

Principiální testování hydrostatické odolnosti textilií

Bakalářská práce

Studijní program:

B3107 Textil

Studijní obor:

Textilní marketing

Autor práce:

Halim Al-Azawi

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií





Zadání bakalářské práce

Principiální testování hydrostatické odolnosti textilií

Jméno a příjmení: **Halim Al-Azawi**
Osobní číslo: T18000179
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní marketing
Zadávající katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

1. Definujte literární rešerši na téma hydrostatické odolnosti textilií. Zaměřte se na princip měření a chování materiálů při zatížení.
2. Provedte měření hydrostatické odolnosti různých druhů laminátů a to z obou stran.
3. Zhodnoťte závislost výsledků hydrostatické odolnosti na tom, jak byl materiál položen na vodní hladinu. Diskutujte důvody rozdílných nebo shodných výsledků.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

30 – 40 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

ČSN EN ISO 811 (800818) Textilie – Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody. Katalogové číslo 506418, Datum schválení 1. 12. 2018, Datum účinnosti 1. 1. 2019, Počet stran 12 stran, EAN kód 8596135064182.

Razzaque A., Tesinova P., Hes L., Arumugam V. Hydrostatic Resistance and Mechanical Behaviours of Breathable Layered Waterproof Fabrics. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2018; 26, 1(127): 108-112. DOI: 10.5604/01.3001.0010.7805

Ráslová M. Hydrostatická odolnost textilií používaných pro sport. Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2012.

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

22. října 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

30. srpna 2021

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 21. července 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

26. srpna 2021

Halim Al-Azawi

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavle Těšinové Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, při psaní bakalářské práce, za její pomoc a trpělivost. Další poděkování patří mé rodině, přítelkyni a přátelům, kteří mě podporovali a byli mi oporou při psaní bakalářské práce.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je studie chování laminovaných materiálů při testování hydrostatické odolnosti z lící i rubní strany, porovnat tyto dvě hodnoty a vyvodit rozdíl mezi výslednými hodnotami. Hydrostatická odolnost je měřena dle české technické normy ČSN EN ISO 811. *Textilie - Stanovení odolnosti proti pronikání vody - Zkouška tlakem vody*. Tato norma ovšem povoluje měření z obou stran zkušební vzorku. Proto je potřeba stanovit rozdíl mezi odolnostmi lící a rubní strany referenčního vzorku. Dále je cílem popsat odlišnost v chování jednotlivých vzorků při zkoušce a najít příčinu rozdílnosti mezi hydrostatickou odolností jednotlivých vzorků. V teoretické části jsou definovány voděodolné materiály, postupy získání voděodolnosti a teoreticky popsána hydrostatická odolnost.

V praktické části je popsáno všech šestnáct měřených vzorků. Dále je provedeno měření hydrostatické odolnosti z lící a rubní strany u všech šestnácti vzorků, kde jsou výsledky statisticky zaznamenány do tabulek a porovnány. Vzorky jsou rozděleny do dvou skupin podle použití laminace na třívrstvé a dvouvrstvé materiály. Ty jsou na závěr mezi sebou porovnávány a jsou zde vyvozené rozdíly.

Klíčová slova

Hydrostatická odolnost, vodní sloupec, hydrofobní membrána, mikroporézní zátěr, laminace, voděodolnost

Annotation

The aim of this bachelor thesis is to study the behavior of laminated materials in testing of hydrostatic resistance from the front and back sides, compare these two values and deduce the difference between the resulting values. Hydrostatic resistance is measured according to the Czech technical standard ČSN EN ISO 811. *Textilie - Stanovení odolnosti proti pronikání vody - Zkouška tlakem vody*. However, this standard allows measurements from both sides of the tested material. Therefore, it is necessary to determine the difference between the hydrostatic resistance of the front and back side of the reference textile material. Furthermore, the aim is to describe the difference in the behavior of individual materials during the test and find out the cause of the difference in hydrostatic resistance between individual materials. The theoretical part defines waterproof materials, procedures for obtaining water resistance and theoretically describes hydrostatic resistance.

The practical part describes all sixteen measured samples. Next the measurement of hydrostatic resistance from the front and back side is done on all sixteen samples, where the results are statistically recorded in tables and compared. The samples are divided into two groups according to the use of lamination on three-layer and two-layer materials. Finally, they are compared with each other and there are described differences.

Key words

Hydrostatic resistance, water column, hydrophobic membrane, microporous coating, lamination, water resistance

OBSAH

Úvod.....	10
1 Teoretická část	11
1.1 Voděodolné materiály a postupy získání voděodolnosti.....	11
1.1.1 Hustě tkané textilie.....	11
1.1.2 Použití membrány	12
1.1.3 Laminace.....	14
1.1.4 Zátěry	15
1.1.5 DWR úprava.....	16
1.2 Hydrostatická odolnost textilie	17
1.2.1 Přístroj pro měření hydrostatické odolnosti	18
1.2.2 Podstata zkoušky	19
1.2.3 Předchozí výzkum.....	20
2 Experimentální část.....	24
2.1 Měřené textilie	25
2.1.1 Třívrstvé lamináty	25
2.1.2 Dvouvrstvé lamináty	34
2.2 Testování hydrostatické odolnosti.....	41
2.3 Zkouška hydrostatické odolnosti.....	41
2.3.1 Příprava zkoušky	41
2.3.2 Postup zkoušky.....	41
2.3.3 Analýza naměřených hodnot třívrstvých laminátů.....	43
2.3.4 Analýza naměřených hodnot dvouvrstvých laminátů	52
2.4 Diskuze výsledků	59
2.4.1 Porovnání podle vrstvení laminace	59
2.4.2 Porovnání podle plošné hmotnosti	61
2.4.3 Porovnání podle dostavy tkaniny	62
2.4.4 Chování materiálů v průběhu testu.....	63
2.4.5 Návrhy na další potencionální výzkum.....	66
3 ZÁVĚR	67
LITERATURA.....	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	
SEZNAM TABULEK	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN

PU		polyuretan
PTFE		polytetrafluoretylen
PES		polyester
PA		polyamid
T	[°C]	stupeň Celsia
L	[m]	délka
S	[m ²]	plocha
m	[g]	hmotnost
V	[m/s]	rychlost
t	[s]	čas
ms	[g/m ²]	plošná hmotnost
v.s.	[mmH ₂ O]	výška vodního sloupce
<i>p</i>	[bar]	hydrostatická odolnost
ρ_s	[g/m ²]	plošná hmotnost
D _o	[1/cm]	dostava osnovy
D _ú	[1/cm]	dostava útku
H _s	[1/cm]	hustota sloupků
H _ř	[1/cm]	hustota řádků

ÚVOD

Při určování hydromechanických vlastností je jedním z nejdůležitějších parametrů hydrostatická odolnost textilie, která udává výšku vodního sloupce, než dojde ke znehodnocení materiálu. Tato vlastnost je velmi důležitá u outdoorového oblečení, které musí odolat extrémním klimatickým podmínkám. Čím vyšší bude vodní sloupec textilie, tím lepší bude jeho hydrostatická odolnost a bude lépe odolávat dešti a vodě.

Tato vlastnost je měřena podle české technické normy ČSN EN ISO 811. *Textilie - Stanovení odolnosti proti pronikání vody - Zkouška tlakem vody*. Tato norma ovšem povoluje měření z obou stran zkušební vzorku. Logickým se jeví, že zkušební vzorek bude měřen ze strany vnější, jelikož je to strana, která je vystavována vnějším vlivům. Je ale potřeba stanovit rozdíl mezi odolností lící a rubní strany referenčního vzorku a určit, zda výsledky měření hydrostatické odolnosti lící a rubní strany dosahují podobných hodnot a mají podobnou vypovídající hodnotu, či zda se rozdíly v měření statisticky významně liší a pro přesné určení hydrostatické odolnosti referenčního vzorku lze vycházet pouze z měření lící strany, která je používána jako svrchní textilie, která chrání nositele před vnějšími vlivy.

Cílem bakalářské práce je definovat měřené vzorky a naměřit hydrostatickou odolnost z obou stran vzorků textilií, tedy z rubní i lící strany a ověřit, zda z měření obou stran vycházejí stejné či podobné hodnoty. Pokud se budou měřené strany vzorku lišit, tak procentuálně vyjádřit rozdíl mezi měřenými stranami a vyhodnotit, zda má textilie ideální hodnoty nepromokavosti či voděodolnosti. Dalším cílem je ověřit, co ovlivňuje míru hydrostatické hodnoty, zda typ použité laminace, či jiný faktor zkoumaného vzorku.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Voděodolné materiály a postupy získání voděodolnosti

Při výrobě sportovního outdoorového oblečení je důležité dbát, aby byl materiál schopný odvádět tělesné výpary skrz materiál z těla ven a zároveň chránit nositele před vnějším působením vody. Toho lze docílit použitím následujících atributů [1]:

- hustě tkané textilie
- použitím membrány
- zártěry
- DWR úprava

1.1.1 Hustě tkané textilie

Využití této technologie přišlo ve čtyřicátých letech dvacátého století v Anglii za účelem ošacení anglických letců, kvůli možnosti sestřelení v chladných podmínkách na cizím území a nesla název Ventile. Měla předejít propustnosti vody při eventuální možnosti styku s vodou v oceánech. Byla tkaná z velmi jemných česaných přízí z bavlny. Principem této tkaniny bylo použití dostatečně velkých pórů v tkanině za suchého stavu, aby byla textilie dostatečně prodyšná. Po namočení se póry uzavřeli a vytvořili voděodolnou bariéru, která chránila nositele před působením vody. Tkanina se tak stává nepromokavou, aniž by bylo nutné použití jakékoliv vodoodpudivé povrchové úpravy [1].

Dnes jsou pro výrobu těchto tkanin využity i syntetická vlákna o velikosti mikrovláken. Jednotlivá vlákna mají průměr menší než 10 μm , takže vlákna jsou velmi malá póry lze zkonstruovat. Textilie jsou obvykle vyrobené z polyamidu nebo polyesteru. Ten je zvláště užitečný, protože má vodoodpudivé vlastnosti. Odolnost tkaniny proti pronikání vody se dále zlepšuje užitím různých hydrofobních úprav. Na rozdíl od bavlněných vláken syntetická vlákna neobtnají, když se namočí a jejich struktura zůstává zachována. Proto je zapotřebí použít velmi jemná vlákna s velmi malou velikostí pórů. Mezi hlavní znaky hustě tkané tkaniny patří [1]:

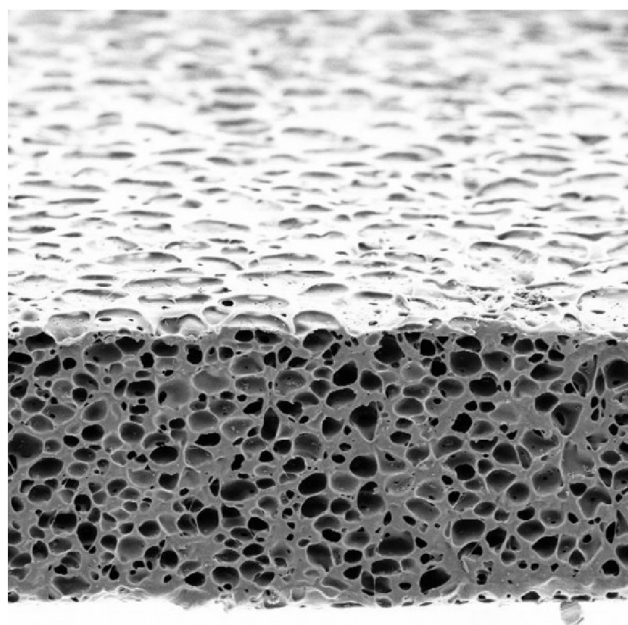
- Velikost pórů se pohybuje v rozmezí 10 μm za sucha a 3 μm za mokra
- Hustě tkaná tkanina má až 7000 nití/cm

1.1.2 Použití membrány

Membrány jsou extrémně tenké vrstvy polymerního materiálu o tloušťce přibližně 10 μm , které jsou konstruované tak, aby zajišťovaly odolnost proti vysokému sloupci vody a zároveň aby umožňovali průchod vodních pár. Tyto membrány se laminují na textilii, aby poskytly materiálu potřebné mechanické vlastnosti a textilie zároveň chrání membránu před poškozením. Membrány se v praxi dělí na dva typy, mikroporézní (hydrofobní) membrány a neporézní (hydrofilní) membrány [1].

Mikroporézní (hydrofobní) membrány

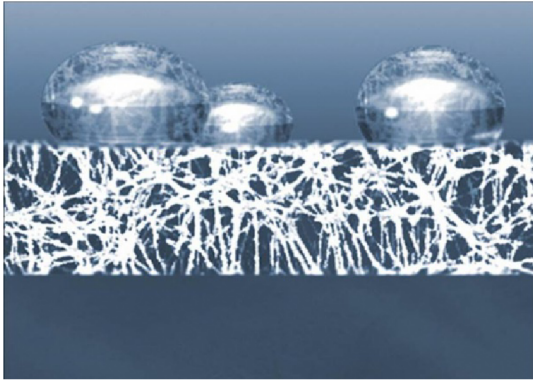
Tyto membrány fungují na principu prostupu vodních pár skrz mikroskopické póry, které jsou dostatečně velké pro vstup molekuly páry, ale tak malé, že nepropustí vodní kapku. Tento princip je znázorněn na obrázcích 2 a 3. Mikroporézní membrány obsahují až 1,4 miliardy drobných pórů na centimetr čtvereční. Tyto póry jsou až 20 000x menší než kapka vody (velikost pórů se pohybuje v rozmezí od 0,1 - 3 μm , zatímco velikost kapky vody je přibližně 100 μm), ale až 700x větší než molekula vodní páry. Tyto membrány



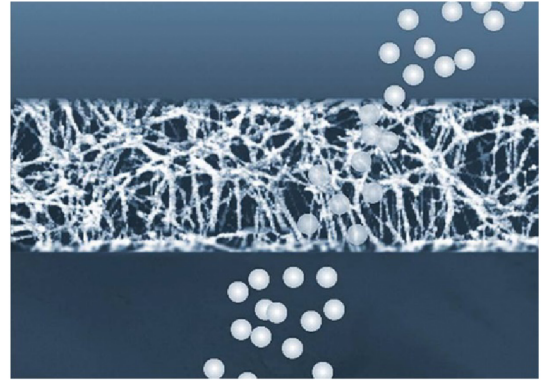
Obrázek 1 Hydrofobní membrána [3]

jsou schopné odolat tlaku vodního sloupce až 30 000 mmH_2O . Vzhled mikroporézní membrány lze vidět na obrázku 1. Nevýhodou mikroporézních membrán je jejich náchylnost na zanášení pórů různými nečistotami, částicemi tuku nebo solemi. Tyto membrány potom vyžadují úpravy, aby se těmto vlivům předcházelo a zároveň jistou šetrnost při údržbě [1,2].

Mezi nejznámější výrobce mikroporézních membrán patří GORE-TEX, jenž používá membránu typu PTFE, tedy vyrobenou z polytetrafluorethylenu, obchodně nazývaného jako teflon [4].



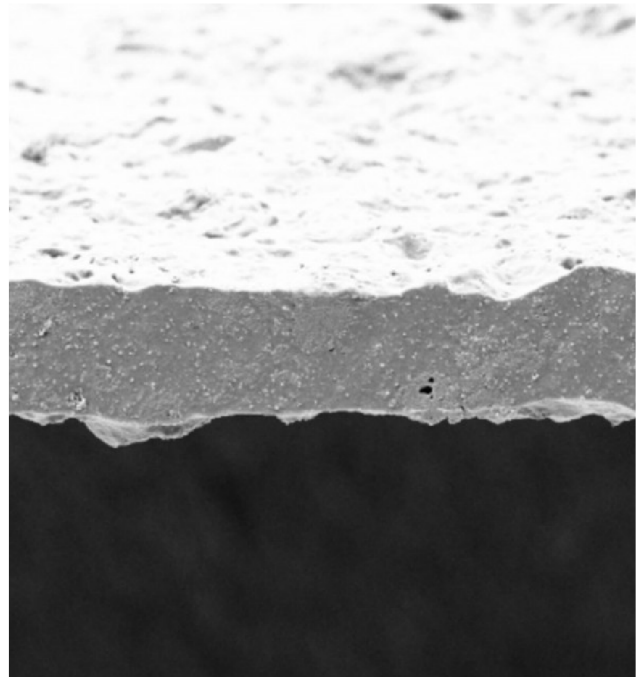
Obrázek 3 Kapka vody je příliš velká pro průchod póry v membráně [4]



Obrázek 2 Molekula páry je dostatečně malá pro průchod póry v membráně [4]

Neporézní (hydrofilní) membrány

Opakem hydrofobní membrány je membrána hydrofilní. Membrána je zcela bez pórů a její propustnost vodních par závisí na chemicko-fyzikálního jevu, kdy dochází k absorpci vodních pár do struktury membrány. Ta je potom pomocí difúze transportována ven z membrány, kde dochází k desorpci vody. Mezi výhody patří, že jejich hydrostatické vlastnosti dosahují lepších hodnot než u hydrofobních membrán, neobsahují žádné póry, které by se mohli zanášet a nejsou tolik náročné na údržbu. Nevýhodou je naopak nižší propustnost vodních pár [1,5].



Obrázek 4 Neporézní membrána [6]

Nejčastějším materiálem pro výrobu neporézních membrán je polyuretan (PU) a materiál SympaTex z modifikovaného polyesteru, což je hydrofilní konkurent GORE-TEXU [2,5].

1.1.3 Laminace

Pro uchycení membrán k textili se využívá principu laminace. Laminace se dělí podle počtu laminovaných vrstev. V praxi existují tři základní lamináty [7]:

- Dvouvrstvá laminace
- Dvou a půl vrstvá laminace
- Třívrstvá laminace

Dvouvrstvá laminace

Jedná se o nalaminování membrány ke svrchní textili pomocí laminace. Membrána je tedy z lící strany chráněná a pevně spojena s tkaninou a ze strany rubní bývá volná podšívka, která má předejít membráně kontaktu s tělem nositele. Nevýhodou tohoto provedení je, že při nošení dochází ke tření membrány s podšívkou, jelikož nejsou pevně spojeny dostává se mezi ně vzduch, který ovlivňuje odvod vodních par z těla [1,7].



Obrázek 5 Dvouvrstvá laminace s volnou podšívkou [4]

Dvou a půl vrstvá laminace

Stejně jako u dvouvrstvé laminace, i zde dochází k laminaci membrány přímo na lící textili. Na rozdíl od dvouvrstvé laminace je zde však na membránu natištěná ochranná vrstvá, která předchází oděru a mechanickému poškození membrány z vnitřní strany. Jelikož se nejedná o plnohodnotnou vrstvu, je tento typ nazývá 2,5 vrstvá laminace [5,7].



Obrázek 6 Dvou a půl vrstvá laminace [4]

Třívrstvá laminace

U této laminace je membrána pevně spojena (laminována) se svrchní textilií a s podšívkou (lícni a rubní textilie). Membrána je tedy chráněná z obou stran a je odolnější proti mechanickému poškození, působení vody, sněhu, větru, namáhání a opotřebení materiálu. Materiál je vyznačován větší tloušťkou, tudíž i vyšší plošnou hmotností. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena. Celkově se však tento typ laminace vyznačuje nejvyšší mírou vodního sloupce, a i přesto dostatečnou prodyšností [4,5]

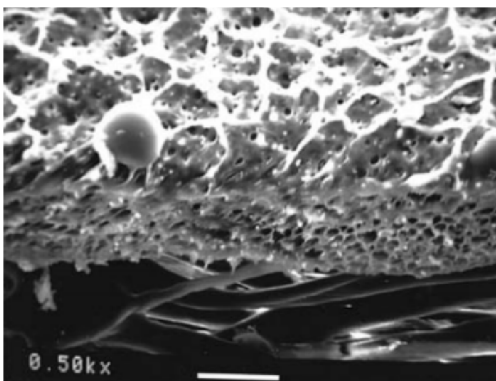


Obrázek 7 Třívrstvá laminace [4]

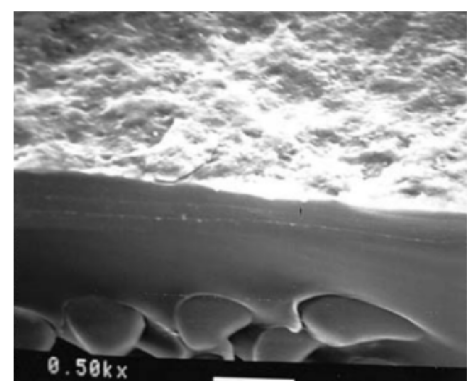
1.1.4 Zátěry

Jedná se o nános polymerního materiálu přímo na svrchní textilií, který vytváří ochranný film, jenž napodobuje vlastnosti membrány, ale není tak účinný. Polymerní materiál se nanáší i ve vícero vrstvách a jsou vyráběny na bázi polyuretanu (PU), akrylu, polvinylchloridu (PVC) a dalších materiálů. Jejich výhodou je nižší cena a vyšší elasticita materiálu. Nevýhodou je však nižší životnost, vyšší mechanické opotřebení a nižší odolnost vůči působení tlaku vody [1,2].

Stejně jako u membrán, i u zátěrů rozlišujeme mikroporézní (hydrofobní) zátěry a neporézní (hydrofilní) zátěry. Princip odolnosti vůči vodě a prostupu vodních par je totožný jako membrán [1].



Obrázek 8 Mikroporézní zátěr [1]



Obrázek 9 Neporézní zátěr [1]

1.1.5 DWR úprava

Vodoodpudivá úprava textilie DWR, anglicky Durable Water Repellent, je nános vodoodpudivé látky, nejčastěji fluoropolymeru, který na textilií vytváří neviditelný film, který snižuje povrchové napětí pevné látky. Když je povrchové napětí výrazně nižší než povrchové napětí vody, může se voda vysrážet do tvaru koule a neprojít do struktury materiálu. Voda se tak může usazovat a stékat z povrchu látky. Tento jev můžeme vidět na obrázku 10. Díky úpravě DWR se materiál stává hydrofobní a nenasákavý [8].

Při znečištění oleji, mastnotou, či praní materiálu v agresivních pracích prostředcích dochází ke znehodnocení úpravy. Ta je potřeba znovu impregnací aplikovat [8].



Obrázek 10 Ukázka DWR úpravy [8]

1.2 Hydrostatická odolnost textilie

Hydrostatická odolnost textilie je důležitá vlastnost textilních materiálů, které jsou využívány pro výrobu sportovních a outdoorových vrchových oděvů, plachet či stanů, kde je důležitá odolnost materiálu vůči působení vodního tlaku. Kvalita takové textilie se hodnotí pomocí její hydrostatické odolnosti, ale zároveň také podle její prodyšnosti. Materiál by měl být nepromokavý, ale zároveň by měl propouštět vodní páry z těla ven [9].

Na webu outdoorguide.cz [10] je uvedeno, že standard nepromokavého materiálu je přibližně 1 300 mm vodního sloupce. Při výšce 5 000 mm vodního sloupce by měl být materiál odolný vůči dešti. U outdoorového oblečení, které musí splňovat přísnější nároky na odolnost vůči dešti a drsnějším klimatickým podmínkám by měla výška vodního sloupce odpovídat hodnotám v rozmezí 10 000 – 20 000 mm vodního sloupce, jelikož se bere v potaz namáhání materiálu, které hydrostatickou odolnost textilie snižuje.

Tabulka 1 Hodnoty výšky vodního sloupce různých aktivit [4,10]

Výška vodního sloupce	Vlastnost aktivity
1300 mmH ₂ O	Nepromokavost
5000 mmH ₂ O	Děšť za větrných podmínek
11000 mmH ₂ O	Prudký děšť
12000 mmH ₂ O	Klečení v mokré půdě
15000 - 20000 mmH ₂ O	Tlak popruhů batohu
20000 mmH ₂ O	Prudký děšť spojený s vichřicí

Hydrostatická odolnost je definována jako schopnost textilie odolávat stále se zvyšujícímu se vodnímu tlaku a je určena výškou vodního sloupce. Čím vyšší vodní sloupec je, tím lépe daná textilie odolává vodnímu tlaku.

Hodnota vodního sloupce je ukazatelem, jak velkému hydrostatickému tlaku je textilní vzorek schopen odolat, než začne prosakovat a znehodnotí se jeho struktura. Rozhodující okamžik je, kdy dojde k průniku vody, tedy destrukci materiálu, kdy dochází k uvolňování či k posunu vazebných bodů ve struktuře textilie. Dle normy je rozhodným momentem penetrace vodou na třech viditelných místech [12].

Pro udání hodnoty vodního sloupce se používá výška H_2O , nejčastěji mmH_2O , cmH_2O a mH_2O . Jedná se o tlak vody ve válci. Tato hodnota nám udává výšku vodního sloupce, které je schopna textilie odolávat do destrukce. Měření tlaku se udává v barech, nejčastěji v milibarech [mbar]. Norma stanovuje měření v cmH_2O nebo právě milibarech.

1.2.1 Příklad přístroje pro měření hydrostatické odolnosti

Příklad přístroje pro měření výšky vodního sloupce se nazývá Hydrostatic Head Tester. Na katedře hodnocení textilií na technické univerzitě v Liberci se nacházejí dva stroje pro měření hydrostatické odolnosti. Jedním z nich je komerční přístroj HydroPro M018 od firmy SDL Atlas, jenž měří tlak vody zdola přístroje.



Obrázek 11 Ukázka přístroje HydroPro M018 [13]

Druhým přístrojem je na zakázku konstruovaný přístroj od výrobce z Brna, na kterém probíhalo zkušební měření. Tento přístroj je konstruován na zakázku pro Technickou univerzitu v Liberci a disponuje schopností měřit tlak až do hodnoty 4000 mbar. Svými technickými specifikacemi odpovídá jak staré normě ČSN EN 208 11, tak i nové normě ČSN EN ISO 811 [12,14].

Zařízení funguje na principu posouvání pístu ve válci, ve kterém je napuštěna voda. Rychlostí posuvu pístu se také mění rychlost nárustu tlaku vody. Základní rychlostí zvyšování tlaku vody je 10 cm vodního sloupce za minutu. V případě potřeby je však možné rychlost zvýšit či snížit. Rychlost zvyšování tlaku vody 10 cm/min odpovídá hodnotě 3,4V napětí, kdy přístroj pracuje napětím do 24V SS, tudíž po elektrické stránce je přístroj bezpečný pro standartní manipulaci [14].

Zařízení se ovládá pomocí dvou spínačů. První spínač má dvě polohy, kde první poloha I (DOLŮ) snižuje hladinu vody a druhá II (NAHORU) zvyšuje hladinu vody. Druhým spínačem STOP ZKOUŠKA se přeruší obvod napájení pohonu a tím se přeruší i zkouška. Po opětovném zmáčknutí tohoto spínače se opět obvod spojí. Po dokončení zkoušky se zobrazí výsledné hodnoty na displeji externě napojeného tlakoměru [14].

1.2.2 Podstata zkoušky

Dle normy je podstatou zkoušky umístění zkušební vzorku (plošná textilie o ploše 100 cm²) do železných upínacích svorek, které jsou pevně utáhnuty, aby nedošlo k uvolnění materiálu a tím k znehodnocení zkoušky. [4] Ovšem pro lepší předejití uvolňování materiálu je potřeba materiál zajistit gumovým těsněním. To předejde tomu, že materiál nebude klouzat a nedojde k prosakování vody. Zkušební vzorek musí být během zkoušky upnut ve vodorovné poloze [12].

Vzorek je vystaven stále se zvyšujícímu se tlaku vody z jedné strany textilie, dokud nedojde k průniku vody a destrukci materiálu. Dle normy je rozhodným okamžikem penetrace vodou na třech viditelných místech. [4] Při tomto průniku se zaznamenává nejvyšší naměřený vynaložený tlak. Použitá voda při zkoušce by měla být čerstvě destilovaná a její teplota by měla být 20 °C ± 2 °C nebo 27 °C ± 2 °C. Zvolená alternativa musí být vždy uvedena v protokolu o zkoušce [12].

1.2.3 Předchozí výzkum

Z dosavadních měření v diplomových a odborných pracích můžeme vidět, že doposud nikdo komplexně nezkoušel srovnávat měření z rubní i lící strany. Například v diplomové práci od pana Bulíře „*Ověřování nové metody hodnocení hydrostatické odolnosti textilií*“; kde jeho cílem bylo zkonstruovat vlastní smáčecí zařízení, na kterém bude změřena hydrostatická odolnost textilií a následně porovnat naměřené hodnoty s komerčním přístrojem Hydrostatic Head tester SDL atlas. Ve své práci pan Bulíř měří hydrostatickou odolnost na pěti vzorcích, které jsou ze 100 % polyesteru. V práci je uvedeno, že měření probíhalo pouze z lící strany, kdy porovnával hodnoty měření na modifikovaném přístroji a přístroji Hydrostatic Head tester SDL atlas [15].

Další porovnávanou prací byla bakalářská práce od paní Terezy Smutné, jejíž tématem bylo: „*Hydrostatická odolnost textilií používaných pro výrobu stanů a plachet*.“ Ve své práci paní Smutná testuje hydrostatickou odolnost stanovky, tedy hustě tkané tkaniny využívající se na výrobu stanů, plachet, slunečníků, batohů, bot, atd. Měření probíhalo na čtyřech vzorcích z hustě tkané tkaniny v plátnové vazbě z různého materiálového složení, kde 2 vzorky byly bez povrchové úpravy a 2 vzorky s hydrofobní a fungicidní úpravou. Na každý vzorek se nanese lak na vlasy, repelent a slunečnicový olej, tedy přípravky, které se často využívají při stanování. Prostředky byly nanášeny na vzorek 24 h před testováním a zkušební vzorky byly klimatizovány 24 hodin v klimatických podmínkách, následně byla testována zkrápěcí metoda a hydrostatická odolnost. Při testování hydrostatické odolnosti byla měřena pouze lící strana vzorků, tedy opět strana vnější, která určena k ochraně před vnějšími vlivy [16].

Další porovnávanou prací je diplomová práce paní Marcely Ráslové „*Hydrostatická odolnost textilií používaných pro sport*.“ Zde hodnotí hydrostatickou odolnost jedenácti vzorků používaných pro výrobu sportovního a outdoorového oblečení a doplňků. Ve své práci hodnotila 11 vzorků vyrobených ze syntetických vláken s hydrofobní či hydrofilní úpravou. Vzorky byly primárně měřeny z lící strany, ale pro porovnání byla měřena i rubní strana textilie. Zde však byly naměřeny výrazně nižší hodnoty vodního sloupce, průměrně až o 5000 mmH₂O při rychlosti růstu tlak 60 cmH₂O/min. „*Středně rychlým nárůstem tlaku byla po 13 minutách dosažena výška vodního sloupce průměrně 8100 mmH₂O a před prasknutím materiálu se membrána začala oddělovat od spodní strany vzorku. Pomalým nárůstem tlaku nebylo možné zjistit výšku vodního sloupce, neboť přibližně po 37 minutách*

měření a dosažení 3700 mmH₂O začal unikat vzduch a měření muselo být zastaveno. Takovýto průběh měla všechna měření pomalým nárůstem tlaku. Vzhledem k tomu, že byly naměřeny výrazně nižší hodnoty vodního sloupce, nemělo smysl pokračovat v měření rubní strany i u ostatních vzorků,“ uvádí ve své práci paní Ráslová [2].

Tabulka 2 Průměrné výsledky měření z rubní a lící strany paní Ráslové [8]

Referenční vzorek	LÍC		RUB	
	Přírůstek tlaku H ₂ O		Přírůstek tlaku H ₂ O	
	60cm/min	10cm/min	60cm/min	10cm/min
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	12 995	12 201	8 104	-
Konfidence	433	205	233	-
Plošná hmotnost [g/m ²]	164			

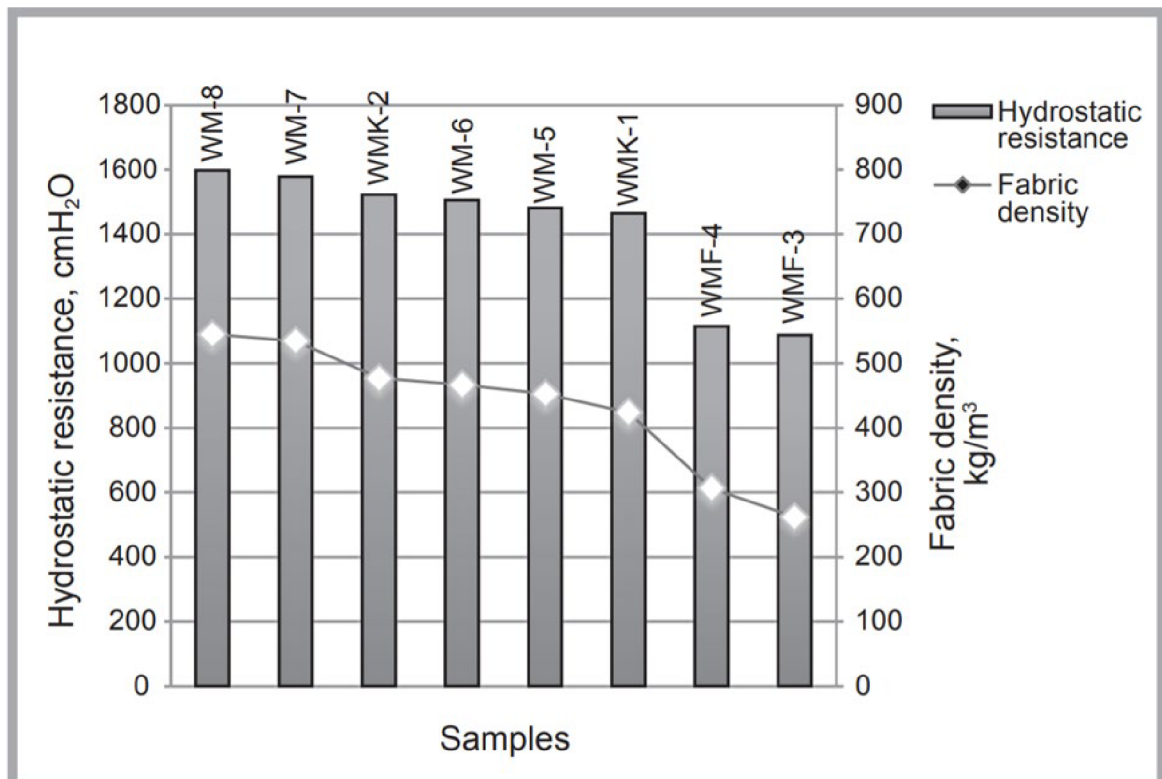
Poslední zkoumaná práce, která zkoumala hydrostatickou odolnost materiálů, byla práce Hydrostatic Resistance and Mechanical Behaviours of Breathable Layered Waterproof Fabrics, na které spolupracovali tři členové Katedry hodnocení textilií; paní Těšinová, pan Razzaque a pana Hes. Další, kdo se podílel na tvorbě práce byl profesionální sportovec, pan Arumugam.

Společně se podíleli na zkoumání hydrostatické odolnosti a mechanických vlastností prodyšných vrstvených materiálů. Testování probíhalo na 8 laminovaných vzorcích, kde prvních šest vzorků bylo laminováno s polytetrafluorethylenovou (PTFE) mikroporézní hydrofobní membránou a další dva vzorky byly s polyuretanovou (PU) neporézní hydrofilní membránou. Čtyři ze šesti vzorků laminovaných PTFE membránou byly třívrstvé materiály, pátý a šestý vzorek byly dvouvrstvé materiály. Sedmý a osmý vzorek, které byly laminovány PU membránou, tvořily také pouze dvě vrstvy. Lící stranu všech osmi vzorků tvořila hladká tkanina z polyesterových vláken [17].

V tabulce 3 níže můžeme vidět přesnou konstrukci materiálů, jejich plošnou hmotnost, tloušťku a hustotu. Dále jsou zde zaznamenány výsledky měření hydrostatické odolnosti a směrodatná odchylka mezi měřeními. Měření hydrostatické odolnosti probíhalo na přístroji SDL ATLAS Hydrostatic Head Tester Model MO18, použitá teplota vody byla 20 ± 2 ° C a rychlost nárůstu tlaku vody byla 60 ± 3 cm H₂O/min. Celé měření probíhalo dle normy ČSN EN 20811. Momentem pro změření hydrostatické odolnosti vzorku, bylo proniknutí vody z vnější do vnitřní strany, z toho vyplývá, že byla měřena pouze lící (vnější) strana [17].

Tabulka 3 Výsledky měření [17]

Charakteristika materiálů a výsledky měření hydrostatické odolnosti						
Označení materiálu	Konstrukce materiálu	Plošná hmotnost [g/m ²]	Tloušťka materiálu [mm]	Hustota materiálu [kg/m ³]	Hydrostatická odolnost [cmH ₂ O]	Směrodatná odchylka
WMK-1	PES tkanina + PTFE + PES pletenina	89	0,21	423,81	1464	6,55
WMK-2	PES tkanina + PTFE + PES pletenina	167	0,35	477,14	1522	6,13
WMF-3	PES tkanina + PTFE + PES flísová pletenina	314	1,20	261,67	1087	4,55
WMF-4	PES tkanina + PTFE + PES flísová pletenina	389	1,27	306,30	1114	4,11
WM-5	PES tkanina + PTFE	86	0,19	452,63	1481	6,65
WM-6	PES tkanina + PTFE	112	0,24	466,67	1505	4,78
WM-7	PES tkanina + PU	139	0,26	534,62	1578	5,73
WM-8	PES tkanina + PU	158	0,29	544,83	1597	4,55



Obrázek 12 Graf hydrostatické odolnosti v porovnání s hustotou textilie [17]

Na obrázku 12 výše můžeme potom vidět graficky znázorněny výsledky měření hydrostatické odolnosti společně s hustotou materiálu. Z měření bylo zjištěno, že je zde významný vliv hustoty tkaniny na vlastnost hydrostatické odolnosti. Je patrné, že WM-8 a WM-7 mají vyšší hydrostatický odpor než jiné kvůli jejich vyšší hustotě. Navíc jejich PU nano porézní membrána je méně porézní než mikroporézní membrána PTFE. Vzorek WMK-2 má vyšší odolnost než ostatní PTFE vzorky díky své vyšší hustotě. Na druhou stranu vzorky WMF-3 a WMF-4 mají nižší hydrostatickou odolnost především díky nižší hustotě tkanin. Navíc jejich rubní strana z filcového materiálu je také zodpovědná za nižší hodnoty, jelikož to není materiál odolný vůči vodě [17].

Z výsledků je však patrné, že všechny hodnoty jsou nad 1000 cmH₂O a všechny materiály jsou vhodné jako outdoorové sportovní oblečení, kde se optimální hodnoty pohybují od 1000 cm H₂O až po 3000cmH₂O. V práci byly měřeny i další mechanické vlastnosti materiálů, ale ty nemají vypovídající hodnotu pro využití při psaní bakalářské práce. V této práci tedy probíhalo také pouze měření lící strany vzorků [17].

Z těchto zjištění lze vyvodit, že se primárně měří pouze lící strana, tedy vnější strana, která je uzpůsobena lepší ochraně vůči vnějším vlivům, primárně vůči vodě a větru. Často je tato strana opatřena hydrofobní DWR, je z pevnější tkané textilie a vypadá esteticky lépe. Takové měření je v pořádku a odpovídá realitě při nošení. Nezohledňuje ale fakt, že norma ČSN EN ISO 811 umožňuje v případech, kdy je testován materiál s membránou, položit vzorek membránou na vodní hladinu. To se používá především v případě, že se textilie na vodní hladině stáčí a brání správnému upnutí vlivem hydrofobní úpravy. V takovém případě stále měříme v souladu s normou, ale vliv na hydrostatickou odolnost může být nezanedbatelný.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V experimentální části došlo nejprve k rozboru všech šestnácti předložených textilií. Celkem bylo předloženo 9 třívrstvých vzorků a 7 dvouvrstvých vzorků, z nichž všechny měly DWR úpravu. 15 vzorků obsahovalo hydrofobní membránu PTFE a 1 vzorek hydrofobní zátěr. Hodnotily se parametry jako: barva zkoušeného vzorku, materiálové složení textilií rubní a lícni strany, druh lícni a rubní textilie, zda se jedná o tkaninu či pleteninu, dále druh vazby těchto textilií a v neposlední řadě druh membrány.

Měření hydrostatické odolnosti textilií probíhalo na Technické univerzitě v Liberci v laboratoři katedry hodnocení textilií. Vzorky byly měřeny, na již zmíněném na zakázku konstruovaném přístroji k měření hydrostatické odolnosti od výrobce z Brna. Testování odpovídalo náležitostem předepsané normy ČSN EN ISO 811.

Měřeno bylo celkem 16 vzorků a každý vzorek byl měřen z lícni i rubní strany. Pro přesnost údajů byla každá strana měřena třikrát. Přírůstek tlaku vody byl během měření stanoven na 10 cmH₂O/min, což odpovídalo hodnotě 3,4V napětí přístroje. Samotné výsledky měření byly měřeny v milibarech, které byly následovně, pro lepší orientaci a vyovídací hodnotu, převedeny do mmH₂O. Převod hodnot byl následující: 1 milibar [mbar] = 10.197 milimetrů vodního sloupce [mmH₂O]. Výsledky měření byly následně zaznamenány číselně do tabulek a grafů.

Cílem práce je studie chování laminovaných materiálů při testování hydrostatické odolnosti. Práce tedy hodnotí hydrostatickou odolnost textilií z lícni i rubní strany, porovnává tyto dvě hodnoty, zda vycházejí podobné hodnoty, či zda se nějaké strany výrazně liší. Pokud se budou měřené strany vzorku lišit, tak procentuálně vyjádřit rozdíl mezi měřenými stranami a vyhodnotit, zda má textilie ideální hodnoty nepromokavosti či voděodolnosti. Další zkoumaným parametrem bylo chování vzorku při zkoušce, zda působením tlaku vody dochází k prosakování vody, či zda dochází k přímé destrukci materiálu.

2.1 Měřené textilie

2.1.1 Třívrstvé lamináty

První vzorek

Barva: fialová

Materiálové složení: PES/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 124 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátňová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 71 nití/cm

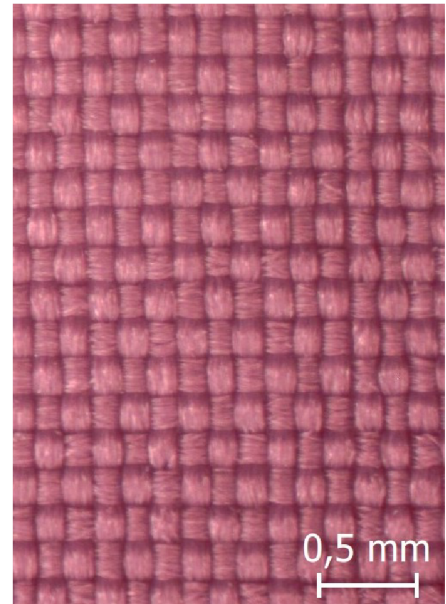
Dostava útku tkaniny: 54 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

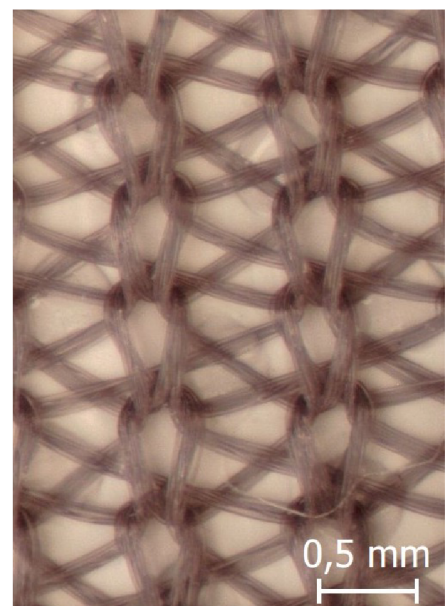
Vazba rubní strany: osnovní pletenina - šarmé

Hustota sloupce pleteniny: 13 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 19 řádků/cm



Obrázek 13 Lící strana prvního vzorku



Obrázek 14 Rubní strana prvního vzorku

Druhý vzorek

Barva: zeleno-hnědá (khaki)

Materiálové složení: PES/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 136 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: ripstop

Dostava osnovy tkaniny: 63 nití/cm

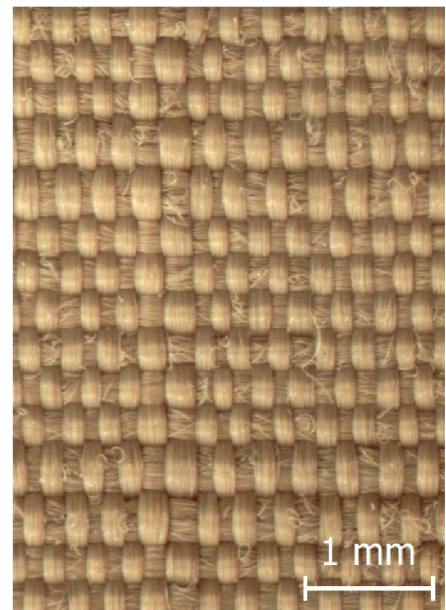
Dostava útku tkaniny: 33 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

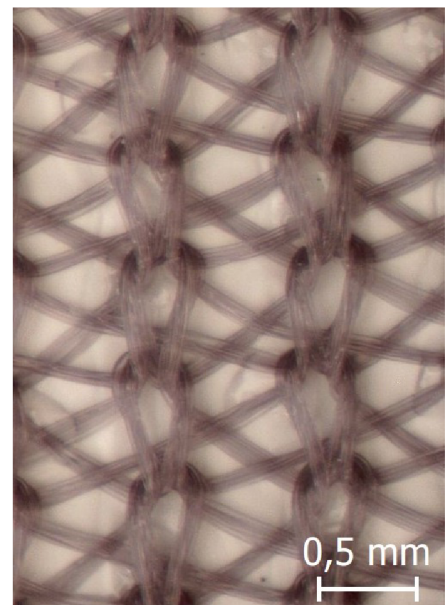
Vazba rubní strany: osnovní pletenina - šarmé

Hustota sloupce pleteniny: 13 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 19 řádků/cm



Obrázek 15 Lící strana druhého vzorku



Obrázek 16 Rubní strana druhého vzorku

Třetí vzorek

Barva: šedá

Materiálové složení: PES/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 292 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátnová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 51 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 37 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

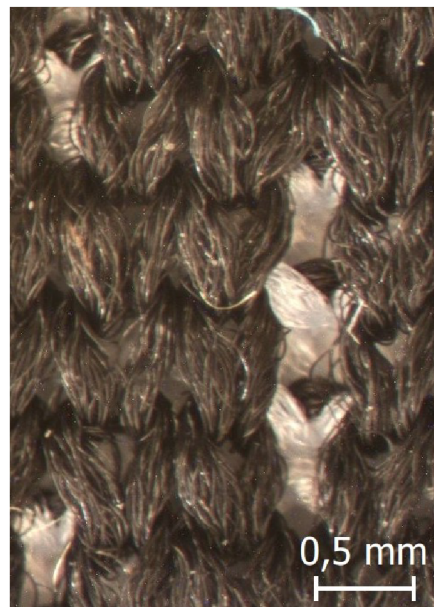
Vazba rubní strany: zátažná dvouvrstvá dutinná pletenina

Hustota sloupce pleteniny: 15 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 17 řádků/cm



Obrázek 17 Lící strana třetího vzorku



Obrázek 18 Rubní strana třetího vzorku

Čtvrtý vzorek

Barva: zelená

Materiálové složení: PA/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 200 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: útkový kepr

Dostava osnovy tkaniny: 86 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 71 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

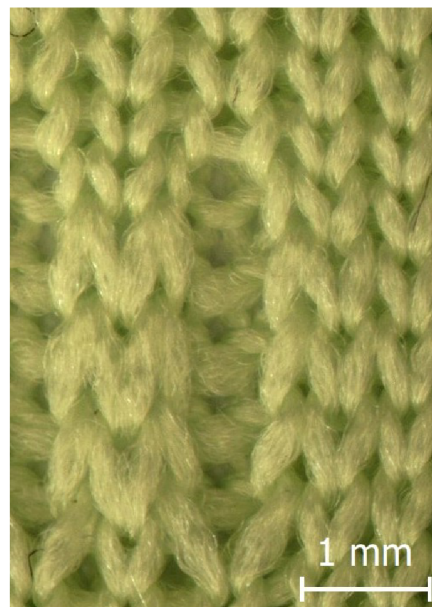
Vazba rubní strany: vzorovaná jednolícni pletenina

Hustota sloupce pleteniny: 16 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 19 řádků/cm



Obrázek 19 Lící strana čtvrtého vzorku



Obrázek 20 Rubní strana čtvrtého vzorku

Pátý vzorek

Barva: vojenská kamufláž

Materiálové složení: PES/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 186 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: keprová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 35 nití/cm

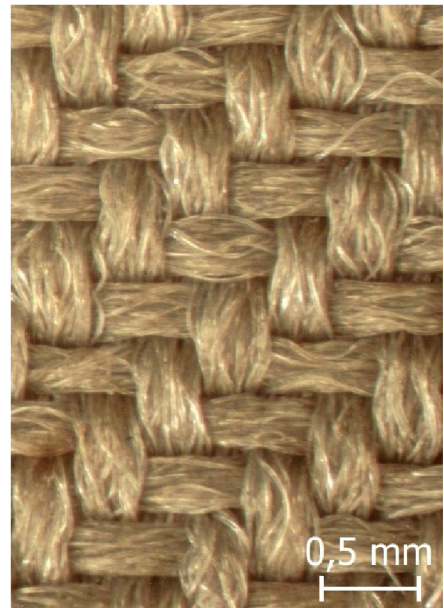
Dostava útku tkaniny: 36 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

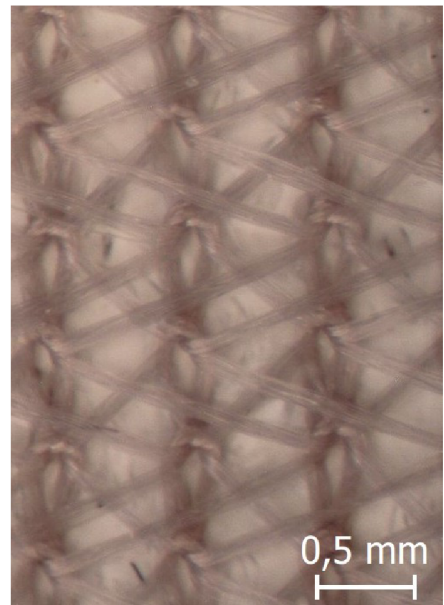
Vazba rubní strany: osnovní pletenina - šarmé

Hustota sloupce pleteniny: 16 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 17 řádků/cm



Obrázek 21 Lící strana pátého vzorku



Obrázek 22 Rubní strana pátého vzorku

Šestý vzorek

Barva: růžová

Materiálové složení: PA/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 222 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátňová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 93 nití/cm

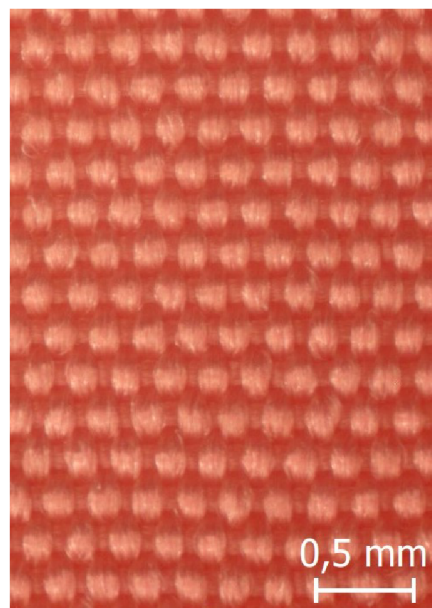
Dostava útku tkaniny: 49 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

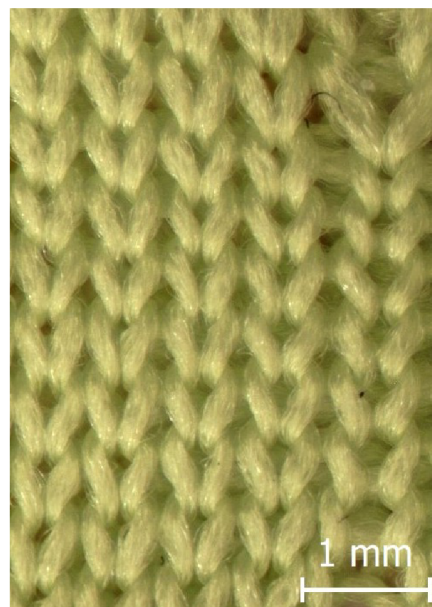
Vazba rubní strany: vzorovaná jednolící pletenina

Hustota sloupce pleteniny: 16 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 19 řádků/cm



Obrázek 23 Lící strana šestého vzorku



Obrázek 24 Rubní strana šestého vzorku

Sedmý vzorek

Barva: tmavě zelená

Materiálové složení: PA/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 176 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátnová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 96 nití/cm

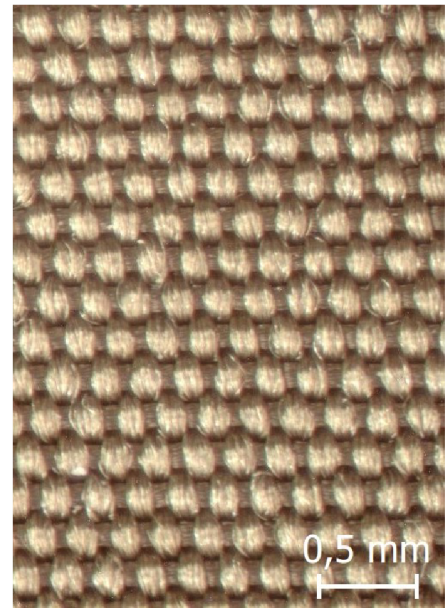
Dostava útku tkaniny: 52 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

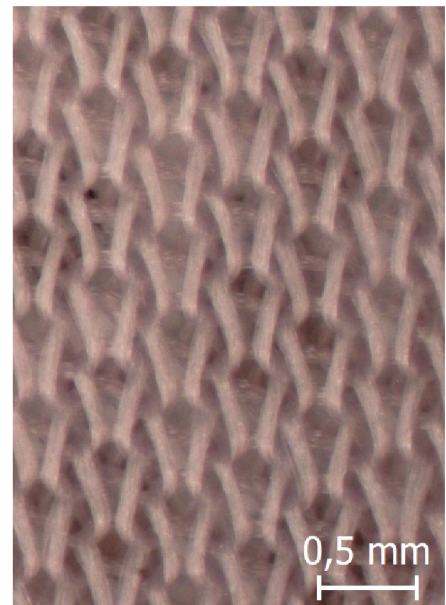
Vazba rubní strany: zátažná pletenina - interlok

Hustota sloupce pleteniny: 29 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 23 řádků/cm



Obrázek 25 Lící strana sedmého vzorku



Obrázek 26 Rubní strana sedmého vzorku

Osmý vzorek

Barva: růžová

Materiálové složení: PA/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 92 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátnová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 87 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 60 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

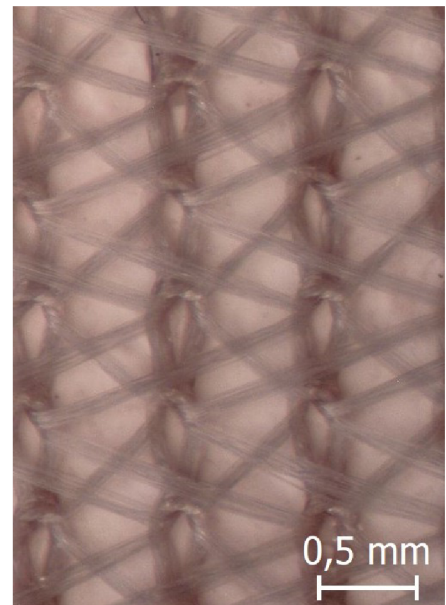
Vazba rubní strany: osnovní pletenina - šarmé

Hustota sloupce pleteniny: 17 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 19 řádků/cm



Obrázek 27 Lící strana osmého vzorku



Obrázek 28 Rubní strana osmého vzorku

Devátý vzorek

Barva: tmavě modrá

Materiálové složení: PES/PTFE/PES

Vrstvení: třívrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 94 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátnová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 94 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 71 nití/cm

Druh rubní textilie: pletenina

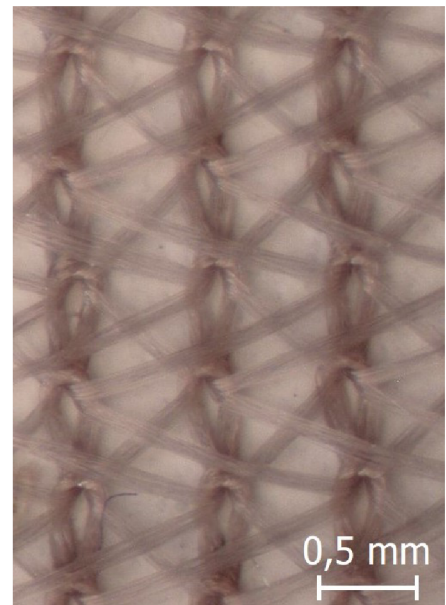
Vazba rubní strany: osnovní pletenina - šarmé

Hustota sloupce pleteniny: 17 sloupků/cm

Hustota řádku pleteniny: 19 řádků/cm



Obrázek 29 Lící strana devátého vzorku



Obrázek 30 Rubní strana devátého vzorku

2.1.2 Dvouvrstvé lamináty

Desátý vzorek

Barva: zelená

Materiálové složení: PES/PTFE

Vrstvení: dvouvrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

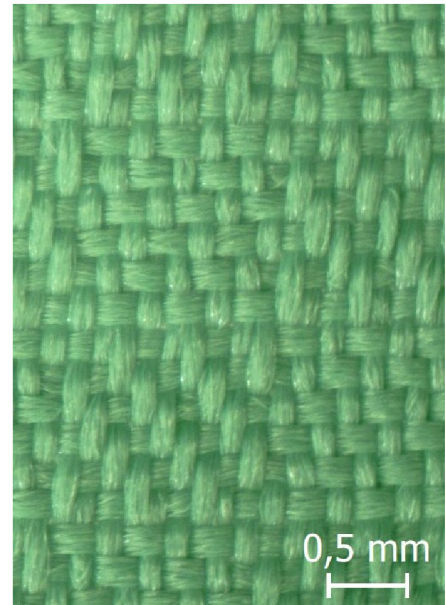
Plošná hmotnost: 92 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

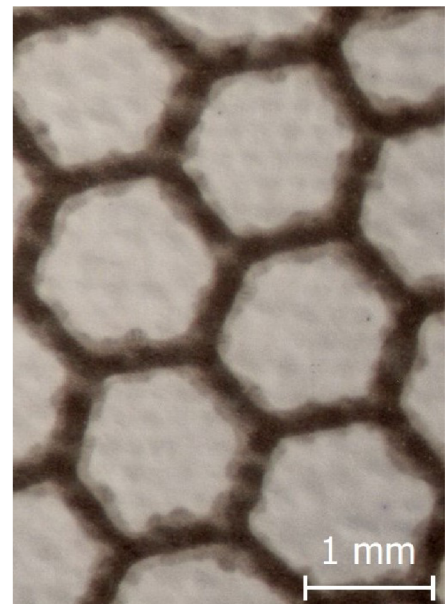
Vazba lící strany: čínovativní vazba

Dostava osnovy tkaniny: 70 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 50 nití/cm



Obrázek 31 Lící strana desátého vzorku



Obrázek 32 Rubní strana desátého vzorku

Jedenáctý vzorek

Barva: tmavě modrá

Materiálové složení: PES/PTFE

Vrstvení: dvouvrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

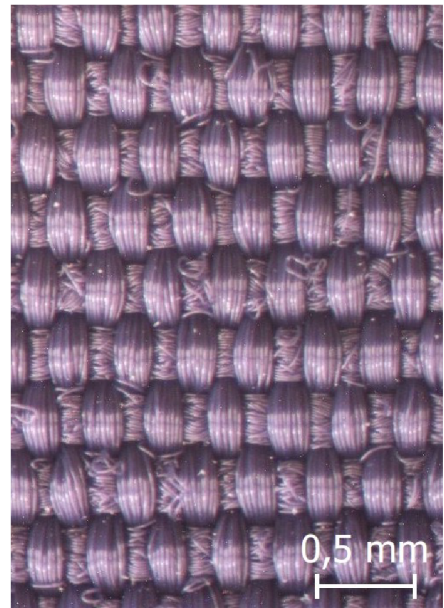
Plošná hmotnost: 145 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátňová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 66 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 31 nití/cm



Obrázek 33 Lící strana
jedenáctého vzorku



Obrázek 34 Rubní strana
jedenáctého vzorku

Dvanáctý vzorek

Barva: modrá

Materiálové složení: PES/PTFE

Vrstvení: dvouvrstvý materiál

Zátěr: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 143 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

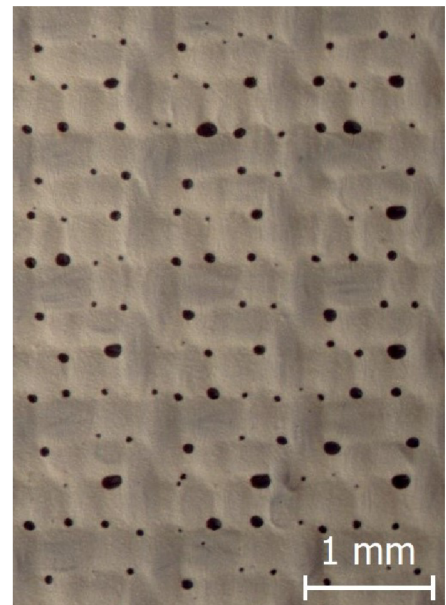
Vazba lící strany: keprové a plátnové řádky

Dostava osnovy tkaniny: 54 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 31 nití/cm



Obrázek 35 Lící strana
dvanáctého vzorku



Obrázek 36 Rubní strana
dvanáctého vzorku

Třináctý vzorek

Barva: fialová

Materiálové složení: PES/PTFE

Vrstvení: dvouvrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

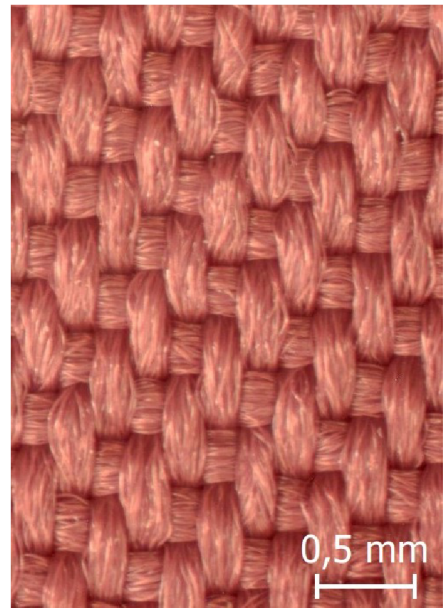
Plošná hmotnost: 157 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

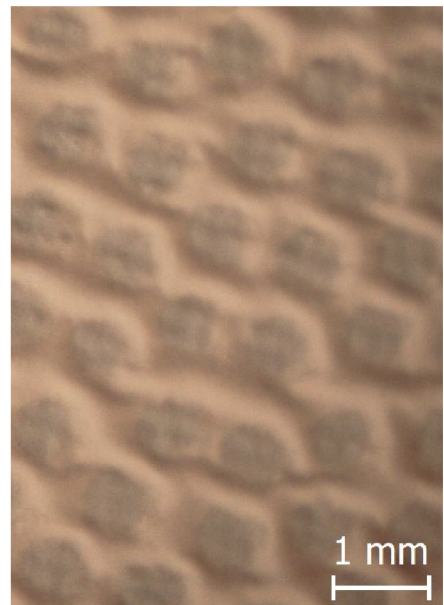
Vazba lící strany: keprová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 55 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 38 nití/cm



Obrázek 37 Lící strana
třináctého vzorku



Obrázek 38 Rubní strana
třináctého vzorku

Čtrnáctý vzorek

Barva: černo-šedá

Materiálové složení: PES/PTFE

Vrstvení: dvouvrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 146 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátňová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 31 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 20 nití/cm



Obrázek 39 Lící strana
čtrnáctého vzorku



Obrázek 40 Rubní strana
čtrnáctého vzorku

Patnáctý vzorek

Barva: černo-šedá

Materiálové složení: PES/PTFE

Vrstvení: dvouvrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

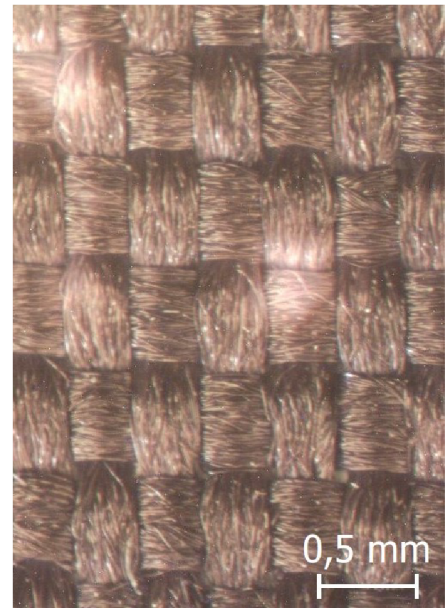
Plošná hmotnost: 138 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

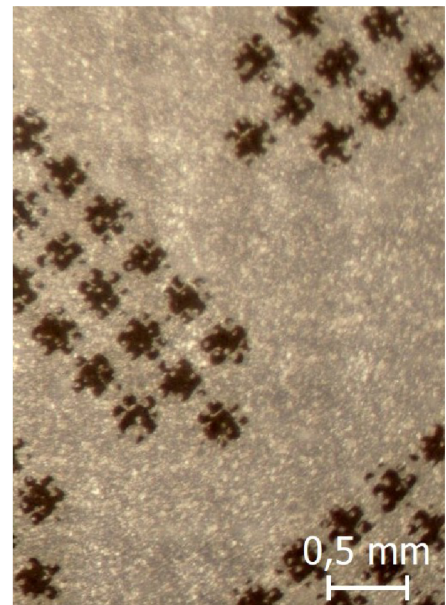
Vazba lící strany: plátňová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 31 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 20 nití/cm



Obrázek 41 Lící strana patnáctého vzorku



Obrázek 42 Rubní strana patnáctého vzorku

Šestnáctý vzorek

Barva: tyrkysová

Materiálové složení: PES/PTFE

Vrstvení: dvouvrstvý materiál

Membrána: hydrofobní

DWR úprava: ano

Plošná hmotnost: 180 g/m²

Druh lící textilie: tkanina

Vazba lící strany: plátňová vazba

Dostava osnovy tkaniny: 28 nití/cm

Dostava útku tkaniny: 22 nití/cm



Obrázek 43 Lící strana
šestnáctého vzorku



Obrázek 44 Rubní strana
šestnáctého vzorku

2.2 Testování hydrostatické odolnosti

Testování probíhalo dle předepsané normy ČSN EN ISO 811 na jedenácti předložených vzorcích v laboratoři katedry hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci. Použitým přístrojem pro měření bylo využito zkušební zařízení pro stanovení odolnosti textilií proti pronikání vody.

2.3 Zkouška hydrostatické odolnosti

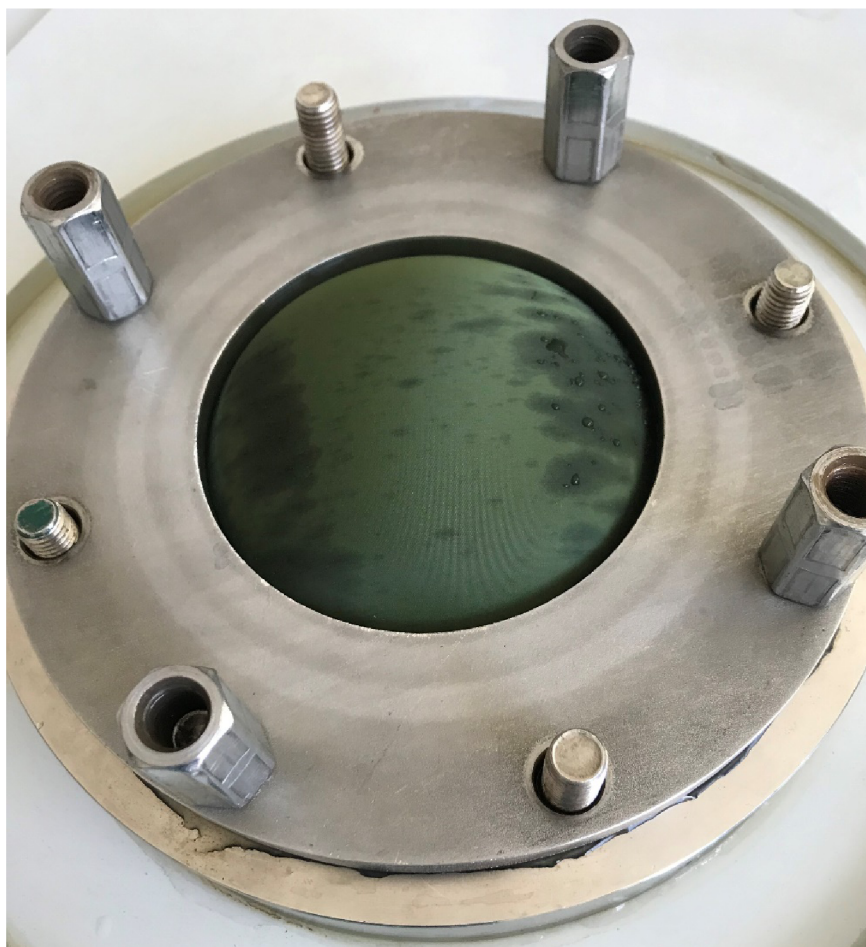
2.3.1 Příprava zkoušky

Pro správnou přípravu ke zkoušce je potřeba zapnout a seřadit měřicí přístroj s externě napojeným měřícím zařízením, které zobrazuje naměřenou hodnotu. Po zapnutí obou přístrojů je třeba měřicí zařízení nastavit na požadované hodnoty 3,4V a 0A. Dále je třeba nastavit v jakých jednotkách bude měření probíhat. Jelikož přístroj měří pouze tlak vody, pro toto měření byly nastaveny hodnoty v milibarech [mbar].

Každý vzorek textilie byl měřen třikrát z každé strany, proto je potřeba ke zkoušce připravit 6 vzorků od každé textilie, 3 pro měření z lící strany a 3 pro měření z rubní strany. Plocha každého měřeného vzorku je okolo 250 cm². Ke zkoušce je dále potřeba přichystat destilovanou vodu pokojové teploty v rozmezí 20 °C ± 2 °C. Tou se plní válcová komora přístroje, kde se nachází píst, který tlačí vodu a tím vytváří tlak na textilií pomocí proudu vody.

2.3.2 Postup zkoušky

Před zahájením každého měření je třeba posunout píst ve válci přístroje, který tlačí vodu až do krajní polohy, aby bylo možné doplnit válec plným množstvím destilované vody pokojové teploty 20 °C ± 2 °C. Destilovaná voda se doplňuje až po okraj otvoru přístroje, kde probíhá měření usazeného vzorku. Po doplnění vody se vzorek upne do železných upínacích svorek, které jsou pevně utáhnuty. Pro lepší dotažení a zamezení uvolnění materiálu během zkoušky jsou upínací svorky opatřeny gumovým těsněním. To předejde tomu, že materiál nebude klouzat a nedojde k prosakování vody. Svorky se následně utáhnou na čtyři šrouby pomocí matic, které se dotáhnou utahovací klíčem pro zajištění dostatečného dotahu. Toto dotažení můžeme vidět na obrázku 5.



Obrázek 45 Ukázka upevnění vzorku do upínacích svorek

Takto připravený a dotažený vzorek je připraven k zahájení zkoušky, během které je přírůstek tlaku vody stanoven na 10 cmH₂O/min. Vzorek se zakryje průhledným poklopem, aby se zamezilo nevyžádanému uniku vody mimo testovací prostor. Pokud probíhá měření z lící strany, tak je vzorek položen lící stranou na hladinu vody a tlak působí z této strany. Pokud je naopak měřen ze strany rubní, tak je položen rubní stranou na hladinu a z této strany působí tlak vody. Po průniku vody na třech místech, či destrukci materiálu je zkouška zastaví a naměřené hodnoty se zaznamenají. Poté se píst pomocí ovladače opět zasune do krajní polohy a povolí se železné svorky, aby mohl být vzorek vyjmut a nahrazen vzorkem novým pro další měření. Testovací prostor se musí očistit, musí být zbaven nežádoucí vody a následně musí být doplněn otvor válce destilovanou vodou.

2.3.3 Analýza naměřených hodnot třívrstevných laminátů

První vzorek

Tabulka 4 Výsledky měření prvního vzorku

Vzorek 1		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	21992	27274
Konfidenční interval 95 %	(21460 < μ < 22524)	(25544 < μ < 29004)
Směrodatná odchylka	214	697
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	19,37	
Plošná hmotnost [g/m ²]	124	

V tabulce 3 jsou znázorněny průměrné výsledky výšky vodního sloupce z lící a rubní strany prvního vzorku. Hodnoty výšky vodního sloupce jsou z obou stran velmi vysoké. Z tabulky je patrné, že výška vodního sloupce je o 19,37 % vyšší u rubní strany než u lící, což velký rozdíl. Průměrná výška vodního sloupce dosahuje u lící strany vzorku 21 992 mmH₂O, u rubní strany je to 27 274 mmH₂O.

Spodní hladina intervalu spolehlivosti 95 % lící strany je 21 460 a vrchní hladina je 22 524 mmH₂O. To znamená, že pokud bychom teoreticky udělali 100 měření lící strany toho vzorku, tak 95 % měření bude v rozmezí od 21 460 do 22 524 mmH₂O. U rubní strany jsou tyto hodnoty více rozptýlené a to od 25 554 do 29 004 mmH₂O. Rozdíl mezi výsledky je statisticky významný, a proto se nedoporučuje měření z rubní strany, jako náhrada za měření z lící strany.

Hodnota směrodatné odchylky je u lící strany velmi nízká, to znamená, že výsledné naměřené tři hodnoty jsou minimálně odchýlené od průměrné hodnoty výšky vodního sloupce. To naznačuje, že hydrostatická odolnost vzorku je konzistentní. Hodnota směrodatné odchylky rubní strany je vyšší, data jsou zde více rozptýlená.

Při měření vzorku z lící strany došlo k porušení a odlepení membrány v laminačních bodech a k přetrhu krycí pleteniny. Při měření z rubní strany došlo k přetrhu svrchní tkaniny po nitích a k porušení a odlepení membrány v laminačních bodech. Indikativním bodem k zastavení měření byla destrukce materiálu.

Druhý vzorek

Tabulka 5 Výsledky měření druhého vzorku

Vzorek 2		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	20065	26441
Konfidenční interval 95 %	(18900 < μ < 21230)	(25918 < μ < 26964)
Směrodatná odchylka	469	211
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	24,11	
Plošná hmotnost [g/m ²]	136	

U tohoto vzorku nejsou výrazné odchylky v jednotlivých měřeních. Můžeme vidět, že průměrná hodnota mmH₂O z lící strany je 20 065, u rubní strany je to 26 441 mmH₂O. Tento vzorek je hodnotami velmi podobný vzorku prvnímu. Hodnoty jsou opět velmi vysoké (přes 20 000 mmH₂O), což je považováno opět za velmi odolný materiál, schopný odolat vysokému tlaku vodního působení.

Spodní hladina intervalu spolehlivosti lící strany je u tohoto vzorku 18 900, vrchní hladina je 21 230 mmH₂O. U rubní strany je tento rozptyl nižší, a to 25 912 mmH₂O pro spodní hladinu a 26 964 mmH₂O pro vrchní hladinu intervalu spolehlivosti 95 %. Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se nepřekrývají, tudíž lze říci, že rozdíl mezi výsledky je statisticky významný, a proto se nedoporučuje měření z rubní strany, jako náhrada za měření z lící strany.

Plošná hmotnost je opět velmi nízká a zajišťuje nositeli komfort při nošení. Tento materiál opět odpovídá vysokým standardům výšky vodního sloupce a hodí se do velmi náročných podmínek.

Při měření hydrostatické odolnosti materiálu z lící strany došlo k nevratné deformaci struktury, kdy mohlo současně dojít k několika jevům podle charakteru textilie jako je protažení vláken, napřímení vláken v přízi, posunu vazných bodů v tkanině, změně tvaru oček v pletenině apod. Při měření z rubní strany došlo k přetrhu svrchní tkaniny po vlákních a k prostornému porušení membrány. Indikativním bodem k zastavení měření při měření lící strany bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech. Při měření rubní strany došlo k destrukci.

Třetí vzorek

Tabulka 6 Výsledky měření třetího vzorku

Vzorek 3		
Testovaná strana	Lícní	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	18793	18161
Konfidenční interval 95 %	(15252 < μ < 22334)	(14800 < μ < 21522)
Směrodatná odchylka	1425	1353
Rozdíl mezi lícní a rubní stranou [%]	3,36	
Plošná hmotnost [g/m ²]	292	

Zde jsou odchylky v jednotlivých měření výrazně vyšší. Znamená to, že hydrostatická odolnost vzorku není konzistentní a neposkytuje je vždy stejnou ochranu. Průměrná výška vodního sloupce z lícní strany je 18 793 mmH₂O, což je opět velmi vysoká hodnota. Výška vodního sloupce z rubní strany je tentokrát nižší než z lícní, tedy 18 161 mmH₂O.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lícní strany a rubní strany se překrývají, tudíž lze říci, že rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný a hodnoty se od sebe zásadně neliší. Lze tedy říci, že pokud nám okolnosti nebudou umožňovat měření z lícní strany, tak je možné toto měření nahradit měřením z rubní strany, tedy takovým měřením, kdy je vzorek položen rubní stranou na hladinu vody.

Plošná hmotnost tohoto vzorku je vyšší než u předchozích dvou vzorků, a to více než dvojnásobná, což je poměrně velký rozdíl.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo pouze k nevratné deformaci struktury a k optickému zvlnění samotné textilie, a to jak při měření lícní strany, tak i rubní strany. Na vzorku nejsou stopy protrhnutí nebo odlepení laminace. Indikativním bodem k zastavení měření bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech.

Čtvrtý vzorek

Tabulka 7 Výsledky měření čtvrtého vzorku

Vzorek 4		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	27012	17169
Konfidenční interval 95 %	(26671 < μ < 27353)	(14507 < μ < 19831)
Směrodatná odchylka	137	2352
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	36,44	
Plošná hmotnost [g/m ²]	200	

Tento vzorek má velmi vysokou hydrostatickou odolnost. Průměrná výška vodního sloupce u lící strany dosahuje v průměru 27 012 mmH₂O, což jsou velmi vysoké hodnoty. U rubní strany dosahuje také velmi příznivých hodnot, a to 20 945 mmH₂O. Tento materiál je nejdolnější ze všech předložených vzorků. U lící strany jsou výsledky minimálně rozptýlené, mezitím co u rubní strany je směrodatná odchylka velmi vysoká. To znamená, že rubní strana není pro měření vyhovující.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se nepřekrývají, tudíž lze říci, že rozdíl mezi výsledky je statisticky významný, a proto se nedoporučuje měření z rubní strany, jako náhrada za měření z lící strany.

Plošná hmotnost je průměrná v porovnání s ostatními materiály. Materiál opět odpovídá nejvyšším standardům hydrostatické odolnosti a hodí se do velmi extrémních podmínek.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury a protlačení laminačních bodů do struktury lící tkaniny, a to jak při měření lící strany, tak i rubní strany. Na vzorku nejsou stopy protrhnutí nebo odlepení laminace. Indikativním bodem k zastavení měření bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech.

Pátý vzorek

Tabulka 8 Výsledky měření pátého vzorku

Vzorek 5		
Testovaná strana	Lícní	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	18593	23946
Konfidenční interval 95 %	(14232 < μ < 22945)	(22439 < μ < 25453)
Směrodatná odchylka	1755	607
Rozdíl mezi lícní a rubní stranou [%]	22,36	
Plošná hmotnost [g/m ²]	186	

Zde je směrodatná odchylka vyšší u měření z lícní strany vzorku, tudíž data z měření jsou zde více rozptýlená. Průměrná výška vodního sloupce u lícní strany dosahuje v průměru 18 593 mmH₂O. U rubní strany je to o 22,36 procent více, a to 23 946 mmH₂O.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lícní strany a rubní strany se lehce překrývají, dá se tedy říci, že rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný, i když přesah je velmi minimální. Zde by bylo potřeba udělat případně více měření.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu z lícní strany došlo k nevratné deformaci struktury a k odtržení laminačních bodů membrány od textilie. Při měření z rubní strany došlo pouze k nevratné deformaci struktury a optickému zvlnění materiálu. Indikativním bodem k zastavení měření bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech u měření z lícní strany i z rubní strany.

Šestý vzorek

Tabulka 9 Výsledky měření šestého vzorku

Vzorek 6		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	18137	19218
Konfidenční interval 95 %	(10123 < μ < 26151)	(18350 < μ < 20086)
Směrodatná odchylka	3226	349
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	5,62	
Plošná hmotnost [g/m ²]	222	

Zde je směrodatná odchylka opět velmi vysoká z lící strany vzorku, jelikož se jedná o materiál s dutinnou pleteninou z rubní strany, je při měření velmi problémový a výsledné hodnoty jsou velice rozptýlené. Průměrná výška vodního sloupce u lící strany dosahuje v průměru 18 137 mmH₂O. U rubní strany je to o 22,36 procent více, a to 19 218 mmH₂O.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se překrývají, rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný, a lze tedy měření z lící strany, v případě potřeb, nahradit měřením z rubní strany.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury a opět, jako to bylo u čtvrtého vzorku, k protlačení laminačních bodů do struktury lící tkaniny, a to jak při měření lící strany, tak i rubní strany. Na vzorku nejsou stopy protrnutí nebo odlepení laminace. Indikativním bodem k zastavení měření bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech.

Sedmý vzorek

Tabulka 10 Výsledky měření sedmého vzorku

Vzorek 7		
Testovaná strana	Lícní	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	19963	18946
Konfidenční interval 95 %	(18761 < μ < 21165)	(16092 < μ < 21800)
Směrodatná odchylka	484	1149
Rozdíl mezi lícní a rubní stranou [%]	5,09	
Plošná hmotnost [g/m ²]	176	

Průměrná výšky vodního sloupce u lícní strany a rubní strany se u tohoto vzorku téměř vůbec neliší. U lícní strany dosahuje v průměru 19 963 mmH₂O. U rubní strany je to o 5,09 procent méně, a to 18 946 mmH₂O.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lícní strany a rubní strany se překrývají, rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný. U toho vzorku lze měřit z lícní i rubní strany a vždy dosáhneme podobných hodnot.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury a k protlačení laminačních bodů do struktury lícní tkaniny, a to jak při měření lícní strany, tak i rubní strany. Na vzorku opět nejsou žádné stopy protrhnutí nebo odlepení laminace. Indikativním bodem k zastavení měření bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech.

Osmý vzorek

Tabulka 11 Výsledky měření osmého vzorku

Vzorek 8		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	13647	16791
Konfidenční interval 95 %	(11493 < μ < 15801)	(13828 < μ < 19754)
Směrodatná odchylka	867	1193
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	18,72	
Plošná hmotnost [g/m ²]	92	

U osmého vzorku se průměrná výška z lící a rubní strany liší o 18,72 %. Průměrná hodnota výšky vodního sloupce dosahuje tentokrát nižších hodnot než u předchozích materiálů. I přesto je materiál klasifikován jako voděodolný.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se překrývají, rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný, ovšem je zde větší rozptyl v hodnotách.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti lící strany materiálu došlo k nevratné deformaci struktury a odlepení laminačních bodů od textilie. Při měření rubní strany materiálu došlo k nevratné deformaci struktury textilie. Indikativním bodem k zastavení měření byla destrukce v laminačních bodech.

Devátý vzorek

Tabulka 12 Výsledky měření devátého vzorku

Vzorek 9		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	15139	13678
Konfidenční interval 95 %	(12921 < μ < 17357)	(13564 < μ < 13792)
Směrodatná odchylka	893	46
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	9,65	
Plošná hmotnost [g/m ²]	94	

Stejně jako předchozí vzorek i devátý vzorek dosahuje v porovnání předchozími vzorky nižších hodnot výšky vodního sloupce, avšak je zde menší rozdíl mezi výslednými hodnotami a to pouze 9,65 %.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se překrývají, rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný, a lze tedy měření z lící strany, v případě potřeb, nahradit měřením z rubní strany.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury textilie a k destrukci laminace, kde se laminační body odlepily od textilie. K tomuto jevu došlo při měření rubní strany materiálu. Při měření lící strany došlo k nevratné deformaci struktury a optickému zvlnění textilie. Indikativním bodem k zastavení měření bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech, ale i částečná destrukce laminace při měření rubní strany vzorku.

2.3.4 Analýza naměřených hodnot dvouvrstvých laminátů

Desátý vzorek

Tabulka 13 Výsledky měření desátého vzorku

Vzorek 10		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	19293	21910
Konfidenční interval 95%	(18350 < μ < 20236)	(21243 < μ < 22577)
Směrodatná odchylka	380	269
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	11,95	
Plošná hmotnost [g/m ²]	92	

Dvouvrstvé materiály se vyznačují svojí nižší hydrostatickou odolností z lící strany. U toho vzorku je lící strana o 11,95 % méně odolnější vůči působení tlaku vody nežli strana rubní.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se nepřekrývají, rozdíl mezi výsledky je tedy statisticky významný a vždy je potřeba provést primárně měření lící strany. Rozptyl dat a s ním spojená směrodatná odchylka jsou, avšak v případě tohoto vzorku velmi nízké.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k přetrhu svrchní tkaniny po nitích a k porušení a odlepení membrány v místě přetrhu svrchní textilie, a to jak při měření lící strany, tak i rubní strany. Došlo tedy k nevratné destrukci materiálu. Indikativním bodem k zastavení měření byla silná destrukce materiálu.

Jedenáctý vzorek

Tabulka 14 Výsledky měření jedenáctého vzorku

Vzorek 11		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	8450	28229
Konfidenční interval 95 %	(7625 < μ < 9275)	(27269 < μ < 29189)
Směrodatná odchylka	332	386
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	70,07	
Plošná hmotnost [g/m ²]	145	

U tohoto vzorku dosahuje rozdíl mezi lící a rubní stranou nejvyšších hodnot a to 70,07 %, což je velmi vysoký rozdíl. Směrodatná odchylka ovšem dosahuje nízkých hodnot a výsledky třech měření z jedné strany se od sebe minimálně liší.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se nepřekrývají, rozdíl mezi výsledky je statisticky významný, proto je potřeba vždy pro určení hydrostatické odolnosti provést měření z lící strany a nelze ho nahradit měřením ze strany rubní, které v případě tohoto vzorku nemá vypovídající hodnotu při určování hydrostatické odolnosti celého materiálu.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti z lící strany došlo u všech měření tohoto vzorku k odlepení membrány ve vazných bodech a začala se postupně plnit vodou a více odlepovat. Při tomto způsobu měření laminační spojení membrány a svrchní textilie nevydrželo takový tlak jako při položení vzorku rubní stranou na vodní hladinu, kdy došlo pouze k nevratné deformaci struktury textilie, přičemž nedošlo k výraznému poškození textilie a membrány, jelikož přístroj nebyl schopný vyvinout dostatečný tlak pro průchod vody textilií.

Dvanáctý vzorek

Tabulka 15 Výsledky měření dvanáctého vzorku

Vzorek 12		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	16961	13593
Konfidenční interval 95 %	(14011 < μ < 19911)	(10278 < μ < 16908)
Směrodatná odchylka	1188	1335
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	19,86	
Plošná hmotnost [g/m ²]	143	

Dvanáctý vzorek je jediný vzorek, kdy došlo k vyšším hodnotám odolnosti textilie vůči působení vody. Může za to použití mikroporézního zátěru místo hydrofobní mikroporézní membrány. Výška vodního sloupce z lící strany dosahuje nadprůměrných hodnot v porovnání s ostatními dvouvrstevnými materiály. Lící stran je celkově o 19,86 % odolnější než strana rubní.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se překrývají, rozdíl mezi výsledky je statisticky nevýznamný, a lze tedy měření z lící strany, v případě potřeb, nahradit měřením z rubní strany.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury materiálu, a to jak při měření lící strany, tak i rubní strany. Co lze vyzorovat z měření je však to, že místech, kde byl vzorek upevněn do upínacích svorek přístroje došlo k porušení a oděru zátěru. K tomuto došlo jak při položení lící strany na hladinu vody, tak rubní strany referenčního vzorku. Indikativním bodem k zastavení měření bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech.

Třináctý vzorek

Tabulka 16 Výsledky měření třináctého vzorku

Vzorek 13		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	16999	24735
Konfidenční interval 95 %	(15221 < μ < 18777)	(23322 < μ < 26148)
Směrodatná odchylka	716	569
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	31,28	
Plošná hmotnost [g/m ²]	157	

Zde je opět rozdíl mezi výsledky hydrostatické odolnosti mezi lící a rubní stranou referenčního vzorku vysoký. 31,28 % je významný rozdíl, a i dle výsledku spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany, lze říci, že rozdíl mezi výsledky je statisticky významný, jelikož nedochází k překrytí dat. Měření z lící strany tedy nelze nahradit měřením rubní strany.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury a k optickému zvlnění textilie, a to jak při měření lící strany, tak i rubní strany. Na vzorku nejsou stopy protrnutí nebo odlepení laminace. Indikativním bodem k zastavení měření lící strany bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech. Při měření vzorku ze strany rubní došlo pouze k nevratné deformaci struktury textilie, přičemž nedošlo k výraznému poškození textilie a membrány, jelikož přístroj nebyl schopen vyvinout dostatečný tlak pro průchod vody textilií.

Čtrnáctý vzorek

Tabulka 17 Výsledky měření čtrnáctého vzorku

Vzorek 14		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	19477	26207
Konfidenční interval 95 %	(15523 < μ < 23431)	(19115 < μ < 33299)
Směrodatná odchylka	1592	2855
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	25,68	
Plošná hmotnost [g/m ²]	146	

U čtrnáctého vzorku dosahuje směrodatná odchylka vyšších hodnot, data z měření jsou tím pádem velmi rozptýlená a dosahují pokaždé významně rozdílných hodnot. Průměrná výška vodního sloupce u lící strany dosahuje v průměru 19 477 mmH₂O. U rubní strany je to o 25,68 % více, a to 26 207 mmH₂O.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se díky vysokému rozptylu dat překrývají, rozdíl mezi výsledky je díky tomu statisticky nevýznamný, a lze tedy teoreticky měření z lící strany, v případě potřeb, nahradit měřením z rubní strany.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury a opět, jako to bylo u předchozího vzorku, k optickému zvlnění textilie, a to jak při měření lící strany, tak i rubní strany. Na vzorku nejsou stopy protrhnutí nebo odlepení laminace. Indikativním bodem k zastavení měření lící strany bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech. Při měření vzorku ze strany rubní došlo stejně jako u předchozího vzorku pouze k nevratné deformaci struktury textilie, přičemž nedošlo k výraznému poškození textilie a membrány, jelikož přístroj nebyl schopný vyvinout dostatečný tlak pro průchod vody textilií.

Patnáctý vzorek

Tabulka 18 Výsledky měření patnáctého vzorku

Vzorek 15		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	10044	24001
Konfidenční interval 95 %	(8059 < μ < 12029)	(21255 < μ < 26747)
Směrodatná odchylka	799	1105
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	58,15	
Plošná hmotnost [g/m ²]	138	

U toho materiálu je v porovnání s ostatními vzorky opět velmi vysoký rozdíl mezi hydrostatickou odolností rubní a lící strany. Rozdíl je více než 50 procent, což je zásadní rozdíl měření z rubní strany nemá stejnou vypovídající hodnotu jako měření z lící strany.

Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se nepřekrývají, rozdíl mezi výsledky je statisticky významný, proto je potřeba vždy pro určení hydrostatické odolnosti provést měření z lící strany a nelze ho nahradit měřením ze strany rubní.

Při měření hydrostatické odolnosti z lící strany došlo k protrhnutí svrchní textilie a membrány, kde vznikly díry a došlo tedy k nevratnému znehodnocení a nepoužitelnosti textilie. Indikativním bodem k zastavení měření bylo právě protrhnutí textilie v těchto bodech. U měření vzorku ze strany rubní došlo pouze k nevratné deformaci struktury textilie, přičemž nedošlo k výraznému poškození textilie a membrány, jelikož přístroj nebyl schopný vyvinout dostatečný tlak pro průchod vody textilií.

Šestnáctý vzorek

Tabulka 19 Výsledky měření šestnáctého vzorku

Vzorek 16		
Testovaná strana	Lící	Rubní
Průměrná výška vodního sloupce [mmH ₂ O]	13137	24534
Konfidenční interval 95 %	(7111 < μ < 19163)	(22842 < μ < 26226)
Směrodatná odchylka	2426	681
Rozdíl mezi lící a rubní stranou [%]	46,45	
Plošná hmotnost [g/m ²]	180	

Rozdíl mezi hydrostatickou odolností lící a rubní strany je opět velmi vysoký, tedy 46,45 %. Směrodatná odchylka měření lící strany dosahuje vysokých hodnot, data z měření jsou velmi rozptýlená a dosahují pokaždé rozdílných hodnot.

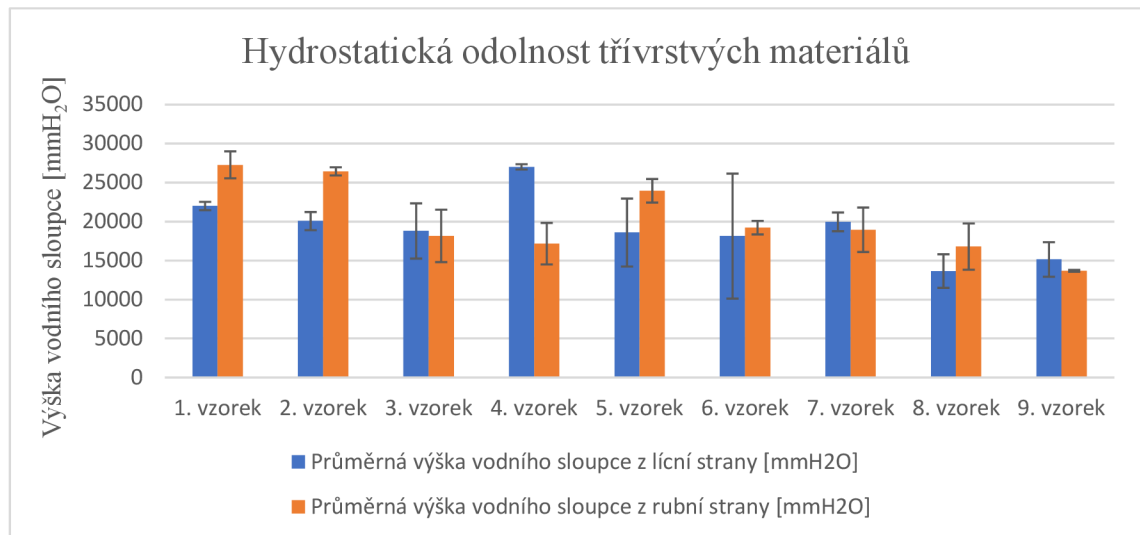
Spodní a horní hladiny intervalu spolehlivosti 95 % u lící strany a rubní strany se opět nepřekrývají, rozdíl mezi výsledky je tedy statisticky významný, proto je potřeba vždy pro určení hydrostatické odolnosti provést měření z lící strany a nelze ho nahradit měřením ze strany rubní.

Při zkoušce hydrostatické odolnosti materiálu došlo k nevratné deformaci struktury a k optickému zvlnění textilie. K tomuto jevu došlo při měření lící i rubní strany. Indikativním bodem k zastavení měření u lící strany vzorku bylo prosáknutí vody na třech viditelných místech. Při měření vzorku ze strany rubní nebyl přístroj opět schopný vyvinout dostatečný tlak pro průchod vody textilií a došlo tedy pouze k nevratné deformaci struktury textilie, přičemž nedošlo k výraznému poškození textilie a membrány.

2.4 Diskuze výsledků

2.4.1 Porovnání podle vrstvení laminace

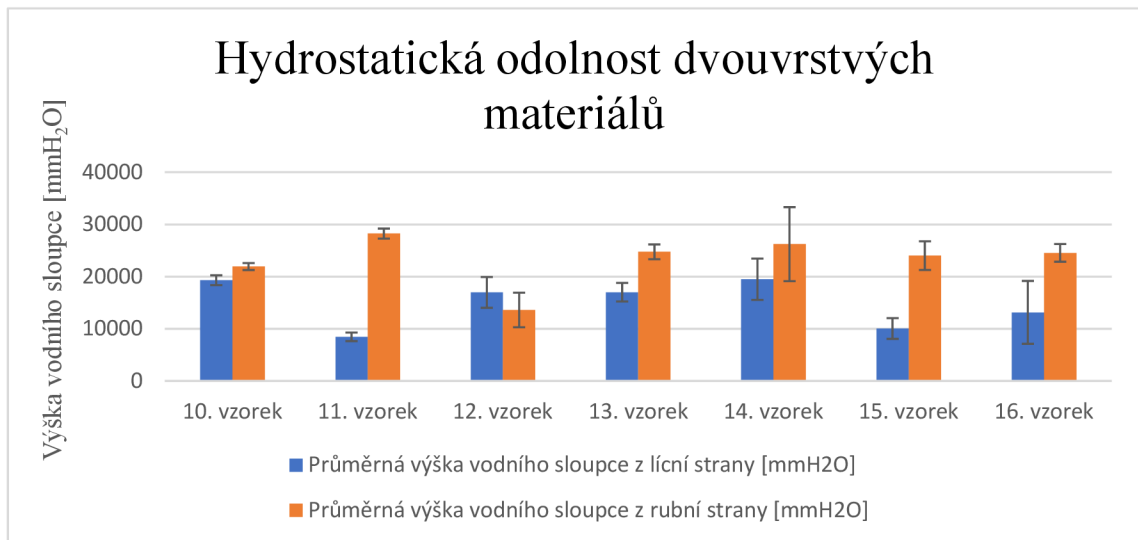
Třívrstvé materiály



Obrázek 46 Graf hydrostatické odolnosti třívrstvých materiálů

Na obrázku 46 lze vidět výsledky měření hydrostatické odolnosti třívrstvých materiálů. Čtyři z devíti vzorků mají vyšší hydrostatickou odolnost z lící strany, naopak vzorky 1, 2, 5, 6 a 8 jsou odolnější z rubní strany. Všechny vzorky mají stejný typ hydrofobní membrány a jsou opatřeny DWR úpravou. Průměrná výška vodního sloupce z lící strany všech třívrstvých materiálů je 19 260 mmH₂O. Naopak průměr rubní strany všech vzorků je 20 600 mmH₂O, což je o 6,5 % vyšší.

Dvouvrstvé materiály

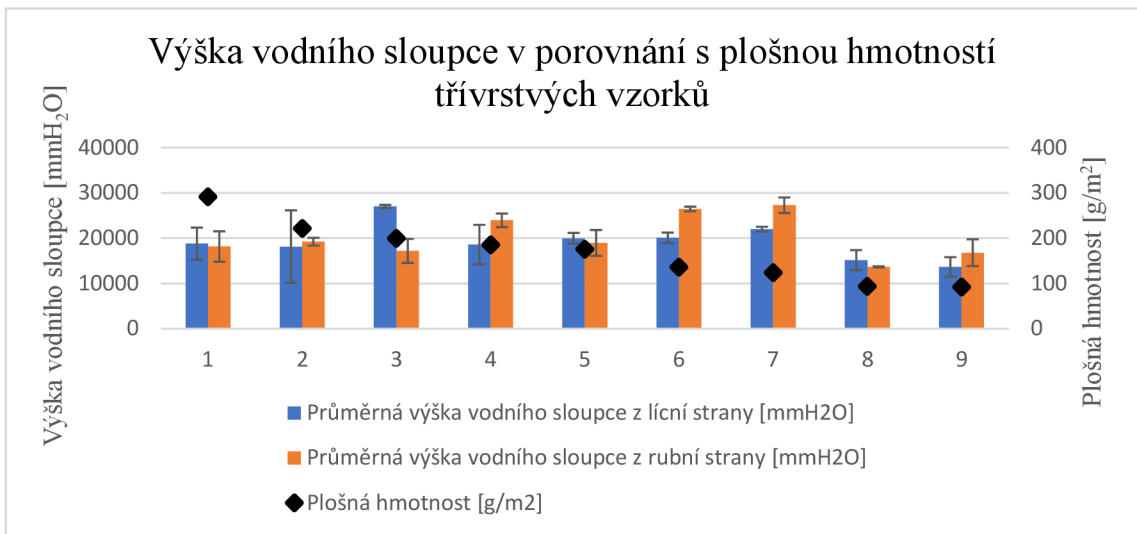


Obrázek 47 Graf hydrostatické odolnosti dvouvrstvých materiálů

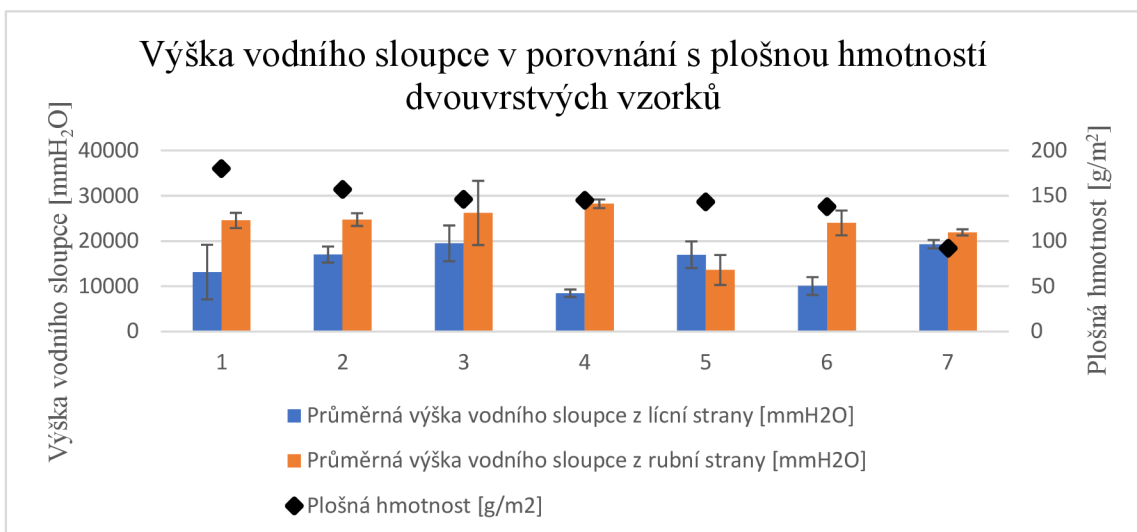
Z grafu je patrné, že dvouvrstvé lamináty mají nižší primární, tedy z lící strany, hydrostatickou odolnost než třívrstvé lamináty. Průměrná hydrostatická odolnost lící strany všech vzorků je 14 909 mmH₂O, což je o 22,59 % méně než třívrstvé lamináty. Naopak výška vodního sloupce z rubní strany vychází lépe u dvouvrstvých materiálů. Průměrný výsledek z rubní strany je 23 316 mmH₂O a mohl by být ještě vyšší, kdyby nedošlo k hranici měření přístroje. U rubní strany je rozdíl mezi dvouvrstvými a třívrstvými lamináty o 11,65 %.

Z grafu se dá tedy vyvodit, že téměř všechny dvouvrstvé materiály mají nižší hydrostatickou odolnost z lící strany s porovnáním s rubní stranou. Výjimku tvoří 12. vzorek s hydrofobním zátěrem. Vnější vrstva dosahuje nižší hodnot než třívrstvé materiály, proto se hodí pro rekreační sportovce, kteří vyhledávají materiál s hydrostatickou odolností v průměru do 15 000 mmH₂O.

2.4.2 Porovnání podle plošné hmotnosti



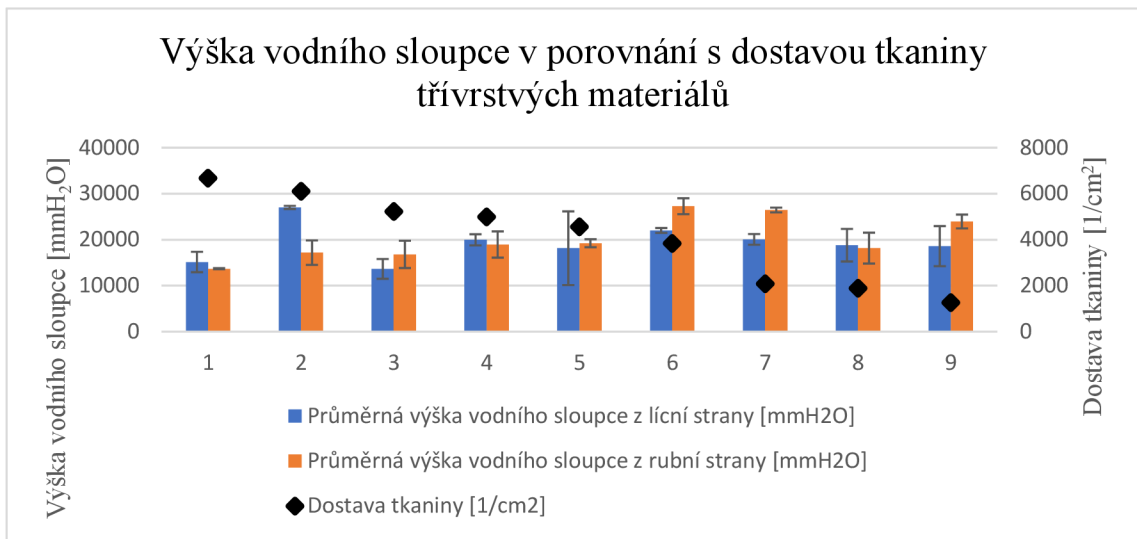
Obrázek 48 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s plošnou hmotností u třívrstevných vzorků



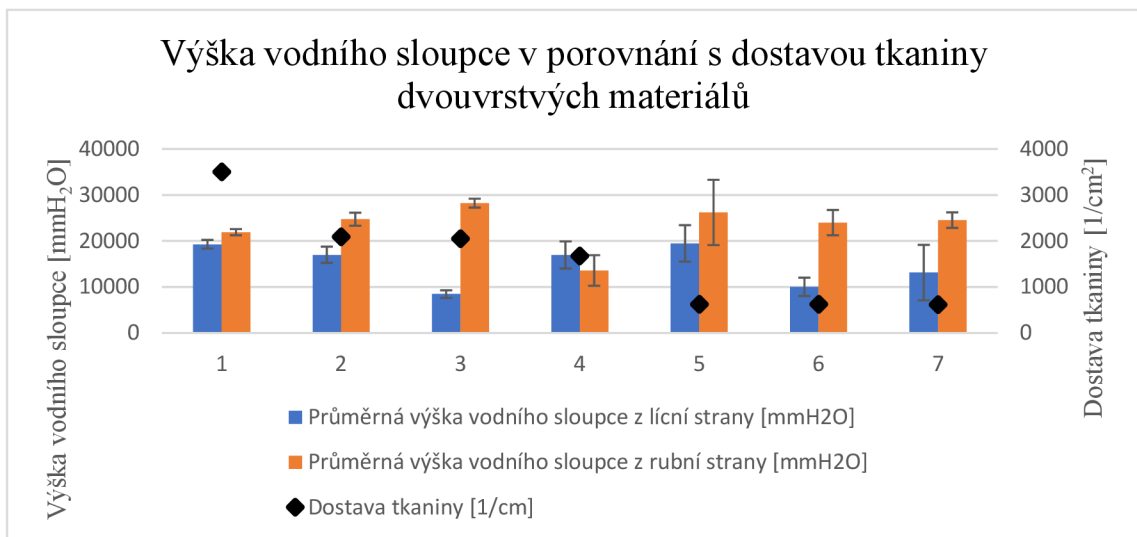
Obrázek 49 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s plošnou hmotností u dvouvrstevných vzorků

Z obou grafů výše je patrné, že míra plošné hmotnosti u těchto měřených vzorků nemá vypovídající hodnotu při určování výšky vodního sloupce. Plošná hmotnost nemá tedy v našem případě vliv na hodnotu hydrostatické odolnosti a nelze ji brát jako primární ovlivňující faktor pro naše měření.

2.4.3 Porovnání podle dostavy tkaniny



Obrázek 50 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s dostavou tkaniny u třívrstevných vzorků



Obrázek 51 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s dostavou tkaniny u dvouvrstevných vzorků

Z grafů výše je jasné, že dostava tkaniny, tedy hustota nití na centimetr čtvereční, taky neovlivňuje hydrostatickou odolnost pro měřené referenční vzorky. I přestože vzorek s nejvyšší dostavou tkaniny má nejvyšší hydrostatickou odolnost, neznamená to, že je to pravidlem, jelikož ostatní vzorky v tabulce tímto ovlivněny nejsou. Přestože lze předpokládat, že plošná hmotnost i dostava tkaniny by měly mít vliv na hodnotu hydrostatické odolnosti, tak se to u použitých vzorků nepotvrdilo. Pro ověření hypotézy by

přesto bylo vhodné zajistit specifickou řadu vzorků, které budou mít větší vypovídací hodnotu. Dostavu tkaniny tedy taky nelze úplně brát jako primární ovlivňující faktor při určování hydrostatické odolnosti referenčních vzorků v této práci.

2.4.4 Chování materiálů v průběhu testu

U třívrstvých materiálů docházelo častěji k odlepení laminačních bodů membrány od textilie než u dvouvrstvých vzorků, viz Obrázek 53. Celkem k tomu došlo u pěti z devíti třívrstvých vzorků. Nejspíš za to může nižší pevnost v tahu, kdy vlivem stále se zvyšujícím se protažení tkaniny dochází k odlepení pevných laminačních bodů. U dvouvrstvých laminátů k tomuto jevu došlo pouze u dvou ze sedmi vzorků (viz Obrázek 52) a u jednoho vzorku došlo k porušení membrány, vlivem přetrhu lící textilie.



Obrázek 52 Ukázka odlepení laminačních bodů u dvouvrstvého materiálu (11. vzorek)



Obrázek 53 Ukázka odlepení laminačních bodů u třívrstvého materiálu (8. vzorek)

K přetrhu lící textilie u třívrstvých materiálů došlo ve dvou případech, u prvního a druhého vzorku a vždy když byla měřena rubní strana textilie. První vzorek je taky jediný vzorek, u kterého praskla rubní textilie, tedy osnovní pletenina. Materiál byl tedy položen rubní stranou na hladinu vody. To může být důsledkem nižší plošné hmotnosti obou materiálů, či nižší pevností v tahu. U dvou vrstvých materiálů se to stalo pouze u jedno vzorku, tedy u desátého, a to jak při měření z lící strany, tak i z rubní strany. Jinak byl typ znehodnocení vždy velmi podobný. Došlo k nevratnému protažení vláken, tudíž k vyboulení materiálu v kruhovém místě působení tlaku vody a dále k optickému zvlnění materiálu.

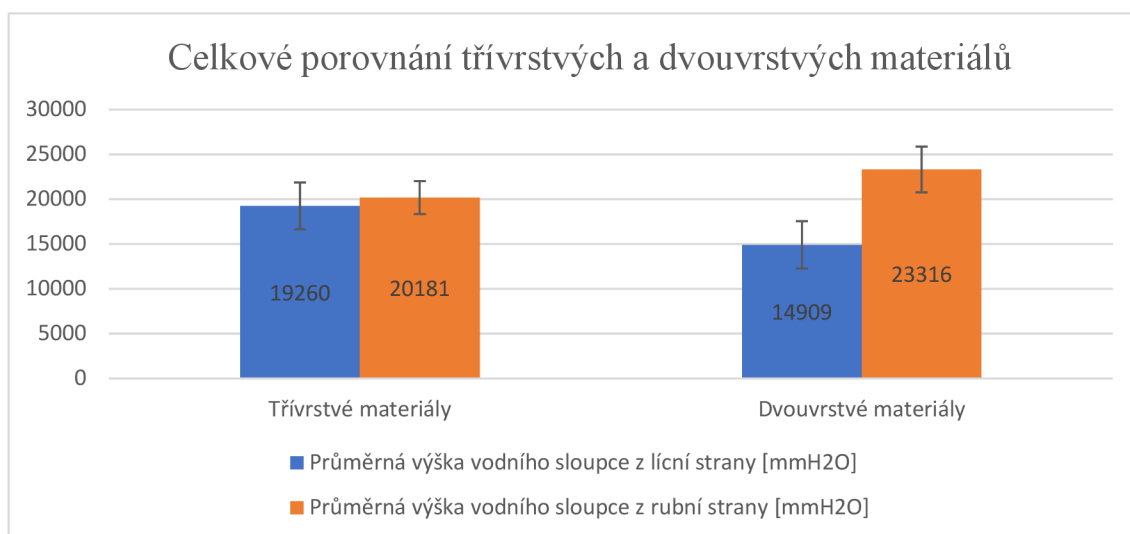


Obrázek 55 Ukázka přetrhu lícní textilie u třívrstvého materiálu (1. vzorek)



Obrázek 54 Ukázka přetrhu lícní textilie u dvouvrstvého materiálu (10. vzorek)

Z grafu níže lze určit, že třívrstvé materiály jsou v hydrostatické odolnosti z lícní i rubní strany velmi podobné. Průměrná výška vodního sloupce z lícní strany všech třívrstvých materiálů je 19 260 mmH₂O. Naopak průměr rubní strany všech vzorků je 20 600 mmH₂O, což je o 6,5 % vyšší. Celkově se jejich data překrývají a rozdíl mezi stranami je ve většině případů statisticky nevýznamný. Z pozorování lze vyvodit, že měření dle normy ČSN EN ISO 811 je pro třívrstvé materiály vyhovující a v případě ověření hydrostatické odolnosti materiálu lze použít i stranu rubní. Nicméně pro účely normy by mělo být měření povoleno pouze z lícní strany, protože obsluha nemusí být vždy dostatečně zkušená, aby poznala specifické chování při porušení.



Obrázek 56 Graf celkového porovnání třívrstvých a dvouvrstvých materiálů

Dvou vrstvé materiály nejsou naopak vhodné pro měření dle normy ČSN EN ISO 811, jelikož jsou zde velmi velké rozdíly mezi měřeními hydrostatické odolnosti z lícni a rubní strany. Průměrná hydrostatická odolnost lícni strany všech vzorků je 14 909 mmH₂O. Naopak průměrný výsledek výšky vodního sloupce z rubní strany je 23 316 mmH₂O. To je o 36,06 % více než u strany lícni a jedná se o statisticky velmi významný rozdíl, který je třeba brát v potaz při určování hydrostatické odolnosti u dvouvrstevných materiálů. Měření z rubní strany u těchto vzorků tedy nelze brát jako výpovědní hodnotu a nelze ji nahradit za měření ze strany lícni.

2.4.5 Návrhy na další potencionální výzkum

Je třeba udělat další výzkum, jaké další parametry můžou ovlivňovat rozdíl mezi hydrostatickou odolností z lící a rubní strany. Například tloušťka materiálu, propustnost vodních par, tloušťka membrány, pevnost samotné vrchové textilie, pevnost samotné membrány, pevnost celého laminátu, počet laminačních bodů. Faktorů, které výslednou hydrostatickou odolnost ovlivňují je nespočet a dala by se na to udělat velmi rozsáhlá studie.

U použitých vzorků se nepotvrdily zkoumané hypotézy, zda plošná hmotnost a dostava tkaniny ovlivňují hydrostatickou odolnost materiálu, i přestože lze předpokládat, že tyto parametry by měly mít vliv na hodnotu hydrostatické odolnosti. Pro ověření hypotézy by tedy bylo vhodné zajistit specifickou řadu vzorků, které budou mít větší vypovídací hodnotu.

Z dostupných výsledků je vidět, že by bylo třeba poupravit normu, jelikož měření rubní strany referenčního vzorku nemá stejné vypovídající hodnoty jako měření ze strany lící. Pro měření dvouvrstevných materiálů není norma ČSN EN ISO 811 vhodná, jelikož se výsledné hodnoty lící a rubní strany materiálu výrazně liší. Třívrstvé lamináty jsou naopak vhodnější pro měření dle předepsané normy a v případě potřeby můžeme brát jako vypovídající hodnotu hydrostatické odolnosti materiálu i měření ze strany rubní.

Nicméně pro účely normy doporučuji úpravu znění a to tak, aby bylo povoleno pouze měření z lící strany, jelikož každá měřená strana vzorku může mít odlišné chování při zkoušce a odlišnou hodnotu hydrostatické odolnosti. Dále nemusí být vždy dostatečně zkušena obsluha, aby poznala specifické chování při porušení textilie.

3 ZÁVĚR

Cílem práce bylo naměřit a vyhodnotit hydrostatickou odolnost jak z lící, tak z rubní strany referenčních vzorků vrstvených materiálů.

V úvodní části byla nastíněna problematika voděodolnosti a postupy jejího získávání. Dále byla teoreticky popsána hydrostatická odolnost a výška vodního sloupce, přístroj pro měření hydrostatické odolnosti a podstata zkoušky. V neposlední řadě byl proveden průzkum předchozích výzkumů, který se danou problematikou zabývaly.

V praktické části nejdříve proběhla analýza všech šestnácti předložených referenčních vzorků, kde bylo zjištěno, že 9 vzorků bylo třívrstevných a 7 vzorků dvouvrstevných. Patnáct ze šestnácti vzorků obsahovalo hydrofobní mikroporézní membránu a jeden vzorek hydrofobní zátěr. Vzorky byly různého charakteru, s odlišnou plošnou hmotností, vazbou textilie a hydrostatickou odolností.

Po analýze vzorků byla provedena samotná zkouška měření hydrostatické odolnosti vzorků, kde byly výsledky měření následně zaznamenány statisticky do tabulek. Každá strana vzorku byla přeměřena třikrát, celkem bylo tedy vyhotoveno 6 měření pro každý vzorek. Měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 811 (800818) na konstruovaném stroji pro měření hydrostatické odolnosti od pana Řezáče na Technické univerzitě v Liberci na Katedře hodnocení textilií.

Po dostatečné analýze výsledků došlo k diskuzi výsledných hodnot. Bylo vyhodnoceno, zda u zkoumaných šestnácti vzorků ovlivňuje plošná hmotnost a dostava tkaniny výslednou hodnotu hydrostatické odolnosti. To se ale u těchto vzorků nepotvrdilo a nelze hodnoty plošné hmotnosti a dostavy tkaniny brát jako vypovídající hodnoty, které by ovlivnili toto měření. Vzorky byly mezi sebou také porovnávány podle druhu použité laminace, tedy dle třívrstevné laminace a dvouvrstevné laminace, podle plošné hmotnosti a dle dostavy tkaniny. Bylo potvrzeno, že třívrstevné vzorky mají obecně vyšší hydrostatickou odolnost lící strany textilie, jejich hydrostatická odolnost lící strany je srovnatelná s odolností z rubní strany. Dvouvrstevné lamináty mají vyšší vodní sloupec rubní strany u všech vzorků, kde byla použita hydrofobní membrána. Dvouvrstevný vzorek s mikroporézním zátěrem má naopak odolnější lící stranu vůči vodnímu sloupci.

U dvouvrstevných laminátů jsou i vyšší procentuální rozdíly mezi výsledkem hydrostatické odolnosti lící a rubní strany. Proto nejsou vhodné pro měření dle normy ČSN

EN ISO 811 a je potřeba vždy specifikovat měřenou stranu textilie a nelze nahradit měření lící strany měřením ze strany rubní.

U třívrstvých materiálů jsou naopak daleko méně významné statistické rozdíly ve výsledných hodnotách lící a rubní strany. Z pozorování lze vyvodit, že měření dle normy ČSN EN ISO 811 je pro třívrstvé materiály vyhovující a v případě ověření hydrostatické odolnosti materiálu lze použít i stranu rubní. Pro účely normy by mělo být znění normy pozměněno a mělo by být povoleno pouze měření z lící strany, protože, jak již bylo řečeno, obsluha nemusí být vždy dostatečně zkušená, aby poznala specifické chování při porušení a každá měřená strana vzorku může mít odlišné chování při zkoušce a odlišnou hodnotu hydrostatické odolnosti.

LITERATURA

- [1] HORROCKS, A. R., ANAND, S. *Handbook of technical textiles*. Bolton: CRC Press Woodhead, 2000. ISBN 1-85573-385-4.
- [2] RÁSLOVÁ, M. *Hydrostatická odolnost textilií používaných pro sport*. Liberec, 2012. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Vedoucí práce Ing. Pavla TĚŠINOVÁ Ph.D.
- [3] Breathable and Waterproof Microporous Membranes | Porelle. Breathable Membrane for Waterproof Fabric | Porelle Membranes UK [online]. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <http://www.porellemembranes.co.uk/en/membranes/microporous-membranes/>
- [4] Teoretické základy outdoorového oblékání - Tilak. Tilak - outdoorové oblečení a outdoorová obuv, sportovní oblečení [online]. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.tilak.cz/cs/teorie-outdooroveho-oblekani>
- [5] How Waterproof Breathable Fabrics Work - Discover. Discover - Field Journal Powered by Rock/Creek & Uncle Dan's – Discover [online]. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://blog.udans.com/how-waterproof-breathable-fabrics-work>
- [6] Waterproof and Breathable Hydrophilic Membranes | Porelle. Breathable Membrane for Waterproof Fabric | Porelle Membranes UK [online]. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <http://www.porellemembranes.co.uk/en/membranes/hydrophilic-membranes/>
- [7] Membrány a jak se v nich vyznat. Vodahory.cz [online]. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.vodahory.cz/blog/192-membrany>
- [8] Rainwear: Durable Water Repellent (DWR) Care - Professional Camping. Professional Camping - [online]. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://professionalcamping.com/clothing/durable-water-repellent-care>
- [9] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [10] Vlastnosti materiálů - Outdoorguide. Outdoorguide [online]. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <http://outdoorguide.cz/vlastnosti-materialu-38.html>

- [11] ČSN EN ISO 811. *Textilie - Stanovení odolnosti proti pronikání vody - Zkouška tlakem vody*. Brno: Textilní zkušební ústav, 2018, 12 s.
- [12] SDLAtlas. SDL Atlas | Textile Testing Products [online]. [cit. 10.08.2021]. Dostupné z: <https://sdlatlas.com/products/hydropro-hydrostatic-head-tester#product-details>
- [13] Manuál pro Přístroj na měření hydrostatické odolnosti. Firma Řezáč. Použito dne 16.04.2021
- [14] BULÍŘ, M. *Ověřování nové metody hodnocení hydrostatické odolnosti textilií*. Liberec, 2016. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Vedoucí práce prof. Ing. Luboš HES DrSc.
- [15] SMUTNÁ, T. *Ověřování nové metody hodnocení hydrostatické odolnosti textilií*. Liberec, 2016. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Vedoucí práce Ing. Denisa KARHÁNKOVÁ.
- [16] Razzaque A, Tesinova P, Hes L, Arumugam V. *Hydrostatic Resistance and Mechanical Behaviours of Breathable Layered Waterproof Fabrics*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2018; 26, 1(127): 108-112. DOI: 10.5604/01.3001.0010.7805

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Hydrofobní membrána [3]	12
Obrázek 2 Molekula páry je dostatečně malá pro průchod póry v membráně [4]	13
Obrázek 3 Kapka vody je příliš velká pro průchod póry v membráně [4]	13
Obrázek 4 Neporézní membrána [6]	13
Obrázek 5 Dvouvrstvá laminace s volnou podšívkou [4]	14
Obrázek 6 Dvou a půl vrstvá laminace [4]	14
Obrázek 7 Třívrstvá laminace [4]	15
Obrázek 8 Mikroporézní zátěr [1]	15
Obrázek 9 Neporézní zátěr [1]	15
Obrázek 10 Ukázka DWR úpravy [8]	16
Obrázek 11 Ukázka přístroje HydroPro M018 [13]	18
Obrázek 12 Graf hydrostatické odolnosti v porovnání s hustotou textilie [17]	22
Obrázek 13 Lící strana prvního vzorku	25
Obrázek 14 Rubní strana prvního vzorku	25
Obrázek 15 Lící strana druhého vzorku	26
Obrázek 16 Rubní strana druhého vzorku	26
Obrázek 17 Lící strana třetího vzorku	27
Obrázek 18 Rubní strana třetího vzorku	27
Obrázek 19 Lící strana čtvrtého vzorku	28
Obrázek 20 Rubní strana čtvrtého vzorku	28
Obrázek 21 Lící strana pátého vzorku	29
Obrázek 22 Rubní strana pátého vzorku	29
Obrázek 23 Lící strana šestého vzorku	30
Obrázek 24 Rubní strana šestého vzorku	30
Obrázek 25 Lící strana sedmého vzorku	31
Obrázek 26 Rubní strana sedmého vzorku	31
Obrázek 27 Lící strana osmého vzorku	32
Obrázek 28 Rubní strana osmého vzorku	32
Obrázek 29 Lící strana devátého vzorku	33
Obrázek 30 Rubní strana devátého vzorku	33
Obrázek 31 Lící strana desátého vzorku	34
Obrázek 32 Rubní strana desátého vzorku	34
Obrázek 33 Lící strana jedenáctého vzorku	35
Obrázek 34 Rubní strana jedenáctého vzorku	35
Obrázek 35 Lící strana dvanáctého vzorku	36
Obrázek 36 Rubní strana dvanáctého vzorku	36
Obrázek 37 Lící strana třináctého vzorku	37
Obrázek 38 Rubní strana třináctého vzorku	37
Obrázek 39 Lící strana čtrnáctého vzorku	38
Obrázek 40 Rubní strana čtrnáctého vzorku	38
Obrázek 41 Lící strana patnáctého vzorku	39
Obrázek 42 Rubní strana patnáctého vzorku	39
Obrázek 43 Lící strana šestnáctého vzorku	40
Obrázek 44 Rubní strana šestnáctého vzorku	40
Obrázek 45 Ukázka upevnění vzorku do upínacích svorek	42
Obrázek 46 Graf hydrostatické odolnosti třívrstvých materiálů	59

Obrázek 47 Graf hydrostatické odolnosti dvouvrstvých materiálů	60
Obrázek 48 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s plošnou hmotností u třívrstvých vzorků	61
Obrázek 49 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s plošnou hmotností u dvouvrstvých vzorků ...	61
Obrázek 50 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s dostavou tkaniny u třívrstvých vzorků	62
Obrázek 51 Graf výšky vodního sloupce v porovnání s dostavou tkaniny u dvouvrstvých vzorků	62
Obrázek 52 Ukázka odlepení laminačních bodů u dvouvrstvého materiálu (11. vzorek)	63
Obrázek 53 Ukázka odlepení laminačních bodů u třívrstvého materiálu (8. vzorek)	63
Obrázek 54 Ukázka přetrhu lící textilie u dvouvrstvého materiálu (10. vzorek)	64
Obrázek 55 Ukázka přetrhu lící textilie u třívrstvého materiálu (1. vzorek)	64
Obrázek 56 Graf celkového porovnání třívrstvých a dvouvrstvých materiálů	64

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hodnoty výšky vodního sloupce různých aktivit [4,10]	17
Tabulka 2 Průměrné výsledky měření z rubní a lící strany paní Ráslové [8].....	21
Tabulka 3 Výsledky měření [17].....	22
Tabulka 4 Výsledky měření prvního vzorku	43
Tabulka 5 Výsledky měření druhého vzorku	44
Tabulka 6 Výsledky měření třetího vzorku	45
Tabulka 7 Výsledky měření čtvrtého vzorku	46
Tabulka 8 Výsledky měření pátého vzorku.....	47
Tabulka 9 Výsledky měření šestého vzorku.....	48
Tabulka 10 Výsledky měření sedmého vzorku	49
Tabulka 11 Výsledky měření osmého vzorku	50
Tabulka 12 Výsledky měření devátého vzorku	51
Tabulka 13 Výsledky měření desátého vzorku	52
Tabulka 14 Výsledky měření jedenáctého vzorku	53
Tabulka 15 Výsledky měření dvanáctého vzorku	54
Tabulka 16 Výsledky měření třináctého vzorku	55
Tabulka 17 Výsledky měření čtrnáctého vzorku.....	56
Tabulka 18 Výsledky měření patnáctého vzorku	57
Tabulka 19 Výsledky měření šestnáctého vzorku	58