

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra fyzikální chemie



**APLIKACE A TESTOVÁNÍ PŘÍPRAVKŮ ZABRAŇUJÍCH
ZAMLŽOVÁNÍ MATERIÁLŮ NA BÁZI SKLA A POLYKARBONÁTU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Andrea Hani

Studijní obor:

Nanomateriálová chemie

Školitel:

doc. RNDr. Robert Pucek, Ph.D.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora:	Andrea Hani
Název práce:	Aplikace a testování přípravků zabraňujících zamlžování materiálů na bázi skla a polykarbonátu
Typ práce:	Bakalářská
Pracoviště:	Katedra fyzikální chemie
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Robert Pucek, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2016
Abstrakt:	Cílem této bakalářské práce byla modifikace povrchu skla a polykarbonátu za účelem dosažení efektu anti-zamlžování uvedených materiálů. Pro tyto účely byla použita metoda hydrofobizace povrchu skla za použití hexadecyltrimethoxysilanu a hydrofilizace skla a polykarbonátu za použití perfluoroktanové kyseliny. Testování anti-zamlžovacího efektu bylo původně jak vizuálně tak pomocí metody měření kontaktního úhlu.
Klíčová slova:	Sklo, polykarbonát, anti zamlžovací přípravky
Počet stran:	63
Jazyk:	čeština

Bibliographical identification:

Author's name: Andrea Hani

Title: Application and testing of anti-fogging agents for glass and polycarbonates substrates

Department: Department of Physical Chemistry

Type of thesis: Bachelor

Supervisor: doc. RNDr. Robert Prucek, Ph.D.

The year of presentation: 2016

Abstract: The aim of this work was to modify the surface of glass and polycarbonate substrates by using of hydrophobic (hexadecyltrimethoxysilane) and hydrophilic (perfluorooctanoic acid) modifiers. Anti-fogging effect for modified surfaces was performed by visualization method and by contact angle measurements.

Key words: Glass, polycarbonate, anti – fogging substances

Number of pages: 63

Language: czech

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Roberta Prucka, Ph.D. a s použitím uvedené literatury. Práce byla vypracovaná na Katedře fyzikální chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne.....

.....
Andrea Hani

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. RNDr. Robertu Pruckovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky.

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1	MINERÁLNÍ MATERIÁLY	2
2.1.1	SKLO.....	2
2.1.1.1	STRUKTURA SKLA.....	2
2.1.1.2	SLOŽENÍ SKLA	3
2.1.1.3	VLASTNOSTI SKLA	4
2.1.1.4	VÝROBA SKLA.....	7
2.2	ORGANICKÉ MATERIÁLY	8
2.2.1	POLYKARBONÁT.....	8
2.2.1.1	STRUKTURA POLYKARBONÁTU.....	8
2.2.1.2	SLOŽENÍ POLYKARBONÁTU	9
2.2.1.3	VLASTNOSTI POLYKARBONÁTU.....	9
2.2.1.4	VÝROBA POLYKARBONÁTU.....	10
2.3	MLŽENÍ.....	11
2.3.1	ROSNÝ BOD	11
2.3.2	HYDROFILITA A HYDROFOBICITA	12
2.3.2.1	HYSTEREZE	13
2.3.2.2	WENZELOVA TEORIE.....	14
2.3.2.3	CASSIEOVA TEORIE	15
2.3.2.4	PŘECHOD MEZI CASSIEHO A WENZELOVÝM STAVEM	15
2.3.3	MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU.....	16
2.3.3.1	PŘÍMÉ METODY	16
2.3.3.2	NEPŘÍMÉ METODY	18
2.4	LÁTKY ZABRAŇUJÍCÍ MLŽENÍ.....	18
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	23
3.1	CHEMIKÁLIE A MATERIÁL	23
3.2	EXPERIMENTÁLNÍ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ	23
3.3	POSTUP PRÁCE	23
4	VÝSLEDKY A DISKUSE	28
5	ZÁVĚR	59
6	SUMMERY	60
7	LITERATURA	61
8	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63

1 ÚVOD

Zamlžené skla nejsou pouhou komplikací běžného života, ale také důvodem častých nehod. I když vědci už našli směsi látek, které mlžení skel brání, žádná z dosud připravených látek nemá dlouhodobé účinky, a pokud už je má, jejich cena je příliš vysoká.

Vzduch může obsahovat jen určité množství vodních par za určité teploty. Čím je teplota vzduchu vyšší, tím může být vyšší i obsah vodních par. Teplotu, při které je vlhkost vzduchu 100 % nazýváme rosným bodem, a jeho hodnota závisí na obsahu vodních par ve vzduchu. Na základě 2. termodynamického zákona můžeme říct, že pokud se vzduch přiblíží k chladnějšímu povrchu, ochladí se. Pokud teplota vzduchu klesne až pod bod rosného bodu, pára zkondenzuje. Tento děj můžeme pozorovat jako orosení povrchu.

Abychom zabránili zamlžení povrchu je možno použít jednu ze dvou metod. První metodou je vytvořit na povrchu skla super-hydrofobní vrstvu, která by vodu tak odpuzovala tak, že by se ani drobné kapičky na nerovném povrchu neudržely a voda by ztekla. Druhým způsobem je na povrch nanést naopak vrstvu látky, která má super-hydrofilní vlastnosti a naopak je vodu schopna rozprostřít po povrchu a vyplnit jí povrchové nerovnosti.

Existuje mnoho druhů skel, jež se v dnešní době používá, jak už v automobilovém průmyslu, při výrobě brýlí či pouhých koupelňových zrcadel. Většinou je i na oko jednolitě sklo složeno z několika desítek až stovek vrstev o různém složení, díky kterým dosahuje ideálních optických, mechanických i chemických vlastností. Mezi nejpoužívanější patří na příklad obyčejné křemičité sklo, polykarbonát, anebo hodně používaný allyl-diglykol karbonát, který je známější pod označením CR-39.

Cílem této bakalářské práce vybrat a otestovat látky, které budou zabraňovat mlžení skla a/nebo polykarbonátu. Základními parametry určujícími výběr vhodné látky byly co nejdelší doba působení, byla ekologicky šetrná, a která je ekonomicky dostupná.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 MINERÁLNÍ MATERIÁLY

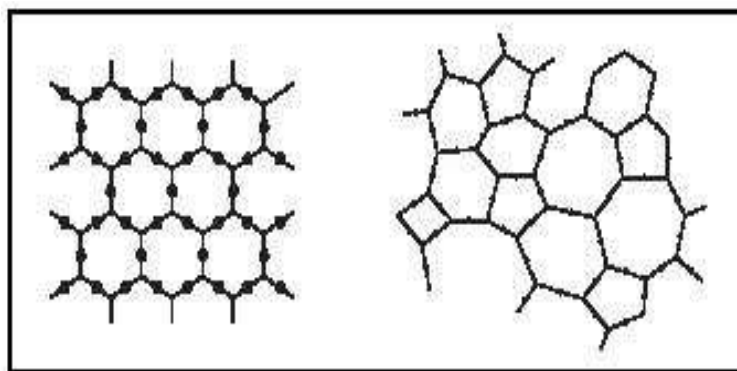
Do této skupiny řadíme materiály složené z minerálních látek neboli nerostů. Nerost je látka neorganického původu, jejíž složení lze vyjádřit pomocí chemického vzorce. Tato látka pravidelného uspořádání je výsledkem geologických procesů. Existují materiály monominerální, které jsou složené pouze z jednoho minerálu, známe však i materiály složené z více minerálů. Ty poté nazýváme polyminerální. Jejich vlastnosti jsou velmi různorodé a ovlivňují použití jednotlivých materiálů v praxi. (1)

2.1.1 SKLO

Sklo je amorfní anorganická hmota, vyrobená řízeným ochlazením taveniny sklotvorných oxidů s příměsí taviv a stabilizátorů. Během tuhnutí nedochází ke krystalizaci, jak u většiny látek, ale dochází při něm plynulým růstem viskozity na tak vysokou hodnotu, že se materiál jeví pevným, i když netvoří krystalickou mřížku. Do konečné podoby se sklo dostává lisováním, vyfoukáváním a po hrubém vylisování podstupuje Float proces, kde pomocí roztaveného cínu se sklo dokonale vyrovná. Ke všem úpravám skla dochází v tekuté formě. (1) (2) (3)

2.1.1.1 STRUKTURA SKLA

Sklo má amorfní, neboli sklovitou strukturu, vnitřní uspořádání atomů a molekul zůstává v náhodném, nebo narušeném stavu, podobně jako kapalina. Na rozdíl od krystalické látky nemá pravidelnou strukturu (Obr. 1).



Obr. 1: Rozdíl mezi krystalickou a amorfní strukturou

2.1.1.2 SLOŽENÍ SKLA

Chemické složení skla je těžké přesně definovat. V závislosti na složení vznikají různé druhy skel. Každá sklenářská firma má však svůj specifický recept, proto i na pohled stejná skla se mohou složením lišit. V zásadě je sklo však složené z šesti částí: Sklářského kmene, taviva, stabilizátorů, čeřiv, barviv a sklářských stěpů.

Sklářský kmen: Obsahuje sklotvornou látku oxid křemičitý, který tvoří 60 - 80 % obsahu skla. Tento čistý křemičitý písek o velikosti zrn kolem 0,4 mm by měl být chemicky čistý a zušlechtěný praním, sušením a tříděním. Nesmí být znečištěn větším množstvím jiných nevhodných látek.

Taviva: Oxid křemičitý, jež používáme do sklářského kmene, má vysokou teplotu tání, tj. asi 1800°C, proto je nutno tuto teplotu snížit. Mezi nejznámější látky, které toto dokáží, patří oxid sodný a oxid draselný, které teplotu tání snižují na poloviční hodnotu. Teplota tání oxidu sodného je 853°C a teplota tání oxidu draselného je 909°C. Tyto oxidy jsou přidávány ve formě uhličitanů (uhličitan sodný neboli soda a uhličitan draselný neboli potaš).

Stabilizátory: Ty se používají ke zvýšení chemické stálosti a odolnosti skla. Tyto látky také ovlivňují vlastnosti skla. Stejně jako taviva jsou dodávány ve formě uhličitanů. Nejvíce používaným je oxid vápenatý, který kromě chemické odolnosti ovlivňuje i rozpustnost skla.

Čeřiva: Jsou látky, které se přidávají, aby ze skloviny odstranily drobné vzduchové bubliny, nečistoty a aby ji také homogenizovali. Sklo odbarvují a napomáhají k dosažení ideálních vlastností. Nejvhodnější látky pro tyto účely jsou sírany, chloridy a dusičnany. Například chlorid sodný, nebo ledek.

Barviva: neboli pigmenty, jak už název napovídá, mají schopnost sklo obarvit na požadovaný odstín. Typickým příkladem je zbarvení nápojových lahví pomocí oxidu

železitého dohněda a pomocí oxidu železnatého dozelená. Dále jsou používány kovy, jako například nikl, barvicí sklo červenofialově, selen, barvicí sklo červeně, kobalt barvicí sklo modře anebo chrom barvicí sklo do žlutozelené barvy.

Sklářské střepy: Dodávají se pro urychlení tavení, zlepšují homogenitu roztaveného skla. Tvoří méně jak 30 % obsahu. (1) (3) (4) (5)

2.1.1.3 VLASTNOSTI SKLA

Mezi nejdůležitější vlastnosti řadíme ty, jež charakterizují sklo v roztaveném stavu. Tyto vlastnosti jsou poté směrodatné při výrobním procesu, ze jména při tavení a tvarování skla. Mezi ně patří viskozita, krystalizační schopnost, hustota, tepelná kapacita, tepelnou vodivost, elektrickou vodivost a povrchové napětí. Pro praktické účely je zapotřebí znát vlastnosti skla v pevné fázi. Většinu vlastností lze ovlivnit složením množstvím jednotlivých sklářských surovin a lze je rozdělit do 5 skupin. Vlastnosti optické, mechanické, chemické elektrické a tepelné.

Index lomu je nejdůležitější optickou vlastností skel. Tato bezrozměrná veličina nám udává kolikrát pomaleji se šíří světlo v daném prostředí v porovnání s vakuem. Běžně se index lomu skla měří při vlnové délce 587,6 nm. U křemičitých skel se index lomu pohybuje kolem 1,7. Index lomu se zvyšuje se zvýšením teploty a taky s obsahem oxidu olovnatého nebo barnatého. Vztah pro výpočet je dán vzorcem:

$$n = \frac{c}{v}$$

Kde: n = index lomu

c = rychlost světla ve vakuu

v = rychlost světla v daném prostředí

Disperze, známá také pod názvem barevný rozptyl je jev, při kterém dochází k rozptýlení světla na optickém rozhraní v důsledku toho, že každá vlnová délka se prostředím šíří jinak rychle. Stupeň disperze lze vypočítat pomocí Abbelova čísla. To udává rozdíl indexů lomu při různých vlnových délkách. Disperze roste se snižující se hodnotou Abbelova čísla, klesá také kvalita zobrazení. Pro optická skla je tedy žádoucí dosáhnou co nejvyšší hodnoty Abbelova čísla. To lze vypočítat:

$$A = \frac{n_d - 1}{n_f - n_c}$$

Kde: A = Abbelovo číslo

n_c, n_d, n_f = indexy lomu značící vlnové délky Fraunhoferových linií (pro
 $c = 656,3 \text{ nm}$, pro $d = 589,2 \text{ nm}$ a pro $f = 486,1 \text{ nm}$)

Odrazivost neboli reverzibilita nám říká, kolik světla při kolmém dopadu na povrch se vrátí stejným směrem. Snaha výrobců optických skel je dosáhnout co nejnižší hodnoty, jelikož s rostoucí odrazivostí klesá kvalita zobrazení. Optická skla jsou z toho důvodu také opatřena antireflexní vrstvou. Matematicky lze reverzibilitu vyjádřit vztahem:

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

Kde: R = odrazivost

n_1, n_2 = indexy lomu sousedních prostředí

Absorpce, českým názvem pohltivost nám říká kolik světla o určité vlnové délce je daný materiál schopen do sebe vstřebat. Pohlcování vlnových délek z viditelné oblasti spektra je jev nežádoucí, jelikož se zvýšením hodnoty absorpce dochází ke zmenšení viditelnosti. Absorbance lze vypočítat pomocí Kirchhoffova zákona o tepelném vyzařování:

$$A = 1 - R - T$$

Kde: A = absorpce

R = odrazivost

T = propustnost

Propustnost neboli transmitance, je veličina udávající kolik světla sklem projde. Je to bezrozměrná veličina a její hodnota u běžného skla o tloušťce několika milimetrů bývá kolem 90 %. Toto je hodnota propuštěných vlnových délek z viditelné oblasti spektra. Sklo téměř nepropouští záření ultrafialové. Infračerveného záření projde sklem pouze část. Propustnost závisí na složení a struktuře materiálu, vlnové délce dopadajícího světla, směru dopadajícího a propuštěného záření a polarizaci světla. Vztah lze vyjádřit:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Kde: T = propustnost

I = intenzita světla, které prošlo vzorkem

I₀ = intenzita světla, které vstoupilo do vzorku

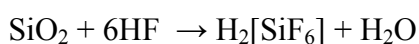
Hustota je veličina nazývaná často také měrnou hmotností, je závislá nejen na složení skla, teplotě okolí, ale také i na tepelné historii skla (např. na rychlosti chlazení skla). Běžná hodnota hustoty skla je 2200 kg/m³, může však dosahovat hodnoty až 6000 kg/m³ v případě skla olovnatého.

Tvrдость, stejně jako hustota závisí na složení skla, teplotě okolí, ale také i na tepelné historii skla. Tvrдость skla podle Mohseovy stupnice se pohybuje od 5 do 7. Nejtvrdší je sklo obsahující kolem 13 hmotnostních procent oxidu boritého. Nejměkčí je sklo olovnaté. Při řezání skla křemenem nebo ocelí jsou zanechávány na skle vrypy, proto se používají ocelová kolečka, nejvhodnější pro řezání skla je diamant.

Mechanická pevnost závisí na tloušťce skla, jeho složení, opracování hran a vadách, které se ve skle nacházejí. Sklo vydrží větší zátěž při zatížení krátkodobém. Při dlouhodobějším zatížení se projeví únava materiálu a sklo praskne. Sklo lze povrchově upravovat neboli tvrdit, což je metoda založená na prudkém ochlazení povrchu skla, které na něm vyvolá tlakové přepětí. Toto přepětí lze na povrchu vyvolat i chemickou cestou, která je založená na iontové výměně.

Křehkost je nechtěnou vlastností skla. I při menších deformacích ve skle vzniká obrovské pnutí, které sklo není schopno snést, proto praská. Křehký lom je nejčastěji způsoben tahovým napětím, neboť pevnost v tahu je asi 10x nižší než pevnost v tlaku. To, že sklo vnímáme, jako křehký materiál souvisí s tím, že se sklem většinou pracujeme ve formě tenkovrstvých výrobků.

Chemická odolnost: Sklo je poměrně nereaktivní látka. Je na vzduchu i ve vodě stálé, odolné vůči většině kyselin i zásad. Jedinou sloučeninou, se kterou sklo reaguje je kyselina fluorovodíková a to podle rovnice: (1) (4) (6) (7)

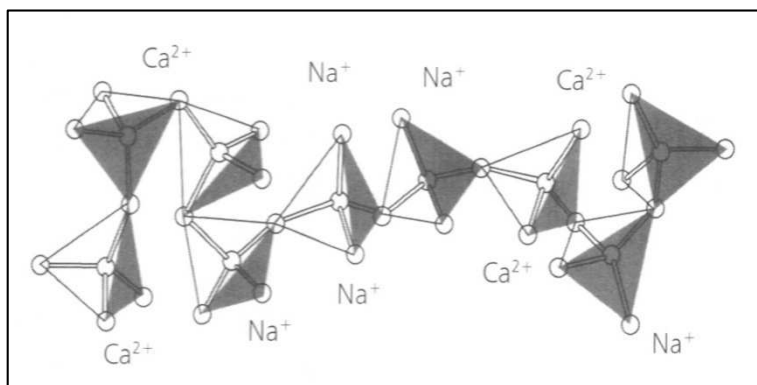


2.1.1.4 VÝROBA SKLA

Technologický postup výroby skla lze rozdělit do pěti fází:

Příprava vsázky: Tyto homogenizační procesy probíhají v kamenárně. Veškeré suroviny je třeba navážít, rozemlít a důkladně smísit s vodou. Tuto směs poté nazýváme sklářským kmenem. Pokud do takto připravené směsi přidáme ještě sklářské střepey, vsádka je hotova.

Tavení, čerení a homogenizace: Všechny tyto procesy probíhají ve sklářské peci při teplotě 1400°C až 1600°C. Během tavení dochází k chemické reakci, při níž vznikají makromolekulární řetězce tetraedrů tvořeny $(\text{SiO}_3)^{2-}$ skupinami, jejichž náboj je vyrovnáván kladnými ionty kovu (Obr. 2).



Obr. 2: Struktura skla v roztaveném stavu

Během dalšího zvýšení teploty jsou k tavenině přidávány čeridla, díky jimž jsou z taveniny uvolňovány plyny vznikající probíhajícími reakcemi. Při homogenizaci dochází k důkladnému promíchání roztaveného skla.

Mezi procesy tvarování patří foukání, lisování, lití, tažení nebo válcování. Je důležité udržovat stále stejnou teplotu, aby nedocházelo k předčasné krystalizaci materiálu. Za zajímavý způsob tvarování lze považovat Float proces, při kterém se sklo nechává roztéct v peci s roztaveným cínem. Vlivem povrchového napětí sklo získává rovnoměrnou tloušťku a hladký povrch.

Ochlazení: Řízené ochlazení probíhá ve speciálních pecích při teplotě 400°C až 700°C. Při této teplotě jsme schopni zabránit vzniku vnitřního pnutí, a také nevhodně rozloženého napětí a tím také zvýšit pevnost skla. Po úplném ochlazení jde sklo nadále povrchově opracovávat (například broušením). (1) (4) (6)

2.2 ORGANICKÉ MATERIÁLY

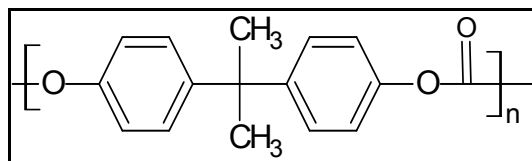
Látky organického původu jsou látky složené ze tří základních prvků a to uhlíku, kyslíku a vodíku. Tyto prvky mohou být dále doplněny prvky jako je síra selen či atomy kovů. Můžeme je používat stejným způsobem jako skla anorganického původu, a to na zasklívání oken, skla do brýlí, či do očních čoček. Na rozdíl od křemičitého skla tyto materiály nejsou tak křehké a jsou odolné vůči průrazu, proto jsou všestranně lépe využitelné. Mezi nejpoužívanější zástupce organického skla řadíme allylovou pryskyřici CR – 39, známou také jako Orma, polymethylmethakrylát a polykarbonát. CR – 39 je tvrdá pryskyřice patřící do skupiny allylových esterů. Polymethylmethakrylát je známější pod názvem plexisklo. Tento název dostala tato polymerní látka podle firmy Plexiglas, sídlící v Německu. Tato firma polymethylmethakrylát vyráběla jako první. Dále se již budeme věnovat pouze polykarbonátu. (4) (8)

2.2.1 POLYKARBONÁT

Zkráceně PC, je polymerní látka patřící do skupiny termoplastů, to znamená, že se při zvýšené teplotě dá tvarovat a stává se elastickou. Na rozdíl od reaktoplastů při snížení teploty nazpět ztuhne. Tuto akci můžeme provádět opakovaně bez změny chemické struktury daného plastu. Polykarbonát byl poprvé připraven v roce 1898 Einhornem, ale intenzivně se začal studovat až v roce 1930. Zajímavostí je že 75 % dnešního trhu s polykarbonátem ovládá společnosti SABIC Innovative Plastics (formálně známá jako General Electric) a Bayer Material Science. (9) (1)

2.2.1.1 STRUKTURA POLYKARBONÁTU

Polykarbonát lze formálně popsat jako lineární řetězec polyesteru odvozený od kyseliny uhličitě a sloučeniny obsahující dvě hydroxylové skupiny (schematicky značené jako HO-X-OH), především na bázi 2,2-bis-(4-hydroxyfenyl)-propanu (Obr. 3). (1) (10)



Obr. 3: Chemická struktura polykarbonátu

2.2.1.2 SLOŽENÍ POLYKARBONÁTU

Polykarbonát lze připravit ze dvou chemických látek z fosgenu a bisfenolu A. Tato látka má systematický název 2,2'-(4,4'- dihydroxydifenyl) propan, a je známá též pod názvem dian.

Fosgen je bezbarvý, prudce jedovatý plyn. Tento plyn se používá při polykondenzaci polykarbonátu, jelikož kyselina uhličitá, která by měla být základní látkou při výrobě je kyselina slabá a nereagovala by s dalšími látkami účastnicími se reakce. Fosgen můžeme připravit vedením směsi plynů oxidu uhelnatého a chloru přes aktivní uhlí.

Bisfenol A je látka, která se používá při výrobě všech známých druhů polykarbonátů. Lze připravit kondenzací fenolu s acetonem. Produkt vzniklý touto reakcí není čistý, proto je nutné provést několika násobnou rekrystalizaci. (11)

2.2.1.3 VLASTNOSTI POLYKARBONÁTU

Polykarbonát je tvrdý, rozměrově stabilní, transparentní termoplast, který má mnoho aplikací a možností využití. Tento všestranně použitelný termoplast zachovává své vlastnosti v širokém rozsahu teplot, od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, má nejvyšší odolnost proti nárazu je transparentní až do tloušťky 32 mm, má vynikající rozměrovou a tepelnou stabilitu, odolnost proti znečištění, je netoxický a vyznačuje se malou nasákavostí. Polykarbonát je opticky čirý a poskytuje úplnou propustnost světla s nízkým faktorem zákalu. Vysoká odolnost proti nárazu ho činí odolným vůči opakovaným úderům, roztržení a drolení. (12)

Polykarbonát má velice dobré mechanické vlastnosti, jeden z nejužších ukazatelů je rázová pevnost, neboli odolnost materiálu při dynamickém zatížení (tj. dopadající těleso).

Pevnost v tahu a tlaku má hodnotu zhruba 60 MPa. Pokud tuto veličinu měříme za ohybu, její hodnota se zdvojnásobí. Pevnost v tlaku je 80 – 90 MPa. Díky rázové houževnatosti polykarbonát tloušťky několika milimetrů nelze bez vrubu přerazit.

Hustota polykarbonátu je 1,17 až 1,22 g / cm³.

Tato polymerní látka vykazuje malé elastické protažení. Tato hodnota začíná růst až při tahovém napětí vyšším než 50 MPa. Na rozdíl od ostatních termoplastů má polykarbonát při dlouhodobých zkouškách pomalý studený tok.

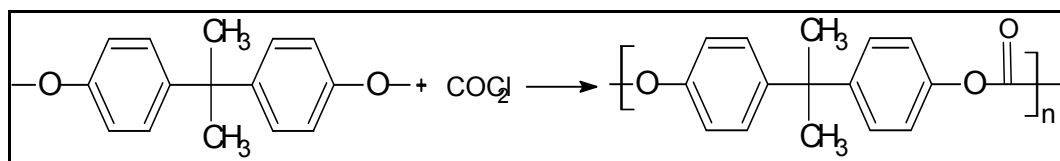
Polykarbonát patří mezi plasty, to znamená, že jeho teplotní roztažnost je poměrně velká. Součinitel teplotní roztažnosti dosahuje hodnot okolo 0,065 mm / mK. V našich klimatických podmínkách tj. podmínkách mírného pásu je nutno počítat s roztažností 3 mm na metr ve všech směrech.

Hodnoty propustnosti elektromagnetického záření polykarbonátem je velmi rozmanité. Existují polykarbonáty jak s nízkou propustností, kde hodnoty mohou dosáhnout až 5 % tak i s propustností vysokou, kde hodnoty mohou dosahovat více jak 80 %. Polykarbonát propouští většinu vlnových délek z oblasti viditelného a infračerveného spektra.

Polykarbonát se značí vysokou chemickou stálostí a to dokonce při dlouhodobém působení zvýšené teploty, nebo ozařování pomocí UV světla. Tato nevídaná stabilita je dána úpravou povrchu při výrobě, kdy se na něj nanáší vrstva, která povrch před tímto zářením chrání. Je stálý i ve vodě a na vzduchu. Odolnost polykarbonátu záleží na koncentraci látky a teplotě, při které je polykarbonát dané látce vystaven. Mezi látky, kterým polykarbonát neodolává, jsou: metylalkohol, aromatická rozpouštědla, silné zásady, aminy, čpavek, aldehydy, ketony a estery. Tato chemická neodolnost se projevuje změnou barvy nebo tvaru polykarbonátu. (1) (8)

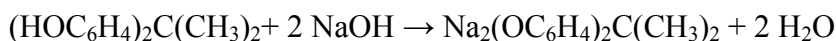
2.2.1.4 VÝROBA POLYKARBONÁTU

Nejčastěji se polykarbonát připravuje polykondenzací bisfenolu A a fosgenu (Obr. 4).

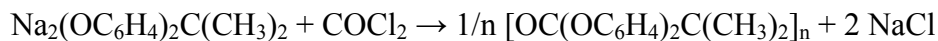


Obr. 4: Příprava polykarbonátu z bisfenolu A a fosgenu

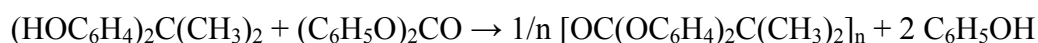
První krok zahrnuje deprotonizaci hydroxylových skupin bisfenolu A pomocí hydroxidu sodného. Tato reakce probíhá podle následující rovnice:



Fenolická skupina bisfenolu A reaguje s fosgenem za vzniku chloroformiátu, který je následně napaden fenolickou skupinou další molekuly bisfenolu A. Tuto reakci vystihuje rovnice:



Tímto způsobem je ročně vyrobeno přibližně milion kilogramů polykarbonátu. K přípravě polykarbonátu bylo vyzkoušeno mnoho jiných diolů jako 1,1-bis (4-hydroxyfenyl) cyklohexan a dihydroxybenzofenon. Nejekologičtější přípravou se však ukázala reakce bisfenolu A s difenylem karbonylu, který je částečně odvozen od oxidu uhelnatého. Reakci přípravy můžeme vyjádřit jako: (13)



2.3 MLŽENÍ

Odborným termínem také kondenzace vodních par. Vzduch za určité teploty obsahuje určité množství vodních par. Pokud se teplota sníží, vzduch je schopen pojmout větší množství tohoto plynu. Poté když se tato pára přiblíží ke chladnějšimu tělesu (například ke sklu), tak na základě prvního termodynamického zákona (který nám říká, že celkové teplo izolované soustavy zůstává konstantní) se ochladí a pára zkapalní. Aby k tomuto ději došlo, teplota musí být nižší než teplota rosného bodu. Molekuly vody se ve vzduchu volně pohybují, proto dochází k jejich srážkám. Tato srážka může být dynamická, v tom případě se molekuly od sebe odrazí, pokud však molekuly nemají dostatečnou energii, dojde k vytvoření vazby mezi atomy vodíku jedné molekuly a kyslíku molekuly druhé pomocí vodíkové vazby. Tímto způsobem se tvoří dlouhé řetězce. Jestliže je řetězec dostatečně dlouhý, můžeme jej pozorovat jako kapku vody. (14) (15)

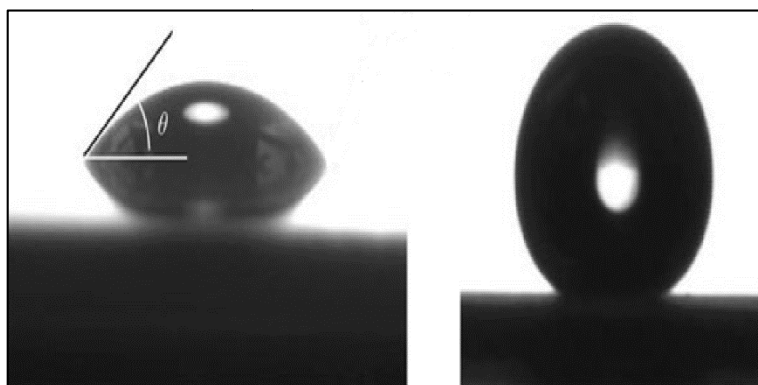
2.3.1 ROSNÝ BOD

Čím více snížíme teplotu, tím větší bude relativní vlhkost vzduchu. Při dosažení 100 % vlhkosti vzduchu, pára z kondenzuje. Teplotu kondenzace vodní páry nazýváme teplotou rosného bodu vzduchu. Hodnota této veličiny je běžně mezi 10 – 13°C. Jelikož je hodnota rosného bodu závislá na teplotě i na tlaku, kondenzace bude ovlivněna i ročním obdobím. (16)

2.3.2 HYDROFILITA A HYDROFOBICITA

Aby se dosáhlo toho, že povrch se nebude mlžit, je třeba ho pokrýt látkami, které budou vodu odpuzovat nebo naopak přitahovat. Pokud voda povrch dokonale smáčí, mluvíme o látce hydrofilní. Pokud voda povrch nesmáčí, jedná se o látku hydrofobní. Tyto vlastnosti můžeme využít nejen k výrobě ochranných vrstev, samočisticích povrchů, ale také pro výrobu vrstev, které by zabraňovaly mlžení nejen skla, ale i polykarbonátu. (17)

Míru smáčivosti povrchu lze definovat pomocí teorie kontaktního úhlu. Jedná se o úhel na rozhraní tří prostředí a to plynu (v našem případě mluvíme o vzduchu), dále kapaliny (například vody) a pevné fáze (kterou si můžeme představit jako podložku, na které je kapka vody nanesená). Pokud tento úhel je větší než 90° daný povrch není smáčivý (Obr. 5). V opačném případě, pokud je menší jak 90° je povrch smáčivý (Obr. 8). Jestliže použijeme za kapalinu, kterou měříme, použijeme vodu, mluvíme pak o látkách hydrofobních a hydrofilních.



Obr. 5: Kapka vody na hydrofilním povrchu (vlevo), kapka vody na hydrofobním povrchu (vpravo)

Kontaktní úhel je závislý na povrchovém napětí dané kapaliny a je definován Youngovým vztahem:

$$\cos\theta = \frac{(\gamma_{SG} - \gamma_{SL})}{\gamma_{LG}}$$

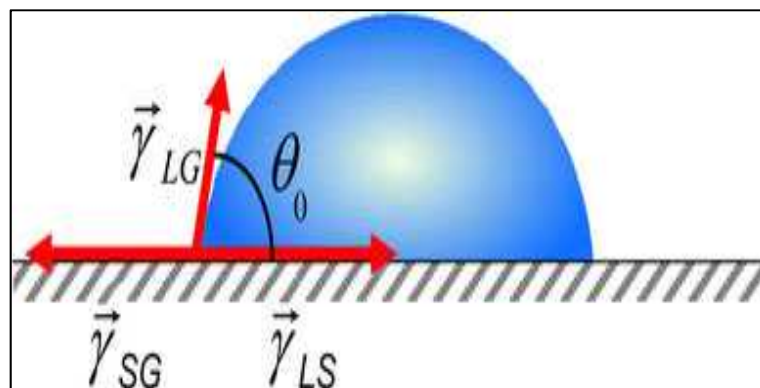
Kde: θ = velikost kontaktního úhlu

γ_{SG} = velikost síly mezi pevnou látkou a plynem

γ_{LG} = velikost síly mezi kapalinou a plynem

γ_{SL} = velikost síly mezi pevnou látkou a kapalinou

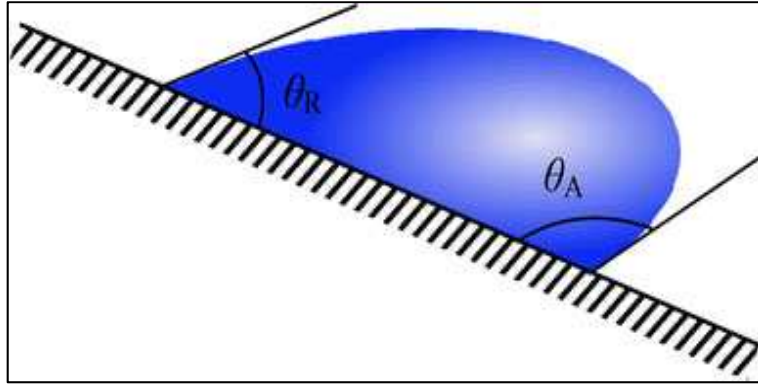
Povrchové napětí je napětí, které existuje na rozhraní dvou systémů a to rozhraní pevné látky a kapaliny, kapaliny a plynu a pevné látky a plynu. Tato veličina úzce souvisí s povrchovou energií. Jedná se o důsledek chybějících přitažlivých sil, které by se měly nacházet na povrchu dané kapaliny a tím zvýšit energii soustavy. Povrchové napětí lze také vyjádřit jako energie působící na jednotku plochy, nebo síla působící na jednotku délky. Pomocí této definice lze systém charakterizovat třemi vektory (Obr. 6). (17)



Obr. 6: Vektory síly mezi jednotlivými fázovými rozhraními

2.3.2.1 HYSTEREZE

Youngův vztah platí pouze pro dokonale hladké, homogenní, rovné povrchy. Většina reálných povrchů je však plna nedokonalostmi, povrchových vad a chemických nehomogenit. Tento problém se proto řešil náhradou Youngova statického úhlu za úhel dynamický. Ten je definován pomocí dvou vstupních úhlů. Rozdíl těchto úhlů je nazýván jako hystereze a slouží k popisu nedokonalých povrchů (Obr. 7). (17)



Obr. 7: Vstupní kontaktní úhly nerovného povrchu

2.3.2.2 WENZELOVA TEORIE

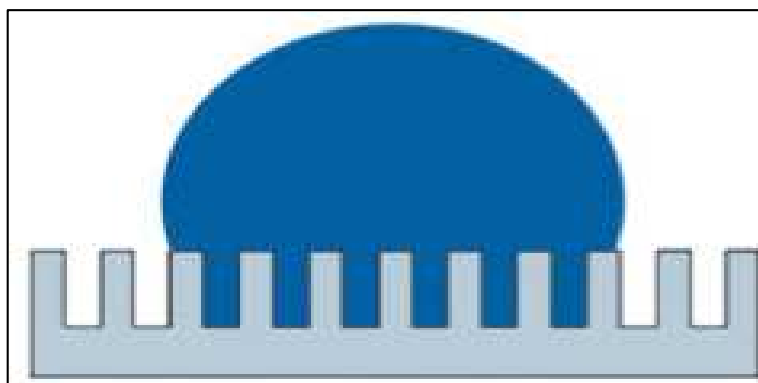
Pokud si strukturu povrchu představíme v nanoměřítku, budeme ho vnímat jako nerovný a drsný. Základem Wenzelové teorie je předpoklad, že kapalina zaplňuje všechny mezery, vzniklé nerovnostmi povrchu (Obr. 8). Velikost povrchu se zvětšuje s množstvím nerovností, které na něm můžeme najít. Tento zdánlivý kontaktní úhel je vyjádřen pomocí rovnice:

$$\cos\theta' = \rho \cdot \cos\theta$$

Kde: θ' = zdánlivý kontaktní úhel

θ = kontaktní úhel podle Younga

ρ = parametr nerovností povrchu



Obr. 8: Kapka kapaliny na povrchu pevné látky dle Wenzela

Takto upravená rovnice nám ukazuje, že pokud kontaktní úhel na dokonalém povrchu je menší 90° , potom kontaktní úhel na povrchu drsném bude ještě menší. Jestliže však úhel na hladkém povrchu bude vyšší než 90° , na drsném povrchu bude ještě vyšší.

2.3.2.3 CASSIEOVA TEORIE

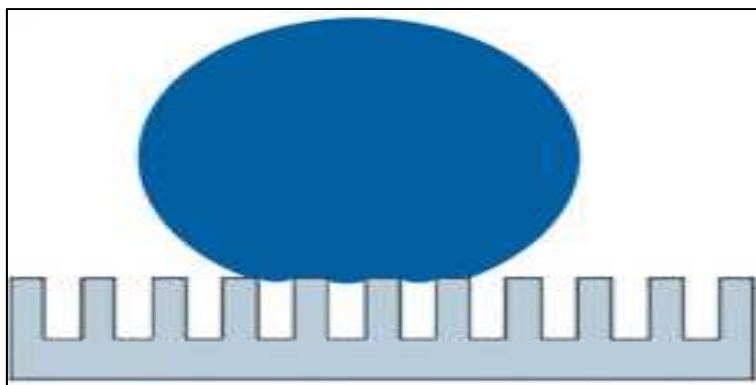
Na rozdíl od Wenzelové teorie nám říká, že mezery, způsobené nerovnostmi povrchu jsou vyplněné vzduchovými kapsami. Tento povrch, jenž je složen ze dvou fází se nazývá kompozitní, tím pádem tato teorie zahrnuje i nehomogenitu povrchu (Obr. 9). Kontaktní úhel je poté vyjádřen pomocí rovnice:

$$\cos \theta' = -1 + \phi (\cos \theta + 1)$$

Kde: θ' = zdánlivý kontaktní úhel

θ = kontaktní úhel dle Younga

ϕ = pevný zlomek povrchu



Obr. 9: Kapka kapaliny na povrchu pevné látky dle Cassia

Na základě této teorie, nezáleží na tom, jestli je kontaktní úhel menší nebo větší než 90° , po jeho úpravě hodnota vždy vzroste.

2.3.2.4 PŘECHOD MEZI CASSIEHO A WENZELOVÝM STAVEM

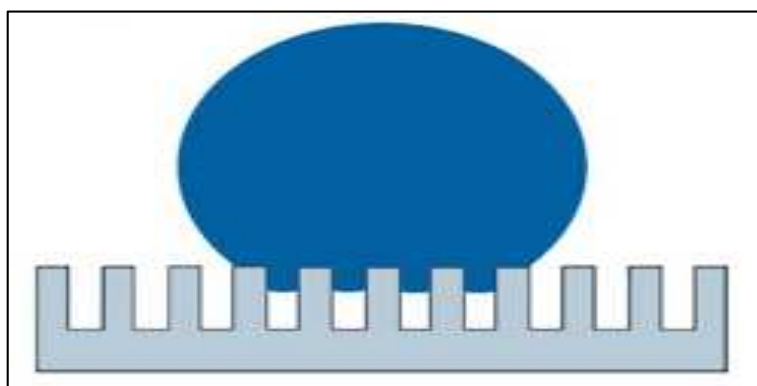
Na základě Wenzelové a Cassieho teorie můžeme vypočítat různé hodnoty kontaktního úhlu. Experimentálně se zjistilo, že pokud je kapka pod tlakem lze použít přechod z jednoho modelu do druhého. Existuje tedy stav přechodný (Obr. 10). Kapalina postupně zaplňuje mezery, které v povrchu jsou důsledkem jeho nerovnosti, a to vede ke snížení kontaktního úhlu. Pro tento stav platí rovnice:

$$\cos\theta' = (f - 1)(\rho - f)$$

Kde: θ = kontaktní úhel

f = zastoupení pevné fáze na povrchu

ρ = parametr nerovnosti povrchu



Obr. 10: Kapka kapaliny na povrchu pevné látky na přechodu mezi Wenzelova a Cassieho vztahu

Pokud je celkový kontaktní úhel na hladkém povrchu menší než kontaktní úhel vypočítaný rovnicí vystihující přechod mezi Wenzelovou a Cassieho teorií, daný povrch je metastabilní a časem jeho hodnota bude stejná, jako by byla vypočítána Wenzelovou teorií. Hodnota celkového kontaktního úhlu se bude rovnat kontaktnímu úhlu vypočítanému dle Cassieho teorie, jestliže kontaktní úhel vypočítaný pomocí přechodu mezi Wenzelovou a Cassieho teorií bude minimální, nebo pokud povrch bude silně hydrofobní. (17) (18)

2.3.3 MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU

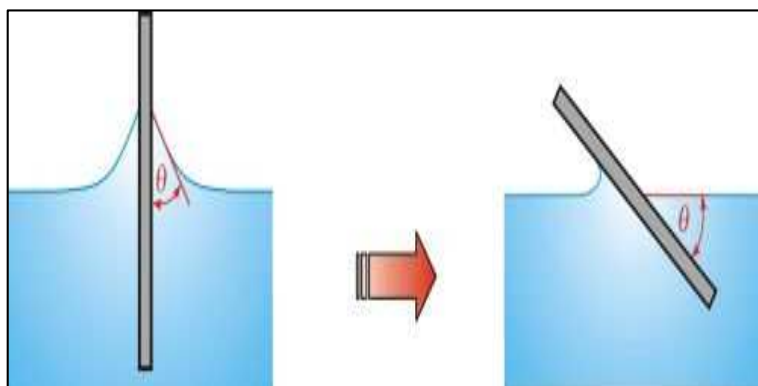
Kontaktní úhel neboli úhel smáčení, je jedna z mála veličin fázového rozhraní pevné látky, plynu a kapaliny, která lze změřit. Existují jak přímé tak i nepřímé metody, jak lze tento úhel změřit.

2.3.3.1 PŘÍMÉ METODY

Jsou metody založené na goniometrickém měření. Do této skupiny řadíme: měření kontaktního úhlu na naklánějící se destičce a měření kontaktního úhlu na přisedlé kapce, nebo přilínající se bublině.

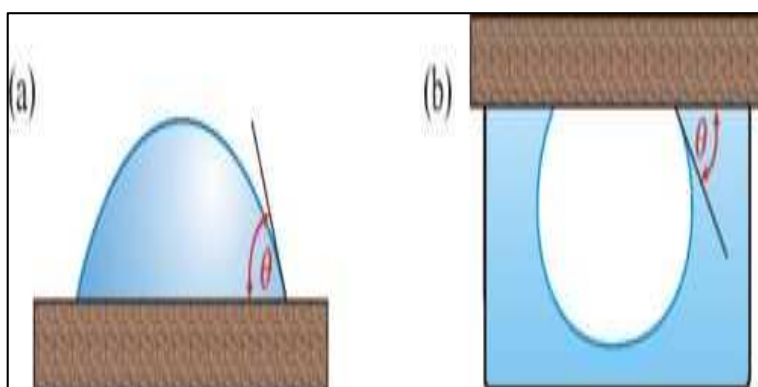
Metoda měření kontaktního úhlu na naklánějící se destičce (Obr. 11): Tato metoda je jedno z nejstarších a nejjednodušších metod měření kontaktního úhlu. Destička ze

zkoumaného materiálu se ponoří do kapaliny a naklání se s ní tak dlouho, dokud jedna strana kapaliny, přiléhající k destičce není vodorovná. Úhel, který naměříme, je mezi destičkou a vodní hladinou. Je nutné zajistit, aby destička byla dokonale čistá. Tato metoda byla využívána pro měření úhlů menších než 10° . Nevýhodou této metody je, že výsledná hodnota leží mezi hodnotami vstupních úhlů hystereze.



Obr. 11: Měření kontaktního úhlu na naklánějící se destičce

Metoda měření kontaktního úhlu na přisedlé kapce, nebo přilínající se bublině (Obr. 12): Kapka je umístěna na pevné podložce, bublina je připevněná na pevné podložce a ponořená do kapaliny. Tyto útvary pozorujeme mikroskopem, vybaveným goniometrickým okulárem, díky němuž můžeme okamžitě odečíst daný úhel. Druhou z možností je vyhodnotit daný úhel z fotografie, vyhotovené přístrojem. Tyto způsoby měření kontaktního úhlu jsou velice nepřesné.



Obr. 12: Měření kontaktního úhlu na přisedlé kapce, nebo přilínající se bublině

2.3.3.2 NEPŘÍMÉ METODY

Pomocí těchto metod, není možné kontaktní úhel stanovit přímo, jsou založené na tenzometrických metodách, nebo na analýze profilu kapky. Mezi dvě základní metody řadíme stanovení kontaktního úhlu na drsných rovinných plochách a stanovení kontaktního úhlu na práškových materiálech.

Stanovení tohoto úhlu na drsných površích je velice obtížné. Povrchy jsou morfologicky i energeticky nehomogenní, proto se smáčí nepravidelně. Kapka je pozorována ze shora mikroskopem, poté je vyfocena a z obrazu je změřen střední průměr kapky. Spolu se známým objemem, hustotou a povrchovým napětím kapaliny jsme schopni vypočítat kontaktní úhel. I když tyto hodnoty nejdou použít pro vyhodnocování povrchových energií, poskytují nám cenné informace o smáčivosti daného povrchu.

Je hned několik způsobů jak změřit úhel smáčení na povrchu práškového materiálu. Prvním způsobem je slisovat práškový materiál, nanést na něj kapku a poté ho měřit pomocí metody přímé. Tato metoda se využívá hojně ve farmaceutickém průmyslu, nevýhodou je, že dochází k nepřesnostem způsobených drsností povrchu a možnými plastickými deformacemi prášku. Druhým způsobem je pronikání kapaliny do sloupce práškovitého materiálu. Metoda spočívá ve stanovení tlaku potřebného k zabránění pronikání kapaliny do materiálu. Tato metoda, také není moc přesná, je však vhodnější než metoda měření úhlu smáčení na povrchu slisovaných tablet. Poslední metodou je metoda měření rychlosti pronikající kapaliny do sloupce s práškovitým materiálem, která je založena na Poisseuilově rovnici. (19)

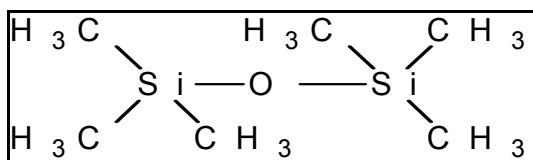
2.4 LÁTKY ZABRAŇUJÍCÍ MLŽENÍ

Jak už bylo výše zmíněno, existují dva způsoby, jak zabránit, aby se povrch zamlžil. Buď jej pokryjeme vrstvou látky se superhydrofilním efektem, tj. látky, jejíž kontaktní úhel je blízký 0° (u polykarbonátu se tento efekt projevuje, už při hodnotě menší jak 50°) anebo naopak látkou s efektem superhydrofobním, tj. látky jejíž kontaktní úhel se blíží hodnotě 150° .

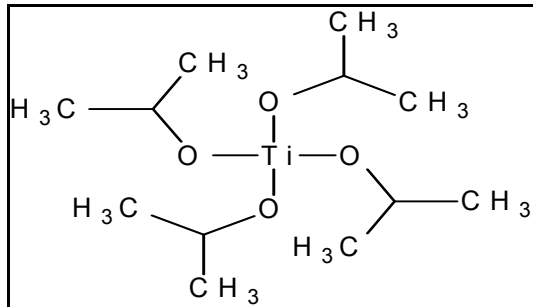
Mezi prvními látkami, které byly použity k povrchové úpravě za účelem zabránění mlžení, řadíme oxid titaničitý a oxid křemičitý, které byly nanášeny ve formě tenkých filmů. Nanofilm oxidu titaničitého byl připraven z tetrabutyl titanu, ethanolu a acetylacetonu. Pokud jej zahřejeme nad 500°C , změníme hydrofobní látku na hydrofilní s pórovitou strukturou. Pro zlepšení optických vlastností je nutné roztok obohatit o hydroxid sodný a kyselinu dusičnou připraveného v poměru 1:1. (20) (21)

Použitím oxidu křemičitého můžeme dosáhnout skvělých hydrofilních vlastností. Na sklo lze nanést film oxidu křemičitého pomocí plamenové metody, kdy jako prekurzor použijeme roztok hexamethyldisiloxanu (Obr. 13) v ethanolu. Vrstva oxidu křemičitého taky může být použita při voltametrickém měření, kdy se vrstva nanáší na foto anodu a tím se zlepšuje přesnost měření. Tento nátěr vydrží pouze 20 dnů, jelikož je připraven pouze nanášením koloidního roztoku nanočástic. (22) (23)

Existují také metody, které pro vytvoření nemlžících se povrchů využívají kombinaci těchto dvou již zmíněných oxidů. Tento povrch byl také vytvořen pomocí plamenové metody. Prekurzory v tomto případě byly propoxytitan (Obr. 14.) a hexamethyldisiloxan (Obr. 13) rozpuštěné v xylenu. Film nanesený na skle měl hydrofilní vlastnosti. (24)

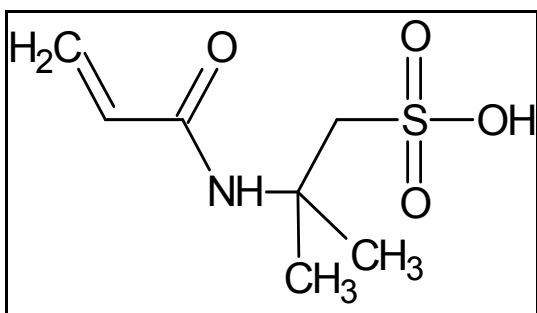


Obr. 13: Strukturní vzorec hexamethyl siloxanu

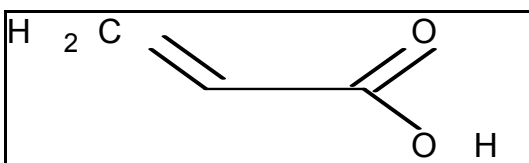


Obr. 14: Strukturní vzorec propoxy titanu

Nejvíce používány jsou polymerní látky. I ony mohou mít jak hydrofilní tak i hydrofobní vlastnosti. Pomocí radikálové kopolymerace AMPS neboli 2-akrylamido-2-methyl-propyl-sulfonové kyseliny (Obr. 15) lze připravit povrch hydrofilní. Pro dosažení optimálních vlastností se sklo s naneseným polymerem vytvrzuje pomocí UV záření. Při použití kyseliny akrylové (Obr. 16) lze dosáhnout přibližně stejných výsledků, jako v případě předchozím. (25) (26)

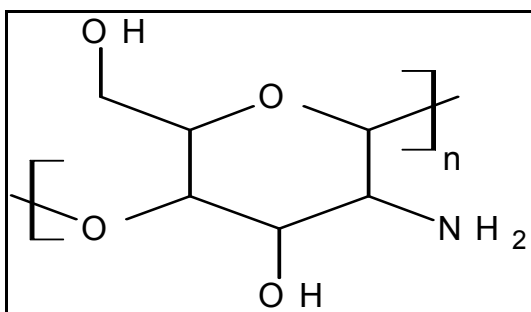


Obr. 15: Strukturní vzorec 2-akrylamido-2-methyl-propyl-sulfonové kyseliny

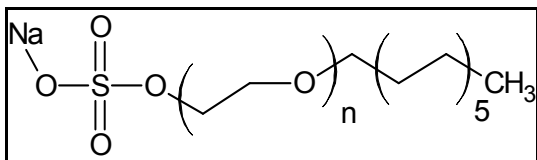


Obr. 16: Strukturní vzorec kyseliny akrylové

Velice zajímavou alternativou je použití chitosanu (Obr. 17) v kombinaci s laurethsulfátu sodného (Obr. 18), záporně nabitého surfaktantu, který má stejné vlastnosti jako by byl bez náboje. Pomocí kontaktního úhlu se zjistilo, že tato látka má hydrofobní charakter. (27)

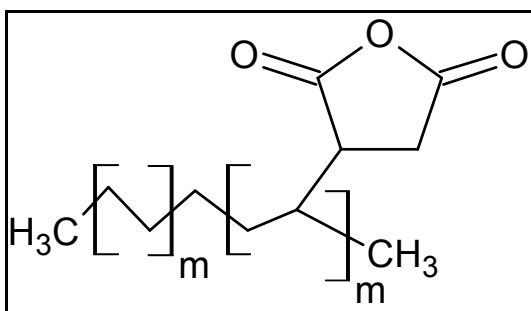


Obr. 17: Strukturní vzorec chitosanu

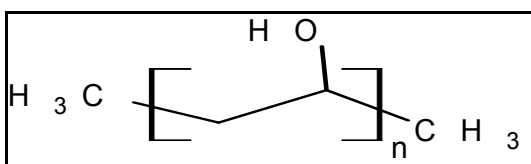


Obr. 18: Strukturní vzorec laureth sulfátu sodného

Pokud se na povrch aktivovaného skla nanese PEMA neboli anhydrid poly-(etyl-
maleinu), (Obr. 19.) a po zaschnutí PVA neboli poly-(vinyl alkohol), (Obr. 20) vznikne
jednotlivý povrch. I přes to, že naměřený kontaktní úhel je vyšší než 40°, nedochází
k zamlžování daného skla. Tato metoda je vhodná nejen pro aplikaci na křemičité sklo, ale
také pro polykarbonát. Ten musí být nejdříve upraven pomocí hexamethyldisiloxanu. (28)
(29)



Obr. 19: Strukturní vzorce PEMA

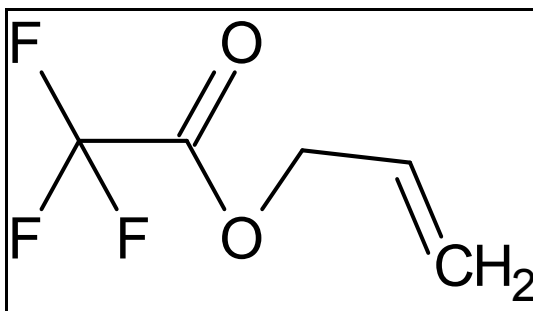


Obr. 20: Strukturní vzorem PEVA

Jako další způsob přípravy je možné použít syntézu polyethylenu (Obr. 21)
rozpuštěného v xylenu a allyl ester kyseliny trifluoroctové (Obr. 22). Takto připravený
roztok je nanášen na skleněné destičky a osvětčován pomocí gama záření. (30)



Obr. 21: Strukturní vzorec polyethylenu



Obr. 22: Strukturní vzorec allyl esteru kyseliny trifluoctové

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 CHEMIKÁLIE A MATERIÁL

Hexadecyltrimethoxysilan (technický, 85 %, Aldrich), (dále je uváděn pod zkratkou SI), kyselina perfluoroktanová (96 %, Aldrich), (dále je uváděna pod zkratkou PO), hydroxylamin hydrochlorid (99 %, Sigma – Aldrich), (dále je uváděn pouze jako hydroxylamin), kyselina dusičná (65 %, Lachner), kyselina chlorovodíková (35 %, Lachner), hydroxid sodný (Sigma – Aldrich), kyselina sírová (96 %, Lachner), peroxid vodíku (30 %, Penta), isopropylalkohol (Penta), destilovaná voda. Pro otestování efektivity anti-zamlžování bylo použito křemičité sklo, polykarbonát

3.2 EXPERIMENTÁLNÍ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ

Sušárna horkovzdušná Binder, magnetická míchačka s ohřevem SI Analysis, analytické váhy, Surface energy evaluation sysem neboli See System je přístroj, jehož funkcí je primárně měření kontaktního úhlu a povrchové energie. Vyznačuje se především lehkou ovladatelností a rychlým měřením. Je vybaven barevnou kamerou a posuvným stolcem, který je určen k přichycení vzorku. Měřidlo je připojeno k počítači pomocí USB portu.

3.3 POSTUP PRÁCE

Má práce v laboratoři sestávala ze dvou hlavních částí. V první fázi jsem se snažila sklíčko, či polykarbonát pokrýt takovou substancí, abych dosáhla ideálních vlastností, což v mém případě znamenalo dosáhnout toho, aby se sklo, či polykarbonát nemlžilo. V druhé fázi jsem se zaměřila na testování, zda se mi to podařilo, popřípadě jak moc.

Sklíčko jsem nejprve důkladně umyla saponátem, tímto způsobem jsem jej zbavila veškerých viditelných nečistot. Opláchla jej destilovanou vodou, aby na něm nezůstaly ani nechtěné ionty, které by mohly reakci ovlivnit. Nakonec jsem jej nechala na vzduchu uschnout. Takto připravené sklíčko bylo připravené k aktivaci. Ta se prováděla nejčastěji pomocí „piraňa“ roztoku, což je směs kyseliny sírové a peroxidu vodíku připraveného v poměru 2:1. Doba trvání byla 20 minut a prováděna byla při pokojové teplotě. Aktivace byla také prováděna pomocí kyseliny dusičné, chlorovodíkové, hydroxidu sodného, nebo popřípadě nebyla vykonaná vůbec. Doba trvání v těchto případech byla pouhých 5 minut a

teplota se pohybovala okolo 50 °C. Již aktivované sklíčko jsem opláchla destilovanou vodou a nechala na vzduchu usušit. Následně jsem na sklíčko aplikovala látku, jež by potencionálně mohla zabránit jeho zamlžení. Tato látka byla aplikovaná pokaždé za jiných podmínek. Tyto podmínky jsou definované níže. Sklíčka s již aplikovanou vrstvou jsem nechala zaschnout po dobu nejméně 24 hodin při pokojové teplotě. V případě polykarbonátu byl postup totožný.

Postup práce číslo 1: Sklo jsem ponořila do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % na dobu 5 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 2: Sklo jsem aktivovala pomocí „piraňa“ roztoku a ponořila jej do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % na dobu 5 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 3: Sklo jsem pouze aktivovala pomocí „piraňa“ roztoku.

Postup práce číslo 4: Sklo jsem aktivovala pomocí „piraňa“ roztoku a ponořila jej do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 %. Sklo bylo namočené po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 5: Sklo jsem aktivovala pomocí „piraňa“ roztoku a ponořila jej do 0,25 % roztoku SI v isopropanolu. Sklo bylo namočené po dobu 30 minut při teplotě 80 °C a druhý vzorek po dobu 60 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 6: Sklo jsem namočila do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 1:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 %. Sklo bylo v takhle připraveném roztoku ponořené po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 7: Sklo jsem namočila do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 9:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 %. Sklo bylo v takhle připraveném roztoku ponořené po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 8: Sklo jsem aktivovala pomocí „piraňa“ roztoku a namočila jej do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 1:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 %. Sklo bylo v takhle připraveném roztoku ponořené po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 9: Sklo jsem aktivovala pomocí „piraňa“ roztoku a namočila jej do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 9:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 %. Sklo bylo v takhle připraveném roztoku ponořené po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 10: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí kyseliny dusičné a ponořila jej do 0,25 % roztoku PO v isopropanolu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C

Postup práce číslo 11: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí hydroxidu sodného a ponořila jej do 0,25 % roztoku PO v isopropanolu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C

Postup práce číslo 12: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50ml kyseliny chlorovodíkové a 1 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C. Poté jsem do kádinky přidala 0,125 g PO. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 13: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50°C.

Postup práce číslo 14: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 1:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl v takhle připraveném roztoku ponořen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 15: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 9:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl v takhle připraveném roztoku ponořen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 16: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50ml kyseliny chlorovodíkové a 1 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C. Poté jsem polykarbonát omyla a nechala na vzduchu oschnout. Suchý polykarbonát jsem ponořila do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 17: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50ml kyseliny chlorovodíkové a 5 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C. Poté jsem do kádinky přidala 0,125 g PO. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 18: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí kyseliny chlorovodíkové a ponořila jej do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 19: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí kyseliny chlorovodíkové a ponořila jej do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 1:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl v takhle připraveném roztoku ponořen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 20: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí kyseliny chlorovodíkové a ponořila jej do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 9:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl v takhle připraveném roztoku ponořen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 21: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí kyseliny dusičné a ponořila jej do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 22: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí kyseliny dusičné a ponořila jej do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 1:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl v takhle připraveném roztoku ponořen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C.

Postup práce číslo 23: Polykarbonát jsem aktivovala pomocí kyseliny dusičné a ponořila jej do roztoku isopropanolu s vodou připraveného v poměru 9:1 a dále do něj aplikovala SI o koncentraci 0,25 %. Polykarbonát byl v takhle připraveném roztoku ponořen po dobu 30 minut při teplotě 50°C.

Postup práce číslo 24: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 5 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání. Poté jsem polykarbonát omyla a nechala na vzduchu oschnout. Suchý polykarbonát jsem ponořila do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání.

Postup práce číslo 25: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50ml kyseliny chlorovodíkové a 5 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání. Poté jsem do kádinky přidala 0,125 g PO. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání.

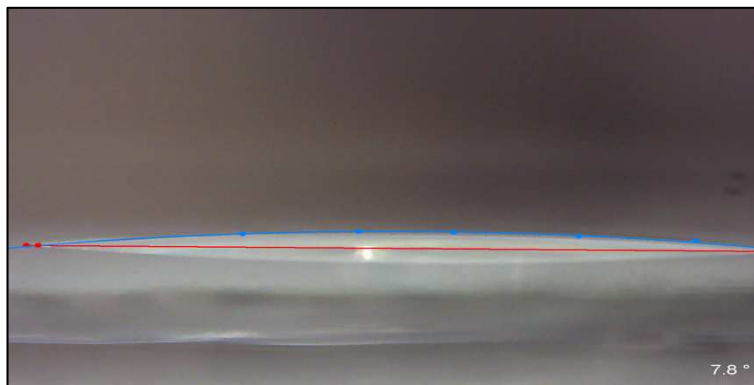
Postup práce číslo 26: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50ml kyseliny chlorovodíkové a 7,5 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání. Poté jsem polykarbonát omyla a nechala na vzduchu oschnout. Suchý polykarbonát jsem ponořila do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání.

Postup práce číslo 27: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50ml kyseliny chlorovodíkové a 7,5 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání. Poté jsem do kádinky přidala 0,125 g PO. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C za stálého míchání.

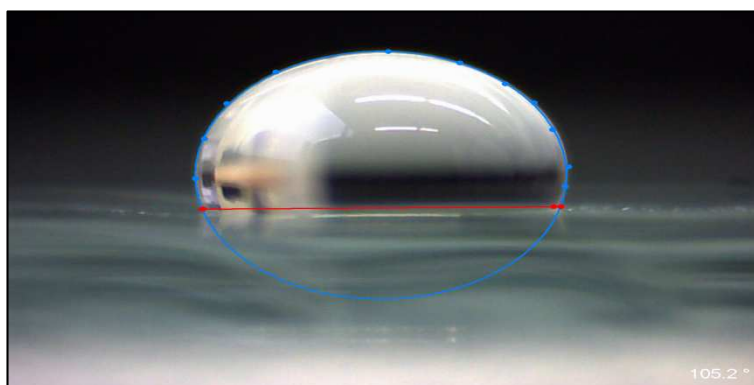
Postup práce číslo 28: Polykarbonát jsem ponořila do roztoku sestávajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 7,5 g hydroxylaminu. Polykarbonát byl namočen po dobu 30 minut při teplotě 50 °C. Poté jsem polykarbonát omyla a nechala na vzduchu oschnout.

Suchý polykarbonát jsem ponořila do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %. Takto připravený roztok byl ponechán 30 minut při teplotě 50 °C.

V druhé fázi jsem se zaměřila na testování předpřipravených vzorků. Ty jsem testovala jak vizuálně tak i pomocí experimentální techniky. Do kádinky jsem nalila destilovanou vodu a dala ji vařit. Jakmile voda začala vřít a přeměňovat se v páru, přiložila jsem zkoumaný vzorek nad kádinku a pozorovala, zda se vzorek zamlžil zcela, z části, nebo zda se nemlží vůbec. Zjištěné poznatky jsou součástí tabulek ve výsledkové části. Jelikož tato zkouška je celkem relativní, potřebovala jsem tyto výsledky podložit daty. Jako vhodná metoda pro tento účel se ukázala metoda měření kontaktního úhlu. Zkoumaný vzorek jsem položila na přístroj nazývaný se See System. Pomocí závitu, jenž upravoval vzdálenost plošiny, její výšku a ostrost obrazu jsem nastavila ideální podmínky pro zachycení kapky v co nejlepším obraze. Ten jsem poté zachytila a pomocí stejnojmenného programu nainstalovaného v počítači jsem změřila potřebné parametry. Ty jsem si zapsala a dále zpracovala v kapitole výsledků. Na následujících obrázcích můžete vidět příklad snímku kapky na hydrofilním a hydrofobním povrchu vytvořeného v tomto programu.



Obr. 23: Obrázek kontaktního úhlu kapky na hydrofilním povrchu



Obr. 24 Obrázek kontaktního úhlu kapky na hydrofobním povrchu

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Postupy jednotlivých prací a jejich výsledky, jež jsou pro přehlednost vloženy do tabulek. Jako základní povrchy pro nanášení látek, zabraňujících mlžení jsem použila křemičité skla a polykarbonát. Struktura, složení, vlastnosti a výroba byla zmíněna již v teoretické části. Jelikož každá firma křemičité sklo vyrábí z různého poměru jednotlivých surovin, testované látky jsem nanášela na skla od dvou různých výrobců, proto se výsledky jednotlivých měření mírně liší, i když by se mělo jednat o stejnou látku. Jednotlivé vzorky byly široké 1 cm a dlouhé 3 cm. Druhy skel v tabulkách jsou od sebe rozlišené na „bílé“ a „průhledné“. Toto rozlišení bylo vymyšleno na základě barvy vrchní části skla, na kterou se zkoumaná látka nenanášela. V tabulkách jsou údaje měřeny první den po aplikaci a také údaje měření, které bylo provedeno tři až šest měsíců po nanesení modifikační vrstvy. Velikosti měření se mohou značně lišit. To může být způsobeno různou koncentrací navázaných či aktivovaných skupin na povrchu vzorku, proto nepřesnost i několika jednotek, nebo dokonce desítek stupňů je v tomto případě zanedbatelná.

Tabulka 1: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení čistého skla bez nanesené látky.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN
MĚŘENÍ 1.	14,9°
MĚŘENÍ 2.	15,2°
MĚŘENÍ 3.	14,3°
MĚŘENÍ 4.	14,7°
PRŮMĚR	14,8°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE

Tabulka 2: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení čistého skla bez nanesené látky.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN
MĚŘENÍ 1.	19,8°
MĚŘENÍ 2.	20,3°
MĚŘENÍ 3.	17,6°
MĚŘENÍ 4.	18,8°
PRŮMĚR	19,1°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE

Tabulka 3: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 1 tj. ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	25,4	24,9°	< 7°
MĚŘENÍ 2.	21°	19,4°	< 7°
MĚŘENÍ 3.	15,2°	18,8°	< 7°
MĚŘENÍ 4.	23,3°	22,6°	< 7°
PRŮMĚR	21,2°	21,4°	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°
OPTICKÝ POSUDEK	ZAMLŽÍ SE A HNED ODMLŽÍ	ZAMLŽÍ SE A HNED ODMLŽÍ	NEMLŽÍ SE

Tabulka 4: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 1 tj. ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C, měřeného půl roku od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	< 7°	< 7°	< 7°
MĚŘENÍ 2.	< 7°	< 7°	< 7°
MĚŘENÍ 3.	< 7°	< 7°	< 7°
MĚŘENÍ 4.	< 7°	< 7°	< 7°
PRŮMĚR	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ	NEMLŽÍ SE	NEMLŽÍ SE

Tabulka 5: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 1 tj. ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	23,8°	24,5°	35,7°
MĚŘENÍ 2.	27,2°	25,1°	33,5°
MĚŘENÍ 3.	30,7°	25,5°	33,3°
MĚŘENÍ 4.	26,5°	26,2°	32,2°
PRŮMĚR	27,1°	25,3°	33,7°
OPTICKÝ POSUDEK	NEMLŽÍ SE	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 6: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 1 tj. ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C, měřeného půl roku od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	18,5°	26,8°	35,2°
MĚŘENÍ 2.	20,7°	21,8°	29,6°
MĚŘENÍ 3.	25,3°	19,6°	34,5°
MĚŘENÍ 4.	29,0°	34,3°	20,2°
PRŮMĚR	23,4°	25,7°	29,9°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 7: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 2 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	18,5°	26,8°	35,2°
MĚŘENÍ 2.	20,7°	21,8°	29,6°
MĚŘENÍ 3.	25,3°	19,6°	34,5°
MĚŘENÍ 4.	29,0°	34,3°	20,2°
PRŮMĚR	23,4°	25,7°	29,9°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 8: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 2 tj. aktivovaného pomocí „piraña“ roztoku a ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C, měřeného půl roku od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	< 7°	< 7°	42,1°
MĚŘENÍ 2.	< 7°	< 7°	39,8°
MĚŘENÍ 3.	< 7°	< 7°	37,0°
MĚŘENÍ 4.	< 7°	< 7°	37,5°
PRŮMĚR	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	39,1°
OPTICKÝ POSUDEK	NEMLŽÍ SE	NEMLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 9: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 2 tj. aktivovaného pomocí „piraña“ roztoku a ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	< 7°	< 7°	< 7°
MĚŘENÍ 2.	< 7°	< 7°	< 7°
MĚŘENÍ 3.	< 7°	< 7°	< 7°
MĚŘENÍ 4.	< 7°	< 7°	< 7°
PRŮMĚR	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°
OPTICKÝ POSUDEK	NEMLŽÍ SE	NEMLŽÍ SE	NEMLŽÍ SE

Tabulka 10: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 2 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 5 min za teploty 50 °C, měřeného půl roku od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	< 7°	< 7°	37,3°
MĚŘENÍ 2.	< 7°	< 7°	23,3°
MĚŘENÍ 3.	< 7°	< 7°	27,3°
MĚŘENÍ 4.	< 7°	< 7°	27,5°
PRŮMĚR	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°	28,9°
OPTICKÝ POSUDEK	NEMLŽÍ SE	NEMLŽÍ SE	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 11: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle pokusu 3. tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku

BÍLÉ	PRVNÍ DEN
MĚŘENÍ 1.	< 7°
MĚŘENÍ 2.	< 7°
MĚŘENÍ 3.	< 7°
MĚŘENÍ 4.	< 7°
PRŮMĚR	ÚHEL MENŠÍ JAK 7°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 12: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle pokusu 3. tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN
MĚŘENÍ 1.	12,4°
MĚŘENÍ 2.	13,8°
MĚŘENÍ 3.	13,7°
MĚŘENÍ 4.	12,8°
PRŮMĚR	13,2°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 13: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle pokusu 3. tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku, měřeného půl roku od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	45,6°
MĚŘENÍ 2.	42,5°
MĚŘENÍ 3.	51,9°
MĚŘENÍ 4.	35,2°
PRŮMĚR	43,8°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 14: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle pokusu 3. tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku, měřeného půl roku od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	63,9°
MĚŘENÍ 2.	42,2°
MĚŘENÍ 3.	48,3°
MĚŘENÍ 4.	53,5°
PRŮMĚR	52,0°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 15: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 4 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	108,4°	97,6°	110,6°
MĚŘENÍ 2.	99,8°	102,0°	102,8°
MĚŘENÍ 3.	96,5°	100,6°	97,9°
MĚŘENÍ 4.	102,0°	96,2°	100,7°
PRŮMĚR	101,7°	99,1°	103,0°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 16: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 4 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	103,3°	102,2°	100,1°
MĚŘENÍ 2.	101,0°	101,7°	101,8°
MĚŘENÍ 3.	101,3°	102,6°	101,3°
MĚŘENÍ 4.	101,7°	101,8°	100,3°
PRŮMĚR	101,8°	102,1°	100,9°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 17: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 4 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	104,4°	107,5°	110,6°
MĚŘENÍ 2.	95,3°	106,6°	106,1°
MĚŘENÍ 3.	99,4°	104,8°	97,2°
MĚŘENÍ 4.	106,6°	98,9°	107,7°
PRŮMĚR	101,4°	104,5°	105,4°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 18: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 4 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	103,3°	102,2°	100,1°
MĚŘENÍ 2.	101,0°	101,7°	101,8°
MĚŘENÍ 3.	101,3°	102,6°	101,3°
MĚŘENÍ 4.	101,7°	101,8°	100,3°
PRŮMĚR	101,8°	102,1°	100,9°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 19: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 5 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 80 °C a po dobu 60 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 80 °C, 30 min	PRVNÍ DEN 50 °C, 60 min
MĚŘENÍ 1.	86,1°	86,0°
MĚŘENÍ 2.	86,7°	87,1°
MĚŘENÍ 3.	86,7°	89,0°
MĚŘENÍ 4.	84,6°	84,2°
PRŮMĚR	86,0°	86,6°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 20: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 5 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 80 °C a po dobu 60 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 80 °C, 30 min	PRVNÍ DEN 50 °C, 60 min
MĚŘENÍ 1.	84,3°	83,6°
MĚŘENÍ 2.	90,1°	79,0°
MĚŘENÍ 3.	85,4°	88,6°
MĚŘENÍ 4.	81,3°	81,1°
PRŮMĚR	85,3°	83,1°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 21: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 5 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 80 °C a po dobu 60 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 80 °C, 30 min	PO PŮL ROCE 50 °C, 60 min
MĚŘENÍ 1.	83,7°	85,6°
MĚŘENÍ 2.	84,2°	84,6°
MĚŘENÍ 3.	83,8°	83,9°
MĚŘENÍ 4.	85,7°	84,3°
PRŮMĚR	84,6°	84,6°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 22: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 5 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku SI v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 80 °C a po dobu 60 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE 80 °C, 30 min	PO PŮL ROCE 50 °C, 60 min
MĚŘENÍ 1.	83,4°	84,6°
MĚŘENÍ 2.	87,8°	86,7°
MĚŘENÍ 3.	83,2°	86,0°
MĚŘENÍ 4.	85,4°	83,2°
PRŮMĚR	85,0°	85,1°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 23: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 6 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidávaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	100,2°	81,3°	86,6°
MĚŘENÍ 2.	102,6°	82,9°	92,0°
MĚŘENÍ 3.	89,3°	89,6°	96,5°
MĚŘENÍ 4.	91,0°	95,9°	96,7°
PRŮMĚR	95,8°	87,4°	93,0°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 24: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 6 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidáného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	89,1°	81,9°	104,1°
MĚŘENÍ 2.	82,0°	81,3°	96,9°
MĚŘENÍ 3.	85,0°	83,2°	101,4°
MĚŘENÍ 4.	81,0°	79,5°	90,0°
PRŮMĚR	84,3°	81,5°	98,1°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 25: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 6 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidáného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	99,9°	95,1°	86,9°
MĚŘENÍ 2.	90,5°	87,7°	103,6°
MĚŘENÍ 3.	93,9°	101,9°	86,1°
MĚŘENÍ 4.	98,0°	95,4°	104,2°
PRŮMĚR	95,6°	95,1°	95,5°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 26: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 6 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidáného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	95,5°	95,6°	99,9°
MĚŘENÍ 2.	100,4°	95,7°	94,5°
MĚŘENÍ 3.	98,6°	94,9°	100,7°
MĚŘENÍ 4.	94,7°	94,6°	90,2°
PRŮMĚR	97,3°	95,2°	96,3°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 27: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 7 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidáného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	77,8°	74,3°	83,1°
MĚŘENÍ 2.	79,8°	80,0°	77,9°
MĚŘENÍ 3.	82,0°	76,2°	81,0°
MĚŘENÍ 4.	78,2°	83,7°	81,2°
PRŮMĚR	79,5°	78,6°	80,8°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 28: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 7 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	103,8°	95,7°	93,7°
MĚŘENÍ 2.	107,3°	95,8°	97,8°
MĚŘENÍ 3.	104,6°	94,5°	92,9°
MĚŘENÍ 4.	107,4°	96,9°	94,2°
PRŮMĚR	105,8°	95,7°	94,7°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 29: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 7 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	90,0°	86,7°	88,7°
MĚŘENÍ 2.	83,8°	92,9°	83,7°
MĚŘENÍ 3.	85,0°	87,2°	92,2°
MĚŘENÍ 4.	80,4°	84,8°	86,8°
PRŮMĚR	84,8°	87,9°	88,1°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 30: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 7 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	95,8°	99,5°	94,4°
MĚŘENÍ 2.	92,9°	98,6	93,6°
MĚŘENÍ 3.	89,9°	98,7°	97,6°
MĚŘENÍ 4.	91,6°	98,8°	93,1°
PRŮMĚR	92,6°	98,9°	94,7°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 31: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 8 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	88,4°	93,8°	80,5°
MĚŘENÍ 2.	83,3°	81,5°	99,7°
MĚŘENÍ 3.	84,8°	79,1°	93,7°
MĚŘENÍ 4.	88,9°	80,0°	88,2°
PRŮMĚR	86,4°	83,6°	90,6°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 32: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 8 tj. aktivovaného pomocí „piraña“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného půl roku od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	103,1°	100,1°	97,1°
MĚŘENÍ 2.	99,6°	100,4°	98,9°
MĚŘENÍ 3.	100,1°	99,1°	97,9°
MĚŘENÍ 4.	95,8°	98,7°	101,4°
PRŮMĚR	99,7°	99,6°	98,8°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 33: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 8 tj. aktivovaného pomocí „piraña“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	81,2°	94,5°	90,8°
MĚŘENÍ 2.	80,4°	77,8°	87,8°
MĚŘENÍ 3.	80,8°	86,6°	96,2°
MĚŘENÍ 4.	84,5°	78,7°	100,0°
PRŮMĚR	81,7°	84,4°	93,7°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 34: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 8 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

PRŮHLEDNÉ DLOUHODOBÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	102,2°	100,8°	105,9°
MĚŘENÍ 2.	102,3°	100,9°	100,5°
MĚŘENÍ 3.	101,3°	103,7°	100,1°
MĚŘENÍ 4.	100,2°	102,0°	98,7°
PRŮMĚR	101,5°	101,9°	101,3°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 35: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 9 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

BÍLÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	89,8°	80,3°	69,8°
MĚŘENÍ 2.	95,0°	85,2°	72,0°
MĚŘENÍ 3.	94,5°	80,0°	86,0°
MĚŘENÍ 4.	92,4°	79,1°	87,5°
PRŮMĚR	92,9°	81,2°	78,8°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 36: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 9 tj. aktivovaného pomocí „piraña“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

BÍLÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	91,2°	97,5°	102,2°
MĚŘENÍ 2.	94,7°	91,4°	95,4°
MĚŘENÍ 3.	98,1°	99,4°	100,3°
MĚŘENÍ 4.	84,9°	98,7°	100,0°
PRŮMĚR	92,2°	96,8°	99,5°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 37: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 9 tj. aktivovaného pomocí „piraña“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C.

PRŮHLEDNÉ	PRVNÍ DEN 1 %	PRVNÍ DEN 0,5 %	PRVNÍ DEN 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	79,2°	77,2°	80,9°
MĚŘENÍ 2.	80,8°	80,7°	80,1°
MĚŘENÍ 3.	75,8°	80,9°	76,8°
MĚŘENÍ 4.	78,8°	88,0°	78,7°
PRŮMĚR	78,7°	81,7°	79,1°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 38: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení skla připraveného dle postupu práce č. 9 tj. aktivovaného pomocí „piraňa“ roztoku a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidáného SI o koncentraci 0,25 %, 0,5 % a 1 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, měřeného po půl roce od aplikace.

PRŮHLEDNÉ	PO PŮL ROCE 1 %	PO PŮL ROCE 0,5 %	PO PŮL ROCE 0,25 %
MĚŘENÍ 1.	82,1°	83,0°	98,4°
MĚŘENÍ 2.	91,4°	94,7°	94,7°
MĚŘENÍ 3.	96,0°	95,7°	97,5°
MĚŘENÍ 4.	100,1°	98,6°	96,1°
PRŮMĚR	92,4°	93,0°	96,7°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 39: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení čistého polykarbonátu bez nanesené látky.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN
MĚŘENÍ 1.	80,0°
MĚŘENÍ 2.	76,0°
MĚŘENÍ 3.	79,1°
MĚŘENÍ 4.	78,7°
PRŮMĚR	78,5°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE

Tabulka 40: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 10 tj. aktivovaného pomocí kyseliny dusičné a ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	75,5°	79,4°
MĚŘENÍ 2.	67,7°	79,6°
MĚŘENÍ 3.	63,4°	81,1°
MĚŘENÍ 4.	70,1°	78,4°
PRŮMĚR	69,2°	79,6°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 41: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 11 tj. aktivovaného pomocí hydroxidu sodného a ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	68,5°	76,4°
MĚŘENÍ 2.	65,0°	78,6°
MĚŘENÍ 3.	65,0°	82,3°
MĚŘENÍ 4.	75,5°	79,5°
PRŮMĚR	68,5°	79,2°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 42: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 12 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 1 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C a posléze obohacen o 0,125 g PO na dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	56,9°	42,7°
MĚŘENÍ 2.	55,2°	54,5°
MĚŘENÍ 3.	56,8°	71,4°
MĚŘENÍ 4.	65,9°	66,2°
PRŮMĚR	58,7°	58,7°
OPTICKÝ POSUDEK	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 43: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 13 tj. ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	104,2°	99,8°
MĚŘENÍ 2.	99,1°	96,7°
MĚŘENÍ 3.	103,5°	97,7°
MĚŘENÍ 4.	94,3°	102,3°
PRŮMĚR	100,3°	99,1°
OPTICKÝ POSUDEK	ZAMLŽÍ SE A HNED SE ODMLŽÍ	LOKÁLNÍ ČÁSTEČNÉ ZAMLŽENÍ

Tabulka 44: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 14 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	88,2°	88,3°
MĚŘENÍ 2.	84,5°	93,9°
MĚŘENÍ 3.	87,0°	89,4°
MĚŘENÍ 4.	85,6°	91,9°
PRŮMĚR	86,3°	90,9°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 45: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 15 tj. ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	95,2°	99,3°
MĚŘENÍ 2.	102,8°	97,3°
MĚŘENÍ 3.	99,1°	97,5°
MĚŘENÍ 4.	101,9°	95,2°
PRŮMĚR	99,8°	97,3°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 46: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 16 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 1 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C a posléze byl opláchnut a ponořen do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	69,6°	78,2°
MĚŘENÍ 2.	68,4°	73,3°
MĚŘENÍ 3.	67,0°	74,4°
MĚŘENÍ 4.	67,5°	74,0°
PRŮMĚR	68,1°	75,0°
OPTICKÝ POSUDEK	SPODNÍ ČÁST SE NEMLŽÍ	SPODNÍ ČÁST SE NEMLŽÍ

Tabulka 47: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 17 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 5 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C a posléze obohacen o 0,125 g PO na dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	DLOUHODOBÉ
MĚŘENÍ 1.	78,9°	83,4°
MĚŘENÍ 2.	72,5°	81,0°
MĚŘENÍ 3.	73,8°	82,8°
MĚŘENÍ 4.	74,3°	83,1°
PRŮMĚR	74,9°	82,6°
OPTICKÝ POSUDEK	SPODNÍ ČÁST SE NEMLŽÍ	SPODNÍ ČÁST SE NEMLŽÍ

Tabulka 48: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 18 tj. aktivovaného pomocí kyseliny chlorovodíkové a poté ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	102,5°	88,2°
MĚŘENÍ 2.	107,3°	92,9°
MĚŘENÍ 3.	104,7°	93,4°
MĚŘENÍ 4.	91,4°	91,9°
PRŮMĚR	101,5°	91,6°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 49: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 19 tj. aktivovaného pomocí kyseliny chlorovodíkové a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	85,2°	98,0°
MĚŘENÍ 2.	84,3°	84,7°
MĚŘENÍ 3.	83,2°	85,4°
MĚŘENÍ 4.	83,0°	90,0°
PRŮMĚR	83,9°	89,5°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 50: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 20 tj. aktivovaného pomocí kyseliny chlorovodíkové a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidaného SI o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	95,1°	94,3°
MĚŘENÍ 2.	95,6°	91,7°
MĚŘENÍ 3.	90,1°	86,1°
MĚŘENÍ 4.	93,1°	94,8°
PRŮMĚR	93,5°	91,7°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 51: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 21 tj. aktivovaného pomocí kyseliny dusičné a poté ponořeného do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	99,0°	93,6°
MĚŘENÍ 2.	88,4°	81,9°
MĚŘENÍ 3.	83,5°	89,3°
MĚŘENÍ 4.	89,9°	95,1°
PRŮMĚR	90,2°	90,7°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 52: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 22 tj. aktivovaného pomocí kyseliny dusičné a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 1:1 a poté přidáného SI o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	84,4°	82,3°
MĚŘENÍ 2.	81,3°	82,6°
MĚŘENÍ 3.	88,2°	85,9°
MĚŘENÍ 4.	83,4°	90,4°
PRŮMĚR	84,3°	85,3°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 53: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 23 tj. aktivovaného pomocí kyseliny dusičné a ponořeného do roztoku isopropanolu a vody připraveného v poměru 9:1 a poté přidáného SI o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	99,4°	85,2°
MĚŘENÍ 2.	86,0°	85,3°
MĚŘENÍ 3.	89,6°	87,6°
MĚŘENÍ 4.	95,9°	82,5°
PRŮMĚR	92,7°	85,2°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 54: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 24 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 5 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C za stálého míchání a posléze byl opláchnut a ponořen do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C za stálého míchání, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	88,4°	75,4°
MĚŘENÍ 2.	87,2°	80,8°
MĚŘENÍ 3.	83,8°	71,8°
MĚŘENÍ 4.	82,3°	76,2°
PRŮMĚR	85,4°	76,1°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 55: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 25 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 5 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C za stálého míchání a posléze obohacen o 0,125 g PO na dobu 30 min za teploty 50 °C za stálého míchání, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	76,5°	76,4°
MĚŘENÍ 2.	68,7°	86,9°
MĚŘENÍ 3.	70,1°	91,3°
MĚŘENÍ 4.	67,5°	81,4°
PRŮMĚR	70,7°	84,0°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 56: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 26 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 7,5 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C za stálého míchání a posléze byl opláchnut a ponořen do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C za stálého míchání, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	77,7°	82,5°
MĚŘENÍ 2.	88,3°	82,6°
MĚŘENÍ 3.	86,7°	79,9°
MĚŘENÍ 4.	83,1°	86,6°
PRŮMĚR	84,0°	82,9°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 57: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 27 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 7,5 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C za stálého míchání a posléze obohacen o 0,125 g PO na dobu 30 min za teploty 50 °C za stálého míchání, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	72,1°	76,4°
MĚŘENÍ 2.	70,0°	81,0°
MĚŘENÍ 3.	76,5°	81,6°
MĚŘENÍ 4.	67,4°	84,1°
PRŮMĚR	71,5°	80,8°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Tabulka 58: Velikost kontaktních úhlů a optické posouzení polykarbonátu připraveného dle postupu práce č. 28 tj. ponořeného do roztoku skládajícího se z 50 ml kyseliny chlorovodíkové a 7,5 g hydroxylaminu po dobu 30 min při teplotě 50 °C a posléze byl opláchnut a ponořen do roztoku PO v isopropanolu o koncentraci 0,25 % po dobu 30 min za teploty 50 °C, v tabulce jsou uvedeny i výsledky měření prováděného po půl roce od aplikace.

POLYKARBONÁT	PRVNÍ DEN	PO PŮL ROCE
MĚŘENÍ 1.	81,0°	79,1°
MĚŘENÍ 2.	76,9°	82,7°
MĚŘENÍ 3.	65,9°	77,4°
MĚŘENÍ 4.	74,9°	80,2°
PRŮMĚR	74,7°	79,9°
OPTICKÝ POSUDEK	MLŽÍ SE	MLŽÍ SE

Velikost kontaktního nemodifikovaného skla bylo okolo 20°. Tento úhel se mi podařil snížit pod hodnotu 7° aplikací hydrofilní látky nazývané PO rozpuštěné v isopropanolu. Úhel menší jako 7° se používanou experimentální technikou nedal změřit, proto, pokud kontaktní úhel byl menší je v tabulkách označen jako <7°. Takto modifikovaná skla se již nadále nemlžila. Úhel se mi podařil také zvýšit a to přibližně na hodnotu 100° díky hydrofobní látce SI rozpuštěné v isopropanolu. Tento úhel však nebyl dostatečně vysoký, aby se sklo nemlžilo. Pro docílení nejefektivnějších výsledků byla používána aktivace pomocí „piraña“ roztoku. Nanášené látky byly zprvu nejúčinnější při nejnižších koncentracích tj. ve formě 0,25% roztoku, časem se však ukázalo, že jejich působení není tak dlouhodobé, jako při použití koncentrací vyšších. Teplota, ani doba působení nehrála na výsledky žádnou zásadní roli.

Velikost kontaktního úhlu polykarbonátu bez nanesené modifikační vrstvy činil přibližně 80°. Aplikací hydrofilní látky PO v kombinaci s hydroxylaminem a kyselinou chlorovodíkovou se podařilo úhel snížit pod hodnotu 60°. Tuto hodnotu sklo vykazovalo i při dlouhodobém měření, které bylo prováděno přibližně půl roku po aplikaci modifikační

vrstvy. Abychom zabránili mlžení, bylo by potřeba tuto hodnotu snížit alespoň pod 50° , což vyplývá z literatury zabývající se podobnou tematikou. Pomocí hydrofobní látky SI v isopropanolu se podařilo kontaktní úhel zvýšit na hodnotu 100° . Ani jedna modifikace však nebyla dostatečně účinná a polykarbonát se mlžil, či po případě na něm šly pozorovat částečné lokální zamlžení. Pro tyto případy nebyla použita aktivace, která by výrazně ovlivnila velikosti kontaktních úhlů. Ani doba působení, koncentrace hydroxylaminu či teplota neměla výrazný vliv na získané výsledky.

5 ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na modifikaci skla a polykarbonátu pomocí hydrofilní nebo hydrofobní vrstvy za účelem dosažení anti zamlžovacího efektu zmíněných materiálů. K dosažení hydrofobního efektu byla používána látka zvaná hexadecyltrimethoxysilan v roztoku isopropanolu. Tato látka vykazovala hydrofobní vlastnosti při aplikaci na sklo i na polykarbonát, avšak velikost kontaktního úhlu dosahoval hodnot pouze těsně nad 100°. Tato hodnota nebyla dostačující, aby nedocházelo k zamlžování testovaných vzorků.

Hydrofilizace povrchu skla a polykarbonátu bylo prováděno za použití kyseliny perfluoroktanové v roztoku isopropanolu. Hodnoty kontaktních úhlů u polykarbonátu dosahovaly hodnot okolo 60°. Aby nedocházelo k zamlžování polykarbonátu, bylo by potřeba dosáhnout kontaktního úhlu nižšího než 50°. Při aplikaci kyseliny perfluoroktanové na sklo bylo dosaženo hodnot kontaktních úhlů nižších než 7°. Tento úhel nešel pomocí techniky měření kontaktního úhlu stanovit. Nicméně tento úhel byl dostatečně nízký k tomu, aby nedocházelo k zamlžování skla. Tento účinek přetrvával i při dlouhodobém testování, kdy bylo prováděno měření po půl roce od aplikace modifikační vrstvy. Díky všem zjištěným poznatkům jsem zjistila, že testovaný modifikátor, by byl ideální pro dosažení nemlžících účinků s širokou škálou využití, jak v automobilovém průmyslu, tak i v domácnostech pro běžnou potřebu. Jelikož tyto účinky jsou prokazatelné i při velmi nízké koncentraci, tj. 0,25 %, a navíc uvedená látka není klasifikována jako látka toxická, tak by mohla být používána pro praktické účely v rámci širší veřejnosti.

I když problematika zkoumaná v uvedené bakalářské práci je již řadu let zkoumána a patentována, tak stále je v této oblasti značný prostor k dalšímu zkoumání dostatečné množství výzkumu vedoucímu k novým a efektivnějším modifikacím skla nebo polykarbonátu, a to zejména vzhledem k lukrativnosti použití modifikátorů vedoucí k dosažení nezamlžování polykarbonátu, či sekundárních výrobků z těchto látek vyrobených.

6 SUMMERY

The bachelor thesis is focused on modification of glass and polycarbonate materials by application of hydrophilic or hydrophobic modifiers. The hexadecyltrimethoxysilane was used to achieve hydrophobic effect of the glass substrate. The contact angle was around 100° when the above mentioned compound was used for modification of glass or polycarbonate surface, however it was not sufficient to achieve anti-fogging effect.

Hydrophilic properties were achieved by using isopropanol solution of perfluorooctanoic acid as modifier. The value of the contact angle measured on the surface of the polycarbonate decreased from 80° to 60° when above mentioned substance was applied. It is necessary to achieve contact angle lower than 50° to gain anti fogging properties of polycarbonate surface, that is the reason, why this modification process is not successful. The contact angle of the glass surface was approximately 20° . By exploitation of isopropanol solution of perfluorooctanoic acid the contact angle lower than 7° was achieved. This value of contact angle was not possible to measure accurately, however it is low enough to ensure anti fogging effect, which was observed and proved even half year after the measurement.

Application of this substance is advantageous for achieving antifogging properties of glass and polycarbonate substrates with large areas of utilization, for example in automotive industry and also for household using. This substance are very effective even in low concentration and so diluted solution of this chemical is not classified as a toxic substance.

7 LITERATURA

1. **doc. Ing. Luboš Svoboda, CSc. a kol.** *Stavební hmoty*. místo neznámé : Praha, 2013.
2. **Podzemná, PhDr. Alena.** *Historie výroby skla*. místo neznámé : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
3. **Wichterle, Karel.** *Chemická technologie*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava , 2012. ISBN 978-80-248-2579-3 .
4. **Randulová, Jana.** *Sklo a plasty jako materiály brýlových čoček, povrchové úpravy brýlových čoček*. Brno : Diplomová práce, 2010.
5. **Milota, Fanderlik.** *Struktura skel*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1971.
6. **prof., ing. Josef Matoušek DrSc.,** *Anorganické nekovové materiály*. Praha : Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, 1992.
7. **kol., Prof. Dr. Ing Jiří Klikorka DrSc. a.** *Obecná a anorganická chemie*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1989.
8. **DEK, Kolektiv pracovníků.** *Polykarbonátové desky DEKTRADE - Montážní návod*. Olomouc : DEK a.s., 2013.
9. http://www2.ulprospector.com/pm/9_Polycarbonate.asp. *Prospector*. (28.11.2015)
10. **Mreziva, J.** *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití* . Praha : Sobotáles, 2000.
11. **J. KINCL, M. RÁMEK a A. PÁNEK.** *Polykarbonáty*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966.
12. <http://www.cityplastics.com.au/materials-polycarbonate/>. *City Plastic*. (28.11.2015)
13. **Serini, Volker.** *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley - VCH, 2000.
14. <http://fyzmatik.pise.cz/378-jak-zabranit-mlzeni-potapecskych-bryli.html>. *Fyzmatik*. [Online]
15. <http://www.vokno-plastova-okna.cz/problematika-rozeni/>. *Vokno*. (10.12.2015)
16. [http://www.zatepleni-fasad.eu/images/1/Rosny %20bod %20a %20kondenzace %20vodni %20pary.pdf](http://www.zatepleni-fasad.eu/images/1/Rosny%20bod%20a%20kondenzace%20vodni%20pary.pdf). *Zateplení fasád*.(10.12.2015)
17. **N. Verplanck, Y Coffinier, V. Thomy, R. Boukherroub.** Wettability Switching Techniques on Superhydrophobic Surfaces. *Nanoscale Res Lett*. 2007.
18. **M. Klíma, E. Kedroňová, T. Svoboda.**
<http://www.sci.muni.cz/chemsekce/frvs2011/pdf/plazma.pdf>. *Moderní plazmo-chemické postupy pro konzervování-restaurování předmětů kulturního dědictví*. (10.12.2015)

19. **Ing. L. Bartovská, doc. Ing. M. Šišková.** *Co je co v povrchové a koloidní chemii.* Praha : Vysoká škola chemicko technologická Praha, 2005.
20. *Transparent superhydrophobic/superhydrophilic TiO₂-based coating for self-cleaning and anti-fogging.* **Y. Lai, Y. Tang, J. Gong, D. Gong, L. Chi, C. Lin, Z.Chen.** místo neznámé : Journal of Material Chemistry, 2012.
21. *pH - driven phase separation: Simple routes for fabricating porous TiO₂ films with super hydrophilic and anti - fog properties.* **W. Huang, Y. Chen, C. Yang, Y. Situ, H. Huang.** China : Ceramics International, 2015.
22. *Anti-fogging and anti-reflective silica nanofibrous film fabricated by seedless flame method.* **Y. Jia, G. Liu, X. Wu, H. Liu, R. Yue, Y. Chen.** místo neznámé : Material Letters, 2013.
23. *Excellent anti-fogging dye-sensitized solar cells based on superhydrophilic nanoparticle coatings.* **J. T. Park, J. H. Kim, D. Lee.** místo neznámé : Nanoscale, 2014.
24. *Anti- Fogging Nanofibrous SiO₂ and Nanostructured SiO₂-TiO₂ Films Made by Rapid Flame Deposition and In Situ Annealing.* **A. Tricoli, M. Righettoni, E. Pratsinis.** Switzerland : Langmuir Article, 2009.
25. *Synthesis of UV-curable acrylate polymer containing sulfonic group for anti-fog coating.* **Y. Yuan, R. Liu, C. Wang, J. Luo, X.Liu.** místo neznámé : Progress in Organic Coating, 2014.
26. *Preparation of hydrophilic acrylic glass film and its anti-fogging properties.* **B. Lou, K. Luo, B. Xu, K. Miao.** místo neznámé : Rare materials and engineering, 2008.
27. *Anti-fog chitosan/sodium lauryl ether sulfate films.* **M. Florea-Spiroiu, D. Achimescu, I. Stanculescu, M. Purica, R. Gavrilă, S. Peretz.** místo neznámé : Polymer Bulletin , 2013.
28. *Characterization of Multilayer Anti-fog Coating.* **P. Chevalier, S. Turgeon, C. Sarra Bournet, R.Turcotte, G. Laroche.** Canada : ACS Appl. Mater. Interfaces, 2011.
29. *Anti-Fog Layer Deposition onto Polymer Materials.* **L. Maechler, C. Sarra-Bournet, P. Chevallier, N. Gherardi.** místo neznámé : Plasma Chem Plasma Process, 2011.
30. *Preparation of anti-fogging low density polyethylene film by using γ -irradiation.*

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Rozdíl mezi krystalickou a amorfní strukturou</i>	3
<i>Obr. 2: Struktura skla v roztaveném stavu</i>	7
<i>Obr. 3: Chemická struktura polykarbonátu</i>	8
<i>Obr. 4: Příprava polykarbonátu z bisfenolu A a fosgenu</i>	10
<i>Obr. 5: Kapka vody na hydrofilním povrchu (vlevo), kapka vody na hydrofobním povrchu (vpravo)</i>	12
<i>Obr. 6: Vektory síly mezi jednotlivými fázovými rozhraními</i>	13
<i>Obr. 7: Vstupní kontaktní úhly nerovného povrchu</i>	14
<i>Obr. 8: Kapka kapaliny na povrchu pevné látky dle Wenzela</i>	14
<i>Obr. 9: Kapka kapaliny na povrchu pevné látky dle Cassia</i>	15
<i>Obr. 10: Kapka kapaliny na povrchu pevné látky na přechodu mezi Wenzelova a Cassieho vztahu</i>	16
<i>Obr. 11: Měření kontaktního úhlu na naklánějící se destičce</i>	17
<i>Obr. 12: Měření kontaktního úhlu na přisedlé kapce, nebo přilínající se bublině</i>	17
<i>Obr. 13: Strukturní vzorec hexamethyl siloxanu</i>	19
<i>Obr. 14: Strukturní vzorec propoxy titanu</i>	19
<i>Obr. 15: Strukturní vzorec 2-akrylamido-2-methyl-propyl-sulfonové kyseliny</i>	20
<i>Obr. 16: Strukturní vzorec kyseliny akrylové</i>	20
<i>Obr. 17: Strukturní vzorec chitosanu</i>	20
<i>Obr. 18: Strukturní vzorec laureth sulfátu sodného</i>	20
<i>Obr. 19: Strukturní vzorec PEMA</i>	21
<i>Obr. 20: Strukturní vzorec PEVA</i>	21
<i>Obr. 21: Strukturní vzorec polyethylenu</i>	21
<i>Obr. 22: Strukturní vzorec allyl esteru kyseliny trifluoctové</i>	22
<i>Obr. 23: Obrázek kontaktního úhlu kapky na hydrofilním povrchu</i>	27
<i>Obr. 24: Obrázek kontaktního úhlu kapky na hydrofobním povrchu</i>	27