

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra textilních materiálů

Obor: N3106
Textilní materiálové inženýrství
Řízení jakosti

**STUDIUM OCHLAZOVÁNÍ NOSITELE ODĚVU ODPAREM
Z VNĚJŠÍ VLHKÉ TEXTILIE**

**RESEARCH OF DRESS WEARER'S COOLING DOWN BY
EVAPORATION FROM HUMID EXTERNAL TEXTILE**

Michal Kříž
KTM – 497

Vedoucí práce: Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

Rozsah práce:

Počet stran:	69
Počet obrázků:	19
Počet grafů:	57
Počet tabulek:	2
Počet příloh:	2

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 11. 05. 2007

.....

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc, za cenné a podnětné rady související s danou problematikou a dohledem při postupu vzniku mé práce.

Dále bych chtěl poděkovat celé své rodině, která mě umožnila studium na této škole a po celou dobu mě materiálně i psychicky podporovala.

Bc. Michal Kříž

Anotace

Tato diplomová práce studuje ochlazování nositele oděvu odparem z vnější vlhké textilie. Bylo měřeno, jak se mění hodnoty relativní a absolutní propustnosti pro vodní páry s rostoucím zavlhčením textilie a s měnící se výškou vzduchové mezery a jaký je rozdíl v těchto hodnotách mezi různými vláknými typy tkanin. Měření bylo prováděno na přístroji Permetest a hodnoty takto získané znázorňují průběh změn paropropustnosti. V teoretické části je popsán termofyziologický komfort a poznatky související s danou problematikou včetně užívaných typů přístrojů.

Klíčová slova: relativní propustnost pro vodní páry, vzduchová mezera, hmotnostní přívažek vlhkosti, termofyziologický komfort.

Annotation

This graduation theses studies refrigeration dress bearer evaporator from outer humid textile. It was measured how changes values relative and absolute water vapour permeability with growing moistening textile and with variable high air gap and what is the difference of these values among various fibril by type of fabrics. Measurement was pursuit on instrument Permetest and values gained this way represent course changing water vapour permeability. Theoretic part is described thermo physiological comfort and knowledge associated with given problems, including used types of instruments.

Keywords: relative water vapour permeability, air gap, fair weight of humidity's mass, thermo physiological comfort.

Seznam použitých symbolů a zkratk

Ba	bavlna
PES	polyester
U	hmotnostní přívažek vody v textilií [%]
m	hmotnost [kg]
m_v	hmotnost vlhkého vzorku [kg]
m_s	hmotnost suchého vzorku [kg]
m_s	plošná hmotnost [g/m^2]
ΔP	rozdíl parciálních tlaků [Pa]
P_K	tlak pokožky [Pa]
P_O	tlak okolí [Pa]
P_{rel}	relativní propustnost [%]
P_{abs}	absolutní propustnost [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]
S	stupeň bobtnání
U	hmotnostní přívažek [%]
p_{sat}	nasycený tlak na povrchu textilie [Pa]
p_{air}	tlak vzduchu v okolním prostředí [Pa]
R_{gap}	výparný odpor vzduchové mezery [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]
R_{et}	výparný odpor textilie [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]
R_{eto}	výparný odpor mezní vrstvy [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]
k	konstanta
h	výška vzduchové mezery [mm]
β	součinitel přenosu hmoty prouděním [$\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}$]
D_c	difúzní koeficient vztažen na koncentraci [$\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$]
M_w	molární koncentrace vodní páry [mol/l]
R	obecná plynová konstanta [$\text{m}\cdot\text{K}^{-1}$]
T	absolutní teplota vodní páry [K]
D_p	difúzní součinitel pro vodní páry – vztaženo na tlak [$\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}$]

OBSAH

Úvod.....	14
Teoretická část.....	15
1 Oděv a oděvní komfort.....	15
1.1 Oděvní komfort sensorický.....	16
1.2 Oděvní komfort termofyziologický.....	16
1.3 Oděvní komfort psychologický.....	17
1.4 Oděvní komfort patofyziologický.....	17
2 Termoregulace organismu.....	18
2.1 Přenos tepla konvekcí.....	18
2.2 Přenos tepla kondukcí.....	19
2.3 Přenos tepla evaporací.....	20
2.4 Přenos tepla radiací.....	20
2.5 Přenos tepla respirací.....	21
3 Propustnosti plošných textilií.....	21
3.1 Propustnost vody.....	21
3.1.1 Nepromokavost.....	22
3.1.2 Nasákavost.....	22
3.1.3 Protlak vody.....	23
3.1.2 Propustnost vodní páry.....	23
3.1.3 Odvod vlhkosti z lidského těla.....	24
3.1.3.1 Kapilární odvod.....	25
3.1.3.2 Migrace.....	26
3.1.2.3 Difúze.....	26
3.1.2.4 Sorpce.....	26
3.1.2.4.1 Mechanismus sorpce.....	27
3.1.2.4.2 Kinetika sorpce.....	28
4 Metody měření propustnosti vodní páry.....	31
4.1 Zkouška pocení vyhřívanou destičkou dle ČSN 80 0819 – SKIN MODEL.....	31
4.1.1 Zkouška za stacionárních podmínek.....	31
4.1.2 Zkouška za nestacionárních podmínek.....	32
4.2 Metoda DREO.....	32
4.3 Gravimetrická metoda (Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií ČSN 80 0855).....	33
4.4 Testovací zařízení – POTÍCÍ TORZO.....	34
4.5 Měření pomocí přístroje PERMETEST.....	34
4.5.1 Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry.....	36
4.5.2 Stanovení výparného odporu.....	36
4.5.3 Stanovení tepelného odporu.....	36
5 Vliv vodního obsahu na vlastnosti textilií.....	37
5.1 Pohlcování vlhkosti textilními materiály.....	37
5.1.1 Navlhavost v rovnovážném stavu.....	37
5.2 Vliv vlhkosti na jednotlivé typy vláken.....	38
5.2.1 Vliv vlhkosti na celulósová vlákna.....	38
5.2.2 Vliv vlhkosti na polyesterová vlákna.....	39
5.3 Bobtnání vláken.....	39

5.4	Stanovení sorpce.....	40
5.5	Tok vlhkosti	41
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST		42
6	Měření vzorků.....	42
6.1	Použité materiály	42
6.2	Příprava vzorků pro měření	43
6.3	Výsledky měření.....	44
6.4	Matematický model pro výpočet q_{tot} u zavlhčené textilie.....	71
7	Závěr.....	73
SEZNAM LITERATURY.....		75

Úvod

Základní potřeba člověka v oblékání se mění, neboť jsou používány stále nové technologie při výrobě a vývoji textilních materiálů. Oděvní výrobci jsou nuceni zvyšovat kvalitu svých výrobků proto, aby obstály v konkurenčním boji a uspokojily potřeby zákazníků. Jednou z funkcí oděvu při nošení je ochrana proti okolnímu prostředí a také komfort při jeho užívání, protože estetický dojem z oděvu je všeobecně znám a vnímán, ale vlastnosti výrobku a jejich vliv na fyziologickou rovnováhu člověka je to, co nakonec určuje pocit z nošení.

Tato diplomová práce se zabývá ochlazováním nositele oděvu odparem z vnější vlhké textilie. Pro studium této problematiky byly vybrány látky, ze kterých se produkuje pracovní oděvy, neboť při jejich používání ve venkovním prostředí je nejvyšší pravděpodobnost navlhnutí nebo promočení kvůli dešti. Krátkodobý mírný déšť není důvodem k přerušení pracovní činnosti, a proto je velmi zajímavé zjistit, jak takový oděvní systém pracuje a jak se chová vnější zavlhčená látka.

Propustnost vodní páry patří mezi nejdůležitější parametry komfortu plošných textilií a tato diplomová práce se jí bude zabývat a položí si několik otázek:

- Jak se bude měnit paropropustnost při různě velkých hmotnostních přívažcích vlhkosti v textilií?
- Jaký bude mít vliv na výsledky pokusu vzduchová mezera, která se vytvoří mezi modelem lidské kůže a měřeným vzorkem?
- Jak se bude projevovat rozdíl plošných hmotností u vybraných textilií při různých úrovních zavlhčení a velikostech vzduchové mezery?
- Jaký bude mít vliv materiálové složení na konečné výsledky?

Toto všechno bude experimentálně zjišťováno v diplomové práci. Současně lze říci, že toto měření je díky použití rychlé měřicí metody schopno zjistit měřené hodnoty přesněji než kdy předtím. A získané výsledky mohou tedy dobře posloužit k orientaci v této problematice.

Teoretická část

1 Oděv a oděvní komfort

Oděv je charakterizován jako ochrana před povětrnostními vlivy nebo jako prostředek pro zahalování tělních částí, které jsou považovány za tabu. Je také vnímán v určitém smyslu jako znak lidské osobnosti a je vnějším signálem pro okolí – vztah k prostředí a ke společnosti. Základní funkcí oděvu je především jeho užitnost, která je určována přírodními podmínkami.

Oděv je vrstva, v níž dochází k prostupu tepla a vlhkosti. Na základě konstrukce oděvu, materiálu a dalších parametrů jsou tyto prostupy bržděny nebo usnadňovány. Oděv tak napomáhá termoregulaci organismu v takových podmínkách, kdy se tělo samo nezreguluje. [1]

Vědní směr Fyziologie odívání se zabývá biologickými a fyzikálními příčinami vlivu oděvu na lidský organismus, na jeho výkonnost a zdraví. Jeho hlavní náplní je pozorování a vyhodnocování vztahů mezi prostředím, oděvem a organismem. Charakterizace oděvního komfortu je možná jako souhrn všech vjemů při nošení oděvu. Charakter celkového oděvního komfortu se nachází mezi mantinely, které utváří:

- Fyzikální parametry
- Abstraktní představy

Komfort je také stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimální rovnováze a kdy okolí člověka včetně jeho oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy. Subjektivně můžeme tento pocit označit jako pocit pohody. Komfort je vnímán těmito lidskými smysly v tomto pořadí důležitosti : hmat, zrak, sluch, čich. Při diskomfortu mohou nastat nepříjemné vjemy jako je pocit nadměrného tepla nebo chladu. Komfort lze zjednodušeně definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů. Komfort dělíme na čtyři kategorie:

- sensorický
- termofyziologický
- psychologický
- patofyziologický

[2]

1.1 Oděvní komfort sensorický

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy. Pocity vznikající při styku pokožky a textilie mohou být příjemné (pocit měkkosti, splývavosti) nebo nepříjemné a dráždivé (pocit tlaku, vlhkosti, škrábání, kousání, píchání, lepení apod.). Sensorický komfort lze rozdělit na komfort nošení a omak.

Komfort nošení oděvů zahrnuje:

- Povrchovou strukturu použitých textilií.
- Vybrané mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvním systému.
- Schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost, která má vliv na tepelné a kontaktní vlastnosti textilie, v tomto bodě souvisí komfort sensorický s komfortem fyziologickým.

Omak je veličina subjektivní a její vjem je špatně reprodukovatelný, vjem je zajišťován prostřednictvím prstů a dlaně. Při zjednodušení lze omak charakterizovat těmito vlastnostmi:

- hladkostí (součinitel povrchového tření)
- tuhostí (ohybovou a smykovou)
- objemností (ovlivněna stlačitelností)
- tepelně – kontaktním vjemem.

Senzorický komfort je vnímán podkožními receptory. Teplota a chlad jsou zaznamenávány dvěma samostatnými typy receptorů, které jsou umístěny nejen v pokožce, ale i centrální nervové soustavě. Teplotní receptory vnímají vzestup teploty nad normální úroveň (oblast teplot 38 až 43°C) a chladové receptory vnímají pokles teploty pod 35°C. Neexistují snímače pro vlhkost, ty jsou nahrazeny současným vnímáním pocitu chladu a tlaku. Nejvíce termoreceptorů je v kůži obličeje a na hřbetu ruky. Chladových receptorů je v kůži asi 8x víc než tepelných, přibližně asi 140 000. [2]

1.2 Oděvní komfort termofyziologický

Termofyziologický komfort je stav organismu, kdy jsou veškeré fyziologické funkce organismu v optimu, a tedy organismus nemusí regulovat svoji teplotu. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody a nepřevládají ani pocity tepla ani chladu. Teoreticky

v tomto stavu dokáže člověk pracovat neomezeně dlouho. Komfort mohou narušit pocity tepla při větším pracovním zatížení, nebo při vlhkém klimatu, anebo pocit chladu způsobený studeným prostředím.

Termofyziologický komfort se posuzuje:

- teplotou a vlhkostí pokožky
- relativní vlhkostí vzduchu
- obsahem CO₂ ve vzdušné vrstvě nad pokožkou
- rychlostí proudění vzduchu

[2]

1.3 Oděvní komfort psychologický

Charakter psychologického komfortu se nachází mezi hranicemi, které tvoří na jedné straně fyzikální parametry textilie a funkčnost - pro jaké přírodní podmínky je určena, a na straně druhé to jsou abstraktní představy nositelů – historická, kulturní, ekonomická, sociální, skupinová a individuální hlediska.

[2]

1.4 Oděvní komfort patofyziologický

Pocit komfortu při nošení oděvních textilií je také ovlivněn působením patofyziologických – toxických vlivů. Jde o vliv chemických substancí obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyroben a mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce. Působení toxických vlivů je závislé na odolnosti lidské pokožky proti účinkům chemických látek obsažených v textiliích a na podmínkách růstu kultur mikroorganismů, které jsou obsaženy v mikroklimatu mezi povrchem lidského těla a textilií. Oděv na pokožce může vyvolat kožní onemocnění – dermatózu, a to drážděním - což je fyzikálně chemický jev, který je možno vyvolat u každého člověka, anebo alergií - což je individuální imunologický jev, který zapříčiní alergen v textiliích. Jako alergeny působí některá barviva, prací prostředky, desinfekční prostředky. Proti působení mikroorganismů na oděvy se používají různé chemické úpravy plošných textilií nebo vláken. Chemickou a biologickou nezávadnost textilního výrobku lze certifikovat pomocí normy ISO 14 000.

[2]

2 Termoregulace organismu

Termoregulací nazýváme schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu, přestože produkce tepla, jeho příjem i ztráty, nepřetržitě kolísají. Organismus člověka představuje samoregulační systém, jehož fyziologický mechanismus je zaměřen na udržování stálosti vnitřního prostředí, což je pochopitelně podmínkou nezávislého života. Udržení stálosti vnitřního prostředí probíhá zajišťováním rovnováhy mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a množstvím tepla odevzdaného do okolního prostředí.

Člověk si různými termoregulačními mechanismy udržuje stálou teplotu vnitřního prostředí kolísající v rozmezí $\pm 4^{\circ}\text{C}$ okolo průměrné teploty lidského těla. Kolísání je způsobeno vnitřními i vnějšími vlivy. Teplota lidského těla je závislá na tvorbě tepla a na faktorech okolního prostředí (teplota, vlhkost, proudění vzduchu a tepelné záření).

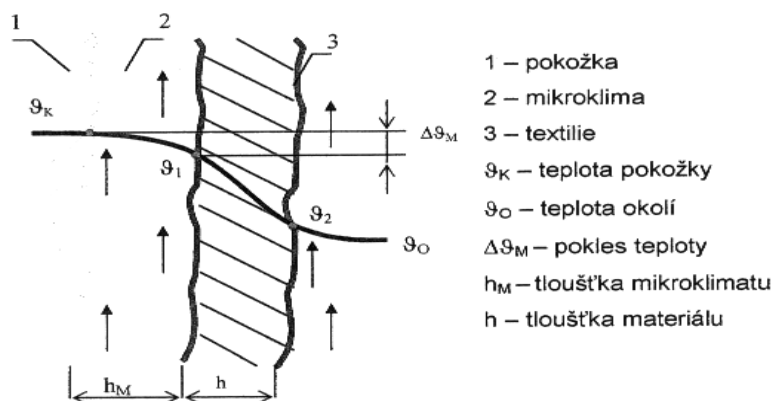
Chemická termoregulace představuje látkovou přeměnu, tedy intenzitu chemických reakcí a tvorbu tepla. Je zároveň závislá na fyzické zátěži organismu.

Fyzikální termoregulace zahrnuje podíly jednotlivých odvodů tepla z organismu, tedy výdej tepla. Ten je rozdělen do několika typů:

1. konvencí – prouděním
2. kondukcí – vedením
3. evaporací – odpařováním potu
4. radiací – zářením
5. respirací – dýcháním.

2.1 Přenos tepla konvekcí

Přenos tepla konvekcí nebo-li prouděním je umožněn pohybem molekul (vody nebo plynu). Je účinnější než přenos tepla vedením. Zde předpokládáme vzduchovou vrstvu, mezi pokožkou a první textilní vrstvou – mikroklima, ve kterém dochází k částečnému proudění a poklesu teploty (viz obr.1). Mikroklima má charakteristiku optima (teplotu, vlhkost, obsah CO_2 , tloušťku) a má podstatný vliv na pocit fyziologického komfortu.



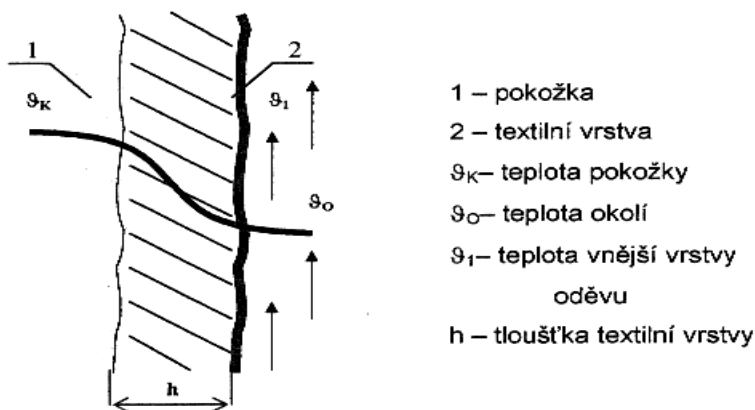
Obr. č.1 Přestup tepla prouděním

2.2 Přenos tepla kondukcí

Vedení nastává dotykem s různými látkami pevného, tekutého či plynného charakteru. Spočívá v přenosu kinetické energie mezi sousedními molekulami. Jde o přenos tepla chodidly, zadní částí těla při sezení nebo spánku a je též hlavním mechanismem přenosu tepla v oděvních systémech.

V našem případě se jedná o textilní vrstvu, která je v přímém kontaktu s pokožkou a tím odnímá teplo kontaktním způsobem (viz obr.2). Přenos tepla vedením je přímo úměrný vodivosti látek a má zásadní význam. Nevodivé materiály zabraňují ztrátám tepla – izolují.

[1]

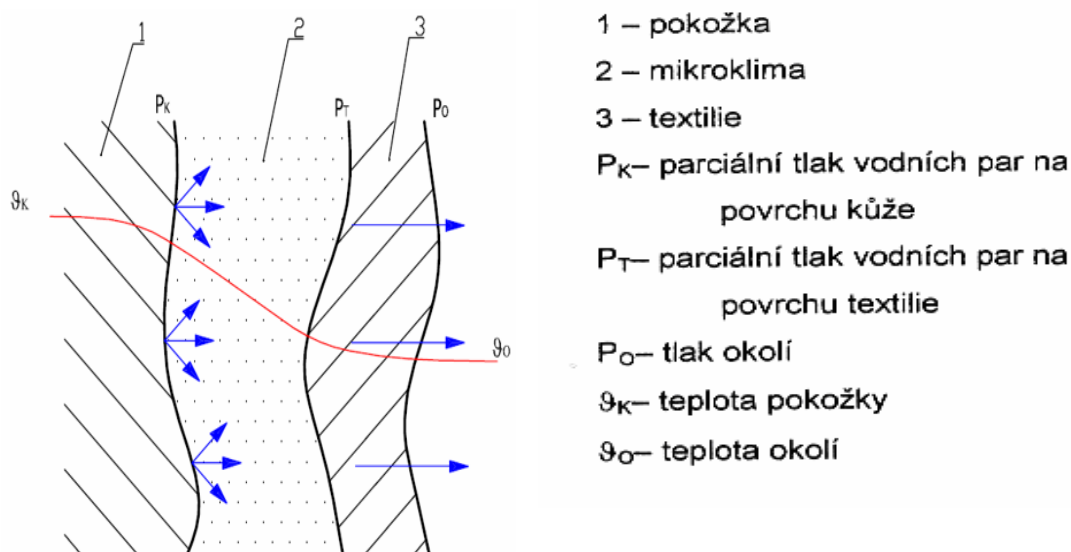


Obr. č.2 Přenos tepla kondukcí

2.3 Přenos tepla evaporací

Přeměna vody ve vodní páru absorbuje energii z prostředí. Při tomto procesu dochází k přesunu velkého množství tepla. Na vypaření jednoho gramu vody je zapotřebí 2,45kJ při 30°C. Toto množství energie se nazývá latentní teplo vypařování a stoupá s klesající teplotou okolí. Princip přenosu je znázorněn na obrázku 3.

Odparné teplo je množství tepla, které odchází z povrchu kůže insenzibilní respirací (neznatelným pocením).



Obr. č.3 přenos tepla odpařením

Pod oděvem, resp. v mikroklimatu, není rozdíl parciálních tlaků tak velký. Závisí na sorpčních transportních vlastnostech všech vrstev textilií a z tohoto důvodu je nejvyšší u neoblečeného organismu. [1]

2.4 Přenos tepla radiací

Radiace nebo také záření přenáší energii elektromagnetickými vlnami rychlostí světla. Všechny předměty, které mají teplotu vyšší než absolutní nula, vydávají elektromagnetické záření. Všechny předměty také záření ze svého okolí přijímají. Každé těleso, které výrazně pohlcuje teplo, má současně také vysokou schopnost teplo vyzařovat. Proto také lidský organismus dokonale vyzařuje teplo. Lidské tělo vydává záření

odpovídající středu infračerveného spektra (10 000nm) a vlnová délka viditelného světla je mezi 450 – 700 nm, proto není záření lidského těla viditelné. [1]

2.5 Přenos tepla respirací

Respirační odvod tepla je realizován dýchacími cestami.

3 Propustnosti plošných textilií

Pod pojmem propustnosti či prostupu máme na mysli průnik určitého média přes vrstvu textilie, tj. přes její plochu. Prostupy, nebo-li transporty, mohou být obecně realizovány v obou směrech, i když zpravidla převažuje směr od organismů do okolního prostředí.

Další okolnost, která se u průniku médií skrz vrstvy oděvu vyskytuje je to, že se téměř vždy jedná o postup kombinovaný. To znamená, že například k prostupu vlhkosti se vždy přidruží postup tepla, eventuálně vzduchu. To vystavuje oděvní vrstvu (jednotlivé oděvní textilie) námaze, dochází v ní ke změnám a proces transportu má zpravidla nestacionární charakter. Podle jednotlivých médií je rozdělujeme na:

- postup vody
- postup vodní páry
- postup vzduchu
- postup tepla.

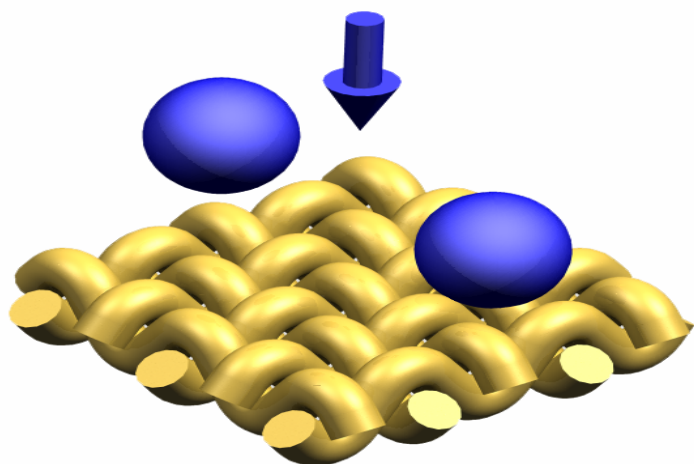
3.1 Propustnost vody

Vzájemné působení vody nebo jiné kapaliny s plošnou textilií může být realizováno několika způsoby:

základním předpokladem pro to, aby textilie sála vodu, je smáčivost dané textilie. Voda dobře smáčí především přírodní materiály, oproti většině umělých vláken. Příčinnou tohoto jevu jsou mezimolekulární síly, které působí na rozhraní vody a materiálů. Tyto síly se dají ovlivnit povrchovou úpravou.

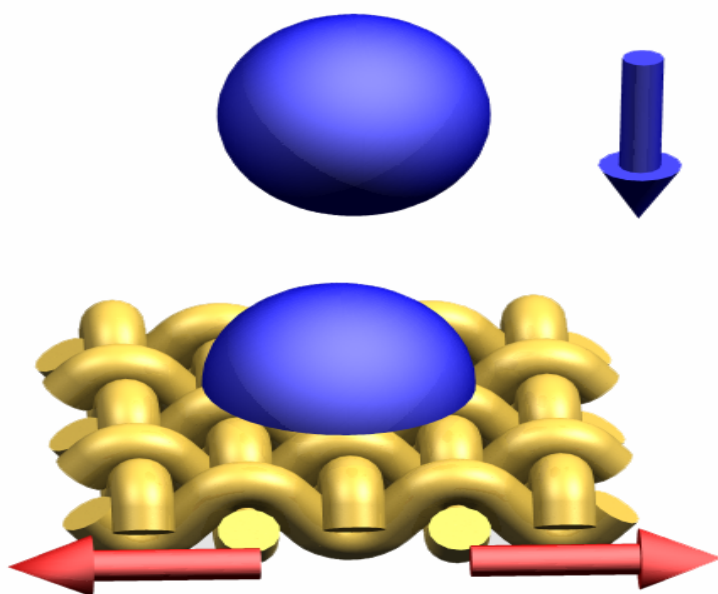
[3]

3.1.1 Nepromokavost



Obr. č.4 Nepromokavost

3.1.2 Nasákavost

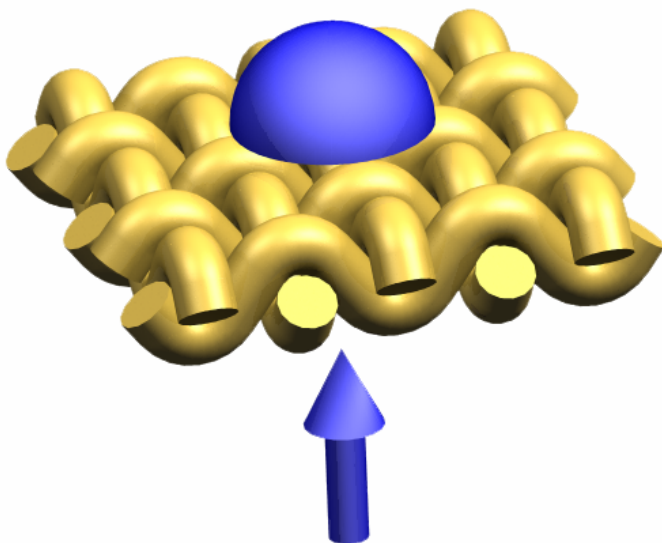


Obr. č.5 Nasákavost

Vzlínavost je schopnost textilních materiálů pohlcovat a přenášet kapaliny působením kapilární síly. U oděvů to znamená schopnost textilií odvést vodu z prostoru pod oděvem (tzv. mikroklimatu) a je závislá na jejich pórovitosti, tj. na velikosti a tvaru pórů. Tuto vlastnost může u některých textilních materiálů doplňovat navlhavost. Je tomu

tak například u syntetických materiálů z tvarovaných břízů, které nemají dobrou nasákavost, ale mají dobrou vzlínavost, proto více vyhovují hygienickým požadavkům. Nasákavost se vyjadřuje výškou h (cm/30 min.). [3]

3.1.3 Protlak vody



Obr. č.6 Protlak vody

Protlak vody – tento způsob vyhodnocuje množství vody prošlé přes daný materiál při působení tlaku. [3]

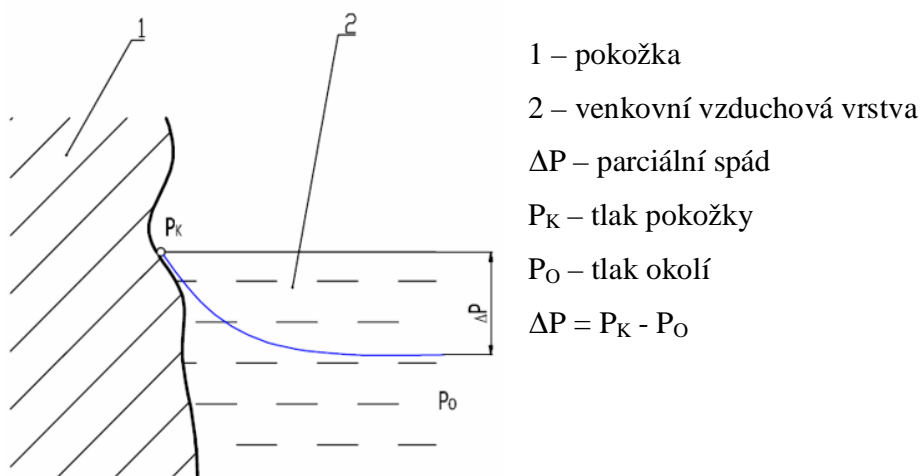
3.1.2 Propustnost vodní páry

Propustnost vodních pár je schopnost materiálů propouštět vodu v podobě vodní páry z prostoru omezeného daným materiálem. Je to složitý přechod, který se uskutečňuje difúzí vodních par přes póry, průdušné kanálky materiálů a sorpcí přes vlákna. Během přechodu páry přes materiál je možné pozorovat kondenzaci páry. Pak voda migruje nejen v plynném stavu, ale i v kapalném skupenství a to působení kapilárních sil.

Při výměně tepla mezi člověkem a venkovním prostředím má mimořádně důležitou úlohu přestup tepla odpařováním potu z povrchu těla. Toto odpařené teplo závisí především na měrném výparném skupenském teple a na rozdílu parciálních tlaků vodních par.

3.1.3 Odvod vlhkosti z lidského těla

Termoregulační činnost probíhající v lidském organismu produkuje vodu ve formě potu. Odpařování potu může v závislosti na různých zátěžových situacích vzrůst i na takovou míru, že může být pro zajištění tepelné rovnováhy lidského organismu důležitým faktorem než je samotný transport tepla vedením. Při vnitřní teplotě organismu okolo 34°C předává do okolí asi 0,03 l/h potu a nad tuto teplotu až 0,4 l/h. Tohoto dosahujeme jednak při vysoké teplotě okolí, nebo při vysoké námaze organismu, kdy dochází ve svalech ke zvýšenému metabolismu. Předpokladem je, aby okolní prostředí bylo schopno toto množství vodní páry přijmout, tj. aby rozdíl parciálních tlaků určujících rychlost odvodu vlhkosti byl co nejvyšší.



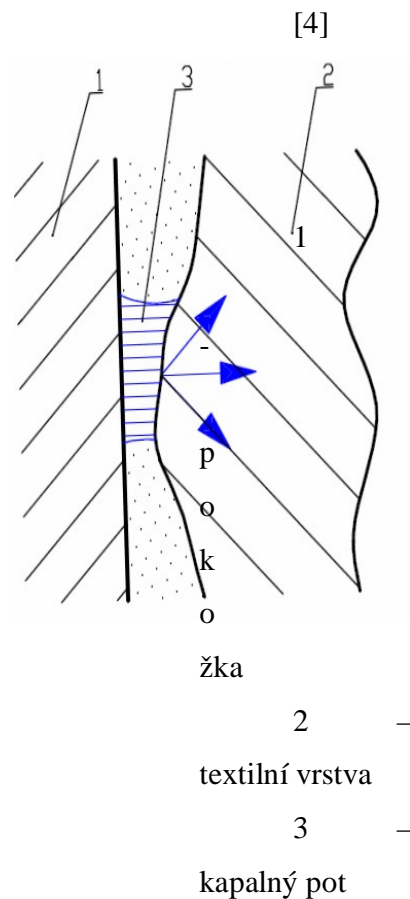
Obr. č.7 Odvod vlhkosti z povrchu organismu

Snižujeme-li tento rozdíl, odvod vlhkosti klesá a ochlazovací účinky systému mizí, ale to však za předpokladu neoblečeného organismu. U oblečeného těla je situace daleko složitější a systém pracuje podle jiných principů. Vlhkost je z povrchu odváděna několika způsoby:

- kapilárně
- migračně
- difúzí
- sorpčně.

3.1.3.1 Kapilární odvod

Kapilární odvod potu spočívá v tom, že pot v kapalném stavu je odsáván první textilní vrstvou a jejími kapilárními cestami vzlíná do její plochy všemi směry. Jde o tzv. knotový efekt. Parciální tlak vodních par v mikroklimatu se snižuje jen velmi nepatrně. Kůže ze stany textilie je smáčena odsávaným potem, intenzita přestupu je dána parciálním spádem Δp . Kapilární odvod je dále závislý na smáčecí schopnosti této textilie a vláken, na povrchovém napětí vláken a potu.



Obr. č.8 Kapilární odvod potu

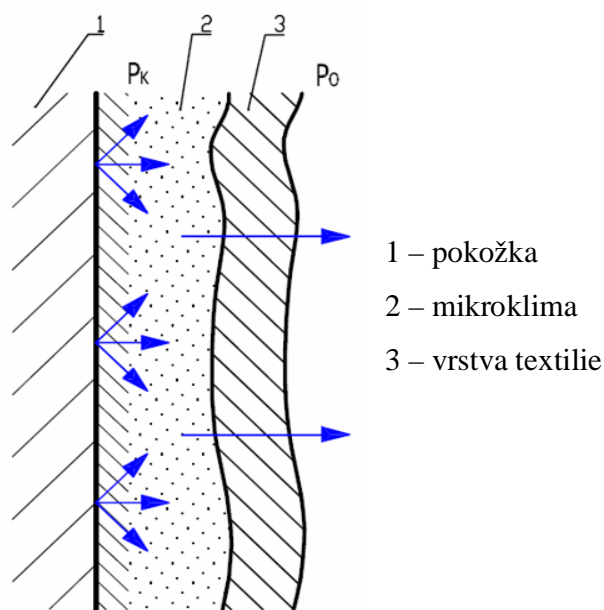
3.1.3.2 Migrace

Migrace potu po povrchu vláken vzniká především teplotním spádem mezi teplotou povrchu těla, resp. Mikroklimatem, a okolím, a proto může za těchto podmínek dojít ke kondenzaci vlhkosti na povrchu vláken. Tato voda je buďto odvedena do kapilárních prostor, nebo migruje na povrchu vláken. K migraci však zároveň dochází u vody, která byla do textilie dopravena kapilaritou, tedy vodou v kapalném skupenství.

3.1.2.3 Difúze

Difúzní postup vlhkosti z povrchu kůže přes textilií je realizován prostřednictvím pórů, jenž se svou velikostí a křivolakostí zúčastňují na kapilárním odvodu. Vlhkost prostupuje textilií ve směru nižšího parciálního tlaku vodní páry. Oděv je složen z několika různých vrstev, a to jak druhu, tak kvality látky. Všechny jednotlivé vrstvy nemají stejný difúzní odpor a dochází ke zbrždění tohoto prostupu. V tomto případě se vliv použité vláknenné suroviny neprojevuje, dokud vlákna nemění svoji geometrii bobtnáním.

[4]



Obr. č.9 Difúzní odvod potu

3.1.2.4 Sorpce

Sorpční proces nejprve předpokládá vniknutí vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následné navázání na

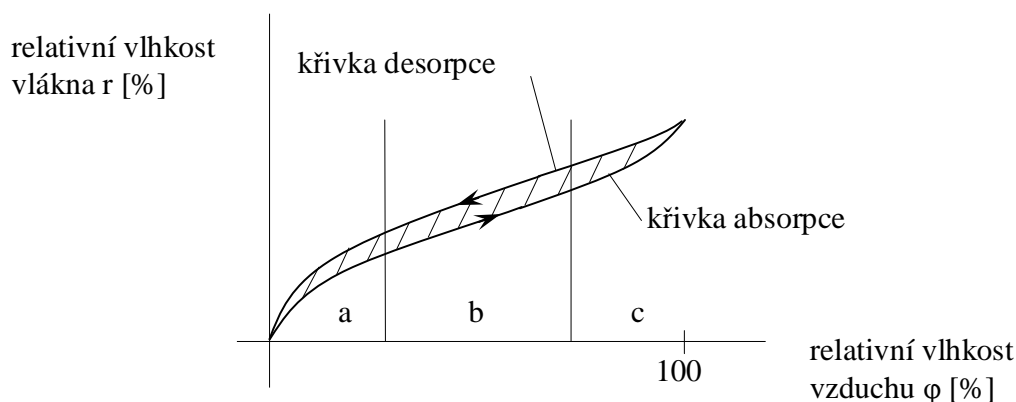
hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. Tento proces je nejpomalejší a předpokládá, aby textilie byla alespoň částečně vyrobena ze sorpčních vláken.

3.1.2.4.1 Mechanismus sorpce

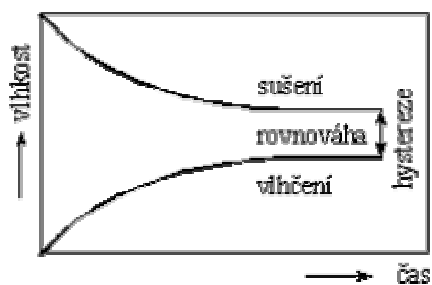
Komplexní posouzení mechanismu sorpce je relativně obtížné z důvodu složitosti procesu sorpce. Tato složitost je daná množstvím faktorů, které ovlivňují proces sorpce se zřetelem na existenci center, jejich dostupnost, druh možných vazeb mezi sorbentem a sorbovanou látkou, vedlejší reakce, které se uskutečňují při sorpci, jako i podmínky, při kterých se sorpce uskutečňuje. Existuje několik teorií popisujících mechanismus sorpce.

Sorpční centra ve vláknech se odlišují svými koncentracemi. Při posuzování počtu center třeba brát v úvahu existenci primárních a sekundárních sorpčních center, které váží sorbovanou látku na polymerových řetězcích přímo a nepřímo. Primární sorpční centra jsou přímo v molekule vlákna. Sekundární vznikají po sorpci látky a stávají se samostatnými sorpčními centry. Molekuly vody vázané přímo na hydrofilní skupiny mají omezený pohyb, nepřímo vázané jsou volnější.

Sorpce a desorpce vlhkosti neprobíhají u textilních vláken stejně. To znamená, že vlhkost vlákna, která je za daných podmínek (teplota, tlak, relativní vlhkost vzduchu) v rovnováze s okolím, bude různá, pokud bude suché vlákno navlhat, nebo vlhké vlákno vysychat.

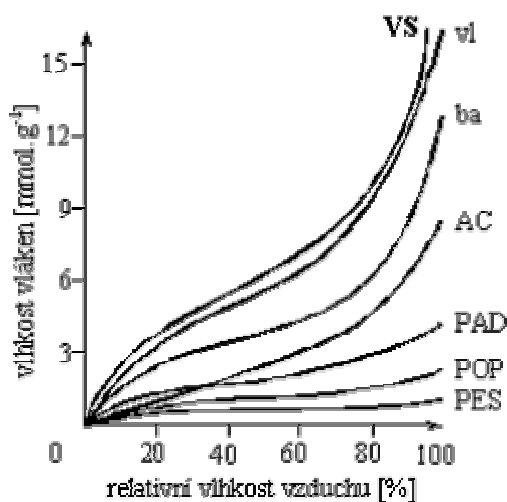


Obr. č.10 Průběh absorpce a desorpce



Obr. č.11 Průběh navlhání v čase

V první části grafu (a, obr.10) na absorpční křivce nastává absorpce vysušeného vlákna, vlhkost se zadržuje na jeho povrchu. V druhé fázi (b) dochází k absorpci. Vlhkost vstupuje do vlákna, navazuje se na konce řetězců amorfních částí. V třetí etapě (c) dochází ke kapilární kondenzaci. Proces navlhání probíhá rychleji než proces sušení, který je znázorněný desorpční křivkou. Plocha mezi křivkami vyjadřuje velikost sorpčního tepla. Vlivem absorpce dochází u některých vláken k bobtnání. Jde o anizotropní děj, při kterém se zvětšují rozměry vlákna.



Obr. č.12 Hysterézní smyčka

Pokud se do grafu zakreslí závislost vlhkosti vlákna na relativní vlhkosti vzduchu, vytvoří se hysterézní smyčka, jak je vidět na obr. č.12. [5]

3.1.2.4.2 Kinetika sorpce

Zkoumání rychlosti sorpce a desorpce má své opodstatnění především při klimatizaci vláken či textilií, sušení, zušlechťování, vlhкотepelném tvarování, čištění.

Kinematiku sorpce různých látek je možné využít při zkoumání struktury vláken. Sorpce patří mezi heterogenní procesy, skládá se z několika parciálních dějů:

- difúze sorbujících látek k povrchu vláken
- sorpce látek na povrchu vláken
- desorpce z povrchu
- difúze látek z povrchu dovnitř vláken
- sorpce.

Většinou má proces pohlcování vlhkosti dvě stádia.

1. stádium: rozptyl vody ve vnitřku vlákna je dán Fickovým zákonem difuze a při určitých podmínkách má navlhavost lineární průběh. První stádium je poměrně rychlé.
2. stádium: sorpce – pohlcování vlhkosti je umožněno bobtnáním a jinými relaxačními účinky v polymerní mřížce. Obě stádia často splývají, např. při vysokých počátečních hmotnostech přijaté vlhkost. [6]

Na celkovou rychlost sorpce má rozhodující vliv nejpomalejší stupeň – difúze látek z povrchu dovnitř vláken, v případě desorpce – difúze látek zevnitř vláken na povrch. Nejčastěji se vyjadřuje rychlost sorpce různých látek do vláken na základě řešení rychlosti difúze pomocí I. Fickova zákona, který vyjadřuje zákonitost mezi časovou a prostorovou změnou koncentrace difundující látky.

Rovnice I. Fickova zákona pro válcovité těleso s poloměrem r je ve tvaru:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{D}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial c}{\partial r} \right) \right] \quad (1)$$

kde:

$$\frac{\partial c}{\partial t}$$

- změna koncentrace s časem při určitém poloměru r ($r = \text{konst.}$)

$$\frac{\partial c}{\partial r}$$

- derivace koncentrace podle poloměru v určitém čase t ($t = \text{konst.}$)

D - difúzní koeficient

r - poloměr vlákna.

Uvedené způsoby odvodu vlhkosti jsou součástí termoregulace a na tomto procesu se zúčastňují současně. Kapilární způsob odvádí pot jako kapalinu, difúzní, migrační a sorpční jak kapalinu, tak i vodní páry, jejíž hromadění v mikroklimatu způsobuje pocit diskomfortu (pokožka je smáčena množstvím neodvedeného potu). Pro tento stav existují čtyři způsoby: nejrychlejším z nich je kapilární, migrační, difúzní a na posledním místě je sorpční způsob. Pro snášenlivost organismu a pocit komfortu je nejvhodnější kombinace difúzního a sorpčního způsobu. Optimální hodnoty jednotlivých prodyšností můžeme dosahovat strukturou jednotlivých textilních vrstev, přičemž vrstvy v kontaktu s pokožkou musí odvádět největší objem vlhkosti. Rychlý odvod vlhkosti by měl za následek nadměrné ochlazování povrchu těla, proto je nutná kombinace difúzního a sorpčního odvodu vlhkosti, kde sorpční způsob působí jako tlumící mechanismus. [2]

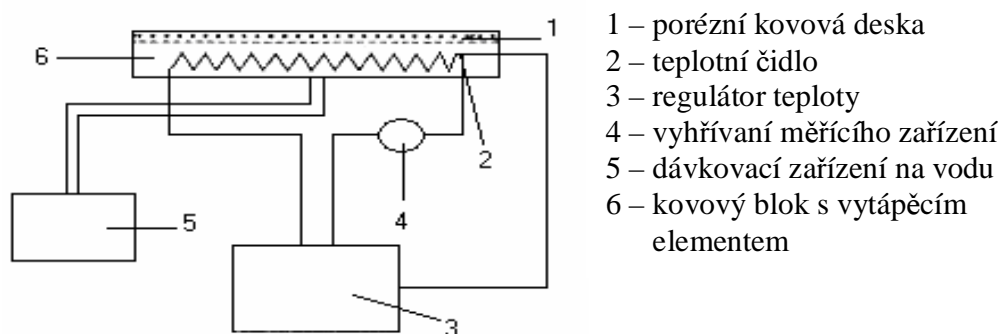
4 Metody měření propustnosti vodní páry

4.1 Zkouška pocení vyhřívanou destičkou dle ČSN 80 0819 – SKIN MODEL

Horká destička pro zkoušku pocení (označována jako „model kůže“) je určena k napodobování procesů přenosů tepla a hmoty, ke kterým dochází u lidské kůže. Měření zahrnující jeden nebo dva přenosy se mohou provádět buď separátně, nebo při měnících se vnějších podmínkách zahrnující kombinaci teploty, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu v kapalně nebo plynné fázi. Naměřené hodnoty přenosu mohou tedy odpovídat rozdílným okolním podmínkám nošení a to jak v proměnlivých, tak i v ustálených stavech.

4.1.1 Zkouška za stacionárních podmínek

Testovaná textilie je umístěná na elektricky vyhřívané desce, která má teplotu 35°C. Klimatizovaný vzduch, o teplotě 20°C pro zjištění tepelné odolnosti, nebo 35°C pro zjištění odolnosti vůči vodním parám, proudí paralelně s jeho povrchem rychlostí 1ms⁻¹. Při ustálení podmínek celého systému (doba ustalování je v některých případech i několik hodin) se měří příkon vyhřívané destičky. Jako měřicí přístroj se často používá elektrický wattmetr.

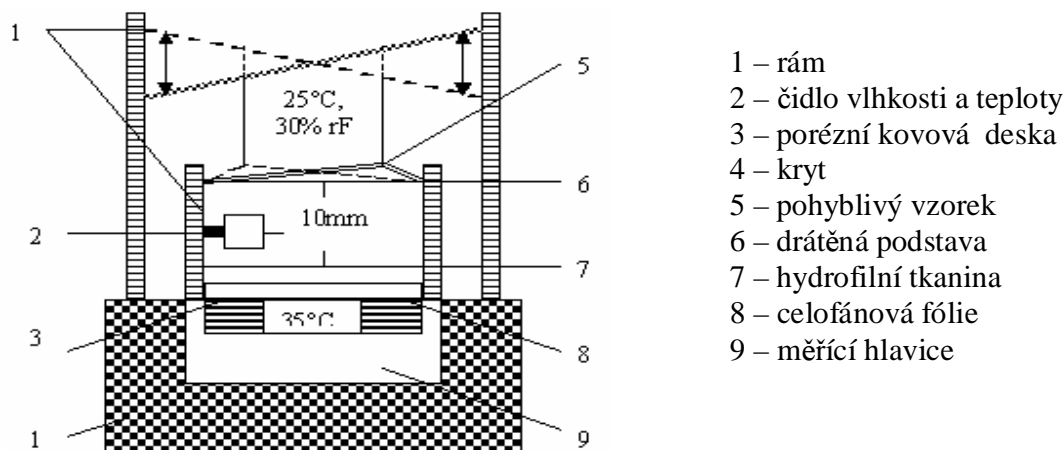


Obrázek č.13 Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodem vody

4.1.2 Zkouška za nestacionárních podmínek

Touto zkouškou se pomocí Skin Modelu měří regulační účinek z parné fáze, který určuje komfort textilií, jež jsou nošeny nejbližší k pokožce a ve kterých se nositel intenzivně potí, ale pot se z potních kanálků pouze vypařuje. V mikroklimatu tím dochází ke zvýšení parciálních tlaků vodních par, avšak ještě nevzniká žádný kapalný pot.

[2]



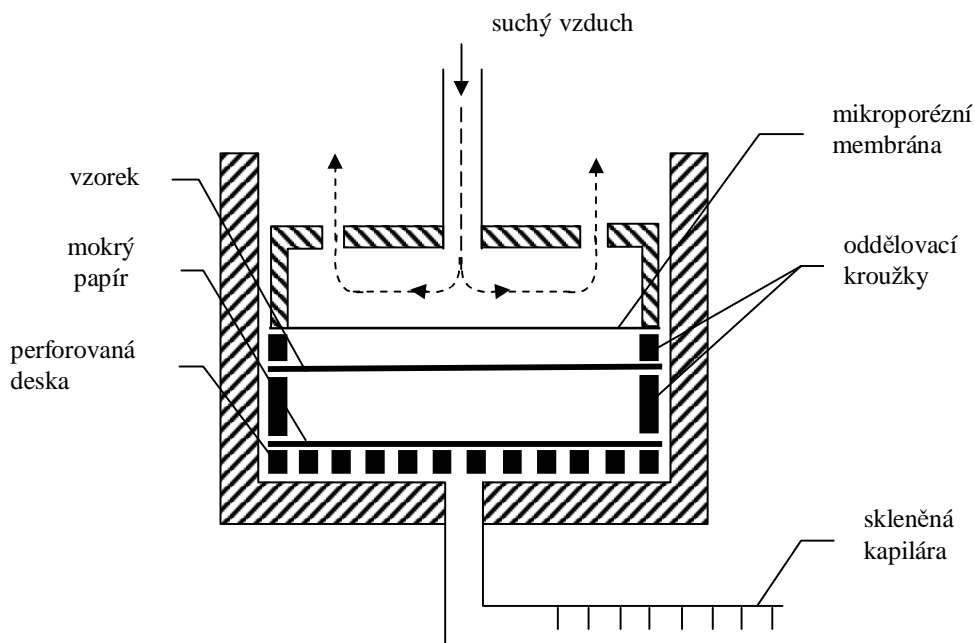
Obr. č.14 Model pokožky pro měření regulačního účinku z parné fáze

4.2 Metoda DREO

Tuto metodu navrhli Farnworth, Dolhan, dále ji upravil Van Beest a Dolhan, pak ještě Farnworth. Vzorek je upevněn na podložku mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda a přes vrchní vrstvu proudí suchý vzduch. Spodní vrstva chrání vzorek před nasáklivostí vody a vrchní vrstva před penetrací vzduchem. Ztráta vody zde není určována vážením, ale je odečítána ze skleněné kapiláry.

Pomocí rozpěrných kroužků, které určují celkovou velikost vzduchové mezery a polohu vzorku uvnitř této vzduchové mezery, je možno klimatizovat vzorek v rozmezí 10 – 100% RH. To umožňuje zkoumat závislost odporu vodních par na relativní vlhkosti. Měření se provádí po dobu 15 min.

[2]



Obr. č.15 Farnworthův difúzimetr

4.3 Gravimetrická metoda (Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií ČSN 80 0855)

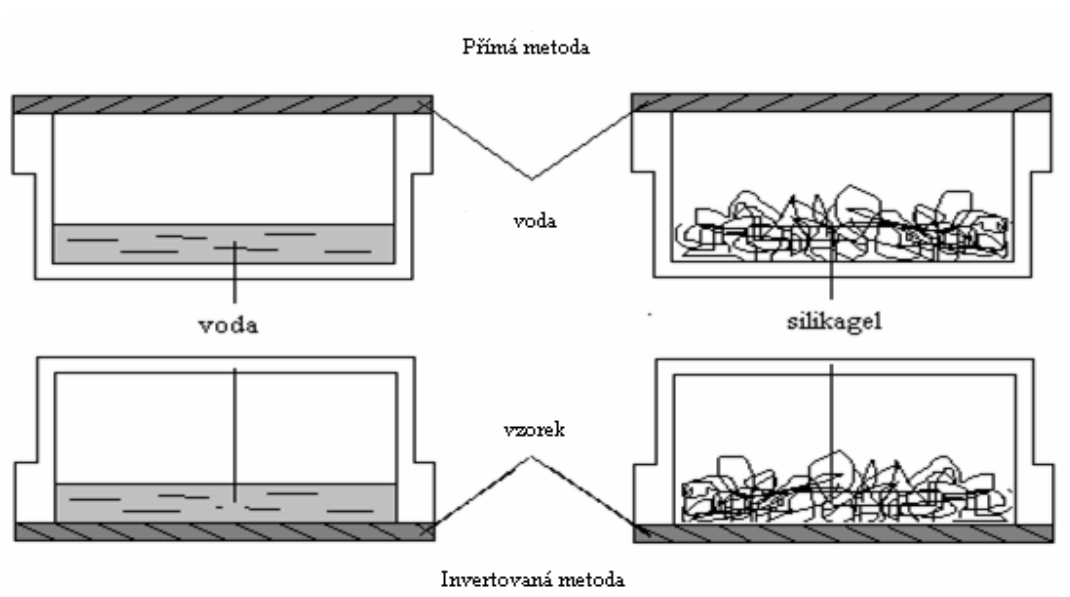
Účelem zkoušky je kvantitativně stanovit míru schopnosti plošné textilie neklást odpor proti unikání vlhkosti vznikající na povrchu lidského těla v podobě páry do okolí. Měření spočívá v upevnění kruhového vzorku textilie na misku, která obsahuje silikagel, zvážení misky se vzorkem (G_0) před uložením do klimatizační skříně, zvážení (G_1) po šesti hodinové expozici v klimatizovaném prostředí a výpočtu relativní propustnosti P_{rel} ze vztahu:

$$P_{rel} = (G_1 - G_0) / G_0 \quad [\%] \quad (2)$$

Absolutní propustnost P_{abs} :

$$P_{abs} = (G_1 - G_0) / S \tau \quad [\text{kg/m}^2 \text{ hod}] \quad (3)$$

[2]



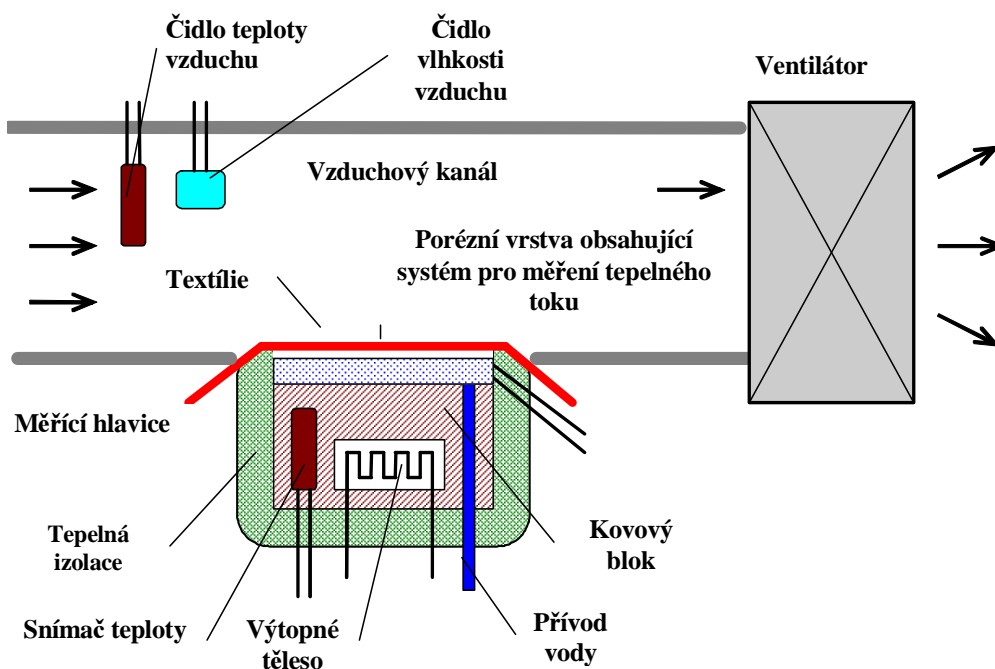
Obr. č.16 Gravimetrické metody měření propustnosti textilií pro vodní páry

4.4 Testovací zařízení – POTÍCÍ TORZO

Torzo je válec o velikosti lidského trupu. Jednotlivé vrstvy materiálu jsou modelovány podobně jako lidské tělo, tj. pokožka, tuková vrstva a jádro. Vrstvy jsou vyrobeny z kompaktního teflonu, polyethylenu, polyamidu a alumina. Tyto materiály mají podobné tepelné kapacity a tepelné vodivosti jako příslušné vrstvy lidského těla. Válec může být naplněn vodou pro získání přibližně stejné tepelné kapacity jako lidské tělo. Torzo obsahuje 36 potních trysek a válec se ohřívá na teplotu lidského těla pomocí topných fólií. Pro určení teploty v jednotlivých vrstvách je na celém torzu umístěno 20 čidel. Torzo může být provozováno za konstantní teploty, nebo za konstantní výhřevnosti a je umístěno na přesné váhy pro stanovení odpařeného a kondenzovaného množství vody. [2]

4.5 Měření pomocí přístroje PERMETEST

Měření na přístroji Permetest je určeno pro měření propustnosti vodních par nestacionárním způsobem, který má vyšší přesnost a citlivost. Permetest je založený na přímém měření tepelného toku q procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní a zavlhčován, čímž se simuluje funkce ochlazování lidského těla pocením. Na tento povrch je přiložen přes separační fólii vzorek a jeho vnější strana je ofukována.



Obrázek č.17 Schéma přístroje Permetest

Při měření propustnosti pro vodní páry a výparného odporu je měřicí hlavice pomocí elektricky vyhřívané spirály a regulátoru udržovaná na teplotě okolního vzduchu převážně 20 - 23°C, který je do přístroje nasávaný. Tímto jsou zajištěny izotermické podmínky měření. Při měření se vlhkost v porézní vrstvě mění na páru, která prochází skrz separační fólii a měřenou textilií. Příslušný výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem a jeho hodnota je přímo úměrná relativní propustnosti textilie, anebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. V obou případech se nejprve změří tepelný tok bez vzorku a potom znovu se vzorkem a přístroj registruje odpovídající tepelné toky q_o a q_v . Během měření tepelného odporu je textilie suchá a měřicí hlavice je udržovaná na teplotě o 10 - 20°C vyšší než je teplota okolního vzduchu. Přístroj je možné použít na:

- Měření tepelného odporu textilií při stabilizované teplotě textilie 32°C, anebo při zvoleném rozdíle teploty hlavice a teploty v kanále v mokřem či suchém režimu.
- Měření výparného odporu a relativní propustnosti textilií při izotermických podmínkách.
- Měření výparného odporu a relativní propustnosti textilií při neizotermických podmínkách.

4.5.1 Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry

Přístroj Permetest měří relativní propustnost textilií pro vodní páry p [%]. Tento parametr je nenormalizovaný, ale velmi praktický. 100% propustnost představuje tepelný tok q_o odvedený odparem z volné hladiny o stejném průměru, jaký má měřený vzorek. Zakrytím této hladiny měřenou textilií se tepelný tok sníží na hodnotu q_v . Platí vztah:

$$p = 100 * (q_v / q_o) [\%] \quad (4)$$

4.5.2 Stanovení výparného odporu

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_o^{-1}) [Pa.m^2/W] \quad (5)$$

4.5.3 Stanovení tepelného odporu

Měření probíhá v suchém režimu (bez zavlhčení) stejným způsobem. Tepelný odpor R_{ct} charakterizuje odpor proti přestupu tepla textilií při definované teplotě t_m jeho jedné strany a při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé (vnější) strany do vzduchu s teplotou t_a , přičemž se tepelný odpor této vnější mezní vrstvy odečítá. Takto stanovená hodnota tepelného odporu je jen přibližná, protože odečtený tepelný odpor platí pro hladký povrch, ale povrch textilie je drsný, a proto také odlišný. Pro výpočet tepelného odporu pomocí přístroje Permetest platí vztah:

$$R_{ct} = (t_m - t_a) (q_v^{-1} - q_o^{-1}) [K.m^2/W] \quad (6)$$

5 Vliv vodního obsahu na vlastnosti textilií

Voda způsobuje uvnitř vláken různé změny, jež mají následně vliv na mechanické i tepelné vlastnosti textilií. Intenzita i rychlost pohlcování kapaliny je různá, stejně jako následné chování textilních materiálů.

5.1 Pohlcování vlhkosti textilními materiály

Závisí na typu vláken a jejich chemickém složení, to má největší vliv na množství, rychlost, mechaniku i kinetiku sorpce.

5.1.1 Navlhavost v rovnovážném stavu

Nejdůležitější fyzikální vlastností je vzájemné působení vody a textilních vláken – sorpce. Základním předpokladem pro uskutečnění sorpce je přítomnost sorpčních center ve vláknech, které jsou schopné vázat sorpční látky. Podstatou existence center jsou atomy s dostatečně velkou volnou energií. Ty se nejčastěji nachází na vnitřním a vnějším povrchu vláken. Sorpci vlhkosti ve vláknech podmiňují hydrofilní skupiny v makromolekule vlákna a jejich přístupnost pro molekuly vody. Vlákna dělíme na:

1. hydrofilní - jsou schopna vázat a transportovat vodu. Do této skupiny patří všechna přírodní vlákna a ta chemická, která obsahují hydrofilní skupiny.
2. hydrofobní – nemohou vázat vodu specifickými vazbami a nesmáčí se povrch těchto vláken. Voda se u těchto vláken šíří díky kapilárním silám.

Voda působí v polymerech především jako plastifikátor snižující teplotu zeskelnatění a zvyšující tažnost. Voda ovlivňuje též elektrickou vodivost a snižuje měrnou hmotnost. Sorpce vody souvisí se složením vláken, jejich povrchem, obsahem hydrofilních skupin, rozvolněností struktury, distribucí pórů, teplotou, časem, existencí sorpčních center, přístupností sorpčních center a vznikem sekundárních sorpčních center.

Například celulózová vlákna, ve kterých molekula celulózy obsahuje 3 hydroxylové skupiny připadající na každou glukózovou jednotku, můžou vodíkovými vazbami vázat na každé hydroxylové skupině jednu molekulu vody. Vzhledem k relativní

molekulové hmotnosti glukózové jednotky a vody za předpokladu, že každá hydroxylová skupina naváže molekulu vody, by měla být relativní molekulová hmotnost vyšší o 33,3%. Ve skutečnosti je sorpce vody při relativních vlhkostech nižší. Příčinou je to, že ne všechny hydroxylové skupiny mají dostatečně velkou volnou energii, aby vázaly vodu. Hydroxylové skupiny tvořící vodíkové vazby mezi jednotlivými řetězci zejména v krystalických oblastech, kde jednotlivé řetězce můžou tvořit síť, jsou vzhledem na sorpci inaktivní. V případě sorpce z kapalného prostředí jsou hodnoty sorpce vyšší a to z důvodu, že na jedno aktivní centrum se může vázat větší počet molekul vody. [6,7]

Tabulka 1 ukazuje vliv vlhkosti na bobtnání vláken. Sloupec A představuje vlhkost vláken při 65% relativní vlhkosti a 20°C v %, B – vlhkost vláken při 90 až 95% relativní vlhkosti a 25°C v %.

Tab. č.1 Vliv vlhkosti na jednotlivé typy vláken

Vlákno	A	B
bavlna	7	24 ÷ 27
vlna	13 ÷ 15	22
přírodní hedvábí	9	20
viskóza	13	—
semidiacetát	6,5	14
polyamid 6	4,0 ÷ 4,5	8 ÷ 8,5
polyester	0,3 ÷ 0,4	0,5
polypropylén	—	< 0,01
polyakrylonitril	~ 1	—
polyvinylalkohol	3,4	—
polyvinylchlorid	0,1	< 1

[5]

5.2 Vliv vlhkosti na jednotlivé typy vláken

Různé typy přírodních i syntetických vláken se chovají různě při kontaktu s vodou, na tomto místě budou shrnuty základní poznatky o chování vláken a vody.

5.2.1 Vliv vlhkosti na celulózová vlákna

Do celulózových vláken vniká voda hlavně amorfními oblastmi a přechodně vytváří vodíkové můstky. Dochází k bobtnání, čímž se zvětšují rozměry vláken.

Až do dosáhnutí 100% relativní vlhkosti vzduchu se projevuje absorpce růstem pevnosti a tažnosti vlákna, což je připisováno právě vlivu vodíkových můstků. Ve velmi vlhkém prostředí mohou přijímat až 23% vlhkosti, ale nezdají se být na omak vlhká. Vlivem bobtnání dochází i k zvýšenému lesku vláken. Tepelně izolační schopnost u celulóзовých vláken je za sucha dobrá. Při navlhnutí se snižuje a v mokřém stavu je výrazně nižší. Ve vlhkém prostředí lehkó podléhá plísním. Odolnější jsou vlákna barvená nebo bělená než surová.

Penetrace vody do vláken se projevuje změnou mechanických vlastností. Při normalizovaných podmínkách vlákna zadržují 11% až 13% vlhkosti. Ve vodě a hlavně v alkáliích dochází k silnému bobtnání. Příčný rozměr vlákna se zvětší až o 100% a podélný o 10% proti suchému vláknu. [7,8]

5.2.2 Vliv vlhkosti na polyesterová vlákna

Polyesterová vlákna absorbují jen tak malé množství vlhkosti, že pevnost ani tažnost tím nejsou ovlivněny. Navlhavost je 0,3 až 0,4 %. Vlákna s malou absorpční schopností jako je PES a PAN vytvářejí lehkó elektrostatičký náboj. Při jejich zpracovávání je nutné vytvářet vysokou relativní vlhkost vzduchu ve výrobně. [7,8]

5.3 Bobtnání vláken

Jiným důležitým průvodním jevem sorpce je bobtnání vláken, které je ve většině případů přímo úměrné množství sorbované vody. Jako bobtnání se nejčastěji označují změny rozměrů vláken vlivem sorpce vody či jiných látek. Stupeň bobtnání (S) se obecně vyjadřuje jako poměr změny určité rozměrové veličiny k původní veličině:

$$S = \frac{\Delta X}{X} \quad (7)$$

kde X může být při bobtnání:

- v příčném směru
 - průměr d , (S_d)
 - plocha průřezu A , (S_A)
- v podélném směru
 - délka l , (S_l)

- objemové
- objem V , (S_V)

Jinou kvantitativní mírou bobtnání může být poměr bobtnání v příčném a podélném směru:

$$K = \frac{S_2}{S_1} \quad (8)$$

Poměrem K můžeme vyjádřit anizotropii bobtnání, která závisí na orientaci makromolekul a jejich změnách.

Bobtnání vláken se projevuje zejména v rozměrové stabilitě - specifikuje konstrukci vláken či výrobků z nich vyrobených. Mimo toho se zmenšují póry mezi vlákny, což způsobuje snížení propustnosti a prodyšnosti textilií. Popsané průvodní jevy sorpce jsou dostatečnými faktory, na základě kterých je možné přijmout předpoklad, že vlivem sorpce se mění téměř všechny ostatní vlastnosti vláken. Je důležité zdůraznit, že přímo vázaná voda mění síly mezi vlákny, čímž ruší mezimolekulové vazby, a tak má větší vliv na změnu vlastností než voda nepřímo vázaná. [8]

5.4 Stanovení sorpce

Stanovení množství sorbované látky je nutné hodnotit vzhledem ke způsobu měření a kvalitativního vyjádření množství sorbované látky.

Množství sorbované látky a je možno určit analyticky různými způsoby. Metoda založená na jeho určení z rozdílu hmotností vláken se sorbátem m_1 a bez sorbátu m_0 se využívá vždy, když jsou přírůstky či úbytky sorbátu dostatečně přesně vážitelné a při odstranění sorbátu se neuskutečňují žádné vedlejší reakce sorbentu. Potom [12]:

$$a = m_1 - m_0 \quad [g] \quad (9)$$

Obsah vlhkosti vláken se vyjadřuje v hmotnostních procentech podle vztahu:

$$r_0 = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 10^2 = \frac{a}{m_0} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad (10)$$

kteřý vyjadřuje počet gramů vody připadající na 100 gramů suchého vlákna. Nazývá se také obchodní vlhkost a používá se v dodavatelsko odběratelských podmínkách vláken. Vztah

$$r_1 = \frac{m_1 - m_0}{m_1} \cdot 10^2 = \frac{\alpha}{m_1} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad (11)$$

vyjadřuje počet gramů vody v 100 gramech nevysušeného vlákna. Mezi oběma vztahy platí následující:

$$r_1 = \frac{10^2 \alpha}{m_0 + \alpha} = \frac{10^2 \frac{\alpha}{m_0}}{1 + \frac{\alpha}{m_0}} = \frac{r_0}{1 + \frac{r_0}{10^2}} \quad [\%] \quad (12)$$

Při zkoumání kinematiky sorpce se množství sorbované látky nejčastěji vyjadřuje hmotnostním zlomkem sorbát/sorbent. [5,8]

5.5 Tok vlhkosti

Textilie slouží jako bariéra mezi dvěma prostředími s různou relativní vlhkostí. Hnací síla toku vlhkosti působí skrz textilií z prostředí o vysoké relativní vlhkosti do nízkých relativních vlhkostí. Podle druhu textilního materiálu existují různé způsoby toků vlhkosti.

Textilie s vysokou hodnotou toku vlhkosti v ustáleném stavu je vhodná pro teplé a vlhké prostředí. Pro chladné prostředí jsou nutné nižší hodnoty toku vlhkosti pro lepší izolaci. Transport vlhkosti (absorpce, desorpce) je závislý na pórovitosti textilie a difuzi vody vlákennou vrstvou. [9]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6 Měření vzorků

Bylo použito 10 typů materiálů, které se používají k výrobě pracovních oděvů a 4 typy materiálů, které se používají pro výrobu denimových obleků. Vzorky ke zkoumání dodala firma Jitka a.s. Jindřichův Hradec, jako textilie, které se nejvíce využívají pro výrobu pracovní oděvů. U všech textilií je známo materiálové složení a další parametry textilií. Jsou to materiály tkané v keprové vazbě a jejich složení je 100% bavlna a směs bavlny a polyesteru v podílech (Ba/PES, 50%/50% a 65%/35%). Použité vzorky mají různé plošné hmotnosti, které se pohybují od 170 do 475 g/m².

6.1 Použité materiály

Textilie byly rozděleny do skupin podle materiálového složení a plošné hmotnosti. Jako první textilie byly vzorky ze 100% bavlny při různé plošné hmotnosti, která se pohybovala od 215 do 295 g/m², po nich následovali materiály se směsí polyesteru a bavlny (65%Ba/35%PES v rozmezí 225 až 302 g/m² a 50%Ba/50%PES s plošnou hmotností 170 a 180 g/m²), 4 textilie určené pro výrobu jeansového oblečení ze 100 % bavlny v plošných hmotnostech od 370 do 475 g/m², které jsou považovány za pracovní tkaniny hlavně v USA. Pro přehlednost jsou tyto tkaniny seřazeny v tabulce č. 2 a testované vzorky jsou přiloženy v příloze č. 2.

Tab. č.2 Použité materiály

Název textilie	Materiálové složení	Plošná hmotnost g/m ²	Vazba	T osnovy	T útku	Dostava
Simona	100% bavlna	215	štruk	29,5 tex	33 tex	295x74
Solex	100% bavlna	218,5	kepr 3/1	33 tex	50 tex	330x74
Darling	100% bavlna	222	kepr 3/1	35,5 tex	35,5 tex	330x74
Vend	100% bavlna	250	kepr 3/1	35,5 tex	50 tex	330x74
Frank	100% bavlna	295	kepr 3/1	50 tex	60 tex	330x74
Pernet	65%Ba/ 35%PES	225	kepr 3/1	35,5 tex	35,5 tex	120x74
Fany	65%Ba/ 35%PES	282	kepr 3/1	50 tex	50 tex	120x74
Fanty	65%Ba/ 35%PES	282	kepr 3/1	50+20 tex	50+20 tex	120x74
Olga	50%Ba/ 50%PES	170	kepr 2/1	29,5 tex	29,5 tex	330x74
Galla	50%Ba / 50%PES	180	kepr 2/1	29,5 tex	29,5 tex	330x120

Denar	100% Bavlna	370	kepr 3/1	60 tex	50 tex	267x165
Korida	100% Bavlna	410	kepr 3/1	59,5 tex	55 tex	135x137
Hradec	100% Bavlna	460	kepr 3/1	65 tex	65 tex	270x180
Vajgar	100% Bavlna	475	kepr 3/1	70 tex	65 tex	250x155

6.2 Příprava vzorků pro měření

Pro měření byly použity vzorky o rozměru 15 x 15 cm. Vzorky byly nejprve vyprány a následně byly textilie aklimatizovány v prostředí laboratoře. Tabulka hodnot vlhkosti vzduchu a teplot je uvedena v příloze č. 1. Po 24 hod. aklimatizování byly vzorky změřeny. Pro vytvoření vzduchové mezery byly použity inertní pryžové kroužky o vnitřním průměru 6cm a tloušťce 2mm, které byly vkládány mezi měřící hlavici a zkoumaný vzorek. Tyto změřené vzorky jsou v příloze č. 1 druhé v pořadí obsahu vlhkosti.

V další etapě měření byly vzorky vysušeny v klimatizačním boxu na Katedře zušlechťování, vzorky byly vysušeny při 105°C po tři hodiny. Po této tepelné expozici byly vzorky opět zváženy a změřeny. Táto fáze měření pomohla ke zjištění čisté hmotnosti vzorku bez vlivu vlhkosti. Textilie mající jiné materiálové složení a jinou strukturu, díky tomu zadržují jiné procento vlhkosti. Toto zavlhčení bylo u každé textilie rozdílné. V příloze č. 1 jsou tyto vzorky zbavené vlhkosti označeny jako vzorky vysušené.

Měření vzorků klimatizovaných v prostorách laboratoře tedy bylo již měřením při první úrovni zavlhčení. Vzorky byly přenášeny a uchovávány v malých vzduchotěsných nádobách, aby nemohly absorbovat vlhkost ze vzduchu. Měření na přístroji Permetest je dostatečně rychlé, proto k výrazným přírůstkům vlhkosti při proměřování takto vysušených vzorků nedošlo. To bylo neustále kontrolováno na vahách s přesností 10^{-4} g.

Po změření vysušených vzorků byly textilie ponechány v prostorách laboratoře a následné zavlhčování bylo prováděno v ploché nádobě. Směs H_2O (voda byla odstátá na teplotu okolí) a látky snižující povrchové napětí textilií (ALTARAN S 8) v poměru 1000/1[ml] H_2O a Altaran S 8. Textilie byly zavlhčovány a poté pomalu vysušovány. Přívažek vlhkosti byl zjišťován po určité době, aby se vlhkost rovnoměrně rozložila po celé ploše vzorku. Hmotnostní přívažek byl ověřován na digitálních vahách. Tato hodnota bude v následujícím textu značena U a uváděna v %. Vzorec pro výpočet:

$$U = \frac{(m_v - m_s)}{m_s} * 100 [\%] \quad (13)$$

U – hmotnostní přívažek [%]

m_v – hmotnost vlhkého vzorku [kg]

m_s – hmotnost suchého vzorku [kg]

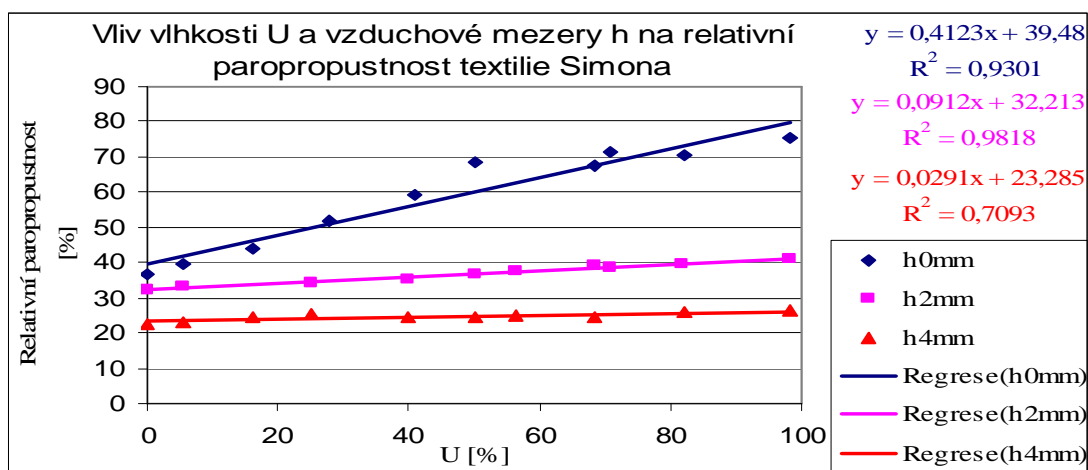
Při výpočtu byly použité hodnoty z vysušených vzorků, s jejich hmotností bylo počítáno jakoby obsahovaly 0% vlhkosti. Textilie byly zvlhčovány jen do té míry, aby z nich neodkapávala voda, která by zůstávala na vahách a způsobila tak větší nepřesnosti ve výpočtech. Celkový přehled měřených vzorků je v příloze č.1. Naměřenými daty byla proložena regresní křivka metodou nejmenších čtverců a zobrazena i konkrétní hodnota správnosti proložení R^2 .

6.3 Výsledky měření

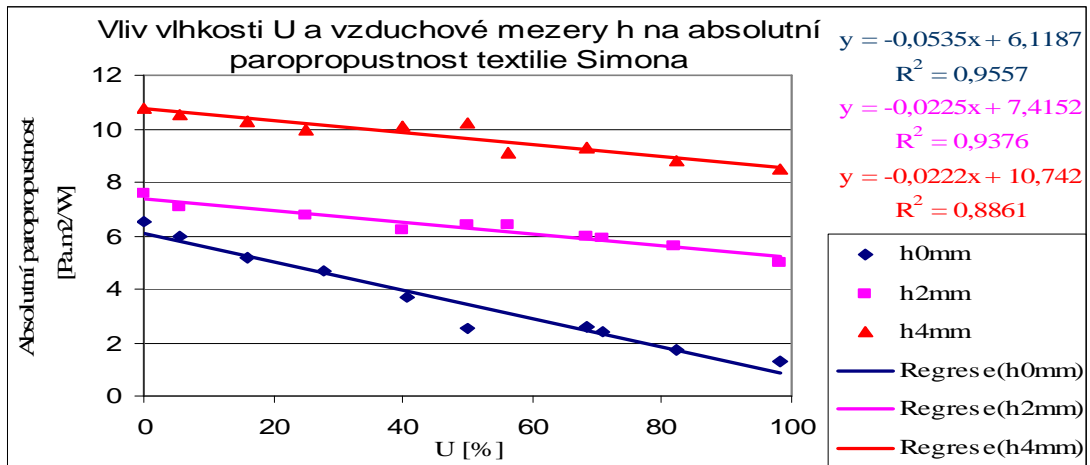
Tkaniny ze 100% Ba

Textilie byly tkané v keprové vazbě a ve vazbě štruk, použité příže jsou ze 100% bavlny. Plošná hmotnost tkanin se pohybovala v rozmezí od 215 do 295 g/m².

SIMONA

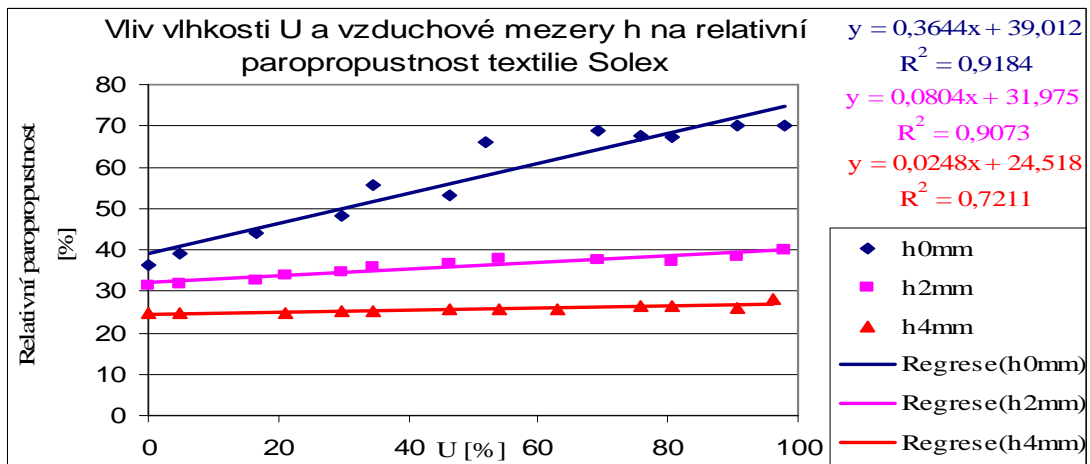


Graf č.1 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Simona

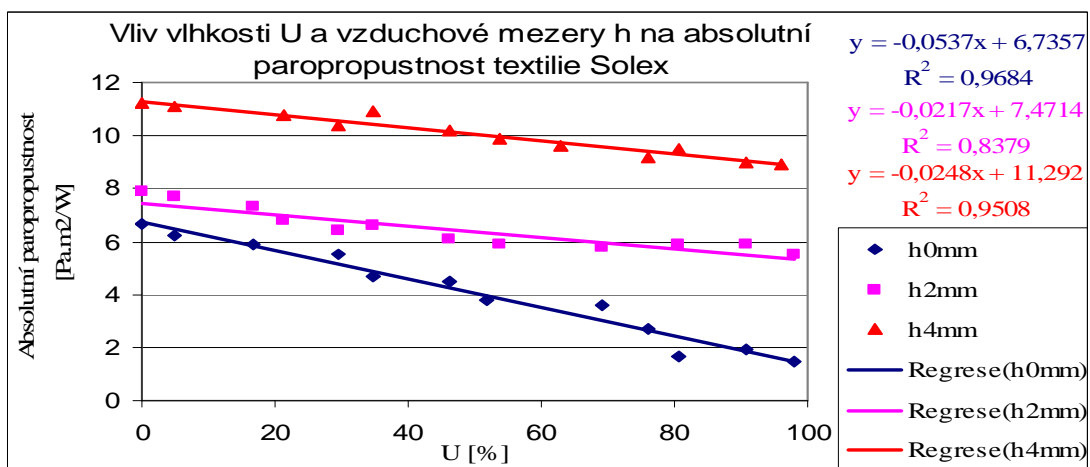


Graf č. 2 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Simona

SOLEX



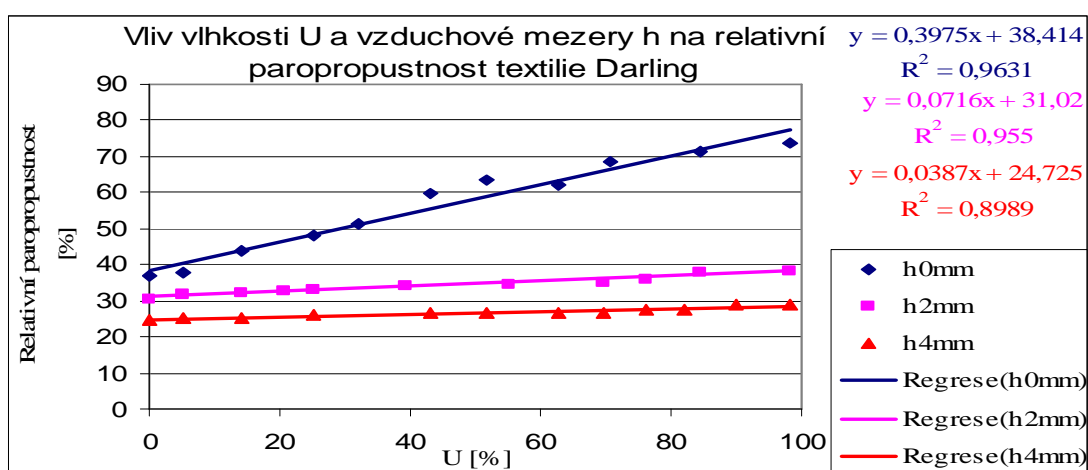
Graf č. 3 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Sorex



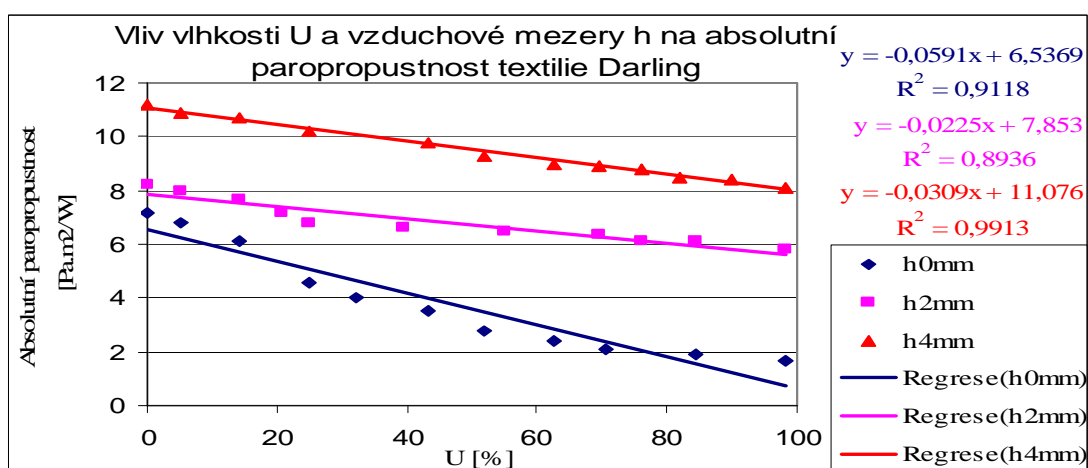
Graf č.4 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Sorex

Grafy č.3 a č.4 ukazují, jak se mění relativní a absolutní paropropustnost při různých úrovních hmotnostního přívažku vlhkosti a působení vzduchové mezery u textilie Solex. Porovnáním tkanin Simona a Solex zjistíme, že tkaniny se liší ve vazbě (Simona-štruk, Solex-kepr 3/1) a v plošné hmotnosti. Jak je možno vypořádat z předešlých grafů, tak posun regresních přímek ovlivňuje plošná hmotnost. U těchto grafů je vidět, že regresní přímky u 0mm vzduchové mezery mají strmější růst než regrese u hodnot se vzduchovou mezerou a to jak u relativní, tak i u absolutní propustnosti pro vodní páry.

DARLING

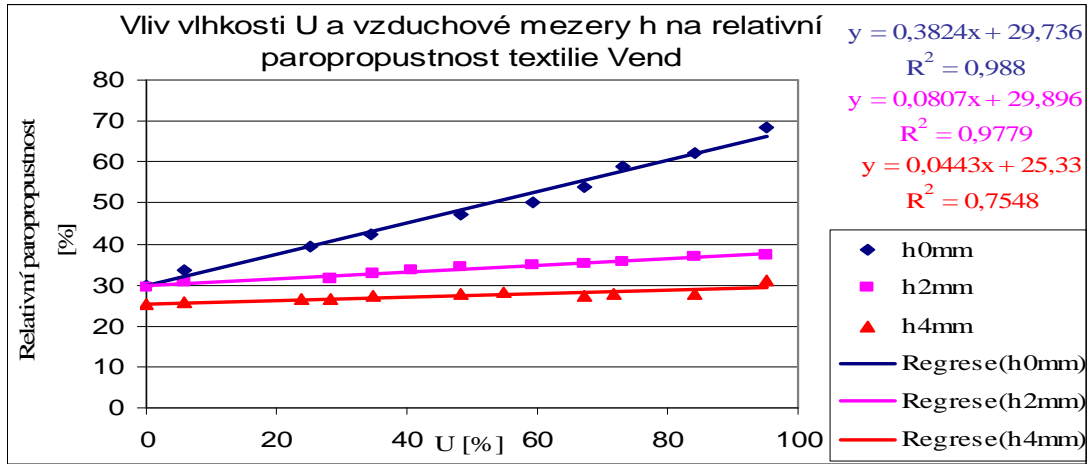


Graf č.5 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Darling

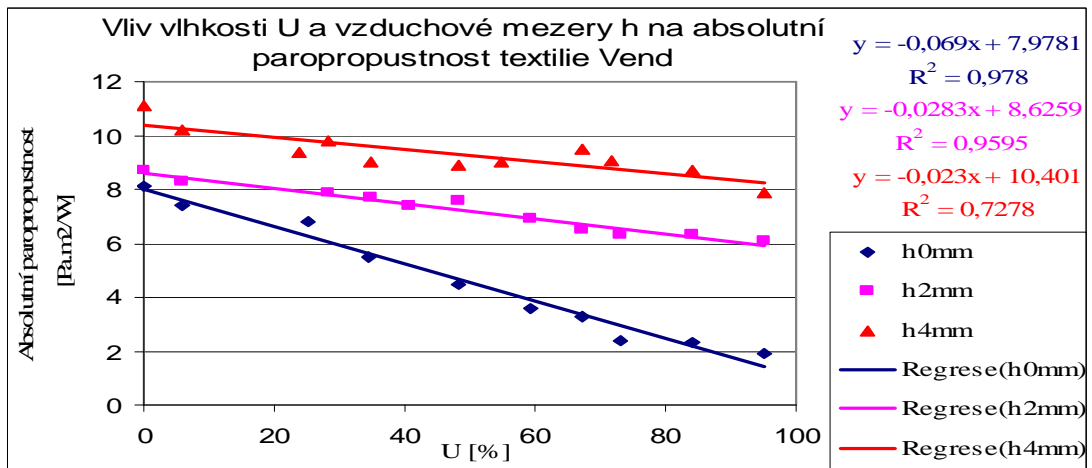


Graf č.6 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Darling

VEND

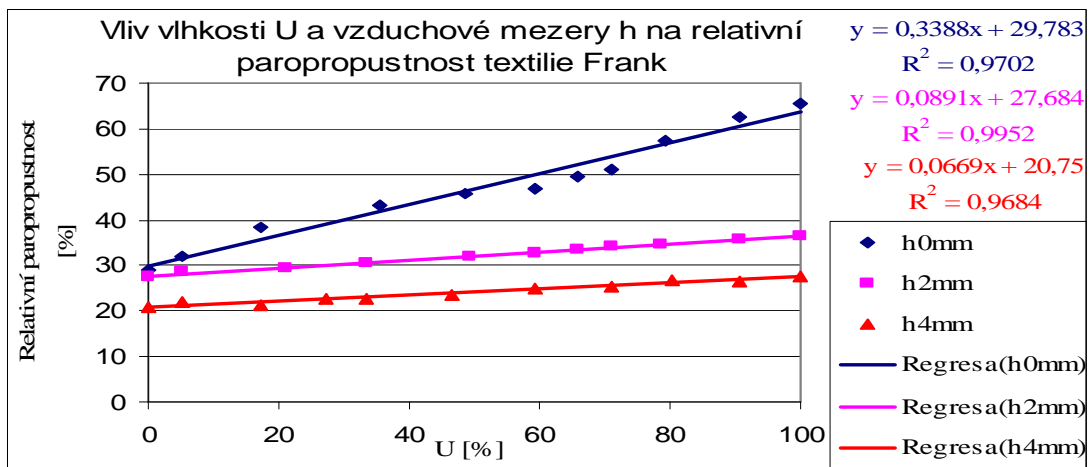


Graf č.7 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Vend

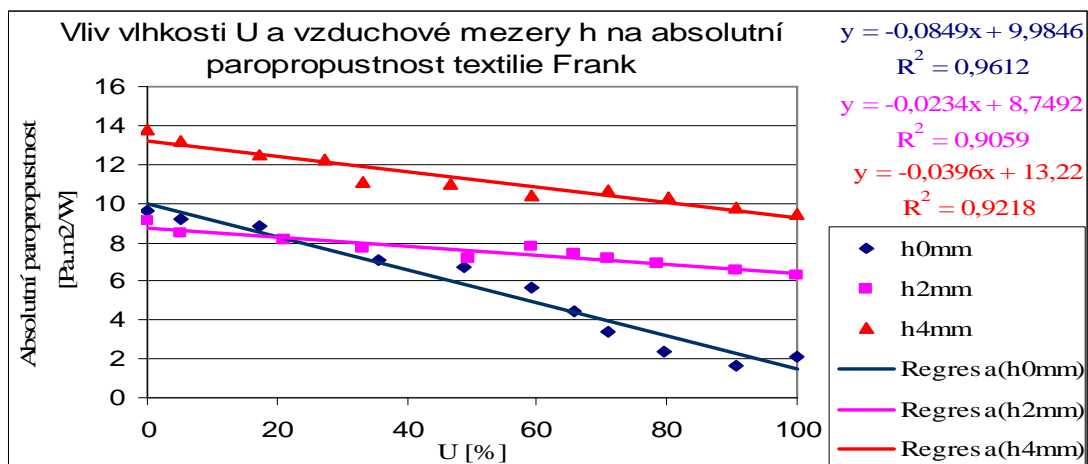


Graf č.8 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Vend

FRANK



Graf č.9 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Frank



Graf č.10 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Frank

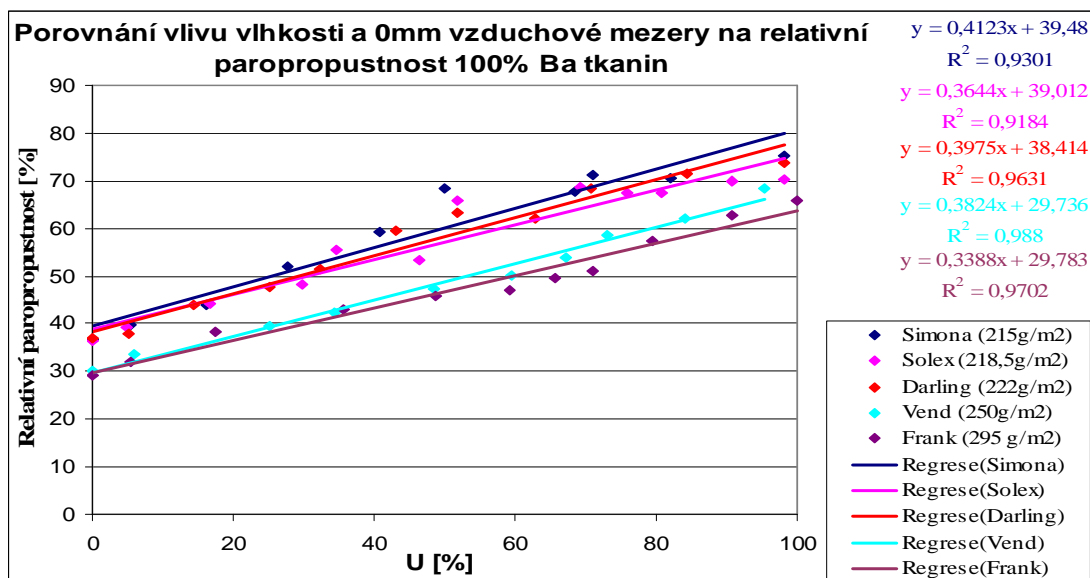
Bavlněné materiály byly seřazeny podle stoupající plošné hmotnosti. Při navlhavosti hydrofilního materiálu dochází k bobtnání přízí a tím i ke zmenšení prostoru (zvyšuje se objemové zaplnění), snižuje se pórovitost. Tento jev by měl vést ke snížení relativní paropropustnosti. Na grafu č.1 je však možné pozorovat opačný efekt. Vysvětlení tohoto jevu je následující: při zavlhčení materiálu dochází k absorpci tekutiny textilií. Z povrchu zavlhčené textilie se následně odpařuje médium (voda). Při měření se zaznamenává odpar vodních par. Pokud je měřená textilie zavlhčená, výsledný odpar se skládá z dvou částí:

- odpar z měřicí hlavice přístroje
- odpar ze zavlhčeného povrchu textilie.

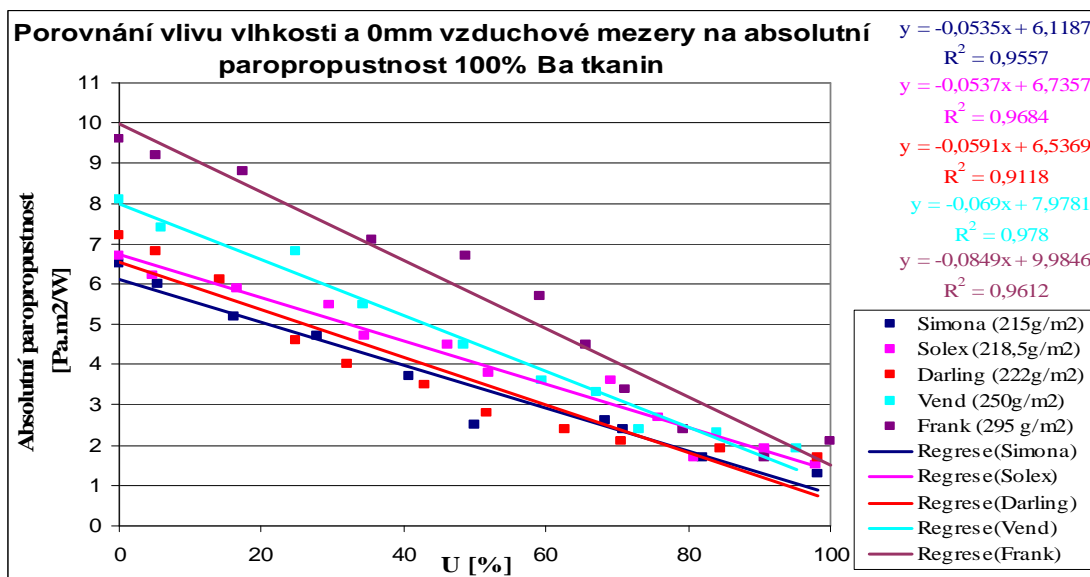
Když měříme suchý vzorek, odpar vody je pouze z hlavice přístroje a vodní pára prochází skrz měřený vzorek a je sledován poměr procházejících vodních par se vzorkem a bez vzorku. [10]

Tento jev platí jak pro měření, kde textilie přímo naléhá na měřicí hlavici, tak i pro měření textilie se vzduchovou mezerou, jak je možno vysledovat z grafu č.1. Regresní přímky vzorků se vzduchovou mezerou ale nemají takový strmý sklon jako regresní přímka bez vzduchové mezery. Toto lze vysvětlit, neboť vzduch zde zaujímá místo izolantu, a proto tepelný tok, který vychází z hlavice přístroje je utlumen průchodem skrz vzduchovou mezeru, která se chová jako izolant. Čím vyšší je vzduchová mezera, tím nižší

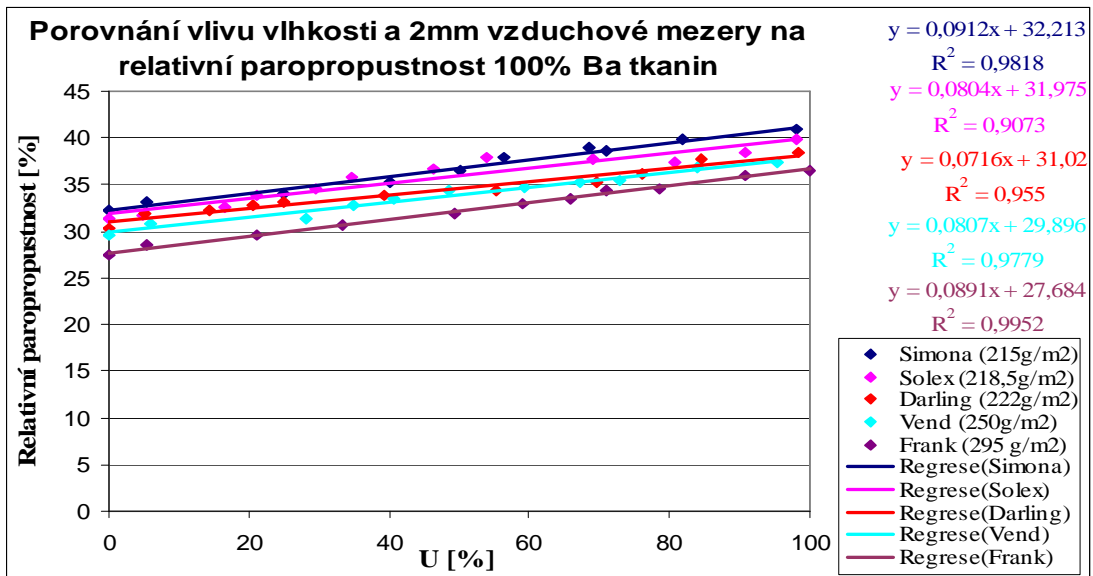
je celkový tepelný tok a vyšší výparný odpor viz. Matematický model pro výpočet q_{tot} u zavlhčené textilie.



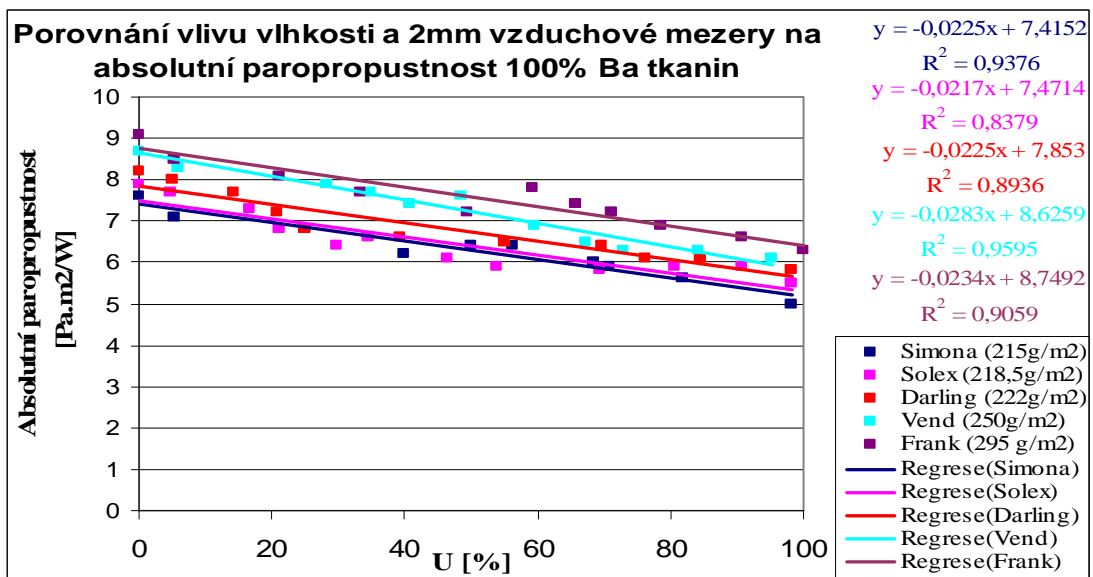
Graf č.11 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost 100% Ba tkanin



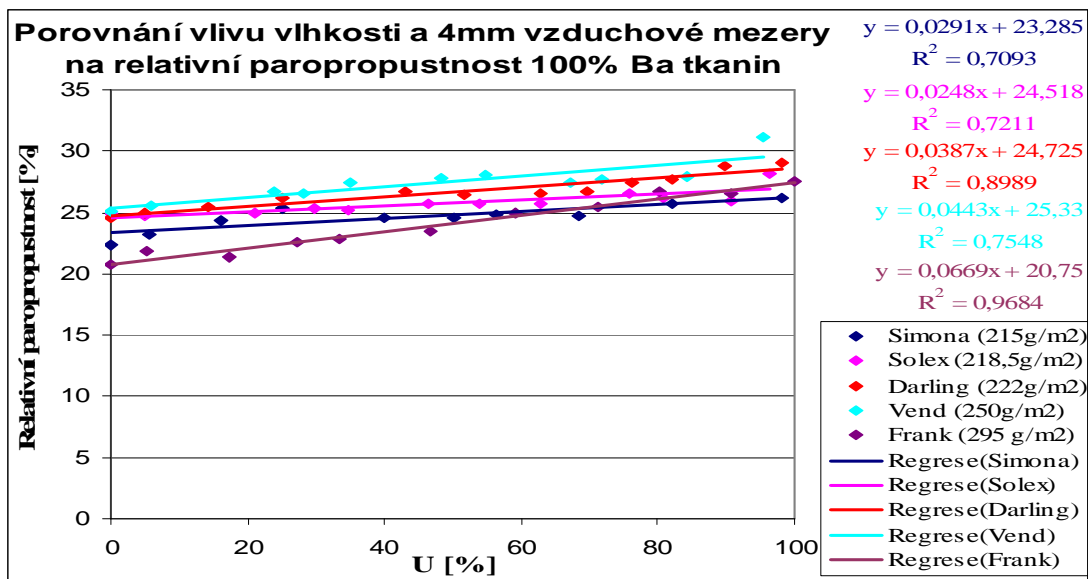
Graf č.12 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost 100% Ba tkanin



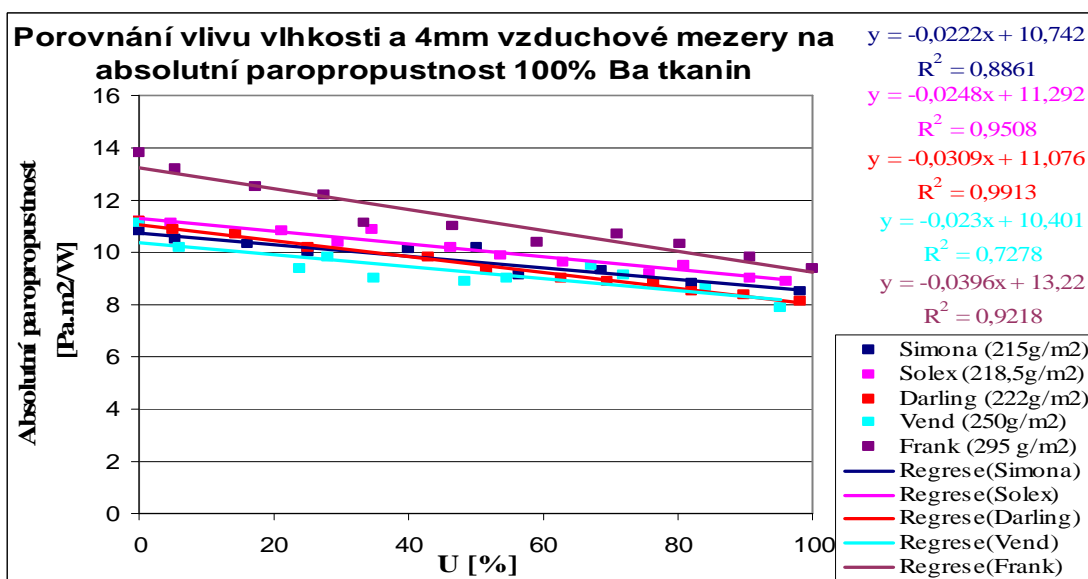
Graf č.13 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost 100% Ba tkanin



Graf č.14 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost 100% Ba tkanin

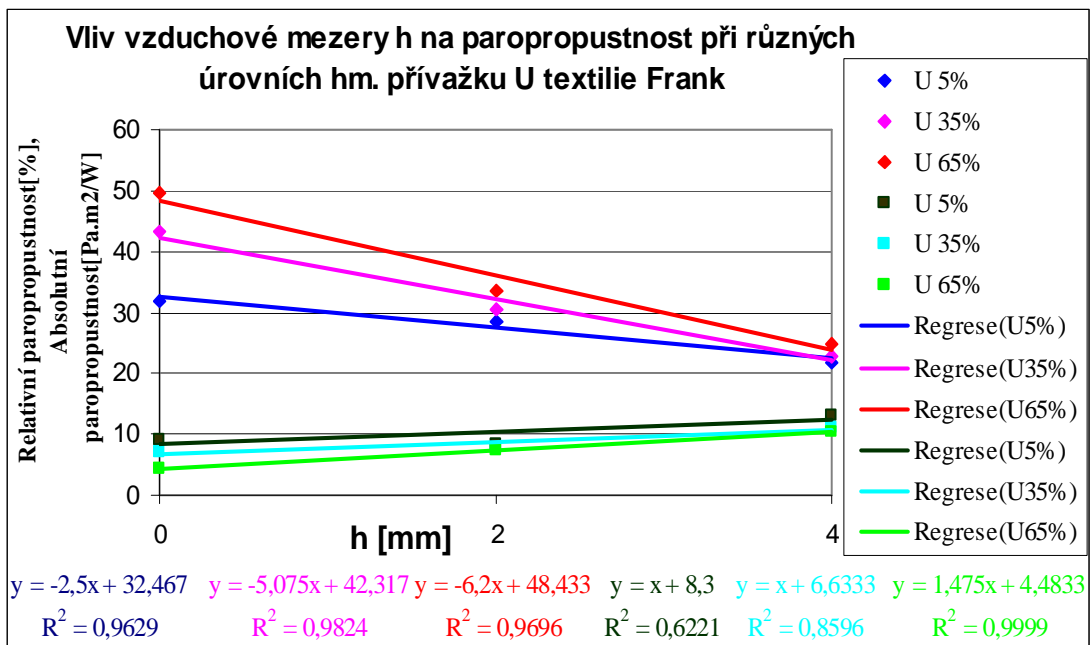


Graf č.15 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost 100% Ba tkanin



Graf č.16 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost 100% Ba tkanin

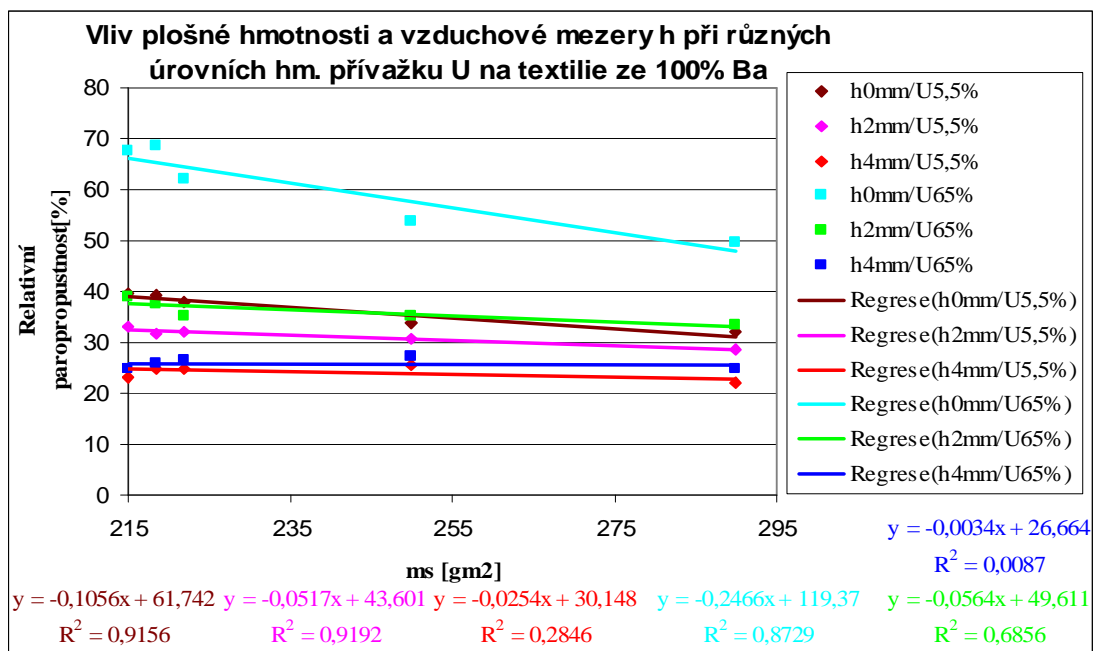
Grafy č.11 – č.16 porovnávají hmotnostní přívažky vlhkosti a velikosti vzduchové mezery u keprových tkanin ze 100% Ba. Podle předpokladů bylo zjištěno a podle výsledků grafů potvrzeno, že při zvyšujícím se hmotnostním přívažku vlhkosti v textilií se relativní paropropustnost lineárně zvyšuje a výparný odpor, který je v grafu vyneseno jako absolutní propustnost pro vodní páry, se lineárně snižuje.



Graf č.17 Vliv vzduchové mezery na propustnost vodních par u textilie Frank

Graf č.17 ukazuje závislost relativní i absolutní paropropustnosti na vzduchové mezeře o velikostech 0, 2 a 4 mm u textilie Frank. V grafu jsou vyneseny tři různé hmotnostní přivažky vlhkosti obsaženy v měřeném vzorku (5, 35 a 65%). Relativní propustnost pro vodní páry stoupá s obsahem vlhkosti v textilií, naproti tomu absolutní paropropustnost klesá se rostoucí vlhkostí, neboť čím je vzorek vlhčí, tím klesá výparný odpor.

Pokud se bude zabývat vzduchovou mezerou a jejím vlivem na propustnost zjistíme, že se mění naměřené hodnoty. Tepelný tok, který vychází z měřící hlavice a prostupuje textilií a prochází skrz vzduchovou mezeru, se snižuje. Jak vyplývá z grafu, při velikosti vzduchové mezery 4mm je jen nepatrný rozdíl v naměřených datech relativní paropropustnosti, protože jsou zde tři odpory, které musí tepelný tok překonat, a to výparný odpor vzduchové mezery, textilie a mezní vrstvy textilie. To znamená, že vlhkost obsažena v textilií je skoro zanedbatelná. Absolutní propustnost pro vodní páry se nijak dramaticky nemění při vzrůstající velikosti vzduchové mezery. Proto ochlazování pokožky výparem z vrchní vrstvy textilie závisí nejen na vlhkosti materiálu, ale také na mezeře mezi materiálem a pokožkou. Největší přestupy tepla mezi kůží a textilií se uskuteční, pokud materiál doléhá přímo na pokožku.



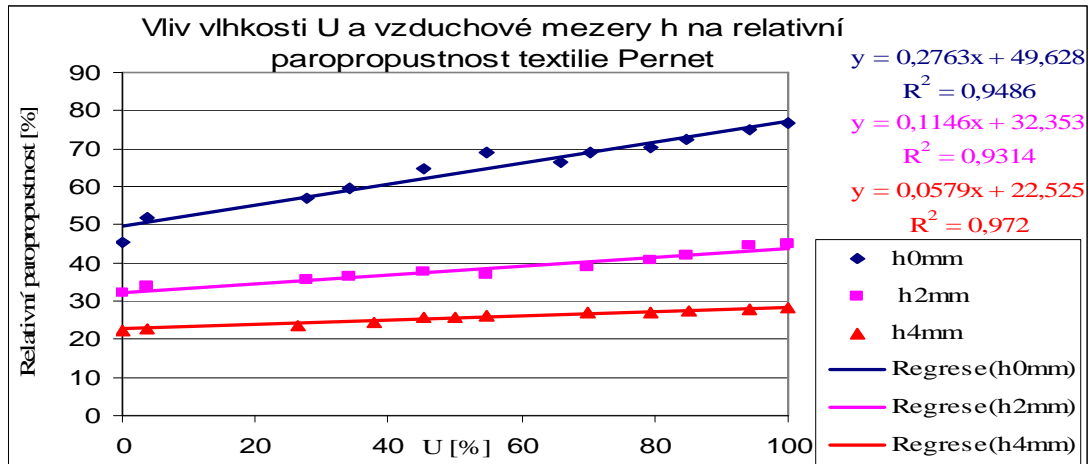
Graf č.18 Porovnává vliv plošné hmotnosti na relativní paropropustnost při různých úrovních vlhkosti a vzduchové mezery

Graf č. 18 vykresluje jaký vliv má plošná hmotnost na relativní propustnost pro vodní páry při dvou úrovních hmotnostního přivažku (5,5 a 65%) a vzduchové mezery (0, 2, 4mm). Ukazuje se, že relativní paropropustnost je lineárně závislá na plošné hmotnosti, čím je plošná hmotnost vyšší, tím je propustnost nižší. Z grafu také vyplývá, že při velikosti mezery 4mm je jak vlhkost textilie, tak i plošná hmotnost zanedbatelná, protože regresní přímky mají minimální sklon a naměřené hodnoty se k sobě velice přibližují.

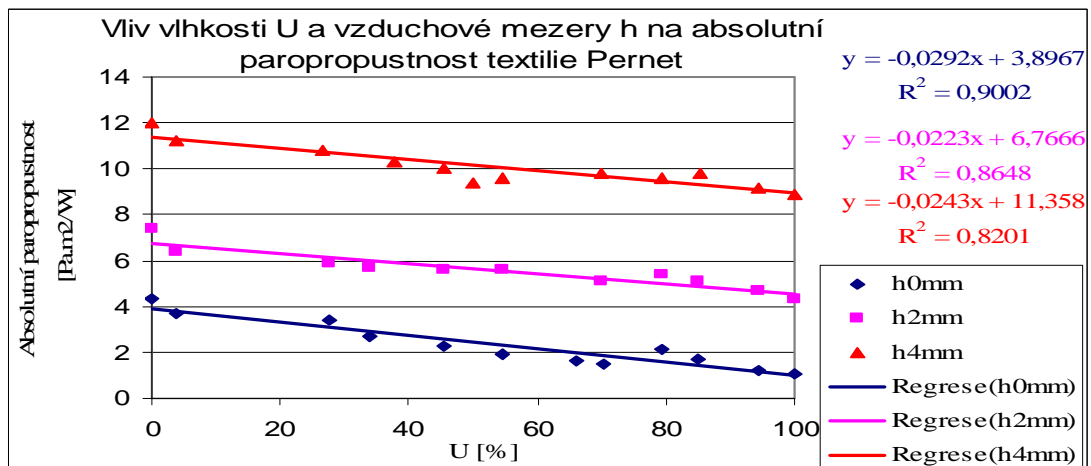
Tkaniny ze směsové příze 65%Ba/35%PES

Následuje skupina třech vzorků, které mají stejné materiálové složení 65%Ba/35%PES a jsou utkány v keprové vazbě s odlišnou plošnou hmotností. Podobně jako u předcházející skupiny je možné pozorovat vliv plošné hmotnosti, vzduchové mezery a vlhkosti na sledované charakteristiky tkanin. Materiály jsou seřazeny od nejnižší plošné hmotnosti po nejvyšší.

PERNET

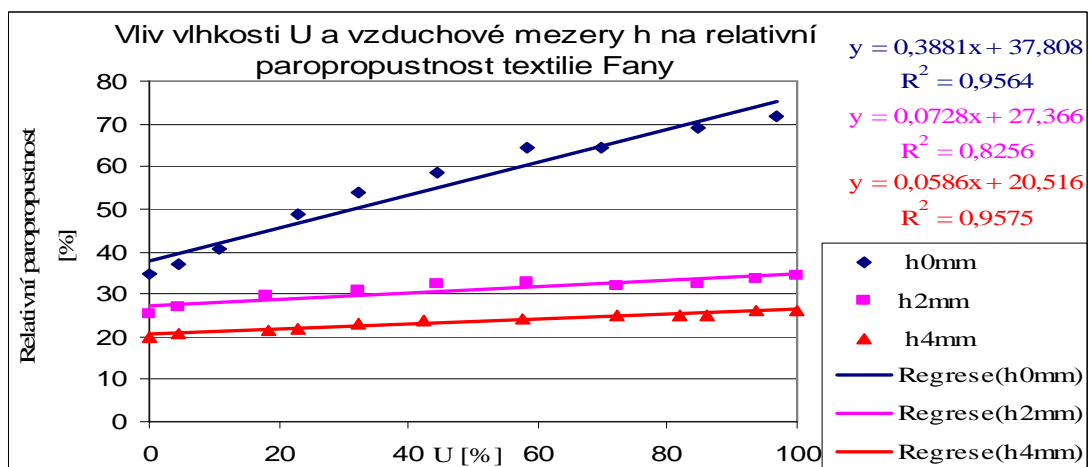


Graf č.19 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Pernet

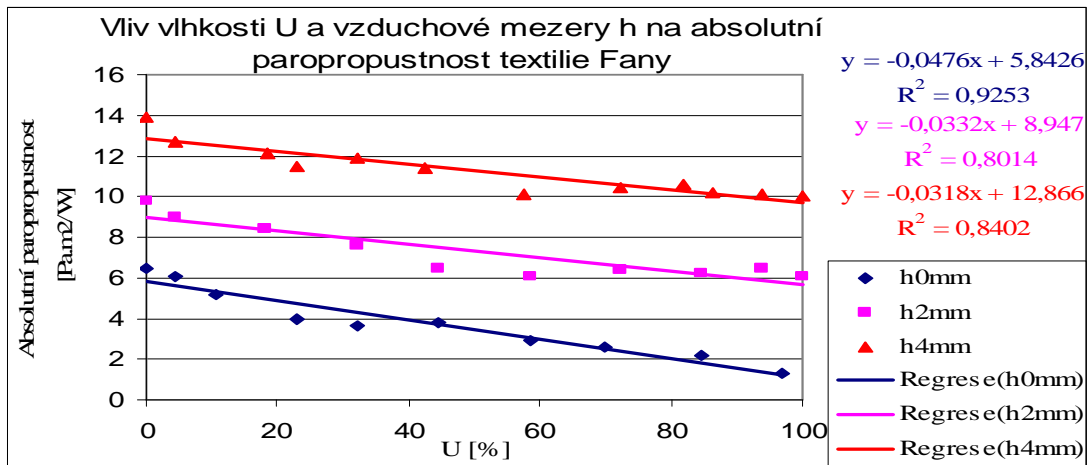


Graf č.20 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Pernet

FANY

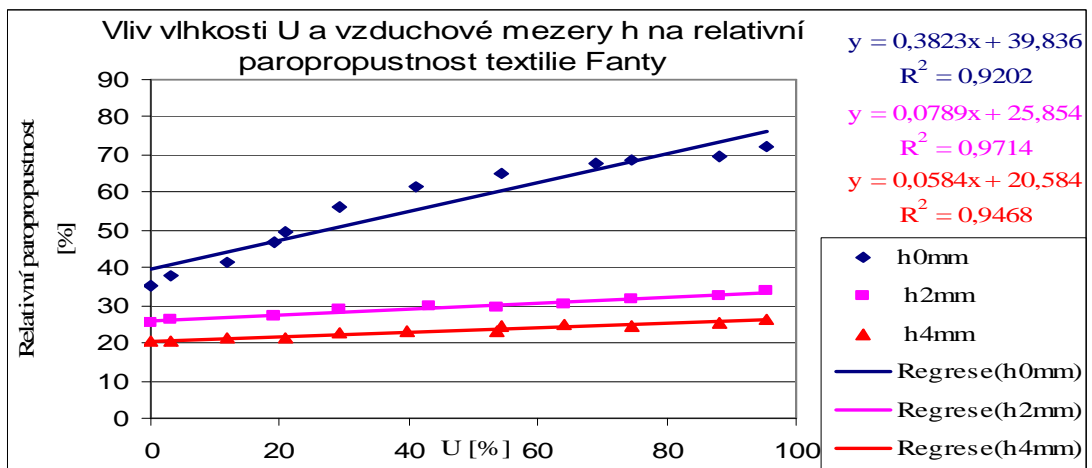


Graf č.21 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Fany

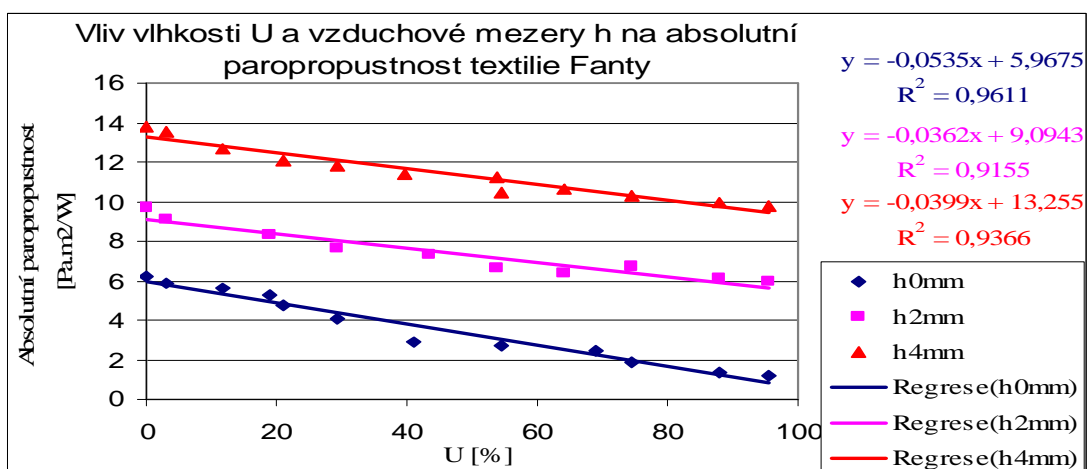


Graf č.22 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Fany

FANTY



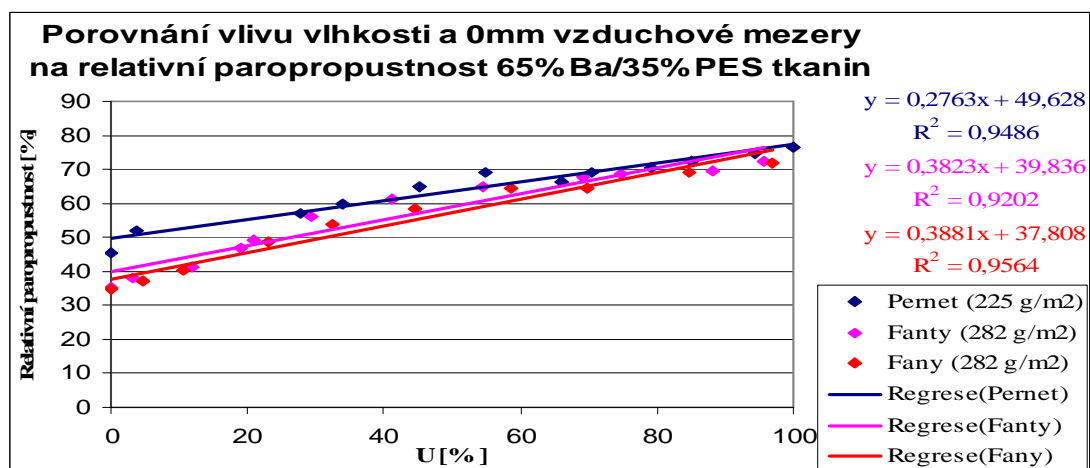
Graf č.23 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Fanty



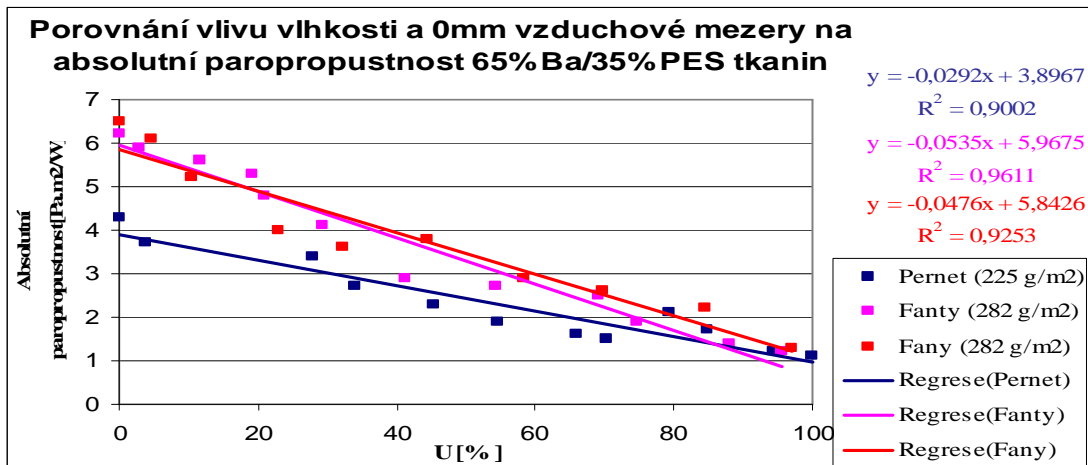
Graf č.24 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Fanty

Grafy č.19 – č.24 zobrazují vliv vzduchové mezery a hmotnostního přívažku vlhkosti obsažené v textilií na absolutní a relativní propustnost pro vodní páry. Byly měřeny textilie vyrobené ze směsových přízí 65%Ba/35%PES o plošných hmotnostech 225 a 282g/m². Při porovnání s předešlými vzorky ze 100%Ba tyto směsové textilie vykazují vyšší relativní propustnost pro vodní páry a nižší výparný odpor u vzorků bez zavlhčení při stejné plošné hmotnosti a při stejné velikosti vzduchové mezery. Podobně jako u předcházejících výsledných grafů jsou regresní přímky pro relativní paropropustnost při 0mm vzduchové mezeře velmi strmé, neboť dochází k největším přestupům tepla. Naproti tomu regrese u absolutní paropropustnosti při 0mm vzduchové mezery nemá nijak dramatický sklon s porovnáním s regresními přímkami při velikostech vzduchových mezer 2 a 4mm.

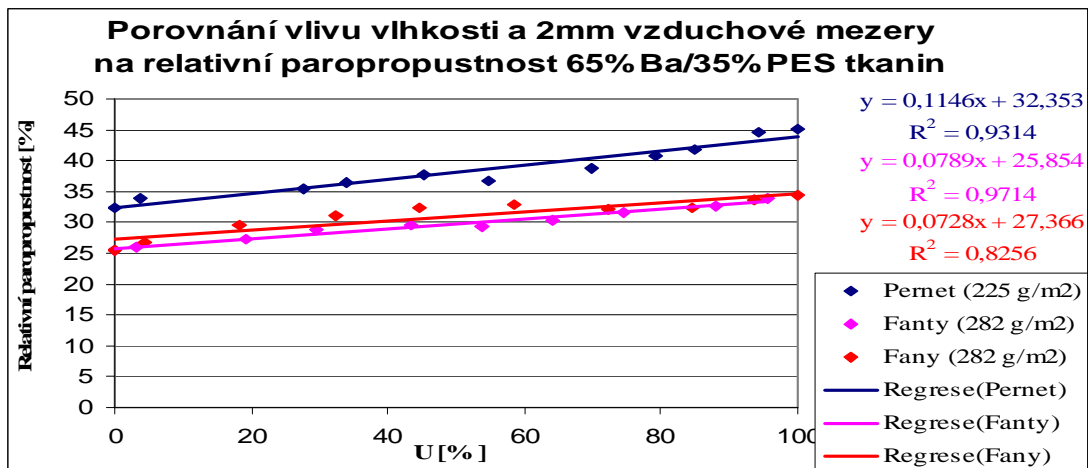
Vysvětlení tohoto jevu spočívá v tom, že PES materiál je inertní vůči navlhavosti a bobtnání vláken je proto minimální (objemové zaplnění při vysoké vlhkosti není takové jako u materiálů ze 100% Ba) oproti bavlněným vláknům jak ukazuje tabulka č.1. Proto i při vysokém procentu zavlhčení textilie absolutní paropropustnost neklesá tak strmě jako u tkanin ze 100%Ba.



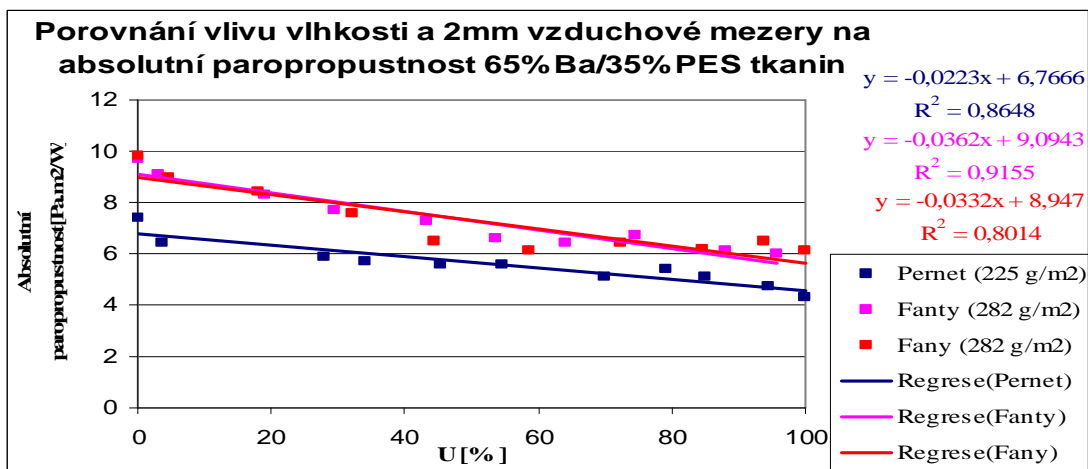
Graf č.25 Porovnání vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35%PES



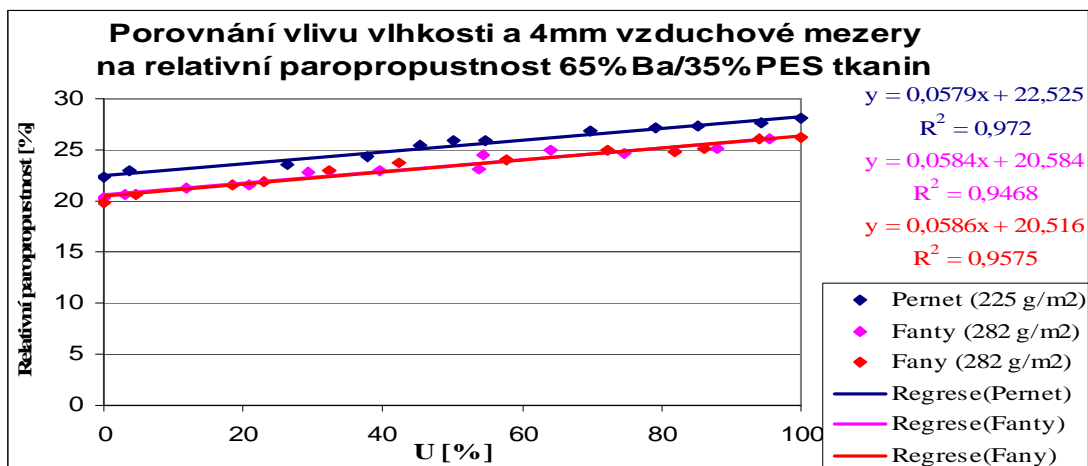
Graf č.26 Porovnání vlivu vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směšových tkanin 65%Ba/35% PES



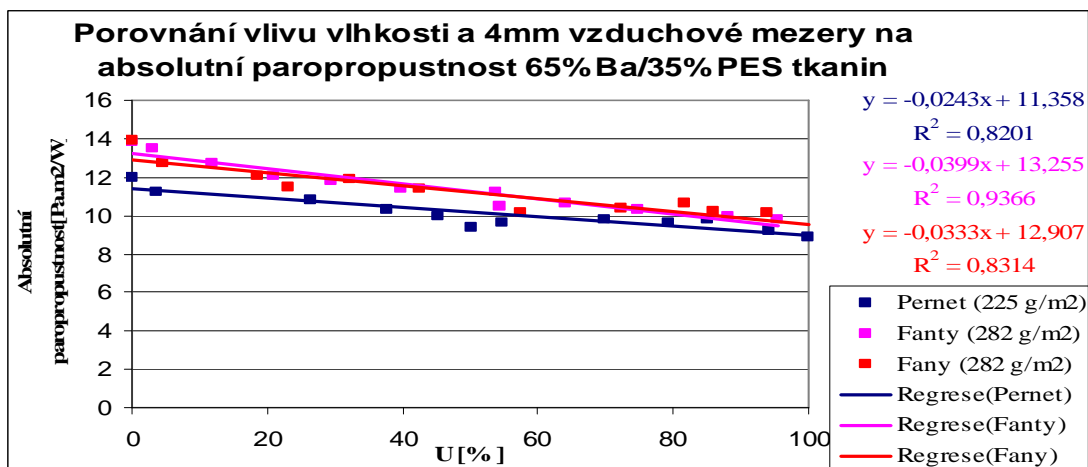
Graf č.27 Porovnání vlivu vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směšových tkanin 65%Ba/35% PES



Graf č.28 Porovnání vlivu vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směšových tkanin 65%Ba/35% PES



Graf č.29 Porovnání vlivu vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES



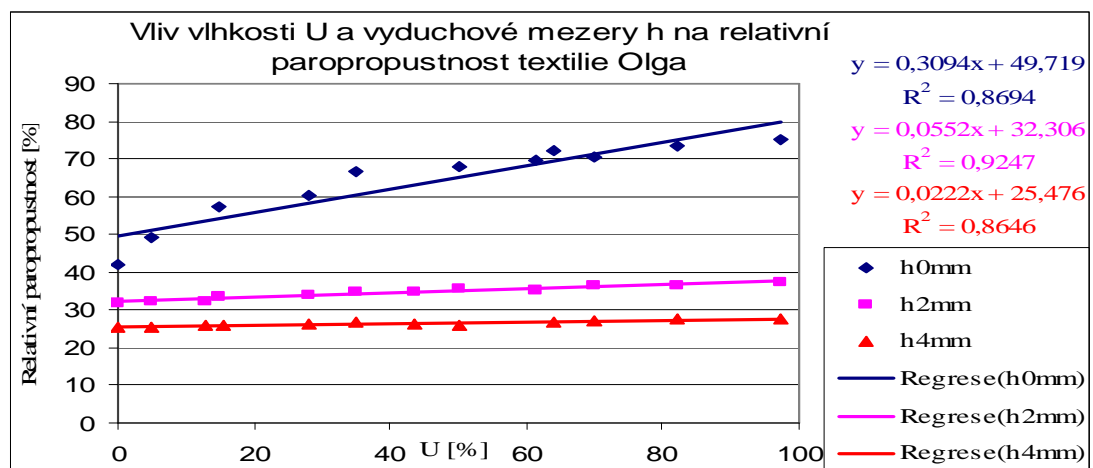
Graf č.30 Porovnání vlivu vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES

Grafy č.25 – č.30 porovnávají vliv hmotnostního přívažku vlhkosti a vzduchové mezery o velikosti 0, 2 a 4mm na relativní a absolutní propustnost pro vodní páry na tkaniny ze směsi 65%Ba/35%PES. Tkaniny s obchodním názvem Fanty a Fany mají shodné plošné hmotnosti a to 282g/m², stejnou vazbu i dostavu. Jak vyplývá z grafů, obě tkaniny mají shodné regresní přímky i jejich sklony. Poukazuje to na dva závěry, přístroj Permetest měří velmi přesně a stabilně a také na to, že výrobce těchto materiálů vyrobil obě textilie bez znatelných vad.

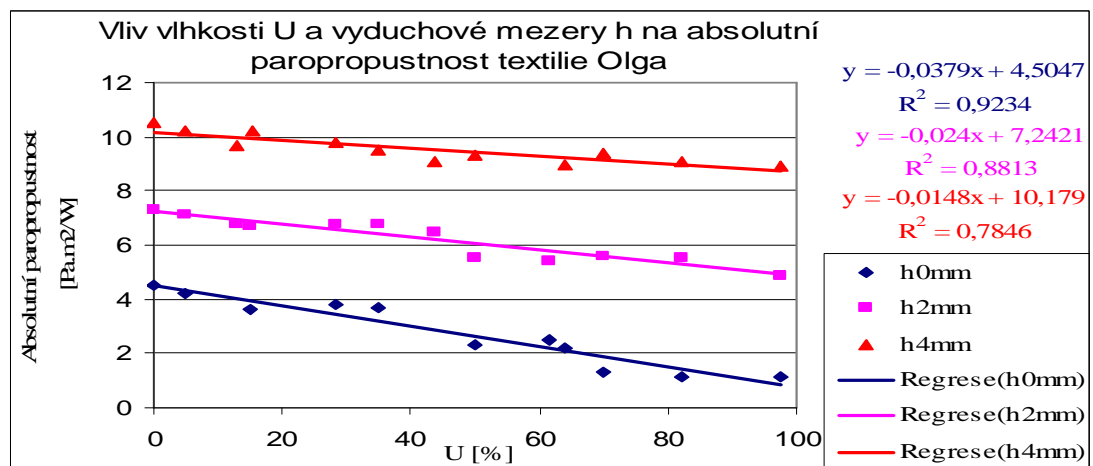
Tkaniny ze směsové příze 50%Ba/50%PES

Textilie jsou utkány v keprové vazbě a složení jejich přízí je z 50%Ba/50%PES. Tkaniny jsou uspořádány podle plošné hmotnosti od nejnižší po nejvyšší. Plošná hmotnost měřených vzorků byla 170 a 180g/m².

OLGA

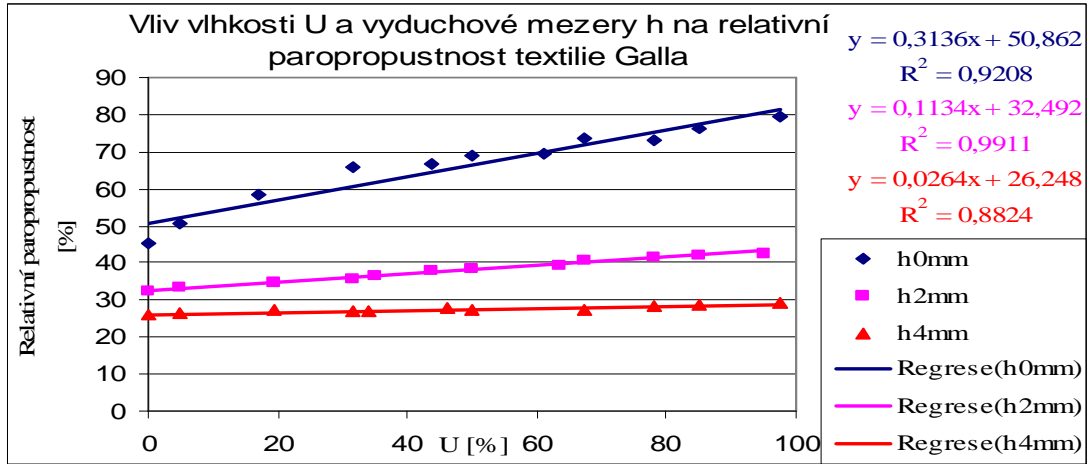


Graf č.31 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Olga

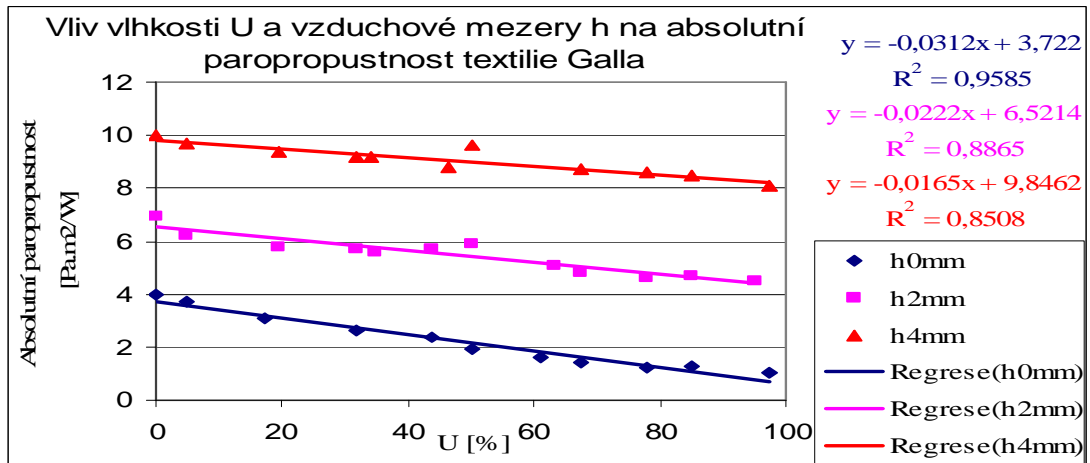


Graf č.32 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Olga

GALLA

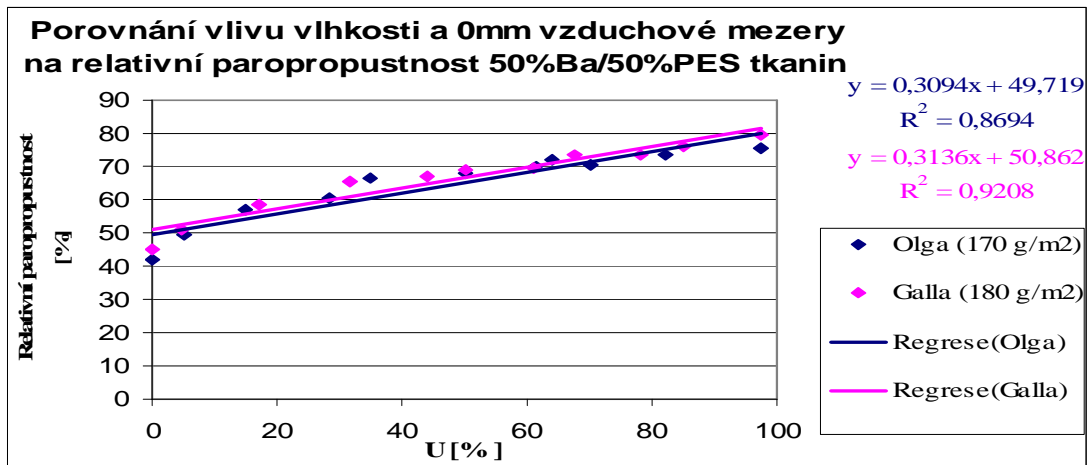


Graf č.33 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Galla

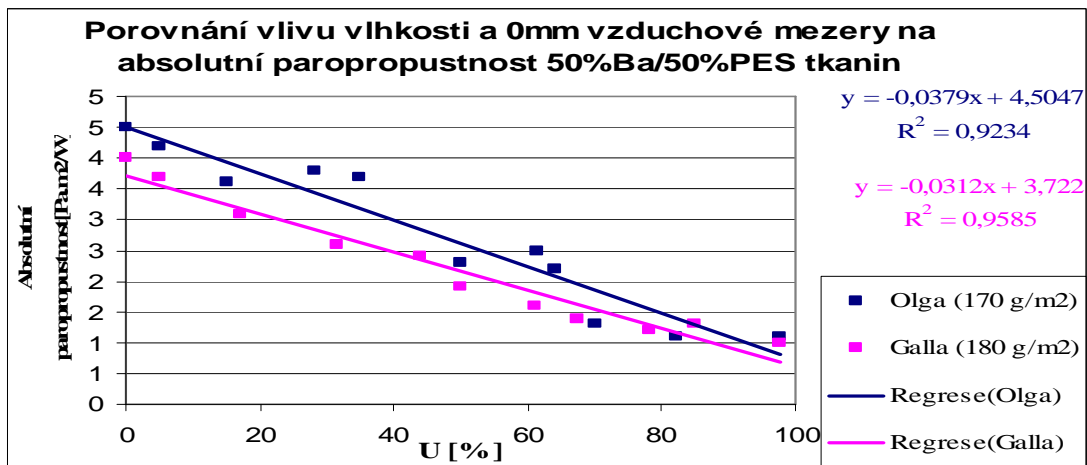


Graf č.34 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Galla

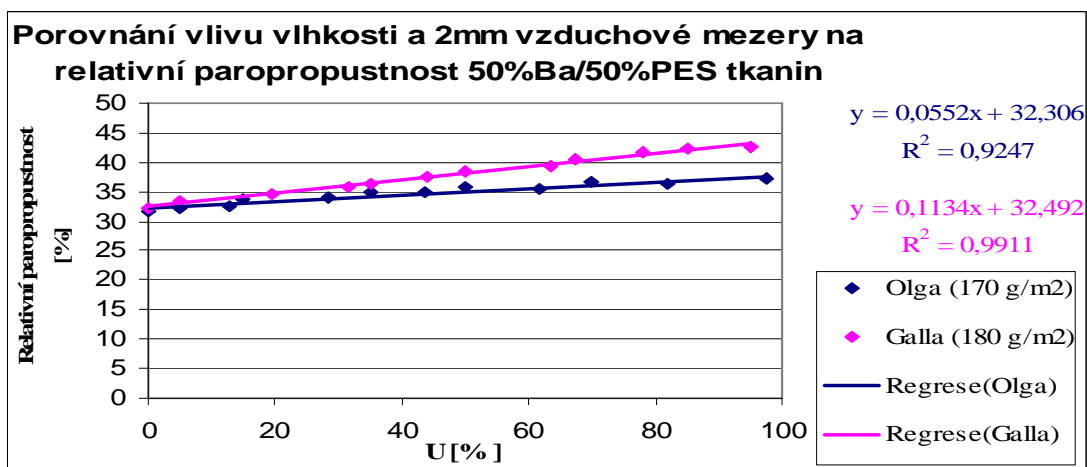
Grafy č. 31 – č.34 zobrazují vliv procentuálního hmotnostního přívažku vlhkosti obsaženého v textilií, velikosti vzduchové mezery (0, 2, 4mm) na relativní a absolutní propustnost pro vodní páry u textilií s podílem 50%Ba a 50%PES. Tkaniny měly plošnou hmotnost 170 a 180g/m². Podobně jako u předcházejících vzorků se směsí PES ve struktuře přízí i zde je chování výparného odporu podobné. Sklon regresních přímek u absolutní paropropustnosti je lineárně závislý.



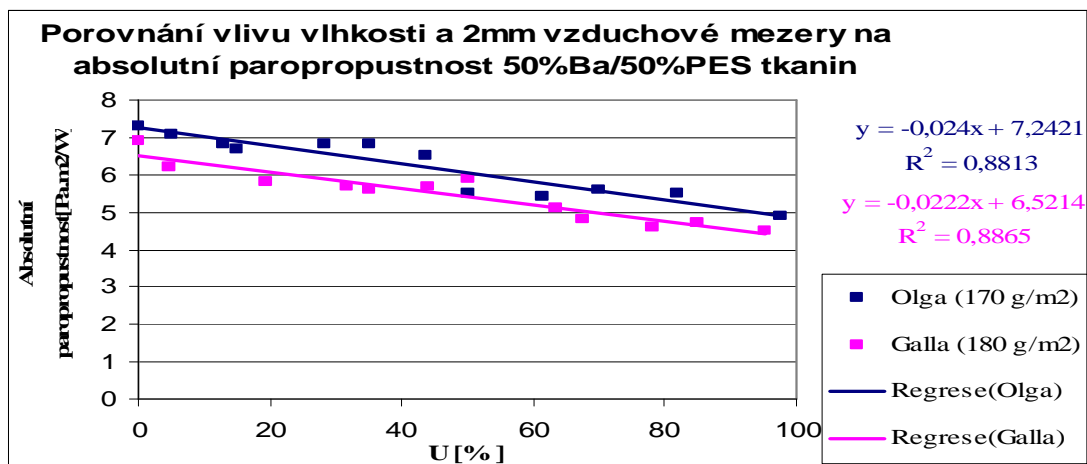
Graf č.35 Porovnání vlivu vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směšových tkanin 50%Ba/50%PES



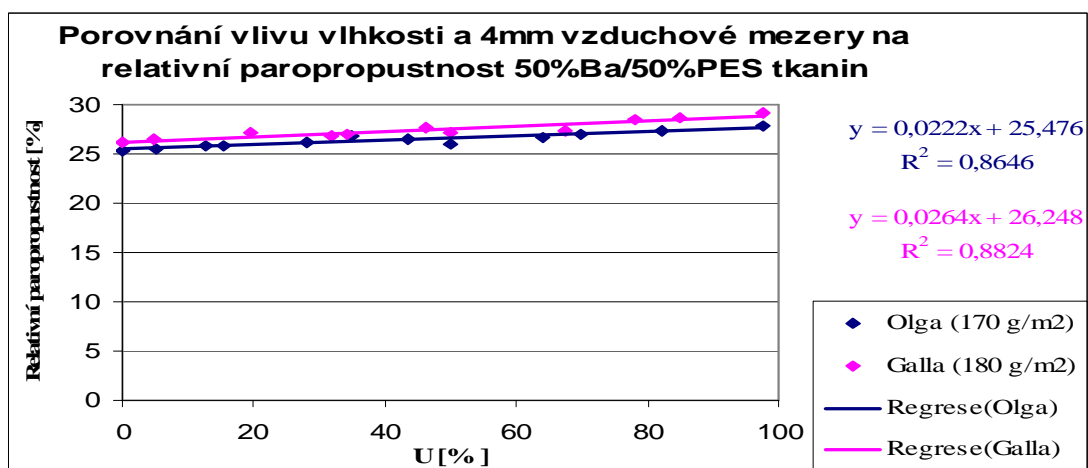
Graf č.36 Porovnání vlivu vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směšových tkanin 50%Ba/50%PES



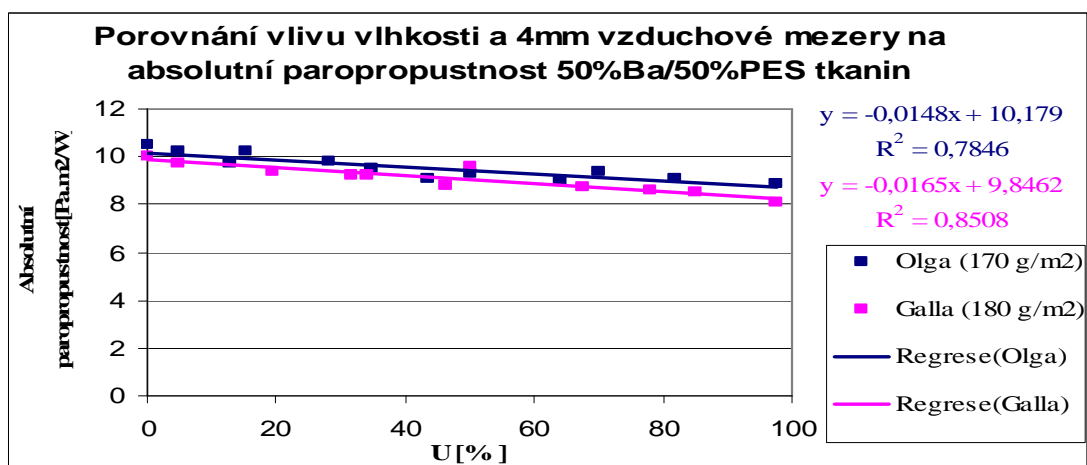
Graf č.37 Porovnání vlivu vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směšových tkanin 50%Ba/50%PES



Graf č.38 Porovnání vlivu vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směšových tkanin 50%Ba/50% PES

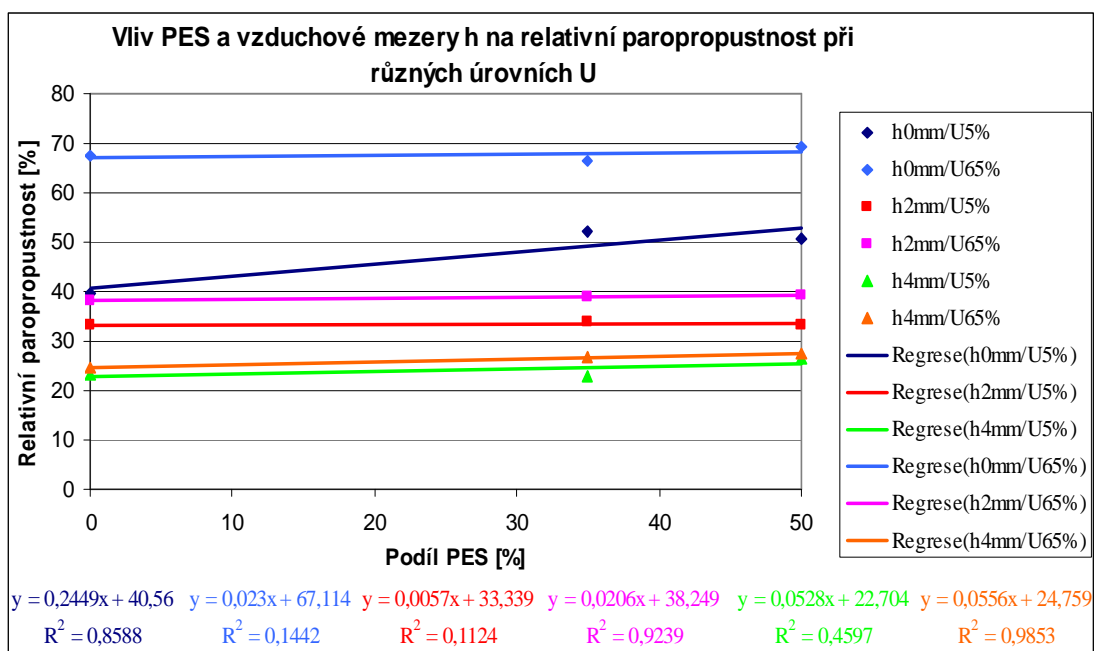


Graf č.39 Porovnání vlivu vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směšových tkanin 50%Ba/50% PES

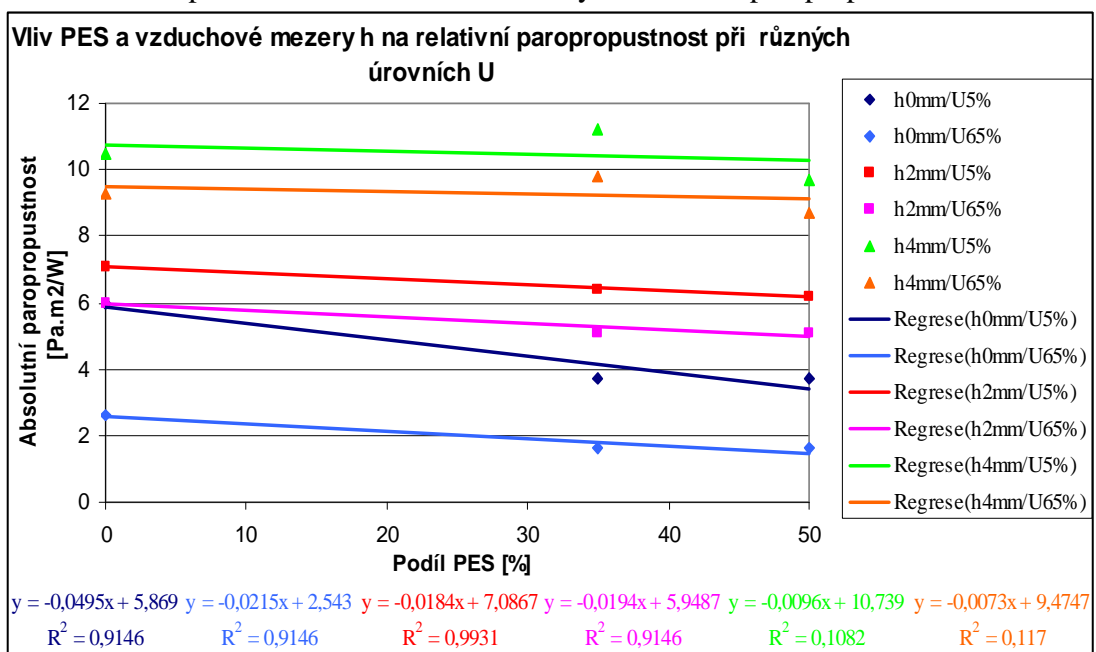


Graf č.40 Porovnání vlivu vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směšových tkanin 50%Ba/50% PES

Grafy č.35 – č.40 porovnávají vliv vlhkosti a velikost vzduchové mezery na absolutní a relativní propustnost pro vodní páry u textilií vyrobených z přízí, jejichž materiálové složení je 50%Ba a 50%PES. Tkaniny, které se porovnávají, se liší pouze v plošné hmotnosti, textilie s obchodním názvem Olga(170g/m²) a Galla (180g/m²), proto také jejich regresní přímky mají shodný sklon a naměřené hodnoty se výrazně neodlišují.



Graf č.41 Vliv podílu PES a vzduchové mezery h na relativní paropropustnost



Graf č.42 Vliv podílu PES a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost

V grafech č.41 a č.42 je vyjádřena závislost hodnoty relativní a absolutní propustnosti vodních par a vzduchové mezery na procentuálním zastoupení polyesteru v materiálech. Ve všech případech se jednalo o směs bavlny a polyesteru. V případě nulového podílu polyesteru se jednalo o 100% bavlněný materiál. Nejvyšší zastoupení polyesteru v materiálu bylo 50%. Použité materiály měly plošnou hmotnost v intervalu od 180 do 225g/m². Byl sledovaný vliv procentuálního zastoupení polyesteru v materiálu na relativní a absolutní paropropustnost při zavlhčení (5,5 a 65%) a vzduchové mezeře (0, 2 a 4mm).

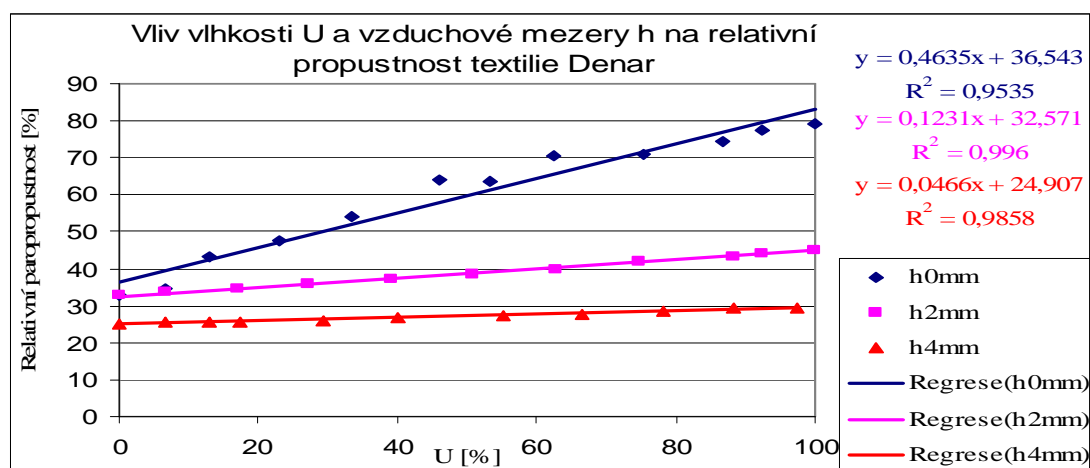
Při 0mm vzduchové mezeře a 5,5% zavlhčení textilie je možno pozorovat vliv podílu polyesteru v tkanině. Struktura textilie při malé vlhkosti je volnější, tím i prodyšnější a podíl PES zde má významnou roli, ale při vysokém zavlhčení na textiliu vzniká kontinuální vodní film a podíl polyesteru se tím stává neznatelným.

Podobně je tomu i při působení vzduchové mezery. S přibývajícím výškou vzduchové mezery se vliv podílu PES na absolutní i relativní paropropustnost snižuje.

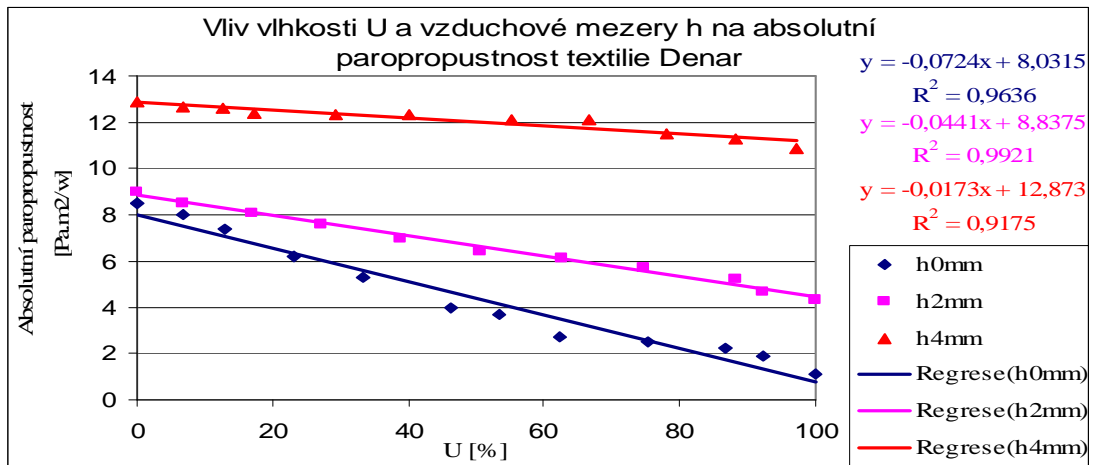
Denimové tkaniny ze 100% Ba

Poslední skupinou vzorků jsou denimové textilie utkané v keprové vazbě z přízí, které byly vyrobeny ze 100% bavlny. Plošná hmotnost měřených tkanin je v intervalu od 370 do 475g/m².

DENAR

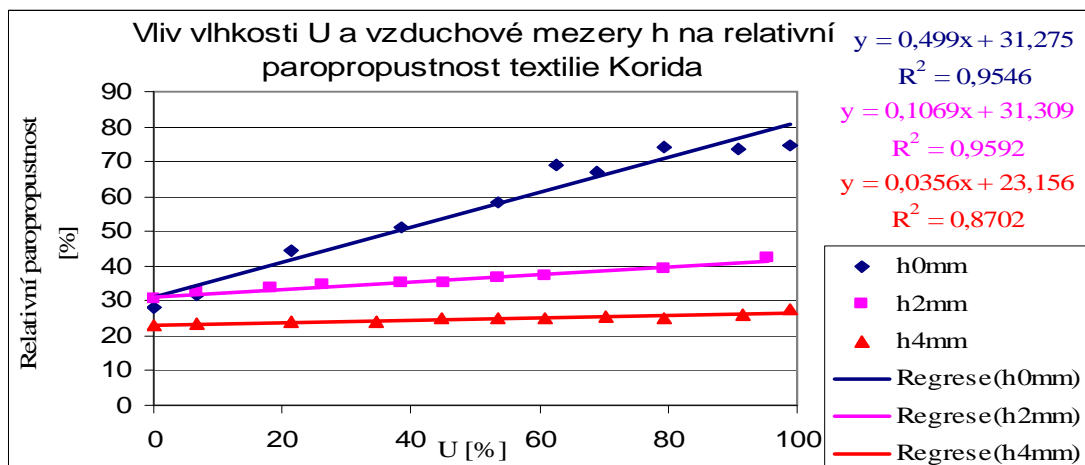


Graf č. 43 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Denar

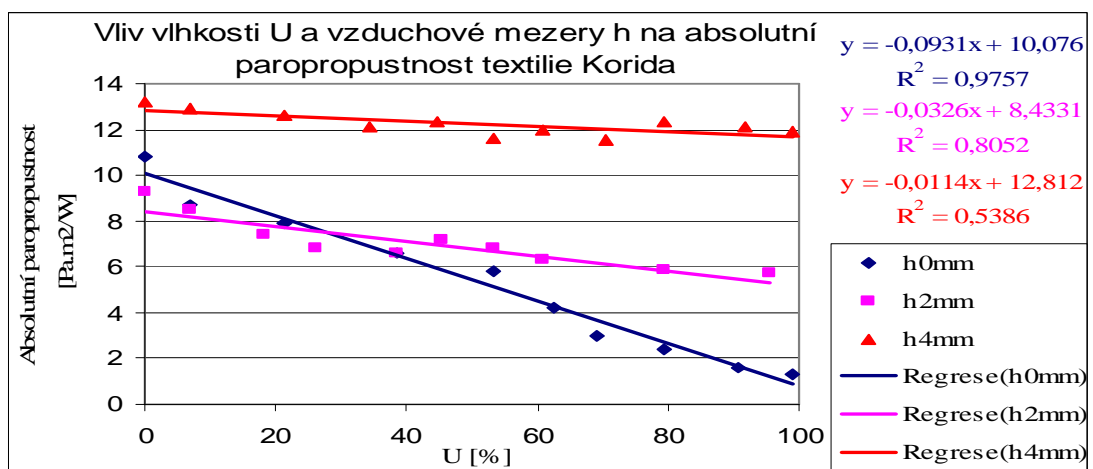


Graf č. 44 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Denar

KORIDA

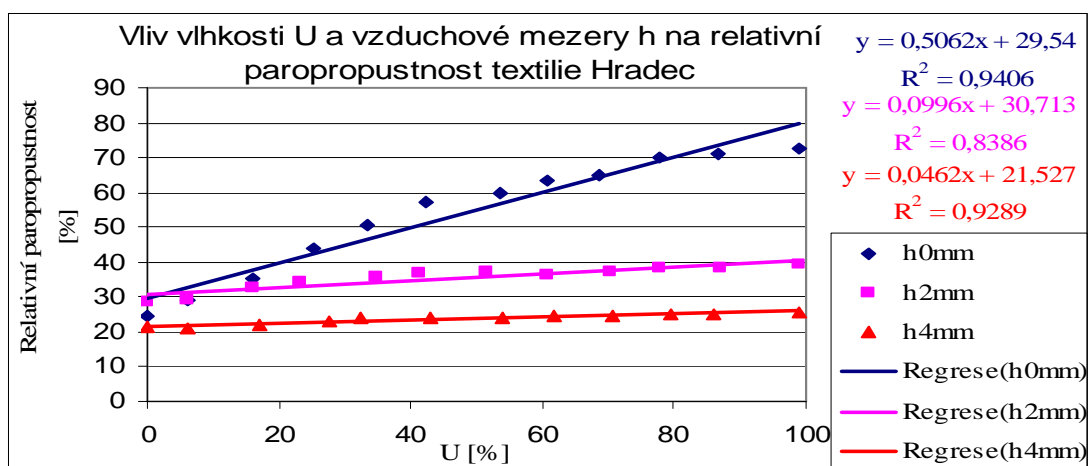


Graf č. 45 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Korida

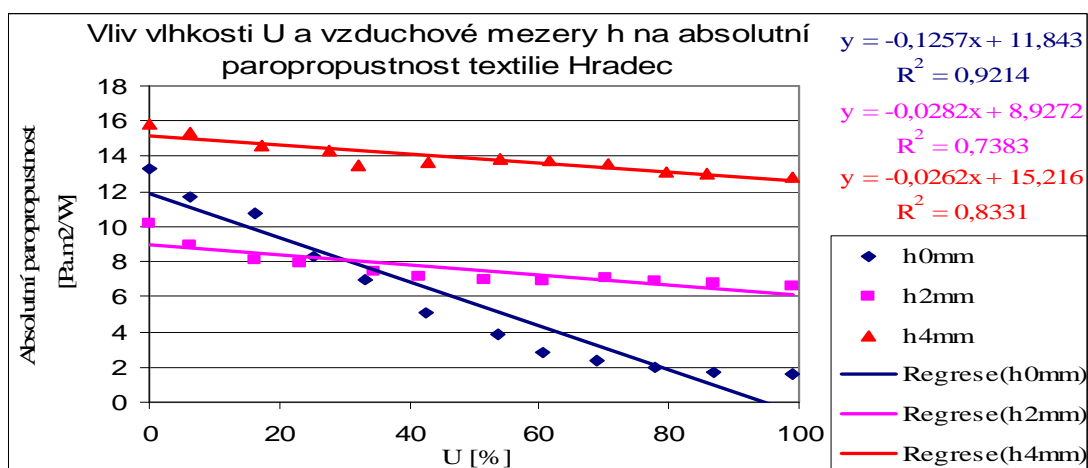


Graf č. 46 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Korida

HRADEC

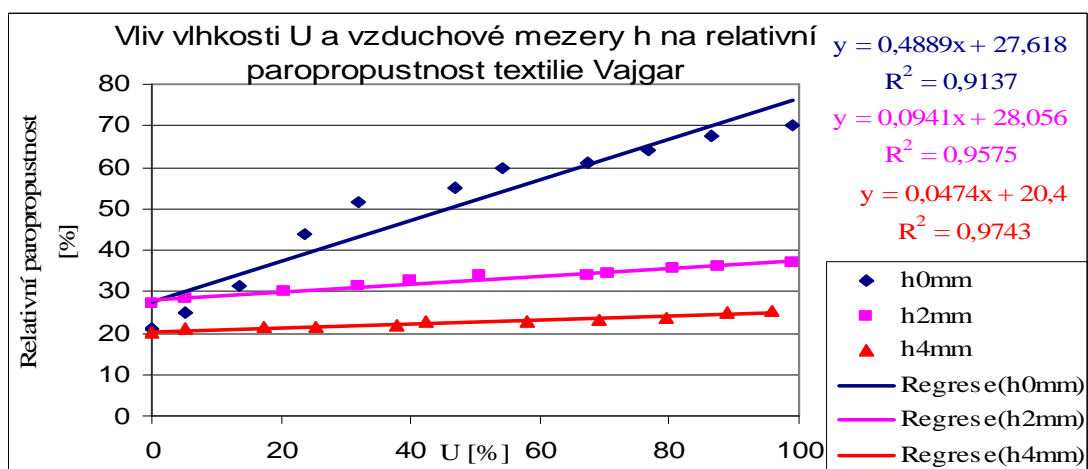


Graf č. 47 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Hradec

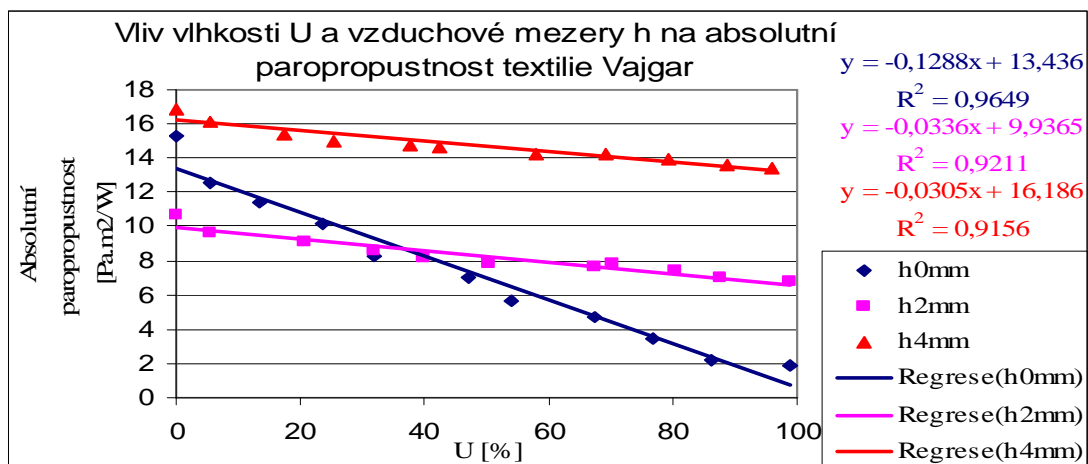


Graf č. 48 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Hradec

VAJGAR

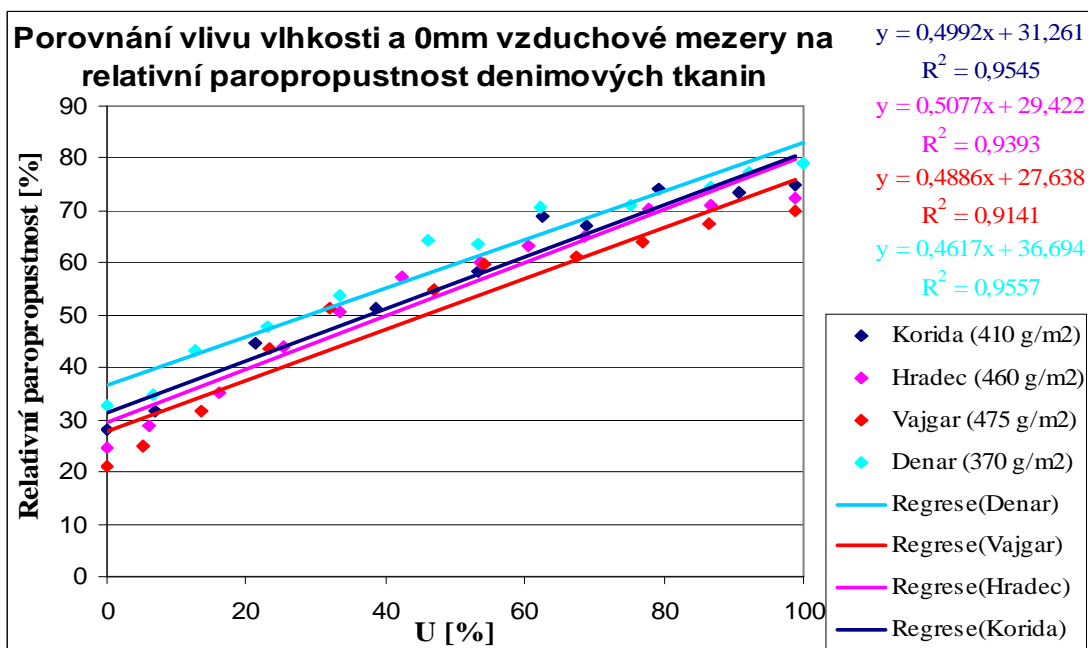


Graf č. 49 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Vajgar

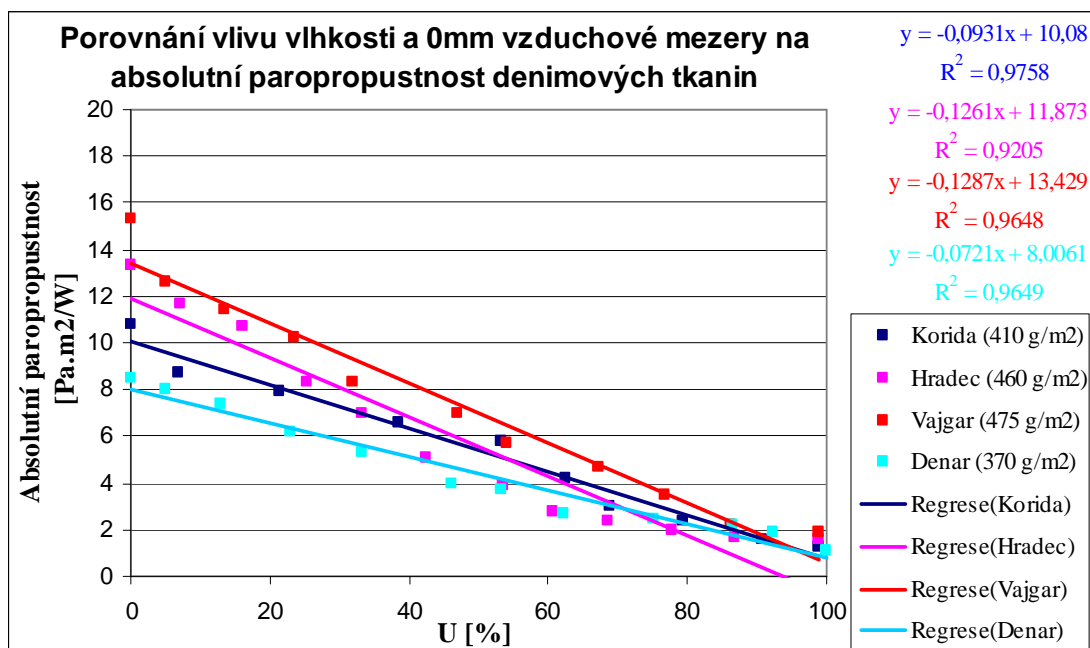


Graf č. 50 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Vajgar

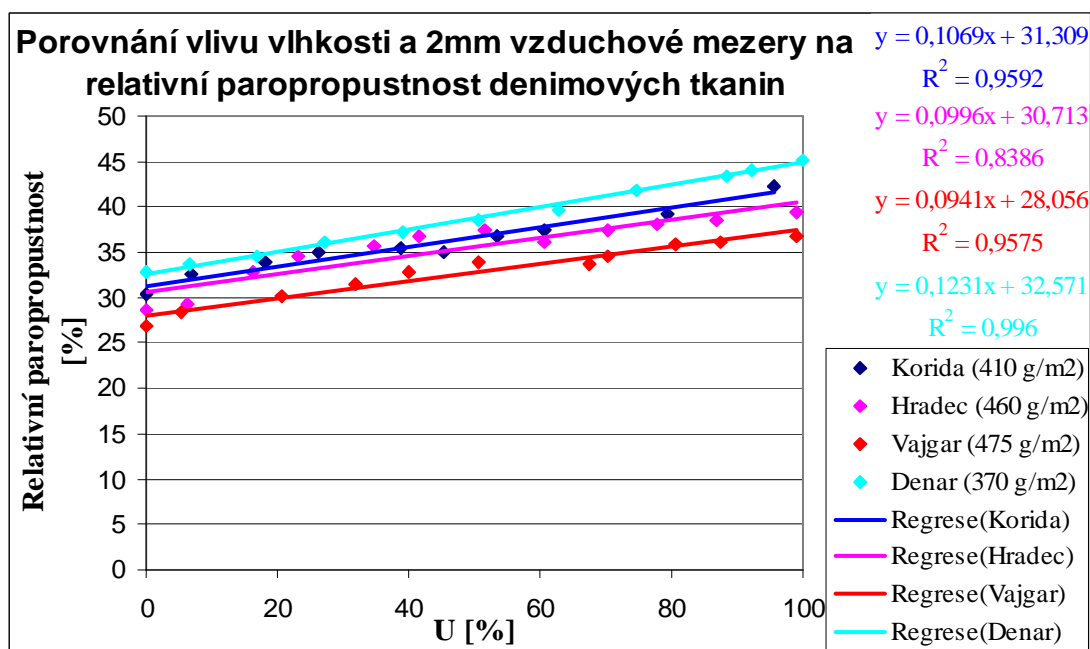
Grafy č.43 – č.50 zohledňují vliv velikosti vzduchové mezery (0,2, 4mm) a vlhkosti obsažené ve vzorcích na relativní a absolutní propustnost pro vodní páry. Tkaniny mají plošnou hmotnost v intervalu od 370 do 475g/m². Naměřené hodnoty a regrese pro relativní a absolutní paropropustnost u vzduchové mezery 0 a 2mm se protínají. To je způsobeno tím, že pokud je textilie dostatečně hustá a má dostatečnou plošnou hmotnost, pak je odpor vzduchové mezery vyšší než odpor samotné textilie, a tím je odpor patrný. U absolutní paropropustnosti není vliv mezní vrstvy.



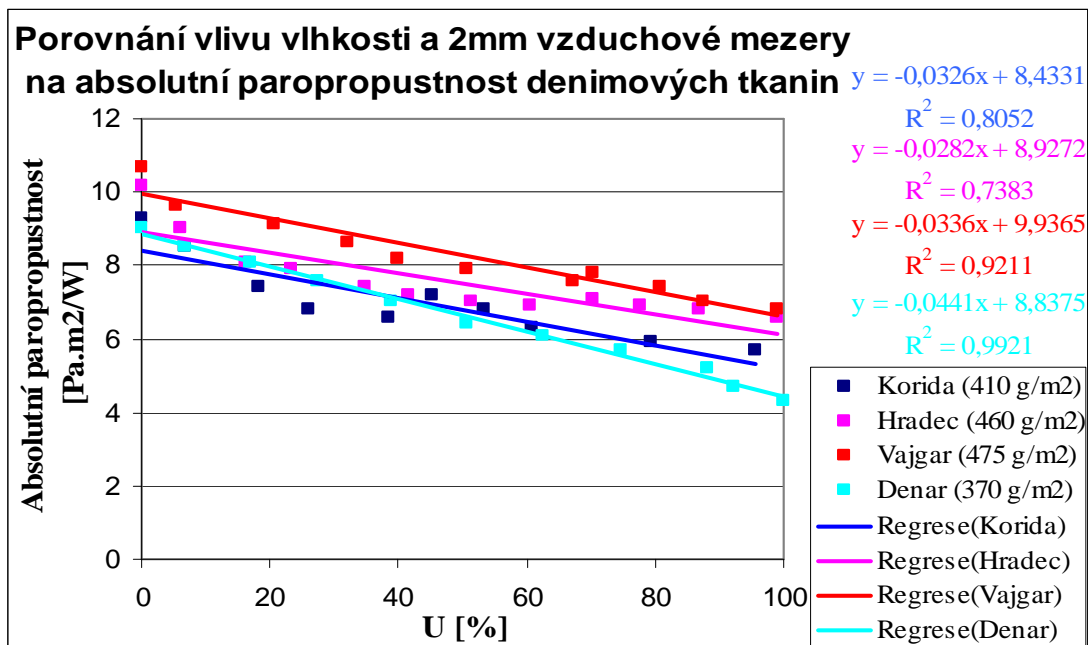
Graf č.51 Porovnání vlivu vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba



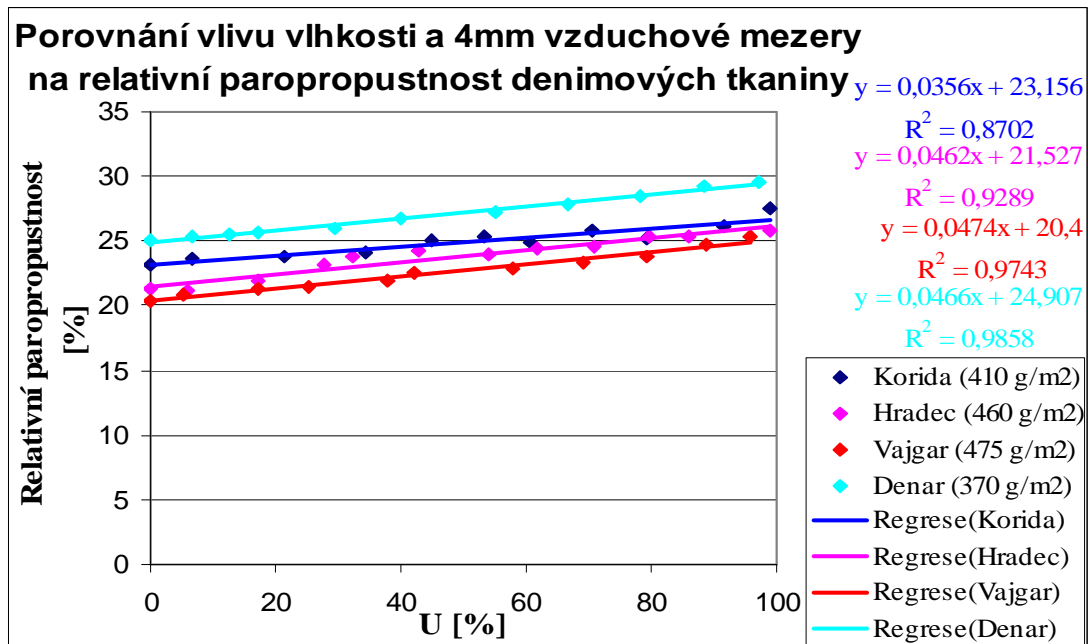
Graf č.52 Porovnání vlivu vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba



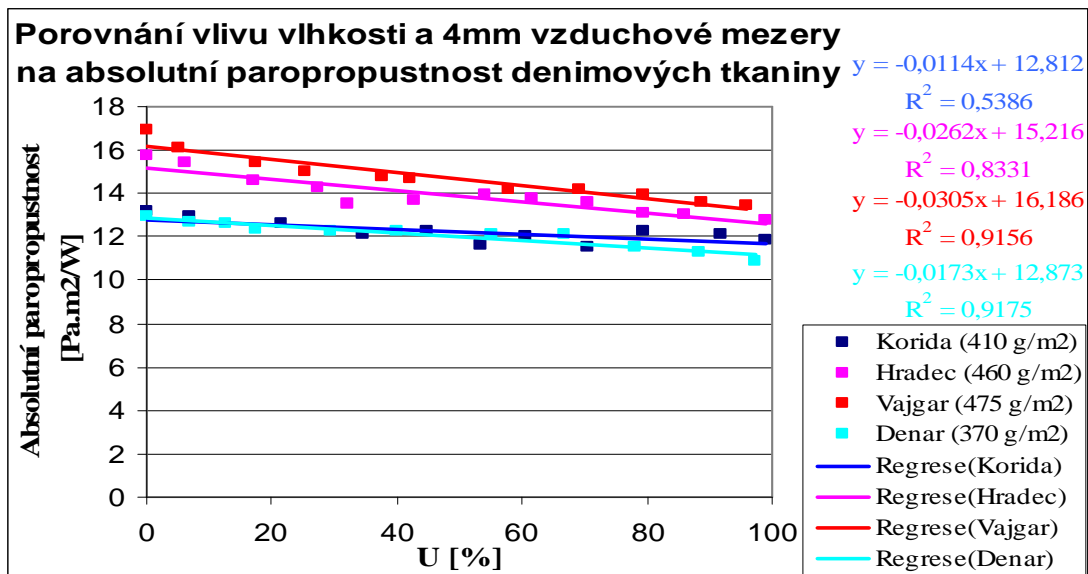
Graf č.53 Porovnání vlivu vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba



Graf č.54 Porovnání vlivu vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

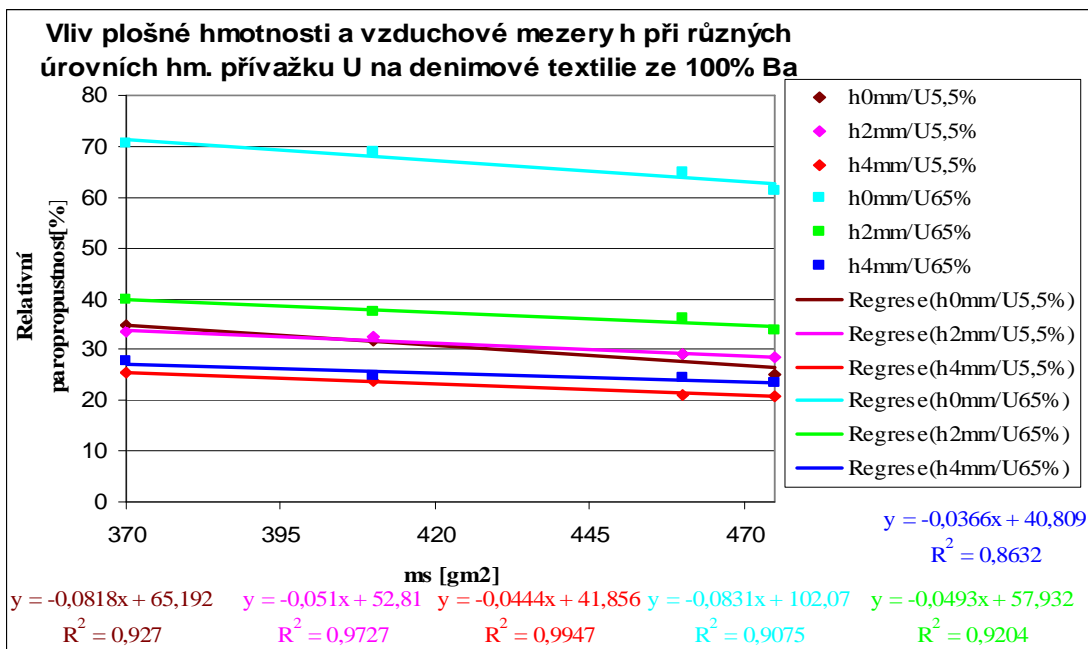


Graf č.55 Porovnání vlivu vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba



Graf č.56 Porovnání vlivu vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

Grafy č.51 – č.56 porovnávají absolutní a relativní propustnost pro vodní páry s měnícím se hmotnostním přívažkem vlhkosti obsažené v textilií a se vzduchovou mezerou o velikostech 0, 2 a 4mm.



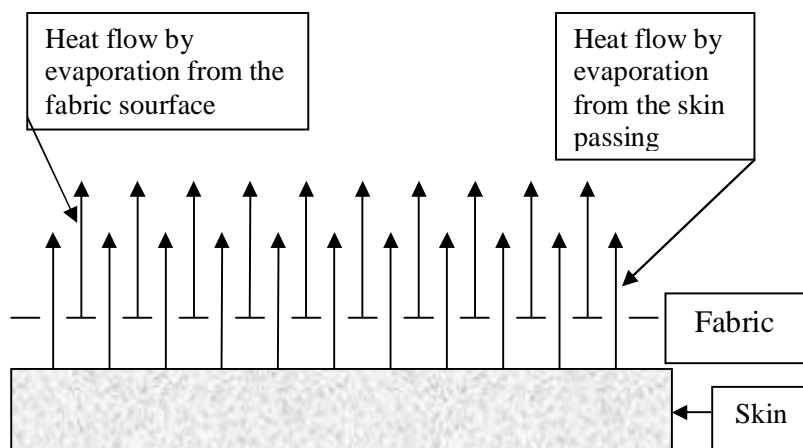
Graf č.57 Závislost relativní paropropustnosti na plošné hmotnosti a vzduchové mezeře při různých podílech hmotnostního přívažku u denimových materiálů ze 100% Ba

Graf č. 57 ukazuje závislost paropropustnosti na plošné hmotnosti a vzduchové mezeře (0, 2 a 4mm) při dvou různých vlhkostech textilií (5,5 a 65%). Měřené vzorky byly vyrobeny z přízí ze 100% Ba a jejich plošná hmotnost je v intervalu od 370 do 475 g/m².

Pokud se porovnají hodnoty regresních přímek u vzduchové mezery 0mm a podílech procentuálního zavlhčení textilií, rozdíl v naměřených hodnotách je patrný při totožném sklonu regresních přímek. U stoupající velikosti vzduchové mezery klesá rozdíl naměřených hodnot, a tím se k sobě přibližují regresní přímky relativní i absolutní paropropustnosti při stejné velikosti vzduchové mezery, ale jiném procentu hmotnostního přívažku.

Z grafu vyplývá, že při velikosti vzduchové mezery 4mm jsou jen nepatrné rozdíly při přírůstku zavlhčení textilie a také rozdíl plošných hmotností se stává zanedbatelným.

6.4 Matematický model pro výpočet q_{tot} u zavlhčené textilie



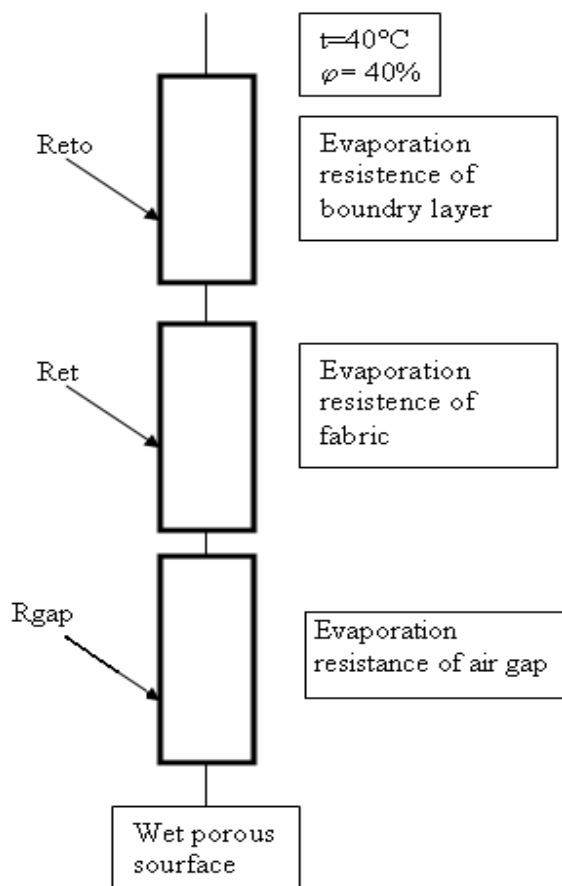
Obr. č.18 Schéma odparu z pokožky přes textilii

Celkový tepelný tok:

$$q_{tot} = q_{skin} + q_{fab} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (14)$$

Tepelný tok kůže:

$$q_{skin} = \frac{P_{sat} - P_{air}}{R_{gap} + R_{et} + R_{eto}} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (15)$$



Tepelný tok textilie

$$q_{\text{fab}} = \frac{(p_{\text{sat}} - p_{\text{air}})}{R_{\text{eto}}} + k \cdot U \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (16)$$

Výparný odpor vzduchové mezery:

$$R_{\text{gap}} = \frac{h}{D_p} \text{ [Pa.m}^2\text{/W]} \quad (17)$$

Výparný odpor mezní vrstvy:

$$R_{\text{eto}} = \frac{1}{\beta} \text{ [Pa.m}^2\text{/W]} \quad (18)$$

Difúzní součinitel pro vodní páry –
vztaženo na tlak:

$$D_p = D_c \cdot M_w / RT \text{ [kg/m.s.Pa]} \quad (19)$$

kde:

D_c – difúzní koeficient vztaženo na koncentraci [mol/m².s]

M_w – molární koncentrace vodní páry [mol/l]

R – obecná plynová konstanta [m .K⁻¹]

T – absolutní teplota vodní páry [K]

Obr. č.19 Schéma výparných odporů zapojených do série

Po dosazení dostaneme rovnici celkového tepelného toku:

$$q_{\text{tot}} = (p_{\text{sat}} - p_{\text{air}}) \cdot \left[\frac{1}{R_{\text{gap}} + R_{\text{et}} + R_{\text{eto}}} + \frac{kU}{R_{\text{eto}}} \right] = (p_{\text{sat}} - p_{\text{air}}) \cdot \left[\frac{1}{\frac{h}{D_p} + R_{\text{et}} + \frac{1}{\beta}} + \frac{kU}{\frac{1}{\beta}} \right] \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (20)$$

kde:

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

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

R_{gap} – výparný odpor vzduchové mezery [Pa.m²/W]

R_{et} – výparný odpor textilie [Pa.m²/W]

R_{eto} – výparný odpor mezní vrstvy [Pa.m²/W]

k – konstanta

U – hmotnostní přívažek vlhkosti v textilií [%]

h – výška vzduchové mezery [mm]

β – součinitel přenosu hmoty prouděním $\rightarrow \beta \approx \sqrt{v}$ [kg/m².s.Pa]

7 Závěr

Tato diplomová práce studovala ochlazování nositele oděvu odparem z vnější vrstvy textilie. V práci bylo zohledněno to, že textilie nepřiléhá na pokožku uživatele v celé svojí šíři, ale vlivem anatomie lidského těla a při jejím nošení se vytvářejí mezi kůží a textilií vzduchové mezery, které ovlivňují její funkci. Tento vliv vzduchové mezery na chladicí účinnost ještě nebyl zkoumán nebo publikován, neboť nebyla nalezena v dostupných zdrojích žádná zmínka o tomto problému.

Použité materiály jsou vyrobeny z přízí ze 100% bavlny, nebo kombinací bavlny a polyesteru v poměru 65%Ba/35%PES a 50%Ba/50%PES. Textilie byly utkány v keprové vazbě s rozdílnými plošnými hmotnostmi v intervalu od 170 do 475g/m².

Všechny hodnocené textilie vykazovaly, že s rostoucím podílem vlhkosti stoupá relativní paropropustnost a naopak klesá ta absolutní. Posun těchto dvou ukazatelů po osách grafů prezentovaných v experimentální části práce ve velké míře závisí na plošné hmotnosti, materiálovém složení a dostavě oděvních materiálů.

Vliv vzduchové mezery na zkoumané vzorky tkanin je při ochlazování nositele velmi výrazný. Nejvyšší chladicí účinek má suchá kůže, pokud se z ní vše okamžitě odpaří, pak je relativní paropropustnost skoro 100% a výparný odpor se blíží nule. Pokud do série zapojíme textilií a vzduchovou mezeru, pak se výrazně zvýší výparný odpor a sníží se relativní propustnost pro vodní páry. Tento jev je zobrazen na grafu č.17, kde při stoupající velikosti vzduchové mezery klesá relativní paropropustnost a stoupá absolutní propustnost pro vodní páry a při velikosti mezery 4mm je zanedbatelný vliv vlhkosti obsažený v testovaném vzorku, protože při velké vzduchové mezeře dochází ke ztrátě zpětného účinku.

Rozdíl plošných hmotností textilií na ochlazování pokožky se projevuje zejména při 0mm velikosti vzduchové mezery, protože textilie přímo naléhá na pokožku a přestup tepla

je největší. Textilie s nižší plošnou hmotností má vyšší propustnost pro vodní páry a menší výparný odpor, a proto odvod vlhkosti z pokožky je rychlejší než u textilie s vyšší plošnou hmotností. Pokud do systému přidáme vzduchovou mezeru, tak se zvyšuje výparný odpor a chladící účinky se zmenšují.

Materiálové složení textilií je důležitý parametr při jejich výrobě a ovlivňuje charakteristiku výrobku. Při malém hmotnostním přívažku vlhkosti (5%) v textilií je zřetelný vliv materiálového složení. U stoupajícího podílu polyesteru ve struktuře tkaniny, stoupaly i naměřené hodnoty propustnosti pro vodní páry a klesal výparný odpor. Naproti tomu při vysokém zavlhčení textilie (přes 60% hmotnostního přívažku vlhkosti) se vytvoří na textilií kontinuální vodní film a rozdíly v materiálovém složení se stávají zanedbatelnými. Stejně je to i se vzduchovou mezerou mezi pokožkou a textilií.

Je patrné, že v místech se vzduchovými mezerami je účinnost ochlazování malá a chladící účinek textilie se téměř nepromítne do ochlazení těla. Tento poznatek může přinést nový pohled nejen na konstrukci a vývoj pracovních textilií.

SEZNAM LITERATURY

1. Růžičková, D.: Oděvní materiály. Skriptum, Technická univerzita v Liberci, 2003
2. Hes, L, Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum, Technická univerzita Liberec, 2005
3. Doležal, I.: Příspěvek k automatizaci tepelných měření. Habilitační práce, Technická univerzita v Liberci, 1999
4. Staněk, J., Kubíčková, M.: Oděvní materiály. Skriptum, VŠST Liberec, 1986
5. Blažej, A., Šutá, Š.: Vlastnosti textilních vláken. Bratislava: Alfa, 1982
6. Pešoutová, J.: Vliv materiálu, hustoty a vlhkosti tepelně-izolačního výplňkového rouna na tepelné vlastnosti. Diplomová práce, TU Liberec, 1988
7. Militký, Vaníček: Vlastnosti vláken. Literatura k přednáškám, TU Liberec, 2002
8. Havelka, A.: Literatura k přednáškám
9. Rebenfeld, L., Miller, B., Werner, J., A.: Dynamická charakteristika pohlcování vlhkosti textilními materiály. Textile Research Journal, 1985
10. Čekon, J.: Vliv vlhkosti na propustnost tkanin pro pracovní oděvy. Diplomová práce, Technická Univerzita Liberec, 2006
11. Ren, Y., J., Ruckman, J., E.: Condensation in three-layer waterproof breathable fabric for clothing, International journal of Clothing Science and Technology, Vol. 16, 2004
12. Bird, R., B., Steward W., E., Lightfoot, E., N.: Transport phenomena. Willey and Sons, N.Y. 1960
13. Hes, L., Doležal, I.: A New Portable Computer-Controlled Skin Model for Fast Determination of Water Vapour and Thermal Resistance of Fabrics. Asian Textile Conference (ATC 7), New Delhi 2003

Seznam příloh

Příloha 1 - tabulky naměřených hodnot pro jednotlivé materiály

Příloha 2 - vzorky tkanin všech materiálů

Seznam obrázků, grafů a tabulek

- Obr. č.1 Přestup tepla prouděním
- Obr. č.2 Přenos tepla kondukcí
- Obr. č.3 přenos tepla odpařením
- Obr. č.4 Nepromokavost
- Obr. č.5 Nasákavost
- Obr. č.6 Protlak vody
- Obr. č.7 Odvod vlhkosti z povrchu organismu
- Obr. č.8 Kapilární odvod potu
- Obr. č.9 Difúzní odvod potu
- Obr. č.10 Průběh absorpce a desorpce
- Obr. č.11 Navlhání v čase
- Obr. č.12 Hysterézní smyčka
- Obr. č.13 Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodem vody
- Obr. č.14 Model pokožky pro měření regulačního účinku z parné fáze
- Obr. č.15 Farnworthův difúzimetr
- Obr. č.16 Gravimetrické metody měření propustnosti textilií pro vodní páry
- Obr. č.17 Schéma přístroje Permetest
- Obr. č.18 Schéma odparu z pokožky přes textiliu
- Obr. č.19 Schéma výparných odporů zapojených do série

- Graf č.1 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Simona
- Graf č. 2 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Simona
- Graf č. 3 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Solex
- Graf č.4 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Solex
- Graf č.5 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Darling
- Graf č.6 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Darling
- Graf č.7 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Vend
- Graf č.8 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Vend
- Graf č.9 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost u textilie Frank
- Graf č.10 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost u textilie Frank
- Graf č.11 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost 100% Ba tkanin
- Graf č.12 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost 100% Ba tkanin
- Graf č.13 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost 100% Ba tkanin
- Graf č.14 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost 100% Ba tkanin
- Graf č.15 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost 100% Ba tkanin
- Graf č.16 Porovnání vlivu hmotnostního přívažku vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost 100% Ba tkanin
- Graf č.17 Vliv vzduchové mezery na propustnost vodních par u textilie Frank

Graf č.18 Porovnává vliv plošné hmotnosti na relativní paropropustnost při různých úrovních vlhkosti a vzduchové mezery

Graf č.19 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Pernet

Graf č.20 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Pernet

Graf č.21 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Fany

Graf č.22 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Fany

Graf č.23 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Fanty

Graf č.24 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Fanty

Graf č.25 Porovnání vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES

Graf č.26 Porovnání vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES

Graf č.27 Porovnání vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES

Graf č.28 Porovnání vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES

Graf č.29 Porovnání vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES

Graf č.30 Porovnání vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směsových tkanin 65%Ba/35% PES

Graf č.31 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Olga

Graf č.32 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Olga

Graf č.33 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Galla

Graf č.34 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Galla

Graf č.35 Porovnání vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 50%Ba/50% PES

Graf č.36 Porovnání vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směsových tkanin 50%Ba/50% PES

Graf č.37 Porovnání vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 50%Ba/50% PES

Graf č.38 Porovnání vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směsových tkanin 50%Ba/50% PES

Graf č.39 Porovnání vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost směsových tkanin 50%Ba/50% PES

Graf č.40 Porovnání vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost směsových tkanin 50%Ba/50% PES

Graf č.41 Vliv podílu PES a vzduchové mezery na relativní paropropustnost

Graf č.42 Vliv podílu PES a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost

Graf č. 43 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Denar

Graf č.44 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Denar

Graf č.45 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Korida

Graf č.46 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Korida

Graf č.47 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Hradec

Graf č.48 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Hradec

Graf č.49 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na relativní paropropustnost textilie Vajgar

Graf č. 50 Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na absolutní paropropustnost textilie Vajgar

Graf č.51 Porovnání vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

Graf č.52 Porovnání vlhkosti a 0mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

Graf č.53 Porovnání vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

Graf č.54 Porovnání vlhkosti a 2mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

Graf č.55 Porovnání vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na relativní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

Graf č.56 Porovnání vlhkosti a 4mm vzduchové mezery na absolutní paropropustnost denimových tkanin ze 100% Ba

Graf č.57 Závislost relativní paropropustnosti na plošné hmotnosti a vzduchové mezeře při různých podílech hmotnostního přivažku u denimových materiálů ze 100% Ba

Tab. č.1 Vliv vlhkosti na jednotlivé typy vláken

Tab. č.2 Použité materiály

Příloha 1 – naměřené hodnoty

Simona

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	36,6	6,5
5,5	39,7	6,0
16,1	43,9	5,2
27,8	51,9	4,7
40,7	59,2	3,7
50,0	68,3	2,5
68,5	67,6	2,6
70,9	71,3	2,4
82,1	70,6	1,7
98,2	75,3	1,3

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	32,2	7,6
5,5	33,2	7,1
25,0	34,0	6,8
40,0	35,3	6,2
50,0	36,5	6,4
56,4	37,9	6,4
68,5	38,9	6,0
70,9	38,7	5,9
81,8	39,8	5,6
98,2	40,9	5,0

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	22,3	10,8
5,5	23,2	10,5
16,1	24,3	10,3
25,0	25,3	10,0
40,0	24,6	10,1
50,0	24,6	10,2
56,4	24,8	9,1
68,5	24,7	9,3
82,1	25,7	8,8
98,2	26,2	8,5

Suchý vzorek Simona

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	36,6	32,2	22,3
	38,9	34,6	22,1
	36,1	33,6	21,4
Průměr	37,2	33,5	21,9
Směrodatná odchylka	1,5	1,2	0,5
Variační koeficient	4,0	3,6	2,2
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	6,5	7,6	10,8
	6,5	7,2	10,1
	5,8	7,2	10,6
Průměr	6,3	7,3	10,5
Směrodatná odchylka	0,4	0,2	0,4
Variační koeficient	6,4	3,1	3,4

Teplota v laboratoři: 22,8°C Vlhkost v laboratoři: 28%

Solex

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	36,3	6,7
4,8	39,2	6,2
16,7	44,1	5,9
29,6	48,3	5,5
34,6	55,6	4,7
46,3	53,3	4,5
51,9	65,8	3,8
69,2	68,7	3,6
75,9	67,5	2,7
80,8	67,4	1,7
90,7	70,0	1,9
98,1	70,1	1,5

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	31,3	7,9
4,8	31,7	7,7
16,7	32,6	7,3
21,2	33,8	6,8
29,6	34,6	6,4
34,6	35,7	6,6
46,3	36,7	6,1
53,8	37,9	5,9
69,2	37,7	5,8
80,8	37,3	5,9
90,7	38,4	5,9
98,1	39,9	5,5

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	24,9	11,2
4,8	24,7	11,1
21,2	24,9	10,8
29,6	25,3	10,4
34,6	25,2	10,9
46,3	25,7	10,2
53,8	25,7	9,9
63,0	25,7	9,6
75,9	26,5	9,2
80,8	26,2	9,5
90,7	26,0	9,0
96,2	28,2	8,9

Suchý vzorek Solex

Vtduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	36,3	31,3	24,9
	35,1	33,1	27,5
	31,3	29,0	27,9
Průměr	34,2	31,1	26,8
Směrodatná odchylka	2,6	2,1	1,6
Variační koeficient	7,6	6,6	6,1
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	6,7	7,9	11,2
	6,7	7,6	11,4
	7,1	8,8	10,8
Průměr	6,8	8,1	11,1
Směrodatná odchylka	0,2	0,6	0,3
Variační koeficient	3,4	7,7	2,7

Teplota v laboratoři: 21,9°C Vlhkost v laboratoři: 27,3%

Darling

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	36,9	7,2
5,1	38,0	6,8
14,3	43,9	6,1
25,0	47,8	4,6
32,2	51,3	4,0
43,1	59,7	3,5
51,8	63,2	2,8
62,7	62,2	2,4
70,7	68,4	2,1
84,5	71,4	1,9
98,3	73,6	1,7

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	30,3	8,2
5,1	31,9	8,0
14,3	32,3	7,7
20,7	32,7	7,2
25,0	33,2	6,8
39,3	33,9	6,6
55,2	34,4	6,5
69,6	35,2	6,4
76,3	36,1	6,1
84,5	37,8	6,1
98,3	38,4	5,8

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	24,6	11,2
5,1	25,0	10,9
14,3	25,4	10,7
25,0	26,2	10,2
43,1	26,7	9,8
51,8	26,4	9,3
62,7	26,6	9,0
69,6	26,7	8,9
76,3	27,4	8,8
82,1	27,7	8,5
89,8	28,8	8,4
98,3	29,1	8,1

Suchý vzorek Darling

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	36,9	30,3	24,6
	38,1	31,3	25,3
	38,3	32,9	28,3
Průměr	37,8	31,5	26,1
Směrodatná odchylka	0,8	1,3	2,0
Variační koeficient	2,0	4,2	7,5
Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]	7,2	8,2	11,2
	6,2	7,9	11,6
	6,9	8,7	10,1
Průměr	6,8	8,3	11,0
Směrodatná odchylka	0,5	0,4	0,8
Variační koeficient	7,6	4,9	7,1

Teplota v laboratoři: 23,5°C Vlhkost v laboratoři: 28,2%

Vend

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	30,0	8,1
6,0	33,7	7,4
25,0	39,4	6,8
34,4	42,2	5,5
48,4	47,3	4,5
59,4	50,3	3,6
67,2	53,9	3,3
73,0	58,7	2,4
84,1	62,0	2,3
95,3	68,3	1,9

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	29,6	8,7
6,0	30,8	8,3
28,1	31,4	7,9
34,9	32,8	7,7
40,6	33,5	7,4
48,4	34,3	7,6
59,4	34,7	6,9
67,2	35,3	6,5
73,0	35,5	6,3
84,1	36,9	6,3
95,3	37,4	6,1

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	25,1	11,1
6,0	25,6	10,2
23,8	26,7	9,4
28,1	26,5	9,8
34,9	27,4	9,0
48,4	27,8	8,9
54,7	28,1	9,0
67,2	27,4	9,5
71,9	27,7	9,1
84,1	27,9	8,7
95,3	31,2	7,9

Suchý vzorek Vend

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	30,0	29,6	25,1
	30,9	32,6	27,6
	33,9	31,5	24,2
Průměr	31,6	31,2	25,6
Směrodatná odchylka	2,0	1,5	1,8
Variační koeficient	6,5	4,9	6,9
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	8,1	8,7	11,1
	7,1	8,2	10,9
	7,3	7,7	11,3
Průměr	7,5	8,2	11,1
Směrodatná odchylka	0,5	0,5	0,2
Variační koeficient	7,1	6,1	1,8

Teplota v laboratoři: 22,8°C Vlhkost v laboratoři: 28%

Frank

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přívazek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	29,2	9,6
5,3	31,9	9,2
17,3	38,3	8,8
35,5	43,1	7,1
48,7	45,7	6,7
59,2	47,0	5,7
65,8	49,7	4,5
71,1	51,0	3,4
79,5	57,5	2,4
90,8	62,7	1,7
100,0	65,7	2,1

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přívazek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	27,4	9,1
5,3	28,6	8,5
21,1	29,5	8,1
33,3	30,6	7,7
49,3	31,9	7,2
59,2	32,9	7,8
65,8	33,5	7,4
71,1	34,3	7,2
78,7	34,6	6,9
90,8	35,9	6,6
100,0	36,5	6,3

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přívazek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	20,7	13,8
5,3	21,9	13,2
17,3	21,3	12,5
27,4	22,6	12,2
33,3	22,8	11,1
46,7	23,4	11,0
59,2	24,9	10,4
71,1	25,5	10,7
80,3	26,7	10,3
90,8	26,5	9,8
100,0	27,5	9,4

Suchý vzorek Frank

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	29,2	27,4	20,7
	27,2	28,8	22,9
	30,7	29,5	23,9
Průměr	29,0	28,6	22,5
Směrodatná odchylka	1,8	1,1	1,6
Variační koeficient	6,0	3,7	7,3
Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]	9,6	9,1	13,8
	8,9	8,6	12,9
	9,7	8,4	12,5
Průměr	9,4	8,7	13,1
Směrodatná odchylka	0,4	0,4	0,7
Variační koeficient	4,6	4,1	5,1

Teplota v laboratoři: 22,6°C Vlhkost v laboratoři: 28,7%

Pernet

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	45,5	4,3
3,7	52,0	3,7
27,8	57,1	3,4
34,0	59,7	2,7
45,3	64,9	2,3
54,7	69,1	1,9
66,0	66,3	1,6
70,4	68,9	1,5
79,2	70,3	2,1
84,9	72,6	1,7
94,3	74,9	1,2
100,0	76,7	1,1

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	32,3	7,4
3,7	34,0	6,4
27,8	35,4	5,9
34,0	36,6	5,7
45,3	37,8	5,6
54,7	36,8	5,6
69,8	38,8	5,1
79,2	40,7	5,4
84,9	41,8	5,1
94,3	44,6	4,7
100,0	45,1	4,3

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	22,3	12,0
3,7	22,9	11,2
26,4	23,6	10,8
37,7	24,3	10,3
45,3	25,5	10,0
50,0	25,9	9,4
54,7	26,0	9,6
69,8	26,9	9,8
79,2	27,2	9,6
85,2	27,3	9,8
94,3	27,7	9,2
100,0	28,1	8,9

Suchý vzorek Pernet

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	45,5	32,3	22,3
	46,8	31,6	24,5
	46,9	32,9	21,9
Průměr	46,4	32,3	22,9
Směrodatná odchylka	0,8	0,7	1,4
Variační koeficient	1,7	2,0	6,1
Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]	4,3	7,4	12,0
	5,0	7,6	11,3
	4,3	6,5	11,2
Průměr	4,5	7,2	11,5
Směrodatná odchylka	0,4	0,6	0,4
Variační koeficient	8,9	8,2	3,8

Teplota v laboratoři: 22,2°C Vlhkost v laboratoři: 27%

Fany

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	34,9	6,5
4,5	37,1	6,1
10,6	40,4	5,2
23,1	48,6	4,0
32,3	53,7	3,6
44,6	58,4	3,8
58,5	64,4	2,9
69,7	64,4	2,6
84,6	69,1	2,2
97,0	72,0	1,3

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	25,4	9,8
4,5	26,8	9,0
18,2	29,7	8,4
32,3	31,0	7,6
44,6	32,3	6,5
58,5	32,9	6,1
72,3	32,1	6,4
84,6	32,5	6,2
93,8	33,6	6,5
100,0	34,4	6,1

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	19,8	13,9
4,5	20,6	12,7
18,5	21,6	12,1
23,1	21,9	11,5
32,3	23,0	11,9
42,4	23,8	11,4
57,6	24,1	10,1
72,3	25,0	10,4
81,8	24,8	10,6
86,2	25,1	10,2
93,8	26,1	10,1
100,0	26,3	10,0

Suchý vzorek Fany

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	34,9	25,4	19,8
	31,6	29,4	20,9
	32,1	26,9	21,4
Průměr	32,9	27,2	20,7
Směrodatná odchylka	1,8	2,0	0,8
Variační koeficient	5,4	7,4	4,0
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	6,5	9,8	13,9
	6,9	8,4	14,0
	7,3	9,7	12,3
Průměr	6,9	9,3	13,4
Směrodatná odchylka	0,4	0,8	1,0
Variační koeficient	5,8	8,4	7,1

Teplota v laboratoři: 21,8°C Vlhkost v laboratoři: 27,9%

Fanty

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	35,3	6,2
3,0	38,0	5,9
11,8	41,4	5,6
19,1	47,0	5,3
20,9	49,3	4,8
29,4	56,3	4,1
41,2	61,3	2,9
54,4	65,1	2,7
69,1	67,9	2,5
74,6	68,5	1,9
88,1	69,4	1,4
95,6	72,4	1,2

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	25,6	9,7
3,0	26,1	9,1
19,1	27,4	8,3
29,4	28,9	7,7
43,3	29,7	7,3
53,7	29,4	6,6
64,2	30,3	6,4
74,6	31,7	6,7
88,1	32,7	6,1
95,6	33,9	6,0

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	20,3	13,8
3,0	20,6	13,5
11,8	21,3	12,7
20,9	21,5	12,1
29,4	22,8	11,8
39,7	23,0	11,4
53,7	23,2	11,2
54,4	24,6	10,5
64,2	25,0	10,6
74,6	24,7	10,3
88,1	25,2	10,0
95,6	26,1	9,8

Suchý vzorek Fanty

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	35,3	25,6	20,3
	31,1	27,4	21,7
	33,0	29,3	20,9
Průměr	33,1	27,4	21,0
Směrodatná odchylka	2,1	1,9	0,7
Variační koeficient	6,3	6,7	3,3
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	6,2	9,7	13,8
	7,5	8,9	13,7
	6,9	8,1	12,7
Průměr	6,9	8,9	13,4
Směrodatná odchylka	0,7	0,8	0,6
Variační koeficient	9,5	9,0	4,5

Teplota v laboratoři: 22,8°C Vlhkost v laboratoři: 28%

Olga

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	42,0	4,5
5,0	49,4	4,2
15,0	57,1	3,6
28,2	60,4	3,8
35,0	66,5	3,7
50,0	67,8	2,3
61,5	69,8	2,5
64,1	72,0	2,2
70,0	70,4	1,3
82,1	73,5	1,1
97,5	75,3	1,1

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	31,8	7,3
5,0	32,3	7,1
12,8	32,4	6,8
15,0	33,6	6,7
28,2	33,9	6,8
35,0	34,9	6,8
43,6	35,0	6,5
50,0	35,8	5,5
61,5	35,4	5,4
70,0	36,6	5,6
82,1	36,4	5,5
97,5	37,2	4,9

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	25,3	10,5
5,0	25,5	10,2
12,8	25,9	9,7
15,4	25,9	10,2
28,2	26,2	9,8
35,0	26,8	9,5
43,6	26,5	9,1
50,0	26,0	9,3
64,1	26,6	9,0
70,0	27,0	9,4
82,1	27,4	9,1
97,5	27,8	8,9

Suchý vzorek Olga

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	42,0	31,8	25,3
	43,1	34,5	24,8
	43,6	32,9	24,3
Průměr	42,9	33,1	24,8
Směrodatná odchylka	0,8	1,4	0,5
Variační koeficient	1,9	4,1	2,0
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	4,5	7,3	10,5
	4,6	6,3	10,6
	4,7	6,8	11,9
Průměr	4,6	6,8	11,0
Směrodatná odchylka	0,1	0,5	0,8
Variační koeficient	2,2	7,4	7,1

Teplota v laboratoři: 22,7°C Vlhkost v laboratoři: 28,3%

Galla

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	45,0	4,0
4,9	50,8	3,7
17,1	58,7	3,1
31,7	65,6	2,6
43,9	66,8	2,4
50,0	69,0	1,9
61,0	69,4	1,6
67,5	73,7	1,4
78,0	73,3	1,2
85,0	76,1	1,3
97,6	79,4	1,0

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	32,3	6,9
4,9	33,3	6,2
19,5	34,5	5,8
31,7	35,7	5,7
35,0	36,4	5,6
43,9	37,7	5,7
50,0	38,6	5,9
63,4	39,4	5,1
67,5	40,5	4,8
78,0	41,7	4,6
85,0	42,2	4,7
95,1	42,7	4,5

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	26,2	10,0
4,9	26,5	9,7
19,5	27,2	9,4
31,7	26,9	9,2
34,1	27,0	9,2
46,3	27,7	8,8
50,0	27,2	9,6
67,5	27,4	8,7
78,0	28,5	8,6
85,0	28,6	8,5
97,5	29,1	8,1

Suchý vzorek Galla

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	45,0	32,3	26,2
	44,6	35,4	26,9
	47,6	33,7	29,1
Průměr	45,7	33,8	27,4
Směrodatná odchylka	1,6	1,6	1,5
Variační koeficient	3,6	4,6	5,5
Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]	4,0	6,9	10,0
	4,6	7,3	10,3
	4,5	6,5	9,8
Průměr	4,4	6,9	10,0
Směrodatná odchylka	0,3	0,4	0,3
Variační koeficient	7,4	5,8	2,5

Teplota v laboratoři: 23,2°C Vlhkost v laboratoři: 28,6%

Denar

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	32,8	8,5
6,7	34,7	8,0
12,8	43,4	7,4
23,1	47,8	6,2
33,3	53,9	5,3
46,2	64,2	4,0
53,2	63,6	3,7
62,3	70,6	2,7
75,3	70,9	2,5
86,7	74,6	2,2
92,3	77,4	1,9
100,0	79,0	1,1

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	32,8	9,0
6,7	33,6	8,5
16,9	34,5	8,1
27,3	36,1	7,6
39,0	37,2	7,0
50,7	38,5	6,4
62,7	39,7	6,1
74,7	41,9	5,7
88,3	43,4	5,2
92,3	44,1	4,7
100,0	45,2	4,3

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	25,1	12,9
6,7	25,4	12,7
12,8	25,5	12,6
17,3	25,7	12,4
29,3	26,0	12,3
40,0	26,8	12,3
55,1	27,2	12,1
66,7	27,8	12,1
78,2	28,5	11,5
88,3	29,3	11,3
97,3	29,6	10,9

Suchý vzorek Denar

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	32,8	32,8	25,1
	30,9	31,9	26,0
	30,9	32,9	26,8
Průměr	31,5	32,5	26,0
Směrodatná odchylka	1,1	0,6	0,9
Variační koeficient	3,5	1,7	3,3
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	8,5	9,0	12,9
	9,1	8,6	11,3
	9,1	8,4	11,7
Průměr	8,9	8,7	12,0
Směrodatná odchylka	0,3	0,3	0,8
Variační koeficient	3,9	3,5	7,0

Teplota v laboratoři: 22,5°C Vlhkost v laboratoři: 28%

Korida

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	28,0	10,8
6,8	31,7	8,7
21,4	44,7	7,9
38,6	51,3	6,6
53,4	58,5	5,8
62,5	68,9	4,2
69,0	67,0	3,0
79,3	74,3	2,4
90,8	73,4	1,6
98,9	74,8	1,3

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	30,5	9,3
6,8	32,5	8,5
18,2	33,9	7,4
26,1	35,0	6,8
38,6	35,5	6,6
45,2	35,1	7,2
53,4	36,8	6,8
60,7	37,5	6,3
79,3	39,3	5,9
95,6	42,3	5,7

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0	23,2	13,2
6,8	23,7	12,9
21,4	23,8	12,6
34,5	24,1	12,1
44,8	25	12,3
53,4	25,3	11,6
60,7	24,9	12
70,5	25,8	11,5
79,3	25,2	12,3
91,7	26,1	12,1
98,9	27,6	11,9

Suchý vzorek Korida

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	28,0	30,5	23,2
	26,6	29,9	24,8
	27,2	30,5	23,6
Průměr	27,3	30,3	23,9
Směrodatná odchylka	0,7	0,3	0,8
Variační koeficient	2,6	1,1	3,5
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	10,8	9,3	13,2
	11,5	9,5	12,6
	12,6	9,5	13,1
Průměr	11,6	9,4	13,0
Směrodatná odchylka	0,9	0,1	0,3
Variační koeficient	7,8	1,2	2,5

Teplota v laboratoři: 23°C Vlhkost v laboratoři: 27%

Hradec

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	24,5	13,3
6,1	29,0	11,7
16,2	35,2	10,7
25,3	43,9	8,3
33,3	50,6	7,0
42,4	57,4	5,1
53,5	60,0	3,9
60,6	63,2	2,8
68,7	65,1	2,4
77,8	70,3	2,0
86,7	71,1	1,7
99,0	72,5	1,6

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	28,7	10,2
6,1	29,2	9,0
16,2	32,8	8,1
23,2	34,5	7,9
34,7	35,7	7,4
41,4	36,8	7,2
51,5	37,5	7,0
60,6	36,2	6,9
70,4	37,4	7,1
77,8	38,2	6,9
86,9	38,6	6,8
99,0	39,5	6,6

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]
0,0	21,3	15,8
6,1	21,2	15,4
17,2	22,0	14,6
27,6	23,1	14,3
32,3	23,8	13,5
42,9	24,2	13,7
54,1	24,0	13,9
61,6	24,4	13,8
70,7	24,6	13,6
79,6	25,3	13,1
85,9	25,3	13,0
99,0	25,8	12,8

Suchý vzorek Hradec

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	24,5	28,7	21,3
	23,7	30,1	21,0
	21,4	28,7	22,8
Průměr	23,2	29,2	21,7
Směrodatná odchylka	1,6	0,8	1,0
Variační koeficient	6,9	2,8	4,4
Absolutní paropropustnost [Pa.m ² /W]	13,3	10,2	15,8
	13,1	9,9	15,2
	14,3	9,7	14,7
Průměr	13,6	9,9	15,2
Směrodatná odchylka	0,6	0,3	0,6
Variační koeficient	4,7	2,5	3,6

Teplota v laboratoři: 22,5°C Vlhkost v laboratoři: 27,4%

Vajgar

Vzduchová mezera 0mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	21,1	15,3
5,3	25,1	12,6
13,4	31,5	11,4
23,5	43,7	10,2
32,0	51,5	8,3
46,9	55,0	7,0
54,1	59,7	5,7
67,4	61,2	4,7
76,8	64,0	3,5
86,3	67,6	2,2
99,0	70,1	1,9

Vzduchová mezera 2mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	26,9	10,7
5,3	28,5	9,6
20,6	30,1	9,1
32,0	31,4	8,6
40,0	32,8	8,2
50,5	33,9	7,9
67,4	33,8	7,6
70,4	34,5	7,8
80,6	35,9	7,4
87,6	36,1	7,0
99,0	36,8	6,8

Vzduchová mezera 4mm

Hmotnostní přivažek [%]	Relativní paropropustnost [%]	Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]
0,0	20,4	16,9
5,3	20,9	16,1
17,3	21,3	15,4
25,3	21,5	15,0
37,8	22,0	14,8
42,3	22,6	14,7
57,9	22,9	14,2
69,1	23,4	14,2
79,4	23,8	13,9
88,8	24,8	13,6
95,9	25,4	13,4

Suchý vzorek Vajgar

Vzduchová mezera	0mm	2mm	4mm
Relativní paropropustnost [%]	21,1	26,9	20,4
	22,5	25,3	21,6
	20,6	27,9	20,3
Průměr	21,4	26,7	20,8
Směrodatná odchylka	1,0	1,3	0,7
Variační koeficient	4,6	4,9	3,5
Absolutní paropropustnost [Pa.m2/W]	15,3	10,7	16,9
	14,4	9,7	16,3
	14,9	9,5	15,1
Průměr	14,9	10,0	16,1
Směrodatná odchylka	0,5	0,6	0,9
Variační koeficient	3,0	6,5	5,7

Teplota v laboratoři: 23,8°C Vlhkost v laboratoři: 28%

Příloha 2 - vzorky materiálů

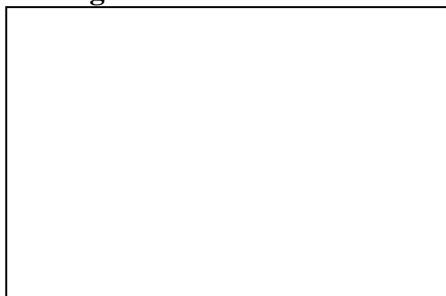
Simona



Solex



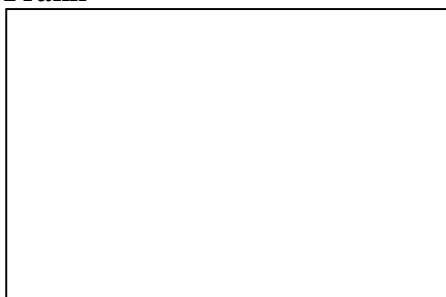
Darling



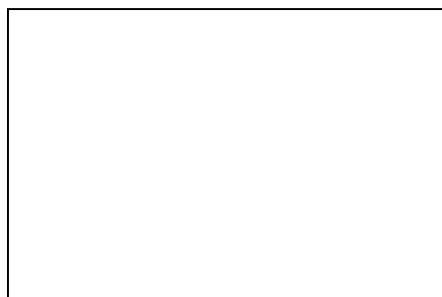
Vend



Frank



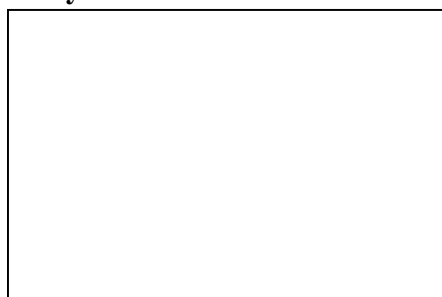
Pernet



Fany



Fanty



Olga



Galla



Denar



Korida



Hradec



Vajgar

