

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2009

Alice Šimonová

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

**Hodnocení vzájemného vztahu mezi vodoodolností
a propustností vodních par u funkčních textilií pro sportovní
oděvy**

**Evaluation of the relation between the waterproof ability
and vapour permeability for sportswear textiles**

Bakalářská práce

KOD/2009/06/2 BS

Počet stran textu: 50

Počet obrázků: 31

Počet tabulek: 6

Počet stránek přílohy: 17

Prohlášení

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

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou 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 bakalářské práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své 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 25. 5. 2009 .

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji Ing. Lee Farské za vstřícnost a odborné vedení při zpracování bakalářské práce.

Rovněž děkuji Ing. Rudolfu Třešňákovi a Ivě Beníškové za poskytnuté rady při provádění měření v laboratoři.

Dále děkuji firmám za poskytnutí vzorků materiálů, které byly nezbytnou součástí pro vypracování experimentální části této práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je změřeni a porovnání vodoodolnosti a propustnosti vodních par u materiálů, které jsou používány pro sportovní oděvy. První část je zaměřena na problematiku propustnosti vodních par a vodoodolnosti oděvních materiálů. Dále je provedena studie jednotlivých metod měření propustnosti vodních par a vodoodolnosti u plošných textilií. V další kapitole je vyhodnocení výsledků experimentu. Závěrem je porovnání a navrnutí optimální kombinace zmíněných vlastností funkčních textilií pro sportovní oděvy.

Klíčová slova: voděodolnost, propustnost vodních par, Bundesmann BP 2, SDL M018, SKIN MODEL PSM-2.

Summary

This bachelor work studies the waterproof ability and vapour permeability for sportswear textiles. It also includes characteristics of vapour permeability and waterproof materials. The methods and all procedures used for the analysis are summarized in the following chapters of this bachelor work. The tables of results with graphs can be found in the last chapter. Optimal combinations and evaluation of material characteristics for sportswear can be found in the summary at the end of this bachelor work.

Key words: waterproof, vapour permeability, Bundesmann BP 2, SDL M018, SKIN MODEL PSM-2.

Obsah

Prohlášení.....	1
Poděkování.....	2
Abstrakt.....	3
Seznam použitých symbolů:	6
Seznam použitých zkratk:	6
1. Úvod	7
2. Literární rešerše	9
2.1 Vztah vodoodpudivosti a propustnosti vodních par.....	9
2.2 Vodoodpudivost, nepromokavost, vodoodolnost.....	9
2.3 Propustnost vodních par (prodyšnost).....	12
2.4 Podmínky zpracování speciálních materiálů.....	15
2.5 Rozdělení speciálních materiálů podle technologie úprav a výroby:.....	16
2.5.1 Skupina 1: hydrofobní úpravy	16
2.5.2 Skupina 2: kompaktní povrstvení	16
2.5.3 Skupina 3: mechanické mikropórování	17
2.5.4 Skupina 4: laminované materiály s membránou.....	17
2.5.5 Skupina 5: mikroporézní povrstvení.....	21
2.6 Nejčastěji používané materiály	21
2.6.1 Gore-Tex	21
2.6.2 Sympatex	23
2.6.3 No Wind@.....	23
3. Studie jednotlivých metod měření.....	25
3.1 Způsoby měření vodoodolnosti.....	25
3.1.1 Stanovení nepromokavosti plošných textilií Bundesmannovou zkouškou deštěm	25
3.1.2 Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody	27

3.2	Způsoby měření propustnosti vodních par.....	29
3.2.1	Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)	29
4.	Vyhodnocení výsledků experimentů	34
4.1	Stanovení nepromokavosti plošných textilií Bundesmannovou zkouškou deštěm	34
4.2	Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody	41
4.3	Odolnost vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení výhřevnou destičkou)	47
5.	Hodnocení vzájemného vztahu mezi voděodolností a propustností vodních pár....	53
6.	Závěr.....	55
7.	Použitá literatura.....	57
8.	Seznam obrázků.....	58
9.	Seznam tabulek.....	60
	PŘÍLOHA	1

Seznam použitých symbolů:

R_{et}	odolnost vůči vodním parám [$m^2.Pa.W^{-1}$]
p_m	nasyčený parciální tlak vodní páry na povrchu měřící jednotky při teplotě T_m [Pa]
p_a	parciální tlak vodní páry ve zkušebním prostoru při teplotě T_a [Pa]
A	plocha měřící jednotky [m^2]
H	výhřevnost dodávaná měřící jednotce [W]
ΔH_e	korekce pro výhřevnost při měření odolnosti vůči vodním parám [-]
R_{et0}	konstanta přístroje pro měření odolnosti vůči vodním parám [$m^2.Pa.W^{-1}$]
β	kalibrační konstanta přístroje [-]
T_m	teplota měřící jednotky [$^{\circ}C$]
T_s	teplota tepelného chrániče [$^{\circ}C$]
W_{H_2O}	přírůstek hmotnosti [%]
m_1	hmotnost zkoušeného vzorku před zkoušením [g]
m_2	hmotnost zkoušeného vzorku po zkoušce (včetně případně částečně smočených okrajů upevněných vzorků) [g]

Seznam použitých zkratk:

PL	polyester
PU	polyuretan
PA	polyamid
EA	elastan

1. Úvod

Moderní systémy oblečení se skládají ze tří základních vrstev: sací, izolační a svrchní, která slouží jako ochrana proti vlivům počasí.

Určení množství vrstev oblečení je individuální. Největší chybou při složení může být použití nevhodného vrstvení či použití například bavlněné tkaniny mezi jinak funkční vrstvy. V takovém případě není pak důsledkem jen to, že se při sportování více zahříváme, čímž mnohonásobně zvýšíme odpařování vody, ale také, že se při rychlejší jízdě více ochlazujeme proudícím vzduchem. Proto se při konečné volbě musí volit oblečení nejen podle venkovní teploty, ale i podle druhu fyzické zátěže a osobních dispozic.

I. Vrstva odvádějící pot

Základem při chladnějším počasí je ve většině případů první vrstva, tedy funkční spodní prádlo. Vzhledem k tomu, že má za hlavní úkol transport vody do dalších vrstev, musí být co nejméně nasákavá. To plní materiály ze syntetických polymerů, jako je např. polypropylen nebo polyester (Coolmax, Double Face atd.). Polypropylen (moira) má nejmenší nasákavost, ale může vyvolat u citlivější pleti reakci.

II. Izolační vrstva

Stěžejní funkcí druhé vrstvy je termoizolace, která může být vyrobena z rozmanitých druhů izolačních vláken a tkanin a samozřejmě dál musí odvádět vodu od těla, nesmí docházet ke kondenzaci potu, pot se transportuje přímo do třetí vrstvy v podobě par. Tloušťka materiálu bývá větší, opět je důležitá nenasákavost. Klasické fleecy byly vylepšeny např. i o elasticitu (Power Stretch, Microfine apod.).

III. Ochranná vrstva proti vlivům počasí

Pro třetí, vnější, vrstvu oblečení se nejlépe hodí membránové materiály (Goretex, Windstopper), nebo tkaniny se zátěrem (potřená různě silnou vrstvou polyuretanu - čím větší vrstva, tím větší nepromokavost, ale horší propustnost a naopak). Tato svrchní vrstva hraje v našem pohodlí klíčovou roli. Nepříjemný pocit a nepohodlí v důsledku mokrého oblečení je způsobeno zvýšenou ztrátou tělesného tepla. Aby se tomu zabránilo a člověk neprochladl, musí svrchní vrstva uchovat izolační

vrstvy suché. Musí být nepromokavá, aby zabránila přístupu vody z vnějšího prostředí, a zároveň musí chránit izolační vrstvy před akumulací vlhkosti z vnitřních zdrojů (pot). Svrchní vrstva musí rovněž poskytovat ochranu proti větru, a zabraňovat tak ztrátě tepla (Windstopper, Wind Hibitor, No Wind).[1]

Bakalářská práce je zaměřena na vnější ochrannou vrstvu a materiály, které se na svrchní ošacení používají.

2. Literární rešerše

2.1 *Vztah vodoodpudivosti a propustnosti vodních par*

Vyhovující nepromokavosti a zároveň prodyšnosti se v současné době docíluje dvojitým způsobem. Za prvé zátěrem, to je nanášením vrstvy PU porézní vrstvy na vlastní látku. Čím větší vrstva zátěru se nanese, tím je látka více nepromokavá, ale také méně prodyšná. Mnohem příznivější je situace při druhém způsobu a tím je použití membrány. Membrány mohou být porézní, např. Goretex nebo neporézní např. Gelanots, ale na rozdíl od zátěru existují samy o sobě a s látkou se spojí takzvanou laminací, a nebo se používají jako volně vložené mezi vnější látku a podšívku. V tom případě se jedná o tzv. liner. Membrány a jejich dvojvrstvé a třívrstvé lamináty jsou schopny daleko lépe splňovat požadavky na nepromokavost a zároveň prodyšnost. Čím je sušší počasí a větší zima, tím lépe membránové oblečení odvádí pot. [1]

2.2 *Vodoodpudivost, nepromokavost, vodoodolnost*

Označení odolnosti proti pronikání deště, vody:

1. Waterrepellent: povrchová úprava impregnací, kalandrováním nebo napuštěním. Při kratším dešti se udělají kapičky, které sklouznou. Při větší zátěži už voda proteče (cca 0,5 m v.s.).
2. Waterresistant: vrstvené materiály, zátěrované (zátěr na bázi polyuretanu, fluorkarbonu, teflonu, akrylu). Materiály jsou vodovzdorné, vydrží tlak vodního sloupce cca 1,1 m.
3. Waterproof: vodotěsné a vysoce nepromokavé materiály, které odolávají tlaku vodního sloupce nad 1,3 m. [2]

Vodoodpudivostí nazýváme schopnost textilií do určité doby odolávat dešti. Vodoodpudivé textilie nenasáknou dešť do své struktury okamžitě, ale naopak tvoří na povrchu izolované kapky, které můžeme např. klepnutím z oděvu snadno odstranit.

Textilie s vodoodpudivou úpravou jsou tedy schopny po určitou dobu ochránit před promoknutím, ne však po delší dobu, ne za silného deště a ne v případě, kdy

z určitých příčin je voda mechanicky vtačována do látky, jako např. při silném větru, při otírání oděvu o různé předměty jako větve stromů, trávu apod. Vodoodpudivosti se docílí různými tepelnými nebo chemickými úpravami tkaniny. Vysoké vodoodpudivosti lze dosáhnout potažením textilie vrstvičkou teflonu a v poslední době takzvanou nanotechnologií.

Doba, po kterou si materiály udrží schopnost odpuzovat vodu, je různá. Záleží na způsobu úpravy. V každém případě se však vodoodpudivost po určité době ztrácí vlivem mechanického působení, působením deště - kyselá dešť situaci zhoršují, znečištěním textilie a i vlastním praním, zvláště při používání nevhodných pracích prostředků. Vodoodpudivost textilií je proto třeba obnovovat.

Obnovení vodoodpudivosti je důležité. Oděv, který ztratí schopnost odpuzovat vodu, nasákne a ztěžkne. Hlavně však utvoření souvislého vodního filmu podstatně zhorší nebo zcela zamezí schopnost oděvu „dýchat“. Jinými slovy omezí jeho schopnost být paropropustný. [3]

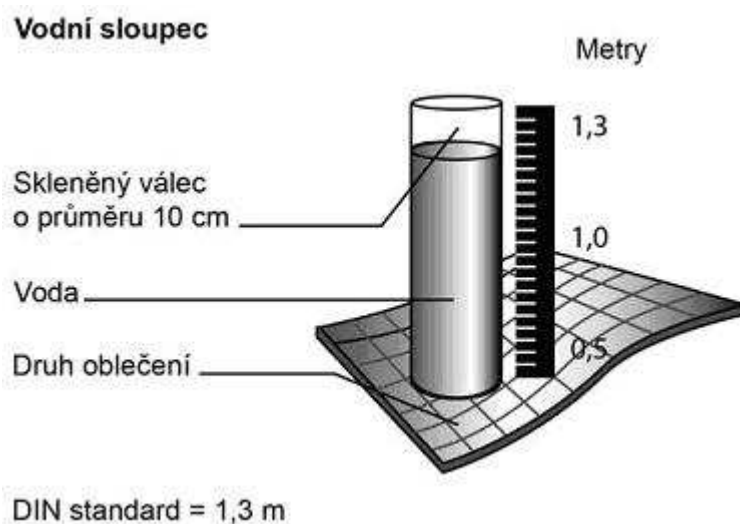
Aby materiál dokázal odolávat vytrvalejším vodním srážkám, musí být vodoodolný a k tomu je třeba jiných technologií a úprav, než těch, které postačují v případě vodoodpudivosti.

Prvním způsobem je nanášení porézní hmoty na vlastní textilií. Tím vznikají tzv. zátěrované materiály, které však nemají tak vysoké parametry jako u následujícího způsobu, ale bývají levnější. Podstatně lepších výsledků se dosahuje tzv. laminací, kdy se nosná textilie spojí s membránou. V případě některých membrán se dnes dosahuje hodnot, které byly ještě nedávno těžko představitelné a to i za předpokladu, že si zachovávají vysoké parametry paropropustnosti. Membrány, které se aplikují na textilie, mohou být porézní hydrofobní nebo neporézní hydrofilní.

Schopnost materiálu odolávat vodě se vyjadřuje výškou vodního sloupce, který je tento materiál schopen udržet, než začne bezprostředně vodu propouštět. Materiály pro výrobky High Pointa jsou na vodní sloupec testovány v mezinárodní zkušebně v německém Hohensteinu dle platné a uznávané normy ČSN EN 20811 (80 0818). [4]

Vodní sloupec je metoda, která nám změří odolnost materiálu proti vodě. Stupeň odolnosti proti vodě měříme tak, že se na materiál přiloží skleněný válec o průměru

10 cm, který se naplní vodou. Tlak vody na materiál se měří v milimetrech. Voda ve válci působí na materiál a průnik prvních tří kapek nám určí hodnotu, kterou udáváme na výrobcích. Standard na odolnost proti vodě je 2 000 mm, ale samozřejmě čím vyšší hodnota, tím lepší nepromokavost viz. obr. č. 1. [5]



Obr. 1 Vodní sloupec dle [5]

Aby mohl být oděv prezentován jako nepromokavý, musí být především ušitý z materiálu, který odolává alespoň 2 000 mm vodního sloupce - tak to udává norma. Pro opravdové outdoorové aktivity je však tato hodnota naprosto nedostačující. Pro většinu případů mají smysl hodnoty nad 15 000 mm vodního sloupce. Při outdoorových činnostech je totiž voda do oděvu i vtlačována a to např. při chůzi travou, při prodírání se křovím, odporem vzduchu při jízdě na kole. Také při různých činnostech vystavujeme textilní materiál různým tlakům. Např. při sedu působí na materiál ekvivalent 5 000 mm, při kleku 12 000 mm a popruhy batohu působí až 15 000 mm, 20 000 mm nechá suchého lyžaře, když spadne v plné rychlosti do mokrého sněhu, 40 000 mm se zpravidla nepoužívá, tato výška vodního sloupce nedovolí proniknutí vlhkosti obuví ani při nakopnutí mokrého míče. Na druhé straně však ani nejproslulejší světové firmy netestují běžně své textilní materiály nad hodnotu 20 000 mm vodního sloupce. Pravidelné testování nad tyto hodnoty by materiál zbytečně prodražovalo a hodnota kolem 20 000 mm vodního sloupce pro velkou většinu případů v praxi dostačuje. Při těchto hodnotách stačíme i za silného deště postavit nebo

najít vhodný úkryt včas. Navíc silné, intenzivní a dlouhodobé deště nejsou časté. Ani tyto materiály však nejsou schopny odolávat promoknutí nekonečně dlouho, protože musí být zároveň dostatečně propustné pro naším tělem vyprodukovanou vlhkost a splňovat tak dva zdánlivě protichůdné požadavky dosažitelné pouze náročnou technologií. V případě nedostatečné nebo žádné prodyšnosti bychom brzy náš organismus nebezpečně přehřáli a místo vlhkosti venkovní bychom provlhli vlivem vlhkosti tělesné.

Oděv z toho nejodolnějšího materiálu vůči promoknutí nám nebude sloužit, pokud jeho švy nebudou řádně vodotěsně zataveny. Vodotěsné zatavení opravdu všech švů je velmi náročná součást výroby outdoorových oděvů, která tyto výrobky prodražuje, ale je naprosto nezbytná. [4,2]

Šití membrán a fólií se provádí na šicích strojích jednojehlových s ořezem. Ústrojí podávání šitého materiálu je spodní ponorné zoubkové nebo v kombinaci s vrchním jehelním podáváním.

Po ušití švu na šicím stroji je potřebné tento šev svařit nebo zalepit (po vpichu jehly totiž zůstávají v membráně otvory, kterými lehko proniknou kapky vody a systém ochrany membrán by byl narušen). V současnosti se všechny ušité švy svařují na svařovacím stroji pomocí utěšňující pásky. Páska musí být dokonale navařená, aby byla odolná vůči tlaku vody nejméně 1,5 m vodního sloupce, tak jako membránové materiály.

Těsnící páska může být z PA, PL, PU, a jiných materiálů. [6]

2.3 Propustnost vodních par (prodyšnost)

Materiál je prodyšný, když se dokáže postarat o výměnu vypařujícího se potu a tzv. vodní páry, která se nasbírání mezi pokožkou a oblečením. Při extrémním vývoji tepla pod oblečením nedochází k jeho schraňování, neboť prodyšný materiál zaručuje jeho únik navenek. Zároveň také zabraňuje chladu, který vzniká usycháním potu. [1]

Prodyšnost je velmi závislá na okolních klimatických podmínkách.

Nejčastěji se setkáváme se dvěma metodami udávající prodyšnosti – Ret a MVTR. Prodyšnost udávaná metodou Ret má fyzikální rozměr $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Nicméně Ret má následně jednoduchou číselnou interpretaci a udává odpor proti průniku vodních

par. Platí čím nižší číslo Ret, tím lepší prodyšnost. Klasifikace prodyšnosti materiálů podle Ret je znázorněna v tab. 1:

PRODYŠNOST (pro srovnání, nejlepší materiály dosahují hodnoty Ret nižší než 4)	RET < 6	velmi dobrá
	RET 6 – 13	dobrá
	RET 13 – 20	uspokojivá
	RET > 20	neuspokojivá

Tab. 1 Klasifikace prodyšnosti

Prodyšnost měřená metodou MVTR (Moisture Vapor Transmission Rate) se udává v jednotkách $\text{g}/\text{m}^2/24$ hod. Udává, kolik gramů páry se může odpařit přes metr čtvereční látky za 24 hodin. (MVTR). Čím je tento údaj vyšší, tedy čím více gramů vlhkosti propustí čtvereční metr materiálu za den, tím je látka prodyšnější. [7]

Schopnost prodyšného materiálu anebo spíše spokojenost uživatele s jeho schopností převádět vodní páry, je ovlivněna řadou faktorů. Jednak závisí na produkci tělesných par v klidu a při pohybové činnosti. I v klidovém stavu totiž probíhá tzv. neviditelné pocení v hodnotě kolem 50 ml/hod. Znamená to, že jen pro převod vlhkosti vyprodukované tělem v klidovém stavu je potřeba materiál s parametrem 1 200 - 1 500 g/m^2 za 24 hod. K objemu vyprodukovaných par při klidovém pocení se pak přičítají tělesné páry vzniklé při zátěži.

V tab. 2 přibližné hodnoty produkce tělesných výparů podle intenzity zátěže:

<i>Chůze (produkce tělesných par dle podmínek a fyziologie)</i>	5000-10000 g/m^2 za 24 hod.
<i>Běh</i>	20000-28000 g/m^2 za 24 hod.
<i>Extrémní fyzická aktivita</i>	Nad 35000 g/m^2 za 24 hod.

Tab. 2 Přibližné hodnoty produkce tělesných výparů podle intenzity zátěže

Maximální množství produkce potu je udáváno 1,7 l/hod, to znamená kolem 40 000 g/m^2 za 24 hod. Takové množství par nestihne odvést zatím žádný materiál (membránový nebo zátěrový), pokud má být nepromokavý.

Dalšími faktory jsou vlhkost a teplota vzduchu. Tyto velmi proměnlivé veličiny (mimo dalších, jako např. zakřivení terénu) ovlivňují hodnotu atmosferického tlaku vodních par. A rozdíl hodnoty tlaku vodních par v atmosféře oproti hodnotě tlaku

vodních par pod oděvem pak určuje velikost a směr převodu vodních par. Protože pod oděvem vzhledem k pohybu uživatele je většinou tlak vodních par vyšší, je směr odvodu par z oděvu ven. Vzhledem k proměnlivosti okolního prostředí se pak outdoorové oblečení chová z hlediska prodyšnosti odlišně v různých podmínkách.

V tab.3 je uveden pokles prodyšnosti v závislosti na vzrůstající teplotě a relativní vlhkosti vzduchu RH (Hodnoty jsou v %, kdy maximální 100% prodyšnost uvažujeme v ideálních podmínkách nulové relativní vlhkosti okolního ovzduší 0% RH):

<i>Teplota °C</i>	<i>Atmosférická vlhkost</i>				
	100% RH	75% RH	50% RH	25% RH	0% RH
-10	96	97	98	99	100
0	92	94	96	98	100
10	83	87	92	96	100
20	68	76	84	92	100
30	42	57	77	86	100

(za podmínek 40°C, 100% RH na vnitřní straně oděvu)

Tab. 3 Pokles prodyšnosti v závislosti na vzrůstající teplotě a relativní vlhkosti vzduchu

Ukazuje se, že za podmínek vyšších teplot a vlhkosti může být propustnost materiálu pro vodní páry snížena až o polovinu. Spokojenost s konečným výsledkem značně ovlivní i zkušenost v oblékání.[8]

Problémem metody MVTR však je, že existuje několik měřících a testovacích metod lišících se v činidle a nastavených podmínkách měření. Výsledek se pak sice udává ve stejných jednotkách, ale získávají se rozdílné hodnoty pro jeden a ten samý materiál.

Pokud je vlhkost uvnitř i venku stejná, tak k žádnému odvodu vlhkosti nedojde a nepomůže tomu ani ten sebelepší materiál. Totéž je spojování pocení s prodyšností. Prodyšný materiál umožní vyprodukované vlhkosti lépe odejít mimo oblečení, ale samotnou produkci potu tělem neomezí. Prodyšnosti napomáhá výrazně odvětrávání, proto se například i sebelepší bundy pro lepší odvětrání vyrábějí s větracími otvory v podpaží. [7]

2.4 Podmínky zpracování speciálních materiálů

- Aby byl zajištěn „waterproof/breathable“ efekt (hydrofobita z vnější strany textilie a vysoká propustnost vodních par z vnitřní strany) měly by být všechny vrchní díly, chránící tělo + krycí lišty, podkryty, légy, patky, kapuce, atd. zpracovány z těchto materiálů (v jakémkoli konstrukčním provedení).
- Je třeba dbát, aby všechny speciální materiály byly zpracovány správnou stranou k povrchu výrobku.
- Při zpracování nesmí být membrána poškozena, nesmí se zpracovávat jako klasická tkanina. Poškozením se vytvářejí netěsná místa v systému a může jimi pronikat vlhkost (nesmí se používat špendlíky).
- Použitím podšívky či ostatních doplňkových materiálů nesmí být příliš snížena propustnost vodních par.
- Švy se zhotovují za použití šicí jehly se zaobleným hrotem. Doporučená hustota stehů 3-5 stehů / cm. Používají se polyesterové nitě v normálním nebo vodoodpudivém provedení.
- Všechny šité švy výrobků s membránou by měly být zajištěny speciální páskou a tím je oděv chráněn proti pronikání vlhkosti (pásky o šíři 22 ± 1 mm).
- Spojování dílů lze realizovat také svařováním. Svařený šev má podobné vlastnosti jako nosný materiál a není zde pravděpodobnost pronikání vlhkosti.

Speciální pásky na utěsnění švu se skládají z papírové vrstvy, lepící vrstvy a podkladové vrstvy. Papírový podklad se po navaření pásky sejme. Svařovací stroje vyrábí firma PFAFF. Tyto stroje pracují na základě svařování horkým vzduchem nebo pomocí horkého klínu. Utěsněné švy se zkoušejí na nepropustnost vody na speciálních laboratorních přístrojích. [2]

2.5 Rozdělení speciálních materiálů podle technologie úprav a výroby:

Skupina 1: hydrofobní úpravy

Skupina 2: kompaktní povrstvení

Skupina 3: mechanické mikropórování

Skupina 4: laminované materiály s membránou

Skupina 5: mikroporézní povrstvení

2.5.1 Skupina 1: hydrofobní úpravy

Jde o materiály k vrchnímu použití s naimpregnovanou vodoodpudivou úpravou. Mají nízkou hmotnost okolo 60-150 g/m², prodyšnost je cca 0,5 m/s, propustnost vodní páry (měřená přístrojem Permetest) je přibližně 30 % - dostatečná. Vodotěsnost je nízká 0,3 – 0,5 m v.s. (nesnesou nepřetržitý déšť).

Nanesená hydrofobní úprava se ztratí po několika praních. Působí na ni také odírání při nošení. Neplatí to u všech druhů hydrofobních úprav, protože vodoodpudivá úprava z perfluoralkanů se po každém praní a žehlení 180°C vrátí do původního stavu.

Materiály této skupiny jsou vhodné pro běžné sportovní, vycházkové oblečení nebo do lehkého deště. Jsou nevhodné pro vysokohorskou turistiku, kde se mění velmi rychle počasí.

2.5.2 Skupina 2: kompaktní povrstvení

Místní použití u oděvů (sedla, náramenice, zesílení v namáhaných místech - kolena).

K povrstvení se používají polymery (polyuretan, akrylové nánosy).

Povrstvení je nanášené jako kompaktní film bez pórů ve formě pasty nebo ve formě pěny. Prodyšnost a propustnost vodních par je různá vzhledem k tloušťce nánosu. Vodotěsnost se pohybuje asi 4 - 7 m v.s. Pokud není zajištěna strukturou prodyšnost, je nutné oděvy doplnit větracími otvory (pěnové nánosy mají nižší vodotěsnost, ale vyšší propustnost vodních par cca 10-15 %).

Oděvy z těchto materiálů se používají jako oděvy do deště (lehčí forma), sportovní batohy, podlahy stanů.

Jedná se o výrobky nižší cenové kategorie.

2.5.3 Skupina 3: mechanické mikropórování

Princip spočívá v mechanické perforaci kompaktních nánosových textilií, popsané v předcházející skupině. Používají se jehlové elektrody a perforace probíhá pomocí elektrických impulsů. Je možné zhotovit až 100 pórů / cm². Propustnost vodních par asi 40% (měřeno přístrojem Permetest), ale vodotěsnost je pouze asi 0,5 m v.s., což je nedostatečné pro ochranu před déletrvajícím deštěm.

2.5.4 Skupina 4: laminované materiály s membránou

Mikroporézní fólie

Svémi vlastnostmi se podobají lidské pokožce, která dýchá a propouští pot a zároveň nepropouští déšť a vítr. Ve struktuře mikroporézní fólie se nachází velké množství malých pórů vzájemně uspořádaných do labyrintové struktury. Velikost pórů umožní propustit kapku vodní páry, ale nepropustí kapku deště – otvory mají průměr cca do 0,2 μm.

Jejich hustota je cca 1,4 mld./cm² a mají asi 500 krát menší průměr než je kapka jemné mlhy (tím je zajištěna nepromokavost) a zároveň je 700 krát větší než je molekula vody, pot může projít ve formě vodní páry materiálem. Póry jsou rozmístěny chaoticky a mají lomené dráhy, takže je zajištěna i větruodolnost.

Způsob zpracování membrány

Membrána je velmi tenká fólie, jejíž tloušťka se pohybuje okolo 0,2 mm a nedá se zpracovávat samostatně. Musí se vždy laminovat na textilní nosič. Spojuje se s tkaninou, pleteninou nebo netkanou textilií.

Laminát je výsledkem procesu laminování, pomocí pojiva, tlaku a tepla se membrána připojuje k základní textilií.

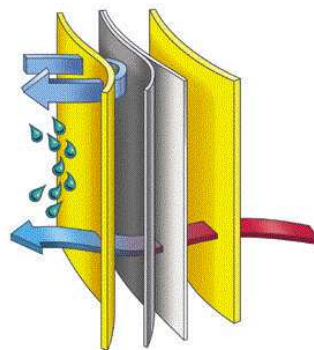
Laminování probíhá několika způsoby:

- Spojování pomocí polyuretanového lepidla střední viskozity mezi dvěma válci (horní-ocelový, spodní-potažený gumou) a sušení relativně nízkou teplotou 75 – 85 °C.
- Spojování pomocí bodového nánosu pasty a šablonou na kalandru.
- Ultrazvukem (symplex + rouno)
- Kašírováním (pomocí plamene)

Možnosti konstrukčního provedení membrán:

Konstrukce Z- liner (konstrukce volně vložené vrstvy) viz. obr. č. 2.

Membrána je nalaminována na lehký textilní nosič (netkaná textilie, pletenina) a vkládá se jako samostatná vrstva mezi vrchový a podšívkový materiál. Odtud název „závěsný liner“ – letní typ, zimní typ – „Thermo Dry“ – rouno + membrána. Tento typ je vhodný pro oděvy s městským charakterem. Není vhodný pro sportovní využití nebo extrémní klimatické podmínky.



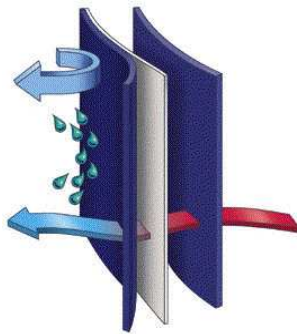
Obr. 2 Konstrukce Z- liner

Zdroj: *Studijní materiály*[on line].[cit. 10. 3. 2009]. Dostupné z:
skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-13-47.pdf

Dvouvrstvý laminát

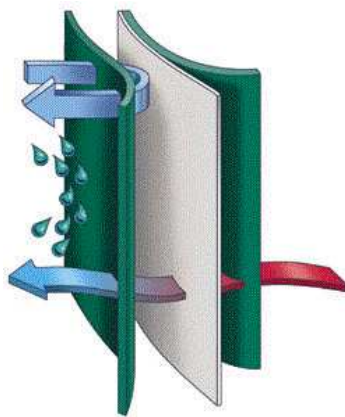
- Vrchový materiál je spojen laminováním s membránou a oděv je podšívkován. Podšívka je nezávislá vrstva a má ochranný charakter. Membrána je tak chráněna proti poškození, vrchový materiál se pro zvýšení odolnosti proti vodě opatřuje hydrofobní úpravou viz. obr. č. 3.
- Podšívka je spojena laminováním s membránou. Nezávislou vrstvou je vrchový materiál viz. obr. č. 4.

Dvouvrstvý typ laminátu je vhodný pro sportovní oděvy a je nejpoužívanější.



Obr. 3 Laminát: vrchový materiál+membrána

*Zdroj: Studijní materiály[on line].[cit. 10. 3. 2009]. Dostupné z:
skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-13-47.pdf*

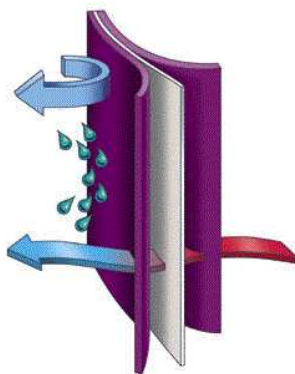


Obr. 4 Laminát: podšívka+ membrána

*Zdroj: Studijní materiály[on line].[cit. 10. 3. 2009]. Dostupné z:
skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-13-47.pdf*

Trojvrstvý laminát (viz. obr. č. 5)

Vrchový materiál je laminováním spojen s membránou a podšívkou. Vyznačuje se vysokou odolností vůči vodě a větru, oděv se může využít jako oboustranný. Membrána je mechanicky chráněná.



Obr. 5 Trojvrstvý laminát

Zdroj: Studijní materiály [on line]. [cit. 10. 3. 2009]. Dostupné z: skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-13-47.pdf

Nevýhoda trojvrstvých laminátů:

Trojvrstvé lamináty mají větší tuhost než dvojvrstvé lamináty. Dostatečnou volnost v pohybu může zabezpečit kombinace s elastickým materiálem. Trojvrstvý laminát nevytváří dostatečnou vzduchovou mezivrstvu, jako je tomu u dvouvrstvých laminátů, tak tepelně - izolační funkce třívrstvých laminátů může být poněkud nižší.

Výhoda:

Odpadá nutnost další technologické operace: podšívkování

Vlastnosti údržby:

Lamináty jsou odolné vůči praní (do 40°C) i chemickému čištění. Lící vrstva oděvu se vždy opatřuje ještě hydrofobní úpravou, aby byl docílený při působení vody dobrý odperlující efekt, který zabrání vstřebání vody do oděvního výrobku.

2.5.5 Skupina 5: mikroporézní povrstvení

Nosný textil je na vnější straně potáhnutý povrstvovacím filmem o tloušťce 25 - 50 μm z polyuretanu nebo aminokyselinových polymerů. Při nanášení se uvolňuje CO_2 a tím se nanesený film mění v houbovitou pórovitou strukturu s póry o průměru 0,2 - 0,3 μm .

Mikroporézní povrstvení má stejné vlastnosti jako laminát. Polyuretan je, ale hydrofilní, pak se musí líc opatřit ještě slabým uzavřeným krycím filmem z alifatického polyuretanu. Polyuretanový film není tak náchylný k mechanickému poškození jako membrána, protože je mnohem elastičtější.

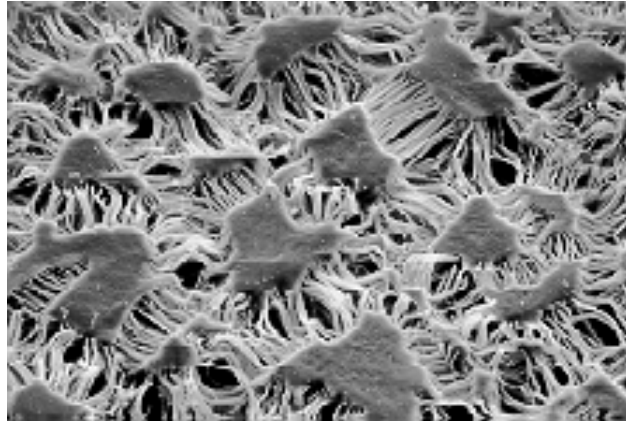
Hodnota propustnosti vodních par (měřeno přístrojem Permetest) je cca 20 % a hodnoty vodotěsnosti 2–5 m v.s.

Tento materiál se používá na oděvy pro sportovní činnost, vycházkové oděvy. [2]

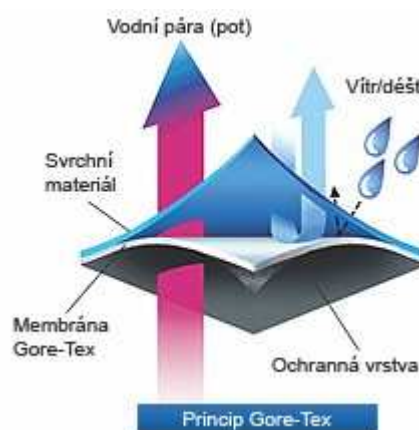
2.6 Nejčastěji používané materiály

2.6.1 Gore-Tex

Gore-Tex je registrovaná značka, nejvíce je známá ve vztahu k nepromokavým tkaninám. Gore-Tex je materiál složený z úzké pórovité membrány z expandovaného polytetrafluoretylenu (teflon) viz. obr. č. 6, která je nalaminována mezi jiné textilie, nejčastěji nylon nebo polyester. Membrána má okolo 1,4 miliardy pórů na centimetr čtvereční. Tím se stává neprostupnou pro tekoucí vodu a zároveň umožňuje skrze sebe výpar. Tyto póry jsou přibližně 20 000 krát menší než kapka vody (to, že kapka neprojde skrz, souvisí s jejím povrchovým napětím), ale zároveň asi 700 krát větší než molekula páry, která tak může snadno projít skrz. Veškeré výroby obsahující goretexovou membránu musí projít náročnými zátěžovými testy, které zjišťují jednak jejich fyzickou odolnost např. proti přetržení nebo odírání a dále voděodolnost a paropropustnost. Goretexovou membránu nesmí ve svých výrobcích používat kterýkoliv výrobce oděvů, ale pouze ten, jehož výrobky splňují vysoké kvalitativní normy. Princip Gore Tex je znázorněn na obrázku 7.



Obr. 6 Membrána Gore-Texu dle [9]



Obr. 7 Princip Gore-Tex

Zdroj: VIVIENTE [on line]. [cit. 20. 12. 2008]. Dostupné z:

<http://www.viviente.cz/vhodne-sportovni-obleceni>

Typy goretexových membrán

- GORE-TEX FABRIC - nejstarší
 - dvouvrstvý - membrána je nalaminována z vnitřní strany vnější vrstvy. Podšívka zůstává volná.
 - třívrstvý - vrchní vrstva, membrána a podšívka jsou slaminovány dohromady. Výhodou je vyšší mechanická odolnost a větší voděodolnost. Na druhou stranu zpravidla bývá o trochu nižší prodyšnost, vyšší hmotnost a vyšší cena.

- GORE-TEX XCR FABRIC - novější typ (XCR - eXtended Comfort Range) Výrobce proklamuje o 25% větší voděodolnost a o 25% větší prodyšnost oproti variantě bez přívlastku XCR.
 - dvouvrstvý
 - třívrstvý
- GORE-TEX PACLITE FABRIC - tento typ je zaměřen na co nejnižší hmotnost a nejlepší sbalitelnost, což jde na úkor ostatním vlastnostem. Vrchní vrstva a membrána jsou slaminované dohromady. Podšívka není z důvodu úspory hmotnosti přítomna.
- GORE-TEX SOFT SHELL FABRIC - větruodolnost je absolutní jako u předchozích membrán. Stejně tak paropropustnost je značná, zatímco nepromokavost je jen malá. Membrána je zde spolu s termoizolační vrstvou. Výhodou je, že člověku stačí pouze jedna vrstva oblečení namísto dvou. [9]

2.6.2 Sympatex

Základem je polyesterová 2 – 3laminační membrána neviditelně zapracována do oblečení. Tloušťka membrány je pouhých 0,01 mm (tenčí než lidský vlas) a zůstává tak nejtencí značkovou membránou na trhu. Fólie je vyráběna v šířích 150 cm. Je to směs 80 % polyesteru a 20 % polyesteru kopolymeru. Molekuly vody, které se odpařují z těla, jsou vstřebávané hydrofilickými kanálky. Na rozdíl od jiných porézních membrán nemá Sympatex póry, tak se nemohou ucpat špínou, solí, prášky na praní apod. Přes svou lehkost garantuje optimální funkčnost a odolnost proti opotřebování. Sympatexové membrány se vyznačují svojí vysokou odolností proti vodě a větru a zároveň optimální prodyšností. Jsou pružné ve všech směrech, odolné v oděru a vůči chemikáliím. [10,2]

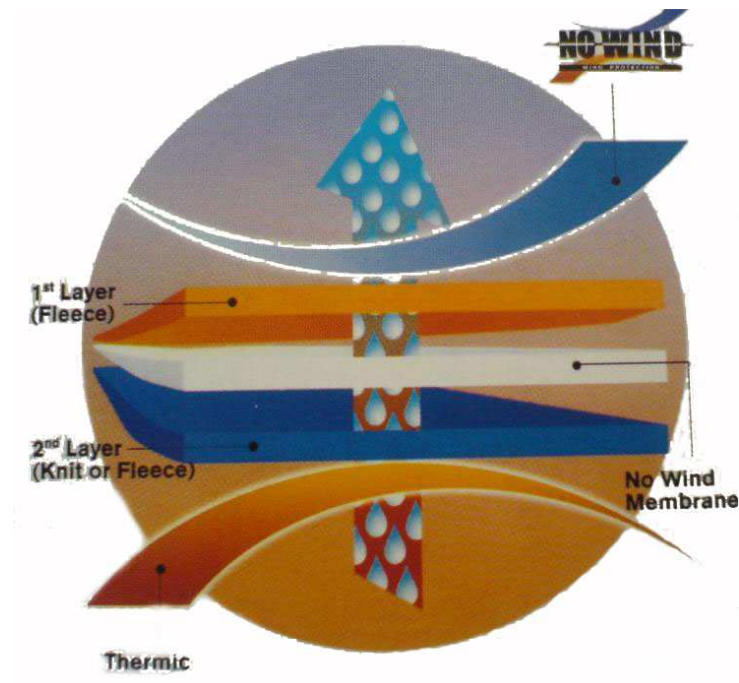
2.6.3 No Wind®

No Wind® je fleecový materiál v kombinaci s polyuretanovou membránou od italské firmy Pontetorto®. PU membrána je zárukou dokonalé větruvzdornosti a zároveň prodyšnosti výrobku, na kterém je použita.

Látky laminované touto speciální membránou jsou proto vhodné pro náročné outdoorové činnosti včetně extrémních podmínek. Používají se ale i při běžné činnosti.

Při minimální hmotnosti je účinně zabraňováno odvodu tepla vlivem proudění vzduchu (větru). Tento efekt chlazení větrem a následná pocitová teplota může být, i při poměrně vysokých venkovních teplotách, velmi nízká. **No Wind®** udržuje lidské tělo v teple a suchu při minimální hmotnosti výrobku.

Má antipillingovou úpravu (úprava zabraňující žmolkování), která pouze snižuje vlastnost stříže žmolkovat, k určitému žmolkování vlivem mechanického namáhání u výrobku dochází. Žmolkování je přirozenou vlastností stříže a je vyváženo funkčností a komfortem. Toto tvrzení je garantováno výrobcem materiálu. Tato vizuální záležitost nemá vliv na funkčnost výrobku. Princip No Wind je znázorněn na obrázku 8. [11]



Obr. 8 Princip No Wind

Zdroj: Propagační leták firmy Pontetorto®

3. Studie jednotlivých metod měření

3.1 Způsoby měření vodoodolnosti

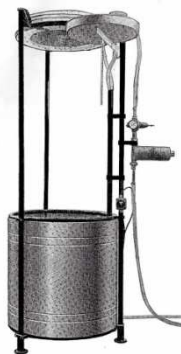
3.1.1 Stanovení nepromokavosti plošných textilií Bundesmannovou zkouškou deštěm

Zkouška odpovídá ČSN EN 29865 (ČSN 80 0856).

Podstatou zkoušky je působení vody na vzorky plošných textilií, konkrétně skrápění umělým deštěm za stanovených podmínek. Nepromokavost se stanoví vizuálním porovnáním zkrápěných vzorků se standardními fotoetalony. Množství vody absorbované vzorkem během zkoušky se zjistí vážením. Dodatečně se stanoví celkové množství vody proteklé skrz vzorky plošných textilií do nádobek.

Zkušební zařízení

Zkrápěcí zařízení „Bundesmann BP 2” viz. obr. č. 9, umožňuje stanovit dosažený impregnační efekt vodoodpudivě impregnovaných materiálů a je vhodný pro zkoušení podle ČSN EN 29865 (ČSN 80 0856). Přístroj je vybaven následujícími zařízeními:



Obr. 9 Přístroj Bundesmann dle [12]

Zkrápěcí zařízení - je tvořeno systémem asi 300 stejných tvořičů kapek viz. obr. č. 10, např. trysek, stejnoměrně rozdělených na kruhové horizontální ploše (plocha $\approx 1300 \text{ cm}^2$) o průměru 406 mm. Každý tvořič kapek vytváří kapky o průměru přibližně 4 mm. Při vytékání vody z tvořiče kapek se vytvářejí kapky o objemu asi 0,07 ml. Průtok vody zkrápěcím zařízením se reguluje pro vytvoření předepsaného množství vody v závislosti na čase (100 ± 5) ml/min na zkrápěnou plochu 100 cm^2 .

Výška dopadu kapky (vertikální vzdálenost mezi tvoříčem kapek a středem povrchu vzorku) je 1500 mm. Teplota vody (přiváděná přes mechanický filtr) je 20 ± 2 °C.



Obr. 10 Příklad přístroje Bundesmann - tvoříče kapek dle [12]

Zařízení pro upínání zkušebních vzorků (viz. obr. č. 11) – upínací zařízení pro zkoušené vzorky je zásobník ve tvaru pohárku, umožňující jímání a měření vody protékající zkoušeným vzorkem. Otvor nádoby slouží k upevnění zkoušeného vzorku upínacím kroužkem. Každá nádoba obsahuje i přídatné třecí zařízení, které během zkoušky působí na spodní stranu zkoušeného vzorku tlakem 250 cN a otáčí se pod úhlem 100° rychlostí 20 ot/min.



Obr. 11 Příklad přístroje Bundesmann - zařízení pro upínání zkoušených vzorků dle [12]

Odstředivka (viz. obr. č. 12) – sestává z disku s horizontální plochou pro uložení vzorku o průměru 175 mm, otáčejícího se rychlostí 700 ot./min. K upevnění zkoušených vzorků slouží čtyři ocelové jehly. Odstředivka obsahuje i spínač pro automatické vypnutí po uplynutí předem určené doby odstředování. [12]



Obr. 12 Příklad přístroje Bundesmann – odstředivka dle [12]

3.1.2 Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody

Zkouška odpovídá ČSN EN 20811 (80 0818), dále normám a standardům ISO 811, BS 2823, BS 3321, BS 3424, DIN 53886, AATCC 127.

Odolnost plošné textilie vůči pronikání vody je vyjádřena výškou vodního sloupce ([cm] nebo [m]), kterou textilie udrží. Na vzorek plošné textilie působí v normálním ovzduší stále se zvyšující tlak vody. Tlak vody může působit na vzorek z lící nebo rubní strany.

Podstatou zkoušky je, že vzorek je vystaven trvale vzrůstajícímu tlaku vody na jednu svoji stranu tak dlouho, dokud nedojde k proniknutí vody na třech místech vzorku. Výsledek zkoušky přímo odpovídá odolnosti textilií proti působení tlakové vody po určitý časový úsek.

Zkušební zařízení (viz. obr. č. 13)

Přístroj „SDL M018“ je určen pro stanovení odolnosti textilií proti pronikání vody pod tlakem (v rozsahu 0 – 4000 cm vodního sloupce). Metoda je všeobecně určena pro textilie pro speciální použití (např. pro plachty a stanové tkaniny). Tlak působí na upnutou textilií (zkušební plocha 100 cm²) pomocí stlačeného vzduchu a destilované vody obsažené v zásobníku umístěném v hlavní části přístroje.



Obr. 13 SDL M 018 - zkušební zařízení dle [12]

Zkušební přístroj musí splňovat tyto podmínky:

- Zkušební vzorek plošné textilie je nutno upnout tak, aby:
 - byl vodorovný a nevydoulal se,
 - na plochu 100 cm² působil zesponu nebo shora stále se zvyšující tlak vody,
 - u upínacích přírub během zkoušky neprosakovala voda,
 - v upínacích přírubách neprokluzoval,
 - bylo u sevřeného okraje co nejvíce zabráněno pronikání vody.
- Voda používaná pro zkoušení je destilovaná nebo zcela deionizovaná o teplotě (20 ± 2) °C.
- Rychlost zvyšování tlaku vody musí být $(10 \pm 0,5)$ cm nebo (60 ± 3) cm vodního sloupce za minutu. Při zvyšování tlaku těmito dvěma rychlostmi se výsledky měření mohou od sebe lišit. Proměnlivá rychlost stoupání tlaku se dá volit knoflíkem potenciometru. Zvolená rychlost stoupání se zobrazuje na měřidle umístěném na hlavním panelu přístroje. [12, 13]
- V přístroji namontovaný digitální manometr s rozsahem od 0 do 1500 cm umožňuje odečítat tlak s přesností na 0,1 % plné stupnice. [12]

3.2 Způsoby měření propustnosti vodních par

3.2.1 Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)

Zkouška odpovídá ČSN EN 31092 (80 0819), ISO 11092:

Propustnost vodních par W_d [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$] je vlastnost textilního materiálu nebo kompozitu závislá na odolnosti vůči vodním parám a teplotě.

Podstatou zkoušky při zkoušení odolnosti vůči vodním parám je prostup vodní páry, která se odpařuje z vody na kovové destičce a prostupuje zkoušeným vzorkem. Zkoušený vzorek však nesmí přijít do styku s vodou (tím by se mohly ovlivnit jeho tepelně-izolační vlastnosti), proto při této zkoušce se navíc vkládá mezi zkoušený vzorek a kovovou destičku membrána (která propouští vodní páru, nikoliv vodu). U zkoušeného vzorku umístěného na membránu je tepelný tok nutný pro zachování teploty na destičce určený mírou rychlosti vypařování vody. Čím více je vzorek pro vodní páru propustný, tím snáze se voda z kovové destičky odpařuje a tím více tepla je kovové destičce odnímáno. Při této zkoušce proto není vhodné, aby současně vznikl také tepelný tok způsobený rozdílnou teplotou na obou površích zkoušeného vzorku, proto je zde teplota ofukujícího vzduchu udržována na stejné výši jako teplota kovové destičky, tedy zpravidla na 35 °C.

Index propustnosti vodních par i_{mt} [-] je poměr tepelné odolnosti ku odolnosti vůči vodním parám. Hodnota propustnosti vodních par i_{mt} se pohybuje v rozmezí od 0 do 1, kde 0 značí materiál nepropouštějící vodní páru (tedy který má nekonečnou odolnost vůči vodním parám) a 1 značí materiál s odolností vůči vodním parám stejnou, jako má vrstva vzduchu shodné tloušťky.

Zkušební zařízení (viz. obr. č. 14)

Přístroj pro měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám PSM-2 od firmy GF Instruments, s.r.o. obsahuje následující části:

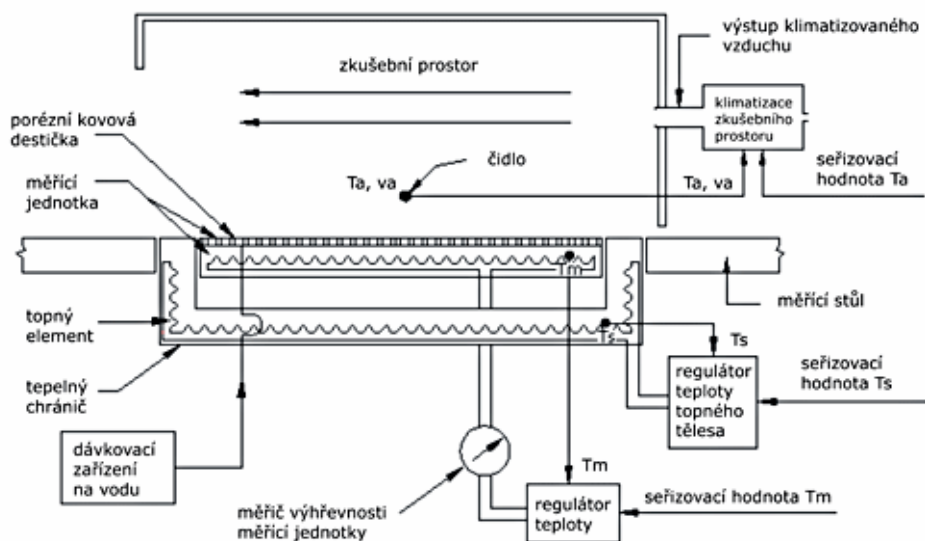


Obr. 14 PSM - Physiological skin model dle [12]

Měřicí jednotka (deska) s regulací teploty a přívodu vody (viz. obr. č. 15)

Její hlavní částí je porézní kovová destička, která přichází do styku se zkoušeným vzorkem a má v jistém ohledu modelovat lidskou kůži. Kovová destička je připevněna ke kovovému bloku, ve kterém je zabudováno její elektrické vyhřívání. Tloušťka topné destičky je přibližně 3 mm a její povrch je alespoň 0,04 m². Póry v kovové destičce slouží k umožnění prostupu vodních par, což má význam u zkoušky odolnosti vůči vodním parám (tato zkouška je též nazývána zkouška pocením). Pro kovovou destičku je dále určeno, že koeficient sálavého vyzařování jejího povrchu musí být větší než 0,35 (měřeno při teplotě 20 °C) v rozmezí vlnových délek 8 až 14 mm a ve směru dopadu záření kolmo k povrchu kovové destičky.

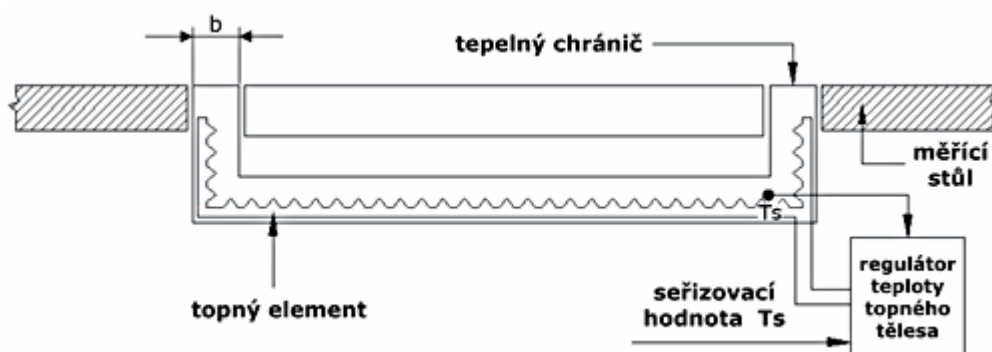
Voda je do měřicí jednotky přiváděna z dávkovacího zařízení, které se aktivuje spínačem hladiny zabudovaným v kovové destičce, jestliže úroveň vody v destičce klesne o více než 1 mm pod její povrch. Voda přiváděná do destičky musí být přehřátá na teplotu destičky. V měřicí jednotce je zabudováno teplotní čidlo, které měří její teplotu T_m , přičemž tato teplota je udržována na stálé hodnotě 35 °C v rozmezí $\pm 0,1$ °C. Výchřevnost H musí být stanovitelná pomocí vhodného vyhřívacího měřicího zařízení v celém použitelném rozsahu mezi ± 2 %.



Obr. 15 PSM - hlavní měřicí jednotka - nákres dle [12]

Tepelný chránič s kontrolou teploty (viz. obr. č. 16)

Další součástí zkušebního zařízení je tepelný chránič, což je kovový blok (tvaru vaničky) s vestavěným vyhřívacím elementem, který slouží k zabránění úniku tepla z měřicí jednotky dolů a do stran. Měřicí jednotka je do tepelného chrániče vložena, přičemž vzdálenost mezi kovovou destičkou a obvodem otvoru v tepelném chrániči může být nejvýše 1,5 mm. Tloušťka stěny tepelného chrániče (značí se b) musí být nejméně 15 mm. Tepelný chránič může realizovat také vlhkostní ochranu a v tomto případě je navíc vybaven porézní destičkou a dávkovacím systémem na vodu podobně jako měřicí jednotka. V tepelném chrániči je zabudováno teplotní čidlo, které měří jeho teplotu T_s , přičemž tato teplota je udržována na stejné výši jako teplota měřicí jednotky T_m , tedy 35 °C , v rozmezí $\pm 0,1\text{ °C}$.



Obr. 16 PSM - tepelný chránič dle [12]

Zkušební prostor (viz. obr. č. 17)

Další součástí zkušebního zařízení je zkušební prostor, což je prostor nad měřicí jednotkou a okraji tepelného chrániče, do kterého se vkládá zkoušený vzorek. Ve zkušebním prostoru musí být regulována teplota a vlhkost vzduchu. Klimatizovaný vzduch musí být veden potrubím tak, aby proudil nad a paralelně s vrchním povrchem měřicí jednotky a tepelným chráničem. Výstup vzduchového potrubí je vyveden nejméně 50 mm nad povrchem měřicí jednotky. Teplota proudícího vzduchu T_a musí být regulována s přesností $\pm 0,1$ °C po celou dobu zkoušky. Relativní vlhkost proudícího vzduchu musí být udržována na stálé výši 65 % v rozmezí ± 3 %. Tento proud vzduchu je měřen při teplotě vzduchu T_a 20 °C v bodě nad středem nezakryté měřicí jednotky ve vzdálenosti 15 mm nad měřícím stolem. V tomto bodě naměřená rychlost proudění v_a musí vykazovat střední hodnotu $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, přičemž odchylka během trvání zkoušky nesmí být větší než $\pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Je přitom důležité, aby proud vzduchu měl v tomto bodě určitý stupeň turbulence. Ten se vyjadřuje variačním koeficientem rychlosti proudění vzduchu, což je podíl směrodatné odchylky rychlosti proudění vzduchu s_v ku rychlosti proudění vzduchu v_a . Stupeň turbulence s_v/v_a musí být v rozmezí 0,05 až 1. Jeho měření má podle normy probíhat přibližně po 6 s intervalech po dobu nejméně 10 min. [12]



Obr. 17 PSM - zkušební prostor dle [12]

4. Vyhodnocení výsledků experimentů

Přesné složení použitých materiálů podléhá výrobnímu tajemství firem, proto jsou jednotlivé materiály uváděny bez procentuálního vyjádření jednotlivých složek.

4.1 Stanovení nepromokavosti plošných textilií Bundemannovou zkouškou deštěm

Příprava vzorků

Vzorky textilií určené pro zkoušení nepromokavosti jsou odebírány z plošné textilie podle ČSN EN 12751, musí být před provedením zkoušky 24 hodin klimatizovány podle ISO 139 - normální klimatizované ovzduší, tj. relativní vlhkost $(65 \pm 2) \%$ a teplota $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Z laboratorního vzorku plošné textilie se vystříhnou (vyseknou) zkušební vzorky kruhového tvaru bez pomačkání a záhybů, nejméně ve vzdálenosti 100 mm od okraje vzorku.

Počet vzorků: pro každou zkoušku jsou třeba čtyři vzorky.

Rozměr vzorků: kruhové vzorky o průměru 140 mm

Postup upevňování vzorků do zkušebních hlav:

1. Upevnit klimatizované a zvážené vzorky pomocí kónických upínacích kroužků. (vzorky bez napínání položit na zkušební nádoby).
2. Nasadit vypínací kroužek bočním výstupkem do drážky nádoby, zatlačit a pomocí úchytek upnout na nádobku (podle tloušťky textilie používáme vypínací kroužky tří velikostí).
3. Nasadit takto připravený zkušební nástavec do hnacího zařízení a provést samotnou zkoušku.

Postup pro obsluhu odstředivky:

1. Sejmout nástavec se zkoušenými vzorky z hnacího zařízení a nasadit na stojánek.
2. Uvolnit postupně vzorky ze zkušebních hlav.

3. Nastavit čas odstředování na 2,5 s pomocí kotouče z plexiskla, který se zatlačí a natočí na požadovanou hodnotu.
4. Upevnit vzorek pomocí jehliček na kotouč odstředivky.
5. Otočit vnitřní knoflík tak, že se červená značka kryje s nastavenou hodnotou.
6. Stisknout vnitřní knoflík a tím uvést zařízení do chodu.

Vlastní měření:

Pro každou zkoušku si je třeba připravit 4 vzorky o průměru 140 mm. Vzorky lze připravit pomocí vystřihovacího zařízení.

1. Zvážit jednotlivé vzorky.
2. Upevnit vzorky do zkušebních hlav zkušebního zařízení – každý vzorek přiložit na zkušební hlavu a upevnit pomocí vypínacího kroužku, který je zajistí pomocí úchytek (na každé nádobce je třeba uzavřít výpustní koncovky).
3. Nasadit zkušební zařízení na hnací zařízení.
4. Uvést hnací zařízení do chodu vypínačem.
5. Vychýlit výkyvnou misku do krajní polohy a současně začít měřit čas zkoušky 10 minut pro skrápění materiálu.
6. Vrátit výkyvnou misku zpět pod kapkové zařízení po uplynutí stanovené doby a vypnout přístroj.
7. Uvolnit postupně vzorky z hlav zkušebního zařízení.
8. Odstředit každý vzorek pomocí odstředivky (2,5 s) a zaznamenat stupeň odperlení podle etalonů (A – E).

A malé kapky rychle odperlující

B tvoření větších kapek

C kapky ulpívají na některých místech zkoušeného vzorku

D zkoušený vzorek je částečně smočen

E celý povrch zkoušeného vzorku je smočen

9. Zvážit vzorek (pro výpočet přírůstku hmotnosti).

10. Vypustit protečenou vodu zachycenou v nádobkách do odměrného válce.

11. Vysušit zkušební nádoby a upnout nové vzorky.

Vyhodnocení zkoušky

Přírůstek hmotnosti:

Přírůstek hmotnosti W_{H_2O} [%] se vypočítá podle následující rovnice:

$$W_{H_2O} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \text{ [%]}$$

kde:

m_1 [g] ... je hmotnost zkoušeného vzorku před zkoušením;

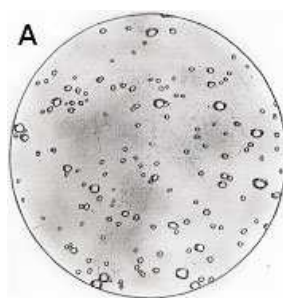
m_2 [g] ... je hmotnost zkoušeného vzorku po zkoušce (včetně případně částečně smočených okrajů upevněných vzorků).

Odperlovací efekt - jednotlivá vlákna jsou obalena tenkým hydrofobním filmem, takže do nich nemůže proniknout voda, ale propustnost pro vzduch mezi vlákny je zachována. [14]

Stupeň odperlovacího efektu:

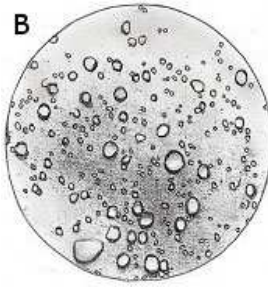
Etalony jsou znázorněny na obrázcích č. 18 - 22:

A - malé kapky rychle odperlující



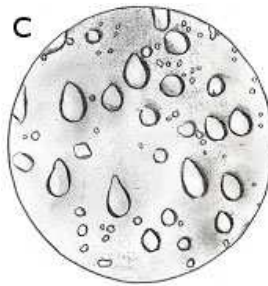
Obr. 18

B - tvoření větších kapek



Obr. 19

C - kapky ulpívají na některých místech vzorku



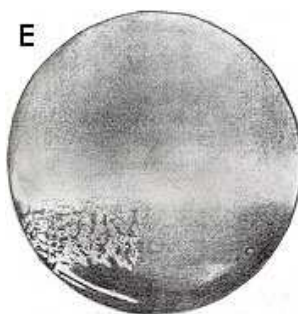
Obr. 20

D – zkoušený vzorek je částečně smočen



Obr. 21

E - celý povrch zkoušeného vzorku je smočen



Obr. 22

Množství protékající vody:

Proteklá voda zachycená v nádobkách se vypustí do odměrného válce a odměří se [ml]. [12]

Praktické měření

Číslo použité normy, podle kterého probíhalo praktické měření, je ISO 9865, rok zveřejnění 1991.

U této zkoušky byl použit přístroj Bundesmann BP 2. Teplota vody byla 20°C měla pH 7. Umělý déšť zkrápěl materiál 10 min, poté se materiál odstředil po dobu 2,5 s. Pro každý materiál se prováděly 3 zkoušky.

Zkoušena byla lícová strana vzorku, jen u zkoušeného materiálu No Wind, který má složení 86% PL a 14% PU, byly měřeny vlastnosti rubové strany materiálu, která se používá i jako lícová strana.

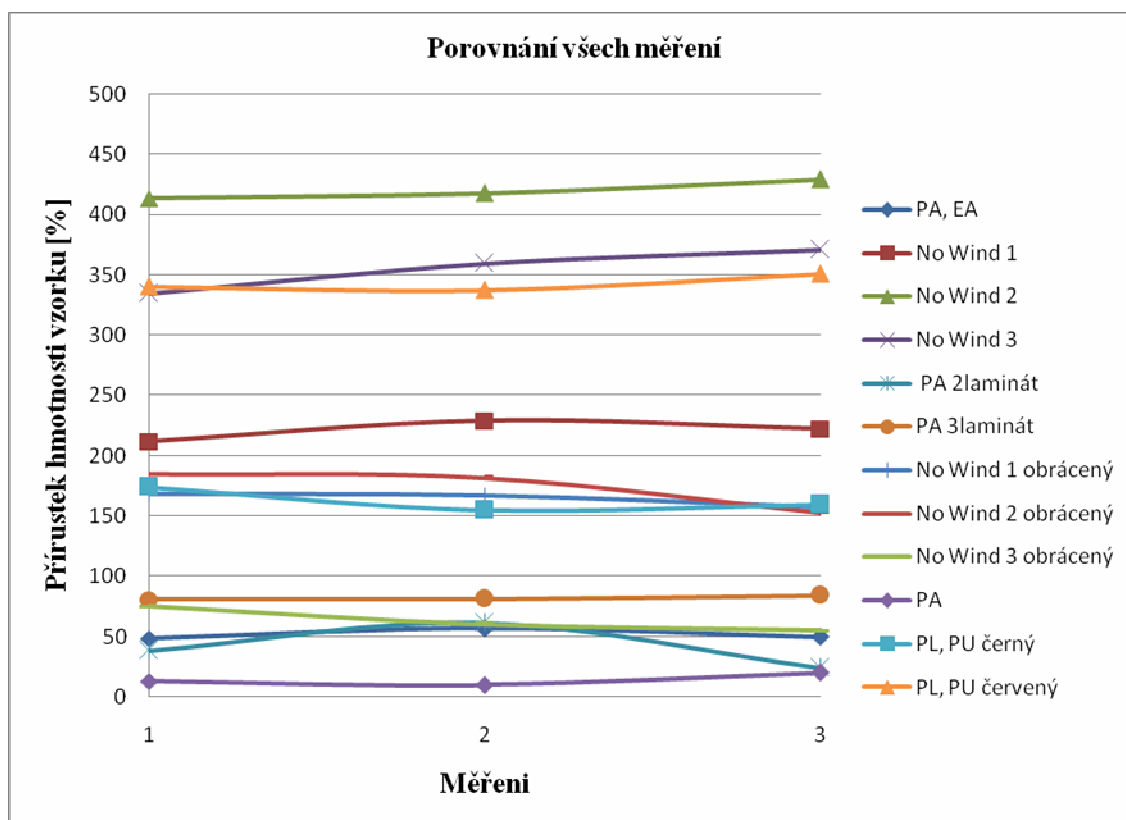
Ukázka naměřených hodnot, viz. tabulka č. 4.

Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
No Wind1	1	2,243	6,992	211,72	E	0
	2	2,218	7,295	228,83	E	0
	3	2,279	7,344	222,24	E	0
	\bar{x}	2,247	7,210	220,93		
	s	0,025	0,156	7,046		
	v	1,114	2,159	3,189		

Tab. 4 Ukázka naměřených hodnot No Wind1

Další naměřené hodnoty viz. příloha.



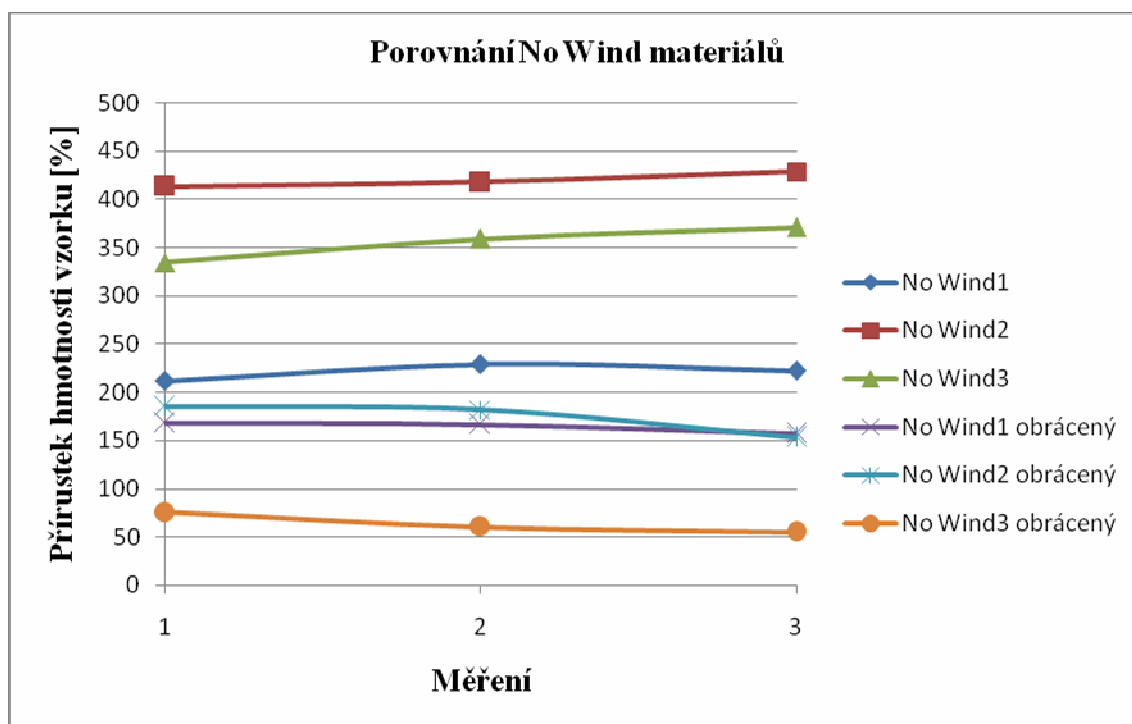
Obr. 23 Porovnání všech měření

Z naměřených vzorků je nejmenší průměrný přírůstek 14 %, který má polyamidový materiál. Přírůstek hmotnosti kolem 50 % do 100 % mají materiály

polyamid dvouvrstvý laminát, polyamid, elastan, No Wind 3 obrácený, polyamid trojvrstvý laminát. Přírůstek hmotnosti, který se pohybuje od 150 % do 200 %, byl změřen u materiálů *polyester, polyuretan černý, No Wind 1 obrácený a No Wind 2 obrácený.* *No Wind 1* má průměrný přírůstek hmotnosti 220,93 %. Přibližně o 350 % byly těžší materiály *polyester, polyuretan červený a No Wind 3.* U materiálu *No Wind 2* byl zvážen přírůstek až 420 %.

Malé kapky rychle se odperlují, tedy etalon A má materiál *polyamid, elastan.* Větší kapky se tvořily na materiálech *polyamid dvouvrstvý laminát a polyamid trojvrstvý laminát,* což je typické pro etalon B. Na některých místech vzorku *polyamidu* ulpávaly kapky, proto je materiál přiřazen k etalonu C. *No Wind* materiál s pořadovým číslem 3 byl částečně smočen, proto je shodný s etalonem D. Ostatní zkoušené materiály měly celý povrch smočený a tato charakteristika odpovídá etalonu E.

Nejvíce vody protéklo materiálem *polyester, polyuretan červený,* druhý v pořadí je materiál *polyester, polyuretan černý.* Ostatními materiály neprotéklo žádné množství vody.



Obr. 24 Porovnání No Wind materiálů

Nejnižší přírůstek hmotnosti má materiál *No Wind 3 obrácený* a nejvyšší přírůstek *No Wind 2.*

Při této zkoušce u všech No Wind materiálů vyšel menší přírůstek hmotnosti, když byl materiál měřen z rubní strany. U materiálů *No Wind* s pořadovým číslem 2 a 3 *obrácený* je výrazně menší přírůstek hmotnosti, než když je měřený z lícové strany. U *No Wind 1* není rozdíl až tak výrazný.

Podobný přírůstek hmotnosti mají materiály *No Wind 1 obrácený*, *No Wind 2 obrácený* a částečně i materiál *No Wind 1*.

4.2 Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody

Příprava vzorků

Vzorky textilií určené pro zkoušení odolnosti proti pronikání vody pod tlakem, odebírány z plošné textilie podle ČSN EN 12751, musí být před provedením zkoušky 24 hodin klimatizovány podle ISO 139 - normální klimatizované ovzduší, tj. relativní vlhkost $(65 \pm 2) \%$ a teplota $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

S plošnou textilií před zkoušením je nutno manipulovat co nejméně. Je třeba zabránit vytvoření přehybů či lomů. Kromě klimatizování se plošná textilie nijak neupravuje.

Minimální počet je pět vzorků z různých míst plošné textilie tak, aby reprezentovaly zkoušený materiál.

Rozměr vzorků má tvar kruhu o ploše 100 cm^2 .

Testování odolnosti vůči pronikání vody

1. Otevřít kohoutek **WATER OUT** v zadní části přístroje (kohoutek kolmo k přístroji), zásobník na vodu musí být naplněný nebo musí být zapnutý přívod vody.
2. Zapnout kompresor.
3. Zapnout přístroj tlačítkem **ON/OFF** v zadní části přístroje.
4. Umístit pryžový kroužek do drážky upínací jednotky. Po 30 – 60 sekundách se začne plnit interní zásobník na vodu. Jakmile bude voda ve správné výšce, žárovka indikující naplňování zásobníku (**TANK FILLING**) zhasne.
5. Umístit zkoušený vzorek do dolní části upínací jednotky s pryžovým kroužkem, důkladně osušit všechny části zařízení, které přijdou do styku se zkoušeným vzorkem.
6. Položit na zkoušený vzorek horní část upínací čelisti a utáhnout co možná nejvíce, aby nedocházelo pronikání vody v místě sevření.
7. Zvolit požadovanou rychlost zvyšování tlaku pomocí potenciometru na hlavním panelu (rychlost zvyšování tlaku pro běžné textilie je 10 nebo 60 cm / min).
8. Zkontrolovat, je-li manometr na nule. Není-li tomu tak, provést potřebné seřízení otáčením potenciometru pro ovládání tlaku pomocí malého šroubováku.
9. Stisknout tlačítko **START**, po krátké chvilce začne tlak stoupat.
10. Pozorovat nepřetržitě vzorek, aby se zachytilo proniknutí vody na třech místech zkušební vzorku.
11. Stisknout tlačítko **READ**, tlak vody se stabilizuje. Zaznamenat hodnotu tlaku.
12. Stisknout tlačítko **READ** a poté tlačítko **START**. Obě signalizace zhasnou. Pokud v předchozí zkoušce ubyla voda, rozsvítí se žárovka indikující naplňování zásobníku. (Počkat až zhasne a potom lze zahájit další zkoušku).

Poznámka:

- Pro správnou obsluhu a pro prevenci proti případnému poškození přístroje je důležité, aby se do digitálního měřidla ani do mechanismu regulace tlaku nedostala žádná voda. Aby se tomu zabránilo v případě, kdy v zásobníku zůstane nějaká voda, musí být přístroj udržován neustále vyrovnaný v pracovní poloze.

- Vypuštění zásobníku se provádí pomocí odpojení hadičky od upínací jednotky a její spuštění pod úroveň přístroje. Stisknutím tlačítka **START** se proces vypouštění urychlí.
- Pro každý zkoušený vzorek se musí použít čerstvá destilovaná voda.
- Upínání zkušebních prvků: Z horních ploch upínacího zařízení se setře voda. Klimatizovaný zkoušený vzorek se upne na zkušební hlavu tak, aby se povrch vzorku dotýkal povrchu vody. Při upínání nesmí voda pronikat zkoušeným vzorkem. Na upnutý vzorek se ihned působí zvyšujícím se tlakem vody. Stále se sleduje, kdy začne zkoušeným vzorkem pronikat voda.

Vyhodnocení zkoušky

Při obou způsobech testování odolnosti vůči pronikání vody se přímo na hlavním panelu přístroje odečítá výška vodního sloupce v [cm] nebo [m].

Výšku vodního sloupce (odpovídá tlaku) je třeba zaznamenat s přesností na:

- 0,5 cm při výšce vodního sloupce do 1 m včetně
- 1 cm při výšce vodního sloupce od 1 m do 2 m včetně
- 2 cm při výšce vodního sloupce nad 2 m.

Z jednotlivých měření se vypočítá průměrná hodnota a udává se v centimetrech vodního sloupce. Dále se uvede rychlost zvyšování tlaku vody, a která strana zkoušeného vzorku se zkoušela.

Poznámka: Drobné kapičky, které se dále nezvětšují, není třeba brát v úvahu. Také se neberou v úvahu kapky, které pronikají ve stejném místě zkoušeného vzorku. Zkouška, při které došlo k proniknutí vody u sevřeného okraje vzorku, se nebere v úvahu.

Poznámka:

- 1 cm vodního sloupce = 98,0665 Pa
- 1 cm vodního sloupce \approx 1 mbar [12]

Praktické měření

Zkouška odpovídá ČSN EN 20811 (80 0818).

Na zkoušený vzorek působil tlak vody zesponu.

U této zkoušky byl použit přístroj SDL M018. Rychlost zvyšování tlaku vody bylo 60 cm vodního sloupce / min. Měření probíhalo za běžných atmosférických podmínek. Teplota vody byla 20 °C.

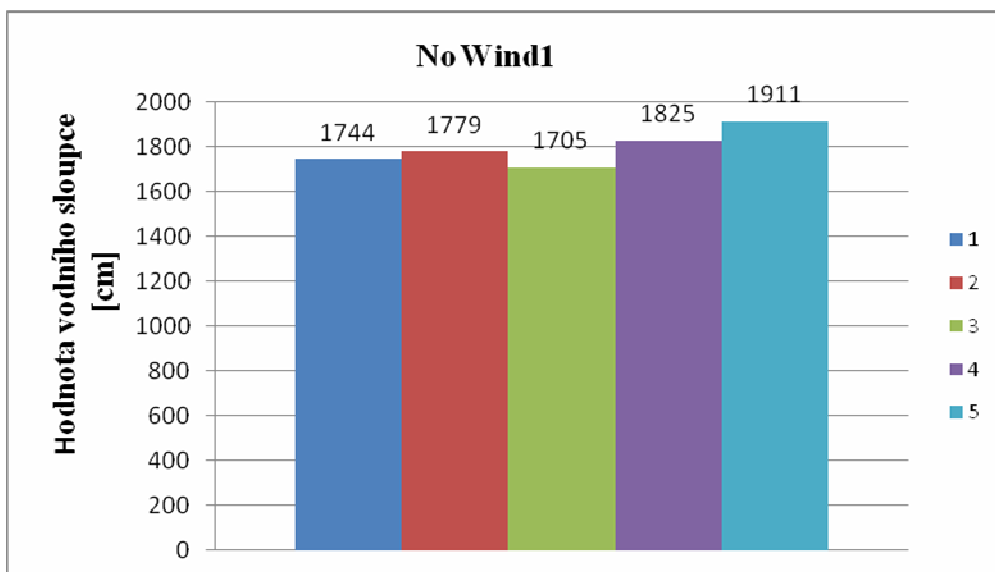
Zkoušena byla lícová strana vzorku, jen u zkoušeného materiálu No Wind, který má složení polyester, polyuretan, byly měřeny vlastnosti rubové strany materiálu, která se používá i jako lícová strana.

Ukázka naměřených hodnot, viz. tabulka 5.

Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

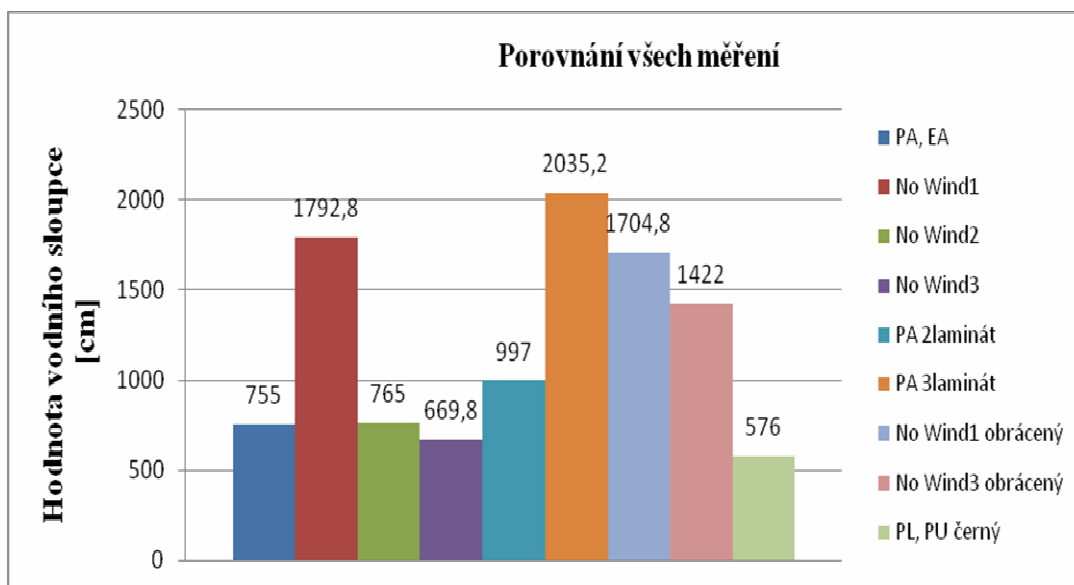
Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]	Poznámky
No Wind	1	1744	po druhé kapce materiálem proniklo více kapek
	2	1779	praskla membrána
	3	1705	po proniknutí třetí kapky proniklo více kapek.
	4	1825	praskla membrána
	5	1911	po proniknutí třetí kapky proniklo více kapek.
	\bar{x}	1792,8	
	s	71,12	
	v	3,97	

Tab. 5 Ukázka naměřených hodnot No Wind1



Obr. 25 Graf naměřených hodnot No Wind1

Další naměřené hodnoty viz. příloha.



Obr. 26 Porovnání všech měření

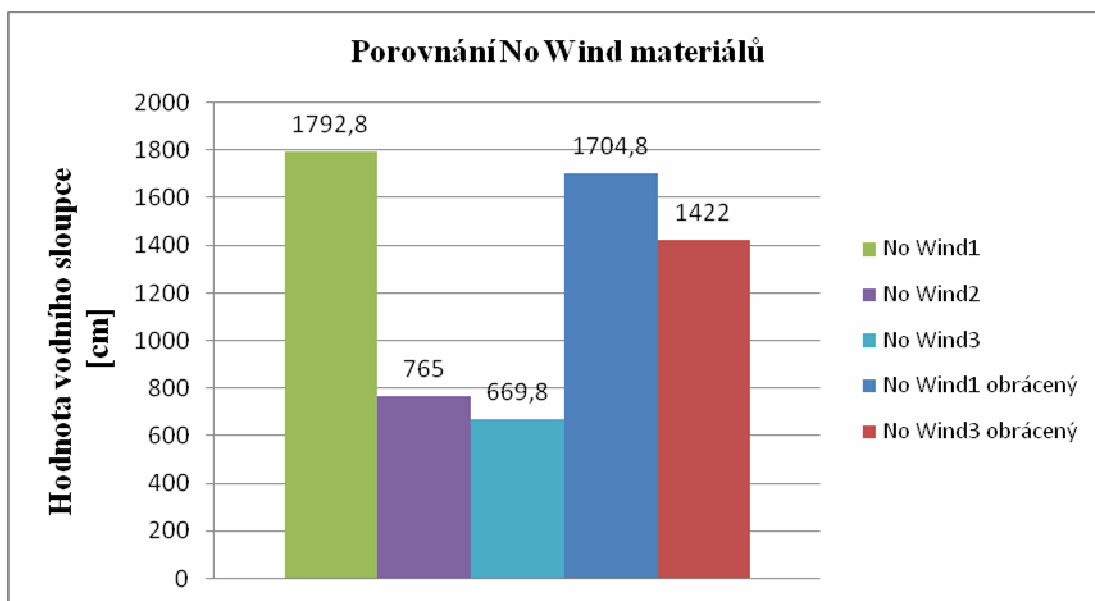
Nejvyšší průměrné hodnoty zkoušených vzorků mají výšku vodního sloupce od 1700 do 2035 cm. Tyto hodnoty mají materiály *polyamid trojvrstvý laminát*, *No Wind 1* a *No Wind 1 obrácený*. Kolem 1500 cm vodního sloupce má *No Wind* materiál s pořadovým číslem 3. Materiály *polyamid dvouvrstvý laminát* má hodnoty blízké 1000 cm.

Naměřené hodnoty pohybující se okolo 700 cm mají materiály *No Wind* s pořadovými čísly 2, 3 a dále pak materiál *polyamid, elasthan*. Z důvodu nedostatečného množství materiálu *polyamid, elasthan* byla provedena pouze dvě měření, kde průměrná hodnota je 755 cm, ovšem výrobce uvádí výšku vodního sloupce 1000 cm.

Materiál *polyester, polyuretan černý* má průměrnou hodnotu 576 cm. U každého měření praskla membrána.

U materiálů *polyamid* a *polyester, polyuretan červený* nedosahovala výška vodního sloupce ani 200 cm, což je nejnižší hranice, která udává nepromokavost.

Materiál *No Wind obrácený* s pořadovým číslem 2 byl měřen, ale na přístroji SDL M018 nelze doměřit. I když je vzorek upínací čelistí dostatečně stlačen, při výšce vodního sloupce okolo 700 cm začne voda ze stran unikat. Pro měření tak nezbyvá dostatečné množství vody, které se během měření ze zásobníku vody do interního zásobníku nepřipouští, a dále se únikem vody snižuje tlak.



Obr. 27 Porovnání No Wind materiálů

Porovnání No Wind materiálů, které mají složení polyester, polyuretan.

U materiálu *No Wind 1* byla výška vodního sloupce nepatrně větší z lícové strany.

No Wind s pořadovým číslem 3 obrácený měl výrazně vyšší hodnotu vodního sloupce, než když byl měřen z lícové strany.

Materiál *No Wind* 2 nelze porovnat, protože nešel z výše uvedených důvodů obráceně měřit.

4.3 Odolnost vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení výhřevnou destičkou)

Příprava vzorků

Vzorky textilií určené pro zkoušení propustnosti vodních par jsou odebírány z plošné textilie podle ČSN EN 12751, musí být před provedením zkoušky klimatizovány podle ISO 139 - normální klimatizované ovzduší (relativní vlhkost 40 ± 2 % a teplota 20 ± 2 °C), a to nejméně 12 hodin u vzorků, jejichž tloušťka je menší než 5 mm, a 24 hodin u vzorků, jejichž tloušťka je větší než 5 mm.

Zkoušené vzorky musí být umístěny tak, aby ležely rovně na měřící jednotce tou stranou k měřící jednotce, která v praxi pokrývá lidské tělo. V případě vícenásobných vrstev, musí být vzorky sestaveny a složeny na měřící jednotce tak, jako jsou na lidském těle. Lze použít přilnavý pásek nepropouštějící vodní páry nebo rám z lehkého kovu k upevnění krajů zkušební vzorku.

Z různých míst zkoušené plošné textilie se vystříhnou vzorky o daných rozměrech. U vzorků, jejichž tloušťka je menší než 5 mm, musí být rozměry vzorku alespoň takové, aby povrch vzorku zcela zakrýval měřící jednotku i tepelný chránič. Vzorky, jejichž tloušťka je větší než 5 mm, vyžadují speciální zkušební postup, aby se zabránilo co nejvíce tepelným ztrátám a úniku vodních par z jejich okrajů (boků). Při měření tepelné odolnosti vzorků, jejichž tloušťka je přibližně větší než dvojnásobek tloušťky stěny tepelného chrániče, je nutná korekce tepelné odolnosti korigující tepelné ztráty boků zkušební vzorku.

Minimální počet vzorků jsou tři.

Rozměr vzorků je 28 x 28 cm.

Postup zkoušky

1. Přístroj zapnout hlavním vypínačem na předním panelu.
2. V počítači vybrat a spustit program PSM-2.
3. Vybrat typ měření.

Měření odolnosti vůči vodním parám

1. Nastavit klimatické podmínky pro zkoušení - relativní vlhkost $40 \pm 2 \%$, teplota $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.
2. Naplnit oba zásobníky vody destilovanou vodou a otevřít plnicí ventil.
3. Po spuštění „Odolnosti vůči vodním parám“ probíhá temperace přístroje a plnění vodou. Po ukončení temperace a naplnění vodou počítač vyzve k vložení vzorku.
4. Opatrně polít (před vložení vzorku) měřicí desku destilovanou vodou a rozetřít ji do rovnoměrného zvlhčení. Na desku poté položit celofánovou membránu, která musí být upravena tak, aby přesahovala v suchém stavu měřicí desku o max. 5 mm na každé straně. Membránu přitisknout k měřicí desce a přebytečnou vodu vytlačit do stran, aby pod membránou nebyly vzduchové bubliny. Na membránu položit rámeček s osazením.
5. Vložit vzorek, vložit rámeček bez osazení, nasadit kryt měřicí desky a spustit „Pokračovat“.
6. Zadat název souboru pro ukládání naměřených dat, vyplnit položky „Materiál“ a „Vzorek“ a spustit „Pokračovat“. Po ukončení měření se zobrazí naměřené veličiny v informačním poli, v levé dolní části obrazovky (možno též dopsat poznámky).
7. Pokračovat dalším měřením.
8. Po ukončení všech měření provést vysoušení měřicího prostoru – kliknutím na „Vysoušení“. Odkrýt měřicí prostor, měřicí desku vysunout do horní polohy, vyjmout celofánovou fólii a osušit měřicí desku. Otevřít vypouštěcí kohout a vypustit vodu ze zásobníku. Dále již probíhá vysoušení automaticky (cca 60 min).

Vyhodnocení zkoušky

U metody „Odolnost vůči vodním parám“ jsou naměřené parametry přímo vyhodnoceny měřicím softwarem v informačním poli dané metody, v levé dolní části obrazovky.

Odolnost vůči vodním parám:

- Teplota měřící jednotky: T_m [°C]
- Teplota tepelného chrániče: T_s [°C]
- Teplota vzduchu ve zkušebním prostoru: T_a [°C]
- Rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkoušeného vzorku: v_a [m.s⁻¹]
- Vlhkost vzduchu: **r.v.** [%]
- Výhřevnost: **H** [W]
- Odolnost vůči vodním parám: R_{et} [m².Pa.W⁻¹]
- Nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřící jednotky při teplotě T_m : p_m [Pa]
- Parciální tlak vodní páry ve zkušebním prostoru při teplotě T_a : p_a [Pa]
- Plocha měřící jednotky: **A** [m²]

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

ΔH_e ... korekce pro výhřevnost při měření odolnosti vůči vodním parám [-]

$$\Delta H_e = \beta \cdot (T_m - T_s)$$

β ... kalibrační konstanta přístroje (postup stanovení – viz. ČSN EN 31092) [-]

R_{et0} ... konstanta přístroje pro měření odolnosti vůči vodním parám [m².Pa.W⁻¹]
(postup stanovení – viz. ČSN EN 31092) [12]

Praktické měření

Číslo použité normy je ISO 11092 a rok zveřejnění 1993.

Zkoušené vzorky byly umístěny tak, aby ležely rovně přes měřící jednotku, se stranou, která v praxi pokrývá lidské tělo k měřící jednotce. U zkoušeného materiálu No Wind, který má složení polyester, polyuretan, byly měřeny vlastnosti rubové strany materiálu, která se používá i jako lícová strana.

U této zkoušky byl použit přístroj pro měření odolnosti vůči vodním parám SKIN MODEL PSM-2. Pro každý materiál se prováděly 3 zkoušky.

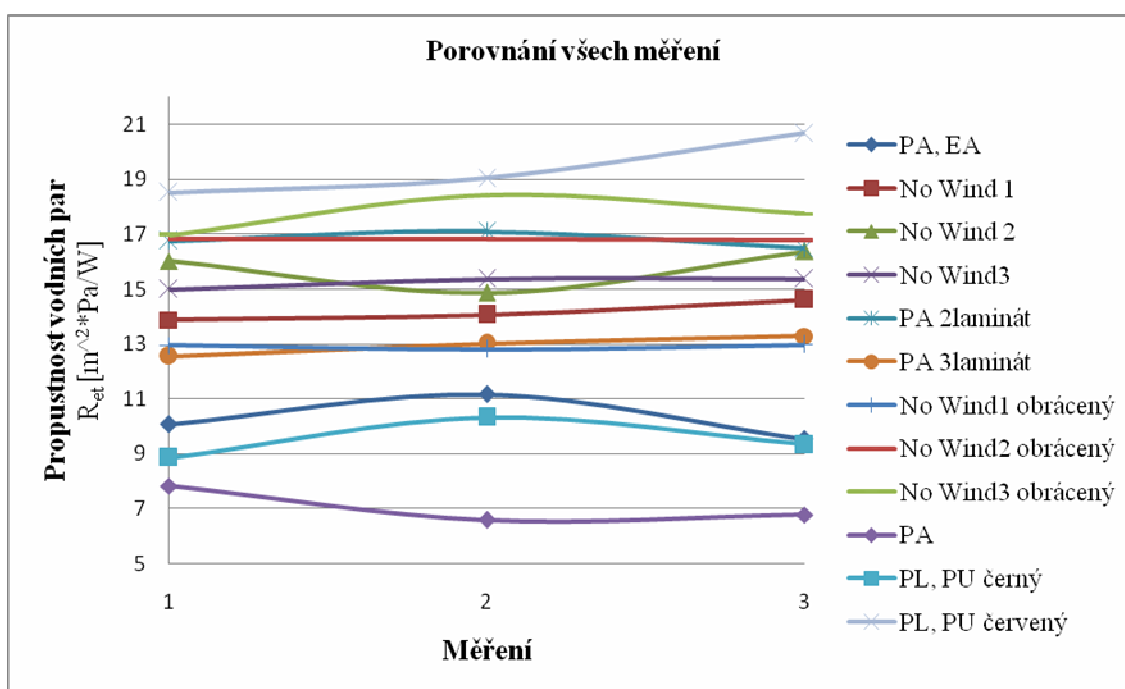
Ukázka naměřených hodnot, viz. tabulka 6.

Zkoušený materiál No Wind, který má složení *polyester, polyuretan*.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m ² .Pa.W ⁻¹]
No Wind 1	Vzorek 1	35,00	35,00	35,01	12,31	13,865
	Vzorek 2	35,00	35,00	35,00	12,13	14,068
	Vzorek 3	35,01	35,00	35,01	11,68	14,611
	\bar{x}					14,181
	s					0,315
	v					2,221

Tab. 6 Ukázka naměřených hodnot No Wind1

Další naměřené hodnoty viz. příloha.

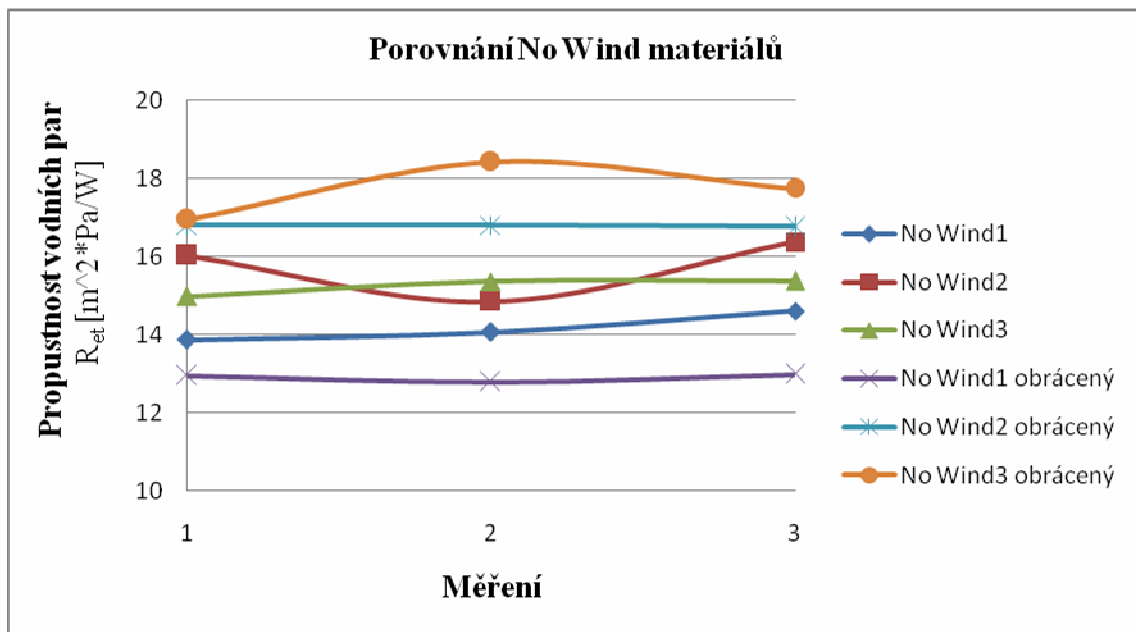


Obr. 28 Porovnání všech měření

Naměřené hodnoty okolo $Ret\ 10\ m^2.Pa.W^{-1}$ má materiál *polyamid, elasthan* a *polyester, polyuretan černý*. Téměř totožnou propustnost mají materiály *No Wind 1 otočený* s *polyamidem trojvrstvý laminát*, které mají průměrnou hodnotu $Ret\ 12\ m^2.Pa.W^{-1}$. Blízké hodnoty $Ret\ 15\ m^2.Pa.W^{-1}$ jsou naměřeny u vzorků *No Wind 1*, *No Wind 2* a *No Wind 3*. Materiály *No Wind 2 otočený* a *polyamid dvouvrstvý laminát* mají propustnost přibližně $Ret\ 16,7\ m^2.Pa.W^{-1}$.

Rozdílnou naměřenou hodnotu $Ret\ 7,066\ m^2.Pa.W^{-1}$ má materiál *polyamid*, který měl z měřených vzorků nejlepší propustnost.

Dalšími materiály, které neměly příliš blízké hodnoty Ret s ostatními vzorky je *No Wind 3 otočený*, kde průměrná hodnota je $Ret\ 17,701\ m^2.Pa.W^{-1}$ a *polyester, polyuretan červený* s propustností $Ret\ 20,308\ m^2.Pa.W^{-1}$ což je hodnota, která je pro prodyšnost neuspokojivá.



Obr. 29 Porovnání No Wind materiálů

Porovnání No Wind materiálů, které mají složení *polyester, polyuretan*.

Nejlepší propustnost u No Wind materiálů má *No Wind 1* měřený z rubové strany a nejhorší propustnost *No Wind 3 obrácený*.

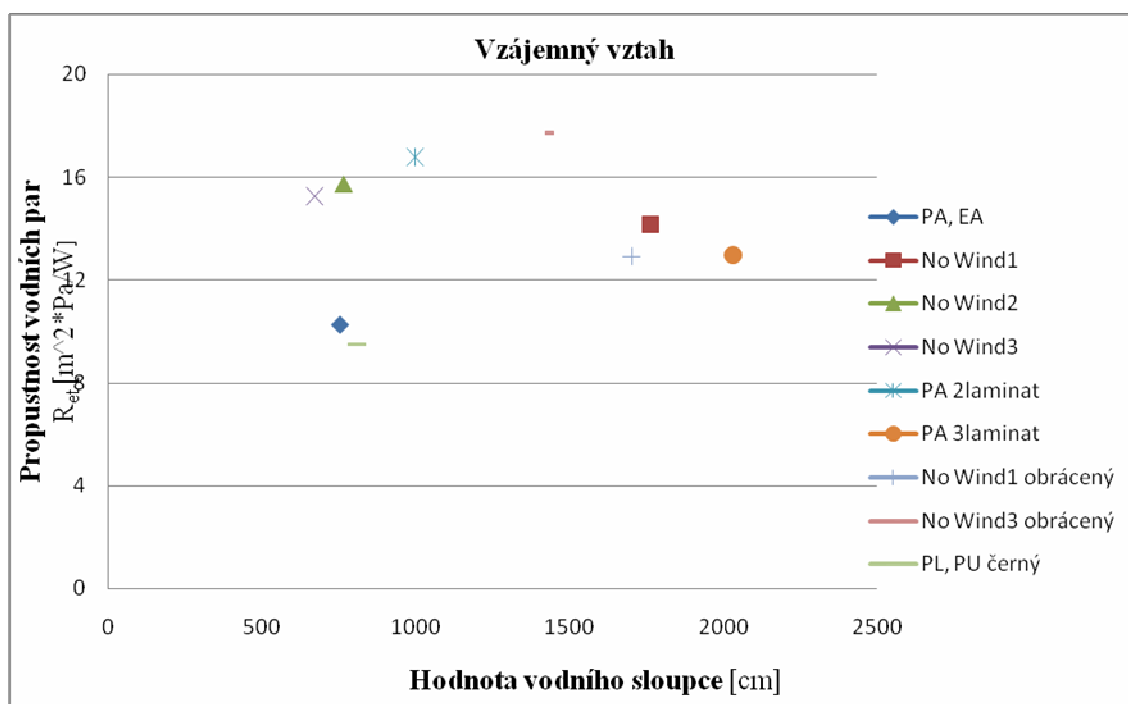
Materiál *No Wind 1* obrácený má o něco lepší propustnost, než když je měřený z lícové strany.

U *No Wind* materiálů s pořadovým číslem 2 a 3 vyšla lepší propustnost měřená z lícové strany.

Všechny tyto materiály mají uspokojivou propustnost.

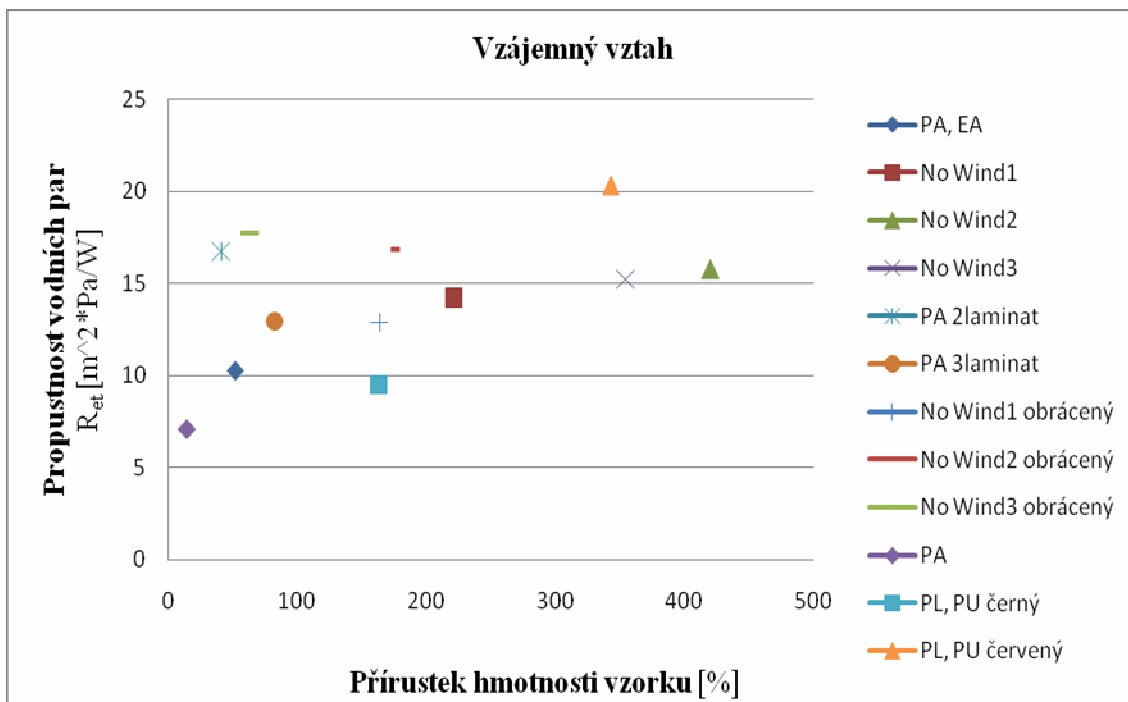
5. Hodnocení vzájemného vztahu mezi voděodolností a propustností vodních par

Výsledné porovnání vzájemného vztahu vodoodolnosti a propustnosti vodních par je zakresleno do dvou grafů, kde jsou zadány průměrné hodnoty jednotlivých materiálů. Propustnost vodních par měřená na přístroji SKIN MODEL PSM-2 a odolnost proti pronikání vody zjišťovaná pomocí přístroje SDL M018 jsou zadány v prvním grafu (obr. 30), propustnost vodních par a naměřená nepromokavost pomocí přístroje Bundesmann BP 2 jsou uvedeny v grafu druhém (obr.31).



Obr. 30

Vzájemný vztah nebyl prokázán.



Obr. 31

Vzájemný vztah nebyl prokázán.

6. Závěr

Podle výsledných hodnot požadavky splňuje materiál polyamid trojvrstvý laminát, který má dobrou propustnost vodních par, dobrý odperlovací efekt s nevelkým přírůstkem hmotnosti a z naměřených materiálů má nejvyšší hodnotu vodního sloupce.

Pro běžnou činnost jsou vhodné materiály polyamid s elasthanem a polyamid dvouvrstvý laminát. Polyamid s elasthanem, má dobrou propustnost vodních par a výborný odperlovací efekt s nízkým přírůstkem hmotnosti. Polyamid dvouvrstvý laminát má o něco horší propustnost a odperlovací efekt, ale menší přírůstek hmotnosti. Oba mají dostatečně vysoký vodní sloupec.

Dalším materiálem je polyamid, který má uspokojivý odperlovací efekt a pouze 14% přírůstek hmotnosti, ovšem výška vodního sloupce nedosahovala ani nejnižší hranice, kterou se udává nepromokavost. Proto se domnívám, že se jedná o materiál, který má vodoodpudivou úpravu.

Uspokojivé hodnoty propustnosti a odperlovacího efektu s nevelkým přírůstkem hmotnosti a vysokou hodnotou vodního sloupce byly zjištěny u materiálu No Wind 3, který byl měřen z rubové strany.

Materiál No Wind 1, zkoušený z rubové strany, měl dobrou propustnost a špatný odperlovací efekt s vysokým přírůstkem hmotnosti. Stejný materiál měřený z lícové strany měl horší propustnost i odperlovací efekt s vyšším přírůstkem. Výška vodního sloupce se výrazně nelišila, bez ohledu na to, zda bylo měření prováděno z lícové nebo rubové strany.

Zkoušené vzorky materiálu složeného z polyesteru a polyuretanu mají dobrou propustnost, ale špatný odperlovací efekt s vysokým přírůstkem hmotnosti. Výška vodního sloupce je dostačující.

No Wind s pořadovými čísly 2 a 3 měřené z lícové strany mají uspokojivou propustnost, špatný odperlovací efekt s velmi vysokým přírůstkem hmotnosti a výška vodního sloupce se pohybuje od 600 do 800 cm. Tyto materiály nejsou vhodné do silného deště kvůli značnému přírůstku hmotnosti.

No wind 2 měřený z lícové strany měl podobné vlastnosti jako No Wind 2 obrácený. Odolnost proti proniknutí vody nebylo možno porovnat.

Materiál složený z polyesteru a polyuretanu nespĺňuje ani jednu ze zkoumaných vlastností.

7. Použitá literatura

- [1] Cyklistika Krnov [on line]. [cit. 10. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://www.cyklistikakrnov.com/Cykloinformace/Obleceni-Pouzivane-materialy.htm>
- [2] Růžičková, D.: Oděvní materiály, 1.vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003, ISBN 80-7083-682-2
- [3] HIGH POINT [on line].[cit. 14. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://www.highpoint.cz/slovník/vodoodpudivost.html>
- [4] HIGH POINT [on line].[cit. 14. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://www.highpoint.cz/slovník/nepromokavost-vodeodolnost.html>
- [5] ALPINE PRO [on line].[cit. 14. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://www.alpinepro.cz/cze/article/co-je-to-vodni-sloupec>
- [6] Zouharová, J.: Výroba oděvů technologie spojování, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003,ISBN 80-7083-674-1
- [7] svetoutdooru [on line].[cit. 5. 3. 2009]. Dostupné z:
<http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107716-vite,-co-si-oblekate?-ii>
- [8] HIGH POINT [on line].[cit. 14. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://www.highpoint.cz/clanky/kdy-bunda-opravdu-dycha2.html>
- [9] Wikipedie otevřená encyklopedie [on line].[cit. 20. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Gore-Tex>
- [10] HUMI OUTDOOR [on line].[cit. 20. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://www.humi.cz/?!g=cz&str=6&id=38>
- [11] HIGH POINT [on line].[cit. 20. 12. 2008]. Dostupné z:
<http://www.highpoint.cz/materialy/no-wind.html>
- [12] E-learningová podpora výuky v laboratořích katedry oděvnictví [on line].
[cit. 5. 3. 2009]. Dostupné z: <http://krakatice.kod.tul.cz/frvs2025>
- [13] ČSN EN 20811 (80 0818)
- [14] Kryštůfek, J., Machaňová, D., Odvárka, J., Prášil, M., Wiener, J.: Zušlechťování textilií, Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2002

8. Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Vodní sloupec dle [5]</i>	11
<i>Obr. 2 Konstrukce Z- liner</i>	18
<i>Obr. 3 Laminát: vrchový materiál+membrána</i>	19
<i>Obr. 4 Laminát: podšívka+ membrána</i>	19
<i>Obr. 5 Trojvrstvý laminát</i>	20
<i>Obr. 6 Membrána Gore-Texu dle [9]</i>	22
<i>Obr. 7 Princip Gore-Tex</i>	22
<i>Obr. 8 Princip No Wind</i>	24
<i>Obr. 9 Příklad Bundesmann dle [12]</i>	25
<i>Obr. 10 Příklad Bundesmann - tvořiče kapek dle [12]</i>	26
<i>Obr. 11 Příklad Bundesmann - zařízení pro upínání zkoušených vzorků dle [12]</i>	26
<i>Obr. 12 Příklad Bundesmann – odstředivka dle [12]</i>	27
<i>Obr. 13 SDL M 018 - zkušební zařízení dle [12]</i>	28
<i>Obr. 14 PSM - Physiological skin model dle [12]</i>	30
<i>Obr. 15 PSM - hlavní měřicí jednotka - nákres dle [12]</i>	31
<i>Obr. 16 PSM - tepelný chránič dle [12]</i>	32
<i>Obr. 17 PSM - zkušební prostor dle [12]</i>	33
<i>Obr. 18</i>	36
<i>Obr. 19</i>	37
<i>Obr. 20</i>	37
<i>Obr. 21</i>	37
<i>Obr. 22</i>	38
<i>Obr. 23 Porovnání všech měření</i>	39
<i>Obr. 24 Porovnání No Wind materiálů</i>	40
<i>Obr. 25 Graf naměřených hodnot No Wind1</i>	45
<i>Obr. 26 Porovnání všech měření</i>	45

<i>Obr. 27 Porovnání No Wind materiálů</i>	46
<i>Obr. 28 Porovnání všech měření</i>	51
<i>Obr. 29 Porovnání No Wind materiálů</i>	52
<i>Obr. 30</i>	53
<i>Obr. 31</i>	54

9. Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Klasifikace prodyšnosti.....</i>	13
<i>Tab. 2 Přibližné hodnoty produkce tělesných výparů podle intenzity zátěže.....</i>	13
<i>Tab. 3 Pokles prodyšnosti v závislosti na vzrůstající teplotě a relativní vlhkosti vzduchu</i>	14
<i>Tab. 4 Ukázka naměřených hodnot No Wind1</i>	39
<i>Tab. 5 Ukázka naměřených hodnot No Wind1</i>	44
<i>Tab. 6 Ukázka naměřených hodnot No Wind1</i>	50

PŘÍLOHA

Použité materiály

Líc

Rub

Polyamid, elastan.

Složení: PA, EA

Membrána: polyuretanová

Vazba: nelze určit

No Wind 1

Složení: PL, PU

Membrána: polyuretanová

Líc: jednolícní pletenina

Rub: chytová pletenina

No Wind 2

Složení: PL, PU

Membrána: polyuretanová

Líc: fleec

Rub: jednolícní pletenina

No Wind 3

Složení: PL, PU

Membrána: polyuretanová

Líc: fleec

Rub: chytová pletenina

Polyamid dvouvrstvý laminát

Složení: PA

Membrána: porézního typu

Vazba: křížový kepr

Dostava – osnova: 600 n / 10 cm

- **útek:** 400 n / 10 cm

Polyamid trojvrstvý laminát

Složení: PA

Membrána: porézního typu

Vazba: kepr (nelze blíže určit)

Dostava – osnova: 700 n / 10 cm

- **útek:** 400 n / 10 cm

Polyamid

Složení: PA

Vazba: plátňová

Dostava – osnova: 660 n / 10 cm

- **útek:** 550 n / 10 cm

Polyester, polyuretan.

Složení: PL, PU

Membrána: polyuretanová

Líc: chytová pletenina

Polyester, polyuretan

Složení: PL, PU

Membrána: polyuretanová

Vazba: nelze určit

Odolnost vůči vodním parám za stálých podmínek

(zkouška pocení výhřevnou destičkou)

Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m²*Pa/W]
No Wind2	Vzorek 1	35,01	35,00	35,00	10,66	16,022
	Vzorek 2	35,00	35,00	35,00	10,76	14,850
	Vzorek 3	35,01	35,00	35,00	10,42	16,377
	\bar{x}					15,750
	<i>s</i>					0,652
	<i>v</i>					4,143

Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m²*Pa/W]
No Wind3	Vzorek 1	34,99	34,99	35,01	11,39	14,977
	Vzorek 2	35,00	35,00	35,00	11,10	15,364
	Vzorek 3	35,01	35,00	35,00	11,11	15,371
	\bar{x}					15,237
	<i>s</i>					0,184
	<i>v</i>					1,208

Zkoušený materiál byl 100% polyamid.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m²*Pa/W]
Polyamid (2 laminát)	Vzorek 1	35,00	35,00	35,01	10,19	16,742
	Vzorek 2	35,00	35,00	35,00	9,98	17,090
	Vzorek 3	35,01	35,00	35,01	10,36	16,464
	\bar{x}					16,765
	<i>s</i>					0,256
	<i>v</i>					1,528

Zkoušený materiál byl polyamid.

		$T_m [^{\circ}\text{C}]$	$T_s [^{\circ}\text{C}]$	$T_a [^{\circ}\text{C}]$	$H [\text{W}]$	$R_{\text{et}} [\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}]$	
Polyamid (3 laminát)	Vzorek 1	34,99	34,99	35,00	13,60	12,542	
	Vzorek 2	35,00	35,00	35,00	13,11	13,016	
	Vzorek 3	35,00	35,00	35,00	12,83	13,294	
	\bar{x}						12,951
	s						0,310
	v						2,397

Zkoušený materiál byl polyamid, elastan.

		$T_m [^{\circ}\text{C}]$	$T_s [^{\circ}\text{C}]$	$T_a [^{\circ}\text{C}]$	$H [\text{W}]$	$R_{\text{et}} [\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}]$	
Polyamid, elastan	Vzorek 1	35,01	35,01	35,01	16,95	10,062	
	Vzorek 2	35,00	35,00	35,00	15,28	11,165	
	Vzorek 3	35,00	35,00	35,01	17,91	9,526	
	\bar{x}						10,251
	s						0,682
	v						6,656

Zkoušený materiál obrácený No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

		$T_m [^{\circ}\text{C}]$	$T_s [^{\circ}\text{C}]$	$T_a [^{\circ}\text{C}]$	$H [\text{W}]$	$R_{\text{et}} [\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}]$	
No Wind obrácený	Vzorek 1	35,00	35,00	35,01	13,18	12,942	
	Vzorek 2	35,00	35,00	34,93	13,33	12,793	
	Vzorek 3	35,00	35,00	34,95	13,15	12,975	
	\bar{x}						12,903
	s						0,079
	v						0,614

Zkoušený materiál obrácený No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m ² *Pa/W]
No Wind obrácený	Vzorek 1	35,00	35,00	34,98	10,16	16,801
	Vzorek 2	35,00	35,00	34,99	10,15	16,803
	Vzorek 3	35,00	35,00	34,99	10,18	16,760
	\bar{x}					16,788
	s					0,020
	v					0,118

Zkoušený materiál obrácený No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m ² *Pa/W]
No Wind obrácený	Vzorek 1	35,00	35,00	34,97	10,06	16,955
	Vzorek 2	35,02	35,00	34,93	9,28	18,415
	Vzorek 3	35,01	35,00	34,92	9,63	17,733
	\bar{x}					17,701
	s					0,596
	v					3,370

Zkoušený materiál byl polyamid.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m ² *Pa/W]
Polyamid	Vzorek 1	35,02	35,01	34,97	21,80	7,829
	Vzorek 2	35,00	35,00	34,96	25,92	6,584
	Vzorek 3	35,01	35,00	34,94	25,14	6,786
	\bar{x}					7,066
	s					0,546
	v					7,720

Zkoušený materiál byl polyester, polyuretan.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{et} [m ² *Pa/W]
Polyester, polyuretan černý	Vzorek 1	35,00	35,00	34,96	19,28	8,851
	Vzorek 2	35,01	35,00	34,97	16,52	10,329
	Vzorek 3	35,00	35,00	35,01	18,28	9,330
	\bar{x}					9,503
	s					0,616
	v					6,479

Zkoušený materiál byl polyester, polyuretan.

		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	R_{ef} [m ² *Pa/W]
Polyester, polyuretan červený	Vzorek 1	35,00	35,00	35,02	9,22	18,504
	Vzorek 2	35,00	35,00	35,03	8,97	19,025
	Vzorek 3	35,01	35,00	35,01	11,68	23,394
	\bar{x}					20,308
	s					2,193
	ν					10,797

Stanovení nepromokavosti plošných textilií Bundesmannovou zkouškou deštěm

Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
No Wind 2	1	5,679	30,176	413,36	E	0
	2	5,639	29,200	417,82	E	0
	3	5,613	29,692	428,99	E	0
	\bar{x}	5,644	29,689	420,057		
	s	0,027	0,398	6,574		
	v	0,481	1,342	1,565		

Přestože měl materiál vysoký přírůstek hmotnosti, voda na rubovou stranu neprosákla.

Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
No Wind 3	1	4,522	19,658	334,720	E	0
	2	4,470	20,530	359,280	E	0
	3	4,501	21,100	371,010	E	0
	\bar{x}	4,498	20,429	355,003		
	s	0,021	0,593	15,121		
	v	0,475	2,903	4,259		

Zkoušený materiál byl polyamid.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
Polyamid (2 laminát)	1	2,417	3,337	38,060	B	0
	2	2,425	3,910	61,230	B	0
	3	2,408	2,982	23,840	B	0
	\bar{x}	2,417	3,410	41,043		
	s	0,007	0,382	15,409		
	v	0,287	11,213	37,544		

Zkoušený materiál byl 100% polyamid.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
Polyamid (3 laminát)	1	2,738	4,954	80,930	B	0
	2	2,766	5,018	81,410	B	0
	3	2,763	5,092	84,290	B	0
	\bar{x}	2,756	5,021	82,210		
	s	0,013	0,056	1,484		
	v	0,456	1,123	1,805		

Zkoušený materiál byl polyamid, elastan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
Polyamid, elastan	1	5,503	8,161	48,30	A	0
	2	5,523	8,652	56,65	A	0
	3	5,498	8,202	49,65	A	0
	\bar{x}	5,508	8,338	51,53		
	s	0,011	0,222	3,660		
	v	0,196	2,668	7,102		

Zkoušený materiál obrácený No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
No Wind 1 obrácený	1	2,246	6,018	167,943	E	0
	2	2,221	5,923	166,682	E	0
	3	2,282	5,864	156,968	E	0
	\bar{x}	2,250	5,935	163,86		
	s	0,025	0,063	4,904		
	v	1,113	1,069	2,993		

Zkoušený materiál obrácený No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
No Wind 2 obrácený	1	5,678	16,178	184,924	E	0
	2	5,632	15,863	181,658	E	0
	3	5,608	14,186	152,960	E	0
	\bar{x}	5,639	15,409	173,181		
	s	0,029	0,874	14,360		
	v	0,515	5,674	8,292		

Zkoušený materiál obrácený No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
No Wind 3 obrácený	1	4,522	7,919	75,122	D	0
	2	4,464	7,156	60,305	D	0
	3	4,498	6,968	54,913	D	0
		4,495	7,348	63,447		
	s	0,024	0,411	8,544		
	v	0,529	5,597	13,466		

Zkoušený materiál byl polyamid

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek hmotnosti vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
100% polyamid	1	1,068	1,206	12,921	C	0
	2	1,036	1,137	9,749	C	0
	3	1,049	1,260	20,114	C	0
	\bar{x}	1,051	1,201	14,262		
	s	0,013	0,050	4,336		
	v	1,250	4,191	30,407		

Zkoušený materiál byl polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek k hmotnosti i vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
Polyester, polyuretan černý	1	2,402	6,574	173,689	E	0
	2	2,485	6,328	154,648	E	0
	3	2,419	6,276	159,446	E	0
	\bar{x}	2,435	6,393	162,594		
	s	0,036	0,130	8,086		
	v	1,470	2,033	4,973		

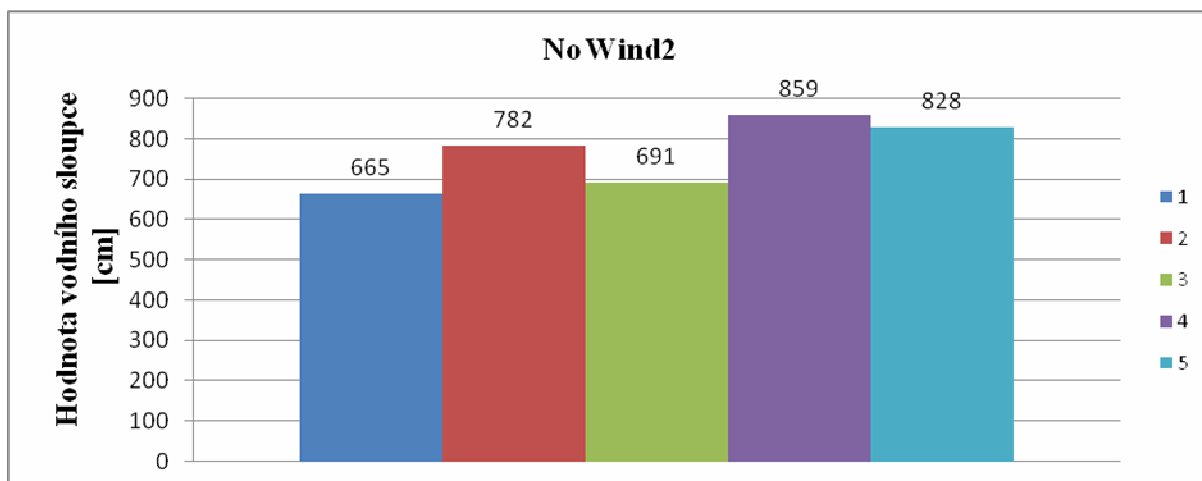
Zkoušený materiál byl polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]		Přírůstek k hmotnosti i vzorku [%]	Odperlovací efekt [stupeň]	Množství proteklé vody [ml]
		suchá m_k	mokrá m_v			
Polyester, polyuretan červený	1	5,423	23,879	340,328	E	10
	2	5,259	22,999	337,326	E	20
	3	5,164	23,273	350,678	E	39
	\bar{x}	5,282	23,384	342,777		
	s	0,107	0,368	5,719		
	v	2,025	1,572	1,668		

Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody

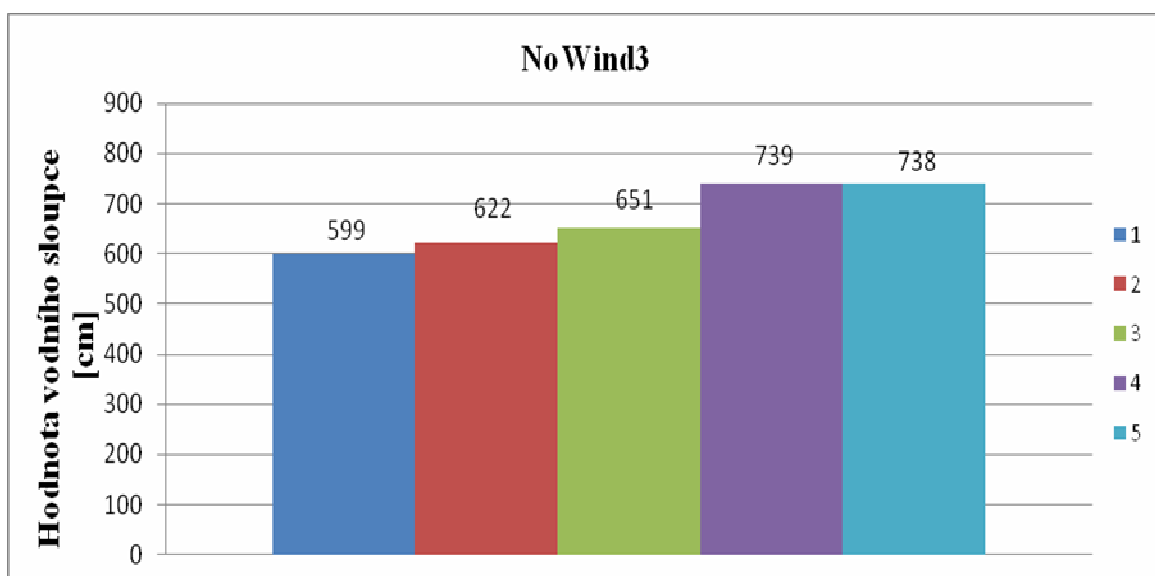
Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]	Poznámky
No Wind2	1	665	proniknutí více kapek najednou
	2	782	proniknutí více kapek najednou
	3	691	proniknutí více kapek najednou
	4	859	proniknutí více kapek najednou
	5	828	proniknutí více kapek najednou
	\bar{x}	765	
	s	75,59	
	v	9,88	



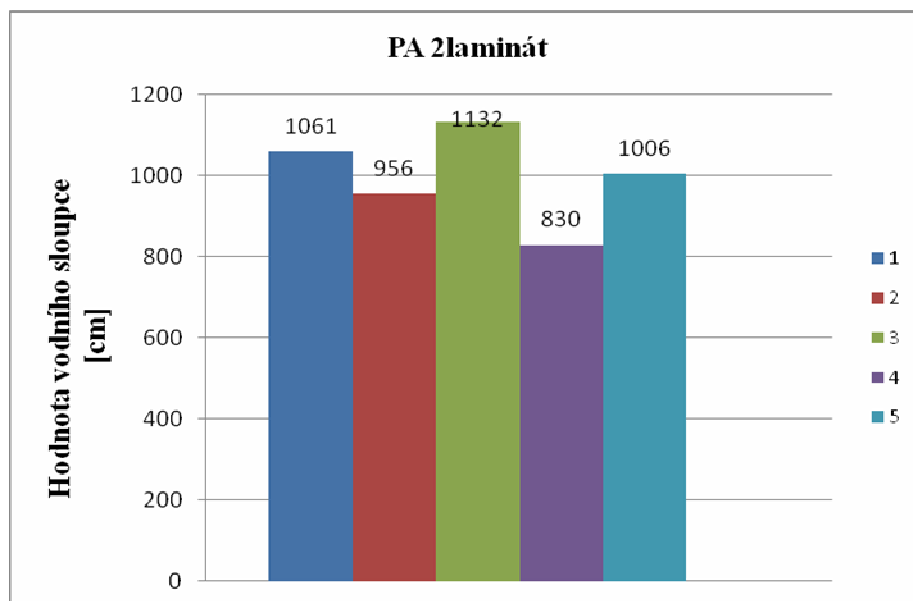
Zkoušený materiál No Wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]	Poznámky
No Wind3	1	599	proniknutí více kapek najednou
	2	622	proniknutí více kapek najednou
	3	651	proniknutí více kapek najednou
	4	739	proniknutí více kapek najednou
	5	738	proniknutí více kapek najednou
	\bar{x}	669,8	
	s	58,47	
	v	8,73	



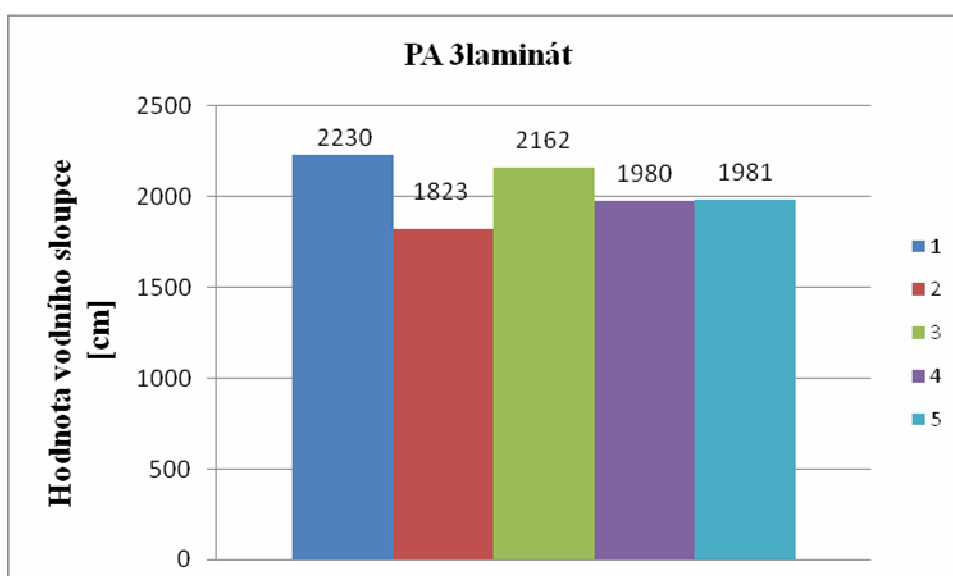
Zkoušený materiál byl polyamid.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]
Polyamid (2 laminát)	1	1061
	2	956
	3	1132
	4	830
	5	1006
	\bar{x}	997
	s	101,95
	v	10,23



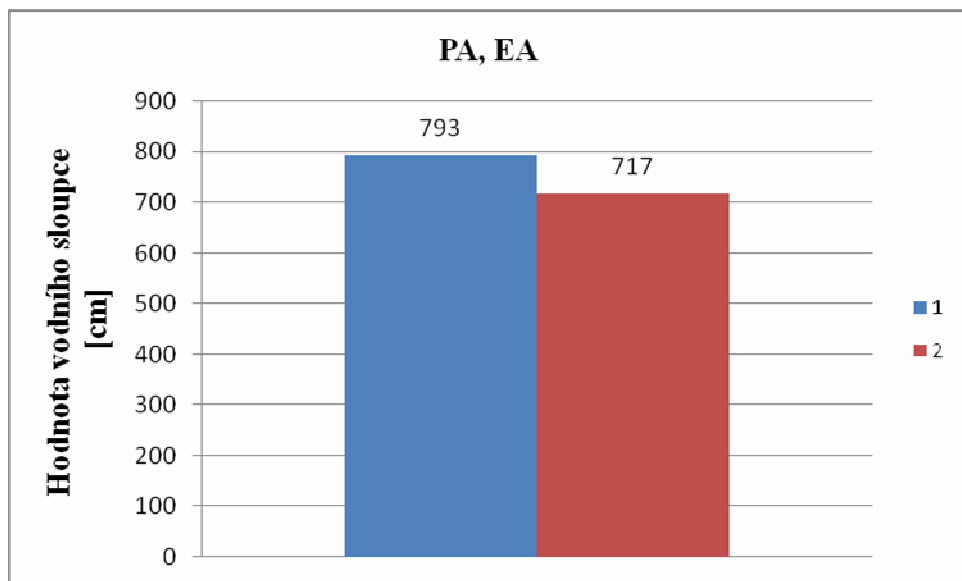
Zkoušený materiál byl polyamid.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]	Poznámky
Polyamid (3 laminát)	1	2230	materiál praskl
	2	1823	odlepila se membrána od vrchového materiálu
	3	2162	odlepila se membrána od vrchového materiálu
	4	1980	materiál praskl
	5	1981	materiál praskl
	\bar{x}	2035,2	
	s	144,94	
	v	7,12	



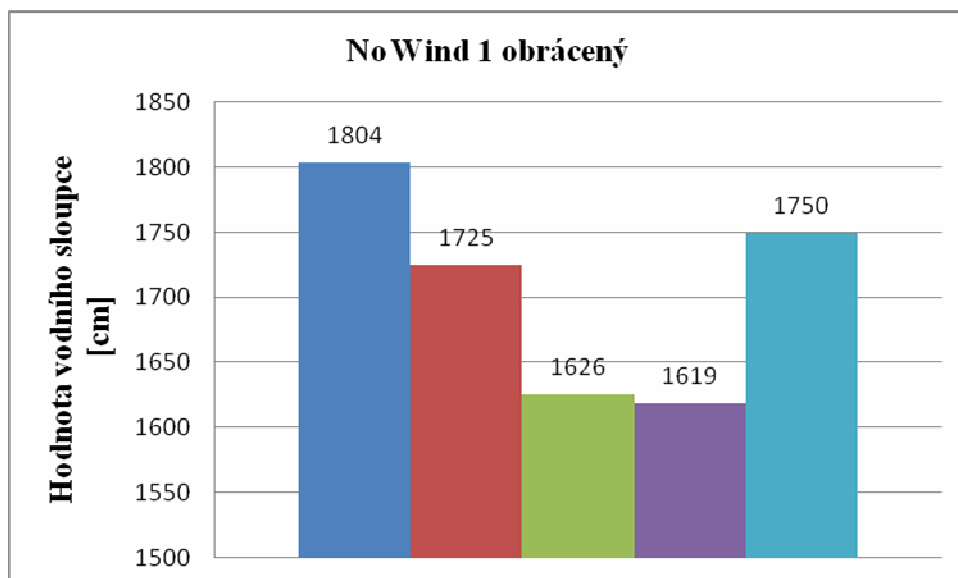
Zkoušený materiál byl polyamid, elastan.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]
Polyamid, elastan	1	793
	2	717
	\bar{x}	755
	s	38,00
	v	5,03



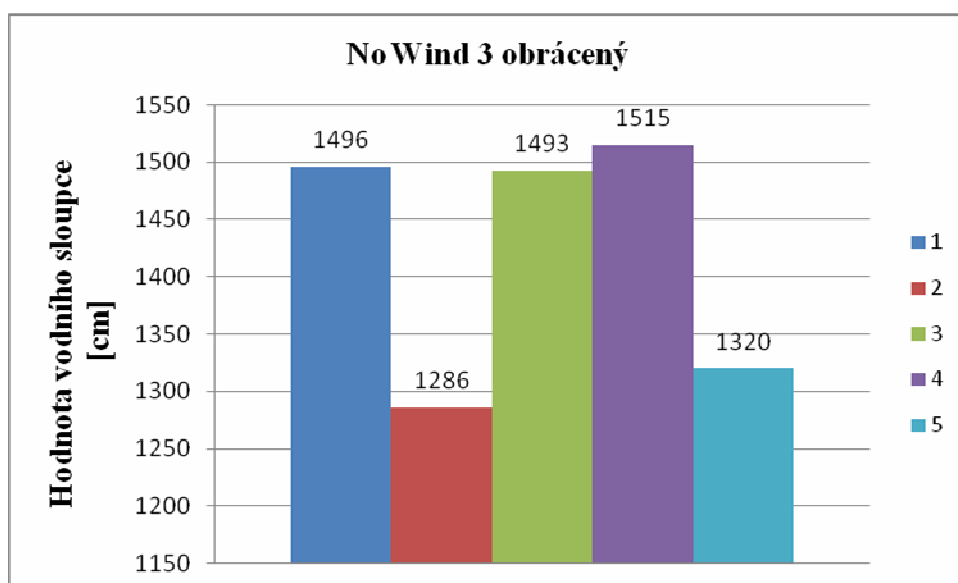
Zkoušený materiál obrácený No-wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]
No Wind1 obrácený	1	1804
	2	1725
	3	1626
	4	1619
	5	1750
	\bar{x}	1704,8
	s	71,92
	v	4,22



Zkoušený materiál obrácený No-wind, který má složení polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]
No Wind3 obrácený	1	1496
	2	1286
	3	1493
	4	1515
	5	1320
	\bar{x}	1422
	s	98,05
	v	6,90



Zkoušený materiál byl polyester, polyuretan.

Materiál	Číslo vzorku	Výška vodního sloupce [cm]
PL, PU černý	1	623
	2	543
	3	684
	4	449
	5	581
		576
	s	78,89
	v	13,70

