

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko – technologická

Problematika barvení celulózy kypovými barvami

Irena Felkelová

Bakalářská práce

2018

University of Pardubice

Faculty of Chemical Technology

The issue of cellulose dyeing with vat dyes

Irena Felkelová

Bachelor Thesis

2018



Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 2. 7. 2018

Irena Felkelová

Bakalářské práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16\_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



### ***Poděkování***

*Chtěla bych především poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Michalu Černému Ph.D. za jeho čas, rady a vstřícnost, při řešení dané problematiky. Dále bych ráda poděkovala své rodině a kamarádům za podporu, jak po celou dobu studia, tak i při psaní této práce.*

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce je věnována studiu vlastností vybraných kypových barviv. Z v průmyslu používaných kypových barviv byla vybrána následující barviva modrého odstínu používaná pro barvení bavlněného i lněného materiálu. C. I. Vat Blue Mixed, C. I. Vat Blue 6, C. I. Vat Blue 66. Na základě měření redoxního potenciálu (leukopotenciálu) byly stanovené podmínky redukce těchto barviv. Následně byla sledována kinetika samotné redukce jednotlivých barviv a poté vliv změny pH na následnou reoxidaci zpět na pigment barviva. Všechny měření probíhaly při teplotách 40 °C, 60 °C a 90 °C.

Díky získaným výsledkům z experimentální části, bylo možné tyto výsledky aplikovat při barvení bavlněné tkaniny. Po vybarvení byla studována síla vybarvení a možná změna odstínu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Kypová barviva, kinetika redukce, reoxidace, leukoponeciál, celulóza, bavlna.

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis is dedicated to the study of properties of selected vat dyes. The blue dyestuffs used for dyeing of cotton and linen was selected from the industrial variety of vat dyestuffs. C. I. Vat Blue Mixed, C. I. Vat Blue 6, C. I. Vat Blue 66. The redox potential (leucopotential) was determined for the reduction of these dyes. Subsequently, the kinetics of the reduction of the individual dyes were monitored as well as the influence of pH change on the subsequent reoxidation back to pigment dyestuff. All measurements were carried out at 40 ° C, 60 ° C and 90 ° C.

Thanks to the results obtained from the experimental part, these results could be applied to the dyeing of cotton fabrics. After dyeing, the strength and the shade change of dyestuff were studied.

## **KEY WORDS**

Vat dyes, kinetics of reduction, reoxidation, leucopotential, cellulose, cotton.



## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

M I	Skupina barviv s vysokou afinitou k vláknům
M II	Skupina barviv se střední afinitou k vláknům
M III	Skupina barviv s nízkou afinitou k vláknům
IN	Skupina barviv s vysokou afinitou k vláknům
IW	Skupina barviv se střední afinitou k vláknům
IK	Skupina barviv s nízkou afinitou k vláknům
C. I.	Color Index

# OBSAH

ÚVOD.....	13
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	14
1.1 Celulózová vlákna.....	14
1.1.1 Len .....	15
1.1.2 Bavlna .....	16
1.2 Kypová barviva.....	17
1.2.1 Redukce a reoxidace kypových barviv .....	18
1.3 Stanovení redoxního potenciálu (leukopotenciálu) .....	19
1.3.1 Tvary titračních křivek.....	20
1.4 Kinetika redukce kypových barviv .....	22
1.4.1 Stanovení doby redukce optickou metodou.....	23
1.5 Barvení kypovými barvivy. ....	24
1.6 Hodnocení barevnosti .....	24
1.6.1 Systém XYZ .....	24
1.6.2 Systém CIELab .....	25
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	27
2.1 Použitá zařízení, chemikálie a materiál .....	27
2.1.1 Použité chemikálie.....	27
2.1.2 Použitý textilní materiál.....	28
2.1.3 Použitá zřízení.....	28
2.1.4 Použitý software .....	28
2.2 Stanovení leukopotenciálu kypových barviv .....	29
2.2.1 Aparatura .....	29
2.2.2 Příprava roztoků a měření.....	29
2.2.3 Postup měření .....	31

2.3 Stanovení kinetiky redukce kypových barviv.....	32
2.3.1 Aparatura .....	32
2.3.2 Příprava roztoků a měření.....	33
2.3.3 Postup měření .....	35
2.4 Reoxidace kypových barviv.....	35
2.4.1 Příprava roztoků a měření.....	35
2.4.2 Postup měření .....	37
2.5 Barvení.....	37
2.5.1 Postup barvení MI.....	37
2.5.2 Reoxidace.....	38
2.5.3 Mydlení za varu .....	38
2.5.4 Postup barvení MII .....	39
2.5.5 Reoxidace.....	39
2.5.6 Mydlení za varu .....	40
2.6 Hodnocení barevnosti .....	41
3 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	42
3.1 Vyhodnocení leukopotenciálu kypových barviv .....	42
3.1.1 Vyhodnocení leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed.....	42
3.1.2 Vyhodnocení leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 6 .....	43
3.1.3 Vyhodnocení leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 66 .....	44
3.2 Vyhodnocení kinetiky redukce kypových barviv .....	45
3.2.1 Stanovení absorpčního spektra vlnové délky maxima u barviva C. I. Vat Blue Mixed.....	45
3.2.2 Stanovení doby redukce kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed .....	46
3.2.3 Stanovení absorpčního spektra a vlnové délky maxima u barviva C. I. Vat Blue 6 .....	47
3.2.4 Stanovení doby redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 6.....	48

3.2.5. Stanovení absorpčního spektra a vlnové délky maxima u barviva C. I. Vat Blue 66 .....	48
3.2.6 Stanovení doby redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 66.....	49
3.3 Vyhodnocení reoxidace kypových barviv .....	50
3.3.1. Reoxidace barvy C. I. Vat Blue Mixed.....	50
3.3.2. Reoxidace barvy C. I. Vat Blue 6 .....	52
3.3.3. Reoxidace barvy C. I. Vat Blue 66 .....	54
3.4 Vliv pH při reoxidaci na výsledné vybarvení bavlněné tkaniny.....	56
3.4.1 Vybarvení pomocí kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed.....	56
3.4.2 Vybarvení pomocí kypového barviva C. I. Vat Blue 6 .....	57
3.4.3 Vybarvení pomocí kypového barviva C. I. Vat Blue 66 .....	58
4 ZÁVĚR.....	59
5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	60
6 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	62
7 SEZNAM TAULEK .....	63
8 SEZNAM GRAFŮ .....	65

## ÚVOD

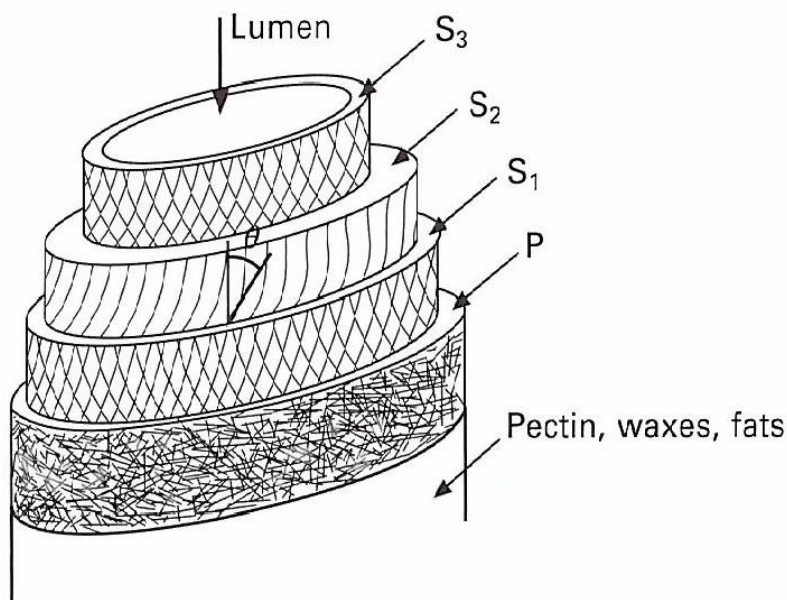
Kypová barviva byla jedny z prvních používaných barviv v historii. Dlouhou dobu byla hlavní skupinou textilních barviv pro barvení celulóзовých materiálů. Nyní ale již nejsou jedny z nejpoužívanějších barviv, ale stále mají své místo u barvení tkanin a přízí pro vysokostálé vybarvení či originální barvení džínovin, nebo využití modrotisku. Používají se na barvení nejčastěji bavlny a lnu. Problémem této třídy barviv je jejich aplikace na vlákno, tzn. obtížná redukce a následná reoxidace včetně důležitého mydlení. Při barvení materiál získává výborné stálosti vybarvení, avšak problémem u těchto barviv je neegálnost tohoto vybarvení.

V této práci byly sledovány 3 barvy modrého odstínu antrachinonového původu: C.I. Vat Blue Mixed, C. I. Vat Blue 6, C. I. Vat Blue 66. Byly stanovovány jejich vlastnosti z hlediska míry a kinetiky redukce a následné reoxidace v různém prostředí. Bavlna a len patří mezi jedny ze základních pilířů textilního průmyslu. Často se používají při barvení kypovými barvami, protože kypová barviva mají výbornou afinitu k celulóзовému vláknu ve své zredukované formě.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Celulózová vlákna

Celulóza je přírodní látka, kterou v přírodě nalezneme v každé rostlině, tvoří totiž velmi důležitou složku rostlinných vláken a je i součástí dřevnatých buněčných stěn. Celulózová vlákna patří mezi základní textilní suroviny. Vlákna můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin a to na přírodní a chemická vlákna. Chemická vlákna se dělí na vlákna z regenerované celulózy a na vlákna z esterů celulózy. Dělení přírodních vláken je podle jejich původu. První skupinou přírodních vláken jsou vlákna ze semen, do této skupiny patří bavlna, kokosová vlákna a další. Druhou skupinou přírodních vláken jsou vlákna lýková, do této skupiny můžeme zařadit len, konopí a jutu. Poslední skupinou přírodních vláken jsou vlákna z listů, do této skupiny patří ananasová vlákna, mauritijské konopí a další.[1]

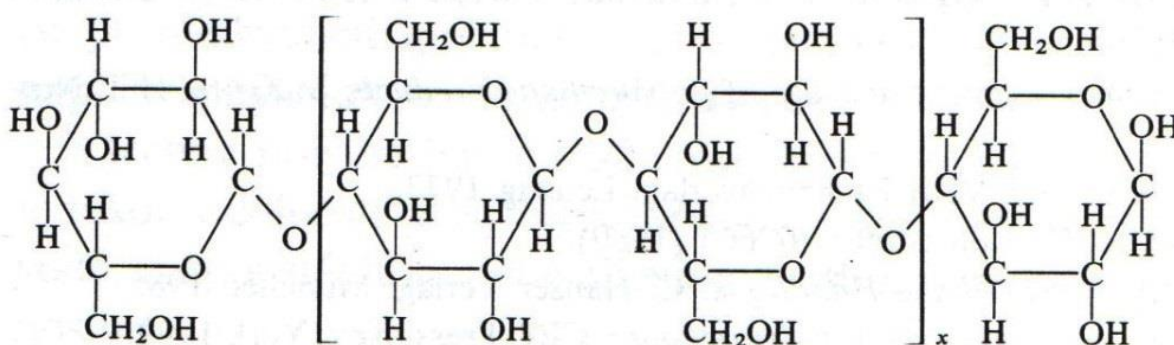


Obrázek 1: Schéma celulóze vlákna[2]

Obecně můžeme říct, že se celulóza skládá z uhlíků, vodíků a kyslíku. Díky elementární analýze, bylo zjištěno procentuální zastoupení těchto prvků: 44,44 % uhlíku, 6,17 % vodíku a 49,39 % kyslíku. Z této analýzy můžeme určit základní vzorec  $C_6H_{10}O_5$  .[3]

Z chemického hlediska je celulóza přírodní makromolekulární látka, která na konci svých řetězců obsahuje 3 hydroxylové skupiny, díky kterým může tvořit estery. Estery, které vznikly při esterifikaci celulózy (např. triacetát celulózy), se vážou na druhém, třetím a šestém atomu vodíku. Základní jednotkou celulóze vlákna je glukóza, řetězce mohou být

formulovány v podobě otevřených, nerozvětvených a cyklických systémů. Pro cyklickou formu byl zaveden název glukopyranóza, která může být ve dvou formách  $\alpha$  a  $\beta$ . Spojením dvou molekul glukózy, dochází k odštěpení vody, vytváří se glykosidická vazba mezi prvním a čtvrtým uhlíkem, vzniká tak disacharid. Podle prostorového uspořádání může mít tento disacharid dvě formy a to disacharid z  $\alpha$  – glukózy (maltóza) a disacharid z  $\beta$  – glukózy (celobióza). Analýzou pomocí infračerveného světla bylo zjištěno, že se v celulóze nachází intermolekulární a intramolekulární vodíkové vazby. Díky přítomnosti intermolekulárních vodíkových vazeb je celulóza nerozpustná ve vodě a v běžných rozpouštědlech, intramolekulární vodíkové vazby způsobují tuhost řetězce.[3; [4; [5]



Obrázek2: Strukturální vzorec celulózy[6]

### 1.1.1 Len

Len je přírodní rostlinné vlákno, které se získává ze stonku rostliny lnu setého (*Linum usitatissimum*). Vlákno se získává z lýkových svazků, které jsou uloženy ve stoncích rostlin. Z chemického hlediska obsahuje lněné vlákno 64 % celulózy, 17 % hemicelulózy, 2 % ligninu, 1,8 % pektinů, 3,9 % látek rozpustných ve vodě a 1,5 % tuků a vosků. Lněné vlákno je pevné (je pevnější než bavlna), má dobrou tepelnou vodivost, ale má malou pružnost a tažnost. Látky z lněného vlákna mají sklon k vyšší mačkavosti, jsou studené na omak, ale dobře snáší častější praní.[1; [3]

Barvitelnost lnu je podobná jako u bavlny, avšak má své specifické problémy. Jedním z těchto problémů je nesnadné probarvování kvůli tloušťce buněčné stěny, které obsahují zbytky inkrustů (lignin, aj.). Z těchto důvodů hrozí zhoršení stálosti v otěru, na světla a někdy i v praní. Dalším problémem je množství barvy použité při barvení. Při barvení lnu se používá méně barvy než při barvení bavlny (pro srovnatelné odstíny), ale protože se barvivo kumuluje na povrchu vlákna, nedojde k rovnoměrnému vybarvení materiálu. Dochází tedy

k nedokonalé egalizace barviva. Dalšími velmi důležitými problémy je doba barvení a teplota barvení. Při dlouhodobém barvení při vysoké teplotě, může dojít k porušení vnitřní soudržnosti vláken, to vede k zhoršení celkové pevnosti materiálu. Dalším jevem, který může nastat při dlouhodobém barvení, je ztráta senzorických vlastností. U vláken, která byly původně hladká a jemná, může dojít ke změně vzhledu (vlákno ztrácí lesk) a dochází i ke zdrsnění materiálu. Vlákno je tedy hrubší a na omak drsnější, někdy může dojít i k podélnému štěpení.[7]

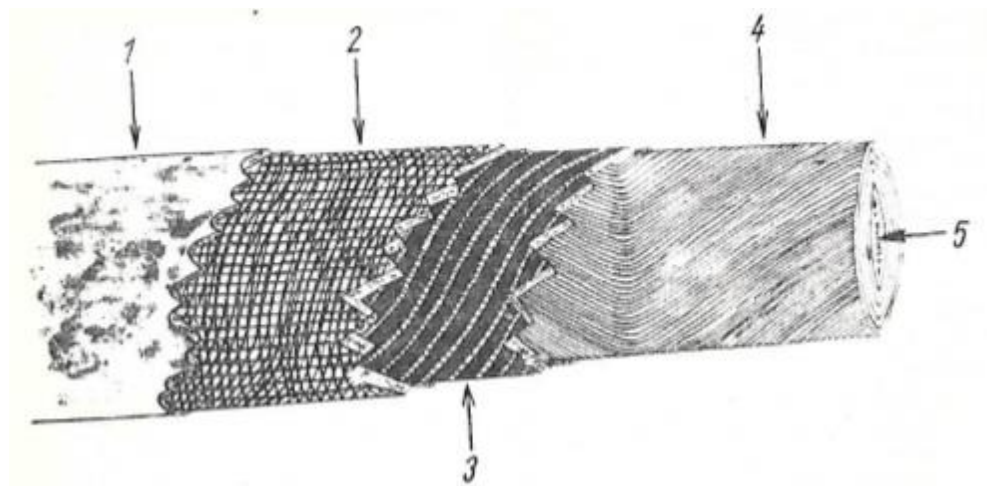
Aby k těmto problémům docházelo co nejméně, je důležité udělat co nejintenzivnější před úpravu vlákna, kde dojde k odstranění přebytečných inkoustů. Další krokem k bezproblémovějšímu barvení je najít optimální kompromis mezi egalitou, stálostí a kvalitou vlákna a zohlednit ho při výsledném režimu barvení.[7]

Len se barví ve formě příze a tkanin, k barvení se používají barviva přímá (substantivní), reaktivní, sirná, kypová, indigosolová, ftalocyaninová, pigmentová, nerozpustná azová.[1]

### **1.1.2 Bavlna**

Vlákna získáváme z tobolek bavlníku (*Gossypium*). Vlákno je jednobuněčné, má tvar zploštělé stužky, která je zkroucená šroubovicovým zákrutem. Pro lepší představu si vlákno můžeme představit jako dlouho, úzkou trubici. Povrch je tvořen jemnou pokožkou tzv. kutikulou, tato primární vrstva je velmi pevná a obsahuje vosky, fosfatidy (bílkoviny, lecitin) a pektin. Vosk, je v této vrstvě velice důležitý chrání celý vnitřek vlákna. Další vrstvou je sekundární vrstva, která se skládá z lamel, svazků fibril, částí fibril, krystalických makromolekul, souhrnně můžeme říci, že je sekundární vrstva je složena z lamel z mřížkovitě uspořádaných útvarů celulózy. Uprostřed vlákna je dutina nazývána lumen, kterou vyplňuje vzduch a zbytky protoplazmy. Schematické znázornění bavlněného vlákna je viditelné na obrázku3: [3[4[8]





Obrázek 3: Schematické znázornění bavlněného vlákna[8]

1 – Primární stěna, 2 – mřížkovitě uspořádané útvary celulózy, 3 – spirály (spirálovitá, příčná struktura), 4 – sekundární stěna složená z lamel, 5 – lumen

Z chemického hlediska je bavlna složena z: 94 % celulózy, 1,3 % bílkoviny, 0,9 % pektinu, 1,2 % popeloviny, 0,6 % vosky, 0,8 % organické kyseliny, 0,3 % ostatní látky[1]

Bavlna se barví ve všech formách zpracování a používají se barviva stejná jako při barvení lnu. Jsou to barviva přímá (substantivní), reaktivní, sirná, kypová, indigosolová, ftalocyaninová, pigmentová, nerozpustná azová. Z hlediska nejlepších stálostí vybarvení na světle i v praní se používají barviva kypová.[7]

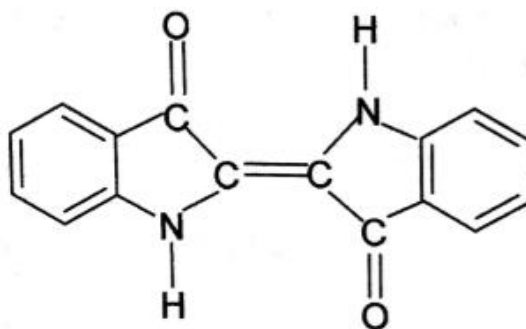
## 1.2 Kypová barviva

Kypová barviva můžeme zařadit do jedné z nejdůležitějších skupin barev používané v textilním průmyslu. Tyto barviva se nejčastěji používají při barvení bavlny a lnu. Díky vybarvení kypovým barvivem získává materiál vysokou stálost barevnost na světle a v pracích lázních.[7]

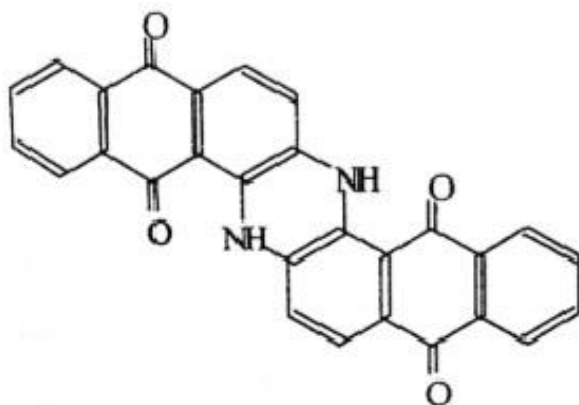
Kypová barviva jsou nerozpustná ve vodě, do roztoku je můžeme převést redukcí dithioničtanem sodným za vzniku ve vodě rozpustné leukosloučeniny tzv. „kypy“. Tato reakce probíhá v alkalickém prostředí hydroxidu sodného. Díky tomu, že je vzniklá leukosloučenina v alkalickém roztoku, má dobrou afinitu k celulóзовým vláknům. Zpět na původní nerozpustné barvivo se převede leukosloučenina pomocí oxidace.[9]

Společným znakem molekul kypových barviv je přítomnost dvou keto skupin, díky kterým jsou barviva schopná redukovat. Kypová barviva mají dvě základní struktury, podle kterých odvozujeme jejich deriváty. První strukturou je indigo (indigoidní barviva), která je znázorněna na obrázku 4. Druhou strukturou je indanthron (antrachinoidní barviva), tato

struktura je znázorněna na obrázku 5. U průmyslově využívaných kypových barviv se nejčastěji používá antrachinonový skelet.[11]



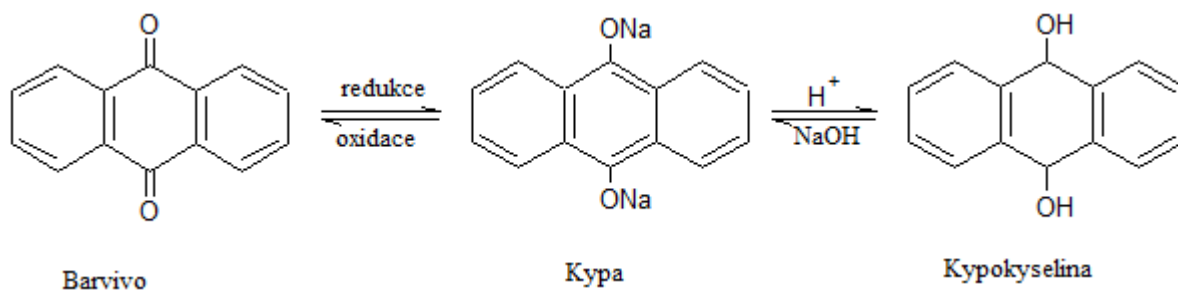
Obrázek 4: Struktura Indigoidního barviva (C. I. Vat Blue 1)[7]



Obrázek 5: Struktura Antrachinonového barviva (C. I. Vat Blue 4)[11]

### 1.2.1 Redukce a reoxidace kypových barviv

Redukce barviva probíhá (viz. obrázek 6) nejčastěji pomocí dithioničitanu sodného.



Obrázek 6: Redukce antrachinonového barviva[10]

Po redukci dochází ke vzniku látek, jako například síranů, siřičitanu a thiosíranů, které nejsou přátelské k životnímu prostředí. Proto je snaha nahradit dithioničitan sodný ekologicky atraktivnějšími látkami. Jako jednou z alternativních látek by mohly být používané  $\alpha$  – hydroxyketony, které mají výborné redukční vlastnosti a jsou dobře ekologicky odbouratelné. Problémem je jejich vysoká cena a fakt, že při použití se musí pracovat v uzavřených systémech, kvůli silnému pronikavému zápachu vzniklého kondenzátu. Hlavní alternativou redukčních činidel je elektrochemická redukce. Elektrochemická redukce má nízké náklady na provoz a ekologicky je přijatelná. Jedinou nevýhodou této metody je redukce barviva na povrchu katody, barvivo je nerozpustné ve vodném roztoku, proto kontakt pevných částic s katodou není ideální.[12][13]

Při redukci lze pracovat dvěma pracovními postupy. Prvním pracovním postupem je postup přímý. Při tomto postupu se všechny chemikálie umístí do jedné nádoby a reakce probíhá přímo. Druhý pracovní postup je redukční postup z matečné kypy. U tohoto postupu je důležité, aby došlo ke zkypování barviva v matečné kypě. Roztok matečné a slepé kypy jsou připravovány odděleně, do jedné nádoby jsou přesunuty až po zkypování matečné kypy.

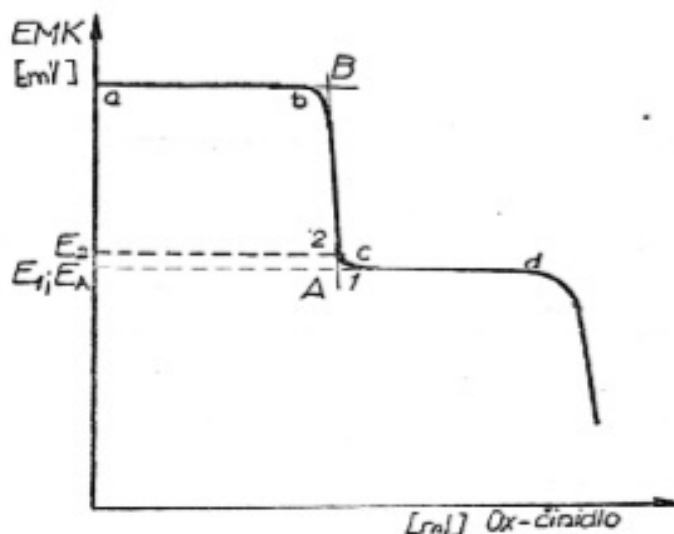
### **1.3 Stanovení redoxního potenciálu (leukopotenciálu)**

Po převedení barviv do matečné kypy a následném kypování, tedy do úplného zredukování barviva se roztok titruje hexakyanoželezitanem draselným, až do úplné oxidace barviva a nadbytečného dithioničitanu. Během reoxidace dojde k situaci, kdy je koncentrace oxidované i redukované formy stejná, která se nazývá redoxní potenciál.

Hodnoty redox – potenciálu, které se určují z bodu zvratu titrační křivky, se u běžných barviv pohybují v rozmezí od -500 až -980 mV. Čím je redoxní – potenciál negativnější, tím barvivo obtížněji redukuje.[11]

Díky grafickému znázornění průběhu titrace leukoformy barviva oxidačním činidlem (ferrikyanidem draselným), získáváme charakteristické křivky průběhu reakce.

Grafické stanovení leukopotenciálu je znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7: Titrací křivka (leukosloučenina - oxidační činidlo)[14]

Počátek křivky odpovídá oxidaci hydrosulfidu, první zlom, který nastává v bodě B je označován jako kypový potenciál (bezpečnostní potenciál kypy). Dalším přidavkem oxidačního činidla nastává druhý zlom, bod A, označovaném jako leukopotenciál. Při této hodnotě napětí začíná barvivo přecházet na oxidovanou formu.[14]

### 1.3.1 Tvary titračních křivek

Podle druhu kypového barviva rozeznáváme i různé druhy titračních křivek. Křivky můžeme podle charakteru, rozdělit do pěti základních skupin. Rozdělení titračních křivek je zobrazeno na obrázku 8.

**A / A'** - Zobrazují křivky, s přesně definovanými leukopotenciály. U těchto křivek je zřejmé, že během doby srážení barviva hodnota leukopotenciálu neklesá.

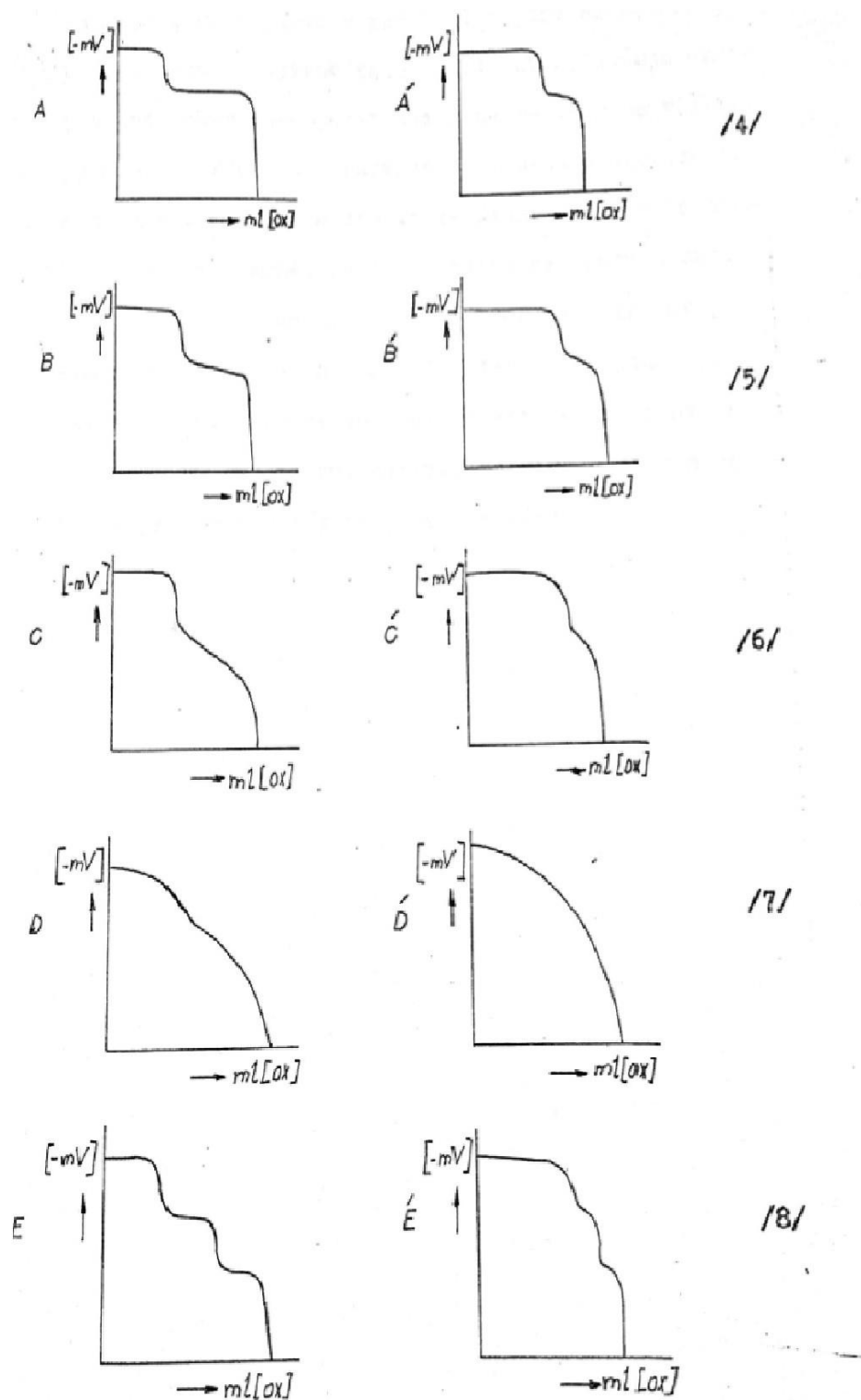
**B / B'** - Zobrazují křivky s nepatrným poklesem leukopotenciálu.

**C / C'** - Zobrazují křivky s přibližnými hodnotami leukopotenciálu.

**D / D'** - Zobrazují křivky s neúplným nebo neostrým skokem z kypového potenciálu na leukopotenciál

**E / E'** - Zobrazují křivky u kterých se zobrazují dva skoky.

Z výšky leukopotenciálu a polohy oxidace můžeme určit celou řadu vlastností barviva (vlastnosti fyzikálně – chemické, vlastnosti barvířské). Z křivek lze také určit chování vůči textilním pomocným prostředkům. [14]



Obrázek 8: Tvary titračních křivek [14]

## 1.4 Kinetika redukce kypových barviv

Rozpuštění kypových barviv je možné rozdělit do 3 hlavních fází:

- Dispergace nerozpustných kypových barviv
- Redukce částic barviva
- Rozpuštění redukovaného barviva

Rychlost dispergace je dána výrobcem, závisí na velikosti částic barviva a na kvalitě přidaného dispergátoru. Rychlost vypočítáme podle Fickova zákona:

$$\frac{dn}{dt} = F \cdot D \cdot \frac{dc}{dx}$$

kde  $n$  je látkové množství,  $t$  je čas,  $D$  je difúzní koeficient,  $F$  je plocha,  $\frac{dc}{dx}$  je rychlostní gradient. Ze vztahu je vidět, že rychlost difúze závisí na difúzním koeficientu  $D$ , ploše  $F$  a koncentračním gradientu  $\frac{dc}{dx}$ . [15]

Rychlost redukce je ovlivněná velikostí povrchu barviva, změnou teploty a také množstvím přidaného redukčního činidla. Rychlost je tedy úměrná velikosti smáčeného povrchu, dá se vypočítat ze vztahu:

$$\frac{dc}{dt} = -k \cdot c^{2/3}$$

kde  $c$  je koncentrace nerousného barviva (g/l) a  $t$  je čas (s). Rychlost redukce je následně možné zapsat jako monomolekulární reakci:

$$-\frac{dc}{dt} = k \cdot c$$

Po integraci:

$$c = c_0 \cdot e^{-kt}$$

kde  $c$  je okamžitá koncentrace (g/l) barviva a  $c_0$  je počáteční koncentrace barviva (g/l).

Další důležitou veličinou charakterizující rychlost redukce je poločas redukce. Poločas redukce je definován jako doba, která je potřebná k převedení 50 % kypového barviva na redukovanou formu a lze jej zapsat pomocí rovnice:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

kde  $k$  je rychlostní konstanta. [15]

#### 1.4.1 Stanovení doby redukce optickou metodou

Optická metoda je při stanovení doby redukce kypových barviv vhodná z důvodu odlišného zabarvení redukované a oxidované formy. Barevné změny pozorujeme nejen změnou barevného odstínu, ale také změnou absorpce. Vynesením závislosti absorpce a vlnové délky do grafu získáme absorpční spektrum barviva. Z definice Lambert – Beerova zákona můžeme říci, že absorbance je přímo úměrná koncentraci stanovované látky:[11]

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot d$$

kde je  $A$  absorbance,  $\varepsilon$  je molární dekadický absorpční koeficient (l/g.cm),  $d$  je tloušťka absorbující vrstvy (cm) a  $c$  je koncentrace absorbující složky (g/l).

Doba redukce byla vypočtena lineární regresí závislosti  $\log(A_{\infty} - A_t)$  na čase redukce pomocí matematických funkcí Slope (hodnota  $a$ ), Intercept (hodnota  $b$ ) a RKQ (hodnota spolehlivosti  $R^2$ ) v programu Microsoft Excel 2010.

$$\log(A_{\infty} - A_t) = a \cdot t + b$$

Dosazením do následující rovnice byla získána hodnota  $t_{1/2}$ , tedy poločas redukce.

$$t_{1/2} = \frac{-0,3}{a}$$

Dosazením do výše uvedené rovnice definující poločas redukce byla vypočtena rychlostní konstanta  $k$ .

## 1.5 Barvení kypovými barvivy.

U kypových barviv rozlišujeme tři základní technologické skupiny, které se liší svojí schopností redukce a afinitu k celulóзовému vláknu. Podle těchto skupin jsou rozlišovány optimální teploty barvení, dávky louhu sodného, redukčního činidla a elektrolytu.

Kypová barviva rozdělujeme do tří základních skupin podle výrobce barviv firmy Synthesia a.s.:

Do skupiny **M I** (jiné označení IN) patří barviva, která mají vysokou afinitu k textilním vláknům. Díky vysoké afinitě se při barvení nepřidává neutrální elektrolyt. Tyto barviva potřebují vyšší koncentraci hydroxidu sodného, průměrná teplota barvení je okolo 60 °C.

Skupina **M II** (jiné označení IW) umožňuje aplikaci barviva se střední afinitou k textilním vláknům. Při této aplikaci je zapotřebí střední koncentrace hydroxidu sodného, teplota při barvení je 50 °C. Důležitým krokem při této metodě je přidavek soli.

Skupina **M III** (jiné označení IK) zahrnuje postup pro aplikaci barviv s nízkou afinitou k vláknům. Barví se při nízké koncentraci hydroxidu sodného, při teplotě 30 °C, s přidavkem soli.[7]

## 1.6 Hodnocení barevnosti

Měření barevnosti je založeno na srovnávání získaného vybarvení a původního standardu, za účelem posouzení rozdílu v jejich barevnosti. Důležitým faktorem při stanovování barevnosti je vnímání lidského oka, některé barvy jsou vnímány citlivěji, než jiné (relativní citlivost lidského oka nabývá maxima mezi 550 až 600nm).[11]

### 1.6.1 Systém XYZ

Všechny barvové prostory definované pomocí trichromatických hodnot X, Y a Z, popisují barvy na základě vnímání lidským zrakem.

V roce 1931 vydala mezinárodní komise pro osvětlení Commission Internationale de l'Eclairage – CIE) chromatický diagram CIExyY, který definuje množinu všech barev vnímaných pozorovatelem. Každá barva je definována souřadnicemi x, y a hodnotu Y (jas). Tyto hodnoty vycházejí z trichromatických hodnot X, Y a Z.[11][16]

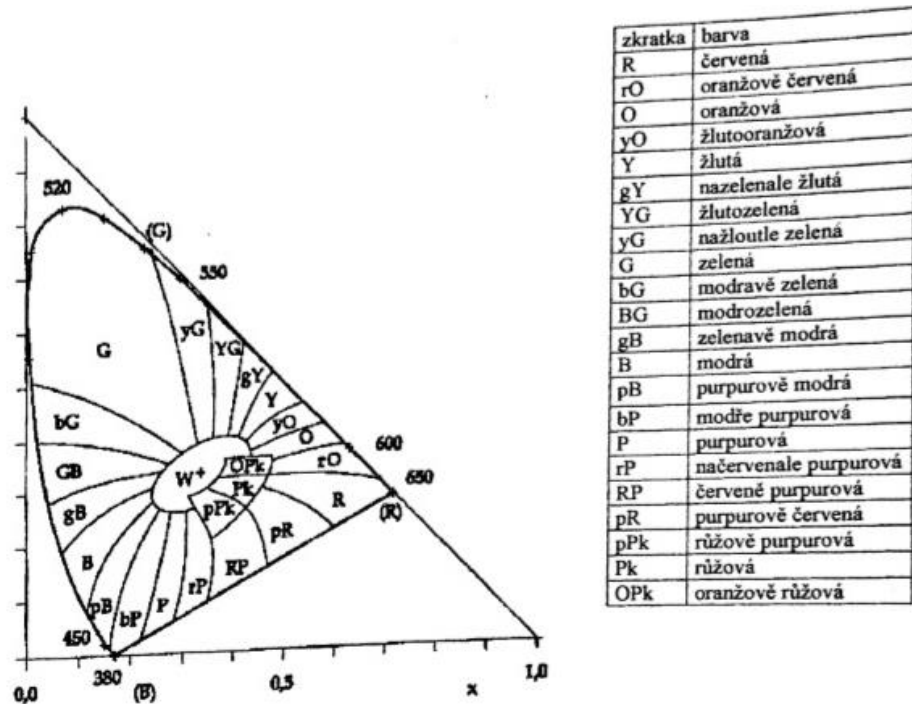
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$



$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

K popisu barev nám stačí pouze dvě souřadnice. Vizualizace barvy v barevném systému XYZ je možné vidět na obrázku9.



Obrázek 9: Průměr barvového prostoru do roviny[11]

### 1.6.2 Systém CIELab

Barvový systém CIE<sub>xyY</sub> není úplně dokonalý. Barevné odchylky odpovídající stejným rozdílům barevného vjemu se zobrazují úsečkami, které nejsou stejně dlouhé. V roce 1967 byl vytvořen CIE alternativní barevný prostor CIELab. Hodnoty souřadnic těchto barevných prostorů se získávají přepočtem z hodnot X, X<sub>0</sub>, Y, Y<sub>0</sub>, Z a Z<sub>0</sub> a jsou definovány podle vzorců: [11][16]

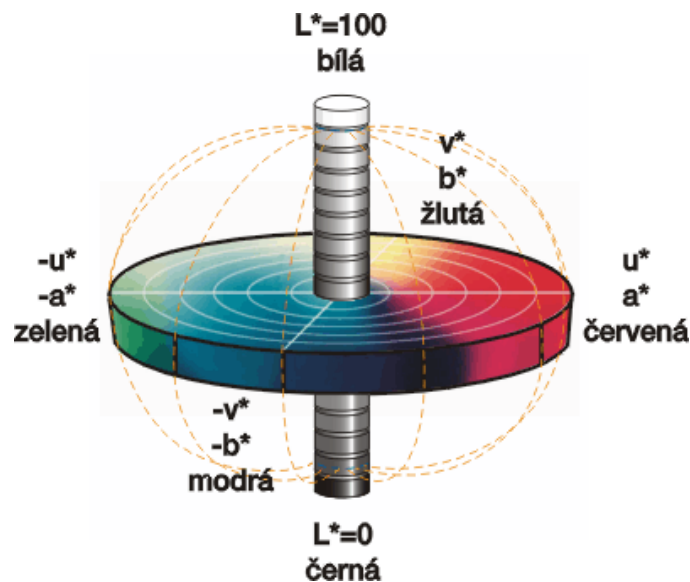
$$L^* = 116 \cdot \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500 \cdot \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \cdot \left[ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

Hodnoty L lze definovat jako jasovou složku, čím vyšší je hodnota L, tím je vzorek světlejší, Když je hodnota a kladná, vzorek je červený, pokud je hodnota a záporná, vzorek je zelený. Pokud je hodnota b kladná je vzorek žlutý, když je hodnota b záporná je vzorek modrý. [11]

Barevný prostor CIELab je možné vidět na obrázku 10.



Obrázek 10: Barevný prostor CIELab[16]

Barvová odchylka je veličina charakterizuje odlišnost, nebo naopak shodu vzorku a předlohy. Definuje celkovou barevnou odchylku dvou barev a je dána vztahem, který koresponduje s výpočtem délky přepony u trojúhelníku v trojrozměrném prostoru:[11][16]

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

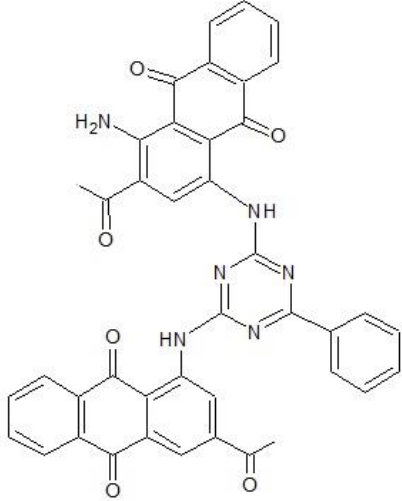
### 2.1 Použitá zařízení, chemikálie a materiál

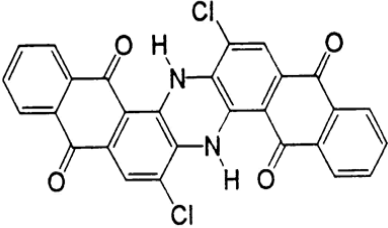
#### 2.1.1 Použité chemikálie

Tabulka 1: Použité chemikálie

Chemikálie	Strukturní vzorec	Molární hmotnost [g/mol]	Výrobce
Hydroxid sodný	NaOH	39,99	Penta
Dithioničitan sodný	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	174,10	Penta
Ferrikyanid draselný	K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	329,25	Lach – Ner, s. r. o.
Uhličitan sodnýbezv.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105,99	Lach – Ner, s. r. o.
Peroxid vodíku, p.a.	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	34,02	Penta
Kyselina octová	CH <sub>3</sub> COOH	60,05	Erba Lachema s. r. o.
Chlorid sodný	NaCl	59,45	Erba Lachema s. r. o.

Tabulka 2: Použitá kypová barviva

Obchodní název	C.I. označení	Postup	Strukturní vzorec
Farbanthren Blue CLF	C. I. Vat Blue 66	M II	
FarbanthrenDark Blue 1155	C. I. Vat Blue Mixed	M I	Směsné barvivo, složení není známo

Novatic Blue RCL	C. I. Vat Blue 6	M I	
------------------	------------------	-----	---

Tabulka 3: Použité textilní pomocné přípravky (TPP)

Název	Složení	Výrobce
Slovasol 257	C12-15 oxyethylenovaný alkohol	Sloveca s. r. o., SR
Syntapon ABA	Anion aktivní tenzidová směs - Směs lineárního alkylbenzensulfonátu sodného a laurylsulfátu sodného	Enaspol a.s

### 2.1.2 Použitý textilní materiál

Předupravená bavlněná tkanina

### 2.1.3 Použitá zřízení

- Analytické váhy ABJ (Kern, Německo)
- Přesná váha 572 (Kern, Německo)
- Spektrofotometr Helios  $\gamma$  s peristaltickým čerpadlem Supersipper (Thermo Fisher Scientific, USA)
- pH metr WTW s kombinovanou redoxní elektrodou OR 103 (Theta 90, Česká republika)
- Termostat Julabo MB (Julabo, Německo)
- Barvicí aparát Ahiba Nuance Eco II B (Datacolor, Švýcarsko)
- Spektrofotometr Hunterlab ColorQuest XE (Hunterlab, USA)

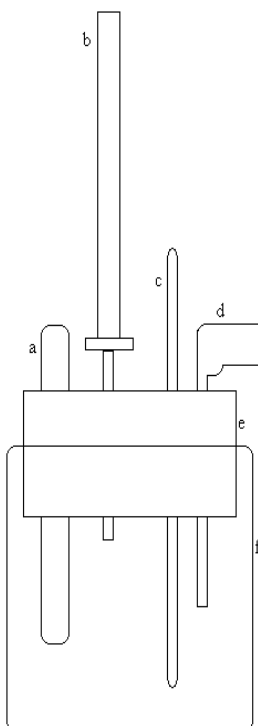
### 2.1.4 Použitý software

- Microsoft Word 2010
- Microsoft Excel 2010
- Vision 32

## 2.2 Stanovení leukopotenciálu kypových barviv

### 2.2.1 Aparatura

Pro stanovení leukopotenciálu byla sestavena aparatura, ve které dominovala dvojitě skleněná nádoba o objemu 300 ml. Tato nádoba byla dvojitě skleněná z důvodu cirkulace vytemperované vody z termostatu, ke kterému byla připojena pomocí gumových hadic s rychlospojkami. Horní část nádoby byla uzavřena pomocí gumové zátky, ve které byly otvory na přívod dusíku, kombinovanou elektrodu a byretu s redukčním činidlem. S chůma aparatury je vidět na obrázku č.11.



Obrázek 11: Aparatura pro stanovení leukopotenciálu kypových barviv.

a – redoxní elektroda, b – byreta, c – teploměr,

d – přívod dusíku, e – gumová zátka, f – skleněná nádoba

### 2.2.2 Příprava roztoků a měření

Před začátkem veškeré práce, byl zapnut termostát, který byl vytemperován na pracovní teplotu. Dále byla provedena kalibrace redoxní elektrody na pufrů  $pH = 7$  a  $pH = 5$ . Dále byly podle vzorkovnice a podle Color Indexu připraveny barvicí předpisy, podle těchto prepisů byly připraveny kypy.

*Barvicí postup M I použitý u barviv C. I. Vat Blue 6 a směsného kypového barviva:*

Tabulka 4: Celkový předpis chemikálií

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	9,25 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2,0 g
Barvivo	1,0 g
H <sub>2</sub> O	250 ml

Tabulka 5: Předpis pro matečnou kypu

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	3,0 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,0 g
Barvivo	1,0 g
H <sub>2</sub> O	50 ml

Tabulka 6: Předpis pro slepou kypu

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	6,25 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,0 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

*Barvicí postup M II použitý u barviva C. I. Vat Blue 66:*

Tabulka 7: Celkový předpis chemikálií

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	2 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,75 g
Barvivo	1,0 g
H <sub>2</sub> O	250 ml

Tabulka 8: Předpis pro matečnou kypu

Chemikálie	Množství
NaOH 38° Bé	0,67 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,375 g
Barvivo	1,0 g
H <sub>2</sub> O	50 ml

Tabulka 9: Předpis pro slepou kypu

Chemikálie	Množství
NaOH 38° Bé	1,33 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,375 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

### 2.2.3 Postup měření

Pracovní postup je shodný pro barvicí přepisy M I a M II, liší se pouze množství chemikálií.

Nejdříve byla připravena slepá kypa. 200 ml destilované vody bylo vytemperováno na 60 °C, po dosažení této teploty bylo přidáno 6,25 ml NaOH a po menších dávkách 1g Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Slepá kypa byla temperována při teplotě 60 °C po dobu 15 minut. Mezi tím byla připravována i matečná kypa. Do reakční skleněné nádoby byl převeden 1 g barviva, které bylo naváženo na analytických vahách, barvivo bylo rozpuštěno v 50ml destilované vody. Dále bylo přidáno 3 ml NaOH a 1g Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Matečná kypa byla temperováno pomocí termostatu na teplotu 60 °C, celou dobu byla míchána pomocí magnetického míchadla za přítomnosti dusíku. Po 15 – ti minutách byla slepá kypa převedena do reakční nádoby k matečné kypě. Po zkytování a dokonalém promíchání bylo zahájeno měření. Na pH metru byla odečtená první hodnota potenciálu, po té byla zahájena titrace 0,2 M roztokem ferrikyanidu draselným (oxidačním činidlem).

K barevné lázni (kypě) byl přidáván roztok 0,2 M ferrikyanidu draselného po 2ml, v okamžiku kdy začalo docházet k rapidnějšímu poklesu, byl tento roztok přidáván po 0,2 ml, aby byly zachyceny všechny důležité body pro určení hodnoty leukoponciálu. Titrace probíhala až do doby, kdy se hodnoty potenciálu od sebe lišily pouze o nepatrné rozdíly. Po každém přidání oxidačního činidla, byly zapisovány hodnoty potenciálu (- mV) v závislosti

na přidaném objemu oxidačního činidla (ml). Získané hodnoty byly zpracované graficky, z titrační křivky byl stanovena hodnota leukopotenciálu.

Stanovení leukopotenciálu bylo provedeno vždy 3x pro danou teplotu, stanovení bylo měřeno při teplotě 60 °C a 90 °C. Měření probíhalo vždy za stejných podmínek.

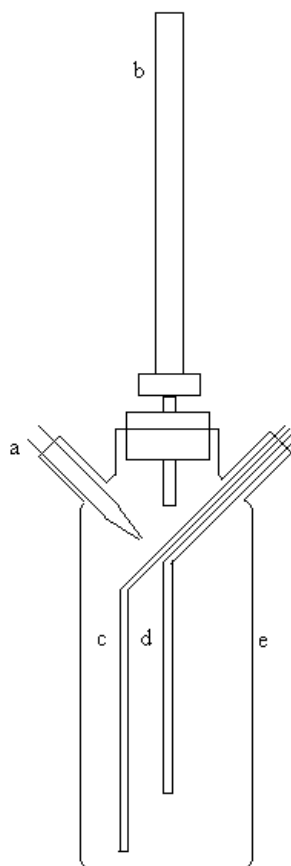
## **2.3 Stanovení kinetiky redukce kypových barviv**

### **2.3.1 Aparatura**

Pro stanovní redukce kypových barviv byla sestavena podobná aparatura jako u stanovení leukopotenciálu. Aparatura také obsahovala skleněnou nádobu, která byla dvojitěná a mohla v ní tedy cirkulovat voda, byla připojena k termostatu dvěma gumovými hadicemi s rychlospojky, ale neobsahovala *pH* metr ani redoxní elektrodu. Tato aparatura byla pomocí peristaltického čerpadla a průtočné kyvety zakomponována se spektrofotometrem Helios  $\gamma$ , který byl propojen s počítačem. Průtočná kyveta byla pevně uchycená v držáku ve spektrofotometru.

Na rozdíl od skleněné nádoby používané při leukopotenciálu, měla nádoba tři hrdla. Prvním hrdlem byl pomocí kapiláry přiváděn dusík, druhým otvorem byly protaženy hadice, které vedly pomocí čerpadla do průtočné kyvety a z kyvety zpět do nádoby. Poslední hrdlo bylo uzavřeno pomocí gumové zátky. Schéma aparatury je ukázáno na obrázku 12.





Obrázek 12: Aparatura pro stanovení redukce.

a – přívod dusíku, b – byreta,

c,d – gumové hadičky, e – skleněná nádoba

### 2.3.2 Příprava roztoků a měření

Nejdříve byl spuštěný termostat, který byl temperován na pracovní teplotu. Po zapnutí spektrofotometru a spuštění programu Vision, byla do spektrofotometru umístěna průtočná kyveta. Poté byly podle předpisu (tabulka 10) připraveny roztoky.

*Redukční postup MI použitý u barviv C. I. Vat Blue 6 a směsného kypového barviva*

Tabulka 10: Celkový předpis chemikálií

Chemikálie	Množství
NaOH 38° Bé	1,6 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,8 g
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,6 g
Barvivo	0,0078 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

Tabulka 11: Předpis pro redukční roztok

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38°Bé	1,6 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,8 g
H <sub>2</sub> O	20 ml

Tabulka 12: Předpis pro lázeň

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
Barvivo	0,0078g
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,6 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

*Redukční postup MII použitý u barvy C. I. Vat Blue 66:*

Tabulka 13: Celkový předpis chemikálií

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	1,6 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,8 g
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,6 g
NaCl	0,8 g
Barvivo	0,0078 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

Tabulka 14: Předpis pro redukční roztok

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38°Bé	1,6 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,8 g
H <sub>2</sub> O	20 ml

Tabulka 15: Předpis pro lázeň

Chemikálie	Množství
Barvivo	0,0078g
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,6 g
NaCl	0,8 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

### 2.3.3 Postup měření

Z absorpčního spektra barviva před redukcí byla zjištěna vlnová délka maxima, při které byla prováděna redukce. V programu Vision byla nastavená vlnová délka, počet cyklů a byla nastavena funkce průběžného čerpání.

Reakční nádoba s lázní byla míchána a temperována na teplotu 60 °C, za přístupu dusíku. Poté bylo spuštěno peristaltické čerpadlo, kapalina začala proudit skrz průtočnou kyvetu a mohlo být zahájeno měření. Po přilítí redukčního roztoku bylo zahájeno měření. Měření bylo uskutečněno pro každou barvu při 40 °C a 60 °C, množství chemikálii bylo v závislosti na tom, do jaké skupiny barva patří. Výsledky byly zaznamenány graficky a pomocí funkcí v Microsoft Excel.

## 2.4 Reoxidace kypových barviv

### 2.4.1 Příprava roztoků a měření

Pro reoxidaci kypových barviv byla zvolena stejná aparatura, jako při redukcí. Byl spuštěn termostat, aby se vytemperoval na pracovní teplotu podle rozpisu (Tabulka 16) byly připraveny roztoky.

*Reoxidační postup M I použitý u barviv C. I. Vat Blue 6 a směsného kypového barviva:*

Tabulka 16: Celkový předpis chemikálií

Chemikálie	Množství
NaOH 38° Bé	0,925 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,2 g
Barvivo	0,1 g
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,5 ml
H <sub>2</sub> O	250 ml

Tabulka 17: Předpis pro matečnou kypu

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	0,3 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,1 g
Barvivo	0,1 g
H <sub>2</sub> O	50 ml

Tabulka 18: Předpis pro slepou kypu

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	0,625 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,1 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

*Reoxidační postup M II požítý u barviva C. I. Vat Blue 66:*

Tabulka 19: Celkový předpis chemikálií

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	0,2 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,075 g
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,5 ml
Barvivo	0,1 g
H <sub>2</sub> O	250 ml

Tabulka 20: Předpis pro matečnou kypu

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
NaOH 38° Bé	0,067 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,0375 g
Barvivo	0,1 g
H <sub>2</sub> O	50 ml

Tabulka 21: Předpis pro slepou kypu

Chemikálie	Množství
NaOH 38° Bé	0,133 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,0375 g
H <sub>2</sub> O	200 ml

### 2.4.2 Postup měření

Po zkypování a dobrém rozmíchání obou roztoků bylo nejdříve změřeno absorpční spektrum. Poté bylo upraveno pH, toto měření bylo provedeno při pH = 7, pH = 10 a pH = 12. Po úpravě pH bylo znova změřeno absorpční spektrum pomocí spektrofotometru. Následně bylo přidáno 0,5 ml peroxidu vodíku. Po 5 – ti minutách bylo znova proměřeno absorpční spektrum. Výsledky byly zaznamenány graficky.

Reoxidace byla provedena při 40 °C, 60 °C a 90 °C, při různých hodnotách pH.

## 2.5 Barvení

Při barvení byla použita barviva, která jsou uvedena v tabulce 2. Jako vhodný materiál byla použita předupravená bavlněná tkanina o hmotnosti 2,4 g. Podle vzorkovnice kypových barviv byly vypočteny barvicí předpisy pro 1% vybarvení a délku lázně 1:30.

### 2.5.1 Postup barvení MI

Před barvením byly nachystány vzorky tkaniny bavlny o rozměrech 10 x 15 cm o celkové gramáži 2,4g.

*Barvicí předpis pro 1 % vybarvení postup MI použitého barviv C. I. Vat Blue 66 a směsného kypového barviva:*

Tabulka 22: Celkový předpis chemikálií pro barvení

Chemikálie	Množství
NaOH 38° Bé	0,72 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,144 g
Slovasol 257	0,07 g
Barvivo	0,024 g
H <sub>2</sub> O	72 ml

Po navážení všech chemikálií a kvantitativním převedení do nádoby, byl do nádoby přidán i vzorek bavlny. Nádoba byla uzavřena víčkem umístěna do barvícího aparátu Ahiba. Na barvícím aparátu byl zvolen program vhodný pro barvicí postup MI, který probíhal 45 minut při 60 °C. Po ukončení programu byly tkaniny vytaženy a rozstříhány na 4 stejně velké části.

### 2.5.2 Reoxidace

Nabarvená tkanina byla umístěna do nádob s reoxidačním roztokem, který byl připraven podle tabulky 23. Podle zvoleného *pH* bylo přidáno do nádoby určité množství kyseliny octové. Reoxidace probíhala při *pH* = 7, 10, 12.

Tabulka 23: Celkový předpis chemikálií pro reoxidaci

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,036 ml
CH <sub>3</sub> COOH	1 ml
H <sub>2</sub> O	18 ml

Po úpravě *pH* byly nádoby uzavřeny víčkem a byly umístěny do barvícího aparátu Ahiba, na kterém byl zvolen program reoxidace pro postup MI. Reoxidace probíhala po dobu 10 minut při teplotě 60 °C. Po ukončení programu byly vzorky vytaženy, promyty studenou vodou a nachystány na mydlení.

### 2.5.3 Mydlení za varu

Pro odstranění neadsorbovaného barviva a následné rekrystalizace pigmentu barviva bylo provedeno mydlení. Promyté tkaniny byly umístěny do nádob s roztoky připravených podle tabulky 24.

Tabulka 24: Celkový předpis chemikálií pro mydlení

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
Syntapon ABA	0,027 ml
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,027 g
H <sub>2</sub> O	18 ml

Poté byly nádoby uzavřeny víčkem a umístěny do barvicího aparátu Ahiba. Na aparátu byl zvolen vhodný program pro mydlení, který probíhal 20 minut při teplotě 100 °C. Po ukončení programu byly nabarvené tkaniny vytaženy, propláchny studenou vodou a umístěny na sušák.

#### 2.5.4 Postup barvení MII

Před barvením byl nachystán vzorek tkaniny bavlny o rozměrech 10 x 15 cm o celkové gramáži 2,4g.

*Barvicí předpis pro 1 % vybarvení postup MII u barviv C. I. Vat Blue 66*

Tabulka 25: Celkový předpis chemikálií pro barvení

Chemikálie	Množství
NaOH 38° Bé	0,28 ml
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,105 g
Slovasol 257	0,07 g
Barvivo	0,023 g
H <sub>2</sub> O	72 ml

Po navážení všech chemikálií a kvantitativním převedení do nádoby, byl do nádoby přidán i vzorek bavlny. Nádoba byla uzavřena víčkem umístěna do barvicího aparátu Ahiba. Na barvicím aparátu byl zvolen program vhodný pro barvicí postup MII, který probíhal 40 minut při 50 °C. Po ukončení programu byla tkanina vytažena a rozstříhána na 4 stejně velké části.

#### 2.5.5 Reoxidace

Nabarvená tkanina byla umístěna do nádob s reoxidačním roztokem, který byl připraven podle tabulky 23. Podle zvoleného pH bylo přidáno do nádoby určité množství kyseliny octové. Reoxidace probíhala při pH = 7, 10, 12.

Tabulka 26: Celkový předpis chemikálií pro reoxidaci

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,036 ml
CH <sub>3</sub> COOH	1 ml
H <sub>2</sub> O	18 ml

Po úpravě *pH* byly nádoby uzavřeny víčkem a byly umístěny do barvícího aparátu Ahiba, na kterém byl zvolen program reoxidace pro postup MI. Reoxidace probíhala po dobu 10 minut při teplotě 50 °C. Po ukončení programu byly vzorky vytaženy, promyty studenou vodou a nachystány na mydlení.

### 2.5.6 Mydlení za varu

Promyté tkaniny byly umístěny do nádob s roztoky připravených podle tabulky 24.

Tabulka 27: Celkový předpis chemikálií pro mydlení

<b>Chemikálie</b>	<b>Množství</b>
Syntapon ABA	0,027 ml
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,027 g
H <sub>2</sub> O	18 ml

Poté byly nádoby uzavřeny víčkem a umístěny do barvícího aparátu Ahiba. Na aparátu byl zvolen vhodný program pro mydlení, který probíhal 20 minut při teplotě 100 °C. Po ukončení programu byly nabarvené tkaniny vytaženy, propláchny studenou vodou a umístěny na sušák.



## 2.6 Hodnocení barevnosti

Měření síly vybarvení a změny odstínu bylo provedeno na spektrofotometru. Měření bylo nastaveno následujícím způsobem: měření s leskem (RSIN), osvětlení D65, 10° pozorovatel, SAV. Parametry síly vybarvení byly vypočteny následujícím způsobem:

### Relativní barevná síla pro reflektanci:

$$Avg = \frac{\sum_{\lambda=1}^{počet} K/S_{\lambda}}{počet}$$

Kde  $K/S_{\lambda}$  jsou Konstanty Kubelka Munkovy rovnice (K - absorpční koeficient, S - rozptylový koeficient)

### Vážená barevná síla pro reflektanci:

$$Wgt = \frac{\sum_{\lambda=1}^{počet} \left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda} * E_{\lambda} * S_{\lambda}}{počet}$$

Kde  $E_{\lambda}$  je typ zdroje osvětlení (D65),  $S_{\lambda}$  je typ pozorovatele (10°).

Změny odstínu byly zobrazeny v barvové soustavě CIE Lab.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUZE

#### 3.1 Vyhodnocení leukopotenciálu kypových barviv

Hodnota leukopotenciálu závisí na podmínkách měření ( $pH$ , teplota, koncentrace barviva) a na postupu měření (MI, MII). Vynesením závislosti hodnot potencionálu na objemu titračního činidla získáme titrační křivky.

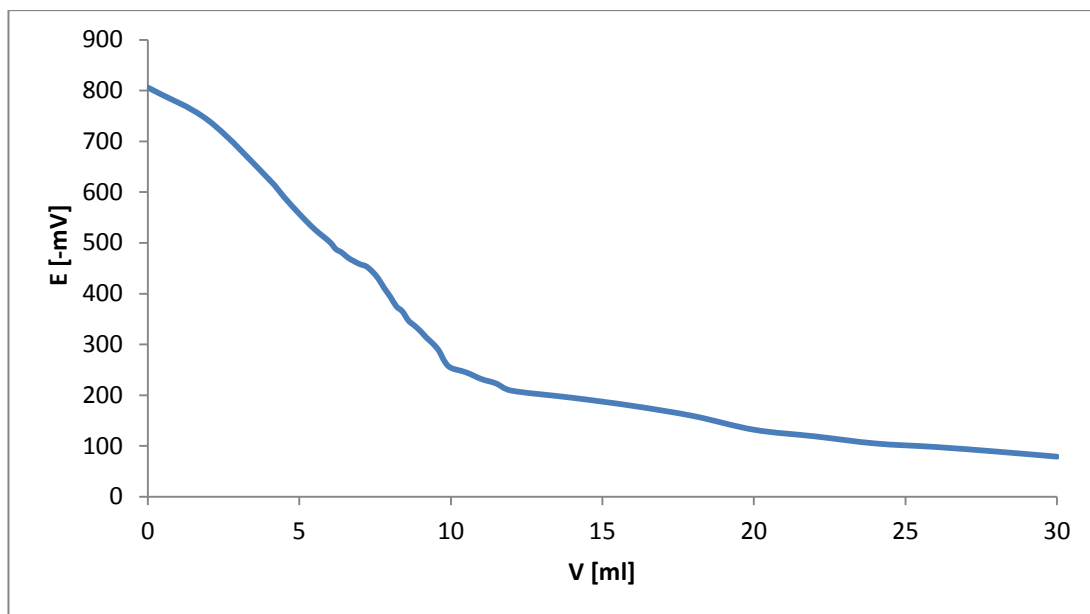
##### 3.1.1 Vyhodnocení leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed

Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed jsou uvedeny v tabulce 28.

Tabulka 28: Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed

Měření číslo	Hodnota leukopotenciálu [-mV]
1	464,44
2	463,39
3	448,10
	<b><math>\bar{O} = 458,65</math></b>

Měření bylo provedeno při teplotě 60°C, postupem MI. Hodnoty jsou nižší než u standardního potenciálu, protože se jedná o směsné barvivo. Průběh titrační křivky při teplotě 60 °C je znázorněné v grafu 1. Tvar křivky je podobný typu D, jedná se tedy o barvivo s neostrým nebo neúplným skokem (viz. Obrázek6)



Graf 1: Graf závislosti potenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed na objemu ferrikyanidu draselném při teplotě 60 °C

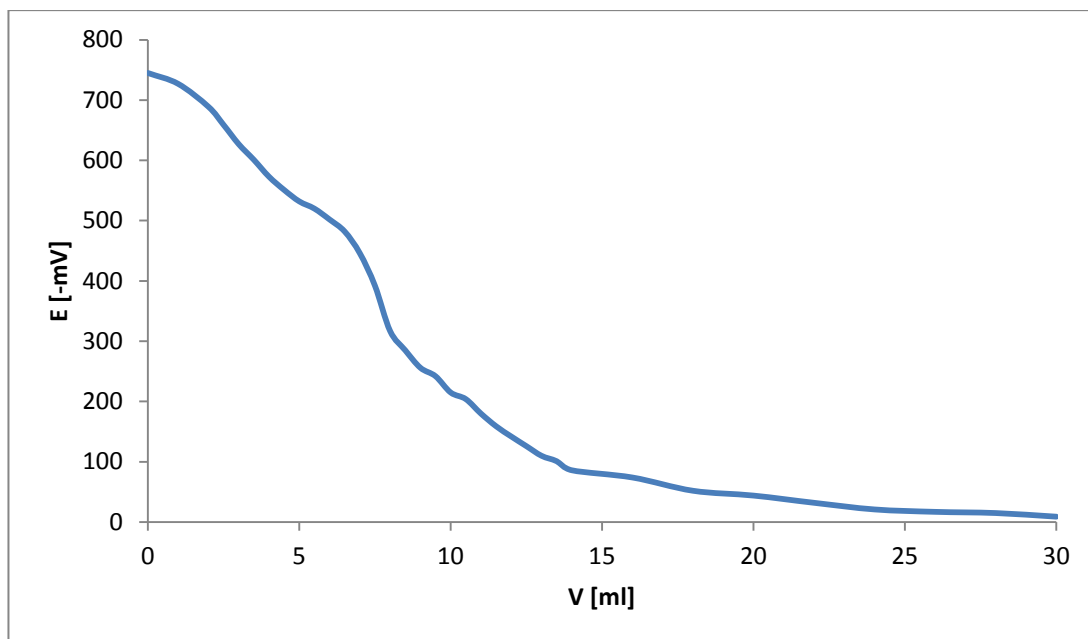
### 3.1.2 Vyhodnocení leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 6

Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 6 jsou uvedeny v tabulce 29.

Tabulka 29: Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 6

Měření číslo	Hodnota leukopotenciálu [-mV]
<b>1</b>	561,23
<b>2</b>	578,46
<b>3</b>	582,02
	<b>Ø = 573,90</b>

Měření bylo provedeno při teplotě 60°C, postupem MI. Hodnoty jsou nižší než u standardního potenciálu, protože se barvivo špatně rozpouštělo. Průběh titrační křivky při teplotě 60 °C je znázorněné v grafu 2. Tvar křivky je opět podobný typu D.



Graf 2: Graf závislosti potenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 6 na objemu ferrikyanidu draselném při teplotě 60 °C

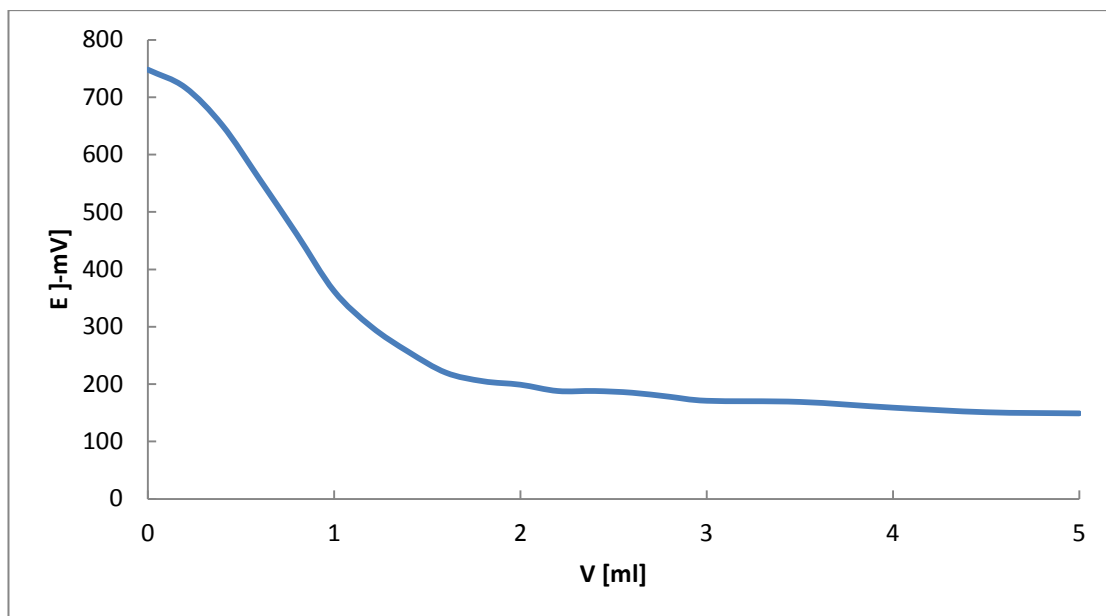
### 3.1.3 Vyhodnocení leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 66

Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 66 jsou uvedeny v tabulce 30.

Tabulka 30: Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 66

Měření číslo	Hodnota leukopotenciálu [-mV]
1	263,57
2	309,87
3	298,02
	<b>Ø = 217,86</b>

Měření bylo provedeno při teplotě 60°C, postupem MII. U tohoto barviva byla spotřeba ferrikyanidu podstatně menší než u barviv skupiny MI. Průběh titrační křivky při teplotě 60 °C je znázorněné v grafu 3. Z hodnot leukopotenciálu je zřejmé, že toto barvivo je redukováno výrazně snadněji než u předchozích barviv. Tvar křivky je opět podobný typu D.



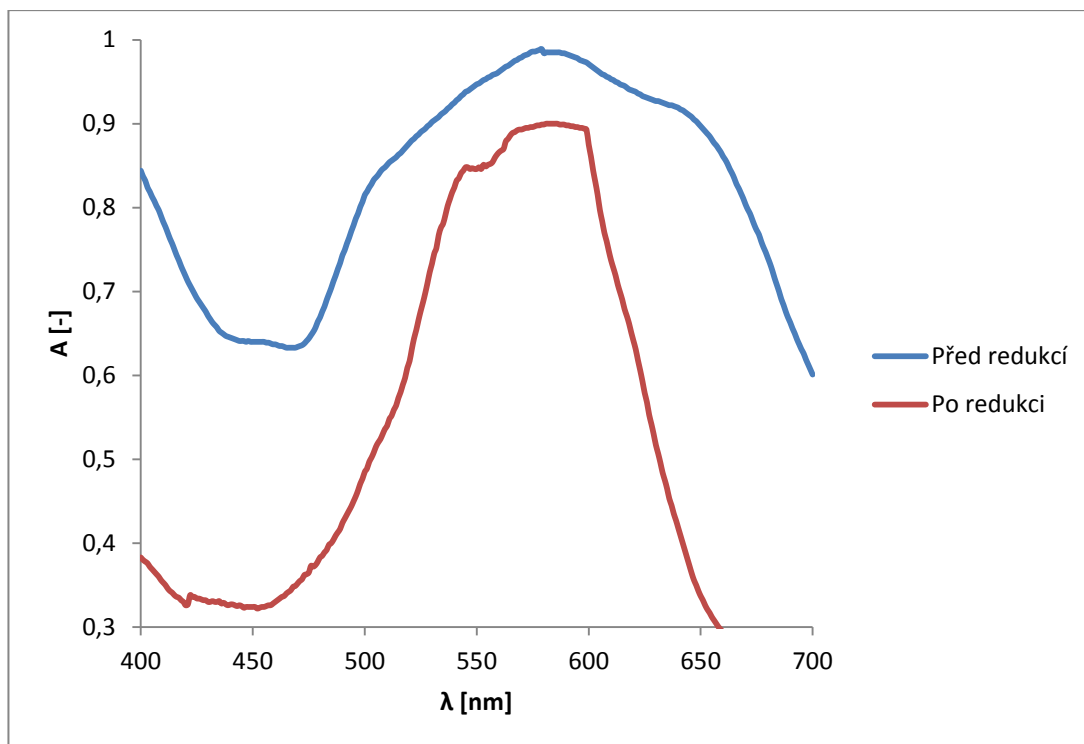
Graf 3: Graf závislosti potenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 66 na objemu ferrikyanidu draselném při teplotě 60 °C

### 3.2 Vyhodnocení kinetiky redukce kypových barviv

Stanovení doby redukce bylo u všech barev provedeno optickou metodou. Při měření byla použita maximální vlnová délka zredukované formy barviva. Kinetika redukce kypových barviv při 90°C byla příliš rychlá pro metodu, která byla pro její stanovení použita.

#### 3.2.1 Stanovení absorpčního spektra vlnové délky maxima u barviva C. I. Vat Blue Mixed

V grafu 4 jsou znázorněny absorpční spektra enolformy (redukované formy) a ketoformy (neredukované formy) kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed. Z grafu je viditelný rozdíl v absorpci viditelného záření u leukoformy kypového barviva.



Graf 4: Graf závislosti absorpce na vlnové délce redukované a neredukované formy barviva C. I. Vat Blue Mixed

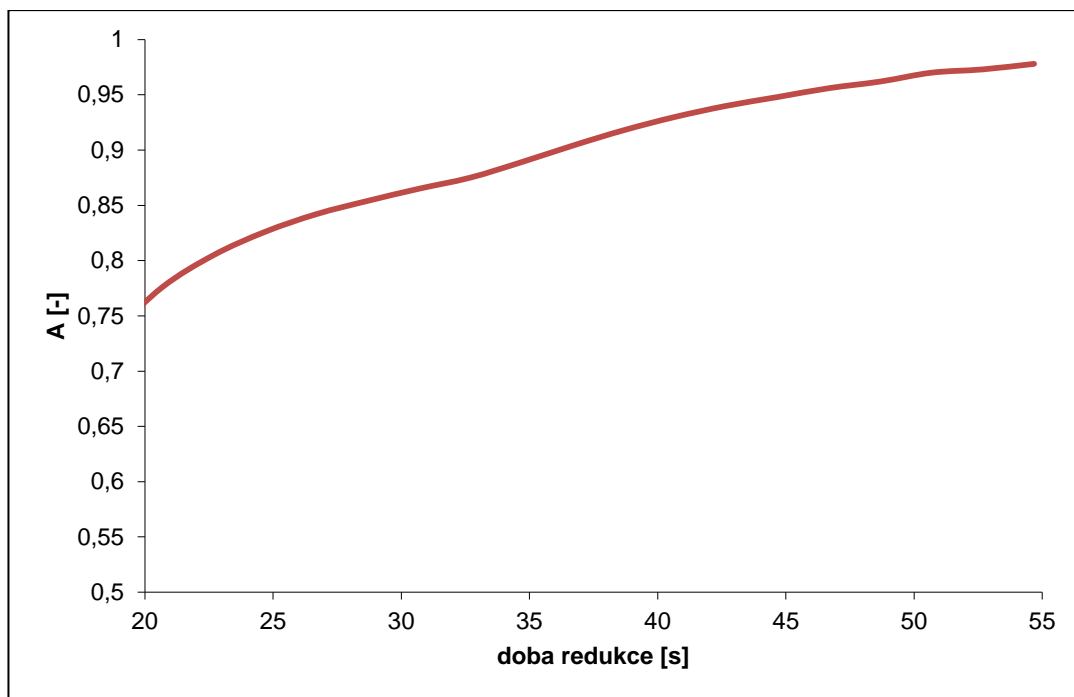
### 3.2.2 Stanovení doby redukce kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed

V tabulce 31 jsou uvedeny výsledky poločasu redukce a rychlostní konstanty vypočtené dle postupu popsaného v experimentální části.

Tabulka 31: Hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstanty kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed

<b>T = 40 °C</b>	
<b>t<sub>1/2</sub> [s]</b>	<b>k [s<sup>-1</sup>]</b>
7,07	0,097

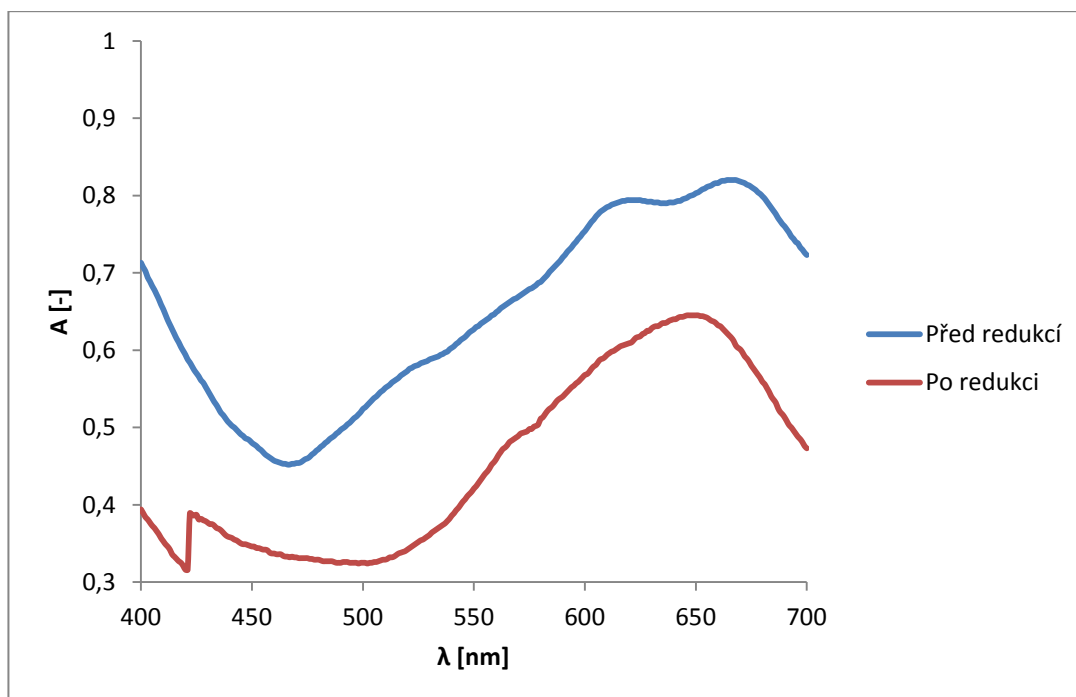
Z hodnoty poločasu redukce je vidět, že redukce probíhá velmi rychle. V Grafu 5 je graficky zaznamenána absorbance na čase redukce při teplotě 40 °C. Z grafu 5 je vidět, že se stoupající dobou roste absorbance.



Graf 5: Graf závislosti absorpce na době redukce kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed

### 3.2.3 Stanovení absorpčního spektra a vlnové délky maxima u barviva C. I. Vat Blue 6

V grafu 6 jsou znázorněny absorpční spektra enolformy (redukovávané formy) a ketoformy (neredukovávané formy) kypového barviva C. I. Vat Blue 6.



Graf 6: Graf závislosti absorpce na vlnové délce redukovávané a neredukovávané formy barviva C. I. Vat Blue 6

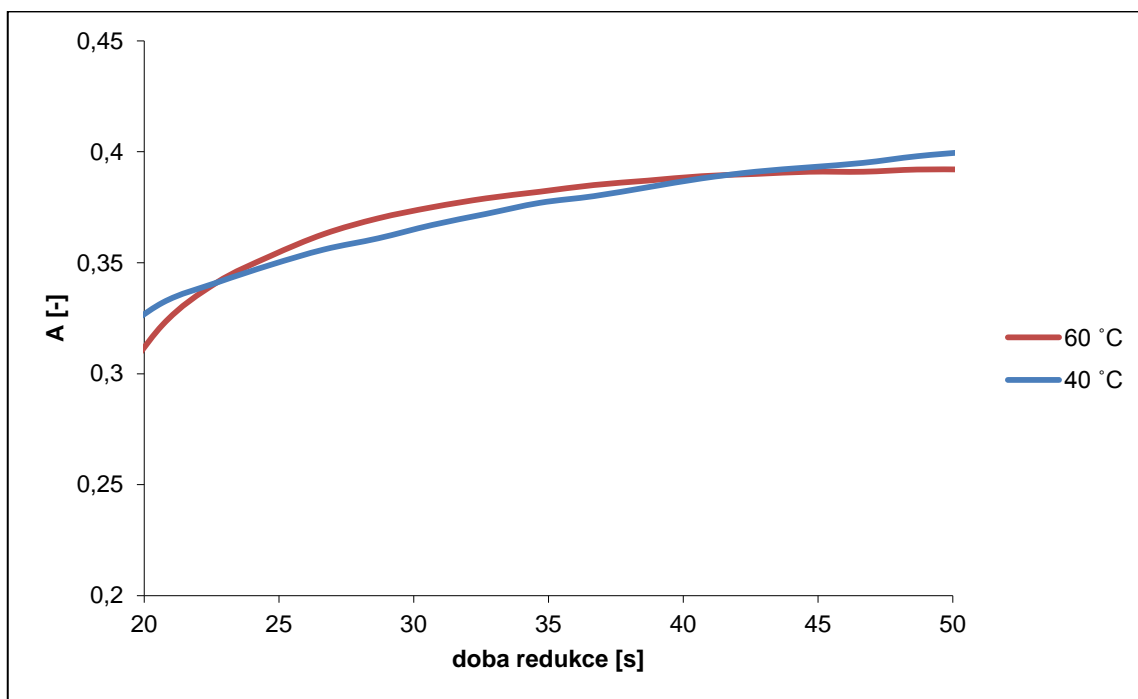
### 3.2.4 Stanovení doby redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 6

V Tabulce 32 jsou zobrazeny hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstanty.

Tabulka 32: Hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstanty kypového barviva C. I. Vat Blue 6

T = 40 °C		T = 60 °C	
$t_{1/2}$ [s]	k [s <sup>-1</sup> ]	$t_{1/2}$ [s]	k [s <sup>-1</sup> ]
6,38	0,11	4,27	0,16

V grafu 7 je znázorněná závislost absorbance na době redukce. Z grafu je možné vypočítat, že při 60 °C redukce probíhá rychleji než při 40 °C a také to, že při vyšší teplotě již došlo k rovnováze redukce barviva v lázni.



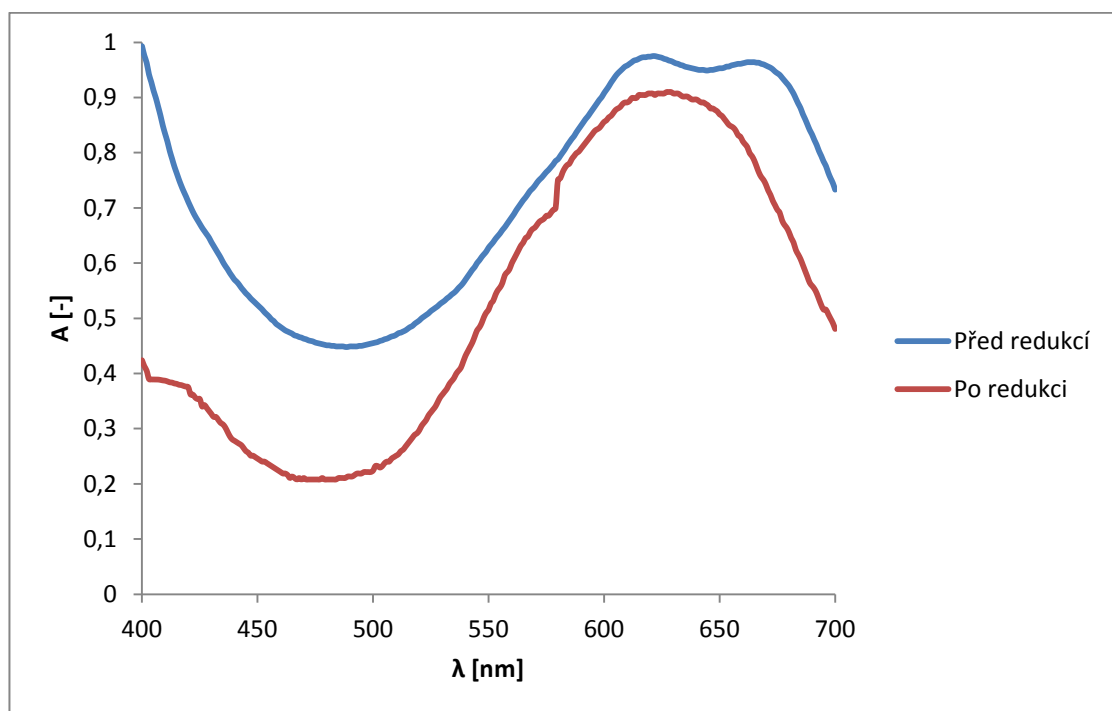
Graf 7: Graf závislosti absorbance na době redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 6

### 3.2.5. Stanovení absorpčního spektra a vlnové délky maxima u barviva C. I. Vat Blue 66

V grafu 8 jsou znázorněny absorpční spektra enolformy (redukované formy) a ketoformy (neredukované formy) kypového barviva C. I. Vat Blue 66. Je zřejmé, že u



antrachinonových kypových barviv je barevný posun kypy vůči samotnému pigmentu barviva méně výrazný, než je tomu u indigoidních barviv.



Graf 8: Graf závislosti absorpce na vlnové délce redukované a neredukované formy barviva C. I. Vat Blue 66

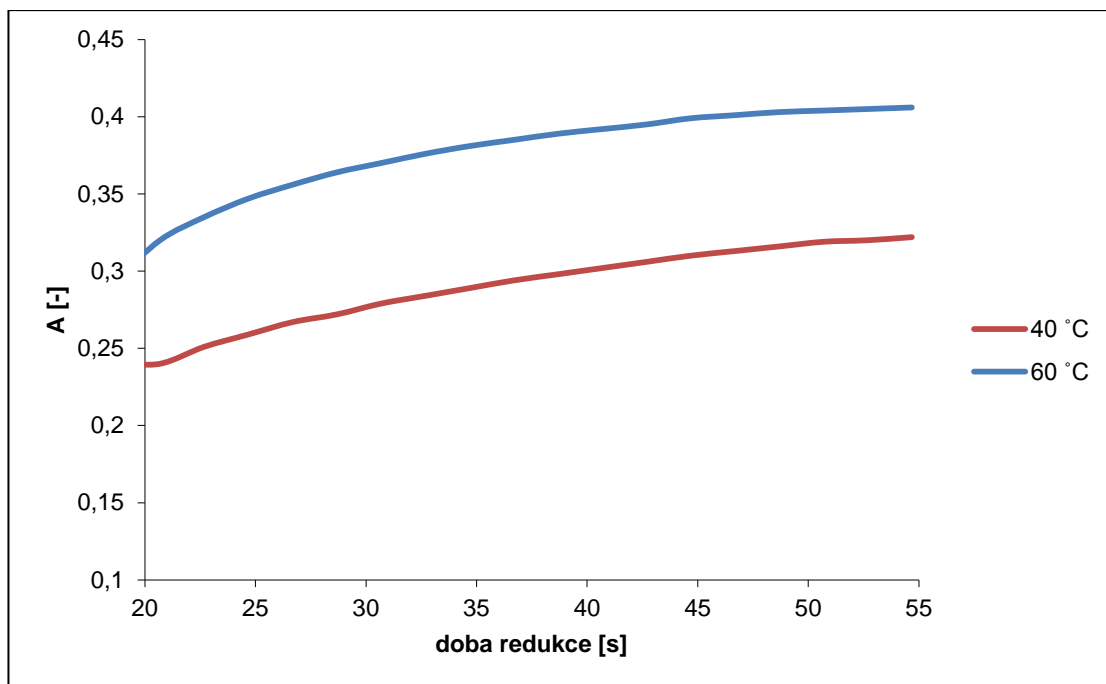
### 3.2.6 Stanovení doby redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 66

V Tabulce 33 jsou zaznamenány hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstanty.

Tabulka 33: Hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstanty kypového barviva C. I. Vat Blue 66

T = 40 °C		T = 60 °C	
$t_{1/2}$ [s]	$k$ [s <sup>-1</sup> ]	$t_{1/2}$ [s]	$k$ [s <sup>-1</sup> ]
7,25	0,09	5,75	0,12

V grafu 8 je znázorněná závislost absorpance na době redukce, v grafu můžeme pozorovat, že při 60 °C redukce probíhá mnohem rychleji než při 40 °C

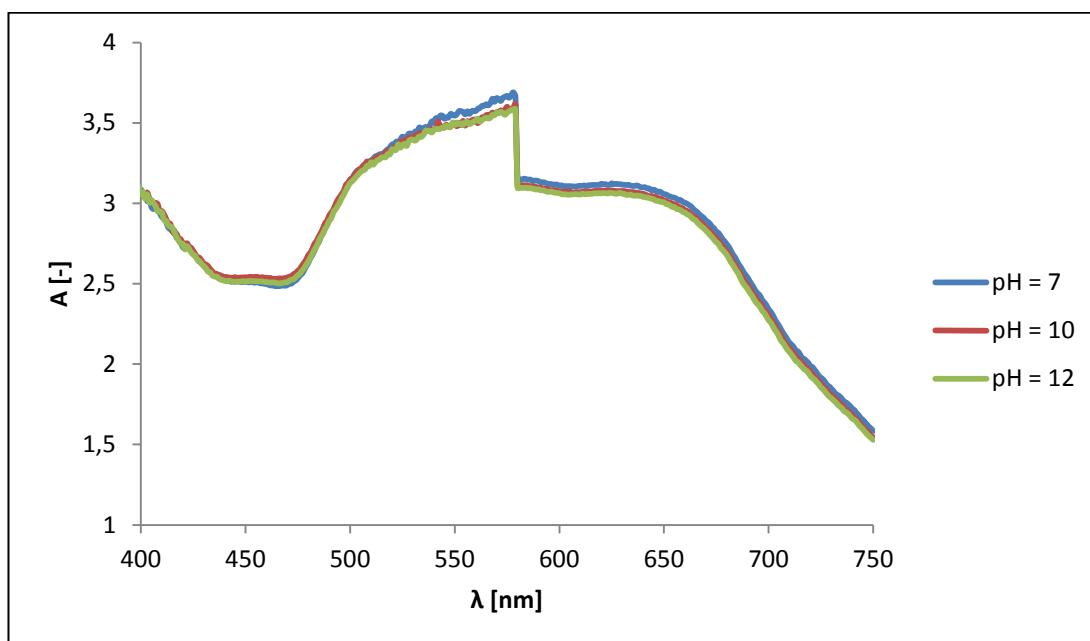


Graf 9: Graf závislosti absorbance na době redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 66

### 3.3 Vyhodnocení reoxidace kypových barviv

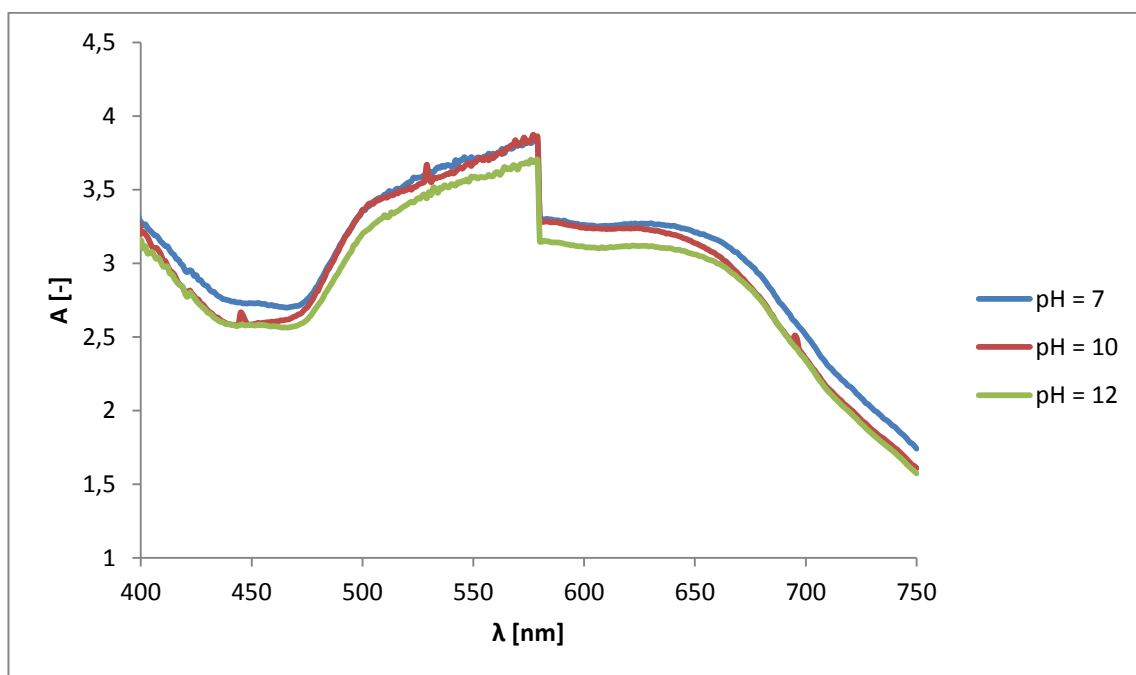
#### 3.3.1. Reoxidace barvy C. I. Vat Blue Mixed

Byly měřeny změny absorbance v závislosti na vlnové délce pro různé  $pH$ . Měření bylo provedeno pro  $pH = 7$ ,  $pH = 10$ ,  $pH = 12$  při teplotách  $40\text{ °C}$ ,  $60\text{ °C}$  a  $90\text{ °C}$ .



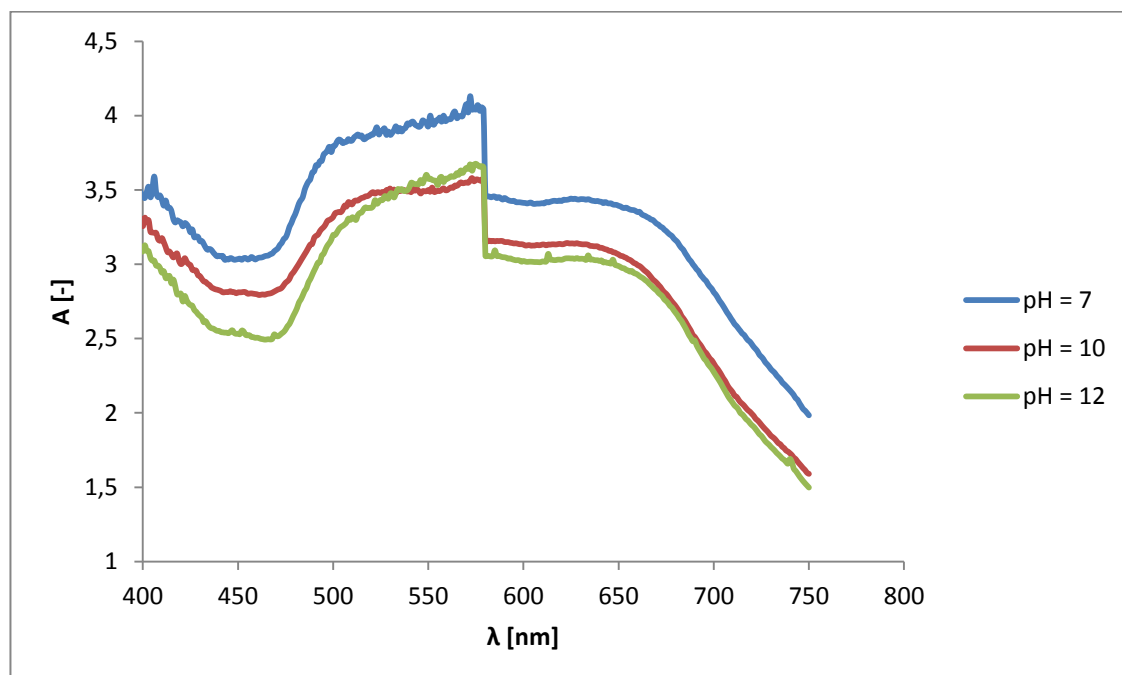
Graf 10: Graf závislosti absorbance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue Mixed při  $40\text{ °C}$

V grafu 10 je vidět, že při teplotě 40 stupňů nedochází k žádným velkým změnám. Skok v 580 nm je dán složením barviva a přechodem monochromátoru. Jedná se o směs různých kypových barviv.



Graf 11: Graf závislosti absorpance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue Mixed při 60 °C

Z grafu 11 jsou vidět menší rozdíly v závislosti na pH při 60 °C. Křivka pro pH = 12 má nejmenší hodnoty absorpance. V grafu je viditelný stejný skok jako v grafu 10.

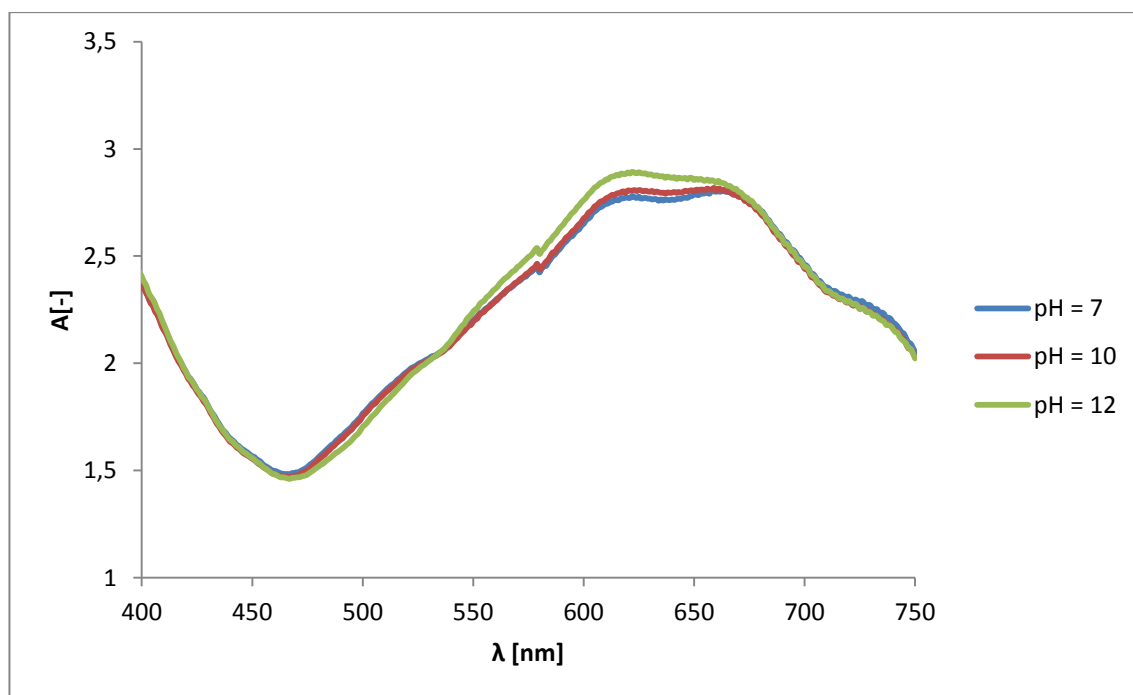


Graf 12: Graf závislosti absorpance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue Mixed při 90 °C

Z grafu 12 je vidět, že nejvyšší hodnoty absorpance dosahuje křivka při  $pH = 7$ , měření proběhlo při teplotě  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V grafu je viditelný stejný skok jako v grafu 10 a 11 zdůvodnitelný změnou monochromátoru.

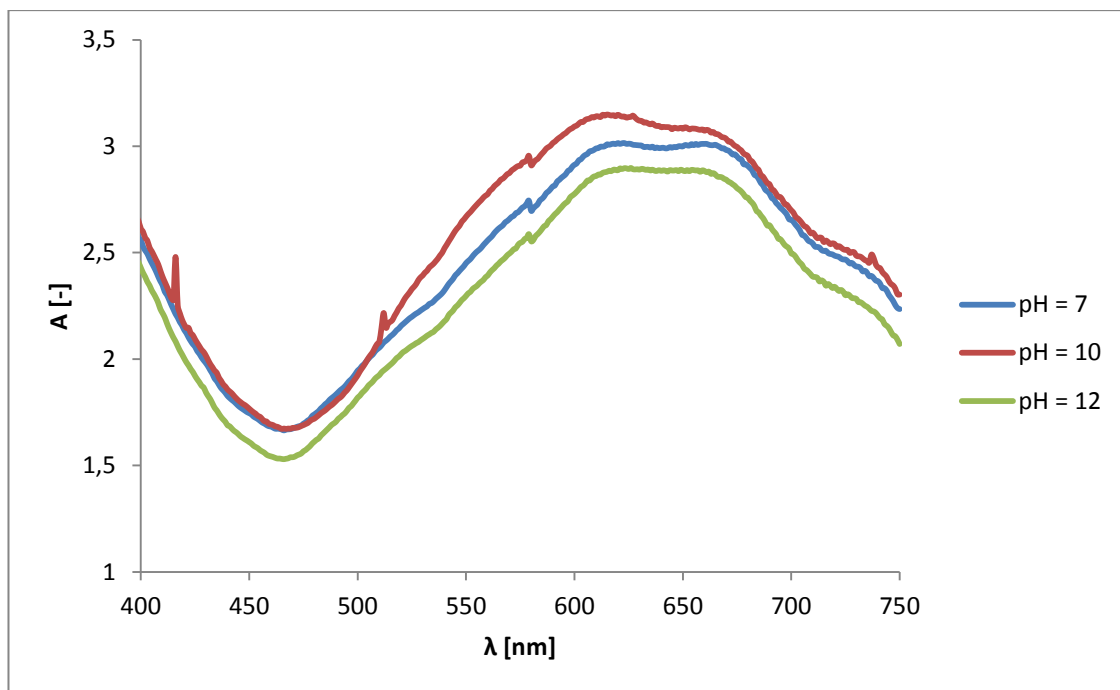
### 3.3.2. Reoxidace barvy C. I. Vat Blue 6

Byly měřeny změny absorpance v závislosti na vlnové délce pro různé  $pH$ . Měření bylo provedeno pro  $pH = 7$ ,  $pH = 10$ ,  $pH = 12$  při teplotách  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



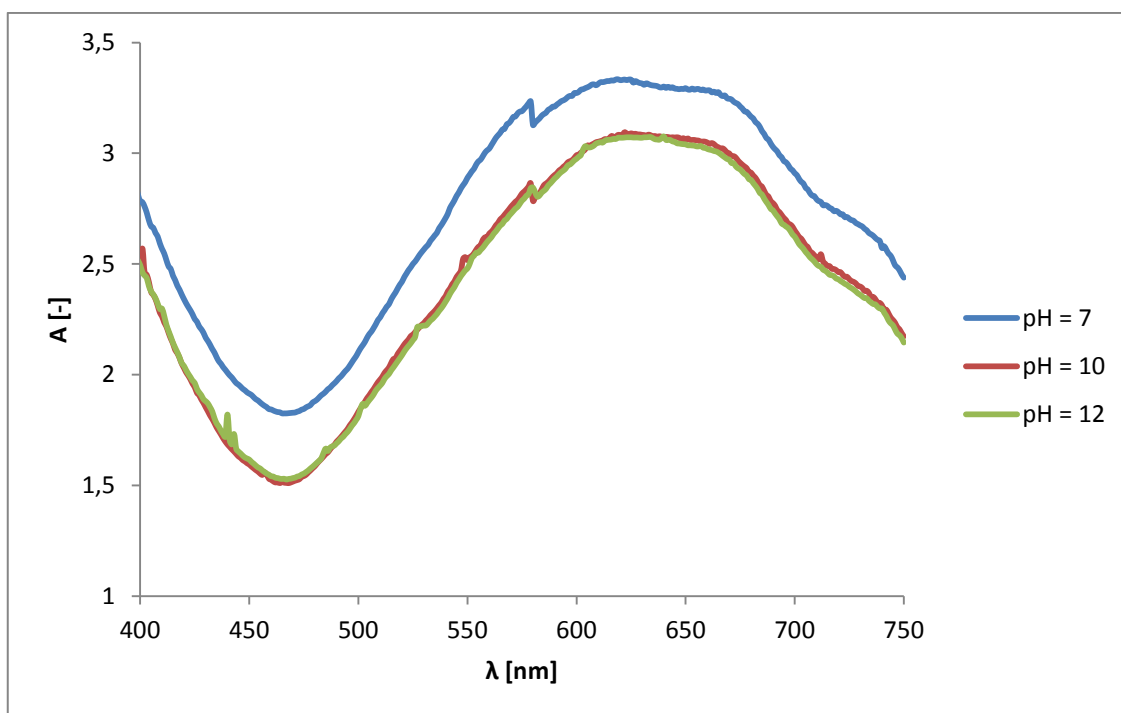
Graf 13: Graf závislosti absorpance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 6 při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

V grafu 13 nepozorujeme významnější změny v závislosti na  $pH$ . Toto měření proběhlo při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Graf 14: Graf závislosti absorbance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 6 při 60 °C

V grafu 14 jsou viditelné rozdíly absorbance pro různá  $pH$ . Nejvyšší hodnotu absorbance pozorujeme u křivky pro  $pH = 10$ . Skok v 580 nm je z důvodu přechodu monochromátoru.

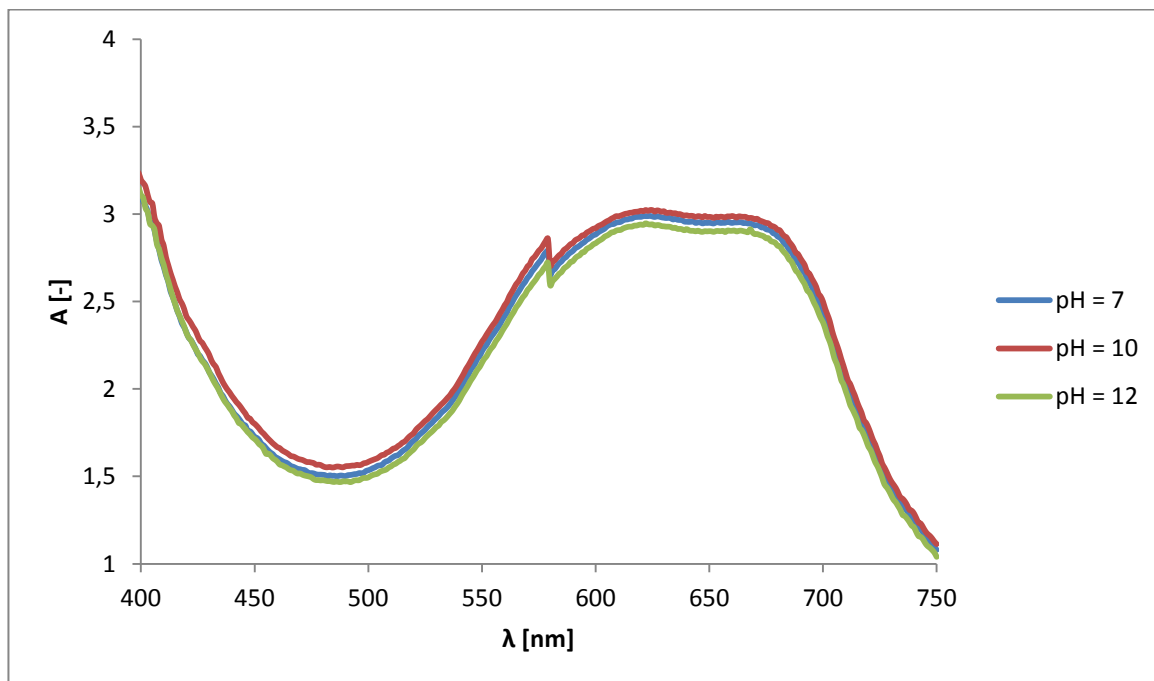


Graf 15: Graf závislosti absorbance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 6 při 90 °C

V grafu 15 je pozorovatelný velký rozdíl pro křivku  $pH = 7$ , křivky dosahuje nejvyšších hodnot absorbance. Pro křivky  $pH = 10$  a  $pH = 12$  nepozorujeme větší rozdíly.

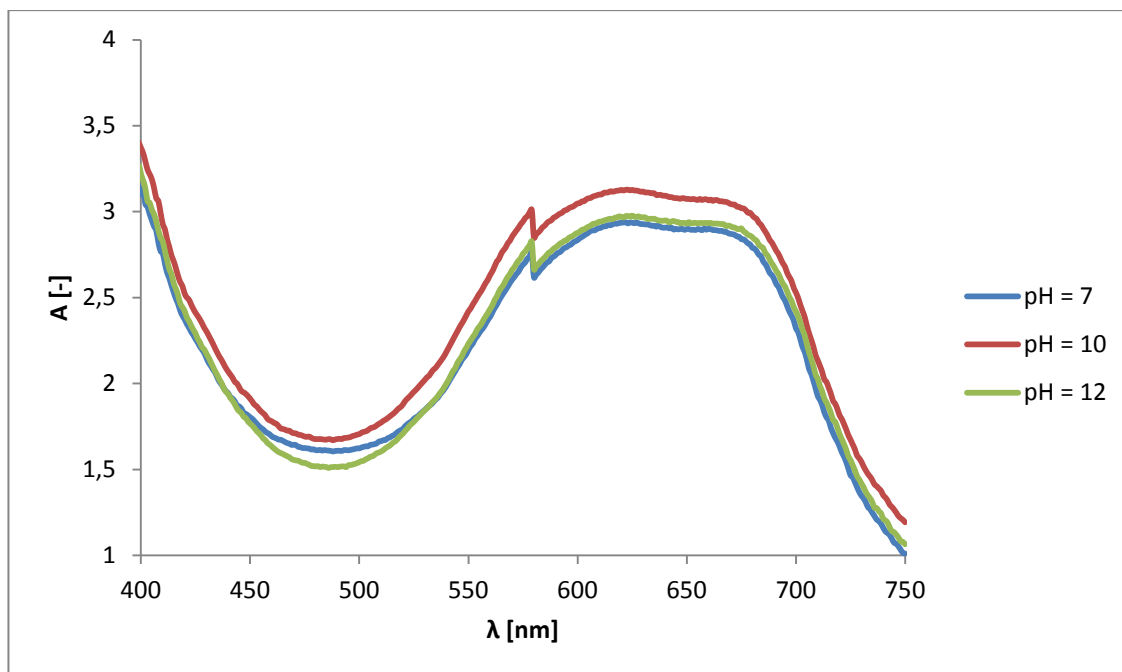
### 3.3.3. Reoxidace barvy C. I. Vat Blue 66

Byly měřeny změny absorbance v závislosti na vlnové délce pro různé  $pH$ . Měření bylo provedeno pro  $pH = 7$ ,  $pH = 10$ ,  $pH = 12$  při teplotách  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



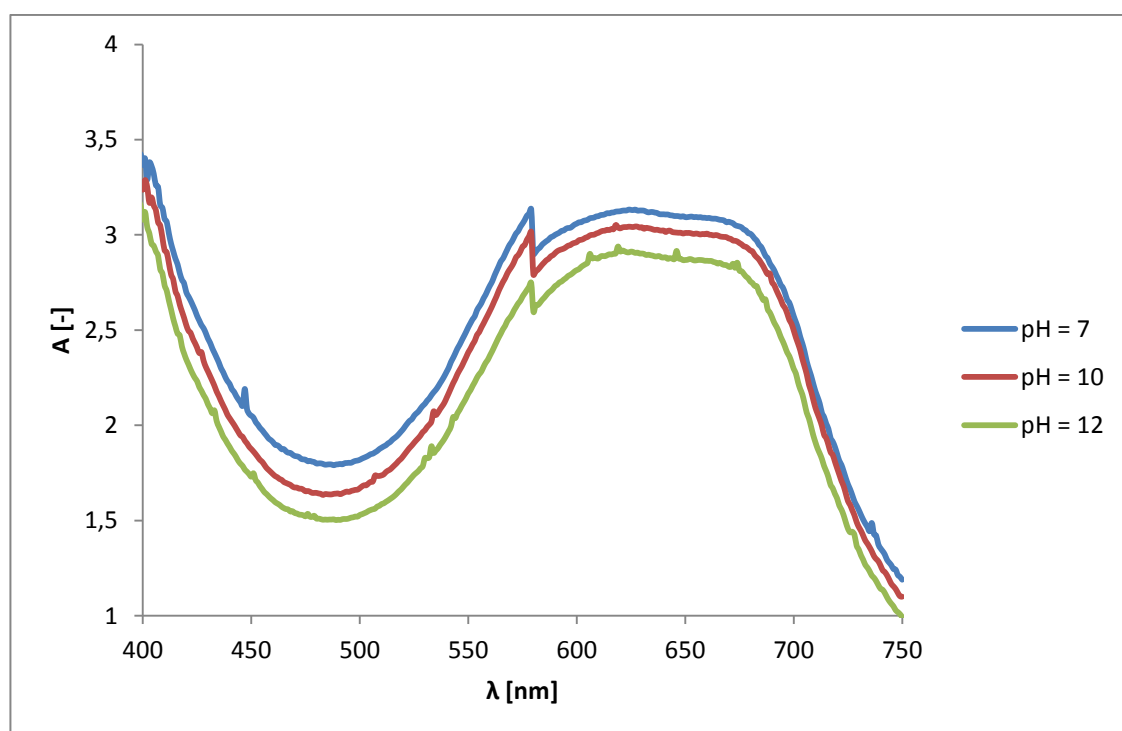
Graf 16: Graf závislosti absorbance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 66 při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  nepozorujeme v grafu 16 velké změny v závislosti na  $pH$ . Skok v  $580\text{ nm}$  je dán přechodem monochromátoru.



Graf 17: Graf závislosti absorbance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 66 při 60 °C

V grafu 17 můžeme pozorovat nejvyšší hodnoty absorbance pro křivku  $pH = 10$ . Skok v 580 nm, je stejný jako v grafu 16.



Graf 18: Graf závislosti absorbance na vlnové délce při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 66 při 90 °C

V grafu 18 můžeme pozorovat větší rozdíly absorbance pro různá  $pH$ . Nejvyšší hodnotu absorbance má křivka pro  $pH = 7$ . Skok v oblasti 580 nm je stejný jako v grafu 17.

### 3.4 Vliv pH při reoxidaci na výsledné vybarvení bavlněné tkaniny

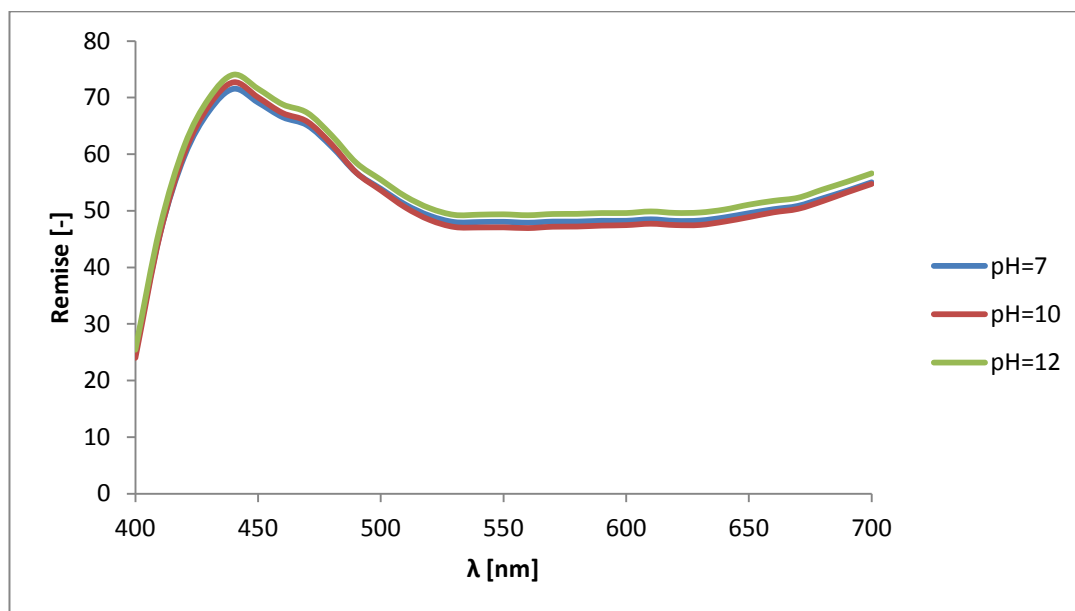
Výsledky zjištěné v předchozí kapitole byly aplikované při barvení standardní bavlněné tkaniny.

#### 3.4.1 Vybarvení pomocí kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed

V tabulce 34 jsou zobrazeny výsledky měření barevných odchylek nabarvené tkaniny pro různé pH. Při pH = 10 byla tkanina světlejší, při pH = 12 byla tkanina tmavší. Relativní barevná síla pro reflektanci je při pH = 12 vyšší než při pH = 10. Vážená barevná síla pro reflektanci je také vyšší při pH = 12.

Tabulka 34: Hodnoty rozdílů vybarvení tkaniny kypovým barvivem C. I. Vat Blue Mixed

Tkanina	L*	a*	b*	$\Delta E$	$\Delta E_{cmc}$	Avg Strength	Wgt Strength
C. I. Vat Blue Mixed pH = 7	76,18	3,91	-14,46	-	-	-	-
C. I. Vat Blue Mixed pH = 10	77,05	4,08	-14,87	1,14	0,46	92,08	90,9
C. I. Vat Blue Mixed pH = 12	75,77	4,34	-15,8	1,54	1	103,68	103,04



Graf 19: Graf závislosti remisního spektra na vlnové délce kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed pro pH = 7, pH = 10, pH = 12



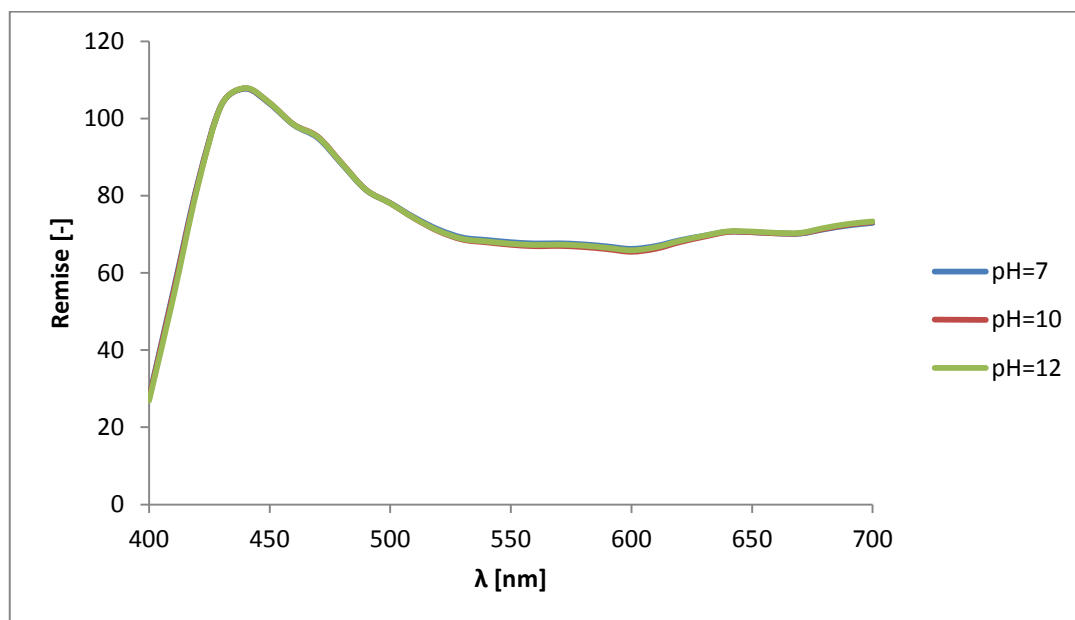
V Grafu 19 je znázorněno remisní spektrum kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed. V grafu můžeme pozorovat, že křivka pro  $pH = 12$  má nejvyšší hodnotu Remise. Tkanina je při  $pH = 12$  tmavší než všechny ostatní.

### 3.4.2 Vybarvení pomocí kypového barviva C. I. Vat Blue 6

V tabulce 35 jsou zobrazeny výsledky měření barevných odchylek nabarvené tkaniny pro různé  $pH$ . Při  $pH = 10$  při  $pH = 12$  byla tkanina tmavší. Relativní barevná síla pro reflektanci je při  $pH = 10$  vyšší než při  $pH = 12$ . Vážená barevná síla pro reflektanci je naopak vyšší při  $pH = 12$ .

Tabulka 35: Hodnoty rozdílů vybarvení tkaniny kypovým barvivem C. I. Vat Blue 6

Tkanina	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$	$\Delta E_{cmc}$	Avg Strength	Wgt Strength
C. I. Vat Blue 6 $pH = 7$	87,7	4,27	-18,52	-	-	-	-
C. I. Vat Blue 6 $pH = 10$	87,57	4,35	-18,74	0,59	0,15	103,48	102,97
C. I. Vat Blue 6 $pH = 12$	87,58	4,33	-18,98	0,3	0,3	102,62	104,27



Graf 20: Graf závislosti remisního spektra na vlnové délce kypového barviva C. I. Vat Blue 6 pro  $pH = 7$ ,  $pH = 10$ ,  $pH = 12$

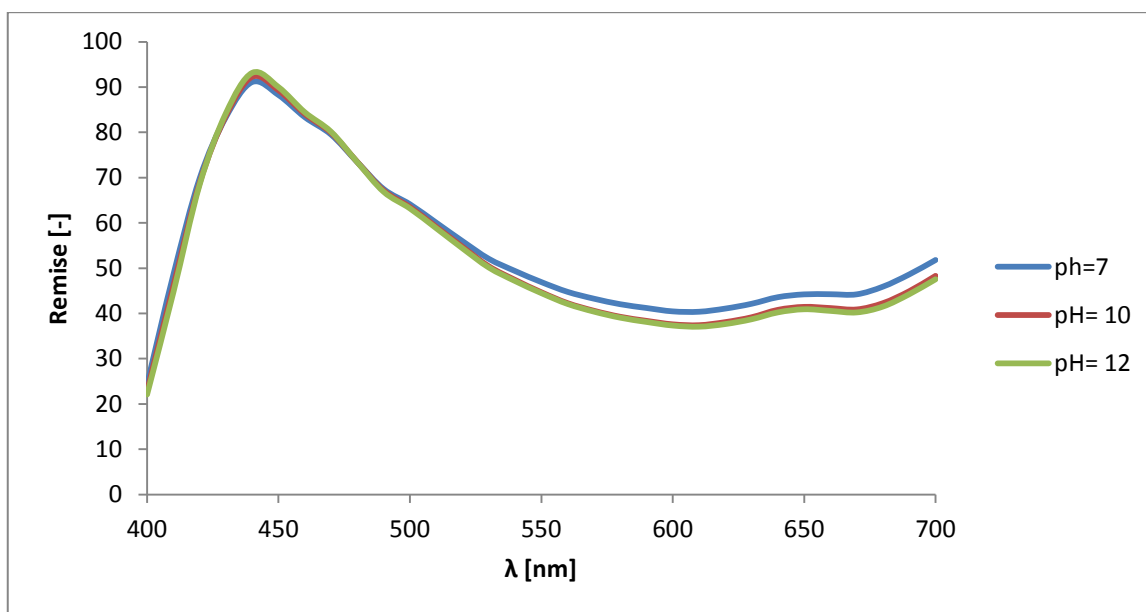
V Grafu 20 je znázorněno remisní spektrum kypového barviva C. I. Vat Blue 6. V grafu nejsou viditelné větší odchylky remisních spekter v závislosti na pH.

### 3.4.3 Vybarvení pomocí kypového barviva C. I. Vat Blue 66

V tabulce 36 jsou zobrazeny výsledky měření barevných odchylek nabarvené tkaniny pro různé pH. Při pH = 10 při a pH = 12 byla tkanina tmavší a zelenější než tkanina při reoxidaci za pH = 7. Relativní barevná síla pro reflektanci je při pH = 10 vyšší než při pH = 12. Vážená barevná síla pro reflektanci je opět vyšší při pH = 10

Tabulka 36: Hodnoty rozdílů vybarvení tkaniny kypovým barvivem C. I. Vat Blue 66

Tkanina	L*	a*	b*	$\Delta E$	$\Delta E_{cmc}$	Avg Strength	Wgt Strength
C. I. Vat Blue 66 pH = 7	76,5	-0,38	-26,64	-	-	-	-
C. I. Vat Blue 66 pH = 10	75,16	-0,8	-29,5	3,73	1,6	119,56	117,42
C. I. Vat Blue 66 pH = 12	75,3	-0,65	-29,01	3,13	1,36	116,03	115,43



Graf 21: Graf závislosti remisního spektra na vlnové délce kypového barviva C. I. Vat Blue 66 pro pH = 7, pH = 10, pH = 12

V Grafu 21 je znázorněno remisní spektrum kypového barviva C. I. Vat Blue 66. Z grafu je vidět, že křivka pro pH = 7 dosahuje v oblasti 500 – 700 nm nejvyšší hodnotu remise.

## 4 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byl u tří kypových barviv modrého odstínu stanoven leukopotenciál. Dále byla měřena kinetika redukce díky které byla stanovena doba redukce a rychlostní konstanta. Všechny tyto vlastnosti byly zkoumané v různém prostředí. Jednalo se o barvy C. I. Vat Blue Mixed, C. I. Vat Blue 6 a C. I. Vat Blue 66. Barviva C. I. Vat Blue Mixed a C. I. Vat Blue 6 patří do skupiny MI a barvivo C. I. Vat Blue 66 do skupiny MII. Tyto skupiny určovaly přesné barvicí předpisy, které byly použity při měření leukopotenciálu, kinetiky redukce a při následné aplikaci těchto vlastností při konečném barvení.

Výsledky získaných hodnot leukopotenciálu dokazovaly u všech barviv nižší hodnoty než u předpokládaného rozmezí. Nižší hodnoty leukopotenciálu jsou zapříčiněny nižší schopností redukce pigmentu barviva.

Při redukci bylo dále zjištěno, že i když jsou tato barviva s nižší silou redukce, kinetika redukce je velmi rychlá. Stanovení doby redukce bylo u všech barev provedeno optickou metodou.

Hodnoty reoxidace dokazovaly, že v závislosti na  $pH$ , ani na teplotě nebyly u žádného barviva viditelné větší změny v barevnosti. Skok v 580 nm, který je zobrazený v každém z grafů, je bohužel zapříčiněn použitým spektrofotometrem.

Výsledky reoxidace byly aplikované při barvení bavlněné tkaniny, kde byla zvolena teplota pro postup MI 60 °C a pro postup MII 50 °C.

Obecně lze při reoxidaci z pohledu vybarvené tkaniny doporučit prostředí vyšších hodnot  $pH$ , nejlépe hodnotu 12, kdy vybarvení dosahovala vyšších hodnot síly vybarvení než při neutrálním prostředí.

Studovaná kypová barviva se při celém procesu barvení (redukce, adsorpce na vlákno, reoxidace a mydlení) chovala standardně i vzhledem k nižší redukovatelnosti v porovnání s jinými typy popsány v literatuře. Změna odstínu při úpravě  $pH$  při reoxidaci nebyla plně prokázána.

## 5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] POSPÍŠIL, Zdeněk a kol. *Příručka textilního odborníka*. Část 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
- [2] EICHHOM, S. J., J. W. S. HEARLE, M. JAFFE a T. KIKUTANI. *Handbook of textile fibre structure: Natural, regenerated, inorganic and specialist fibres*. 1. Woodhead Publishing, 2009. ISBN 9781845697303.
- [3] HLADÍK, Vladimír. *Textilní vlákna*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970.
- [4] KEBL, František. *Technologie chemických vláken*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977.
- [5] ŠŇUPÁREK, Jaromír. *Makromolekulární chemie: úvod do chemie a technologie polymerů*. Vyd. 3., dopl. a upr. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-761-2.
- [6] MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠŇUPÁREK. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-72-7.
- [7] KRYŠTŮFEK, Jiří, Jakub WIENER a Dagmar MACHAŇOVÁ. *Barvení textilií II*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. ISBN 978-80-7372-796-3.
- [8] PILLER, Bohumil a Otto LEVINSKÝ. *Malá encyklopedie textilních materiálů*. 2. vyd., dopl. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
- [9] HLADÍK, Vladimír. *Textilní barviřství*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1992.
- [10] ZAHRADNÍK, Miloš. *Barviva používaná v technické praxi*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.
- [11] KRYŠTŮFEK, Jiří a Jakub WIENER. *Barvení textilií I*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008. ISBN 978-80-7372-328-6.
- [12] KULANDAINATHAN, M. Anbu, A. MUTHUKUMARAN, Kiran PATIL a R. B. CHAVAN. *Potentiostatic studies on indirect electrochemical reduction of vat dyes*. Indie, 2005, dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143720805003335>
- [13] JIANG, Huanhuan, Xiaofang GE, Yinghua XU, Wenwen ZHANG a Chun'an MA. *Indirect Electrochemical Reduction of Indanthrene Brilliant Green FFB*. Čína, 2011, dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1004954111601547>
- [14] MOUNAJED, Mouhammed Ali Al. *Stanoven leukopotenciálu a doby redukce vybraných kypových barviv*. Pardubice, 1972. Kandidátská práce. Vysoká škola Chemicko - technologická.
- [15] ČÍP, Vladimír. *Studium redukce vybraných kypových barviv*. Pardubice, 1976. Diplomová práce. Vysoká škola Chemicko - technologická.

[16] VUTBR.cz. ZMEŠKAL, Oldřich, Michal ČEPPAN a Petr DZIK. *Barvové prostory a správa barev* [online]. 2002 [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: [http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06\\_rozn02.pdf](http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf) [cit. 2013-02-16]

## 6 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma celulózového vlákna[2] .....	14
Obrázek 2: Strukturní vzorec celulózy[6].....	15
Obrázek 3: Schematické znázornění bavlněného vlákna[8].....	17
Obrázek 4: Redukce antrachinonového barviva[10] .....	18
Obrázek 5: Titrační křivka (leukosloučenina - oxidační činidlo)[14] .....	20
Obrázek 6: Tvary titračních křivek [14] .....	21
Obrázek 7: Průměr barvového prostoru do roviny[11].....	25
Obrázek 8: Barevný prostor CIELab[16].....	26
Obrázek 9: Aparatura pro stanovení leukopotenciálu kypových barviv.....	29
Obrázek 10: Aparatura pro stanovení redukce. ....	33

## 7 SEZNAM TAULEK

Tabulka 1: Použité chemikálie.....	27
Tabulka 2: Použitá kypová barviva .....	27
Tabulka 3: Použité textilní pomocné přípravky (TPP).....	28
Tabulka 4: Celkový předpis chemikálií .....	30
Tabulka 5: Předpis pro matečnou kypu .....	30
Tabulka 6: Předpis pro slepou kypu .....	30
Tabulka 7: Celkový předpis chemikálií .....	30
Tabulka 8: Předpis pro matečnou kypu .....	31
Tabulka 9: Předpis pro slepou kypu .....	31
Tabulka 10: Celkový předpis chemikálií .....	33
Tabulka 11: Předpis pro redukční roztok.....	34
Tabulka 12: Předpis pro lázeň .....	34
Tabulka 13: Celkový předpis chemikálií .....	34
Tabulka 14: Předpis pro redukční roztok.....	34
Tabulka 15: Předpis pro lázeň .....	35
Tabulka 16: Celkový předpis chemikálií .....	35
Tabulka 17: Předpis pro matečnou kypu .....	36
Tabulka 18: Předpis pro slepou kypu .....	36
Tabulka 19: Celkový předpis chemikálií .....	36
Tabulka 20: Předpis pro matečnou kypu .....	36
Tabulka 21: Předpis pro slepou kypu .....	37
Tabulka 22: Celkový předpis chemikálií pro barvení.....	37
Tabulka 23: Celkový předpis chemikálií pro reoxidaci.....	38
Tabulka 24: Celkový předpis chemikálií pro mydlení.....	38
Tabulka 25: Celkový předpis chemikálií pro barvení.....	39
Tabulka 26: Celkový předpis chemikálií pro reoxidaci.....	40
Tabulka 27: Celkový předpis chemikálií pro mydlení.....	40
Tabulka 28: Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed .....	42
Tabulka 29: Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 6.....	43
Tabulka 30: Hodnoty leukopotenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 66.....	44
Tabulka 31: Hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstatny kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed .....	46

Tabulka 32: Hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstanty kypového barviva C. I. Vat Blue 6.....	48
Tabulka 33: Hodnoty poločasu redukce a rychlostní konstanty kypového barviva C. I. Vat Blue 66.....	49
Tabulka 34: Hodnoty rozdílů vybarvení tkaniny kypovým barvivem C. I. Vat Blue Mixed ...	56
Tabulka 35: Hodnoty rozdílů vybarvení tkaniny kypovým barvivem C. I. Vat Blue 6 .....	57
Tabulka 36: Hodnoty rozdílů vybarvení tkaniny kypovým barvivem C. I. Vat Blue 66 .....	58



## 8 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Graf závislosti potenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed na objemu ferrikyanidu draselném při teplotě 60 °C.....	43
Graf 2: Graf závislosti potenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 6 na objemu ferrikyanidu draselném při teplotě 60 °C.....	44
Graf 3: Graf závislosti potenciálu kypového barviva C. I. Vat Blue 66 na objemu ferrikyanidu draselném při teplotě 60 °C.....	45
Graf 4: Graf závislosti absorpce na vlnové délce redukované a nereduované formy barviva C. I. Vat Blue Mixed.....	46
Graf 5: Graf závislosti absorbance na době redukce kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed	47
Graf 6: Graf závislosti absorpce na vlnové délce redukované a nereduované formy barviva C. I. Vat Blue 6.....	47
Graf 7: Graf závislosti absorbance na době redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 6.....	48
Graf 8: Graf závislosti absorpce na vlnové délce redukované a nereduované formy barviva C. I. Vat Blue 66.....	49
Graf 9: Graf závislosti absorbance na době redukce kypového barviva C. I. Vat Blue 66.....	50
Graf 10: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue Mixed při 40 °C.....	50
Graf 11: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue Mixed při 60 °C.....	51
Graf 12: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue Mixed při 90 °C.....	51
Graf 13: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 6 při 40 °C.....	52
Graf 14: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 6 při 60 °C.....	53
Graf 15: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 6 při 90 °C.....	53
Graf 16: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 66 při 40 °C.....	54
Graf 17: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 66 při 60 °C.....	55

Graf 18: Graf závislosti vlnové délky a absorbance při reoxidaci barviva C. I. Vat Blue 66 při 90 °C .....	55
Graf 19: Graf závislosti vlnové délky na absorbanci kypového barviva C. I. Vat Blue Mixed pro $pH = 7$ , $pH = 10$ , $pH = 12$ .....	56
Graf 20: Graf závislosti vlnové délky na absorbanci kypového barviva C. I. Vat Blue 6 pro $pH = 7$ , $pH = 10$ , $pH = 12$ .....	57
Graf 21: Graf závislosti vlnové délky na absorbanci kypového barviva C. I. Vat Blue 66 pro $pH = 7$ , $pH = 10$ , $pH = 12$ .....	58