



# Studium vlastností kolmo kladených netkaných textilií upravených vodním sklem

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 – Textil  
*Studijní obor:* 3106R016 – Textilní technologie, materiály a nanomateriály  
*Autor práce:* **Zdeňka Hodková**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.





# Study of perpendicularly laid nonwoven textiles properties treated by water glass

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3107 – Textil  
*Study branch:* 3106R016 – Textile Technologies, Materials and Nanomaterials  
*Author:* **Zdeňka Hodková**  
*Supervisor:* Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeňka Hodková**

Osobní číslo: **T14000282**

Studijní program: **B3107 Textil**

Studijní obor: **Textilní technologie, materiály a nanomateriály**

Název tématu: **Studium vlastností kolmo kladených netkaných textilií upravených vodním sklem**

Zadávací katedra: **Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů**

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou výroby kolmo kladených netkaných textilií a úpravou jejich vlastností.
2. Vytvořte sérii vzorků a navrhnete způsob aplikace roztoků vodního skla na vyrobené vzorky. Zaměřte se především na rovnoměrnost nanášení zmíněných roztoků.
3. Na různě vyrobených vzorcích testujte jejich vlastnosti.
4. Vypracujte metodiku experimentu a jeho hodnocení.
5. Diskutujte výsledky a navrhnete další postupy řešení daného problému.



A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the faculty representative.

V Liberci dne 26. března 2016

Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**

Rozsah pracovní zprávy: **40-60 dle potřeby**

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

Seznam odborné literatury:

1. **RUSSELL, Edited by S.J. Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla. [etc.] : Cambridge: CRC press ; Woodhead, 2007. ISBN 978-185- 5736-030.**
2. **W. Albrecht, H. Fuchs, W. Kittelmann: Nonwovens Fabrics, Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN: 3-527- 30406-1**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.**


Katedra netkaných textilií a nanovlákněných materiálů

Datum zadání bakalářské práce: **26. března 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2017**

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
prof. RNDr. David Lukáš, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 26. března 2016

## 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

Na tomto místě bych chtěla poděkovat panu Ing. Jiřímu Chaloupkovi Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, ochotu a vstřícný přístup.

Ne méně důležité poděkování patří panu Prof. RNDr. Oldřichu Jirsákovi CSc. za cenné rady a rozšíření všeobecného rozhledu nad danou problematikou.

Další poděkování patří všem zaměstnancům TUL, za ochotu při pomoci s přístroji a jejich cenné rady.

Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům a příteli za jejich psychickou oporu a trpělivost, kterou mi poskytovali po celou dobu studia, i při psaní této bakalářské práce. Velmi si toho vážím. Děkuji.

## ANOTACE

Obsah této bakalářské práce se zabývá studiem a testováním kolmo kladených netkaných textilií, nanášením vrstev různých typů vodních skel a následné zkoušení jejich vlastností.

Teoretická část práce se zabývá netkanými textiliemi se zaměřením na technologii kolmo kladených netkaných textilií. Další část je zaměřena na různé typy vodních skel. Dále je práce věnovaná různým typům strojů a přístrojů použitých na měření vlastností netkaných textilií připravených k této bakalářské práci. V experimentální části je uveden popis přípravy netkaných textilií a hledání nejvhodnějšího typu, množství a způsobu nanesení vodního skla. Dále se tato práce zabývá zkoumáním různých vlastností takto upravených netkaných textilií, jako je ohybová tuhost, tření, stlačitelnost apod. Jsou porovnávány naměřené hodnoty netkaných textilií bez nánosu vodního skla s hodnotami naměřenými na upravených netkaných textiliích vodním sklem a na textiliích s předchozím mechanickým namáháním.

**Klíčová slova:** netkané textilie, kolmé kladení, vodní sklo, křemičitan sodný

## ANNOTATION

This bachelor thesis deals with collecting of information and testing of perpendicular-laid nonwoven fabrics and testing of these fabrics with an application of different kinds of sodium silicate.

The theoretical part of the thesis deals with information regarding nonwoven fabrics with focus on technology of perpendicular-laid nonwoven fabrics. The next part focuses on different kinds of sodium silicate. The next part is dedicated to different kinds of machines and devices used for measurement of properties of the nonwoven fabrics that were prepared for this bachelor thesis. The experimental part is about preparation of these nonwoven fabrics and searching for the best possible way of application of the sodium silicate. The thesis primarily focuses on research of the properties of modified nonwoven fabrics such as flexural rigidity, friction, compressibility, etc. The properties of nonwoven fabrics without application of the sodium silicate were compared with values of nonwoven fabrics that were modified by the sodium silicate and with fabrics that were under mechanical stress.

**Key words:** nonwovens, perpendicular-laid, sodium silicate, waterglass, liquid glass

# Obsah

<b>Úvod</b> .....	9
<b>1. Teoretická část</b> .....	10
<b>1.1. Netkané textilie</b> .....	10
1.1.1 Historie NT.....	10
1.1.2 Produkce a použití NT.....	10
1.1.3 Technologie výroby NT.....	11
1.1.4 Vrstvení vláknenné pavučiny.....	12
1.1.5 Nanášení aditiv na NT.....	13
1.1.6 Horkovzdušné sušení a pojení.....	15
<b>1.2. Materiály používané pro výrobu NT</b> .....	16
1.2.1 Přírodní vlákna.....	16
1.2.2 Syntetická vlákna.....	16
1.2.3 Chemická vlákna z přírodních polymerů.....	17
1.2.4 Bikomponentní vlákna.....	17
<b>1.3. Vodní sklo</b> .....	19
1.3.1 Historie vodního skla.....	19
1.3.2 Výroba vodního skla.....	20
1.3.3 Typy vodních skel.....	21
1.3.4 Použití vodního skla .....	21
<b>1.4. Zkoušky</b> .....	22
1.4.1 Úhel smáčení.....	22
1.4.2 Ohybová tuhost.....	25
1.4.3 Tření.....	26
1.4.4 Stlačitelnost.....	27



<b>2. Experimentální část</b> .....	28
<b>2.1. Sledování úhlu smáčení vodního skla</b> .....	28
2.1.1 Úhel smáčení na sklo, papír a netkanou textilii.....	30
2.1.2 Úhel smáčení s přidáním povrchově aktivní látky.....	31
2.1.3 Výběr vhodných typů vodních skel dle úhlu smáčení.....	32
<b>2.2. Výroba materiálu</b> .....	33
2.2.1 Příprava a vážení vláken.....	33
2.2.2 Mykání.....	33
2.2.3 Výroba kolmo kladené NT.....	34
<b>2.3. Příprava vzorků</b> .....	35
2.3.1 Statistika počtu nástřiků vodního skla a vliv na NT.....	35
2.3.2 Nástřik a stříhání vzorků.....	37
<b>2.4. Zkoušení vlastností textilií</b> .....	40
2.4.1 Ohybová tuhost.....	40
2.4.2 Tření.....	41
2.4.3 Stlačitelnost.....	43
<b>2.5. Vzorky s následným mechanickým namáháním</b> .....	45
2.5.1 Mechanické namáhání.....	45
2.5.2 Zkoušení vlastností textilií po mechanickém namáhání.....	46
<b>2.6. Zkoumání vzorků pod makroskopem</b> .....	48
2.6.1 Úprava opticky zjasňujícím prostředkem.....	49
<b>3. Vyhodnocení</b> .....	52
<b>4. Závěr</b> .....	57
<b>5. Literatura</b> .....	59
<b>6. Seznam příloh</b> .....	62

## Úvod

Netkané textilie jsou všude kolem nás a jejich použití se neustále rozvíjí a prostupuje do nejrůznějších odvětví. Není proto divu, že se svět neustále snaží o nové technologie pro jejich výrobu, ale také různé úpravy, zlepšující jejich vlastnosti.

Základní studie, ze které vychází myšlenka této bakalářské práce, se zakládá na zkoumání nánosu vodních skel na přírodní vlákenné materiály a následné sledování jejich vlastností. Tuto studii bylo vhodné rozšířit o prozkoumání více typů vodních skel, objemnější formu textilie ve formě kolmo kladené netkané textilie a směsi viskóзовých vláken s vlákny syntetickými.

Tato bakalářská práce se tedy zakládá na zkoumání vlastností kolmo kladených netkaných textilií upravených vodními skly. Hlavní myšlenkou nanášení vodního skla na netkané textilie bylo sledování následného hoření těchto textilií a případné používání vodního skla jako nehořlavé úpravy. Tomuto tématu se ovšem věnuje jiná bakalářská práce a primární myšlenkou této práce je sledovat ostatní nezanedbatelné vlastnosti, jako je například ohybová tuhost, tření, stlačitelnost a změna těchto vyjmenovaných vlastností po mechanickém namáhání zmíněných ošetřených netkaných textilií.

Z výsledků těchto zkoumaných vlastností je zjišťována možnost použití takto upravených netkaných textilií v běžném užívání a v průmyslovém odvětví. Zejména pak zdali mohou být tyto textilie používány v průmyslu a dalších různorodých aplikacích.

## **1. Teoretická část**

Teoretická část práce se zabývá netkanými textiliemi se zaměřením na technologii kolmo kladených netkaných textilií. Další část je zaměřena na různé typy vodních skel. Dále je práce věnovaná různým typům strojů a přístrojů použitých na měření vlastností netkaných textilií připravených k této bakalářské práci.

### **1.1. Netkané textilie**

Netkaná textilie je textilie vyrobená z vláken, které jsou jednosměrně nebo náhodně orientovaná a jejich soudržnost je způsobená jejich třením o sebe a/nebo adhezí a/nebo kohezí. Spadají sem veškeré materiály s výjimkou textilií vyrobených tkaním, pletením, všíváním, proplétáním, plstěním a výrobou papíru. Tyto textilie zahrnují velmi širokou škálu výrobků, které jsou vyrobeny mnoha různými technologiemi.

#### **1.1.1 Historie NT**

Historie netkaných textilií se dá rozdělit do čtyř období, které se liší především důvody, které vedly k jejich výrobě. Prvním položeným způsobem zpracování bylo upravování plstílných zvířecích srstí – tedy působením vody, tepla a mechanického namáhání již v prehistorii primárně používaných jako příkrývky a přístřešky.

V 19. století byla velmi rozšířena textilní výroba a s tím spojený technologický přírodní odpad, který nebylo možné kvůli svým vlastnostem použít pro výrobu nití. Snahou zredukovat tento odpad vznikaly nové technologie – například vpichování.

V první polovině 20. století se zvýšila spotřeba plošných textilií a v návaznosti na tuto situaci se velmi rozvíjela výroba netkaných textilií z důvodu rychlejší a jednodušší produkce, než například u tkaných či pletených výrobků [1].

#### **1.1.2 Produkce a použití NT**

V současnosti můžeme hledat důvod rozvoje výroby NT ve snaze o výrobu materiálů s novými a specifickými vlastnostmi, které jen velmi těžko vyrobíme jinými technologiemi. Pro příklad se mohou uvést filtry, materiály pro automobilový, kosmický a letecký výzkum, drenáže, geotextilie pro zpevňování svahů proti erozi či kompozity pro stavební průmysl. Nedílnou součástí jsou ochranné, zdravotnické a oděvní textilie. Používání těchto materiálů

vede jednak ke snižování nákladů, tak i k prodlužování životnosti v různorodých odvětvích [27].

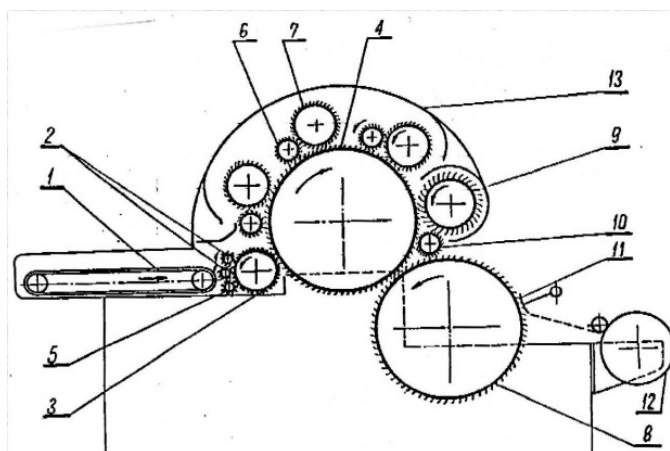
### 1.1.3 Technologie výroby NT

Výroba vlákněné vrstvy se rozděluje na dvě hlavní odvětví – výroba mokrou a suchou cestou. Suchá technologie výroby se dále rozděluje na způsob výroby mechanický, aerodynamický a výrobu přímo z polymeru.

#### Mechanický způsob výroby NT

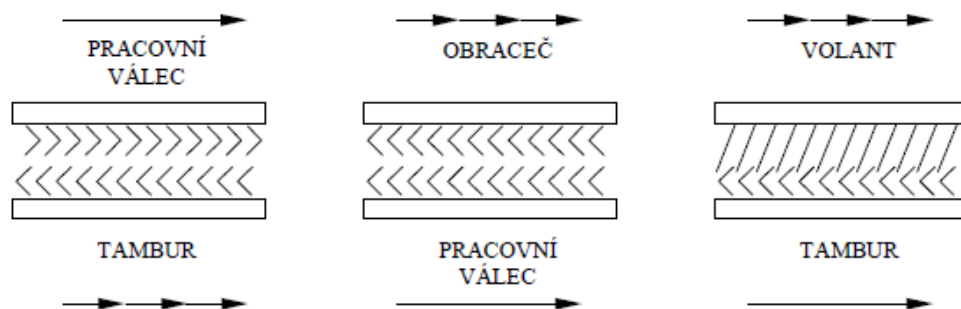
Princip tohoto typu výroby NT je založen na přípravě vlákněné pavučiny za použití mykacích strojů. Nejběžnějšími typy jsou mykací stroje víčkové (bavlnářské) a válcové (vlnářské). Pro svou větší šíři a výkon jsou používány mykací stroje vlnářské. Novější typy vlnářských strojů jsou schopny produkovat 200 – 1000 kg/hod oproti strojům bavlnářským, které zpracují pouze 5-30 kg/hod.

Na obr. č. 1 je znázorněn vlnářský mykací stroj, jehož základem je soustava válců opatřených pracovními povlaky z pilek či drátků. Tyto povlaky jsou na válcích ve vzájemném postavení: mykání (tambur – pracovní válec), snímání (obraceč – pracovní válec) a povytažení (volant – tambur). Jednotlivé válce se vůči sobě pohybují různými rychlostmi, které jsou i s postavením povlaků znázorněné na obr. 2.



Obr. 1 Schéma válcového mykacího stroje.

1 – podávací pás, 2 – podávací válečky, 3 – rozvolňovací válec, 4 – hlavní válec (tambur), 5 – kryt mykacího stroje, 6 – obraceč, 7 – pracovní válec, 8 – snímací válec, 9 – volant, 10 – volantový snímač, 11 – snímací pilka, 12 – navíjecí válec, 13 – kryt mykacího stroje [2]



Obr. 2 Vzájemné postavení pilkových a drátkových povlaků a rychlostí válců. [2]

#### 1.1.4 Vrstvení vláknenné pavučiny

Při výrobě netkaných textilií je vláknenná pavučina z mykacího stroje dále vrstvena. Rozeznáváme tři typy vrstvení – podélné, příčné a kolmé.

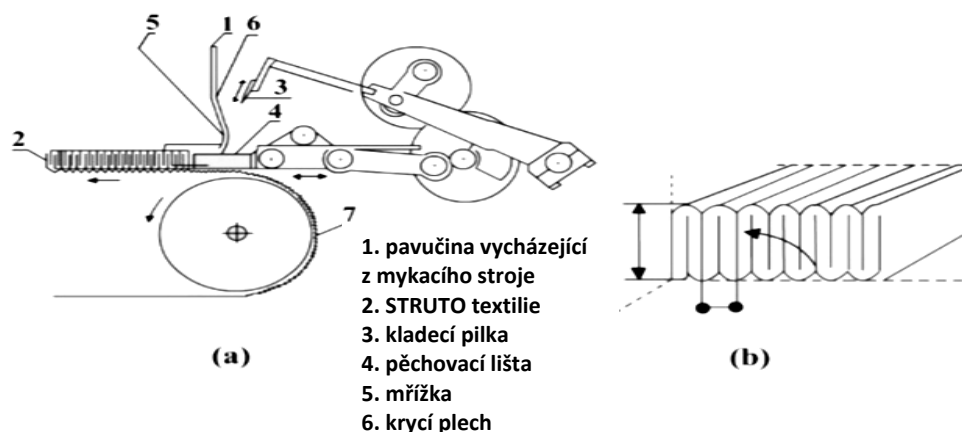
##### Kolmé kladení vláknenného materiálu technologií STRUTO

Cílem této technologie je snaha připravit vrstvy s lepšími funkčními vlastnostmi oproti ostatním technologiím výroby netkaných textilií – jedná se zejména o objemnost, odolnost vůči stlačení, vysoký stupeň zotavení po zatížení či tepelně izolační vlastnosti díky kolmo orientovaným vláknům ve vláknenné vrstvě. Při výrobě je též možno použít méně vláknenného materiálu pro zachování podobných vlastností a je možné zpracování všech typů vláken včetně recyklovaných. V porovnání s jinými technologiemi se jedná o levnější způsob výroby, co se týče jak ceny strojního zařízení, tak i spotřeby energie a zastavěné plochy.

Jedná se o systém pro výrobu kolmo kladených netkaných textilií, jehož základní sestava obsahuje STRUTO kolmý kladeč a horkovzdušnou komoru znázorněných na obr. 3.

Využití výrobků vyrobených STRUTO technologií je celkem vysoké – jedná se především o automobilový průmysl v nejrůznějších aplikacích, výplňkový materiál pro spací pytle, polštáře, přikrývky, jako tepelně izolační vrstva, podklady pro dětská hřiště a sportovní plochy, filtrace (suchá i mokrá), hlukové izolace a v neposlední řadě i matrace a nábytkářský průmysl [10].

Princip kolmého kladení technologií STRUTO spočívá v kontinuálním přivádění pavučiny tvořené směsí s termoplastickými vlákny z mykacího stroje k vertikálnímu kladeči, který z pavučiny tvoří kolmé sklady na dopravník horkovzdušné komory. Průchodem touto horkovzdušnou komorou dochází k roztavení termoplastických vláken a celkovému propojení vytvořených skladů netkané textilie. Po východu ze stroje dochází k postupnému ochlazování a navíjení hotové netkané textilie [11].



Obr. 3 a) Průřez stroje pro výrobu kolmo kladených NT – STRUTO a vyráběná textilie. [5]

### 1.1.5 Nanášení aditiv na NT

Rozeznáváme několik typů nánosů pojiv a aditiv na povrch textilních materiálů. Většinou se jedná o disperze (směs látek, z nichž jedna je jemně rozptýlena v druhé) či roztoky (homogenní směsi), které musí mít nižší povrchovou energii, než povrch vláken aby dobře přilnula. Zvýšení povrchového napětí vláken lze dosáhnout aplikací elektrostatického náboje při mykání. Lze také využít vyšší viskozity pojiva [12].

#### Disperze pojiva ve hmotě

- Vysoká hustota vláken – pojivo je rozmístěno na vláknech a díky migraci a kapilárním silám v místech křížení vláken. Nemusí se dostat do středu textilie.
- Nízká hustota vláken – pojivo je rozmístěno hlavně na vláknech. Při odpařování vodné fáze klesá možnost migrace do pojivých míst. Nedostatečné pojení textilie.
- Použití postřiku – kapičky většinou nespočínou v místě křížení vláken, pokud se jedná o textilie z nízkou plošnou hmotností a neprojdou do hloubky u vyšších plošných hmotností.

[12]

## Dělení typů nanášení

Nánosy rozdělujeme na dvě hlavní skupiny – mokré a suché. Do mokrých typů spadá lázeň, pěna a sprej. Do suchých navíc spadá i tisk. Dále se práce zabývá formou nanášení sprejem, který byl nevhodnější formou pro nános vodního skla [12].

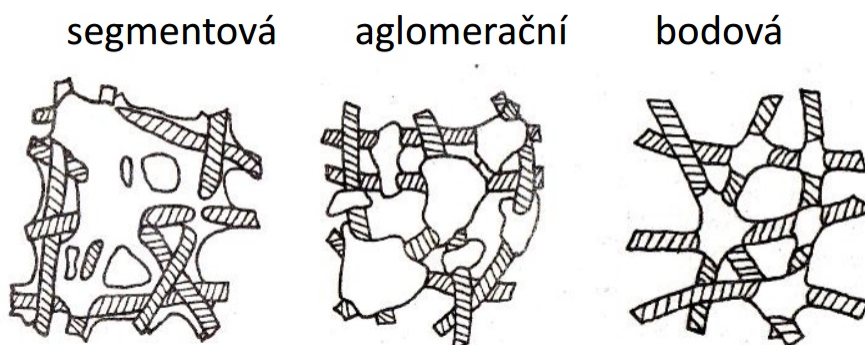
## Sprejové nanášení aditiv a pojiv

K postřiku kapaliny na textilie se používá rychle rotující kotouč (kartáč), na který se dávkuje kapalina, která má být aplikována. Vlivem odstředivé síly kapalina opouští kotouč a díky povrchovému napětí se mění na kapičky.

Dále se používají různé postřikovací přístroje, kdy je pod tryskami vedena textilie a nános přiváděn do zásobníků trysek, odkud je rovnoměrně rozstříkován. Neméně používané jsou ruční postřikovače s různými stupni velikostí rozstříkovacích mřížek, které zajišťují potřebné velikosti kapek [9].

## Mikrostruktury nánosů

Při nánosu různorodých pojiv či aditiv velmi závisí na mikrostruktuře nánosů těchto disperzí na vlákenném materiálu. Rozeznáváme tři typy těchto mikrostruktur – segmentová, aglomerační a bodová (viz obr. 4). Segmentová struktura pokrývá co největší povrch vláken a je řízená termodynamicky, zařazujeme sem impregnaci, postřik, tisk a rakle. Pro dosažení aglomerační struktury je vhodné používat prášky, mřížky, folie, termoplasty; je řízená kineticky – závisí na času, teplotě, síle přitlaku a viskozitě. Bodová struktura vzniká použitím bikomponentních vláken, hlavními vlastnostmi je pružnost, pevnost a velké množství bodů [12].



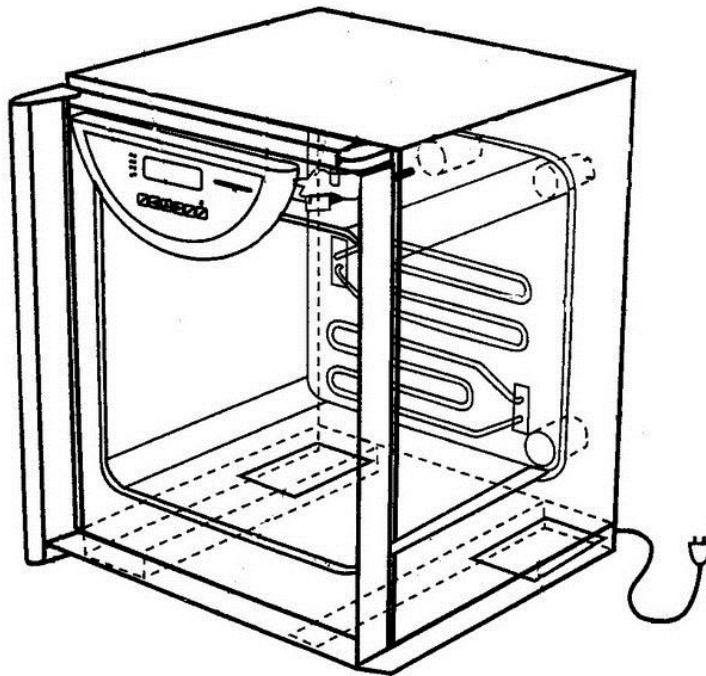
*Obr. 4 Mikrostruktura nánosů. [12]*

### 1.1.6 Horkovzdušné sušení a pojení

Jedná se o proces odstraňování vlhkosti pomocí cirkulujícího proudu ohřátého vzduchu v uzavřené komoře. Známe několik typů sušáren rozdělených dle typu ventilace, mezi které patří:

- Sušárny s přirozenou ventilací
- Sušárny s nucenou ventilací
- Sušičky laboratorního skla
- MINI sušárny
- Sušárny vakuové
- Sušárny parafinové s přirozenou cirkulací

Pro tuto práci jsou nejdůležitější horkovzdušné sušárny bez ventilátoru s přirozenou cirkulací vzduchu, které byly použity pro experimenty [17], průřez jedné ze sušáren je vyobrazen na obr. 5.



Obr. 5 Průřez laboratorní sušárnou. [28]



## 1.2. Materiály používané pro výrobu NT

### 1.2.1 Přírodní vlákna

Přírodní vlákna dělíme na živočišná a rostlinná. Mezi přírodní živočišná vlákna ze srsti patří ovčí vlna, velbloudí vlna, mohérová vlna, kašmírová vlna, lamí vlna, králičí srst nebo například koňské žíně. Mezi přírodní vlákna z výměšku hmyzu patří pravé hedvábí.

Do přírodních živočišných vláken zahrnujeme vlákna ze semen - bavlnu a kapok, mezi vlákna ze stonku patří len, konopí, juta a ramie a mezi vlákna získávaná z listů patří vlákna sisal, manilské konopí a novozélandský len [6].

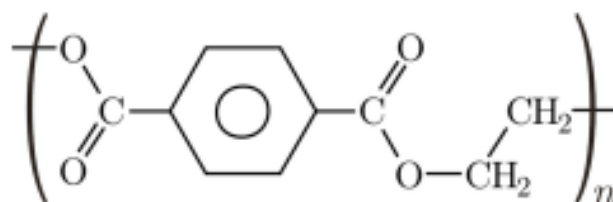
### 1.2.2 Syntetická vlákna

Při produkci NT jsou nejčastěji používaná syntetická vlákna. Jejich procentuální zastoupení dosahuje až 90% celkové produkce. Rozeznávají se tři třídy těchto vláken – vlákna vyrobená z přírodních, syntetických a anorganických polymerů [6].

#### Polyesterová vlákna

Polyesterová vlákna (obr. 6) jsou nejpoužívanějším typem syntetických vláken. Jsou velmi univerzální, co se týče použití – od různých průmyslových aplikací, po textilie pro domácnost a různé typy oděvů. K vlastnostem těchto vláken patří dobrá schopnost zotavení, vysoká pružnost a objemnost, dobrá odolnost vůči chemikáliím včetně dlouhodobého účinku, s výjimkou silných kyselin a zásad. Hlavními nevýhodami těchto vláken je náročnější barvení a žmolkování. Teplota tání je 256°C a tepelná odolnost výrobku 180 – 200 °C. Základní surovinou je ropa [3].

Klasickou formou polyesterových vláken je polyethyltereftalát (PET). Tato polymerní vlákna vznikají polykondenzací kyseliny tereftalové a etylenglykolu [4].



Obr. 6 Chemický vzorec polyethyltereftalátu. [3]

### 1.2.3 Chemická vlákna z přírodních polymerů

Základ výroby chemických vláken z přírodního polymeru spočívá v technologickém procesu, při kterém je chemickou přeměnou dřevěné celulózy a následného zvláknování alkalického viskóзовého roztoku do kyselé lázně vyráběno vlákno a utvářena jeho struktura. [7]

#### Viskóza

Viskóza má velmi dobré absorpční vlastnosti, někdy dokonce lepší, než u bavlněných materiálů – je taktéž splývavější, lesklejší a na omak působí velmi měkce.

Viskóza je ideálním vláknem pro kombinaci jak s přírodními, tak i se syntetickými vlákny – obzvláště s polyamidem a polyesterem. Těmto materiálům poskytuje již zmíněný měkčí a přirozenější omak a materiál se svými vlastnostmi velmi podobá materiálům přírodním [6].

### 1.2.4 Bikomponentní vlákna

Jedná se o syntetická vlákna nejčastěji ze dvou polymerních materiálů zvlákněných přes společnou trysku. Při výrobě pojených textilií jsou využívána jako pojiva a sestávají z výše a níže tajícího polymeru; nejčastěji je pro výše tající složku používán polyester a pro níže tající složku kopolyester či polypropylen [1]. Je známo mnoho typů těchto typů vláken (viz obr. 7), mezi nejrozšířenější patří:

#### a) Vlákna koaxiální (jádro/plášť)

Vyrábí se pomocí elektrostatického zvláknování přes speciální jehlu s odděleným přívodem obou polymerů, kdy vnitřní jehla vyčnívá před vnější jehlu zhruba o polovinu. Obvykle je nabíjen pouze plášť a jádro je vytahováno kontaktním třením mezi kapalinami. Použitím více jehel lze dosáhnout výroby vláken s více kanálky [18].

b) Side by side vlákna

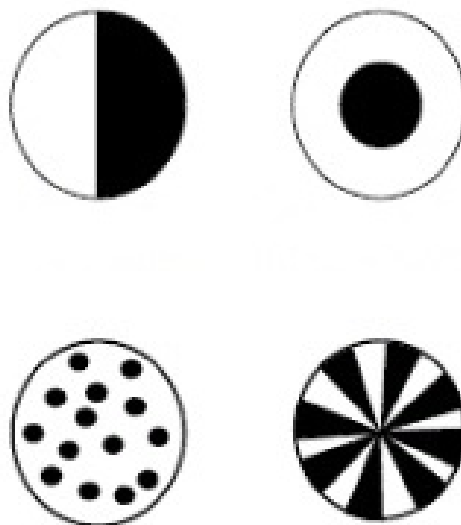
Výroba spočívá v tzv. slévání v proudech, kdy dochází k pravidelnému či nepravidelnému vzájemnému vrstvení. Komponenty mají rozdílnou srážlivost a bobtnavost [1].

c) Ostrovky v moři

Tato vlákna se využívají především k tvorbě jemných vlákenných struktur. Jedná se o dvousložkové vlákno, přičemž velké množství fibril jednoho polymeru disperguje do matrice z jiného polymeru. Ostrovky zde zaujímají vlákna; můžeme chápat matrici, která může být z jakéhokoliv druhu, či více druhů polymerů. Matrice funguje jako nosič a slouží k udržení bariéry mezi mikrovlákny [19].

d) Hvězdicový průřez vláken

Vlákna s tímto průřezem mají schopnost rozštěpit se na několik jemných fibril. Po tomto rozštěpení dosahují výrobky s použitím těchto vláken jemného omaku. Jejich použitím se obcházejí problémy obtížné zpracovatelnosti jemných vláken [8].



*Obr. 7 Průřez jednotlivých bikomponentních vláken (side by side, jádro/plášť, ostrovky v moři, hvězdicový průřez vláken. [1])*

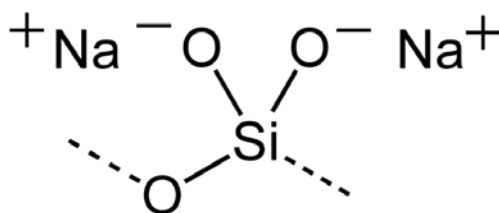
### 1.3. Vodní sklo

Vodní sklo (v angličtině také sodium silicate, water glass, liquid glass) je vodný roztok křemičitanu sodného (viz obr. 8). Je známý díky svému širokému uplatnění v komerčních a průmyslových aplikacích. [15]

#### Křemičitan sodný

Křemičitan sodný je prášek dobře rozpustný ve vodě. Jedná se o jednu z řady příbuzných sloučenin jako je orthokřemičitan sodný, nebo pyrokřemičitan sodný. Všechny tyto sloučeniny jsou sklovité, bezbarvé a rozpustné ve vodě. Křemičitan sodný je stabilní v neutrálním a alkalickém prostředí.

V kyselých roztocích iont křemičitanu reaguje s vodíkovými ionty za vzniku kyseliny křemičité, která při zahřátí přechází do formy silikagelu - tuhé, sklovité látky [16].



Obr. 8 Část řetězové struktury křemičitanu sodného. [15]

#### 1.3.1 Historie vodního skla

Tekuté sklo bylo zřejmě známé již alchymistům v 16. století. V alchymistickém rukopisu mnicha Basilia Valentina z roku 1520 se nachází návod na výrobu tzv. „Liquor Silicis“. Podobně je zmíněno „tekuté sklo za studena“ ve spise *Magia naturalis sive de miraculis rerum naturalium* z roku 1567. Johann Rudolf Glauber (1604–1668) popsal v roce 1648 výrobu *Liquor silicium* nebo *Oleum silicium* z potaše  $\text{K}_2\text{CO}_3$  a písku.

Chemik a mineralog Johann Nepomuk von Fuchs (1774–1856 Mnichov) při svých bádáních poprvé analyzoval v čisté formě látku, kterou nazval při popisu svých experimentů „vodním sklem“. Od roku 1826 vyráběla vodní sklo firma J. Dingler v Augšpurku, od roku 1835 továrna Friedricha Finkentschera v Redwitzu. Roku 1840 vznikla první továrna na výrobu vodního skla také v Čechách. [14]

### 1.3.2 Výroba vodního skla

#### a) Výroba z PKS/D (pevný křemičitan sodný/draselný)

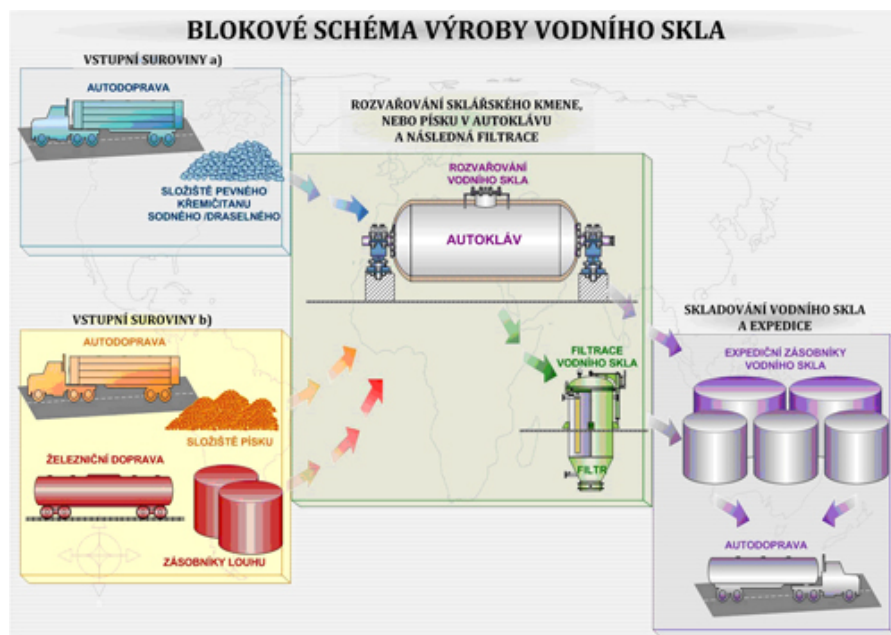
PKS/D se vyrábí ve sklářských vanových pecích při teplotách 1400 – 1600 °C tavením sklářského písku (oxid křemičitý 70-75%) za pomoci alkalických tavidel, které usnadňují tavení písku – soda (oxid sodný) nebo potaš (oxid draselný).

Za účelem rozpraskání na co nejmenší části se roztavená sklovina zprudka chladí. Tím se zajišťuje co nejjednodušší následné rozpouštění. Takto připravený vstupní materiál se pomocí hydroxidu sodného/draselného, vody, teploty a tlaku rozpouští v autoklávu (vytápěná, uzavíratelná tlaková nádoba) na tekuté vodní sklo. Tímto způsobem lze vyrábět všechny typy vodních skel [13].

#### b) Hydrotermální reakcí

V autoklávu (vytápěná, uzavíratelná tlaková nádoba) se za pomoci hydroxidu, vody, teploty a tlaku přímo rozpouští křemičitý písek. Touto metodou lze vyrábět jen určité typy vodních skel sodných.

Přidáváním organických či anorganických aditiv do procesu rozpouštění v autoklávu lze vylepšovat parametry a vlastnosti vodních skel (viz obr. 9). [13]



Obr. 9 Blokové schéma výroby vodního skla. [13]

### 1.3.3 Typy vodních skel

V průmyslu se vyrábí několik typů vodních skel, která se liší ve složení. Rozeznáváme vodní skla sodná, draselná, lithná, a jejich vzájemné kombinace - skla sodno – lithná, draselno – lithná a sodno – draselná [14].

### 1.3.4 Použití vodního skla

Vodní sklo sodné se používá jako přísada do odmašťovacích, pracích a čisticích prostředků, jako pojivo při výrobě svařovacích drátů či pískových forem ve slévárnách. V čistírnách odpadních vod jako odstraňovač těžkých kovů. Dále pak jako lepidlo v papírenském průmyslu či aktivátor při výrobě geopolymerních materiálů.

Pro výrobu nátěrových hmot, tmelů, suchých maltových směsí apod. ve stavebnictví se používá draselné vodní sklo.

Pro náročné aplikace jako jsou průmyslové podlahy, speciální protipožární materiály, barvy apod. se používají méně známá vodní skla lithná, sodno - lithná a draselno – lithná. [14]

#### Použití vodního skla s textiliemi

Zahraniční studie „Effect of natural fiber types and sodium silicate coated on natural fiber mat“ (v překladu „Vliv typů přírodních vláken a křemičitanu sodného potaženého na přírodních vláknitých rohožích“) se zabývala zkoumáním chování vodního skla na přírodních vláknech ve formě rohoží, použitými materiály byly sisal, juta a abaka.

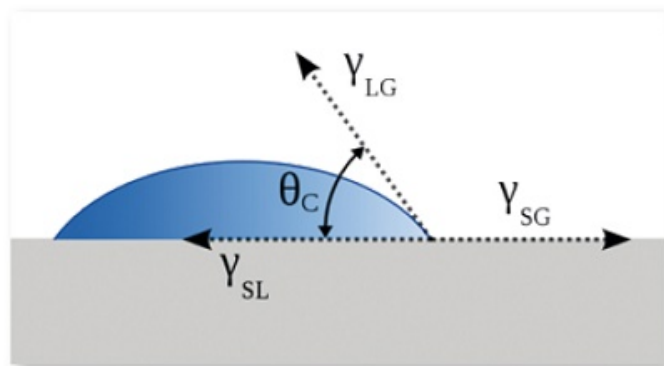
Tyto rohože byly impregnovány v roztoku křemičitanu sodného – tedy vodního skla. Bylo zjištěno, že po tomto nánosu byla snížena pevnost materiálu v tahu v důsledku použití hydroxidu sodného jako rozpouštědla pro silikátový výtažek z popela rýžových slupek (tento popel je zdrojem amorfního reaktivního oxidu křemičitého). Naopak pokud jde o tažnost, její hodnoty byly mírně zvýšeny.

Mimoto bylo také zjištěno, že vodní sklo zpomalovalo rychlost šíření ohně asi o 50% ve srovnání s neošetřenými materiály [29].

## 1.4. Zkoušky

### 1.4.1 Úhel smáčení

Podle úhlu smáčení je rozlišováno, jestli kapalina pevný povrch smáčí, či ne. Pro představu je přiložen obr. č. 10, kde je zobrazen povrch pevné látky, na kterém je nanesena kapka kapaliny. V takovéto soustavě existují tři různé stykové plochy na rozhraních mezi pevnou látkou a plynem, kapalinou a plynem a kapalinou s pevnou látkou. Každé rozhraní má příslušné povrchové napětí, jež jsou označeny  $\gamma_{LG}$ ,  $\gamma_{SG}$  a  $\gamma_{SL}$ , přičemž jsou tato písmena zkratkami anglických názvů liquid/gas (voda/plyn), solid/gas (pevná látka/plyn) a solid/liquid (pevná látka/voda). Křivka, na které se stýkají všechna tři fázová rozhraní, se nazývá linie smáčení. Tato uzavřená linie vytváří obvod smáčení. Úhel  $\theta$  mezi rozhraním pevná látka/kapalina a kapalina/plyn je pojmenována úhlem smáčení [20].



Obr. 10 Kapka kapaliny na rovinném pevném povrchu s vyznačenou rovnováhou sil povrchového napětí na obvodu smáčení. [21]

Pokud se povrchová napětí uvažují jako síly působící kolmo k jednotce délky, obvodu smáčení a působí-li ve směru tečny k odpovídajícím rozhraním, je možné znázornit podmínku rovnováhy těchto sil jako Youngovou rovnicí [21]

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{LG} \cos(\theta) \quad . \quad (1)$$

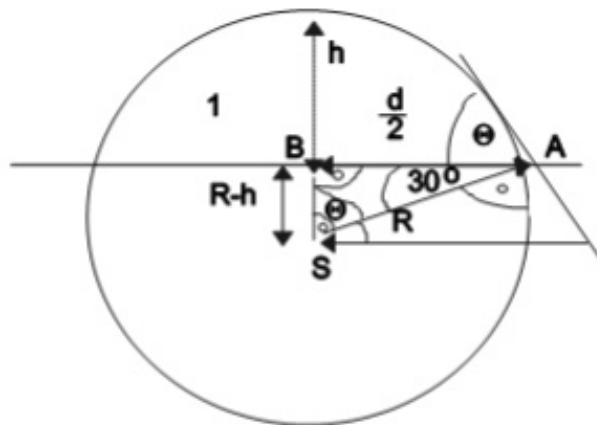
Při předpokladu beztlížných podmínek, vytvoří kapka kapaliny s objemem  $V$  na rovném povrchu pevné látky kulovou výseč s výškou  $h$ , poloměrem zakřivení  $R$  a poloměrem obvodu kružnice styku tří fází (obvodu smáčení)  $AB$  viz obr. 11.

Z těchto hodnot se dají vytvořit rovnice, jejichž pomocí se určí úhel smáčení

$$\sin \theta = \frac{d}{2R} \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{d^2}{4} + (R - h)^2 \quad (3)$$

$$\Theta = \arcsin \frac{4dh}{d^2 + 4h^2} \quad (4)$$

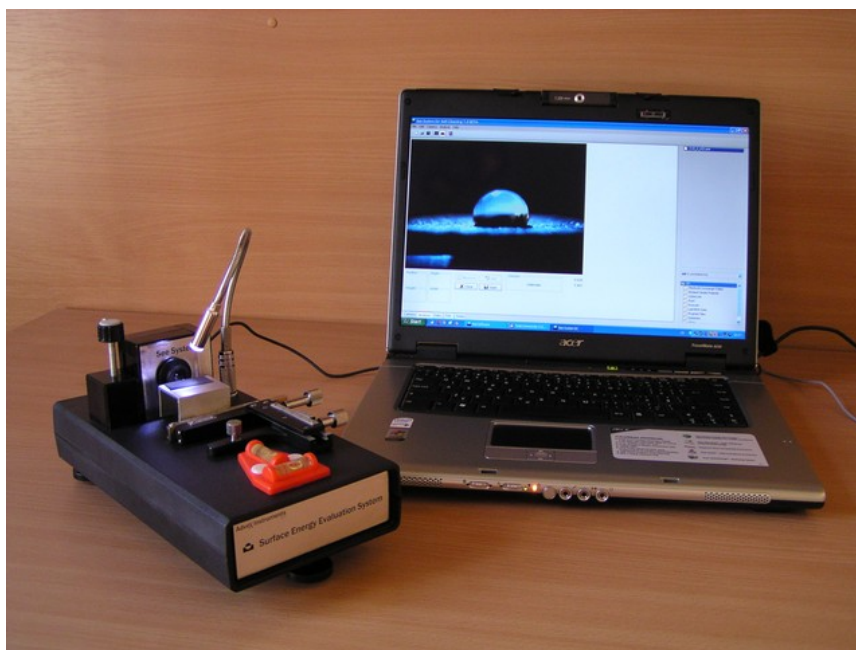


*Obr. 11 Kapka v podobě kruhové výseče výšky  $h$  a průměru podstavy  $d$  s pravoúhlým trojúhelníkem  $ABS$ , kde  $S$  je střed koule příslušné úseče. Úhel smáčení  $\theta$  je měřen v bodě  $A$ . [30]*



## Surface Energy Evaluation System

Na principu zmíněné rovnice funguje vyhodnocovací zařízení Surface Energy Evaluation System (SEES) navržený Masarykovou univ. v Brně. SEES je přenosný přístroj pro rychlé a snadné měření kontaktního úhlu a výpočet povrchové energie. Přístroj (obr. 12) zahrnuje kameru pro záznam tvaru kapky a softwarový program pro následné vyhodnocení [22].



*Obr. 12 Přenosný přístroj SEES s kamerou a softwarem pro měření úhlu smáčení. [22]*

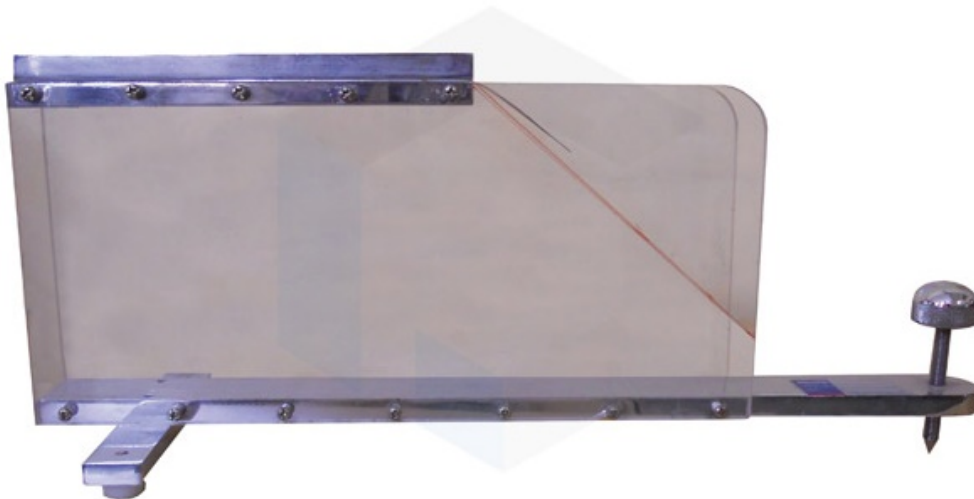
### 1.4.2 Ohybová tuhost

Tato metoda spočívá v měření délky ohybu netkaných textilií na principu konzolového typu; z této délky ohybu lze vypočítat ohybová tuhost. Ohýbaná délka se rovná délce obdélníkového pásu materiálu, který se ohýbá vlastní vahou do úhlu  $7,1^\circ$ . Tuhost v ohybu je poměr malé změny ohybového momentu na jednotku šířky materiálu s odpovídajícími malými změnami v zakřivení.

Dle testovací metody WSP 090.5.R4 je obdélníkový pás textilie o rozměrech 2,5 cm x 20 cm vkládán na vodorovnou platformu (viz obr. 13) v kolmém směru k okraji plošiny a je zatížen. Pás se posouvá ve směru své délky tak, že část je v převisu a ohýbá se dolů vlastní vahou, dokud špička vzorku nedosáhne roviny procházející korytem s ryskou skloněnou pod úhlem  $41,5^\circ$  k vodorovné rovině. Následně se změří délka vysunuté části textilie a toto číslo se použije do rovnice

$$G = 0,1 \times W \times C^3 \times 10^{-2} \quad , \quad (5)$$

kde G je ohybová tuhost [mg.m], W plošná hmotnost vzorku [ $\text{g/m}^2$ ] a C je vysunutá délka [cm] [23].



Obr. 13 Přístroj pro měření ohýbané délky textilií pro zjištění ohybové tuhosti. [24]

### 1.4.3 Tření

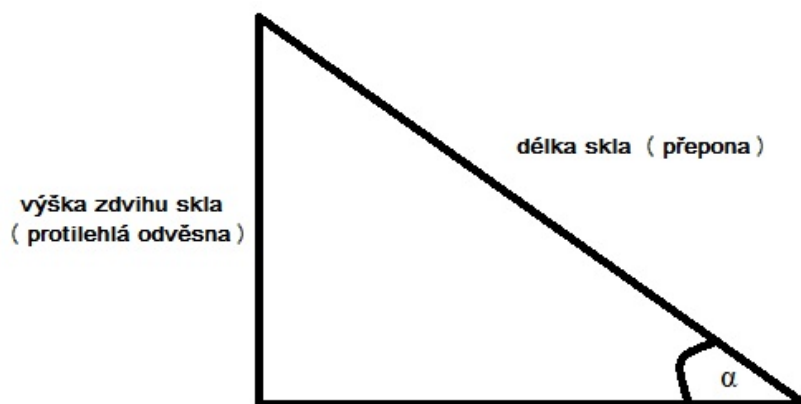
Tření je fyzikální jev, který vzniká při pohybu a je doprovázeno třecími silami, které působí v opačném směru, než síla pohybová. Pokud je třecí síla menší, než síla pohybu, těleso se pohybuje; pokud se síly vyrovnají, těleso se zastaví. Při větší třecí síle, než síla, kterou je těleso uváděno do pohybu, těleso se vůbec nezačne pohybovat. Na velikost třecích sil má vliv hmotnost tělesa a stykové plochy dvou těles [22].

Pro měření tření byl navržen přístroj s dřevěnou základní deskou a kovovou konstrukcí, do které se zasazuje plochá skleněná tabule o rozměrech 20 cm x 30 cm. Otáčením přimontovaným postranním kolečkem je umožněno kovovou konstrukci se skleněnou deskou zvedat z vodorovné polohy do požadovaného úhlu.

Měření spočívá v položení zkoumaného vzorku na skleněnou desku a zvedání této desky do chvíle, kdy se překoná tření mezi materiály a vzorek se začne vlastní vahou vlivem gravitace posouvat směrem dolů. V této chvíli se měří výška zdvihu skleněné desky od vodorovné polohy a následuje výpočet úhlu pomocí náklonu podle rovnice

$$\sin^{-1}(\alpha) = \frac{d}{l} \quad . (6)$$

Rovnice odpovídá funkci sinus, kdy  $d$  je výška zdviženého skla (protilehlá odvěsna) a  $l$  je délka skleněné desky (přepona) viz obr. 14.



Obr. 14 Trojúhelník pro výpočet úhlu alfa ze získaných veličin.

#### 1.4.4 Stlačitelnost

Odpor vůči stlačení se vyjadřuje jako závislost tloušťky vzorku  $h$  na působícím tlaku  $p$ . Pomocí funkce se dá vyjádřit jako

$$H = f(p) \quad . \quad (7)$$

Měření odporu vůči stlačení se provádí metodou, která je modifikována z již neplatné normy DIN 54 305 „Pružnost v tlaku vlákněných roun, netkaných textilií a vat.“ Zkušební vzorky pro tuto metodu musí splňovat rozměry  $200 \pm 1$  mm x  $200 \pm 1$  mm a tloušťku  $20 \pm 1$  mm. Plocha zkoušeného vzorku nesmí přesahovat plochu stlačovací desky. Pokud vzorky nemají požadovanou tloušťku, je nutné navrstvit je tak, aby jednotlivé vrstvy byly vždy otočeny o  $90^\circ$  a celková tloušťka byla nejméně 40 mm [23].

Zkouška se provádí na univerzálním zkušební stroji LaborTech 2.050 (viz obr. 15), který je vhodný pro tlakové, tahové a ohybové namáhání a je také vhodný pro stlačování objemných netkaných textilií, kdy je textilie vkládána mezi dvě čtvercové desky o velikosti 20 cm x 20 cm, z nichž je spodní deska pevná a horní se pohybuje. Po vložení vzorku se pomocí programu LabTest navolí počet cyklů stlačování a následného uvolňování (cyklické namáhání), rychlost stlačování a další potřebné parametry. Po začátku testu program vytváří graf průběhu zkoušky a ukládá naměřená data [25].



Obr. 15 Univerzální zkušební stroj LaborTech 2.050 pro stlačování netkaných textilií. [26]

## 2. Experimentální část

Experimentální část práce je zaměřena na vytvoření netkané textilie a její upravení optimální vrstvou vodního skla předem zjištěnou několika pokusy. Dále se tato část práce zabývá zkoumáním vlastností takto upravené netkané textilie, jako je ohybová tuhost, tření a stlačitelnost. Závěr experimentální části práce se zaměřuje na zjišťování zmíněných vlastností u vzorků s předchozím mechanickým namáháním.

### 2.1. Sledování úhlu smáčení vodního skla

Pro tuto bakalářskou práci bylo k dispozici sedm typů vodních skel pod obchodními názvy:

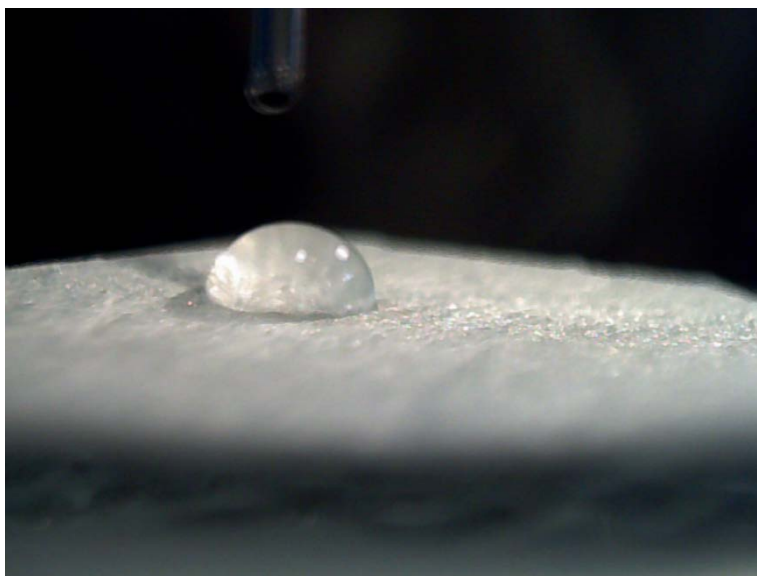
Na 52-55, Bi 1430, Li 7,4/7,7, Li 2,6, LiNa, K 3,8-4,1 a K 1,7 (obr. 16).



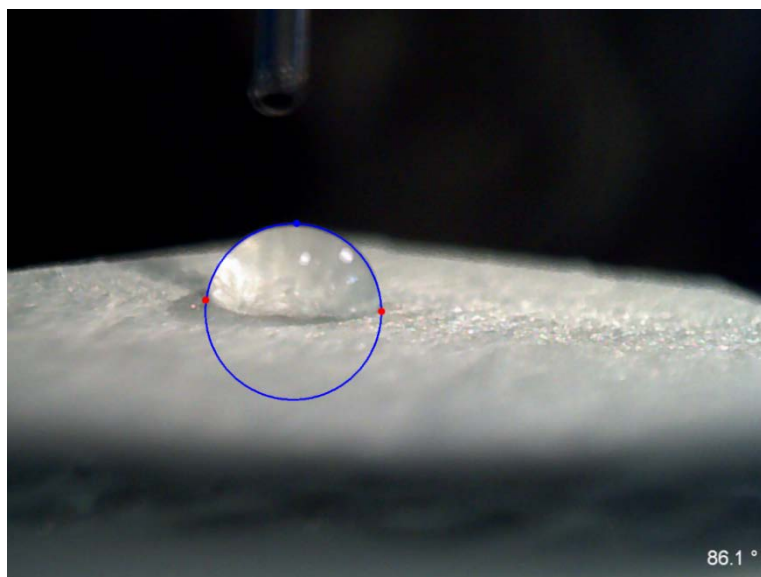
*Obr. 16 Zkoumaná vodní skla.*

Jednotlivé názvy jsou odvozeny od jejich chemického složení a poměru křemičitanu sodného rozpuštěného ve vodném roztoku. Tato vodní skla byla podrobena zkoušce sledování úhlu smáčení pomocí přístroje Surface Energy Evaluation System s kamerou. Na sklo, papír a viskóznou netkanou textilií byly tyčinkou nanášeny kapky vodního skla (viz obr. 17) a ty snímány kamerou a fotografovány. U jednotlivých kapek byl následně měřen jejich úhel smáčení – ve vodorovné linii kapky s povrchem se co nejpřesněji vytvořily body na okrajích kapky (průměr podstavy) a výška kapky ve středu vrchu. Program díky tomu vytvořil přesnou konturu kapky a vyhodnotil úhel smáčení, jak je vidět na obrázku č. 18.

Čím méně smáčivý materiál se použil, tím kulatější se vytvořila kapka a tím i vyhodnocen vyšší úhel a naopak. Pokud se pro test použila netkaná viskózová textilie a vodní sklo se ihned vpilo, použilo se vytváření snímků v půlvteřinových intervalech – v tomto případě se našel nevhodnější snímek ihned po dopadu kapky na materiál, který byl vyhodnocován; dále se zaznamenal čas vsáknutí vodního skla do NT. Následně byla díky těmto zkouškám vybrána nevhodnější vodní skla pro aplikaci na netkanou textilii.



*Obr. 17 Nanesená kapka vodního skla na netkanou textilii.*



*Obr. 18 Označení průměru podstavy a výšky kapky s následným vyhodnocením úhlu smáčení programem.*

### 2.1.1 Úhel smáčení na sklo, papír a netkanou textilií

Nejprve byl sledován úhel smáčení neřaděných vodních skel na sklíčku a viskóзовé netkané textilií. Jelikož se některá vodní skla do netkané textilie ihned vsákla, nebylo možné v programu změřit úhel smáčení (viz tabulka č. 1), proto se jako náhrada použil kancelářský papír, který se měl materiálovým složením přiblížit viskóze, jelikož obsahuje celulózu.

název vzorku	úhel smáčení [°]		
	sklo	NT 100% viskóza	kancl.papír
Na 52-55	41,7	130,4	76,7
Bi 1430	28,8	–	56,3
Li 7,4/7,7	17,7	–	64,6
Li 2,6	15,5	–	68
LiNa	23	–	74
K 3,8-4,1	44,2	65,5	54,7
K 1,7	46	–	79,2

Tab. 1 Úhel smáčení nezřaděných vodních skel na různé materiály.

Dále byla všechna tato vodní skla nařaděna destilovanou vodou v poměrech 10% VS / 90% VODA a 50% VS / 50% VODA, zde se již u všech skel dal změřit úhel smáčení. U netkané textilie byl navíc i naměřen čas od nanesení kapky, po vsáknutí do textilie. Výsledky jsou vidět v přiložené tabulce č. 2.

název vzorku	úhel smáčení [°]					
	Koncentrace 50% voda/50% vod. sklo			Koncentrace 10% vod. sklo / 90% voda		
	Sklo	NT 100% viskóza	čas [s]*	Sklo	NT 100% viskóza	čas [s]*
Na 52-55	27,4	95,4	3	5,5	78,1	3
Bi 1430	10,6	92	1,5	5,4	86,1	3,5
Li 7,4/7,7	22,1	59,3	1	4,9	60,7	2
Li 2,6	21,7	73,7	1	5,3	80,1	2
LiNa	19,1	54	1,5	18,8	57,9	1,5
K 3,8-4,1	25,6	95,8	2	10,8	77	1,5
K 1,7	25,8	99,1	13,5	16	98,8	2
* čas od kápnutí po vsáknutí kapky do NT						

Tab. 2 Úhly smáčení koncentrovaných vodních skel na různé materiály.

## 2.1.2 Úhel smáčení s přidáním povrchově aktivní látky

V této části byla do vodního skla přidávána povrchově aktivní látka Slovasol 258/9 za účelem snížení povrchové energie a tím lepšímu přilnutí na vlákna textilií. Při pozorování v kádinkách a poté i na skle bylo zjištěno, že přidáním povrchově aktivní látky se vlastnosti vodního skla horší a není tedy vhodné tuto látku přidávat. Nejspíše dochází k tvorbě micel, které na sebe navazují molekuly vodního skla a dochází k následné koagulaci (viz obr. 19) a tedy i tvorbě nehomogenní směsi. Další testy tedy na papír či netkanou textilií nebyly potřebné. V tabulce č. 3 je popsán vzhled těchto vodních skel po přidání povrchově aktivní látky.

Slovasol 258/9	úhel smáčň [°]	Vzhled
název vzorku	Sklo	
Na 52-55	33,3	Zhoustnutí + zakalení (jemná suspenze).
Bi 1430	18,4	Čirá, napěněná kapalina, obsahuje jemné nerozpuštěné částice.
Li 7,4/7,7	19,7	Čirá, napěněná kapalina, obsahuje jemné nerozpuštěné částice.
Li 2,6	23,8	Zakalení, jemná suspenze, pěna
LiNa	17,5	Lehké zakalení, větší sraženiny, bez pěny
K 3,8-4,1	38,9	Výrazné zhoustnutí + vysrážení → lze rozmíchat na jemnější suspenzi
K 1,7	41,3	Jemné sraženiny

Tab. 3 Vzhled vodních skel po přidání povrchově aktivní látky.

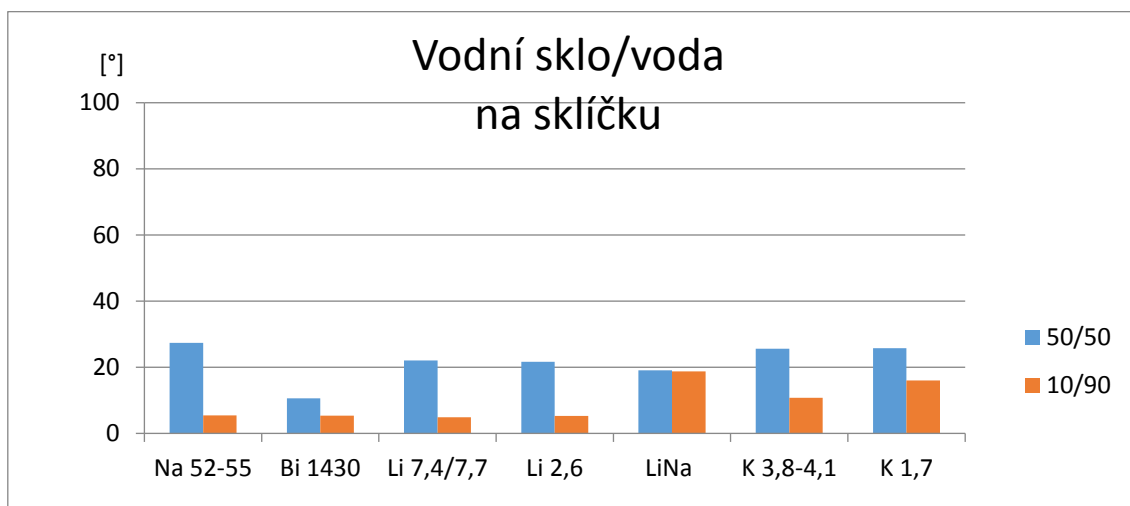


Obr. 19 Koagulace vodního skla po přidání povrchově aktivní látky.

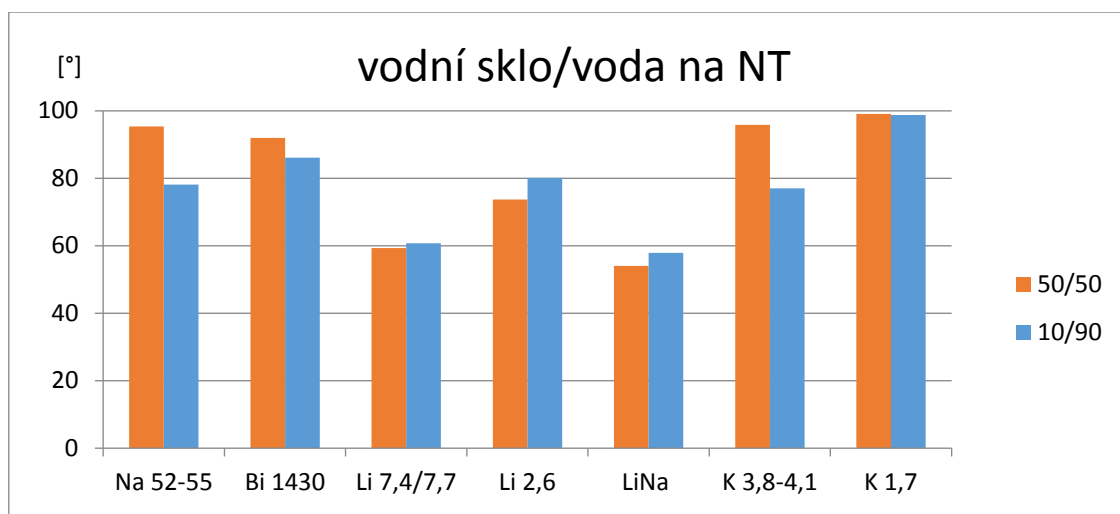


### 2.1.3 Výběr vhodných typů vodních skel dle úhlu smáčení

Jelikož není pro tuto práci vhodné, aby se na netkané textilii tvořily kapičky, ale chceme docílit jednotného filmu vodního skla na jednotlivých vláknech, bylo důležité, aby byla vybrána skla, která mají co nejmenší úhel smáčení, a tedy tyto kapičky netvoří. Pro přehlednější zkoumání výsledků jsou přiloženy grafy č. 20 a 21 všech vodních skel s oběma koncentracemi jak na sklíčku, tak použité viskóзовé netkané textilie, ze kterých je patrné, že k výše zmíněnému důvodu dopadla nejlépe skla LiNa, Li 7,4 – 7,7 a LiNa 2,6. Tato tři vodní skla byla nadále použita pro nástřik předběžných vzorků a další vyhodnocení jejich vhodnosti k použití, které jsou blíže rozepsány v části 2.3.1 této práce.



Obr. 20 Porovnání dvou koncentrací vodních skel na sklíčku.



Obr. 21 Porovnání dvou koncentrací vodních skel na viskóзовé netkané textilii.

## 2.2. Výroba materiálu

### 2.2.1 Příprava a vážení vláken

Pro přípravu vzorků byly vybrány dva typy vláken – viskózy a bikomponentního polyesteru (PES). Na základě pojících schopností bikomponentního materiálu bylo rozhodnuto, že se použije poměr vláken 70% VS / 30% PES přičemž bikomponentní polyester, jakožto syntetické vlákno, byl použit jako pojící vlákenná část této směsi; jelikož nadále bylo použito tepelného pojení formou kolmého kladení - STRUTO. Bylo rozhodnuto, že se vyrobí dvě rozdílné plošné hmotnosti – 400 g/m<sup>2</sup> a 600 g/m<sup>2</sup> pro následné porovnávání. Při předběžném rozvrhnutí, kolik bude přibližně potřeba materiálu na vzorky, se došlo k závěru, že pro výrobu textilií budou naváženy hromádky po 80g. Aby nebyla výsledná textilie příliš tvrdá, je důležité použít nižší množství pojícího materiálu. Z toho tedy vychází, že bylo naváženo 56 g viskózových vláken a 24 g polyesterových.

### 2.2.2 Mykání

Mykání bylo provedeno na válcovém mykacím stroji, který je využíván převážně pro vlnářskou výrobu a pro syntetická vlákna. Připravené hromádky obou typů vláken byly rovnoměrně rozmístěny na přiváděcí pás a po jedné navážce mykány za průběžného zastavování mykacího stroje a odebrání vzniklé pavučiny. Tyto jednotlivé pavučiny byly znovu ručně rozebrány a vloženy do mykacího stroje podruhé, kvůli dobrému promísení vláken (viz obr. 22).



*Obr. 22 Druhý cyklus mykání – vkládání vzniklé pavučiny pro optimální promísení vláken.*

Tyto přesné hromádky byly vyráběny z důvodu jednoduššího rozpočítání množství pro předem zvolené dvě různé plošné hmotnosti – na každou plošnou hmotnost se vzalo různé množství takto připravených pavučin (pro plošnou hmotnost 400 g/m<sup>2</sup> 11 hromádek a pro plošnou hmotnost 600 g/m<sup>2</sup> 15 hromádek) a vytvořily se dvě různě objemné hromady pavučin, které se potřetí vkládaly do mykacího stroje. Tentokrát se rouno vkládalo nepřetržitě a ze stroje ihned přiváděno ke kolmému kladení.

### 2.2.3 Výroba kolmo kladené NT

Díky dvěma rozdílným objemům přiváděných pavučin mohly být vyrobeny kolmým kladením dvě netkané textilie. Jednalo se o plošné hmotnosti 410 g/m<sup>2</sup> a 600 g/m<sup>2</sup>. Textilie pro obě plošné hmotnosti byla přiváděna do stroje rychlostí 7 m/min; zde byla formována otáčecím kladečem při 5 Hz a 230 zdvizích za minutu na jednotlivé kolmo kladené vlny a odváděna horkovzdušnou komorou zahřátou na 140 °C pomocí pásu rychlostí 0,22 m/min (400 g/m<sup>2</sup>) a 0,15 m/min (600 g/m<sup>2</sup>). Čím pomaleji se hýbal odváděcí pás, tím četněji se vedle sebe tvořila kolmo kladená netkaná textilie a docházelo tedy k vyšší plošné hmotnosti. Po výstupu ze stroje se textilie ochlazovala a smotávala do role (viz obr. 23).



*Obr. 23 Kolmo kladená netkaná textilie průběžně rolovaná po východu ze stroje.*

## 2.3. Příprava vzorků

### 2.3.1 Statistika počtu nástřiků vodního skla a vliv na NT

Pro optimální počet nástřiků se vyrobilo několik předběžných vzorků o velikost 5 cm x 5 cm (viz obr. č. 24), na kterých toto množství bylo zkoušeno – jednalo se o 4, 10 a 25 nánosů. Postup byl takový, že se textilie průběžně vážila mezi nástřiky a zasoušením vrstev na obou stranách vzorků. Vážení se provádělo z důvodu pozorování rozdílu hmotností a plošných hmotností nástřiků vodního skla na jednotlivých vzorcích – konkrétně zdali se jednotlivá skla od sebe hmotnostně liší, či mají rozdílné plošné hmotnosti vliv na strukturu nástřiku a nánosu pojiva.

Konečným výsledkem se ukázalo jako nejkvalitnější použít průměrných 15 nástřiků z toho důvodu, že při větším počtu se vodní sklo na povrchu netkané textilie slévalo dohromady a netvořilo požadovaný film na vláknech – při zasoušení tedy tvořilo jedolitou tvrdou vrstvu nehledě na použitý vlákenný materiál a naopak při menším počtu nástřiků nebyla po zasoušení dostatečně znatelná vrstva vodního skla, textilie se zdála být téměř neošetřená a tudíž by nebylo téměř možné sledovat chování vlastností. Pro sledování vlastností při menším objemu vodního skla bylo přistoupeno k předem zmíněnému použití 1% a 10% koncentrace vodního skla v samotném nástřiku. Pro tento pokus byla použita tři předem zvolená vodní skla, která vykazovala nejlepší vlastnosti, výsledky vlivu počtu nástřiků na hmotnost nánosů a plošnou hmotnost nánosů jsou zaznamenány v tabulce č. 4.

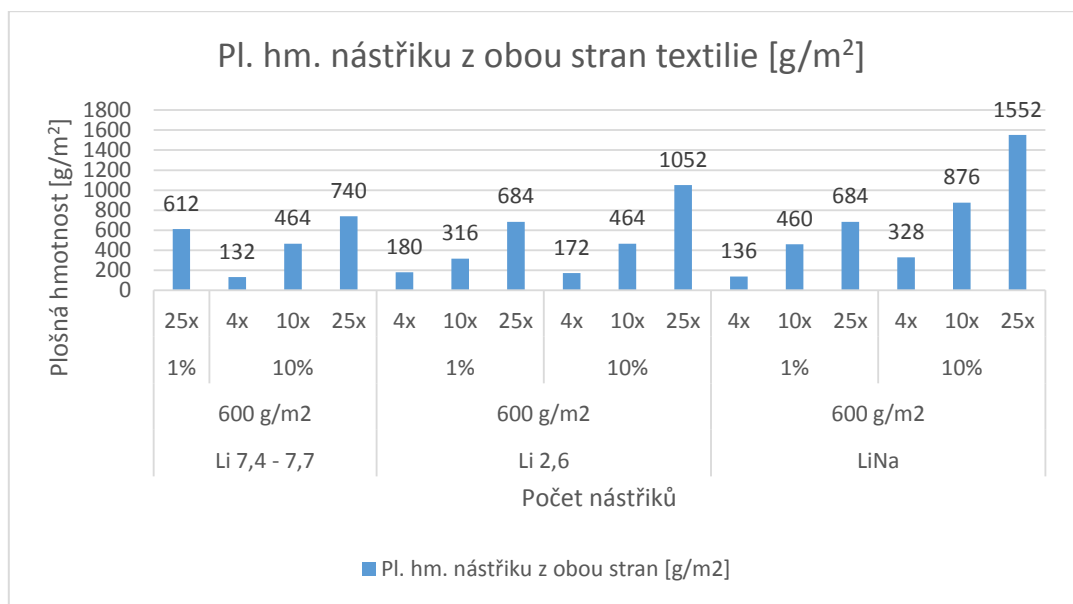


*Obr. 24 Nástřik vzorků vodními skly.*

Vodní sklo, plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ] a koncentrace %		Počet nástřiků	Hm. nástřiku z jedné strany [g]	Pl. hm. nástřiku z jedné strany [g/m <sup>2</sup> ]	Hm. nástřiku z obou stran [g]	Pl. hm. nástřiku z obou stran [g/m <sup>2</sup> ]
Li 7,4 - 7,7	1%	25	0,76	304	1,53	612
	10%	4	0,16	64	0,33	132
		10	0,69	276	1,16	464
		25	0,93	372	1,85	740
Li 2,6	1%	4	0,22	88	0,45	180
		10	0,44	176	0,79	316
		25	0,72	288	1,71	684
	10%	4	0,13	52	0,43	172
		10	0,5	200	1,16	464
		25	1,14	456	2,63	1052
LiNa	1%	4	0,13	52	0,34	136
		10	0,6	240	1,15	460
		25	0,97	388	1,71	684
	10%	4	0,39	156	0,82	328
		10	0,98	392	2,19	876
		25	2,01	804	3,88	1552

*Tab. 4 Tabulka znázorňující vliv počtu nástřiků při různých koncentracích tří typů vodních skel na hmotnost a plošnou hmotnost nástřiků vzorků 5 cm x 5 cm.*

Pro další pokračování zkoumání vlastností byla dostačující pouze dvě vodní skla a po prostudování tabulky a vytvoření grafu č. 25 s plošnými hmotnostmi nástřiku vodních skel z obou stran textilie, u kterého byla pro přehlednost využita pouze data s 10% koncentrací, je evidentní, že nejnižší hodnoty i přes vysoký počet nástřiků a koncentraci vykazovalo sklo s názvem Li 7,4 – 7,7; po nástřiku vzorků s 10% koncentrací tohoto skla byly nižší hodnoty již znatelné, proto byla 1% koncentrace vyzkoušena pouze na jednom vzorku a toto tvrzení bylo potvrzeno. Jelikož tyto hodnoty jsou odlišné od dalších dvou typů vodních skel, toto sklo se vyřadilo a pro následující pokusy tedy byla vybrána skla s názvy Li 2,6 a LiNa.



Obr. 25 Porovnání plošných hmotností nanesené vodního skla při různých počtech nástřiků.

### 2.3.2 Nástřík a stříhání vzorků

Z připravených roun kolmým kladením byly nastříhány vzorky o rozměrech 20 cm x 20 cm, které se zdály být nejvhodnějšími pro další postupy s několika různými druhy zkoušek. Bylo předpokládáno, že se pro každou zkoušku nastříhají přesné rozměry po nánosu vodního skla a od každé plošné hmotnosti se ponechal vzorek bez nánosu vodního skla na porovnání. Po převážení jednotlivých vzorků vyšlo najevo, že průměrné plošné hmotnosti vyrobených roun byly 410 g/m<sup>2</sup> a 600 g/m<sup>2</sup> a proto se nadále počítalo s těmito hodnotami. Vzorky byly rozděleny na dvě skupiny, kvůli použití dvou různých vodních skel, které z předchozího experimentu vyšly jako nejvhodnější.

Obě tyto skupiny byly dále rozděleny na oddělené poloviny, kdy se první polovina vzorků nástříkala 1% a 10% koncentrací vodního skla LiNa, a druhá polovina 1% a 10% koncentrací vodního skla Li 2,6. Předpokládalo se, že toto množství bude pro zkoušky stačit, ale po čase bylo přivyrobeno dalších několik vzorků pro možnost pokračování v experimentech s mechanickým namáháním. Postup byl totožný, jako u zkoušení počtu nástřiků – tedy nástřík vzorků z obou stran s postupným zasoušením (obr. č. 26). Hmotnost nástřiků a plošná hmotnost nástřiků je zaznamenána v tabulce č. 5.



Obr. 26 Sušení vzorků v horkovzdušné komoře při 100 °C.

Vodní sklo, plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ] a koncentrace [%]		Hmotnost nástřiku z jedné strany [g]	Pl. hm. nástřiku z jedné strany [g/m <sup>2</sup> ]	Hmotnost nástřiku z obou stran [g]	Pl. hm. nástřiku z obou stran [g/m <sup>2</sup> ]	
Li 2,6	410	1%	5,79	144,63	12,10	302,58
		10%	6,60	165,04	12,39	309,71
	600	1%	6,20	154,96	12,72	318,04
		10%	6,67	166,83	13,05	326,25
LiNa	410	1%	5,96	149,08	12,33	308,30
		10%	6,13	153,30	12,79	319,79
	600	1%	6,33	158,21	12,04	300,96
		10%	6,82	170,54	12,21	305,25
Průměr pro 410 g/m <sup>2</sup>			6,12	153,01	12,40	310,10
Průměr pro 600 g/m <sup>2</sup>			6,51	162,64	12,51	312,63

Tab. 5 Průměrná hmotnost a průměrná plošná hmotnost nástřiků vodního skla základních vzorků.

V tabulce je také zaznamenána průměrná hmotnost a průměrná plošná hmotnost nástřiku vzorku z jedné strany (15 nástřiků) před zasušením, která je 6,12 g (410 g/m<sup>2</sup>) a 6,51 g (600g/m<sup>2</sup>) a z obou stran (2x 15 nástřiků) 12,40 (410 g/m<sup>2</sup>) a 12,51 g (600g/m<sup>2</sup>) přičemž závisí na zvolené koncentraci, neboť nános 10% vodního skla má vždy vyšší hodnoty hmotnosti nástřiku oproti 1% koncentraci.

Váha zasušeného skla se nedá změřit z následujícího důvodu - z naměřených hodnot je znatelný zvláštní úkaz. Jedná se o to, že po konečném zasušení má vždy textilie nižší gramáž, než suchá textilie na začátku před nánosem vodního skla. Bylo vyvozeno, že se sušením nejspíš textilie zbavila přirozené vlhkosti. Toto tvrzení bylo dokázáno kontrolním převážením jednoho vzorku po několika dnech, kdy se do vzorku částečně navrátila vlhkost ze vzduchu a vzorek byl tedy těžší, a blížila se váze vzorku s jedním nástřikem bez zasušení.



## 2.4. Zkoušení vlastností textilií

### 2.4.1 Ohybová tuhost

Od každého typu připravených vzorků netkané textilie byly připraveny vzorky o rozměrech 25 cm x 2,5 cm střižené v podélném směru a v příčném směru, které se nadále podrobily zkoušce ohybové tuhosti. Tato zkouška probíhala dle normy, kdy byla textilie vložena do přístroje, přitlačena kovovou lištou a touto lištou následně i vysouvána do prostoru. V ohýbání vlastní vahou textilie se pokračovalo až do fáze, kdy se linie textilie srovnala s ryskou na přístroji a zapsala se délka vysunuté části textilie. Výsledky v centimetrech byly zaznamenány a pomocí dříve uvedeného vzorce přepočítány na hodnoty ohybové tuhosti.

V následující přiložené tabulce č. 6 jsou uvedeny hodnoty v cm – jakožto délka vysunuté části NT z přístroje.

VODNÍ SKLO	koncentrace VS [%]	plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	průměr hodnot podélného měření [cm]	průměr hodnot příčného měření [cm]
LiNa	1%	600	17,23	3,67
		410	16,43	3,37
	10%	600	18,87	5,5
		410	17,77	4
Li 2,6	10%	600	19,73	5,47
		410	18,77	4,77
	1%	600	17,67	3,23
		410	16,57	3,5
Bez Skla	neošetřený	600	16,7	2,2
Bez skla	neošetřený	410	14,1	2,6

Tab. 6 Tabulka naměřených hodnot ohýbání materiálu v cm před přepočtem podle vzorce.

Následující tabulka č. 7 již obsahuje přepočítané hodnoty průměrů z předchozí tabulky pomocí dříve uvedeného vzorce pro ohybovou tuhost.

VODNÍ SKLO	koncentrace VS [%]	plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Průměr hodnot podélného měření [mg.m]	Průměr hodnot příčného měření [mg.m]
LiNa	1%	600	3069,07	151,71
		410	1818,43	69,60
	10%	600	4031,50	670,74
		410	2300,63	147,24
Li 2,6	1%	600	3310,25	111,55
		410	1865,31	79,98
	10%	600	4608,21	754,21
		410	2711,29	294,26
Bez Skla	neošetřený	600	2794,48	29,76
Bez skla	neošetřený	410	1149,32	20,20

*Tab. 7 Přepočet průměrů z centimetrů na hodnoty ohybové tuhosti podle vzorce.*

#### 2.4.2 Tření

Pro tento test bylo potřeba zakoupit sklo se zabroušenými hranami o velikosti 20 cm x 30 cm. Samotná zkouška byla prováděna na přístroji, do kterého se vložilo zmíněné sklo a na něj opatrně položena netkaná textilie o rozměrech 10 cm x 10 cm tak, aby se nedotýkala horní hrany skla a tak mohlo být zabráněno případnému zachycení textilie o tuto hranu, kvůli kterému by posléze nedošlo k plynulému posuvu textilie po skle (viz obr. 27).

Otáčením kolečkem byla zvedána plošina se sklem a pozorovalo se, kdy se překoná tření mezi sklem a textilií a ta se začne samovolně pohybovat po skle dolů. Právítkem byla změřena výška výkyvu plošiny se sklem a přes vzorec vypočítán úhel tohoto sklonu. Jelikož byla známa délka skla (přepona) a délka výkyvu v cm (protilehlá strana), stačilo použít rovnici s funkcí sinus (protilehlá strana ku přeponě). Výsledky jsou vidět v příložené tabulce č. 8.



Obr. 27 Vzorek netkané textilie pohybující se po skle po překonání tření mezi materiály.

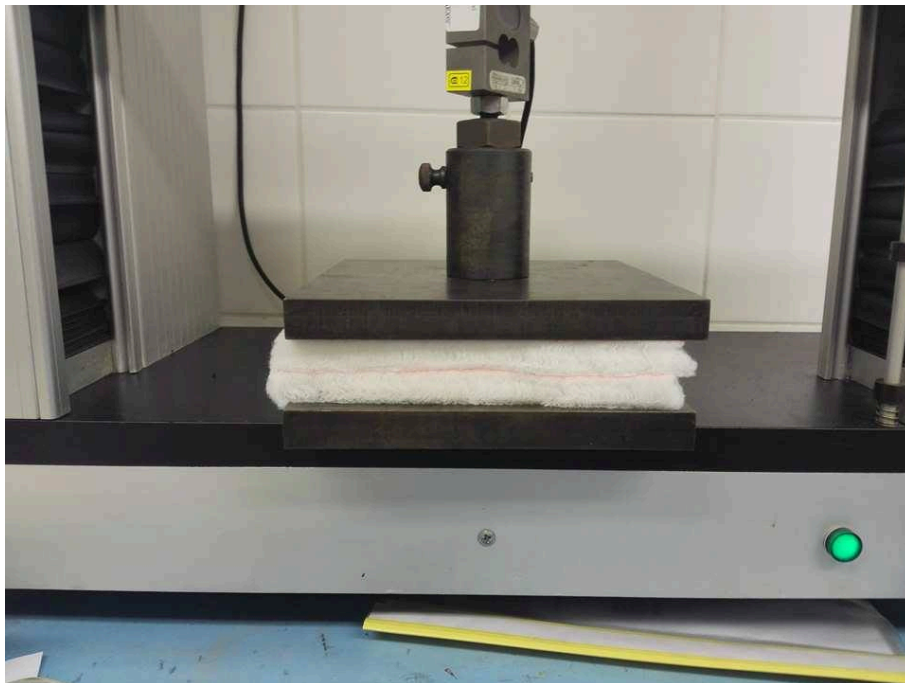
Tření - textilie po skle			90°		0°		45°	
SKLO	koncentrace vodního skla [%]	plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	cm	°	cm	°	cm	°
BEZ SKLA	x	600	10,7	20,90	11	20,54	10	19,47
		410	11,2	21,92	11,7	21,78	10,6	20,69
LiNa	1%	600	9,2	17,86	8,8	16,57	8,5	16,46
		410	9,4	18,26	9,8	18,39	8,6	16,66
	10%	600	8,2	15,86	7,9	14,91	7,4	14,28
		410	7,8	15,07	8,1	15,28	7,5	14,48
Li 2,6	1%	600	9,5	18,46	9,4	17,66	8,7	16,86
		410	8,8	17,06	9	16,93	8,6	16,66
	10%	600	6,8	13,10	6,2	11,76	5,9	11,34
		410	7,2	13,89	7,4	13,99	6,8	13,10

Tab. 8 Hodnoty míry náklonu skla při překonání tření materiálu v cm a stupních.

### 2.4.3 Stlačitelnost

Stlačitelnost byla měřena na univerzálním zkušebním stroji LaborTech 2.050 s dvěma čtvercovými deskami, z nichž je spodní deska pevná a horní se pohybuje. Mezi ně byla vkládána netkaná textilie o velikost 20 cm x 20 cm ve dvou vrstvách k sobě navzájem pootočených o 90° tak, aby dosahovaly výšky 40 mm, která je pro tento test minimální. Poté byla pomocí programu LabTest navolena rychlost stlačování 600 mm/min, počet cyklů stlačování a uvolňování (cyklické namáhání) 4 a další potřebné parametry.

Při zapnutí stroje začala horní deska vzorky stlačovat do maximální hodnoty odolávání materiálu a znovu vzorek uvolňovat viz obr. č. 28. Toto probíhalo celkem čtyřikrát, a celý proces byl zaznamenáván programem tvořícím graf průběhu zkoušky a ukládáním dat. Po dokončení stlačování každého vzorku se zjistil rozdíl maximálních hodnot z prvního a čtvrtého cyklu. Odečtením těchto hodnot od sebe se získal rozdíl, který byl u všech vzorků znatelný a prokazoval, že po opakovaném stlačení se vzorek unavil a neprojevoval původní mechanické vlastnosti. Tyto hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 9.



*Obr. 28 Cyklické namáhání vzorků na univerzálním zkušebním stroji LaborTech 2.050.*

Vodní sklo	koncentrace VS [%]	plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	1 cyklus [N]	4 cyklus [N]	rozdíl [N]
LiNa	1%	600	271	253	18
		410	95	90	5
	10%	600	500	464	36
		410	151	140	11
Li 2,6	1%	600	301	282	19
		410	128	119	9
	10%	600	314	293	21
		410	161	149	12
bez skla	neošetřený	600	62	59	3
bez skla	neošetřený	410	46	43	3

*Tab. 9 Vyhodnocení rozdílu maximální hodnoty odolnosti vůči stlačování v 1. a 4. cyklu.*

## 2.5. Vzorky s následným mechanickým namáháním

Pro tuto experimentální část bakalářské práce byla vyrobena další sada vzorků. Dle předchozích výsledků byla vybrána pouze jedna plošná hmotnost – 600 g/m<sup>2</sup> jelikož vykazovala vždy vyšší hodnoty a je tedy pro další testy a porovnávání dostačující. Tyto vzorky byly vyrobeny totožnou cestou. Poté byly nastříkány a zasušeny oběma typy (LiNa a Li 2,6) i stejnými koncentracemi vodních skel (1%, 10%).

Jedinou výjimkou, která se u těchto vzorků provedla navíc, bylo mechanické namáhání. Touto cestou mělo být dosaženo simulace namáhání při nakládání a manipulaci s výslednou textilií. Mělo být sledováno především „rozdrcení“ či „vyprášení“ vrstvy vodního skla nebo případné narušení celistvosti zasušené vrstvy a následné změny vlastností. Průměrná hmotnost nástřiků a plošných hmotností vodního skla je v příložené tabulce č. 10.

Vodní sklo, pl. hm a koncentrace			Hmotnost nástřiku z jedné strany [g]	Plošná hmotnost nástřiku z jedné strany [g/m <sup>2</sup> ]	Hmotnost nástřiku z obou stran [g]	Plošná hmotnost nástřiku z obou stran [g/m <sup>2</sup> ]
Li 2,6	600	1%	2,87	71,70	6,50	162,45
		10%	4,80	119,95	10,67	266,80
LiNa		1%	3,98	99,50	5,69	142,25
		10%	5,50	137,50	10,32	258,00
Průměr pro 600 g/m <sup>2</sup>			3,83	95,83	8,59	214,63

*Tab. 10 Průměrná hmotnost nástřiků a průměrná plošná hmotnost vodního skla vzorků připravených pro zkoumání vlastností po mechanickém namáhání.*

### 2.5.1 Mechanické namáhání

Mechanické namáhání bylo prováděno na vpichovacím stroji s odendanou deskou s jehlami. Do prostoru mezi plochými deskami byly vloženy předem vyrobené vzorky zafixované oboustrannou páskou na papíru, který byl kvůli případnému uvolnění připevněn ke spodní desce stroje izolepou. Tyto vzorky byly strojem stlačovány z celkové tloušťky 2,5 cm na tloušťku 1 cm – stlačení bylo tedy celkově 40% tloušťky použité netkané textilie. Frekvence stroje byla použita 200 zdvihů za minutu a čas vyhrazený pro jeden vzorek byl 10 minut (viz obr. 29).

Celkový počet zdvihů byl tedy na jednotlivý vzorek 2000, což by odpovídalo jednoduché manipulaci textilie při převozu, či ruční manipulaci při různých aplikacích. Vzorky byly po tomto namáhání zváženy a nebyl zjištěn významný rozdíl hmotnosti. Nejspíše došlo k nadrcení vodního skla, které následně propadalo dovnitř netkané textilie.



Obr. 29 NT vložená do vpichovacího stroje bez jeh. desky s frekvencí 200 zdvihů za minutu.

### 2.5.2 Zkoušení vlastností textilií po mechanickém namáhání

Mechanicky namáhané vzorky byly podrobeny stejným testům, jako předchozí vzorky. V této části se nachází pouze tabulky 11, 12, 13 a 14 s výsledky. V následující části bakalářské práce jsou porovnávány hodnoty jak původních vzorků, tak vzorků po mechanickém namáhání za účelem zjištění, zdali mechanické namáhání má zásadní vliv na změnu těchto vlastností.

#### Ohybová tuhost/ splývavost

VODNÍ SKLO	LiNa		Li 2,6		Bez Skla
Koncentrace VS [%]	1%	10%	1%	10%	neošetřený
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	600	600	600	600	600
průměr hodnot podélného vzorku [cm]	17,17	18,60	15,37	18,00	16,77
průměr hodnot příčného vzorku [cm]	3,47	5,27	3,10	4,03	2,03

Tab. 11 Tabulka naměřených hodnot ohýbání materiálu v cm před přepočtem podle vzorce.

VODNÍ SKLO	LiNa		Li 2,6		Bez Skla
Koncentrace VS [%]	1%	10%	1%	10%	neošetřený
Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	600	600	600	600	600
průměr hodnot podélného vzorku [mg.m]	3037,12	3860,91	2178,58	3499,20	2829,77
průměr hodnot příčného vzorku [mg.m]	126,90	565,10	64,90	229,03	23,67

Tab. 12 Přepočítání průměrů z centimetrů na hodnoty ohybové tuhosti podle vzorce.

### Tření po mechanickém namáhání

Tření - textilie po skle			90°		0°		45°	
SKLO	Koncentrace vodního skla	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	cm	°	cm	°	cm	°
BEZ	x	600	15,6	31,33	15,8	28,80	14,8	29,56
LiNa	1%	600	13,5	26,74	12,8	23,71	13	25,68
	10%	600	11,1	21,72	10,8	20,18	11	21,51
Li 2,6	1%	600	13,9	27,60	13,5	24,92	13,4	26,53
	10%	600	11,4	22,33	11,3	21,07	11	21,51

Tab. 13 Hodnoty míry náklonu skla při překonání tření materiálu v cm a stupních.

### Stlačitelnost po mechanickém namáhání

VODNÍ SKLO	koncentrace VS [%]	plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	1 cyklus [N]	4 cyklus [N]	rozdíl [N]
LiNa	1%	600	178	170	8
	10%	600	232	222	10
Li 2,6	1%	600	163	160	3
	10%	600	173	163	10
bez skla	neošetřený	600	36	33	3

Tab. 14 Vyhodnocení rozdílu maximálních hodnot mezi 1. a 4. cyklem stlačování po mechanickém namáhání.



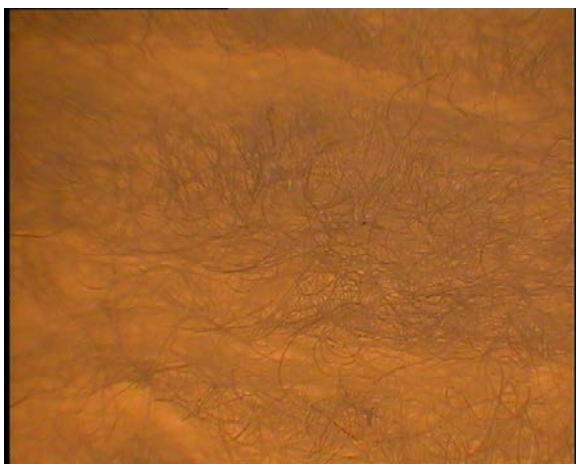
## 2.6. Zkoumání vzorků pod makroskopem

Pro bližší zkoumání nánosu vodního skla na netkanou textilii byla vložena tato NT pod makroskop BEL (viz obr. 30). Bylo zjištěno, že se na povrchu textilie netvoří žádné kapičky vodního skla – a to ani u jedné z koncentrací (1% a 10%) a ani u jednoho z obou použitých vodních skel. To dokazuje, že vybraná vodní skla nejspíše tvoří film na jednotlivých vláknech a byla tedy podle testu úhlu smáčení vybrány správně. U příkladů s použitím 10% koncentrace vodního skla byla pouze viditelná místa, kde bylo nakumulováno více množství tohoto vodního skla a tvoří tvrdé seskupené a spečené smotky vláken. U 1% koncentrace je těchto míst viditelně méně a u neupraveného vzorku se nevyskytují, samozřejmě, vůbec. Tyto vzorky jsou vidět na obrázcích níže.

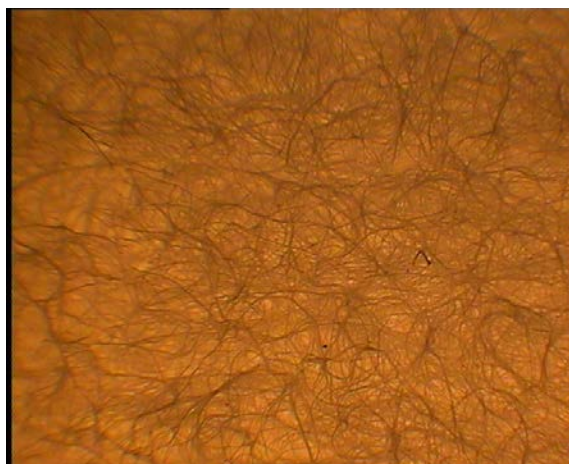


*Obr. 30 Makroskop připojený na PC, na kterém byly sledovány a nafoceny netkané textilie s filmem z vodního skla.*

Níže jsou porovnávány obrázky č. 31 a 32 z makroskopu - vzorky bez nánosu vodního skla a s nánosem. Na těchto obrázcích je jasně patrné, že postřík vodního skla tvoří film na jednotlivých vláknech, které se díky teplu na některých místech pojily, ale netvoří se jednotlivé tvrdé kapičky.



*Obr. 31 Fotografie z makroskopu - textilie bez nánosu vodního skla.*



*Obr. 32 Fotografie z makroskopu - film skla LiNa na jednotlivých vláknech.*

### **2.6.1 Úprava opticky zjasňujícím prostředkem**

Pro lepší zviditelnění nánosu vodního skla, byly vyrobeny další vzorky této netkané textilie s tím rozdílem, že do vodního skla byl přidán opticky zjasňující prostředek Rylux PRS (viz obr. 33). Tento prostředek poskytla katedra textilní chemie. Pro snadné pozorování pod makroskopem byl připraven roztok s 10% koncentrací vodního skla.

Byl připraven 4% roztok Ryluxu PRS – do připravených 45 ml vody a 5 ml vodního skla (10% koncentrace) bylo tedy přidáno 0,20 g tohoto opticky zjasňujícího prostředku.

Textilie se následně vložila do sušičky nastavené na 100°C asi na 10 minut, poté byla opatřena tímto nánosem i z druhé strany a sušení bylo opakováno. Po dokončení byla pod UV světlem sledována vhodnost použití tohoto opticky zjasňujícího prostředku. Jelikož byla vrstva jasně viditelná, použil se tento OZP i pro ostatní vzorky, které byly následně sledovány pod makroskopem s použitím UV.

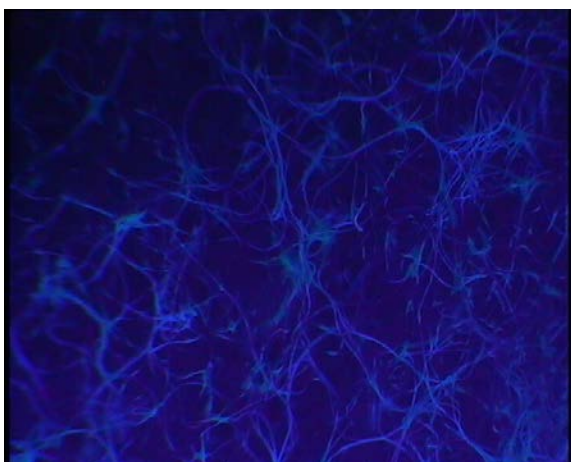
Vzhledem k předchozímu postupu práce, byla i nyní část vzorků podrobena mechanickému namáhání na vpichovacím stroji s odendanou deskou s jehlami po dobu 10 minut s frekvencí 200 zdvihů za minutu. Poté byly tyto vzorky porovnávány pod makroskopem s použitím UV se vzorky bez mechanického namáhání, aby se potvrdila, či vyvrátila teorie o „zapadání“ nadrcených úlomků vodního skla do hlubších vrstev této netkané textilie.



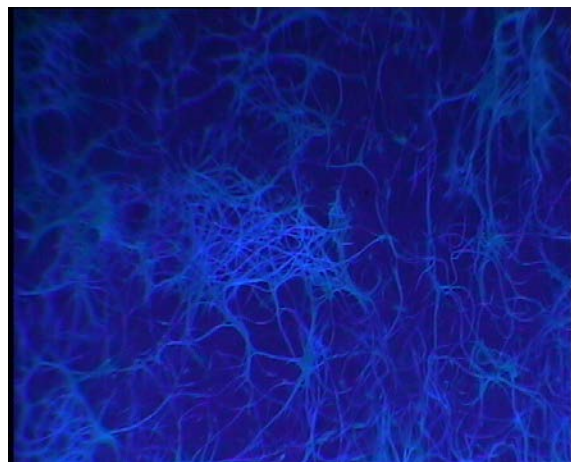
*Obr. 33 Navrhované opticky zjasňující prostředky včetně použitého Ryluxu PRS.*

#### Zkoumání vzorků s OZP pod mikroskopem za pomoci UV záření

Vzorky s OZP byly sledovány pod mikroskopem BEL s použitím UV zářivky. Na obrázcích č. 34 a 35 jsou porovnávány vzorky ošetřené vodním sklem s OZP. Jedná se o vzorek bez předchozího mechanického namáhání a s ním. Na obrázku č. 35 je viditelná spečená vrstvička vláken s nánosem vodního skla, a na obrázku č. 34 je tato vrstva porušena.

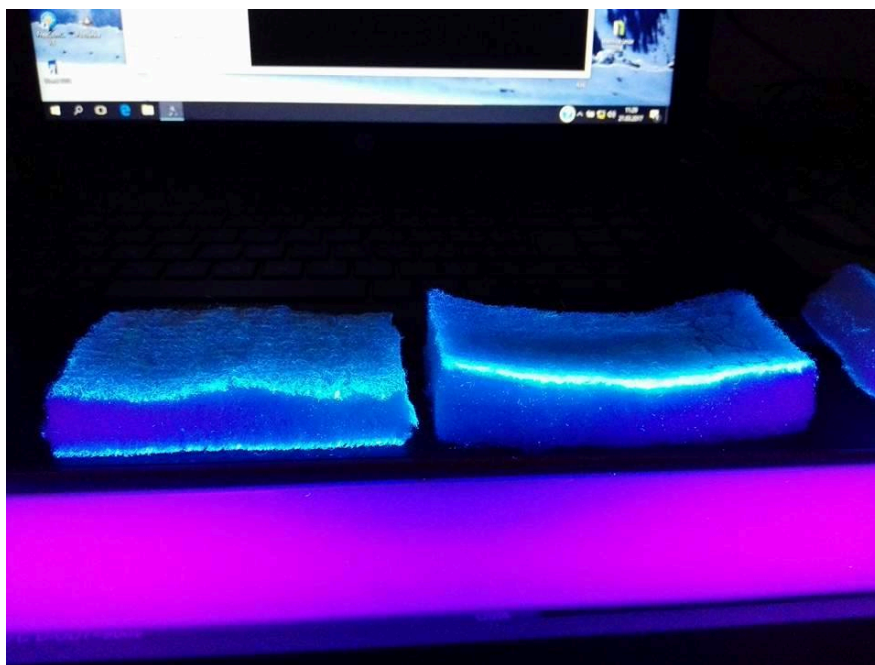


*Obr. 34 Fotografie z makroskopu – vzorek s použitým OZP s předchozím mech. namáháním.*



*Obr. 35 Fotografie z makroskopu – vzorek s použitím OZP bez mechanického namáhání.*

Po prozkoumání kolmo kladených netkaných textilií z horizontálního pohledu, je patrné, která textilie byla mechanicky namáhána. Viditelná vrstva u namáhaného vzorku je více deformována, než vrstva u druhého vzorku viz obr. č. 36. Na vzorcích bohužel není příliš patrné propadání nadrcených částí vodního skla do nitra objemné textilie, ovšem při manipulaci bylo díky UV světlu viditelné, že se tyto střípky a drtě uvolňovaly z textilie. Tato skutečnost předchozí domněnku o propadající drti tedy potvrdila.

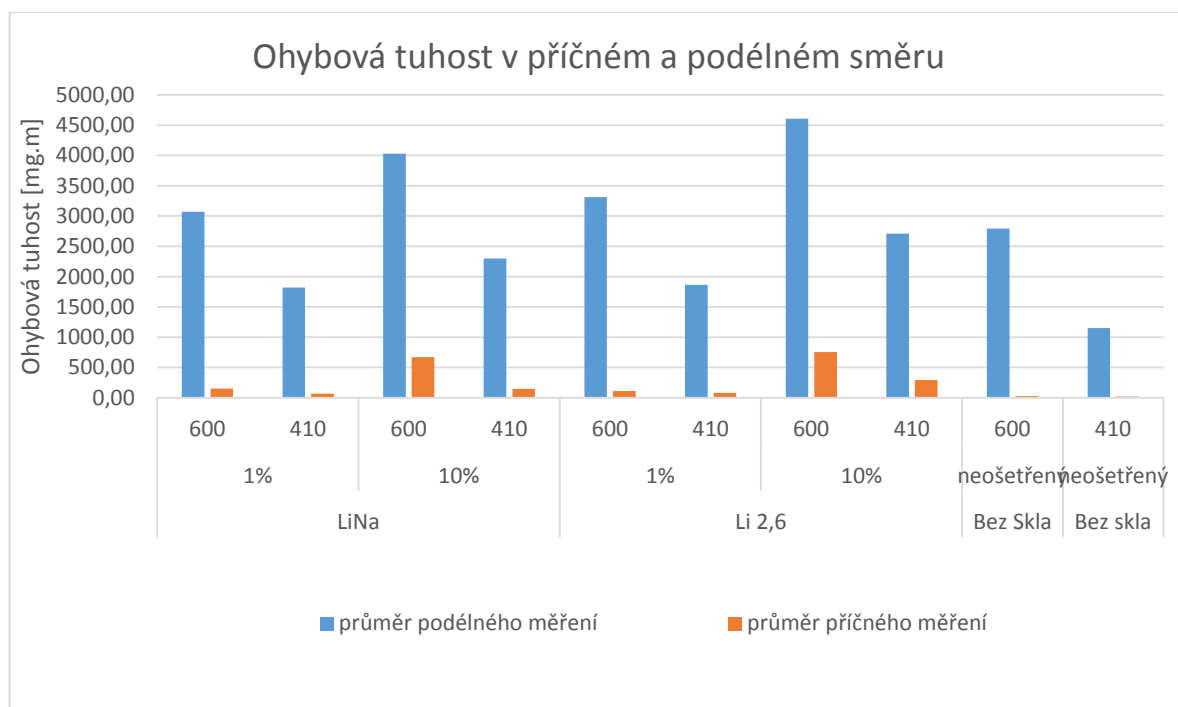


*Obr. 36 Vzorky s přidaným OZP do nástřiku pozorované pod UV světlem.*

### 3. Vyhodnocení

#### Vyhodnocení ohybové tuhosti

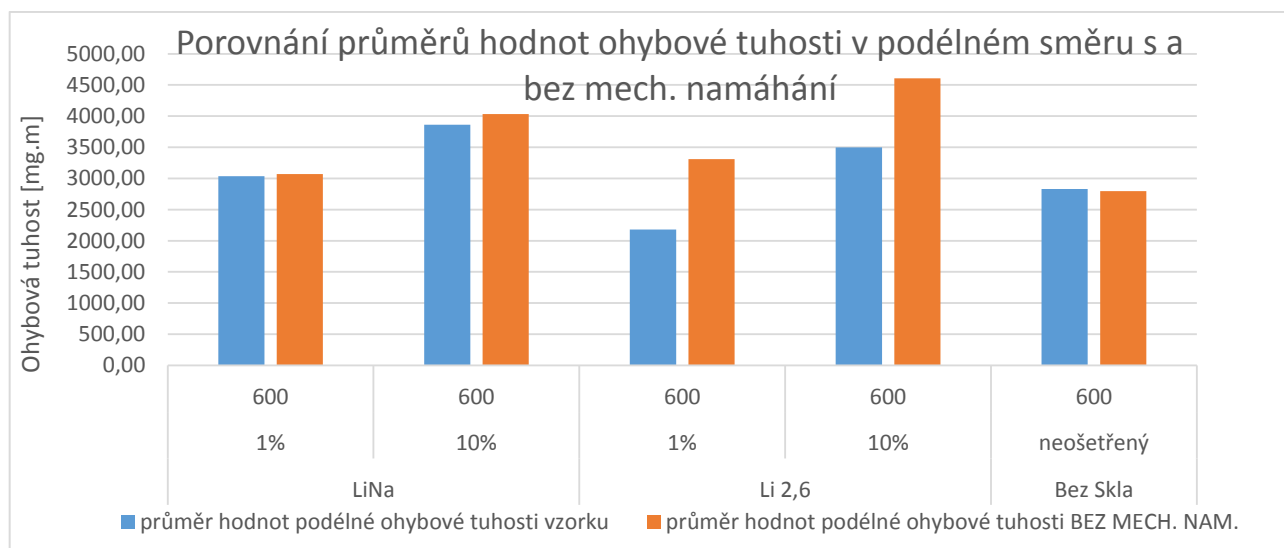
Z příloženého grafu č. 37, se dá vysledovat, že vodní sklo s názvem Li 2,6 vykazovalo vyšší hodnoty ohybové tuhosti materiálu. Také je potvrzeno očekávání, že s vyšší koncentrací vodního skla bude růst i ohybová tuhost materiálu, nehledě na použitý typ vodního skla. Vyšší hodnoty tuhosti u plošné hmotnosti 600 g/m<sup>2</sup> se daly předpokládat už z principu vyšší objemnosti materiálu, tím více zvýšené při použití 10% koncentrace vodního skla, která na textilií tvoří jednodušší film, který tvoří tvrdou krustu, než u koncentrace nižší, která zachovává příjemnější a měkčí omak materiálu.



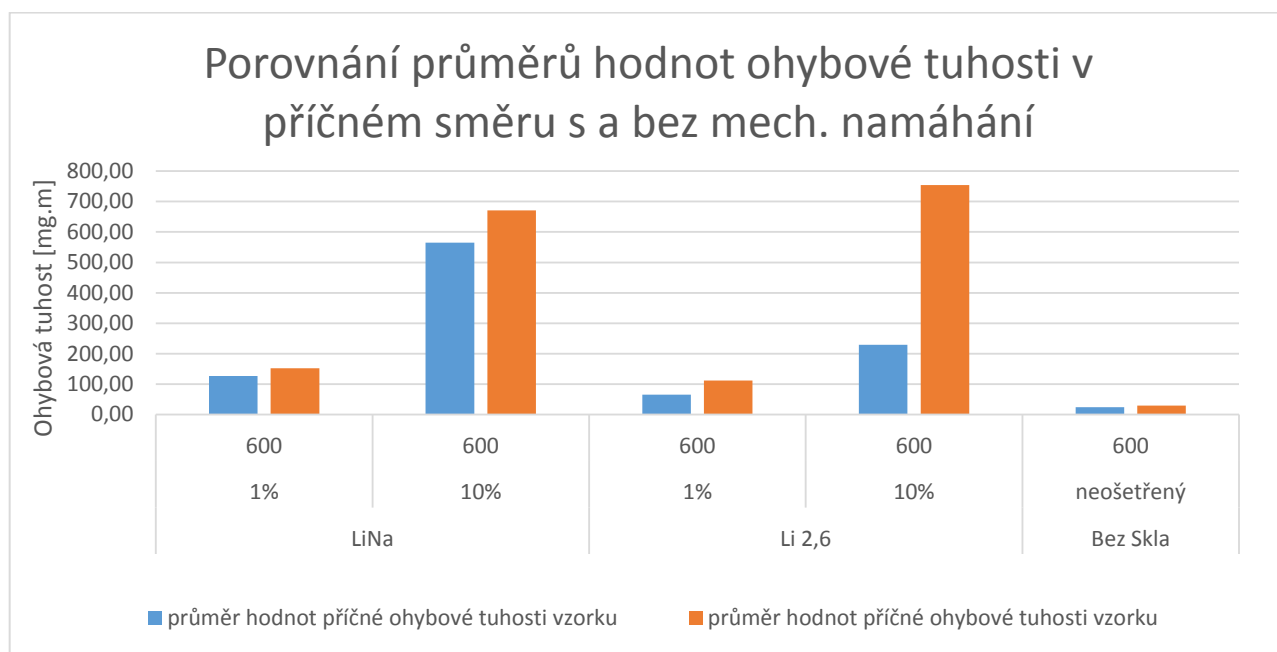
Obr. 37 Sledování ohybové tuhosti vzorků v příčném a podélném směru bez mech. namáhání.

Dále se díky grafům porovnávaly hodnoty ohybových tuhostí v podélném (graf č. 38) a příčném (graf č. 39) směru s mechanickým namáháním a bez něj. Je znatelné, že všechny předem mechanicky namáhané vzorky vykazovaly nižší ohybovou tuhost – děje se tak z důvodu porušení jednodušší tvrdé vrstvy vodního skla na materiálu, která u základních vzorků udržovala jistou tuhost a pevnost materiálu. Je to prokazatelné primárně s porovnáním neošetřených vzorků, kde se vyskytují téměř totožné výsledky jak u vzorku

s předchozím mechanickým namáháním, tak bez něj – dá se tedy říci, že mechanické namáhání má zásadní vliv na chování textilie ošetřené vodním sklem.



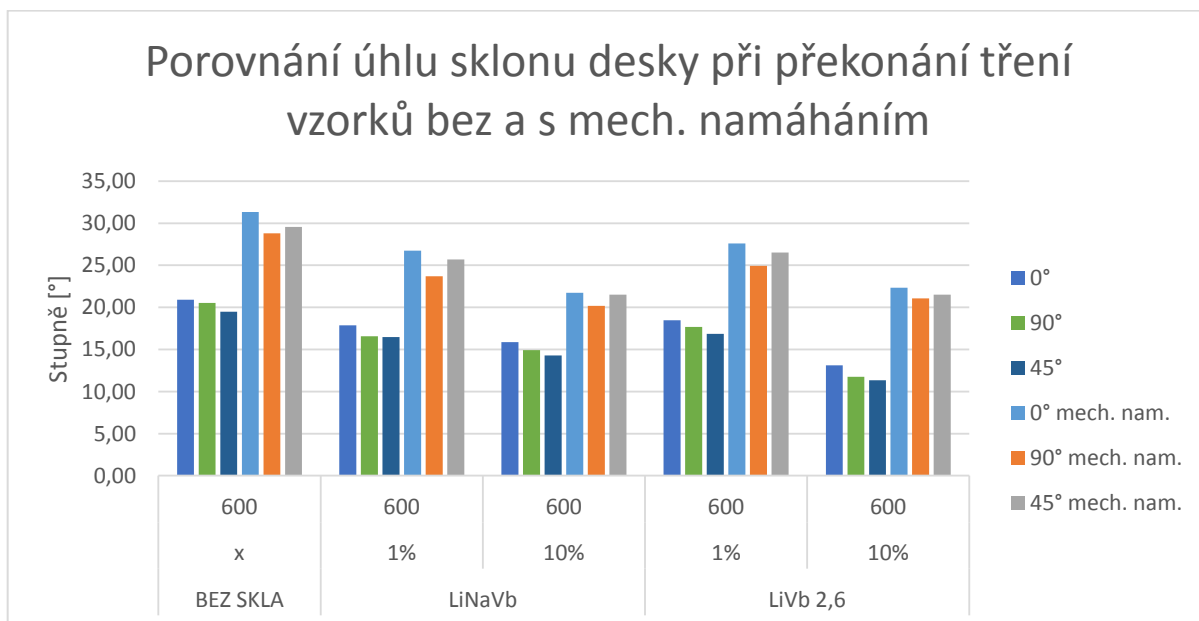
*Obr. 38 Porovnání průměrů hodnot ohybové tuhosti v podélném směru s a bez mechanického namáhání.*



*Obr. 39 Porovnání průměrů hodnot ohybové tuhosti v příčném směru s a bez mechanického namáhání.*

## Vyhodnocení tření

Výsledky tohoto sledování jsou vidět v příloženém grafu č. 40, znázorňujícím překonání tření mezi vzorkem a skleněnou deskou v závislosti na změně sklonu při zkoumání textilie bez a s předchozím mechanickým namáháním. Je patrné, že po mechanickém namáhání se zvýšil stupeň výkyvu skla, při kterém bylo překonáno tření mezi sklem a netkanou textilií. Mohlo to být způsobeno tím, že po mechanickém namáhání bylo sklo nadrceno, a proto na povrchu vláken není dostatečné množství jednotného filmu, který by pomáhal snížit tření v důsledku kontaktu podobného materiálu – sklo na sklo. Také je možné, že rozdrčení vodního skla způsobilo, že na povrchu textilie zůstaly malé drtě s ostrými hranami, které toto tření taktéž mohou ovlivnit a znesnadňovat tak samovolný pohyb materiálu po nakloněné rovině. Jelikož se takto chová i materiál neopatřený vodním sklem, důvodem může také být změna struktury vln netkané textilie vlivem mechanického namáhání, které jsou více zkoseny, mají větší kontakt se sklem a tím pádem více brzdí pohyb materiálu.



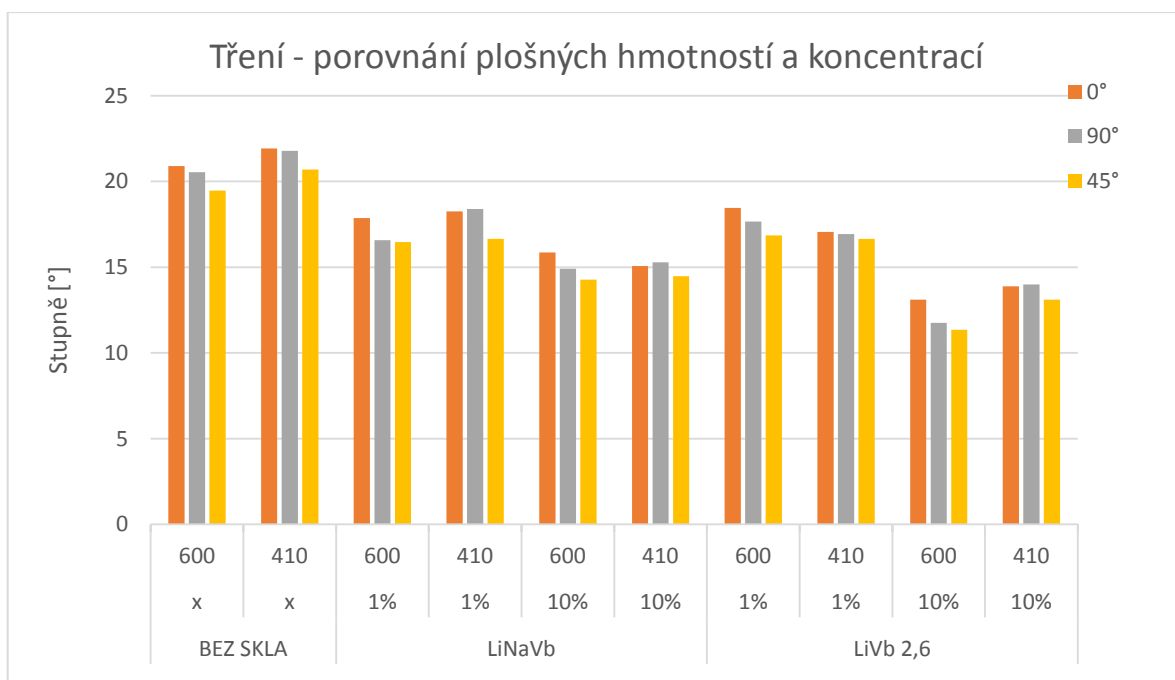
*Obr. 40 Porovnání úhlu sklonu desky při překonání tření vzorků bez a s mechanickým namáháním.*

Nejnižší hodnoty tohoto testování jsou viditelné u vzorků bez předchozího mechanického namáhání, které byly vůči hraně skleněné desky nakloněny o 45° - v tomto případě nebránila v klouzáni materiálu struktura vzorku s vlnami.

Nejvyšší hodnoty naopak vykazuje vzorek položený ve směru své struktury vycházející ze stroje kolmého kladení – 0° s mechanickým namáháním. Dá se předpokládat, že se v tomto případě do procesu překonání tření, kromě narušené struktury, započítaly i jednotlivé zkosené vlny v materiálu, které se vytvořily při výrobě kolmým kladením a poté byly narušeny mechanickým namáháním.

Dále následovalo porovnání překonání tření u dvou různých plošných hmotností a koncentrací. Z grafu č. 41 je patrné, že ve většině případů potřebovala netkaná textilie s nižší plošnou hmotností vyšší sklon pro překonání tření. Dá se předpokládat, že materiál s vyšší hmotností bude díky gravitaci potřebovat sklon nižší a začne se pohybovat dříve.

Co se týče porovnání chování se zaměřením na koncentrace vodních skel – s vyšší koncentrací – tedy 10% se potvrzuje domněnka o kontaktu podobných materiálů a tím i způsobeného dřívějšího překonání tření, neboť s vyšší koncentrací vodního skla se na povrchu netkané textilie tvoří jednodušší a tvrdší film, díky kterému má textilie lepší podmínky pro pohyb po skleněné desce. Samotný výběr vodních skel na tření nemá znatelný vliv.

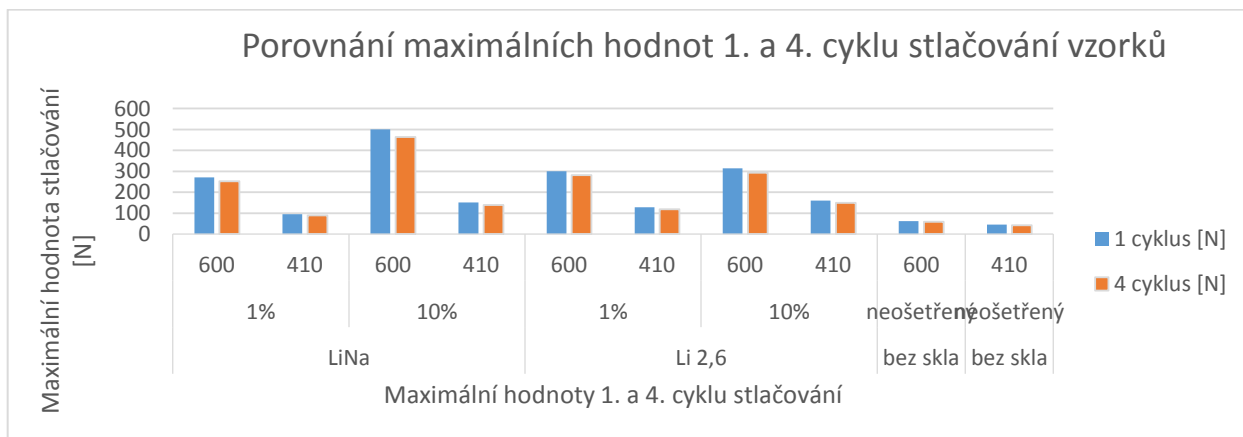


Obr. 41 Porovnání úhlů sklonu při překonání tření u různých plošných hmotností a koncentrací vodních skel.



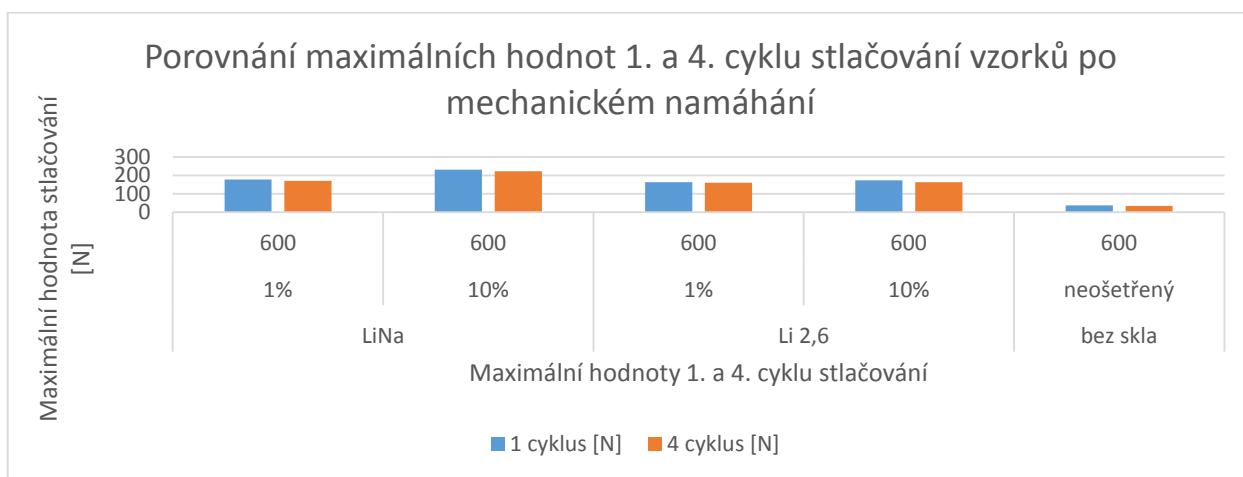
## Vyhodnocení stlačitelnosti

Z grafu č. 42 a je možné vyzorovat, že u nižší plošné hmotnosti vzorku – 410 g/m<sup>2</sup>, jsou zaznamenány nižší hodnoty, než u vzorku s plošnou hmotností 600 g/m<sup>2</sup>; to znamená, že vzorek má nižší odolnost vůči mechanickému namáhání v tlaku.



Obr. 42 Porovnání maximálních hodnot 1. a 4. cyklu stlačování vzorků.

Po porovnání grafů č. 42 a č. 43 je evidentní, že vzorky, které byly už předem mechanicky namáhány na vpichovací desce bez jehel, vykazují daleko nižší hodnoty odolnosti vůči stlačení, což dokazuje, že mechanickou manipulací tento materiál ztrácí původní vlastnosti. Dalšímu pozorování se podrobilo použité vodní sklo, kde vyšší hodnoty vykazovaly vzorky s lithio – sodným sklem LiNa – což dokazuje, že toto vodní sklo lépe odolává mechanickému namáhání.



Obr. 43 Porovnání maximálních hodnot 1. a 4. cyklu stlačování vzorků po mechanickém namáhání.

## 4. Závěr

Jak již bylo zmíněno v úvodu, cílem této práce bylo zkoumání vlastností kolmo kladených netkaných textilií upravených vodním sklem za účelem použitelnosti v průmyslu a dalších odvětvích.

V teoretické části byly přiblíženy základní informace potřebné k pochopení výroby kolmo kladených netkaných textilií od základního vlákenného materiálu po konečnou textilii. Dále se tato část vztahovala na rozšíření znalostí ohledně vodního skla a v konečné teoretické části byly podrobně rozepsány zkoušky vlastností, které byly sledovány a stroje a přístroje, na kterých byly prováděny. Praktická část práce se již pouze zabývala záznamem postupu práce při výrobě těchto vzorků a zkoušením jednotlivých vlastností.

Konkrétními vlastnostmi, které byly sledovány byla ohybová tuhost, tření a stlačování. Všechny tyto vlastnosti byly zkoumány jak na základních vzorcích, tak na vzorcích, které byly podrobeny mechanickému namáhání a porovnávány mezi sebou.

Z těchto zkoušek bylo zjištěno, že je vhodnější použití vodních skel lithných a sodno - lithných z důvodů lepšího smáčení těchto skel a lepšímu rozložení filmu na vláknech netkané textilie. Z žádných výsledků ale není evidentní, že by některé ze skel vybočovalo velmi rozdílnými vlastnosti.

Co se týče použití různých koncentrací vodních skel, ukazuje se, že použití vyšších koncentrací více ovlivňuje všechny měřené vlastnosti; nižší koncentrace nedokáží vytvořit dostatečně silný film na vláknech, který by významně měnil vlastnosti textilie. Podobné výsledky můžeme pozorovat v počtu nástříků, kdy nízký počet nástříků není na textilii vzhledově ani omakově příliš zaznamenán a vysoký počet nástříků se na povrchu textilie naopak slévá, tvoří příliš tvrdou krustu a s materiálem se dále nedá ohýbat bez porušení této vrstvy.

Z pozorování chování nánosu vodního skla na vzorcích s různými plošnými hmotnostmi nemůžeme vybrat vhodnější materiál, neboť obě varianty plošných hmotností mají svá pro a proti. Při použití vyšších plošných hmotností je materiál tužší a více odolává stlačování, ovšem díky svým vlastnostem má vyšší výsledky ohybové tuhosti. Oproti tomu materiály s nižší plošnou hmotností lépe odolávají prokluzu při tření.

Jelikož se projevilo, že takto upravená netkaná textilie, bez ohledu na plošnou hmotnost, koncentraci a další jiné parametry ztrácí své mechanické vlastnosti po mechanickém namáhání, není vhodná nadměrná manipulace s tímto materiálem.

Po prostudování jiné bakalářské práce, která se zabývá sledováním retardace hoření kolmo kladených netkaných textilií ošetřenými vodním sklem a s ohledem na zjištěné vlastnosti z této bakalářské práce, by mohl být tento materiál použit na aplikace, kde se neseťká s častým mechanickým namáháním a kde by mohlo docházet k vydrolení vodního skla, či porušení vrstvy ale mohl fungovat jako retardant hoření. Nejvhodnějším příkladem tohoto použití je výplň zdí při výstavbě obytných domů a dalších aplikací, kdy není tato textilie přímo přístupná, ale má na sobě další ochranné vrstvy.

Dalšími testy, kterým by mohly být takto upravené netkané textilie podrobeny, jsou například zkoušky pevnosti a tažnosti (sledování fáze porušení či destrukce materiálu), odolnost proti protlačení kuličkou či ostřím (sledování odolnosti vůči jednobodovému namáhání), spray testu (sledování míry hydrofobity). Dále se lze zaměřit na vylepšení technologie nástřiku aplikace vodního skla.

## 5. Literatura

- [1] JIRSÁK, Oldrich. a Larry C. WADSWORTH. *Nonwoven textiles*. Durham, NC: Carolina Academic Press, 1997. ISBN 0890899878.
- [2] KNT. Web. Chapter 3Carding. © 2015 knt. ft.tul.cz/depart/knt. [online]. [citace 2017-20-04] Dostupné z [http://dirk.kmi.tul.cz/depart/knt/web/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=320&Itemid=53](http://dirk.kmi.tul.cz/depart/knt/web/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=320&Itemid=53)
- [3] GUPTA, Edited by P. K. Chatterjee and B. S. *Absorbent technology*. Amsterdam: Elsevier Science, 2002. ISBN 978-044-4500-007.
- [4] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [5] RUSSELL, Edited by S.J. *Handbook of nonwovens*. BocaRaton, Fla. [etc.] :Cambridge: CRC press ; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
- [6] *Textilní vlákna | Atlas textilu. Atlas textilu | Tkaniny na moravském lidovém oděvu z období 1850 až 1950* [online]. Copyright © [cit. 2017-04-20]. Dostupné z:<http://atlas.textilu.cz/vlakno>
- [7] *Chemická vlákna. e-LTex* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/465/textilni-terminologie-zboziznalstvi/vlakna-prize-a-nite/Chemicka-vlakna.html>
- [8] *Technická univerzita v Liberci - Fakulta textilní - Katedra textilních materiálů* [online]. Copyright © [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://www.kmi.tul.cz/studijni\\_materialy/data/2013-04-17/08-33-08.pdf](http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2013-04-17/08-33-08.pdf)
- [9] *Nano[studijní] materiál. Thermal and chemical technologies of nonwovensproduction 2/2. Thermal bonding methods*. Nanoed.tul.cz [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://nanoed.tul.cz/mod/resource/view.php?id=598>

- [10] Struto International Vertical Lapper Technology. Struto International Vertical Lapper Technology [online]. [cit. 2017-04-20] Dostupné z: <http://www.struto.com/>
- [11] HORROCKS, A. Richard. a Subhash. ANAND. *Handbook of technical textiles*. Boca Raton, FL: CRC Press/Woodhead Pub., 2000. ISBN 0849310474.
- [12] NANOED.TUL.CZ [online]. [cit. 2017-04-20] Dostupné z: [http://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/2262/mod\\_resource/content/0/prvn%C3%AD%20prednaska.pdf](http://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/2262/mod_resource/content/0/prvn%C3%AD%20prednaska.pdf)
- [13] ZÁKLADNÍ INFORMACE O VODNÍM SKLE | Vodní sklo a.s.. Společnost | Vodní sklo a.s. [online]. Copyright © Vodní sklo, a.s. [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.vodnisklo.cz/cz/clanky/zakladni-informace-o-vodnim-skle>
- [14] GLÁSER, Petr a Vratislav NEJEDLÝ, ed. *Organokřemičitany v české památkové praxi: sborník z konference, 16. dubna 2008*. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2008. Práce (Národní památkový ústav). ISBN 978-80-87104-15-6.
- [15] Reaccionesdepolimerizacionporadicion [licensed for non-commercial use only] / Métodos experimentales en el laboratorio. [online]. Dostupné z: <http://reaccionesdepolimerizacionporadicion.pbworks.com/w/page/91518411/M%C3%A9todos%20experimentales%20en%20el%20laboratorio>
- [16] What is Sodium Silicate?. innovateus.net | Innovation and information for sustainable living [online]. Copyright ©2006 [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.innovateus.net/science/what-sodium-silicate>
- [17] Sušárny horkovzdušné | . Unimed Praha, s.r.o. | Laboratorní přístroje, laboratorní technika [online]. Dostupné z: <http://www.unimed.cz/susarny-horkovzduzne>
- [18] Pokročilé techniky elektrostatického zvlákňování [online]. Dostupné z: [http://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/689/course/section/1112/Prezentace%204\\_orientace%20C%20nite%20a%20hybridni%20nite\\_na%20web.pdf](http://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/689/course/section/1112/Prezentace%204_orientace%20C%20nite%20a%20hybridni%20nite_na%20web.pdf)
- [19] Journal of Engineered Fibers and Fabrics [online]. Copyright ©W [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.jeffjournal.org/papers/Volume2/Ndaro7-6R2.pdf>
- [20] CHALOUPEK, J. Smáčení vláknenných útvarů, 2007th ed.; Liberec, 2007..

[21] Physical Chemistry Laboratory. [online]. Dostupné z: [http://www.tau.ac.il/~phchlab/experiments\\_new/surface\\_tension/theory.html](http://www.tau.ac.il/~phchlab/experiments_new/surface_tension/theory.html)<http://www.cost540.eu/content/cost6e.html>

[22] Tření - Fyzika online | učitel.NET. Online škola - Učiva Základní Školy Na Netu | učitel.NET [online]. Copyright © 2010 [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.ucitel.net/fyzika/treni>

[23] EDANA [online]. Copyright ©ZF [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.edana.org/docs/default-source/default-document-library/toc-cover-preamble.pdf?sfvrsn=1>

[24] Stiffness Tester - Manufacturer, Suppliers, Exporters- Mumbai, Kolkata, Chennai, India . Laboratory Testing Instruments & Equipments Manufacturer, Suppliers & Exporters [online]. Copyright © 2017 [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.prestogroup.com/products/stiffness-tester>

[25] BEUTH. DIN 54305:1976-02. Beuth.de [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.beuth.de/de/norm/din-54305/759064>

[26] Laboratoř mechanických vlastností Ft.Tul.cz [online]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/katedry/katedra-netkanych-textilii-a-nanovlakennych-materialu-laboratore/laborator-mechanickych-vlastnosti?preview=1>

[27]. W. Albrecht, H. Fuchs, W. Kittelmann: Nonwovens Fabrics, Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN: 3-527- 30406-1

[28] Energetický ústav [online]. Dostupné z [http://www.eu.fme.vutbr.cz/uploads/OEI/Palivova\\_lab/Susarna\\_Venticell.jpg](http://www.eu.fme.vutbr.cz/uploads/OEI/Palivova_lab/Susarna_Venticell.jpg)

[29] IOPscience [online]. Copyright ©2000 [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/87/1/012078/pdf>

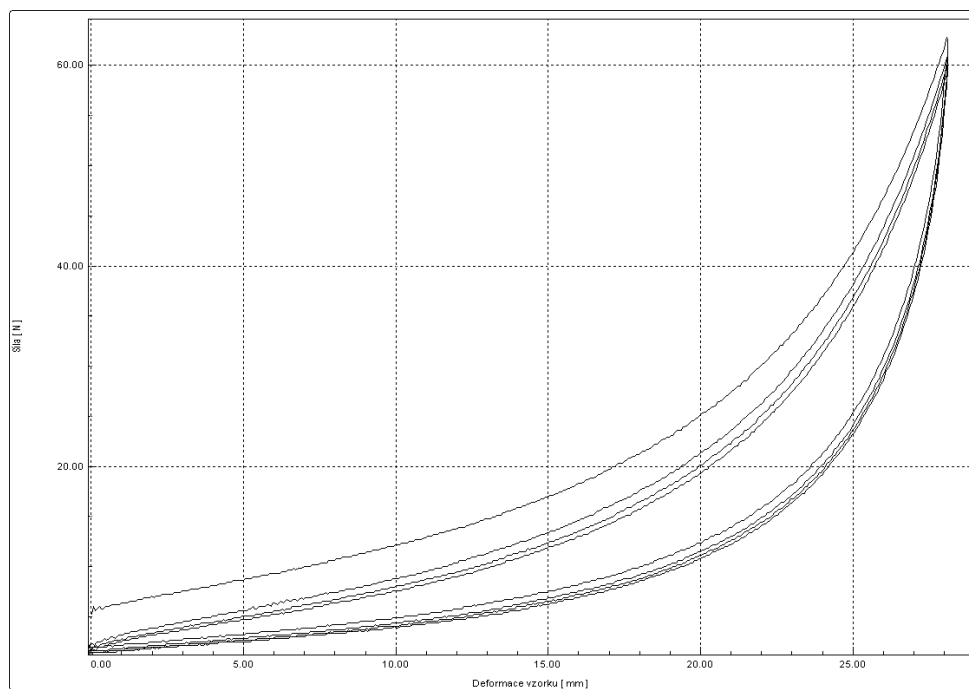
[30] Nano[studijní] materiály [online]. Copyright © [cit. 24.04.2017]. Dostupné z: [https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1912/course/section/788/Prezentace%209\\_tnt.pdf](https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1912/course/section/788/Prezentace%209_tnt.pdf)

## **6. Seznam příloh**

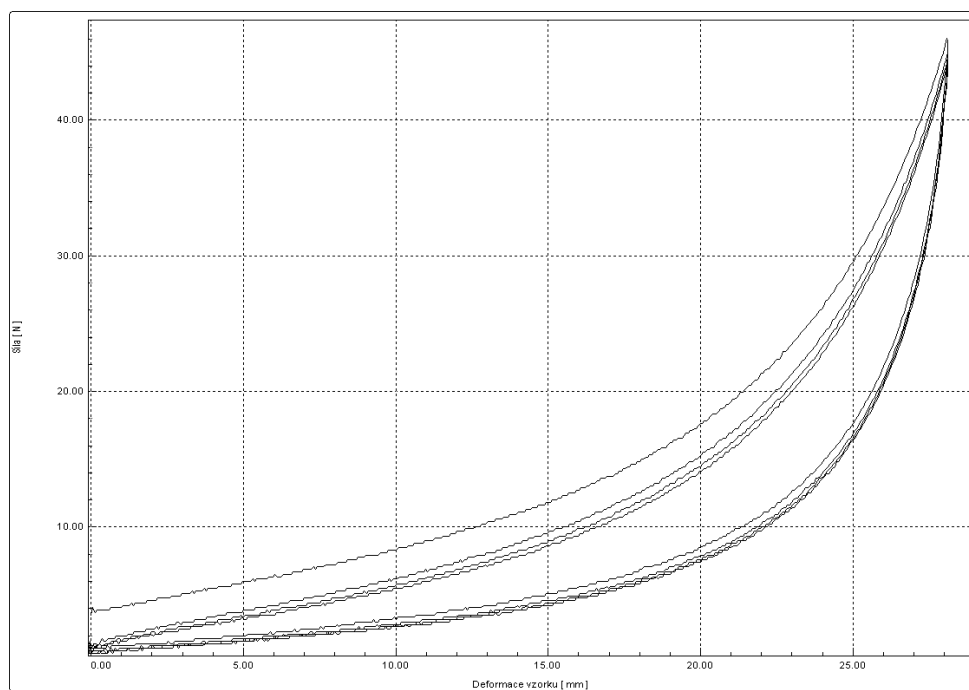
### OBSAH

Příloha č. I: Hodnoty stlačování původních a namáhaných vzorků.....	63
---	----

Příloha č. I: Hodnoty stlačování původních a namáhaných vzorků

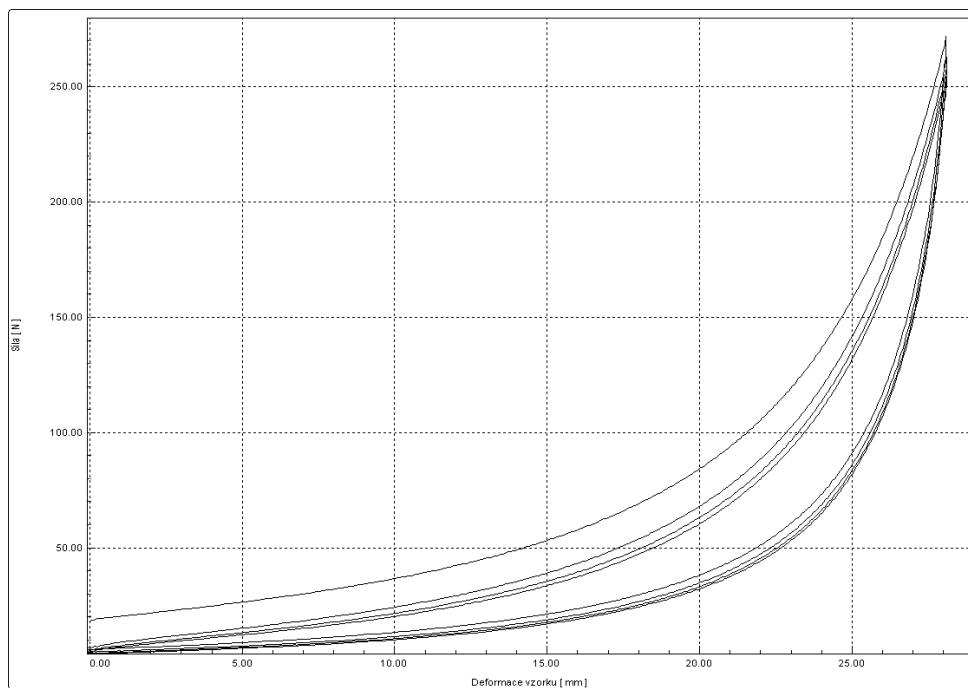


Obr. 44 Graf stlačování původního neošetřeného vzorku s pl. hm.  $600 \text{ g/m}^2$  bez mechanického namáhání.

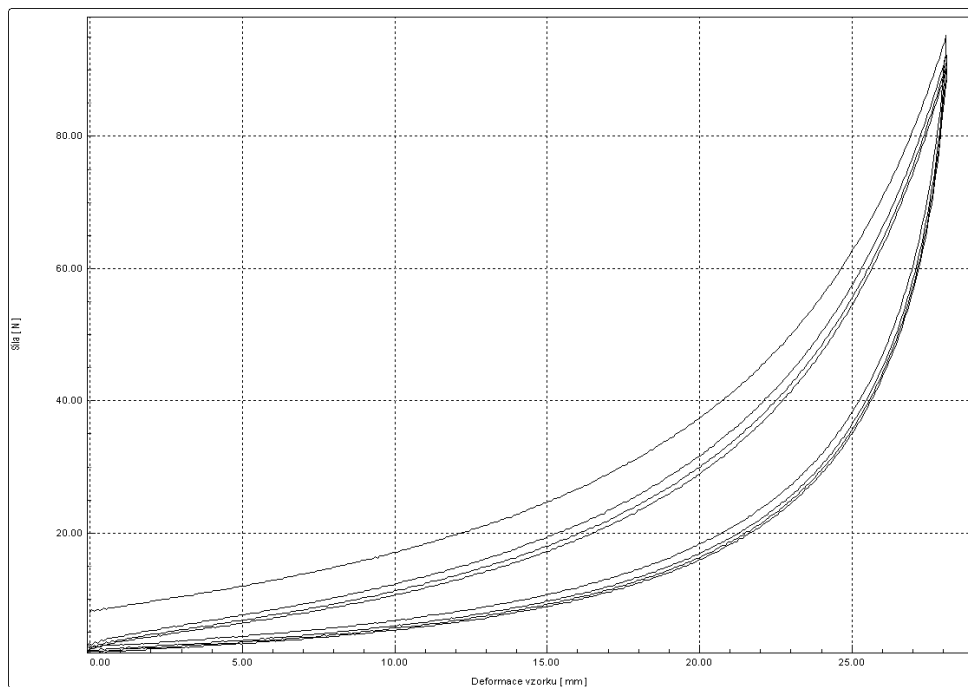


Obr. 45 Graf stlačování původního neošetřeného vzorku s pl. hm.  $410 \text{ g/m}^2$  bez mechanického namáhání.

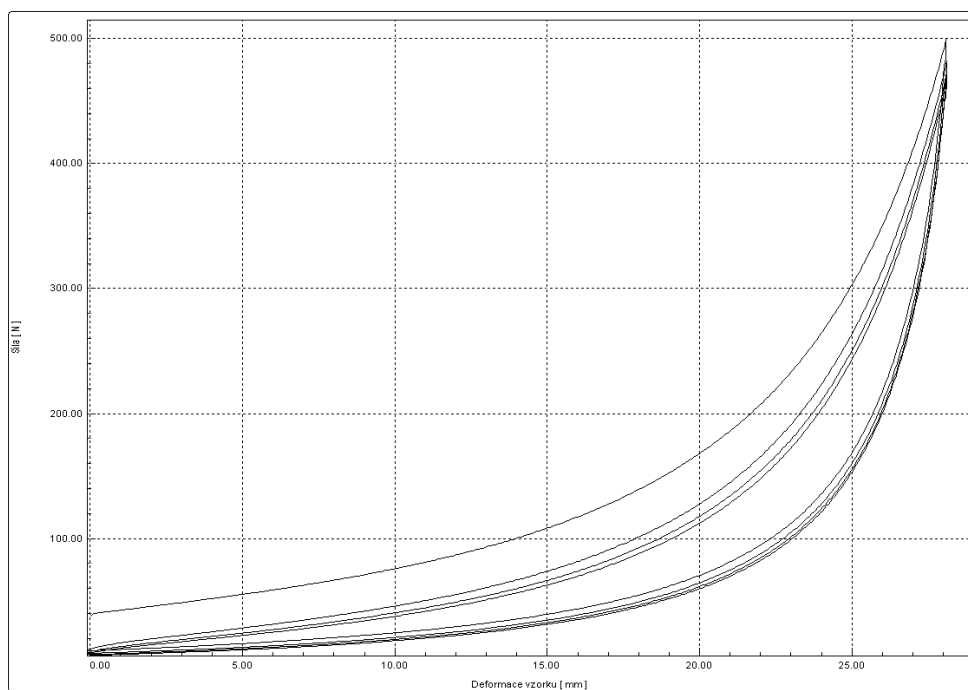




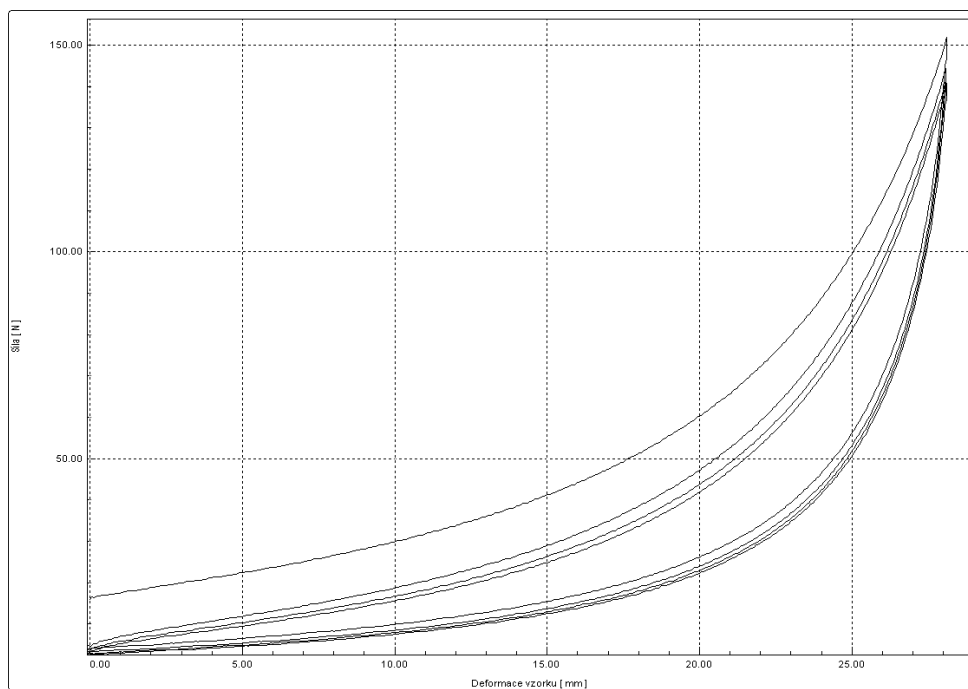
*Obr. 46 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 1% LiNa s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



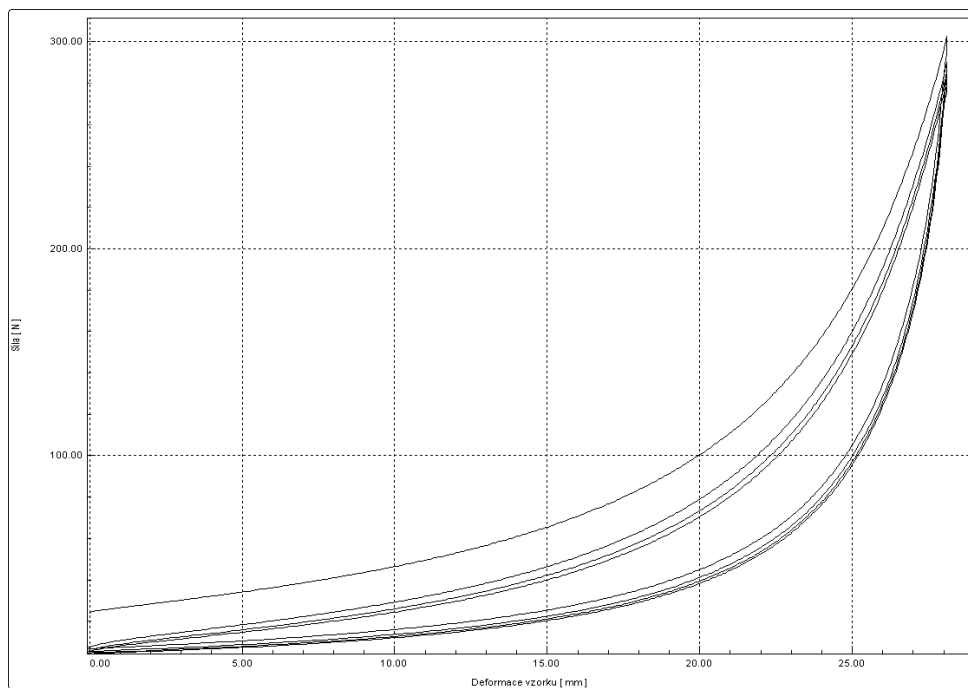
*Obr. 47 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 1% LiNa s pl. hm. 410 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



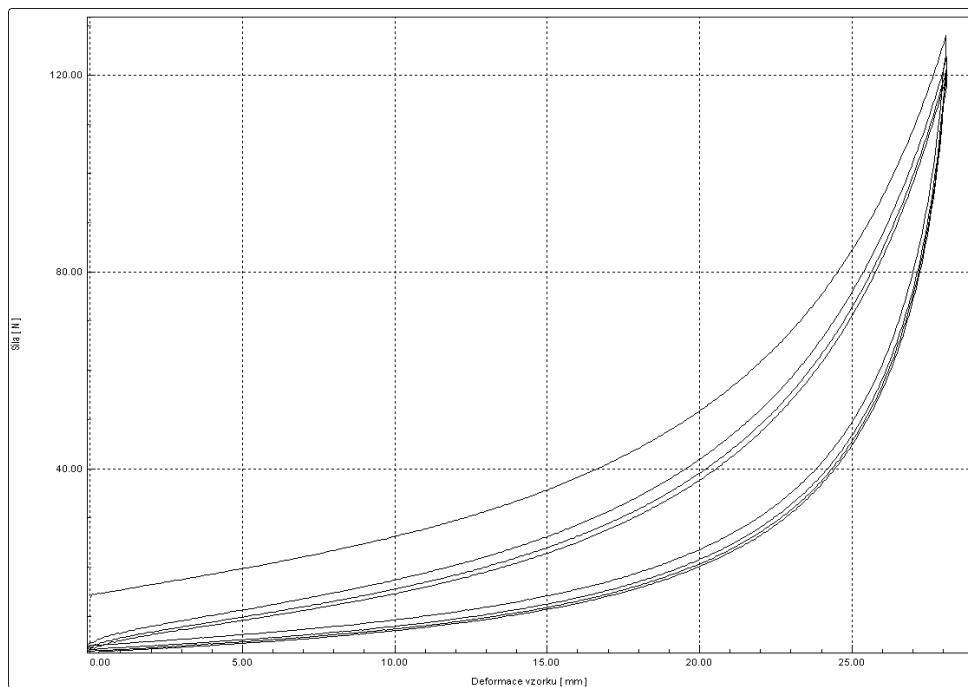
*Obr. 48 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 10% LiNa s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



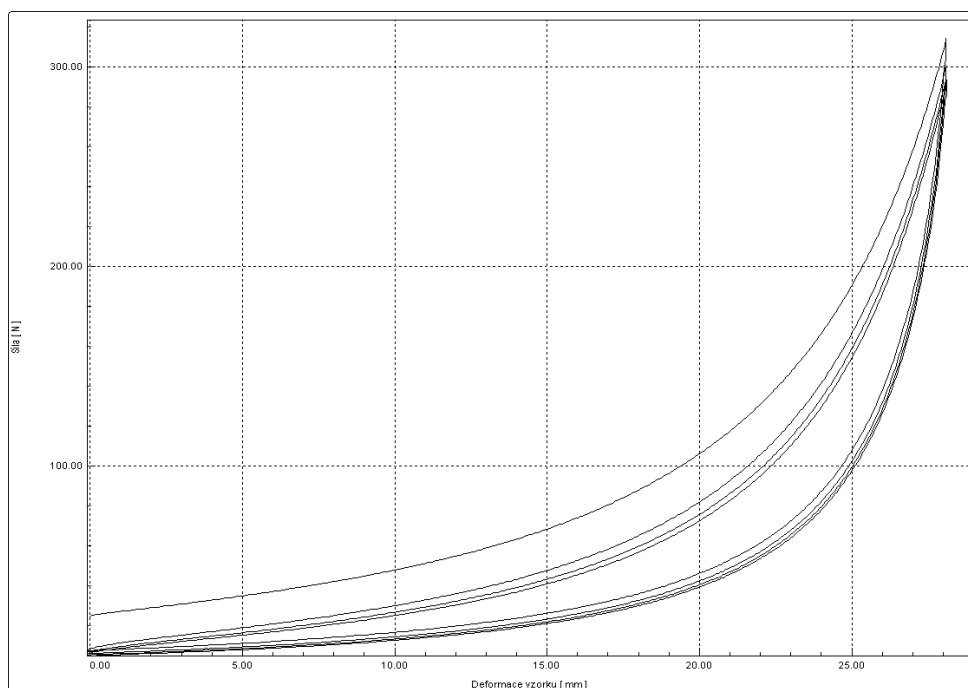
*Obr. 49 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 10% LiNa s pl. hm. 410 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



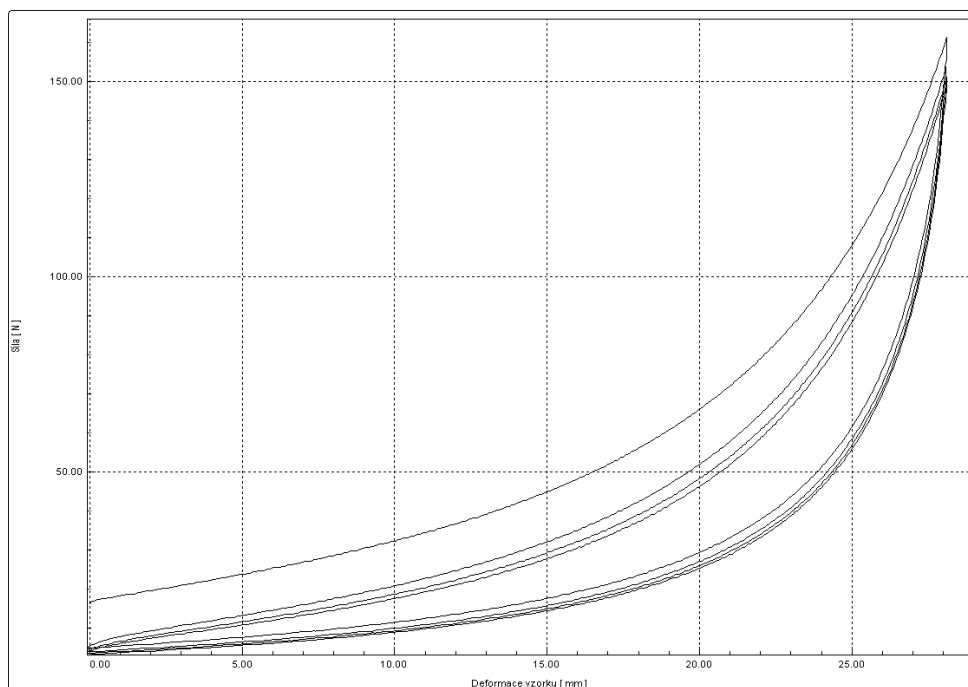
*Obr. 50 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 1% Li 2,6 s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



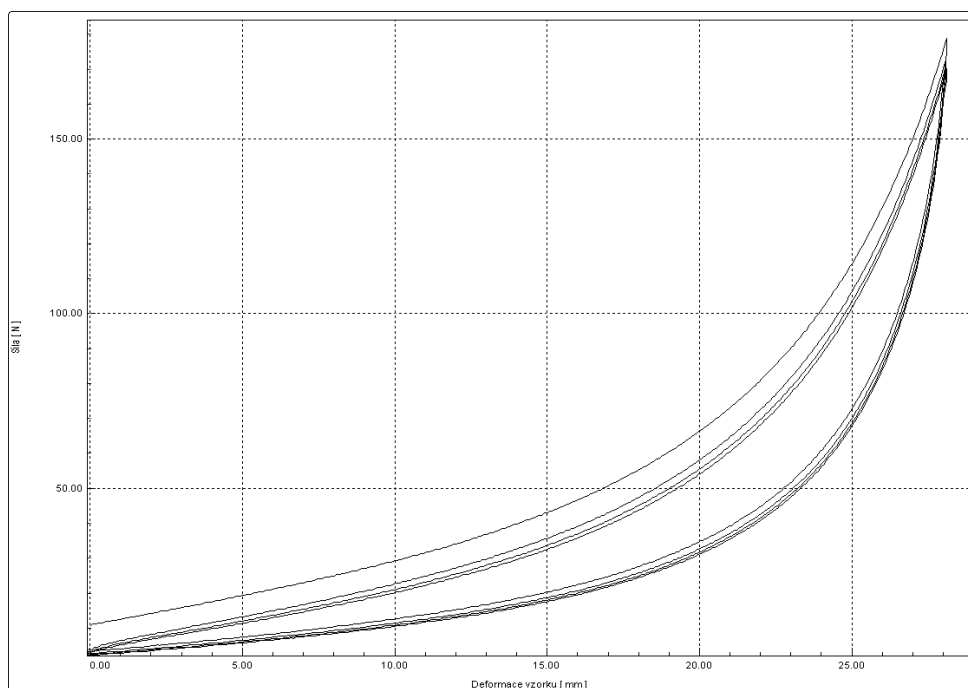
*Obr. 51 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 1% Li 2,6 s pl. hm. 410 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



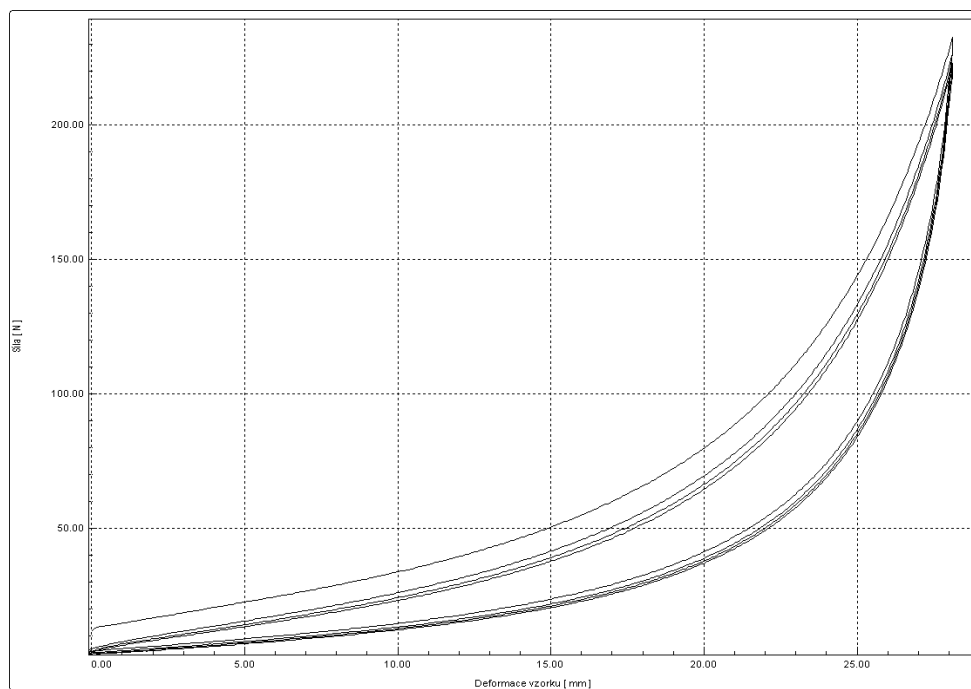
*Obr. 52 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 10% Li 2,6 s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



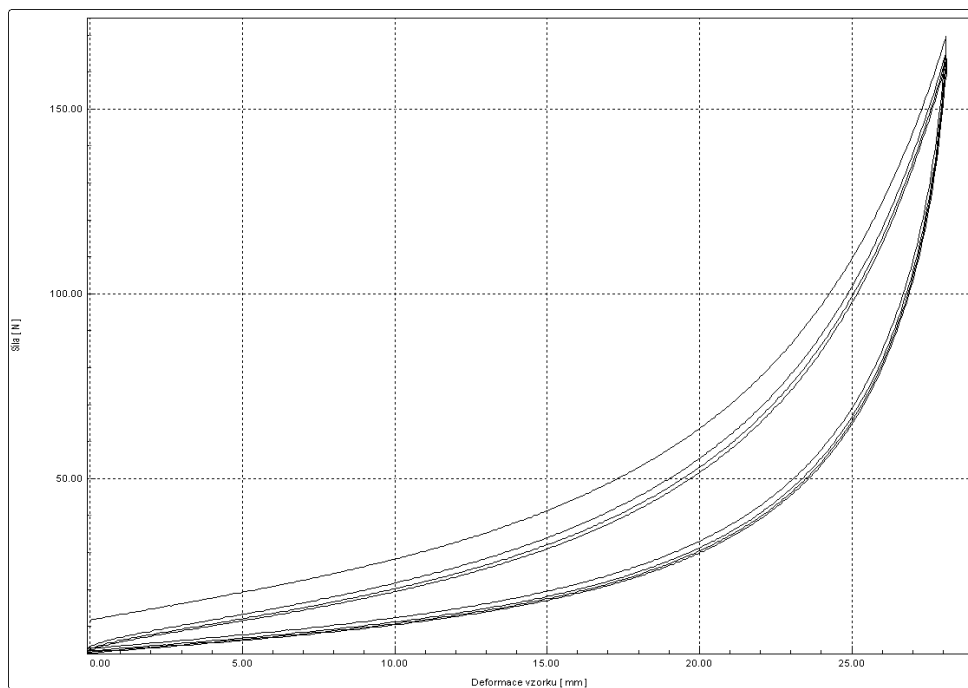
*Obr. 53 Graf stlačování původního ošetřeného vzorku 10% Li 2,6 s pl. hm. 410 g/m<sup>2</sup> bez mechanického namáhání.*



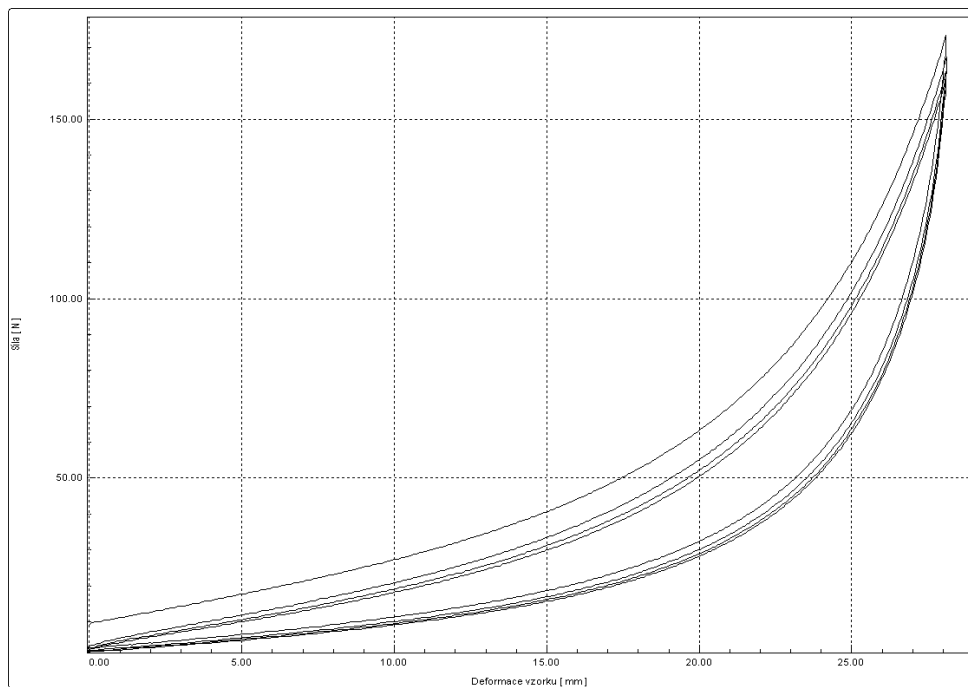
*Obr. 54 Graf stlačování ošetřeného vzorku 1% LiNa s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> s mechanickým namáháním.*



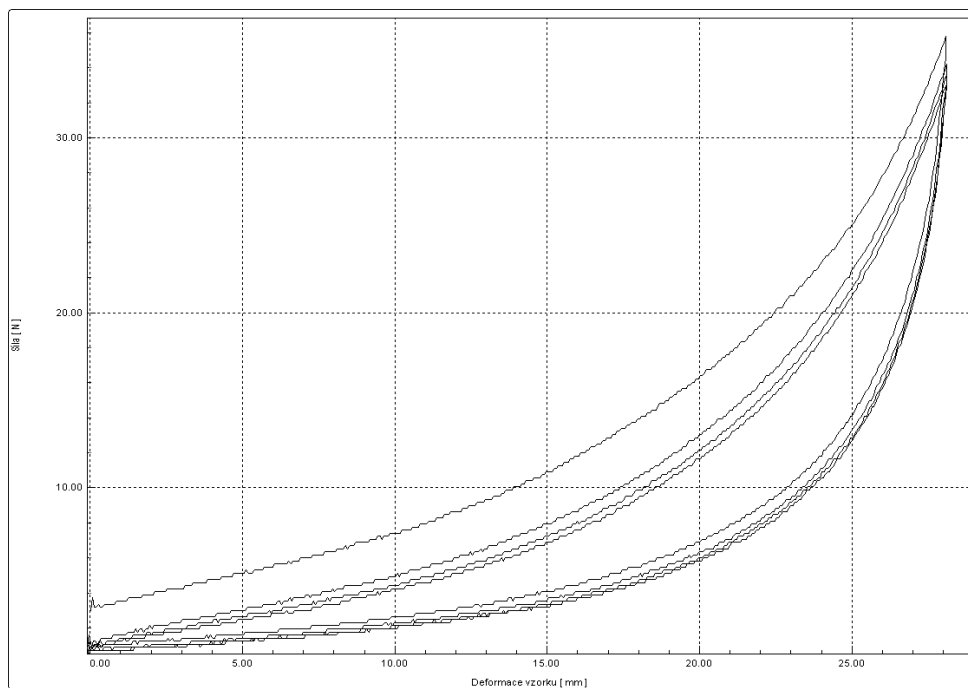
*Obr. 55 Graf stlačování ošetřeného vzorku 10% LiNa s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> s mechanickým namáháním.*



*Obr. 56 Graf stlačování ošetřeného vzorku 1% Li 2,6 s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> s mechanickým namáháním.*



*Obr. 57 Graf stlačování ošetřeného vzorku 10% Li 2,6 s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> s mechanickým namáháním.*



*Obr. 58 Graf stlačování neošetřeného vzorku s pl. hm. 600 g/m<sup>2</sup> s mechanickým namáháním.*