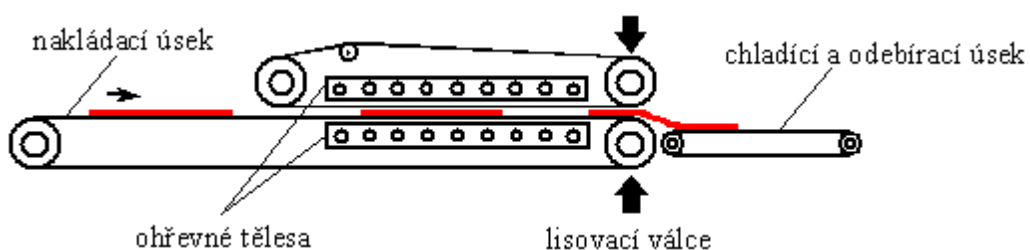
Na nakládací desku se pokládají oděvní díly, jež se dále předávají na dopravní pás ze skloteflonové fólie, kde přes vyhřívaný a otáčející se buben jsou vedeny k odebíranému skluzu. Vyhřívání je řešeno kovovým válcem s teflonovým povrchem. Díly se na bubnu nahřejí na potřebnou teplotu podlepování a tlakem válce s přítlačným mechanismem se spojí. Podlepené díly se na chladicí desce ochlazují na $40 \div 30$ °C. Otáčení bubnu musí být sladěné s rychlostí dopravníkového pásu. Obtížné je podlepování vrstveným (sendvičovým) způsobem. Bubnový podlepovací stroj (obrázek 14) je vhodný pro podlepování menších oděvních součástí, což je dáno velikostí a průměrem bubnu. [32,33]



Obrázek 14: Bubnový podlepovací stroj [33]

Pásový podlepovací stroj (obrázek 15)

Stroj se skládá ze dvou transportních pásů pokrytých teflonem, nebo silikonem, po kterých se dopravují oděvní součásti s nánosovanou vložkou. Mezi těmito transportními pásy leží dvě nepohyblivá vyhřívací tělesa. Průchodem vyhřívací zónou dosáhne termoplastická vrstva (pojivo) viskozity, která umožní spojení vrchového materiálu a vložky krátkodobým lisovacím tlakem. Rychlost transportních pásů musí být shodná a výhřevný systém zahřívá oděvní součásti z obou stran a po celé délce výhřevné zóny. Lisovací tlak je zajištěn dvěma válci se stejným průměrem, jež navazují na výhřevnou zónu. Rychlý proces lisování umožňuje podlepovat i materiály citlivé na tlak. [32,33]



Obrázek 15: Pásový podlepovací stroj [33]

PRAKTICKÁ ČÁST

Ještě před několika desítkami let bylo možno komfort nošení hodnotit pouze subjektivně. Ani hodnocení termofyziologických vlastností nebylo snadné či jednoznačné. V současnosti již však existují značně vyspělé metody a přístroje pro hodnocení komfortu textilií, podmiňující vývoj i marketing těchto výrobků.

Oděvy zhotovené z těchto textilií musí svému nositeli poskytovat vysoký stupeň komfortu. Tento komfort je také často hlavním důvodem, proč je klient ochoten výrobek dobře zaplatit.

6. Experiment

V současné době existuje na trhu nepřeberné množství materiálů, membrán a pro výrobce vrchních vrstev funkčních textilií je často velmi složité zvolit vhodnou kombinaci. Pokud zvolí špičkovou membránu i vrchový materiál, nemusí být vždy výsledná kombinace ideální.

Tento experiment zjišťuje, jakým způsobem právě proces laminace ovlivní, jak se změní termofyziologické vlastnosti textilie, pokud se z ní vytvoří sendvičová textilie, tj. nalaminuje se na ní nanovlákněná membrána. Jinak řečeno, jak se změní termofyziologické vlastnosti sendvičové textilie, která vznikla laminováním, oproti tomu jaké měli parametry jednotlivé vrstvy předtím. Odpory jednotlivých vrstev se podle teorie sčítají, takže tam jde o jejich součet. Protože nejsme schopni vytvořit samostatnou vrstvu z lepidla, není tedy ani možné tuto vrstvu jednoduše k hodnotám např. paropropustnosti membrány a vrchové textilie připočíst. Je tedy potřeba vytvořit celý sendvič a pak přeměřit a porovnat se součtem odporu všech vrstev.

6.1 Návrh experimentu

V této diplomové práci je sledován vliv laminace na termofyziologické vlastnosti při tvorbě sendvičových textilií. Návrh experimentu je přizpůsoben požadavkům zadání a možnostem s ohledem na výběr vhodných vzorků s potřebnými laminačními body a požadavkem různé plošné hmotnosti vrchové textilie.

Je znám výparný a tepelný odpor použité membrány, který je téměř nulový, odpor lepidla samotného je nezměřitelný. Odpor vrchového materiálu budou v práci proměřeny. Poté bude vytvořen sendvič z dostupných materiálů. Proces spojování jednotlivých vrstev – laminace bude probíhat za určitých podmínek daných výrobcem membrány, včetně přítomného pojiva, které je samostatně nezměřitelné. Následně bude po vytvoření vzorků sendvičových textilií, v kterém je zmíněné lepidlo již obsaženo, znovu provedeno přeměření termofyziologických vlastností. Následně bude vyhodnocena změna vlastností před a po laminaci – tedy její vliv na výsledné hodnoty tepelného a výparného odporu.

Je tedy potřeba vytvořit celý sendvič (pomocí pojiva zlamínovaná membrána s vrchovým materiálem) a pak přeměřit a porovnat se součtem odporu všech jednotlivých vrstev. (membrána + vrchový materiál) Na vrchní vrstvu sendviče budou použité tkaniny různé plošné hmotnosti.

Pro tento experiment bylo navrženo:

a) Tvorba dvouvrstvého laminátu – spojení vrchního materiálu různé plošné hmotnosti s mikroporézní nanovláknennou membránou za pomoci laminovacího zařízení.

Pro výrobu vrchového materiálu outdoorových oděvů se používají vrstvené textilie - lamináty s membránou nebo se zátěry. Vzhledem k tomu, že chceme hodnotit především změnu vlastností vrchní vrstvy po laminaci membrány, je zvolen dvouvrstvý laminát. Dále bylo zapotřebí zvolit vhodnou membránu, která téměř neovlivní výslednou hodnotu výparného i tepelného odporu. Vybrali jsme proto membránu, jejíž výparný i tepelný odpor je téměř nulový. Tyto parametry splňují mikroporézní membrány, jako je např. nanovláknenná membrána. S ohledem na výslednou tuhost laminátu byla zvolena nesouvislá vrstva pojiva. [19]

b) Proměřit vybrané termofyziologické vlastnosti a vyhodnotit vliv laminace na základě naměřených vlastností jednotlivých vrstev a zlamovaných sendvičů.

Metodou laminace se mění některé vlastnosti výsledného sendviče. Nabízí se tedy úkol proměřit vybrané termofyziologické vlastnosti samotného vrchního materiálu i samotné membrány a následně i celého laminátu. A výsledné hodnoty porovnat. Praktické měření bylo provedeno pomocí přístrojů permetest, alambety, tuhoměru, klimatizační komory a analytických vah.

7. Vybrané materiály

Pro výrobu vrchových oděvů se používají nejčastěji dvouvrstvé, případně třívrstvé lamináty. Na trhu je spousta společností, které se zabývají výrobou outdoorových tkanin. Obecně důležitými parametry pro výběr vhodných tkanin jsou: chemické složení, plošná hmotnost, vazba, tloušťka tkaniny, případně povrchová úprava. Výjimečně výrobci tkanin uvádí i zakrytí tkaniny.

Pro účely tohoto experimentu byly vybrány dostupné tkaniny plátňové vazby z polyesterových multifilů. Materiály se od sebe liší především plošnou hmotností, od nejtenčích materiálů vhodných pro lehké bundy až po materiály, které lze použít spíše pro outdoorové doplňky, jako jsou například batohy.

Testovaly se textilie od výrobce Silk&Progress, spol. s.r.o. Jedná se o českou společnost, která se specializuje na super jemné tkaniny a síta ze syntetických monofilů, dále na padákoviny, tkaniny na batohy, obecné a specifické tkaniny nebo i osnovní stávkové pleteniny. Tyto materiály jsou vhodnou alternativou pro účel diplomové práce a navíc jsme měli možnost získat ucelenou řadu polyesterových materiálů s požadovanými parametry pro náš experiment.

Polyester – PL

Polyesterová vlákna jsou vzhledem ke svým velmi univerzálním vlastnostem nejdůležitějším druhem syntetických vláken. Používají se od oděvních textilií přes technické až ke speciálním textiliím. Vlákna se dají snadno modifikovat a tvarovat. Je možné záměrně měnit elasticitu, srážlivost, žmolkovatost a barvitelnost. Klasická polyesterová vlákna tj. polyethyltereftalátová vlákna (PET) jsou produkt polykondenzace kyseliny tereftalové a etylénglykolu.

Technologické výhody: dobré mechanické vlastnosti, odolnost vůči oděru, termoplasticita, dobrá termická odolnost (200 °C), lépe odolávají slunci než PA, rychlé schnutí a snadná údržba.

Technologické nevýhody: vysoká žmolkovatost, nízká navlhavost, nabíjení elektrostatickou elektřinou, vysoká měrná hmotnost.

Polyesterová vlákna se dodávají ve formě stříže a hedvábí. Termické vlastnosti: teplota měknutí: 230 °C, nízká tepelná vodivost a specifické teplo, 120-130 °C pevnost beze změny, 180 °C pevnost klesá, teplota tání 258 °C. Mechanické vlastnosti jsou závislé na přípravě vláken, obecně jsou velmi dobré: vysoký modul pružnosti: 1300 cN/tex (tuhý omak), pevnost – 3,8 – 7,2 cN/dtec, tažnost 50-70%, elastické zotavení 85 – 90%. Vliv chemikálií – dobrá odolnost na zředěné kyseliny, rozklad H₂SO₄ (kyselina sírová).

K nejdůležitějším kladným vlastnostem patří: vysoká odolnost na světle, vůči povětrnosti a mikroorganismům (záclony), malá navlhavost (rychlé sušení). Omaku a lesku velmi podobnému přírodnímu hedvábí se dosahuje u vláken s neokrouhlým (např. trojúhelníkovým) průřezem. Dutá polyesterová vlákna se používají jako alternativa k peří s tou výhodou, že se výrobky plněné tímto materiálem mohou prát.

Mísením přírodních vláken s polyesterem se dosáhne v mnohém směru zlepšení užitných vlastností příze. Tkaniny se směsí s polyesterem jsou lehčí a méně mačkové, pevnější a trvanlivější. Směsuje se nejčastěji s bavlnou a vlnou (60/40 PL/WO, 67/33 PL/CO).

Použití: dámské punčochy, bytový textil, sportovní výrobky, vrchové textilie pro outdoorové oděvy, šicí nitě, speciální ochranné oděvy atd. [20,21]

7.1 Popis materiálů

Tato kapitola obsahuje popis materiálů jednotlivých měřených vrstev a to, vrchové materiály (**A**) použité pro výrobu laminátu (**B**). U každého ze vzorků je uvedena základní charakteristika, do které byly zařazeny tyto údaje:

- určení,
- druh,
- materiálové složení,
- barva,
- vazba,
- jemnost nití,
- dostava,
- setkání.

Pojem **určení** textilie je myšleno, zda se jedná o vrchovou textilií, podšívkový materiál nebo laminát.

Druh textilie je specifikován na tkaninu nebo pleteninu.

Vazba popisuje provázání nití v materiálu.

Materiálové složení bylo stanoveno dle zadaného popisu a ověřeno spalovací zkouškou.

Pro stanovení **jemnosti** nití byla použita gravimetrická metoda, tj. bylo vypáráno 10 nití (10 osnovních a 10 útkových), ty byly zváženy m [g], byla změřena jejich délka l [km] a z údajů vypočítaná jemnost nití T [tex] dle vzorce 14.

$$T=l/m \text{ [tex]} \quad (14)$$

Dostava byla spočítána pro každý směr na deseti náhodně vybraných místech tkaniny (vždy počet nití n na 1 cm). Byl vypočítán aritmetický průměr hodnot a ten převeden na počet nití n na 10 cm.

Setkání bylo zjišťováno následujícím způsobem. Nejprve byla zjištěna délka nitě osnovní a délka nitě útkové ve tkanině (L_{tk}). Poté byla nit vypárána a natažením byla změřena její skutečná délka (L_o, L_u). Po dosazení do vzorce (15) bylo vypočítáno setkání s_o, s_u [%]

$$s_{o,u} = \frac{L_{o,u} - L_{tk}}{L_{tk}} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (15)$$

Všechny materiály jsou určením textilie ve vazbě plátňové, druhem vrchový materiál, materiálového složení 100% polyesterový multifil. Vzorčky jsou **řazené různou plošnou hmotností vzestupně** podle požadavku zadání. Ostatní přibližné charakteristiky jsou zobrazeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Základní charakteristika vrchních tkanin

Označení	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	Barva	Dostava [n/10 cm]		Jemnost [tex]		Setkání [%]	
			osnovy	útku	osnovy	útku	osnovy	útku
M 1a	100	červená	530	370	10	10	5	15
M 2a	150	bílá	220	190	30	30	5	9
M 3a	170	bílá	240	210	40	37	4	13
M 4a	200	hnědá	160	140	60	60	3	8

a- samotná vrchní textilie

Fotografie pohledů jednotlivých vrchových materiálů (a) jsou v příloze 1.

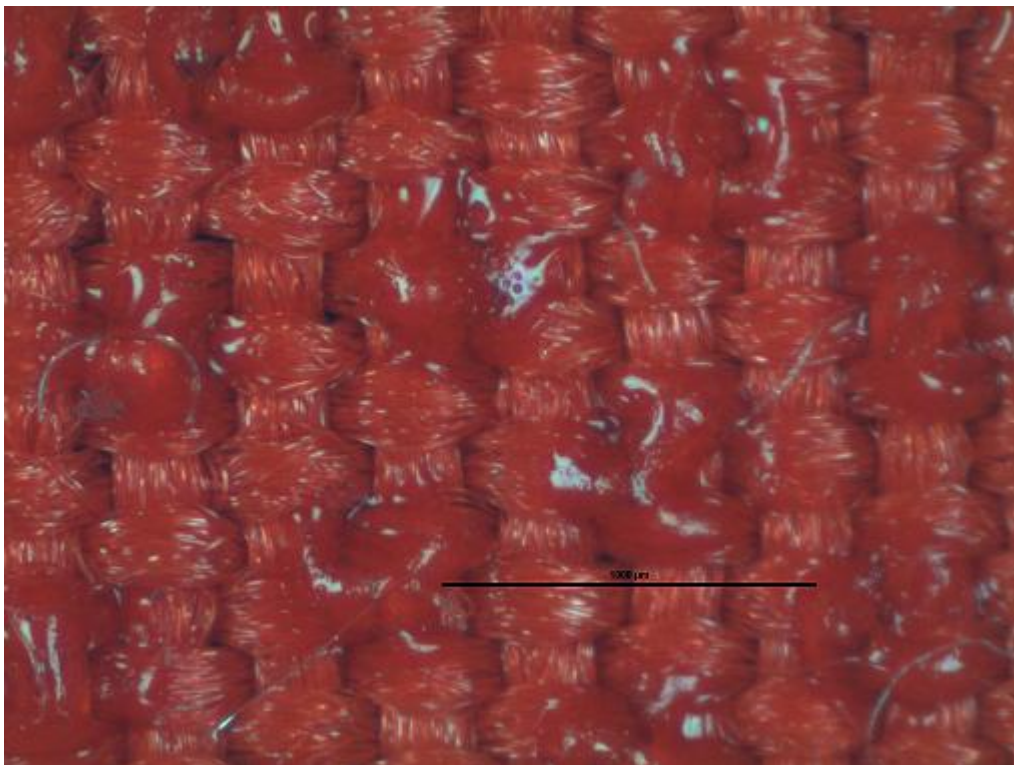
Při tvorbě zkoumaných sendvičových textilií byly použity stejné podmínky procesu laminace, stejná membrána (tabulka 3) a aditivum (lepidlo). Lamináty (B) se lišily pouze vrchní vrstvou – tkaninou (a). Bližší informace o použitých materiálech (membrána, lepidlo) jsou k vidění v přehledných tabulkách níže.

Tabulka 3: Základní charakteristika membrány

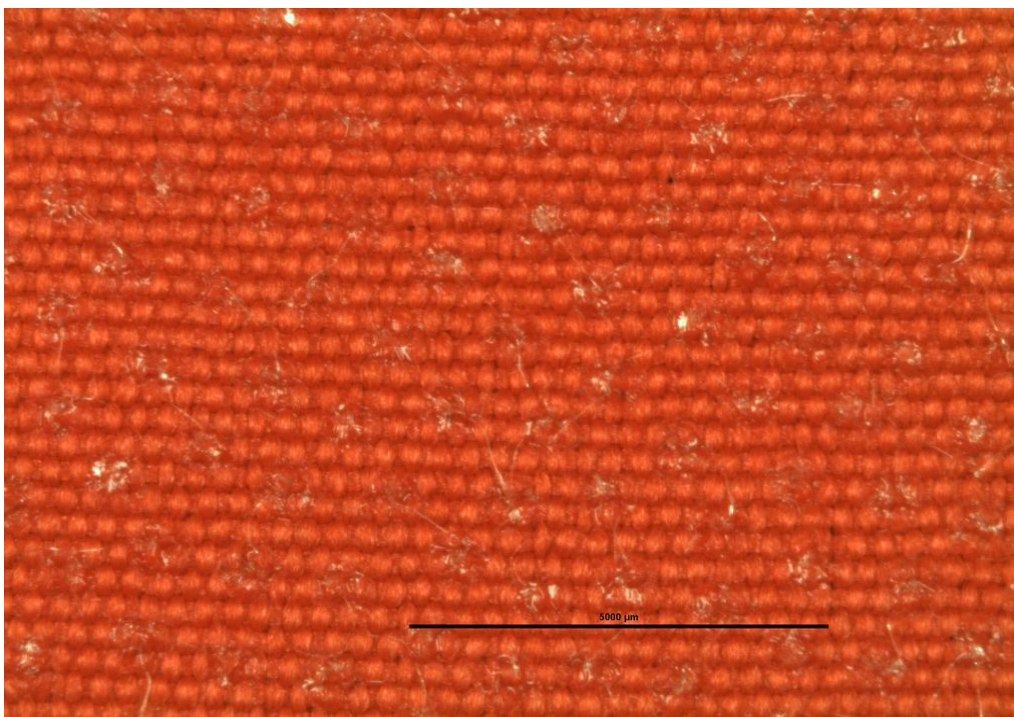
MEMBRÁNA (plošná hmotnost je v průměru 5 g·m ⁻²)	
Chemické složení	100% PA 6.
Druh membrány	hydrofobní
Výrobce	nanoprotex
Použitá vlákna	nanovlákna

Nanovláknenná membrána pro oděvní účely je vyvíjena ing. Romanem Knížkem na Technické univerzitě v Liberci od roku 2008. Membrána je vyráběna technologií elektrospiningu na stroji Nanospider. Membrána není opatřena žádnou úpravou.

Aditivum použité při samotném procesu laminace bylo polyuretanové ve formě hot melt. Lepidlo bylo nanášeno technologií hloubkového tisku v rozestupu 17 bodů/mesh. Na obrázcích (16) a (17) jsou zobrazeny laminační body, pomocí kterých se jednotlivé vrstvy spojily.



Obrázek 16: Aditivum nanesené na tkaninu



Obrázek 17: Aditivum nanesené na tkaninu, oddálený pohled

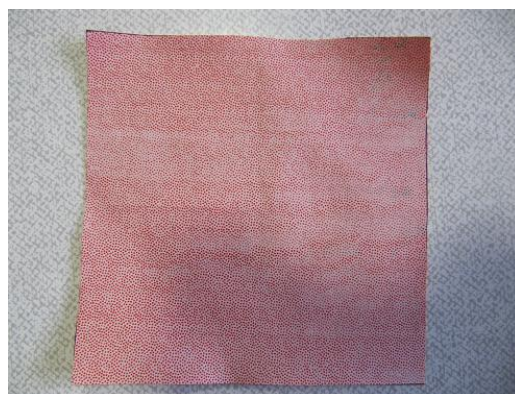
8. Způsob tvorby sendvičových textilií, tzn. laminátu

Aby bylo možné vytvořit laminát, je potřeba nanést na vrchový materiál laminační lepidlo, které jsou spojovacími body (obrázky 16,17). Tyto body jsou vytvořeny technologií hloubkového tisku ve formě lepidla hot melt v rozestupu 17 bodů/mesh. Jedná se o prášek o velikosti částic mezi 80-200 μm .

O nanovlákněné vrstvě bylo zmíněno již výše. Mikroporézní nanovlákněná membrána z polyamidu je při výrobě kladena na podkladový papír. Na vrchový materiál pokrytý lepidlem je poté přiložena nanovlákněná vrstva s podkladovým papírem. Jako laminační přístroj byl použit Meyer – fixační lisovací stroj (obrázek 18). Po laminaci byl podkladový papír odstraněn. V tabulce číslo 4 jsou od výrobce definovány podmínky laminace. Po fixaci se vzorky ponechaly vychladnout na rovné ploše (obrázek 19).



Obrázek 18: Fixační pásový stroj



Obrázek 19: Materiál s nalaminovanou membránou

Rozměr vzorku: 22cm x 22 cm, od každého 1x. Materiál byl nastříhán dle normy 80 0812.

Tabulka 4: Parametry laminace

Parametry laminace	Hodnota
rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	1
teplota [$^{\circ}\text{C}$]	150
tlak [$\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$]	1,5

9. Laboratorní zjišťování vybraných vlastností vzorků

V této kapitole jsou popsány vybrané vlastnosti vzorků A (samostatný vrchový materiál+ přiložená membrána), B (laminát), a - samotný vrchový materiál. Rovněž jsou zde uvedeny i způsoby provedení zkoušek.

S přihlédnutím k možnostem množství materiálů se vzorky stříhaly podle normy ČSN EN ISO 80 0812. [29]

Vzorky vrchních materiálů a laminátů byly stabilizovány (klimatizovány) v klimatizační komoře (obrázek 20) dle normy ČSN EN ISO 80 0056 (tj. 24 hodin, 65% relativní vlhkost a 20 °C teploty). [28]



Obrázek 20: Klimatizační komora

9.1 Plošná hmotnost

Plošná hmotnost byla stanovena dle normy ČSN EN 12127. Jedná se o hmotnost známé plochy plošné textilie, vztažené k této ploše a vyjádřené v gramech na čtverečný metr.

Plošnou hmotnost lze stanovit pomocí malých vzorků. Postup je takový, že se nejprve připraví vzorky textilie, popř. laminátu, které se následně zváží. Zároveň se vypočítá plocha zkoumaných vzorků. Plošná hmotnost (M) každého vzorku textilie se vypočítá podle vzorce 16, kde m [g] označuje hmotnost zkušební vzorku v klimatizovaném nebo suchém stavu a A [cm²] je plocha stejného zkušební vzorku. Vypočítá se aritmetický průměr všech plošných hmotností a výsledek se zaokrouhlí na tři platné číslice.

$$M = \frac{m \cdot 10\,000}{A} \text{ [g} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (16)$$

Z více materiálů byly vybrány 4 nejvhodnější, které jsou seřazeny vzestupně podle průměrné plošné hmotnosti. Vzorek A i B měly plochu 100 cm². Přibližná plošná hmotnost A i přibližná plošná hmotnost laminátu B je zobrazena v tabulce 5.

Tabulka 5: Plošné hmotnosti vzorků

Označení	Plošná hmotnost [g·m ⁻²]							
	M1		M2		M3		M4	
Stav	A	B	A	B	A	B	A	B
\bar{x} [g·m ⁻²]	105	118	155	167	175	188	205	218
Hmotnost vrstvy pojiva [g·m ⁻²]	13		12		13		13	

A: textilie + membrána

B: textilie + membrána + vrstva pojiva

Hmotnost samotné membrány je v průměru 5 g·m⁻². Nárůst plošné hmotnosti hotového laminátu je přibližně v průměru o 13 g·m⁻², což odpovídá hmotnosti vrstvy pojiva.

9.2 Tloušťka

Tloušťka textilie stanovena jako měření kolmé vzdálenosti mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn, a paralelním kruhovým přítlačným kotoučem, který vyvíjí specifikovaný přítlak na zkoušenou plochu textilie, byla měřena na digitálním tloušťkoměru SDL M034A (obrázek 21). Měření bylo provedeno dle normy ČSN 80 0844, přítlak $1000 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}$ na 20 cm^2 přítlačné hlavice.

Na každém vzorku bylo provedeno deset měření. Výsledné průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Tloušťky vzorků

Označení	Tloušťka vzorků [mm]							
	M1		M2		M3		M4	
Stav	A	B	A	B	A	B	A	B
\bar{x} [mm]	0,25	0,26	0,39	0,38	0,40	0,39	0,52	0,49
změna [mm]	+0,01		-0,01		-0,01		-0,03	

A: textile + membrána

B: textile + membrána + vrstva pojiva



Obrázek 21: Digitální tloušťkoměr

Tloušťka se u testovaných vzorků nezměnila konstantně. Změny tloušťky lze mimo jiné také přisuzovat dostavám a jemnostem přízí. Předpokládá se, že u hustě dostavené tkaniny dochází k menším změnám (více vazných bodů, více svázané k sobě, vykazují větší odpor proti stlačení) než tkaniny s menšími dostavami.

Z měření vychází, že vzorek M1 byl po zlamování silnější v průměru o 0,01 mm, má nejhustší dostavu. A nejmenší jemnost přízí.

Vzorky M2, M3 se po zlamování zploštily průměrně konstantně, mají podobné dostavy, jemnosti přízí, plošnou hmotností se liší v průměru o 20 g.m⁻².

Nejhrubší jemnosti přízí vykazuje vzorek M 4, má nejméně nití v dostavách. Lze konstatovat, že se tloušťka textilie snížila v průměru o 0,03 mm.

Tloušťka textilie ovlivňuje termofyziologické vlastnosti textilie, je tedy důležitým zjišťovaným parametrem. Z měření vyplývá, že proces laminace má na změnu tloušťky vliv, zvláště pak uváží-li se chování lepidla při pojení. Protože ačkoliv sendviče vznikaly při stejných podmínkách laminace (lepidlo, parametry laminace, membrána), nelze tvrdit, že se tloušťka změní konstantně. Je třeba uvažovat vliv konstrukce, struktury vrchního materiálu. Pojící lepidlo se v různých vrchových tkaninách a přízích různé konstrukce, struktury chová při stejných podmínkách laminace jinak.

9.3 Zakrytí

Koeficient plošného zakrytí je bezrozměrná charakteristika, udávající míru zakrytí celkové plochy nitěmi plošné textilie. Podstata zkoušky byla zjišťována podle interní normy č. 23-107-01/01. Norma stanovila postup měření plošného zakrytí tkanin projekcí na mikroskopu v procházejícím světle. Ke zkoušce byl použit mikroskop a systém obrazové analýzy LUCIA G (obrázek 22). Preparát byl upevněn na mikroskop a překryt skličkem. Mikroskop byl seřízen na $2 \times 0,6$ ($2,65 \mu\text{m}/\text{pix}$) @ rozlišení 2048×15036 bodů. Barevný obraz RGB (8 bitů) musel být převeden naprahováním (segmentací) na binární tak, aby došlo k oddělení plochy prosvětlené a plochy zakryté přízemi. Od každého vzorku A bylo měřeno 50 úseků. Výsledky jsou uvedené v tabulce 7.



Obrázek 22: Zjišťování zakrytí vzorků

Tabulka 7: Zakrytí vzorků

Označení	Zakrytí [-]			
	M1a	M2a	M3a	M4a
Plošná hmotnost [g·m ⁻²]	100	150	170	200
Průměr [-]	0,997	0,949	0,984	0,961
Rozptyl [-]	$5,76 \cdot 10^{-6}$	$1,096 \cdot 10^{-5}$	$5,08 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Směrodatná odchylka [-]	0,0024	0,00331	0,002253	0,00469
Intervalové odhady střední hodnoty [-]	(0,996; 0,997)	(0,948; 0,950)	(0,983; 0,985)	(0,960; 0,962]

a- samotná vrchová tkanina

Intervalový odhad středních hodnot základních souborů jednotlivých vzorků pomocí popisné statistiky je s pravděpodobností 95% v mezích uvedených v tabulce (<dolní;horní>).

Vrchové tkaniny (a- samostatné vrchové tkaniny) měly v průměru podobné plošné zakrytí. Střední hodnota plošného zakrytí byla přibližně 97 %. Takové zakrytí vykazují velmi husté tkaniny, které tím sami o sobě přispívají k dobrým hodnotám výparného i tepelného odporu.

10. Měření termofyziologických vlastností

Cílem experimentu je zhodnotit vliv laminace na termofyziologické vlastnosti při tvorbě sendvičových textilií. Podmínka je proměřit materiály s různou plošnou hmotností. Spojování materiálů proběhlo prostřednictvím polymerních bodů.

Pro sledování vlivu laminace byl měřen výparný odpor (propustnost textilií pro vodní páry) R_{ET} [$m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$] a tepelný odpor R_{CT} [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]. Tyto termofyziologické vlastnosti byly měřeny na přístroji Permetest a Alambeta.

Vzorky jsou označeny pro přehlednost M- materiál, a- samotný vrchní materiál, A - vrchní materiál + membrána, B – hotová sendvičová textilie, laminát. Průměrné plošné hmotnosti vybraných vzorků jsou zobrazeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Plošné hmotnosti vybraných vzorků

Plošná hmotnost [$g \cdot m^{-2}$]	a	B
M1	100	118
M2	150	167
M3	170	188
M4	200	218

a: samotný vrchový materiál

B: hotová sendvičová textilie

10.1 Výparný odpor

U textilií je důležitým parametrem jejich schopnost propouštět vodní páry produkované lidským tělem – pot, tzv. výparný odpor textilie.

Před měřením byly vzorky klimatizovány dle normy ČSN EN ISO 80 0056 Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení.

Rozměr dvouvrstvého laminátového vzorku: 22cmx22cm, počet měření: 10x.

Samotné měření výparného odporu (R_{ET}) probíhalo na přístroji Permetest podle normy ČSN EN 80 0819 – Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívací destičkou).

Přístroj je svou podstatou tzv. Skin model malých rozměrů. Přístroj je založen na přímém měření *tepelného toku* q procházejícím povrchem tohoto tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní a je zvlhčován, čímž se simuluje funkce ochlazení pocením. Na tento povrch je přiložen přes separační folii měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována. 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 být měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží na hodnotu q_v . Platí rovnice 17. [1,27]

$$P = 100(q_v/q_0) \quad [\%] \quad (17)$$

Pro stanovení výparného odporu platí rovnice číslo 18.

$$R_{et} = (P_m - P_a) \cdot (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad [m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}] \quad (18)$$

Permetest komunikuje s PC pomocí programu PERMETEST. Tento program umožňuje zobrazovat, ukládat a statisticky vyhodnocovat naměřené hodnoty.

Princip měření: Při měření výparného odporu je měřicí hlavice (skin model) pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržován na teplotě okolního vzduchu (20 °C-23 °C), který je do přístroje nasáván. Tím jsou zajištěny izotermické podmínky měření. Při měření se pak vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Příslušný výparný tok je měřen speciálním snímačem. Nejdříve se měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem a přístroj registruje odpovídající tepelné toky q_0 a q_v . Čím nižší je hodnota R_{ET} , tím je paropropustnost lepší, velmi dobré jsou hodnoty R_{ET} nižší než 6. [1]

Nejdříve byl vzorek materiálu změřen bez laminačních bodů, poté byl naměřen výparný odpor celého laminátu. Měření bylo provedeno opakovaně. Obrázky (23) a (24) ilustrují měření výparného odporu. PET lahev s destilovanou vodou slouží k doplnění vody do přístroje pro simulaci pocení.



Obrázek 24: Permetest připojený k počítači



Obrázek 23: Ilustrace měření
na permetestu [40]

10.2 Tepelný odpor

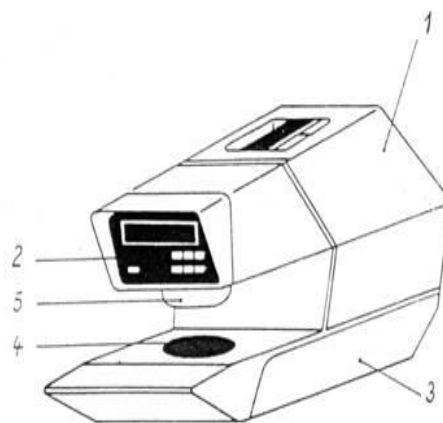
U textilií je dalším důležitým parametrem jejich schopnost udržet teplo tzn. odporovat odvodu tepla tedy izolační schopnost textilie.

Před měřením byly vzorky klimatizovány dle normy ČSN EN ISO 80 0056 – Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení. Veškeré hodnoty naměřené na přístroji Alambeta byly zjišťovány podle interní normy č. 23-303 -01/01. [24]

Obrázek 25 a schéma 26 ilustrují přístroj ALAMBETA, je to počítačem řízený komerční poloautomat, který vypočítá statické parametry měření a obsahuje autodiagnostický program, který zabraňuje chybným operacím přístroje. Měří termofyzikální parametry textilií.



Obrázek 25: Alambeta



Obrázek 26: Schéma Alambety [26]

Popisek schématu číslo 26: (1- kontrola a hodnocení, 2- kontrolní panel s displejem, 3- rám a kryt jednotky, 4- měřicí desky, 5- měřící hlava). [23]

Měřené parametry:

- a) Měrná tepelná vodivost – součinitel měrné tepelné vodivosti λ představuje množství tepla, které protečou jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1K. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá; hodnota udávaná přístrojem ALAMBETA se musí dělit 10^{-3} .
- b) Plošný odpor vedení tepla R [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$] je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor, hodnotu udávanou přístrojem ALAMBETA je nutno dělit 10^{-3} . [24]

Princip měření: Minimální rozměry vzorku jsou 10 cm X 10 cm, maximální velikost je neomezena. Pro přesné měření je důležité vkládat vzorky bez přehybů, zvlnění či nečistot. Nemělo by docházet k opětovnému měření stejného místa na vzorku.

Měřicí vzorek se položí lícem na spodní část přístroje, ta je udržována na teplotě okolí. Spustí se hlavice, která je o 10 K teplejší než okolí. Teplota hlavice by měla odpovídat teplotě lidského těla. V tomto okamžiku se povrchová teplota vzorku náhle změní a přístroj začne zaznamenávat naměřená data. [1]

10.3 Vyhodnocení vlivu laminace na termofyziologické vlastnosti

Tato kapitola navazuje na předchozí kapitolu o měření. Byly vybrány 4 vrchové materiály s různou plošnou hmotností, složením 100% polyester ve vazbě plátňové. Z těchto materiálů různé plošné hmotnosti byly vytvořeny čtyři dvouvrstvé lamináty. Samotná laminace probíhala vždy za stejných podmínek doporučené výrobcem. Kdyby proces laminace proběhl za jiných podmínek, riskovalo by se znehodnocení materiálů, nedostatečné spojení materiálů, protečení lepidla atd.

Měření probíhalo vždy na jednotlivých vrstvách (vrchní materiál+ membrána =A) poté i na vytvořených laminátech (vrchový materiál, pojivo, membrána = B).

V minulosti se pro zlepšení termofyziologických vlastností textilií používalo hustě tkaných materiálů. Pro účely tohoto experimentu byly z dostupných materiálů vybrány materiály s podobným zakrytím.

Výsledky dokazují predikci, že nelze jednotlivé odpory vrstev jednoduše sečíst, ale musí se brát v potaz i vliv laminace a dalších parametrů, např. konstrukce vrchního materiálu použitého při tvorbě sendvičové textilie.

Níže popsané vyhodnocení popisuje na základě naměřených vlastností jednotlivých vrstev a zlamovaných sendvičů změnu termofyziologických vlastností vlivem laminace na materiálech různé plošné hmotnosti.

Vyhodnocuje se vliv laminace jako procesu na termofyziologické vlastnosti, jako je výparný a tepelný odpor.

Pro lepší znázornění doplňují slovní vyhodnocení grafy.

10.3.1 Výsledky měření výparného odporu

Výparný odpor R_{ET} [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$] – hodnota výparného odporu charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. Výparný odpor má důležitou úlohu při ochlazování těla, odpařování potu z povrchu pokožky.

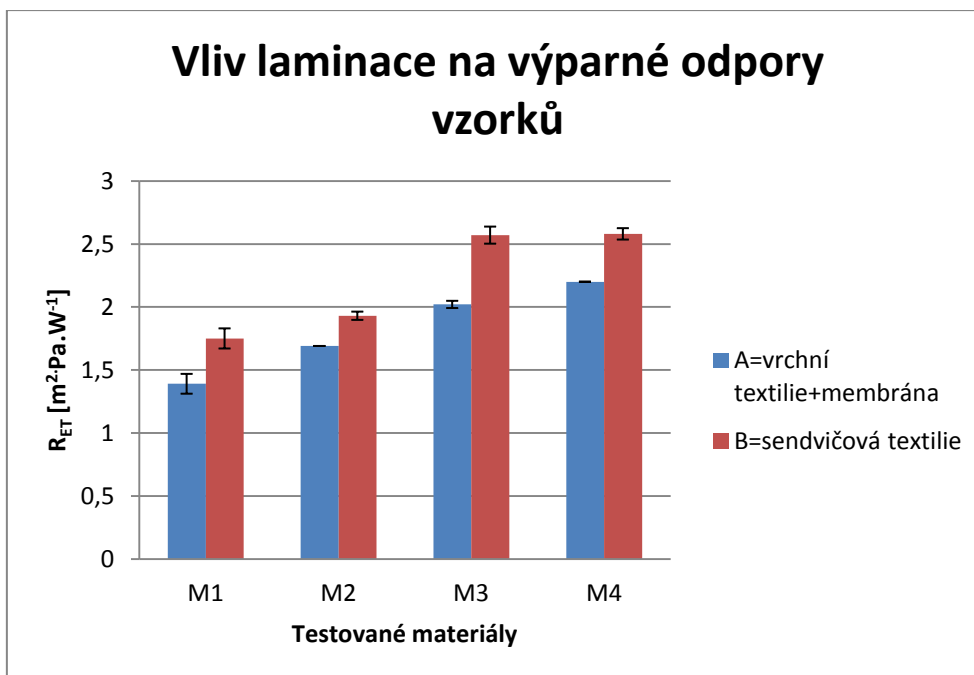
Čím nižší hodnota výparného odporu R_{ET} , tím větší je propustnost pro vodní páry. Požadavkem je dosáhnout co nejlepší paropropustnosti, lepší odvod vodní páry. Podle norem ISO jsou velmi dobré hodnoty $R_{ET}<6$. V tabulce 9 jsou zobrazeny naměřené průměrné hodnoty výparného odporu, průměrný nárůst (změna) R_{ET} oproti původní vrchové tkanině, která byla použita k výrobě laminátu, v závorce je uvedena průměrná změna v procentech. Tabulka 9 a grafy 1, 2 ilustrují měření výparného odporu. V závorkách je v procentech uvedena změna oproti původnímu materiálu. Všechny naměřené hodnoty jsou v příloze 2.

Tabulka 9: Výsledky měření výparného odporu vzorků

		Výparný odpor R_{ET} [$\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{W}^{-1}$]				
	Stav	Plošná hmotnost [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	Tloušťka [mm]	Průměr R_{ET} [$\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{W}^{-1}$]	Průměrný nárůst R_{ET} [$\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{W}^{-1}$] u hotových sendvičů	Intervalové odhady střední hodnoty R_{ET} [$\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{W}^{-1}$]
M1	A	105	0,25	1,39	0,36 (20%)	(1,31;1,47)
	B	118	0,26	1,75		(1,67;1,83)
M2	A	155	0,39	1,6	0,33 (17%)	(1,60;1,60)
	B	167	0,38	1,93		(1,90;1,96)
M3	A	175	0,40	2,02	0,55 (20%)	(1,99;2,05)
	B	188	0,39	2,57		(2,50;2,64)
M4	A	205	0,52	2,2	0,38 (14%)	(2,20;2,20)
	B	218	0,49	2,58		(2,53;2,63)

A: textile + membrána

B: textile + membrána + vrstva pojiva



Graf 1: Vliv laminace na hodnoty výparného odporu vzorků

Výparný odpor byl měřen objektivní metodou na přístroji Permetest. Nejnižší průměrná hodnota byla naměřena u vzorku M1. Tento vzorek je ze všech vzorků nejtenčí a má nejnižší plošnou hmotnost. Naopak M2 byl ze všech nejsilnější, má nejvyšší plošnou hmotnost a byla u něj naměřena nejvyšší průměrná hodnota výparného odporu. Popisná statistika uvedená v tabulce 9 ukazuje rozdíly mezi jednotlivými vrchovými materiály a lamináty. Všechny materiály vykazují dobré hodnoty paropropustnosti.

I přes to, že textilie vykazují podobné hodnoty zakrytí a proces laminace proběhl za stejných podmínek, neproběhla změna u všech vzorků stejně.

Průměrná nejmenší změna před a po laminaci byla vyhodnocená u vzorku M4, tento vzorek měl nejřidší dostavu a největší rozdíl tloušťek před a po laminaci (pokles průměrně 0,03 mm). Předpokládá se, že takový vzorek bude mít větší tendenci odolávat odporu vůči tlaku méně než ostatní 3 vzorky.

M2 měl druhý nejmenší rozdíl v hodnotách výparného odporu, tloušťka textilie se snížila v průměru o 0,01 mm, dostavu měl po M4 nejnižší. Tedy k určitému stlačení a deformaci nití zde také došlo.

U vzorku M1, kde byla zjištěna nejhustší dostava, byl naměřen dokonce přírůstek tloušťky v průměru o 0,01 mm. Vrchová textilie *a* vykazovala takové parametry, které nedovolily textili se zploštit, ba dokonce dovolila lepidlu vytvořit vrstvu, která brání v odvodu vlhkosti. Společně se vzorkem M3 mají nejvyšší změny v hodnotách výparného odporu (v průměru o 20%).

U všech vzorků s různou plošnou hmotností nebyla změna výparného odporu před a po laminaci stejná. Avšak u všech vzorků proběhlo zhoršení transportu plynné vlhkosti. **Proces laminace tedy působí na výparný odpor negativně. Schopnost textilie odvádět vlhkost se zhoršila.**

Termofyziologické vlastnosti sendvičové textilie lze ovlivnit několika faktory, například podmínkami laminace – tlak, teplota, čas, pojivo, použitou membránou nebo samotnou konstrukcí vrchové textilie použité při procesu laminace.

Při zachování stejných podmínek laminace nelze tvrdit, že by změna proběhla stejně. Z rozboru je známo, že vzorky vrchové textilie, mají různé konstrukční, strukturní parametry. V experimentu je potřeba hodnotit především vliv lepidla, který ucpe mezery pro umožnění paropropustnosti textilie. Lepidlo se chová v různé konstrukci jinak. Struktura tkaniny je popisována prostorovou a plošnou geometrií. Velký význam hraje vazná vlna ve tkanině. Z naměřených hodnot se lze domnívat, že tkaniny různou vaznou vlnu mají, a lepidlo se v takových konstrukcích chová jinak. M4 dovolil lepidlu zatéct do struktury textilie více než hustě tkaný M1.

Například u vzorku M4, kde proběhla změna vůči základní vrchní tkanině **-(a)-** nejmenší (v průměru o 14%), se domnívám, že konstrukce tkaniny dovolila při nánosu lepidla a při roztavení lepidla při pojení, aby se textilie deformovala. Lepidlo nezabralo celý povrch textilie, ale celým procesem se textilie zploštila, vytvořila mezery, které slouží k prostupu tepla a vzduchu. To způsobilo, že rozdíl mezi naměřenými vlastnostmi před a po laminaci nebyl tak velký.

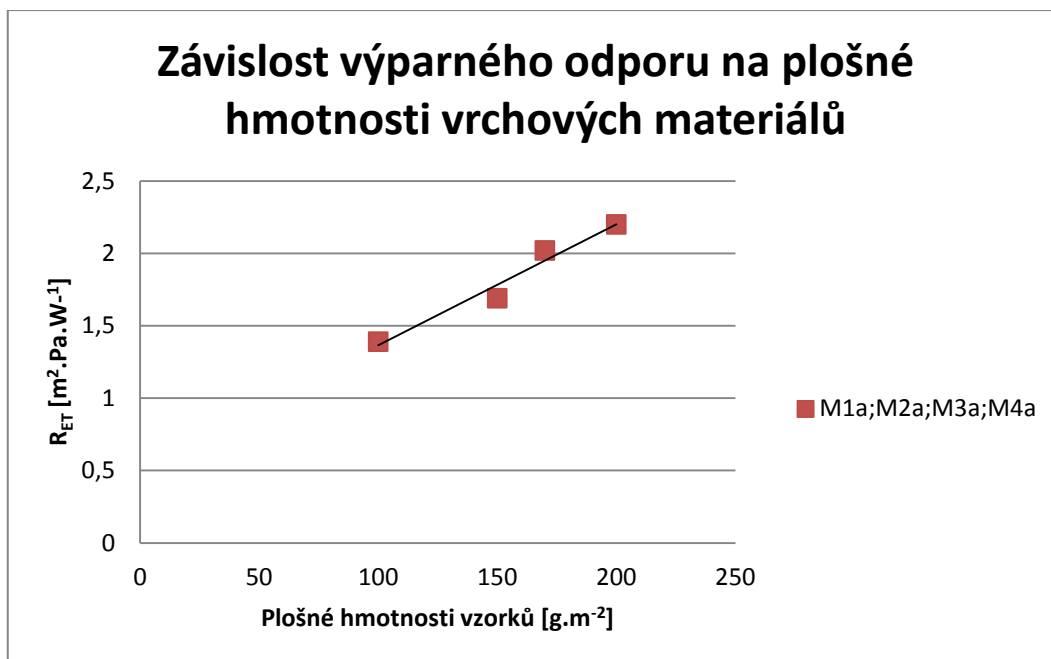
Naopak tomu bylo u vzorku M1, kde působení tlaku při nánosu a při samotném pojení nezpůsobilo na textilií takové deformace, dokonce došlo k navýšení tloušťky, tedy k překrytí mezer, kudy textilie „dýchala“, kde mohly probíhat transformace plyné a kapalné vlhkosti. Lepidlo při nánosu zůstalo na tkanině a zakrytí povrchu tkaniny lepidlem umocnilo roztavení pojiva, které se rozlezlo po ploše textilie.

Aby se mohl vliv určitého konstrukčního parametru přesně vymezit, byla by zapotřebí stejně utkaných vrchových materiálů, vždy by se lišil jen jeden konstrukční parametr.

Toto nebylo pro tento experiment umožněno, jelikož pro vytvoření laminátu byly potřeba nanesené pojivé body, které se nanášely v cizině. K nanesení pojivých bodů navíc je potřeba 15 m tkaniny. Takový materiál, který by při výzkumu směřoval k validním výsledkům, nebylo možné sehnat. Navíc experiment dokazuje, že pro změnu vlastností není důležitá jen tloušťka, plošná hmotnost, ale lze předpokládat, že i konstrukční parametry tkaniny, jako je i způsob provázání nití. Protože při podobném zakrytí mohou být různé dostavy, které souvisí s jemností přízí.

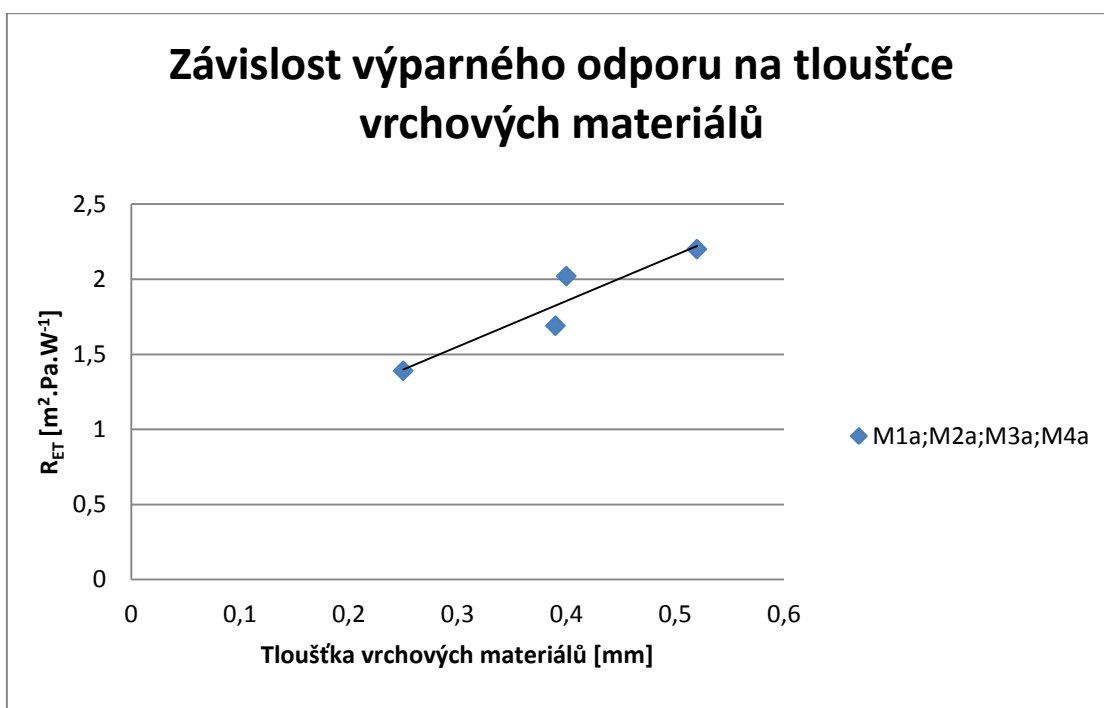
Vzorky M3 a M4 vykazovaly podobné průměrné hodnoty výparného odporu sendvičové textilie. Menší změna oproti vrchovému materiálu byla u M4 (cca 14%) díky konstrukci materiálu, která více dovolila průchodu plyné vlhkosti. Již vrchové materiály se od sebe liší o $20 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, opět je to dáno jejich konstrukčními parametry například hustší dostavou a jemnostmi nití.

Graf 2 zobrazuje trend závislosti výparného odporu na hodnotách plošné hmotnosti vrchových materiálů, s vyšší plošnou hmotností se výparný odpor zhoršuje.



Graf 2: Trend závislosti výparného odporu na plošné hmotnosti vrchových materiálů

Graf 3 zobrazuje trend závislosti výparného odporu na tloušťce vrchových materiálů, s přibývajícím tloušťkou se výparný odpor zhoršuje.



Graf 3: Trend závislosti výparného odporu na tloušťce vrchových materiálů

10.3.2 Výsledky měření tepelného odporu

Tepelný odpor R_{CT} [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$] je parametr závislý na tepelné vodivosti a na tloušťce vrstvy. Čím silnější materiál, tím lepší tepelná izolace, textilie je schopna udržet více tepla (textilie má lepší tepelný odpor).

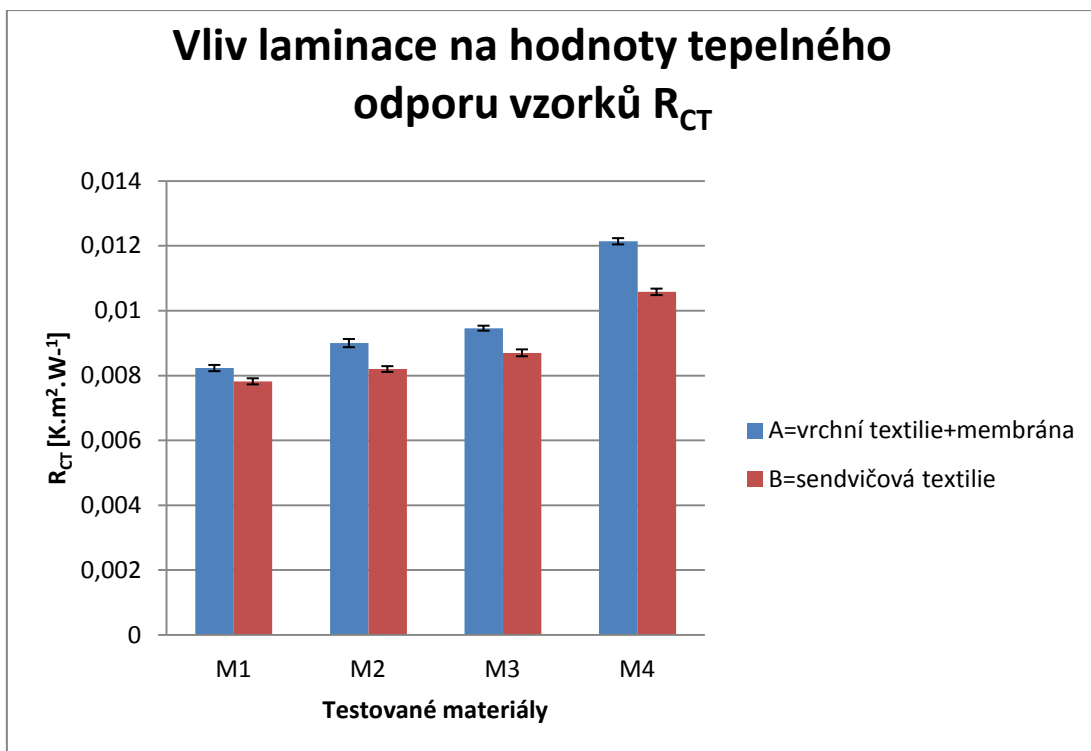
Popisná statistika uvedená v tabulce 10 ukazuje rozdíly mezi jednotlivými vrchovými materiály a lamináty. Graf 4 ilustruje vyhodnocení graficky. Všechny naměřené hodnoty jsou v příloze 3.

Tabulka 10: Výsledky měření tepelného odporu vzorků

Tepelný odpor R_{CT} [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]						
	Stav	Plošná hmotnost [$g \cdot m^{-2}$]	Tloušťka [mm]	Průměr R_{CT} [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]	Průměrný pokles R_{CT} u hotových sendvičů [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]	Intervalové odhady střední hodnoty [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]
M1	A	105	0,25	0,00823	0,00041 (5%)	(0,0081344; 0,0083256)
	B	118	0,26	0,00782		(0,0077259; 0,007914)
M2	A	155	0,39	0,00900	0,00080 (10%)	(0,008873); 0,0091261)
	B	167	0,38	0,00820		(0,0081109; 0,0082891)
M3	A	175	0,40	0,00946	0,00076 (9%)	(0,0093832; 0,0095368)
	B	188	0,39	0,00870		(0,0085935; 0,008806)
M4	A	205	0,52	0,01214	0,00156 (15%)	(0,0120535; 0,0122365)
	B	218	0,49	0,01058		(0,0104801; 0,0106799)

A: textile + membrána

B: textile + membrána + vrstva pojiva



Graf 4: Vliv laminace na hodnoty tepelného odporu

Průměrné hodnoty tepelného odporu byly měřeny na přístroji Alambeta. Všechny materiály vykazují dobré hodnoty tepelného odporu. Nejvyšší průměrná hodnota R_{CT} byla naměřena u vzorku číslo 4. Na základě toho můžeme konstatovat, že platí, čím tlustší materiál, tím je tepelná izolace lepší. Zároveň tento vzorek měl nejvyšší průměrnou plošnou hmotnost. Nejnižší hodnoty tepelného odporu naopak vykazoval materiál M1.

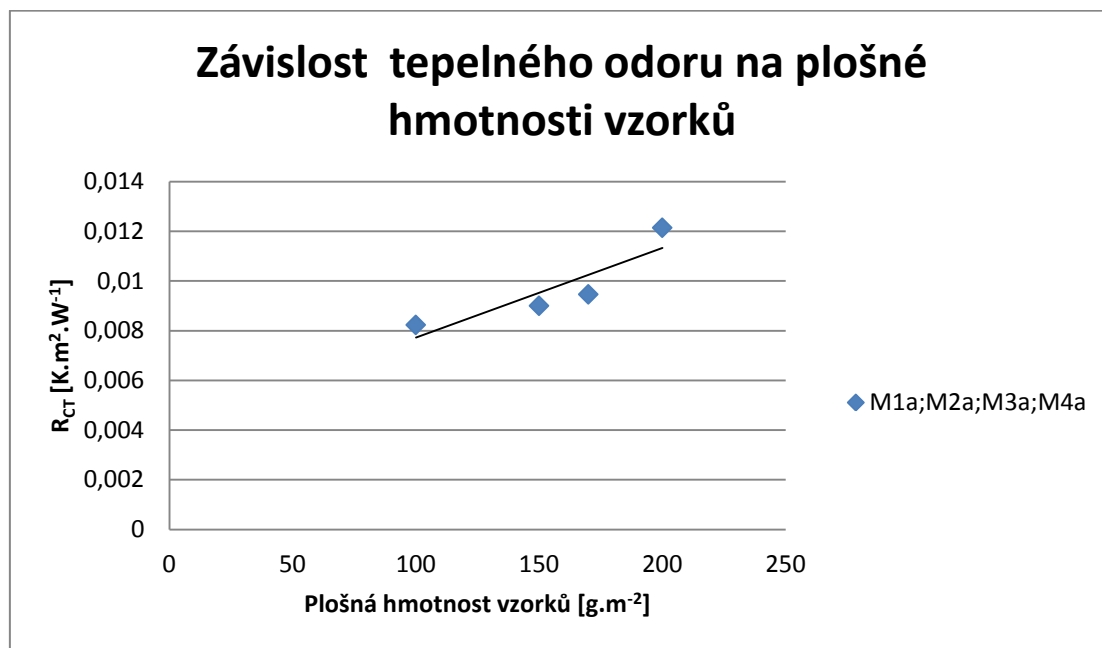
I přes to, že textilie vykazují podobné hodnoty zakrytí a proces laminace proběhl za stejných podmínek, neproběhla změna u všech vzorků stejně. Laminace způsobila pokles hodnoty tepelného odporu, což je dáno především díky snížení tloušťky celého sendviče během procesu laminace oproti samotné vrchové textili. **Proces laminace působí na hodnoty tepelného odporu negativně.**

Průměrná největší změna před a po laminaci byla vyhodnocena u vzorku M4 (prům. 15%), laminát má menší tepelnou izolaci než původní vrchová textilie. Vlivem laminace poklesla tloušťka v průměru až o 0,03 mm. Naopak nejmenší průměrná změna u vzorku M1 (5%), zde tloušťka naopak narostla v průměru o 0,01 mm.

U materiálů M2, M3 byly změny průměrně konstantní v průměru o 10%. Zde je vidět, že pro hodnoty výparného odporu jsou především důležité tloušťky. Oba materiály poklesly v tloušťce po laminaci o 0,01mm.

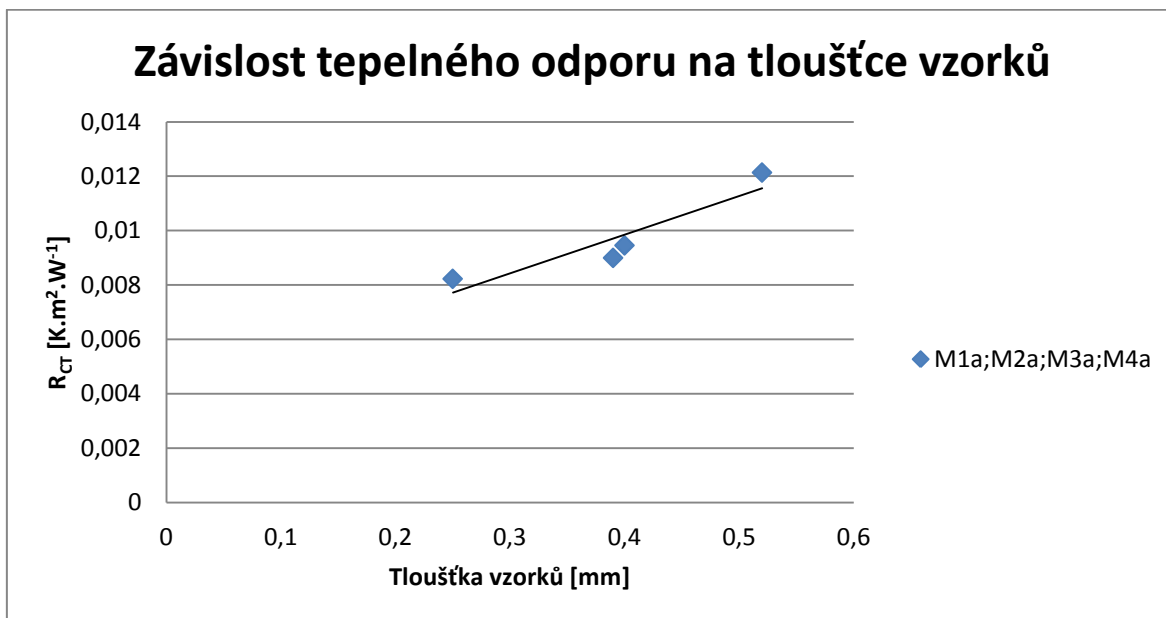
Změna je způsobená především různou konstrukcí materiálů, u M4 jsou změny největší. Lepidlo, které se dostalo do vzduchových mezer, vede teplo lépe než vzduch. Tepelná vodivost polymerů je několikrát vyšší než vodivost vzduchu, který byl v pórech obsažen před laminací. Tím pádem dochází u dvouvrstvých laminátů ke zhoršení izolačních vlastností. Tento pokus dokázal, že je pro tepelný odpor především důležitá tloušťka materiálů.

Graf 5 zobrazuje trend závislosti tepelného odporu na hodnotách plošné hmotnosti vrchových materiálů, s přibývajícím plošnou hmotností se tepelný odpor zlepšuje.



Graf 5: Trend závislosti tepelného odporu na plošné hmotnosti vzorků

Graf 6 zobrazuje trend závislosti tepelného odporu na tloušťce vrchových materiálů, s přibývajícím tloušťkou se tepelný odpor snižuje. Čím silnější materiál, tím horší výparný odpor textilie.



Graf 6: Trend závislosti tepelného odporu na tloušťce vzorků

Materiály M2, M3 vykazují konstantní snížení tloušťky po laminaci v průměru o 0,01 mm zároveň u nich byly naměřeny podobné hodnoty tepelného odporu. Tloušťka je tedy důležitý parametr ve změně tepelného odporu textilie. Čím silnější materiál, tím vyšší je tepelný odpor textilie.

11. Závěr

Diplomová práce se zabývá vlivem laminace na termofyziologické vlastnosti při tvorbě sendvičových textilií. Nejprve byla sestavena rešerše na dané téma. V teorii je obsaženo současné zhodnocení výzkumu dané problematiky, objasnění pojmu outdoor, outdoorové aktivity a termofyziologický komfort. Dále je pojednáno o membránách a správném vrstvení oděvů důležité pro žádoucí funkční vlastnosti, pojem sendvičové textilie a způsob tvorby těchto textilií, vlastnosti oděvů používaných v dnešní době nejen pro outdoorové aktivity, ale v současné době i pro běžné nošení. Dále byl vytvořen experiment navržený s ohledem na možnosti.

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv laminace na základě naměřených termofyziologických vlastností jednotlivých vrstev a zlamínovaných sendvičů. Vrchní materiály měly různou plošnou hmotnost. Proces laminace probíhal za podmínek určených výrobcem jako ideální. Při jiných podmínkách by mohlo dojít k nekvalitnímu spojení vrstev, poškození vrchového materiálu nebo membrány. Také je zde popsán způsob tvorby vzorků – sendvičových textilií. Tvorba sendvičových textilií proběhla za stejných podmínek laminace při použití stejného aditiva. Byla použita nanovláknenná membrána, která výsledné hodnoty výparného i tepelného odporu příliš neovlivnila. Samotné odpory lepidla změřit nelze, termofyziologické vlastnosti byly tedy přeměřeny na jednotlivých vrstvách sendviče následně na hotovém sendviči a výsledné hodnoty byly porovnány (vrchová textilie + membrána) x (vrchová textilie + membrána + lepidlo = hotová sendvičová textilie).

Po provedení experimentu se lze domnívat, že u materiálů různé plošné hmotnosti, avšak podobného zakrytí, chemického složení, vazby a stejných podmínek laminace nedošlo ke stejné změně termofyziologických vlastností. Jelikož laminace probíhala za stejných podmínek a vzorky (sendvičové textilie) se lišily pouze v použité vrchní vrstvě, lze tvrdit, že změny, které byly naměřené po procesu laminace, lze přisuzovat různým konstrukčním parametrům vrchové tkaniny. Protože v různé struktuře materiálů se lepidlo zachová jinak. Někde textilie umožní deformaci přízí a umožní větší paropropustnosti, někde se vytvoří vrstva lepidla, která taková místa více znepřístupní a výparný i tepelný odpor se zhorší. Proces laminace tedy působí na termofyziologické vlastnosti negativně.

Plošná hmotnost vzorků v rozmezí od 100 – 200 g·m⁻² se vlivem laminace zvýšila. Hmotnost samotné membrány je v průměru 5 g·m⁻². Nárůst plošné hmotnosti hotových laminátů je přibližně v průměru o 13 g·m⁻², což odpovídá hmotnosti vrstvy pojiva. Přičemž se potvrdilo, čím větší tloušťka materiálu, tím byl výparný odpor menší, tepelný odpor větší a naopak. Jednotlivé odpory vrstev tedy nelze jednoduše sečíst, ale je třeba brát v úvahu vliv procesu laminace, zvláště vliv lepidla, který se v různých konstrukcích materiálů projeví jinak.

Jelikož je toto téma celkem nové a ve své podstatě složité, vyskytlo se v průběhu tvoření této diplomové práce několik návrhů a doporučení. Z diplomové práce vychází, že lepidlo použité při pojení vrstev se v různých tkaninách chová různě. Při zkoumání vzorků v této diplomové práci nelze globalizovat a vyhodnotit určitý vliv jednoho konstrukčního parametru. Je tedy na místě návrh experimentu, kdy se vytvoří tkaniny stejného charakteru a jen jeden konstrukční parametr by se měnil. Pro dosažení nejvhodnější změny, tj. nejmenšího ovlivnění termofyziologických vlastností při tvorbě sendvičových textilií by se dal proces laminace ovlivnit výrobou a použitím přesně definovaného materiálu pro vrchní vrstvy sendvičů. Pak by se mohlo uvažovat o predikci termofyziologických vlastností hotového sendviče na základě vymezených vlastností a parametrů samotné vrchní tkaniny. Pro další výzkum by bylo také zajímavé zkoumat strukturu více různých materiálů, lišících se opět v tom jednom konstrukčním parametru, ještě před nanesením polymerních pojících bodů. Konkrétně pozorovat, jak se při nánosu a při samotném pojení vrstev především při tavení lepidla na tkanině za působení tepla a tlaku, příze zdeformují a sledovat jak se mezery ve struktuře zaplní, sledovat jak se lepidlo zachová.

I přes proces laminace vykazují všechny vzorky výborné termofyziologické vlastnosti. Rozdíly termofyziologických vlastností vzorků před a po laminaci tedy nejsou až tak veliké, ale i tak jsou významné, je třeba vědět, že jednotlivé odpory vrstev použité v sendvičové textilii nelze jednoduše změřit a sečíst, ale musí se brát v úvahu vliv procesu laminace, který u různých konstrukcí textilie způsobuje různé změny. Pro většinu sendvičových textilií je laminace proces, kde dochází ke zhoršení některých termofyziologických vlastností celého laminátu. Nalaminování membrány je však nezbytné pro vysokou odolnost proti tlakové vodě, která se díky laminaci několikanásobně zvyšuje a je pro vrchové textilie nezbytná.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Přenos tepla v systému člověk - vnější prostředí [8]	18
Obrázek 2: Přenos tepla kondukcí [1]	19
Obrázek 3: Přenos tepla prouděním [1]	21
Obrázek 4: Přenos tepla vedením [1]	24
Obrázek 5: Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže odparem [1]	25
Obrázek 6: Difúzní odvod [1]	26
Obrázek 7: Vrstvení oděvů [38]	31
Obrázek 8: Funkce membrány [40]	35
Obrázek 9: Různé druhy laminátů s membránou [1]	41
Obrázek 10: Schéma nánosování posypem [32]	43
Obrázek 11: Hlubotiskový způsob nanášení pojiva [32]	45
Obrázek 12: Pastový způsob nanášení pojiva [32]	46
Obrázek 13: Podlepovací stroj se sklopným přitlakem [33]	50
Obrázek 14: Bubnový podlepovací stroj [33]	53
Obrázek 15: Pásový podlepovací stroj [33]	54
Obrázek 16: Aditivum nanesené na tkaninu	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 17: Aditivum nanesené na tkaninu, oddálený pohled	63
Obrázek 18: Fixační pásový stroj	64
Obrázek 19: Materiál s nalaminovanou membránou	64
Obrázek 20: Klimatizační komora	65
Obrázek 21: Digitální tloušťkoměr	67
Obrázek 22: Zjišťování zakrytí vzorků	69
Obrázek 23: Ilustrace měření na permetestu [40]	73
Obrázek 24: Permetest připojený k počítači	73
Obrázek 25: Alambeta	74
Obrázek 26: Schéma Alambety [26]	74

Seznam tabulek

Tabulka 1: Klasifikace propustnosti textilií pro vodní páry	27
Tabulka 2: Základní charakteristika vrchních tkanin	61
Tabulka 3: Základní charakteristika membrány	62
Tabulka 4: Parametry laminace.....	64
Tabulka 5: Plošné hmotnosti vzorků	66
Tabulka 6: Tloušťky vzorků	67
Tabulka 7: Zakrytí vzorků	69
Tabulka 8: Plošné hmotnosti vybraných vzorků.....	71
Tabulka 9: Výsledky měření výparného odporu vzorků	77
Tabulka 10: Výsledky měření tepelného odporu vzorků	82

Seznam grafů

Graf 1: Vliv laminace na hodnoty výparného odporu vzorků	78
Graf 2: Trend závislosti výparného odporu na plošné hmotnosti vrchových materiálů.....	81
Graf 3: Trend závislosti výparného odporu na tloušťce vrchových materiálů	81
Graf 4: Vliv laminace na hodnoty tepelného odporu	83
Graf 5: Trend závislosti tepelného odporu na plošné hmotnosti vzorků.....	84
Graf 6: Trend závislosti tepelného odporu na tloušťce vzorků	85

Zdroje

Tištěné zdroje

- [1] HES, L. & SLUKA, P.: Úvod do komfortu textilií, Technická univerzita v Liberci, ISBN 80-7083-926-0, Liberec, 2005.
- [2] KNÍŽEK, R. & WIENER, J.: Polyurethane coating on a supporting layer of polymeric nanofibers. *Proceedings of innovative textile for high future demands*, pp. 303-306, ISBN 978-953-7105-48-8, Zadar, June 2012, Faculty of Textile Technology, Zagreb (2012).
- [3] GIBSON, P. W.: Factors Influencing Steady-State Heat and Water Vapor Transfer Measurements for Clothing Materials. *Textile Research Journal* [online]. Vol. 63, No. 12, pp. 749-764 [cit. 2013-03-14]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/004051759306301208. Available from: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/004051759306301208>.
- [4] KADEM, F. D. & ERGEN, A.: *Investigation of some comfort properties of fabrics laminated with different types of membranes*, Curkurova Univerzity, Department of Textile Engineering, Adana, Turkey, 2011.
- [5] JOENG, W. Y., An S. K., 2004, *Mechanical Properties of Breathable Waterproof Fabrics with Seaming and Sealing Processes*, *Fibers and Polymers*, Vol: 5, No: 4,316-320
- [6] SAHIN, B., 2005, *Application and Effects of Different Surface Coating Technicals on Fabrics*, M. Sc. Thesis, Marmara University, Institute of Pure and Applied Sciences, Istanbul, 142.
- [7] PAKOSTOVÁ, V.: Oděvní komfort, [online 16.5.2013].
Dostupné z <http://pakostova.pellican.cz/publikace.php>
- [8] KUNEŠ, J., VESELÝ, Z., HONNER, M.: Tepelné bariéry, Academia, ISBN 80-200-1218-4, 2003.
- [9] BLAHOŽ, V., KADLEC, Z.: Základy sdílení tepla, ISBN 80-902001-1-7: 80.00, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996.
- [10] PETŘÍKOVÁ, M.: Sdílení tepla, učební text, Technická univerzita v Liberci, 2011.
- [11] KNÍŽEK, R.: Polorozpuštěné nanovláknenné membrány pro oděvní účely. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. Diplomová práce. TUL, FT.

- [12] SHISHOO, R.: Textiles in sport, Published in association with The Textile Institute 1-85573-922-4, 2005.
- [13] RŮŽIČKOVÁ, D.: Oděvní materiály, Technická univerzita v Liberci, ISBN 80-7083-682-2, 2003.
- [14] DENTON, M. J. a P. N. DANIELS.: Textile terms and definitions. 11th ed. Manchester (England): The Textile Institute, 2002. ix, 407 s. ISBN 1-870372-44-1
- [15] TERŠL, S.: Malá encyklopedie textilií a odívání. 1.vyd.Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [16] SMITH, W. C. Smart textile coatings and laminates.1st. published.Oxford; Cambridge; New Delhi: Woodhead Publishing Limited, 2010. xvi, 304 s., ISBN 987-1-84569-379-4.
- [17] HAVELKA, A. a HALASOVÁ H. Tepelné a vlhkotepelné tvarování v konfekci, 1.vyd.Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003.127 s. ISBN 80-7083-713-6.
- [18] SEN, A. K.Coated textiles: Principles and Applications.2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.xxi,236 s., ISBN 978-1-4200-5345-6.
- [19] KNÍŽEK, R., JIRSÁK, O., WIENER, J., CHALOUPKA, Z.: *Layer of polymer nanofibers with the increase hydrostatic resistance and multilayer textile composite contain this layers*, 2012-26069.
- [20] MILITKÝ, J.: Textilní vlákna klasická a speciální, Technická univerzita v Liberci, ISBN 978 -80-7372-844-1, 2012.
- [21] HLADÍK, V., KOZEL, T., MIKLAS, Z.: Textilní materiály, SNTL PRAHA, 1984
- [22] HEINISCH, T., BAJZÍK, V., KNÍŽEK R, GREGUŠOVÁ, Z.: Vliv procesu laminace nanovláknenné membrány na výparný odpor 2vrstevných laminátů, Technická univerzita v Liberci, 2013.
- [23] ANAN, S. C.: Recent Advances in Textile Materials and Products for Activewear and Sportswear, In *Textile Today* [online]. Vol. Jan-Feb [cit. 2013-03-14]. *Available from:* <http://www.textiletodaybd.com/magazine/printable.php?id=163>.
- [24] Interní norma č. 23-303-01/01. *Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií*. Liberec: Technická univerzita.

- [25] KATEDRA ODEVNICTVÍ: *Přístroj pro stanovení tuhosti a pružnosti plošných textilií Tuhoměr TH4*, popis přístroje. Liberec: Technická univerzita.
- [26] Norma ČSN 80-0858. *Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci.
- [27] Norma ČSN EN 80 0819. *Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívací destičkou)*. Liberec: Technická univerzita.
- [28] Klimatizační norma ČSN EN ISO 80 0056. *Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení*. Liberec: Technická univerzita.
- [29] Norma ČSN EN ISO 80 0812. *Plošné textilie. Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti*. Liberec: Technická univerzita.
- [30] REC, Vlastimil, Jiří SMUTNÝ a Miroslav HAMPL. *Podleповání součástí svrchních oděvů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991, 128 s. Technika a technologie spotřebního průmyslu. ISBN 80-030-0242-7.
- [31] FUNG, Walter. *Coated and laminated textiles*. Cambridge, England: Woodhead Pub., 2002, xiv, 402 p. ISBN 18-557-3576-8.
- [32] ZELOVÁ, Katarína *Vyztužování – podleповání*, 2012. *Výroba oděvů: (ODE)* [online]. 2012 [cit. 2012 – 11-18]. Dostupné z: [http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_6_LS_2012_Podlepovani%20\[Reřim%20kompatibility\].pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_6_LS_2012_Podlepovani%20[Reřim%20kompatibility].pdf).
- [33] *Podleповací stroje*, [online]. [cit. 2013-2-10]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/tvarovani/podlepovani/stroje/stroje.htm.

Internetové zdroje

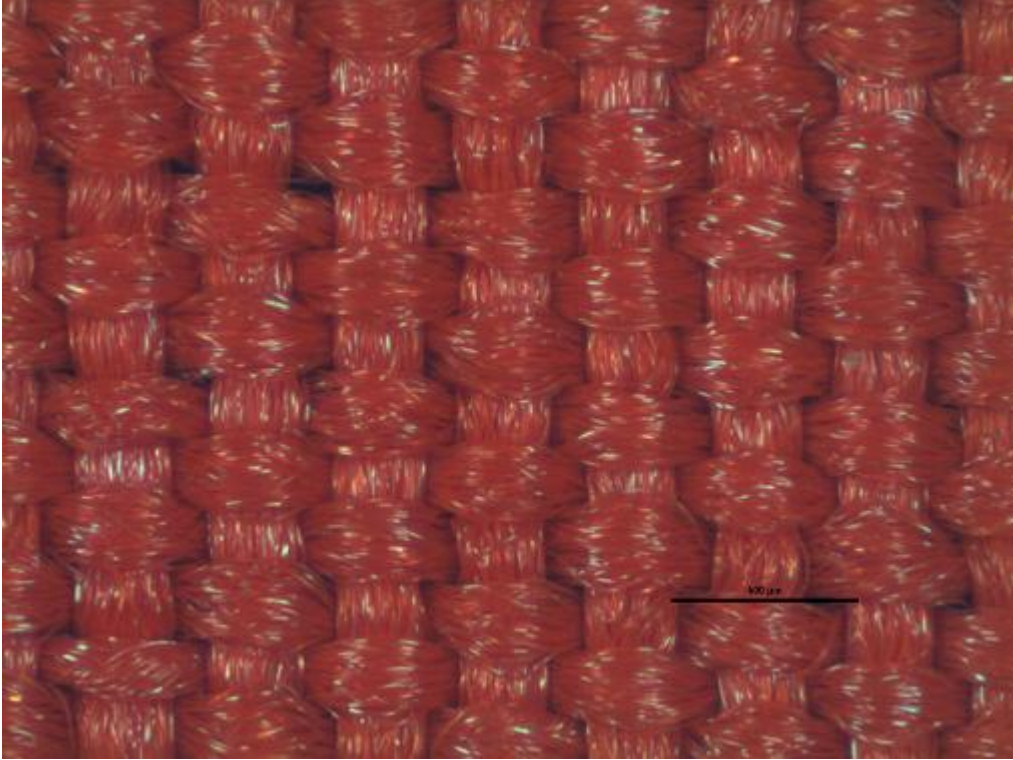
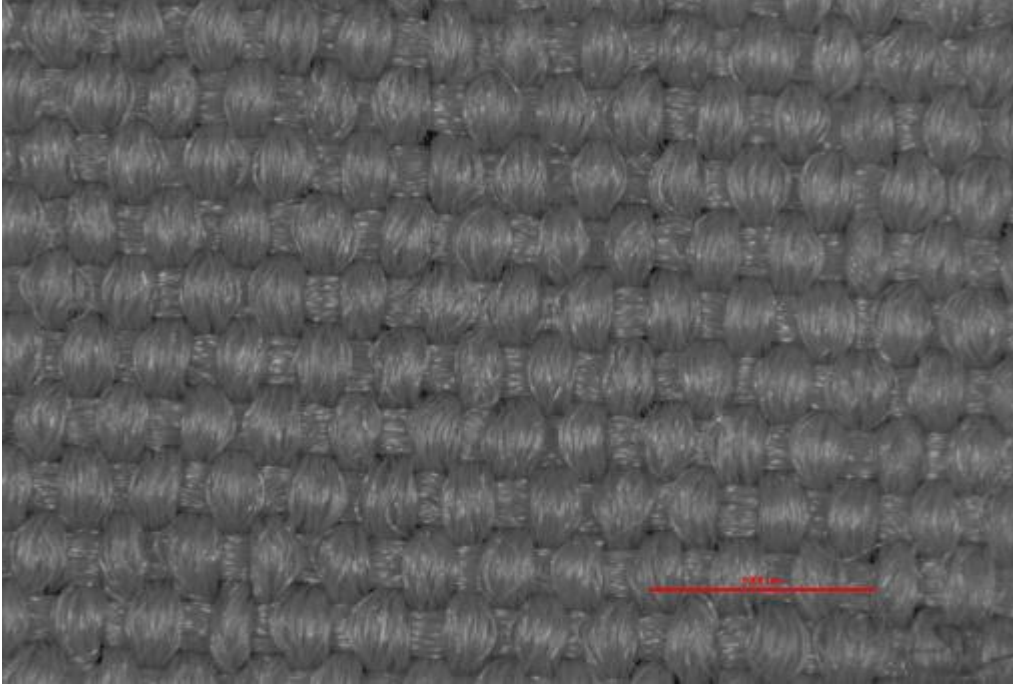
- [34] HIGHPOINT.CZ [online]. 2013 [cit. 2013-05-17]. Prodyšnost, paropropustnost. Dostupné z: <http://www.highpoint.cz/komunita/slovník-pojmu/prodyšnost-paropropustnost.html>.
- [35] HIGHPOINT.CZ [online], 2013 [cit. 2013-05-17] Slovník. Dostupné z <http://www.highpoint.cz/slovník/outdoor.html>.
- [36] ROCKPOINT.CZ [online], 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z <http://www.rockpoint.cz/html/prehled-materialu.html?w=430>.
- [37] SVĚT OUTDOORU.CZ [online], 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z <http://www.svetoutdooru.cz/po-svych/to-zakladni-o-obleceni/>.
- [38] ADISPORT.CZ [online], 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z http://www.adisport.cz/aktuality/_zobraz=jak-spravne-vybrat-a-vrstvit-obleceni-pro-outdoor-aktivity.
- [39] JITEX. CZ [online], 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z www.jitex.cz
- [40] PERMETEST [online], 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z <http://www.hedvabnastezka.cz/s1-meri-i-membrany/>.

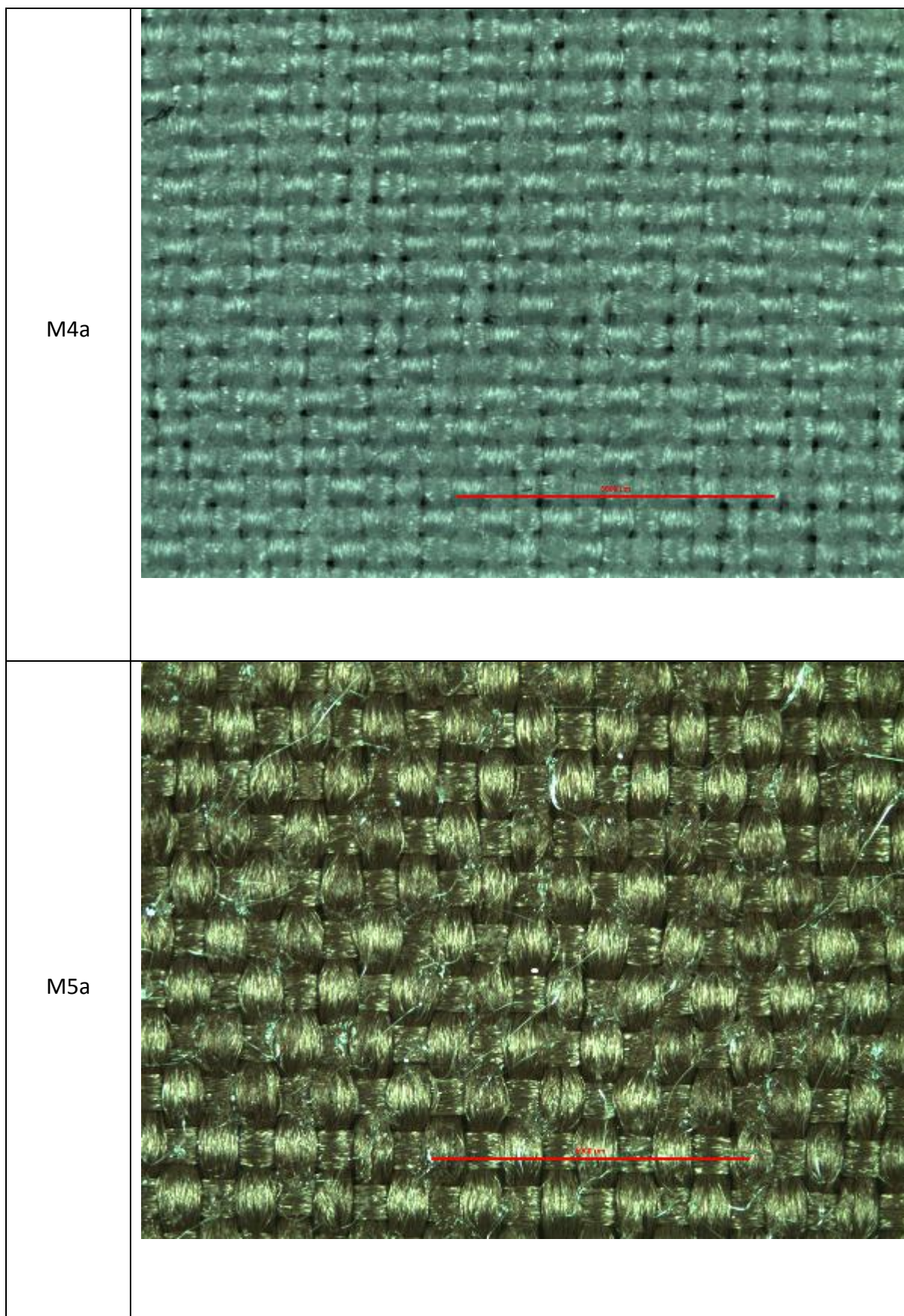
PŘÍLOHY

- Příloha číslo 1: Pohledy na jednotlivé vrchní tkaniny
- Příloha číslo 2: Naměřené hodnoty výparného odporu
- Příloha číslo 3: Naměřené hodnoty tepelného odporu

PŘÍLOHA ČÍSLO 1

Pohledy na jednotlivé vrchní tkaniny

Označení	Pohledy na jednotlivé vrchní tkaniny
M1a	
M2a	



Příloha 2 : Naměřené hodnoty výparného odporu

Testované materiály, 100% PES, vazba plátňová	Zakrytí a [-]	Stav vzorku	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	Tloušťka [mm]	Změna tloušťky [mm]	Výparný odpor [m ² .Pa.W ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Rozptyl	Intervalo vé odhady střední hodnoty	$\frac{2,26^2 \cdot s}{\sqrt{n}}$
Mv1	0,997	A	105	0,25	0,01	M1A	1,6	1,3	1,3	1,3	1,5	1,4	1,3	1,5	1,3	1,4	1,39	0,11	8,0	0,0109	1,31;1,47	0,08
		B	118	0,26		M1B	1,9	1,7	1,9	1,7	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	1,8	1,5	1,75	0,11	6,4	0,0125	1,67;1,83
Mv2	0,949	A	155	0,39	-0,01	M2A	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,60	0,00	0	0,0000	1,60;1,60	0,00
		B	167	0,38		M2B	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,93	0,05	2,4	0,0021	1,90;1,96
Mv3	0,984	A	175	0,40	-0,01	M3A	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	2,02	0,04	2,0	0,0016	1,99;2,05	0,03
		B	188	0,39		M3B	2,7	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,57	0,09	4	0,0081	2,5;2,64
Mv4	0,961	A	205	0,52	-0,03	M4A	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,20	0,00	0,0	0,0000	2,20;2,20	0,00
		B	218	0,49		M4B	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6	2,5	2,6	2,58	0,06	2,4	0,0039	2,53;2,63

Příloha 3: Naměřené hodnoty tepelného odporu

Testované materiály, 100% PES, vazba plátňová	Zakrytí a [-]	Stav vzorku	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	Tloušťka [mm]	Změna tloušťky [mm]	Tepelný odpor R _{ct} [K.m ² .W ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	Rozptyl	Intervalové odhady střední hodnoty	2,26 [±] s/√n
M1	0,997	A	105	0,25	0,01	M1A	0,0082	0,0084	0,0081	0,0081	0,0081	0,0084	0,0084	0,0083	0,0082	0,0081	0,00823	0,00013	1,6	1,61.10 ⁻⁸	(0,0081344; 0,0083256)	0,000956
		B	118	0,26		M1B	0,0079	0,0079	0,0076	0,0078	0,0077	0,008	0,0078	0,0077	0,0078	0,0077	0,00782	0,00013	1,7	1,56.10 ⁻⁸	(0,0077259; 0,007914)	0,000941
M2	0,949	A	155	0,39	-0,01	M2A	0,0088	0,0088	0,0089	0,0089	0,0089	0,0093	0,0089	0,009	0,009	0,009	0,00900	0,00018	2	2,8.10 ⁻⁸	(0,008879; 0,0091261)	0,001261
		B	167	0,38		M2B	0,0083	0,0083	0,0081	0,0082	0,0084	0,0083	0,008	0,0081	0,0082	0,0081	0,00820	0,00012	1,5	1,4.10 ⁻⁸	(0,0081109; 0,0082891)	0,000891
M3	0,984	A	175	0,40	-0,01	M3A	0,0095	0,0093	0,0095	0,0094	0,0094	0,0093	0,0096	0,0095	0,0095	0,0096	0,00946	0,00011	1,2	1,04.10 ⁻⁸	(0,0093832; 0,0095368)	0,000768
		B	188	0,39		M3B	0,0087	0,0086	0,0086	0,0089	0,0086	0,0089	0,0087	0,0089	0,0086	0,0085	0,00870	0,00015	2	2,00.10 ⁻⁸	(0,0085935; 0,0088065;)	0,001065
M4	0,961	A	205	0,52	-0,03	M4A	0,0120	0,0120	0,0122	0,0120	0,0120	0,0120	0,0123	0,0123	0,0123	0,0122	0,01214	0,00013	1,07	1,64.10 ⁻⁸	(0,0120535; 0,0122365)	0,000965
		B	218	0,49		M4B	0,0104	0,0108	0,0108	0,0106	0,0106	0,0104	0,0105	0,0106	0,0104	0,0105	0,0106	0,01058	0,00014	1,3	1,76.10 ⁻⁸	(0,0104801; 0,0106799)