



Záchyt vlhkosti ze vzduchu

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R007 – Textilní marketing
Autor práce: **Anita Bělová**
Vedoucí práce: prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.



Humiditi capture from the air

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R007 – Textile marketing - textile marketing
Author: **Anita Bělová**
Supervisor: prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Anita Bělová**
Osobní číslo: **T15000303**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Název tématu: **Záchyt vlhkosti ze vzduchu**
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

- 1) Vypracujte rešerši k tématu bakalářské práce.
- 2) Vyberte vhodné textilie, zaměřte se na prodyšné netkané textilie ze syntetických vláken, v případě potřeby textilie vhodným postupem hydrofilizujte.
- 3) Otestujte záchycování vody ze vzduchu pomocí textilií, navrhnete a realizujete příslušné zařízení.
- 4) Na vybraných vzorcích otestujte schopnost transportovat kapalnou vodu.
- 5) Diskutujte možnost uplatnění připravených struktur v reálných podmínkách.



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

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

Seznam odborné literatury:

ŘEZÁČOVÁ, D.: Fyzika oblaků a srážek. Praha: Academia, 2007, 574 s. ISBN 978-80-200-1505-1.

VALNÍČEK, B.: Klimatické změny. Akcent, 2015, 56 str. ISBN 978-80-7497-081-8.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.**

Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **29. září 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2018**



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



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

V Liberci dne 18. prosince 2017

Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: Anita Bělová
Osobní číslo: T15000303
Studijní program: B3107 TEXTIL
Studijní obor: Textilní marketing
Zadávací katedra: KHT

Žádám o změnu termínu odevzdání závěrečné práce ze 4. 5. 2018 na 7. 12. 2018.

Odůvodnění žádosti: Nedostatek času ke zpracování práce.

V Liberci dne 2. 5. 2018

Podpis:

Vyjádření vedoucího práce:

SOUHLASÍM



Vyjádření vedoucího katedry:

Sankla Bělá

Prohlášení

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

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

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma 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.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

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

Datum:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce, za jeho ochotu, trpělivost, vstřícnost a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Marii Kašparové a Ing. Janě Müllerové za jejich rychlou pomoc a ochotu. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu v průběhu celého studia.

Anotace

Bakalářská práce pojednává o zachytu vlhkosti ze vzduchu, především o jeho možném zlepšení. Pro zachyt vlhkosti ze vzduchu jsou používány zachycovače mlhy. První část práce čtenáře seznamuje s atmosférou a jejími vlastnostmi, vodou, smáčením, s textilními vlákny a především se samotným zachytem vlhkosti. Náplní druhé části je seznámení s použitými přístroji, s použitou polyesterovou netkanou textilií, a v neposlední řadě seznámení s použitými modifikacemi textilních materiálů. Je zde vysvětlen postup chemických úprav textilií a měření zachycené vlhkosti.

Klíčová slova: zachycovač mlhy, vlhkost vzduchu, atmosféra, voda, zachycení vlhkosti, modifikace textilních materiálů

Annotation

The bachelor thesis deals with the capture of moisture from the air, especially about its possible improvement. For the humidity capture from the air is use fog catches. The first part of the reader's work introduces the atmosphere and its properties, water, wetting, textile fibers and, above all, the capture of moisture itself. The second part introduces the used devices, the polyester nonwoven fabric used, and last but not least the introduction of textiles modification. Here is explained the procedure of chemical treatment of textiles and the measurement of moisture captured.

Keywords: fog catchers, air humidity, atmosphere, water, moisture capture, modification of textile materials

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	12
Úvod	15
TEORETICKÁ ČÁST.....	16
1 Atmosféra a její vlastnosti	16
1.1 Vzduch.....	17
1.2 Vlhkost vzduchu.....	18
1.2.1 Rosný bod	20
2 Voda a její vlastnosti	20
2.1 Povrchové napětí vody	20
2.2 Mechanika tekutin.....	21
2.2.1 Rozdělení	22
2.2.2 Proudění a objemový průtok	23
2.2.3 Rovnice kontinuity.....	23
2.2.4 Bernoulliho rovnice	24
3 Smáčení	25
3.1 Úhel smáčení a Youngova rovnice.....	25
3.2 Ovlivnění úhlu smáčení.....	26
3.2.1 Drsnost povrchu.....	26
3.2.2 Chemická nehomogenita povrchu	26
3.2.3 Absorpce látek	27
3.2.4 Hystereze úhlu smáčení	27
3.3 Stanovení úhlu smáčení	28
3.3.1 Stanovení úhlu smáčení na tkanině	28
3.3.2 Stanovení úhlu smáčení na práškových materiálech.....	29
3.4 Měření smáčivosti.....	31
3.4.1 Přímé měření smáčivosti	31
3.4.2 Nepřímé metody smáčivosti.....	32

4	Vlákna.....	33
4.1	Přehled vláken a jejich smáčivost	33
4.2	Živostnost vláken na světle	35
5	Záchyt vlhkosti ze vzduchu	36
5.1	Firmy podporující záchyt vlhkosti ze vzduchu	37
5.2	Textilie využívané pro záchyt vlhkosti ze vzduchu.....	38
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST		39
6	Použité materiály	39
6.1	Milifé	39
6.2	Bavlna.....	40
7	Modifikace textilních materiálů	41
7.1	Hydrofilní úprava.....	41
7.2	Hydrofobní úprava	41
7.3	Povrstvení lepidlem a krátkými vlákny („samet“)	42
8	Použité přístroje	44
8.1	Parní čistič Maxxx	44
8.2	Kompresní inhalátor Omron Comp Air	44
8.3	Vyvíječ vodní mlhy M2 („Magical fogger with multi-function controller“)......	46
9	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ	49
9.1	Měření prodyšnosti	49
9.2	Pokusy s mlhátorem	50
9.3	Pokusy s inhalátorem.....	53
9.4	Měření vztlínání	57
Závěr		59
Seznam citací		61
Seznam obrázků		64
Seznam tabulek		66
Seznam příloh.....		67

Seznam symbolů a zkratk

°	stupně
%	procento
Δ	změna
°C	stupeň Celsia
θ	kontaktní úhel
π	Ludolfovo číslo
β	beta
γ	povrchová energie
ρ	hustota
Φ	absolutní vlhkost vláken
σ	povrchové napětí
e	napětí
η	viskozita
ℓ	kapalina
μm	mikrometr
cm	centimetr
D^3	průměr kapky
dF	kolmá síla
dI	úsečka délky
Ek	kinetická energie

Ep	potenciální energie
E	parciální tlak
E ₀	parciální tlak při teplotě 273,16 K
e _s	napětí vodní páry
F _g	tíhová síla
F	síla
g	plynné prostředí
g	tíhové zrychlení
h	hloubka
hPa	hektopascal
h _{rel}	relativní vlhkost
K	Kelvin
km	kilometr
kg	kilogram
l	litr
L	skupenské teplo vypařování
m	hmotnost
m ³	metr krychlový
mm	milimetr
ml	mililitr
min	minuta
pH	vodíkový exponent-míra kyselosti vodného roztoku

p_v	hustota vodní páry
q_v	měrná vlhkost
Q_v	objemový průtok
Q_m	hmotnostní tok
R	poloměr
r_v	směšovací poměr vodní páry
S	plocha
s	pevný povrch
s	sekunda
T	teplota
v	rychlost
V	objem
γ	povrchová energie

Úvod

Záchyt vlhkosti ze vzduchu se používá převážně v rozvojových zemích, kde se lidé obtížně dostávají k vodě. Jedná se zejména o místa, kde není přímý přístup k řece, vodním nadržím, apod. Problematikou se zabývají převážně zahraniční charitativní organizace. Snaží se pomáhat postiženým oblastem vytvářet vlastní vodu, jak pitnou, tak i pro zemědělské potřeby. V praxi se jedná o osnovní pleteninu vyrobenou z polyetyleny, přichycenou na stojanu umístěného ve vertikálním směru do prostoru. Tento vynález se nejčastěji nazývá „fog catcher“, do českého jazyka se název dá přeložit jako zachytávač mlhy.

Práce navazuje na danou problematiku a snaží se vylepšit zachytávající textilií. Účelem je najít vhodnou textilií pro záchyt vlhkosti ze vzduchu a vylepšit ji modifikací textilních materiálů, tak aby byl záchyt nejvíce efektivní. Jako výsledek práce se očekává vybrání vhodné textilie, která dokáže konstantně zachytávat mlhu a bude vhodná pro dlouho dobé použití.

Teoretická část bakalářské práce se dělí na pět částí. První část práce detailně popisuje atmosféru, vzduch a vlhkost vzduchu. Druhá kapitola se zaměřuje na vodu a její vlastnosti, především na povrchové napětí a mechaniku tekutin. Třetí kapitola se podrobně zabývá smáčením. Pod tuto kapitolu spadá například Youngova rovnice, úhel smáčení či měření smáčivosti. Čtvrtá kapitola se zaměřuje na textilní vlákna a jejich živostnost a smáčivost. Poslední teoretická část práce popisuje samotný záchyt vlhkosti ze vzduchu. Firmy, které se problematikou zabývají a textiliemi, které se již používají.

Experimentální část práce se zaměřuje na vybrané textilní materiály použité při testování. Dále popisuje následnou modifikaci textilních materiálů pro zlepšení vlastností při zachytu vlhkosti. Jsou zde detailně popsány všechny použité přístroje a popis experimentu na vybraných přístrojích. Závěr experimentální části se zabývá vyhodnocením experimentů a diskuzí výsledků.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Atmosféra a její vlastnosti

Základní metodu k určení atmosférické výšky navrhl arabský vědec jménem Alhazen. Hlavní myšlenkou jeho metody bylo, že čím výše je atmosféra, tím pomalejší je soumrak. V této teorii navázal Johannes Kepler, který určil výšku atmosféry na 75-112 km. [5][6]

Horní vrstvy soumraku stlačují spodní, což je důvod, proč ubývá hustota vzduchu se zvyšující se výškou. Do výšky 5,5 km od zemského povrchu je 50 % celkové hmoty atmosféry. Do výšky 90-100 km od zemského povrchu se nachází téměř všechna hmota vzdušného obalu (99 %). [5]

Atmosféra se rozděluje na základě teploty vzduchu a na její výšce. Atmosféra se dále dělí, na těchto šest vrstev:

- 1) **troposféra** - dosahuje do 7-18 km od zemského povrchu
 - nejvyšší výška troposféry se nachází v okolí rovníku
 - teplota troposféry klesá při zvyšování nadmořské výšky
- 2) **stratosféra** - navazuje na výšku troposféry a pokračuje do výšky 60 km od zemského povrchu
 - teplota se zvyšuje s přibývajícím nadmořskou výškou
- 3) **mezosféra** - navazuje na stratosféru a dosahuje výšky 80-85 km od zemského povrchu
 - teplota klesá s narůstající nadmořskou výškou
- 4) **termosféra** - navazuje na mezosféru a dosahuje vzdálenosti přibližně 640 km od zemského povrchu
 - teplota s přibývajícím nadmořskou výškou stoupá
- 5) **exosféra** - navazuje na termosféru do konce gravitačního pole Země (od 500 do 1 000 km od zemského povrchu)
 - teplota je konstantní [8] [7]

Aby mohl existovat život na Zemi, je velmi důležitá troposféra a biosféra. Troposféra, jak již bylo zmíněno, je první sféra v atmosféře. Odehrávají se zde atmosférické děje (počasí, roční období). Biosféra se měří od nejhlubšího oceánu až po několik kilometrů atmosféry. Tato atmosféra se nevyznačuje takovou velikostí, jako ostatní atmosféry, ovšem je zde největší výskyt živého organismu. Biosféra a troposféru odděluje, tzn. tropopauza, ta je charakteristická svou konstantní teplotou. [7]

Ve stratosféře se nachází pro život velmi důležitá ozonová vrstva. Ozonová vrstva obsahuje tříatomový kyslík O_3 . Ozonová vrstva zachycuje většinu škodlivého UV záření (UV-B), které je smrtelné jak pro lidský život, tak pro přírodu. Propouští paprsky označované jako UV-A, tyto paprsky jsou pro život naopak potřebné. Díky ozonu se na planetě může po tisíce let rozvíjet život. Vyskytuje se ve výšce 20 km od povrchu Země a obklopuje celou zeměkouli. Ozon se dá vyjádřit v Dobsonových jednotkách (DU), kdy například 3 mm odpovídají 300 DU. [7] [9]

1.1 Vzduch

Vzduch je složen ze směsi plynů, které se dají rozdělit do dvou skupin. V první skupině jsou plyny, které jsou obsaženy ve vzdušném obalu Země (99 %). V této skupině jsou plyny, které zabírají největší objem vzduchu, jsou jimi kyslík a dusík. Zbývající jedno procento tvoří vzácné plyny, například argon. Druhá skupina plynů je tvořena plyny, jejichž koncentrace se mění jak v čase, tak v prostoru. Mezi nejvýznamnější plyn zde řadíme oxid uhličitý, vodní páru a ozon. Pro termodynamiku je velmi důležitá daná vodní pára, díky které vznikají vodní kapky a ledové krystaly. Ty tvoří oblaky a jsou součástí atmosférického aerosolu. Veškerý podíl plynů v atmosféře je vypsán v tabulce č. 1. [3]

Tabulka 1 Podíl plynů v atmosféře v % [7]

Plyn	Podíl v jednotkovém objemu
Dusík	78,084 %
Kyslík	20,946 %
Argon	0,934 %
CO ₂	0,035 %
Neon	0,00182 %
Helium	0,000524 %
Metan	0,00017 %
Krypton	0,00014 %
Vodík	0,000055 %

Pokud se na vzduch budeme dívat z atmosférické dynamiky, můžeme ho chápat jako směs dvou plynných složek, tudíž suchého vzduchu a vodní páry. Tato směs se označuje jako vlhký vzduch a její termodynamické vlastnosti jsou studovány jako kombinace vlastností suchého vzduchu a vodních par. [3]

1.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost je obsažena ve vzduchu, který se vyskytuje po celé Zeměkouli. Vlhkost vzduchu taktéž určuje množství vodní páry. Vodní pára je v plynném skupenství, tudíž ji nevnímáme. Vlhkost vzduchu je schopna pojmout pouze určité množství vodní páry za dané teploty. Čím chladnější vzduch je, tím méně vodní páry dokáže pojmout a opačně. Když teplota poklesne natolik, že není schopna pojmout vodní páru, vytváří se zkapalněná vodní pára. Zkapalněná vodní pára se projevuje na Zemi například jako rosa. Je nutné, aby k této situaci relativní vlhkost byla 100 %, neboli aby bylo dosaženo rosného bodu. Pokud je relativní vlhkost vyšší je podporován větší vznik oblačnosti. Tento jev je velmi důležitý v meteorologii, má významné postavení při tvorbě oblačnosti a srážek. Dusno, je jev, který se projevuje vysokou teplotou i vysokou vlhkostí vzduchu. [10]

Pro míru vlhkosti, množství vodní páry, se užívá několik veličin: [3]

hustota vodní páry ρ_v [$kg \cdot m^{-3}$] – je označována jako absolutní vlhkost a v knize Fyzika oblaků a srážek je definována takto: „hmotnost vodní páry v objemové jednotce vlhkého vzduchu“

napětí vodní páry e [hPa] – docentka Daniela Řezáčová v knize Fyzika oblaků a srážek definuje napětí takto: „napětí vodní páry je parciální tlak vodní páry ve vlhkém vzduchu a jeho hodnota je dána stavovou rovnicí vodní páry“ [10], stavová rovnice pro vodní páru zní takto:

$$e = \rho_v R_v T$$

směšovací poměr vodní páry r_v je definován rovnicí:

$$r_v = \frac{\rho_v}{\rho_d} = \frac{\varepsilon e}{p - e} \cong \frac{\varepsilon e}{p}, \text{ kde } \varepsilon = R_d/R_v = 0,622 \text{ pro } R_d = 287,04 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ a}$$

$$R_v = 465,50 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

měrná vlhkost q_v – je poměr hustoty vodní páry ρ_v a hustoty vlhkého vzduchu

$$q_v = \frac{\rho_v}{\rho} = \frac{\rho_v}{\rho_v + \rho_d} = \frac{\varepsilon e}{p - (1 - \varepsilon)e} \cong \frac{\varepsilon e}{p}$$

relativní vlhkost h_{rel} – docentka Daniela Řezáčová v knize Fyzika oblaků a srážek definuje relativní vlhkost takto: „jako poměr napětí vodní páry o dané teplotě a napětí nasycené vodní páry při téže teplotě“ [10], je zde předpoklad, že je platná stavová rovnice pro vodní páru, poté platí tento vztah:

$$h_{rel} = e/e_s = \rho_v/\rho_s,$$

kde e_s a ρ_s značí napětí a hustotu vodní páry nasycené vzhledem k vodě

absolutní vlhkost vzduchu Φ – hmotnost vodních par se udává vzduchem, 1 m³ vzduchu: [3]

$$\Phi = \frac{m}{V}$$

Pro měření vlhkosti vzduchu se používá několik různých způsobů. V minulosti nejrozšířenější metoda se nazývá psychrometrická. Dnes se využívá spíše pro srovnání za využití dvou teploměrů. První teploměr měří, tzn. „mokrou teplotu“, a druhý měří klasickou teplotu vzduchu. Za pomoci psychrometrických tabulek se z hodnot teploměrů odečte výsledná teplota relativní vlhkosti vzduchu. [10]

Druhým způsobem měření je vlhkoměr. Tento způsob měření se používá převážně v domácnostech a na pracovištích. Na tomto principu funguje například lidský vlas, který při absorpci vody změní svou délku. V dnešní době jsou nejrozšířenější elektronické metody, které mají čidla přidělaná v krytu. [10]

1.2.1 Rosný bod

Teplota, při které z následku izobarického ochlazení se teplota nasytí, aniž by byla dodána vnější vodní pára. Pokud poklesne pod teplotu rosného bodu, vzniká například rosa nebo mlha. Pokud je relativní vlhkost nižší než 100 %, rovná se teplota rosného bodu nižší teplotě, než je teplota vzduchu. Rozdíl mezi rosným bodem a teplotou vzduchu se nazývá deficit teploty rosného bodu, je tím větší, čím je menší relativní vlhkost. Vztah mezi teplotou vzduchu, relativní teplotou a teplotou rosného bodu je vyjádřena takto:

$$T_{dp} = \frac{243,5 \ln\left(\frac{V}{100} e^{\frac{17,67T}{243,5+T}}\right)}{17,67 - \ln\left(\frac{V}{100} e^{\frac{17,67T}{243,6+T}}\right)},$$

kde T_{dp} značí teplota rosného bodu [°C], V značí relativní vlhkost vzduchu [%] a T je teplota vzduchu [°C]. [3]

2 Voda a její vlastnosti

Bez vody si planeta Země nedokáže život ani představit. Živý organismus obsahuje 60–90 % vody bez které nedokáže žít. V těle dospělého člověka se vyskytuje přibližně 55–65 % vody, s tím že každý den tělo vyloučí cca 2,5 litru a mělo by přijmout nových 2,5 litru vody kvůli zdravému chodu těla. Jinak dochází k dehydrataci a selhání života důležitých orgánů. [1] [4]

Na Zemi se voda vyskytuje ve střech skupenstvích – pevném, plynném a kapalném. Z chemického hlediska je molekula vody z jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku. Sumární vzorec této sloučeniny je H₂O. Čistá voda je bezbarvá, průzračná a bez zápachu či chuti. Na Zemi se vyskytuje 1 385 989 600 km³ vody, z toho je pouze 2,5 % pitné vody a zbylých 97,5 % je slaná voda obsažená převážně v oceánech. [2]

2.1 Povrchové napětí vody

Reakce, při které se molekuly vody vážou na sebe pomocí působení přitažlivých sil. Pokud je povrchové napětí nízké, kapka vody se roztlírá po povrchu a snaží se zaujmout, co největší plochu. V opačném případě, se kapka vody snaží zaujmout minimální plochu a vytváří tak

kulatější tvar kapky. Plochu zde lze chápat geometricky, jako vrstvu o tloušťce několika molekul. Vyplývá z toho, že se kapalina snaží o stav s minimální energií. Čím větší je povrchové napětí vody, tím kulatější je vytvořená kapka. Charakteristické chování kapky je takové, jako by byla tvořena tenkou pružnou vrstvou. Přičemž se pokouší dosáhnout co nejmenšího povrchu a objemu. Kulovitého tvaru kapky lze dosáhnout bez zásahu vnějších sil, dá se tak dosáhnout tvaru ideální koule. Pokud na těleso působí vnější síly, je proces o něco složitější, ale pokaždé se těleso snaží dosáhnout nejmenšího povrchu. [3] [11] [12]

Povrchové napětí lze vyjádřit tímto vztahem:

$$F = \gamma \cdot l \cdot 2, \text{ z čehož vyplývá } \gamma = \frac{F}{2l}$$

Povrchovou energii lze vyjádřit tímto vztahem:

$$W = E$$

Tento vzorec můžeme rozložit daným způsobem:

$$F \cdot a = \gamma \cdot 2 \cdot a \cdot l,$$

tento vztah vyplývá z práce $W = F \cdot a$ a ze změny energie $E = \gamma \cdot 2 \cdot a \cdot l$.

$$\frac{F \cdot a}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{F}{2 \cdot l} = \gamma$$

Z tohoto vztahu je dáno, že povrchové napětí je rovno povrchové energii.

Veličina pro povrchové napětí je síla/délka = $N \cdot m^{-1}$, častěji se ovšem využívá menší jednotka: $mN \cdot m^{-1}$. [13]

2.2 Mechanika tekutin

Jinak řečeno, mechanika kapalin a plynů, se zabývá mechanickými vlastnostmi tekutin. Přesněji se zabývá silami v plynech a kapalinách a jejich pohybem neboli prouděním. Kapalina se, na rozdíl od pevné látky, vyznačuje tekutostí, tzn. dokáže měnit svůj tvar, čili přizpůsobit ho tvaru nádoby, kde se tekutina nachází. [17]

2.2.1 Rozdělení

Základní rozdělení mechaniky tekutin je na hydromechaniku (hydrauliku), která se zabývá kapalinami, a na aeromechaniku (pneumatiku), která se zabývá plyny. Tyto dvě kategorie se dají dále rozdělit na hydrostatiku, hydrodynamiku, aerostatiku a aerodynamiku. [17]

Hydrostatika popisuje reakce tekutin, vzhledem k ohraničujícím prostorům, kde se nepohybují. Obdobou hydrostatiky je **aerostatika**, která zkoumá místo kapalin plyny. Pokud výsledek objemových a plošných sil, které na tekutinu působí, bude roven nule, bude i objem tekutiny v klidu. Hlavním úkolem hydrostatiky je výpočet tlaků a tlakových sil na plochu tělesa. Síly, které zde působí, se dělí na plošné a objemové (hmotnostní). Objemové síly působí na své těžiště a závisí na velikosti částice. Hmotnostní síly se dále dělí na tíhovou sílu, odstředivou sílu a sílu setrvačnosti.

Tíhová síla spadá pod Newtonův gravitační zákon a popisuje se jako síla, která působí na tělesa na povrchu Země. Tíhová síla je výsledkem Newtonova zákona a odstředivé síly otáčející se Země kolem osy. Tíhová síla se značí F_G a je vyjádřena tímto vztahem:

$$F_G = m * g,$$

kde m značí hmotnost a g tíhové zrychlení. Odstředivá síla působí na těleso směrem od středu rotační osy. Existují dva typy sil, prvním je dostředivá síla (skutečná síla) a druhým je setrvačná odstředivá síla (zdánlivá síla). Setrvačná síla působí na změnu rychlosti tělesa. Zrychlení nezávisí na objemu tělesa, je pro všechny stejně velké.

Plošné síly se značí dle velikosti své plochy a dále se dají rozdělit na tlakovou sílu, třecí sílu a sílu povrchového napětí. Síla, kterou tlačí kapalina, se nazývá tlaková síla. Třecí síla značí vznik třecí síly na ploše mezi dvěma tělesy. Povrchové napětí je síla působící kolmo na délku řezu povrchu, dělenou délkou, ta leží v tečně roviny k povrchu. Tento vztah se dá vyjádřit takto:

$$\sigma = \frac{F}{l},$$

kde σ značí povrchové napětí, l je úsečka délky a F představuje kolmou sílu k rovině povrchu. [20]

Hydrodynamika se zabývá pohybem kapalin. **Aerodynamika** se naopak zabývá pohybem plynů. Mezi základní vlastnosti plynů a kapalin patří tekutost, jejíž příčinou je vzájemná

pohyblivost částic, ze kterých se skládají. Další vlastností je, že nemají stálý tvar (přizpůsobí se tvaru nádoby). Rozdílnou vlastností plynů a kapalin je, že kapalina má stálý objem = jsou málo stlačitelné. Zatímco plyny nemají stálý objem = jsou snadno stlačitelné. [18]

2.2.2 Proudění a objemový průtok

Proudění neboli pohyb tekutin v jednom směru může být rozděleno na:

1. stacionární – nemění se rychlost proudění na určitém místě v závislosti na čase;
2. nestacionární – mění se rychlost proudění na určitém místě v závislosti na čase;

definice proudění je zde pojmenována jako proudnice a její znění popisuje Jaroslav Reichl na webových stránkách takto: „*Proudnice je taková myšlená čára, že tečna sestavená v jejím libovolném bodě určuje směr rychlosti pohybující se částice tekutiny.*“ [19] Proudění se rozděluje dle rychlosti proudění na:

1. laminární – proudění za malé rychlosti;
2. turbulentní – vzniká z laminárního proudění při větší rychlosti;

Průřez proudového vlákna má tvar trubice, ve kterém proudí tekutina. Nejjednodušším případem je ideální proudění kapaliny, kdy průřezem trubice protéká stále stejný objem tekutiny. Objemu, který proteče trubicí za jednotku času, se říká objemový průtok Qv a je vyjádřen takto:

$$Qv = S * v,$$

kde S značí obsah a v je rychlost kapaliny. Objem tekutiny, který proteče trubicí za jednotku času, měříme průtokoměrem. [19]

2.2.3 Rovnice kontinuity

Pokud chceme místo objemového průtoku měřit hmotnost kapaliny, která proteče trubicí za daný čas, použijeme hmotnostní tok Qm . Pro hmotnostní tok platí tento vztah:

$$Qm = S * \rho * v,$$

kde ρ značí hustotu kapaliny, S obsah a v rychlost. Ideální kapalina je nestlačitelná, tudíž se nemůže v trubicí hromadit při proudění. Proto je hmotnostní tok konstantní. Toto je vyjádřeno rovnicí kontinuity (rovnici spojitosti toku). Neboť při stejném proudění ideální kapaliny je součin

S a v proudící kapaliny všude v trubici konstantní. Rovnice spojitosti toku je velmi složité odvodit pro plyny, protože jsou stlačitelné a jejich hustota není konstantní. [20]

$$S_1 * v_1 = S_2 * v_2 = S * v = konst.$$

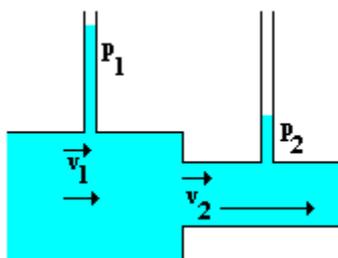
2.2.4 Bernoulliho rovnice

Rovnice popisuje zákon zachování energie u proudění ideální kapaliny ve vodorovném potrubí. Pokud se v zúžení zvýší rychlost tekutiny = zvýší se i kinetická rychlost. Dle zákona o zachování energie je kinetická energie ΔE_k , která vznikne při změně potenciální energie. Potenciální energie se zmenší o ΔE_p a platí vztah $\Delta E_k = \Delta E_p$. U tekutiny se jedná pouze o změnu u tlaku proudící tekutiny (tlaková potenciální energie). Tato energie se zjistí pomocí tlakové síly F , pokud ji necháme působit na píst. Když se síla nezmění, když se pohne s pístem o obsahu S a délku l = vykonává práci. p vyjadřuje vzniklý tlak.

$E_k + E_p = \frac{1}{2}m \cdot v^2 + p \cdot V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V \cdot v^2 + p \cdot V = konst.$, pokud vyjádříme jednotkový objemu, dostaneme tento vztah: $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + p = konst.$, což znamená, že kinetická a tlakové potenciální energie je ve všech částech vodorovné trubice stejná. Taktéž rovnice vyjadřuje Bernoulliho rovnici (zákon zachování energie):

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 + p_2,$$

pokud $v_1 > v_2$, platí $p_1 > p_2$. $\frac{1}{2} * \rho * v^2$ se p_2 nazývá dynamický tlak a p_1 značí statický tlak. [20]



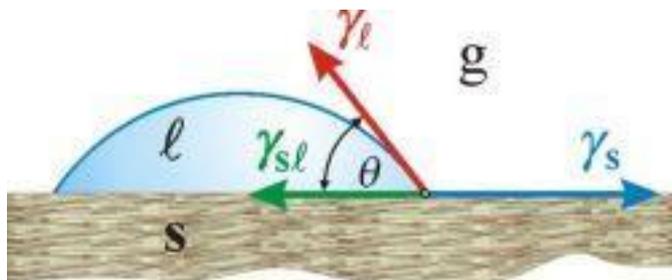
Obrázek 1 Průřez trubice, ukázka rychlosti a vlivu tlaku [20]

3 Smáčení

Jako jednu ze schopností kapalin můžeme označit smáčení. To se vyznačuje schopností udržení kontaktu kapaliny s pevným povrchem, které je zapříčiněno spojením intermolekulárních interakcí. Smáčení se zabývá třemi skupenstvími materiálu: pevným, kapalným a plynným. Momentálně smáčení pomáhá vyvíjet odvětví nanotechnologií v souvislosti s vývojem nanomateriálů (například uhlíkové nanotrubičky). [14]

3.1 Úhel smáčení a Youngova rovnice

Úhel smáčení neboli kontaktní úhel θ , je veden v bodě styku kapky s rozhraním a svírá tečnu k povrchu kapky. Kapalina ℓ umístěná na pevném povrchu s , obklopena plynným prostředím g . Je určena pomocí vlastností vzniklých mezifázovým rozhraním, viz obr. 2. [15] [16]



Obrázek 2 Kontaktní úhel [16]

Vztah mezi kontaktním úhlem a mezifázovou energií je vyjádřen Youngovou rovnicí.

$\gamma_\ell \cdot \cos\theta = \gamma_s - \gamma_{s\ell}$, kde γ_ℓ vyjadřuje povrchovou energii kapaliny a γ_s vyjadřuje povrchovou energii pevné látky, $\gamma_{s\ell}$ znázorňuje mezifázovou energii mezi kapalinou a pevnou látkou. Díky Youngově rovnici se dá analyzovat úhel smáčení, neboli fázové rozhraní mezi plynem, kapalinou a pevnou látkou. Tento jev může být ovlivněn absorpcí nebo hysterezí. [16]

Velikost kontaktního úhlu θ slouží k určení smáčení, zda kapalina smáčí pevný povrch s či nikoliv. Pokud je kontaktní úhel menší než 90° - smáčení pevné látky kapalinou je dobré (pevný povrch je hydrofilní). Naopak, pokud je kontaktní úhel větší než 90° - kapalina pevnou látku smáčí špatně nebo ke smáčení vůbec nedochází (pevný povrch je hydrofobní). [15]

Pokud se kapka roztírá (roztéká na tenkou souvislou plochu), jedná se o dokonalé smáčení. U dokonalého smáčení je součet povrchové energie kapaliny ℓ a mezifázová energie kapaliny $\gamma_{s\ell}$ menší než energie smáčené fáze s . Úhle smáčení se při roztírání rovná nule, v tomto případě Youngova rovnice vypadá takto: [15]

$$\gamma_s = \gamma_\ell + \gamma_{s\ell}$$

3.2 Ovlivnění úhlu smáčení

Úhel smáčení může být ovlivněn čtyřmi způsoby: drsností povrchu, chemickou nehomogenitou povrchu, sorpcí látek a hysterezí úhlu smáčení. Všechny čtyři způsoby ovlivnění úhlu smáčení budou podrobněji popsány v následujících podnadpisech.

3.2.1 Drsnost povrchu

Pevný povrch může být připraven, tak aby byl drsný. Typickým drsným povrchem je například tkanina. Drsný povrch se vyznačuje lepší smáčivostí s dobře smáčejšími kapkami, oproti hladkému povrchu. Ovšem pokud jsou kapky špatně smáčivé, je i drsný povrch špatně smáčivý. Tento vliv se kompenzuje přidáním koeficientu $\beta > 1$, protože rovinný ideální povrch je menší než reálný povrch, kde se promítá $\gamma_{\ell g}$, poté tvar Youngovi rovnice vypadá následovně:

$$\gamma_{gs} - \gamma_{\ell s} = \beta \cdot \gamma_{\ell g} \cdot \cos\theta$$

Pro zjištění hodnoty koeficientu β se porovnají hodnoty $\cos\theta$ naměřených na drsném a hladkém povrchu. [15]

3.2.2 Chemická nehomogenita povrchu

Chemická nehomogenita povrchu společně s drsností povrchu významně ovlivňuje naměřené hodnoty úhlu smáčení na rozhraní tří fází. Hodnota tohoto vlivu se dá vyjádřit Cassieho rovnicí:

$$\cos\theta_c = f_A \cdot \cos\theta_A + f_B \cdot \cos\theta_B ,$$

kde A, B vyjadřují dva povrchu s rozdílným chemickým složením. f_A, f_B ($f_A + f_B = 1$) vyjadřují relativní zastoupení na reálném povrchu měřené pevné látky.

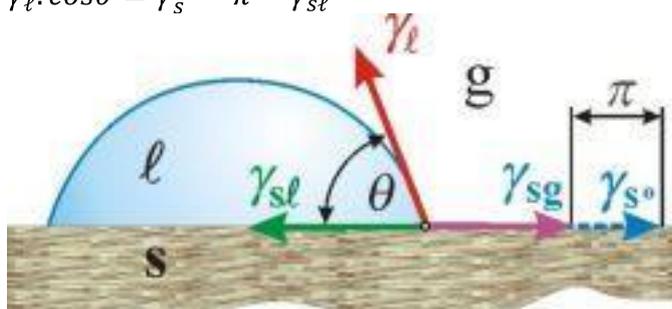
Jestliže je potřeba vyjádřit oba vlivy, jak drsnost povrchu, tak chemickou nehomogenitu povrchu, má poté Youngova rovnice takovou to podobu: [15]

$$\beta \cdot \gamma_{\ell g} \cdot \cos\theta = f_1 \cdot (\gamma_{s1g} - \gamma_{s1\ell}) + f_2 \cdot (\gamma_{s2g} - \gamma_{s2\ell})$$

3.2.3 Absorpce látek

Jestli je absorpce přítomna v plynné fázi na povrchu pevné látky, ovlivňuje kontaktní úhel. Absorpce látek přispívá ke snížení povrchové energie pevné látky z hodnoty γ_s° (povrchové energie čisté tuhé látky) na hodnotu γ_{sg} (povrchové energie pevné látky v rovnováze s kapalinou tvořící kapku), rozdíl těchto dvou veličin se rovná π ($\gamma_s^\circ - \gamma_{sg} = \pi$) a vyjadřuje se jím povrchový tlak. Youngova rovnice má poté tento tvar:

$$\gamma_l \cdot \cos\theta = \gamma_s^\circ - \pi - \gamma_{sl}$$



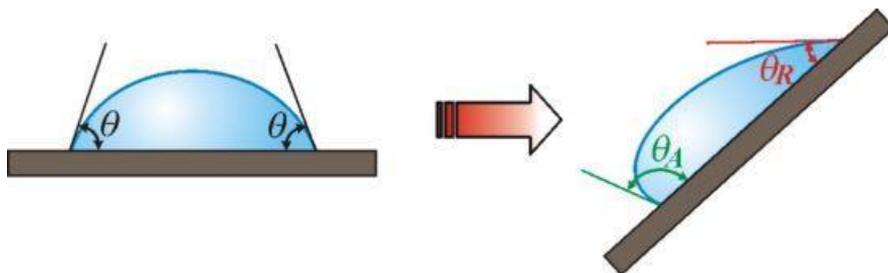
Obrázek 3 Vliv absorpce látek na hodnotu kontaktního úhlu [16]

Z obrázku 3 je viditelné, že se hodnota kontaktního úhlu bude měnit v závislosti na hodnotách π . Absorpce látek se uplatňuje převážně u pevných látek s vysokou povrchovou energií, jako je například sklo, kov, anorganická sůl. Povrchová energie pevných látek se díky absorpci snižuje. [16]

3.2.4 Hystereze úhlu smáčení

Hystereze neboli rozdílnost úhlu smáčení se projevuje při postupu a ústupu kapaliny na pevném povrchu. U kontaktu kapaliny s povrchem pevné látky se tvoří několik metastabilních smáčecích úhlů. Od úhlu rovnovážného se liší velikostí. Kontaktní úhel, který se pohybuje po pevném povrchu (postupující úhel θ_A) je větší než úhel θ_R , který na rozhraní ustupuje. Rozdíl θ u tohoto vlivu může být až 50 %. Zavinit to mohou nečistoty, nerovnosti pevného povrchu apod.

Může zde docházet k různým dějům mezi pevnou látkou a kapalinou, například chemické reakce, bobtnání tuhé látky či rozpuštění pevné látky kapalinou. U těchto dějů se mění γ_s i γ_{sl} , tudíž i kontaktní úhel s časem. [15]



Obrázek 4 Hystereze kontaktního úhlu [16]

3.3 Stanovení úhlu smáčení

Způsoby měření kontaktního úhlu: stanovení úhlu smáčení na drsném povrchu, na tkanině a na práškových materiálech. Stanovení kontaktního úhlu na práškových materiálech se dále dělí dle čtyř metod: metoda sedící kapky, metoda pronikání kapaliny do sloupce práškového materiálu, metoda měření rychlosti pronikání kapaliny do pórů a Wihlemova metoda vyvažovací destičky.

Stanovení úhlu smáčení na drsném povrchu

Pojem „drsný povrch“ je chápán jako materiál, na kterém je měřen úhel smáčení. Měření kontaktního úhlu na drsném povrchu je obtížnější, naměřené hodnoty mohou být vysoké a naměřená energie se liší. Za těchto podmínek je smáčení velmi nepravidelné. Což vede k tomu, že je kontaktní úhel na drsném povrchu nespolehlivý. Takto nespolehlivé měření se řeší pomocí metody analýzy axisymetrické kapky. Využívá se měření jejího průměru. Kapka se umístí na materiál a je pozorována pomocí mikroskopu seshora a snímána pomocí videokamery. S technickou pomocí počítače jsou kapky diagnostikovány a je stanoven střední průměr kapky. Díky střednímu průměru kapky, povrchovým napětím kapaliny, známým objemem kapky, plynného okolí či druhého kapalného okolí a rozdílem hustoty kapalin se určí úhel smáčení. Tento vztah se dá vyjádřit rovnicí. [15]

$$\frac{D^3}{V} = \frac{24\sin^3\theta}{\pi(2-3\cos\theta+\cos^3\theta)},$$

kde D vyjadřuje průměr kapky a V vyjadřuje objem kapky.

3.3.1 Stanovení úhlu smáčení na tkanině

Je velmi důležité vědět, že je rozdíl, pokud je měřená kapka kapalina umístěna na tkanině či na vlákně téže tkaniny. U stanovení kontaktního úhlu je zásadní lokální geometrie, ta je ovlivněna uspořádáním vláken. To je důvod, proč jsou zde měřeny pouze kvalitativní testy. Jako příklad se uvádí kapky kapaliny, které jsou postupně pokládány na tkaninu

s povrchovým napětím. U tohoto pokusu se pozoruje, při jakém povrchovém napětí dojde k úplnému nesmáčení tkaniny.

Jako druhá možnost měření se uvádí měření doby ponoření tkaniny. Tkanina je umístěna na povrchu kapaliny. Úhel smáčení pro porovnání jde uskutečnit pouze, pokud má tkanina stejnou strukturu a velikost pórů. Což je velkou nevýhodou tohoto měření. [15]

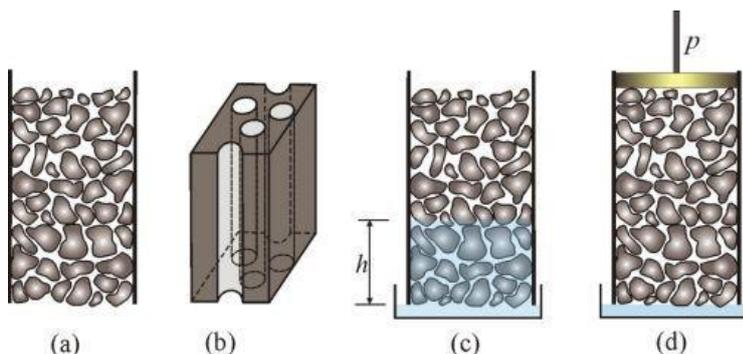
3.3.2 Stanovení úhlu smáčení na práškových materiálech

Naměřená hodnota kontaktního úhlu u práškových materiálů je ovlivněna nerovnostmi a nehomogenitou povrchu. Z tohoto důvodu je důležitá prvotní příprava povrchu materiálu před měření. Nejčastější formou přípravy povrchu je lisování do tablet. U práškových materiálů existují čtyři metody měření úhlu smáčení.

První metoda se nazývá „**metoda sedící kapky**“. Jestli chceme u této metody stanovit statickou hodnotu kontaktního úhlu, musíme měření provádět v dynamické variantě. Jelikož kapalina proniká do pórů tablet, nelze určit statickou hodnotu kontaktního úhlu jinak. U dynamického měření kontaktního úhlu se dají určit dva kontaktní úhly. V případě, že je kapka rostoucí určuje se kontaktní úhel θ_a (kontaktní úhel „advancing“) a v případě zmenšující se kapky, určujeme kontaktní úhel θ_r (kontaktní úhel „receding“). Hodnota těchto dvou úhlu je dána aritmetickým průměrem jejich cosinů. [15]

$$\cos\theta = \frac{1}{2}(\cos\theta_a + \cos\theta_r)$$

Druhou metodou je **metoda pronikání kapaliny do sloupce práškového materiálu**. U metody pronikání kapaliny do sloupce se určuje tlak p . Tlak zabraňuje pronikání kapek do pórovitého materiálu. V matematickém popisu je znázorněna soustava válcovitých pórů o poloměru R , ten nahrazuje nepravidelnou síť kanálků ve skutečném materiálu, viz obr. 5. [15]



Obrázek 5(a) sloupec práškového materiálu, (b) soustava pórovitých válců o poloměru R , (c) výška, do které vystoupá kapalina v práškovém materiálu, (d) měření tlaku pro zamezení průniku kapaliny do pórovitého materiálu [15]

Pro výpočet tlaku je uveden daný vztah:

$$p = \frac{2 \cdot \gamma_{\ell g} \cdot \cos \theta}{R}$$

Pokud je poloměr R neznámý dá se v rovnici nahradit za experiment s kapalinou, která dokáže dobře smáčet práškový materiál. Ve vzorci jsou vyznačeny indexem 0.

$$\cos \theta = \frac{p}{p_0} = \frac{(\gamma_{\ell g})_0}{\gamma_{\ell g}}$$

U výpočtu se předpokládá, že povrchové napětí měření i kalibrační $\gamma_{\ell g}$ a $(\gamma_{\ell g})_0$ jsou známé. Tato metoda není extra spolehlivá, ale je účinnější než metoda sedící kapky na vnějším povrchu tablety. [15]

Třetí metodou je **metoda měření rychlosti pronikání kapaliny do pórů**. Metoda se využívá u pevných látek či u sloupce slisovaného práškového materiálu. Metoda je vyjádřena Washburnovou rovnicí:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\gamma_{\ell g} \cdot R \cdot \cos \theta}{4 \cdot \eta \cdot h},$$

kde $\frac{dh}{dt}$ značí rychlost průniku kapaliny do pórů, $\gamma_{\ell g}$ povrchové napětí materiálu, R poloměry pórů, $\cos \theta$ úhel smáčení, η viskozitu použité kapaliny a h značí hloubku průniku kapaliny. Pokud použitá kapalina aspoň minimálně smáčí povrch, dochází k samovolnému průniku kapaliny do pórů sloupce slisovaného práškového materiálu či pevného materiálu. [15]

Poslední čtvrtá metoda se nazývá „**Wihlemova metoda vyvažovací destičky**“. Kde principem metody je měření síly potřebné k vyvážení svislé a rovné destičky s určeným obvodem L , ta je vnořena do testované kapaliny. Za pomoci vah s vysokou citlivostí je měřena

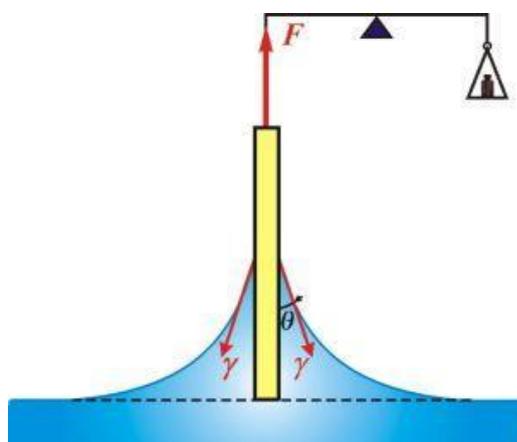
síla. Destička je vnořena do zóny klidového rozhraní, viz obr. 6, mezi kontaktním úhlem θ a silou F . Platí pro ně tento vztah: [17]

$$F = L \cdot \gamma \cdot \cos\theta$$

Pokud je destička vnořena do větší hloubky, musíme počítat s objemem kapaliny V , který je vytlačen vnořenou destičkou. Poté platí tento vztah:

$$F = L \cdot \gamma \cdot \cos\theta - V \cdot \Delta\rho \cdot g ,$$

kde $\Delta\rho$ značí rozdíl hustoty obou kapalin a g značí tíhové zrychlení. [17]



Obrázek 6 Wilhemova metoda vyvažovací destičky [15]

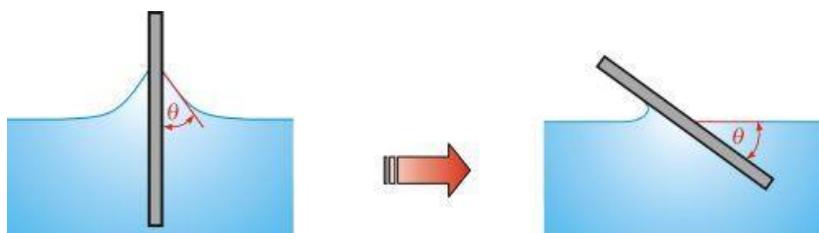
3.4 Měření smáčivosti

Existují dvě metody měření smáčivosti. První se nazývá „přímá metoda“. Tato metoda se dá rozdělit ještě na metodu nakloněné destičky a na metodu měření úhlu smáčení na přisedlé kapce nebo přisedlé bublině. Druhou metodou je metoda nepřímá. Nepřímá metoda se dělí na Wilhemovu metodu vyvažovací destičky a na metodu určení úhlu smáčení z průměru podstavy a výšky sférické kapky.

3.4.1 Přímé měření smáčivosti

U **metody nakloněné desky** je vytvořena deska ze zkoumaného materiálu. Tato deska je vnořena do kapaliny, kde je nakláněna, dokud nedojde k vodorovné poloze kapaliny na jedné straně destičky k čáře dotyku mezi destičkou a kapalinou, viz obr. 7. V tomto momentu se mezi hladinou kapaliny a deskou tvoří úhel smáčení θ . Před zahájením měření je důležité zajistit dokonalou čistotu jak destičky, tak i kapaliny využitě u experimentu. Tato metoda se

využívá u měření úhlu smáčivosti do 10° . Nevýhodou tohoto měření je, že naměřená hodnota úhlu leží mezi hysterezí kontaktního úhlu. [15]



Obrázek 7 Měření kontaktního úhlu na nakloněné desce [15]

U **druhé přímé metody** může být kontaktní úhel vyhodnocen díky kapkám vytvořených na destičce vytvořeného zkoumaného materiálu nebo za pomoci bubliny přisedlé k desce ponořené v kapalině. V dnešní době se metoda používá ve spojení s počítačem. V praxi metoda vypadá tak, že kamera snímá kapky za pomoci mikroskopu, které následně posílá do počítače. V počítači je vytvořena digitalizace kapky, ta se vyhodnotí a jsme schopni určit kontaktní úhel s přesností 1° . [15]

3.4.2 Nepřímé metody smáčivosti

Wilhemova metoda zkoumá změnu hmotnosti destičky zapříčiněnou kapalinou vzlínající po povrchu desky. Destička bývá velmi tenká. Kontaktní úhel se určí se změnou hmotnosti desky s použitím dostatečné síly F . Síla je důležitá pro přesné vyvážení destičky. Vztah pro výpočet síly vypadá následovně:

$$F = L \cdot \gamma \cdot \cos\theta$$

Když je destička ponořena hlouběji do kapaliny, musí se počítat i s vytlačenou kapalinou (objemem kapaliny V).

$$F = L - \gamma \cdot \cos\theta - V \cdot \Delta\rho \cdot g,$$

kde $\Delta\rho$ značí průměrnou hustotu tekutin a g značí tíhové zrychlení. Nevýhodou metody je, že destička musí být homogenní, váhy musí být velice přesné a může dojít k bobtnání materiálu na desce při delším měření. [15]

Určení úhlu smáčení z průměru podstavy a výšky sférické kapky závisí na určení průměru kapky d a výšce kapky h . Na základě těchto dvou hodnot jsme schopni zjistit úhel smáčení θ .

$$\theta = 2 \cdot \arctg \frac{h}{r},$$

kde r značí poloměr zjištěný z průměru kapky d . Podmínkou pro tento výpočet je, že kapka musí být tvaru kulové výseče. Tato metoda se využívá i pro úhly větší než 90° . [15]

4 Vlákna

Vlákno se definuje jako délkové textilie (homogenní), které je jemné a tenké (pod 0,1 mm), pružná, ohebná, s různým původem, profilem či délkou. Je to základ pro výrobu všech dalších textilií. Vlákna se dělí na nekonečná (monofilní, multifilní a hedvábí), spřadatelná a nespřadatelná (kratší než 10 mm). Nejčastěji uváděná jednotka pro jemnost vláken je dtex. Ovšem jako základní dělení vláken se považuje dělení na vlákna přírodní a chemická. Do vláken přírodních řadíme vlákna z celulózy (ze semen, stonků, listů a plodů) a z bílkovin (vlákna z keratinu a fibrionu). Mezi vlákna chemická patří vlákna z přírodního polymeru (celulózová – z rostlinných bílkovin, ze živočišných bílkovin a z přírodního kaučuku), anorganická (z minerálů a kovů), ze syntetického polymeru (polyamid, polyester, polypropylen, polyakryl, polyuretan a polyetylen) a speciální vlákna (konjugovaná, dutá a vysoce sorpční). [21]

4.1 Přehled vláken a jejich smáčivost

Vlákna přírodního původu se rozdělují na organická a anorganická. Mezi vlákna organická patří rostlinná vlákna, jako jsou bavlna, len, konopí a juta. Vlákna živočišného původu jsou vlna a přírodní hedvábí, mezi vlákna přírodní patří i vlákna anorganická (minerální), například azbest. Chemická vlákna se stejně dělí na organická a anorganická. Chemická organická vlákna se dále rozlišují vlákna vyrobená z přírodních polymerů a na vlákna ze syntetických makromolekulárních polymerů. Vlákna chemická anorganická se poté dělí na křemičitá vlákna a kovová vlákna. [23] Vlákna jsou pro lepší orientaci uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2 Rozdělení vláken na přírodní a chemická [22]

PŘÍRODNÍ VLÁKNA		CHEMICKÁ VLÁKNA			
rostlinná	živočišná	z přírodních polymerů	ze syntetických polymerů	anorganická	speciální
ze semen	keratinová	z celulózy	polyamidová	z kovů	konjugovaná
ze stonků	fibroinová	z rostlinných bílkovin	polyesterová	z minerálů	dutá
z listů		ze živočišných bílkovin	polyakrylová		vysoce sorpční
z plodů		z mořských řas	polyuretanová		
		z přírodního kaučuku	polyetylenová		
			polypropylenová		

Celulózová umělá vlákna jsou známá svým hydrofilními, absorbujícími absorpčními vlastnostmi. Syntetická vlákna, jako je polyester, polyetylen a polypropylen, jsou samy o sobě hydrofobní, což znamená, že neabsorbují vodu do vnitřní struktury. Některé přirozené rostoucí vlákna jako bavlna mají přírodní vosky, které chrání rostliny a pomáhají vyrobit surové vlákno hydrofobní. Obvykle jsou tyto vosky odstraněny, aby se dosáhlo absorbující, měkké bavlněné vlákno pro textilní a netkané zpracování. [32]

Tabulka 3 Klasifikace vláken [32]

Vlákna	klasifikace vlhkosti	přechodová teplota v suchém vzduchu °C	Přechodná teplota při přechodu namáčení
Polyetylen	Hydrofobní	-25	0
Polypropylen	Hydrofobní	-10	0
Acetát	Hydrofilní	180	75
Vlna	Hydrofilní	>200	>200
Bavlna	Hydrofilní	>200	>200
Viskóza	Hydrofilní	>200	>200

4.2 Živostnost vláken na světle

Ze světla má na textilní materiál největší vliv UV záření, které je součástí slunečního záření. UV záření má vliv na všechny textilie, které se využívají v technickém průmyslu. Při delším vystavení textilie slunečnímu záření dochází k degradaci materiálu. Tento jev má za příčinu ztrátu pevnosti vláken či pásků. Vliv UV záření se může lišit vzhledem k intenzitě slunečního záření, které se mění v různých geografických oblastech. Nejvíce postižený UV zářením je polypropylen, proto je potřeba polypropylen chránit před slunečním zářením za pomoci stabilizátorů. Naopak nejmenší vliv má UV (ultra fialové záření) záření na polyester. [33]

5 Záchyt vlhkosti ze vzduchu

Zachycovač mlhy je například ocelová konstrukce, ke které je přidělaná textilie v napnutém stavu. Umožňuje mlhu kondenzovat do kapiček vody a proudit dolů do sudu nebo kbelíku, kde může být měřena.[26]

Tento způsob získávání vody se v reálném životě používá například v nejsušší poušti světa (Atacama, Chile). Zde vědci z Univerzity Católica umístili textilii do prostoru, která má za úkol zachytávat vlhkost ze vzduchu. Pomocí zachycené vody se vědci snaží o obnovení života v poušti, pomocí pěstování rostlin. Ze zahrad, které se skrývají v poušti po mnoho let, rostla zahrada. Pozdější experimenty ukázaly, že použitím mlhové vody, by mohla být poušť transformována a přeměněna na velké farmy a zahrady. Poušť Atacama, od Chile po Peru, je považována za nejsušší místo na Zemi. Je tak vyprahlá, že dokonce i hory dosahující až 6,9 km nad mořem, jsou zcela bez ledovců. Přestože na zemi není voda, vlhkost ve vzduchu z těžké pobřežní mlhy prochází sítí a kondenzuje se předtím, než cestuje přes potrubí do nádrží, kde je uložena. [26]

Mlhové kolektory jsou obrovské sítě zavěšené na kovové konstrukci a jsou vyrobeny z polypropylenové sítě, která zachycuje kapky (viz obrázek 8). Když se kapky shromáždí, pak se dostanou do skladovacích nádrží. Voda je čistá pro pití a může být použita pro zemědělství, s kolektivem v obci Chanaral používají vodu pro maloplošné zemědělství s aloe vera. Nicméně pokud by byl proces používán ve větším měřítku, je možnost změnit nepřátelské pouštní prostředí v obyvatelné. Rostliny vypěstované z vody, vylité během procesu, ukazují, že v zemi existuje široká škála semen. Mlha byla použita k transformaci vyprahlých částí pouště do zeleně. V současné době je voda vedena do měst od stovek kilometrů v Andách nebo pomocí kamionů, které vodu rozvázejí. Takže sběr mlhy může být udržitelným způsobem rozvážen do více oblastí. Nezisková organizace FogQuest, která vyrábí sběrné sítě, tvrdí, že každý kubický metr mlhy obsahuje 0,05 až 0,5 gramu vody. Projekty FogQuest byly založeny v Peru, Ekvádoru, Guatemale, Kapverdách, Eritreji, Jižní Africe, Jemenu, Ománu, Etiopii, Izraeli a Nepálu. [26]



Obrázek 8 Záchyt vlhkosti ze vzduchu v poušti Atacama [26]

5.1 Firmy podporující záchyt vlhkosti ze vzduchu

Výrobou a umístěním zachycovačů mlhy („fog catchers“) se zabývají převážně neziskové organizace, které se snaží pomáhat postiženým místům světa. Mezi takovéto neziskové organizace patří například FogQuest, project Fog Catcher, You think green a několik dalších organizací.

Organizace FogQuest byla založena v letech 1998 a 2001 Sherry Bennettem a Bobem Schemenauerem, aby reagovala na časté žádosti o dodávku vody v místech, kde nebyli k dispozici konvekční zdroje jako studny, řeky či potrubí. Mezi jejich momentální projekty patří například projekt vytvořený v Guatemale v Tojquie. Zde momentálně stojí a plní svou funkci 30 sběračů vody, které pomáhají místním rodinám s dostupností mlhové vody. Denní produkce mlhové vody činí 6000 litrů. [27]

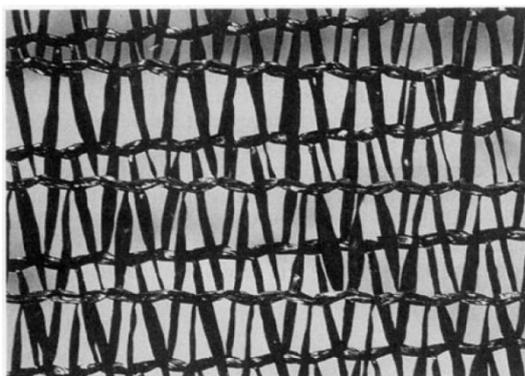
Project For Catcher věří ve svět, kde každý člověk má přístup k cenově dostupné a bezpečné vodě a to za pomoci vytváření udržitelného podnikání a posílení osobních schopností k vytváření změn. Jejich základní hodnoty jsou založeny na udržitelném životě a přenášení dovedností a vytváření příležitostí pro prosperující společnosti. Project Fog Catcher byl založen tak, aby umožňoval jednotlivcům poskytovat přístup k čisté vodě a umožnil tím dlouhodobou změnu. K dosažení tohoto cíle s organizace drží jejich třífázového podnikatelského plánu. Prvním krokem plánu je navázání vztahu s obyvateli a organizacemi. V druhém kroku jim pomohou vybudovat chytače mlhy a v poslední fázi je prodej čisté vody. Minulý rok organizace pomohla vybudovat 3 chytače mlhy v Maroku, tyto 3 chytače mlhy pomohly dostat čistou a cenově dostupnou vodu 30 domácnostem. [28]

You think green je organizace, která není zaměřená pouze na projekt „fog catcher“, ovšem patří také mezi jejich práce. Zaměřují se na oblast v Peru na okraji Limy, kde není skoro žádná voda. Přestože zdejší chycená voda není pitná, dá se použít k zemědělské práci, praní prádla

nebo k domácím potřebám. Zdejší náklady na výstavbu zachytávače mlhy jsou 500 dolarů, ale dokáží se dostat až do malého válce o objemu 100 litrů vody denně. To představuje úsporu až 60 % spotřeby vody. Organizace k výstavbě „fog catchers“ používá vodní filtry, pro záchyt mlhy. [29]

5.2 Textilie využívané pro záchyt vlhkosti ze vzduchu

Výzkum naznačuje, že mlhové kolektory pracují nejlépe v místech s častými obdobími mlhy, například v pobřežních oblastech, kde lze sklízet vodu, když se mlha pohybuje po vnitrozemí poháněným větrem. Technologie by však mohla potenciálně zásobovat vodu v horských oblastech, pokud je voda obsažena v mracích vrstvy v nadmořské výšce přibližně 400 až 1200 m. Většina „fog catchers“ je vyrobena jako osnovní pletenina z polyetylenu s vysokou hustotou („HDPE“), viz obrázek 10. [31]



Obrázek 9 Osnovní pletenina z HDPE pro výrobu „fog catchers“ [31]

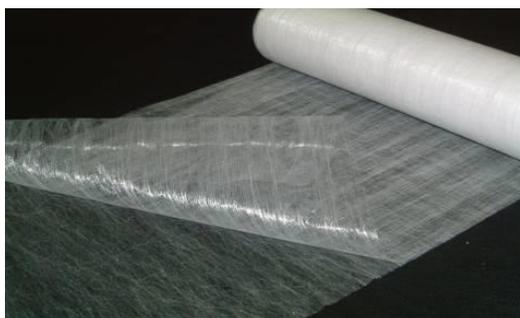
V roce 2013 vědci z MIT vytvořili pokročilý materiál pro záchyt mlhy, který umožňuje těmto gigantickým odlučovačům mlhy vytvořit pětikrát více vody. Mnoho organizací používá tkaných sítí z polyolefinových sítí - druh plastu, který jsou snadno dostupné a levné. Bohužel, velikost pórů polyolefinu je často příliš velká, což umožňuje spoustě vody sklouznout přes trhliny. Výzkumný tým společnosti MIT se domnívá, že uzavřením mezer v čistém materiálu může drasticky zlepšit účinnost systémů sklizně mlhy. Pomocí podrobných výpočtů a laboratorních testů zjistili, že nejlepší výkon nastává u síťoviny vyrobené z nerezových vláken o troj nebo čtyřnásobku tloušťky lidského vlasu se vzdáleností přibližně dvojnásobnou než je mezi vlákny. Kromě toho je síť pokrytá povlakem pomocí roztoku, který snižuje hysterizi kontaktního úhlu. To umožňuje, aby malé kapičky lépe klouzaly dolů do sběrného žlabu, jakmile se vytvoří, předtím, než je vítr vyhodí z povrchu a zpět do mlhového proudu. Předběžné testy naznačují, že nový materiál s menšími póry může zvýšit účinnost pětikrát za mírných podmínek mlhy, čímž je systém mnohem praktičtější než stávající verze. Tým v současné době provádí celoroční test v Chile, aby studoval trvanlivost a výtěžnost vody v různých konfiguracích. [30]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6 Použité materiály

6.1 Milifé

Milifé je vyrobeno z netkané textilie ze 100 % polyesteru, kombinuje orientaci vláken a technologii spřádání. Vyráběný v sofistikovaném proprietárním procesu, Milifé poskytuje hedvábný povrch, pevnost v tahu a dobrou cenovou dostupnost.



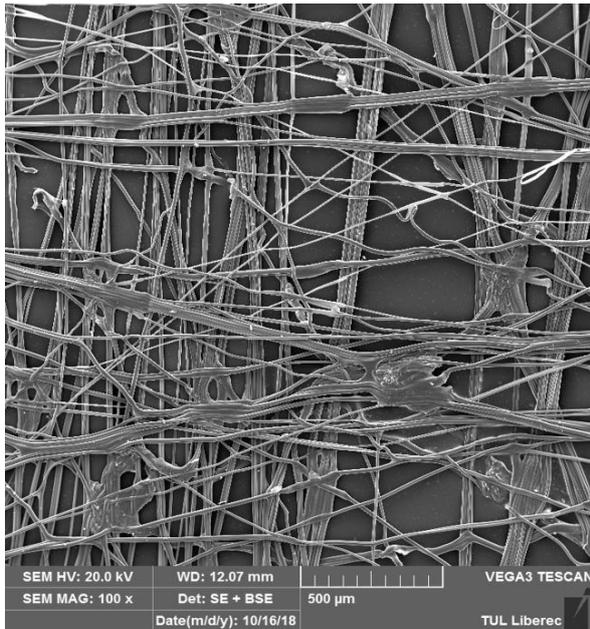
Obrázek 10 Milifé [25]

Mezi základní vlastnosti patří různobarevnost, flexibilita a jemný omak. Struktura Milifé je tenká a lehká, s hladkým povrchem. Milifé je velmi pevné v tahu, má skvělou prostorovou stabilitu a používá se nízký počet vláken. Textilie se využívá v interiérech jako žaluzie, tapety nebo tištěné bannery. Dále se dá využít, jako dekorace u balení, například v květinářství, lepicí pásky, nebo jako dekorace v textilním průmyslu.



Obrázek 11 Milifé použita jako dekorace květin [25]

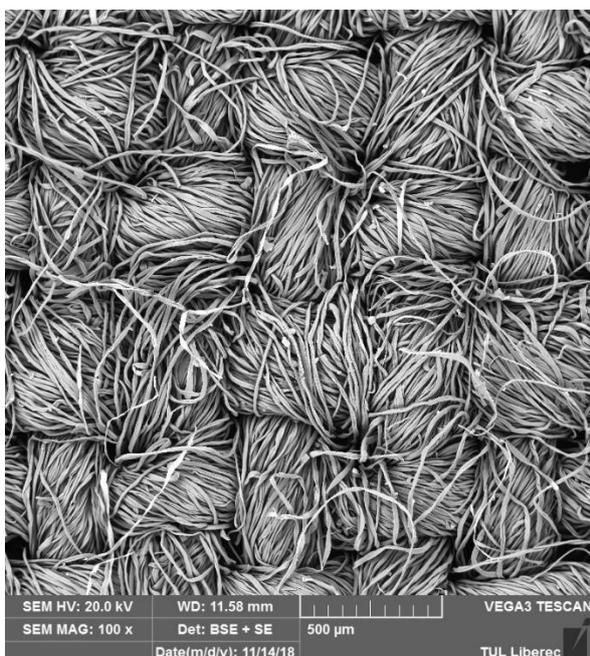
Plošná hmotnost použité Milifé je 10 g/m². Tloušťka: přibližně 70 μm. Ve srovnání s ostatními technologiemi výroby netkaných textilií umožňuje technologie Milife vyrábět velmi tenké materiály o relativně vysoké pevnosti. [25]



Obrázek 12 Elektronová mikroskopie Milifé

6.2 Bavlna.

Bavlna je přírodní vlákno získané ze stonků bavlníku. V experimentální části se bavlna použila pouze u experimentů s mlhátorem, kde sloužila k porovnání. Byla použita standardně předupravená, nebarvená a nemodifikovaná bavlněná tkanina v plátnové vazbě. Plošná hmotnost bavlny byla 150 g/m^2 . Velikost vzorku byla $18 \times 18 \text{ cm}$.



Obrázek 13 Elektronová mikroskopie bavlny

7 Modifikace textilních materiálů

Pro zlepšení smáčecích vlastností textilního materiálu byly použity tři různé textilní úpravy. Byla použita hydrofobní a hydrofilní úprava, a také úprava textilie pomocí povrstvení lepidlem. Všechny úpravy byly použity pouze na textilii Milifé, která byla vyhodnocena jako nejvhodnější.

7.1 Hydrofilní úprava

Pro hydrofilní úpravu byl použit TEXAZYM PES, který patří mezi pomocné úpravné textilní prostředky. TEXAZYM PES se používá pro modifikaci PES a jeho směsí s celulóзовými vlákny. Pokud se enzym nechá působit na textilii, dojde k permanentní hydrofilizaci textilií (zvýšení absorptivity), současně se snižuje povrchové napětí. Dochází zde ke změně hmotnosti, minimálně do 1 %. Dochází i ke změně pevnosti oproti klasické alkalické hydrolyze.

Mezi vlastnosti enzymu TEXAZYM PES patří:

- nažloutlá barva
- neomezené ředění vodou
- neionogenní charakter
- pH 4-7
- optimální teplota je 30 – 35 °C
- při přesažení pH a zvýšení teploty nad 60 °C, klesá aktivita enzymu

Použití enzymu:

Byla vytvořena lázeň s 1 – 2 % z optimální hmotnosti TEXAZYM PES a druhá lázeň s 0,5 ml/l kyseliny octové. Lázně byly nadávkovány s půl litrem destilované vody a promíchané. Teplota lázně byla 30 °C a obsahovala 200 ml. Do lázně byla vložena Milifé na cca 10 minut. Po uplynutí doby byla Milifé zůstává v lázni další hodinu. Praní vzorku probíhalo ve vodě při 60 °C. Sušení probíhalo do 120 °C na rámu.

7.2 Hydrofobní úprava

Pro hydrofobní modifikaci vláken byla použita chemikálie BAYGARD® EFN. Byl použit Baygard s uhlíkovým řetězcem C6. Hydrofobní úprava má za úkol upravit textilii, aby byla

odolná vůči vodě či oleji. Jedná se také o odolnost vůči dešti a sněhu. Textilie má dobrou stabilitu proti atmosférickým podmínkám a UV záření. [34]

BAYGARD® EFN je emulze fluorizovaného polymeru na bázi vody syntetizované pouze s krátkými perfluorovanými řetězci, které dodávají trvanlivé a průhledné zpracování v textilních úpravách. Poskytuje vynikající odolnost proti vodě a oleji, odolnost proti skvrnám a chemikáliím. BAYGARD® EFN nemění originální vzhled povrchových úprav. Tento produkt může být použit pomocí polstrování nebo jako pěna. Zboží, které se má zpracovávat, by nemělo obsahovat povrchově aktivní látky, jako jsou oleje na úpravu vláken, rozpouštědlo, barvivo a chemická odolnost. Zbytky z předchozích postupů by měly být odstraněny důkladným opláchnutím nebo aniontovým odmašťováním a následným opláchnutím. V závislosti na typu vláken a požadavcích jsou použité množství 10 - 70 g/l u aplikací pomocí polstrování. Po přidání BAYGARD® EFN do kapaliny je dosažena hodnota pH cca 6. Je důležité, aby nedošlo ke zvýšení pH. V případě, že je BAYGARD® EFN kombinován s aniontovými polyuretanovými disperzemi, je vhodné nastavit pH > 6,5. Je-li to nutné, může být pH upraveno pomocí PLEXENE® SP po přidání BAYGARD® EFN, ale před přidáním polyuretanu. [34]

BAYGARD® EFN vytváří pěnu pomocí 2 - 5 g/l BAYGARD® FOAMER SBL na statickém nebo dynamickém mixeru. Pěna se pak aplikuje na normální jednotky. Stupeň pění závisí především na technických vlastnostech aplikačního systému. BAYGARD® EFN musí dosáhnout teploty nejméně 120°C k rozvoji jeho vlastností. Aby bylo dosaženo co nejlepšího výkonu, je doporučeno vyléčit hotové zboží na 150 - 160°C za 1 - 2 minuty. Doporučuje se provést závěrečné testování po 24 hodinách klimatizačního cyklu při pokojové teplotě, neboť dosažení optimálních vlastností je dosaženo pouze tím, že zpracovaný materiálový materiál dosáhl. [34]

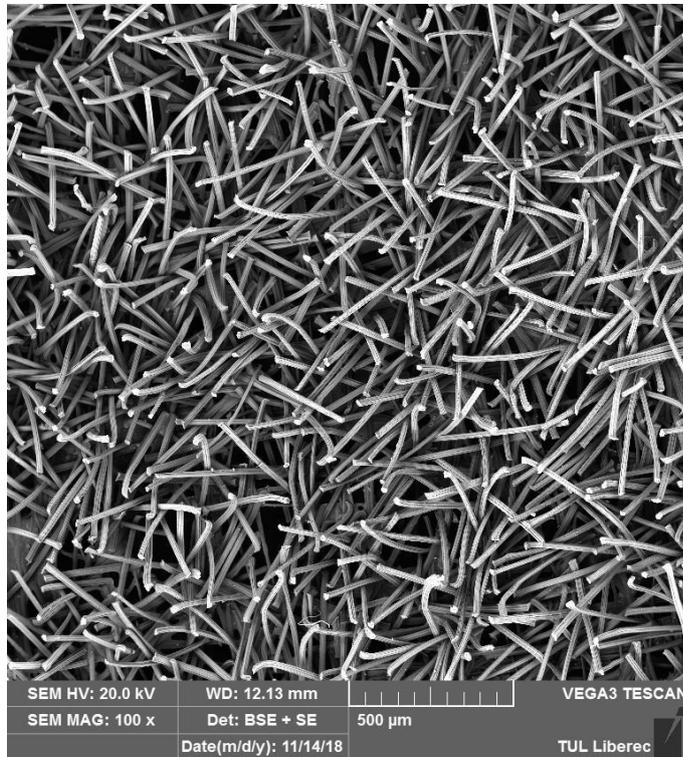
Použití Baygardu:

Byla vytvořena lázeň, která obsahovala 70 g/l Baygardu, ta se doplnila destilovanou vodou na 100 ml. Vzorek Milifé byl smáčen v lázni a následně sušen na stroji Matais LabDryer při 60 °C po dobu 4 minut. Následně byla textilie fixována při 140 °C.

7.3 Povrstvení lepidlem a krátkými vlákny („samet“)

Pro povrstvení lepidlem bylo použito lepidlo Planatol Elastan N s pomocí fuláru. Planatol Elastan N je disperzní lepidlo, které má pH neutrální a je do 30 % ředěné vodou. Při povrstvení byl přívažek 120 %, tudíž při obsahu sušiny v lepidle 40 % odpovídá 0,48 g sušiny lepidla na gram Milifé. Následně po nanesení lepidla, byl vzorek vystaven nadbytku krátkých vláken

viskózy. Délka viskózových vláken byla 0,5 mm, jednalo se o vlákna určena k flokování („flocking“). Viskózová vlákna se přichytí do vrstvy lepidla na Milifé, nefixovaná vlákna byla odstraněna vyklepáním vzorku. Poté byl vzorek Milifé vysušen, čímž došlo ke stabilizaci vláken viskózy na Milifé. Vlákna bylo zachyceno přibližně 0,1 g na gram Milifé.



Obrázek 14 Elektronová mikroskopie Milifé povrstvené „sametem“

8 Použité přístroje

8.1 Parní čistič Maxxx

Parní čistič používá horkou a vysokotlakou páru pro odstranění nečistot z podlah, oken, dlaždic, kuchyně, apod. Je to ekologický přístroj, který nevyužívá žádných chemikálií. Čistič má automatický systém kontroly ohřevu vody, aby mohl používat nepřetržitě horkou páru. Vycházející pára je vyrobena pouze z čisté vody. Při přehřátí zařízení dojde k automatickému vypnutí. Průměrná teplota páry je 110 – 130 °C. Pokud je v parním čističi tlak příliš vysoký dojde k automatickému uvolnění páry. Parní čistič musí být zapojen v elektrické zásuvce pro své použití. Po ohřátí vody na danou teplotu se může čistič začít používat.

Výhodou u používání parního čističe je konstantní dávka párky za konstantního tlaku i teploty. Pára byla aplikovaná na zkušební vzorek ze vzdálenosti 10 cm po dobu 15 s. Zkouška probíhala v horizontálním směru, aby se omezilo případné poranění od horké páry. Během zkušebních pokusu bylo zjištěno, že parní čistič vydává nejvíce konstantní páry během prvních 10 s a poté pára slábne.

Parní čistit vyřazen z dalších experimentů kvůli negativním vlastnostem zjištěných při pokusech, jako jsou například: těžko udržitelná konstantnost páry, teplota páry (která neodpovídá normálním klimatickým podmínkám) a obtížné nastavení přesného času experimentu.

8.2 Kompresní inhalátor Omron Comp Air

Inhalátor slouží k léčbě astmatu, chronické bronchitidy a k léčbě dalších chorob dýchacího ústrojí. Jedná se o zdravotnický přístroj. Inhalátor pracuje tak, že proud stlačeného vzduchu z kompresoru je přesměrován přes trysku, kde se v hlavě rozprašovací komory mísí s léčivem a je směřován vzhůru. Léčivo se přemění na jemný aerosol a je směřováno nahoru k usměrňovači toku, kde se rozpadá na velké množství menších aerosolických částic. Pro účel experimentu byla do nádoby umístěna místo léčiva voda. Velkou výhodou této metody je koordinovaná a konstantní mlha vytvořena stejným způsobem, jako je tvořen jemný aerosol z léčiva. Při experimentu se dal lehce měřit čas i nabraná vlhkost, kterou zkoušená textilie nabrala. Díky konstantní „mlze“ kterou přístroj dokáže vytvořit, byl nakonec vybrán jako hlavní přístroj pro experiment.

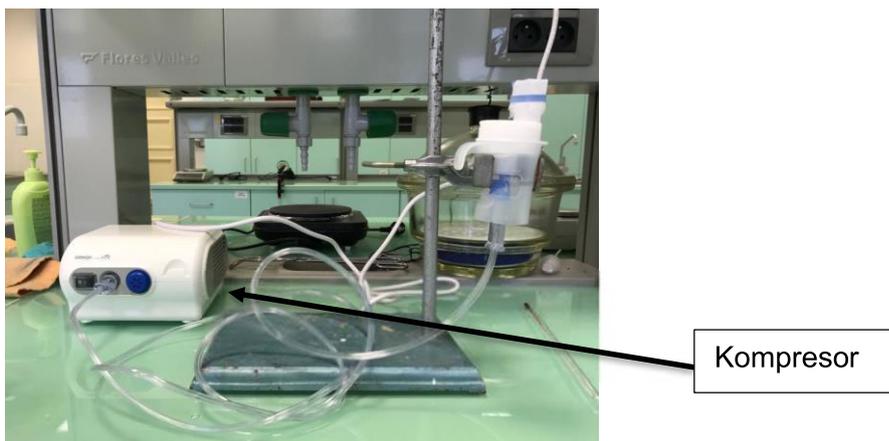
Podmínky pro testování:

- zajištění stabilních podmínek v laboratoři – převážně se jedná o vnější podmínky jako je průvan a teplota v místnosti, které by mohli ovlivnit testování
- velikost vzorku je přibližně 5 x 5 cm – velikost je zvolena tak, aby pasovala na držák
- experiment probíhá na držáku, kde je přidělán inhalátor – inhalátor je směřován do vertikální polohy
- vzorek je přidělán k plastovému nástavci, nástavec je nasazen na mlhátor
- vzorek je k nástavci připevněn gumičkou, aby byl při experimentu v napnutém stavu
- objem inhalátoru je maximálně 7 ml

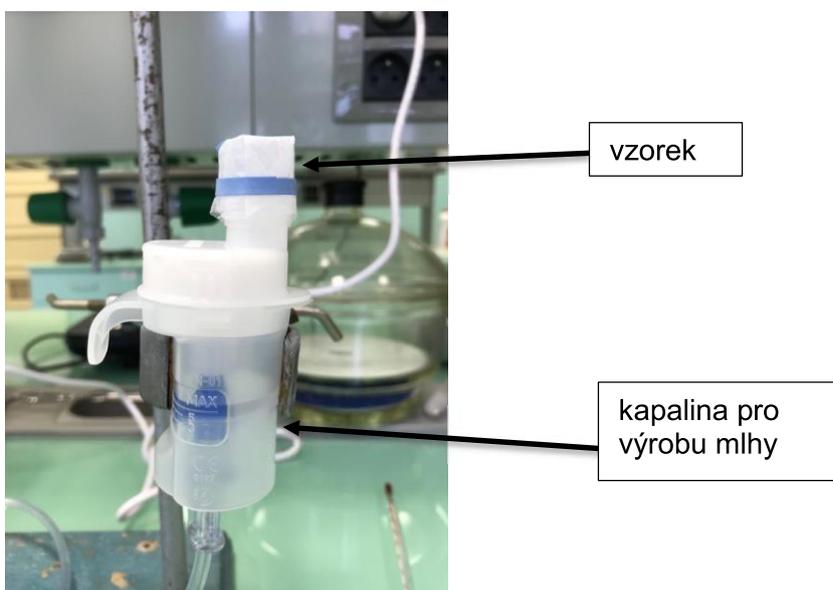
Popis experimentu:

Experimenty byly prováděny na syntetické textilií Milifé a na přírodní textilií, bavlně. Milifé byla použita i v upravené formě a to konkrétně jako hydrofobní, hydrofilní Milifé a Milifé povrstvená vlákny bavlny.

Po splnění předchozím podmínek, dochází k samotnému experimentu, který je dělen podle časových intervalů: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 a 60 sekund. U každého experimentu se používal vždy suchý vzorek a suchý nástavec. V první řadě byl vzorek přidělán gumičkou k plastovému nástavci a byl zvážen i s textilií na elektrických vahách. Potom byl vzorek přidělán k inhalátoru a proběhl samotný experiment dle časového rozhraní. Po dokončení experimentu, byl vzorek i s nástavcem opatrně sejmout z inhalátoru a opět vložen na elektrické váhy. Po druhém vážení vzorku, byl vzorek sundán z nástavce a sušen. Sušení probíhalo buď v sušárně, nebo samovolně (záleželo na počtu/dostupnosti vzorků a velikosti smáčení). Po dokončení procesu se mohl vzít vzorek číslo dva a experiment se ihned opakoval. Plošné hmotnosti vzorku, před experimentem a po experimentu, se od sebe odečetly, čímž se zjistila skutečně nabraná vlhkost textilie.



Obrázek 15 Sestavení aparatury pro záchyt vlhkosti na Kompresním inhalátoru



Obrázek 16 Kompresní inhalátor s přidělaným nástavcem se zkoušenou textilií

8.3 Vytvořič vodní mlhy M2 („Magical fogger with multi-function controller“)

Vytvořič vodní mlhy („mlhátor“) využívá ultrazvukové vibrace, která vytváří vodní mlhu. Takto vytvořená vodní mlha obsahuje velké množství nabitých iontů, které pomáhají zvlhčovat vzduch. Mlhátor obsahuje snímač vodní hladiny, která v případě nedostatku vody přístroj automaticky vypne. Výhodou mlhátoru je, že dokáže vytvářet velmi reálnou mlhu. Ovšem velkou nevýhodou přístroje je, že nedokáže vytvářet mlhu dlouhodobě konstantní a po delším používání dochází k přehřátí stroje. Tento jev zapříčiní ohřev vody, různá teplota vody může ovlivnit výsledky experimentu. Po delším používání stroje a větším přehřátí přístroj přestává fungovat a tím nedokáže vytvořit konstantní mlhu.

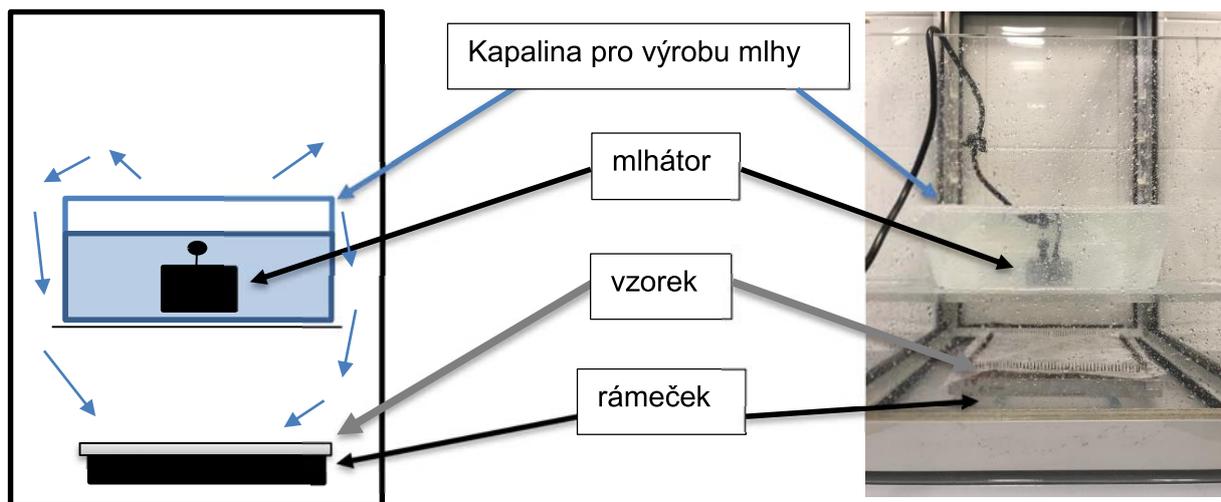
Podmínky pro testování:

- zajištění stabilních podmínek v laboratoři – jedná se především o vnější podmínky jako je průvan a teplota v místnosti, které by mohly testování ovlivnit
- velikost vzorku je 18 x 18 cm – tato velikost je zvolena kvůli velikosti rámečku, na který je vzorek umístován
- experiment probíhá v uzavřené skleněné bedně, která je umístěna na jednom místě, kde zkouška vždy probíhá
- vzorek je přidělán na rámeček, rámeček je umístěn na dno bedny uprostřed (6,5 cm od zadní a přední strany, 4,5 cm od pravé a levé strany)
- rámeček se vzorkem je umístěn na dvou tyčinkách, aby byl více ode dna (kvůli vznikajícím kalužím vody na dně a zbytečnému nabírání vlhkosti do rámečku)
- nádoba s H₂O je umístěna na skleněnou desku nad vzorkem
- skleněná deska s H₂O je 9 cm vysoko ode dna bedny a 11 cm vysoko od povrchu stolu, na kterém je bedna s experimentem umístěna
- nádoba s H₂O je situována k zadní stěně bedny uprostřed, deska má rozměry 27 x 31 cm a miska má rozměry 17 x 26 cm, proto je situována 5 cm od pravé a levé stěny bedny
- mlhátor je umístěn uprostřed misky s H₂O na vyznačeném místě
- miska obsahuje cca 2,725 litr vody
- hladina vody je vyznačena na misce, aby nedocházelo k poklesu hladiny vody, aby každý experiment měl stejné podmínky = stejné množství H₂O
- celý experiment je z vnější strany přikryt skleněnou dekou, aby docházelo k co nejmenšímu úniku mlhy během testování

Popis experimentu:

Doposud všechny experimenty byly prováděny na syntetické tkanině Milifé. Byla použita i Milifé s hydrofobní úpravou. V dalších experimentech se bude používat i hydrofilizovaná Milifé a přírodní tkanina bavlna.

Po splnění všech předchozích podmínek pro testování, viz Podmínky pro testování, dochází k samotnému experimentu, který je dělen dle časových intervalů. U prvních experimentů byly použity tyto časové intervaly: 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20 minut. Mezi každým zkoušením se skleněná bedna se vzorkem vysoušela, aby voda, která se usazovala na spodní část přístroje, nemohla ovlivnit další zkoušení. Vysoušela se vždy spodní část přístroje, kde byl vysoká koncentrace mlhy vody. U delších experimentů (10 minut a více) se vysoušely i stěny a skleněná deska, na které je umístěna miska s H₂O. Tyto první experimenty se prováděly hlavně kvůli zjištění ideálních časových intervalů, které budou nejvíce přínosné pro další zkoušení.



Obrázek 17 Schéma aparatury pro záchyt mlhy s mlhátorem

Obrázek 18 Aparatura mmlhátoru

Na schématu aparatury (obrázek 17) je vidět umístění mlhátoru a vzorku. Mlhátor je umístěn v kapalině, která má hladinu těsně nad přístrojem. Modrými šipkami je znázorněna cirkulace vody, jak putovala od mlhátoru směrem dolů ke vzorku.

Každý experiment byl založen na čtyřech stanoveních hmotnosti. První se vždy vážil samotný rámeček bez vzorku. Vzhledem k tomu, že v průběhu testování se jeho váha měnila (zvyšovala) kvůli vlhkosti, kterou také nabíral, bylo nutné rámeček vážit před každým testováním. Poté se vážil rámeček se zkoušenou textilií, aby se zjistila váha textilie. Tyto dvě vážení se prováděly vždy před začátkem testování. Po ukončení testování se rámeček se vzorkem ihned vážily. Z této hmotnosti byla vypočtena hmotnost zachycené vody. Jako poslední se vážil opět samotný rámeček, kvůli odečtení nabrané vlhkosti samotných rámečkem.

9 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

9.1 Měření prodyšnosti

Na neupravené Milifé, Milifé povrstvené vlákny viskózy a na bavlně bylo prováděno měření prodyšnosti. Měření prodyšnosti bylo prováděno na přístroji FX 3300. Termínem „prodyšnost“ se rozumí schopnost textilních materiálů propouštět vzduch za daných podmínek. Pro měření textilií v laboratorních podmínkách byla použita norma ČSN EN ISO 9237. Dle této normy je prodyšnost definována takto: „Prodyšnost je rychlost proudícího vzduchu přes vzorek textilie za specifikovaných podmínek pro měřenou plochu, tlakový spád a dobu.“ [35] Měření bylo nastaveno podle normy pro oděvní textilie takto: měrná plocha 20 cm² a tlakový spád 100 Pa. Podmínky pro technické textilie byly nastaveny takto: měrná plocha 20 cm², tlakový spád 200 Pa. [35]

Podmínky zkoušení:

- velikost měrné plochy: 20 cm²
- tlakový spád: byl použit tlakový spád 100 Pa i 200 Pa
- jednotka měření: l/m²/s
- velikost vzorku: 20 x 20 cm

Tabulka 4 Výsledky měření prodyšnosti

Měřený textilní materiál	Výsledky prodyšnosti [l/m ² /s]	
	Při tlakovém spádu 100 Pa	Při tlakovém spádu 200 Pa
Milifé	5920	9444
Bavlna	479	821
Milifé povrstvená vlákna viskózy	1624	2596

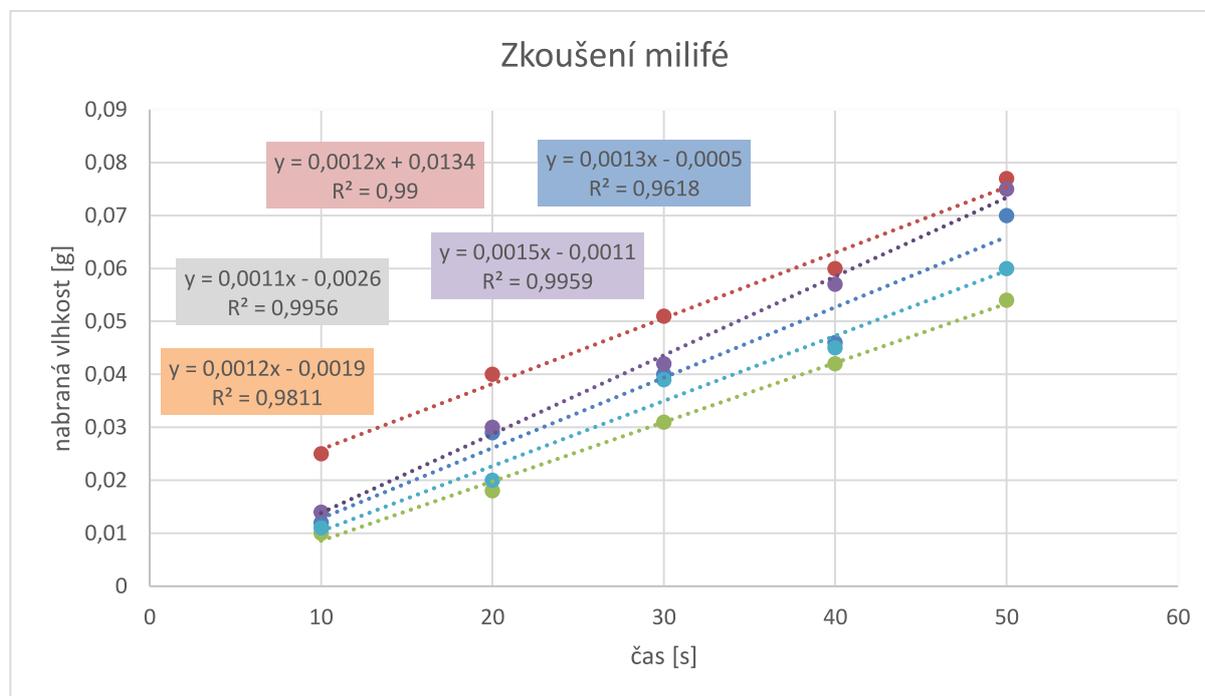
9.2 Pokusy s mlhátorem

Vyvíječ vodní mlhy M2

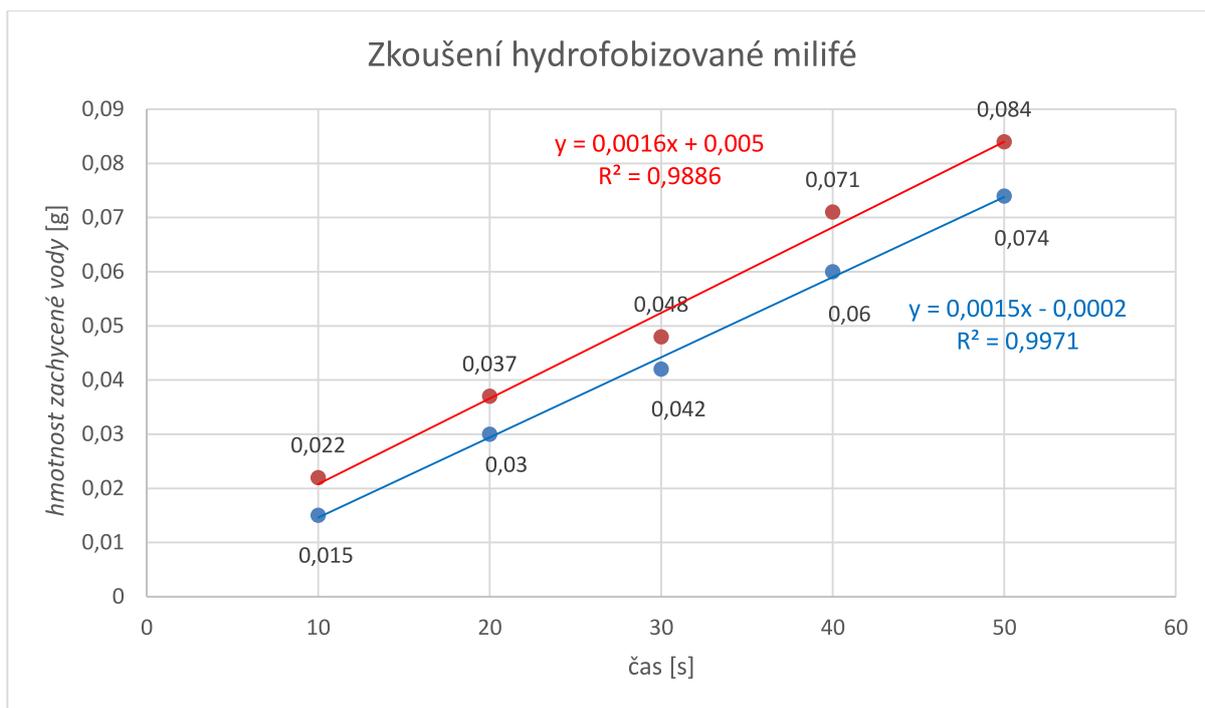
Na vyvíječi vodní mlhy bylo prováděno několik experimentů v různých podobách. Konečná verze experimentu byla prováděna v uzavřené skleněné bedně. Vzorek byl přidělán na kovový rámeček a byl umístěn na dně bedny na dvou skleněných tyčinkách, viz obrázek 15. Samotný mlhátor byl umístěn nad vzorkem, tak aby vytvářená mlha dopadala na vzorek. Vedlejším efektem experimentu byla vlhkost, která se držela v bedně a vytvářela na dně kaluž. Tento problém byl řešen vysoušením bedny před každým experimentem. Dalším negativním vedlejším efektem byl ohřev vody, který byl zapříčiněn ohříváním mlhátoru během používání. Tento efekt se řešil hlídáním teploty po celou dobu experimentu.

Při posledním měření bylo zjištěno, že při přehřátí mlhátoru dochází k výpadkům mlhátoru, což má za následek nekonstantní produkování mlhy. V níže uvedených grafech jsou uvedeny nejvíce přesné výsledky z měření na vyvíječi mlhy M2. Experiment byl prováděn na neupravené Milifé, hydrofobní Milifé, hydrofilní Milifé a na bavlně.

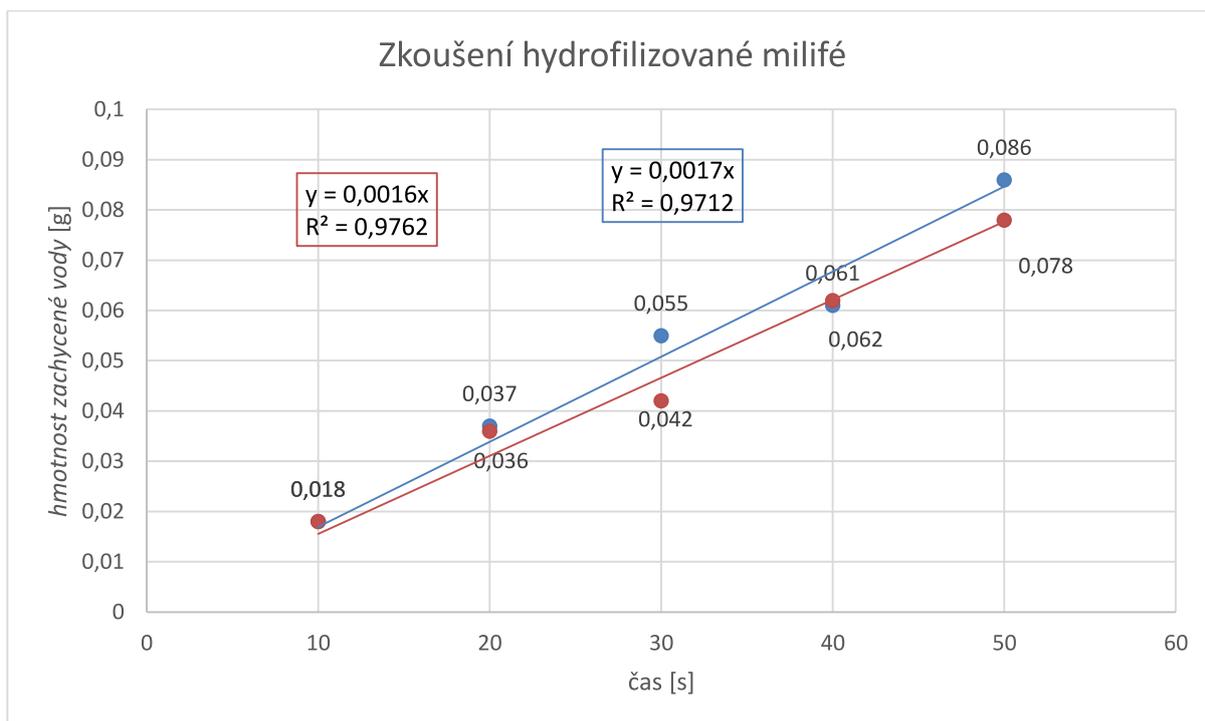
Všechny tabulky s údaji ke grafům jsou umístěny v přílohách práce.



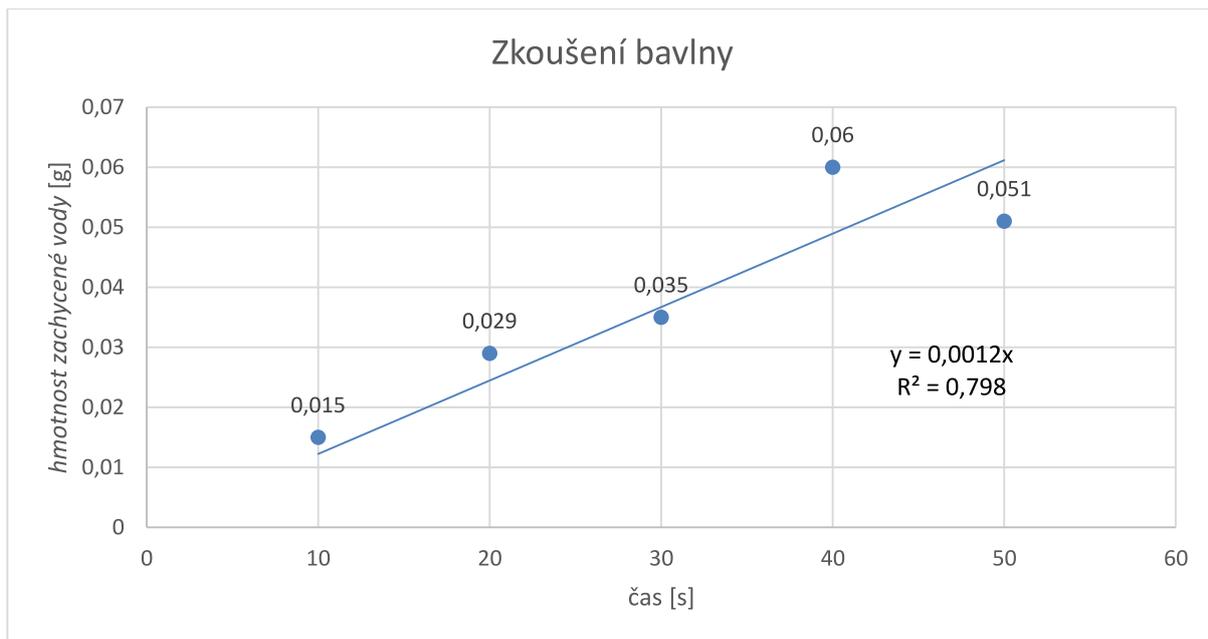
Obrázek 19 Výsledná absorbovaná vlhkost neupravené Milifé



Obrázek 20 Výsledná absorbovaná vlhkost hydrofilní Milifé



Obrázek 21 Výsledná absorbovaná vlhkost hydrofobní Milifé



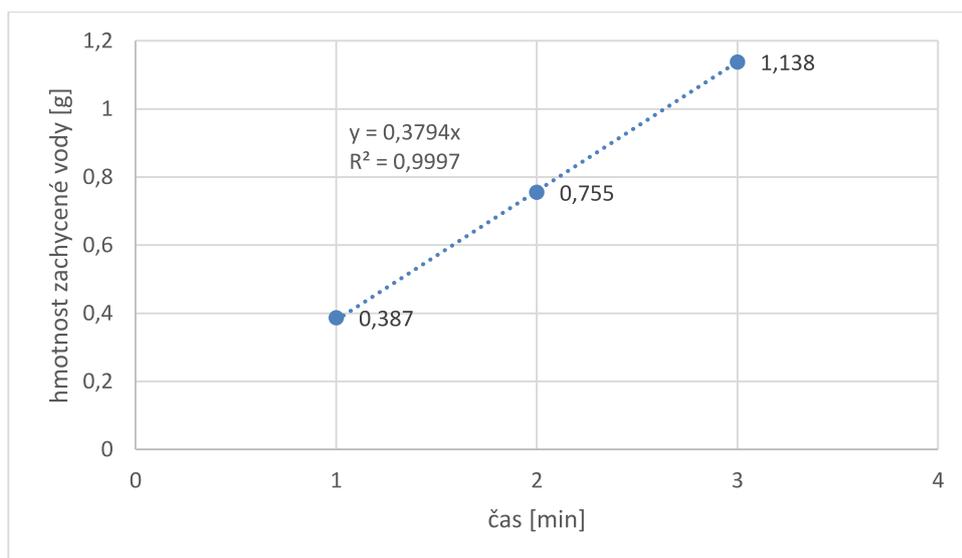
Obrázek 19 Výsledná absorbovaná vlhkost bavlny

9.3 Pokusy s inhalátorem

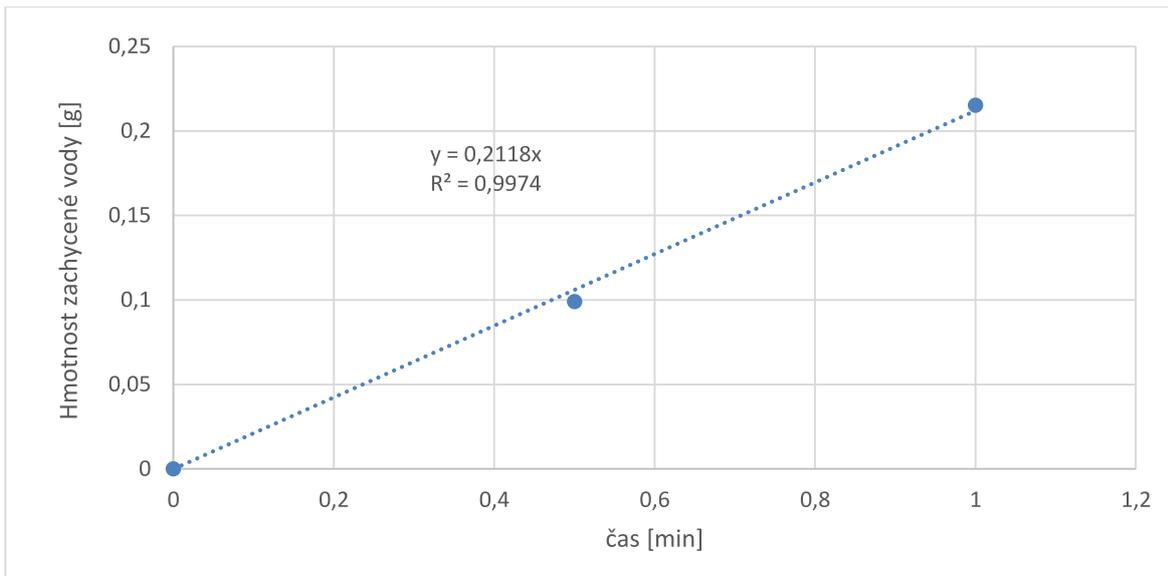
Jako finální přístroj pro výrobu mlhy byl vybrán kompresní inhalátor Omron Comp Air. Na inhalátoru byla testována neupravená Milifé, hydrofobní Milifé, hydrofilní Milifé a Milifé povrstvená vlákny bavlny. Experiment byl prováděn dle podmínek experimentu, viz nadpis 3.2 Kompresní inhalátor Omron Comp Air. Tato metoda dosahuje velice kladných výsledků, viz následující grafy.

Pro lepší pochopení, kolik páry vychází z inhalátoru, bylo prováděno měření. Bylo zjištěno, že rychlost proudu vzduchu je $100 \text{ cm}^3/\text{s}$. průměr trubice skrz kterou prochází mlha je 2 cm. Plocha průřezu je $3,14 \text{ cm}^2$. Rychlost proudění vychází na 1,15 km/h, což je v reálném počasí velmi slabý vítr. Pokus byl prováděn bez vzorku i se vzorkem. Procentní zachycení mlhy na vzorku je v případě Milife 41 %. Zbytek vody prochází vzorkem do volného prostoru.

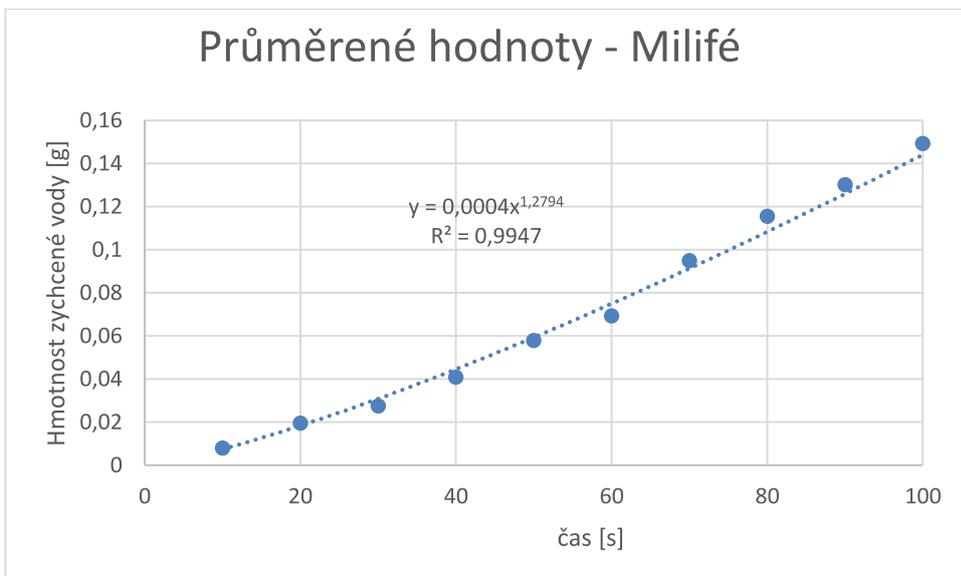
Všechny data ke grafům, zobrazené v tabulkách, jsou umístěny v seznamu příloh.



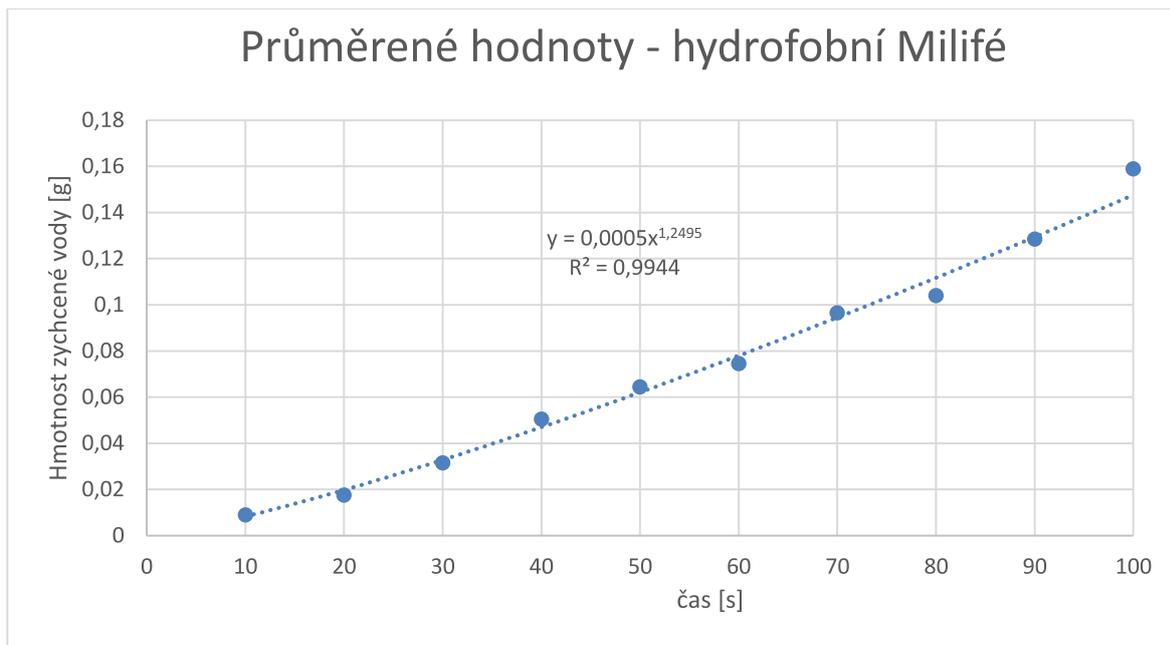
Obrázek 22 Množství vody unášené proudem vzduchu z mlhátoru bez testovaného vzorku



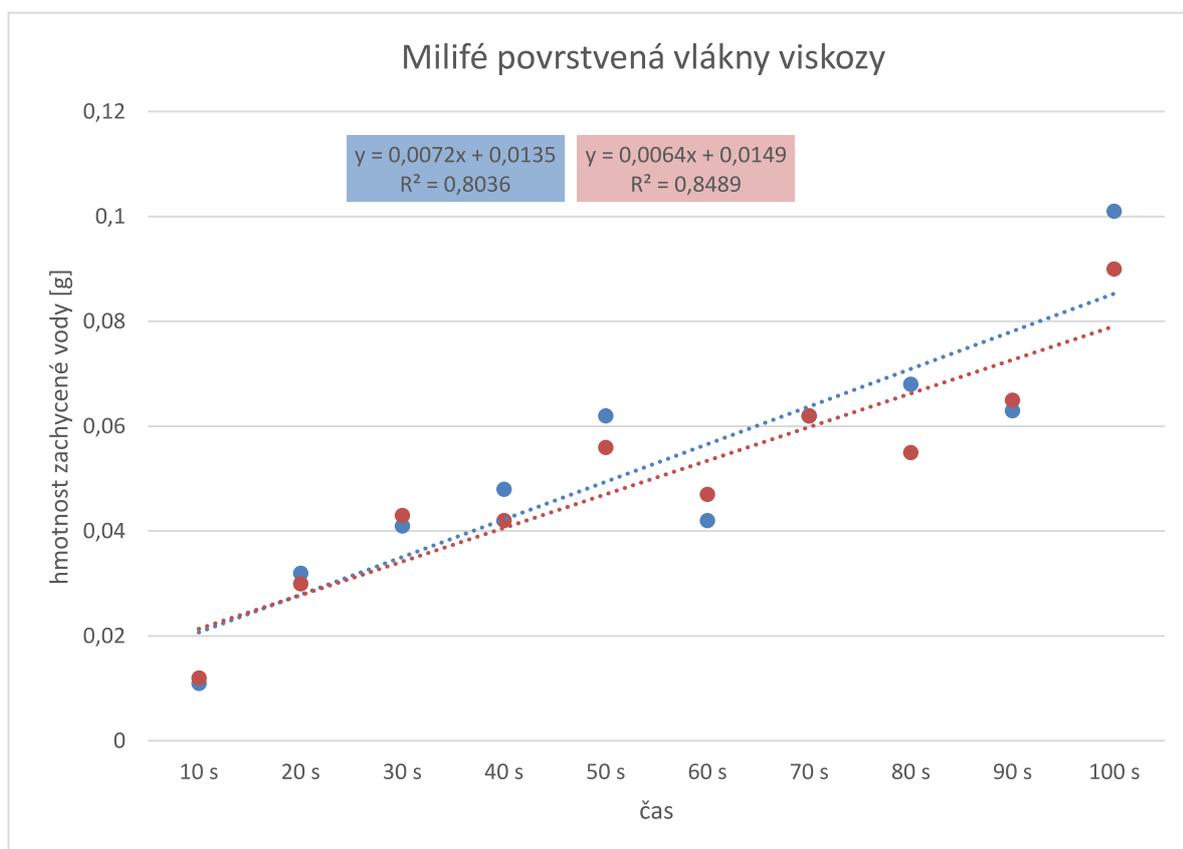
Obrázek 23 Množství vody unášené proudem vzduchu z mlhátoru se vzorkem Milife



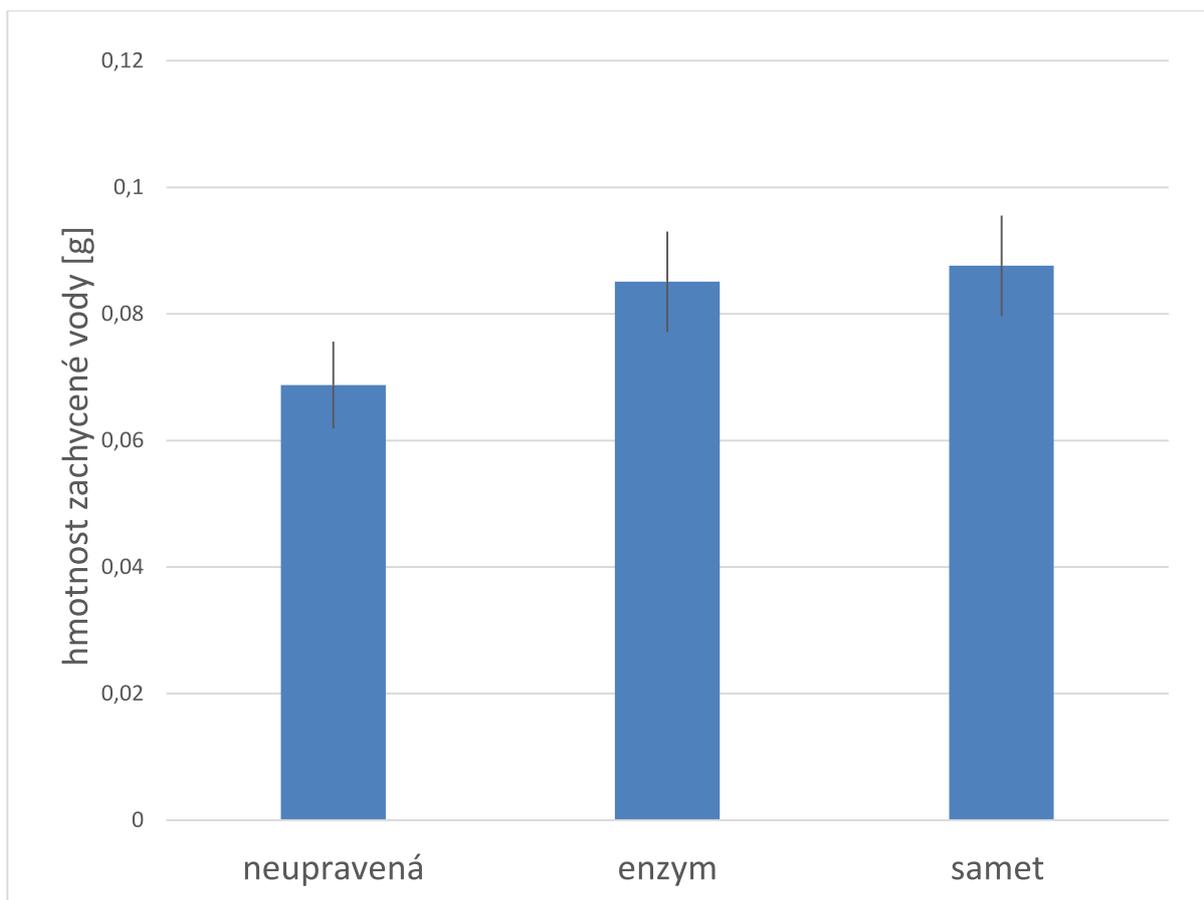
Obrázek 24 Výsledná absorbovaná vlhkost neupravené Milifé



Obrázek 25 Výsledná absorbovaná vlhkost hydrofobní Milifé

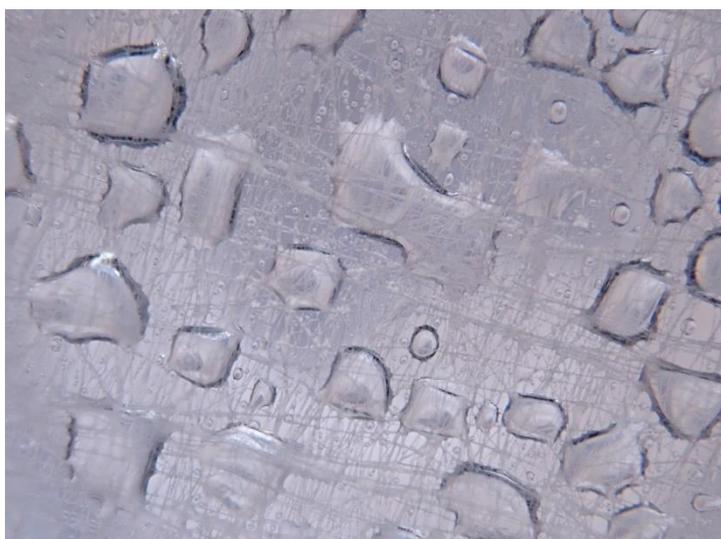


Obrázek 26 Výsledná absorbovaná vlhkost Milifé povrstvené vlákny viskózy („samet“)



Obrázek 27 Porovnání nabrané vlhkosti na Milifé, Milifé upravené enzymem a Milifé povrstvená vlákny viskózy („samet“)

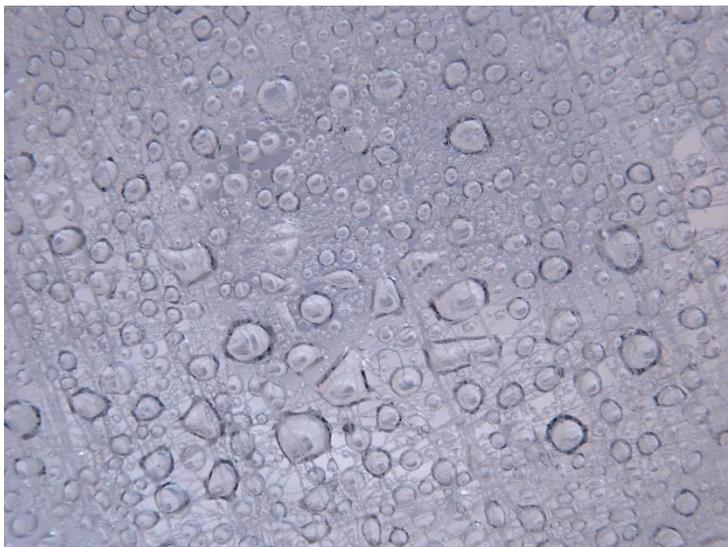
Na následujících obrázcích je vidět porovnání velikosti kapek na všech modifikovaných textiliích. Všechny obrázky znázorňují kapky zachycené na Milifé na přístroji inhalátor a všechny jsou zachyceny v čase 40 sekund.



Obrázek 28 Hydrofilní Milifé



Obrázek 29 Neupravená Milifé



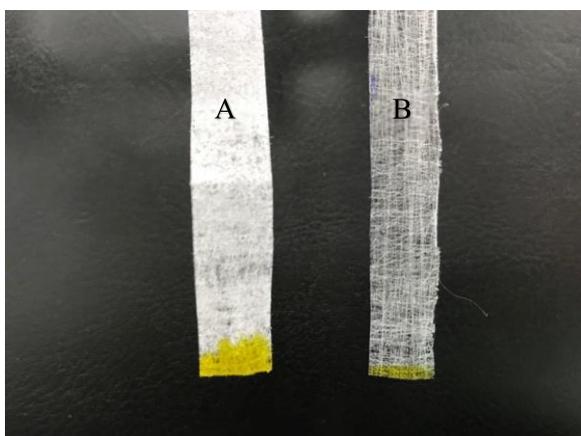
Obrázek 30 Hydrofobní Milifé

9.4 Měření vztlínání

Pro měření vztlínání byla vybrána neupravená Milifé a Milifé se sametovým povrchem (povrstvená vlákny viskózy). Oba vzorky měly rozměr 1 cm na 10 cm. Doba experimentu byla 35 minut, přičemž sací výška i Milifé byla nulová a u Milifé povrstvené viskózou byla sací výška 0,8 milimetrů. Experiment byl prováděn podle normy ČSN 80 0828.



Obrázek 31 Měření vztlínání



Obrázek 32 Porovnání vztlínání, A = Milifé povrstvená vlákny viskózy, B = neupravená Milifé

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vybrat vhodnou textílii pro záchyt vlhkosti ze vzduchu. Textilie měla být vhodná z hlediska očekávatelné životnosti, ceny i snadné transportovatelnosti. Největší množství pokusů bylo zaměřeno na vývoj metody simulující záchyt mlhy v laboratorních podmínkách.

Jako vhodná netkaná textilie pro záchyt vody byla vybrána Milifé, což je polyesterová netkaná textilie, která je velmi prodyšná. Další důvody výběru této textilie jsou: nízká plošná hmotnost, tenkost struktury, nízká cena, dobrá odolnost v povětrnosti a dobrá mechanická odolnost. Pro realizaci aparatury simulující mlhu byly vybrány dva přístroje, mlhátor M2 a kompresní inhalátor. Výhodou mlhátoru byl samovolný dopad částic vody na vzorek textilie. Ovšem po delším používání se projevíly slabé stránky konstrukce mlhátoru, kvůli kterým nedocházelo ke konstantnímu tvoření mlhy. Inhalátor byl vybrán jako nejvhodnější přístroj pro vytvoření mlhy v laboratorních podmínkách. Dokáže vytvořit mlhu o obsahu vody 66 g na kubický metr vzduchu, při rychlosti pohybu mlhy je 1,15 km/h a průtok 100 cm³/s. Podstatou měření testovaných materiálů pomocí inhalátoru byla kvantifikace hmotnosti zachycené vody, přičemž docházelo k záchytu až 50 % mlhy za vzduchu.

Ačkoliv i neupravené Milifé dokáže velmi dobře zachytávat vodu, byly provedeny modifikace s cílem zlepšit záchyt částic mlhy. Milifé byla hydrofilizována pomocí enzymu (esteráza), hydrofobizována pomocí komerční finální úpravy (perflouralkan) a také pokryta vrstvou krátkých hydrofilních vláken, vizuálně byl získán vzhled sametu. Hydrofilní úprava nebyla úspěšná, což mohlo být zapříčiněno malým vlivem smáčecích vlastností enzymu na vysoce porézní strukturu Milifé.

Povrstvení „sametem“ vedlo k výraznému zvýšení savosti vůči vodě. V běžné Milifé voda nevzlíná, ale v Milifé upraveném „sametem“ bylo vzlínání jasně patrné. Dobrá vzlínavost povrstvené Milifé by se mohlo využít k transportu vody zachycené z mlhy, což by usnadnilo sběr vody. Sběr zachycené vody z Milifé je vhodným směrem pro rozvíjení této problematiky v budoucnu.

Jak již bylo zmíněno v práci, dnešní sběrače vody („fogs catchers“) jsou využívány pro sběr vody, jak pitné tak i spotřební pro zemědělství. Ovšem nejsou zatím nikde zdokumentované výzkumy těchto chytačů mlhy. Na tento problém se zaměřila tato práce, které se podařilo vybrat vhodnou netkanou textílii pro záchyt mlhy i vytvořit v laboratorních podmínkách aparaturu, která dobře simuluje mlhu. V praxi by se textilie dala využít ke konstrukci chytače

mlhy pro záchyt vody. Pokud by se podařilo princip záchytu vody zlepšit a navýšit tak kapacitu sběračů vody, byl by to velký přínos na místech, kde nemají dobrý přístup k vodě.

Seznam citací

- [1] Envic. Voda - základ života [online]. © 2018 [vid. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://www.envic.cz/voda-zaklad-zivota.htm>
- [2] Voda. Voda. In: Wikipedie [online]. Editováno 21. 9. 2018 12:21 am. [vid. 2018-03-09]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Voda>
- [3] Řezáčová, D., Novák, P., Kašpar, M., Setvák, M.: Fyzika oblaků a srážek. 1. vyd. Praha: Academia, 2007. ISBN 978-80-200-1505-1.
- [4] Syruček, M.: Voda, jak ji neznáme. 1. vyd. Praha: Epoque, 2011. ISBN 978-80-7425-105-4.
- [5] Králová, M.: Věda a technika v pozadí - Atmosféra Země. Techmania Science Center [online]. 2018, [vid. 2018-03-30]. Dostupné na Internetu: <https://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/603>
- [6] *Alhazen*. Osoby s nejistým datem úmrtí. In: Wikipedie [online]. Editováno 30. 5. 2018 6:51 am. [vid. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Alhazen>
- [7] Astronomia, astronomický server fakulty pedagogické ZČU v Plzni. Atmosféra Země [online]. © 2018 [vid. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://planety.astro.cz/zeme/1943-atmosfera-zeme>
- [8] *Atmosféra Země*. Atmosféra Země. In: Wikipedie [online]. Editováno 30. 9. 2018 1:31 am. [vid. 2018-04-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Atmosféra_Země#Vrstvy_atmosféry
- [9] Můj kousek Země. Ozonová vrstva a význam její ochrany [online]. © 2018 [vid. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/mujkousekzeme/veda/dira-do-sveta/ozonova-vrstva>
- [10] Smolka, V.: Vlhkost vzduchu a její charakteristiky. IN-Počasí [online]. 2013, [vid. 2018-04-20]. Dostupné na Internetu: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/vlhkost-vzduchu/>
- [11] *Povrchové napětí*. Hmota. In: Wikipedie [online]. Editováno 5. 11. 2018 6:44 am. [vid. 2018-04-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Povrchové_napětí
- [12] Böhm, P.: Změření povrchového napětí vody během chvilky. FyzWeb [online]. 2010, [vid. 2018-05-01]. Dostupné na Internetu: <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=144>

- [13] Měření povrchového napětí. Jihočeská univerzita České Budějovice [online]. © 2018 [vid. 2018-05-01]. Dostupné z: http://home.pf.jcu.cz/~kriz/index.php?option=com_content&view=article&id=134:mereni8&catid=56:fpr2&Itemid=34
- [14] *Wetting*. Fluid mechanics. In. Wikipedie [online]. Editováno 4. 9. 2018 10:56 pm. [vid. 2018-05-11]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wetting>
- [15] Holub J. *Smáčivost povrchu vůči kapalinám a druhá viskozita kapalin*. [online]. Brno, 2010. [vid. 2018-06-30]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29171
- [16] Úhel smáčení [online]. © 2018 [vid. 2018-07-03]. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/uhel_smaceni.html
- [17] *Mechanika tekutin*. Mechanika tekutin. In. Wikipedie [online]. Editováno 4. 10.2017 8:26 pm. [vid. 2018-07-03]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Mechanika_tekutin
- [18] Jahoda M. *Hydrostatika*. [online]. Praha, 2018. [vid. 2018-07-03]. Dostupné z: <https://vscht.cz/uchi/ped/hydrroteplo/materialy/hydrostatika.pdf>
- [19] Radek Jandora. Hydrodynamika [online]. © 2018 [vid. 2018-07-03]. Dostupné z: <http://radek.jandora.sweb.cz/f06.htm>
- [20] ENCYKLOPEDIA FYZIKY. [online]. © 2018 [vid. 2018-07-03]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/>
- [21] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. Textilní zbožíznalství 1 – 2. přednáška. *Vláknenná surovina -úvod*. Liberec: TUL
- [22] Staněk, J.: Textilní zbožíznalství. 1. vyd. Liberec: TUL, 2001. ISBN – neznámé
- [23] Bartošková Pitronová Z. Stárnutí textilií vlivem teploty. [online]. Liberec, 2016. [vid. 2018-07-08]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/25744/Bartoskova_Pitronova_Zdenka__Starnuti_textilii_vlivem_teploty.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
- [24] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. Textilní zbožíznalství 1 – 3. přednáška. *Vlákna rostlinného původu*. Liberec: TUL

[25] JX Nippon ANCI. Milife® [online]. © 2010 [vid. 2018-07-08]. Dostupné z: <http://www.claf.com/english/milife/>

[26] McCann, J.: Bringing the driest place in the world to life: 'Fog catchers' attempt to harvest moisture with huge nets in Chilean desert. Mail Online [online]. 2013, [vid. 2018-07-08]. Dostupné na Internetu: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2301226/Fog-catchers-attempt-harvest-moisture-huge-nets-Chilean-desert.html>

[27] FogQuest: Sustainable Water Solutions. Tojquia [online]. © 2010 [vid. 2018-07-08]. Dostupné z: <http://www.fogquest.org/project-information/current-projects/tojquia/>

[28] FOG CATCHER. [online]. © 2018 [vid. 2018-07-08]. Dostupné z: <https://projectfogcatcher.org/>

[29] Youthinkgreen. The "Fog Catcher" Project – Peru [online]. © 2018, [vid. 2018-07-08]. Dostupné z: <http://www.youthinkgreen.org/en/projekte/the-fog-catcher-project/>

[30] Inhabitat. MIT develops advanced fog harvesting material that pulls 5x more water from thin air [online]. © 2015, [vid. 2018-07-08]. Dostupné z: <https://inhabitat.com/mit-develops-advanced-fog-harvesting-material-that-pulls-5x-more-water-from-thin-air/>

[31] Water Sustainability and Fog Water Catchers. Fog Catchers and How to Make Your Own [online]. © 2018, [vid. 2018-07-08]. Dostupné z: <https://watersustainabilityandfogwater.wordpress.com/fog-catchers-and-how-to-make-your-own/>

[32] Hearle, J. W. S., Peters, R. H.: Fibre structure. 1. vyd. Manchester: Butterworth & Co., 1963. ISBN 978-14-832-2564-7.

[33] Krutská T. *Průzkum trhu v oblasti textilií chránících proti UV záření*. [online]. Liberec, 2006. [vid. 2018-08-20]. Dostupné z: http://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/3312/bc_11466.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[34] BAYGARD EFN. TANATEX Chemicals [online]. © 2018, [vid. 2018-09-11]. Dostupné z: <https://tanatexchemicals.com/product/coating/baygard-efn/>

[35] ČSN EN ISO 9237: Textilie. Zjišťování prodyšnosti plošných textilií. 1. Brno: Textilní zkušební ústav, s. p., 1996.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 PRŮŘEZ TRUBICE, UKÁZKA RYCHLOSTI A VLIVU TLAKU [20].....	24
OBRÁZEK 2 KONTAKTNÍ ÚHEL [16]	25
OBRÁZEK 3 VLIV ABSORPCE LÁTEK NA HODNOTU KONTAKTNÍHO ÚHLU [16].....	27
OBRÁZEK 4 HYSTEREZE KONTAKTNÍHO ÚHLU [16].....	28
OBRÁZEK 5 (A) SLOUPEC PRÁŠKOVÉHO MATERIÁLU, (B) SOUSTAVA PÓROVITÝCH VÁLCŮ O POLOMĚRU R, (C) VÝŠKA, DO KTERÉ VYSTOUPÁ KAPALINA V PRÁŠKOVÉM MATERIÁLU, (D) MĚŘENÍ TLAKU PRO ZAMEZENÍ PRŮNIKU KAPALINY DO PÓROVITÉHO MATERIÁLU [15]	30
OBRÁZEK 6 WILHEMOVA METODA VYVAŽOVACÍ DESTIČKY [15].....	31
OBRÁZEK 7 MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU NA NAKLONĚNÉ DESCE [15]	32
OBRÁZEK 8 ZÁCHYT VLHKOSTI ZE VZDUCHU V POUŠTI ATACAMA [26]	37
OBRÁZEK 9 OSNOVNÍ PLETENINA Z HDPE PRO VÝROBU „FOG CATCHERS“ [31]	38
OBRÁZEK 10 MILIFÉ [25].....	39
OBRÁZEK 11 MILIFÉ POUŽITA JAKO DEKORACE KVĚTIN [25].....	39
OBRÁZEK 12 ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE MILIFÉ	40
OBRÁZEK 13 ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE BAVLNY.....	40
OBRÁZEK 14 ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE MILIFÉ POVRSTVENÉ „SAMETEM“	43
OBRÁZEK 15 SESTROJENÍ APARATURY PRO ZÁCHYT VLHKOSTI NA KOMPRESNÍM INHALÁTORU.....	46
OBRÁZEK 16 KOMPRESNÍ INHALÁTOR S PŘIDĚLANÝM NÁSTAVCEM SE ZKOUŠENOU TEXTILÍ	46
OBRÁZEK 17 SCHÉMA APARATURY PRO ZÁCHYT MLHY S MLHÁTOREM OBRÁZEK 18 APARATURA MNLHÁTORU.....	48
OBRÁZEK 19 VÝSLEDNÁ ABSORBOVANÁ VLHKOST NEUPRAVENÉ MILIFÉ.....	50

OBRÁZEK 20 VÝSLEDNÁ ABSORBOVANÁ VLHKOST HYDROFILNÍ MILIFÉ.....	51
OBRÁZEK 21 VÝSLEDNÁ ABSORBOVANÁ VLHKOST HYDROFOBNÍ MILIFÉ.....	51
OBRÁZEK 22 MNOŽSTVÍ VODY UNÁŠENÉ PROUDEM VZDUCHU Z MLHÁTORU BEZ TESTOVANÉHO VZORKU	53
OBRÁZEK 23 MNOŽSTVÍ VODY UNÁŠENÉ PROUDEM VZDUCHU Z MLHÁTORU SE VZORKEM MILIFE.....	54
OBRÁZEK 24 VÝSLEDNÁ ABSORBOVANÁ VLHKOST NEUPRAVENÉ MILIFÉ.....	54
OBRÁZEK 25 VÝSLEDNÁ ABSORBOVANÁ VLHKOST HYDROFOBNÍ MILIFÉ.....	55
OBRÁZEK 26 VÝSLEDNÁ ABSORBOVANÁ VLHKOST MILIFÉ POVRSTVENÉ VLÁKNY VISKÓZY („SAMET“)	55
OBRÁZEK 27 POROVNÁNÍ NABRANÉ VLHKOSTI NA MILIFÉ, MILIFÉ UPRAVENÉ ENZYMEM A MILIFÉ POVRSTVENÁ VLÁKNY VISKÓZY („SAMET“)	56
OBRÁZEK 28 HYDROFILNÍ MILIFÉ	56
OBRÁZEK 29 NEUPRAVENÁ MILIFÉ	57
OBRÁZEK 30 HYDROFOBNÍ MILIFÉ.....	57
OBRÁZEK 31 MĚŘENÍ VZLÍNÁNÍ	58
OBRÁZEK 32 POROVNÁNÍ VZLÍNÁNÍ, A = MILIFÉ POVRSTVENÁ VLÁKNY VISKÓZY, B = NEUPRAVENÁ MILIFÉ.....	58

Seznam tabulek

TABULKA 1 PODÍL PLYNŮ V ATMOSFÉŘE V % [7].....	18
TABULKA 2 ROZDĚLENÍ VLÁKEN NA PŘÍRODNÍ A CHEMICKÁ [22]	34
TABULKA 3 KLASIFIKACE VLÁKEN [32].....	34
TABULKA 4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ PRODYŠNOSTI.....	49

Seznam příloh

Příloha č. 1 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti na neupravené Milifé. Tabulka patří k nadpisu 9.2.

Tabulka 1 Výsledná absorbovaná vlhkost neupravené Milifé

Časový limit [s]	Neupravená Milifé [g]				
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	4. pokus	5. pokus
10	0,010	0,012	0,025	0,014	0,011
20	0,018	0,029	0,040	0,030	0,020
30	0,031	0,040	0,051	0,042	0,039
40	0,042	0,046	0,060	0,057	0,045
50	0,054	0,070	0,077	0,075	0,060

Příloha č. 2 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti na hydrofilní Milifé. Tabulka patří k nadpisu 9.2.

Tabulka 2 Výsledná absorbovaná vlhkost hydrofilní Milifé

Časový limit [s]	Hydrofilní Milifé [g]	
	1. pokus	2. pokus
10	0,015	0,022
20	0,030	0,037
30	0,042	0,048
40	0,060	0,071
50	0,074	0,084

Příloha č. 3 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti na hydrofobní Milifé. Tabulka patří k nadpisu 9.2.

Tabulka 3 Výsledná absorbovaná vlhkost hydrofobní Milifé

Časový limit [s]	Hydrofobní Milifé [g]	
	1. pokus	2. pokus
10	0,018	0,018
20	0,036	0,037
30	0,042	0,055
40	0,062	0,061
50	0,078	0,086

Příloha č. 4 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti na bavlně. Tabulka patří k nadpisu 9.2.

Tabulka 4 Výsledná absorbovaná vlhkost bavlny

Časový limit [s]	Bavlna [g]
	1. pokus
10	0,015
20	0,029
30	0,035
40	0,060
50	0,051

Příloha č. 5 Tabulka s výsledky množství vody unášené proudem vzduchu z mlhátoru bez testovaného vzorku (výsledky jsou dány průměrem z dvou měření). Tabulka patří k nadpisu 9.3.

Tabulka 5 Množství vody unášené proudem vzduchu z mlhátoru bez testovaného vzorku

Časový limit [s]	Množství vody [g]
1	0,387
2	0,755
3	1,138

Příloha č. 6 Tabulka s výsledky množství vody unášené proudem vzduchu z mlhátoru s testovaným vzorkem (výsledky jsou dány průměrem z dvou měření). Tabulka patří k nadpisu 9.3.

Tabulka 6 Množství vody unášené proudem vzduchu z mlhátoru se vzorkem Milife

Časový limit [s]	Množství vody [g]
1	0
2	0,099
3	0,2153

Příloha č. 7 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti a s průměrem naměřených hodnot u neupravené Milifé. Tabulka patří k nadpisu 9.3.

Tabulka 7 Výsledná absorbovaná vlhkost neupravené Milifé

Časový limit [s]	Neupravená Milifé [g]			Průměr naměřených hodnot [g]
	1. pokus	2. pokus	3. pokus	
10	0,01	0,007	0,007	0,008
20	0,015	0,017	0,027	0,020
30	0,024	0,018	0,041	0,028
40	0,029	0,035	0,059	0,041
50	0,046	0,052	0,076	0,058
60	0,061	0,061	0,086	0,069
70	0,084	0,088	0,113	0,095
80	0,129	0,093	0,125	0,116
90	0,111	0,137	0,143	0,130
100	0,135	0,116	0,197	0,149

Příloha č. 8 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti a s průměrem naměřených hodnot u hydrofobní Milifé. Tabulka patří k nadpisu 9.3.

Tabulka 8 Výsledná absorbovaná vlhkost hydrofobní Milifé

Časový limit [s]	Hydrofobní Milifé[g]		Průměr naměřených hodnot [g]
	1. pokus	2. pokus	
10 s	0,008	0,0100	0,009
20 s	0,016	0,019	0,018
30 s	0,032	0,031	0,032
40 s	0,052	0,049	0,051
50 s	0,061	0,068	0,065
60 s	0,067	0,082	0,075
70 s	0,100	0,093	0,097
80 s	0,108	0,100	0,104
90 s	0,135	0,122	0,129
100 s	0,146	0,172	0,159

Příloha č. 9 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti a s průměrem naměřených hodnot u Milifé povrstvené vlákny viskózy. Tabulka patří k nadpisu 9.3.

Tabulka 9 Výsledná absorbovaná vlhkost Milifé povrstvené vlákny viskózy „samet“

Časová limit [s]	Milifé povrstvená vlákny viskózy [g]	
	1. pokus	2. pokus
10 s	0,011	0,012
20 s	0,032	0,030
30 s	0,041	0,043
40 s	0,048	0,042
50 s	0,062	0,056
60 s	0,042	0,047
70 s	0,062	0,062
80 s	0,068	0,055
90 s	0,063	0,065
100 s	0,101	0,090

Příloha č. 10 Tabulka s výsledky nabrané vlhkosti a s průměrem naměřených hodnot u Milifé, Milifé upravené enzymem a Milifé povrstvené vlákny viskózy. Tabulka patří k nadpisu 9.3.

Obrázek 10 Porovnání nabrané vlhkosti na Milifé, Milifé upravené enzymem a Milifé povrstvená vlákny viskózy „samet“

Vzorek	Nabraná vlhkost [g]
Milifé nuepravená	0,069
Milifé upravená enzymem	0,085
Milifé povrstvená vlákny viskózy „samet“	0,088