

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



OVĚŘOVÁNÍ NOVÉ METODY HODNOCENÍ
HYDROSTATICKÉ ODOLOSTI TEXTÍLIÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2016

Bc. Martin Bulíř



Ověřování nové metody hodnocení hydrostatické odolnosti textilií

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství
Autor práce: **Bc. Martin Bulíř**
Vedoucí práce: prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Verification new evaluation methods hydrostatic resistance of textiles

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Bc. Martin Bulíř**
Supervisor: prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.



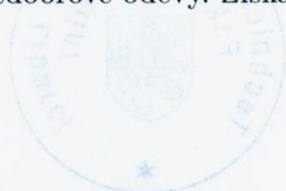
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Bulíř**
Osobní číslo: **T13000135**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Produktové inženýrství**
Název tématu: **Ověřování nové metody hodnocení hydrostatické odolnosti
textilií**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. Uveďte stručný přehled poznatků o komfortu textilií a způsobů jeho hodnocení. Popište princip komerčních přístrojů pro hodnocení hydrostatické odolnosti textilií a související měřicí metodu a základní poznatky o vlivu konstrukce a složení polopropustných textilií na jejich hydrostatickou odolnost.
2. Sestavte smáčecí zařízení pro simulaci vzniku hydrostatického tlaku při zakleknutí nositele polopropustných kalhot do vlhké trávy na principu zcela vlhké kruhové porézní polyuretanové desky stlačované průhledným kulovým předmětem o průměru cca 10 cm pokrytým řídkým úpletem. Tlak ve vrstvě pokryté testovanou textilií jako funkce stlačení bude měřen tlakoměrem.
3. Dle možnosti sestavte jednoduchý matematický model pro velikost tlaku v uzavřené elastické simulační vrstvě coby funkce stlačení. Funkci přístroje a příp. i platnost matematického modelu ověřte proměřením alespoň 5 různých vzorků obsahující jak mikroporézní, tak hydrofilní membrány o předem známých (změřených) hodnotách jejich hydrostatické odolnosti a výparného odporu. Stlačování vrstvy by mělo probíhat pomalu a kritický tlak by se měl projevit vznikem vlhké skvrny v místě největšího stlačení vrstvy.
4. Výsledky měření zpracujte statisticky a porovnejte je s doporučenými hodnotami hydrostatické odolnosti pro kvalitní outdoorové oděvy. Získané poznatky komentujte.



Rozsah grafických prací:

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

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

Seznam odborné literatury:

Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TUL-FT, 2005

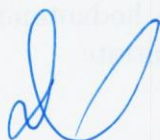
Kuneš J. a kol. : Tepelné bariéry, Academia 2003

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.**

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: **27. března 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2016**



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



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

V Liberci dne 19. dubna 2016

Prohlášení

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

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

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

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

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

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc a konzultantovi diplomové práce Ing. Pavle Těšínové, Ph.D. za cenné a podmětné rady týkající se dané problematiky a za dohled nad postupem při vzniku této práce.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a manželce, která mi byla oporou během celého studia a psychicky mě velmi podporovala.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá hydrostatickou odolností textilií a konstrukcí vlastního smáčecího zařízení pro simulaci vzniku hydrostatického tlaku. V práci je popsán stručný přehled poznatků o komfortu textilií a způsob jejich hodnocení. V experimentální části byly materiály podrobeny mikroskopickému rozboru a podrobeny několika měřením. Na všech vzorcích byla změřena tloušťka, plošná hmotnost, výparný odpor, hydrostatická odolnost na komerčním přístroji a následně na zkonstruovaném přístroji. V závěru práce jsou všechny tyto výsledky popsány a je nastíněna možnost dalšího vývoje zkonstruovaného přístroje.

KLÍČOVÁ SLOVA:

komfort textilií, outdoor, membrána, reologie, hydrostatická odolnost, měřič průsaku

ANNOTATION

The thesis deals with hydrostatic resistance of textiles and design their own wetting device for simulating formation of hydrostatic pressure. The work describes a brief overview of knowledge about the comfort of fabric and way of their evaluation. In the experimental part, the materials were subjected to microscopic analysis and subjected to several measurements. All samples were measured thickness, surface weight, evaporative resistance, resistance to hydrostatic commercial device and then to construct the device. In conclusion, all these results are described and outlined the possibility of further developments constructed device.

KEYWORDS:

comfort fabric, outdoor, membrane, rheology, hydrostatic resistance measurements leak

OBSAH

PODĚKOVÁNÍ	7
ANOTACE.....	8
ANNOTATION	8
OBSAH.....	9
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	11
ÚVOD	12
TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1. KOMFORT	14
1.1 Termofyziologický komfort textilií	14
2.1 Výpočet termofyziologických vlastností z naměřených hodnot	16
3.1 Termoregulace lidského organismu	16
4.1 Hodnocení propustností textilií pro vzduch a vodní páry	17
2. OUTDOOR.....	19
2.1 Nepromokavé a vodním parám propustné materiály.....	19
2.2 Rozdělení outdoorových materiálů.....	20
2.3 Laminování užitím membrán	21
2.4 Membrány.....	22
2.4.1 Mikroporézní membrány	22
2.4.2 Neporézní membrány	23
2.5 Zátěry	24
2.5.1 Mikroporézní zátěry.....	24
2.5.2 Hydrofobní zátěry	25
2.6 Kombinace mikroporézních a hydrofilních zátěrů a membrán.....	26
2.7 Srovnání hydrofilních a hydrofobních membrán a zátěrů	26
3. MĚŘENÍ VÝPARNÉHO ODPORU - PERMETEST	27
4. HYDROSTATICKÁ ODOLNOST TEXTILÍ	29
4.1 Přístroje pro měření výšky vodního sloupce	29
4.2 Princip a průběh měření	30
4.3 Norma měření.....	30
4.4 Volba nenormované rychlosti nárůstu hydrostatického tlaku.....	31
5. REOLOGIE	31
5.1 Reologie polymerů	32
5.1.1 Hookeův zákon	32
5.1.2 Newtonův zákon	33
5.1.3 Relaxace – Maxwellův model	34
5.1.4 Kříp – Kelvinův model	35
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
6. TESTOVANÉ VZORKY ALPINE PRO.....	41
6.1 Představení firmy Alpine Pro, a.s.	41
6.2 Popis testovaných vzorků materiálů	41
7. VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	45

7.1	Tloušťka materiálů	45
7.2	Plošná hmotnost	45
7.3	Rozbor textilie pod mikroskopem	46
7.4	Měření výparného odporu	47
7.5	Měření hydrostatické	48
7.6	Měření na modifikovaném přístroji – měřiči průsaku	51
7.6.1	Porovnání hodnot měření bez mřížky a s mřížkou	57
7.6.2	Porovnání hodnot měření na modifikovaném přístroji a Hydrostatic Head tester .	58
	ZÁVĚR.....	62
	LITERATURA	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

A	plocha zkušebního vzorku [cm^2]
BAR	jednotka tlaku v soustavě [PA]
CO ₂	oxid uhličitý
ČSN	česká technická norma
ČSN EN ISO	označení norem převzatých od ISO (International Organization for Standardization)
E	modul pružnosti [N/m^2]
F _n	normálové napětí [N/m]
F _x	napětí v membráně v ose x [N/m]
F _y	napětí v membráně v ose y [N/m]
H ₂ O	voda
KHT	katedra hodnocení textilií
M	hmotnost [g]
PES	polyester
P	propustnost pro vodní páry [%]
p	hydrostatický tlak [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]
Pa	parciální tlak vodní páry ve vzduchu [Pa]
P _m	nasyčený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa]
Pre _l	relativní propustnost [%]
P _{abs}	absolutní propustnost [%]
q	tepelný tok [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
r	poloměr [cm]
R	poloměr nafouknuté membrány [cm]
R _{et}	výparný odpor [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{E}$]
rH	relativní vlhkost [%]
S	plocha [m^2]
T	smykové napětí
TUL	technická univerzita Liberec

ÚVOD

Základní potřeba člověka v oblékání se neustále mění a vyvíjí, neboť jsou používány stále nové a nové technologie při výrobě a vývoji textilních materiálů. Výrobci funkčního oblečení musí neustále inovovat a zvyšovat kvalitu výrobků, aby obstáli v boji s konkurencí a uspokojili potřeby zákazníků. Jedna ze základních funkcí oděvu při jeho používání je ochrana proti okolnímu prostředí a komfort při jeho nošení. I přes všeobecné vnímání estetického dojmu jsou vlastnosti výrobku a jejich vliv na člověka rozhodující pro pocit nošení. Těmito vlastnostmi rozumíme funkční vlastnosti, kterými disponuje především outdoorové oblečení, které vám zajistí pohodlný pobyt především v přírodě. Důležitou součástí outdoorového oblečení je především svrchní vrstva. Správný výběr svrchní vrstvy oceníte ve chvíli, kdy vám povětrnostní podmínky nebudou zrovna přát. Svrchní vrstvou rozumíme ochrannou vrstvu, která chrání proti vlivům počasí a zároveň uchovává vlastnosti vrstev spodních. Hlavní funkcí outdoorového oblečení je tedy poskytnout maximální možnou ochranu těla před mrazem, větrem, chladem a ostatními nepříznivými podmínky počasí a zároveň ochránit zdraví. Nevhodně zvolená svrchní vrstva může způsobit chlad či nepříjemný pocit z mokrého oblečení. Proto je důležité, aby svrchní vrstva zabránila ztrátě tělesného tepla a prochladnutí. Mezi základní a důležité vlastnosti svrchní vrstvy jsou nepromokavost, prodyšnost a tepelná odolnost.

Svrchní outdoorová vrstva by měla být nepromokavá, čímž zabrání promočení spodní izolační vrstvy. Nepromokavost se udává pomocí výšky vodního sloupce, při kterém tkanina propustí vodní kapky. Na základě evropských norem je dáno, že materiál je nepromokavý, odolá-li tlaku 1300 mm vodního sloupce. Toto ovšem nestačí, neboť již při kleknutí na zem se vyvolá tlak cca 15000 mm. Proto je důležité vybrat outdoorové oblečení s co nejvyšším vodním sloupcem (měřeno dle ISO 811) vhodným pro danou aktivitu. Oblečení by dále mělo být prodyšné, aby tělesné výpary mohly odcházet od těla ven a nedocházelo k hromadění vlhkosti ve spodních vrstvách, které by měli zůstat suché. Prodyšnost svrchní vrstvy se měří v jednotkách $\text{Pa} \times \text{m}^2 / \text{W}$ (R_{et}), což vyjadřuje, jak je látka prodyšná (energie, kterou je nutné vyvolat k odpaření určitého množství vody při specifikované teplotě a vlhkosti). Platí zde jednoduché pravidlo: čím je hodnota R_{et} nižší (myšleno nižší energie potřebná pro odvod vody), tím je látka prodyšnější (měřeno dle ISO 11092).

V této diplomové práci je seříděn stručný přehled poznatků o komfortu textilií, způsobu jeho hodnocení a konstrukci vlastního smáčecího zařízení, které simuluje vznik hydrostatického tlaku. Pro testování jsou zapůjčeny vzorky od přední české firmy zabývající se výrobou outdoorového oblečení.

Cílem je zkonstruovat vlastní smáčecí zařízení, na kterém bude změřena hydrostatická odolnost textilií, porovnat změřené hodnoty s komerčním přístrojem a následně simulovat ostrou hranu působící na materiál. Takto zkonstruovaný jednoduchý přístroj by mohl sloužit obchodníkům a zákazníkům, kteří si chtějí ověřit skutečné parametry materiálů.

TEORETICKÁ ČÁST

1. KOMFORT

Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce tzv. v optimu a okolí včetně oděvu nevytváří nepříjemné vjemy pro naše smysly. Komfort je možné definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů. Komfort je vnímán všemi lidskými smysly mimo chuti, tedy hmatem, zrakem, sluchem a čichem. Pokud nastane pro člověka pocit chladu nebo tepla mluvíme pak o diskomfortu. Pocit tepla se dostavuje při zvýšeném pracovním nasazení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocit chladu je způsoben reakcí na nízkou teplotu klimatu nebo nízké pracovní zatížení. Komfort rozdělujeme na psychologický, sensorický, termofyziologický a patofyziologický. [1]

1.1 Termofyziologický komfort textilií

Termofyziologický komfort, který nám poskytuje oděv lze hodnotit pomocí přístrojů, které přesně charakterizují příslušný fyzikální děj, nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla. Termofyziologický komfort textilie lze charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu. [1]

Výparný odpor, který při měřeních simulujících reálné přenosové vjemy při nošení oděvu, přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající na základě odparu potu. Rozlišujeme celkový výparný odpor oděvu a výparný odpor vrstvy vnějšího přilehlého vzduchu, tzv. mezní vrstvy. [1]

Termofyziologický komfort nastává za těchto optimálních podmínek:

- teplota pokožky: 33 - 35°C,
- relativní vlhkost vzduchu: 50 + 10%,
- rychlost proudění vzduchu: 25 + 10 m/s,
- obsah CO₂: 0,07%,
- nepřítomnost vody na pokožce.

Je nutné konstruovat oděvy, aby jejich schopnost přenosu tepla, kapalné i plynné vlhkosti, případně někdy i vzduchu zajišťovaly při nošení tyto optimální hodnoty. [1]

Metody měření termofyziologického komfortu

GRAVIMETRICKÁ METODA

Pro stanovení termofyziologického komfortu se vychází z hodnot relativní propustnosti vodních par dle ČSN 80 0855. Měření spočívá v upevnění kruhového vzorku textilie na misku obsahující silikagel, zvážení misky se vzorkem (G0) před expozici v klimatizační skříni, zvážení (G1) po 6 hodinové expozici (po uplynutí doby τ) a výpočtu relativní propustnosti Prel dle vztahu: [1]

$$\bullet \text{ Prel} = (G1 - G0) / G0 [\%] \quad (1)$$

nebo absolutní propustnosti:

$$\bullet \text{ Pabs} = (G1 - G0) / S \tau [\text{kg/m}^2 \text{ hod}] \quad (2)$$

Tato metoda je zdlouhavá a má nízkou přesnost, a to hlavně díky časově nelineární sorpci rozpouštědla. [1]

METODA DREO

V případě použití metody Dreo se vzorek upevní na podložku mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda a přes vrchní vrstvu proudí suchý vzduch. Spodní vrstva chrání a odděluje vzorek od vodní hladiny a vrchní vrstva chrání před průnikem vzduchu. Ztráta vody se odečítá na stupnici skleněné kapiláry. Měření se provádí cca 15 minut. [1]

SKIN MODEL

Skin model funguje na principu vyhřívání a zavlhčování porézní desky, která je základem přístroje. Deska slouží k simulaci procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází mezi lidskou pokožkou a okolím. Měření se mohou provádět buď separátně, nebo při měnících se vnějších podmínkách, zahrnujících kombinaci různých teplot, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. Naměřené hodnoty mohou tedy odpovídat rozdílným ustáleným i proměnlivým okolním podmínkám nošení oděvu. [1]

Při určování propustnosti textilie pro vodní páry je vyhřívána porézní deska pokryta membránou, která propouští vodní páry, ale nepropouští vodu. Voda přiváděná k vyhřívání desce se odpařuje a prochází membránou ve formě páry, takže zkušební vzorek nepřijde do kontaktu s vodou. [1]

2.1 Výpočet termofyziologických vlastností z naměřených hodnot

Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry

Propustnost textilií pro vodní páry p [%] je parametr, kde 100% propustnost představuje tepelný tok q_0 vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako měřený vzorek. Zakrytím této hladiny měřeným vzorkem se tepelný tok sníží na hodnotu q_v . Platí:

- $p = 100 (q_v / q_0)$ [%] (3)

Stanovení výparného odporu

- $R_{et} = (P_m - P_a) (q_v - 1 - q_0 - 1)$ [g/m² za 24 hod.]. (4)

P_m nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa]

P_aparciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]. [1]

3.1 Termoregulace lidského organismu

Termoregulace je schopnost organismu udržet si stálou tělesnou teplotu na optimální úrovni. Nejvyšší tělesná teplota je na nejlépe prokrvených místech těla (hlava, břicho, prsa) a pohybuje se v rozmezí 34 - 36°C. Pokožka má průměrnou teplotu mezi 32 - 34°C, na krajních místech těla (ruce, nohy) je teplota mezi 29 - 31°C. Nejchladnější místo lidského těla je špička nosu, ušní laloky a špičky prstů, jejich teplota se pohybuje v rozmezí mezi 23 - 28°C. Vnitřní teplota těla se pohybuje okolo hranice 37°C. Lidské tělo v rámci termoregulace produkuje vodu, a to ve formě potu. Při teplotě kolem 34°C lidské tělo uvolní 0,03 l/h a při teplotě nad 34°C je to i 0,7 l/h. [1]

Ochlazovací efekt vznikne pouze při odpaření potu. U oblečeného člověka se transport vlhkosti řídí jinými principy: difúzí, kapilárně, sorpčně. Všechny uvedené mechanismy se transportu vlhkosti zúčastňují současně. Nejrychlejší je kapilární a difúzní mechanismus transportu a poslední je způsob sorpční. [1]

Difúzní prostup vlhkosti je z povrchu kůže přes textilií umožňován prostřednictvím pórů. Odpor jednotlivých vrstev oděvu se pak sčítá. Velkou roli zde hraje i odpor vzduchových mezivrstev. Díky větší porositě mají otevřené materiály (pleteniny) vyšší propustnost pro vodní pár nebo nižší odpor proti přenosu vodní páry než tkaniny. [1]

Kapilární odvod potu spočívá na principu ulpívání kapalného potu na kůži a je v kontaktu s vrchní vrstvou textilie. Za pomoci kapilárních cest pak vzlíná do její plochy, a to všemi směry. Tento jev označujeme jako knotový efekt. V případě povrchové úpravy vláken se kapilární tlak zvýší a dochází ke zvýšení knotového efektu.

Sorpční proces je založen na předpokladu vniku vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následném navázání na hydrofilní skupiny molekulové struktuře. Jedná se o nejpomalejší proces, který je podmíněn použitím textilie obsahující alespoň částečně textilní vlákna. [1]

4.1 Hodnocení propustností textilií pro vzduch a vodní páry

Odolnost proti vodě je jedno z důležitých kritérií pro kvalitní outdoorový materiál. Materiály odolné proti vodě můžeme rozdělit na několik skupin. [2]

Vodoodpudivé materiály vydrží jen malý déšť, jde o tkané materiály, které mohou být dodatečně impregnovány pro zvýšení vodoodpudivosti. Voděodolné materiály je většina levných tenkých zátěrů, s udávanou hodnotou vodního sloupce okolo 1000mm. Poslední materiály z hlediska odolnosti proti vodě jsou materiály nepromokavé. Nepromokavost je schopnost odolat průniku vody z venku. Udává se jako výška vodního sloupce, kdy tkanina propustí první kapky vody. Měří se pomocí statického testu vodního sloupce a uvádí se jako přepočtený hydrostatický tlak definovaný metry vodního sloupce. Platí, že čím větší hodnota vodního sloupce, tím lepší nepromokavost. Za nepromokavý materiál můžeme považovat takový materiál, který má hodnotu vodního sloupce již od 1300mm. Ve skutečnosti se ale setkáváme u svrchního outdoorové oblečení s daleko vyššími hodnotami, a to především z důvodu namáhání těchto materiálů při používání. Rozmezí těchto hodnot je mezi 10000 – 20000mm vodního sloupce. Celková nepromokavost pak je zajištěna podlepováním švů, dnes nejčastěji moderními bezešvými technologiemi. Pozor na to, že nepromokavost udává hodnoty materiálu, nikoliv výrobku. [2]

Tab. 1 Doporučené hodnoty výšky vodního sloupce některých aktivit [2]

Výška vodního sloupce	Spolehlivě ochrání průniku vody při:
5 000 mm	sezení v mokré trávě, na mokré lavičce
12 000 mm	klečení na kolenou v mokré trávě nebo sněhu
15 000 mm	tlaku popruhů těžkého batohu
30 000 mm	pádu suchého lyžaře v plné rychlosti do mokrého sněhu

Kvalitní nepromokavý materiál by měl mít schopnost tzv. „dýchat“, tzn. být paropropustný. [3] V případě nedostatečné paropropustnosti, může docházet k přehřátí těla a spodní vrstvy oblečení by zvlhly vlastním potem. Kvalitní outdoorový oděv by měl tedy být dostatečně propustný, aby docházelo k odvodu tělesného potu při zvýšené aktivitě a zabránil tak prochladnutí po jejím ukončení. Takovéto materiály dnes splňují vysoké požadavky na paropropustnost při vysoké voděodolnosti. Nejlepších výsledků v tomto směru dosahují membránové materiály. Mezi nejznámější u nás patří BlocVent[®], Gelanots[®] XP, Dermizax[®]. Horší vlastnosti budou mít zátěžové materiály, kterých je u nás nepočítaně. Membránové materiály můžeme rozdělit na porézní a neporézní, a i když pracují na odlišných principech, jejich výsledky nejsou tolik odlišné. Výhoda neporézní membrány je, že dokáže částečně převádět zkondenzovanou vlhkost díky své hydrofilní povaze. [4]

Paropropustnost udáváme v $\text{g/m}^2/24$ hod., tzn. kolik vlhkosti v g materiál propustí 1m^2 za den. Větší číslo pak znamená lepší paropropustnost. Další vlastnost materiálu tzv. „dýchat“ nám vyjadřuje prodyšnost. Prodyšnost udává odolnost materiálu proti permanentnímu odpaření vlhkosti. Je značena jednotkou R_{et} ($\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) a oproti paropropustnosti zde platí, že menší číslo (menší odpor) znamená lepší schopnost materiálu dýchat. Následující tabulka nám pak ukazuje klasifikaci prodyšnosti v těchto jednotkách. [4]

Tab. 2 Klasifikace paropropustnosti pro vodní páry v jednotkách R_{et} [4]

Hodnota R_{et}	Klasifikace	Paropropustnost
< 6	velmi dobrá	nad 16 000 g/m^2 za 24 hod.
6 – 13	dobrá	6 000 - 15 000 g/m^2 za 24 hod.
13 – 20	uspokojivá	4 000 - 5 000 g/m^2 za 24 hod.
> 20	neuspokojivá	pod 4 000 g/m^2 za 24 hod.

Způsob na stanovení R_{et} je objektivnější, ale dražší a není mnoho zkušeben, které jsou k ní vybaveny. Nejlepší membránové oděvy pak dosahují R_{et} menší než 6 ($20\,000\text{g/m}^2/24\text{hod.}$), při hodnotách vodního sloupce 20 000 mm. Schopnost materiálu odvádět většinu vlhkosti do okolního prostředí je ale především závislá na klimatických podmínkách, zátěži a způsobu vrstvení. [4]

2. OUTDOOR

Termín outdoor je v dnešní době vnímán jako označení volnočasových aktivit trávených venku, především pak v přírodě. Velmi se uchýlil i jako obchodní označení pro oblečení a velkou část vybavení používanou v přírodě. Na dnešním trhu je nepřeberné množství různých materiálů a výrobků, které splňují požadavky, aby mohli být označovány jako outdoorové oblečení. Aby se mohl zákazník na trhu lépe orientovat, jsou dnes pořádány různé výstavy či veletrhy, proto můžeme pojmem outdoor pojmenovat určitou část trhu. Zákazníky, které zajímá outdoorové oblečení nespojuje jen určitý styl (pro někoho i styl života), ale především zájem o přírodu. [5]

Funkční vlastnosti, jako jsou např. větruodolnost, termoizolační vlastnosti, nemačkavost, splývavost, pevnost v protržení a oděru jsou kombinovány s vlastnostmi, které se označují jako waterproof/breathable, tj. výrobky, které jsou nepromokavé a současně umožňují pronikání vodních par z vnitřní strany oděvu. [6]

2.1 Nepromokavé a vodním parám propustné materiály

Nepromokavé a zároveň prodyšné materiály jsou navrženy a konstruovány za účelem zajištění ochrany před nepříznivými vlivy počasí a zamezením únikům tělesného tepla. Z vnitřní strany textilie zajišťují hydrofobitu a z vnější vysokou propustnost vodních par. Nepromokavé materiály zamezují prostupu a vstřebávání vody, kdežto vodoodpudivé materiály pouze zpomalují pronikání vody. Slovem prodyšnost charakterizujeme vlastnost, která znamená, že materiálem nám aktivně proniká vzduch. Slovem prodyšnost bývá i mylně označována vlastnost pro vstup vodních par, ale správně by měla být označována jako propustnost vodní páry. Jednotka je stejná jako u intenzity pocení, g/24 hod a g/m²24 hod. [6]

Velmi důležitým faktorem komfortu oděvu je schopnost přenosu vodních par skrze textilii. Aby oděv mohl být označen jako komfortní, měl by člověka chránit před chladem, větrem a udržet ho v suchu. Pro zajištění pocitu pohodlí musí být splněna podmínka zajištění rovnováhy mezi teplem a pocením, které je vyprodukováno organismem a uvolněno do okolí. Lidský organismus se snaží udržet si vnitřní teplotu. [8]

Lidské tělo se ochlazuje pocením, děje se tak hlavně při fyzické aktivitě. V případě, že nemůže být vodní pára transportována do okolí, relativní vlhkost uvnitř oděvu roste a zvyšuje se tepelná vodivost izolující vzduch, oděv se tak pro jeho nositele

stává diskomfortním. V tabulce 3 jsou uvedeny činnosti a jejich produkované tepelné energie. Pro udržení stálé tělesné teploty musí oděv odvádět vodní páru z pocení rychlostí nižší než u uvedených aktivit v tabulce 3 [7,8].

Tab. 3 Tepelné energie vyprodukované různými činnostmi, odpovídající intenzitě pocení [7]

Činnosti	Práce [J]	Intenzita pocení [g/24hod]
Spánek	60	2 280
Sezení	100	3 800
Mírná chůze	200	7 600
Svižná chůze	300	11 500
Činnost s malou zátěží	400	15 200
Činnost s velkou zátěží	50	19 000
Vysokohorská turistika	600 - 800	22 800 - 30 400
Maximální práce	1 000 - 1 200	38 000 - 45 600

Propustné nepromokavé textilie předcházejí průniku vody z vnějšího do vnitřního prostředí oděvu a zároveň umožňují pronikání vodní páry z vnitřku oděvu do vnějšího prostředí. Takovéto materiály se využívají v různých oblastech, ať už sportovních (kalhoty, rukavice, obuv, vrchní bundy), turistických (stany, spací pytle) nebo speciálních (vojenské oděvy, ochranné oděvy). [7]

2.2 Rozdělení outdoorových materiálů

Pro člověka, který není zcela zblhlý v outdooru a outdoorových materiálech, mohou dnešní, spíše marketingové výrazy, kterých je na trhu nespočítatelně způsobit mírný zmatek. Je tedy nutné se blíže podívat na základní rozdělení materiálů používaných na svrchní outdoorové oblečení, označované často jako nepromokavé a prodyšné. V anglickém jazyce pojmem waterproof-breathable. Materiály pro svrchní oblečení dělíme z různých hledisek. Nejzákladnějším dělení je podle druhu a tkané konstrukce. [2]

Základní rozdělení textilií a folií pro outdoorové materiály

- Tkanina s hustou dostavou (až 7000 nití/cm)
 - velikost póru <10-3 μm,

- Tkanina povrstvená
 - mikroporézní vrstva (velikost póru <2-3 μm),
 - koagulační vrstva,
 - hydrofilní povrstvení (velikost póru <0,001 μm),
- Laminování (užitím membrán)
 - mikroporézní, hydrofilní membrány (průměr póru 0,1 – 3 μm),
 - neporézní, hydrofilní film (velikost póru <0,001 μm). [9]

2.3 Laminování užitím membrán

Membrána je vrstva umístěná mezi spodní a svrchní vrstvou schopna propouštět vodní páry ven a zároveň nepropustit kapky vody dovnitř [10]. Každý materiál označený jako membrána musí mít tyto vlastnosti: propustnost pro vodní páry, odolnost proti působení deště a tlaku vody, odolnost proti větru, odolnost proti mechanickému poškození, odolnost při praní a suchém čištění a nízkou hmotnost. [3]

VÝHODY:	NEVÝHODY:
<ul style="list-style-type: none"> • žádné omezení s ohledem na technické vlastnosti jako je hmotnost, typ spojení nebo tloušťka, • lamináty se vyrábí dvou nebo třívrstvé. 	<ul style="list-style-type: none"> • u dvouvrstvých laminátů je nebezpečí poškození membrány (není chráněna podšívka), • vyšší cena ve srovnání s vrstvenými textiliemi, • švy musí být přelepeny nebo jinak utěsněny, • nevhodné pro elastické materiály. [3]

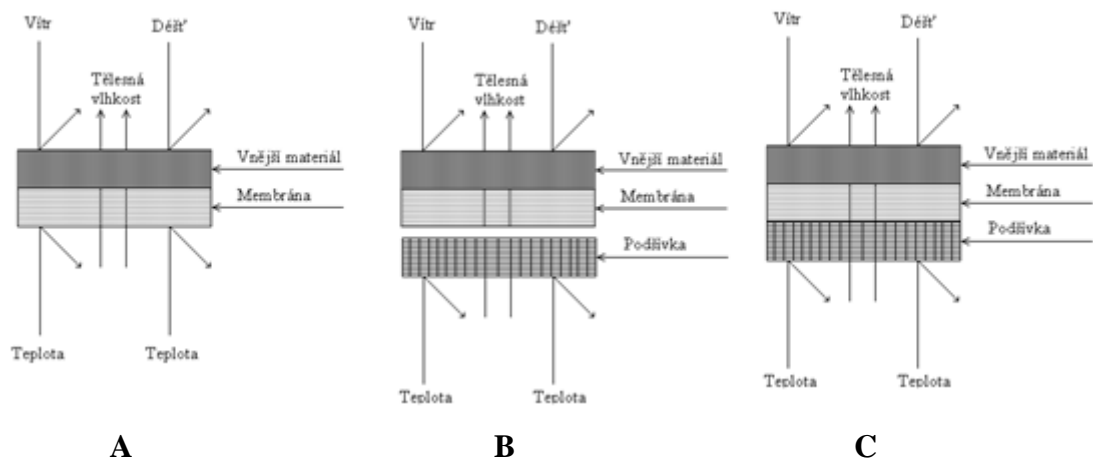
Existují dva typy membrán:

- mikroporézní, hydrofobní membrány,
- neporézní, hydrofilní membrána. [3]

Lamináty

Laminace v textilním názvosloví znamená spojení dvou a více látek. Tyto látky mohou mít stejné, či odlišné složení a určení (např. podšívka, vrchní materiál). [3]
Základní laminace membrán:

- vrchní látka + membrána (obr. 1A)
- vrchní látka + membrána + volná podšívka (obr. 1B)
- vrchní látka + membrána + podšívka (obr. 1C)



Obr. 1 Základní druhy laminací [3]

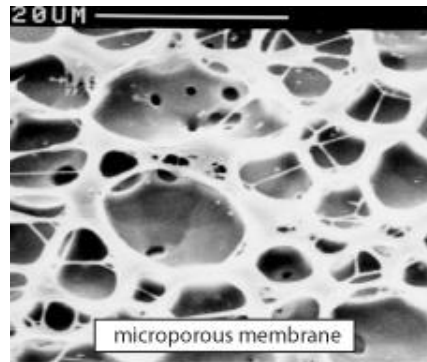
2.4 Membrány

Jsou velmi tenké filmy vyráběné z polymerních materiálů tak, aby měly vysokou odolnost proti průniku vody a zároveň, aby zajistily odvod vodní páry. Tloušťka membrány je cca 10 μm . Membrána je nalaminována na textilní materiál, a tím vznikají nové funkční vlastnosti těchto textilních materiálů. Membrány rozdělujeme na hydrofobní mikroporézní a hydrofilní neporézní. Rozdíl těchto membrán je v principu propustnosti vodní páry. [7]

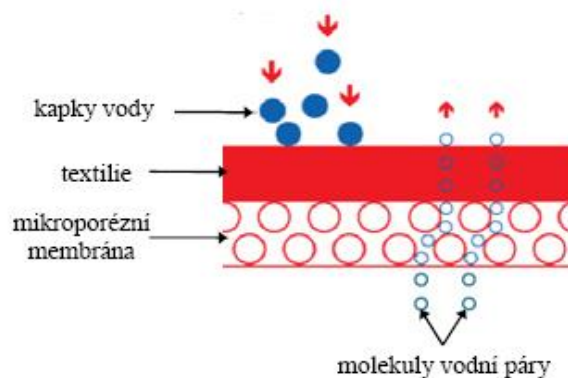
2.4.1 Mikroporézní membrány

Mikroporézní membrány pracují na základě poměru velikosti pórů k velikosti molekuly vody a vodní páry. Póry těchto membrán jsou cca 20 000x menší než kapka vody a současně 700x větší než molekula vodní páry. Ve výsledku to znamená, že membrána propustí vodní páry, ale samotnou kapku vody již nikoliv. Velikosti pórů jsou v desetinách milimetru. Tyto membrány tak dosahují vysokých hodnot paropropustnosti (přes 20 000g/m²/24hod.) a vodního sloupce (i přes 30 000 mm).

Nevýhodou mikroporézních membrán je především zanášení pórů nečistotami, tukovými částicemi a solemi. Pro zachování funkčních vlastností je tedy důležitá správná údržba. Mezi nejznámější mikroporézní membránu patří membrána GORE-TEX®. [2]



Obr. 2 Mikroporézní membrána [11]



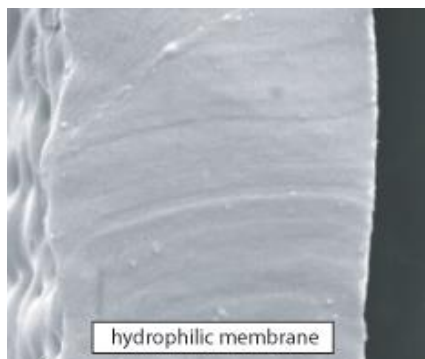
Obr. 3 Schéma prostupu vodních pár hydrofobní membránou [11]

2.4.2 Neporézní membrány

Neporézní membrána pracuje na jiném principu než membrána porézní. Neobsahuje žádné póry a tvoří tak homogenní povrch. Přenos vlhkosti v neporézní membráně je závislý na chemicko-fyzikálním způsobu, kdy jde o podobný proces, jakým je výměna látek buněčnou membránou u živých organismů. Srážející se voda uvnitř strany membrány je tak chemicky transportována ven. Oproti porézní membráně mají tu výhodu, že se daleko méně zanášejí. Dosahují tak vysokých hodnot výšky vodního sloupce (přes 30 000mm). [2]

Tyto membrány často označujeme jako „chytré“, tzn., že čím více se potíme, tím se zvýší naše tělesná teplota, z toho plyne, že molekuly hydrofilní vrstvy v membráně se zrychlí, zvětší se jejich vzdálenost, a tím narůstá schopnost propustit páru. [2]

Údržba těchto oděvů je nenáročná a stačí prání v běžných pracích prostředcích při teplotě 30°C. Jeden z nejznámějších neporézních materiálů je materiál Sympatex z modifikovaného polyesteru. Z materiálu na bázi polyuretanu pak Entrant DP, Dermizax, Dermizax MP, Dermizax EV, Blockvent firmy Toray nebo Gelanots firmy Tomen Corporation. [2]



Obr. 4 Hydrofilní membrána [12]

2.5 Zátěry

Na českém trhu bývá zátěr někdy nazýván tzv. klimatická membrána, jde o specifické české označení, jenž může klamat domácího zákazníka. Ve skutečnosti se ale jedná o nanášení polymerního materiálu na povrch textilního materiálu. [7]

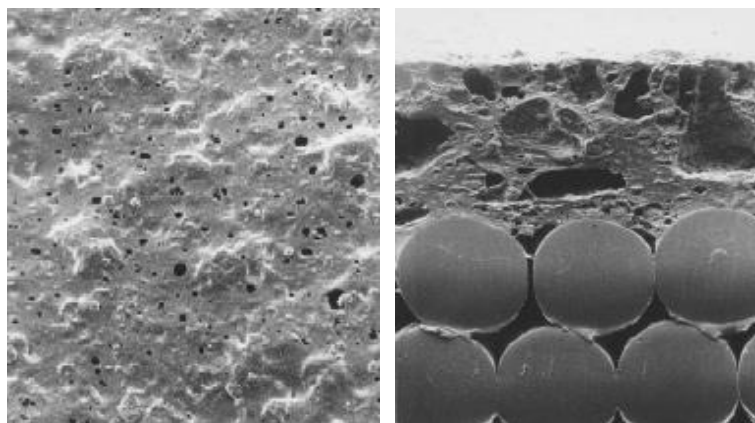
Zátěry se rozdělují stejně jako membrány - hydrofobní mikroporézní a hydrofilní neporézní a jsou obvykle silnější než membrány. Zátěrů existuje celá škála technologických i kvalitativních úrovní. Hlavní výhodou je především jejich cena. V absolutní většině se na zátěr používá polyuretanový. [2, 7]

2.5.1 Mikroporézní zátěry

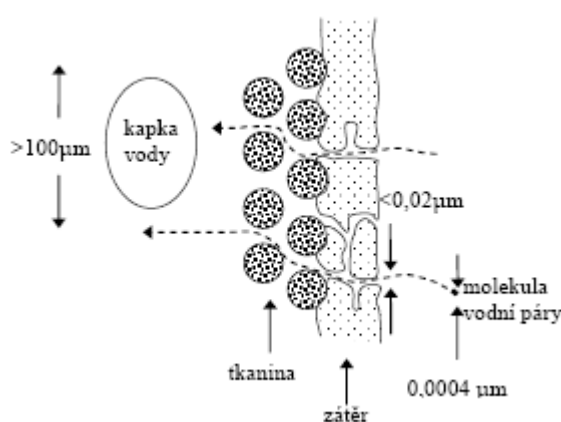
Strukturou jsou velmi podobné mikroporézním membránám. Obsahují kanálky, menší než je kapka vody, zároveň však větší než je molekula vodní páry. Povrch a příčný řez mikroporézního zátěru je vidět na následujícím obrázku. [7]

Zátěry můžeme vyrábět těmito způsoby:

- mokrá koagulace,
- tepelná koagulace,
- pěnové zátěry [7]



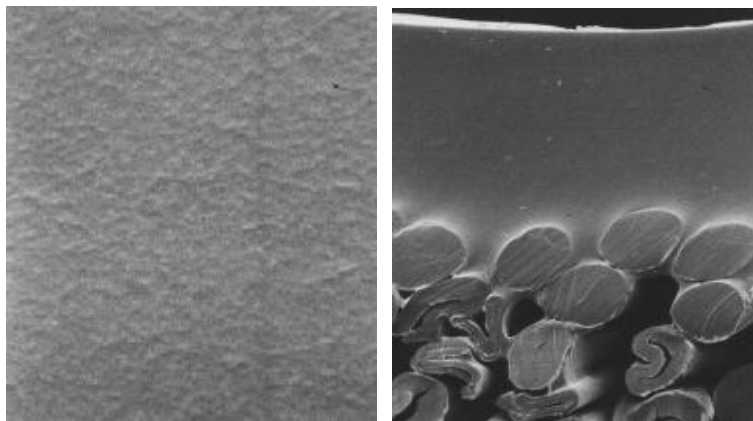
Obr. 5 Povrch a příčný řez polyuretanového mikroporézního zátěru [13]



Obr. 6 Znázornění prostupu vodních par polyuretanovým zátěrem [13]

2.5.2 Hydrofobní zátěry

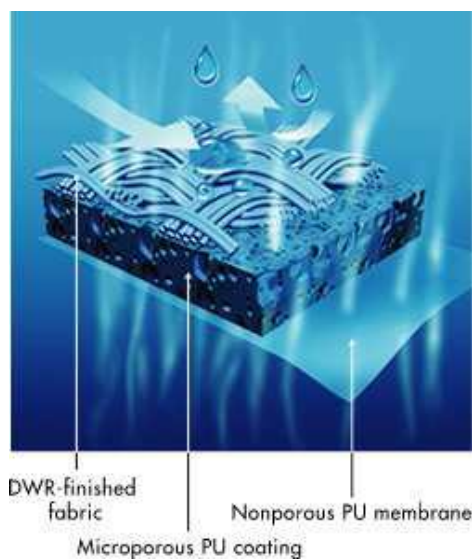
Jako u neporézních membrán je přístup vodní páry u hydrofilních zátěrů totožný, pracující na principu absorpce, desorpce, difúze. Základem je polyuretan modifikovaný polyoxidem nebo polyvinylalkoholem. Tyto polymery vynikají vysokou afinitou pro vodní páry a zajišťují tak průnik vodní páry přes amorfní vrstvu polymeru. Povrch a příčný řez hydrofilního polyuretanového zátěru je vidět na následujícím obrázku.



Obr. 7 Povrch a příčný řez hydrofilního polyuretanového zátěru [13]

2.6 Kombinace mikroporézních a hydrofilních zátěrů a membrán

Kombinací mikroporézních a hydrofilních zátěrů a membrán se snažíme dosáhnout nepromokavosti a propustnosti pro vodní páry. Cílem je pak zvýšit nepromokavost a voděodolnost. Výhodou je menší zanášení pórů, příkladem takovéto kombinace je materiál Entrant od firmy Toray. [8]



Obr. 8 Materiál Entrant firmy Toray [12]

2.7 Srovnání hydrofilních a hydrofobních membrán a zátěrů

Rozdíl mezi hydrofobními a hydrofilními membránami a zátěry je ve způsobu výroby a v principu prostupu vodních par přes membránu nebo zátěr. U hydrofobních membrán a zátěrů prostupují molekuly páry skrze póry, kdežto u hydrofilních membrán a zátěrů existuje mechanismus absorpce – difúze – desorpce. Hydrofobní membrány

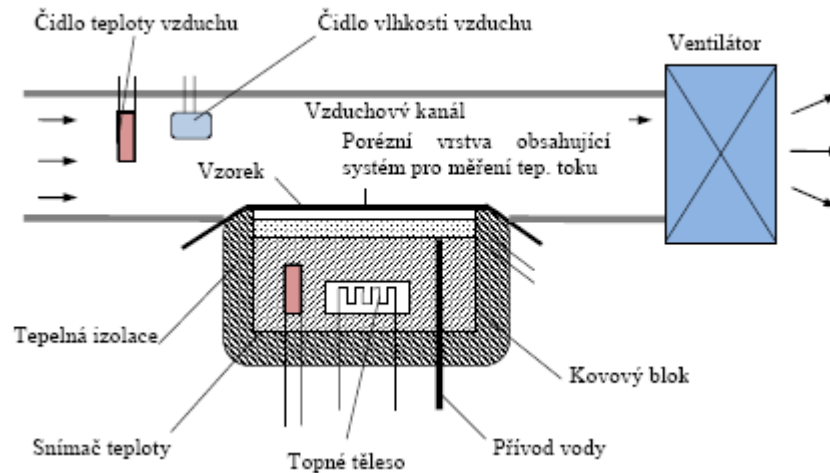
a zátěry lépe propouštějí vodní páry. Nevýhodou ale je, že během užívání dochází k ucpávání pórů například nečistotami, potem, tuky a dalšími prostředky. Hydrofobní membrány mají menší pevnost v přetrhu než hydrofilní. Hydrofilní membrány a zátěry jsou ovlivněny tloušťkou a počtem hydrofilních skupin v polymerní struktuře. Obě skupiny těchto materiálů mají vysoký přístup vodních par, jsou větru odolné a nepromokavé. [8]

3. MĚŘENÍ VÝPARNÉHO ODPORU - PERMETEST

Speciální přenosný přístroj malých rozměrů používaný k měření výparného odporu, paropropustnosti a tepelného odporu. Ve své podstatě se jedná o tzv. SKIN MODEL založený na přímém měření tepelného toku q , procházejícím porézním povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Porézní povrch modelu je zavlhčován, čímž dochází k simulaci funkce ochlazování pocením. Na povrch je přes separační folii přiložen vzorek a z vnější strany je přiváděn proud vzduchu. Výhodou přístroje je rychlost a použití v běžných klimatických podmínkách. Na přístroji Permetest vyráběném v České republice v analogové verzi byla v roce 2004 na Technické univerzitě v Liberci dokončena jeho poloautomatizace. [9]

Parametry přístroje:

- rozsah výparného odporu R_{et} : 1~200 m^2Pa/W ,
- rozsah relativní paropropustnosti: 1,5~100%,
- rozsah tepelného odporu R_{ct} : 0,02~1 m^2K/W ,
- rozsah tepelné propustnosti: 1~500 $W/m^2/K$,
- rozsah tloušťky tkaniny: 0,1~7 mm (nebo i více, ale se sníženou přesností),
- rychlost paralelního proudění vzduchu: 1~2 m/s,
- rozměry přístroje: 540 x 230 x 130 mm,
- hmotnost: 7 kg,
- napájecí napětí: 120 nebo 220 V / 50~60 Hz, příkon 50W. [14]



Obr. 9 Schéma přístroje Permetest [1]

Měření výparného odporu a paropropustnosti

Pro zajištění izotermických podmínek měření je měřicí hlavice (skin model) udržována při teplotě 20-23°C, což odpovídá teplotě okolního vzduchu, který je přístrojem nasáván. Vlhkost v porézní vrstvě se mění v páru, která následně prochází přes separační folii vzorkem. Tepelný tok je měřen snímačem a výsledná hodnota je pak přímo úměrná paropropustnosti nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. U obou případů se nejdříve měří tepelný tok bez vzorku a následně znovu se vzorkem a přístroj registruje odpovídající tepelné toky q_o a q_v . [9]

Stanovení relativní propustnosti pro vodné páry:

Parametr, kde 100% propustnost představuje tepelný tok q_o vyvozený odparem z volné vodní hladiny. Měřený vzorek a rozměr volné vodní hladiny je stejný. Zakrytím hladiny vzorkem se tepelný tok snižuje na hodnotu q_v . [9]

Výpočet relativní propustnosti:

$$\bullet \quad p = 100 * (q_v / q_o) [\%] \quad (5)$$

Výpočet výparného odporu:

$$\bullet \quad R_{et} = (P_m - P_a) * (q_v^{-1} - q_o^{-1}) [\text{Pa} \cdot \text{m}^2 / \text{W}] \quad (6)$$

P_a = parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]. [8]

Měření tepelného odporu:

Suchá měřicí hlavice musí mít teplotu o 10-20°C vyšší než je teplota okolního vzduchu. Tepelný tok je odváděn ze vzorku konvekcí do okolního vzduchu a opět registrován. [8]

4. HYDROSTATICKÁ ODOLNOST TEXTILIÍ

Hydrostatickou odolnost textilie vyjádříme výškou vodního sloupce, který je charakterizován tlakem vody působícím na textilii z vnějšku. Podle Pasclaova vztahu můžeme odvodit následující:

$$\bullet \quad p = h \cdot 1000 \cdot g \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (7)$$

Kolika pascalům odpovídá 1 m H₂O? Jednoduše dosadíme:

$$\bullet \quad p = 1 \cdot 1000 \cdot 9,807 = 9807 \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (8)$$

Výška 1 m H₂O se přibližně rovná tlaku 9807 Pa, konstanta pro přepočítání hodnot je přibližně 0,000102. [15]

4.1 Přístroje pro měření výšky vodního sloupce

Na světovém trhu je k dostání široká škála přístrojů, a to nejen z Číny jedná se např. o přístroj společnosti KEJIAN KJ-3093 Hydrostatic Head Tester. I evropské přístroje splňují normu ISO 811, jedná se například o švýcarskou firmu TEXTTEST AG, která disponuje se strojem Automatic Hydrostatic Head Tester FX 3000 HYDROTESTER II, který automaticky detekuje kapky. [15]

M018 HYDROSTATIC HEAD TESTER, SDL Atlas

Tímto přístrojem disponuje Katedra hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci. Přístroj vyrobila firma SDL Atlas, která původem pochází z Velké Británie a navázala již v počátku vztahy s americkým textilním průmyslem a dále směřovala na východ do Číny. Firma se zabývá výrobou a distribucí široké škály testovacích přístrojů pro měření specifických vlastností textilních materiálů. [16]

Testovací hlavice přístroje má rozměry 100 cm², rychlost nárůstu tlaku je možno nastavit v rozmezí od 1cmH₂O/min do 100 cmH₂O s krokem 1cmH₂O/min a od 100 cmH₂O do 600 cmH₂O s krokem 60 cmH₂O. Detekce kapek se provádí zrakem. Přístroj

ukazuje míru vodního sloupce v jednotkách $\text{cm H}_2\text{O}/\text{min}$, který se spolu s rychlostí a časem měření zobrazuje na displeji. [17]



Obr. 10 Hydrostatic head tester [16]

4.2 Princip a průběh měření

Testované textilie se umístí na kruhovou spodní část tak, aby při stlačení a upevnění hlavicí kraje přesahovaly. Plocha testované textilie je přibližně 100 cm^2 . Při testování se většinou používá dynamického testu, kde se nastaví rychlost nárůstu vodního sloupce a maximální možný působící tlak, až poté je měření spuštěno.

Při měření je voda vytlačována stlačeným vzduchem a působí tak tlakem na plochu textilie. Tlak je automaticky regulován dle již zmiňované rychlosti nárůstu vodního sloupce. Vlivem tlaku je textilie ze spodu takzvaně „nafukována“ a tvoří se kulový vrchlík, který se změnou tlaku mění rozměry. Měření probíhá dle normy ČSN EN 20811 (Stanovení odolnosti proti pronikání vody – zkouška tlakem vody) až do doby než se na povrchu textilie objeví tři kapky vody nebo dojde k pronikání vody v čelistech držící materiál. V tomto okamžiku je měření zastaveno a je zaznamenána výška vodního sloupce.

4.3 Norma měření

Měření hydrostatické odolnosti podléhá normě ČSN EN 20811, ISO 811:1981, která byla vydána Českým normalizačním institutem roku 1994. Mezi nejdůležitější

body této normy patří velikost upínaného vzorku, který musí být 100 cm^2 . Tlak vody může na testovanou textilii působit zespodu nebo shora. Použitý směr působení tlaku by měl být uveden v protokolu o zkoušce. Rychlost zvyšování tlaku vody musí být $(10 \pm 0,5)$ nebo (60 ± 3) cm vodního sloupce. Destilovaná nebo zcela neionizovaná voda by měla mít teplotu $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ nebo $(27 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Tlak, při kterém pronikne voda textilií ve třetím místě, se zaznamená. Výsledek zkoušky přímo vyjadřuje odolnost výrobku proti krátkodobému nebo střednědobému působení tlaku vody. [17]

4.4 Volba nenormované rychlosti nárůstu hydrostatického tlaku

Délka měření je závislá na měřených textiliích. U textilií, které jsou charakteristické vysokou hydrostatickou odolností (membrány, zátěry) trvá měření v rozmezí 30 minut až 2 hodin. Pro náš účel je cílem získat vypovídající hodnoty měření v řádu několika minut. Dle normy je dána rychlost hydrostatického nárůstu tlaku 10 a 60 $\text{cmH}_2\text{O}/\text{min}$ a pro naše měření jsme použili normu právě 60 $\text{cmH}_2\text{O}/\text{min}$. Pro urychlení měření je možné použít i variantu 100 a 150 $\text{cmH}_2\text{O}/\text{min}$.

Bez ohledu na vlastnosti textilií by mohli v případě použití rychlejší metody měření nastat následující možnosti: naměřené hodnoty vodního sloupce se nebudou od ostatních rychlostí měření výrazně lišit nebo naopak naměřené hodnoty budou příliš odlišné, záleží, jaká by tato hodnota byla. Složení a struktura textilie zde hraje významnou roli. Při působení tlaku vody jsou namáhány jak samotné membrány a zátěry, tak i jejich podkladové textilie. Vlivem tlaku dochází k přetváření struktury obou složek a tím se mění i jejich výchozí vlastnosti. Podrobnější náhled na problematiku změn vlastností při deformaci poskytuje kapitola reologie polymerů.

5. REOLOGIE

Reologie je název vymezený pro mechanicko – fyzikální vědní oblast zaměřenou na studium deformace materiálů. Pojem reologie byl zaveden v roce 1926 americkým fyzikem E. C. Binghamem. [20] Dle mechanických vlastností materiálů rozlišujeme tři základní skupenství: plynné, kapalné a pevné. Nevázký ideální plyn, nestlačitelná vazká (newtonská) kapalina a izotropní pružné (hookovské) těleso představují nejjednodušší matematické popisy jejich mechanických vlastností, tzv. konstitutivní modely. [20]

Každý ze zmíněných modelů byl ve své době pokládán za dostatečně univerzální základ popisu relevantní třídy jevů. Každý z nich během času postoupil své místo komplikovanějším konstitutivním představám, studovaného dnes v rámci interdisciplinárního odporu na pomezí mechaniky a fyzikální chemie, zvaného reologie. Reologie zkoumá, jak se mění a přetvářejí pevné látky a tečou i proudí kapaliny a plyny za působení mechanických vlivů. Neboli reologie popisuje různé mechanické vlastnosti materiálů za různých deformačních podmínek. [19]

Tyto znalosti se později využívají k předpovědi chování materiálů za jiných, změněných podmínek. Díky reologii je také možné jednotně posoudit mechanické jevy, které probíhají ve všech třech skupenstvích. Poznatky z oboru reologie se uplatňují například v oblastech zpracování kovu, keramiky, skla, oblast výroby olejů, barviv nebo past. Déle jsou to oblasti na výrobu plastických hmot, celulózových a kaučukových výrobků. Reologie se ale také využívá při studiu horotvorných procesů a nově i při zkoumání reologických vlastností krve. [19]

Zásadní impuls pro rychlý rozvoj reologie v druhé polovině dvacátého století přišel s hromadným použitím pevných i kapalných polymerních systémů. [20]

5.1 Reologie polymerů

Jak je uvedeno výše, reologie se zabývá změnami látek za působení mechanických vlivů. Při aplikování polymerního materiálu v konstrukční praxi jsou důležité jeho deformační vlastnosti vyjadřující vztah mezi vnější silou a deformací materiálu. [22]

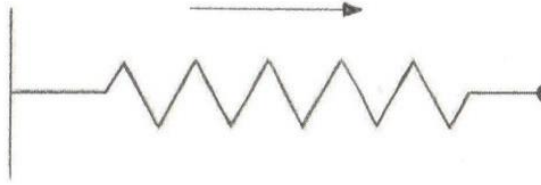
Polymer se vlivem mechanického namáhání chová současně jako pružný materiál, tak i jako nestlačitelná kapalina. Limitním případem vazké nestlačitelné kapaliny je kapalina s ideální (nulovou) viskozitou. Limitním případem pružného materiálu je těleso tuhé (s nekonečným modulem pružnosti). Pružné (elastické) a tokové (viskózní) chování se nazývá viskoelasticita. [20]

5.1.1 Hookeův zákon

Pro dokonale pružné těleso existují pravidla popsána Hookeovým zákonem:

- $\sigma = E \cdot \gamma$ [Pa] (9)

Zde figurují napětí σ , modul pružnosti E a deformace γ . Pro představu ho znázorňujeme pomocí modelu dokonalé pružiny.



Obr. 11 Model dokonalé pružiny [21]

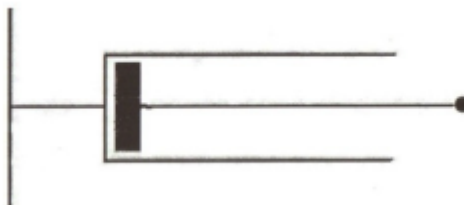
V okamžiku náhlého působení napětí se ihned dostaví deformace. Jelikož elasticita látek je schopnost deformovat se vratně, těleso s v momentě zastavení působení napětí vrací skokem do původního stavu. Mechanické vlastnosti elastické složky jsou na čase nezávislé. K popisu deformačního chování stačí jediná materiálová konstanta, modul pružnosti, který nezávisí ani na velikosti deformace, ani na době jejího trvání. Modul pružnosti závisí na teplotě. U měření proto udržujeme konstantní teplotu a tím i konstantní modul pružnosti. [21]

5.1.2 Newtonův zákon

Newtonův zákon popisuje tokovou složku polymeru. Viskozita je definována jako konstanta úměrnosti mezi smykovým napětím a smykovou rychlostí. Při působení konstantního smykového napětí kapaliny tečou a jejich smyková deformace s časem lineárně roste. [22] Deformace viskózní složky je tedy lineárně závislá na čase a platí pro ni vztah:

$$\bullet \quad \tau = \eta \cdot (dy/dt) \text{ [Pa]} \quad (10)$$

Zde τ představuje smykové napětí, η viskozitu a dy/dt rychlost smykové deformace. Ideální tokové vlastnosti představuje model pístu na obrázku 12.



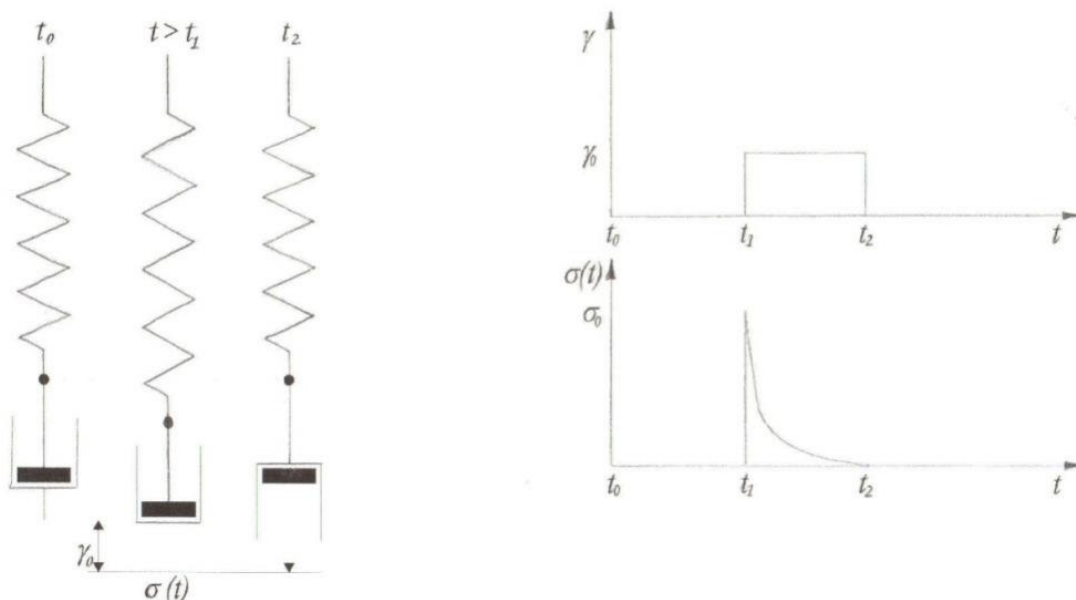
Obr. 12 Model pístu s ideálními tokovými vlastnostmi [21]

Tento model se znázorňuje jako válec s netěsným pístem a kapalinou o viskozitě η , ve které se píst pohybuje. V okamžiku zastavení působení napětí nastává deformovaný stav a do původního stavu jako u elastické složky se nenavrací. [21]

Hookeovská elasticita a newtonská viskozita jsou dva mezní případy reologického chování. Reálné polymerní systémy jsou komplikované, z tohoto důvodu se jejich mechanické namáhání předvádí na zjednodušených modelech. Z důvodu, že jsou polymery viskoelastické, jsou tyto modely složeny ze složky elastické – pružiny, tak z viskózní – pístu dohromady. Zvážíme-li dva základní zjednodušené modely obsahující oba prvky, nastanou při mechanickém namáhání dvě reakce, a to je relaxace a křip (creep) neboli tečení. [22]

5.1.3 Relaxace – Maxwellův model

Maxwellův model je znázorněn schematicky pomocí relaxačního pokusu, který obsahuje jednotlivé prvky viskoelastických složek sériově spojených za sebou.



Obr. 13 Vlevo - sériové zapojení prvků, vpravo - schéma znázorňující působení deformace a napětí v závislosti na čase [23]

Viskoelastický materiál je ihned deformován při působení vysoké stříhové rychlosti (t_1) a deformace je udržována v časové linii t_1 až t_2 . Princip je v pozorování změny napětí pružiny při konstantní deformaci. Pružné části reagují ihned, napětí je na maximum, ale z důvodu viskozity zareaguje toková složka pomaleji. V důsledku pohybu pístu a zvyšujícímu se napětí dochází ke snižování napětí v pružině. Napětí potřebné k udržení deformace se postupně snižuje – dochází k jeho relaxaci. Elastická složka „zrelaxovala“ do původního stavu, viskózní zůstává trvale zdeformovaná. [22]

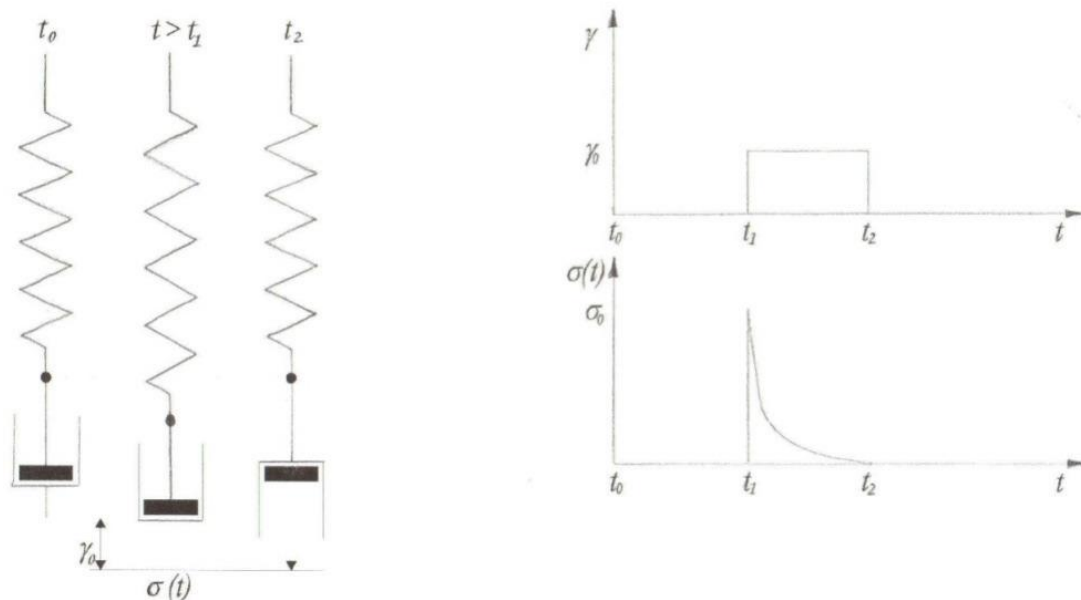
Platí:

- v čase t_0 je $\sigma = 0$ → napětí před deformací,
 v čase t_1 je $\sigma = \sigma_0$ → napětí nutné k dosažení celkové deformace γ_0 ,
 v čase t_1 až t_2 je $\sigma = \sigma(t)$ → napětí v deformovaném tělese.

Celková deformace je rovna součtu deformací prvků, kdežto napětí je v obou prvcích a celém modelu stejné. [22]

5.1.4 Kríp – Kelvinův model

Kríp neboli tečení v polymerním materiálu nastává v situaci, kterou znázorňuje Kelvinův model obsahující jednotlivé prvky viskoelastického materiálu spojených paralelně.



Obr. 14 Jelcinův model paralelního zapojení prvků [23]

Takto je sledována změna deformace při působení konstantního napětí v určitém čase. Při působení v čase t_1 nedochází ihned k reakci elastické složky, a to z důvodu závislosti na čase a z důvodu “brždění” viskózní složkou. Deformace nastává později a je pozorován její průběh za působení stálého napětí. Krípem se tedy rozumí: deformace je závislá na čase při konstantním napětí. [22]

Platí:

- v čase t_0 je $\gamma = 0$ → deformace před působením napětí,
v čase t_1 až t_2 je $\gamma = \gamma(t)$ → vzniklá deformace po dobu působení napětí,
v čase t_2 je $\gamma = \gamma_\infty$ → deformace se bude zmenšovat – nekonečně dlouho.
Celkové napětí modelu se skládá ze součtu jednotlivých napětí a deformace modelu a jednotlivých složek si je rovna. [23]

Při zastavení působení napětí (t_2), dochází ke zpětnému krípu. Deformovaná pružina, bržděná tokovým elementem má tendenci se vrátit do původního stavu. Velikost opožďení je přímo úměrné viskozitě. [22]

Mawwellův model vystihuje jev relaxace napětí reálných polymerů, ale pro popis kríповých vlastností vhodný není. Kelvinův model popisuje kríповé vlastnosti, ale není schopný relaxace napětí. Proto pro určení mechanický vlastností polymerů závislých na čase se musí použít oba modely, jsou tzv. mechanicky ekvivalentní. [20]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část diplomové práce spočívá v sestavení smáčecího zařízení pro simulaci vzniku hydrostatického tlaku při zakleknutí nositele polopropustných kalhot do vlhké trávy na principu zcela vlhké kruhové porézní polyuretanové desky stlačované kulovým předmětem o průměru cca 10 cm pokrytým řídkým úpletem. Tlak ve vrstvě pokryté testovanou textilií jako funkce stlačení je měřen tlakoměrem.

Pro konstrukci takového přístroje byl použit prototyp měřiče průsaku, který je k dispozici v laboratořích katedry hodnocení textilií TUL a dále byl modifikován dle našich potřeb. Pro vyzkoušení funkčnosti přístroje byla použita měkká pryžová duše, která se upevnila do šroubů, a pod ní se umístil vytvarovaný hydrofilní polyuretan. Následně se začala pod tlakem napouštět voda do měřiče průsaku, který byl umístěn v plastové vaničce, a to až do té doby, dokud nebyl polyuretan zcela nasáklý. Na barometru byly nastaveny 2 bary, přičemž při stlačení pryže jsme byli schopni dosáhnout výšky až 8 barů. Tímto pokusem bylo potvrzeno, že přístroj je takto možné použít pro stanovení hydrostatického tlaku testovaných textilií. Po upnutí testované textilie do šroubů přes polyuretan a natlakování vodou je možné pozorovat při stlačení průsak vody skrze textilii. Prvním průsakem vody skrze textilii tak určí hydrostatický tlak textilie. Testovaných 5 vzorků zapůjčených od společnosti Alpine pro bylo testováno na přístroji M018 Hydrostatic Head tester, kde byl naměřen hydrostatický tlak (výška vodního sloupce). Pro ověření funkčnosti modifikovaného přístroje byly naměřené hodnoty porovnány a vyhodnoceny, zda námi zkonstruovaný přístroj má správnou vypovídací hodnotu.

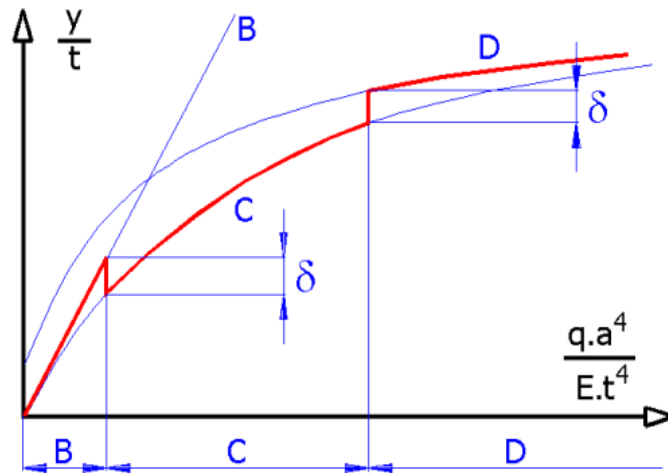
Při samotném testování textilií se vyskytlo několik problémů. Při zatížení kovovým válcem není možno rozpoznat, kdy dojde k průsaku textilie (zatížení na textilii je pouze rovnoměrné, nikoliv maximální). Následovalo několik různých řešení, například by se dal mezi textilii a polyuretan umístit savý papír či zahradnická modelovací hmota, která má větší nasákavost a po prosáknutí textilie provést zvážení papíru či hmoty. Další variantou bylo zatížení textilie kovovým válcem. Mezi válec a testovanou textilii se umístil měděný váleček, který díky hranám působil na textilii větším tlakem v místě styku hrany a textilie. Tento experiment ale nefungoval z důvodu měkkého polyuretanu, který byl umístěn pod textilii a je do značné míry hodně stlačitelný.

Dalším krokem bylo modifikovat přístroj kovovou podložkou, která měla rozměr hlavy – „čelistí“ měřiče průsaku a měla vyvrtané otvory pro proniknutí vody. Takto podložený vzorek, který byl zatížen kovovým válcem a podložený měděným válečkem, docílil toho, že v místě ostré hrany dochází při zvyšování tlaku k poškození membrány a na barometru se zaznamená hodnota tlaku. Při umístění kovové podložky ale nedocházelo k prasknutí, bylo totiž potřeba vytvořit větší plochu, která by textilií lokálně namáhala. V další fázi byl navržen příčný kovový nosník, který simuluje hranu a materiál je v tomto místě více namáhán.

Samotné měření bylo prováděno nejdříve na vzorku bez příčného nosníku, kde se postupně pouštěla voda pod tlakem ze spodu modifikovaného přístroje. Vzorek textilie byl umístěn na polyuretanové výplni, která simulovala lidskou pokožku a byla přímo natvarována do velikosti čelistí přístroje. Na tuto výplň byla umístěna textilie, jež byla pevně uchycena do upevňovacích šroubů. Po pevném uchycení vzorků se pomalu pustila přes uzavírací kohout voda, která nasákla do polyuretanové výplně, vyplnila čelisti přístroje a pomalu se tlačila skrze textilií ven. Po naplnění se začala textilie „vyboulovat“ a byla vystavena hydrostatickému namáhání a zároveň docházelo k nárůstu tlaku na barometru přístroje. Při průsaku vody byl zavřen kohout přívodu vody a na barometru zaznamenána hodnota tlaku. Některé vzorky se musely měřit vícekrát, a to z důvodu, že docházelo k průsaku v čelistech a voda vytékala do misky umístěné pod přístrojem.

Tato změřená hodnota měla výchozí vypovídací hodnotu pro měření s příčným nosníkem a bylo možné porovnat o jak moc je textilie hydrostaticky namáhána při simulaci ostré hrany. Po takto provedeném změření všech pěti zapůjčených vzorků byl na modifikovaný přístroj umístěn kovový příčník a vzorky opět změřeny. Vzorky byly použity nové, jelikož jednou použitý vzorek nelze vícekrát použít, tato zkouška je destruktivní.

Tento příčník nám zvyšuje normálovou sílu (napětí) v membráně, takže k poškození membrány by mělo dojít dříve. Normálové (kolmé na rovinu textilie) napětí F_n v membráně je dáno vztahem $F_n = (F_x + F_y) / 2R$, kde F_x a F_y jsou napětí v (N/m) rovině membrány ve směrech x , a y a R (R je poloměr nafouknuté membrány). Pro plochou membránu je $F_n = 0$. Jakmile do membrány pod tlakem vložíme předmět o menším poloměru r , pak podle výše uvedeného vzorce v membráně vznikne vyšší normálové napětí F_n , které může membránu poškodit a způsobit průnik vody.



Obr. 15 Diagram relativní deformace membrány

q [Newton / m^2].....tlak

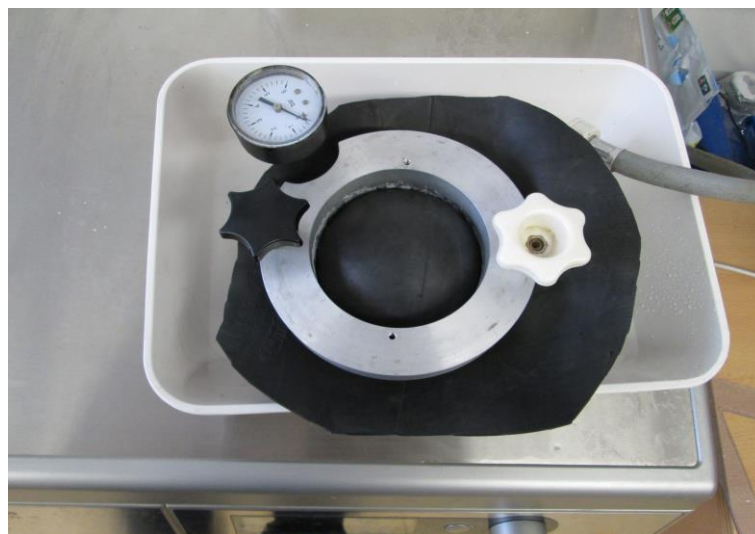
a [m].....poloměr membrány

E [Newton / m^2].... modul pružnosti

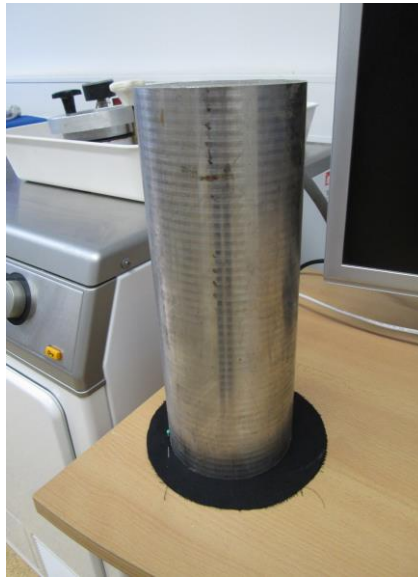
t [m].....tloušťka membrány

Z diagramu plyne, že relativní deformace membrány – průhyb y (dělená tloušťka membrány t), je podle začátku křivky C, přímo úměrná činiteli.

Po změření vzorků i s kovovým příčnickem jsme nejdříve porovnali hodnoty s hodnotami měření bez příčnicku a následně s hodnotami změřenými na přístroji M018 Hydrostatic Head tester. Existující testy membrán by měly být prováděny proti mřížce, neboť v praxi k vyboulení membrány v důsledku tlaku nedochází.



Obr. 16 Měřič průsaku



Obr. 17 Nerezový válec, kterým je zatěžována textilie

V praktické části diplomové práce je dále představena společnost Alpine pro, a.s. zabývající se výrobou outdoorových, vysoce-funkčních membránových oděvů, která nám poskytla 5 různých textilií, které firma používá pro konstrukci oděvů. Na těchto 5 vzorcích bylo kromě ověření funkčnosti námi modifikovaného přístroje také provedeno i několik dalších měření, které nám o testovaných textiliích dají vyšší vypovídací schopnost.

Na vzorcích bylo testováno:

- tloušťka textilie,
- rozbor textilie na mikroskopu,
- výparný odpor,
- hydrostatický tlak na přístroji M018 Hydrostatic Head tester,
- hydrostatický tlak na námi modifikovaném přístroji.

Postup měření

Měření vzorků proběhlo na mechanickém přístroji pro stanovení tloušťky textilie, mikroskopu olympus BX51, přístroji Permetest, přístroji M018 Hydrostatic Head tester a na námi modifikovaném měřiči průsaku. Všechny vzorky byly otestovány v laboratořích Technické univerzity v Liberci – Fakulty textilní. Po otestování funkčních vlastností byly výsledky měření uvedeny do přehledných tabulek, kde jsou i vyhodnoceny.

6. TESTOVANÉ VZORKY ALPINE PRO

6.1 Představení firmy Alpine Pro, a.s.

Ryze česká společnost Alpine pro je na našem trhu již více než 20 let. Za tuto dobu se stala lídrem na českém trhu s outdoorovým oblečením. Dokázala se prosadit i na zahraničních trzích a opakovaně se umísťuje v TOP žebříčku nejoblíbenějších českých firem České republiky, kde získala i řadu ocenění. [18]

Společnost Alpine pro má svůj vlastní tým designérů, kteří s využitím nejmodernějších materiálů, propracovaných střihů a nejdůmyslnějších detailů připravují návrhy svých kolekcí. Na vývoji materiálů a inovací spolupracuje s odbornými centry, a to nejen v České republice. Firma spolupracuje i s řadou profesionálních sportovců, horských vůdců, ale i „testerů“ z řad běžných zákazníků, kteří oblečení využívají v reálných podmínkách. [18]

Mimo kvalitní outdoorové výrobky pro širokou veřejnost společnost Alpine Pro navrhuje a vyrábí kolekce pro české olympioniky. S Českým olympijským týmem spolupracuje od roku 2009 a hned první navržená kolekce byla v roce 2010 na Olympiádě ve Vencouveru oceněna jako nejlepší olympijská kolekce (The Huffington Post). [18]

V dnešní době patří společnost Alpine Pro se svou značkou a sítí autorizovaných prodejen a franšíz mezi největší v České republice. Společnost dodává oblečení do největších obchodních řetězců a má své dceřiné společnosti na Slovensku, Polsku, ale i v Číně. Obchodní zastoupení má ale i v jiných zemích, jako je například Švýcarsko, Německo, Norsko, Libanon, Dánsko, Bělorusko, Rusko či Ukrajina. [18]



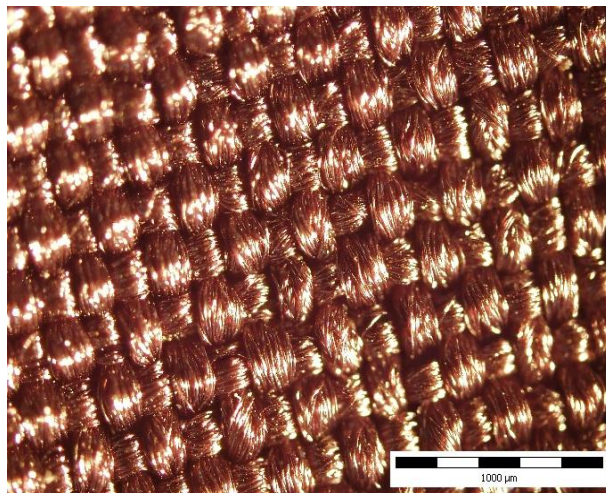
Obr. 18 Logo společnosti Alpine Pro [18]

6.2 Popis testovaných vzorků materiálů

Testované vzorky materiálů byly zapůjčeny od společnosti Alpine Pro, a.s., která se zabývá výrobou a prodejem outdoorového oblečení. Tyto vzorky byly vybrány nezávisle na sobě a každý z pěti testovaných vzorků je jiný.

VZOREK Č. 1

- Materiál: softshell (100% PES) bez úpravy s neporézní hydrofilní membránou s mikrofleecem na vnitřní straně.
- Tloušťka materiálu: 1,37 mm.
- Naměřené hodnoty výpravného odporu dle klasifikace R_{et} : 37,68 g/m² za 24 hod.
- Naměřená průměrná hodnota vodního sloupce odpovídající rychlosti 60 cm H₂O/min: 3852,5 mm.
- Vazba vrchového materiálu: plátňová.
- Plošná hmotnost: 316,5 g/m².

**Obr. 19 Testovaný vzorek č. 1****VZOREK Č. 2**

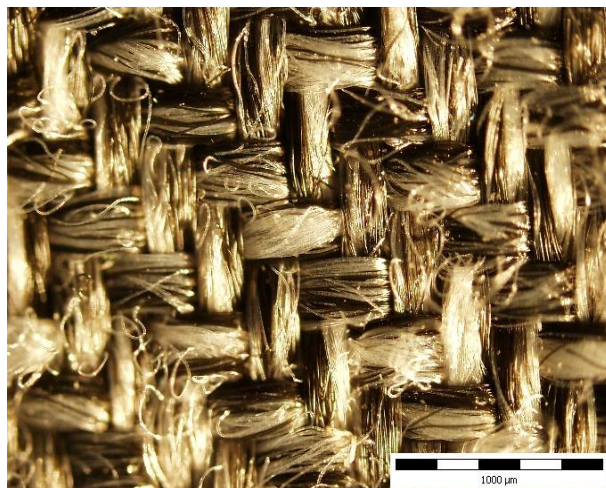
- Materiál: 100% PES opatřený zátěrem.
- Tloušťka materiálu: 0,24 mm.
- Naměřené hodnoty výpravného odporu dle klasifikace R_{et} : 3,92 g/m² za 24 hod.
- Naměřená průměrná hodnota vodního sloupce odpovídající rychlosti 60 cm H₂O/min: 3820 mm.
- Vazba vrchového materiálu: víceřádkový kepr.
- Plošná hmotnost: 172,0 g/m².



Obr. 20 Testovaný vzorek č. 2

VZOREK Č. 3

- Materiál: 100% PES opatřený zátěrem.
- Tloušťka materiálu: 0,24 mm.
- Naměřené hodnoty výpravného odporu dle klasifikace R_{et} : 10,30 g/m² za 24 hod.
- Naměřená průměrná hodnota vodního sloupce odpovídající rychlosti 60 cm H₂O/min: 4558,5 mm.
- Vazba vrchového materiálu: zesílený kepr.
- Plošná hmotnost: 161,6 g/m².

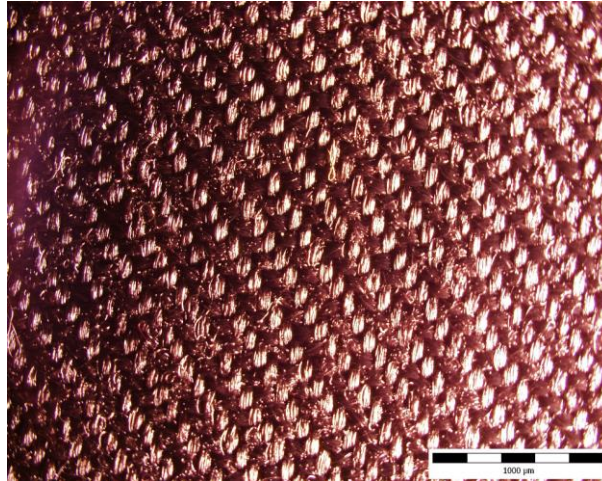


Obr. 21 Testovaný vzorek č. 3

VZOREK Č. 4

- Materiál: 100% PES opatřený zátěrem.
- Tloušťka materiálu: 0,23 mm.
- Naměřené hodnoty výpravného odporu dle klasifikace R_{et} : 11,22 g/m² za 24 hod.

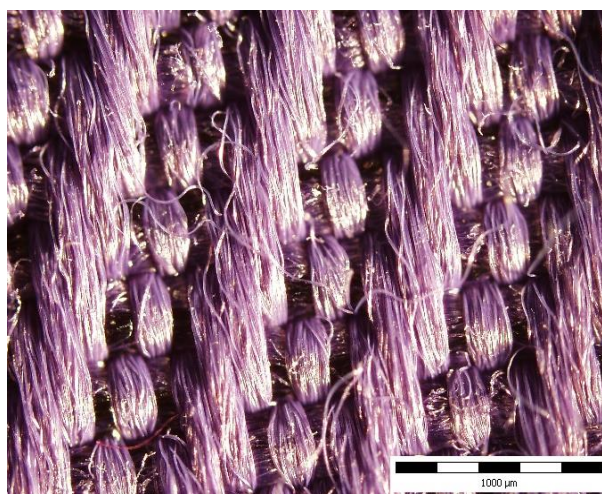
- Naměřená průměrná hodnota vodního sloupce odpovídající rychlosti 60 cm H₂O/min: 3940 mm.
- Vazba vrchového materiálu: útkový kepr.
- Plošná hmotnost: 159,6 g/m².



Obr. 22 Testovaný vzorek č. 4

VZOREK Č. 5

- Materiál: 100% PES opatřený zátěrem.
- Tloušťka materiálu: 0,24 mm.
- Naměřené hodnoty výpravného odporu dle klasifikace R_{et}: 4,42 g/m² za 24 hod.
- Naměřená průměrná hodnota vodního sloupce odpovídající rychlosti 60 cm H₂O/min: 4731,5 mm.
- Vazba vrchového materiálu: víceřádkový kepr.
- Plošná hmotnost: 168,6 g/m².



Obr. 23 Testovaný vzorek č. 5

7. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

7.1 Tloušťka materiálů

Měření vzorků proběhlo na mechanickém přístroji pro stanovení tloušťky textilie (micrometr). Vzorek byl umístěn mezi měřicí čelisti, které po umístění vzorku k sobě nedolehnu a na ukazateli nám stanoví tloušťku měřené textilie. Výsledky měření jsou vyznačeny v tabulce 4.

Tab. 4 Výsledky měření tloušťky textilií (v mm)

Vzorek	Měření				
	1	2	3	Průměr	Variační koeficient
1	1,38	1,37	1,39	1,37	0,007
2	0,24	0,24	0,24	0,24	0,000
3	0,25	0,23	0,24	0,24	0,042
4	0,23	0,23	0,23	0,23	0,000
5	0,24	0,24	0,24	0,24	0,000



Obr. 24 Mechanický měřič tloušťky textilie

7.2 Plošná hmotnost

Plošná hmotnost je hmotnost známé plochy plošné textilie, vztažená k této ploše, vyjádřená v gramech na čtvereční metr. Reprezentativní vzorek plošné textilie se klimatizuje ve volném stavu, vystříhnu se zkušební vzorky, které se následně zváží v klimatizovaném stavu, a vypočítá se plošná hmotnost.

Veškeré textilie musí být před zkouškou uvedeny do stavu bez napětí (relaxace plošných textilií). Pomocí vysekávacího zařízení nebo nůžek se připraví minimálně 5 zkušebních vzorků o ploše minimálně 100 cm² a musí se dbát na to, aby se plošná

textilie nedeformovala. Z průměrných hodnot délky a šířky se vypočítá hodnota plochy vystřiženého vzorku, ta se pak dále použije pro výpočet.

Plošná hmotnost každého z pěti zkušebních vzorků (M) v g/m^2 se vypočítá podle vzorce a vypočítá se průměrná plošná hmotnost v g/m^2 . Výsledek se pak zaokrouhlí na tři platné číslice. Pokud je to požadováno, vypočítá se variační koeficient na nejbližší 0,1 % a hranice 95% konfidenčního intervalu nebo min. a max. hodnoty zaokrouhlené na 3 platné číslice.

Přístroj: digitální váhy.

Měřená veličina: plošná hmotnost.

Podmínky laboratoře: 20°C, 65% rH.

Norma: ČSN EN 12127 (80 0849).

Parametry měření: 5x vzorek o velikosti 10x10cm.

$$\bullet \quad M = (m \cdot 10\,000) / A \quad [\text{g/m}^2] \quad (12)$$

m [g].....hmotnost zkušebního vzorku v klimatizovaném nebo suchém stavu

A [cm^2].....plocha stejného zkušebního vzorku (použity vzorky 10x10 cm)

Tab. 5 Výsledky měření plošné hmotnosti (v g)

Vzorek	Měření							
	1	2	3	4	5	Průměr	Plošná hmotnost (g/m^2)	Variační koeficient
1	3,1614	3,1657	3,1672	3,1664	3,1660	3,165	316,5	0,001
2	1,7140	1,7137	1,7141	1,7146	1,7450	1,720	172,0	0,008
3	1,6131	1,6155	1,6163	1,6168	1,6160	1,616	161,6	0,001
4	1,5933	1,5951	1,5971	1,5968	1,5965	1,596	159,6	0,001
5	1,6891	1,6870	1,6859	1,6875	1,6820	1,686	168,6	0,002

7.3 Rozbor textilie pod mikroskopem

Rozbor textilie byl proveden na mikroskopu Olympus BX51. Mikroskop Olympus BX51 slouží pro pozorování objektu v makro a mikro měřítku v procházejícím nebo odraženém světle. Mikroskop vyniká svým logickým uspořádáním a ergonomickým designem, optimalizovaným rozlišením, kontrastem a vynikajícím optickým výkonem. Vzorky, které byly umístěny pod mikroskop, jsou znázorněny a popsány v kapitole. Obrázky a popis jednotlivých vzorků materiálů, které

byly umístěny pod mikroskop, jsou znázorněny v kapitole 6.2 Popis testovaných vzorků materiálů.

Objektivy: 20x, 50x.

Okulár: 10x.

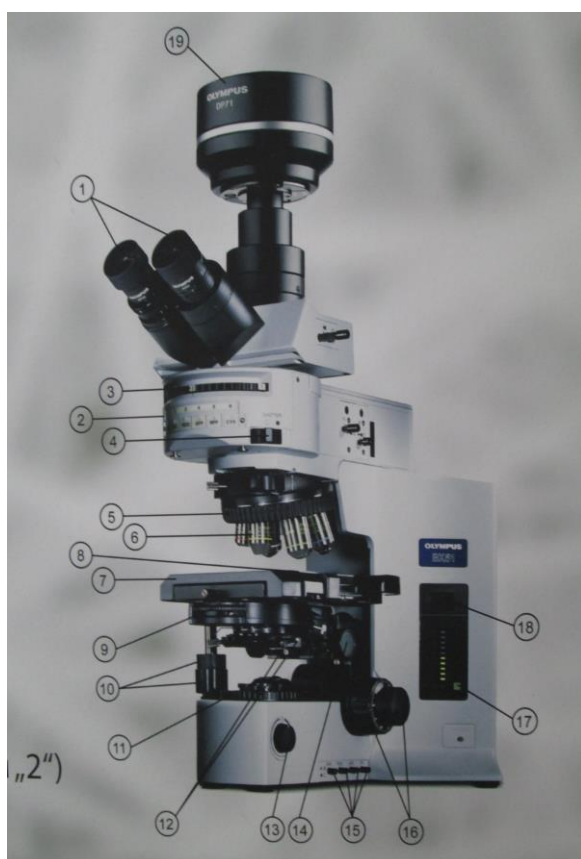
Osvětlení: halogenová lampa (10V, 100W), rtuťová výbojka (19V, 100W).

Kamery: Olympus DP72 – (10,8 MP chlazená barevná digitální kamera).

Integrované filtry:

- ND – pro ovládání jasu světla, propustnost 6%,
- ND25 – pro ovládání jasu světla, propustnost 25%,
- LBD – pro vyvážení barev, filtr pro denní světlo.

Rozlišení snímků: 680 x 512, 1360 x 1024, 2040 x 1536, 4140 x 3096.



1. okuláry
2. filtrační bloková věž
3. nastavení filtrační kostky (pro pozorování fluorescenci volit polohu „2“)
4. uzávěrka dopadajícího světla
5. nosič objektivů
6. objektivy
7. stolek
8. držák preparátu
9. clona kondenzoru
10. posuv stolečku v ose X a Y
11. polní clona
12. centrální šrouby kondenzoru
13. kolečko nastavení intenzity světla
14. kolečko nastavení výšky kondenzoru
15. páčky pro zařazení integrovaných filtrů
16. kolečko makro a mikro posuvu stolečku
17. přepínač předvolby intenzity světla
18. síťový vypínač (pro procházející světlo)
19. digitální kamera

Obr. 25 Mikroskop BX51

7.4 Měření výparného odporu

Na přístroji Permetest byl testován výparný odpor označován také jako R_{et} v $\text{Pa}/\text{m}^2/\text{W}$. Měření probíhalo v laboratoři Katedry hodnocení textilií za těchto klimatických podmínek: teplota 22°C, vlhkost 39%.

Postup měření

Vzorek se uloží do přístroje bez záhybů, švů a nečistot a je měřen z rubní strany. Vzorky s hydrofilní neporézní membránou byly měřeny s opožděným startem 5 minut a to z důvodu, že materiál v průběhu opožděného startu vytváří vodivé cesty pro prostup vlhkosti, takzvané kapiláry. Každý ze zapůjčených vzorků byl změřen 5 krát, a jako výsledek je brána průměrná hodnota výparného odporu. Výsledky měření a průměrná hodnota jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6 Výsledky měření výparného odporu (v Pa.m²/W)

Vzorek	Měření						
	1	2	3	4	5	Průměr	Variační koeficient
1	37,7	32,4	38,2	35,8	44,3	37,68	0,115
2	4,2	4,0	3,7	3,8	3,9	3,92	0,049
3	10,0	10,2	10,5	10,1	10,7	10,30	0,028
4	11,5	11,5	11,7	10,6	10,8	11,22	0,043
5	4,4	4,5	4,4	4,3	4,5	4,42	0,019

V tabulce 2 (strana 9) je uvedena klasifikace paropropustnosti pro vodní páry, kde jsou uvedeny hodnoty, pro které je výparný odpor vyhovující či nikoliv. U měření výparného odporu platí, že čím je hodnota výparného odporu nižší, tím je propustnost pro vodní páry vyšší a dochází k lepšímu odvodu páry z pokožky skrze oblečení. Podle klasifikace propustnosti pro vodní páry můžeme zapůjčené vzorky vyhodnotit.

Z testovaných vzorků společnosti Alpine pro dle klasifikace R_{et} vyhověl velmi dobře vzorek číslo 2 a 5. Vzorek číslo 3 a 4 vyhověl dobře a vzorek číslo 5 dle hodnocení klasifikace R_{et} nevyhověl, a to ani přesto, že je opatřen neporézní membránou. Tento výsledek je možné přičítat vlivu velmi hustého microfleece na vnitřní straně textilie. Celkově zapůjčené vzorky na testování propustnosti pro vodní páry dopadly velmi pozitivně.

7.5 Měření hydrostatické

Zapůjčené materiály byly měřeny na školním přístroji M018 Hydrostatic Head tester, z čehož byl každý z pěti materiálů změřen dvakrát. Jako výsledek byla brána jeho průměrná hodnota. Jelikož se jedná o destruktivní zkoušku, více měření se pro nedostatek zapůjčeného materiálu nepředpokládalo.

Podmínky měření dle normy ISO 811:1981

- Vodorovné umístění přístroje,
- teplota ovzduší 22 °C, teplota vody 21 °C,
- tlak vody působil z lící strany, upnutá plocha textilie byla 100cm²,
- v upínaných místech neprosakovala voda ani neprokluzovala látka,
- rychlost měření byla 60 cmH₂O/min.

Měření hydrostatického tlaku rychlostí nárůstu tlaku 60 cmH₂O/min (norma středně rychlá)

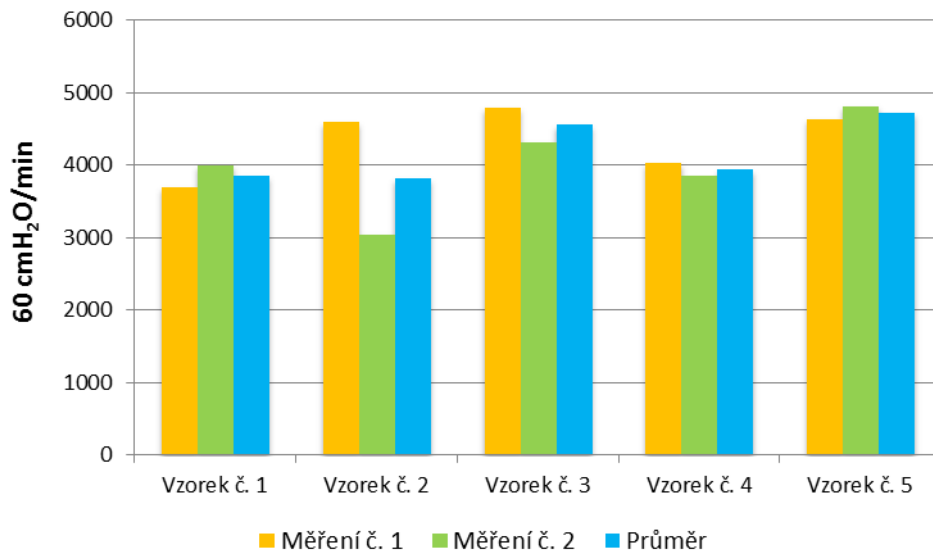
Dle tabulky 7 je možné vyhodnotit výsledky měření odolnosti vůči hydrostatickému tlaku měřeného na přístroji Hydrostatic Head tester 018 v laboratořích TUL Liberec. Měření na přístroji proběhlo v laboratořích Technické univerzity Liberec. Na přístroji byla nastavena rychlost nárůstu tlaku 60 cmH₂O/min. Po nastavení přístroje byl do přístroje upevněn první vzorek a bylo zahájeno měření. Měření proběhlo celkem na pěti vzorcích, přičemž se každé měření provádělo dvakrát, z důvodu potřeby materiálů i pro jiná měření.

Tab. 7 Výsledky měření hydrostatického tlaku na přístroji Hydrostatic Head tester 018 (v mm)

Vzorek	Měření s rychlostí nárůstu tlaku 60cmH ₂ O/min			
	1	2	Průměr	Variační koeficient
1	3 700	4 005	3 852,5	0,056
2	4 600	3 040	3 820,0	0,289
3	4 800	4 317	4 558,5	0,075
4	4 030	3 850	3 940,0	0,032
5	4 643	4 820	4 731,5	0,026

Z tabulky 7 jsou patrné „výšky vodního sloupce“. Dle výsledků je patrné, že hodnoty nejsou nijak vysoké. Vzorky materiálu jsme volili i s tímto ohledem, protože barometr na školním přístroji je maximálně do hodnoty 6 BAR. Z tohoto důvodu by nebylo možné testovat na tomto přístroji materiály, jejichž hodnota se pohybuje například mezi hranicí 20 000 – 30 000 cm/H₂O/min. Pro takovéto materiály by bylo nutno sestavit přístroj, který by měl barometr do odpovídajících hodnot. Na přívodu vody by bylo čerpadlo, které by nám dokázalo do takového tlaku vodu natlakovat. Pro

zajištění co nejvíce vypovídajícího výsledku, by bylo vhodné dát mezi přístroj a přívod vody regulační ventil, který by nám přesně stanovil požadovaný tlak na přívodu.



Obr. 26 Výsledky měření hydrostatického tlaku na přístroji Hydrostatic Head tester 018 (v mm)



Obr. 27 Vzorek č. 1 – měření na přístroji Hydrostatic Head tester

Na obrázku 27 je vidět upevněný testovaný vzorek číslo 1, který je umístěn lící stranou dolů. Tímto způsobem proběhlo měření u všech zapůjčených vzorků.

U prvního testovaného vzorku došlo při prvním měření k průsaku vody v čelistech, které vzorek upevňují, konkrétně na hodnotě 3700 cm/H₂O/min. Při druhém měření se tato hodnota dostala na hranici 4005 cm/H₂O/min. Celkový průměr prvního testovaného vzorku byl stanoven na 3852,5 cm/H₂O/min. Druhý testovaný vzorek měl

výslednou průměrnou hodnotu stanoven na 3820 cm/H₂O/min, třetí na 4558,5 cm/H₂O/min, čtvrtý na 3940 cm/H₂O/min a pátý na 4731,5 cm/H₂O/min.

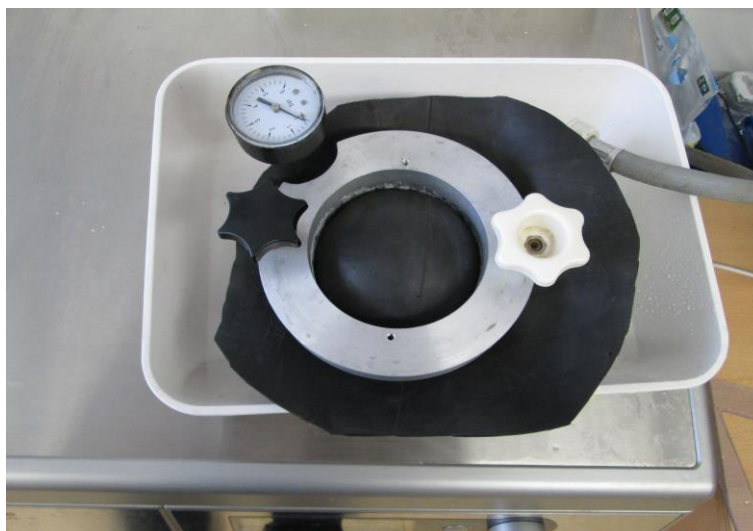
Při hodnocení odolnosti hydrostatické tlaku dopadly testované vzorky spíše průměrně, nicméně nám se jednalo o stanovení hodnot materiálů pro další měření, které proběhlo na námi konstruovaném přístroji. Tyto hodnoty nám budou sloužit jako výchozí pro možné srovnání s hodnotami na námi konstruovaném přístroji.

7.6 Měření na modifikovaném přístroji – měřiči průsaku

Sestavený přístroj má za úkol simulovat zakleknutí lyžaře či horolezce do sněhu a pokusit se zjistit, jak je materiál namáhán na hydrostatickou odolnost. Z důvodu pouze plošného zatížení bylo toto přehodnoceno a stanoveno, že se budou simulovat popruhy batohu umístěné na nositeli. Takovéto zatížení popruhem nám stanoví lokální zatížení textilie a bude mít lepší vypovídací hodnotu pro zhodnocení výsledků. Pro tento případ byl přístroj modifikován a to upevněním kovové mřížky, která simulovala popruh (ostrou hranu).

Pro zjištění funkčnosti našeho modifikovaného přístroje bylo potřeba do upínacích čelistí (šroubů) přístroje umístit nepropustný a pružný materiál, který by se „vyboulel“ a udržel tlak. Nejprve jsme do upínacích šroubů umístili plastovou folii, která se používá na reklamní bannery. Tvrdost materiálu nám ho nedovolila umístit v požadovaném tvaru do přístroje. Bylo tedy nutné použít měkčí materiál, pro snazší manipulaci, z toho důvodu byla vyzkoušena stará motocyklová duše, která je dosti podobně tvarovaná jako polyuretan, který přístroj vyplňoval a měl simulovat lidskou pokožku. Po upevnění motocyklové duše do upínacích šroubů byla povolna do přístroje spodem pouštěna voda. Po naplnění přístroje a nasáknutí polyuretanu vodou začalo docházet k postupnému nafouknutí materiálu, podobně, jak je to u přístroje SDL atlas. Tento způsob se ukázal jako funkční a materiál vodní tlak udržel. Při dosažení hranice velikosti hydrostatické odolnosti textilie by mělo dojít k prosáknutí textilie.

Tímto způsobem bylo provedeno první měření, kde se stanovila hodnota hydrostatické odolnosti textilie. V druhém případě byla ještě do upínacích šroubů umístěna kovová mřížka, která simulovala zatížení textilie popruhy batohu (lokální zatížení textilie v místě styku textilie s mřížkou). Takovéto zatížení by mělo být větší než u plošného zatížení a hodnoty hydrostatické odolnosti by měly být menší.



Obr. 28 Modifikovaný přístroj pro měření průsaku



Obr. 29 Polyuretan simulující lidskou pokožku



Obr. 30 Kovová mřížka simulující ostrý předmět

Postup měření

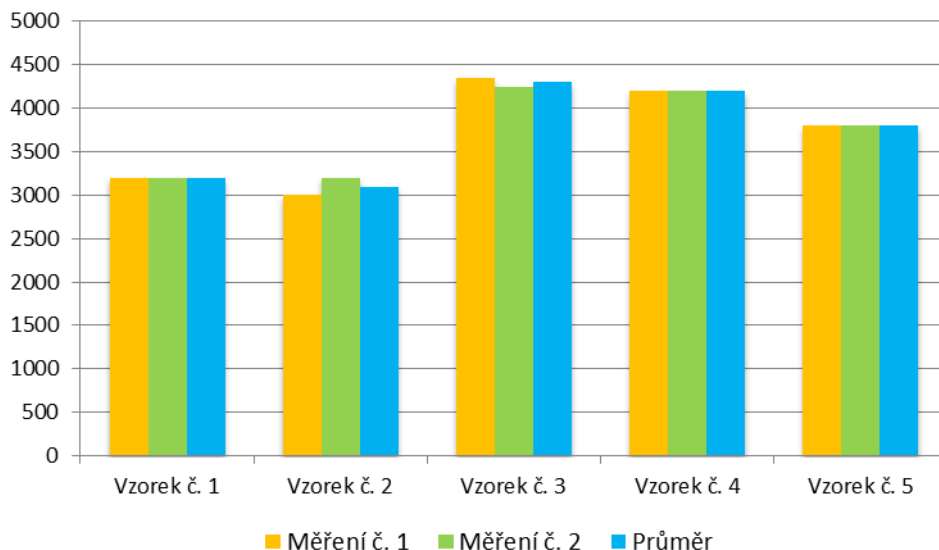
Měření na námi modifikovaném měřiči průsaku proběhlo v laboratořích TUL. První měření proběhlo za asistence vedoucího, kdy byl konzultován postup měření. Následná měření proběhla v několika následujících dnech samostatně, dle časových možností, převážně v odpoledních hodinách, ale vždy za stejných podmínek.

Jako první jsme provedli změření vzorků na přístroji bez použití tzv. mřížky. Měření proběhlo na každém z pěti vzorků dvakrát a jako výsledek byla brána jeho průměrná hodnota. Po změření bez mřížky proběhlo změření textilií následně s připevněnou kovovou mřížkou a každá textilie byla opět změřena dvakrát a jako výsledek byla opět brána průměrná hodnota. Pro každé měření byl vždy použit nový kus nepoškozené suché textilie.

Vzorek textilie byl vždy upevněn do upínacích šroubů na každé straně, aby textilie kopírovala polyuretan, který přesně vyplňoval měřič průsaku. Upevnění ve šroubech muselo být provedeno velmi pevně, aby nedocházelo k protékání vody v čelistech. Pro měření jsme používali textilií přibližně ve velikosti 14 x 14 cm. Po upevnění byl na přívodní hadici ze zdroje vody uvolněn kulový kohout, kterým se ze spodní strany začala do přístroje plnit voda. Po vyplnění mezery mezi polyuretanem a stěnami přístroje začal vodu nasakovat polyuretan. Po naplnění maximálního množství vody začalo docházet k nárůstu textilie směrem vzhůru, a to až do doby průsaku. V tabulce 8 jsou vidět hodnoty, kterých jsme dosáhli při testování na našem přístroji bez použití kovové mřížky simulující popruhy batohu.

Tab. 8 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky (v mm)

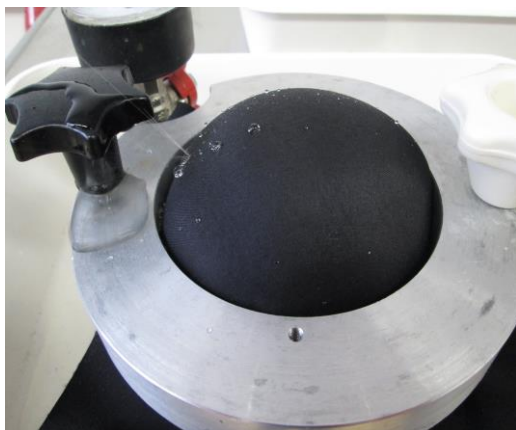
Vzorek	Měření			
	1	2	Průměr	Variační koeficient
1	3 200	3 200	3 200	0,000
2	3 000	3 200	3 100	0,046
3	4 350	4 250	4 300	0,016
4	4 200	4 200	4 200	0,000
5	3 800	3 800	3 800	0,000



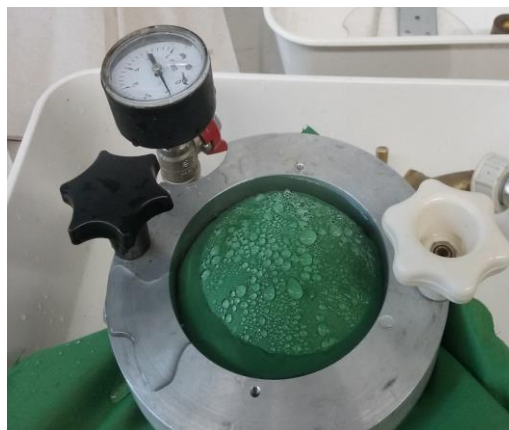
Obr. 31 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky (v mm)

V tabulce 8 a na výše uvedeném obrázku jsou znázorněny výsledky měření bez použití kovové mřížky. V případě měření vzorku č. 1 došlo k prasknutí testované textilie, konkrétně při průměrné hodnotě 3200 mm. Na obrázku č. 32 u vzorku č. 1 je vidět, že přibližně v prostředku levé části došlo k prasknutí textilie i membrány a následnému poklesu tlaku na barometru. Při takovémto měření je důležité sledovat barometr a postupně pouštět tlakovou vodu do přístroje a sledovat, kdy dojde k prosáknutí nebo prasknutí textilie, protože pokles tlaku je následně velmi rychlý. U vzorku č. 2 při měření bez mřížky došlo při hodnotě 3100 mm k průsaku vody skrze textilii, u vzorku č. 3 došlo při hodnotě 4300 mm k mírnému průsaku v prostřední části textilie. U vzorku č. 4 došlo při hodnotě 4200 mm k poklesu tlaku na barometru a textilie začala propouštět a u vzorku č. 5 došlo při hodnotě 3800 mm k průsaku vody skrze textilii.

VZOREK č. 1



VZOREK č. 2



VZOREK č. 3



VZOREK č. 4

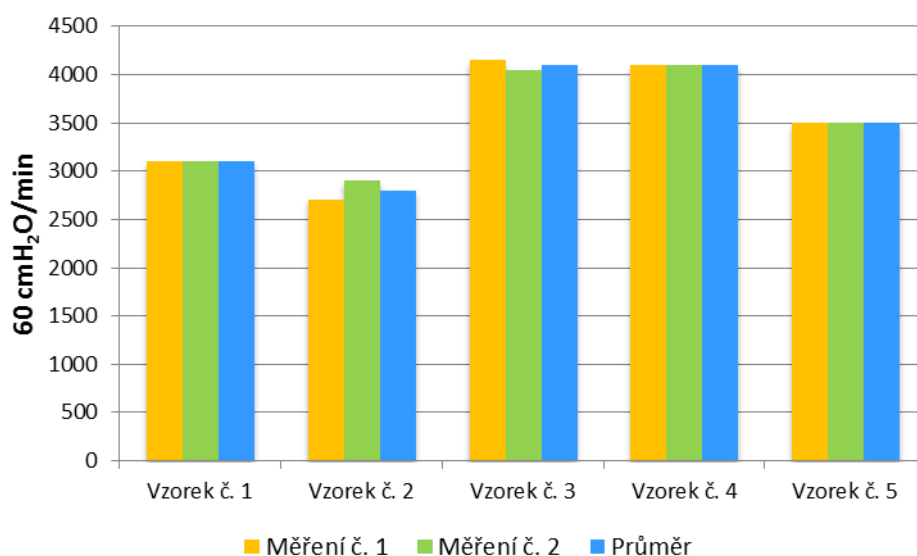


VZOREK č. 5

**Obr. 32 Měření na modifikovaném přístroji bez mřížky**

Tab. 9 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji s mřížkou (v mm)

Vzorek	Měření			
	1	2	Průměr	Variační koeficient
1	3 100	3 100	3 100	0,000
2	2 700	2 900	2 800	0,050
3	4 150	4 050	4 100	0,017
4	4 100	4 100	4 100	0,000
5	3 500	3 500	3 500	0,000

**Obr. 33 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji s mřížkou (v mm)**

V tabulce 9 a obrázku 33 jsou znázorněny výsledky měření s použitím kovové mřížky. Podle výsledků měření na modifikovaném přístroji opatřeném kovovou mřížkou je patrné, že výsledky jsou nepatrně nižší, což je způsobeno lokálním zatížením textilie o kovovou mřížku, která v místě dotyku při vyboulení textilie vytvoří hranu a dojde k poškození textilie dříve, než by tomu bylo v případě rovnoměrného zatížení celé textilie. Vzorek č. 1 prasknul při hodnotě tlaku 3100 mm. U vzorku č. 2 došlo při hodnotě 2800 mm k průsaku textilie, u vzorku č. 3 došlo při hodnotě 4100 mm k poklesu tlaku na barometru a to samé se stalo i u vzorku č. 4. U vzorku č. 5 došlo při hodnotě 3500 mm k průsaku textilie. Z výsledků měření při použití mřížky je patrné, že mřížka (v našem případě simulace popruhu) má vliv na hodnoty hydrostatické odolnosti

textilií. Tento vliv je na každou textilií trochu jiný. V našem případě je průměrný rozdíl hodnot bez použití mřížky a s použitím mřížky 5%.

7.6.1 Porovnání hodnot měření bez mřížky a s mřížkou

Tab. 10 Porovnání hodnot měření bez mřížky a s mřížkou (v mm)

Vzorek	Měření			
	Bez mřížky	S mřížkou	Rozdíl (v%)	Variační koeficient
1	3 200	3 100	3,71	0,022
2	3 100	2 800	9,68	0,072
3	4 300	4 100	4,68	0,037
4	4 200	4 100	2,39	0,017
5	3 800	3 500	7,90	0,058

Z tabulky 10 můžeme zhodnotit, do jaké míry má kovová mřížka, která nám simuluje hranu popruhu batohu vliv na hodnoty hydrostatické odolnosti u jednotlivých textilií. Z výsledků je patrné, že hrana, kterou nám vytvoří kovová mřížka, ale i jiná překážka, do určité míry ovlivní hydrostatickou odolnost textilie v místě namáhání. V našem případě to bylo cca od 2 do 10 %. Tento rozdíl se může zdát zanedbatelný, ale je nutné brát v úvahu, že pro naše měření byly použity materiály, jejichž hydrostatická odolnost (výška vodního sloupce) je někde na hranici 4000 mm, což není mnoho. Při testování materiálů s velmi kvalitními membránami, které jsou na hranici 20 000 – 30 000 mm by tento rozdíl byl výraznější. Bohužel takovýto pokus nemohl být realizován, jelikož na přívodu vody do přístroje není dostatečný tlak a barometr, který je na přístroji umístěn má hranici ukazatele na 6 BAR.

V případě našich měřených vzorků je nejmenší rozdíl u vzorku číslo 4, a to pouhých 2,39%, kdežto nejvýraznější je u vzorku číslo 2, konkrétně 9,68 %. Jak vzorek číslo 4, tak vzorek číslo 5 jsou 100% polyestery opatřené zátěrem, oba jsou v keprové vazbě a mají i totožnou tloušťku, přesto je rozdíl v lokálním namáhání textilie nejvýraznější. Vzorek číslo 4 má hodnoty výparného odporu 11,22 Pa.m²/W, což odpovídá hodnotám dle klasifikace R_{et} jako dobrá, kdežto vzorek číslo 2 má hodnoty výparného odporu jen 3,92 Pa.m²/W. Příčina těchto rozdílů může být závislá jak na kvalitě membrány (čím je membrána kvalitnější, tím jsou lepší hodnoty výparného odporu a i vyšší odolnost vůči hydrostatické odolnosti), tak i na hustotě dostavy,

povrchové úpravě materiálů, opatření mikrofleece na vnitřní straně textilie a mnoho dalších aspektů.

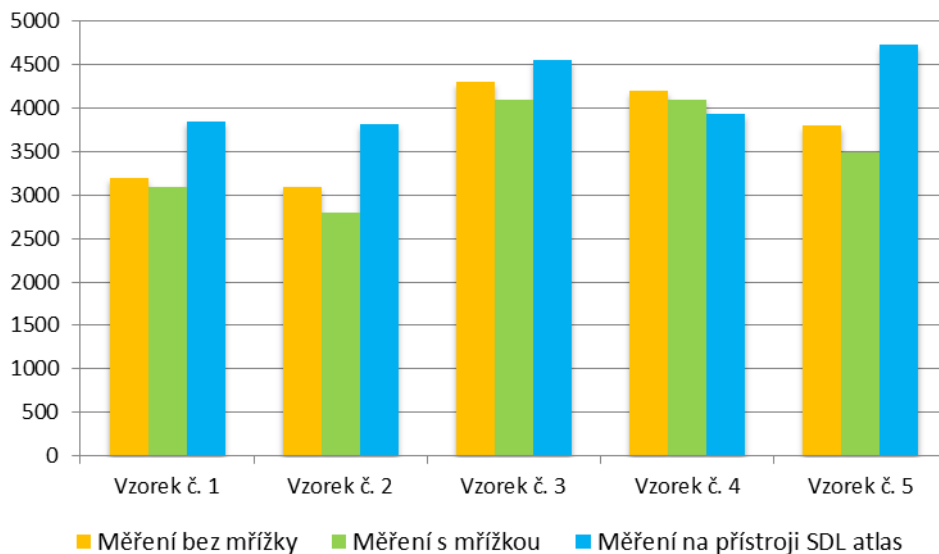
Z toho lze vyvodit závěr, že každý testovaný materiál je unikátní a něčím jiný, proto by bylo vhodné každý materiál při testování podrobit i zkoušce lokálního namáhání v určitém místě, kde k takovému to namáhání může docházet. V našich případech jsme se zaměřili na místo zatížení styku s ostrou hranou, ale existuje mnoho dalších míst, která mohou být na funkčních textiliích při užívání takto zatěžovány. Například zakleknutí horolezce na ostrý kámen ve sněhu či ve vodě, použití bederního popruhu batohu při dešti, ale i mnoho dalších míst, která mohou být namáhána jak nahodile tak i stále. Proto se dnes v místech lokálního namáhání materiály vyztužují či zpevňují, a to například cordurovými výztuhami či jinými materiály, čímž ale může docházet k ovlivnění celkových vlastností textilie, jak v hodnotách výparného odporu, tak v hodnotách hydrostatické odolnosti.

7.6.2 Porovnání hodnot měření na modifikovaném přístroji a přístroji Hydrostatic Head tester SDL atlas

Pro ověřování hodnot nové metody hydrostatické odolnosti textilií bylo jedním z cílů práce sestavit smáčecí zařízení, kterým by se daly tyto hodnoty měřit. Pro tento účel bylo nutné znát hodnoty hydrostatické odolnosti textilií a z tohoto důvodu byly zapůjčené textilie změřeny na školním přístroji Hydrostatic Head tester SDL atlas. Po změření vzorků byly hodnoty porovnány a to s hodnotami měření na našem modifikovaném přístroji. Porovnání proběhlo jak s hodnotami měření bez mřížky, tak s mřížkou. Porovnání výsledků je znázorněno v tabulce 11.

Tab. 11 Porovnání hodnot s přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)

Vzorek	Měření			
	Bez mřížky	S mřížkou	SDL atlas	Variační koeficient
1	3 200	3 100	3 852,5	0,022
2	3 100	2 800	3 820,0	0,072
3	4 300	4 100	4 558,5	0,034
4	4 200	4 100	3 940,0	0,017
5	3 800	3 500	4 731,5	0,058



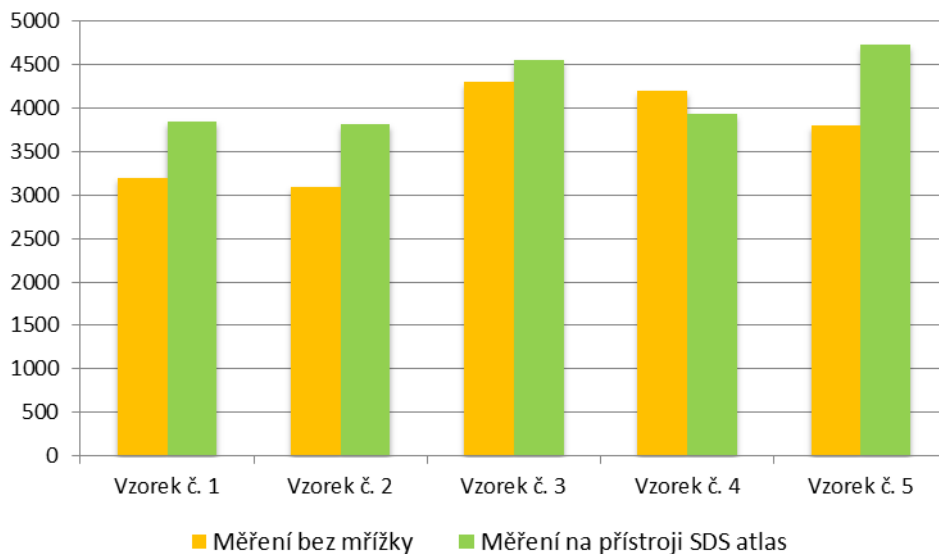
Obr. 34 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky, s mřížkou a přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)

Z tabulky 11 a obrázku 34 je patrné, že výsledky měření na přístroji Hydrostatic Head tester SDL atlas a na našem modifikovaném měřiči průsaku se v některých případech více či méně liší. V našem případě je směrodatné porovnání měření na modifikovaném přístroji, kde stejně jako u přístroje SDL atlas je textilie zatěžována rovnoměrně.

Porovnání hodnot měření bez mřížky a s přístrojem Hydrostatic Head tester

Tab. 12 Porovnání hodnot měření bez mřížky a s přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)

Vzorek	Měření			
	Bez mřížky	SDL atlas	Rozdíl (v %)	Variační koeficient
1	3 200	3 852,5	20,39	0,131
2	3 100	3 820,0	23,23	0,147
3	4 300	4 558,5	6,01	0,041
4	4 200	3 940,0	6,60	0,045
5	3 800	4 731,5	24,51	0,154



Obr. 35 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky a přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)

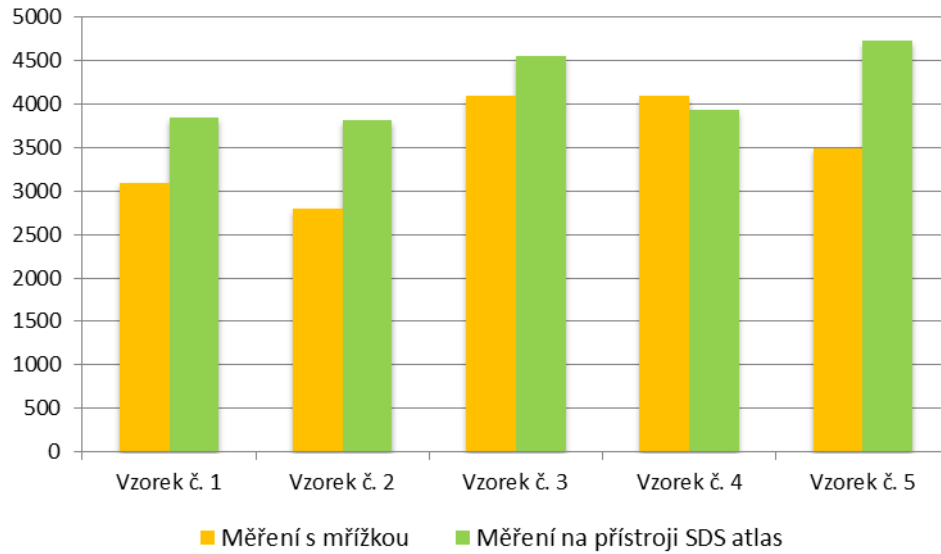
Při porovnání výsledků měření jednotlivých vzorků jsme v rozmezí 6 – 25%, což není moc dobrá vypovídací hodnota pro ověření funkčnosti modifikovaného přístroje. Optimální rozdíl hodnot pro ověření funkčnosti by musel být u všech testovaných vzorků cca do 10 % rozdílu, a to buď s hodnotami výše či níže. Je patrné, že rozdíly v měření při lokálním zatížení textilie a přístroji SDL atlas budou ještě větší.

Příčiny rozdílů jsou s největší pravděpodobností příčinou rychlého nárůstu tlaku u modifikovaného přístroje. Doporučením by bylo dalším vývojem přístroj upravit, aby tlak, který do přístroje vstupuje, byl regulován, nejlépe regulačním ventilem s barometrem na přívodu do přístroje.

Porovnání hodnot měření s mřížkou a s přístrojem Hydrostatic Head tester

Tab. 13 Porovnání hodnot měření s mřížkou a s přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)

Vzorek	Měření			
	S mřížkou	SDL atlas	Rozdíl (v %)	Variační koeficient
1	3 100	3 852,5	24,27	0,153
2	2 800	3 820,0	36,43	0,218
3	4 100	4 558,5	11,18	0,075
4	4 100	3 940,0	4,06	0,028
5	3 500	4 731,5	35,27	0,212



Obr. 36 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji s mřížkou a přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)

Při porovnání výsledků měření jednotlivých vzorků na přístroji opatřeném mřížkou (trámecem) jsme v rozmezí 4 – 36%, což je ještě větší rozpětí než u měření na přístroji bez mřížky. Toto srovnání je zde jen pro znázornění, aby bylo vidět, že lokální namáhání textilií má vždy větší vliv na hydrostatickou odolnost textilie než rovnoměrné. Pro porovnání výsledků měření na modifikovaném přístroji s mřížkou a přístroji SDL atlas by musel být přístroj SDL atlas opatřen podobnou mřížkou (trámecem). Za těchto podmínek by bylo možné výsledky měření porovnávat.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo sestavit (modifikovat) vlastní smáčecí zařízení pro simulaci vzniku hydrostatického tlaku. Změřit hydrostatickou odolnost zapůjčených textilií při zatížení materiálu nositelem, na principu zcela vlhké kruhové polyuretanové desky zatěžované kovovým trámcem (mřížkou). Tlak ve vrstvě pokryté testovanou textilií byl měřen tlakoměrem umístěným na přístroji.

Průběh měření byl několikrát přehodnocován a to z různých příčin či technických nedostatků. Jako nejvhodnější a nejvíce vypovídající varianta byla zvolena metoda měření s kovovým trámcem a bez něho a následně byly výsledné hodnoty z měření na modifikovaném přístroji porovnány s hodnotami na přístroji Hydrostatik Head tester SDL atlas.

Z výsledků měření bylo usouzeno, že modifikovaný přístroj je schopný měřit hydrostatický tlak, a to za pomoci barometru a přívodu tlakové vody, která je ze spodu přiváděna z vodovodní sítě pomocí prodlužovací hadice s kulovým uzávěrem. Po změření pěti zapůjčených vzorků od společnosti Alpine pro na modifikovaném přístroji bez mřížky a následně s mřížkou byly výsledky porovnány. Hodnoty hydrostatické odolnosti na vzorcích se pohybovaly při měření bez mřížky od 3100 mm do 4300 mm vodního sloupce. S přidáním kovové mřížky (trámce), která nám simulovala ostrou hranu, se hodnoty pohybovaly o něco níže, konkrétně na hodnotách 2800 mm až 4100 mm vodního sloupce. U všech testovaných vzorků po přidání kovové mřížky došlo ke snížení hodnot hydrostatické odolnosti, a to v řádu od 2,39 % až po 9,68 %. Z testování na lokální zatížení je patrné, že všechny textilie, a to jak s membránou či zátěrem, jsou v místě lokálního zatížení namáhány více, než je tomu u rovnoměrného zatížení, které bylo simulováno bez použití mřížky. Všechny použité vzorky byly od jedné společnosti a měly přibližně stejné výchozí parametry, ale přesto jejich výsledky byly do značné míry odlišné.

Následovalo srovnání naměřených hodnot na modifikovaném přístroji bez mřížky (rovnoměrné hydrostatické zatěžování) s hodnotami na přístroji Hydrostatic Head tester SDL atlas. Oba tyto přístroje zatěžují testovanou textilií rovnoměrně. Cílem bylo zjistit, zda hodnoty změřené na sestrojeném přístroji a přístroji SDL atlas jsou shodné. Hodnoty na sestrojeném přístroji se pohybovaly od 3100 do 4300 mm vodního sloupce a na přístroji SDL atlas se hodnoty pohybovaly v rozmezí 3820 - 4731,5 mm vodního sloupce. Při srovnání jednotlivých materiálů byly procentuální výsledky

v rozdílu od 6,01 % do 24,51 %. Detailní výsledky a srovnání jednotlivých měření jsou znázorněny v kapitole 7.6. Z těchto výsledků je patrné, že rozdíly v měřeních byly dosti výrazné, a to především u vzorků 1, 2 a 5 a to o více jak 20 %. Horní hranice, kdy je možné zkonstruovaný přístroj uzнат jako schopný měřit hydrostatický tlak na textiliích je hodnota do 10 % rozdílu v procentuální odchylce, a to u všech testovaných textiliích.

Hlavní přínos práce je skutečnost, že je možné zkonstruovat jednoduchý přístroj, který dokáže měřit hydrostatický tlak působící na textilii. Sestavený přístroj lze považovat za prototyp, na jehož vývoji se dá ještě pracovat. Jako doporučení pro další vývoj je opatření přístroje regulačním ventilem tlaku vody, barometrem o vyšším rozsahu a čerpadlem umístěným před regulační ventil pro dosažení vyššího hydrostatického tlaku na přívodu vody a umožnit testování textilií i s vyšší hydrostatickou odolností. Dalším zkoumáním a testováním přístroje bychom rádi docílili toho, že přístroj bude možné uvést na trh.

Literatura

- [1] HES, L., SLUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ *Malý průvodce světem outdooru 2007*. Praha: Outdoor media, s. r. o., 2007. ISSN 1214-326X.
- [3] KNÍŽEK, R. *Diplomová práce - Polopropustné nanovláčkové membrány pro oděvní účely*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010.
- [4] *High point - prodyšnost, paropropustnost*, [online], [cit. 2015-10-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.highpoint.cz/komunita/slovník-pojmu/prodyšnost-paropropustnost.html>>.
- [5] *Definice pojmu outdoor*, [online], [cit. 2015-10-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.highpoint.cz/slovník/outdoor.html>>.
- [6] RUŽICKOVÁ, D. *Oděvní materiály*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083682-2.
- [7] HORROCKS, A. R., ANAND, S. *Handbook of technical textiles*. Bolton: CRC Press Woodhead, 2000. ISBN 1-85573-385-4.
- [8] MATTILA, H. R. *Intelligent textiles and clothing*. 1. vydání. Bolton: CRC Press Woodhead, 2006. ISBN 13:978-1-84569-005-2.
- [9] BRZEZIŃSKI, S. a kolektiv. *Structure and properties of microporous polyurethane membrane designed for textil-polymeric composite systems*, [online], [cit. 2016-10-01]. Dostupné z WWW: <fibtex.lodz.pl/54_17_53.pdf>.
- [10] *Outdoorové oblečení – materiály*, [online], [cit. 2015-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.mrk.cz/clanek.php?id=648>>.
- [11] *Porellemembranes.com*, [online], [cit. 2015-08-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.porellemembranes.com/microporous-membranes.html>>.
- [12] *Torayentrant - schéma prostupu vodních par hydrofobní membránou*, [online], [cit. 2015-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.torayentrant.com/index.html>>.
- [13] DRAŠAROVÁ, J. *Vysoce funkční textilie*, [online], [cit. 2015-11-05]. Dostupné z WWW: <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2008-07-18/11-27.pdf>>.
- [14] HES, L. *Sensora - Permetest*, [online], [cit. 2015-15-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.sensora.eu/permetest.html>>.
- [15] *Automatic hydrostatic head tester FX 3000 hydrotester III* [online]. [cit. 16.05.2015]. Dostupné z: <http://www.textest.ch/pdf-files_en/3000-III_leaflet_en.pdf>.

-
- [16] *Historie SDL Atlas* [online]. [cit. 16.05.2015]. Dostupné z: <<http://www.sdlatlas.com/About-Us/History->>.
- [17] ČSN EN 2081.: *Stanovení odolnosti proti pronikání vody. Zkouška tlaku vody*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [18] *Alpine pro – představení firmy*, [online], [cit. 2016-15-02]. Dostupné z WWW: <http://alpinepro.cz/>.
- [19] SOBOTKA, Z.: *Reologie hmot a konstrukcí*. 1. vyd. Praha: Academia, 1981. 499 s.
- [20] WEIN, O.: *Úvod do reologie*. 1. vyd. Brno: Malé centrum, 1996. 84 s.
- [21] KREBS, J.: *Teorie zpracování nekovových materiálů. Část 1, zpracování plastů*. 1. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1991. 250 s. ISBN 80-7083-074-3.
- [22] *Struktura a vlastnosti polymerních materiálů* [online]. [cit. 2016-15-02]. Dostupné z <<http://www.vscht.cz/pol/Fyzika%20polymeru/Fyzika%20polymeru.htm>>
- [23] *Viskoelastické modely* [online]. [cit. 2016-11-03]. Dostupné z <http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_pol/FP_09.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Základní druhy laminací [3]	22
Obr. 2 Mikroporézní membrána [11].....	23
Obr. 3 Schéma prostupu vodních pár hydrofobní membránou [11].....	23
Obr. 4 Hydrofilní membrána [12].....	24
Obr. 5 Povrch a příčný řez polyuretanového mikroporézního zátěru [13].....	25
Obr. 6 Znázornění prostupu vodních par polyuretanovým zátěrem [13]	25
Obr. 7 Povrch a příčný řez hydrofilního polyuretanového zátěru [13].....	26
Obr. 8 Materiál Entrant firmy Toray [12].....	26
Obr. 9 Schéma přístroje Permetest [1].....	28
Obr. 10 Hydrostatic head tester [16].....	30
Obr. 11 Model dokonalé pružiny [21]	33
Obr. 12 Model pístu s ideálními tokovými vlastnostmi [21].....	33
Obr. 13 Vlevo - sériové zapojení prvků, vpravo - schéma znázorňující působení deformace a napětí v závislosti na čase [23].....	34
Obr. 14 Jelcinův model paralelního zapojení prvků [23]	35
Obr. 15 Diagram relativní deformace membrány	39
Obr. 16 Měřič průsaku	39
Obr. 17 Nerezový válec, kterým je zatěžována textilie	40
Obr. 18 Logo společnosti Alpine Pro [18].....	41
Obr. 19 Testovaný vzorek č. 1	42
Obr. 20 Testovaný vzorek č. 2	43
Obr. 21 Testovaný vzorek č. 3	43
Obr. 22 Testovaný vzorek č. 4.....	44
Obr. 23 Testovaný vzorek č. 5	44
Obr. 24 Mechanický měřič tloušťky textilie.....	45
Obr. 25 Mikroskop BX51	47
Obr. 26 Výsledky měření hydrostatického tlaku na přístroji Hydrostatic Head tester 018 v mm	50
Obr. 27 Vzorek č. 1 – měření na přístroji Hydrostatic Head tester	50
Obr. 28 Modifikovaný přístroj pro měření průsaku.....	52
Obr. 29 Polyuretan simulující lidskou pokožku	52
Obr. 30 Kovová mřížka simulující ostrý předmět	52

Obr. 31 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky (v mm).....	54
Obr. 32 Měření na modifikovaném přístroji bez mřížky	55
Obr. 33 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji s mřížkou (v mm).....	56
Obr. 34 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky, s mřížkou a přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm).....	59
Obr. 35 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky a přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm).....	60
Obr. 36 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji s mřížkou a přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)	61

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Doporučené hodnoty výšky vodního sloupce některých aktivit [2]	17
Tab. 2 Klasifikace paropropustnosti pro vodní páry v jednotkách Ret [4]	18
Tab. 3 Tepelné energie vyprodukované různými činnostmi, odpovídající intenzitě pocení [7]	20
Tab. 4 Výsledky měření tloušťky textilií (v mm)	45
Tab. 5 Výsledky měření plošné hmotnosti (v g)	46
Tab. 6 Výsledky měření výparného odporu (v Pa.m ² /W)	48
Tab. 7 Výsledky měření hydrostatického tlaku na přístroji Hydrostatic Head tester 018 (v mm)	49
Tab. 8 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji bez mřížky (v mm)	53
Tab. 9 Výsledky měření hydrostatického tlaku na modifikovaném přístroji s mřížkou (v mm)	56
Tab. 10 Porovnání hodnot měření bez mřížky a s mřížkou (v mm)	57
Tab. 11 Porovnání hodnot s přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)	58
Tab. 12 Porovnání hodnot měření bez mřížky a s přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)	59
Tab. 13 Porovnání hodnot měření s mřížkou a s přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas (v mm)	60

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Měření vzorků na přístroji M018 Hydrostatic Head tester SDL atlas.....	70
Příloha 2 Měření vzorků na modifikovaném přístroji bez mřížky.....	71
Příloha 3 Měření vzorků na modifikovaném přístroji s mřížkou.....	72

Příloha 1 Měření vzorků na přístroji M018 Hydrostatic Head tester SDL atlas

Přístroj SDL atlas



VZOREK č. 1



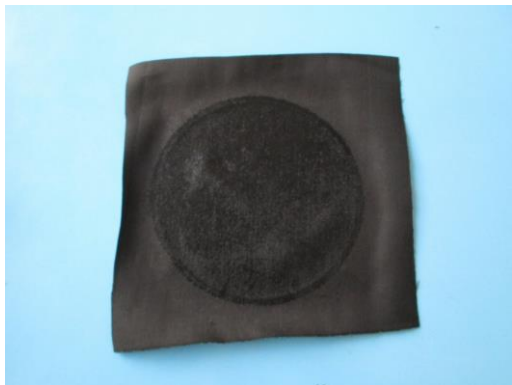
VZOREK č. 2



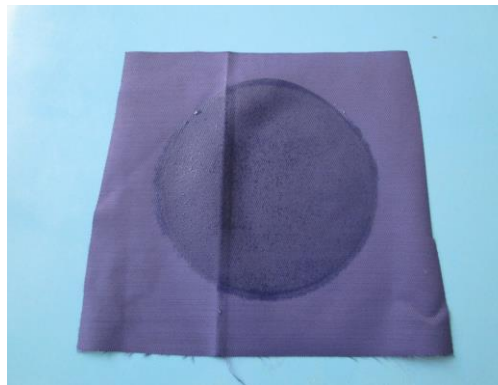
VZOREK č. 3



VZOREK č. 4

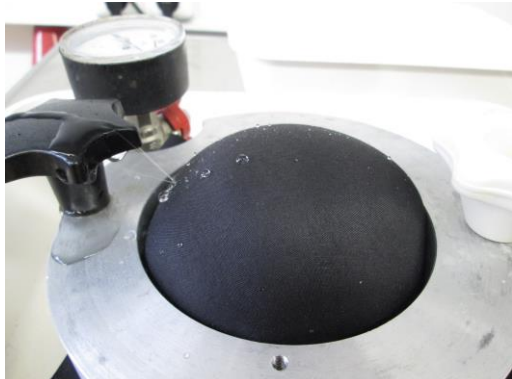


VZOREK č. 5



Příloha 2 Měření vzorků na modifikovaném přístroji bez mřížky

VZOREK č. 1



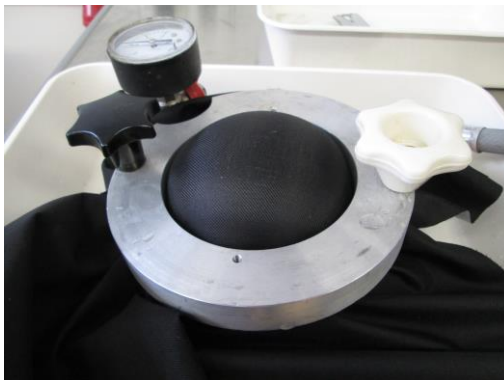
VZOREK č. 2



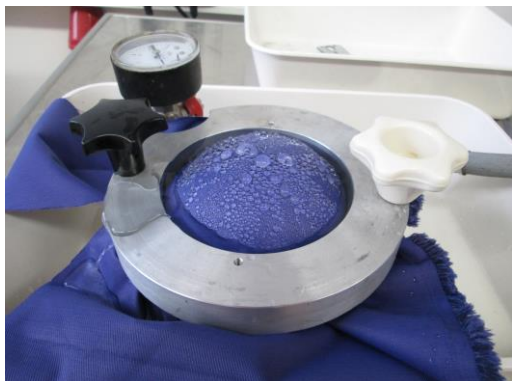
VZOREK č. 3



VZOREK č. 4

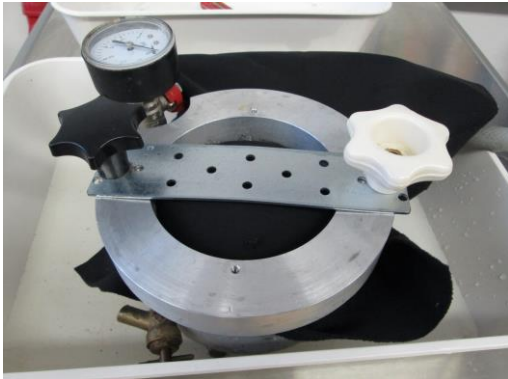


VZOREK č. 5



Příloha 3 Měření vzorků na modifikovaném přístroji s mřížkou

VZOREK č. 1



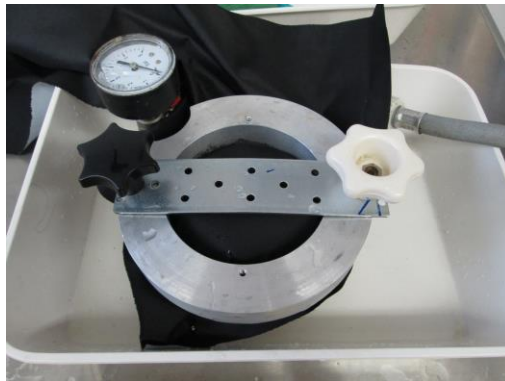
VZOREK č. 2



VZOREK č. 3



VZOREK č. 4



VZOREK č. 5

