

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Josef Dembický

1997

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní

Obor : 3126 - 8

Technologie textilu a oděvnictví

Zaměření : Zušlechťování textilií

Katedra textilního zušlechťování

*Identifikace dislokací hydrofobní úpravy
elektronovým mikroskopem*

Josef Dembický
KZU - 396

Vedoucí diplomové práce : Doc.ing. Jaroslav Odvárka DrSc.
Konzultant : Ing. Vladimír Kovačič

Rozsah práce a příloh :

počet stran : 79

počet obrázků : 30

počet tabulek : 37

počet příloh : 30

22. 5. 1997

Fakulta textilní

Katedra textilního zušlechťování

Školní rok: 1996/97

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Josefa Dembického

obor 3126-8 Textilní technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Identifikace dislokací hydrofobní úpravy elektronovým mikroskopem

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte přehled dosavadních poznatků.
2. Aplikujte na bavlněnou tkaninu hydrofobní úpravu parafin - voskovou disperzí a silikony.
3. S využitím videokamery určete tvar vodní kapky na styku s upravenou textilií.
4. Kromě dosud užívaných vztahů navrhnete vlastní vzorce pro výpočet kontaktního úhlu.
5. Najděte korelaci mezi dislokací filmů a povrchové úpravy zjištěné elektronovým mikroskopem a výslednými parametry hydrofobní úpravy.
6. Srovnejte mechanicko - fyzikální parametry původní a hydrofobně upravené textilie.
7. Experimentálně vyhodnoťte vliv povrchově adsorbovaných tenzidů na vláknech na účinnost hydrofobní úpravy.

Rozsah grafických prací: -

Rozsah průvodní zprávy: 50 stran

Seznam odborné literatury: Čs., německé, anglické odborné časopisy
a monografie od roku 1980, ve zvláštním případě i starší.

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jaroslav Odvárka, DrSc.

Konzultant: Ing. Vladimír Kovačič

Zadání diplomové práce: 16.10.1996

Termín odevzdání diplomové práce: 30.5.1997



M. Prášil

Vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Prášil, CSc.

Děkan

J. Militký
Prof. Ing. Jiří Militký, CSc.

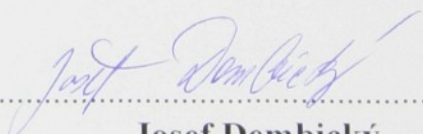
V Liberci

dne 11.10. 1996

PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji , že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 22. 5. 1997


.....
Josef Dembický

PODĚKOVÁNÍ

Při zpracování této diplomové práce mi pomáhala řada odborníků z katedry textilního zušlechťování a katedry textilních materiálů. Jmenovitě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Doc. ing. Jaroslavu Odvárkovi CSc. za cenné rady z oblasti konečných úprav textilií, dále konzultantu ing. Vladimíru Kovačičovi za pomoc v experimentální oblasti a ing. Jakubu Wienerovi za pomoc při matematické analýze kontaktního úhlu.

Ob s a h

Seznam použitých symbolů a zkratk	2
1 Úvod	5
2 Charakteristika dějů při impregnaci	6
2.1 Základní poznatky o difúzních vlastnostech vláken	6
2.2 Adsorpce plynů a par	7
2.3 Nanášení zušlechťovacích lázní na textilní materiály	9
3 Hydrofobní úprava plošných textilií	10
3.1 Způsoby hydrofobních úprav	13
3.2 Využití sloučenin zirkonu k hydrofobnímu efektu	15
3.3 Emulze parafinů a vosků s kovovými solemi	17
3.4 Silikony v moderní hydrofobní úpravě	17
3.4.1 Silikony používané v textilní praxi	19
3.4.2 Využití silikonů	20
3.5 Perfluorované sloučeniny	21
3.6 Hodnocení hydrofobní úpravy	22
3.6.1 Kapkový 3M Water Repellency Test II	22
3.6.2 Měření úhlu smáčení	22
3.6.3 Spray test - ČSN 80 0827	23
3.6.4 Spray test - ČSN 80 0856	23
3.6.5 ČSN 80 0831	23
3.6.6 ČSN 80 0828	23
3.7 Vliv tenzidů na hydrofobní úpravu	23
4 Využití obrazové analýzy k určování kontaktního úhlu	24
4.1 Lucia M	24
4.1.1 Zpracování obrazu systémem Lucia	24
4.1.2 Schematické znázornění měřicí aparatury	25
5 Rastrovací elektronová mikroskopie	26
5.1 Základní princip REM	26
5.2 Popis a složení mikroskopu	27
5.3 Technická příprava preparátu	29
5.4 Oblasti využití REM v textilním průmyslu	29
6 Určení vztahu pro výpočet množství hydrofobního přípravku na povrchu elementárních vláken obsažených v 1m ² textilie	30
6.1 Určení povrchu vláken v 1m ² použité bavlněné textilie	30
6.2 Výpočet množství hydrofobní substance vztažené na povrch elementárních vláken	31
7 Analýza výpočtu kontaktního úhlu	32
7.1 Vztahy uváděné v literatuře	32
7.1.1 Vztah podle Bartella a Zuidemi [38]	33
7.1.2 Vztah podle Sommera [22]	34
7.1.2.1 Vztahy pro výpočet úhlů nižších než 90°	34
7.1.2.2 Vztah pro výpočet kontaktních úhlů větších než 90°	34

7.2 Původní model ideální kulové vodní kapky	34
7.3 Eleptický model kapky	35
8 Experimentální část	38
8.1 Specifikace textilního materiálu	38
8.1.1 Stanovení dostavy podle ČSN 80 0814	38
8.1.2 Stanovení jemnosti osnovních a útkových nití	38
8.1.3 Určení jemnosti vláken	39
8.1.4 Stanovení tloušťky a prodyšnosti	39
8.1.5 Určení plošné a objemové hmotnosti bavlněné tkaniny	40
8.1.6 Stanovení mechanických vlastností - pevnosti v tahu,tažnosti a deformační práce	41
8.2 Aplikace hydrofobní úpravy na textilní substrát	42
8.2.1 Hodnocení hydrofobních vlastností textilie kapkovým testem	47
8.2.2 Určení kontaktního úhlu	52
8.2.3 Stanovení mechanicko - fyzikálních vlastností	59
8.2.3.1 Stanovení prodyšnosti	59
8.2.3.2 Určení pevnosti , tažnosti a deformační práce	61
8.3 Vliv zbytkových tenzidů na účinnost úpravy	67
Diskuse a výsledky	75
Závěr.	77
Použitá literatura	78
Přílohy	

Seznam použitých symbolů a zkratek

a [m]	délka hlavní poloosy elipsy u eliptického modelu kapky
a [N.kg.m ⁻²]	specifická adheze
A_C [m ² .m ⁻²]	vnější povrch vláken v 1m ² textilie
A_j [m ²]	vnější povrch elementárního vlákna
AZK	amoniumzirkoniumkarbonát
α [°]	úhel odtrhnutí kapalně vrstvy na pevném povrchu
b [m]	délka vedlejší poloosy elipsy u eliptického modelu kapky
B.E.T.	izoterma sloužící ke stanovení adsorpční schopnosti pevného povrchu
c [mol.dm ⁻³]	molární koncentrace
c [g.m ⁻²]	koncentrace hydrofobního prostředku v textili
C [-]	adhezní konstanta
c_L [g.l ⁻¹]	koncentrace hydrofobního prostředku v impregnační lázni
d [m]	průměr
D [m ² .s ⁻¹]	difúzní koeficient

$D_o [m^2.s^{-1}]$	difúzní koeficient extrapolovaný na nulovou koncentraci
$D_o [cm^{-1}]$	dostava osnovy
$D_u [cm^{-1}]$	dostava útku
$\bar{\Delta}^2 [m^2]$	kvadratický posun částic
$\varepsilon [\%]$	tažnost
$\varepsilon_o [\%]$	tažnost po směru osnovy
$\varepsilon_u [\%]$	tažnost po směru útku
$f [m]$	poloměr kapky ve vzdálenosti $n/2$ nad povrchem substrátu u eliptického modelu kapky
$F [N]$	síla
$F_H [N]$	pevnost v tahu pro původní textilii
$F_o [N]$	pevnost v tahu po směru osnovy
$F_u [N]$	pevnost v tahu po směru útku
$g [N]$	gravitační síla
$G [J]$	volná entalpie
$\gamma [N.m^{-1}]$	povrchové napětí
$\gamma_{l,g} [N.m^{-1}]$	mezipovrchové napětí kapalina - vzduch
$\gamma_{g,s} [N.m^{-1}]$	mezipovrchové napětí vzduch - pevná látka
$\gamma_{s,l} [N.m^{-1}]$	mezipovrchové napětí pevná látka - kapalina
$h [mm]$	výška kapky u modelu kulové kapky
$l [km]$	délka příze
$l_j [m]$	délka vlákna
$m [g]$	hmotnost
$m [m]$	vzdálenost středu elipsy od roviny povrchu pevné fáze
Me	uhlovodíkový zbytek - CH_3 (methyl -)
$m_j [g]$	hmotnost vlákna
$\mu [g.m^{-2}]$	koncentrace hydrofobního prostředku vztažená na povrch vláken
$n [-]$	absolutní četnost molekul , resp. vláken
$n [m]$	výška kapky v případě hydrofilního materiálu pro eliptický model
$v [g]$	množství hydrofobního prostředku fixovaného na 1 vlákne
$P [cm^2]$	plocha vzorku při zkoušení prodyšnosti
$p [m]$	obvod průřezu vlákna
$p [Pa]$	tlak
$P [Pa]$	vnější tlak sledovaný u rtuťové porozimetrie
$P [\%]$	mokrý přivažek
PE	primární elektrony
$p_o [Pa]$	tlak nasycených par plynu
$q [-]$	tvarový faktor
R	uhlovodíkový zbytek
REM	rastrovací elektronový mikroskop
$r [m]$	poloměr (vlákna , póru , ...)
$\rho [kg.m^{-3}]$	hustota prostředí

ρ_l [kg.m ⁻³]	hustota kapaliny
ρ_L [kg.m ⁻³]	hustota lázně
ρ_S [kg.m ⁻²]	plošná měrná hmotnost
ρ_V [kg.m ⁻³]	měrná hmotnost vláken
s	směrodatná odchylka
S [m ²]	povrch , plocha průřezu vláken
S_m [m ² .kg ⁻¹]	specifický povrch
SE	sekundární elektrony
SM	světelný mikroskop
t [s]	čas
t [tex]	jemnost vláken
T [K]	termodynamická teplota
T [tex]	jemnost příze
TEM	transmisní elektronový mikroskop
TPP	textilní pomocný přípravek
Θ [°]	kontaktní (stykový , krajový) úhel
Θ_1 [°]	kontaktní úhel určený z eliptického modelu kapky
Θ_2 [°]	kontaktní úhel určený z modelu Sommera a Winklera
Θ_3 [°]	kontaktní úhel určený z původního modelu kulové kapky
U_S [J]	vnitřní energie
v [%]	variační koeficient
$\bar{v}$ [l.hod ⁻¹]	průměrný průtok vzduchu
W	stupeň hydrofobity podle kapkového testu (materiál se nesmáčí destilovanou vodou)
W [J]	deformační práce
W [l.m ⁻² .s ⁻¹]	prodyšnost
W_A [N.m ⁻¹]	adhezni práce
W_{Amax} [N.m ⁻¹]	maximální adhezni práce při dokonalém smočení kapaliny textilií
W_S [J]	povrchová energie
$\bar{X}$	aritmetický průměr
Z [-]	zvětšení
ZA	zirkoniumacetát

1

Úvod

Cílem finální úpravy je dodat textilním výrobkům potřebné vlastnosti , aby vyhovovaly vysokým nárokům spotřebitelů jak co do vzhledu , tak i co do životnosti a snadné údržby.

Vlastnosti určující vhodnost a vzhled (tzv. funkční vlastnosti) jsou : líbivý vzhled , příjemný omak a fyziologická nezávadnost.

Vlastnosti určující životnost textilních výrobků jsou : pevnost , odolnost proti odírání a jinému mechanickému poškození a z ní vyplývající stálost pěkného vzhledu a také odolnost proti chemickému poškození .

Přitom je snaha používat moderní úpravnické prostředky , které dávají trvanlivou (permanentní) nevypratelnou úpravu , takže si textilní zboží uchová po celou dobu všechny vlastnosti , které mu byly dodány úpravou.

Úspěšné provedení chemické finální úpravy předpokládá dobré teoretické znalosti , pečlivé vypracování technologického postupu a jeho přesnou analytickou kontrolu. Finálními úpravami lze docílit zlepšení určitých vlastností , to však často vede naopak ke zhoršení jiných vlastností.

Předmětem této práce je kvalitativně a kvantitativně posoudit konečnou úpravu z hlediska mikrostruktury a mechanicko - fyzikálních vlastností . K tomuto účelu byla použita řada metod s využitím speciálních přístrojů a zařízení.

Nejvýznamnějším prostředkem k poznávání kvality finální úpravy byl rastrovací elektronový mikroskop (REM),s jehož pomocí lze rozeznat řadu chyb a dislokací , které mohou nastat během upravování textílie příslušným úpravnickým prostředkem a při aplikaci různého druhu namáhání.

Samozřejmě jde zde pouze o kvalitativní a vizuální posuzování , což však má velký význam pro získání základních informací o rozložení a kvalitě přípravku , vytvářejícího film na povrchu vláken (v případě úpravy hydrofobní , která byla v této práci posuzována).Zvláště pak , když byly mikrofotografie z REM využity jako dokumentace k hodnocení finální úpravy prostřednictvím řady objektivních kvantitativních metod.Jednou z nich bylo určování kontaktních (krajových) úhlů prostřednictvím obrazové analýzy (viz. kapitoly 4 a 6).Pro výpočet těchto úhlů existuje řada vztahů [5] , [22] , přičemž byly nalezeny i metody původní (kap. 6) .

V další části byla práce zaměřena na hodnocení úpravy po různém způsobu namáhání typického z hlediska uživatele , tzn. praní - s přísadou tenzidu a chemické čištění.Dále byl posuzován vliv zbytkových tenzidů na účinnost finální úpravy [7] .

Velký důraz byl kladen především na experimentální část , protože na téma vizuálního hodnocení finální úpravy s použitím elektronové mikroskopie nebylo doposud vypracováno mnoho prací.

Pro časovou náročnost se tato práce zaměřila na hodnocení kvality hydrofobní úpravy a vzhledem k omezenému množství materiálu a jeho veliké spotřebě bylo možné provést pouze omezené počty zkoušek.Měření byla reprodukována a statisticky zpracovávána [37].

Charakteristika dějů při impregnaci

Tato práce je zaměřena na hodnocení hydrofobní úpravy. Při její aplikaci na textilní materiál se uplatňuje řada fyzikálních dějů, které je potřeba si nyní vysvětlit. Tyto poznatky poskytují sice širší teoretický rozhled nad daným problémem, ale zároveň jsou důležitým faktorem k poznání mikrostrukturálních dějů, uplatňujících se při aplikaci finálních úprav.

2.1 Základní poznatky o difuzních vlastnostech vláken

Speciální úpravy textilií se zařazují z hlediska klasifikace chemických reakcí mezi reakce heterogenní, probíhající při styku fází. Tyto reakce jsou specificky ovlivňovány parametry povrchu látky nebo plošných útvarů. Rychlost heterogenních reakcí závisí především na difuzi.

Prostup látek při difuzi závisí na vnitřních a vnějších parametrech systému a má charakter následných dějů, které mohou probíhat takto:

1. difuze aditiva k povrchu vlákna
2. adsorbce na povrchu
3. difuze do vlákna
4. fixace prostředku ve struktuře vlákna
5. desorbce nevázaného aditiva
6. difuze z povrchu do prostředí.

Základní charakteristikou difuzních vlastností systému je difuzní koeficient D . Jeho rozměr je $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a vyplývá z rovnice [1].

$$\bar{\Delta}^2 = 2 \cdot D \cdot t \quad [\text{m}^2] \quad [1]$$

kde $\bar{\Delta}^2$ je střední kvadratický posun částic,

t - čas difuze [s]

D - difuzní koeficient [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

Difuzní tok charakterizuje množství látky, které projde jednotkovou plochou povrchu za jednotku času při gradientu koncentrace dc/dx .

Textilní vlákna jsou schopné pohlcovat molekuly vody nebo jiných látek z okolního prostředí nejen na povrchu, ale i v objemové fázi. Počet molekul absorbovaných vláknem roste při určitém nastaveném tlaku (koncentraci) s časem až po ustálení rovnovážného stavu. Rovnovážná koncentrace difundující látky závisí na gradientu koncentrace a gradientu teploty. Kinetický průběh sorbce vlákny lze naznačit následujícím způsobem:

- difuze látky k povrchu vlákna
- adsorpce molekul na povrchu
- difuze molekul do vlákna.

Třetí stupeň je nejpomalejší a je proto určující na charakterizování výsledné rychlosti děje, podrobnější popis těchto dějů je uveden v literatuře [1].

Difúzi molekul kapalin ve vlákne lze popsat Fickovou rovnicí :

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial c}{\partial r} \right] \quad [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}] \quad [\text{II}]$$

kde $c=c(r,t)$ $[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]$ je v místě $r[\text{m}]$ a v čase $t[\text{s}]$ koncentrace difundující látky , D - difúzní koeficient $[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$ (viz vztah [I] , [III]).

Ve skutečnosti se získávají hodnoty difúzních koeficientů , které se liší od teoreticky stanovených hodnot. Je to důsledek skutečnosti , že při reálných podmínkách je možné jen těžko při difúzi udržet izotermické podmínky. Dále se často vlivem nabobtnání mění objemové rozměry vlákna. K neizotermickému průběhu děje přispívá i fluktuace sorpčních tepel , která se mění s koncentrací penetrantu ve vlákne a se stupněm nabobtnání vzorku vlákna.

Difúzní koeficient všeobecně závisí na vlastnostech difundujících látek a na struktuře polymerního systému v průběhu děje. Závislost difúzního koeficientu na koncentraci c se vyjadřuje rovnicí :

$$D = D_0 \exp (k \cdot c) \quad [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad [\text{III}]$$

kde D_0 je difúzní koeficient extrapolovaný na koncentraci blízkou k nule , k je konstanta .

2.2 Adsorpce plynů a par

Nejčastěji používanou metodou úpravy textilních materiálů je aplikace přípravku na povrch vlákna nebo do jeho podpovrchových vrstev . Velký důraz se klade na potřebu zkoumání tvaru a velikosti pórů vláken a plošných útvarů.

Často se určuje vnitřní objem vlákna , kterým se označuje objem volných prostorů a dutin uvnitř vlákna. Podle velikosti se tyto dutiny označují jako póry a trhliny. Dále se rozdělují na mikropóry a makropóry.

Celkový povrch je daný součtem vnitřního a vnějšího povrchu (viz kap. 6.1). Povrchovými úpravami se mění vnější část povrchu , zatímco při procesech nabobtnávání a adsorpce se uplatňuje především vnitřní část povrchu , která souvisí s existencí vnitřních pórů (vakancí) .

Nárůst adsorbovaných množství látek na pevných površích v závislosti na tlaku charakterizují adsorpční izotermy , které se vyjadřují funkční závislostí

$$a = f (p) , (T) \quad [\text{IV}]$$

kde a $[\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}]$ je množství adsorbované látky při tlaku p $[\text{Pa}]$ a při konstantní teplotě T $[\text{K}]$. Nejčastěji se na stanovení adsorpční schopnosti pevného povrchu používá izoterma B.E.T. , která zohledňuje podmínky vícevrstvé adsorpce na reálných pevných površích .

$$\frac{a}{a_{\max}} = \frac{C \cdot p}{(p_0 - p) \cdot \left[1 + (C - 1) \cdot \frac{p}{p_0} \right]} \quad [V]$$

kde $a_{\max}$ [mol.kg⁻¹] je množství adsorbované látky při zcela pokrytém povrchu za rovnováhy ,

p_0 [Pa] tlak nasycených par plynu ,

C konstanta .

Specifický povrch pevného adsorbentu S_m [m².kg⁻¹] se počítá z naměřené hodnoty $a_{\max}$ podle vztahu :

$$S_m = \frac{n \cdot S}{m} \quad [m^2.kg^{-1}] \quad [VI]$$

kde n [1] je počet adsorbovaných molekul ,

S [m²] - povrch , který obsadí při nasycení 1 molekula inertního testovacího plynu ,

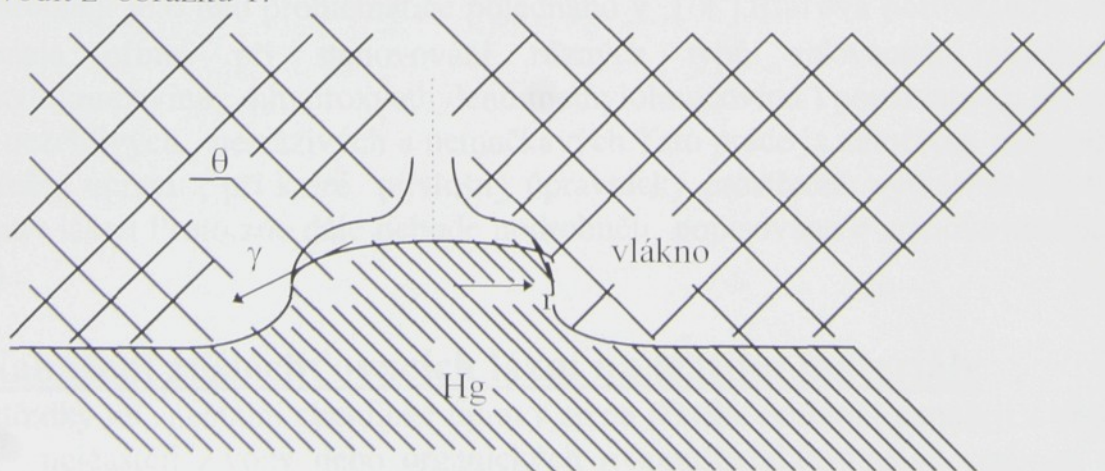
m [kg] - hmotnost pevného adsorbentu .

Specifický povrch chemických vláken je menší než specifický povrch přírodních vláken .Speciálními povrchovými úpravami je možné měnit hodnotu specifického povrchu vláken a zlepšit tak jejich adhezní vlastnosti.

Důležitou charakteristikou pevného adsorbentu jsou rozměry a velikost pórů.Velikost pórů a počet jejich zastoupení v povrchu je možné určit různými metodami.

Na určení objemového zastoupení velikostních skupin pórů se nejčastěji používá rtuťová porozimetrie.

Rtuť jako nesmáčivá kapalina zaplňuje póry adsorbentu pod tlakem p .Objem pohlčené rtuti při určitém tlaku odpovídá pórovitosti vzorku.Vztah mezi vynaloženým tlakem a poloměrem právě zaplňovaných pórů vláken, který byl odvozen Washburnem [8] , lze odvodit z obrázku 1.



Obr. 1 : Penetrace rtuti do póru vlákna.

$F \downarrow$ - síla působící na vyrovnaní povrchu rtuti je vlastně kolmá složka povrchového napětí .

$$F \downarrow = - 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \gamma \cdot \cos \theta \quad [\text{N}] \quad [\text{VII}]$$

$F \uparrow$ - vzestupná síla pocházející z vnějšího tlaku . Je rovna absolutnímu tlaku násobeného plochou styku. Pro zjednodušení je uvažována kruhová plocha.

$$F \uparrow = P \cdot \pi \cdot r^2 \quad [\text{N}] \quad [\text{VIII}]$$

kde γ [N.m⁻¹] je povrchové napětí rtuti na rozhraní pevné fáze ,

θ [°] - úhel smáčení rtuti pevnou fází ,

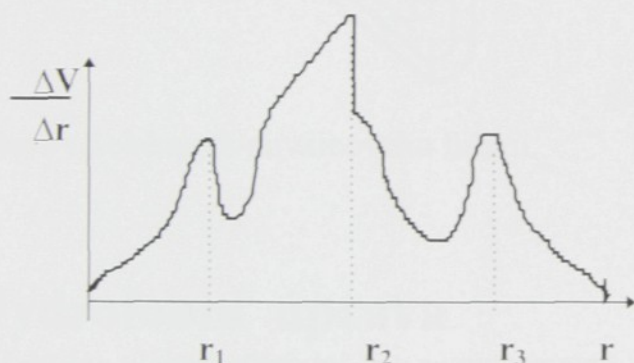
P [Pa] - vnější tlak,

r [m] - poloměr póru.

V rovnováze si jsou tyto síly rovny , čímž se dojde ke vztahu [IX].

$$P = - \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{r} \quad [\text{Pa}] \quad [\text{IX}]$$

Zvýšený výskyt pórů určité velikosti lze sledovat z derivačních křivek na obr. 2 .



Obr. 2 : Rozdělení pórů podle velikosti (r).

Podrobněji je o této problematice pojednáno v [8]. Rtut'ová porozimetrie by jistě znamenala přínos při stanovování různých typů síťovacích prostředků (dimethylolmočovina , dihydroxyethylendimethylolmočovina) používaných při aplikaci úprav nežehlivých , nesráživých a nemačkových. Tato práce je zaměřena na prodyšnou hydrofobní úpravu , při které příslušný úpravnický prostředek vytváří tenký film na povrchu vláken. Proto zde dále nebude podrobněji popisováno o stanovování porezity vláken .

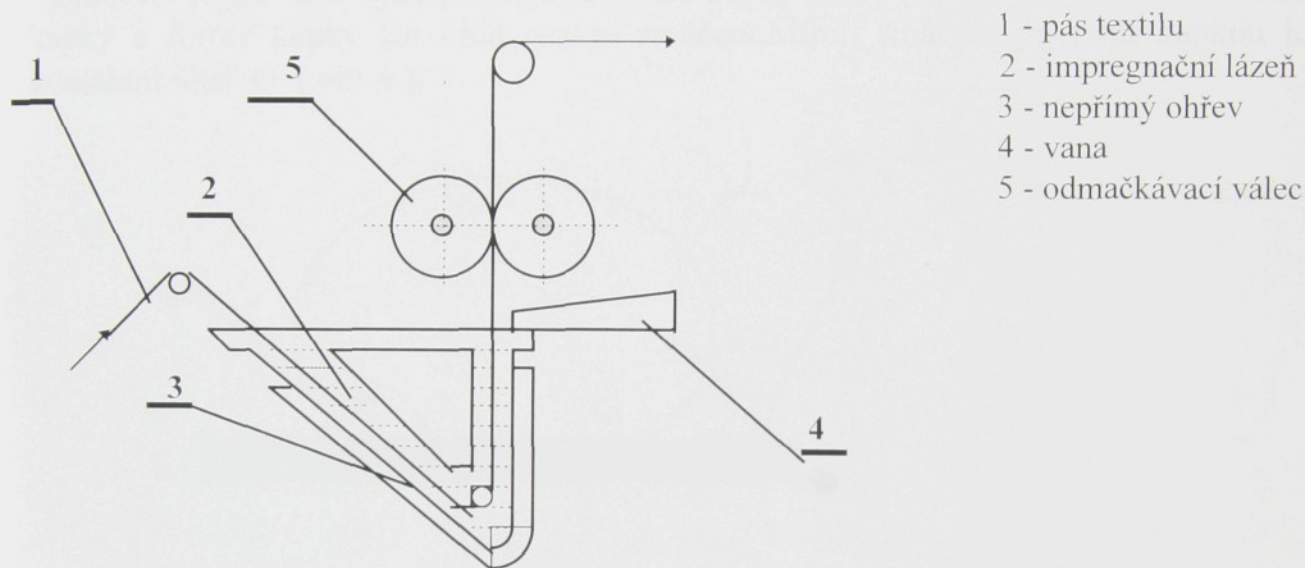
2.3 Nanášení zušlechťovacích lázní na textilní materiály

Prostředky na speciální chemické úpravy se na textilní materiál nanášejí z vhodného média , nejčastěji z vody nebo organických rozpouštědel. Postup se většinou skládá z impregnace , sušení , tepelného zpracování a praní .

Na textilní materiál se zušlechťovací lázeň nanáší např. na fuláru a na jiggeru , na některé typy úprav se využívá technika minimálních nánosů , stříkáním , nánosem pěny.

Na fuláru se má materiál rovnoměrně naimpregnovat a následně odmačknout .Schema dvouválcového fuláru je na obr.3 [3].

Množství lázně , která na materiálu zůstane , závisí na specifickém tlaku mezi odmačkávacími válci.Přijem lázně materiálem závisí i na jiných faktorech , jako je nasákavost materiálu , smáčecí účinnost lázně , rychlost pohybu materiálu a teplota lázně [24],[32].



Obr.3 : Schéma dvouválcového fuláru.

3

Hydrofobní úprava

Textilní vlákna přírodní a z regenerované celulózy jsou v čistém stavu hydrofilní , tzn. , že se snadno smáčejí .Dopadne-li na povrch takového vlákna kapka vody , rychle se vsákne do kapilárních pórů vláken a tkanina se promočí .Účelem hydrofobní úpravy je zabránit tomuto vsakování vody a smáčení tkaniny .

Při vzájemném působení kapaliny a tuhé látky se uplatňují z hlediska charakteru adhezních sil dva případy :

1. adheze kapky.
2. adheze souvislé vrstvy kapaliny.

V prvním případě jde o adhezi oddělených kapek.Sledují se tu podmínky smáčení (smáčecí úhel , plošná náročnost kapek na pevných površích a adhezní práce(viz vztahy [XII] a [XIII]) [3],[29] .

V druhém případě jde o oddělování souvislých vrstev kapaliny od pevné fáze . Veličina , která se tu stanovuje , je specifická adheze α , přilnavost nebo úhel odtrhnutí vrstvy α , při kterém se homogenní vrstva na rovném povrchu rozruší .

Vztah mezi veličinami znázorňuje rovnice [X] .

$$a = \frac{4}{3} r (\rho_l - \rho) \cdot g \cdot \sin \alpha \quad [\text{N.kg.m}^{-2}] \quad [X]$$

kde **a** je specifická adheze $[\text{N.kg.m}^{-2}]$

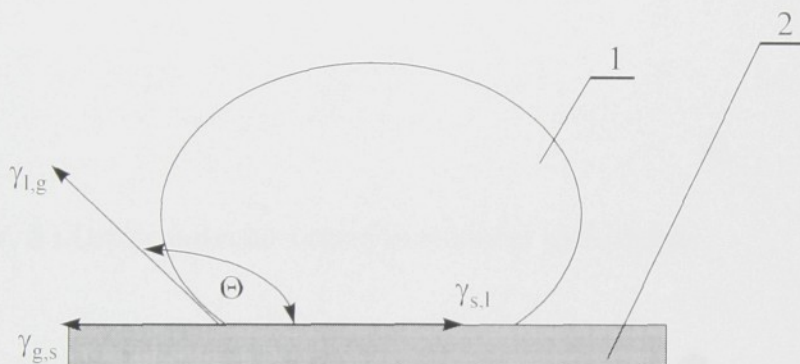
ρ_l je hustota kapaliny $[\text{kg.m}^{-3}]$,

ρ - hustota prostředí $[\text{kg.m}^{-3}]$,

g - gravitační síla $[\text{N}]$.

Specifická adheze **a** závisí na rozměru částic kapalně fáze a na vlastnostech adsorbované vrstvy na fázovém rozhraní.

Smáčení je jev vznikající při dopadu vodní kapky na pevný povrch. Podle velikosti kapky a formy kapky lze určit rozsah smáčení. Mírou smáčení povrchu kapkou je kontaktní úhel Θ (obr.4).



Obr. 4 : Rozložení mezipovrchových napětí.

1 - kapka

2 - pevný adsorbent

$\gamma_{l,g} [\text{N.m}^{-1}]$ - povrchové napětí na fázovém rozhraní kapalina - plyn ,

$\gamma_{s,g} [\text{N.m}^{-1}]$ - povrchové napětí na rozhraní pevná látka - plyn ,

$\gamma_{s,l} [\text{N.m}^{-1}]$ - povrchové napětí na rozhraní pevná látka - kapalina ,

$\Theta [^\circ]$ - úhel smáčení .

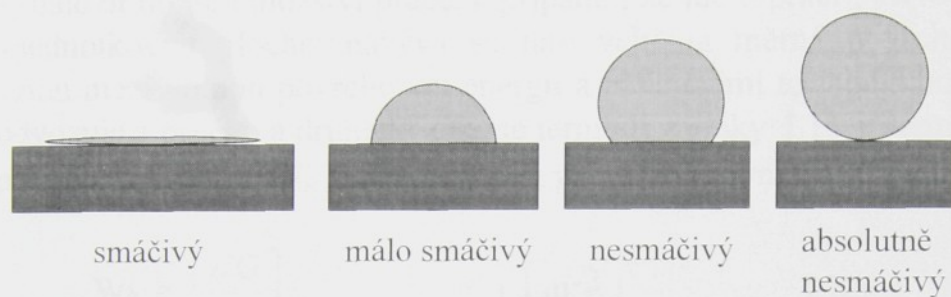
V podmínkách rovnováhy kapky lze napsat Youngovu rovnici :

$$\gamma_{l,g} \cos \Theta = \gamma_{s,g} - \gamma_{s,l} \quad [\text{N.m}^{-1}] \quad [\text{XI}]$$

Použitím této rovnice lze určit adhezi kapaliny. Kontaktní úhel je definovaný jako úhel mezi pevným povrchem a tečnou k bodu kontaktu [5] , [3].

Je - li úhel $\Theta < 90^\circ$, potom se pevné povrchy dobře smáčí vodou , jde o látky s hydrofilním povrchem. Při úhlech $\Theta > 90^\circ$ je smáčení ohraničeno , povrchy jsou pak hydrofobní , popř. oleofobní. Povrchové napětí , příslušící úplnému roztečení kapaliny na pevném povrchu ($\Theta = 0$, $\cos \Theta = 1$), se nazývá kritické povrchové napětí.

V případě , že kontaktní úhel dosahuje hodnot vyšších než 90° , hovoří se o tzv. odperlovacím efektu [35]. Na základě velikosti krajového úhlu lze rozdělit povrchy podle obr.5.



Obr. 5 : Druhy povrchů s různým stupněm hydrofobity.

Další veličinou , která charakterizuje vlastnosti povrchu (rovnice [XII]) je adhezní práce [29]. Vztah uvedený v [XIII] - maximální adhezní práce , platí za předpokladu , že stýskající se fáze jsou v plynném prostředí , které neobsahuje páry kapalin . Ve skutečnosti jsou však obklopeny nasycenými parami kapalin , jež se mohou adsorbovat na pevném povrchu a mohou ovlivnit výsledné hodnoty.

$$W_A = \gamma_{l,g} (1 + \cos\Theta) \quad [\text{N.m}^{-1}] \quad [\text{XII}]$$

$$W_{A\max} = 2 \cdot \gamma_C \quad [\text{N.m}^{-1}] \quad [\text{XIII}]$$

kde W_A je adhezní práce $[\text{N.m}^{-1}]$,

$\gamma_{l,g}$ je mezipovrchové napětí kapalina - vzduch (obr. 4) $[\text{N.m}^{-1}]$,

$W_{A\max}$ je maximální adhezní práce při dokonalém smočení pevné látky kapalinou $[\text{N.m}^{-1}]$,

γ_C je kritické povrchové napětí $[\text{N.m}^{-1}]$.

Vzájemné působení kapaliny a pevné fáze na jejich fázovém rozhraní určuje povrchové napětí a volná povrchová energie. Povrchové napětí je síla působící kolmo v povrchu kapaliny na fázovém rozhraní , která má tendenci zmenšit povrch kapaliny na minimální rozměry . Povrchové napětí a povrchová energie jsou v lineární korelaci. Povrchové napětí se zakládá na silovém působení na fázovém rozhraní a povrchová energie na energetickém působení.

Mezi veličinami platí vztah :

$$\gamma = \frac{W_s}{S} \quad [\text{N.m}^{-1}] \quad (V, T) \quad [\text{XIV}]$$

kde γ je mezipovrchové napětí na fázovém rozhraní kapalina pevná látka [N.m⁻¹],

W_s - povrchová energie kapaliny na fázovém rozhraní [J],

S - stykový povrch [m²],

(V, T) - konstantní objem a teplota.

Z hlediska termodynamiky vyplývá , že k vytvoření fázového rozhraní je potřebné vynaložit určité množství práce. V případě , že jde o práci , kterou vzniká nový povrch s jednotkovou plochou, nazývá se tato veličina měrná povrchová energie. Základní vztah mezi volnou povrchovou energií a základními termodynamickými veličinami se odvozuje z prvního a druhého zákona termodynamiky [13]. Termodynamickou definicí povrchové energie W_s je potom vztah vyjádřený rovnicí :

$$W_s = \left[\frac{\partial G}{\partial S} \right]_{T,p} \quad [J.m^{-2}] \quad [XV]$$

Z rovnice vyplývá , že zvětšením plochy fázového rozhraní S [m²] , nebo jeho vytvořením , se zvýší volná entalpie G [J] uvažované soustavy za konstantní teploty T [K] a tlaku p [Pa]. Vztah této povrchové volné energie k celkové povrchové energii U_s je vyjádřen Gibbs - Helmholtzovou rovnicí :

$$U_s = W_s - T \cdot \left[\frac{\partial W_s}{\partial T} \right]_{p,s} \quad [J.m^{-2}] \quad [XVI]$$

Tato rovnice umožňuje výpočet celkové povrchové energie soustav na základě hodnoty W_s a tepelného koeficientu $[\partial W_s / \partial T]_{p,s}$, který charakterizuje množství tepla přijatého soustavou z okolí při vzniku jednotkové plochy povrchu a obvykle se označuje jako latentní teplo tvorby povrchu.

3.1 Způsoby hydrofobní úpravy

V textilní praxi se hydrofobního efektu dosahuje nanášením tenké vrstvy (filmu) hydrofobních látek která zabraňuje pronikání vody do pórů vláken . Lze rozlišit úpravu dvojího druhu [15],[32]:

I. *N e p r o d y š n á h y d r o f o b n í ú p r a v a* . Sestává z hydrofobního povlaku , který pevně lpí na tkanině a zalepuje všechny mezery mezi nitěmi. Tato úprava se hodí pro stanová plátna , plachtoviny , apod. Nelze ji však aplikovat na textilii , která by sloužila jako oděv. Důvodem jsou špatné fyziologické vlastnosti . O neprodyšné úpravě dále pojednáno nebude.

II. *P r o d y š n á h y d r o f o b n í ú p r a v a* . Jednotlivá vlákna se obalí hydrofobním filmem , takže do nich nemůže pronikat voda , ale propustnost vzduchu zůstává zachována , protože se nevyplní otvory mezi vlákny [33]. Vzhledem na uložení hydrofobizačního prostředku na tkaninách se při hydrofobních úpravách rozlišují tři hlavní způsoby :

- mechanické uložení vodoodpudivé látky na vlákne
- chemická reakce hydrofobních látek s vlákny
- tvorba vodoodpudivého filmu na vláknech.

Prostředky pro hydrofobní úpravu [3],[24],[15] jsou uvedeny v tab.I.

Tab. I : Základní typy přípravků na hydrofobní úpravu.

Označení	Chemický vzorec	Obchodní značky	Vhodné na
Parafínové emulze se solemi hliníku	$\text{R}-\text{COO}-\text{Al} \begin{array}{l} \diagup \text{OH} \\ \diagdown \text{OH} \end{array} + \text{parafín}$	Depluvín T , L Pluvion OL Hydrophobol AKP , Al Hydrophobol CS , WF	bavlnu , viskózovou stříž , vlnu
Parafínové emulze se solemi zirkonu	$\text{R}-\text{COO} \begin{array}{l} \diagdown \\ \diagup \text{HO} \end{array} \text{Zr}=\text{O} + \text{parafín}$	Aparanal ZA Pluvion B , BA Hydrophobol Z Cerol FG , ZN Persistol E Perlit AF Depluvín SP	všechna vlákna bavlna , VSs , PADv všechny druhy vláken a směsi vlnu a směsi vlny se syntetikou
Komplexní chromité soli mastných kyselin chromoktadekanylchlorid	$\left[\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array} \begin{array}{l} \text{Cr}^{(2+)} \\ \text{OH} \\ \text{Cr}^{(2+)} \end{array} \right] 4\text{Cl}^-$	Spolapret CS Chromkomplex 4348 Perlit DW Phobotex CK	vlnu , bavlnu , VSs , PAD,PES vlnu vlnu a ostatní vlákna
Silikony - polymethylhydrogensiloxan	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{Si}-\text{O}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	Lukooil HE 40 Lukofix T40 D Perlit SE Hydrophobierung SI,IK	všechna vlákna
- polydimethylsiloxan	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{Si}-\text{O}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$		
Perfluorované sloučeniny	$\begin{array}{c} \text{COOCH}_2-\text{C}_8\text{F}_{17} \\ \\ \left[-\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n \end{array}$	Scotchgard FC - 205 Dipolit 650	všechna vlákna

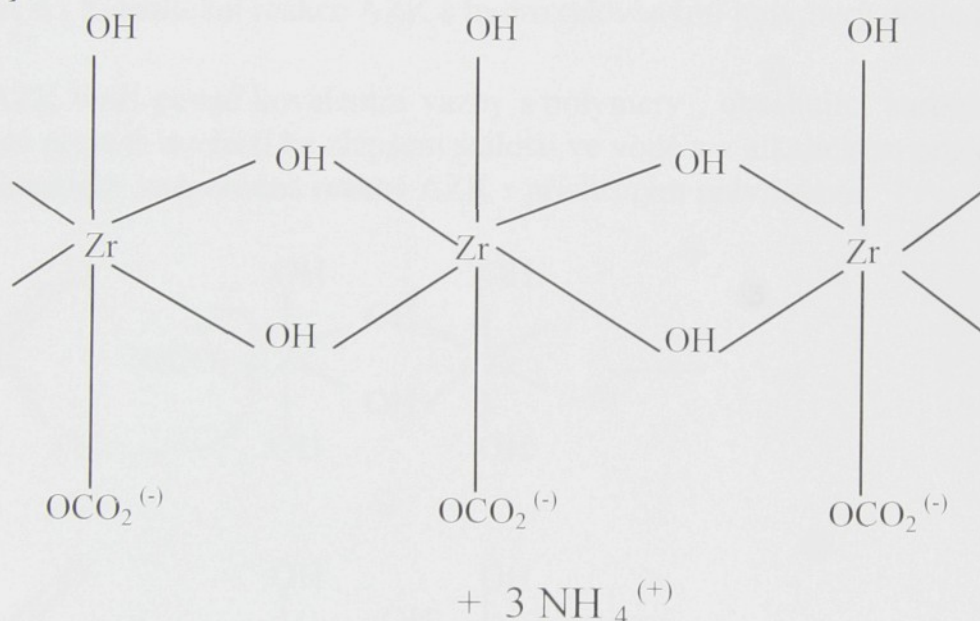
V následujícím přehledu jsou popsány moderní a nejpoužívanější postupy k aplikaci hydrofobních úprav. Byly zpracovány na základě literatury [2] , [3] , [4] , [5] , [6] .

3.2 Využití sloučenin zirkonu k hydrofobnímu efektu

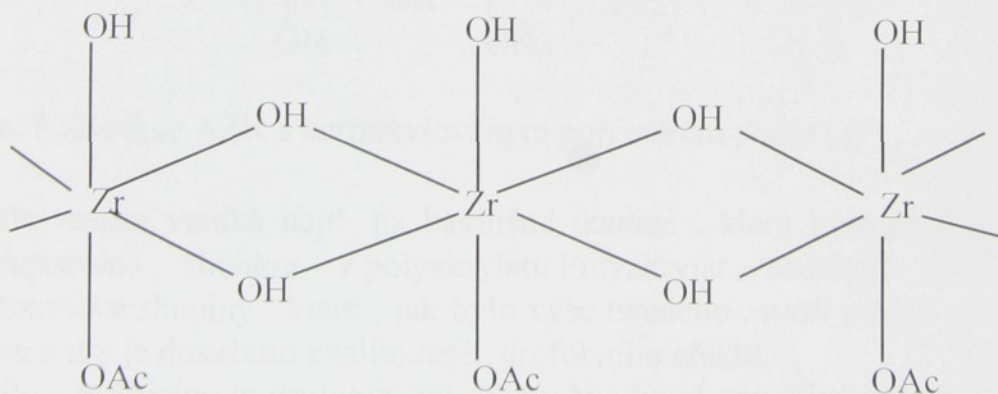
Je známo , že zirkoničité sloučeniny vstupují do lázně vzájemnou interakcí skupin vázajících kyslík , např. hydroxylové a karboxylové skupiny . Aplikovaná anorganická hydrofobní úprava by měla na textilním vlákne obsahovat odpovídající koncové skupiny , které jsou těžko desorbovatelné.

Podle literatury [4] jsou dnes nejpoužívanější sloučeniny aniontového charakteru (amoniumzirkoniumkarbonát - AZK) a neionogenního charakteru (zirkoniumacetát - ZA) viz obr.5.

[A]



[B]



Obr. 5 : Struktury amoniumzirkoniumkarbonátu (A) a zirkoniumacetátu (B) .

Tyto parařinové emulze jsou vhodné na hydrofobní úpravu materiálů z celulózových , viskózových , vlněných a polyamidových vláken.

Mimo to existují hydrofobizační přípravky, které vytváří kovalentní vazbu přímo

3.3 Emulze parafinů a vosků s kovovými solemi

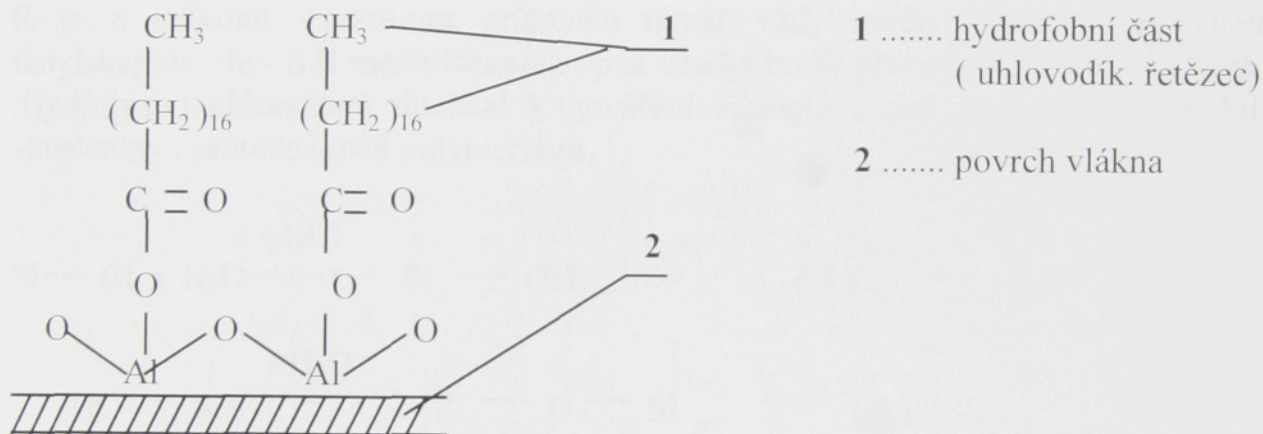
Mezi nejjednodušší látky pro hydrofobní úpravu patří disperze parafinů , vosků , tuků a zirkoničitých nebo hlinitých mýdel. Označují jako parafinvoskové emulze [3].

Lze je rozdělit do dvou základních skupin :

1. Parafinové emulze se solemi hliníku
2. Parafinové emulze se solemi zirkonu

Vláknenný materiál se zpracuje v parafinové nebo voskové emulzi , přičemž se parafin nebo vosk vysráží na niti nebo na tkanině a při sušení pronikne do struktury. Tyto emulze obsahují kromě emulgátorů hlinité soli , které se projevují hydrofobním účinkem. Současně dodává kationt Al^{3+} , resp. Zr^{4+} dispergovaným částicím parafinu kladný náboj a tak se zvyšuje afinita k vláknům .

Parafinové emulze s přidavkem hlinitých a zirkoničitých solí se používají na bavlněné tkaniny , kde se nevyžaduje stálost úpravy v praní a chemickém čištění. Většinou se aplikují fulárovým způsobem. Patří sem přípravky pod obchodním názvem Depluvín L , Depluvín T , Depluvín SP. Na obr.8 je znázorněna orientace hlinité emulze parafinu na vnějším povrchu vlákna.



Obr. 8 : Orientace hlinité soli parafinu na vlákně.

Po impregnaci textilního substrátu v lázni obsahující výše uvedený přípravek (na bázi parafin - voskové emulze s kovovými solemi) , se textilie zasuší při teplotě 80 až 130°C. Během vysychání se polymerní částice přibližují k sobě až nastane spontánní flokulace . Ta je následována koalescencí za vzniku transparentního homogenního filmu. Pro odůvodnění těchto dějů existuje několik teorií založených na povrchovém napětí a kapilárních silách [30] nebo na interdifuzi volných konců polymerních řetězců [31].

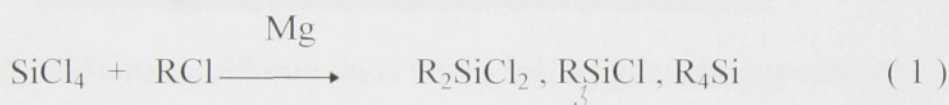
3.4 Silikony v moderní hydrofobní úpravě

Hydrofobní úpravu , která by měla vlastnosti - dobrá stálost v praní a permanentnost , se podařilo vyvinout až s použitím silikonů . Silikony předčí - obzvláště na syntetických vláknech - jak z hlediska vodoodpudivého efektu , tak i při stálostech všechny dosud jmenované hydrofobní přípravky .

Dnes jsou silikony vyráběny polykondenzací .Pod označením silikon se skrývá sloučenina , v které je přímo spojen atom křemíku s uhlíkovým atomem .Název „silikon “ poprvé užil Kipping [5] , který také poprvé objevil řetězec Si - O - Si obsažený v siloxanech.

Výroba silikonů spočívá ve vytvoření substituovaného chlorsilanu , což lze provádět dvěma způsoby :

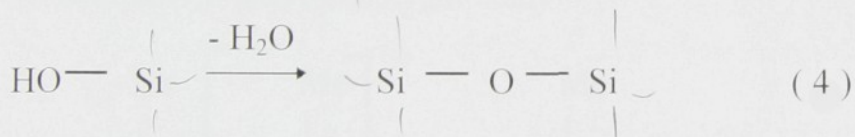
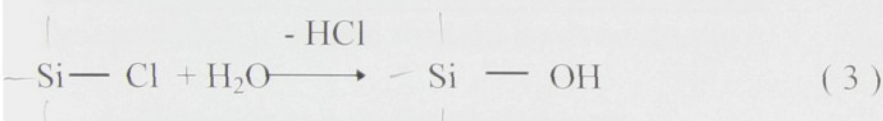
■ Gringardova metoda :



■ přímý způsob podle Rochova a Müllera :

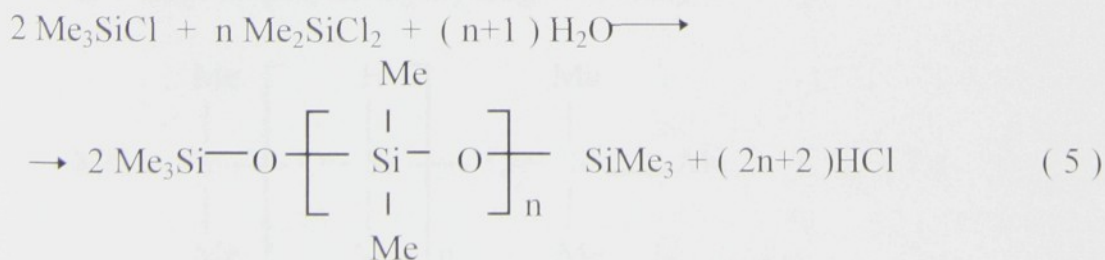


R je u silikonů v textilním průmyslu téměř vždy methylskupina , eventuálně fenylskupina . Je - li R methylskupina , pak vzniká podle přímého způsobu $\text{CH}_3\text{HSiCl}_2$.Hydrolýzou chlorsilanů dochází k vytváření silanolů , což jsou velmi nestabilní sloučeniny , protože ihned polymerizují.

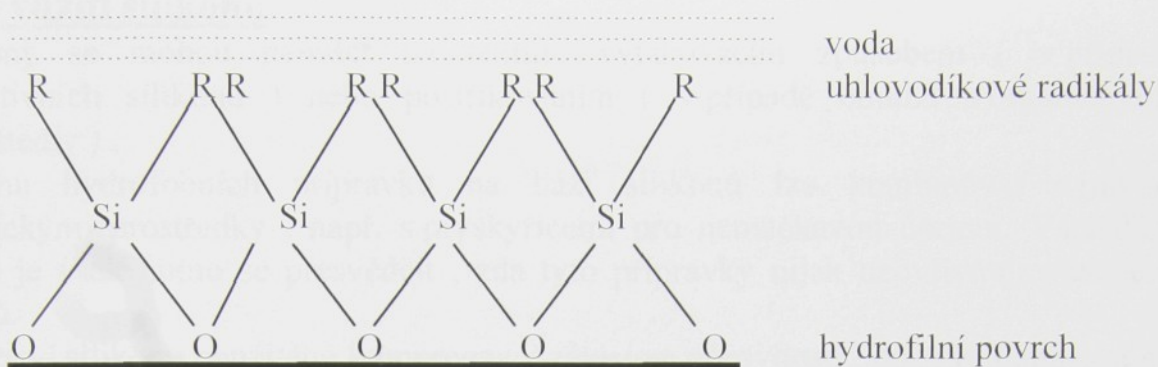


Jsou - li trifunkční chlorsilany obsazeny , dochází ke vzniku silikonových pryskyřic , které mají v textilním průmyslu jen malé využití . Pro textilní úpravy jsou nejdůležitější silikonové oleje vznikající z lineárních polymerů .Mohou se vyrábět z bifunkčních chlorsilanů (RSiCl_2 nebo RHSiCl_2).

Jejich délka řetězců a viskozita může být ovlivněna přidávkou odpovídajícího množství monofunkční sloučeniny (R_3SiCl) .



Silikony využívané v textilním průmyslu se chovají vůči vodě podobně jako uhlovodíky.Váží se na hydrofilní povrch , tzn. že se orientují , a to tak , že skupina Si - O směřuje proti povrchu a uhlovodíkové skupiny , které se váží na atom křemíku , se orientují v obráceném smyslu.Princip naznačuje obr. 9.



Obr. 9 : Orientace silikonu mezi vodní fází a hydrofilním povrchem.

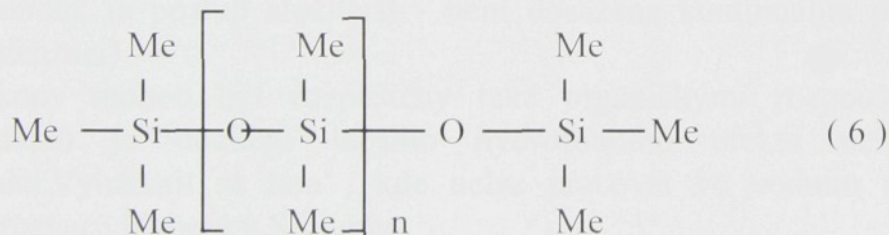
Hydrofobní úprava na bázi silikonů se vyznačuje následujícími charakteristikami :

- k vytvoření hydrofobního povrchu stačí tenký film , což má podstatný vliv na snížení nákladů
- vrstva silikonu drží na povrchu tak pevně , že ji lze velmi těžko odstranit
- hydrofobní film vykazuje vysokou odolnost při spotřebitelském nošení
- silikonová vrstva má vysokou odolnost v praní i chemickém čištění
- silikony neovlivňují prodyšnost textilie
- úprava nemá nežádoucí fyziologické vlastnosti

3.4.1 Silikony používané v textilní praxi

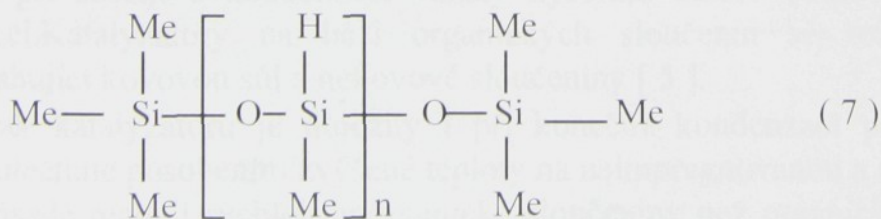
Tyto produkty je možné rozdělit do dvou skupin :

1. Nereaktivní polydimethylsiloxany



Mohou obsahovat volné silanolové skupiny ($\text{Si}-\text{OH}$) , jejichž přítomnost ale není bezpodmínečně nutná .

2. Reaktivní polymethylhydrogensiloxany



Tyto sloučeniny obsahují ve své struktuře atomy vodíku, které jsou spojeny do skupiny $-\text{Si}-\text{H}$.

Podrobnější popis výše uvedených sloučenin lze nalézt v článku K. Ramaszédery [5] .

3.4.2 Využití silikonů

Silikony se mohou nanášet na textilie vytahovacím způsobem (v případě substantivních silikonů) nebo postřikováním (v případě emulzí s organickými rozpouštědly) .

Většinu hydrofobních přípravků na bázi silikonů lze kombinovat s jinými úpravnickými prostředky , např. s pryskyřicemi pro nemačkovou úpravu. V každém případě je však nutno se přesvědčit , zda tyto přípravky nijak neovlivňují působení silikonů.

Množství silikonu použitého k impregnaci závisí na pórovitosti , dostavě tkaniny a na jemnosti nití.Působení hydrofobního prostředku má na strukturu tkaniny velký vliv.

V textilní praxi se většinou používají vodní emulze silikonů z ekologických a zdravotních důvodů.

Důležitým aspektem je předúprava materiálu před impregnací.Při vyvábce je nutno dávat pozor na to , aby se odstranily všechny nečistoty ze substrátu [2],[24],[27].Důvod je ten , že už velmi malé množství tuků , olejů nebo jiných hydrofobních látek působí negativně na funkci impregnačního prostředku.

Ke zlepšení savosti textilie nesmí být použit smáčecí prostředek , protože je ze zboží jen těžko odstranitelný a snižuje tak účinnost vodoodpudivé úpravy.

Dobrá vodoodpudivá úprava se dá docílit po aplikaci jednoho praní a následného oplachování

Vyvařené , vybělené nebo obarvené zboží , a v případě syntetických vláken také fixované zboží , se pak impregnuje na fuláru silikonovou emulzí.Tlak na fuláru je nastaven na takovou hodnotu , aby mokrý přivažek činil 50 - 90% , zboží pak obsahuje 2 - 5% silikonu.Po impregnaci následuje sušení a tepelné zpracování , obvykle současně , při 120 až 180 °C během 10 až 20 minut (v případě laboratorních podmínek je postup složitější - není dosažena kontinualita přechodu ze sušení ke kondenzaci).

Silikony mohou být rozpuštěny také organickými rozpouštědly.Předností těchto produktů je docílení lepšího hydrofobního efektu než v případě vodních emulzí.Využívají se tam , kde nelze pracovat ve vodním médiu . Příkladem je impregnace klobouků.Silikony

rozpuštěné v organických rozpouštědlech se nanáší na substrát postřikováním.

Pro polymeraci siloxanů a na orientaci methylových skupin se používají anorganické a organické katalyzátory.Z anorganických sloučenin sem patří ve vodě rozpustné soli zirkonu , cínu , titanu a hliníku.Zirkon a cín se používají i ve směsi s octanem sodným , aby při sušení a kondenzaci vázaly kyselinu chlorovodíkovou , která vzniká při reakci.Katalyzátory na bázi organických sloučenin se rozdělují na sloučeniny obsahující kovovou sůl a nekovové sloučeniny [5] .

Výběr katalyzátoru je důležitý i při konečné kondenzaci polysiloxanu , která se uskutečňuje působením zvýšené teploty na naimpregnovanou a usušenou textilií .

V zásadě reagují rychleji anorganické sloučeniny než organické.Proto stačí v případě použití anorganických katalyzátorů nižší teplota nebo kratší doba kondenzace.

3.5 Perfluorované sloučeniny

Všechny doposud uváděné přípravky se týkaly pouze úpravy hydrofobní . Sloučeniny na bázi perfluorovaných uhlovodíků odpuzují nejen vodu , ale i látky olejovitého charakteru a mastnou špínu.Jedná se zde o úpravu oleofobní.

Princip úpravy je založen na stejném předpokladu jako při úpravě hydrofobní.Totíž to , že kapalina smáčí povrch materiálu jen za předpokladu , když její povrchové napětí je nižší než povrchové napětí materiálu.

Povrchové napětí vody je 72 mN . m⁻¹ , povrchové napětí oleje má hodnotu 30mN . m⁻¹.Je tedy zřejmé, že oleofobní úpravou se sníží povrchové napětí textilie pod 30 mN . m⁻¹.

Na snížení povrchového napětí má vliv chemická konstituce fluoralkylových skupin a délka perfluorovaného řetězce.V tabulce II jsou znázorněny hodnoty kritického povrchového napětí pro různé koncové skupiny.Krátké řetězce neumožňují dostatečnou pohyblivost skupin CF₃ tak , aby se vhodně orientovaly proti olejovité substanci.Prostředky s dobrou účinností musí mít koncovou CF₃ skupinu napojenou nejméně na šesti CF₂ skupinách , tedy F₃C (CF₂)₆ .

Tab. II : Srovnání kritického povrchového napětí některých skupin.

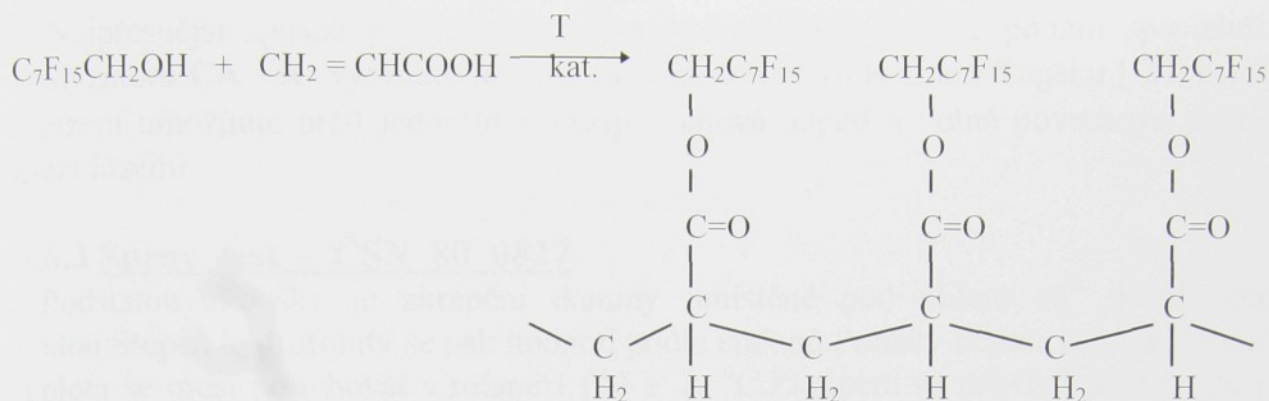
Koncové skupiny	Kritické povrchové napětí při 20°C [mN . m ⁻¹]
—CF ₃	6
— CF ₂ H	15
—CF ₂ —	18
—CH ₃	22
— CH ₂ —	31

Další faktor ovlivňující účinnost přípravku je koncentrace na textilií.Optimálních olejoodpudivých účinků je dosaženo při koncentraci 0,5%.

Třetím faktorem je optimální postup fixace.Ten spočívá v sušení při 100 až 110 °C a fixaci při 150 až 170 °C .

K tomu , aby perfluorované sloučeniny poskytovaly dobré hydrofobní a oleofobní efekty , rozhoduje rovnoměrné rozložení prostředků na povrchu vláken a orientace perfluoralkylových skupin.Takové polymerace lze dosáhnout polymerizáty s postranními perfluorovými substituenty , které se orientují proti vnějšímu prostředí.

Takový produkt lze připravit esterifikací 1,1-dihydroperfluoroktanolu kyselinou akrylovou a následující polymerací (10) .



(10)

Na povrchu textilního materiálu se po aplikaci oleofobní úpravy vytvoří orientovaná vrstva fluoridových uhlovodíkových radikálů [34] .

3.6 Hodnocení hydrofobní úpravy

3.6.1 Kapkový 3M water repellency test II

Test je založen na zkoušení smáčivosti textilního materiálu využitím koncentrační řady roztoku , obsahujícího isopropylalkohol a vodu.Se zvyšující se koncentrací isopropylalkoholu se zvyšuje povrchové napětí této směsi a tím se mění i úhel smáčení při styku kapaliny s textilií.Zkouší se tak dlouho , dokud kapka jednoho z roztoků po definované době nesmočí povrch materiálu.Podrobný popis viz. kapitola 8.1.1 .

3.6.2 Měření úhlu smáčení

O úhlu smáčení bylo již pojednáváno v kapitole 3. Jeho hodnota představuje objektivní hodnocení povrchu daného materiálu z hlediska hydrofilnosti , resp. hydrofobnosti.Na jeho velikost má vliv řada faktorů - teplota pevného adsorbentu , teplota kapaliny , velikost kapky (s velikostí kapky se mění i tlak na materiál) atd. Proto je třeba při jeho měření postupovat s náležitou přesností.

Existuje řada metod jak úhel smáčení (kontaktní úhel) měřit. V této práci byl použit způsob snímání vodní kapky na horizontálně upevněné tkanině prostřednictvím kamery a obrazové analýzy viz. kapitola 4 . Vodní kapka byla na textilií nanášena speciální mikropipetou , která umožňovala konstantní a přesné dávkování kapaliny.Kapka potom byla snímána kamerou a zobrazena prostřednictvím obrazové analýzy na monitoru jak je popisováno v [10] .Z geometrických rozměrů kapky se pak určila hodnota krajového úhlu.

V [5] bylo poukázáno na hodnocení hydrofobity měřením kontaktního úhlu metodou fotografování.Je třeba si uvědomit , že hodnota tohoto úhlu je funkcí času.Při měření je proto důležité počítat s touto časovou závislostí.Úhel je možno buď změřit sestavením tečny v bodě styku obou fází , nebo , což je přesnější , ho vypočítat z geometrických parametrů kapky , čemuž je věnována pozornost v kapitole 7.

Nejpřesnější způsob pro určení hodnoty kontaktních úhlů je použití speciálního analyzátoru **CA - A** vyvinutý japonskou firmou Kyowa Kaimen Kagaku [21]. Toto zařízení umožňuje určit jednotlivá mezipovrchová napětí a volné povrchové energie mezi fázemi.

3.6.3 Spray test - ČSN 80 0827

Podstatou zkoušky je zkrápění tkaniny umístěné pod úhlem 45° destilovanou vodou. Stupeň hydrofobity se pak hodnotí podle etalonů. Použitý objem vody je 250 ml, teplota se musí pohybovat v rozmezí $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Zkrápění se provádí nepřetržitě po dobu 20 - 30 s. Po zkoušce se rámeček s tkaninou otočí a silně se dvakrát udeří o tvrdý předmět. Nakonec se provede hodnocení podle etalonů 1 - 5. Nejlepší stupeň hydrofobity je 5.

3.6.4 Spray test - ČSN 80 0856

Pomocí této normy se hodnotí savost textilního materiálu po aplikaci spray testu. Testovaný vzorek se nejprve zváží po klimatizování, dále se aplikuje Spray test. Určí se hmotnost vzorku po zkrápění a spočítá se procentní nárůst hmotnosti.

3.6.5 ČSN 80 0831

Textilní vzorek se upevní do ojehleného rámečku a ponoří se na dobu 60 min do destilované vody. Po vyjmutí se nechá (120 ± 3) s ve vertikální poloze, aby odkapala přebytečná voda. Nakonec se určí hmotnostní přírůstek vody v %.

3.6.6 ČSN 80 0828

Zkouška slouží ke stanovení savosti vůči vodě vztlínáním, což je schopnost textilie přijmát vodu prostřednictvím kapilárních sil. Stanovuje se tzv. sací výška v mm. Pokus probíhá 30 min.

3.6.7 ČSN 80 0818

Testováním hydrofobity podle této normy se zjišťuje nepromokavost plošné textilie. Voda přitom působí ve formě vodního sloupce na třech místech. Sledovanou veličinou je zde hydrostatický tlak.

3.7 Vliv tenzidů na hydrofobní úpravu

K docílení kvalitní hydrofobní a oleofobní úpravy je třeba použít určité typy TPP. Přesto se při jejich aplikaci mohou vyskytnout určité problémy. Výzkumy ukázaly, že kromě hydrofobních přípravků má vliv na hydrofobitu textilního materiálu také jeho konstrukce a dále kvalita předúpravy [27] nebo substance, použité v impregnační lázni pro hydrofobní úpravu, kterými se tato poškozuje.

Aby se těmto jevům předešlo, je nutno používat optimální kombinaci všech láznových komponent, především rušivých substancí (např. správný výběr katalyzátorů a smáčecích přípravků v kombinaci s hydrofobními nebo oleofobními přípravky).

Problémy nastávají při praní textilního materiálu , kdy je třeba odstranit všechny cizí látky (vosk z bavlněných vláken , tuk z vlny , vlákněné preparace , atd.) , stejně tak zbytky preparací z předcházejících zušlechťovacích operací (šlichty) . V literatuře a v prospektech výrobců TPP jsou vyznačeny zvláště všechny hydrofilní sloučeniny , které mohou způsobovat nepříjemnosti při úpravách.

K odstranění zbytkových preparací se využívá dodatečné praní , což však často nevede k jejich odtržení od vlákna .To platí především pro zpracování bavlněných tkanin v rychlém kontinuálním procesu praní .

Má - li být textilie v dalším procesu podrobena hydrofobní , popř. oleofobní úpravě , je výhodnější použít při předúpravě (praní) anionaktivní tenszidy , protože jsou lépe vypratelne než tenszidy neionogenní [7] . I přes množství informací o rušících vlivech tenszidů nebyla dosud věnována tomuto problému velká pozornost . Krok kupředu učinil svým výzkumem Soljačič , který se zabýval vlivem tenszidů na kvalitu hydrofobních a oleofobních úprav , viz. experimentální část .

Felix v [12] uvádí , že před každou hydrofobní úpravou je nutno pečlivě odstranit s povrchu vláken zbytky hydrofilních nečistot a povrchově aktivních TPP.Problém bývá , jak již bylo řečeno , především s neionogenními tenszidy.Jejich odstranění je složitější než je tomu u anionaktivních .Při zjišťování stálosti úpravy při praní v lázni obsahující prací TPP se může vyskytnout skutečnost , že poklesne efekt hydrofobní úpravy.Je však nutno se přesvědčit o příčině vzniku tohoto poklesu , protože může jít jednak o odstranění vrstvičky hydrofobního filmu s povrchu vláken , ale naproti tomu je zde i možnost usazení pracího TPP a tím poklesu efektu hydrofobity.V takovém případě se zdá , jakoby úprava neodolávala praní , avšak ve skutečnosti zůstalo hydrofobizační činidlo nezměněno na vláknech , ale účinnost úpravy je zrušena.Proto , jak tomu bude v části experimentální , se využívá k tomuto posouzení elektronového mikroskopu.

4

Využití obrazové analýzy k měření úhlu smáčení

Pro stanovení kontaktního úhlu smáčení mezi kapkou destilované vody a textilním materiálem byl využit systém firmy Laboratory Imaging [39], který zpracovává a analyzuje barevný obraz na základě matematické morfologie.Tento systém nese název Lucia M 3.00 a je k dispozici na katedře TM .

4.1 Lucia M

Program Lucia M používá 752 x 524 pixelů , zbytek pixelů se používá na nadpis , menu , okraje , okno příkazového modu atd.Systém umožňuje vlastní zobrazení obrazů na display.Lucia M rozeznává dva základní typy obrazů - binární a barevný.

4.1.1 Zpracování obrazu systémem Lucia

Obraz nasnímaný pomocí kamery je zanesen do paměti počítače a následně se provede pomocí programu Lucia zpracování obrazu a odečtení hodnot.

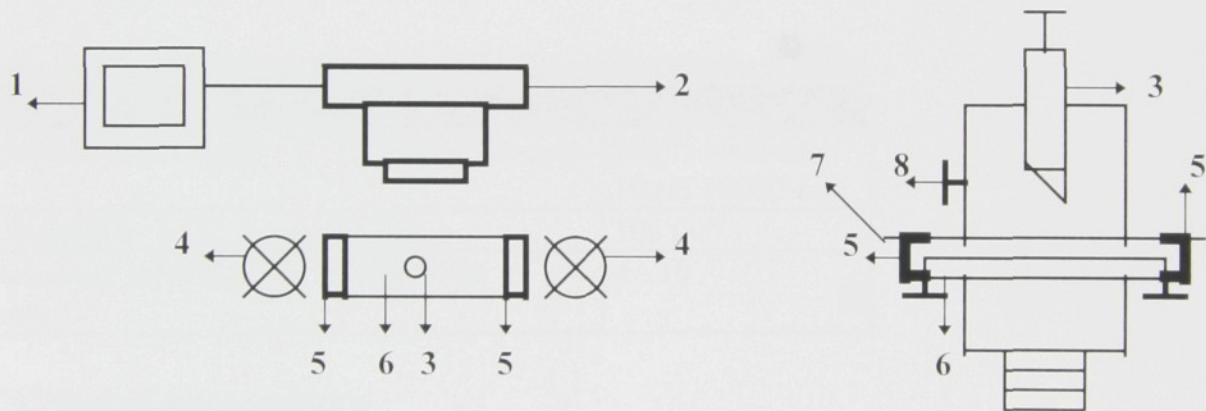
V nabídce **Measure** se nastaví kalibrace pomocí hesla **Calibration**. Kamerou se sejme z měřicího místa kalibrační měřítko s kalibrací 10 mm. Dále se provede přepočítání pixelů na délkovou jednotku mm a tato kalibrace se uloží pro následující měření. To pak umožní prostřednictvím nabídky **Object Features**, v které se nastaví parametr **Length**, odečítat vzdálenosti přímo v milimetrech.

Po přípravě vzorku - kapka destilované vody na textilií - se z nabídky **Image** zvolí heslo **Grabbing**. V tomto okamžiku se může u obrazu upravovat v nabídce **Camera** kontrast, intenzita osvětlení, apod. Obraz se zachytí potvrzením hesla **Capture**. Před vlastním měřením požadovaných parametrů je nutné nejprve zvolit měřicí rámeček. Ten se nastaví opět v návěští **Measure**. Tím dojde k určení měřicí plochy, v které se měření provádí.

Po těchto operacích a nastaveních už je vše připraveno k vlastnímu měření. Odečítání hledaných hodnot se provádí pod nabídkou **Measure** - heslo **Object Data**.

4.1.2 Schematické znázornění měřicí aparatury

Pro dokonalé snímání vodních kapek na textilním substrátu bylo třeba sestavit aparaturu pro toto měření. Zjednodušené schéma této aparatury a její popis je znázorněn na obr. 11.



Obr. 11 : Měřicí aparatura k určování kontaktního úhlu smáčení na fázovém rozhraní textilie - kapalina. Nárys měřicí aparatury a frontální pohled.

Popis obr.11 :

- | | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1- počítač - obrazová analýza | 4- světelný zdroj | 7- zkoušená textilie |
| 2- kamera | 5- spona | 8- výškové nastavení pipety |
| 3- mikropipeta | 6- zkoušecí stolek | |

Na textilní vzorek se nejdříve nanese kapka destilované vody o objemu 20mm³. Dále je v co nejkratším časovém intervalu snímána kamerou za současného zobrazení na obrazovce monitoru prostřednictvím obrazové analýzy. Na kameře byl používán objektiv, který zajišťoval dostatečné zvětšení kapky.

Kontaktní (krajový) úhel se pak určil podle principu kulové segmentové metody viz obr.11, pomocí matematických vztahů [XVIII].

5

Rastrovací elektronová mikroskopie

5.1 Základní princip REM

Srovnání REM , TEM a SM

Rastrovací elektronová mikroskopie představuje další vývoj tzv. transmisní elektronové mikroskopie , která byla vyvinuta již ve 30.letech a o jejíž vývoj se zasloužili např. M. von Ardenne , H.Busch , E.Brucke , M.Knoll aj.

Transmisní elektronová mikroskopie pracuje na principu prozařování elektronů vzorkem.Principiálně jsou transmisní a rastrovací elektronová mikroskopie v podstatě stejné , zobrazování je prováděno u obou systémů pomocí proudu elektronů , na rozdíl od známého světelného mikroskopu , jenž využívá k zobrazení světelného zdroje.Žádný z těchto tří druhů systémů však není univerzální , neboť všechny jsou využívány alternativně podle účelu , požadované přesnosti ,zvětšení apod.

Následující přehled ukazuje optické parametry světelného mikroskopu a REM:

Tab. IV : Srovnání parametrů světelného mikroskopu a REM

optické parametry	SM	REM
hloubka ostrosti (μm)	0,1 při 1000-krát	30 při 1000-krát 10 při 10000-krát
zvětšení (M= 1 :)	1300	100 000
rozlišovací schopnost (mm)	200 - 400	4 - 10

Základní parametry

1.) Hloubka ostrosti

Jedno z nejdůležitějších kritérií mikroskopie je hloubka ostrosti , tedy schopnost objekt prostorově znázornit a ostře zobrazit .Hloubka ostrosti závisí na požadovaném zvětšení , průměru paprsku elektronů a na rastru (řádkování) obrazovky monitoru .

2.) Zvětšení

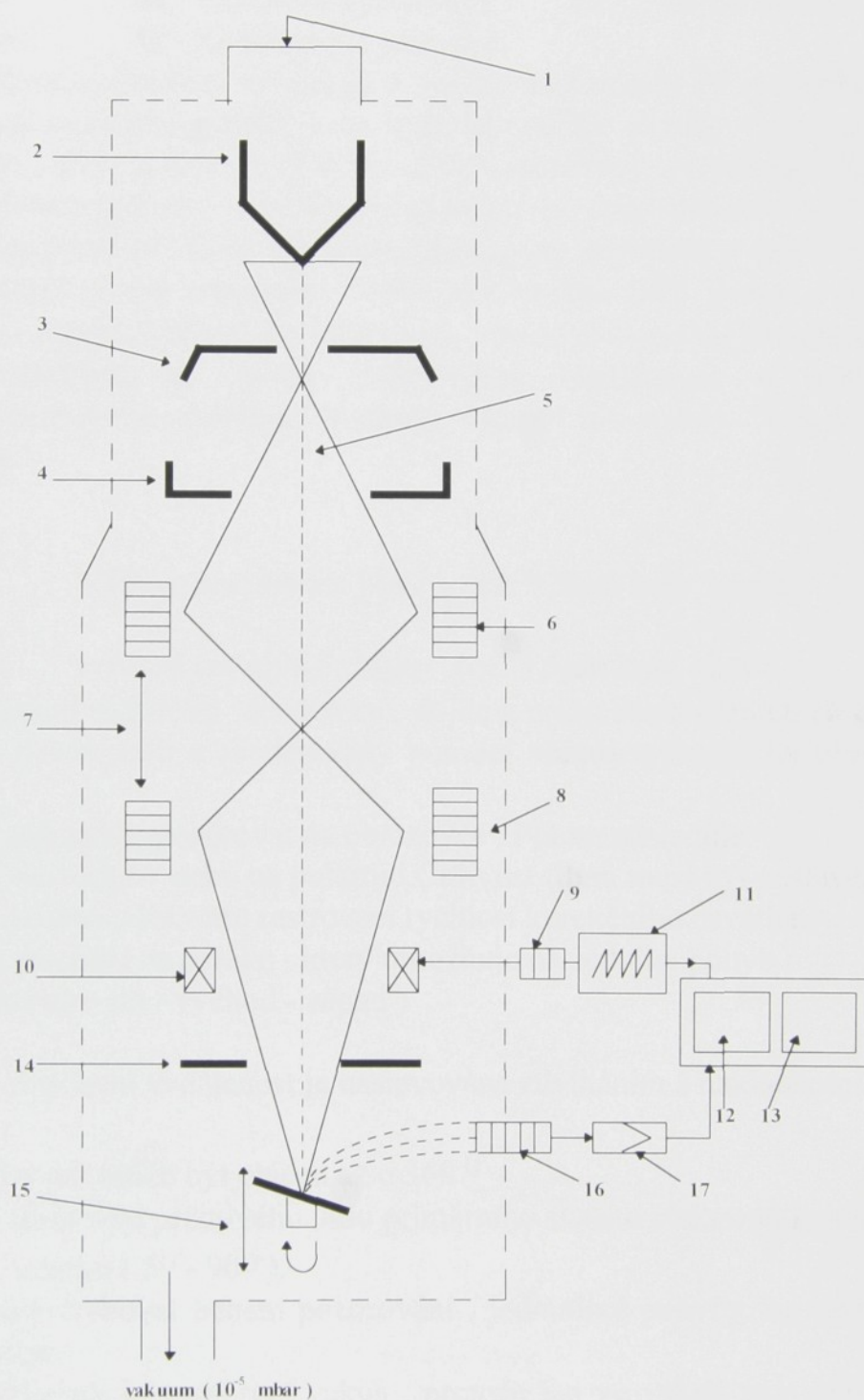
Zvětšení se projeví zmenšením obdélníkové plochy rastrovaného objektu.Obráz na monitoru zůstává stále stejně velký , takže pro zvětšení **Z** potom platí :

$$Z = \frac{\text{velikost rastru obrazovky}}{\text{velikost rastru preparátu}} [-] \quad [\text{XVII}]$$

3.) Rozlišovací schopnost

Je to další důležité kritérium každého mikroskopického pozorování a znamená měřítko pro nejmenší , ještě rozlišitelnou vzdálenost dvou bodů .

5.2 Popis a složení mikroskopu



Obr. 12 : Rastrovací elektronový mikroskop.

Popis obr. 12 :

1 - Urychlovací napětí	7 - Magnetický systém	13 - Fotografická jednotka
2 - Katoda	8 - Čočka objektivu	14 - Clona
3 - Wehneltův válec	9 - Zvětšovací regulátor	15 - Zkušební stolek
4 - Anoda	10 - Vychylující jednotka	16 - Detektor
5 - Svazek elektronů	11 - Rastrovací generátor	17 - Videozesilovač
6 - Čočka kondenzoru	12 - Zobrazovací jednotka	

Uvnitř optické elektronové trubice vylétávají z wolframové katody PE na Wehneltův válec. Tento válec má negativní přepětí a to vede ke vzniku svazku elektronového proudu. Budící napětí, které kolísá od 1kV do 40 kV, umožňuje urychlení elektronů ve směru anody. V dalším průběhu je veden proud elektronů magnetickými čočkami a dochází k dalšímu zrychlení PE. Koncová clona apertury se štěrbinou o velikosti 50 - 400 μm znovu usměrní proud elektronů, dříve než vnikne jako jemný svazek o průměru 1 - 10 nm do vzorku. Odchylující clona vede s pomocí rastrovacího generátoru formovaný proud elektronů na vzorek. Zvětšovacím regulátorem se nastavuje zvětšení. Při tom je rastrovaná obdélníková plocha vzorku tím menší, čím větší je požadované zvětšení.

Pro názornost :

Zvětšení 10 : 1 velikost pozorovací plochy cca 9,5mm krát 12mm

Zvětšení 100000 : 1 velikost rastrovací plochy cca 9,5μm krát 12μm

Jakmile vniknou primární elektrony do vzorku, dojde k emisi sekundárních elektronů. Ty jsou zachyceny detektorem a modelovány pomocí videozesilovače na obrazový signál.

Rastrovaný obraz se pak může pozorovat na obrazovce. Potom následuje vyfotografování buď na negativ nebo na polaroid. Citlivost filmu musí být nastavena na přístroji, aby byla zajištěna adekvátní rastrovací rychlost korekčního osvětlení.

Zkoušený vzorek se nachází na držáku, který umožňuje následující pohyb :

X ↔ Y (sever - jih / východ - západ)

Z ↑ (pracovní vzdálenost je nastavována zdviháním a nakláněním vzorku)

Rotace vzorek může být otáčen až o 360 °

Nahýbání nastavení příznivého úhlu primárního svazku elektronů k povrchu vzorku (5° - 90°).

Vzorkem je možno pohybovat během pozorování, jednotlivé pohyby lze regulovat jak ručně, tak motoricky.

Základním předpokladem je vytvoření vakua, protože jen ve vakuu jsou elektrony schopny vytvořit svazek a mohou být usměrňovány. U většiny přístrojů se používá otáčivá posunovací pumpa, která slouží k předvakuování. K vytvoření vysokého stupně vakua se dosahuje olejovou difúzní pumpou (popř. turbomolekulární pumpou). Tím je docíleno vakua o tlaku cca 10⁻⁴ Pa. Prakticky platí, že čím kvalitnější je vytvořené vakuum, tím lepší je reprodukce obrazu.

5.3 Technická příprava preparátu

Pečlivá příprava vzorku na REM - preparát znamená první krok k dobré reprodukci obrazu na monitoru.

Při práci s textilními a polymerními látkami se musí vycházet z toho , že jsou nevodivé (kromě chemických vláken z anorganických látek , např. uhlíku , oceli , apod.) .Kromě toho vykazuje spousta vláken zvýšenou citlivost působením elektronového proudu , což může vést ke změnám povrchových vlastností .

Zhotovení preparátu vyžaduje v závislosti na stavu výchozího vzorku různé stupně přípravy .Dříve než je preparát vložen do zkušebního prostoru REM , musí být splněna následující kritéria :

Preparát by měl být :

- 1.) *čistý* - textilní vzorek je nutno očistit pinzetou a speciálním sprejem především od prachu
- 2.) *pevně fixován* - montáž vzorku lze řešit nalepením pomocí vodivé lepicí pásky nebo použitím vodivého stříbra nebo uhlíku . Pro upevnění vláken a jednotlivých filament se osvědčil Tempfix.
- 3.) *suchý*
- 4.) *stálý ve vakuu*
- 5.) *neobsahovat elektrostatický náboj* - nábojům se zamezuje dobrým kontaktem vzorku se zkoušecí plochou (zemní potenciál).
- 6.) *vodivý* - dobrou vodivostí , způsobenou ošetřením povrchu preparátu se docílí vysoké emise SE.
- 7.) *odolný proti působení elektronů* .

Shrnutí

REM je optický elektronový přístroj , který je od roku 1966 stále více využíván .Technický rozvoj tohoto systému mikroskopického pozorování ještě není u konce .Většina producentů , mezi něž patří Japonsko , Anglie , USA a SRN , je zaměřena na malovýrobu , pro potřebu výzkumných ústavů a průmyslových laboratoří .

Přístroj umožňuje v mnoha případech provádět pozorování , která nepoškozují preparát.Velké zvětšení ve spojení s vysokým rozlišením umožňuje znázornění topografie vzorku ve své skutečné prostorové podobě .

5.4 Oblasti využití REM v textilním průmyslu

Pomocí REM je možno pozorovat následující textilní komponenty a materiály :

- a) *vlákna a filamenty*
- b) *staplová spradatelná vlákna a nekonečná vlákna*
- c) *plošné textilie (tkaniny , pleteniny , netkané textilie , atd...)*
- d) *kompozity ze speciálních vláken*
- e) *součásti textilních strojů (povrch , nitě , orgány pro vedení nitě)*

Určení vztahu pro výpočet množství hydrofobního přípravku na povrchu elementárních vláken obsažených v 1m² textilie

6.1 Určení povrchu vláken v 1m² použité bavlněné textilie

Výpočet povrchu vláken, který připadá na 1m² textilie a výpočet povrchu elementárního vlákna byl proveden podle následujících vztahů [36]:

$$A_c = A_j \cdot n \quad [m^2 \cdot m^{-2}] \quad [XVIII]$$

A_c - povrch všech vláken v textilním substrátu o ploše 1m² $[m^2 \cdot m^{-2}]$

A_j - povrch jedničního vlákna o délce 45 mm $[m^2]$

n - počet vláken v 1m² textilie $[m^{-2}]$

$$n = \frac{\rho_S}{m_j} \quad [m^{-2}] \quad [XIX]$$

ρ_S - plošná hmotnost textilního substrátu $[g \cdot m^{-2}]$

m_j - hmotnost jedničního vlákna $[g]$

$$m_j = \rho_v \cdot S \cdot l_j \quad [g] \quad [XX]$$

ρ_v - měrná hmotnost vláken $[g \cdot m^{-3}]$

S - plocha průřezu vlákna $[m^2]$

l_j - délka vlákna $[m]$

$$S = \frac{10^{-3} \cdot t}{\rho_v} \quad [m^2] \quad [XXI]$$

t - jemnost vláken $[tex]$

$$A_j = p \cdot l_j + 2S \quad [m^2] \quad [XXII]$$

p - obvod průřezu vlákna $[m]$

$$p = \pi \cdot d \cdot (1 + q) \quad [m] \quad [XXIII]$$

d - ekvivalentní průměr vlákna [m]
q - tvarový faktor (pro bavlnu 0,45)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot t}{10^3 \cdot \pi \cdot \rho_v}} \quad [m] \quad [XXIV]$$

Pak pro celkový povrch vláken $A_c [m^2 \cdot m^{-2}]$ v $1m^2$ textilie platí vztah [XXV] :

$$A_c = \frac{\left[\pi \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot t}{10^3 \cdot \pi \cdot \rho_v}} \cdot (1 + q) \cdot l_j + 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{t}{\rho_v} \right] \cdot \rho_s}{10^{-3} \cdot t \cdot l_j} \quad [XXV]$$

t . . . jemnost bavlněných vláken [tex],
 ρ_v . . . měrná hmotnost bavlněných vláken [$g \cdot m^{-3}$],
q . . . tvarový faktor bavlněného vlákna [-] (q = 0,45 [36]) ,
 l_j . . . délka jedničního vlákna [m] (l_j pro bavlnu je 0,045m [33]) ,
 ρ_s . . . plošná hmotnost textilie [$g \cdot m^{-2}$] .

Hodnoty parametrů jsou uvedeny jsou uvedeny v kapitole 8.1 .Po jejich dosazení do vztahu [XXV] vyjde celkový povrch vláken v $1m^2$ textilie $44,446 m^2$.Tato hodnota je v korespondenci s hodnotami uvedenými v tabulkách [33].

6.2 Výpočet množství hydrofobní substance vztažené na povrch elementárních vláken

V kapitole 6.1 vztah [XXV] byl určen povrch elementárních vláken v $1m^2$ textilie.Nyní je třeba určit množství hydrofobizačního prostředku , které se fixovalo na $1m^2$ povrchu elementárních vláken.Při výpočtu tohoto množství je nutno vyjít z koncentrace hydrofobizátu vztažené na $1m^2$ textilie $c [g \cdot m^{-2}]$.Pro výpočet byly použity tyto vztahy :

$$c = \frac{\rho_s \cdot P \cdot c_L}{10^2 \cdot \rho_L} \quad [g \cdot m^{-2}] \quad [XXVI]$$

c . . . koncentrace hydrofobního prostředku vztažená na $1m^2$ textilie [$g \cdot m^{-2}$],
 ρ_s . . . plošná hmotnost textilie [$g \cdot m^{-2}$],
P . . . mokrý přívažek [%],
 c_L . . . koncentrace hydrofobního přípravku v impregnační lázni [$g \cdot l^{-1}$],
 ρ_L . . . hustota lázně [$g \cdot dm^{-3}$].

Pak pro koncentraci hydrofobizátu vztaženou na povrch elementárních vláken platí vztah [XXVII].

$$\mu = \frac{c}{A_C} \quad [\text{g.m}^{-2}] \quad [\text{XXVII}]$$

μ . . .koncentrace hydrofobního prostředku vztažená na 1m^2 povrchu elementárních vláken $[\text{g.m}^{-2}]$,

c . . . koncentrace hydrofobního prostředku v 1m^2 textilie $[\text{g.m}^{-2}]$,

A_C . . . povrch elementárních vláken v 1m^2 textilie $[\text{m}^2.\text{m}^{-2}]$.

Pro zjištění množství hydrofobního přípravku na elementárním vlákně $v[\text{g}]$, definovaným délkou $0,045\text{m}$ a jemností $2,89\text{dtex}$ byl určen vztah [XXVIII].

$$v = 10^{-3} \cdot \frac{c \cdot t \cdot l}{\rho_s} \quad [\text{g}] \quad [\text{XXVIII}]$$

v . . . množství hydrofobního přípravku na povrchu jedničního vlákna $[\text{g}]$,

c . . . koncentrace hydrofobního přípravku v 1m^2 textilie $[\text{g.m}^{-2}]$,

t . . . jemnost vláken $[\text{tex}]$,

l . . . délka jedničního vlákna $[\text{m}]$,

ρ_s . . . plošná hmotnost textilie $[\text{g.m}^{-2}]$.

7 Analýza výpočtu kontaktního úhlu

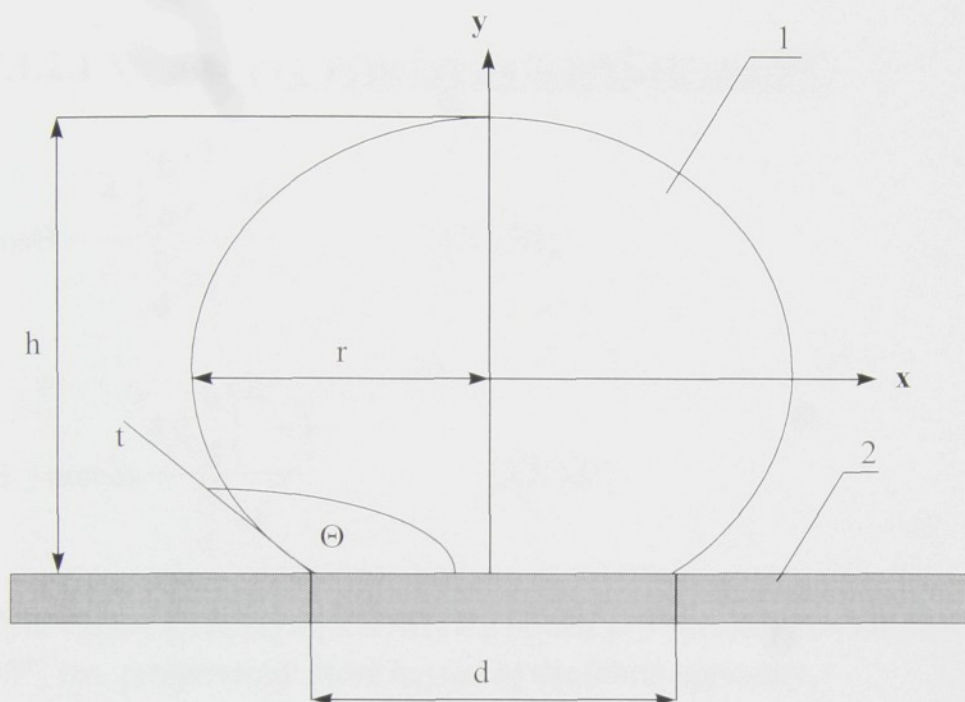
7.1 Vztahy uváděné v literatuře

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3 , kontaktní úhel je definovaný jako úhel mezi pevným povrchem a tečnou k bodu kontaktu pevné a kapalné fáze [5] , [3] (viz obr.4).Jeho velikost závisí podle Youngovy rovnice [XI] na velikosti mezifázových povrchových napětích(obr.4).Velikost kontaktního úhlu představuje objektivní míru hydrofilních , resp. hydrofobních vlastností pevného materiálu a tím rozděluje povrchy na smáčivé , málo smáčivé , nesmáčivé a absolutně nesmáčivé [35] (obr.5).

Přímé odečtení kontaktního úhlu sestrojením tečny v bodě styku kapalné a pevné fáze by bylo značně nepřesné , a proto se přistupuje k tomuto problému z hlediska matematické analýzy.Ta je založena na určitých předpokladech a umožňuje výpočet krajového úhlu z geometrických parametrů kapky.V literatuře jsou uvedeny následující vztahy založené na zidealizovaném modelu vodní kapky , která v tomto případě představuje tvar koule (v důsledku povrchových sil je snaha zaujmout stav s minimální energií - avšak v důsledku deformace zapříčiněnou určitou hmotností kapky tento kulovitý tvar přechází na tvar rotačního elipsoidu - viz. 7.3).

7.1.1 Vztah podle Bartella a Zuidemi [38]

Analýza tohoto vztahu vychází z ideálního kulovitého modelu kapky. Kontaktní úhel je funkcí výšky kapky h [mm] a průměru d [mm] kapky v místě jejího styku s pevnou fází (textilií). Parametry jsou znázorněny na obr.13.



Obr. 13 : Znázornění vodní kapky tvaru koule na textilním substrátu v nárysném pohledu.

- 1 . . . kapka destilované vody tvaru koule,
- 2 . . . textilní substrát,
- d . . . průměr kapky na mezifázi kapalina - textilie [mm],
- h . . . výška kapky [mm],
- r . . . poloměr kapky v jejím středu [mm],
- t . . . tečna v krajním bodě styku kapaliny s textilií ,
- x, y . . . souřadný systém s počátkem ve středu kapky ,
- Θ . . . kontaktní úhel smáčení [°].

$$\operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} = \frac{2 \cdot h}{d} \quad [\text{XXIX}]$$

$$\Theta = 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot h}{d} \quad [\text{XXX}]$$

- Θ . . . kontaktní úhel na mezifázi kapalina - textilie [°],
- h . . . výška kapky [mm],
- d . . . průměr kapky v místě styku s textilií [mm].

7.1.2 Vztah podle Sommera a Winklera [22]

Výpočet je založen opět na zidealizovaném modelu kapky ve tvaru koule. Výsledné vztahy pro výpočty úhlů smáčení pak mají tvar viz. kapitola 7.1.2.1 a 7.1.2.2. Geometrické parametry, kterých se užívá při výpočtu krajových úhlů smáčení pomocí následujících vztahů [XXXI] až [XXXIV], jsou totožné s parametry označených na obr.13.

7.1.2.1 Vztahy pro výpočet úhlů nižších než 90°

$$\cos\Theta = \frac{4 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^2 - 1}{\frac{h}{d} + 1} \quad [XXXI]$$

$$\Theta = \arccos \frac{4 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^2 - 1}{\frac{h}{d} + 1} \quad [XXXII]$$

Tyto vztahy [XXXI] a [XXXII] lze použít pro výpočet kontaktních úhlů Θ menších než 90°, tzn. pro povrchy které nejsou hydrofobně upraveny.

7.1.2.2 Vztah pro výpočet kontaktních úhlů větších než 90°

$$\cos\Theta = \frac{d - 2 \cdot h}{d} \quad [XXXIII]$$

$$\Theta = \arccos \frac{d - 2 \cdot h}{d} \quad [XXXIV]$$

Tyto vztahy lze použít pro výpočet krajových úhlů větších než 90°, což odpovídá hydrofobním povrchům.

7.2 Původní model ideální kulové vodní kapky

Podobně jako vztahy uvedené v části 7.1, vychází i tento původní model z předpokladu kulovité vodní kapky. Teorie výpočtu vychází z určení první derivace v bodě ležícím na obvodu stykové kruhové plochy mezi kapalinou a textilií, kterým prochází tečna svírající s textilií kontaktní úhel Θ (obr.13). Při analýze byly použity následující vztahy.

Pro rovnici kružnice platí vztah :

$$y = \sqrt{r^2 - x^2} \quad [XXXV]$$

V případě hydrofobních povrchů se stykový úhel Θ nachází v dolní polorovině souřadného systému, v případě povrchů hydrofilních nebo povrchů s krajovým úhlem Θ menším než 90° je poloha tohoto úhlu v polorovině horní (kladné).

Cílem je najít hodnotu první derivace v bodě $x = d/2$. Velikost úhlu smáčení pak bude úměrná vztahu $\pi \pm \text{tg}(d f(x) / dx)$.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{\sqrt{r^2 - x^2}} \quad [\text{XXXVI}]$$

Analytickým řešením se dospěje k výslednému vztahu pro výpočet úhlu smáčení Θ :

$$\theta = 180 - \arctg \frac{4 \cdot h \cdot d}{|d^2 - 4 \cdot h^2|} \quad [\text{XXXVII}]$$

pro kontaktní úhly větší než 90° .

$$\theta = - \arctg \frac{4 \cdot h \cdot d}{|d^2 - 4 \cdot h^2|} \quad [\text{XXXVIII}]$$

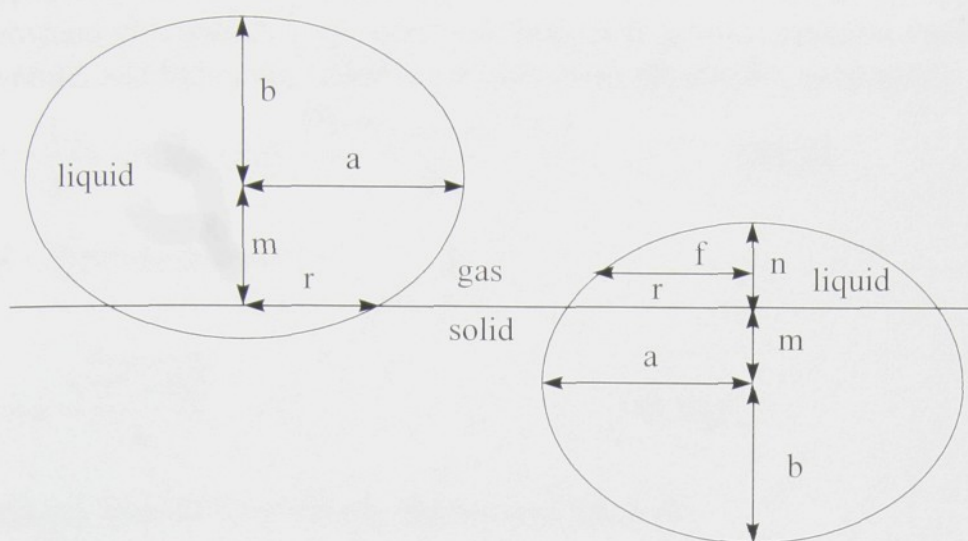
pro kontaktní úhly menší než 90° .

Tyto vztahy [XXXVII] a [XXXVIII] poskytují po dosazení příslušných geometrických parametrů stejné hodnoty kontaktních úhlů jako vztah [XXX] podle Bartella a Zuidemi [5],[38]. Ve srovnání se vztahy [XXXII] a [XXXIV] uvedených v [8] a [22] se zde naopak vyskytují značné odchylky - viz. experimentální část.

7.3 Eliptický model kapky

Proměřením experimentálně zjištěných průřezů kapek bylo zjištěno, že model kulového vrchlíku lze nahradit přesnějším modelem. Vychází se z průniku rotačního zploštělého elipsoidu s poloprostorem, jehož hraniční plocha protíná elipsoid v kružnici.

Narozdíl od výše zmíněných modelů „kruhových“ pracuje tento „eliptický“ model s větším množstvím parametrů - konkrétně se třemi (a,b,m). Tyto parametry jsou vyneseny na obr. 14. Z geometrického hlediska lze „a“ chápat jako délku hlavní poloosy, „b“ jako délku vedlejší poloosy a „h“ jako výšku středu elipsy nad povrchem pevné fáze.



Obr. 14: Eliptický model kapky

m - vzdálenost středu elipsy od roviny povrchu pevné fáze (textilie) [m]

a - délka hlavní poloosy [m]

b - délka vedlejší poloosy [m]

n - výška kapky (materiál se kapalinou smáčí) [m]

r - poloměr stykové plochy mezi pevnou a kapalnou fází [m]

f - poloměr kapky ve vzdálenosti $n/2$ nad povrchem substrátu [m]

Pro případ hydrofobních materiálů je možné tyto parametry přímo odečíst, pro hydrofilní povrchy je třeba pracovat s pomocnými proměnnými (n, r, f - viz. Obr. 14). Tyto pomocné proměnné lze převést na základní proměnné dle vztahů [XXXIX],[XL],[XLI].

$$a = \frac{1}{4} \cdot (-4 \cdot f^2 + r^2) \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot f^2 - r^2}}{(-2 \cdot f^2 + r^2)} \quad [\text{XXXIX}]$$

$$b = \frac{1}{4} \cdot n \cdot \frac{(-4 \cdot f^2 + r^2)}{(-2 \cdot f^2 + r^2)} \quad [\text{XL}]$$

$$m = \frac{1}{4} \cdot n \cdot \frac{(-4 \cdot f^2 + 3 \cdot r^2)}{(-2 \cdot f^2 + r^2)} \quad [\text{XLI}]$$

Vyšší počet parametrů je plně opodstatněn vyšší přesností modelu a širokými možnostmi, jak tento model aplikovat. Pokud známe parametry a, b, m snadno vypočteme dle rovnice [XLIII] parametr „ r “, dle rovnice [XLII] objem kapky. Srovnání změřených a vypočtených hodnot je jakousi zpětnou vazbou tohoto modelu - ověřuje, zda byla data získána s dostatečnou přesností a správností.

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot a^2 \cdot (b + m) \cdot \frac{(b \cdot m - m^2 + 2 \cdot b^2)}{b^2} \quad [\text{XLII}]$$

V - objem kapky [m^3]

$$r = a \cdot \frac{\sqrt{b^2 - m^2}}{b} \quad [\text{XLIII}]$$

Stykový úhel Θ vypočteme dle rovnice [XLIV] :

$$\Theta = 90 + \arctg\left(\frac{a \cdot m}{\sqrt{b^2 - m^2} \cdot b}\right) \quad [\text{XLIV}]$$

$\Theta [^\circ]$ - kontaktní úhel smáčení.

Jako další možnost použití tohoto modelu je aplikace vztahu [XLV], který umožňuje výpočet rozdílu povrchových napětí na tuhé fázi po a před smočením kapalinou. Tato hodnota koresponduje s energetickou výhodností smáčení.

$$\gamma_{s,l} - \gamma_{g,s} = \frac{b \cdot \sqrt{b^2 - m^2}}{\sqrt{b^4 - b^2 \cdot m^2 + a^2 \cdot m^2}} \cdot \gamma_{l,g} \quad [\text{XLV}]$$

$\gamma_{s,l}$ - mezipovrchové napětí kapalina - pevná fáze [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$],

$\gamma_{g,s}$ - povrchové napětí na rozhraní pevné a plynné fáze [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$],

$\gamma_{l,g}$ - povrchové napětí na rozhraní plynné a kapalné fáze [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$].

„Eliptický“ model umožňuje i výpočet celkové energie kapky (povrchová resp. mezifázová energie, potenciální energie těžiště) a následně i výpočet energeticky nejstabilnějšího tvaru kapky. Tento model však přesahuje rozsah a téma této práce.

Při srovnání výše uvedených postupů pro zjištění kontaktních úhlů, lze konstatovat, že modely vycházející z kapky tvaru kulového vrchlíku jsou velmi závislé na hmotnosti kapky. Přesnost těchto modelů stoupá s hmotností kapky jdoucí k nule. Použití vztahu pro výpočet kontaktních úhlů vycházejícího z eliptického modelu [XLIV], umožňuje výpočet těchto úhlů pro širší rozsah hmotností kapek. Experimentálně bylo zjištěno, že hodnoty kontaktních úhlů se téměř nemění v rozsahu 20 až 200 μl . Nelze však aproximovat takový model, který by vyhovoval pro libovolnou hmotnost kapky [39].

8 Experimentální část

8.1 Specifikace materiálu

V experimentální části diplomové práce byla použita bělená a praná bavlněná tkanina .U tohoto materiálu byly stanoveny základní mechanicko - fyzikální vlastnosti a parametry těchto vlastností.Stanovení těchto parametrů bylo provedeno podle platných norem.

Vazbou tkaniny byl osnovní kepr , měrná hmotnost bavlněných vláken 1520 kg.m⁻³ byla použita z tabulek [23].

8.1.1 Stanovení dostavy podle ČSN 80 0814

Dostava tkaniny představuje počet nití na jednotku délky .Stanovuje se po směru osnovy a po směru útku.Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce V .

Tab. V : Parametry dostavy bavlněné tkaniny .

N	DOSTAVA OSNOVY D _O [CM ⁻¹]	DOSTAVA ÚTKU D _Ú [CM ⁻¹]
1	39	22
2	40	22
3	40	21
4	38	20
5	38	22
$\bar{D}$ [cm ⁻¹]	39	21,4
s _D [cm ⁻¹]	1	0,8
v _D [%]	2,56	3,74
L _D [cm ⁻¹]	36,4	19,4
L _H [cm ⁻¹]	41,6	23,6

8.1.2 Stanovení jemnosti osnovních a útkových nití

Jemnost osnovních a útkových nití byla stanovena gravimetricky.Princip spočívá v přesném stanovení hmotnosti metrových úseků příze.Hmotnost byla určena na analytických vahách s přesností na 0,0001 g .Jemnost se pak stanovila podle vztahu [XLVI] :

$$T \text{ [tex]} = \frac{m \text{ [g]}}{l \text{ [km]}} \quad \text{[XLVI]}$$

kde **m** je hmotnost příze [g] a **l** je délka úseku příze [km] .

Tabulka VI uvádí vypočtené hodnoty jemnosti :

Tab. VI :Určení jemnosti útkových a osnovních nití.

n	Jemnost osnovních nití T _o [tex]	Jemnost útkových nití T _ú [tex]
1	23	26,5
2	26	27,8
3	25	28,3
4	22	26,1
5	25	27
T [tex]	24,2	27,14
s _T [tex]	1,64	0,91
v _T [%]	6,79	3,34
L _D [tex]	19,8	24,4
L _H [tex]	28,2	29,9

8.1.3 Určení jemnosti vláken

Jemnost vláken byla stanovena metodou měření plochy průřezu vláken.Z připravených řezů vláken osnovních a útkových nití se mikroskopicky určily plochy průřezu , z kterých se pak vypočítala jemnost vláken.Bylo provedeno 30 měření náhodně vybraných průřezů vláken z osnovních i útkových nití.Byla proměřena i vlákna různých stupňů zralosti.Výsledné průměrné hodnoty jemnosti jsou zaneseny v tabulce VII.

Tab. VII : Průměrné hodnoty plochy průřezu a jemnosti vláken.

	S [μm ²]	t [dtex]
Osnova	174,14	2,65
Útek	205,99	3,13

S . . . plocha průřezu vlákna [μm²],
t . . . jemnost vláken [dtex] .

Průměrná jemnost vláken má hodnotu 2,89 dtex.

8.1.4 Stanovení tloušťky a prodyšnosti

Tloušťka byla stanovena na měřícím zařízení na katedře TM .Podle ČSN 80 0817 byla zjištěna prodyšnost bavlněné textilie.Naměřené hodnoty viz. následující tabulka VIII.

Prodyšností se rozumí schopnost plošné textilie propouštět vzduch za stanovených podmínek.Stanovuje se množství prošlého vzduchu v litrech plochou 1m² za čas 1s.K zjišťování této vlastnosti byl používán přístroj s plováчковým průtokoměrem(opět na katedře TM) , plocha měření byla 20 cm² , podtlak v sacím potrubí činil 200 Pa.

Tab. VIII : Naměřené hodnoty tloušťky a prodyšnosti .

n	Tloušťka t[mm]	Prodyšnost P [l.s ⁻¹ .m ⁻²]
1	0,36	194
2	0,36	208
3	0,35	194
4	0,37	202
5	0,36	215
$\bar{t}$ [mm] , $\bar{P}$ [l.s ⁻¹ .m ⁻²]	0,36	202
s_t [mm] , s_P [l.s ⁻¹ .m ⁻²]	0,007	9,1
v_t , v_P [%]	1,96	4,49
L_{Dt} [mm], L_{DP} [l.s ⁻¹ .m ⁻²]	0,33	172
L_{Ht} [mm] , L_{HP} [l.s ⁻¹ .m ⁻²]	0,37	230

8.1.5 Určení plošné a objemové hmotnosti bavlněné tkaniny

Zjištění plošné hmotnosti spočívá v přesném zvážení definovaného rozměru plochy textilie a dosazením do vztahu [XLVII].

$$\rho_s \text{ [kg.m}^{-2}\text{]} = \frac{m \text{ [kg]}}{S \text{ [m}^2\text{]}} \qquad \text{[XLVII]}$$

kde **m** je hmotnost vzorku [g] , **S** je plocha zkoušeného vzorku [m²] .

Jako měřené plochy se používá vzorek o rozměrech 100 x 100 mm.Hmotnost se zprůměruje a dosadí do vztahu.Naměřené a vypočtené hodnoty viz. tabulka IX.

Objemová měrná hmotnost se určí ze vztahu :

$$\rho_v \text{ [kg.m}^{-3}\text{]} = \frac{\rho_s \text{ [kg.m}^{-2}\text{]}}{h \text{ [m]}} \qquad \text{[XLVIII]}$$

ρ_v . . . objemová měrná hmotnost tkaniny [kg.m⁻³],

ρ_s . . . plošná měrná hmotnost [kg.m⁻²],

h . . . tloušťka textilie [m].

Tab. IX : Stanovení hodnoty plošné hmotnosti vzorků o ploše 100 x 100 mm .

n	Hmotnost vzorku m[g]	Plošná hmotnost ρ_s [g.m ⁻²]
1	1,806	180,6
2	1,815	181,5
3	1,814	181,4
4	1,811	181,1
5	1,815	181,5
$\bar{m}$ [g] , $\bar{\rho}_s$ [g.m ⁻²]	1,812	181,2
s_m [g] , s_{ρ_s} [g.m ⁻²]	0,004	0,38
v_m , v_{ρ_s} [%]	0,21	0,21
L_{Dm} [g] , $L_{D\rho_s}$ [g.m ⁻²]	1,805	180,46
L_{Hm} [g], $L_{H\rho_s}$ [g.m ⁻²]	1,821	182,14

Objemová hmotnost se pak stanoví výpočtem podle vztahu [XLVIII].

$$\rho_v = \frac{\overline{\rho_S}}{h} [\text{kg.m}^{-3}] = 503,33 \text{ kg.m}^{-3}$$

**8.1.6 Stanovení mechanických vlastností - pevnosti v tahu , tažnosti
a deformační práce**

Pevnostní charakteristiky předložené bavlněné tkaniny byly určovány podle ČSN 80 0812 na zařízení Tiratest.Parametry , které byly stanovovány :

- F_H . . . maximální síla [N]
- ε . . . maximální tažnost [%]
- W . . . práce do přetrhu (deformační práce) [J] .

Podle normy se zkouší 5 vzorků ve směru osnovy a 5 ve směru útku.Upínací délka vzorků byla použita menší než uvádí norma , a to 100 mm vzhledem ke komparativnímu charakteru naměřených hodnot a k vysoké spotřebě materiálu , šířka byla volena podle normy 60 mm.Zkoušky , u kterých došlo k přetrhu vzorku v čelistech , byly vynechány.V tabulce X jsou znázorněny sledované parametry.

Tab. X : Naměřené hodnoty pevnosti , tažnosti a práce do přetrhu.

	OSNOVA			ÚTEK		
n	F_H [N]	ε [%]	W [mJ]	F_H [N]	ε [%]	W [mJ]
1	1131	10,77	4180	597	15,64	1837
2	1066	10,02	3514	549	14,75	1812
3	1158	9,39	3551	529	14,76	1763
4	1084	10,09	3637	537	14,43	1790
5	1061	9,25	3146	585	15,12	1809
$\bar{X}$	1100	9,90	3606	559,4	14,94	1802
s	42,59	0,61	372,0	30,0	0,46	27,56
v	3,87	6,16	10,32	5,36	3,09	1,53
L_D	1060	9,33	3258	531,3	14,51	1776
L_H	1140	10,47	3954	587,5	15,37	1828

8.2 Aplikace hydrofobní úpravy na textilní substrát

Na výše specifikovanou bavlněnou tkaninu byly aplikovány dva typy hydrofobní úpravy. První úprava (úprava I), byla na bázi parafín - voskové disperze se zirkoničitými mýdly. Druhým typem použité hydrofobní úpravy (úprava II) byla úprava na bázi silikonů.

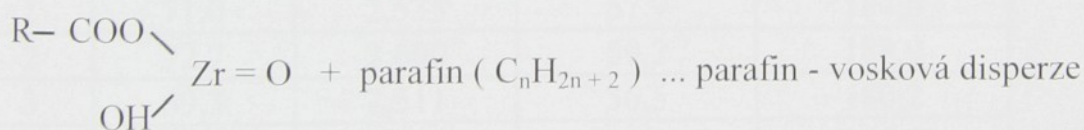
a) Parafín - vosková disperze se zirkoničitými mýdly

Byl použit obchodní produkt Depluvín SP těchto parametrů :

- mírně kationaktivní charakter
- specifická hmotnost $1,02 \text{ g.cm}^{-3}$ při 20°C
- pH 10% vodné emulze 3,5 - 4,5
- odolnost tvrdé vodě 10° n.t.
- obsah aktivních látek 33,5%

Na textilní substrát byl Depluvín SP nanesen klocováním na laboratorním fuláru, textilie pak byla zasušena při 80°C 10 min. Koncentrace klocovací lázně a mokré přivažek byl volen tak, že výsledná koncentrace Depluvínu SP se pohybovala od $0,6 \text{ g.m}^{-2}$ textilie do 15 g.m^{-2} textilie (Tab. XI). Kromě koncentrace hydrofobizačního prostředku uvedené v g.m^{-2} textilie bylo použito exaktnější vyjádření (viz. kapitola 6, str. 28), které udává, kolik hydrofobizačního přípravku bylo nanášeno na povrch elementárních vláken dané textilie (Tab. XI). Tato varianta je však založena na předpokladu rovnoměrného rozložení hydrofobního prostředku na jednotlivých elementárních vláknech.

Složení Depluvínu SP lze charakterizovat těmito vzorci :



RCOOH ... vyšší mastné kyseliny ($\text{R} \dots \text{C}_{15}$ až C_{21})

RCOONa ... sodné soli vyšších mastných kyselin

$\text{O} = \text{Zr}(\text{RCOO})_2$... zirkoničitá mýdla ($\text{R} \dots \text{C}_{12}$ až C_{24})

Receptura :

$x \text{ g.l}^{-1}$ Depluvín SP

2 ml.l^{-1} CH_3COOH konc.

- impregnace při $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, pH = 4 - 4,5, sušení při $80 - 100^\circ\text{C}$.

Při aplikaci této úpravy byly použity čtyři různé koncentrace. Jejich přehledný popis je znázorněn v následujících tabulkách.

Tab. XI : ÚPRAVA I.1 - aplikace hydrofobní úpravy na bázi parafin - voskové disperze , použitá koncentrace v lázni 5g.l⁻¹ Deplivinu SP.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[mg.m ⁻²]	v[ng]
1	73,2	0,622	13,99	44,6
2	72,9	0,628	14,13	45,1
3	73,3	0,625	14,06	44,8
4	76,5	0,65	14,62	46,6
5	73,4	0,628	14,13	45,1
6	75,5	0,683	15,37	49,0
7	70,6	0,655	14,74	47,0
8	75,1	0,669	15,05	48,0
9	75,3	0,661	14,87	47,4
10	75,0	0,659	14,83	47,3
$\bar{X}$	74,08	0,648	14,58	46,48
s	1,72	0,02	0,47	1,52
v[%]	2,32	3,26	3,25	3,28
L _D	73,72	0,644	14,48	46,16
L _H	74,44	0,652	14,68	46,80

P . . . mokrý přivažek [%] ,

c . . . koncentrace hydrofobního prostředku vztažená na 1m² textilie [g.m⁻²] ,

μ . . . koncentrace hydrofobního prostředku vztažená na 1m² povrchu vláken [g.m⁻²] ,

v . . . množství hydrofobního prostředku fixované na elementárním bavlněném vlákne o délce staplu 45 mm a jemnosti 2,89 dtex [ng] .

Tab. XII : ÚPRAVA I.2 - koncentrace Deplivinu SP v lázni 20g.l⁻¹.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[mg.m ⁻²]	v[ng]
1	71,0	2,535	57,9	184,6
2	72,7	2,600	59,2	188,9
3	69,3	2,511	56,5	180,2
4	71,8	2,600	58,5	186,6
5	71,2	2,578	58,0	185,0
6	71,3	2,489	58,2	185,5
7	81,0	2,844	66,0	210,6
8	68,3	2,533	55,6	177,5
9	66,9	2,422	54,5	173,9
10	66,9	2,511	54,5	173,8
$\bar{X}$	71,04	2,56	57,89	184,66
s	4,05	0,11	3,30	10,54
v[%]	5,70	4,4	5,70	5,71
L _D	70,18	2,54	57,19	182,43
L _H	71,89	2,58	58,59	186,89

Tab. XIII : *ÚPRAVA I.3* - koncentrace Depluvinu SP v lázni 40g.l⁻¹.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[mg.m ⁻²]	v[ng]
1	71,3	5,422	116,3	371,0
2	73,9	5,422	120,6	384,5
3	70,5	5,200	114,9	366,5
4	75,6	5,511	123,3	393,2
5	75,3	5,289	122,8	391,6
6	70,0	5,289	114,1	364,0
7	71,7	5,289	116,9	372,8
8	74,8	5,422	122,0	389,2
9	73,5	5,555	119,9	382,4
10	72,7	5,555	118,5	377,9
X̄	72,93	5,39	118,93	379,31
s	2,01	0,12	3,30	10,49
v[%]	2,75	2,30	2,77	2,76
L _D	72,50	5,36	118,23	377,09
L _H	73,35	5,41	119,63	381,52

Tab. XIV : *ÚPRAVA I.4* - koncentrace Depluvinu SP v lázni 100g.l⁻¹.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[g.m ⁻²]	v[μg]
1	81,4	14,555	0,332	1,058
2	77,7	14,333	0,317	1,010
3	75,9	13,333	0,310	0,987
4	77,9	14,111	0,318	1,010
5	78,5	14,222	0,320	1,021
6	71,2	12,889	0,290	0,925
7	71,8	13,000	0,293	0,933
8	73,2	13,333	0,298	0,951
9	69,0	12,889	0,281	0,898
10	71,2	12,889	0,287	0,914
X̄	74,78	13,55	0,305	0,971
s	4,05	0,67	0,02	0,05
v[%]	5,41	4,98	5,60	5,53
L _D	73,92	13,41	0,301	0,960
L _H	75,63	13,69	0,309	0,981

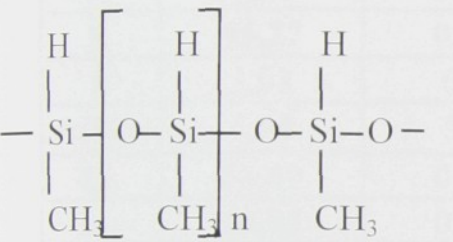
b) silikonová emulze

Při aplikaci bylo použito přípravku čs. provenience Lukofix T 40 D o těchto parametrech :

- emulze polyhydrogenmethylsiloxanu
- kationaktivní charakter
- pH = 2,5 - 3
- obsah sušiny (30 ± 2)%

Tento přípravek se fixuje na textilii pomocí katalyzátoru C43 , popř. C48.Po chemické stránce představují tyto katalyzátory rozpustné soli zirkonu , cínu , titanu a hliníku [5].Po naklocování silikonové emulze prostřednictvím laboratorního fuláru na bavlněnou textilii (specifikace viz kapitola 8.1) byla textilie zasušena při 80°C 10 minut a úprava byla fixována při teplotě 150 °C po dobu 4 minut.

Chemické složení Lukofixu T 40D lze schematizovat vzorcem :



Receptura :

x g.l⁻¹ Lukofix T 40D

10 g.l⁻¹ katalyzátor C43

1 ml.l⁻¹ CH₃COOH konc.

- impregnace při (20±2)⁰C , sušení při 80 - 100⁰C , kondenzace při 150⁰C 4min.

Koncentrace silikonového přípravku na substrátu jsou uvedeny v tab. XII až XV.

Tab. XII : ÚPRAVA II.1 - aplikace hydrofobní úpravy na bázi silikonů - použitá koncentrace Lukofixu T 40D je 1g.l⁻¹.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[mg.m ⁻²]	v[ng]
1	70,4	0,119	2,678	8,54
2	69,8	0,112	2,520	8,04
3	67,8	0,114	2,565	8,18
4	64,0	0,111	2,497	7,97
5	63,4	0,111	2,497	7,97
6	68,6	0,119	2,678	8,54
7	65,7	0,118	2,655	8,47
8	66,4	0,114	2,565	8,18
9	65,4	0,112	2,520	8,04
10	64,9	0,110	2,475	7,89
$\overline{X}$	66,64	0,114	2,565	8,182
s	2,41	0,003	0,08	0,25
v[%]	3,62	3,04	3,05	3,03
L _D	66,13	0,113	2,548	8,129
L _{II}	67,15	0,115	2,582	8,235

Tab. XIII : *ÚPRAVA II.2* - koncentrace Lukofixu T 40D 5g.l⁻¹.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[mg.m ⁻²]	v[ng]
1	72,4	0,514	11,56	36,7
2	65,9	0,539	12,13	38,7
3	65,6	0,572	12,87	41,0
4	70,2	0,550	12,37	39,5
5	65,4	0,555	12,49	39,8
6	60,0	0,628	14,13	45,1
7	62,6	0,558	12,55	40,0
8	64,0	0,572	12,87	41,0
9	63,9	0,617	13,88	44,3
10	62,9	0,567	12,76	40,7
$\bar{X}$	65,27	0,567	12,76	40,7
s	3,68	0,03	0,76	2,47
v[%]	5,64	5,99	5,99	6,07
L _D	64,49	0,561	12,60	40,18
L _H	66,05	0,573	12,92	41,22

Tab. XIV : *ÚPRAVA II.3* - koncentrace Lukofixu T 40D v lázni 10g.l⁻¹.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[mg.m ⁻²]	v[ng]
1	65,6	1,200	27,0	86,1
2	70,9	1,155	25,6	82,9
3	80,0	1,155	25,6	82,9
4	71,9	1,200	27,0	86,1
5	72,8	1,189	26,7	85,3
6	71,0	1,167	26,2	83,7
7	65,8	1,244	28,0	89,3
8	67,8	1,333	30,0	95,7
9	70,1	1,250	28,1	89,7
10	68,1	1,278	28,7	91,7
$\bar{X}$	70,4	1,217	27,3	87,34
s	4,16	0,06	1,41	4,19
v[%]	5,90	4,79	5,17	4,80
L _D	69,52	1,204	27,0	86,45
L _H	71,28	1,230	27,6	88,22

Tab. XV : ÚPRAVA II.4 - koncentrace Lukofixu T 40D v lázni 20g.l⁻¹.

n	P[%]	c [g.m ⁻²]	μ[mg.m ⁻²]	v[ng]
1	71,6	2,355	52,98	169,0
2	69,9	2,322	52,24	166,6
3	71,4	2,400	54,00	172,2
4	68,9	2,244	50,49	161,0
5	69,0	2,289	51,50	164,3
6	68,4	2,467	55,50	177,1
7	67,2	2,422	54,49	173,8
8	71,0	2,444	55,00	175,4
9	63,9	2,311	52,00	165,9
10	66,4	2,378	53,50	170,7
$\bar{X}$	68,8	2,363	53,17	169,6
s	2,43	0,07	1,62	5,16
v[%]	3,53	3,04	3,04	3,04
L _D	68,29	2,348	52,83	168,5
L _H	69,31	2,378	53,51	170,7

8.2.1 Hodnocení hydrofobních vlastností textilie kapkovým testem

Scotchgard™ Protector 3M Water Repellency Test II

Princip : Při testu se používá směs mísitelných kapalin - destilovaná voda a isopropylalkohol [40].Připraví se koncentrační řada a kapátkem se na horizontálně umístěnou textilii nanáší celkem 3 kapky o průměru 5 mm.Zhodnocení se provede po 10 s.Isou-li alespoň 2 z těchto tří kapek stále kulovité popř. polokulovité , lze konstatovat , že kapalina nesmáčí povrch textilie.Postupuje se směrem od nejnižší k nejvyšší koncentraci isopropylalkoholu ve vodě.

- Pomůcky :** 1. Lékařské kapátko nebo pipeta.
2. Stopky.
3. Testovací roztok - při teplotě (20±5) °C .

Tab. XIII : Stupně hydrofobity při 3M testu.

Stupeň hydrofobity	Poměr voda / isopropylalkohol	Povrchové napětí [mN.m ⁻¹]
W	100 voda	72
1	98/2	64,9
2	95/5	58,37
3	90/10	55,25
4	80/20	43,4
5	70/30	38,8
6	60/40	35,8

Postup : 1. Textilie se napne v horizontální rovině.

2. Prostřednictvím kapátka se na vzorek nanese 3 kapky o průměru 5 mm.

3. Kapky se ponechají v klidu 10 s.

Začíná se kapat roztokem čisté destilované vody a postupuje se směrem k vyšší koncentraci isopropylalkoholu. Jakmile se alespoň dvě kapky udrží na povrchu (nedojde ke smočení materiálem), postupuje se dále. Při smočení alespoň dvou kapek má vzorek stupeň předcházející.

Následující tabulky a grafická hodnocení znázorňují závislost stupně hydrofobity podle kapkového 3M testu na koncentraci hydrofobizačního prostředku. Pro zpřesnění metody byla použita širší škála stupňů hydrofobity, kdy byly použity testovací roztoky s půlenými stupni hydrofobity (např. 1,5, 2,5, atd...) (viz. následující tabulky a grafy). Na hydrofobně upravený textilní substrát byl použit různý stupeň namáhání ve formě praní v lázni obsahující 5g.l⁻¹ pracího detergentu (Tix) a chemického čištění v perchlorethylenu.

Praní probíhalo při teplotě 50°C po dobu 30 minut. Vzorky byly po praní podrobeny oplachování ve studené vodě a následně byly vysušeny při 80°C.

Chemické čištění bylo modelováno protřepáváním vzorků v 30-ti násobku hmotnosti perchlorethylenu z hmotnosti vzorku při teplotě (20±5)°C po dobu 30 minut. Vzorky pak byly vysušeny při teplotě (20±5)°C v exikátoru.

Tab. XIV : Stupně hydrofobity určené kapkovým 3M testem bavlněné textilie upravené Depluinem SP.

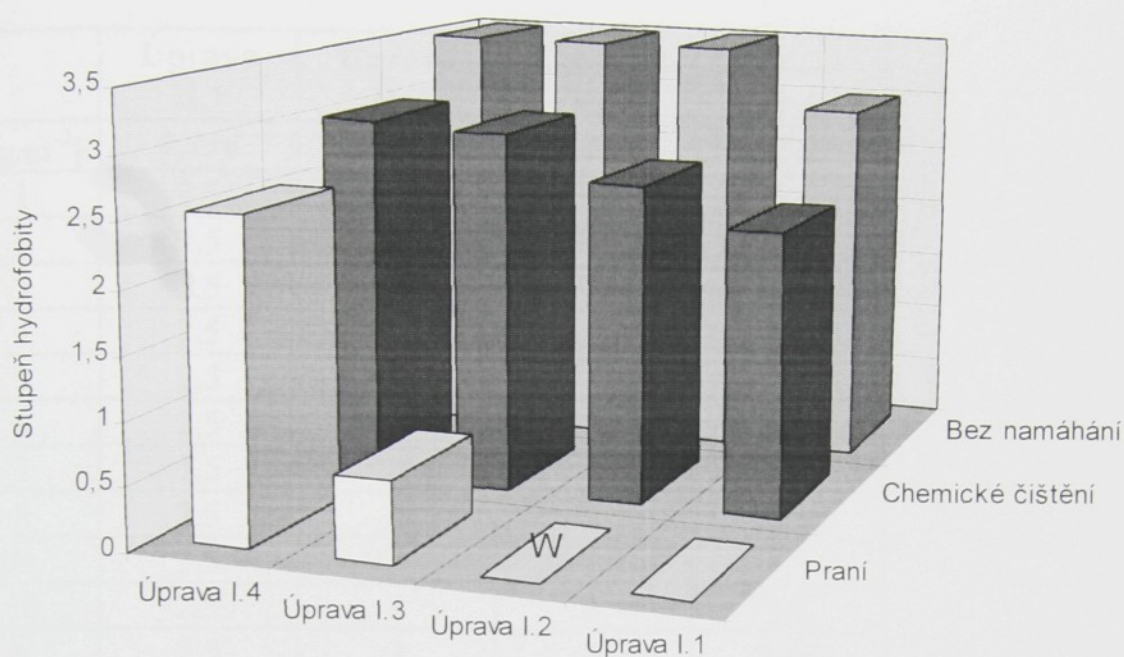
	Úprava I.1	Úprava I.2	Úprava I.3	Úprava I.4
$\bar{c} [\text{g} \cdot \text{m}^{-2}]$	0,648	2,56	5,39	13,55
1	3	3,5	3,5	3,5
2	3	3,5	3,5	3,5
3	3	3,5	3,5	3,5
4	3	3,5	3,5	3,5
5	3	3,5	3,5	3,5
6	3	3,5	3,5	3,5
7	3	3,5	3,5	3,5
8	3	3,5	3,5	3,5
9	3	3,5	3,5	3,5
10	3	3,5	3,5	3,5
$\bar{X}$	3	3,5	3,5	3,5
s	0	0	0	0
v	0	0	0	0
L_D	3	3,5	3,5	3,5
L_H	3	3,5	3,5	3,5

Tab. XV : Stupně hydrofobity pro bavlněnou textilií upravenou Depluvinem SP a chemicky čištěnou.

	Úprava I.1	Úprava I.2	Úprava I.3	Úprava I.4
$\bar{c} [\text{g} \cdot \text{m}^{-2}]$	<i>0,648</i>	<i>2,56</i>	<i>5,39</i>	<i>13,55</i>
1	2,5	2,5	3	3
2	2,5	2,5	3	3
3	2,5	2,5	3	3
4	2	2,5	2,5	3
5	2	3	3	3
6	2	2,5	3	3
7	2,5	2,5	3	3
8	2	2,5	3	3
9	2,5	2,5	3	3
10	2,5	3	3	3
$\bar{X}$	2,3	2,6	2,95	3
s	0,26	0,21	0,16	0
v	11,23	8,11	5,36	0
L_D	2,20	2,55	2,92	3
L_H	2,35	2,64	2,98	3

Tab. XVI : Stupně hydrofobity bavlněné textílie upravené Depluvinem SP a podrobené jednonásobnému praní.

	Úprava I.1	Úprava I.2	Úprava I.3	Úprava I.4
$\bar{c} [\text{g} \cdot \text{m}^{-2}]$	<i>0,648</i>	<i>2,56</i>	<i>5,39</i>	<i>13,55</i>
1	0	W	0,5	2,5
2	0	W	0,5	2,5
3	0	W	0,5	3
4	0	W	1	2,5
5	0	W	0,5	2,5
6	0	W	1	2,5
7	0	W	1	2,5
8	0	W	0,5	2,5
9	0	W	0,5	2,5
10	0	W	0,5	2,5
$\bar{X}$	0	W	0,65	2,55
s	0	-	0,24	0,16
v	0	-	37,16	6,20
L_D	0	-	0,60	2,52
L_H	0	-	0,70	2,58



Obr. 15 : Grafické znázornění závislosti stupňů hydrofobity bavlněné textilie upravené Depluvinem SP na koncentraci Depluvinu SP a různém stupni namáhání.

Tab. XVII : Stupně hydrofobity stanovené podle kapkového 3M testu textilie upravené Lukofixem T 40D.

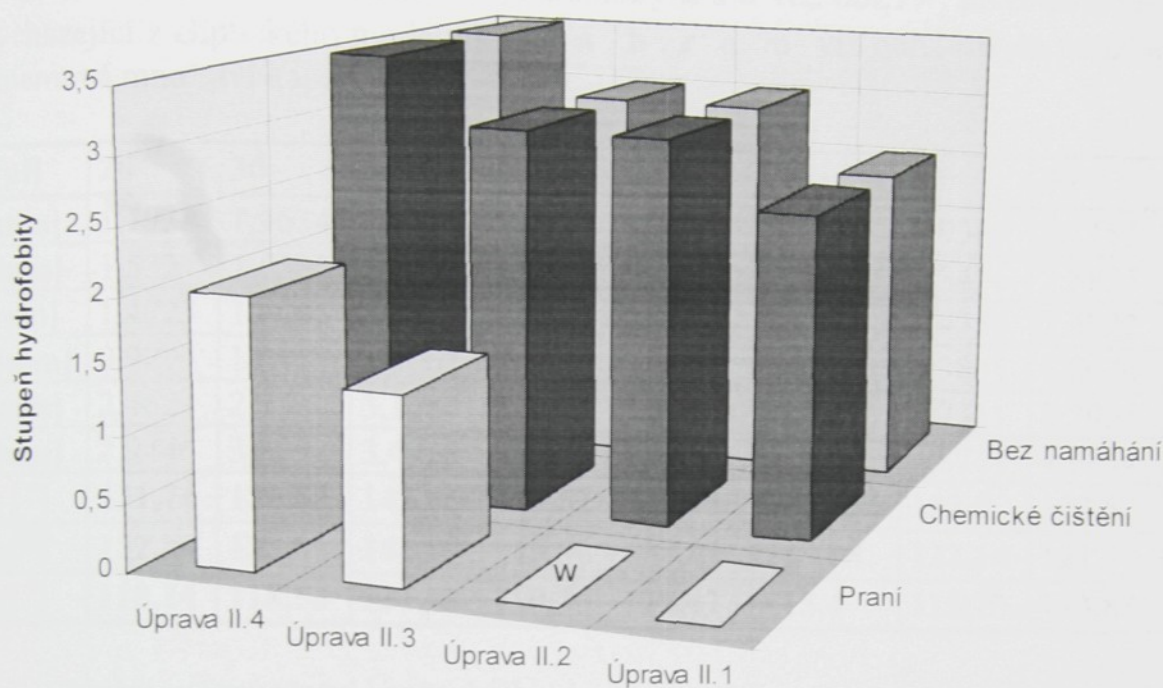
	Úprava II.1	Úprava II.2	Úprava II.3	Úprava II.4
$\bar{c} [\text{g} \cdot \text{m}^{-2}]$	0,114	0,567	1,217	2,363
1	2,5	3	3	3,5
2	2,5	3	3	3,5
3	2,5	3	3	3,5
4	2,5	3	3	3,5
5	2,5	3	3	3,5
6	2,5	3	3	3
7	2,5	3	3	3,5
8	2,5	3	3	3,5
9	2,5	3	3	3,5
10	2,5	3	3	3,5
$\bar{X}$	2,5	3	3	3,45
s	0	0	0	0,16
v	0	0	0	4,58
L_D	2,5	3	3	3,42
L_H	2,5	3	3	3,48

Tab. XVIII : Stupně hydrofobity textilie upravené Lukofixem T 40D a podrobené chemickému čištění.

	Úprava II.1	Úprava II.2	Úprava II.3	Úprava II.4
$\bar{c}[\text{g.m}^{-2}]$	<i>0,114</i>	<i>0,567</i>	<i>1,217</i>	<i>2,363</i>
1	2,5	3	3	3,5
2	2,5	3	3	3,5
3	2,5	3	3	3,5
4	2,5	3	3	3,5
5	2,5	3	3	3,5
6	2,5	3	3	3
7	2,5	3	3	3,5
8	2,5	3	3	3,5
9	2,5	3	3	3,5
10	2,5	3	3	3,5
$\bar{X}$	2,5	3	3	3,45
s	0	0	0	0,16
v	0	0	0	4,58
L_D	2,5	3	3	3,42
L_H	2,5	3	3	3,48

Tab. XIX : Stupně hydrofobity textilie upravené Lukofixem T 40D a podrobené jednonásobnému praní.

	Úprava II.1	Úprava II.2	Úprava II.3	Úprava II.4
$\bar{c}[\text{g.m}^{-2}]$	<i>0,114</i>	<i>0,567</i>	<i>1,217</i>	<i>2,363</i>
1	0	W	1,5	2
2	0	W	1,5	2
3	0	W	1	2
4	0	W	1,5	2
5	0	W	1,5	2
6	0	W	1,5	2
7	0	W	1,5	2
8	0	W	1,5	2
9	0	W	1,5	2
10	0	W	1	2
$\bar{X}$	0	W	1,4	2
s	0	-	0,21	0
v	0	-	15,06	0
L_D	0	-	1,35	2
L_H	0	-	1,44	2



Obr. 16 : Grafické znázornění závislosti stupňů hydrofobity podle kapkového 3M testu bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D na koncentraci Lukofixu T 40D a na různém stupni namáhání.

8.2.2 Určení kontaktního úhlu

Existuje několik metod pro určení kontaktního (krajového) úhlu jak bylo uvedeno v kapitolách 3.6.2 a 4.1.2 .V této práci byl využit postup snímání vodní kapky pomocí kamery , za současného zobrazování na monitoru prostřednictvím obrazové analýzy [10] - kapitola 4.Schéma měřícího zařízení pro stanovení krajového úhlu smáčení Θ na rozhraní textilie - kapalina je zobrazeno na obr. 11 , str.23 .

Postup : Na napnutou textilií umístěnou na upínacím stolku se kápne z mikropipety kapka destilované vody (bylo použito objemové množství $20\mu\text{l}$).Tato kapka se pak snímá prostřednictvím kamery připojené k počítači na obrazovku monitoru.Dále se určí geometrické parametry kapky prostřednictvím obrazové analýzy (kap. 4).Z těchto parametrů se stanoví kontaktní úhel smáčení.

Pro výpočet kontaktních úhlů byl zvolen vztah vycházející z kapky tvaru koule,protože používaný objem kapky byl velmi malý ($20\mu\text{l}$) (Tab.XXI až XXVI).Kontaktní úhly určené ze vztahu vycházejícího z eliptického modelu kapky byly pouze srovnány s kontaktními úhly stanovenými ze vztahů ostatních modelů (Tab.XX , obr.17).

Tab. XX : Srovnání kontaktních úhlů Θ na bavlněné tkanině upravené Lukofixem T 40D , jehož koncentrace je $0,115\text{g.m}^{-2}$ textilie, vypočtených ze vztahů [XXX, XXXII, XXIV, XXXVII, XXXVIII, XLIV].Parametry **h** a **d** viz. obr.13 , proměnné pro vztah vycházející z eliptického modelu kapky **a** , **b** , **r** a **m** viz obr.14.Byla použita různá objemová množství kapaliny.

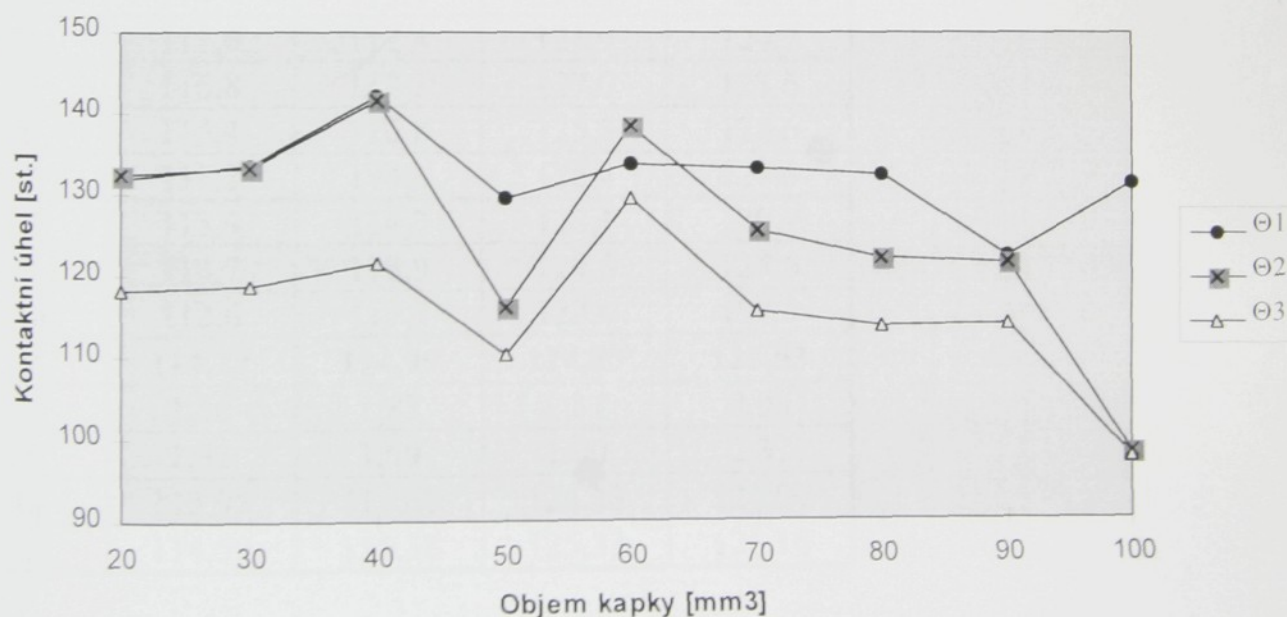
V[μl]	20	30	40	50	60	70	80	90	100
a[mm]	1,7934	1,9634	2,2276	2,4922	2,6173	2,7967	2,9360	3,1155	3,3421
b[mm]	1,5327	1,6600	1,8103	2,037	2,1869	2,2352	2,3456	2,5835	2,2266
r[mm]	1,4723	1,6045	1,7462	2,2089	2,0318	2,2585	2,4356	2,4922	2,9384
m[mm]	0,9294	1,04	1,3061	1,1389	1,3657	1,3372	1,3855	1,2070	1,1277
h[mm]	2,4621	2,7	3,1164	3,1759	3,5526	3,5724	3,7311	3,7905	3,3543
d[mm]	2,9446	3,209	3,4923	4,4178	4,0636	4,5169	4,8711	4,9844	5,8767
$\Theta_1[^\circ]$	131,74	133,55	142,05	129,52	133,74	133,05	132,5	122,5	131,4
$\Theta_2[^\circ]$	132,24	133,06	141,69	115,96	138,46	125,58	122,14	121,7	98,14
$\Theta_3[^\circ]$	118,24	118,56	121,48	110,36	129,47	115,4	113,73	113,85	97,56

V . . . objemové množství kapky [μl],

Θ_1 . . . kontaktní úhel určený z eliptického modelu kapky (7.3) [$^\circ$],

Θ_2 . . . krajový úhel smáčení vypočítaný podle Sommera a Winklera (7.1.2) [$^\circ$],

Θ_3 . . . stykový úhel určený z modelu kapky tvaru kulového vrchliku (7.1.1 , 7.2) [$^\circ$].



Obr. 17 : Závislost velikosti kontaktních úhlů stanovených z modelů viz.tab.XX na různém objemu vodní kapky.Materiál - bavlněná textilie (specifikace viz. kap.8.1) hydrofobně upravená Lukofixem T 40D o koncentraci $0,115\text{g.m}^{-2}$ textilie.

Tvar vodní kapky na styku s textilií velmi závisí struktře a povrchu textilie a také na hmotnosti kapky.Na obr.17 je znázorněn vliv různého objemu vodní kapky na velikost kontaktních úhlů.Jsou-li k výpočtu těchto úhlů použity vztahy předpokládající kulovitý tvar kapky [XXXVII , XXXVIII , XXX , XXXIII , XXXIV] , pak při velmi malém objemu vodní kapky (20 až 30 mm³) se hodnoty kontaktních úhlů téměř nemění.Se zvyšujícím se objemem kapky nad 30 mm³ začínají hodnoty kontaktních úhlů kolísat.Proto je důležité používat tyto vztahy vycházející z kapky tvaru kulového vrchlíku jen u kapek do objemu 30 mm³.

Vliv hmotnosti vodní kapky na velikost kontaktního úhlu se podařilo odstranit použitím vztahu , vycházejícího z eliptického tvaru kapky.Z obr.17 lze pozorovat , že i větší objem kapky zachovává téměř stejnou hodnotu kontaktního úhlu.Je zde však třeba řady geometrických parametrů.Proto je výhodnější používat co nejmenší objem vodní kapky a kontaktní úhel pak určit ze vztahu ,vycházejícího z kapky tvaru kulového vrchlíku.

Tab. XXI : Určení kontaktních úhlů bavlněné textilie upravené Depluinem SP.

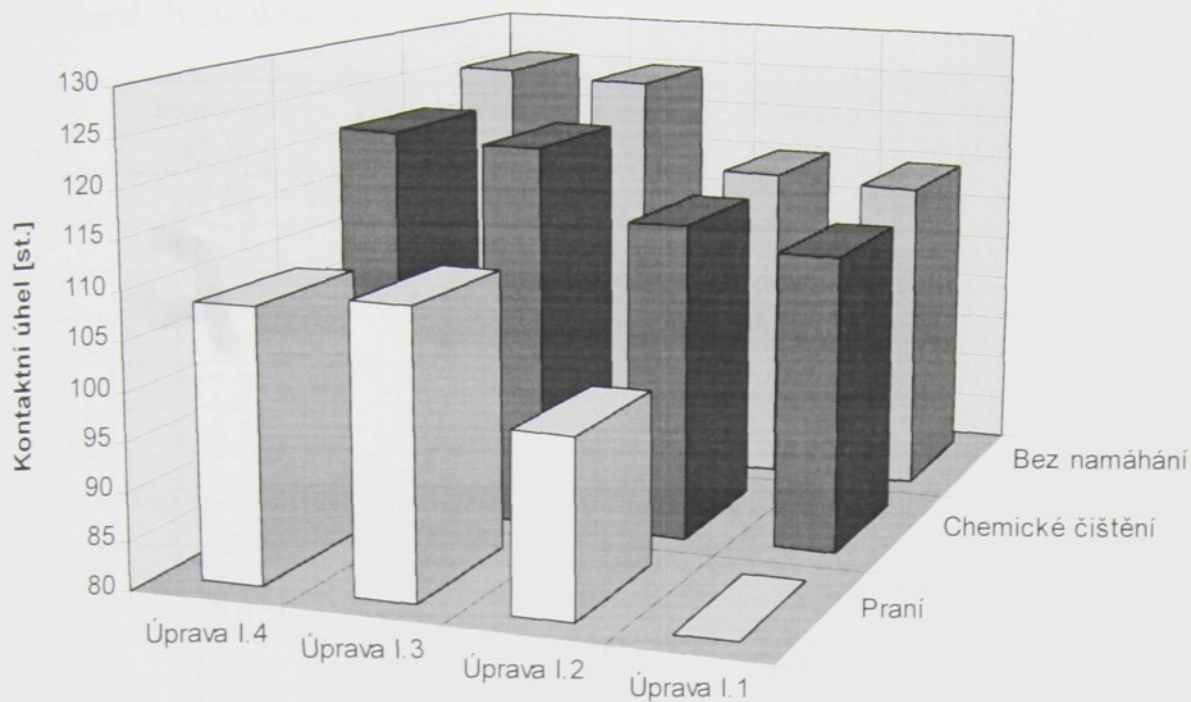
	Úprava I.1	Úprava I.2	Úprava I.3	Úprava I.4
$\bar{c}[\text{g.m}^{-2}]$	<i>0,648</i>	<i>2,56</i>	<i>5,39</i>	<i>13,55</i>
1	113,2	116,8	123,3	119,7
2	114,9	114,8	128,5	125,3
3	114,4	115,9	126,5	123,1
4	111,6	112,4	121,9	124,7
5	116,8	112,3	127,0	123,6
6	115,4	116,8	125,8	128,6
7	115,2	114,6	126,4	127,5
8	113,9	114,7	122,1	129,9
9	114,7	113,9	124,8	125,6
10	112,6	117,7	122,0	127,3
$\bar{X}$	114,27	114,99	124,83	125,53
s	1,50	1,83	2,37	2,98
v	1,31	1,59	1,90	2,37
L_D	113,95	114,60	124,33	124,90
L_H	114,59	115,38	125,33	126,16

Tab. XXII : Kontaktní úhly bavlněné textilie upravené Depluvinem SP a podrobené chemickému čištění.

	Úprava I.1	Úprava I.2	Úprava I.3	Úprava I.4
$\bar{c}[\text{g.m}^{-2}]$	<i>0,648</i>	<i>2,56</i>	<i>5,39</i>	<i>13,55</i>
1	110,6	112,0	118,5	122,6
2	113,9	112,3	119,5	120,3
3	112,5	115,4	116,7	122,5
4	114,0	116,5	121,0	123,5
5	111,1	114,0	119,9	117,9
6	112,9	111,0	125,3	126,3
7	109,8	112,6	124,4	124,5
8	104,3	113,9	120,8	121,3
9	113,5	114,1	121,7	119,0
10	112,7	114,1	121,4	118,7
$\bar{X}$	111,53	113,59	120,92	121,66
s	2,91	1,65	2,56	2,72
v	2,61	1,45	2,11	2,23
L_D	110,92	113,24	120,38	121,08
L_H	112,14	113,94	121,46	122,23

Tab. XXIII : Kontaktní úhly hydrofobně upravené bavlněné textilie Depluvinem SP podrobené jednonásobnému praní.

	Úprava I.1	Úprava I.2	Úprava I.3	Úprava I.4
$\bar{c}[\text{g.m}^{-2}]$	<i>0,648</i>	<i>2,56</i>	<i>5,39</i>	<i>13,55</i>
1	0	96,1	103,7	96,3
2	0	100,8	108,4	108,7
3	0	101,8	110,4	107,8
4	0	94,5	111,6	107,0
5	0	98,6	109,8	111,3
6	0	96,3	108,3	99,8
7	0	102,3	112,3	114,3
8	0	100,1	114,9	112,6
9	0	98,6	110,5	113,8
10	0	94,3	105,3	110,6
$\bar{X}$	0	98,34	109,5	108,22
s	0	2,93	3,29	5,94
v	0	2,98	3,00	5,49
L_D	0	97,72	108,80	106,96
L_H	0	98,96	110,19	109,47



Obr. 18 : Znázornění závislosti hodnot kontaktních úhlů na koncentraci Depluvinu SP v g.m⁻² textilie a na různém stupni namáhání.

Tab. XXIV : Znázornění kontaktních úhlů bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D.

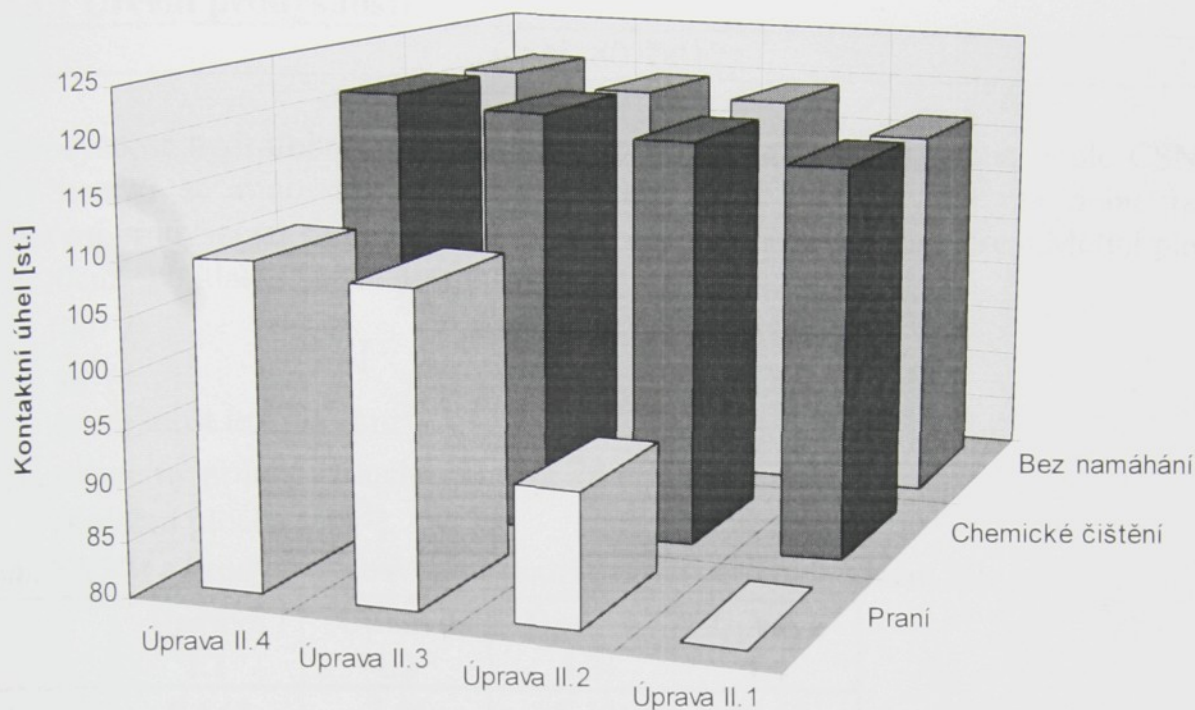
	Úprava II.1	Úprava II.2	Úprava II.3	Úprava II.4
$\bar{c}$ [g.m ⁻²]	0,114	0,567	1,217	2,363
1	117,1	127,0	119,7	120,9
2	119,7	119,8	118,5	120,9
3	116,3	118,4	119,9	121,2
4	116,3	121,3	119,2	120,7
5	116,3	116,9	116,6	121,9
6	115,0	114,4	117,8	121,3
7	115,1	120,9	122,6	121,1
8	110,7	116,6	118,4	118,9
9	116,8	120,7	121,2	119,7
10	118,9	114,8	120,6	121,3
$\bar{X}$	116,22	119,08	119,45	120,79
s	2,44	3,74	1,75	0,87
v[%]	2,10	3,14	1,46	0,72
L_D	115,70	118,29	119,08	120,61
L_H	116,73	119,87	119,82	120,97

Tab. XXV : Kontaktní úhly hydrofobně upravené bavlněné textilie Lukofixem T 40D a podrobené chemickému čištění.

	Úprava II.1	Úprava II.2	Úprava II.3	Úprava II.4
$\bar{c}[\text{g.m}^{-2}]$	<i>0,114</i>	<i>0,567</i>	<i>1,217</i>	<i>2,363</i>
1	116,3	118,7	127,4	122,1
2	119,8	118,9	120,7	125,1
3	115,5	119,1	117,9	124,9
4	117,2	117,3	120,7	120,4
5	116,3	117,0	119,6	119,3
6	118,5	116,5	119,3	121,1
7	116,9	120,1	118,2	118,6
8	117,2	118,3	121,1	120,9
9	115,6	119,4	119,3	122,3
10	115,3	118,7	118,6	117,9
$\bar{X}$	116,9	118,4	120,28	121,26
s	1,42	1,13	2,73	2,42
v[%]	1,21	0,96	2,27	2,00
L_D	116,60	118,16	119,70	120,75
L_H	117,20	118,64	120,86	121,77

Tab. XXVI : Kontaktní úhly hydrofobně upravené bavlněné textilie Lukofixem T 40D podrobené jednofázovému praní.

	Úprava II.1	Úprava II.2	Úprava II.3	Úprava II.4
$\bar{c}[\text{g.m}^{-2}]$	<i>0,114</i>	<i>0,567</i>	<i>1,217</i>	<i>2,363</i>
1	0	90,3	113,6	112,0
2	0	92,5	110,8	109,5
3	0	89,3	105,4	109,0
4	0	88,4	109,3	110,6
5	0	96,5	107,6	108,9
6	0	94,1	105,2	107,6
7	0	90,3	104,3	110,5
8	0	97,0	109,8	109,4
9	0	92,2	110,5	108,8
10	0	91,1	108,7	111,1
$\bar{X}$	0	92,2	108,52	109,74
s	0	2,91	2,92	1,30
v[%]	0	3,16	2,69	1,18
L_D	0	91,58	107,90	109,46
L_H	0	92,81	109,14	110,01



Obr. 19 : Grafická závislost velikosti kontaktních úhlů hydrofobně upravené bavlněné textilie Lukofixem T 40D na koncentraci Lukofixu T 40D v g.m^{-2} textilie a na různém stupni namáhání.

Při testování hydrofobních vlastností bavlněné textilie upravené přípravky na bázi parafinu , resp. silikonu se prokázaly následující vlastnosti. Z grafických závislostí (obr.16 ,17,18,19) lze pozorovat rychlé zvýšení hydrofobních vlastností už po aplikaci nízkých koncentrací hydrofobních prostředků na textilii. V obou případech , tzn. při použití Depluvinu SP , resp. Lukofixu T 40D se na vláknech tvoří hydrofobní vrstva (přílohy 2 a 14). V některých případech , především u textilií s vyšším obsahem hydrofobního přípravku dochází k jeho ulpívání mezi vlákny. To však na hydrofobitu textilie nemá vliv.

Obě úpravy prokázaly vysokou odolnost chemickému čištění. Pokles hydrofobních vlastností byl zaznamenán po aplikaci spotřebitelského jednonásobného praní. Mikrostruktura úpravy (přílohy 4,7,10,13,16,19,22,25) byla značně poškozena použitým pracím detergentem.

8.2.3 Stanovení mechanicko - fyzikálních vlastností

8.2.3.1 Určení prodyšnosti

ČSN 80 0817

Prodyšnost hydrofobně upravené bavlněné textilie byla stanovena podle ČSN 80 0817. Stanoví se množství prošlého vzduchu v m³ plochou 1m² za dobu 1s. Ke stanovení prodyšnosti se používá přístroj s plováčkovým průtokoměrem. Měřicí plocha byla 20cm², podtlak v sacím potrubí 200Pa.

W = (100 · v̄) / (36 · P) [XLIX]

W ... prodyšnost textilie [l.m⁻².s⁻¹],

v̄ ... průměrný průtok vzduchu [l.h⁻¹],

P ... zkušební plocha [cm²].

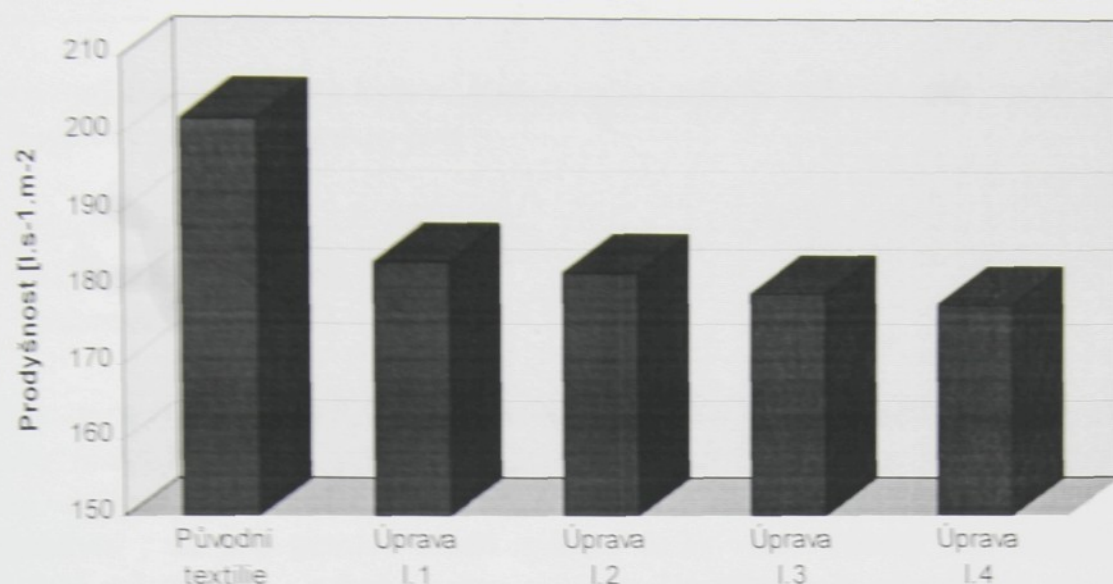
Tab. XXVII : Prodyšnost bavlněné textilie upravené Depluinem SP.

	Úprava I.1	Úprava I.2	Úprava I.3	Úprava I.4
c̄[g.m ⁻²]	0,648	2,56	5,39	13,55
1	180,55	180,55	166,67	180,55
2	194,44	166,67	173,61	166,67
3	180,55	194,44	194,44	166,67
4	180,55	187,5	187,5	180,55
5	180,55	180,55	173,61	194,44
X̄	183,33	181,94	179,17	177,78
s	6,21	10,30	11,41	11,62
v[%]	3,39	5,66	6,37	6,53
L _D	177,51	172,29	168,48	166,90
L _H	189,14	191,58	189,85	188,66

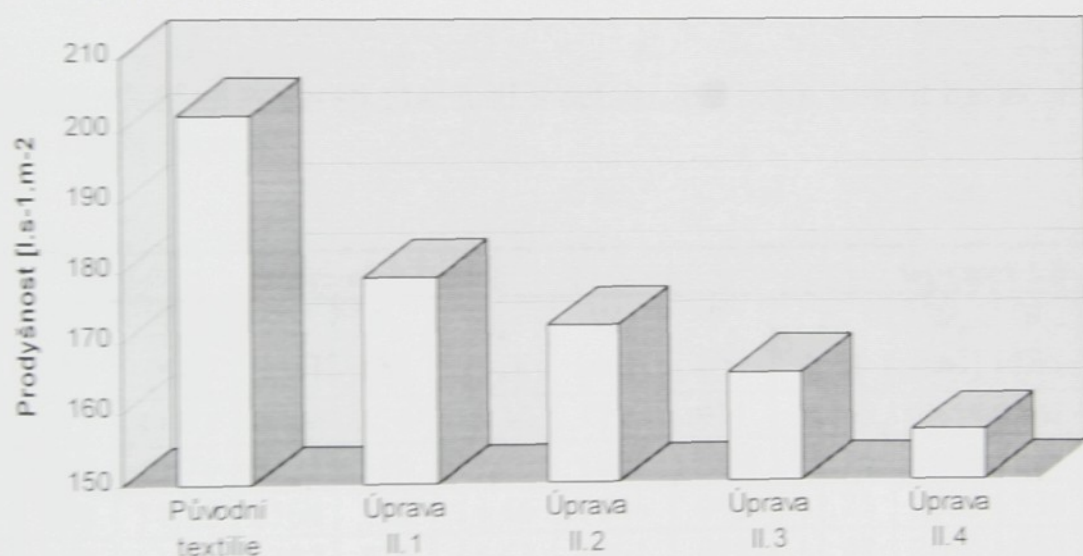
Tab. XXVIII : Prodyšnost bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D.

	Úprava II.1	Úprava II.2	Úprava II.3	Úprava II.4
c̄[g.m ⁻²]	0,114	0,567	1,217	2,363
1	180,55	152,78	166,67	152,78
2	180,55	166,67	166,67	152,78
3	180,55	180,55	159,72	173,61
4	180,55	180,55	166,67	152,78
5	173,6	180,55	166,67	152,78
X̄	179,17	172,22	165,28	156,95
s	3,11	12,42	3,10	9,31
v[%]	1,73	7,21	1,88	5,93
L _D	176,26	160,59	162,38	148,23
L _H	182,08	183,85	168,18	165,67

Závislost prodyšnosti na koncentraci Depluvinu SP v textilií



Závislost prodyšnosti na koncentraci Lukofixu T 40D v textilií



Obr. 20 : Srovnání prodyšnosti textilie původní a hydrofobně upravené Depluvinem SP resp. Lukofixem T 40D.

Úpravou textilie hydrofobními přípravky na bázi parafinů , resp. silikonů dochází ke změně prodyšnosti.Obr. 20 vystihuje klesající charakter prodyšnosti s postupně rostoucí koncentrací hydrofobního prostředku v textilií.Mikrofotografie pořízené z REM (přílohy 5,8,11) dokazují příčinu tohoto jevu způsobeném na textilií upravené Depluvinem SP.Rostoucí koncentrace tohoto hydrofobního prostředku v textilií , podporuje vznik dislokací úpravy v podobě usazování hydrofobního přípravku v mezivlákněných prostorech.Na textiliích upravených Lukofixem T 40D dochází ke vzniku kondenzátů , které se opět fixovaly mezi vlákny (přílohy 20 , 23).Lze pak předpokládat , že díky těmto dislokacím se prodyšnost textilie snižuje.

8.2.3.2 Určení pevnosti , tažnosti a deformační práce

ČSN 80 0812

Pevnostní charakteristiky hydrofobně upravené textilie byly určovány podle ČSN 80 0812.Stanovovanými parametry byly :

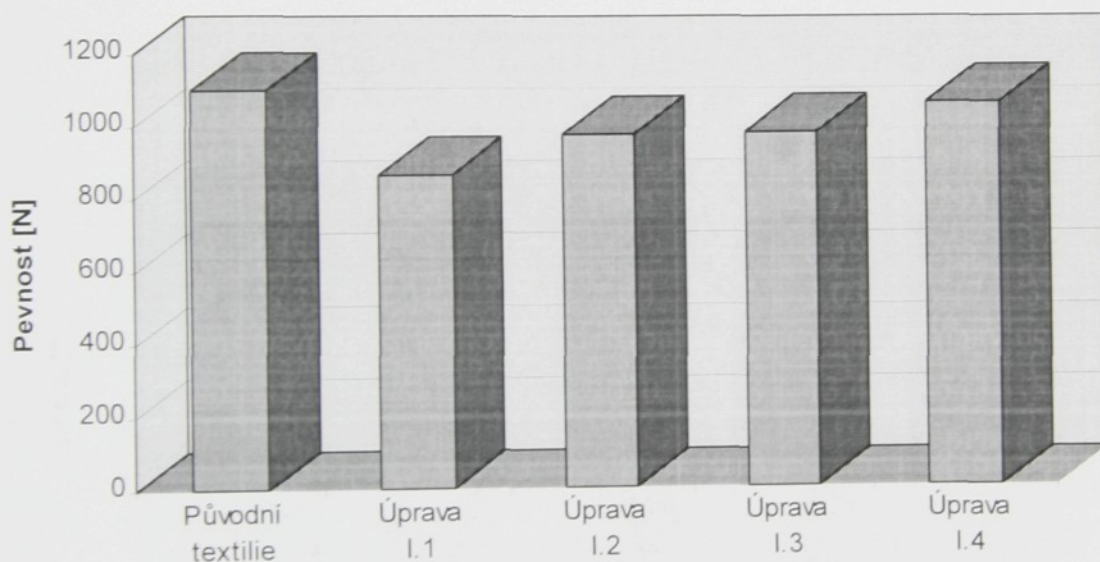
- F . . . pevnost v tahu [N],
- ε . . . maximální tažnost [%],
- W . . . deformační práce [J].

Podle normy se zkouší 5 vzorků po směru osnovy a 5 po směru útku.Pro vysokou spotřebu materiálu v této práci byly zkoušeny vzorky o rozměrech 150x60 mm , upínací délka byla zvolena 100mm.Charakter naměřených hodnot byl pouze komparativní , na což neměla kratší upínací délka vliv. Vzorky , u kterých došlo k přetržení v čelistech , nebyly brány v úvahu.Zkoušky byly prováděny na přístroji Tiratest , který výsledné hodnoty pevnosti a tažnosti statisticky zpracovává.Deformační práce byla určována z grafických závislostí pevnosti na tažnosti měřením plochy pod křivkou pomocí planimetru.

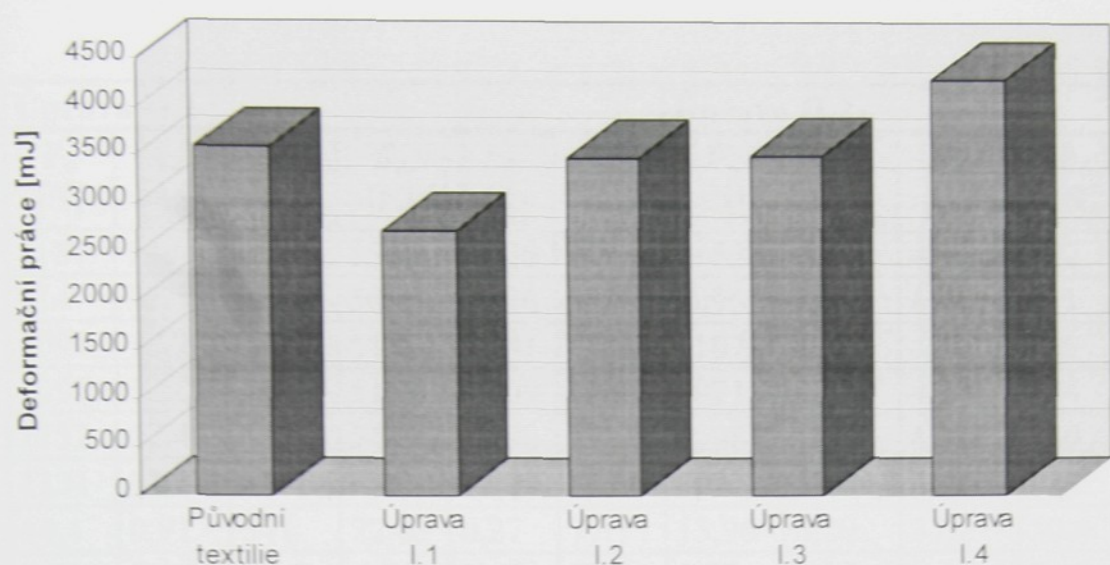
Tab. XXIX : Určení pevnosti , tažnosti a deformační práce vzorků bavlněné tkaniny upravené Depluvinem SP.

n	Úprava I.1						Úprava I.2					
	F _o [N]	ε _o [%]	W _o [mJ]	F _ú [N]	ε _ú [%]	W _ú [mJ]	F _o [N]	ε _o [%]	W _o [mJ]	F _ú [N]	ε _ú [%]	W _ú [mJ]
1	873	11,83	2769	524	15,30	1792	911	11,85	2844	542	14,94	1687
2	920	12,74	3321	510	14,86	1683	1034	12,76	3680	541	15,85	1932
3	848	11,12	2564	522	14,46	1716	993	11,75	3505	538	15,32	1824
4	833	11,06	2382	525	15,43	1801	978	11,97	3650	553	14,33	1901
5	856	11,26	2605	512	14,92	1690	966	12,03	3707	540	15,66	1897
$\bar{X}$	866	11,6	2728	519	15,0	1736	976	12,1	3477	543	15,2	1848
s	33,5	0,7	359	7,06	0,38	56,3	44,7	0,4	362,5	5,9	0,6	98,4
v[%]	3,86	6,08	13,1	1,36	2,57	3,24	4,57	3,31	10,4	1,1	3,92	5,33
L _D	835	10,94	2392	512	14,6	1683	934	11,7	3137	537	14,6	1756
L _H	897	12,25	3064	526	15,3	1789	1018	12,5	3816	548	15,8	1940

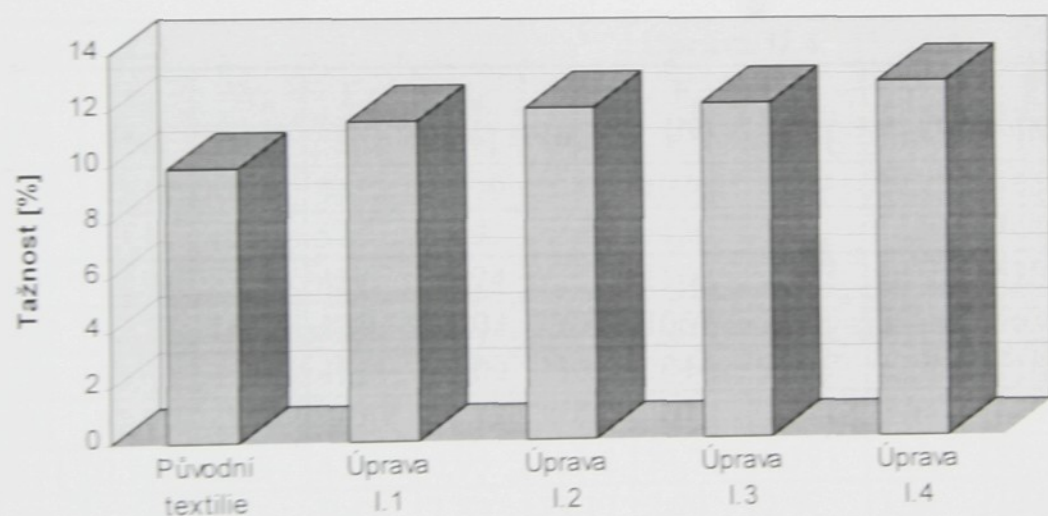
n	Úprava I.3						Úprava I.4					
	F_o [N]	ε_o [%]	W_o [mJ]	F_u [N]	ε_u [%]	W_u [mJ]	F_o [N]	ε_o [%]	W_o [mJ]	F_u [N]	ε_u [%]	W_u [mJ]
1	966	12,49	3479	538	15,07	1881	1052	12,83	4035	556	15,13	1986
2	972	12,75	3543	530	14,89	1808	1064	12,82	4182	536	15,88	2090
3	995	12,38	3585	551	15,24	1996	1068	12,55	4139	520	15,67	2018
4	920	12,11	3180	499	15,00	1690	1042	13,23	4412	522	15,59	2023
5	1074	11,48	3799	556	15,32	2031	1086	13,55	4698	516	15,12	1934
$\bar{X}$	985	12,24	3517	535	15,1	1881	1062	13,0	4293	530	15,5	2010
s	56,5	0,48	223,5	22,5	0,17	139,2	16,7	0,39	265	16,4	0,34	57,0
[%]	5,73	3,95	6,35	4,21	1,16	7,40	1,57	3,03	6,17	3,09	2,19	2,83
L_D	932	11,79	3308	514	14,9	1742	1046	12,6	4045	515	15,2	1957
L_H	1038	12,69	3726	556	15,2	2020	1078	13,4	4543	545	15,8	2063



Obr. 21 : Závislost pevnosti vzorků zkoušených po osnově hydrofobně upravené textilie Depluvinem SP na koncentraci hydrofobního prostředku na textili.



Obr. 22 : Závislost změny deformační práce určené ze vzorků upravených depluvinem SP a zkoušených po osnově na koncentraci hydrofobního prostředku.

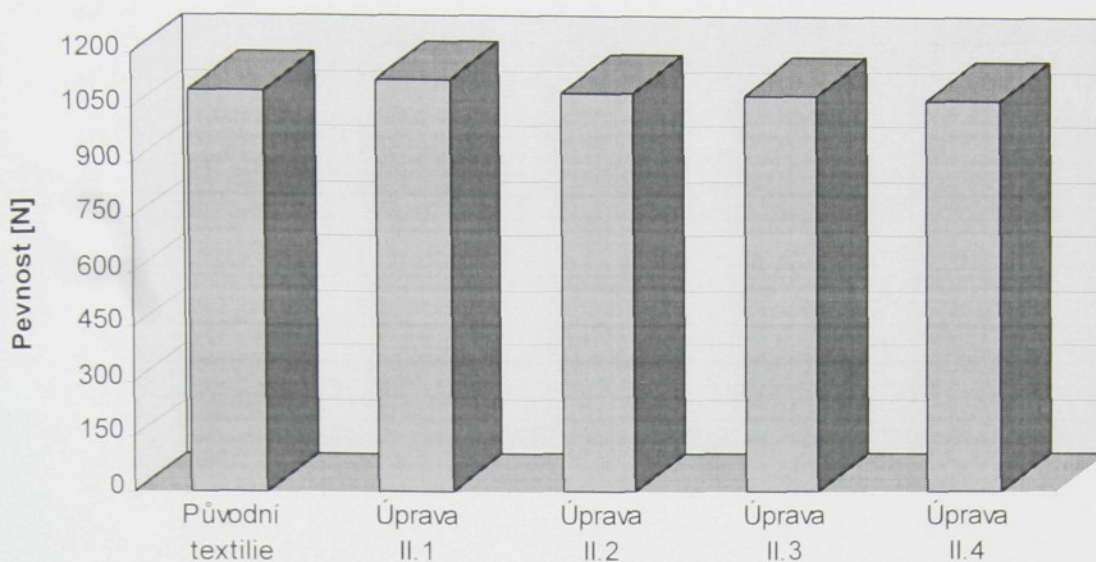


Obr. 23 : Závislost tažnosti po směru osnovy na koncentraci hydrofobního prostředku.

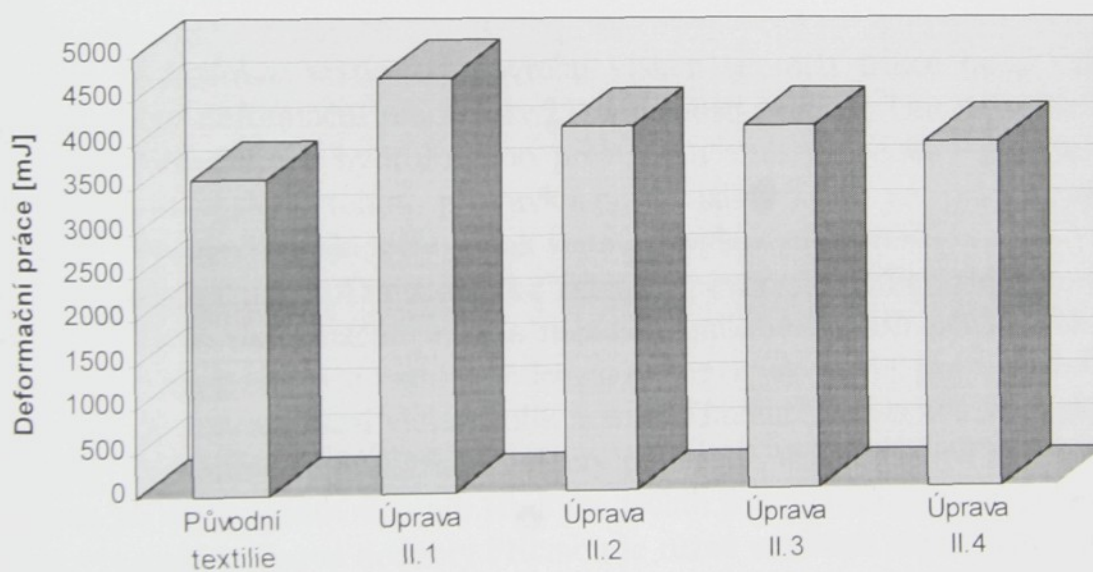
Tab. XXX : Určení pevnosti , tažnosti a deformační práce vzorků bavlněné tkaniny upravené Lukofixem T 40D.

n	Úprava II.1						Úprava II.2					
	F _o [N]	ε _o [%]	W _o [mJ]	F _ú [N]	ε _ú [%]	W _ú [mJ]	F _o [N]	ε _o [%]	W _o [mJ]	F _ú [N]	ε _ú [%]	W _ú [mJ]
1	1187	14,03	5356	554	13,26	1613	1102	12,67	4201	552	12,89	1574
2	1147	12,50	4710	503	12,56	1418	1096	12,78	4198	561	13,01	1587
3	1094	12,20	4580	511	12,81	1496	1107	12,97	4223	559	12,66	1467
4	1097	12,08	4496	515	13,09	1508	1071	12,59	4128	454	12,06	1348
5	1132	12,42	4685	546	12,90	1587	1098	12,45	4164	480	12,33	1388
$\bar{X}$	1131	12,69	4765	526	12,92	1524	1095	12,69	4183	521	12,59	1473
s	44,4	0,91	341	22,69	0,27	77,7	13,96	0,20	37,2	50,4	0,39	107,3
v[%]	3,93	7,15	7,16	4,31	2,07	5,10	1,27	1,55	0,90	9,68	3,13	7,29
L _D	1089	11,84	4446	505	12,67	1451	1082	12,50	4148	474	12,22	1372
L _H	1172	13,54	5084	547	13,17	1597	1108	12,88	4218	568	12,95	1573

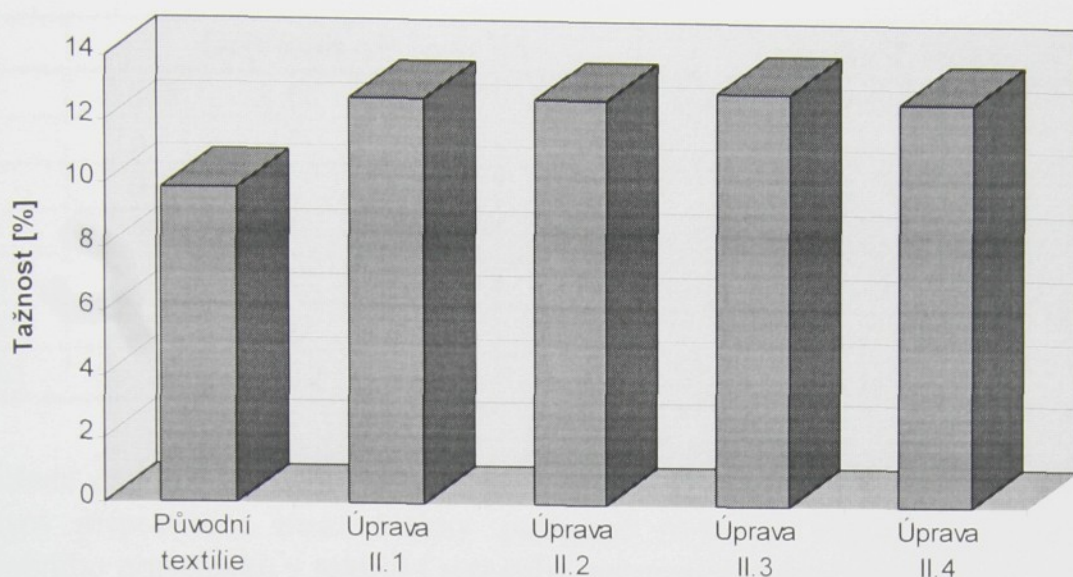
n	Úprava II.3						Úprava II.4					
	F _o [N]	ε _o [%]	W _o [mJ]	F _ú [N]	ε _ú [%]	W _ú [mJ]	F _o [N]	ε _o [%]	W _o [mJ]	F _ú [N]	ε _ú [%]	W _ú [mJ]
1	1103	13,12	4215	415	11,39	1086	1076	12,64	3957	355	10,73	1016
2	1097	13,14	4220	523	12,92	1486	1100	13,3	4226	444	11,39	1165
3	1109	12,94	4208	454	13,24	1211	1100	12,73	4018	520	12,54	1399
4	1072	12,73	4165	430	11,03	1109	1067	12,65	3944	563	12,84	1523
5	1076	13,02	4186	485	12,09	1306	1044	12,27	3796	518	12,14	1289
$\bar{X}$	1091	12,99	4199	461,4	12,13	1240	1077	12,72	3988	480	11,93	1278
s	16,51	0,16	22,9	43,4	0,95	163,2	23,71	0,37	156,0	81,93	0,86	197,6
v[%]	1,51	1,26	0,55	9,41	7,83	13,17	2,20	2,92	3,91	17,07	7,23	15,46
L _D	1075	12,84	4176	420,7	11,24	1087	1055	12,37	3842	403,3	11,12	1093
L _H	1106	13,14	4222	502,0	13,02	1393	1099	13,07	4134	556,7	12,73	1463



Obr. 24 : Závislost pevnosti v tahu vzorků zkoušených po osnově na koncentraci Lukofixu T 40D v textilií.



Obr. 25 : Závislost změny deformační práce stanovené u vzorků zkoušených po směru osnovy na koncentraci Lukofixu T 40D.



Obr. 26 : Závislost tažnosti po osnově na koncentraci Lukofixu T 40D.

Pevnostní charakteristiky hydrofobně upravené textilie závisí především na struktuře a vlastnostech původního textilního materiálu. Po aplikaci příslušných hydrofobních úprav na textilií došlo k určitým změnám mechanických vlastností textilie.

Textilie upravená Depluvinem SP vykazala při nízké koncentraci Depluvinu SP v textilií snížení pevnosti a s postupnou rostoucí koncentrací se pevnost mírně zvyšovala (obr.21).

Vytvořením hydrofobní vrstvy na povrchu vláken se sníží frikce mezi vlákny, což dokazují hodnoty deformační práce (obr.22) a tažnosti (obr.23). Tím se začne pevnost snižovat. Je-li koncentrace hydrofobního prostředku v textilií vyšší, pak se zvyšuje pravděpodobnost výskytu tohoto přípravku mezi vlákny. Tento jev pak naopak frikci mezi vlákny zvyšuje. Tato skutečnost pak vede ke zvyšování pevnosti.

Úpravou Lukofixem T 40D nedošlo ke změnám pevnosti textilie vzhledem k textilií původní. Zvýšila se deformační práce a tažnost. Z mikrofotografií pořízených z REM (přílohy 20,23) lze pozorovat vznik kondenzátů v mezivláknenných prostorech. Proto lze předpokládat, že se tření mezi vlákny tolik nesníží. Tím zůstává pevnost zachována.

Statisticky významné se prokázaly hodnoty pevností, deformačních prací a tažností určených po směru osnovních nití. Hodnoty těchto parametrů určené po směru nití útkových vykazují kolísavé hodnoty. Příčinou je různá struktura osnovních a útkových nití. Velký vliv má především zaplnění příze a jemnost vláken.

Na základě výsledných hodnot parametrů prodyšnosti a pevnosti, u nichž se předpokládá závislost na počtu míst, v kterých hydrofobní prostředek ulpěl v mezivláknenných prostorech, bylo provedeno statistické zpracování tohoto jevu (tab. XXXI). Experimentálně se počet těchto míst stanovoval pomocí REM. Byl určen počet míst na 1 cm^2 tkaniny.

Tab. XXXI : Určení počtu míst , na kterých hydrofobní prostředek ulpěl mezi vlákny.

n	Depluvin SP [g.m ⁻²]				Lukofix T 40D [g.m ⁻²]			
	0,648	2,56	5,39	13,55	0,114	0,567	1,217	2,363
1	6	13	6	21	12	11	8	7
2	0	7	13	18	15	6	8	11
3	2	8	16	29	9	18	16	19
$\bar{x}$ [cm ⁻¹]	2,67	9,33	11,67	22,67	12	11,67	10,67	12,33
s [cm ⁻¹]	2,49	2,62	4,19	4,64	2,45	4,92	3,77	4,99
v [%]	93,54	28,12	35,91	20,48	20,41	42,18	35,35	40,45

Na základě experimentálního stanovení (tab. XXXI) bylo potvrzeno , že počet míst sulpěným přípravkem mezi vlákny postupně roste se zvyšující se koncentrací hydrofobního prostředku v textilií (u textilie upravené Depluvinem SP).

U textilie upravené Lukofixem T 40D byl počet těchto míst vysoký už při malé koncentraci hydrofobního prostředku v textilií a se zvyšující se koncentrací tohoto prostředku se již nezvyšoval.

8.3 Vliv zbytkových tenzidů na účinnost úpravy

Dříve než je na textilní materiál aplikována příslušná finální úprava , prochází textilie řadou operací předúpravních. Různé druhy předúprav (bělení , praní , atd.) vyžadují používání TPP na bázi tenzidů. Takto předupravená textilie je pak sice podrobována následnému praní a oplachování za účelem odstranit tyto TPP , ale často dochází k nežádoucí pevné fixaci těchto látek na vlákna. Tento jev může způsobit při aplikaci finálních úprav snížení jejich efektu, popř. může účinnost finální úpravy zcela potlačit.

Velmi choulostivé na usazování tenzidů na vláknech jsou především filmotvorné úpravy, mezi něž se řadí především úprava hydrofobní.

V této části práce byl modelován vliv tenzidů na kvalitu úpravy. Textilie byla impregnována v lázni obsahující příslušný druh tenzidu o příslušné koncentraci (byly použity tenzidy anionaktivní a neionogenní). Dále byla zpracována na laboratorním fuláru a zasušena. Nakonec byla na tuto textilií aplikována hydrofobní úprava.

Specifikace použitých tenzidů

Na textilní materiál byly aplikovány tyto druhy tenzidů klocováním na fuláru :

1. *Syntapon ABA* - směs alkylbenzensulfonátu sodného a alkylsulfonátu sodného
 - anionaktivní charakter
 - měrná hmotnost 1,05g.cm⁻³ při 20°C
 - neutrální až alkalické pH.
2. *Slovapon N* - alkylpolyglykoléter
 - neionogenní charakter
 - měrná hmotnost 1,01 až 1,02g.cm⁻³ při 20°C
 - alkalické pH.

Koncentrace tenzidů v lázních byla volena od 0,5g.l⁻¹ do 5g.l⁻¹.Mokré přivažky jsou uvedeny v tabulce XXXII a XXXIII.Takto upravené textilní vzorky byly sušeny při 80°C v laboratorní sušárně a poté na ně byla aplikována hydrofobní úprava na bázi parafín - voskové disperze, resp. silikonů (kap.8.2).

U takto upravené textilie byly testovány hydrofobní vlastnosti kapkovým 3M testem a měřením stykových úhlů.Dále byla vlákna takto upravené textilie vyfotografována na REM a byly zjištěny vzniklé dislokace.

Tab. XXXII : Koncentrační řada anionaktivního tenzidu (Syntapon ABA) aplikovaná na bavlněnou textilií (specifikace viz 8.1) s následnou aplikací hydrofobní úpravy.

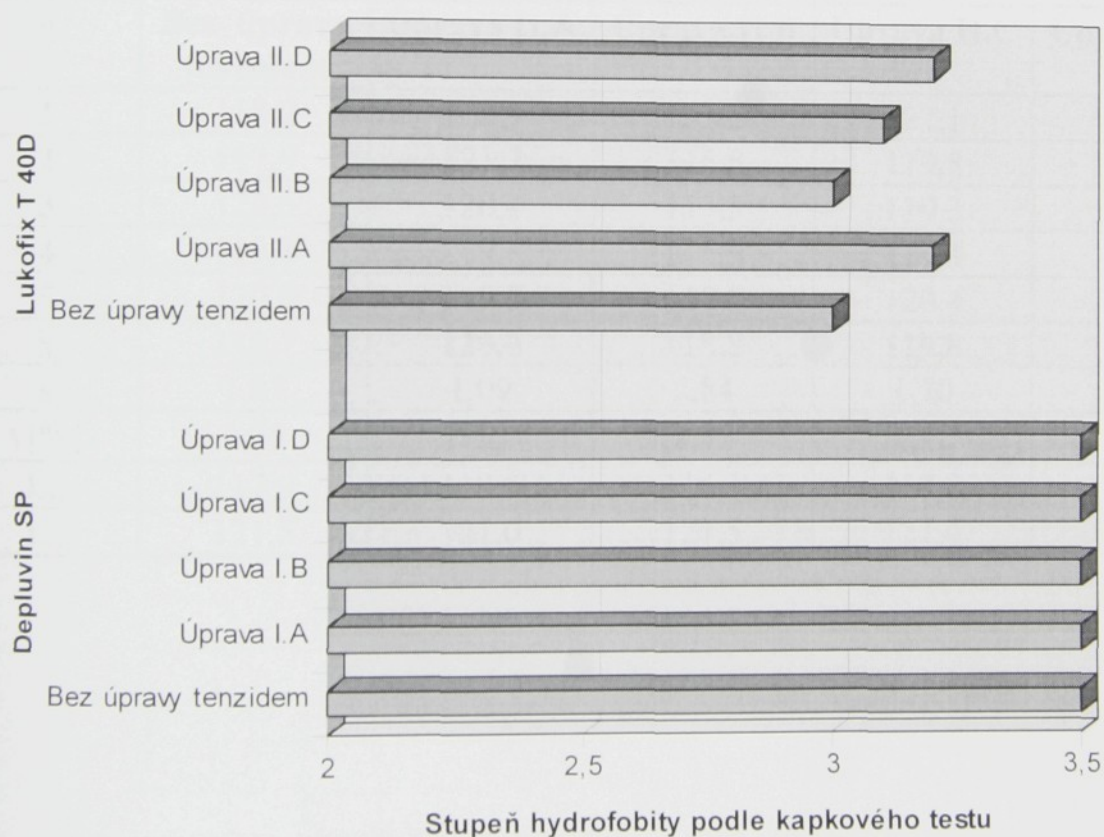
Koncentrace tenzidu v lázni [g.l ⁻¹]	Mokrý přivažek textilie po impregnaci na fuláru [%]	Koncentrace Depluvinu SP v textilií [g.m ⁻²]	Označení úpravy
0,5	66,1	11,77	Úprava I.A
1	65,5	11,31	Úprava I.B
3	63,1	11,94	Úprava I.C
5	64,4	11,85	Úprava I.D

Koncentrace tenzidu v lázni [g.l ⁻¹]	Mokrý přivažek textilie po impregnaci na fuláru [%]	Koncentrace Lukofixu T 40D v textilií [g.m ⁻²]	Označení úpravy
0,5	64,4	2,54	Úprava II.A
1	65,5	2,39	Úprava II.B
3	63,9	2,23	Úprava II.C
5	66,4	2,24	Úprava II.D

Tab. XXXIII : Hydrofobní efekt (podle kapkového 3M testu) na hydrofobně upravené bavlněné tkanině Depluvinem SP , resp. Lukofixem T 40D, předupravené v lázni obsahující anionaktivní tenzid.

n	Bez úpravy tenzidem	Úprava I.A	Úprava I.B	Úprava I.C	Úprava I.D
1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
$\bar{x}$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
s	0	0	0	0	0
v[%]	0	0	0	0	0
L _D	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
L _H	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

n	Bez úpravy tenzidem	Úprava II.A	Úprava II.B	Úprava II.C	Úprava II.D
1	3	3	3	3,5	3,5
2	3	3,5	3	3	3
3	3	3	3	3	3,5
4	3	3	3	3	3
5	3	3,5	3	3	3
$\bar{X}$	3	3,2	3	3,1	3,2
s	0	0,27	0	0,22	0,27
v[%]	0	8,55	0	7,21	8,55
L_D	3	2,94	3	2,89	2,94
L_H	3	3,46	3	3,31	3,46

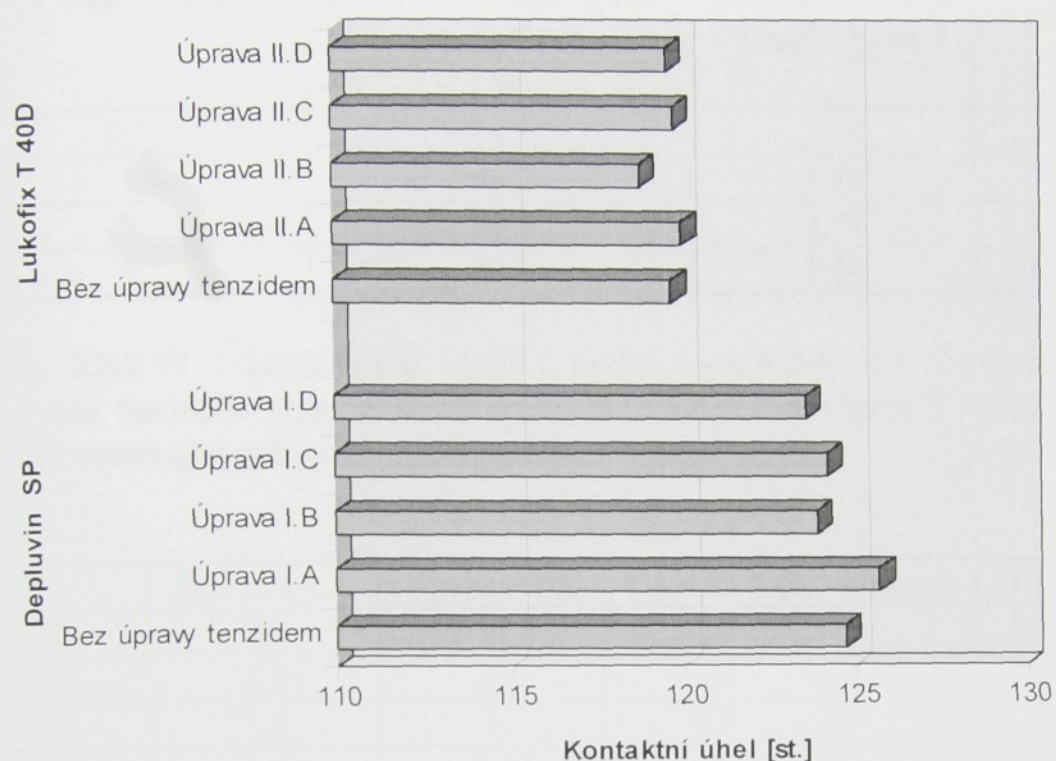


Obr. 27 : Vliv anionaktivního tenzidu na stupně hydrofobity stanovené podle kapkového 3M testu na bavlněné textilii upravené Depluvinem SP, resp. Lukofixem T 40D.

Tab. XXXIV : Hodnoty kontaktních úhlů na hydrofobně upravené bavlněné tkanině Depluinem SP , resp. Lukofixem T 40D, předupravené v lázni obsahující anionaktivní tenzid.

n	Bez úpravy tenzidem	Úprava I.A	Úprava I.B	Úprava I.C	Úprava I.D
1	122,6	125,7	128,1	124,1	127,3
2	124,9	126,3	122,6	126,2	122,6
3	127,1	128,1	121,6	121,7	123,1
4	125,5	123,2	124,3	126,5	124,1
5	123,4	125,3	122,8	122,7	121,0
$\bar{X}$	124,7	125,7	123,9	124,2	123,6
s	1,77	1,77	2,55	2,11	2,34
v[%]	1,42	1,41	2,06	1,70	1,89
L_D	123,0	124,0	121,5	122,2	121,4
L_H	126,4	127,4	126,3	126,2	125,8

n	Bez úpravy tenzidem	Úprava II.A	Úprava II.B	Úprava II.C	Úprava II.D
1	118,2	118,9	123,2	122,1	118,6
2	117,9	121,7	116,8	119,8	122,3
3	122,6	120,4	119,5	119,3	119,1
4	119,8	119,8	115,9	117,4	115,3
5	120,0	119,3	118,7	120,4	122,8
$\bar{X}$	119,7	120,0	118,8	119,8	119,6
s	1,87	1,09	2,84	1,70	3,05
v[%]	1,56	0,91	2,39	1,42	2,55
L_D	117,9	119,0	116,1	118,2	116,7
L_H	121,5	121,0	121,5	121,4	122,5



Obr. 28 : Vliv anionaktivního tenzidu na velikosti kontaktních úhlů na bavlněné textilii upravené Depluvinem SP , resp. Lukofixem T 40D.

Tab. XXXV : Koncentrační řada neionogenního tenzidu (Slovapon N) aplikovaná na bavlněnou textilii (specifikace viz 8.1) s následnou aplikací hydrofobní úpravy.

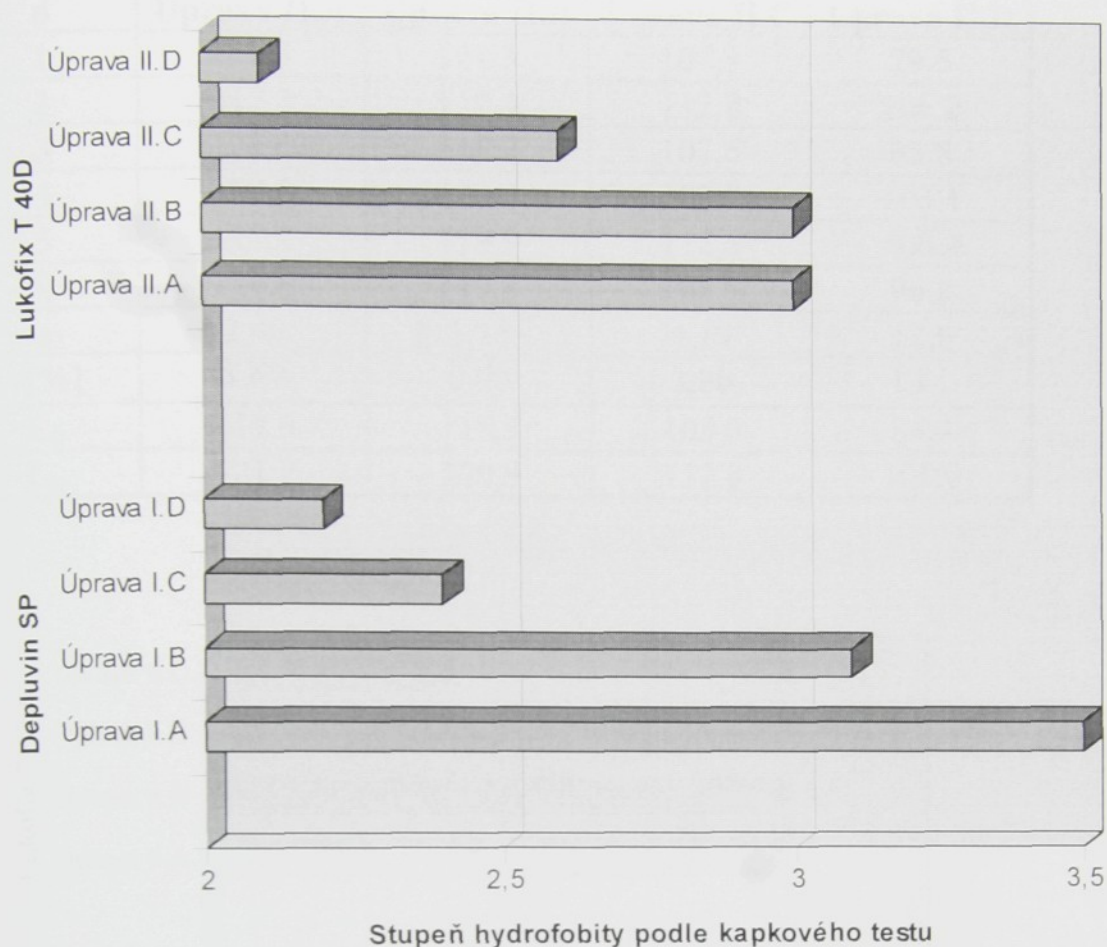
Koncentrace tenzidu v lázni [g.l ⁻¹]	Mokrý přivažek textilie po impregnaci na fuláru [%]	Koncentrace Depluvinu SP v textilii [g.m ⁻²]	Označení úpravy
0,5	69,6	12,00	Úprava I.A
1	68,7	11,22	Úprava I.B
3	77,2	12,37	Úprava I.C
5	84,0	11,83	Úprava I.D

Koncentrace tenzidu v lázni [g.l ⁻¹]	Mokrý přivažek textilie po impregnaci na fuláru [%]	Koncentrace Lukofixu T 40D v textilií [g.m ⁻²]	Označení úpravy
0,5	76,2	2,26	Úprava II.A
1	68,2	2,38	Úprava II.B
3	70,7	2,59	Úprava II.C
5	72,3	2,69	Úprava II.D

Tab. XXXVI : Hydrofobní efekt (podle kapkového 3M testu) na hydrofobně upravené bavlněné tkanině Depluvinem SP , resp. Lukofixem T 40D, předupravené v lázni obsahující neionogenní tenzid.

n	Úprava I.A	Úprava I.B	Úprava I.C	Úprava I.D
1	3,5	3	2,5	2
2	3,5	3	2,5	2
3	3,5	3	2,5	2,5
4	3,5	3,5	2	2
5	3,5	3	2,5	2,5
$\bar{X}$	3,5	3,1	2,4	2,2
s	0	0,22	0,22	0,27
v[%]	0	7,21	9,32	12,45
L _D	3,5	2,9	2,2	1,9
L _H	3,5	3,3	2,6	2,4

n	Úprava II.A	Úprava II.B	Úprava II.C	Úprava II.D
1	3	3	2,5	2
2	3	3	3	2
3	3	3	2,5	2,5
4	3	3	2,5	2
5	3	3	2,5	2
$\bar{X}$	3	3	2,6	2,1
s	0	0	0,22	0,22
v[%]	0	0	8,60	10,65
L _D	3	3	2,4	1,9
L _H	3	3	2,8	2,3

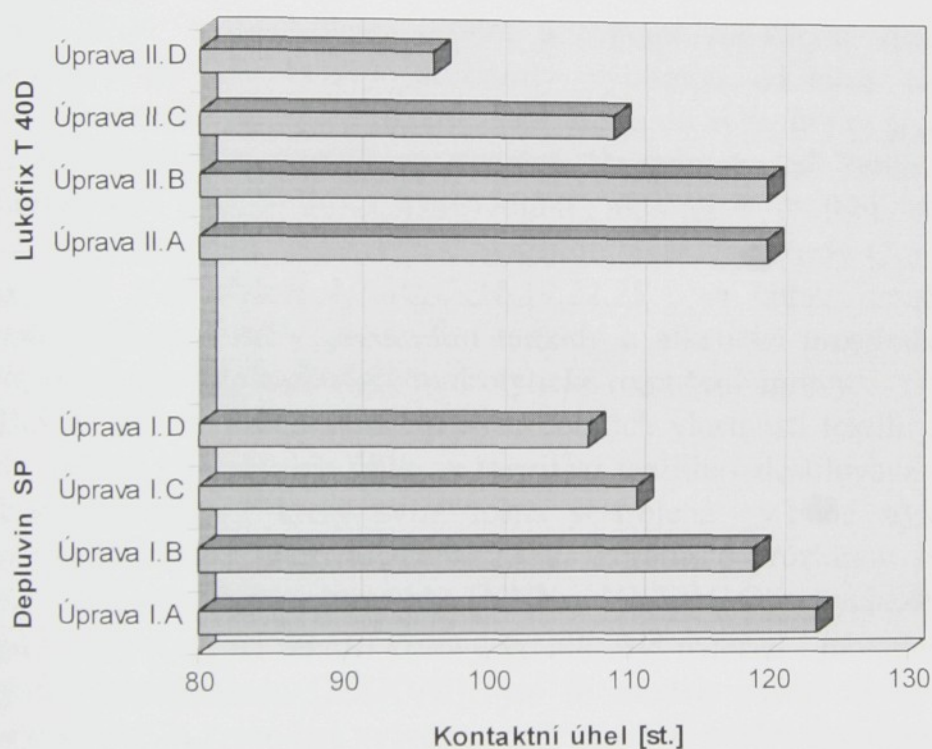


Obr. 29 : Vliv neionogenního tenzidu na stupně hydrofobity stanovené podle kapkového 3M testu na bavlněné textilii upravené Depluvinem SP , resp. Lukofixem T 40D.

Tab. XXXVII : Hodnoty kontaktních úhlů na hydrofobně upravené bavlněné tkanině Depluvinem SP , resp. Lukofixem T 40D, předupravené v lázni obsahující neionogenní tenzid.

n	Úprava I.A	Úprava I.B	Úprava I.C	Úprava I.D
1	124,1	115,9	110,7	105,2
2	119,8	121,6	111,1	112,8
3	124,3	119,4	105,9	99,5
4	122,2	115,9	112,3	111,5
5	127,1	122,3	112,9	106,6
$\bar{X}$	123,5	119,0	110,6	107,1
s	2,71	3,04	2,76	5,33
v[%]	2,19	2,56	2,50	4,97
L_D	121,0	116,2	108,0	102,1
L_H	126,0	121,8	113,2	112,1

n	Úprava II.A	Úprava II.B	Úprava II.C	Úprava II.D
1	118,8	121,3	107,3	79,5
2	117,3	119,4	112,8	106,2
3	122,6	118,2	107,6	85,8
4	120,8	120,4	102,7	103,1
5	119,7	119,9	112,5	106,4
$\bar{X}$	119,8	119,8	108,9	96,2
s	2,00	1,15	4,19	12,6
v[%]	1,67	0,96	3,86	13,1
L_D	117,9	118,7	105,0	84,4
L_H	121,7	120,9	112,8	108,0



Obr. 30 : Vliv neionogenního tenzidu na velikosti kontaktních úhlů na bavlněné textilii upravené Depluvinem SP , resp. Lukofixem T 40D.

Zkoušky hydrofobních vlastností bavlněné textilie upravené Depluvinem SP , resp. Lukofixem T 40D prokázaly , že vliv tenzidu na hydrofobní efekty textilie je velmi malý , v některých případech je charakteristické i pozitivní působení - aplikace anionaktivního tenzidu (obr. 27,28). Vedle toho existují i případy , u kterých představuje působení tenzidu snižování hydrofobních efektů - neionogenní tenzid (obr.29,30).Vizuální dokumentace mikrostruktury hydrofobních úprav aplikovaných po impregnaci textilie v lázni obsahující příslušný tenzid je v přílohách 26 až 30.

DISKUSE A VÝSLEDKY

Aplikaci úprav na bázi parafin - voskové disperze , resp. na bázi silikonů na bavlněnou textilii se docílilo vysokého hydrofobního efektu. V obou případech se na jednotlivých vláknech vytvořila hydrofobní vrstva (přílohy 2,5,8,11,14,17,20,23). Tato vrstva ovlivňuje velikost povrchového napětí vláken a tím i volnou povrchovou energii při styku kapaliny s textilií.

Hydrofobita upravené bavlněné textilie byla stanovena dvěma metodami. V prvním případě byl použit kapkový test firmy Scotchgard - Water Repellency 3M Test. Koncentrační řada používaných roztoků isopropylalkoholu s vodou byla pro přesnější stanovení rozšířena ještě na poloviční stupně hydrofobity. Původní neupravená textilie měla zcela hydrofilní charakter , což se projevilo při stanovení stupně hydrofobity podle kapkového testu , který měl nulovou hodnotu. Textilie upravené Depluvinem SP vykazovaly stupně hydrofobity od 3 do 3,5 (obr.15). U textilií upravených Lukofixem T 40D stouply hodnoty hydrofobity na 2,5 až 3,5 (obr.16). Dále byla zjištěna stálost těchto úprav v chemickém čištění a v praní (oba tyto způsoby namáhání byly jednonásobné). Obě úpravy prokázaly výbornou odolnost chemickému čištění (obzvláště úprava na bázi silikonů , kde se stupně hydrofobity nezměnily). Mírný pokles byl zaznamenán u textilií upravených Depluvinem SP. Tento přípravek má menší odolnost vůči nepolárním rozpouštědlům , nicméně hydrofobní vlastnosti zůstaly téměř zachovány. Po praní však stupně hydrofobity značně klesly (2,5 až 0). Praním , jak lze pozorovat v přílohách 4,7,10,13,16,19,22,25 , se úprava značně poškodí. Podíl na vzniku dislokací měly především tenzidy a alkalické prostředky obsažené v pracím detergentu, které způsobovaly hydrolytické rozrušení úpravy.

Dalším testem pro hodnocení hydrofobních vlastností textilií použitým v této práci bylo měření kontaktních úhlů na mezifázi textilie - destilovaná voda. Kontaktní úhel představuje úhel , který svírá tečna sestavená v bodě styku kapaliny (kapky destilované vody) s textilií (obr. 13). Z literárního průzkumu se podařilo nalézt dva vztahy pro výpočet těchto úhlů [XXX , XXXIV]. Oba vycházejí z předpokladu , že kapka vody tvoří na textilií kulový vrchlík. Byl nalezen i původní vztah vycházející ze stejného předpokladu [XXXVII]. Tyto tři modely velmi závisí na hmotnosti kapky (kapitola 8.2.2). Proto byl vytvořen opět původní model vycházející z předpokladu , že kapka má elipsovité tvar [XLIV]. Při srovnání závislosti kontaktních úhlů na objemu kapky (stanoveno na stejném vzorku textilie , obr.17) lze pozorovat kolísání hodnot těchto úhlů při použití vztahů založených na kulovité kapce s rostoucím objemem kapky. Úhly určené z eliptického modelu zůstávají téměř zachovány.

Kontaktní úhly byly určeny z původního modelu [XXXVII] za použití malého objemu kapky (20mm^3). Hydrofobní vlastnosti byly podobné jako při testování hydrofobity kapkovým testem (obr.18 a 19). Kontaktní úhly u textilií upravených Depluvinem SP se pohybovaly v intervalu od 114° do 125° , po chemickém čištění tyto úhly mírně klesly a po aplikaci spotřebitelského praní klesly značně na 110° až 0° . U textilií upravených Lukofixem T 40D se kontaktní úhly pohybovaly od 116° do 120° , po chemickém čištění prakticky nedošlo ke statisticky významné změně , ale po aplikaci praní došlo ke snížení na 110° až 0° .

Další částí této práce bylo srovnání mechanicko - fyzikálních vlastností hydrofobně upravených textilií s textilií původní. Podle ČSN 80 0817 byla srovnána prodyšnost hydrofobně upravených textilií s prodyšností textilie původní. Z obr. 20 je patrný klesající charakter prodyšnosti v závislosti na koncentraci hydrofobních prostředků. Tento pokles lze vysvětlit s přihlédnutím k mikrofotografiím z REM (přílohy 8,11,20,23). Na těchto snímcích lze pozorovat fakt, že se zvyšujícím se množstvím hydrofobního přípravku v textilii dochází k častějšímu usazování tohoto přípravku mezi vlákny. To pak částečně ovlivňuje prodyšnost textilie, která mírně klesá.

Podle ČSN 80 0812 byla stanovena pevnost v tahu plošných textilií, tažnost a deformační práce. U textilií upravených Depluvinem SP s nízkou koncentrací v textilii se pevnost snížila a s rostoucí koncentrací Depluvinu SP hodnota pevnosti mírně rostla (obr.21). Tažnost a deformační práce ve srovnání s původní textilií stouply (obr.22,23). Obecně platí, že pevnost textilií (přízí) závisí na frikčních vlastnostech mezi vlákny. Aplikací Depluvinu SP na textilii se tření mezi vlákny snižuje, tím lze vysvětlit i pokles pevnosti. Větší koncentrace Depluvinu SP v textilii znamená větší výskyt míst s usazeným přípravkem mezi vlákny. Tento jev se naopak projevuje zvýšením tření mezi vlákny, tzn. že pevnost se zvýší.

U textilií upravených Lukofixem T 40D se pevnost v tahu nezměnila ve srovnání s původní textilií (obr.24). Došlo ke zvýšení tažnosti a deformační práce (obr.25,26). Na mikrofotografiích v přílohách 20, 23 lze pozorovat jev, kdy se mezi vlákny fixovaly kondenzáty Lukofixu. To, podobně jako v případě Depluvinu SP, má vliv i na pevnost, která zůstala zachována.

Statisticky významné se prokázaly parametry stanovené po směru osnovy. Vlastnosti ve směru útkových nití byly velmi kolísavé. Tuto skutečnost lze vysvětlit rozdílnou dostavou osnovy a útku, různým zaplněním osnovních a útkových nití a jiným titrem vláken v útkových a osnovních přízích. Velký vliv na rozdíl pevnostních charakteristik v útkovém a osnovním směru má také vazba tkaniny. Vlivem nižší pevnosti tkaniny v útkovém směru lze předpokládat menší zaplnění útkových nití (je zde menší mezivlákněná frikce).

Poslední částí této práce bylo určit, jaký vliv mají na hydrofobní úpravu povrchově adsorbované tenzidy. Před aplikací finálních úprav je na textilním materiálu prováděna řada operací, při kterých se používají povrchově aktivní látky - tenzidy. Na vláknech pak mohou zbytky těchto tenzidů ulpívat a snižovat tak efekt příslušných úprav. V tomto případě byl zjišťován vliv anionaktivního tenzidu (Syntapon ABA) a neionogenního tenzidu (Slovapon N) na účinnost úpravy. Anionaktivní tenzid neměl vliv prakticky ani na úpravu na bázi parafínu, ani na úpravu na bázi silikonů (obr.27,28). To dokazuje, že anionaktivní tenzidy se na vláknech nezachycují a jsou snadno odstranitelné.

Jiná situace nastala u textilií předupravených v lázni neionogenního tenzidu a následně upravených příslušnou hydrofobní úpravou. Zvyšující se koncentrace tenzidu v lázni znamenala prudký pokles hydrofobního efektu na následně hydrofobně upravené textilii (obr.29,30). Z toho vyplývá, že neionogenní tenzidy ulpívají na vláknech a jsou těžce odstranitelné (přílohy 26 až 30).

Tato diplomová práce měla několik vytyčených cílů. Řadu z nich se podařilo vyřešit, některé výsledky se zakládají na úvahách a předpokladech a jejich potvrzení by si vyžádalo ještě řadu laboratorních zkoušek.

Přínosem této práce je především nalezení určité korelace mezi výsledky kvantitativního hodnocení hydrofobity upravené a různě namáhané textilie a mechanicko-fyzikálních vlastností upravené textilie a kvalitativního hodnocení úpravy prostřednictvím rastrovací elektronové mikroskopie. Jedná se především o identifikace hydrofobní vrstvy na povrchu vláken prostřednictvím elektronové mikroskopie, o nalezení dislokací úprav - ulpívání hydrofobního přípravku v mezivláknenných prostorech, vznik stripefektů po aplikaci spotřebitelského praní, dislokace vzniklé účinkem povrchově adsorbovaných tenzidů.

Bylo prokázáno, že hydrofobita textilie prudce stoupá už při nízkých koncentracích hydrofobního prostředku v textilií. Obě úpravy (na bázi parafinu i silikonu) jsou velmi nestálé v praní, dochází ke značnému poklesu hydrofobity. Důkazem jsou mikrofotografie z REM, které charakterizují porušení úpravy pracím detergentem, vznik stripefektů (sloupávání hydrofobního filmu). Výbornou odolnost prokázaly obě úpravy proti chemickému čištění.

Hydrofobní úpravou se částečně mění i mechanické vlastnosti textilie. Prodyšnost se mírně snížila vlivem ulpívání přípravků v mezivláknenných prostorech. Předpokládalo se, že pevnost takto upravených textilií poklesne vlivem snížení frikčních vlastností mezi vlákny. Následkem dislokací v podobě ulpívání přípravků mezi vlákny, což mělo za následek naopak zvětšování frikce mezi vlákny, se pevnost začala zvyšovat.

Vliv na efekt hydrofobní úpravy mají povrchově adsorbovatelné neionogenní tenzidy. Ulpívají na vláknech a tím snižují účinnost úpravy (obr. 29, 30).

Dalším cílem bylo nalézt vztah pro stanovení kontaktních úhlů. Byly zde řešeny dva modely. První zjednodušující model vycházel z předpokladu, že kapka kápnutá na povrch textilie má tvar kulového vrchlíku. Tento vztah [XXXVII] poskytuje stejné hodnoty kontaktních úhlů jako vztah uváděný Bartellem a Zuidemou [5]. Je zde však důležité, aby objem kapky byl co nejmenší (do 30mm^3). Jinak obě metody ztrácejí na přesnosti.

Dále byla snaha nalézt vztah pro výpočet kontaktních úhlů, jejichž hodnoty by nebyly závislé na velikosti kapky. Aproximací kapky na rotační elipsoid se podařilo nalézt vztah, který poskytuje úhly nezávislé na objemu kapky [XLIV].

Pro zkvalitnění této práce by bylo třeba dořešit vliv úpravy na mechanické vlastnosti textilie a průkazněji dokázat výše uvedené úvahy. Především by bylo třeba se zaměřit na statistické hodnocení dislokací úprav prostřednictvím REM. Tyto věci se nepodařilo ještě zcela dořešit, a proto by mohly být náplní dalšího výzkumu, který by ještě důkladněji studoval mikrostrukturu finální úpravy.

Použitá literatura :

- [1] Crank , J. - Park , G.S. : Diffusion in Polymers , Oxfordunivers Press , London 1968
- [2] Felix , V. : Chemická technologie textilní I. , SNTL Praha 1961
- [3] Blažej , A. : Špeciálne chemické úpravy textilií , Bratislava 1986
- [4] Denter , U. : Textilpraxis 1994 , č.49 , str. 51
- [5] Ramaszéder , K. : Textilveredlung 30 , 1995 , str.256
- [6] McAlpine , I. : Ammonium Zirkonium Carbonate , an Alternative Insolubilizer for Coating Binders , TAPPI Proceedings , 1982 ,str. 165
- [7] Soljačič , I. : Textilveredlung 18 , 1989 , č.12 , str. 363
- [8] Kryštůfek , J. : Textil 1969 / XXIV
- [9] Staněk , J. - Kubíčková , M. : Oděvní materiály , VŠST Liberec 1986
- [10] Rouette , H.K. : Lexikon für Textilveredlung , Band 2 , Laumann - Verlag , Dülmen 1995
- [11] Latzke , P.M. - Hesse , R. : Rasterelektronenmikroskopie der Chemie- und Naturfasern , Deutscher Verlag , 1988 , Frankfurt am Main
- [12] Felix , V. : Chemická technologie textilní VII. , SNTL Praha , 1961
- [13] Bareš , M. - Zajíc , J. : Chemie a technologie tenzidů a detergentů , VŠCHT Praha , 1982
- [14] Fléglová , Z. : Diplomová práce , TU Liberec , Fakulta textilní , 1995
- [15] Růžička , J. a kol. : Technologie předúprav ,finálních úprav a speciálních úprav materiálů , Skriptum VŠCHT Pardubice , 1985
- [16] ČSN 80 0856 : Stanovení nepromokavosti , 1967
- [17] ČSN 80 0831 : Savost plošných textilií , 1971
- [18] ČSN 80 0828 : Savost plošných textilií - vzlínání , 1992
- [19] ČSN 80 0812 : Zkoušení pevnosti a tažnosti plošných textilií , 1980
- [20] ČSN 80 0817 : Zjišťování prodyšnosti , 1982
- [21] Wakida , T. a kol. : JSCD , Volume 109 , September 1993 , str.292
- [22] Sommer , H. , Winkler , F. : Die Prüfung der Textilien , Springer - Verlag,Berlin , Göttingen, Heidelberg , 1960
- [23] N.N. : Melliand Textilberichte 68 , 1987 , str. 581
- [24] Sochor , B. : Finální a speciální úpravy textilních materiálů II , VŠCHT Pardubice , 1976
- [25] Kolektiv autorů : Zušlechtování , SNTL Praha , 1982
- [26] Roup , R. : Chemická technologie textilií , Alfa Bratislava , 1981
- [27] Čeřovský , K. , Laš , L. : Silikony pro hydrofobní úpravu textilních materiálů , Textil 34 , 1979
- [28] Water - Repellent Fabric Coating , The Text. Inst. A. Ind. , Vol. 14 , 1976
- [29] Eagland , D. : Adhesion and adhesive performance - the scientific bacground , Endeavour , Vol. 12 , 1988
- [30] Brown , G.H. , Trans. Soc. Rheol. 2 , 1958 , str. 307

- [31] Vojuckij , S.S. : Autohesion and Adhesion of High Polymers , Polymer Reviews , Vol. 4 , New York , 1963
- [32] Borowiezka - Brzezinski - Cyranski - Meissner a kol. : Poradnik inżyniera , Włokiennictwo , Warszawa , 1978
- [33] Pospíšil , Z. a kol. : Příručka textilního odborníka , 1. a 2. část , SNTL Praha , 1981
- [34] Senachov , A.V. - Kričevskij , G.E. - Korčagin , M.V. : Chimičeskaja tehnologija tekstilnych materijalov , Moskva , 1985
- [35] Szmeltzer , W. - Balcerovski , W. - Godek , J. - Grudniewski , M. : Metrologia włokienicza , Warszawa , 1973
- [36] Neckář , B. : Příze - tvorba , struktura , vlastnosti , SNTL Praha , 1990
- [37] Meloun , M. , Militký , J. : Statistické zpracování experimentálních dat , Plus , Praha 1994
- [38] Bartell , F.E. , Zuidema , H.H. Journal Amer. Chem. Soc. 58 , 1936 , str. 1449
- [39] Behroozi , F. , Macomber , H.K. , Dostal , J.A. , Behrozi , C.H. , Lambert , B.K. The profile of a dew drop , Am.J.Phys. 64 (9) , September 1996
- [40] Scotchgard™ Protector , 3M Water Repellency Test II

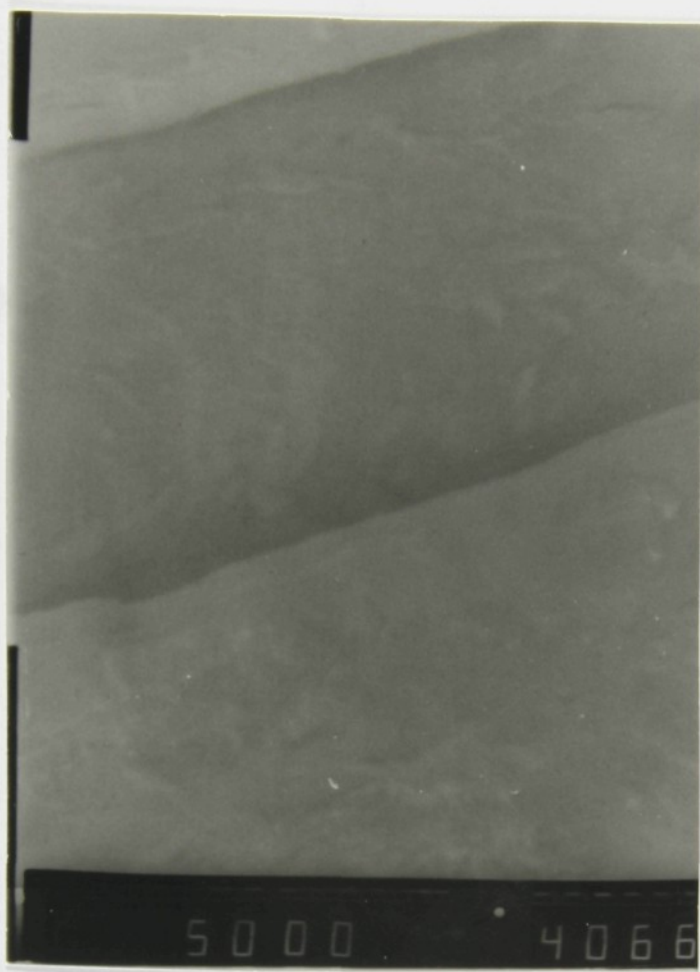
PŘÍLOHY

Příloha 1

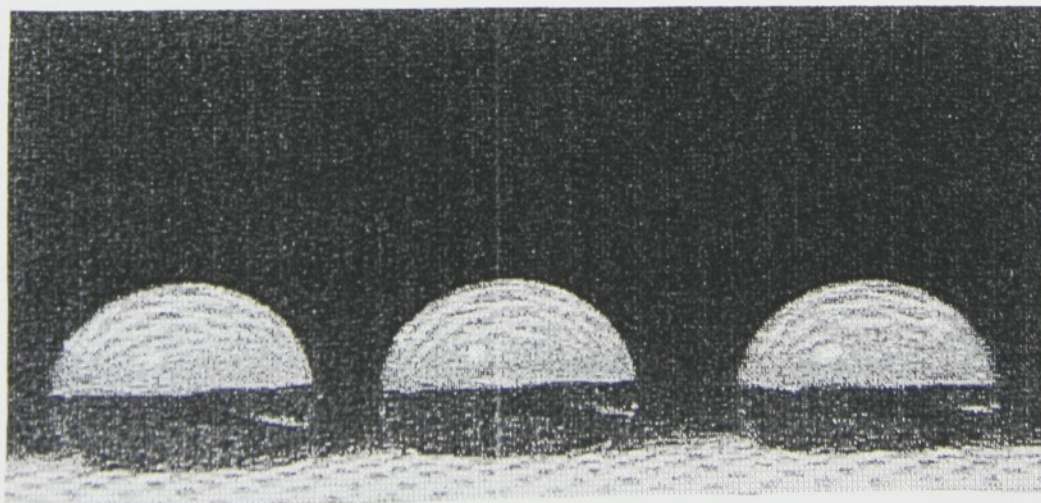


Mikrofotografie bavlněných vláken původní neupravené bavlněné tkaniny ($Z=2000$).

Příloha 2

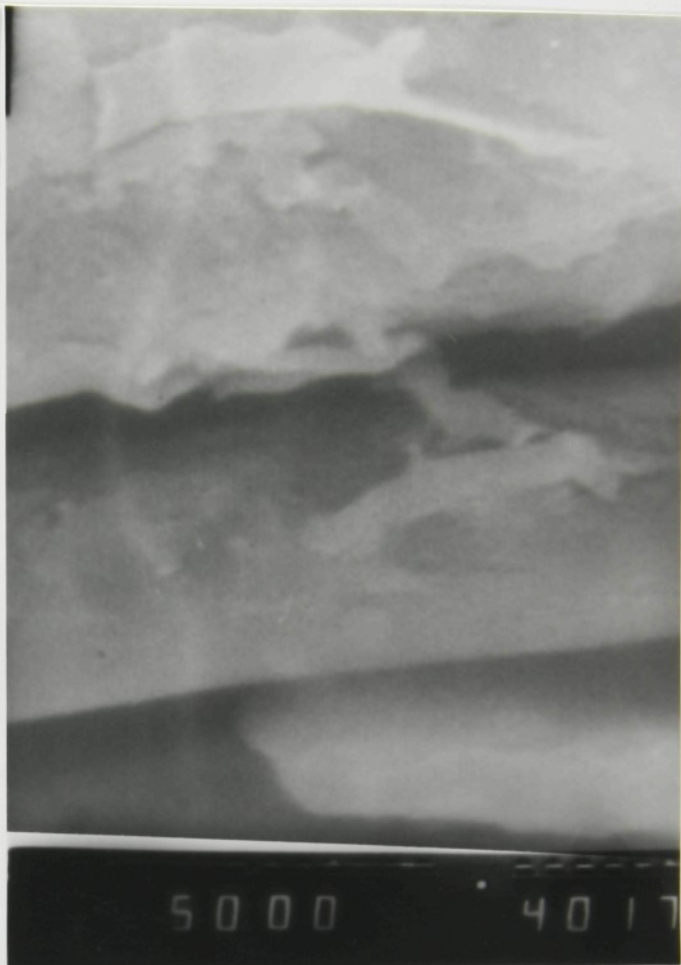


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci $0,648\text{g}$ v 1m^2 textilie , resp. $14,58\text{mg}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=5000$).

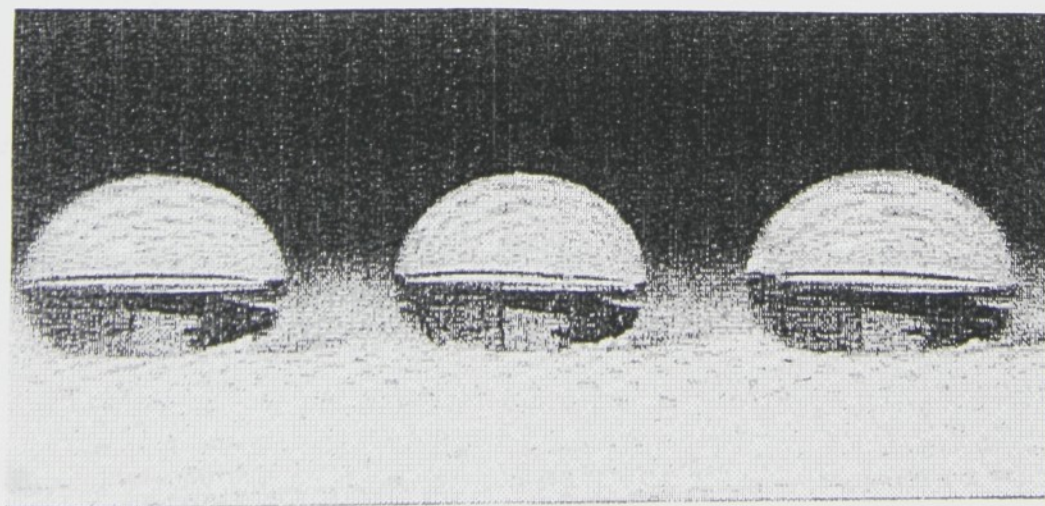


Tvar kapek destilované vody o objemu 20 mm^3 na stejně upravené textili. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $114,27^\circ$.

Příloha 3

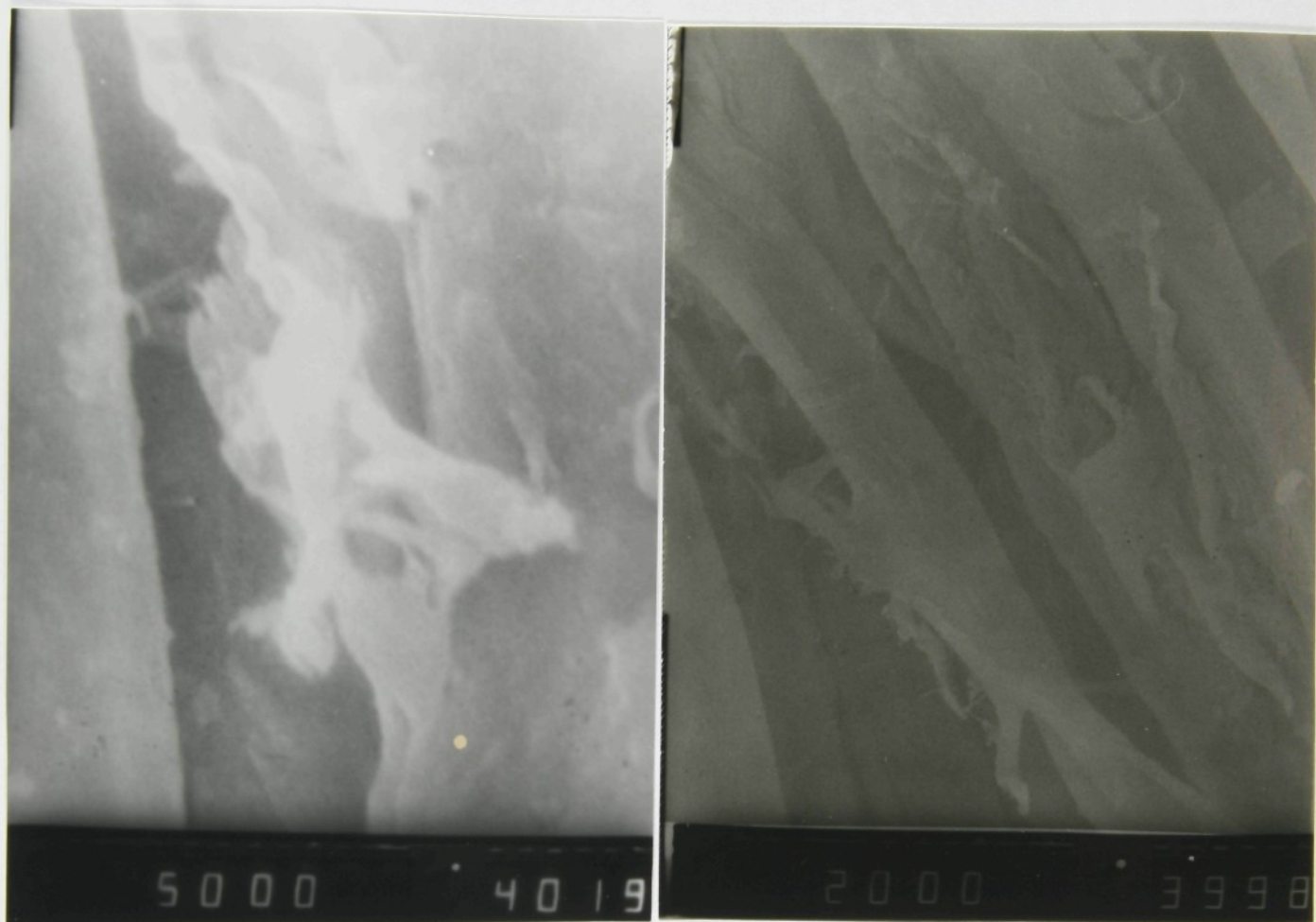


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci $0,648\text{g v } 1\text{m}^2$ textilie , resp. $14,58\text{mg na } 1\text{m}^2$ povrchu vláken ($Z=5000$). Po úpravě byla textilie chemicky čistěna.



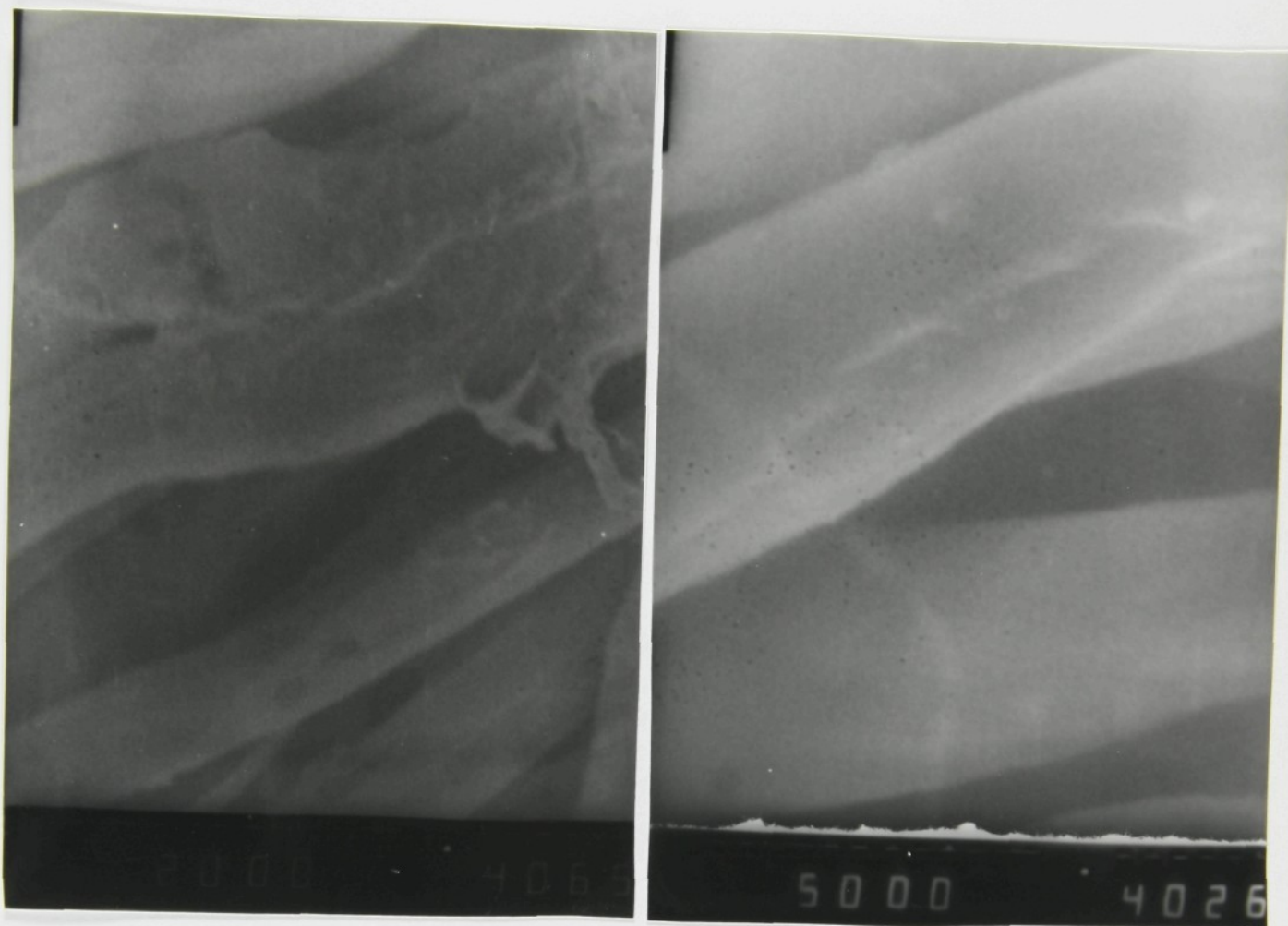
Tvar vodních kapek o objemu 20 mm^3 na téže textili. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $111,53^\circ$.

Příloha 4

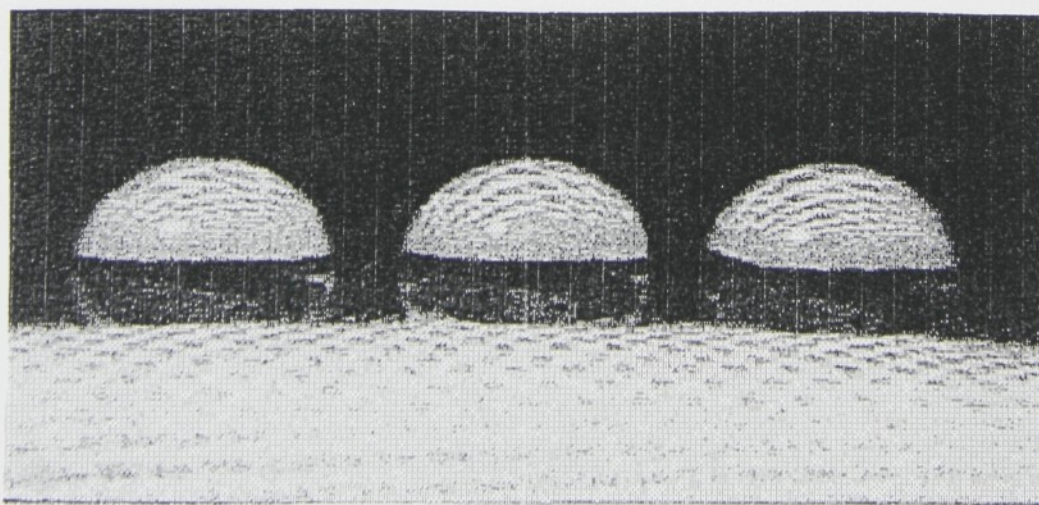


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 0,648g v 1m² textilie , resp. 14,58mg na 1m² povrchu vláken (Z=5000, resp.2000).Po úpravě byla textilie podrobena spotřebitelskému praní.

Příloha 5



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 2,56g v 1m² textilie , resp. 57,89mg na 1m² povrchu vláken (Z=5000,resp.2000).

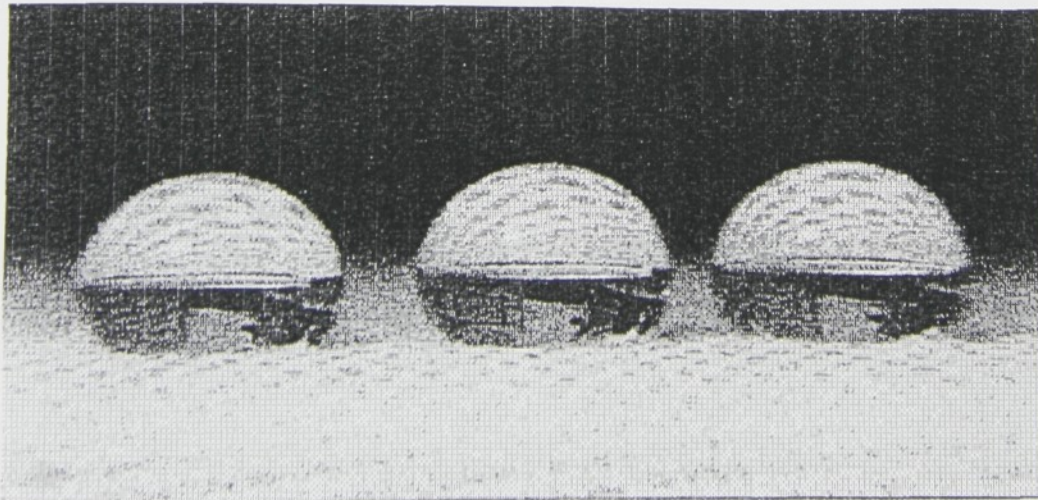


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na téže textilii.Průměrná hodnota kontaktních úhlů je 115°.

Příloha 6



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 2,56g v 1m² textilie , resp. 57,89mg na 1m² povrchu vláken (Z=2000).Po úpravě byla textilie podrobena chemickému čištění.

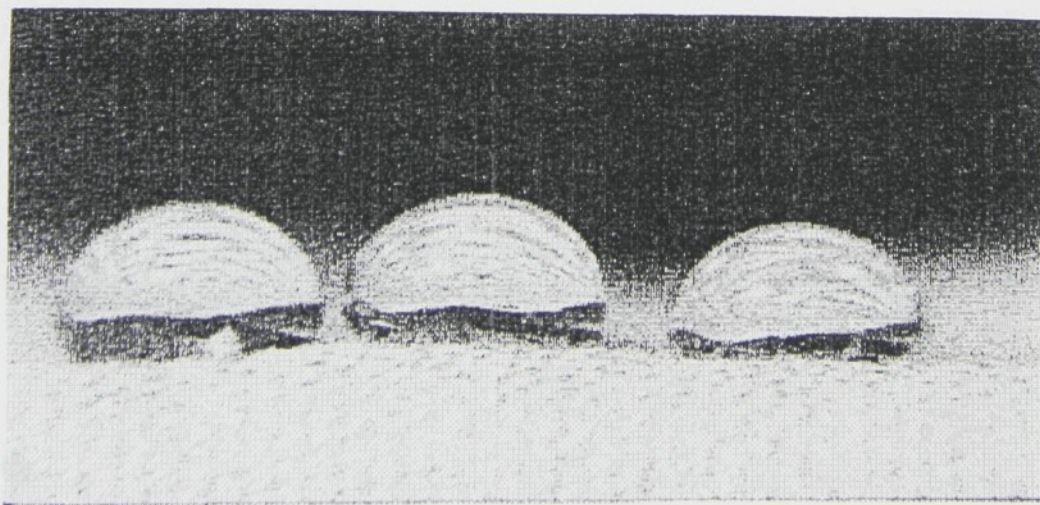


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na téže textilii.Průměrné hodnoty kontaktních úhlů činí 113,59°.

Příloha 7

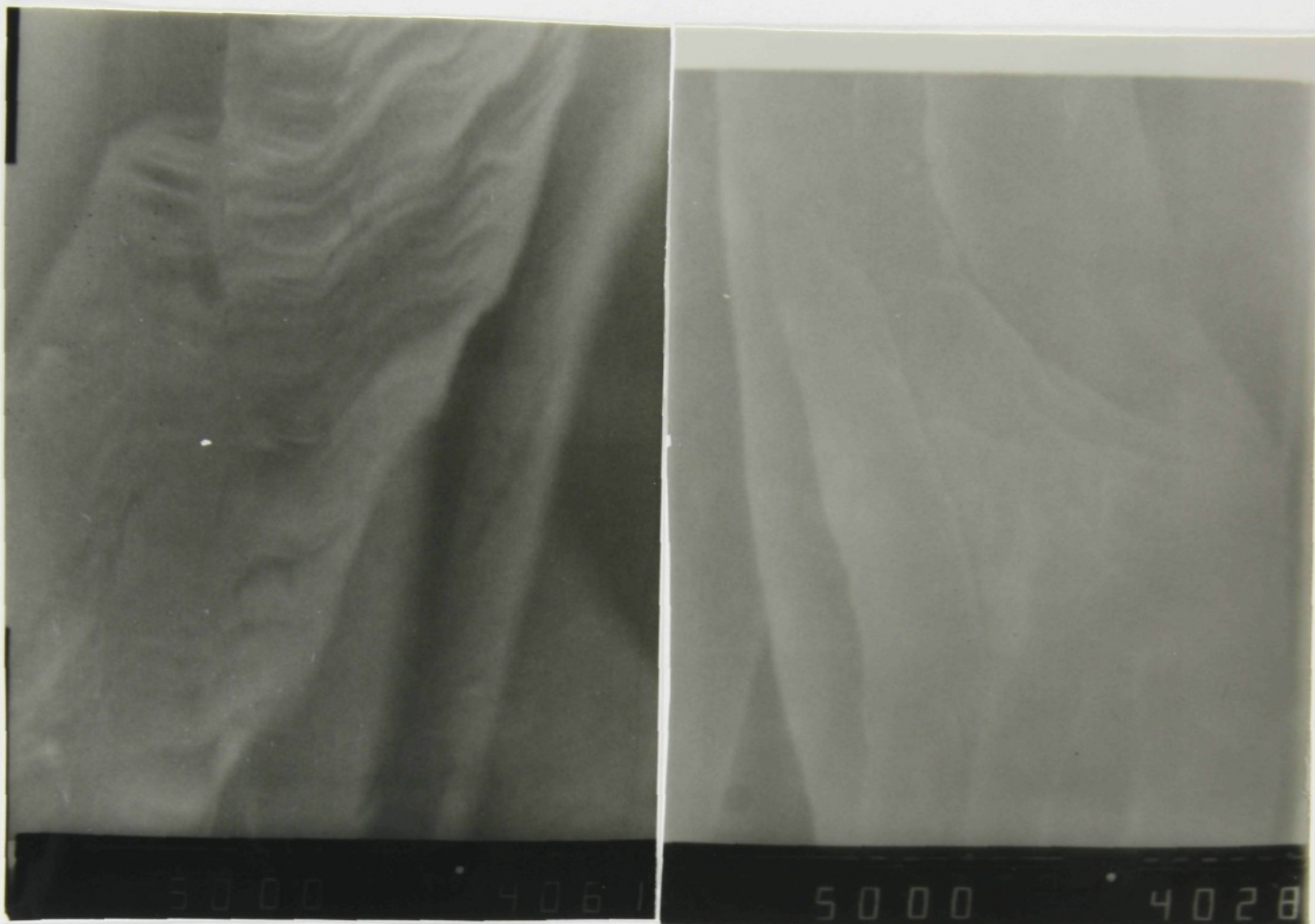


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 2,56g v 1m² textilie , resp. 57,89mg na 1m² povrchu vláken (Z=2000). Po úpravě byla textilie podrobena spotřebitelskému praní.

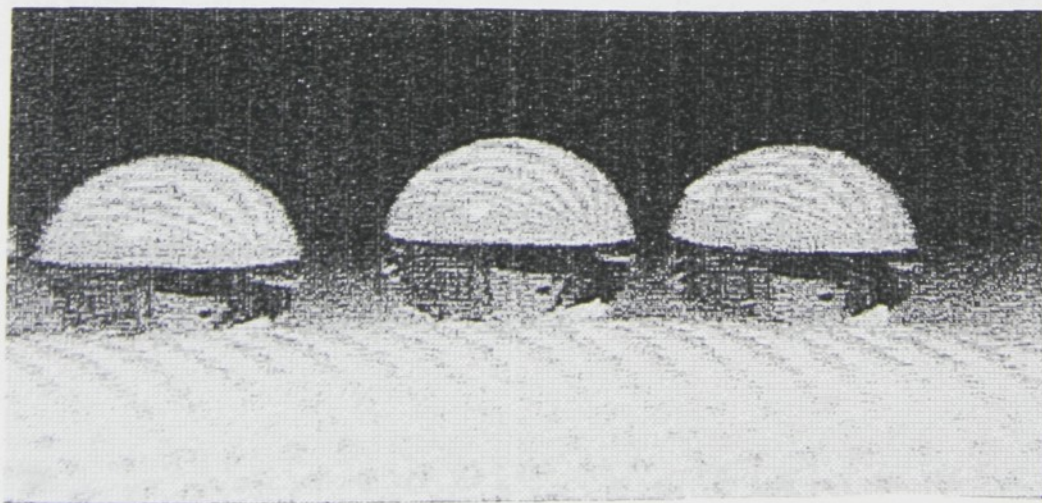


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na téže textilii. Průměrná hodnota kontaktních úhlů má velikost 98,34°.

Příloha 8



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 5,39g v 1m² textilie , resp. 118,93mg na 1m² povrchu vláken (Z=5000).Lze pozorovat přípravek v mezivláčenných prostorech.

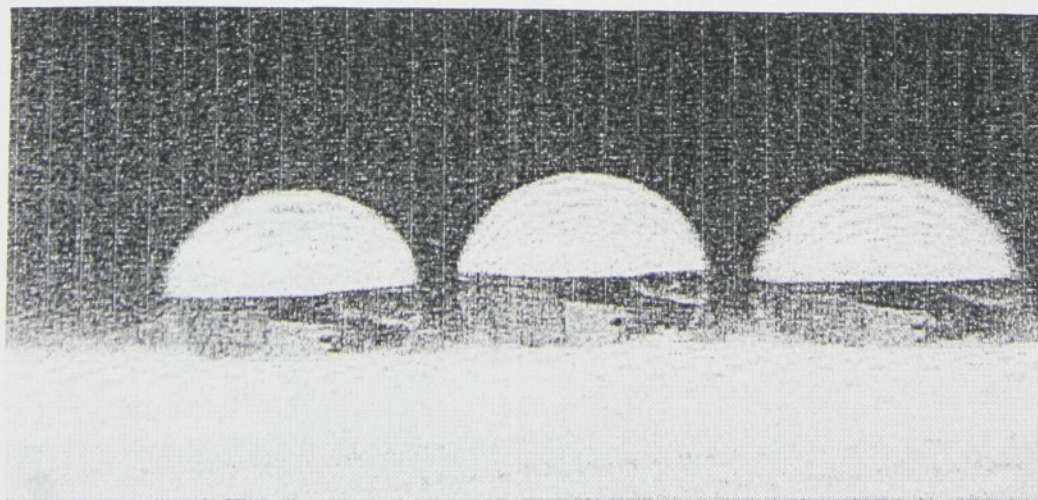


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na téže textilii.Průměrná hodnota kontaktních úhlů činí 124,83°.

Příloha 9

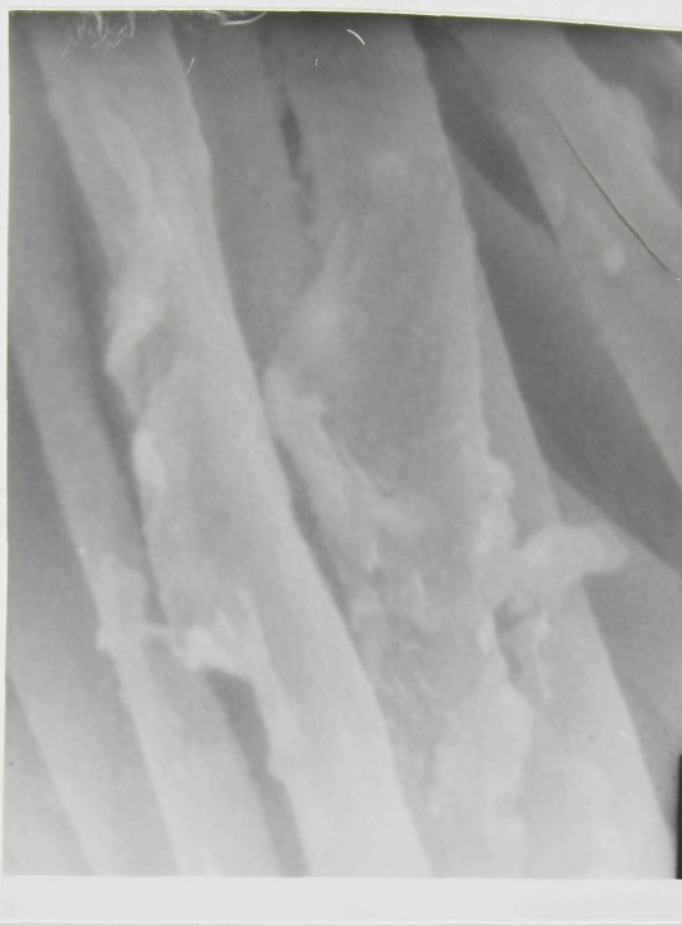


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 5,39g v 1m² textilie , resp. 118,93mg na 1m² povrchu vláken (Z=5000). Textilie byla podrobena po úpravě chemickému čištění.

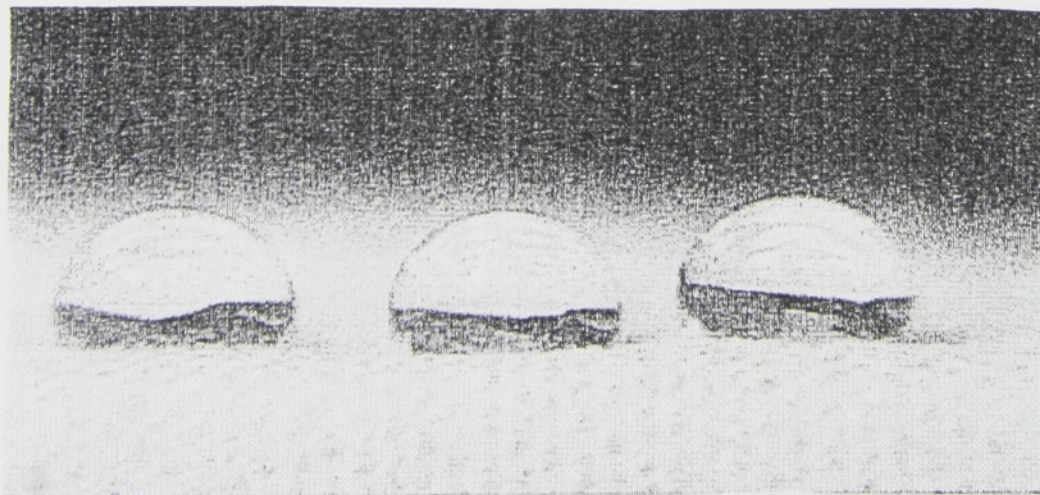


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na téže textilii. Průměrná hodnota kontaktních úhlů činí 120,92°.

Příloha 10

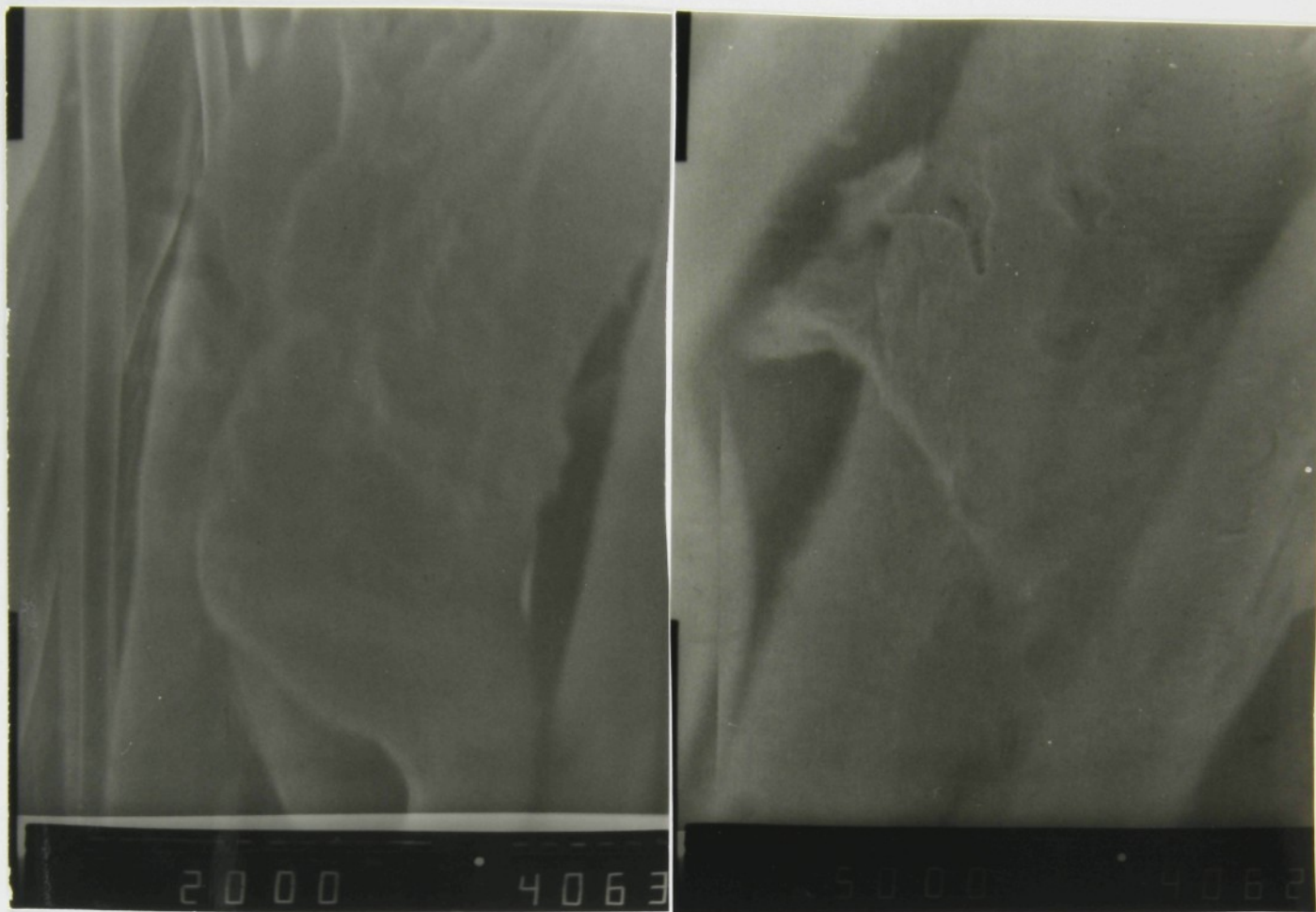


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 5,39g v 1m² textilie , resp. 118,93mg na 1m² povrchu vláken (Z=2000). Po úpravě byla textilie podrobena spotřebitelskému praní.

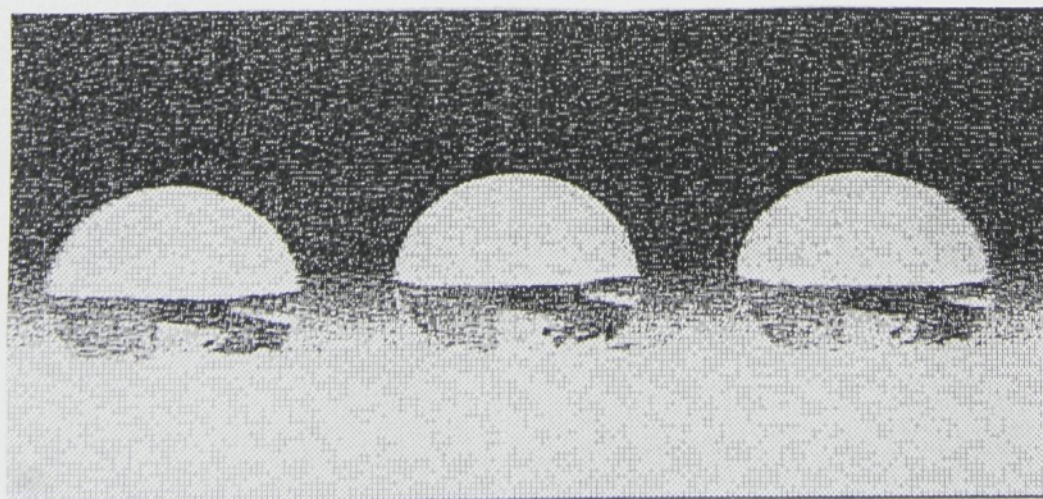


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na téže textili. Průměrná hodnota kontaktních úhlů činí 109,5°.

Příloha 11

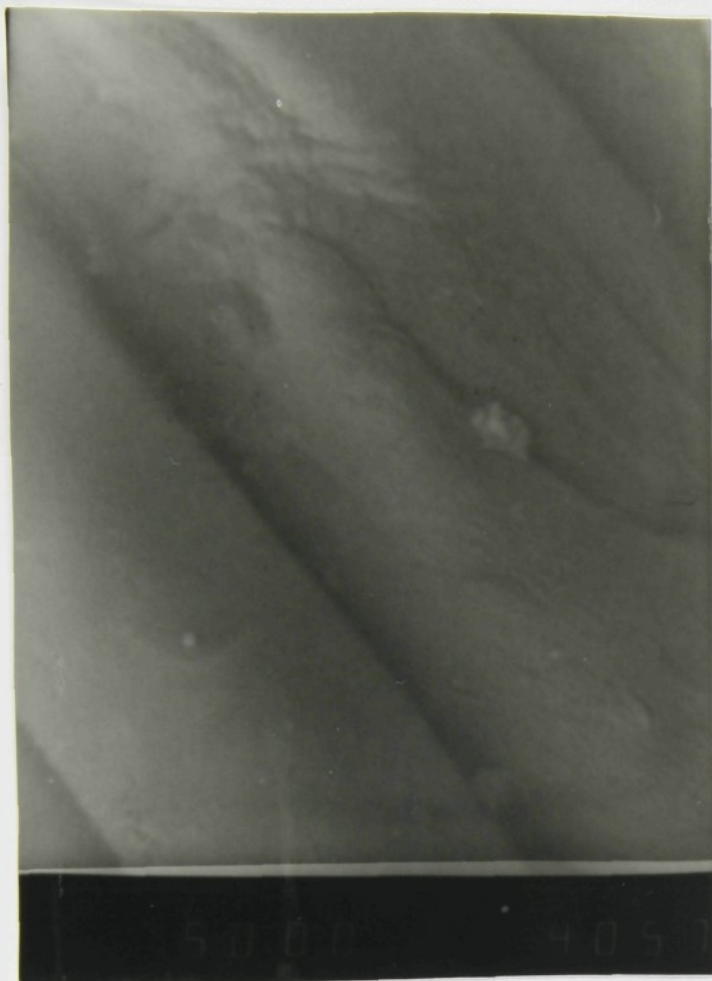


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci 13,55g v 1m² textilie , resp. 0,305g na 1m² povrchu vláken (Z=5000,resp.2000).

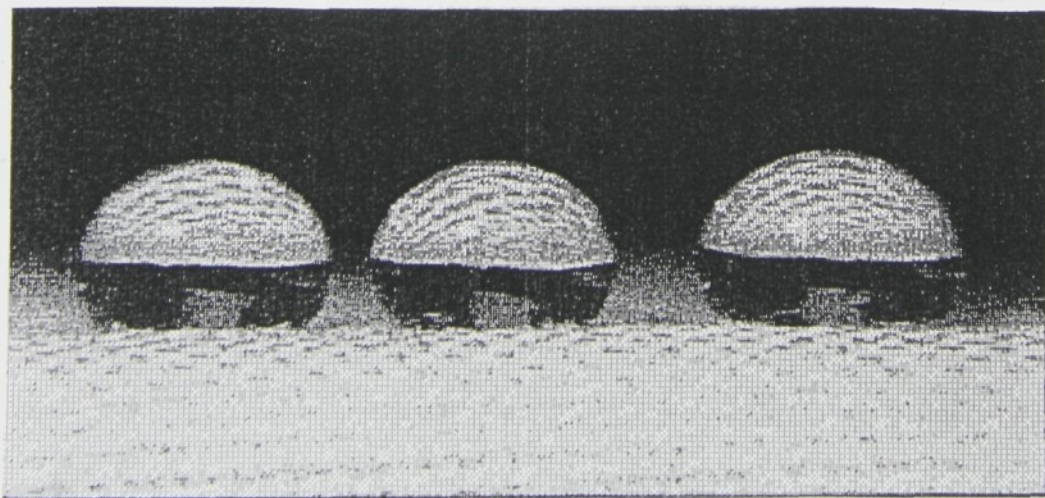


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na téže textilii.Průměrná hodnota kontaktních úhlů je 125,53°.

Příloha 12

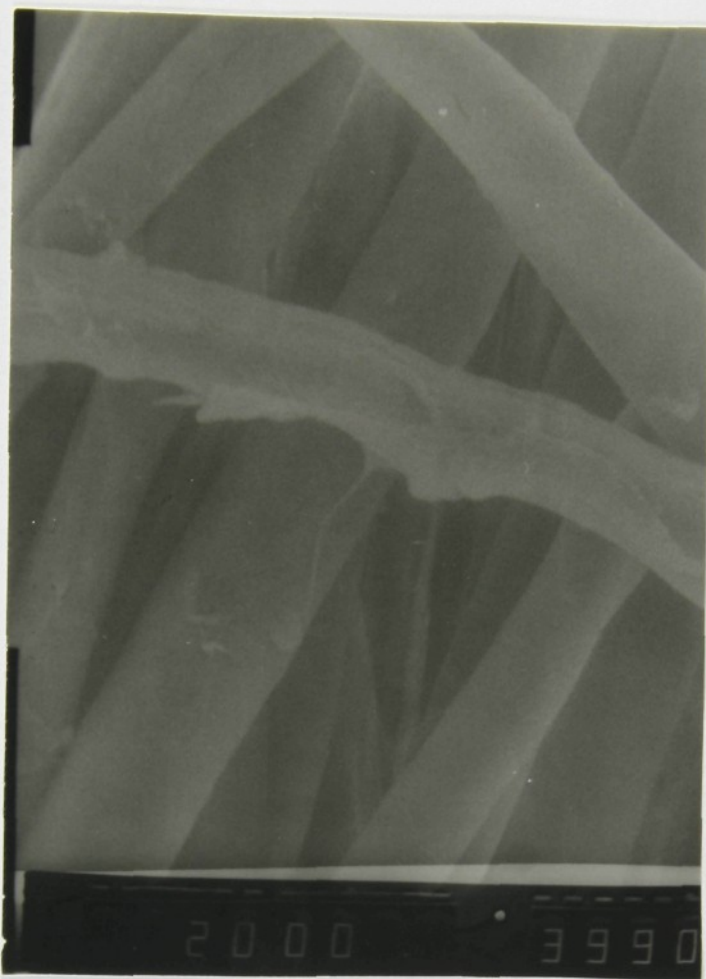


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci $13,55\text{g}$ v 1m^2 textilie , resp. $0,305\text{g}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=5000$). Po úpravě byla textilie podrobena chemickému čištění.

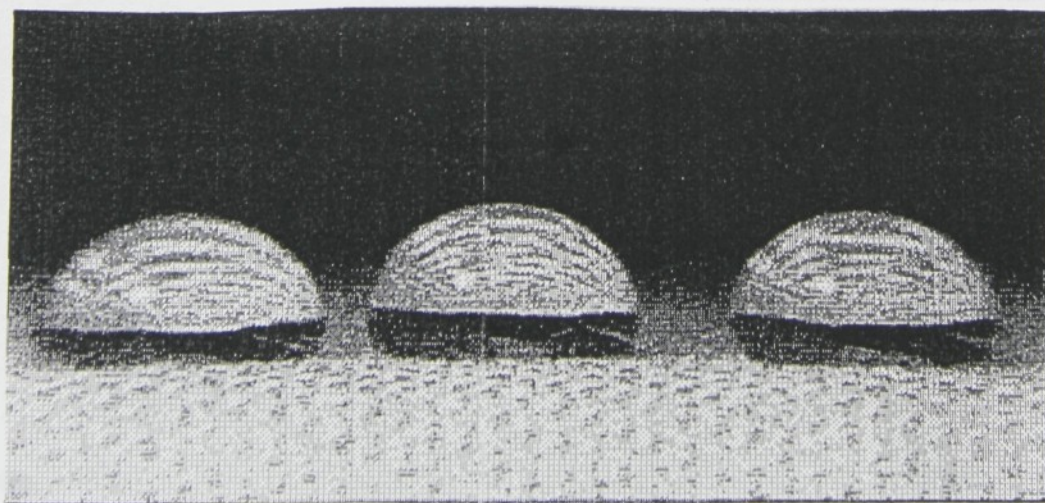


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na téže textili. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $121,66^\circ$.

Příloha 13

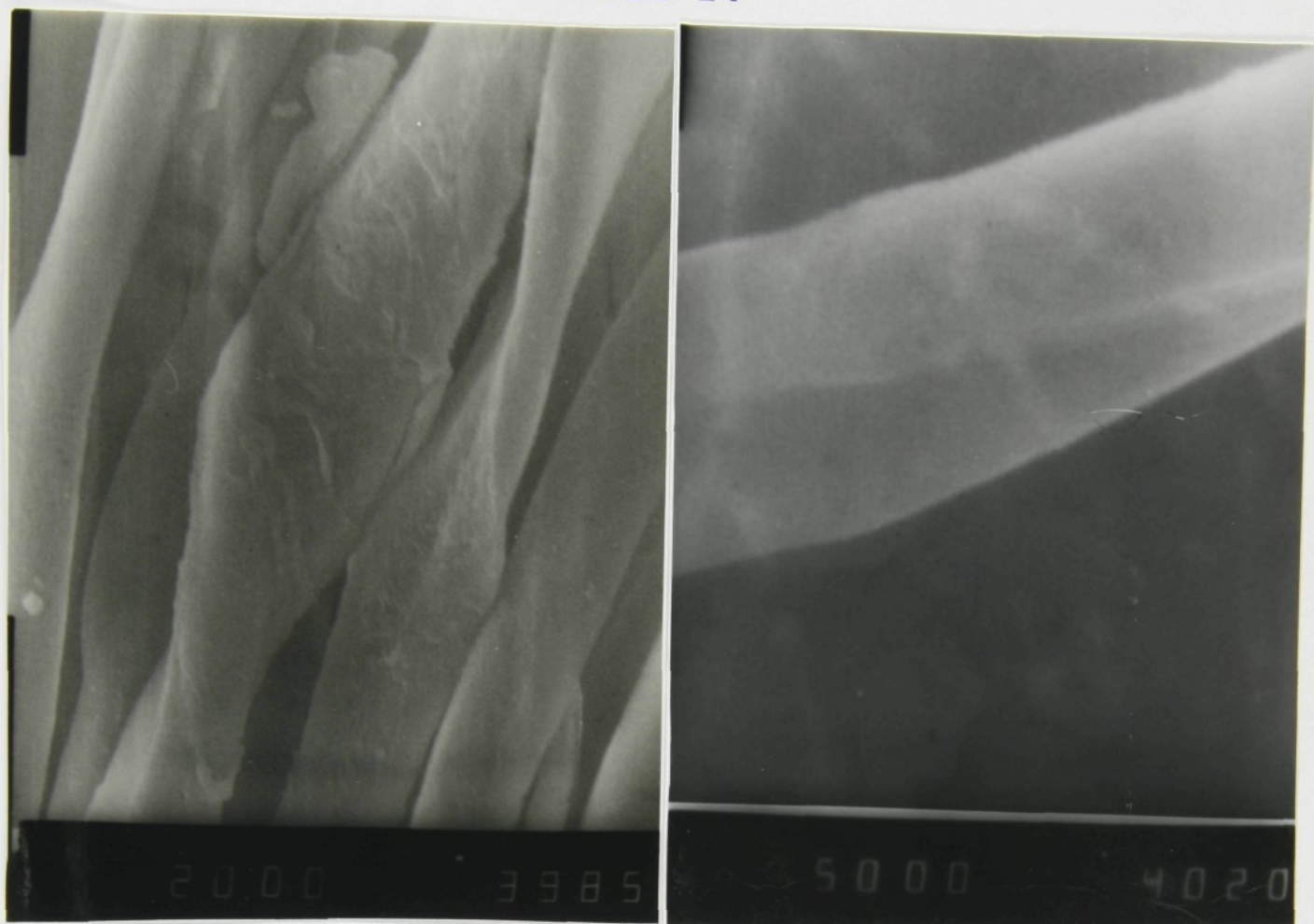


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Depluvinem SP o koncentraci $13,55\text{g v } 1\text{m}^2$ textilie , resp. $0,305\text{g na } 1\text{m}^2$ povrchu vláken ($Z=2000$). Po úpravě byla textilie podrobena spotřebitelskému praní.

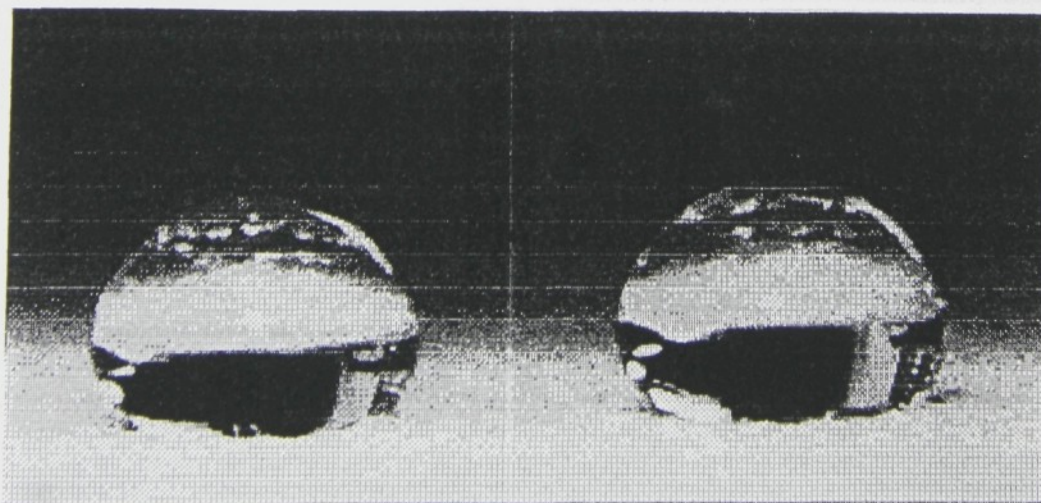


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na téže textili. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $108,22^\circ$.

Příloha 14



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $0,114\text{g}$ v 1m^2 textilie , resp. $2,565\text{mg}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=5000$,resp. 2000).

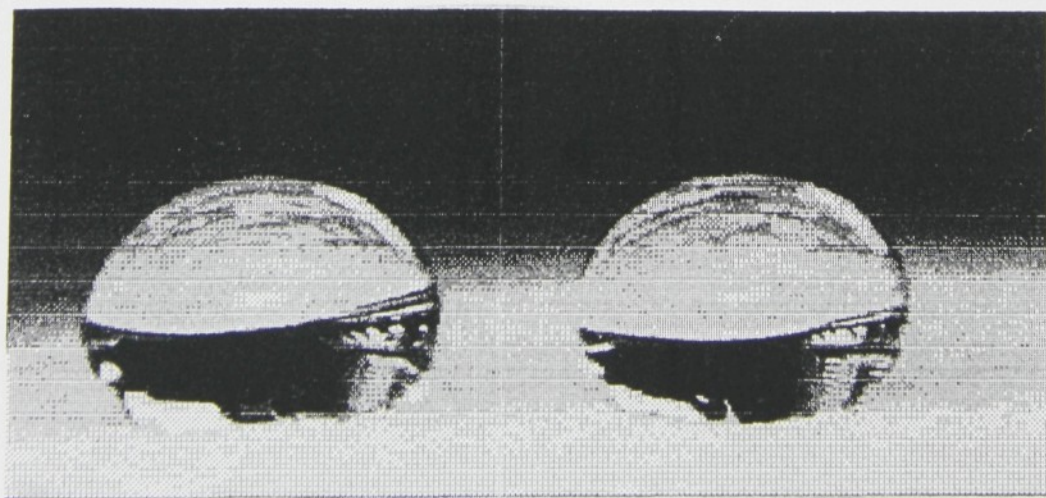


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textili. Průměrná velikost kontaktních úhlů je $116,22^\circ$.

Příloha 15



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci 0,114g v 1m² textilie , resp. 2,565mg na 1m² povrchu vláken (Z=2000). Textilie byla po úpravě podrobena chemickému čištění.



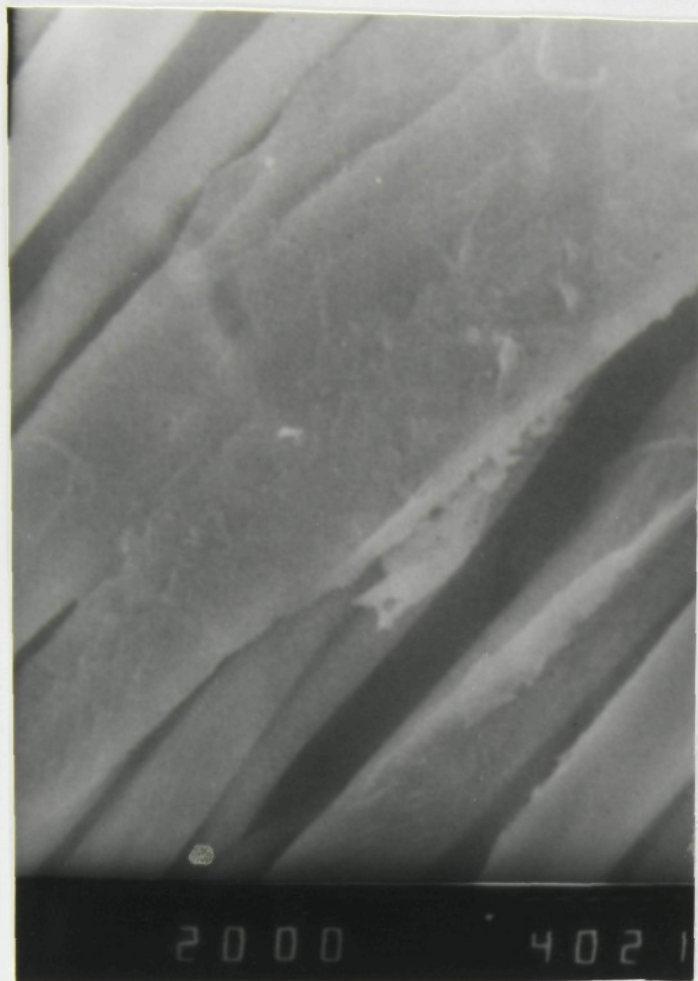
Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na stejné textílii. Průměrná velikost kontaktních úhlů je 116,90°.

Příloha 16

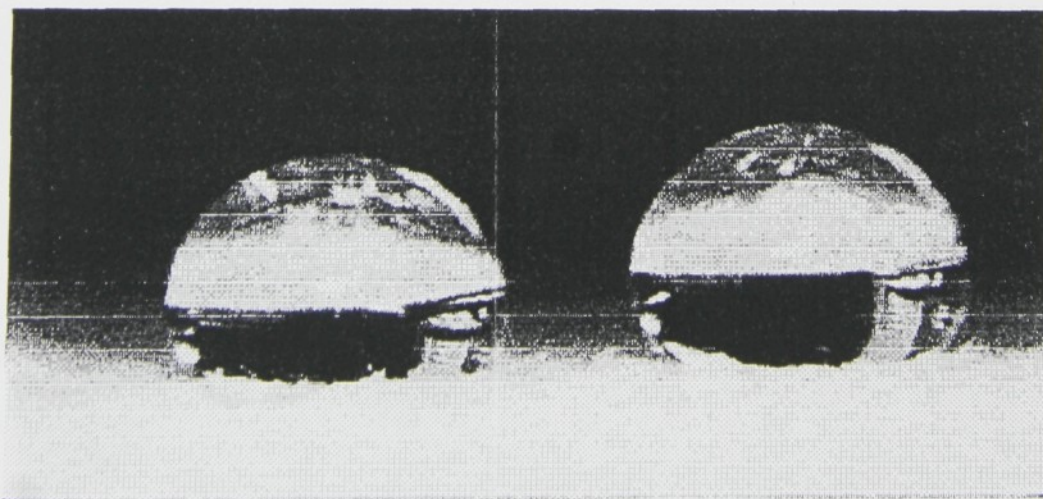


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $0,114\text{g v } 1\text{m}^2$ textilie , resp. $2,565\text{mg na } 1\text{m}^2$ povrchu vláken ($Z=2000$). Textilie byla po úpravě podrobena spotřebitelskému praní.

Příloha 17



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $0,567\text{g v } 1\text{m}^2$ textilie , resp. $12,76\text{mg na } 1\text{m}^2$ povrchu vláken ($Z=2000$).Lze pozorovat kondenzát fixovaný mezi vlákny.

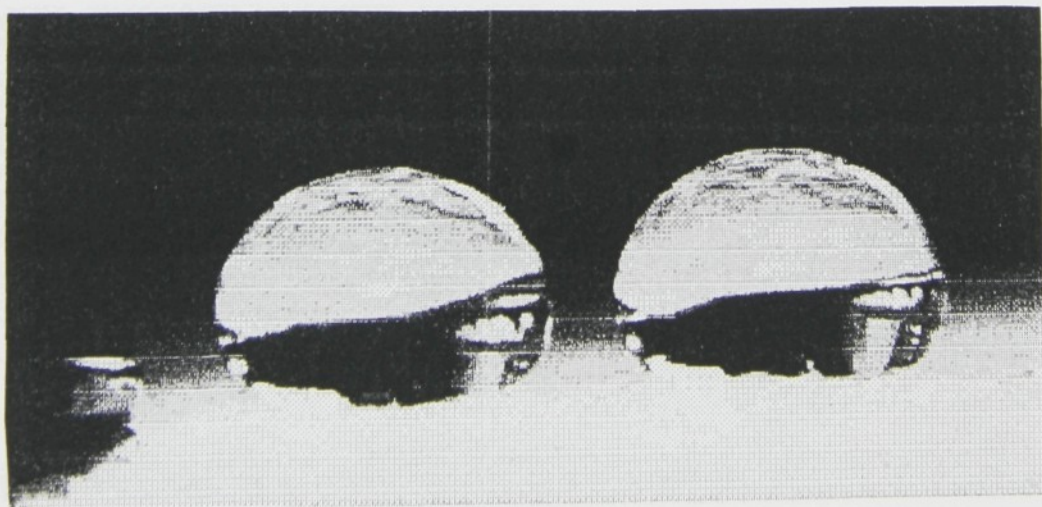


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textílii.Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $119,08^\circ$.

Příloha 18

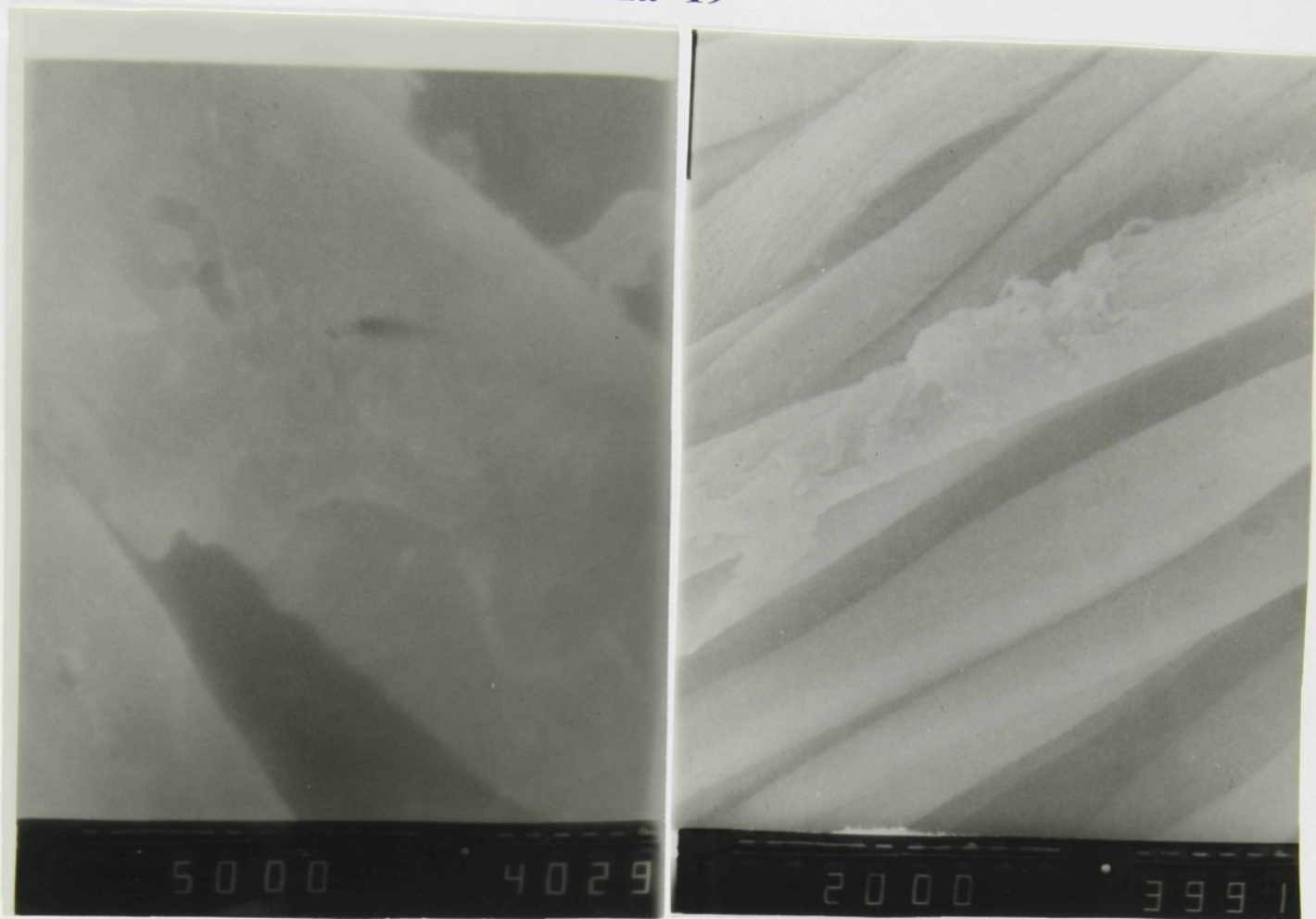


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $0,567\text{g}$ v 1m^2 textilie , resp. $12,76\text{mg}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=2000$). Po úpravě byla textilie chemicky čistěna.

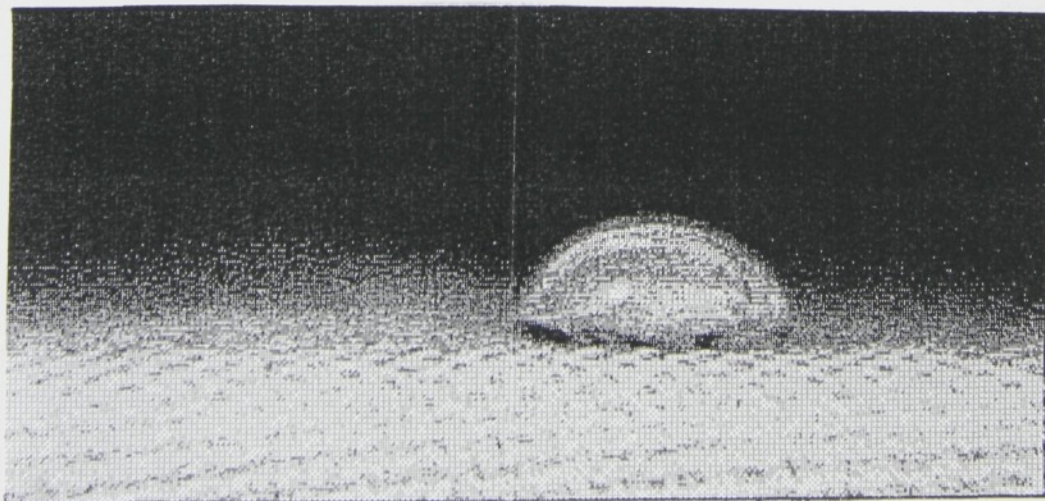


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textílii. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $118,4^\circ$.

Příloha 19

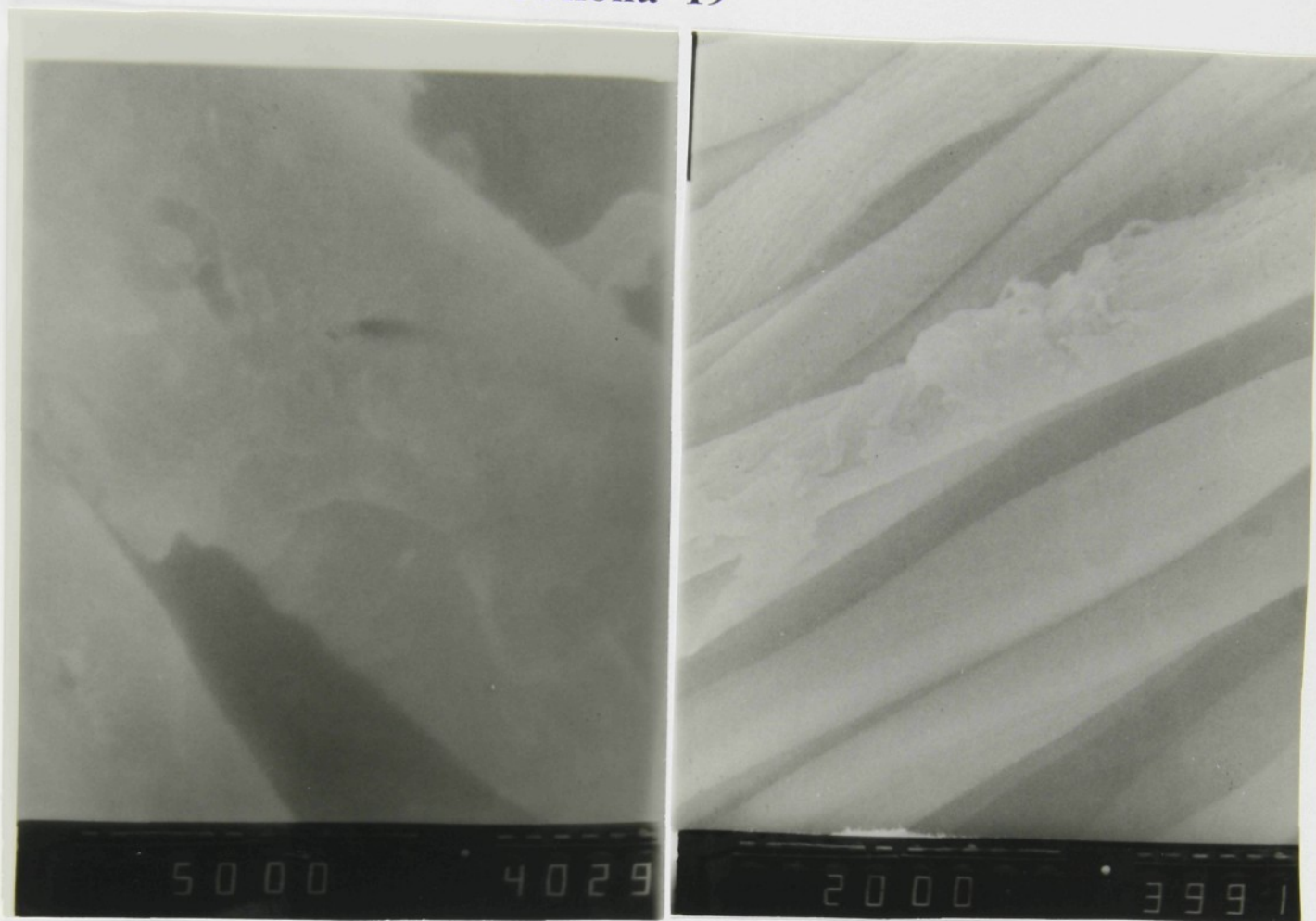


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $0,567\text{g}$ v 1m^2 textilie , resp. $12,76\text{mg}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=2000$, resp. 5000). Po úpravě byla textilie podrobena spotřebitelskému praní.

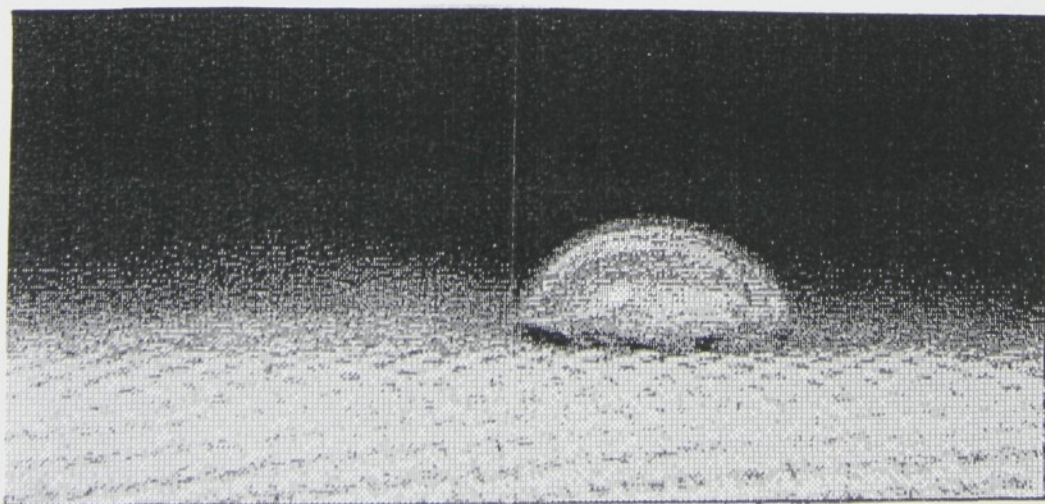


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textilii. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $92,2^\circ$.

Příloha 19



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci 0,567g v 1m² textilie , resp. 12,76mg na 1m² povrchu vláken (Z=2000,resp.5000).Po úpravě byla textilie podrobena spotřebitelskému praní.

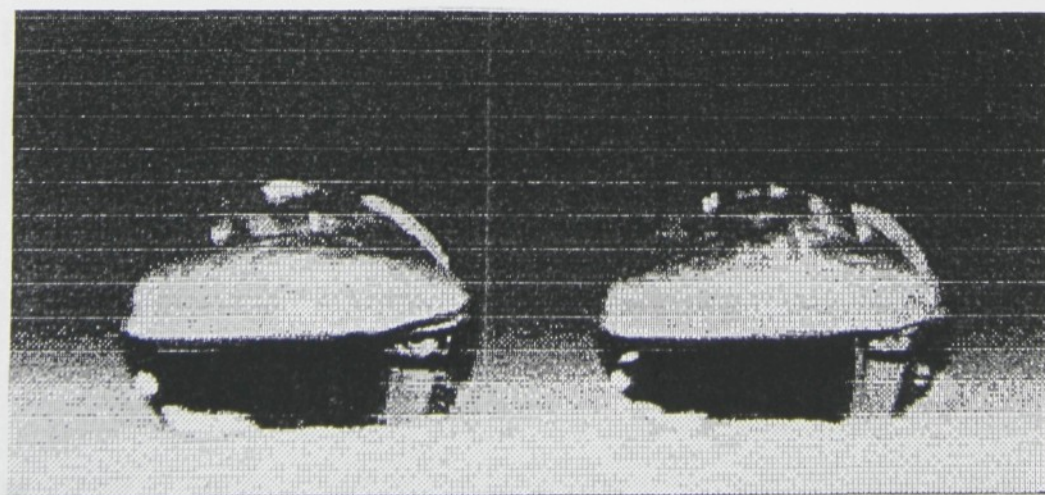


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na stejné textilii.Průměrná hodnota kontaktních úhlů je 92,2°.

Příloha 20

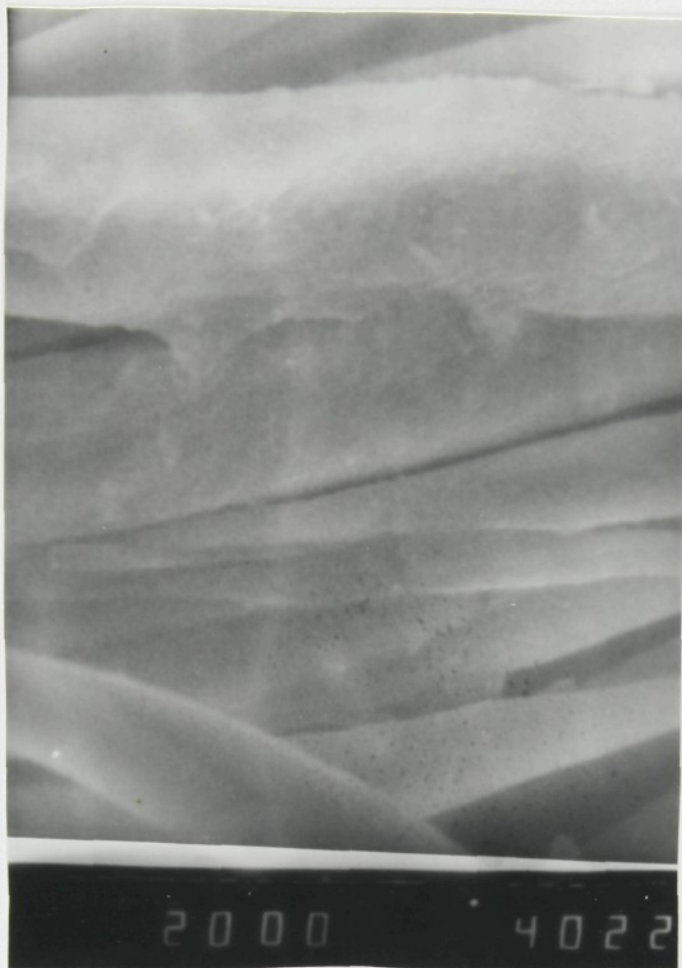


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $1,217\text{g v } 1\text{m}^2$ textilie , resp. $27,30\text{mg na } 1\text{m}^2$ povrchu vláken ($Z=5000$). Tento snímek opět zachycuje fixovaný kondenzát mezi vlákny.

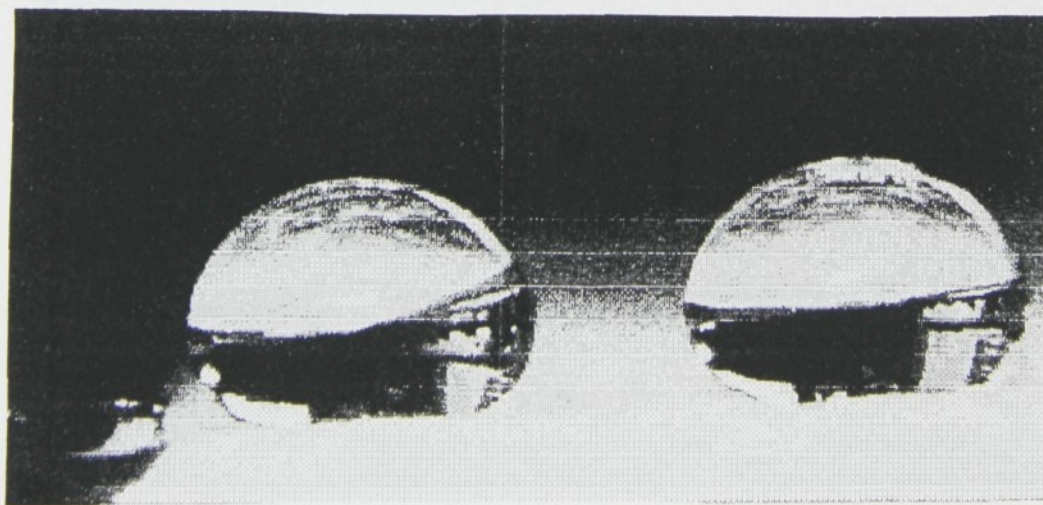


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textili. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $119,45^\circ$.

Příloha 21



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $1,217\text{g}$ v 1m^2 textilie, resp. $27,30\text{mg}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=2000$). Textilie byla po úpravě chemicky čištěna.

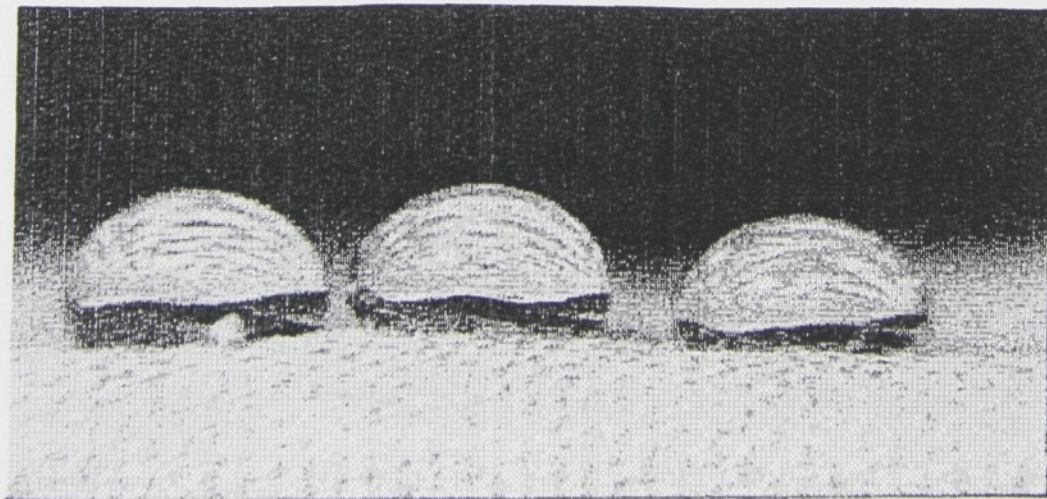


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textíli. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $120,28^\circ$.

Příloha 22



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $1,217\text{g}$ v 1m^2 textilie , resp. $27,30\text{mg}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=2000$). Textilie byla po úpravě podrobena spotřebitelskému praní.

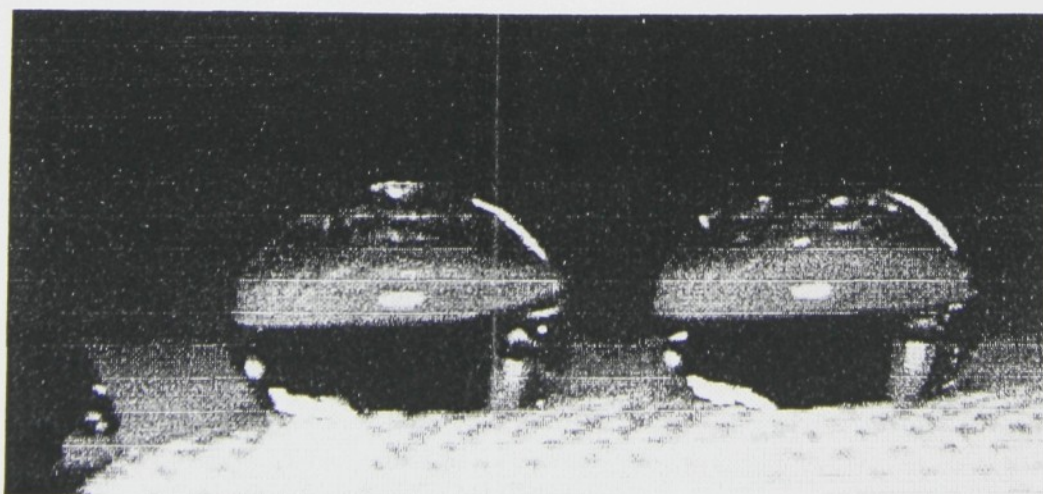


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textílii. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $108,52^\circ$.

Příloha 23



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci 2,363g v 1m² textilie , resp. 53,17mg na 1m² povrchu vláken (Z=2000).

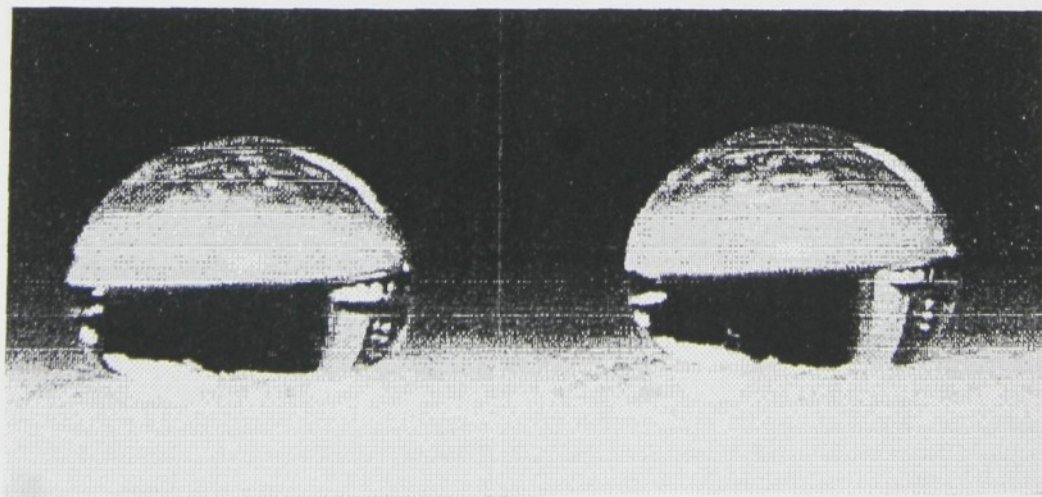


Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na stejné textili. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je 120,79°.

Příloha 24



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $2,363\text{g v } 1\text{m}^2$ textilie , resp. $53,17\text{mg na } 1\text{m}^2$ povrchu vláken ($Z=5000$). Po úpravě byla textilie chemicky čištěna.

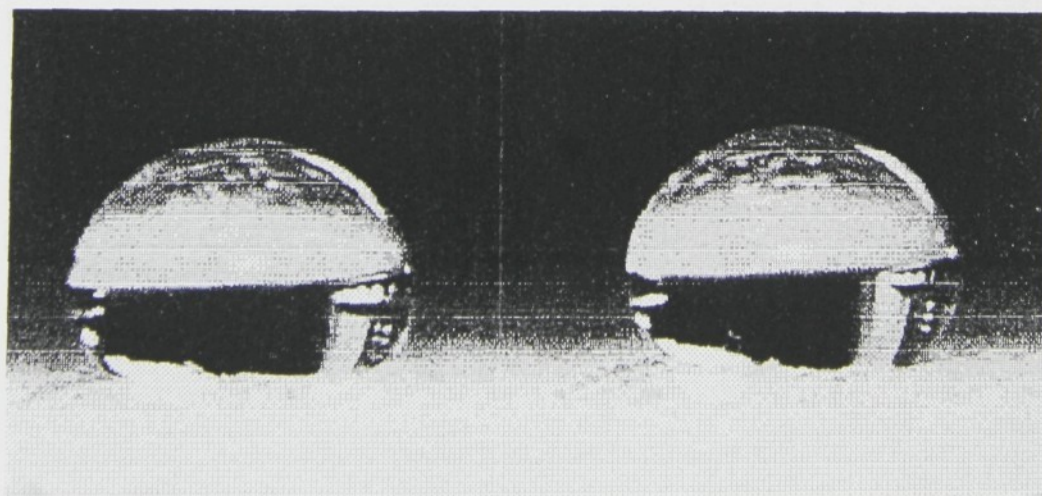


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textílii. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $121,26^\circ$.

Příloha 24

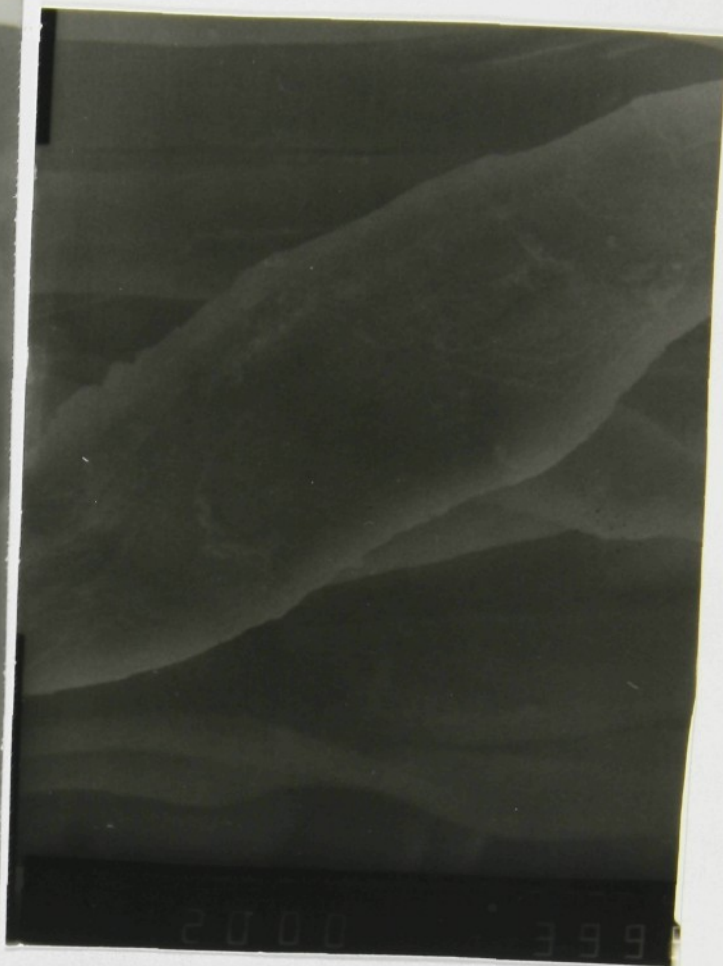
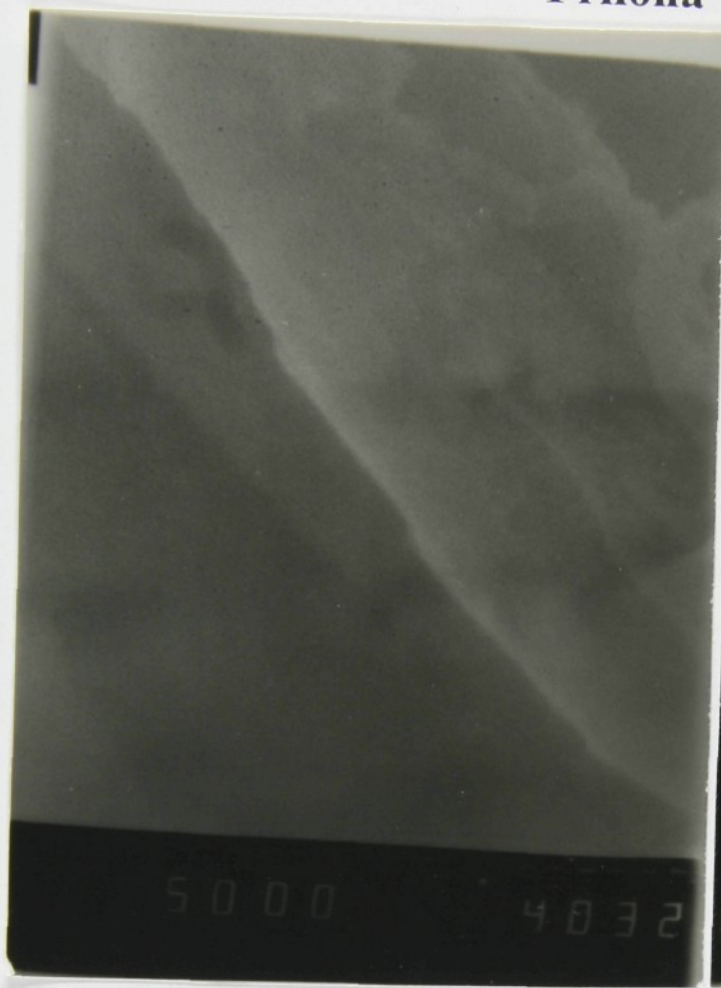


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci $2,363\text{g}$ v 1m^2 textilie, resp. $53,17\text{mg}$ na 1m^2 povrchu vláken ($Z=5000$). Po úpravě byla textilie chemicky čištěna.

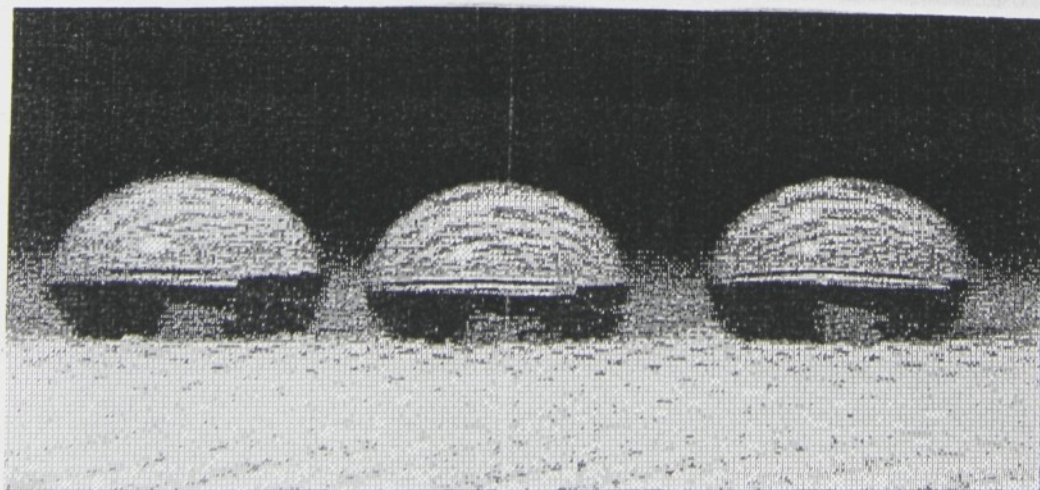


Tvar vodních kapek o objemu 20mm^3 na stejné textílii. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $121,26^\circ$.

Příloha 25

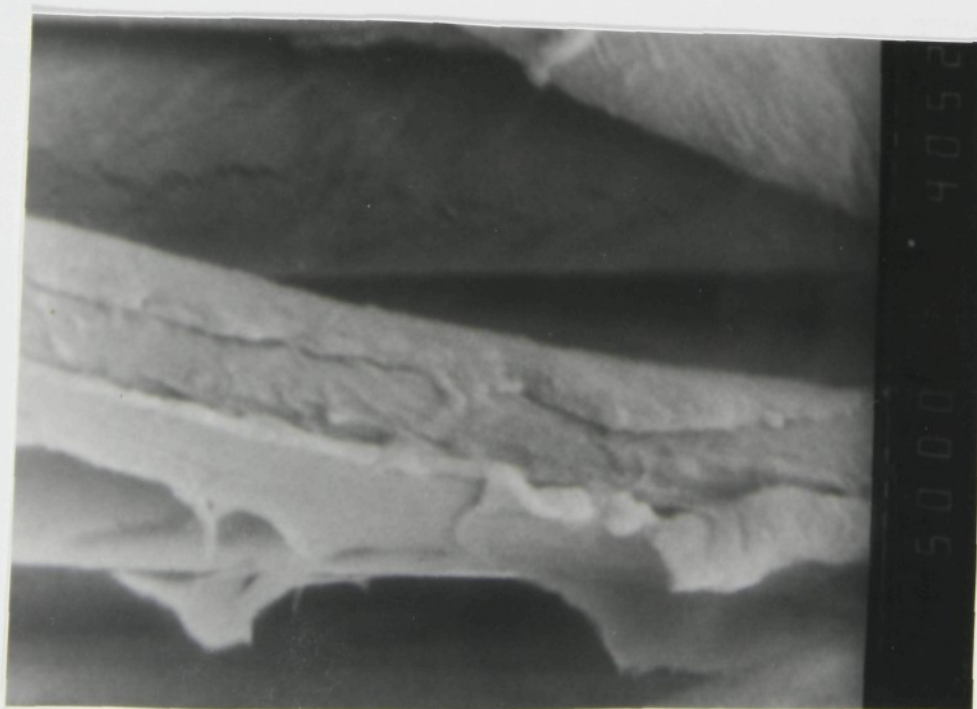


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie upravené Lukofixem T 40D o koncentraci 2,363g v 1m² textilie , resp. 53,17mg na 1m² povrchu vláken (Z=5000,resp.2000).Po úpravě byla textilie podrobena spotřebitelskému praní.



Tvar vodních kapek o objemu 20mm³ na stejné textilii.Průměrná hodnota kontaktních úhlů je 109,74°.

Příloha 26

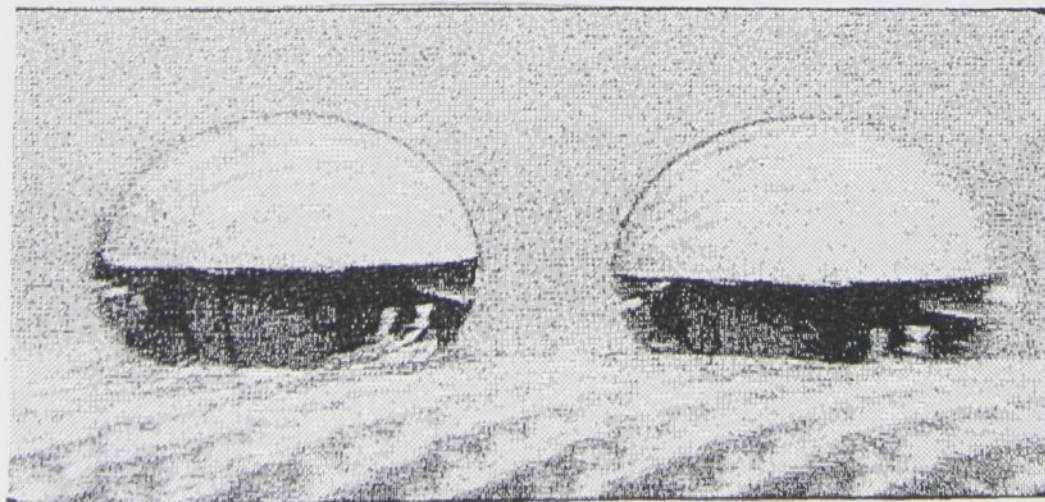


Mikrofotografie původní (hydrofobně neupravené) bavlněné textilie , která byla klocována na fuláru v lázni s neionogenním tensidem (Slovapon N).Koncentrace tensidu v lázni byla 5g.l^{-1} .

Příloha 27

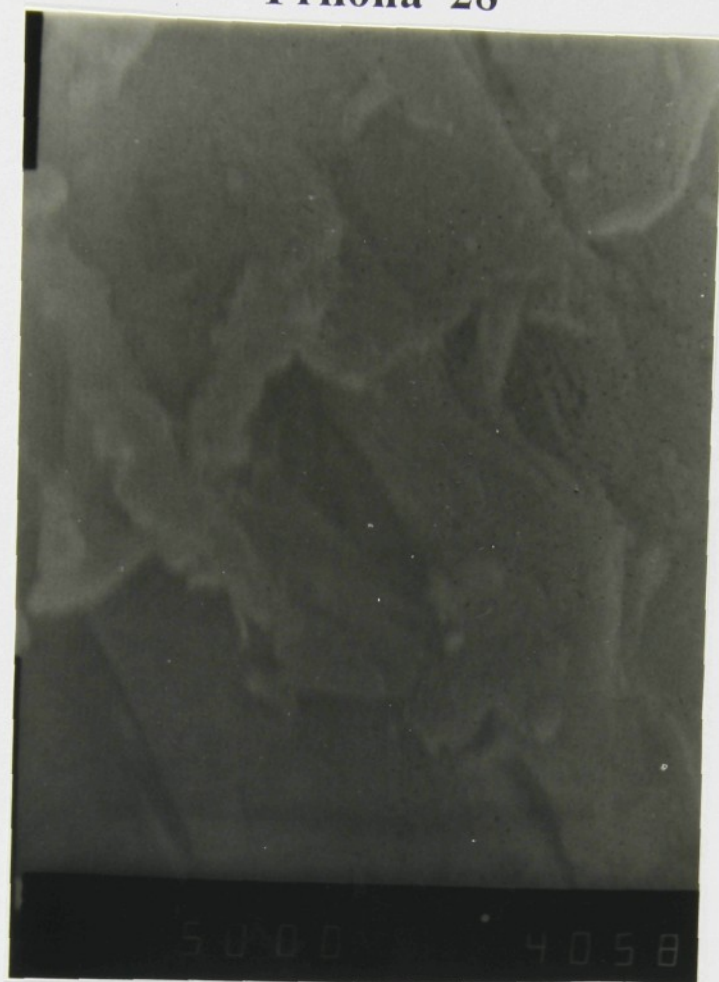


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie podrobené impregnaci na fuláru v lázni s neionogenním tenzidem o koncentraci 3g.l^{-1} a následně upravené Depluvinem SP. Koncentrace Depluvinu v textilií je $12,37\text{g.m}^{-2}$ ($Z=2000$).

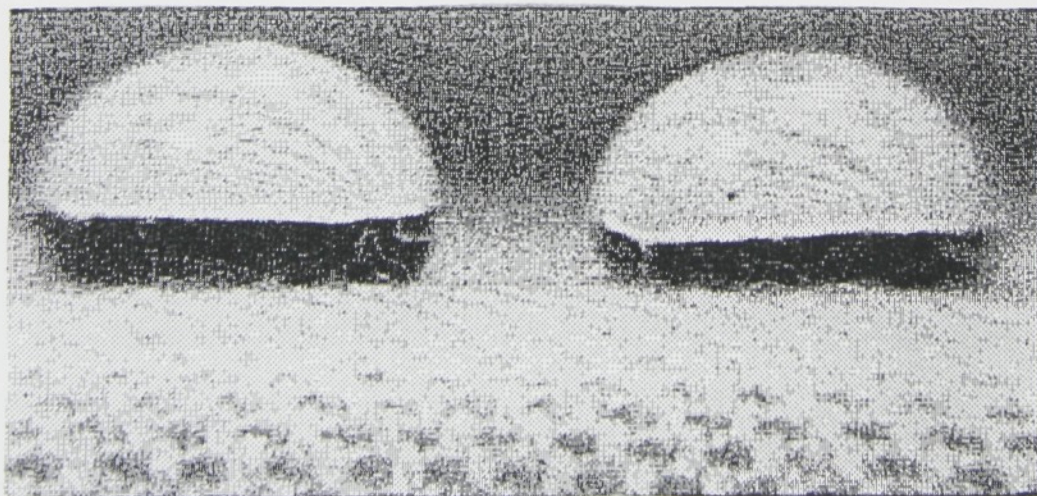


Tvar kapek o objemu 20mm^3 na stejné textilií. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $110,6^\circ$.

Příloha 28



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie podrobené impregnaci na fuláru v lázni s neionogenním tensidem o koncentraci 5g.l^{-1} a následně upravené Depluvinem SP. Koncentrace Depluvinu v textilií je $11,83\text{g.m}^{-2}$ ($Z=5000$).

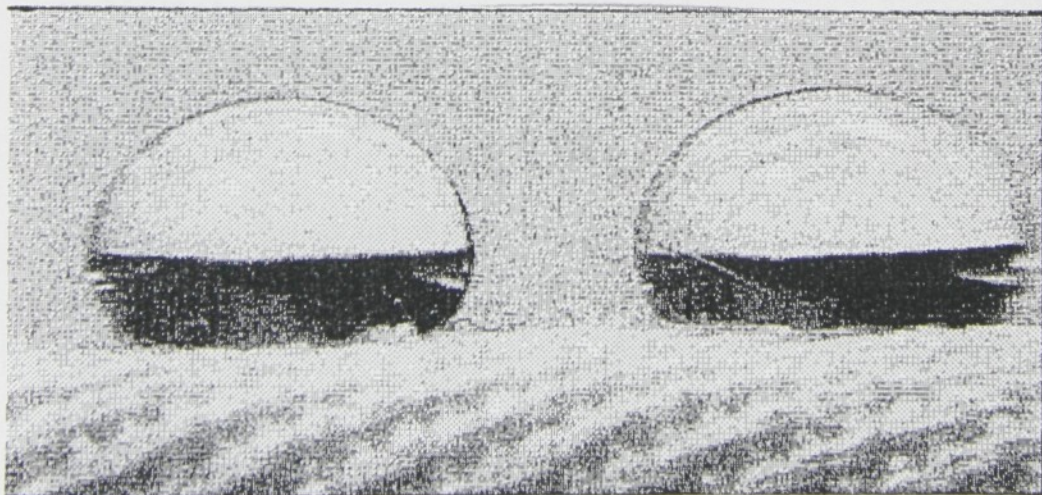


Tvar kapek o objemu 20mm^3 na stejné textilií. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $107,1^\circ$.

Příloha 29

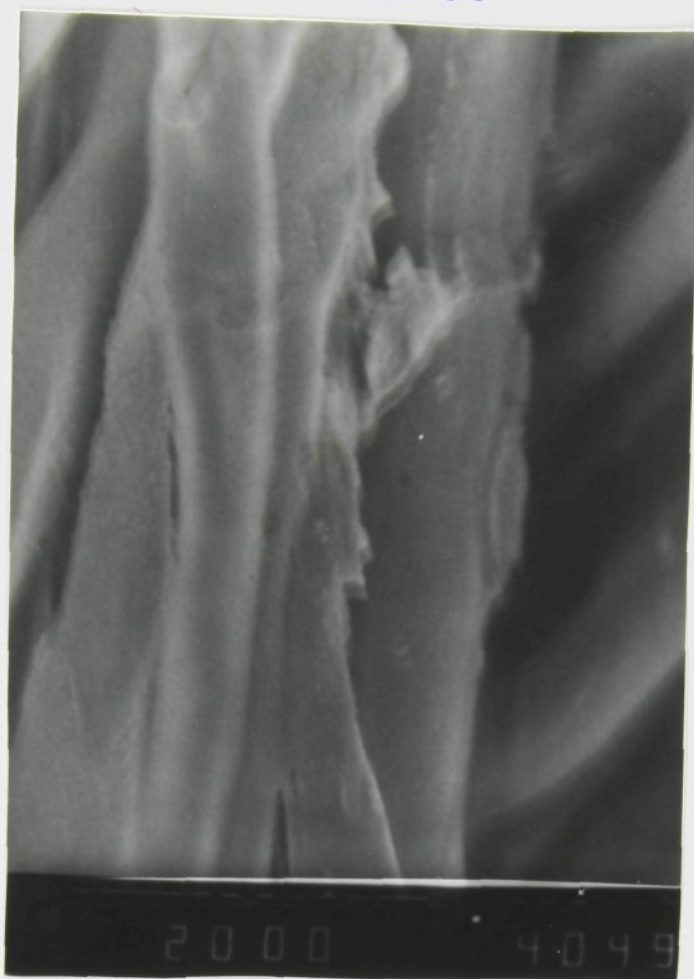


Mikrofotografie vláken bavlněné textilie podrobené impregnaci na fuláru v lázni s neionogenním tenzidem o koncentraci 3g.l^{-1} a následně upravené Lukofixem T 40D. Koncentrace Lukofixu v textilií je $2,59\text{g.m}^{-2}$ (2000).

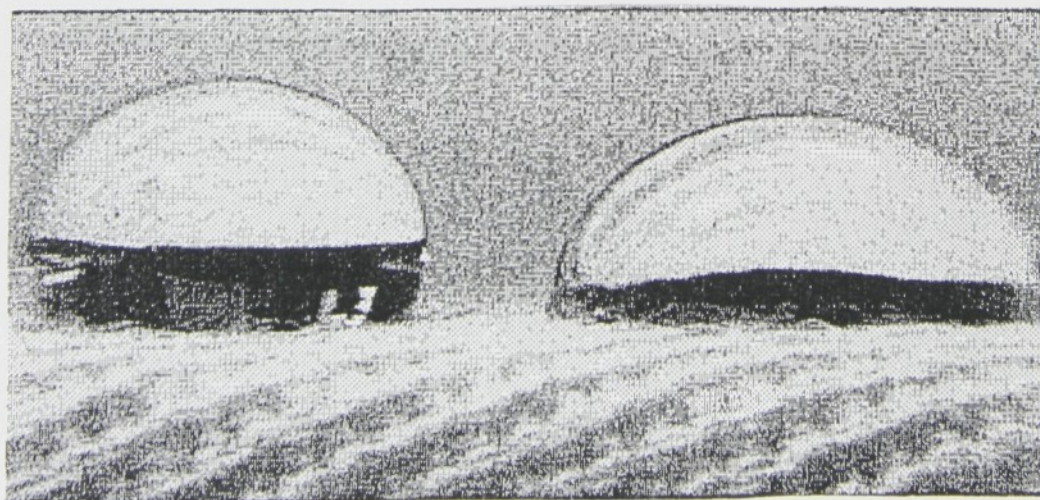


Tvar kapek o objemu 20mm^3 na stejné textilií. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $108,9^\circ$.

Příloha 30



Mikrofotografie vláken bavlněné textilie podrobené impregnaci na fuláru v lázni s neionogenním tenzidem o koncentraci 5g.l^{-1} a následně upravené Lukofixem T 40D. Koncentrace Lukofixu v textilií je $2,69\text{g.m}^{-2}$ (2000).



Tvar kapek o objemu 20mm^3 na stejné textilií. Průměrná hodnota kontaktních úhlů je $96,2^\circ$.