

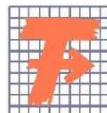
**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**  
**KATEDRA TEXTILNÍ CHEMIE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2012**

**LUCIE SLOWIKOVÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: B 3107 Textilní chemie  
Studijní obor: Chemická technologie textilní

**NÁVRH RECEPTURY PRO DĚTSKÉ OŠACENÍ**  
**S FOTOCHROMNÍM PIGMENTEM**

**PROPOSAL OF RECIPES FOR CHILDRENS CLOTHING**  
**WITH PHOTOCHROMIC PIGMENTS**

Lucie Slowiková

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martina Víková, Ph.D.**

**Rozsah práce:**

Počet stran textu..60

Počet obrázků.....37

Počet tabulek.....2

Počet stran příloh..9





## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užití své bakalářské práce či poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a vypracovala jsem ji samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 9. 5. 2012

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Ing. Martině Vikové, Ph.D. za pomoc při realizaci a poskytnutí cenných rad při zpracování bakalářské práce a za čas, který mi při tvorbě této práce věnovala.

Dále mé poděkování patří doc. Ing. Michalu Vikovi, Ph.D. za odbornou pomoc a věcné připomínky a dalším pracovníkům Katedry textilní chemie TUL v Liberci za všestrannou pomoc.

## ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá využitím fotochromních systémů, jako senzoru pro monitorování intenzity UV záření, se zaměřením na vyvzorování receptury pro stálobarevnou a proměnlivou část senzoru, na základě získaných dat ozáření a příslušné intenzity barevné změny.

Práce stručně popisuje princip fotochromizmu a dále se zabývá shrnutím informací o UV záření. Praktická část popisuje přípravu vzorků s následným zaměřením na zpracování dat a měření barevné změny fotochromního pigmentu. V závěru je provedeno vyhodnocení měření a návrh následného využití senzoru.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** fotochromní senzory, UV záření, UV Index, receptury

## ANNOTATION

This thesis deals with the use of photochromic systems such as a sensor for monitoring the intensity of UV radiation, focusing on recipes for light fastness and photochromic parts of the sensor, based on data obtained by irradiance and its intensity of color changes.

It briefly describes the principle of photochromism and deals with information of UV radiation summary. It also describes the preparation of samples with subsequent focus on data processing and measurement of color changes photochromic pigment. In conclusion, an evaluation of the measurement and subsequent use of the sensor.

**KEYWORDS:** photochromic sensore, UV radiation, UV Index, recipe

## OBSAH

POUŽITÉ SYMBOLY .....	9
1. ÚVOD .....	10
2. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	11
3. FOTOCHROMISMUS.....	11
3.1 Základní chemické třídy sloučenin pro fotochromní aplikace .....	12
4. VLIV SLUNEČNÍCH PAPRSKŮ .....	13
4.1 Závislost intenzity UV záření.....	14
4.1.1 Výška slunce nad obzorem.....	15
4.1.2 Odraz od zemského povrchu .....	16
4.1.3 Zeměpisná šířka a nadmořská výška.....	17
4.1.4 Koncentrace atmosférického ozonu .....	17
4.1.6 Oblačnost.....	18
5. VNÍMÁNÍ BARVY LIDSKÝM OKEM .....	18
6. UV ZÁŘENÍ A JEHO VLIV NA LIDSKÝ ORGANISMUS .....	20
6.1 Negativní účinky UV záření na pokožku .....	21
6.2 Negativní účinky UV záření na oči .....	21
7. OCHRANA PROTI UV ZÁŘENÍ U DĚTÍ.....	22
8. UV INDEX ZA JASNÉ OBLOHY .....	25
9. PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ INTENZITY UV ZÁŘENÍ.....	29
9.1 Luxmetr .....	29
9.2 Jasoměr.....	30
9.3 Kulový integrátor .....	30
9.4 Pyranometr .....	30
9.5 Radiometr .....	31
10. BAREVNÝ PROSTOR CIELab .....	31
11. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – VZORKY S FOTOCHROMNÍM ZÁTĚREM .....	34
12. MĚŘENÍ.....	35
13. ZPRACOVÁNÍ DAT .....	38
14. VYTVÁŘENÍ RECEPTURY POMOCÍ SOFTWARE DATACOLOR .....	41
15. POPIS PŘÍPRAVY VZORKŮ SE STABILNÍ A SENZITIVNÍ ČÁSTÍ.....	44
15.1 Potiskování .....	46
15.2 Sušení a fixace.....	47
16. FOTOCHROM 2 – MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ .....	49
17. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....	51
18. ZÁVĚR.....	58
19. POUŽITÉ ZDROJE .....	60
20. PŘÍLOHY .....	63



## **POUŽITÉ SYMBOLY**

CIE- Commission Internationale de l'Éclairage-Mezinárodní komise pro osvětlování

UV záření - oblast ultrafialového záření světelného spektra s rozsahem 100 - 400 nm

UVA - ultrafialové záření o vlnové délce v rozsahu od 315-400 nm

UVB - ultrafialové záření o vlnové délce v rozsahu od 280-315 nm

UVC - ultrafialové záření o vlnové délce v rozsahu od 100-280 nm

VIS záření - oblast viditelného spektra světelného záření s rozsahem 400nm - 760 nm

UPF - Ultraviolet Protection Factor – Ochranný faktor

UV Index – bezrozměrná veličina charakterizující úroveň slunečního ultrafialového záření dopadajícího na zemský povrch

DNA – deoxyribonukleová kyselina

lux – jednotka intenzity osvětlení

## 1. ÚVOD

Je známo, že v posledních letech dochází ke zhoršování životního prostředí. Jedním z následků je zmenšování ozonové vrstvy, což způsobuje větší a intenzivnější pronikání slunečních paprsků k povrchu země.

Zda sluneční záření lidskému organismu více škodí nebo prospívá nelze striktně určit, proto je důležité vědět o pozitivním vlivu slunečních paprsků na lidský organismus, jakožto i o negativním záření působení na kůži. Nebezpečí UV záření není většinou na první pohled patrné, a negativní vliv se mnohdy projeví až po letech, a snad proto mu nepřikládáme takovou důležitost a vážnost.

Měli bychom dbát zvýšené ochrany proti slunci hlavně u dětí. Mnohdy ani oblečení neposkytuje dostatečnou ochranu. Běžné letní oblečení poskytuje velmi slabou protisluneční clonu - například UPF 5. K jemné dětské kůži se tak dostává potenciálně nebezpečné množství ultrafialového záření.

Otázkou je, jak těmto poškozením předejít, což je spojeno s poskytnutím informace jakému množství záření jsme vystaveni. Tento problém by mohl být dostatečně vyřešen pomocí UV čidla, které by lidi informovalo o množství záření dopadajícího na jejich pokožku a následně pomohlo určit jaký druh ochrany potřebují.

Intenzitu UV záření můžeme zjistit například měřením pomocí radiometru, luxmetru apod. Existují však i jiné metody, jak orientačně zjistit jaké intenzitě slunečních paprsků jsme vystaveni. Existují například i ochranné oděvy, které jsou doplňovány různými senzory či přístroji, monitorujícími množství škodliviny v okolí.

Náplní této práce je vytvořit měřící zařízení založené na principu porovnávání barevné změny proměnlivé části se stanovenou barevnou škálou. Jedna část bude reagovat změnou barevného odstínu vlivem působení slunečního záření v závislosti na intenzitě UV záření a druhá část bude znázorňovat barevné měřítko odpovídající různým množstvím UV intenzity. UV citlivá část by změnila barvu po vystavení slunečnímu záření. Následné srovnání UV citlivé – fotochromní části s konstantní částí – měřítkem, by uživatele informovalo o množství UV záření, kterému je vystaven a případně mu společně s dalšími faktory (jako např. kožní fototyp) poskytlo informace o potřebné ochraně. Tu může skýtat odpovídající oděv, sluneční brýle, pokrývka hlavy, opalovací krém, popřípadě omezení nebo přerušování pobytu na slunci.

V posledních letech přibyly ke klasickým organickým barvivům a pigmentům, a stále se rozvíjejí, tzv. funkční, někdy též nazývána chromní barviva. Jsou to barviva,

kteřá vedle své barevnosti vykonávají ještě nějakou fotofyzikální nebo fotochemickou funkci. Reagují na určitý specifický podnět změnou barvy, obvykle odstínu. Díky těmto chromním barvivům, můžeme indikovat nebo měřit změnu intenzity okolních podmínek a proto také známe tato barviva pod označením barevné indikátory. Vnější podnětem může být světlo, mechanické působení atd. [1] Mezi zmiňované patří právě fotochromní barviva, které nám umožňují orientačně zjistit jaké intenzitě UV záření jsme vystaveni, změnou intenzity odstínu, vlivem působení slunečního záření.

## 2. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Práce je zaměřena na možnosti využití fotochromních systémů pro monitorování intenzity UV záření. Cílem je vyvzorovat receptury pro stálobarevnou a proměnlivou část senzoru na základě získaných dat ozářenosti a příslušné intenzity barevné změny na předložených fotochromních pigmentech a dostupných stálobarevných pigmentech aplikovaných na textilní materiál.

## 3. FOTOCHROMISMUS

Přípona chromismus obecně znamená reverzibilní změnu barvy. Předpona pak říká, jaký podnět tuto změnu způsobil. [2] Fotochromismus je proces, ve kterém chemická sloučenina prochází reverzibilní změnou mezi dvěma stavy, které mají odlišná absorpční spektra, to znamená různé barevné odstíny: [3]

- *stav bez osvitů*, počáteční stav bez kontaktu vzorku se zdrojem. Preferovaná je bezbarvá varianta stavu bez osvitů.
- *stav po osvitů*, barevná změna po osvitů vzorku

Když je barvivo osvětlené, dochází ke změně z *trans* na *cis* formu. *Cis* forma není tepelně stabilní, vzhledem k *trans* formě, a tak se *cis* forma vrátí ve tmě zpět do *trans* formy. [4]

Je žádoucí, aby po zamezení kontaktu vzorku se zdrojem světla došlo k návratu do počátečního stavu bez osvitů. U některých pigmentů však existuje jev označovaný jako barevná paměť, kdy po odstranění zdroje světla zůstane část barevné změny

zachována a vzorek se nevrátí do počátečního stavu, definovaného jako stav bez osvětlení. [3] Změna jednoho stavu v druhý nastane obvykle vlivem UV záření. Často je změna odstínu vyvolána posunem vlnové délky absorpčního nebo emisního maxima. V mnoha systémech, např. u spiropyranů, spirooxazinů a benzo- a nafto-pyranů, je zpětná reakce řízená hlavně tepelně. V ostatních fotochemicky indukovaných stavech je barevná změna tepelně stabilní a zpětná reakce musí být řízena fotochemicky, např. u fulgidů, diarylethenů. [1]

### 3.1 Základní chemické třídy sloučenin pro fotochromní aplikace

Základní požadavky na ideální organické fotochromní sloučeniny jsou: [1]

1. Vznik odstínu. Materiál musí barevný odstín vyvíjet rychle pod vlivem dopadajícího záření.
2. Řízení zpětné reakce k bezbarvé formě nebo původnímu odstínu pigmentu. Rychlost změny k bezbarvé formě nebo jinému odstínu musí být regulovatelná.
3. Široký rozsah odstínů.
4. Dlouhá životnost. Barevná odezva by měla být konstantní v řadě barevných cyklů.
5. Bezbarvá neosvětlená forma. Bezbarvý stav musí mít pokud možno co nejmenší barevné zabarvení. Preferovaná je bezbarvá forma, aby změna na vzniklý odstín byla co největší.

V současnosti je v literatuře uváděno 5 základních tříd organických fotochromních sloučenin, které splňují výše uvedená kritéria a požadavky : spiropyran, resp. spiroindolinobenzopyran, spironaftooxaziny, naftopyran, fulgidy a diaryleteny. [1]

Fotochromismu příbuzné jevy, podle podnětu vyvolávajícího změnu, jsou např. termochromismus, elektrochromismus, tribochromismus, solvatochromismus, halochromismus, ionochromismus, piezochromismus.

#### 4. VLIV SLUNEČNÍCH PAPRSKŮ

Sluneční svit je jedním z nejdůležitějších zdrojů energie pro život na naší planetě. Vzniká jadernými přeměnami uvnitř slunce a jeho spektrum můžeme dělit na:

- Ultrafialové záření
- Viditelné záření
- Infračervené záření

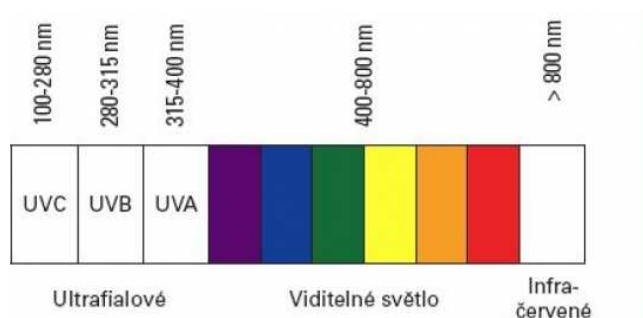
Ultrafialové záření (UV) má z těchto tří záření nejkratší vlnovou délku (čím nižší je vlnová délka, tím vyšší je energie) a způsobuje zdravotní problémy.

Lidské oko je citlivé pouze na část spektra označovaného jako „viditelné světlo“ mezi 400 a 780 nm ( $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ).

Ultrafialová (UV) záření jsou normální složkou slunečního záření (nejedná se o světlo – UV záření není součástí viditelného spektra). Je umístěno za modrým koncem viditelné části spektra elektromagnetického vlnění a dělí se, podle účinků (biologické účinky) na UV-A, UV-B a UV-C záření podle své vlnové délky. Tvoří jej vlnové délky 400 až 100 nm a dělí se na UV-A záření s vlnovou délkou 400 až 315 nm, UV-B s 315 až 280 nm, UV-C s 280 až 100 nm. [5]

- UV-A paprsky (UV paprsky s nejdelší vlnovou délkou) opalují pokožku a jejich následkem dochází k předčasnému stárnutí pokožky.
  - Jsou relativně konstantní po celý den a rok.
- UV-B paprsky zapříčiňují spálení a jsou častou příčinou rakoviny kůže a očních problémů jako je například šedý zákal.
  - Mají větší intenzitu v létě než v zimě, v poledne než ráno nebo pozdě odpoledne, taktéž v místech blíže rovníku a ve vysokých nadmořských výškách.
- UV-C paprsky a UV vakuum mají nejkratší vlnovou délku a jsou nejnebezpečnější.

- Jsou naštěstí blokovány ozónovou vrstvou ve stratosféře (UV-C záření je inhibováno vzdušným kyslíkem, reaguje s dvojjatomovou molekulou kyslíku a následně způsobuje vznik ozónu) a na zemský povrch se vůbec nedostanou. [6]



Obr. 1 Světelné spektrum podle vlnové délky [7]

Ultrafialové paprsky jsou neviditelné, ale jsou všude kolem nás. Čím kratší je vlnová délka záření, tím vyšší úroveň světelné energie – a tím větší potenciální poškození může způsobit. [7]

Intenzita UV záření se zvyšuje s ubývající ochrannou ozónovou vrstvou. Proto musíme chránit svou pokožku i zrak před nebezpečnými slunečními paprsky. Zvýšená intenzita UV-B záření související s poškozením ozonoféry se projevuje zejména v jarních měsících, kdy v našich zeměpisných šířkách může dosáhnout ztenčení ozonoféry 20 % i více. [8]

Je proto důležité sledovat množství UV záření dopadajícího k povrchu země. Jednou z možností je UV Index.

#### 4.1 Závislost intenzity UV záření

Slunce je přirozeným zdrojem UV energie. Intenzita slunečního UV záření na zemi není stále stejná a neustále se mění jak v průběhu roku tak v průběhu dne. Těmi základními faktory, které ovlivňují míru, do jaké jsme vystaveni ultrafialovému záření, jsou [9]:

- Výška slunce nad obzorem (v závislosti na denní době a ročním období)
- Odraz od zemského povrchu

- Zeměpisná šířka
- Nadmořská výška
- Koncentrace atmosférického ozónu
- Oblačnost

#### **4.1.1 Výška slunce nad obzorem**

Obecně lze říci, že čím výše je slunce na obloze, tím vyšší je intenzita UV záření. Pokud je slunce v nadhlavníku, sluneční paprsky prochází atmosférou nejkratší cestou. Při expozici slunečnímu záření se však jedná o současný vliv [7]:

- přímého slunečního záření
- odraženého slunečního záření (světlo odražené od okolních povrchů)
- rozptýleného slunečního záření (díky částečnému rozptylu přímých slunečních paprsků v atmosféře nebo při odrazu od oblačnosti)

##### **4.1.1.1 Intenzita globálního slunečního záření**

Intenzita globálního slunečního záření je fyzikální veličina definovaná jako součet intenzity rozptýleného a přímého slunečního záření dopadajícího na vodorovnou plochu. Její velikost a zastoupení jednotlivých složek slunečního záření se mění v závislosti na výšce Slunce nad horizontem, oblačnosti a míře znečištění atmosféry. Jednotkou této fyzikální veličiny je  $W \cdot m^{-2}$ . [10]

##### **4.1.1.2 Intenzita odraženého záření od zemského povrchu**

Intenzita odraženého slunečního záření od zemského povrchu je fyzikální veličina, která určuje množství odraženého záření od zemského povrchu. Jednotkou této fyzikální veličiny je  $W \cdot m^{-2}$ . Změny ve velikosti této fyzikální veličiny pozorovatelné v průběhu dne jsou vyvolané především změnami intenzity globálního slunečního záření. [10]

##### **4.1.1.3 Rozptýlené sluneční záření**

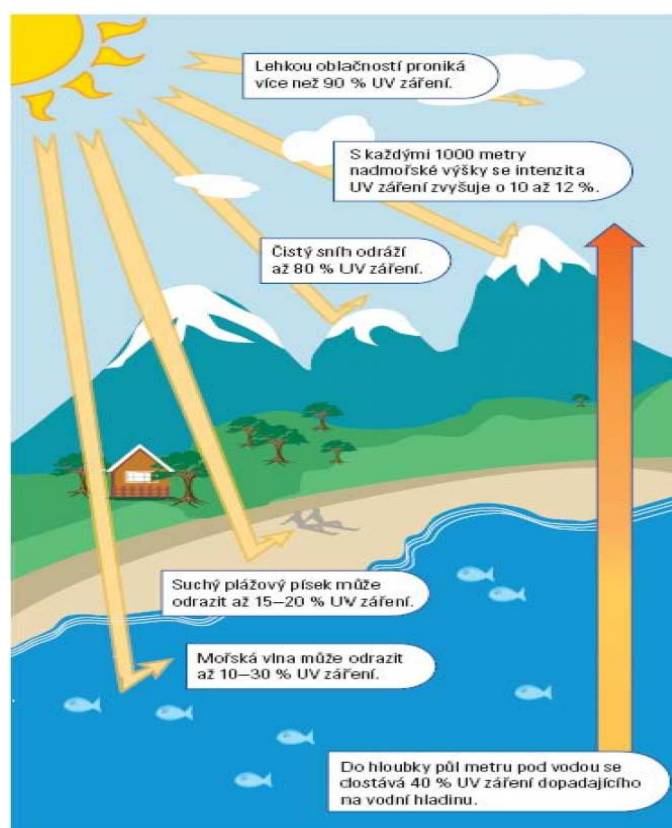
Rozptýlené sluneční záření tvoří podstatnou část všech slunečních paprsků dopadajících na zemský povrch. Osvětluje stinná místa a při oblačném počasí vytváří

denní světlo. Schopnost odrazu různých částí slunečního spektra se liší a závisí na vlastnostech povrchu. [7]

#### 4.1.2 Odraz od zemského povrchu

Každý povrch na Zemi odráží a pohlcuje energii v různé míře podle barvy a textury povrchu. Tmavě zbarvené objekty absorbují větší část viditelného záření, naopak světlé objekty část menší. Lesklé nebo hladké předměty odrážejí více záření, zatímco matné a drsné předměty více záření absorbují. Zhruba 30% dopadajícího slunečního záření je odraženo zpět do vesmíru a 70% je vstřebáváno. Objem odražené radiace je na sněhem pokrytých ledovcích nebo sněhových svazích prakticky stejný jako objem přímého slunečního záření. Velké množství slunečních paprsků se odráží od vodních ploch, ale také proniká do hloubky až 40 cm.

Příklady odrazu paprsků od různých povrchů:



Obr. 2 Schéma intenzity dopadu a odrazu UV záření [7]



### **4.1.3 Zeměpisná šířka a nadmořská výška**

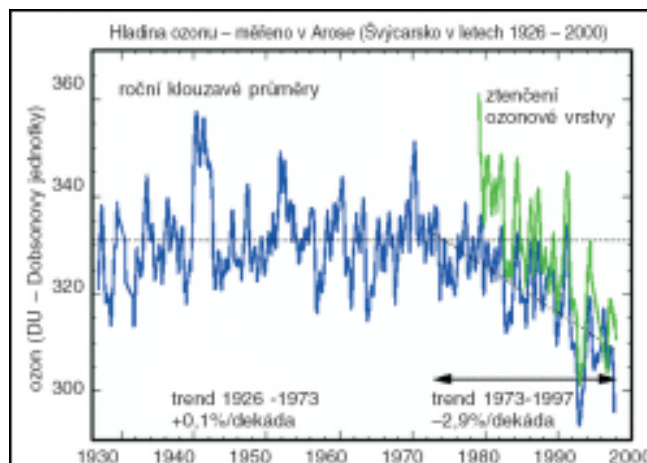
Sluneční paprsky mají nejvyšší intenzitu v oblasti rovníku, kde je slunce přímo nad hlavou a paprsky dopadající na zemský povrch procházejí nejkratší cestou přes atmosféru. Ozón je také přirozeně tenčí v tropech než ve středních a vysokých zeměpisných šířkách, takže je pohlcováno méně UV záření při průchodu atmosférou. Ve vyšších zeměpisných šířkách, je slunce na nebi v nižší poloze, takže UV záření procházející atmosférou urazí větší vzdálenost, tudíž jsou oblasti v těchto zeměpisných šířkách vystaveny menší intenzitě UV záření.

S každými 1000 metry nadmořské výšky dochází ke zvýšení hladiny UV záření přibližně o 10 %.

### **4.1.4 Koncentrace atmosférického ozonu**

Atmosférický ozón představuje hlavní ochrannou bariéru před zářením s kratší vlnovou délkou. Blokuje nejen škodlivé UV-C záření a UV-vakuum, ale oslabuje i složku UV-B záření dopadajícího na zemský povrch.

Množství ozónu v horních vrstvách atmosféry, které závisí na poloze, roční době a denní době, určuje množství UV-B a kratší části UV-A záření do 330 nm, kterému jsme vystaveni na zemském povrchu. Ztenčení ochranné ozónové vrstvy jednoznačně souvisí se zvýšenou UV expozicí a patří mezi faktory přispívající ke zvýšenému výskytu melanomu. V roce 2000 dosáhla ozónová díra nad Antarktidou největší velikosti a dosáhla 11,4 milionu kilometrů čtverečních. Poprvé se také protáhla přes osídlené oblasti a tím jsou místní obyvatelé vystaveni extrémní úrovni slunečního UV záření.[11] Nad Havají dosahuje tloušťka ozónové vrstvy nejnižších hodnot, jaké kdy byly zaznamenány mimo oblast Antarktidy, z toho důvodu je Havaj vystavena vysokým intenzitám UV záření. [12]



Obr.3 Stav množství stratosférického ozonu v průběhu let 1930 až 2000 [13]

#### 4.1.6 Oblačnost

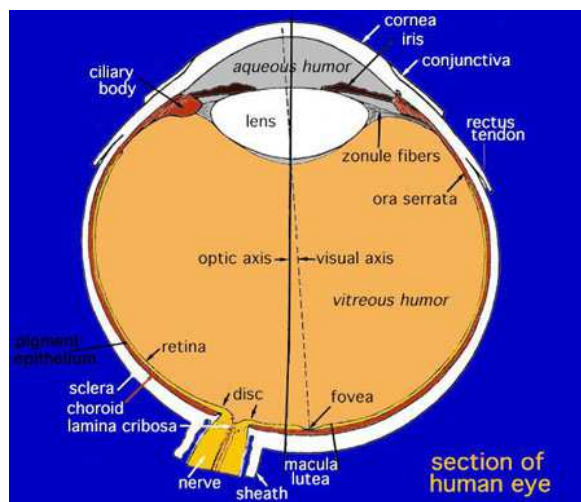
Vzhledem k tomu, že mraky jsou tvořeny malými vodními kapičkami nebo ledovými krystalky, dochází při průchodu skrz ně k rozptýlení záření, kde se část paprsků odráží zpět do vesmírného prostoru a část jich dopadne na zem v podobě rozptýleného difúzního záření. Mraky jsou velmi variabilní v čase a prostoru, takže nastává velký problém s jejich specifikací a jejich účinek vede obvykle k zeslabení povrchového UV záření. Zeslabení je závislé na optické tloušťce oblačnosti, relativní pozici Slunce a mraků, počtu oblačných vrstev, atd. UV záření může být ovlivněno mraky takovým způsobem, že může být někdy i vyšší než UV záření za jasné oblohy. [14]

## 5. VNÍMÁNÍ BARVY LIDYKÝM OKEM

Vidění zprostředkovává lidské oko, které je citlivé na světlo z tzv. „viditelné“ oblasti spektra. Oko nerozlišuje jen charakter dopadajícího světla, to znamená intenzitu světla a vnímanou barvu, ale rozeznává i směr dopadajících světelných paprsků, a tím si vytváří i vjem tvarů pozorovaných předmětů. Funkce oka je přizpůsobena k vnímání kontrastu, barvy i tvaru. V lidském mozku se pak vytváří celkový vjem pozorovaného okolí.

Barva je jedním z mnoha znaků, kterým lze charakterizovat předmět a její vjem je ovlivněn:

- fyzikální povahou světla
- fyziologickými ději na sítnici oka a v mozku
- psychologickou interpretací fyziologické reakce
- psychosomatickým stavem organismu pozorovatele



Obr. 4 Schéma horizontálního řezu lidským okem [15]

Zrakový vjem vzniká podrážděním světlocitlivých buněk tvořících sítnici dopadem světla. Sítnice, která je bohatě protkána rozvětvenými krevními cévami, má tři odlišné tenké vrstvy nervových buněk. Nejbližší k čočce je vrstva buněk gangliových, poté následují buňky bipolární a nakonec již vlastní fotoreceptorové buňky.

Právě fotoreceptory čili světlocitlivé buňky zpracovávají jednotlivá kvanta světelné energie, čili fotony, dopadající na sítnici. Fotoreceptory tvoří dva odlišné typy buněk, lišící se svým tvarem a citlivostí – jsou to tyčinky a čípky. Tyčinky jsou citlivé na rozdíly v intenzitě dopadajícího světla a nemohou poskytnout barevný vjem. Reagují již na velmi malé množství světelné energie a tím zprostředkovávají vidění za velmi slabého osvětlení tj. za šera a v noci. Citlivost tyčinek vykazuje maximum v oblasti modré a naopak špatně vnímá červenou. Za nízké intenzity ozáření se tedy jeví okolní předměty jako nebarevné a modré předměty jsou vnímány jako jasnější než červené. Zrakový signál není předáván do mozku jednotlivými tyčinkami, ale jejich skupinami, a

to zapřičiňuje malou rozlišovací schopnost za šera. Čípky pravděpodobně obsahují tři druhy fotosenzibilních substancí, z nichž jedna absorbuje v červené oblasti, druhá v zelené a třetí v modré oblasti spektra. Čípky jsou citlivější na denní světlo a jsou zodpovědné za barevné vidění. Čípky potřebují více světla na své podráždění, a proto lidské oko v noci nevidí barevně. Po absorpci světla následuje fotochemická reakce, která vede k barevnému vjemu – fotopické vidění. Barevný vjem jiné než červené, zelené a modré vzniká kombinací různých stupňů narušení tří fotosenzibilních substancí. Běžně je udávána rozlišovací schopnost lidského oka okolo 3,5-5 milionů odstínů, oko však vnímá velmi citlivě i malé rozdíly v odstínech, jestliže provádíme srovnání například dvou vybarvení (předlohy a vzorku). V okamžiku, kdy máme definovat odstín odděleně, tato citlivost se ztrácí a víceméně zůstáváme u povrchního hodnocení. [15], [16]

## **6. UV ZÁŘENÍ A JEHO VLIV NA LIDSKÝ ORGANISMUS**

Ultrafialové záření nemůžeme vidět ani cítit, proto si mnohdy ani neuvědomujeme jaké intenzitě paprsků jsme vystavováni. Odráží se od písku, sněhu, vodních ploch i betonu ve všech směrech a zvyšuje tak dávku záření, která zasahuje kůži. Trvalý úbytek ozonu a s tím spojené následné zvýšení UV záření dopadajícího na zemský povrch bude zhoršovat účinky UV záření na lidskou kůži, oči a imunitní systém zvláště u citlivých jedinců. Děti jsou zvláště rizikovou skupinou, a proto bychom měli dbát hlavně v dětství na zvýšenou ochranu proti škodlivému UV záření.

UV-B záření indukuje syntézu některých látek, jež mohou před tímto zářením poskytnout ochranu rostlinám. Také většina živočichů je dobře chráněna před vlivem UV záření a to svou srstí. [8] Lidské tělo je však těmto paprskům vystavováno bez jakékoliv ochrany, tu mu poskytují jen oděvy, sluneční brýle, pokrývky hlavy apod. avšak ani tato ochrana není zcela spolehlivá. K poškození kůže dochází především na nechráněných místech těla (např. kolem očí), jedná se o nádory kůže nebo oka. Pokožce člověka prospívá přiměřené slunění – snižuje se mikrobiální osídlení kožního povrchu, zlepšuje se hojení ran, upravuje se prokrvení kůže, stoupá tvorba vitamínu D. UV záření se také používá při léčbě některých onemocnění včetně křivice, lupénky a atopického ekzému. Dlouhodobé vystavení osob slunečnímu UV záření může mít ale za následek

negativní akutní nebo chronický vliv na zdraví pokožky, očí a imunitního systému. Mezi chronické účinky patří dva hlavní problémy veřejného zdraví, a to rakovina kůže a šedý zákal. Kromě toho se objevuje čím dál více důkazů o tom, že intenzita UV záření v přírodě může zvyšovat riziko infekčních chorob a snižovat účinky očkování. Chování lidí na slunci se pokládá za hlavní příčinu zvýšení počtu rakoviny kůže v posledních desetiletích. Mnoho lidí považuje intenzivní opalování za normální, a bohužel i děti, dospívající a jejich rodiče, vnímají opálenou pokožku jako symbol atraktivnosti a zdraví. [9]

### **6.1. Negativní účinky UV záření na pokožku**

Mezi nejznámější akutní účinky nadměrného vystavení UV, nejčastěji UV-B záření patří spálení z opalování – erytém. Vzniká při dlouhodobém vystavení slunci a projevuje se zčervenáním pokožky, popřípadě i následným vznikem puchýřků.



*Obr.5 Spálená pokožka – erytém [7]*

Vznikem melanomu jsou nejvíce ohroženi lidé se světlou pletí a s větším množstvím junkčních a atypických névů. Vznik melanomu je pravděpodobně velmi úzce spojen s UV-zářením působícím v dětství, poškozené buňky jsou různě dlouhou dobu v klidu a vlastní nádor se začne vyvíjet např. po 20 až 40 letech. [8]

### **6.2. Negativní účinky UV záření na oči**

Lidské oči jsou velmi náchylné k poškození sluncem. Je důležité oči chránit před poškozením ultrafialovým - UV zářením. Dlouhodobé vystavení nechráněných očí slunečnímu záření může poškodit povrch oka a jeho vnitřní struktury.

Tělo má schopnost regenerace poškozených buněk. Oční čočka je však výjimkou a není možné ji regenerovat přirozenou cestou. [17] Z krátkodobého hlediska může UV

záření způsobit aseptický (neinfekční) zánět rohovky. UV-C záření vyvolává zánět spojivek a rohovek, ale jen při značné expozici (např. ve vysokohorských podmínkách).








*Obr. 6 Dlouhodobé poškození očí UV zářením*

Důsledky dlouhodobého vystavení se UV záření jsou kumulativní a závažnější, i když často bez příznaků. Čím dlouhodobější je vystavení se UV záření, tím větší je s postupujícím věkem riziko vzniku očních poruch a očních onemocnění jako například katarakty, poškození sítnice, rakoviny kůže v okolí očního víčka a jiných chronických onemocnění, či změny rohovky nebo spojivky. Typickým příkladem takového poškození oka je šedý zákal. [7]

## **7. OCHRANA PROTI UV ZÁŘENÍ U DĚTÍ**

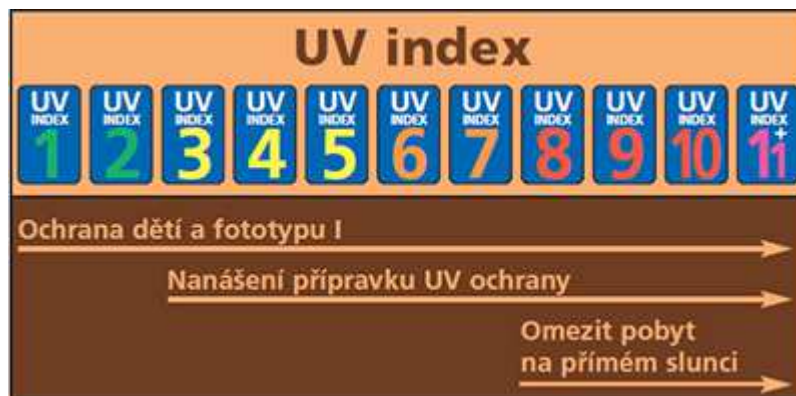
Existují speciální ochranné programy „Sun protection programmes“, které se zabývají ochranou dětí před UV zářením. Cílem je zvyšovat informovanost o škodlivých účincích UV záření a dosáhnouti změn v životním stylu dětí, aby se zmírnil trend narůstajícího počtu rakoviny kůže. Protože jsou děti ve vývoji, jsou více náchylné k environmentálním hrozbám a může být poškozen nevyvinutý imunitní systém. Tyto programy v ČR nejsou. [18]

Snížení expozice je nejúčinnější způsob, jak chránit zdraví dětí. Děti vyžadují zvláštní ochranu, protože u nich hrozí vyšší riziko vzniku škod způsobených expozicí UV záření než u dospělých. Dětská kůže je tenčí a citlivější a i krátký čas venku, v poledním slunci, může způsobit vážné popáleniny. Časté spálení sluncem v dětství zvyšuje riziko vzniku melanomu v pozdějším věku. Děti jsou více vystaveny slunci a odhady naznačují, že až 80% celoživotní expozice UV záření je dosaženo během prvních 18-ti let života. [11]

UV INDEX RANGE		EXPOSURE CATEGORIES AND SUN PROTECTION MESSAGES
		<p><b>Low</b></p> <p>NO PROTECTION REQUIRED You can safely stay outdoors.</p>
		<p><b>Moderate</b></p> <p>PROTECTION REQUIRED Slip on a shirt, slip on sunscreen and slap on a hat.</p>
		<p><b>High</b></p> <p>PROTECTION REQUIRED Slip on a shirt, slip on sunscreen and slap on a hat! Seek shade during midday hours.</p>
		<p><b>Very high</b></p> <p>EXTRA PROTECTION REQUIRED Make sure you seek shade! Shirt, sunscreen and a hat are a must! Avoid being outside during midday hours!</p>
		<p><b>Extreme</b></p> <p>EXTRA PROTECTION REQUIRED Avoid being outside during midday hours! Make sure you seek shade! Shirt, sunscreen and a hat are a must!</p>

*Obr. 7 Ochrana před slunečním UV zářením - UV index a doporučení Evropské komise [18]*

Stanovit intenzitu UV záření můžeme pomoci různých měřících přístrojů a zařízení, např. Radiometrem, Luxmetrem apod. Existují však způsoby prostřednictvím kterých se dá intenzita UV záření vyjádřit. Jedním z nich je UV Index. UV Index je měřítkem intenzity UV záření a určuje jak dlouho může být kůže vystavena UV záření bez poškození, a radí lidem, jak se mají chránit v závislosti na UV intenzitě. [9] Číselné vyjádření UV Indexu společně se znalostí kožního fototypu umožňuje volbu správného ochranného faktoru (SPF-Sun Protection Factor) a umožní nám určit dobu, po kterou můžeme být vystaveni UV záření. Aby mohl uživatel zjistit UV Index na daném místě a v daném čase, a následně určit potřebnou ochranu, potřebuje UV senzor, který ho bude orientačně informovat o hodnotách UV záření. Určení UV Indexu a následného stupně ochrany je individuální a není striktně dané. Ovlivňuje ho řada faktorů, které se musíme naučit správně určit a na jejich základě pak volit potřebnou ochranu.



Obr.8 UV Index s odpovídajícím stupněm ochrany [19]

Znalost kožního fototypu je důležitým faktorem při volbě správné sluneční ochrany a popisuje jak kůže reaguje na první pobyt na slunci. Lze ho klasifikovat do čtyř fototypů, podle barvy pleti a vlasů.

Typ kůže (popis)	Označení	Reakce na slunění	Ochranná reakce kůže	Možný čas pro první expozici bez reakce
I. kůže nápadně světlá, pihy, světlé vlasy, modré oči)	Keltský typ (2%)	Vždy těžký	Žádná, červená kůže bez pigmentace, za 1-2 dny se loupe	5-10 minut
II. kůže trochu tmavší než I., občasné pihy, vlasy blond až hnědé, oči modré, zelené, šedé	Evropan se světlou pletí (12%)	Vždy silný	Velmi slabá pigmentace, kůže se loupe	10-20 minut
III. kůže světle hnědá, pigmentové névy hnědé	Evropan s tmavou kůží (78%)	Zřídka mírný	Průměrná reakce s pigmentací	20-30 minut
IV. kůže světle hnědá, olivová, pigmentové névy tmavé, tmavé vlasy i oči	Středomořský typ (8%)	Téměř nikdy	Rychlá reakce, hluboká pigmentace	40 minut

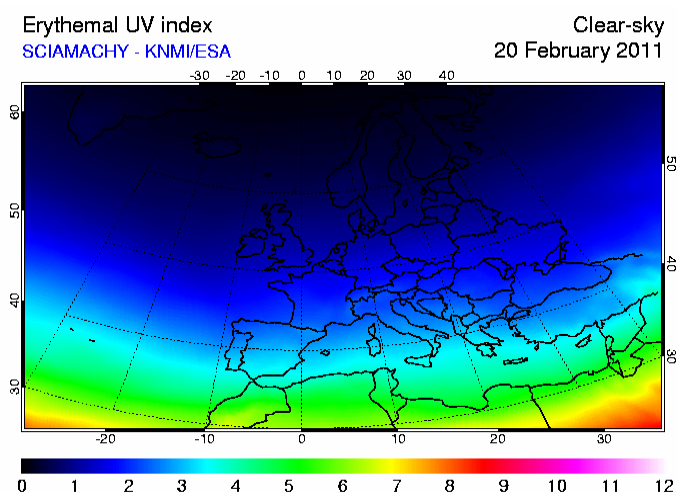
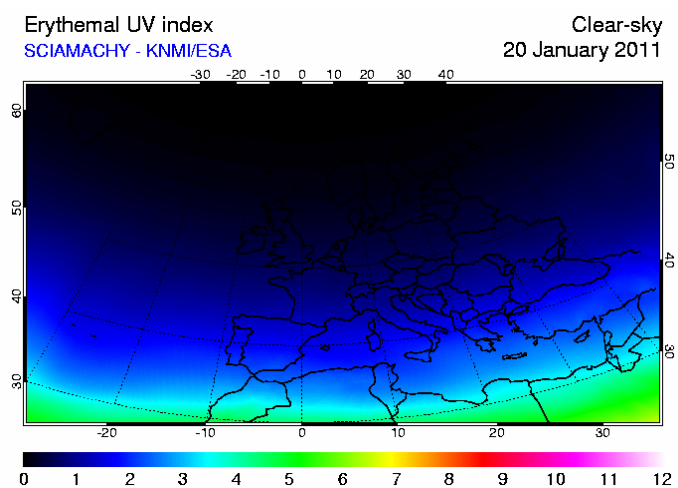
Obr.9 Typy kůže a jejich reakce na sluneční záření [20]



## 8. UV INDEX ZA JASNÉ OBLOHY

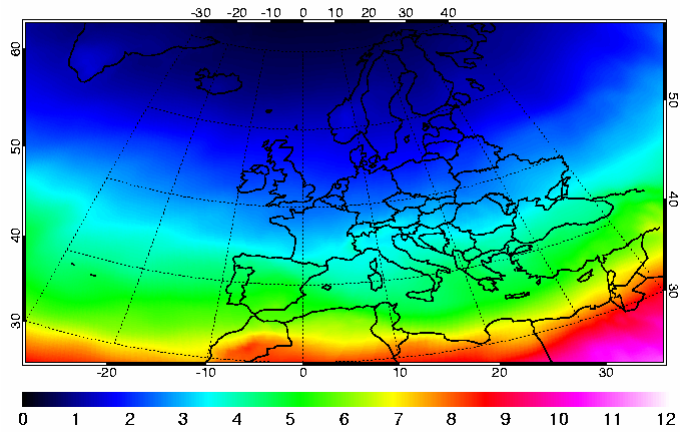
Ztenčením atmosférického ozónu ve stratosféře, dochází ke zvýšení UV-B záření na úrovni země a zvyšuje se riziko poškození DNA v živých organismech. Například 1%-ní pokles ozonu povede k odhadovanému zvýšení škodlivého UV-B záření, ve vyšších nadmořských výškách, asi o 1,2%. [21]

Je proto důležité sledovat UV záření, dopadající na zem. Jedním z nástrojů je UV Index.



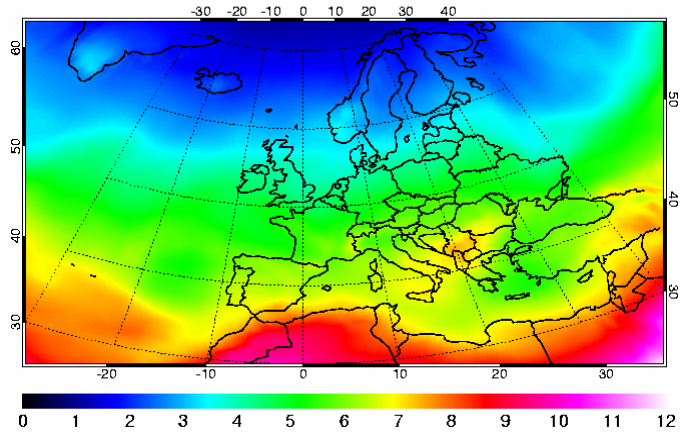
Erythemal UV index  
SCIAMACHY - KNMI/ESA

Clear-sky  
20 March 2011



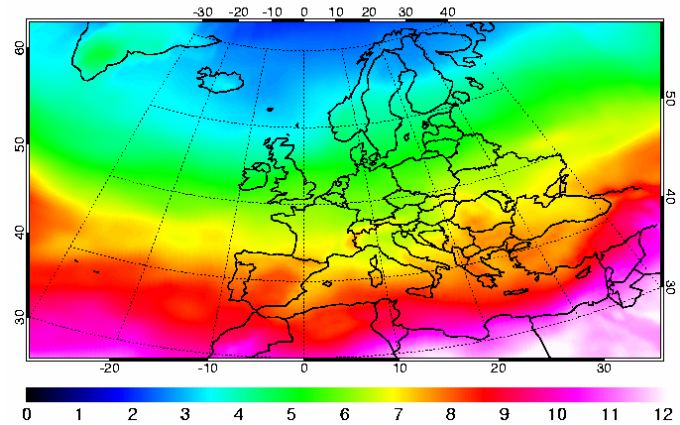
Erythemal UV index  
SCIAMACHY - KNMI/ESA

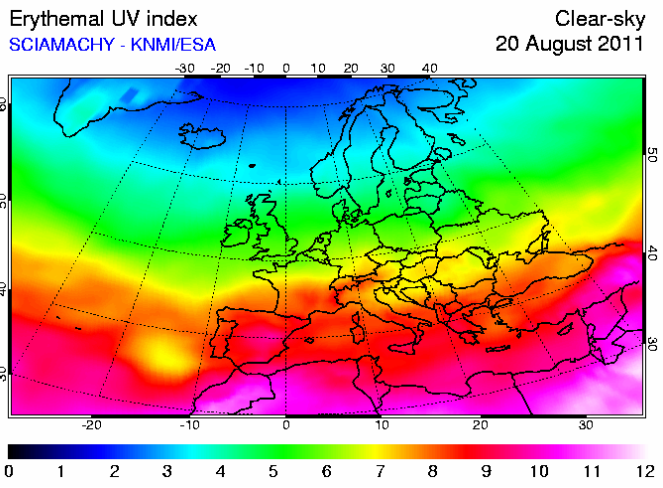
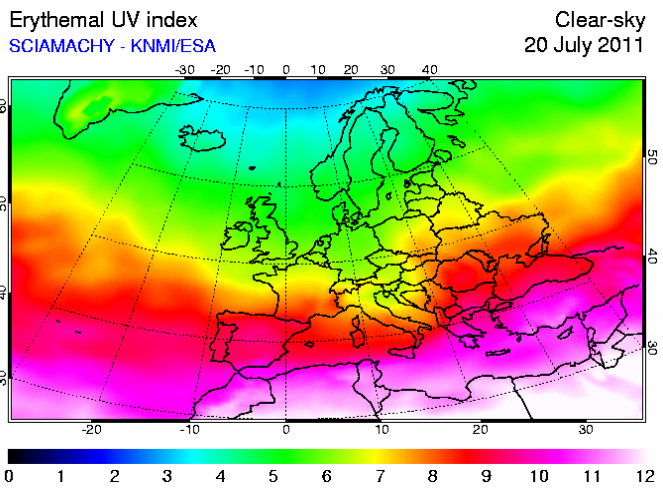
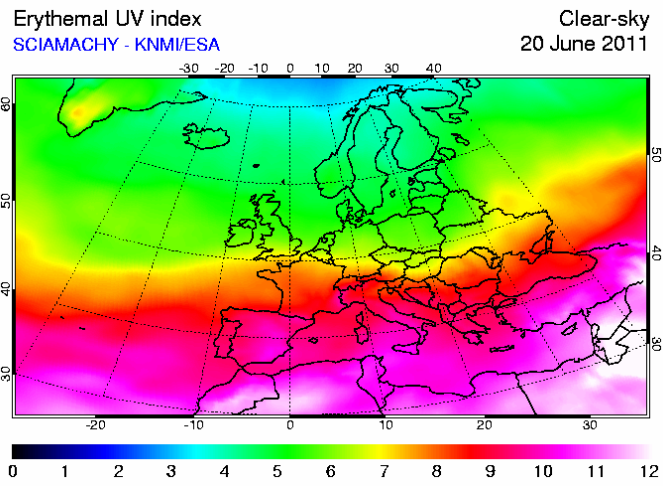
Clear-sky  
20 April 2011

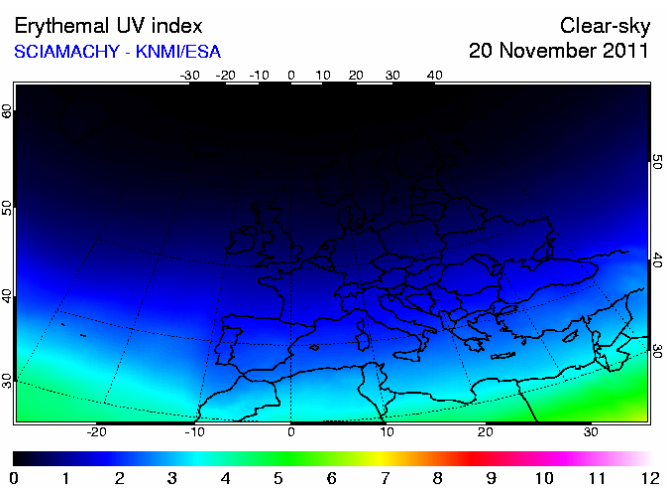
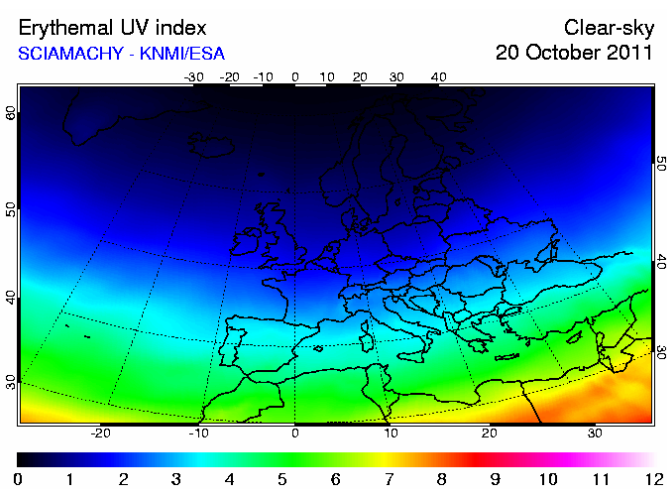
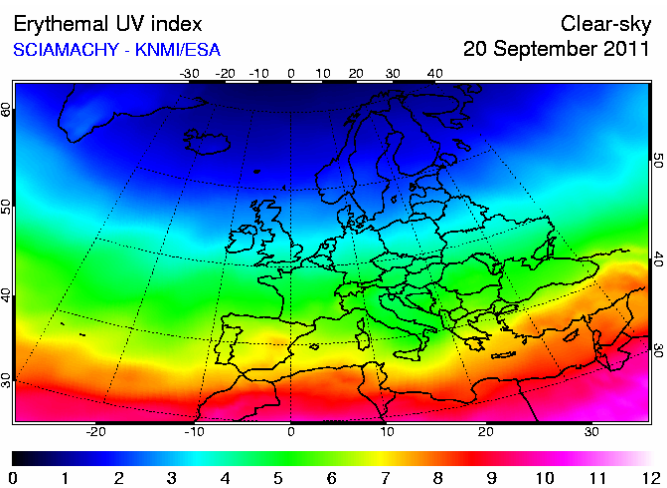


Erythemal UV index  
SCIAMACHY - KNMI/ESA

Clear-sky  
20 May 2011



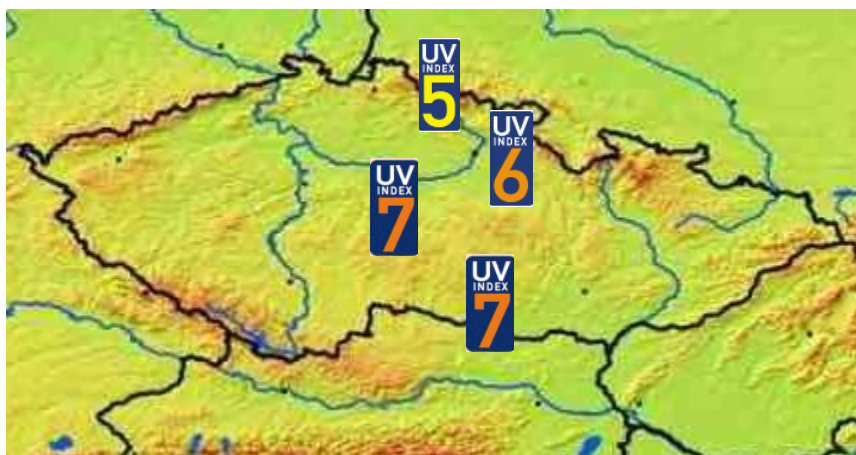




*Obr.10 Snímky znázorňují UV Index v polovině každého měsíce během roku 2011 [22]*

V průběhu dne se UV Index znatelně mění hlavně v závislosti na oblačnosti. Intenzita UV záření může, po zastínění mraky, klesnout např. z hodnoty  $1772 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  na  $1328 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

V naší geografické oblasti (na území ČR) dosahuje intenzita slunečního záření nejvyšších hodnot během letních měsíců a UV Index se pohybuje v rozmezí od 0 do 7 (viz příloha tabulka č. 1), v tropickém pásu může dosáhnout až 15 nebo 16 (viz příloha tabulka č. 2) [23]



Obr. 11 UV Index pro Českou Republiku ze dne 31.7.2010

## 9. PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ INTENZITY UV ZÁŘENÍ

Existují různé metody a přístroje používané pro měření UV záření dopadajícího na zemský povrch.

### 9.1 Luxmetr

Slouží pro měření osvětlení. Jednotkou intenzity osvětlení je lux (lx), což je intenzita osvětlení světelným tokem 1 lumenu (lm) rovnoměrně rozděleným na plochu 1 m<sup>2</sup>; 1 lux = 1 lm/m<sup>2</sup>. Spektrální citlivost luxmetru odpovídá spektrální citlivosti lidského oka a jeho světlocitlivý receptor je opatřen tzv. kosinusovým korektorem, eliminujícím směrovou (úhlovou) chybu při šikmém dopadu světla. Při snímkování na mikrografických kamerách luxmetr slouží k nastavení a kontrole rovnoměrnosti osvětlení a ke korekci expozice. [24] Luxmetry se skládají z přijímače s fotočlánkem (obvykle křemíkový fotočlánek) a z měřicího a vyhodnocovacího systému. [25]

## 9.2 Jasoměr

Slouží k měření jasu. Jako detektor je použit fotočlánek s optickým systémem, který vymezuje prostorový úhel. Jasoměry mohou být bodové (malý prostorový úhel) a integrační (průměrná hodnota jasu v prostoru řádu jednotek). [16]

## 9.3. Kulový integrátor

Slouží k měření světelného toku světelného zdroje. Konstrukčně je proveden jako dutá koule, ve které je umístěn světelný zdroj, korekční světelný zdroj a fotočlánek. Vnitřní povrch tvoří speciální bílý nátěr, který zaručuje vysokou odrazivost (ideálně 100 %). Měření probíhá srovnávací metodou, kdy je nejprve umístěn do integrátoru referenční zdroj světla a je změřen jeho fotoproud. Poté je referenční zdroj vyměněn za zdroj měřený a měření se opakuje. Z hodnot měření obou zdrojů (a korekcí) je vypočten světelný tok měřeného zdroje. Kromě světelného toku je z hodnot možné určit také energetickou i světelnou účinnost svítidla. [16]

## 9.4 Pyranometr

Slouží k měření intenzity záření. Pracují na principu termoelektrického jevu. Detektor je složen z termočlánků, které jsou připojeny k ploškám s různou hodnotou pohltivosti záření. Světlo tak ohřívá plošky nestejně a rozdíl teplot vyvolává termoelektrické napětí. Toto napětí je zesíleno a podle zvolené konstanty zobrazeno v požadovaných jednotkách. Obvykle se používá pro měření intenzity záření např. pro meteorologické stanice. [16]



Obr. 12 Zleva – Luxmetr, čidlo pyranometru [16]



## 9.5 Radiometr

Radiometr/fotometr je přístroj určený pro měření osvětlení, což je energie záření dopadajícího na určitou jednotkovou plochu za jednotku času. [26] Radiometr je přístroj, který se skládá z přijímače dopadajícího světelného záření a z měřicího a vyhodnocovacího systému s digitálním indikátorem. Přístroj měří intenzitu slunečního záření přímo v jednotkách  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , tzn., že přímo z displeje můžeme odečítat okamžitou intenzitu v daný čas na daném místě.



*Obr. 13 Radiometer, GRP-1, Goldilux*

## 10. BAREVNÝ PROSTOR CIELab

Fotochromní barviva se vyznačují možností reagovat na určitý podnět změnou vlastností, v tomto případě změnou odstínu, podle intenzity vnějšího podnětu. U těchto funkčních barviv se provádí měření základních kolorimetrických parametrů, kterými jsou absorpční a remisní data, včetně kolorimetrických souřadnic za použití kolorimetrického systému CIELab.

CIE je organizace založena v roce 1913 věnující se mezinárodní spolupráci a výměně informací ve všech záležitostech týkajících se vědy o světle a osvětlení.

Základními veličinami, které určují barvu jsou jas (value), odstín (hue) a sytost (chroma). [4]

Je známo, že vjem reálné barvy lze složit v aditivním směru z červené (R-red, 700nm), zelené (G-green, 546,1) a modré (B-blue, 435,8nm) barvy. Prostor definovaný těmito základními světly si můžeme představit jako systém o souřadnicích R, G, B. [27]

V roce 1931 komise CIE ustanovila normu pro transformaci systému R, G, B do nových souřadnic X, Y, Z. Tato normovaná transformace odstranila problém tzv. záporné barvy a umožnila tak vyjadřovat v souřadnicovém systému X, Y, Z polohu barvy kladnými hodnotami. [15]

V roce 1976 byl přijat komisí systém CIELab, který byl transformací systému CIEXYZ. Kolorimetrická soustava CIELab umožňuje snadnou orientaci, díky které lze na základě číselných údajů snadno identifikovat příslušnou barvu.

Systém CIELab se používá k posuzování shody vzorku a předlohy. Základem posuzování shody předlohy a vzorku je zjištění vzdálenosti obrazu předlohy a vzorku v barevném prostoru CIELab. V každém zobrazovaném a definovaném prostoru lze odvodit pro jednotlivé polohy barev vzdálenosti, které odpovídají odchylkám v hodnotě jasové složky nebo odchylkám v odstínu a čistotě.

Celková barevná diference  $\Delta E^*$  je pak definovaná a matematicky vyjádřena pomocí Pythagorovy věty následujícím vztahem(1):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Barevná diference  $\Delta E^*$  je mírou velikosti barevného rozdílu mezi předlohou a vzorkem, kde je diference  $\Delta E^*$  rozdělena do tří složek, které můžeme vyjadřovat v rámci pravoúhlé soustavy  $L a b$ , pomocí pravoúhlých souřadnic (2a-c): [4]

$$\Delta L^* = L_2^* (\text{vzorku}) - L_1^* (\text{předlohy}) \quad (2a)$$

$$\Delta a^* = a_2^* (\text{vzorku}) - a_1^* (\text{předlohy}) \quad (2b)$$

$$\Delta b^* = b_2^* (\text{vzorku}) - b_1^* (\text{předlohy}) \quad (2c)$$

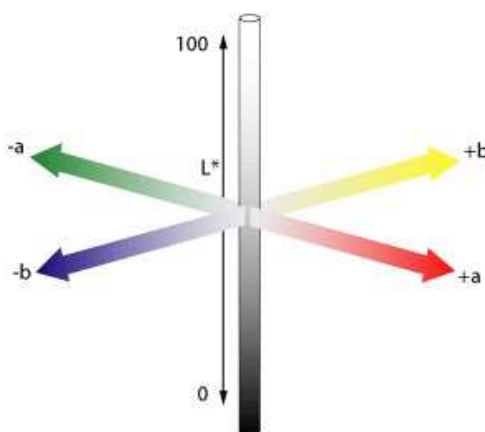
kde  $\Delta L^*$  je jasová odchylka

$\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  znázorňují rozdíly pozic v  $a^*$  a  $b^*$  diagramu



Barevný prostor CIELab je umístění barev v prostoru pomocí následujících parametrů: [27]

- hodnoty  $L^*$  lze interpretovat jako jasovou složku (vyšší hodnoty  $L^*$  = světlejší vzorek,  $\Delta E^* > 0$ )
- hodnoty  $a^*$  kladné ( $\Delta a^* > 0$ ) – vzorek je červený
- hodnoty  $a^*$  záporné ( $\Delta a^* < 0$ ) – vzorek je zelený
- hodnoty  $b^*$  kladné ( $\Delta b^* > 0$ ) – vzorek je žlutý
- hodnoty  $b^*$  záporné ( $\Delta b^* < 0$ ) – vzorek je modrý



Obr. 14 CIELab Barevný prostor [4]

Barevný rozdíl  $\Delta E$  představuje důležitou, obecně uznávanou metodu hodnocení rozdílů barev. Podle její velikosti lze hodnotit např. shodu mezi tisky, apod. Pro snadnější orientaci byla stanovena stupnice udávající stupeň neshody dvou barev (viz *Tabulka 1*). [28]

*Tabulka 1:*

$\Delta E^*$	rozdíl	$\Delta E^*$	rozdíl
0,0 až 0,2	nepostřehnutelný	0,2 až 1,0	postřehnutelný
0,2 až 0,5	velmi slabý	1,0 až 2,0	rozeznatelný
0,5 až 1,5	slabý	2,0 až 4,0	ještě nerušící
1,5 až 3,0	jasně postřehnutelný	4,0 až 8,0	mírně rušící
3,0 až 6,0	střední		
6,0 až 12,0	výrazný		
12,0 až 16,0	velmi výrazný		
větší než 16,0	rušící		

## 11. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – VZORKY S FOTOCHROMNÍM ZÁTĚREM

Pro tuto část experimentu byly použity bavlněné doprovodné tkaniny s fotochromním zátěrem.

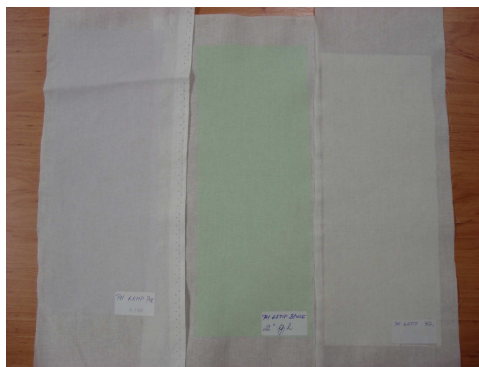
Parametry textilie:

- 100% bavlna (SARA)
- mercerovaná
- jednoduchá
- 145 g / m<sup>2</sup>
- osnova: 260 nití/cm
- útek: 220 nití/cm
- velikost vzorku: 12x30 cm
- příze: zakroucená

Receptura na přípravu 1000g tiskařské pasty:

- Voda: 654,4g
- Glycerin: 16g
- Lukosan S (odpěňovač): 1,6g
- Socrat 4924 (pojídlo): 56g
- Acramin BA (pojídlo): 56g
- Ammoniac (alkalie): 4g
- Lambicol L90S (zahušťovadlo): 12g
- Fotochromní pigment (žlutý, fialový nebo modrý) : 200g

Příklad použitých vzorků.



*Obr. 15 Bavlněná tkanina s fotochromním potiskem (fialová, modrá, žlutá)*

Účelem bylo, na základě měření pomocí Spektrofotometru a UV-simulátoru, určit polohy pro jednotlivé stupně ozáření pro stabilní část senzoru a připravit tak podklady pro další experimentální část.

## 12. MĚŘENÍ

Pomocí Spektrofotometru a UV – simulátoru byly provedeny dva typy měření pro tři vybrané fotochromní pigmenty – fialový, modrý a žlutý. První měření udávalo intenzitu odstínu vzorku s fotochromním pigmentem po 2 minutovém působení UV záření a druhé měření bylo provedeno za účelem vývoje barvy zotaveného vzorku (z předchozího měření) v čase. Proběhlo 5 měření pro klasické vzorky a 5 sérií měření pro zotavené vzorky.



*Obr. 16 Spektrofotometr DataColor Spectroflash 600*

Vzorky byly vystaveny UV-záření po dobu dvou minut v UV-simulátoru v určitých polohách: nízké „low“ (3cm) a střední „mid16“ (16 cm). Polohy určovaly množství záření dopadajícího na vzorky s fotochromním pigmentem.



*Obr. 17 UV-simulátor HB 311, Philips*

Radiometrem byla naměřena průměrná intenzita UV-záření v jednotlivých polohách:

- low (3cm) – 943,2  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- mid 16 (16 cm) – 1792  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

Pro další postup v měření bylo provedeno měření intenzity slunečního záření a to dne 31. července 2010 za plného slunečního záření mezi 10:00 až 18:00 hodinou v Liberci (375 m.n.m.).

Naměřené hodnoty:

- 10:00 = 1404  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 11:00 = 1706  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 12:00 = 1775  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 13:00 = 1827  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 14:00 = 1840  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 15:00 = 1609  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 16:00 = 1293  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 17:00 = 897  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- 18:00 = 723  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

(Poznámka: Jednotky naměřených hodnot jsou uvedeny v  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  protože je to v tomto oboru obvyklejší).

Tyto intenzity byly reprodukovány v UV-simulátoru a bylo tak dosaženo dvou výšek pro další měření (nejnižší a nejvyšší).

V dalším postupu budeme pracovat s těmito polohami:

- lowest (2,5 cm – nejsvětlejší odstín)
- low (3 cm)
- mid16 (16 cm)
- high (42 cm – nejtmaší odstín)

Měření se provádí každých 5 sekund a dostaneme tak přesného vyhodnocení změny barvy vzorku osvětleného UV-světlem. Vyhodnocením měření je křivka v barevném prostoru CIELab zobrazující barevnou změnu.

Pro modrý vzorek je potřeba asi 20 měření (doba trvání asi 1 minuta 40 sekund), aby došlo k obnově původní barvy vzorku. Fialový vzorek potřebuje asi 30 měření (2 minuty 30 sekund) a žlutý vzorek 80 měření (6 minut 40 sekund).

Při měření se ukázalo, že žluté vzorky se po osvětlení a měření úplně nezotaví a nevrátí na svou původní barvu po odebrání ze světelného zdroje. Po měření na spektrofotometru zůstal na vzorku zabarvený kruh v oblasti kde byl vzorek měřen. Tato skutečnost však neměla vliv na měření, protože po opětovném vložení do UV simulátoru se opět zbarvila celá plocha vzorku do jasně žluté barvy. Všechny vzorky byly před a po měření uloženy v černém boxu zamezujícím přístupu UV záření. Žluté vzorky se však úplně nezotavily ani po 24 hodinách v tomto boxu.



*Obr. 18 Žluté fotochromní vzorky po 24 hodinách v černém boxu*

Je také patrné, že každé fotochromní barvivo vykazuje různou rychlost relaxační fáze. Nejrychleji se zotavují modré vzorky, následně fialové a nakonec žluté (u kterých však nedojde k úplnému zotavení).

Jednotlivé polohy a jim příslušící barevné odstíny (uvedeno v Tabulce 2) poskytují přibližnou představu o UV indexu v závislosti na intenzitě záření.

Tabulka 2

lowest	do 500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	→ UV 1-2
low	do 1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	→ UV 3-5
mid 16	do 1800 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	→ UV 6-7
high	2000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ a více	→ UV 8 a více

Podle intenzity zbarvení fotochromního pigmentu bude uživatel schopen odhadnout intenzitu záření a UV Index.

Vytvořená stupnice kde jsou k jednotlivým UV indexům přiřazeny odpovídající barvy podle stupně intenzity.

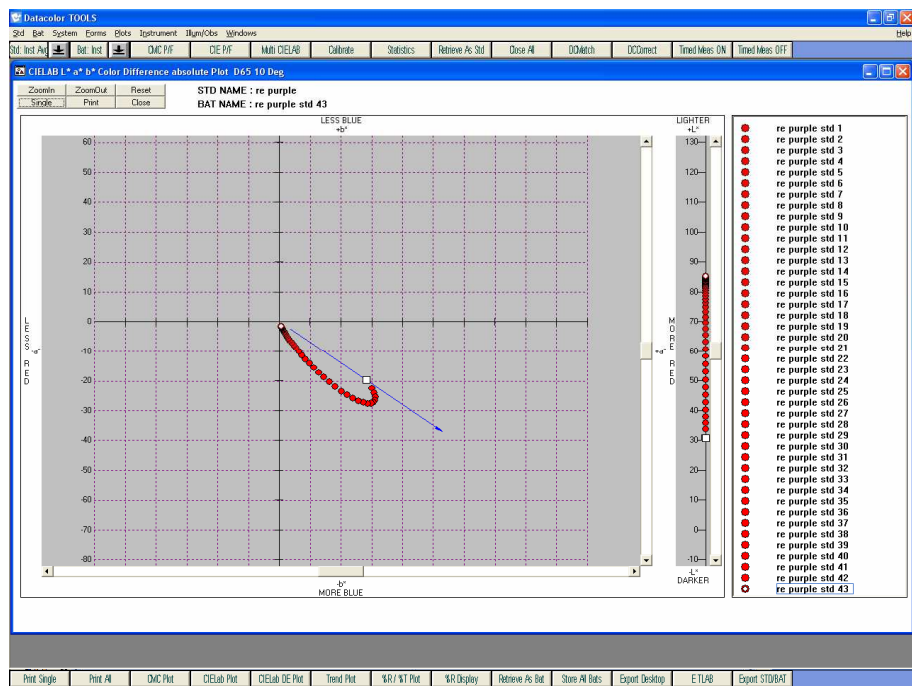


*Obr. 19 Stabilní části – barevné měřítko odpovídající jednotlivým UV intenzitám ve třech použitých barvách ( fialová, modrá a žlutá)*

### 13. ZPRACOVÁNÍ DAT

Údaje získané během měření byly seřazeny a zpracovány do tabulek, aby mohly být použity pro následující kroky.

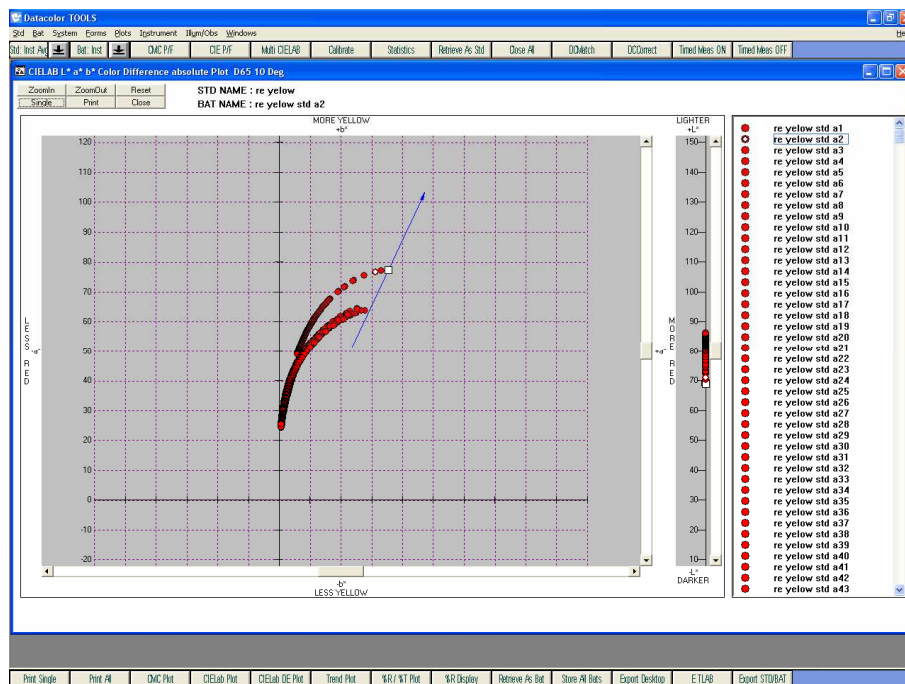
Výsledné křivky získané pomocí softwaru DataColor ukazují průběh naměřených hodnot v čase. Při sledování časové křivky získané měřením se objeví zvláštní jevy. U fialového barviva – tzv. *Butterfly Efekt* – motýlí efekt, křivka má tvar motýlích křídel.



Obr. 20 Snímek obrazovky softwaru Data Color, křivka zotavení při měření standardního vzorku ph purple: The Butterfly Effect (motýlí efekt)

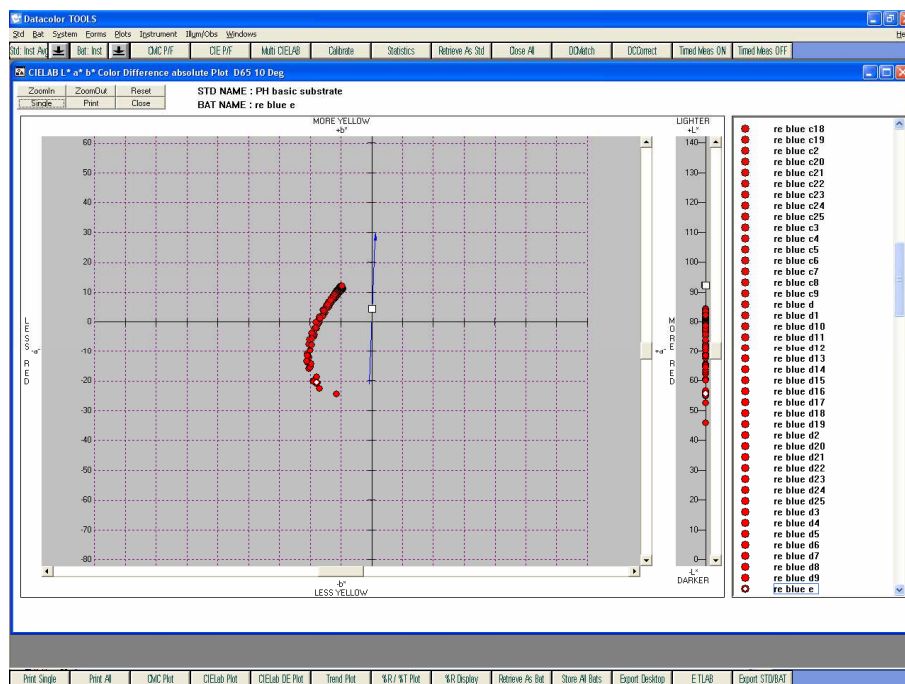
Aby bylo možné porovnat barevnost nepotištěné tkaniny s tkaninami potištěnými, bylo provedeno také měření podkladového materiálu.

Po zobrazení křivky pro žlutou barvu, je patrný problém s obnovením žlutého vzorku. V následujícím grafu jsou zobrazeny, místo jedné, dvě různé křivky.



Obr. 21 Snímek obrazovky softwaru Data Color, křivka zotavení u měření standardního vzorku ph yellow

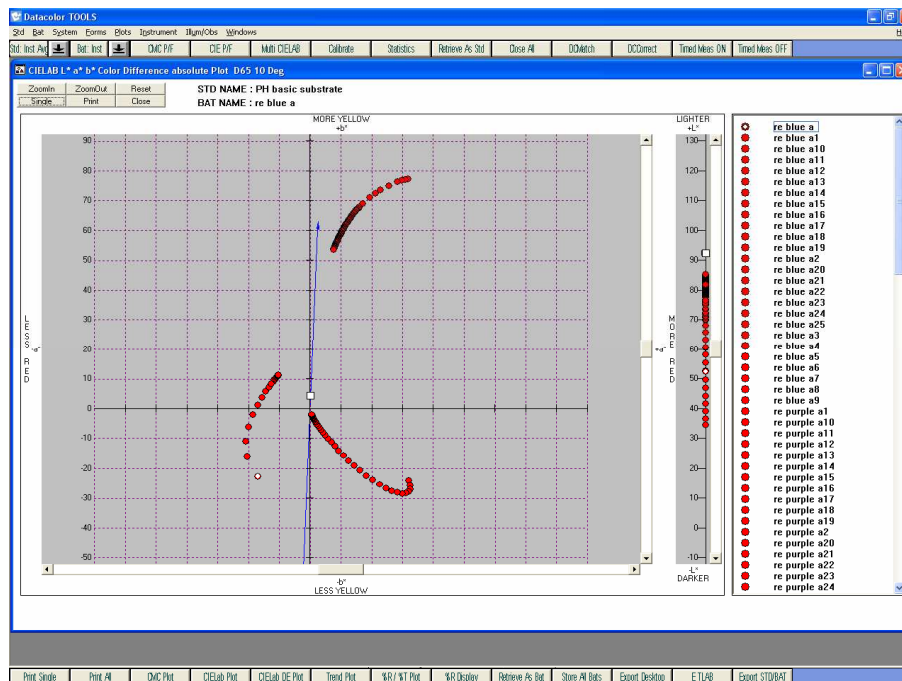
Modré vzorky ukazují správný rozptyl a také první bod křivky se nachází v blízkosti barvy podkladového materiálu, což je výhodné při následné aplikaci fotochromních past, jelikož podkladový materiál nebude ovlivňovat nátisk.



Obr. 22 Snímek obrazovky softwaru DataColor, měření standardního vzorku ph blue e s barvou podkladového materiálu – bílý čtverec na grafu



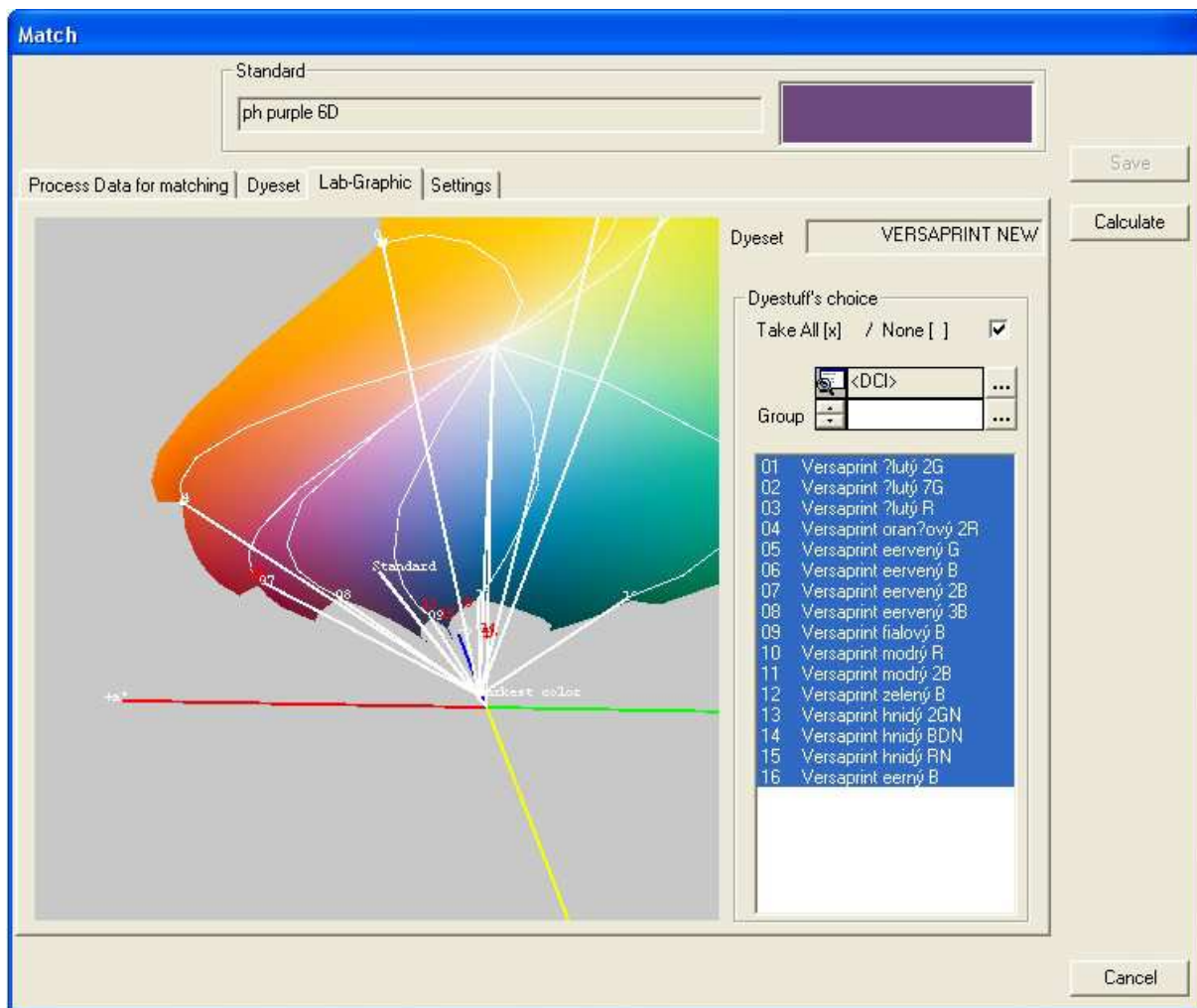
Fialová a modrá fotochromní barviva vykazují nejlepší schopnost obnovy a počáteční body křivek jsou nejbližší k barvě podkladového materiálu. Proto se zdají být nejvhodnější pro použití při vytvoření potisku citlivého vůči UV-záření.



Obr. 23 Snímek obrazovky softwaru Data Color, měření obnovy vzorku ph blue a, purple a, yellow a s barvou podkladového materiálu – bílý čtverec na grafu

## 14. VYTVÁŘENÍ RECEPTURY POMOCÍ SOFTWARE DATACOLOR

Na základě intenzit, dříve naměřených pomocí radiometru, které byly reprodukovány v UV simulátoru a měřeny na spektrofotometru s využitím softwaru DataColor, byly vytvořeny receptury pro pevnou část senzoru. Zvolením pigmentů, dostupných v laboratoři, byl vytvořen barevný rozsah – gamut, v prostoru CIE Lab, zobrazující všechny odstíny, které je možné v softwaru vytvořit. Jelikož není možné realizovat všechny reálné barvy obsažené v barevném diagramu, pracuje technický prostředek s omezenou barevnou škálou, má svůj gamut. Byly zpracovány údaje a na jejich základě vybrány barvy pro všechny čtyři zvolené stupně konstantní části senzoru.



Obr. 24 Snímek obrazovky nejhlubšího odstínu fialového vzorku v barevném prostoru CIELab (uveden jako "standard" v grafu)

Datacolor Match - [ph purple 6D]																
File Table Tools Instrument Window Help																
Standard: ph purple 6D																
Quality/Style 100.00 [%]: VERSAPRINT NEW1																
Substrate (factor): VERSAPRINT NEW1 (1.00)																
Process (factor): (1.00)																
Formula: CieLab Default[D65]																
dE* D65	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Metamerism A	0.7	3.56	3.76	3.79	3.91	4.08	4.12	4.16	4.41	4.61	4.62	4.65	4.66	4.68	4.71	
Metamerism F11	0	7.20	7.03	7.02	6.91	6.77	6.88	7.00	7.49	8.00	7.97	7.93	7.93	7.85	7.83	
Sensitivity (Hue)	0	0.36	0.36	0.36	0.37	0.36	0.36	0.35	0.33	0.53	0.52	0.35	0.53	0.52	0.52	
Price	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total concentration [g/kg]		15.4010	14.7690	14.4597	11.4479	13.4578	13.6010	13.6553	14.5644	19.8588	21.0433	15.3679	21.4749	22.6318	22.5561	22.5114
<b>Trial 1</b>	<b>XX</b>															
<b>Dyestuff</b>		<b>1(3)</b>	<b>2(3)</b>	<b>3(3)</b>	<b>4(3)</b>	<b>5(3)</b>	<b>6(3)</b>	<b>7(3)</b>	<b>8(3)</b>	<b>9(3)</b>	<b>10(3)</b>	<b>11(3)</b>	<b>12(3)</b>	<b>13(3)</b>	<b>14(3)</b>	<b>15(3)</b>
Versaprint ?lutý 2G			0.4592													0.0654
Versaprint ?lutý 7G		0.5775													0.0799	
Versaprint ?lutý R				0.2851												0.0406
Versaprint oran?ový 2R						0.4075										
Versaprint eervený G					1.9465											
Versaprint eervený B										1.0209		0.8326				
Versaprint eervený 2B										1.2180						
Versaprint eervený 3B	12.1119	11.5542	11.4104	6.6655	10.2099	10.3819	10.4490	11.8200		16.4852	17.8861	13.0496	19.2059	20.4387	20.3731	20.3522
Versaprint fialový B	2.7116	2.7555	2.7642	2.8359	2.8405	2.7713	2.7080	2.3623				1.9842				
Versaprint modrý R										2.1556	2.1362			2.1132	2.1176	2.1185
Versaprint modrý 2B													1.4364			
Versaprint hnědý 2GN						0.4478										
Versaprint hnědý BDN								0.3821								
Versaprint hnědý RN								0.4983								
Versaprint černý B												0.3342				
Recipe with D65																
Standard with D65																
Standard with A																
Recipe with A																

Obr. 25 Snímek obrazovky receptury nejhlubšího odstínu fialového fotochromního vzorku - ph purple 6D pořizovaný softwarem DataColor

Volba receptury je ovlivněna následujícími parametry, které by měla splňovat:

- počet pigmentů potřebných pro vytvoření receptury (méně použitých pigmentů vnáší méně chyb při následném měření)
- hodnota metamerie (srovnávané vzorky se jeví jako rozdílné za různého osvětlení, což je v tomto případě nepodstatné – senzor bude používán pouze za denního světla, na slunci)
- hodnota citlivosti
- barevný rozdíl hodnoty  $\Delta E$  s vybarvením referenčního vzorku (dosažení stejného odstínu barevného vzorku není snadné, důležité je přiblížit se barevnému odstínu tak, aby případný rozdíl nebyl patrný lidským okem)

Všechny tyto parametry mají svůj význam a jsou propojeny. Cílem je získat snadno reprodukovatelné barvy, aby při následných opakováních vždy totožné.

## 15. POPIS PŘÍPRAVY VZORKŮ SE STABILNÍ A SENZITIVNÍ ČÁSTÍ

V experimentální části byly připraveny vzorky pro následné měření. Cílem bylo vytvořit barevnou škálu stabilní části odpovídající barevným intenzitám fotochromního pigmentu v určitých polohách od zdroje světla, konkrétně nejnižší, nízké, střední a vysoké. K aplikaci fotochromního pigmentu i stabilní části byla použita komplexní záhustka a jako doprovodná tkanina byl použit bavlněný materiál SARA.

Receptury past jsou následující:

- pasta s fotochromním pigmentem (pro 1000 g pasty):
- 200 g fotochromního pigmentu – žlutý, fialový, modrý
- 800 g komplexní záhustky

- receptura pasty pro stabilní část – vzorky „*high*“ (pro 1000g pasty)

### **Žlutá pasta:**

Versaprint žlutý R: 9,9013g  
Versaprint oranžový 2R: 1,4272g  
Versaprint červený 3B: 0,1575g  
Versaprint zelený B: 0,0188g  
Záhustka: 988,5952g

### **Fialová pasta :**

Versaprint červený G: 3,2768g  
Versaprint červený 3B: 7,4796g  
Versaprint fialový B: 3,8344g  
Záhustka : 994,6590g

### **Modrá pasta :**

Versaprint oranžový 2R: 0,3953g  
Versaprint fialový B: 0,2094g  
Versaprint modrý 2B: 4,7363g  
Záhustka: 985,3916g

- receptura pasty pro stabilní část – vzorky „*mid 16*“ (pro 1000g pasty)

### **Žlutá pasta :**

Versaprint žlutý R: 2,0686  
Versaprint oranžový 2R: 0,6230g  
Versaprint modrý 2B: 0,0220g  
Záhustka: 997,09g

### **Fialová pasta :**

Versaprint žlutý 2G: 0,1780g  
Versaprint červený 3B: 9,0451g  
Versaprint fialový B: 2,0885g  
Záhustka: 988,69g

### **Modrá pasta :**

Versaprint žlutý 2G: 0,3617g  
Versaprint fialový B: 0,1211g  
Versaprint modrý 2B: 1,3067g  
Záhustka: 998,21g

- receptura pasty pro stabilní část – vzorky „*low*“ (pro 1000g pasty)

### **Žlutá pasta :**

Versaprint žlutý R: 1,7489g  
Versaprint oranžový 2R: 0,4832g  
Versaprint modrý 2B: 0,0225g  
Záhustka: 997,75g

### **Fialová pasta:**

Versaprint žlutý 2G: 0,1551g  
Versaprint červený 3B: 5,3371g  
Versaprint fialový B: 1,5491g  
Záhustka: 992,96g

### **Modrá pasta:**

Versaprint žlutý R: 0,1788g  
Versaprint červený 3B: 0,0671g  
Versaprint modrý 2B: 0,5439g  
Záhustka: 999,21g

- receptura pasty pro stabilní část – vzorky „*lowest*“ (pro 1000g pasty)

**Žlutá pasta :**

Versaprint žlutý R: 0,7659g

Versaprint oranžový 2R: 0,0376g

Versaprint fialový B: 0,0259g

Záhustka: 999,17g

**Fialová pasta:**

Versaprint oranžový 2R: 0,0999g

Versaprint červený 3B: 2,0853g

Versaprint fialový B: 0,9189g

Záhustka: 996,90g

**Modrá pasta:**

Versaprint žlutý 2G: 0,2946g

Versaprint fialový B: 0,0422g

Versaprint modrý 2B: 0,4944g

Záhustka: 999,17g

Důležité je zachovat co největší přesnost při vážení jednotlivých komponent, aby se navážené hodnoty co nejvíce přiblížily k hodnotám vytvořeným softwarem a výsledný odstín pasty pak odpovídal barevnému odstínu požadované předlohy. Důraz je kladen také na promíchání komponent. Aby byla pasta homogenní bylo použito mechanického míchacího zařízení. Dostatečné promíchání bylo zajištěno 20-ti minutovým mícháním ve třech polohách, u dna nádoby, uprostřed a v blízkosti povrchu.

Byly vytvořeny tyto pasty:



*Obr. 26 Nejvyšší intenzita osvětlení - „high“ (nejtmavší odstín)*



*Obr. 27 Odstín odpovídající střední intenzitě osvětlení - „mid16“*



*Obr. 28 Odstín odpovídající nízké intenzitě osvětlení - „low“*



*Obr. 29 Odstín odpovídající nejnižší intenzitě osvětlení - „lowest“ (nejsvětlejší)*

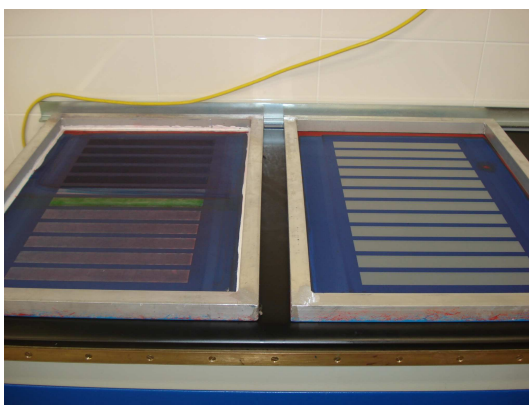


*Obr. 30 Fotochromní pasty (žlutá, fialová, modrá)*

Některé pasty, zejména fialové, mají podobný odstín, což představuje problém při vytvoření měřítka pro různé stupně intenzity UV záření.

### **15.1 Potiskování**

Byl proveden nátisk pasty na předem připravené vzorky o velikosti 35x35 cm. Na vzorky byl použitý bavlněný materiál SARA. Byly použity tiskařské rámy s pruhy, které vytvořily na materiálu během jednoho procesu více jednotlivých vzorků. Tiskací pasta byla nanášena pomocí válečkové stěrky, ta se odvaluje po šabloně a přitom hrne před sebou tiskací pastu, kterou současně protlačuje přes šablonové síto na potiskovanou tkaninu. Válečková stěrka vytvářela stejnoměrnou vrstvu pasty na materiálu, díky konstantnímu přítlaku, které by nebylo možné dosáhnout ruční stěrkou. Válečková stěrka se pohybuje po černé gumové podložce, pod kterou jsou umístěny elektromagnety pohybující kovovou stěrkou. Přítlak stěrky je magnetický, regulovatelný intenzitou magnetického pole. [29] Plného pokrytí tkaniny bylo dosaženo čtyřmi tahy od jednoho kraje šablony ke druhému, čímž se urychlil nátisk vzorků potřebných pro měření. Tiskací stroje s válečkovou stěrkou a magnetickým ovládním stěrky se vyznačují dobrou reprodukovatelností tisku, jsou-li zachovány tytéž podmínky tisku, získá se též výsledek i při opakovaném tisku.



*Obr. 31 Šablonové síto s pruhy*



*Obr. 32 Electromagnetické potiskovací zařízení, Johannes-Zimmer MINI-MDF/752*

## **15.2 Sušení a fixace**

Následně byly vzorky usušeny a proběhlo zafixování tiskací pasty na tkanině. Fotochromní pigmenty jsou citlivé na teplo a za nevhodných podmínek by mohlo dojít k poškození pigmentu. Při sušení těchto vzorků však nebylo vyzorováno žádné poškození ani ovlivnění tisku a fotochromních vlastností, proto probíhalo sušení a fixace za stejných podmínek jak pro vzorky se stabilní částí, tak pro vzorky s fotochromní částí. Sušení a fixace probíhaly při teplotě 150°C po dobu 5 minut.





*Obr. 33 Sušící a fixační zařízení, Ernst Benz AG*

Vzorky:







*Obr. 34 Zleva doprava: highest, mid16, low, lowest - stabilní nátisky past a fotochromní nátisky*

Pro jednodušší manipulaci se vzorky při dalším používání byly vzorky s fotochromní vrstvou rozstříhány na jednotlivé proužky a uloženy do černých boxů , aby se zamezilo proniknutí UV záření.



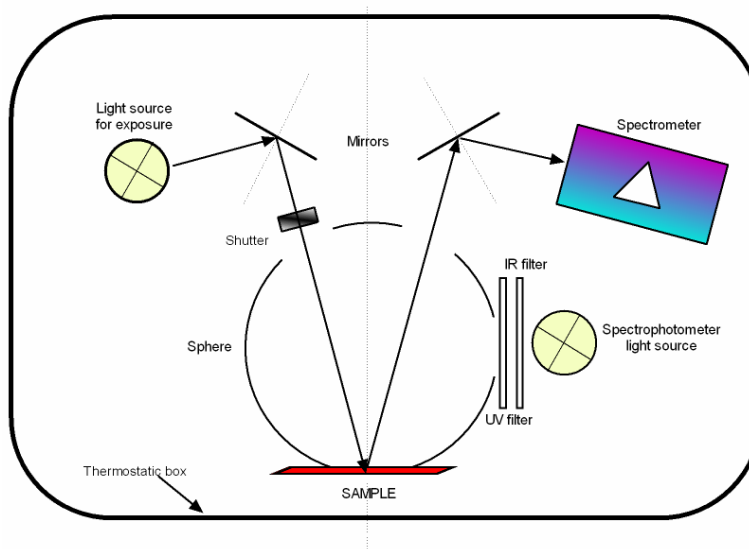
*Obr. 35 Černý box se vzorkem s fotochromním potiskem*

## **16. FOTOCHROM 2 – MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ**

Zařízení Fotochrom 2 umožnilo sloučením dvou potřebných zdrojů světla v systému spektrofotometru, se zařazením elektronické západky umožňující odstínit excitační paprsek, docílit kontinuálního měření barevné změny v expoziční i relaxační fázi, čímž byl minimalizován čas strávený mimo zdroj světla mezi vystavením UV záření a začátkem měření. Světelným zdrojem vhodným pro osvit fotochromního vzorku může být například Xenonová výbojka s kontinuálním spektrem vyzařování a osvit, která byla použita i v tomto případě, jakožto světelný zdroj schopný vybudit

fotochromní reakci za pomoci dostatečného podílu UV záření. Pro získání nejlepších výsledků by pigmenty měly být vystaveny maximálnímu množství UV záření, kterého může být dosaženo. Vybraná Xenonová výbojka (450 W) poskytuje nejlepší excitaci pro fotochromní pigmenty společně s použitým filtrem (350 nm) umístěným mezi Xenonovou výbojkou a Spektrofotometrem. Textilní vzorky jsou obvykle pomalejší ve vyvíjení barevného odstínu, proto je nutné zařadit elektronickou západku a kontinuální Xenonovou výbojku.

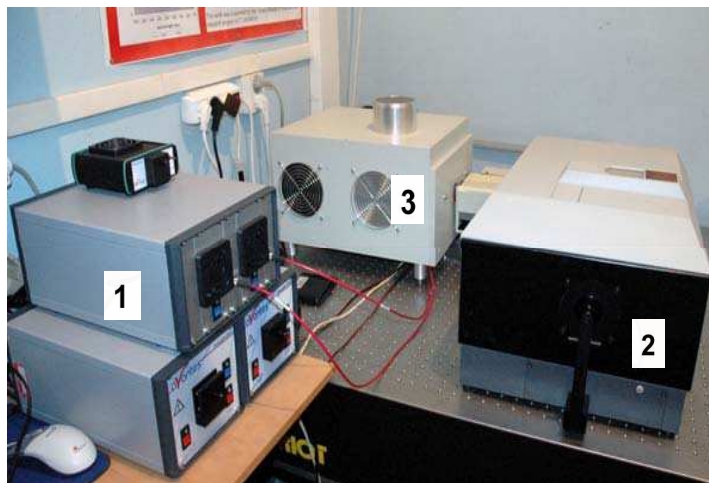
Na obr. 36 je uvedené optické schéma měřícího systému umožňujícího kontinuální měření barevné změny v expoziční i relaxační fázi se zařazením elektronické západky o odstínění excitačního paprsku. [4]



Obr. 36 Optické schéma LCAM FOTOCHROM měřícího systému [4]

Získaná měření jsou spojitá, tudíž přesnější než při použití dvou oddělených zdrojů záření (UV simulátor a Spektrofotometr) a k vývoji barvy dochází ihned po přerušení excitačního záření.

Jelikož jsou fotochromní pigmenty ovlivňovány teplotou, která by mohla mít vliv na konečný výsledek měření, je potřeba zajistit kontrolu a regulaci teploty. Proto bylo k měřicímu systému napojeno termostatické zařízení, které udržuje stabilní teplotu měřeného vzorku (v našem případě 22°C s odchylkou  $\pm 1^\circ\text{C}$ ). Dalším nedostatkem dvou oddělených přístrojů je teplota, která nemůže být přesně kontrolována a regulovatelná po dobu měření. Vzorek se pohybuje ve dvou různých prostředích s kolísající teplotou.



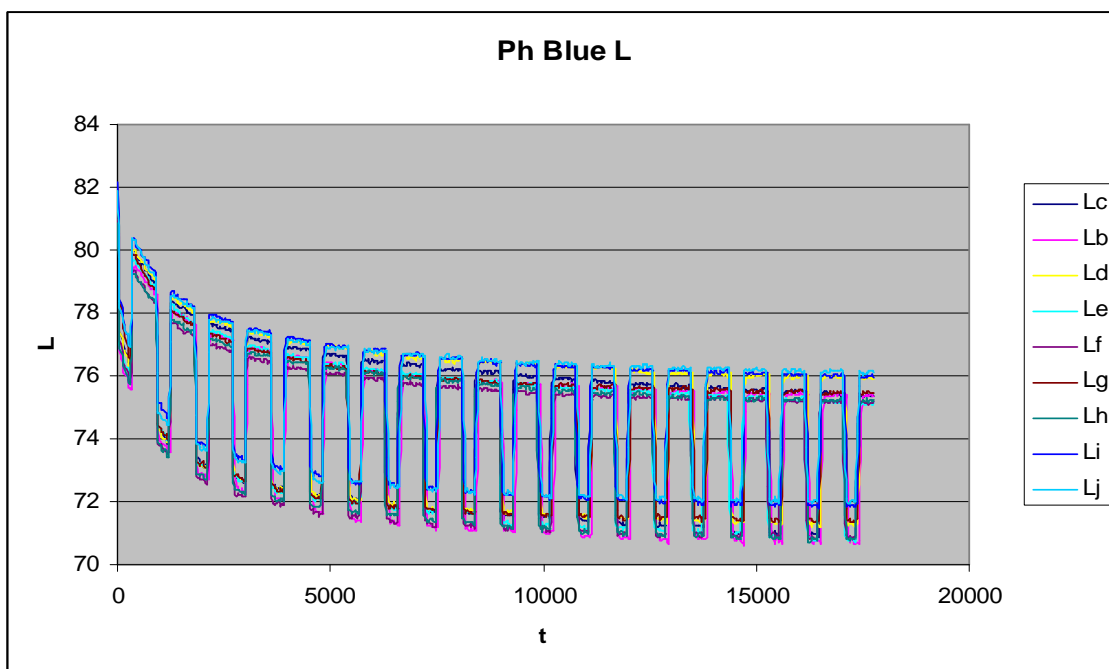
*Obr. 37 Prototyp měřícího systému Fotochrom 2 vyvinutého v laboratoři Měření barevnosti a vzhledu na Textilní fakultě Technické univerzity v Liberci*

- 1. Spektrofotometr*
- 2. Umístění vzorku s termostatovanou klapkou*
- 3. Xenonová výbojka*

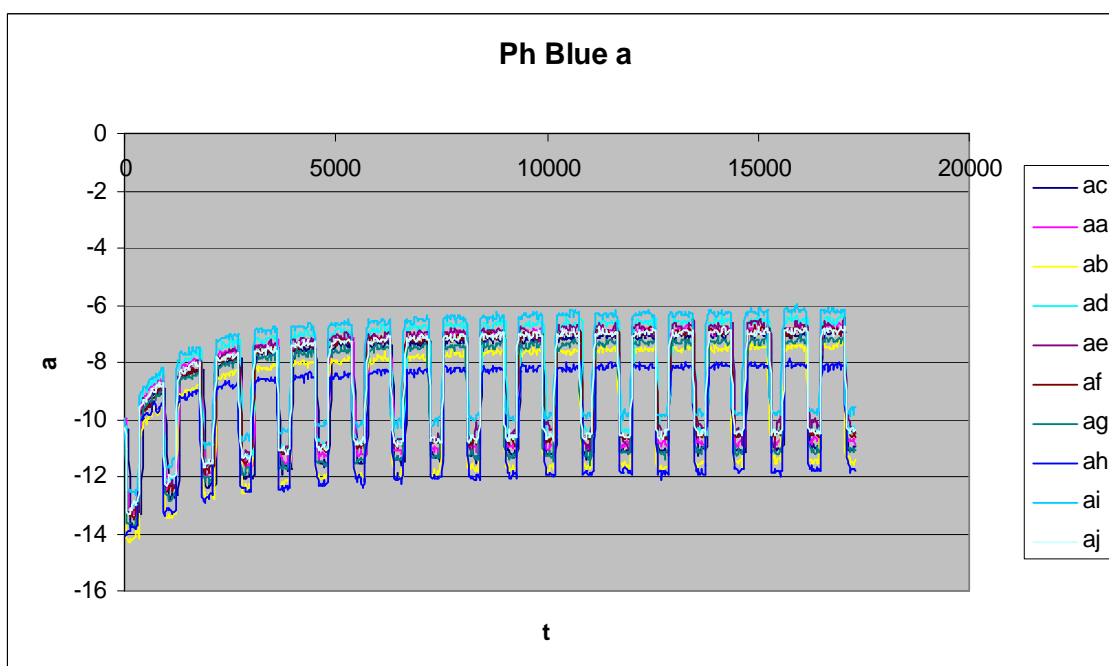
## **17. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ**

Cílem bylo získat informace o stálosti fotochromních pigmentů založené na vystavení vzorků určitému počtu osvitových cyklů a následné relaxaci. Teoreticky by mohly být vzorky vystaveny nekonečnému počtu cyklů. Měření bylo založeno na principu 20-ti osvitových cyklů vystavením vzorků 5-ti minutové expozici UV záření a 10-ti minutové relaxaci. Během tohoto naprogramovaného cyklu byl zaznamenáván vývoj pigmentu z nejtmašího odstínu – minimální světlost (při vystavení světlu) až po nejsvětlejší odstín – maximální světlost (zamezení světlu) s měřením každých 5 sekund, aby bylo možné zaznamenat přesný vývoj barvy vzorku.

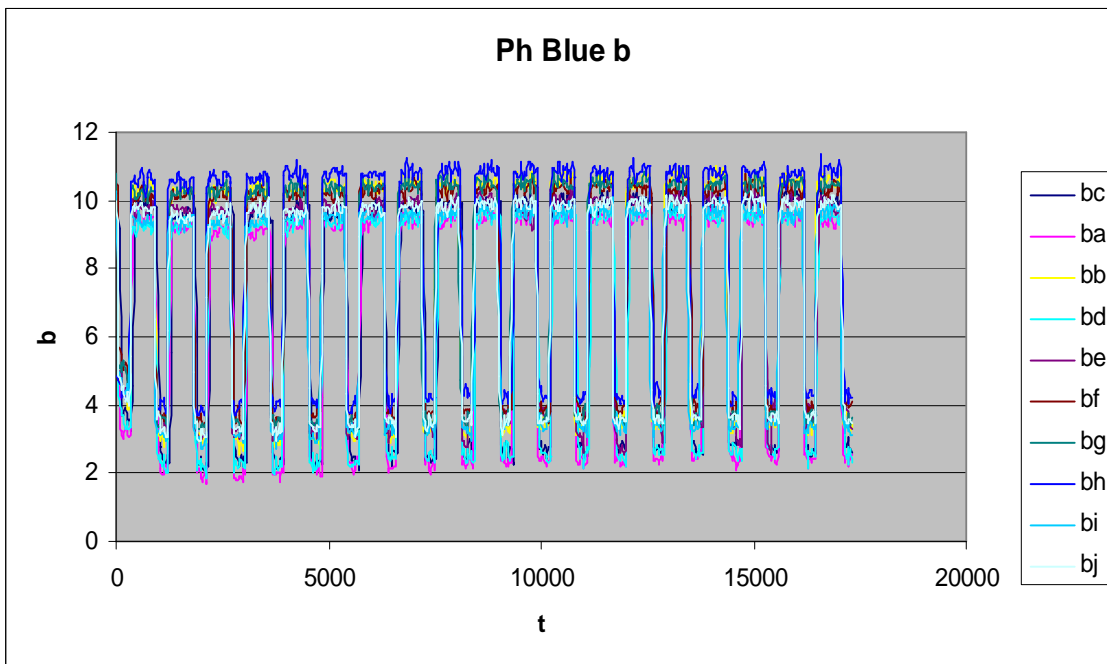
Výsledky v podobě grafů (*graf 1 až 12*) znázorňují vývoj vzorků (parametrů L, a, b) v čase a je z nich patrný vliv počtu cyklů na použité vzorky.



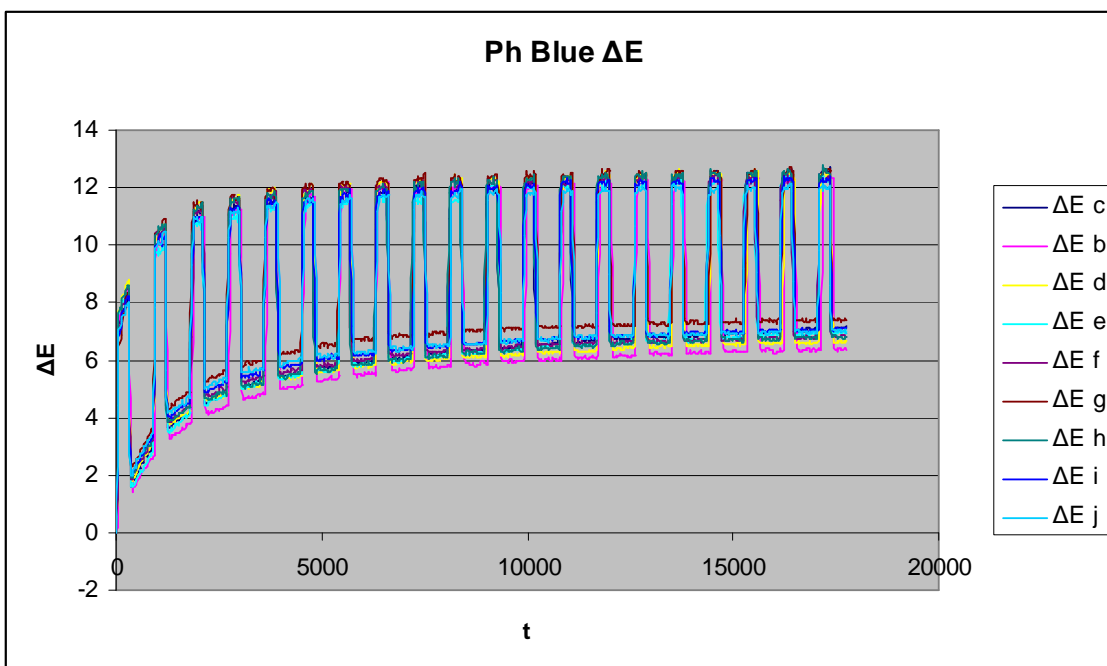
Graf č.1 Modrý fotochromní vzorek - parametr „L“ v čase (čas v[s])



Graf č.2 Modrý fotochromní vzorek - parametr „a“ v čase (čas v[s])

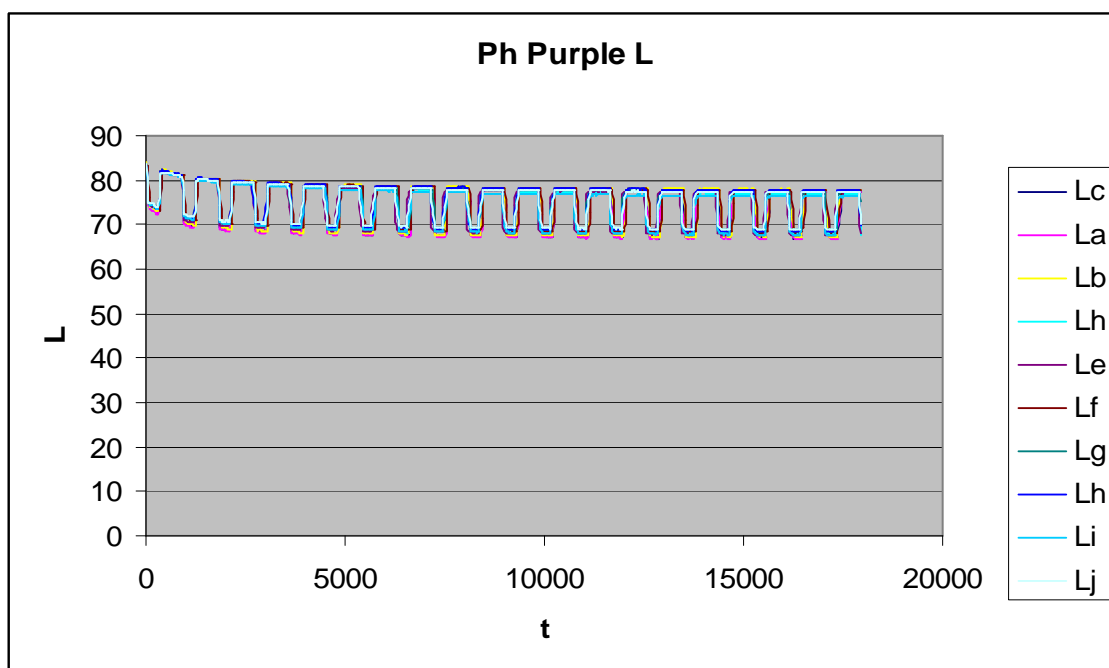


Graf č.3 Modrý fotochromní vzorek - parametr „b“ v čase (čas v[s])

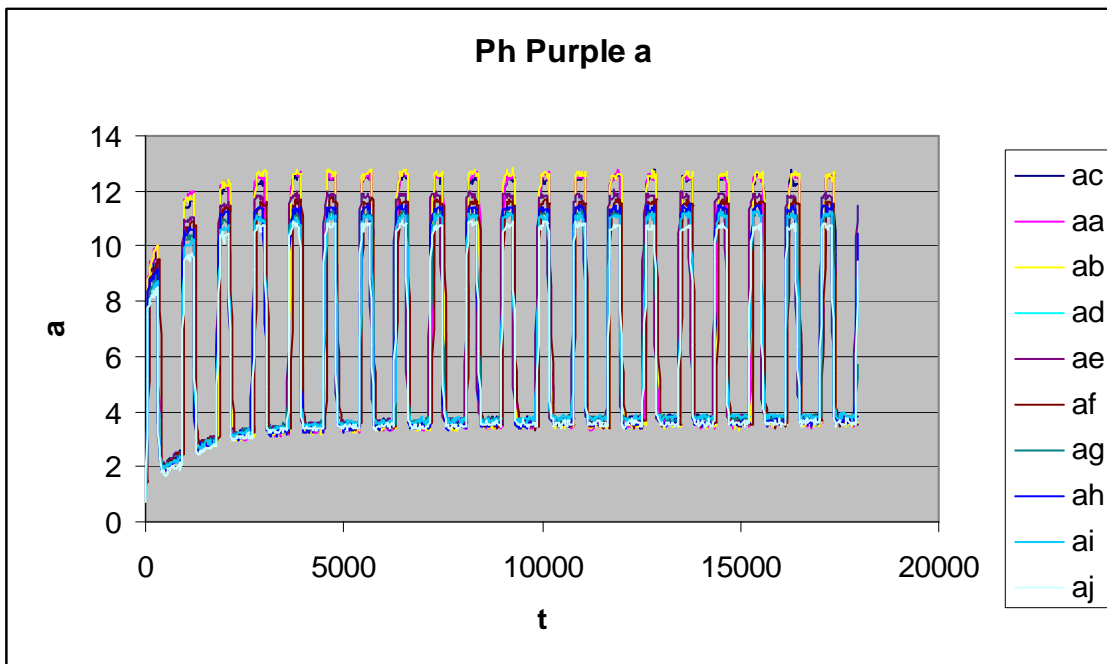


Graf č.4 Modrý fotochromní vzorek - parametr „ $\Delta E$ “ v čase (čas v[s])

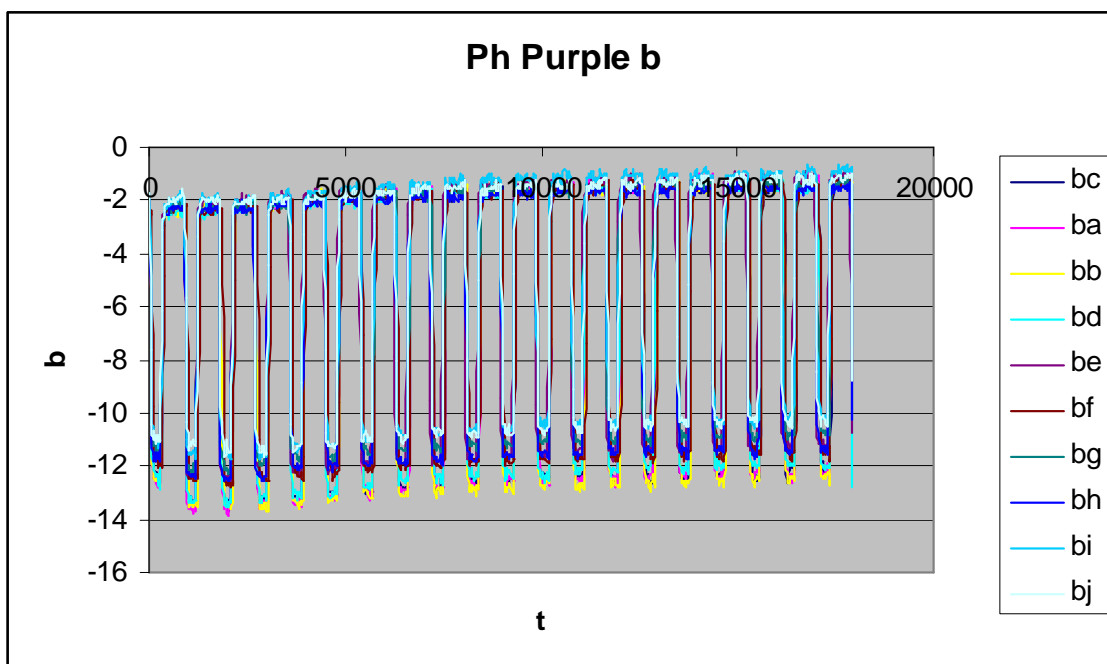
Z grafu č.1 je patrné, že parametr  $L$  (Lightnes) klesá v průběhu prvního měření, což znamená, že se vzorek jeví světlejší, a začíná se stabilizovat po 5-ti cyklech. Parametr  $a$  (graf č.2) se zvyšuje, takže se vzorek jeví červenější. Parametr  $b$  (graf č.3) je nejstabilnější v čase. V posledním grafu (graf č.4) je patrná odchylka hodnoty  $\Delta Eh$ , což může být způsobeno extrémními hodnotami tohoto vzorku pro parametry  $L$ ,  $a$ ,  $b$ .



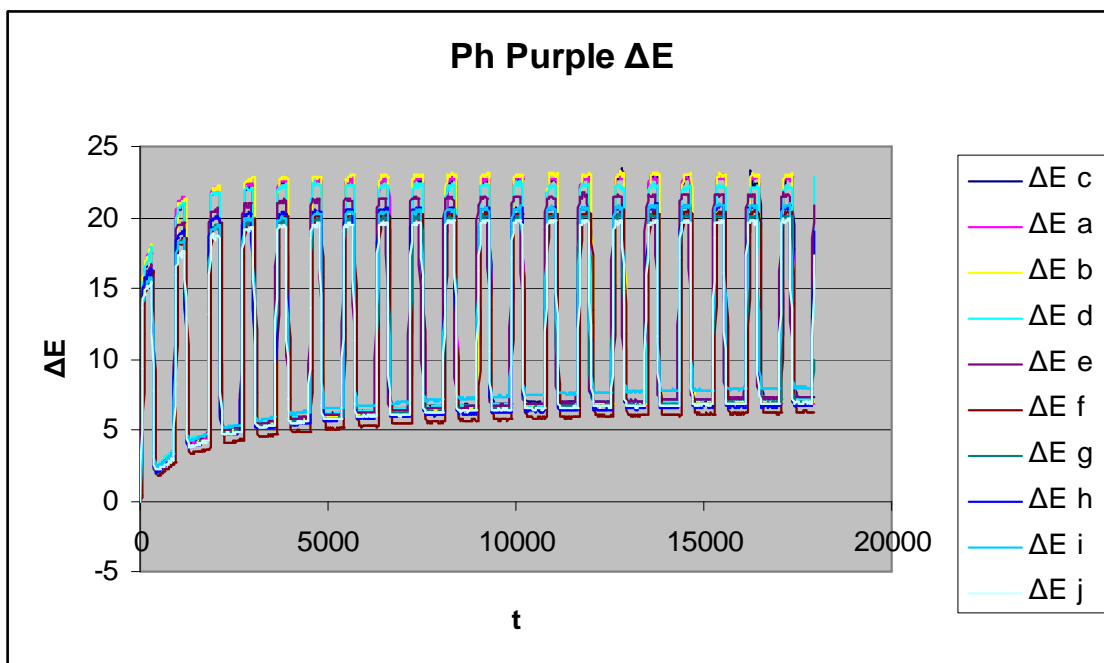
Graf č.5 Fialový fotochromní vzorek - parametr „ $L$ “ v čase (čas v[s])



Graf č.6 Fialový fotochromní vzorek - parametr „a“ v čase (čas v[s])

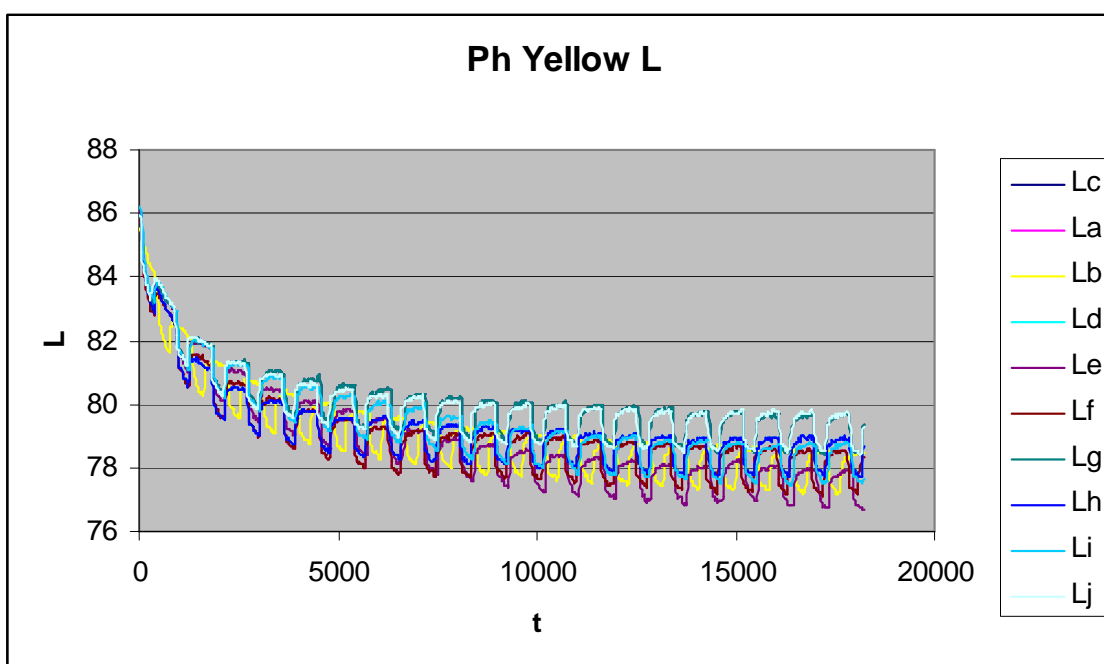


Graf č.7 Fialový fotochromní vzorek - parametr „b“ v čase (čas v[s])



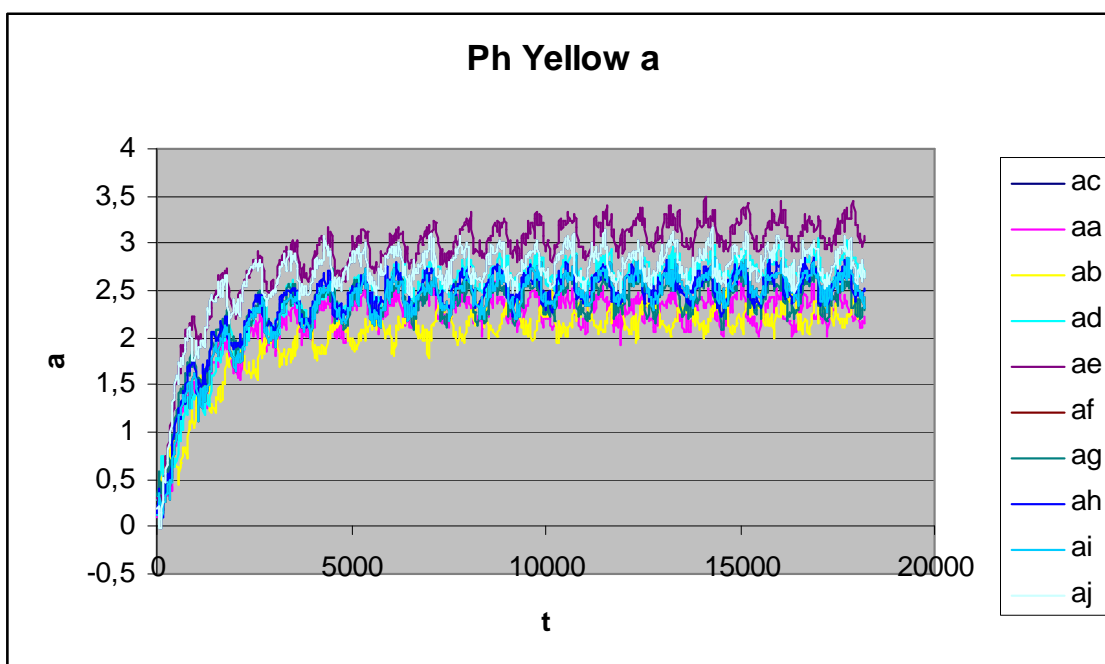
Graf č.8 Fialový fotochromní vzorek - parametr „ΔE“ v čase (čas v[s])

Parametr *a* se opět v prvních 5-ti cyklech zvyšuje až dojde postupně k ustálení průběhu (graf č. 6). Parametry *L* a *b* jsou v případě fialového vzorku stabilní v čase (graf č. 5 a 7).

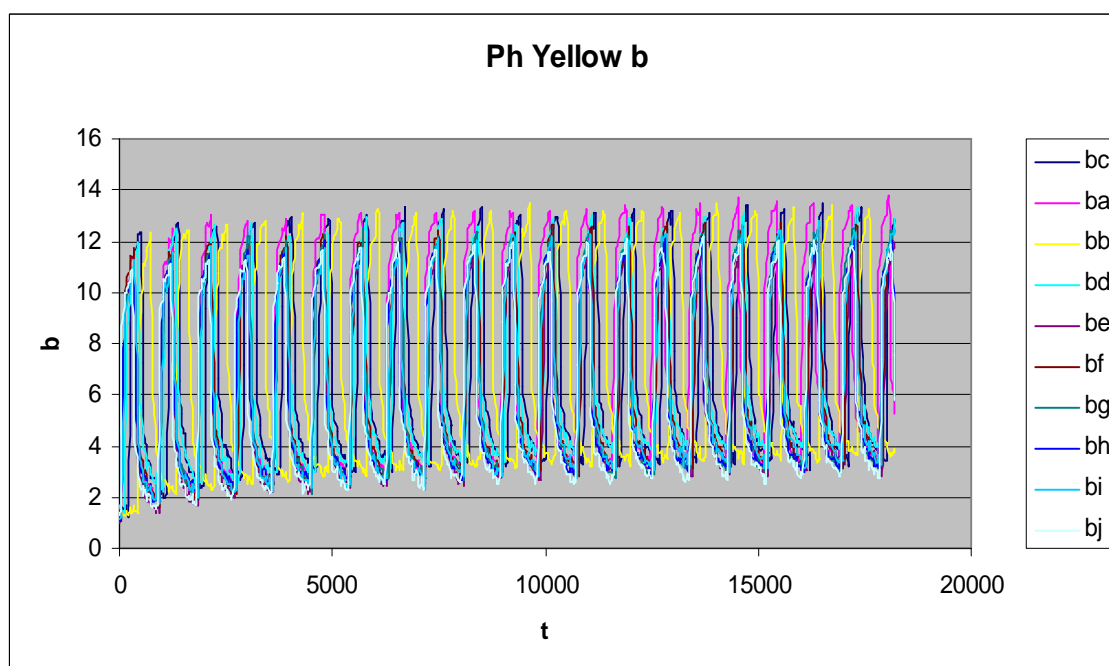


Graf č.9 Žlutý fotochromní vzorek - parametr „L“ v čase (čas v[s])

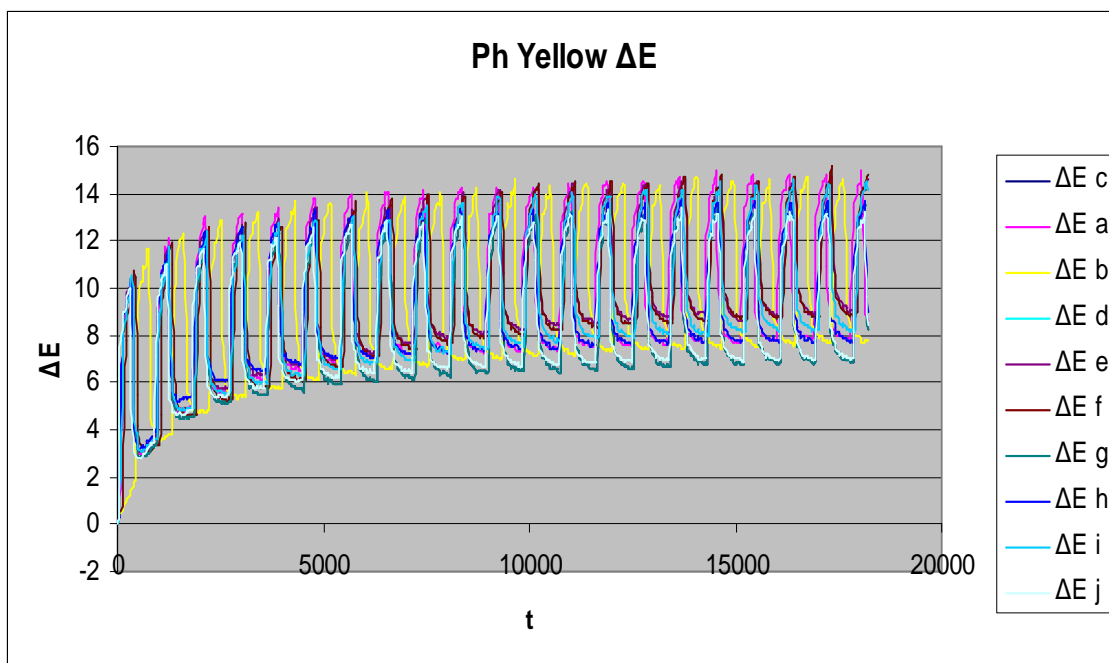




Graf č.10 Žlutý fotochromní vzorek - parametr „a“ v čase (čas v[s])



Graf č.11 Žlutý fotochromní vzorek - parametr „b“ v čase (čas v[s])



Graf č.12 Žlutý fotochromní vzorek - parametr „ $\Delta E$ “ v čase (čas v[s])

## 18. ZÁVĚR

Ve srovnání všech tří použitých fotochromních pigmentů se jako nejvhodnější, pro využití k tomuto účelu, jeví modrý pigment. Vyznačuje se rychlou reakcí na UV buzení, má rychlý vývoj odstínu i relaxace a změna barvy je jasně patrná. Tudiž se dostaví rychlý a přesný efekt, což je pro uživatele žádoucí, aby mohl na daném místě ihned určit intenzitu slunečního záření a podniknout následná opatření.

Rychlý vývoj odstínu, i když pomalejší než u modrého pigmentu, má i fialový fotochromní pigment, také změna odstínu je dostatečně patrná.

Pro využití pigmentu jako senzoru se žlutý fotochromní pigment jeví jako nedostačující s ohledem na pomalý vývoj buzení a relaxace a také na následné problémy se zotavením po osvitovém cyklu. Vlivným faktorem je také skutečnost, že u tohoto pigmentu, není sytostní změna odstínu tak výrazná, což komplikuje vizuální posouzení aktuální intenzity UV záření. Proto nebude žlutý pigment vhodný pro tento účel použití a bude dána přednost modrému a fialovému pigmentu.

Z měření a výsledků rovněž vyplývá, že fotochromní barevná změna se u těchto pigmentů projevuje prohlubováním odstínů (nárůstem sytosti a poklesem světlosti). Pro

pozorovatele je obtížné přesné odečítání jemných niancí, a z tohoto důvodu se jeví jako dostačující použití pouze tří stupňů u konstantní části senzoru. V praxi to znamená, že v případě potřeby více vizuálních stupňů, je nutné přistoupit ke kombinaci více fotochromních pigmentů, kde by vedle výše uvedených změn docházelo i ke změně odstínu.

Vlastnosti, vzhled a s tím související funkčnost, jakož i správná použitelnost fotochromních nátisků, může být ovlivněna teplotou okolního prostředí jakému bude senzor při použití vystaven. Aby bylo možné používat ho na různých místech, podle potřeby, měl by být odolný jak vůči nízkým, tak vůči vysokým teplotám.

Podstatným, a pro uživatele rozhodujícím parametrem, je celkový vzhled senzoru, jeho funkčnost a praktičnost. Z praktického hlediska je nejdůležitější umístění barevného měřítka v blízkosti snímače, aby bylo jednoduché porovnat co nepřesněji stupeň barevné změny, a zřetelné označení UV indexu na jehož základě uživatel určí podle úrovně potřebnou ochranu.

Jelikož je práce zaměřena na návrh receptury pro dětské ošacení, měl by být vzhled senzoru a celkový design pro děti lákavý a zaujmout je, aby byli schopni sami vnímat dopad slunečních paprsků na jejich pokožku. Jednoduché použití umožní snadné rozpoznání intenzity UV záření a pomůže dětem uvědomit si i skryté nebezpečí s ním spojené.

## 19. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] VIKOVÁ, Martina. *Kolorimetrie funkčních barviv* [online]. Liberec, 2009 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni\\_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf). U4ebn9 text. Technická univerzita v Liberci.
- [2] Důrr, H. – Laurent, B.: *Photochromism molecules and systems*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, 2003, 2. vyd., 1218 s., ISBN 0-444-51322-1.
- [3] VIKOVÁ, Martina. *Textilní senzory - detekce UV záření* [online]. Liberec, 2004 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni\\_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf). SEMIÁŘ : TEXTILIE V NOVÉM TISÍCILETÍ, Technická univerzita v Liberci.
- [4] Photochromism. [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://quiz2.chem.arizona.edu/chem535/Photochromism.03.pdf>
- [5] UV & CONTACT LENSES: UV Protection with Contact Lenses. In: [online]. 2011-04-22 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/chandler\\_nichols\\_april\\_2011.pdf](http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/chandler_nichols_april_2011.pdf)
- [6] [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://opalovani.zdrave.cz/slunecni-paprsky-nebezpeci-pro-kuzi-i-pro-oci/>
- [7] UV záření a jeho dopady na oči a pokožku. In: *ACUVUE: BRANT CONTACT LENSES* [online]. 2012-05-05 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.acuvue.cz/UV-a-oci>
- [8] Ozónová vrstva a skleníkový efekt. In: *Katedra fyziky Přf OU* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://artemis.osu.cz/Student/OVSE\\_tex.pdf](http://artemis.osu.cz/Student/OVSE_tex.pdf)
- [9] WORLD HEALTH ORGANIZATION; WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. *GLOBAL SOLAR UV INDEX: i A Practical Guide*. Switzerland. ISBN 92 4 159007 6.
- [10] Intenzita globálního slunečního záření. *Hvězdárna a planetárium Plzeň* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: [http://hvezdarna.plzen.eu/zatmeni/sem/czech/5\\_igsz.html](http://hvezdarna.plzen.eu/zatmeni/sem/czech/5_igsz.html)
- [11] Search the WHO.int site Advanced search Ultraviolet radiation and the INTERSUN Programme: Protecting children from ultraviolet radiation. In: *World Health Organization* [online]. 2009-12-11 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.who.int/uv/resources/archives/fs261/en/>

- [12] BERGMANSON, JP a TM SHELDON. Ultraviolet radiation revisited. In: *Texas Eye Research and Technology* [online]. USA, 1997 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9240832>
- [13] Záření a jeho působení na organismus. In: *Světlo: časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22941](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22941)
- [14] CALBO´, Josep a David PAGE`S. *EMPIRICAL STUDIES OF CLOUD EFFECTS ON UV RADIATION*:. Spain, 2005. A REVIEW. Universitat de Girona,.
- [15] VIK, Michal. *Základy měření barevnosti I. díl*. první. Liberec: Ediční středisko Vysokoškolského podniku s.r.o. v Liberci, 1995. ISBN 80-7083-162-6.
- [16] ČERNÁ, Ladislava. *Fotometrie, radiometrie a spektroskopie: Měření neelektrických veličin*. Dostupné z: <http://pasan.feld.cvut.cz/dokumenty/fotometrie.pdf>. Učební text. České vysoké učení technické v Praze.
- [17] UV und ihre Augen mit Kontaktlinsen. In: *ACUVUE: KONTAKTLINSEN* [online]. 2012-05-05 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.acuvue.de/auswirkungen-von-uv-auf-ihre-augen>
- [18] Radiobiologie: Ochrana proti UV záření u dětí. In: [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/9-kapitola/98/984.html>
- [19] UV Index. In: *Daylong* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.daylong.sk/cz/jak-si-vybrat/uv-index>
- [20] Kožní fototypy. In: *Radiobiologie* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/9-kapitola/98/981.html>
- [21] Madronich, S., McKenzie, R.L., Björn, L.O. and Caldwell, M.M., „Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface,“ *Photochem. Photobiol.* 1998.
- [22] Daily erythemal UV index from SCIAMACHY. In: *Tropospheric Emission Monitoring Internet Service* [online]. 2012-05-07 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.temis.nl/uvradiation/SCIA/uvief.php?Year=2011&Month=08&Day=20>
- [23] Daily Forecast of UV Index worldwide. In: *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und reaktorischerheit* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://kunden.dwd.de/uvi/forecast>
- [24] Luxmetr. *VŠCHT* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-005/hesla/luxmetr.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-005/hesla/luxmetr.html)
- [25] HABEL, Jiří a Petr ŽÁK. *Elektrické světlo I* [online]. Praha, 2011 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni\\_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf). Učební text. České vysoké učení technické v Praze.

- [26] OUPICKÝ, Pavel. Vývojová optická dílna Akademie věd České republiky: Kalibrace spektrálně citlivých fotometrů. In: *Http://www.optikavod.cz* [online]. 2003 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.optikavod.cz>
- [27] WIENER, Jakub a Jiří KRYŠTŮFEK. *Barvení textilií: Světlo a barevnost* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2008-07-17/13-00-36.pdf>. Učební text. Technická univerzita v Liberci.
- [28] ZMEŠKAL, Oldřich, Michal ČEPPAN a Petr DZIK. *Barevné prostory a správa barev* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06\\_rozn02.pdf](http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf). Učební text. Vysoké učení technické v Brně.
- [29] PRÁŠIL, Miroslav, Jana ŠAŠKOVÁ. *Potiskování textilií* [online]. Liberec, 2008 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2008-07-18/11-42-59.pdf>. Skripta. Technická univerzita v Liberci.

## 20. PŘÍLOHY

Příloha č.1

TABULKA – denní chod UV Indexu pro 31.7.2010 ze stanic, kde měří UV Index v ČHMÚ ( záznam ve středoevropském čase).

UV Index							
Den	Měsíc	Rok	Čas	Hradec Králové	Košetice	Kuchařovice	Labská bouda
31	7	2010	0:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	0:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	0:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	0:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	0:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	0:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	1:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	1:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	1:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	1:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	1:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	1:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	2:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	2:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	2:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	2:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	2:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	2:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	3:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	3:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	3:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	3:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	3:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	3:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	4:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	4:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	4:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	4:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	4:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	4:50	0.012	0.000	0.000	0.012
31	7	2010	5:00	0.028	0.012	0.012	0.028
31	7	2010	5:10	0.040	0.028	0.028	0.040
31	7	2010	5:20	0.056	0.040	0.040	0.056
31	7	2010	5:30	0.068	0.068	0.056	0.084
31	7	2010	5:40	0.084	0.096	0.084	0.112

31	7	2010	5:50	0.112	0.124	0.112	0.140
31	7	2010	6:00	0.140	0.168	0.140	0.180
31	7	2010	6:10	0.168	0.208	0.180	0.236
31	7	2010	6:20	0.208	0.264	0.208	0.292
31	7	2010	6:30	0.280	0.336	0.264	0.376
31	7	2010	6:40	0.320	0.420	0.308	0.460
31	7	2010	6:50	0.348	0.516	0.348	0.560
31	7	2010	7:00	0.460	0.616	0.432	0.672
31	7	2010	7:10	0.532	0.728	0.504	0.796
31	7	2010	7:20	0.588	0.852	0.532	0.908
31	7	2010	7:30	0.672	0.992	0.532	0.964
31	7	2010	7:40	0.768	1.148	0.588	0.992
31	7	2010	7:50	0.880	1.328	0.712	1.188
31	7	2010	8:00	0.880	1.512	0.812	1.244
31	7	2010	8:10	0.964	1.692	0.936	1.708
31	7	2010	8:20	1.300	1.888	1.048	1.944
31	7	2010	8:30	1.916	2.084	1.456	1.608
31	7	2010	8:40	2.000	2.296	1.876	1.792
31	7	2010	8:50	2.492	2.532	2.128	1.384
31	7	2010	9:00	2.632	2.756	1.440	1.244
31	7	2010	9:10	2.980	3.008	2.548	1.288
31	7	2010	9:20	3.204	3.220	4.168	1.568
31	7	2010	9:30	3.428	3.500	3.248	1.708
31	7	2010	9:40	3.652	3.776	3.304	1.608
31	7	2010	9:50	3.904	4.016	3.848	1.428
31	7	2010	10:00	4.128	3.972	4.044	0.952
31	7	2010	10:10	4.336	3.220	4.588	0.628
31	7	2010	10:20	4.532	4.588	3.960	0.560
31	7	2010	10:30	4.700	4.952	3.568	0.572
31	7	2010	10:40	4.856	5.176	5.360	0.980
31	7	2010	10:50	5.052	4.408	4.112	1.692
31	7	2010	11:00	5.232	3.680	4.212	1.456
31	7	2010	11:10	5.372	3.888	2.072	0.924
31	7	2010	11:20	5.500	4.604	2.576	1.092
31	7	2010	11:30	5.724	4.296	2.364	1.524
31	7	2010	11:40	5.780	2.504	3.248	2.772
31	7	2010	11:50	5.332	2.364	3.360	4.616
31	7	2010	12:00	3.316	2.672	2.968	0.936
31	7	2010	12:10	2.184	2.912	4.268	0.600
31	7	2010	12:20	1.876	3.888	5.316	1.204
31	7	2010	12:30	1.624	6.156	6.228	1.932
31	7	2010	12:40	1.468	6.368	5.820	2.336
31	7	2010	12:50	1.636	6.508	3.764	2.644
31	7	2010	13:00	1.764	5.668	3.624	2.616
31	7	2010	13:10	1.608	4.252	5.512	2.940
31	7	2010	13:20	1.440	4.588	5.136	5.064
31	7	2010	13:30	1.484	3.748	2.324	4.100



31	7	2010	13:40	1.456	5.332	1.748	4.644
31	7	2010	13:50	1.652	4.140	1.764	4.224
31	7	2010	14:00	1.916	3.092	2.268	2.072
31	7	2010	14:10	1.904	3.136	3.444	1.328
31	7	2010	14:20	1.708	2.996	4.196	1.412
31	7	2010	14:30	1.692	4.196	4.252	1.120
31	7	2010	14:40	1.608	3.860	4.028	0.964
31	7	2010	14:50	1.496	3.832	4.072	0.784
31	7	2010	15:00	1.384	3.580	3.064	0.992
31	7	2010	15:10	1.400	2.884	2.420	0.376
31	7	2010	15:20	1.468	2.436	2.268	0.236
31	7	2010	15:30	1.496	1.636	2.408	0.308
31	7	2010	15:40	1.664	1.708	2.056	0.448
31	7	2010	15:50	1.664	2.000	2.464	0.560
31	7	2010	16:00	1.860	2.100	1.916	0.812
31	7	2010	16:10	1.832	1.848	2.072	1.020
31	7	2010	16:20	1.540	1.440	1.428	1.020
31	7	2010	16:30	1.356	1.244	1.288	0.768
31	7	2010	16:40	1.176	1.132	1.120	0.628
31	7	2010	16:50	1.036	1.008	1.132	0.532
31	7	2010	17:00	0.880	0.852	0.964	0.432
31	7	2010	17:10	0.756	0.644	0.224	0.376
31	7	2010	17:20	0.628	0.516	0.740	0.292
31	7	2010	17:30	0.532	0.488	0.572	0.196
31	7	2010	17:40	0.432	0.392	0.812	0.152
31	7	2010	17:50	0.348	0.320	0.364	0.124
31	7	2010	18:00	0.264	0.264	0.280	0.140
31	7	2010	18:10	0.208	0.236	0.224	0.124
31	7	2010	18:20	0.168	0.196	0.168	0.140
31	7	2010	18:30	0.124	0.140	0.124	0.124
31	7	2010	18:40	0.084	0.112	0.096	0.096
31	7	2010	18:50	0.056	0.084	0.068	0.084
31	7	2010	19:00	0.040	0.056	0.040	0.056
31	7	2010	19:10	0.028	0.040	0.028	0.040
31	7	2010	19:20	0.000	0.028	0.012	0.028
31	7	2010	19:30	0.000	0.012	0.000	0.012
31	7	2010	19:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	19:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	20:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	20:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	20:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	20:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	20:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	20:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	21:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	21:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	21:20	0.000	0.000	0.000	0.000

31	7	2010	21:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	21:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	21:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	22:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	22:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	22:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	22:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	22:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	22:50	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	23:00	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	23:10	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	23:20	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	23:30	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	23:40	0.000	0.000	0.000	0.000
31	7	2010	23:50	0.000	0.000	0.000	0.000

Příloha č. 2

TABULKA – UV Index naměřený na různých místech světa.

Antarctica-Signy Island	1	Kazakhstan Alma-Ata	7
Angola-Camaxilo	13	Kenya-Wajir	13
Algeria-Bordj Bou Mokhtar	10	Korea-Republic of Seoul	7
Albánska-Tirana	6	Kuwait-Kuwait	8
Afghanistan-Kabul	9	Latvia-Riga	4
Argentina-Iguazu	6	Libanon-Beyrouth (Beirut)	8
Arménka-Yerevan	6	Libyan Arab-Jamahiriya Al Khufrah	11
Australia-Darwin	11	Liechtenstein-Vaduz	7
Austria-Wien	5	Lithuania-Kybartai	4
Azerbájdžan-Gyandja (Kirovabad)	7	Luxemburg-Luxembourg	3
Bahamas-Nassau	11	Macedonia-Skopje	7
Bahrain-Al Muharraq	9	Madagaskar-Andapa	10
Bangladesh Chittagong-Patenga	10	Malaysia-Kota Baharu	13
Barbados-Bridgetown / Barbados	14	Malta-Luqa	8
Belarus-Minsk	4	Mauritius-Agalega	10
Belgicko-Brussels	2	Mexico-Mexico City	14
Neloze-Belize	11	Moldova-Republic of Kishinev	6
Benin-Natitingou	13	Mongolia-Olgij	7
Bolivia-La Paz	10	Morocco-Er Rachidia	9
Bosnia and Herzegovina Sarajevo-Butmir	5	Namibia-Ondangwa	10
Botswana-Maun	10	Nepal-Kathmandu	11
Brazil-Salvador	10	Netherlands-Amsterdam	5
Brunei-Darussalam Brunei	12	Netherlands Antilles-Willemstad / Curacao	13
Bulharsko-Sofia	7	New Zealand-Auckland	5
Burkina-Faso Ouagadougou	11	Nigeria-Lagos	12
Cameroon-Lomie	14	Norway-Oslo	3
Canada-Calgary	6	Oman-Marmul	12
Cayman Islands-Grand Cayman	10	Pakistan-Pasni	10

Central African Republic-Bouar	14	Panama-Panama	12
Chad-Sarh	12	Papua New Guinea-Momote / Manus Isl.	15
Chile-Santiago (Pudahuel)	6	Peru-Lima	12
China-Kunming	13	Philippines-Manila	13
Columbia-Bogota	14	Poland-Zakopane	7
Comoros-Moroni	9	Puerto Ric-San Juan	13
Congo-Democratic Republic of the Isido	15	Romania-Craiova	6
Costa Rica-Puerto Limon	10	Russian-Federation Stavropol	6
Cote d'Ivoire-Abidjan	13	Saint Lucia-Hewanorra	13
Croatia-Zagreb	6	Saudi Arabia-Khamis Mushait	14
Cuba-Camaguey / Camaguey	12	Senegal-Dakar	12
Czech Republic-Praha	5	Serbia and Montenegro-Beograd	6
Denmark-Esbjerg	4	Seychelles-Seychelles	13
Dominican Republic-Santo Domino	10	Singapore-Singapore	12
Ecuador-Seymour (Galapagos)	15	Slovakia (Slovak Republic)-Bratislava	6
Egypt –Shalatin	12	salomon-Islands Auki / Solomon Isl.	14
El Salvador San Miguel-El Papalo	12	Somalia-Mogadishu	14
Estonia-Kuressaare	4	South Africa-Vryburg	7
Ethiopia-Adis Abeba	15	South American-Islands Mount Pleasant	2
Fiji-Suva	9	Spain-Tenerife	10
Finland-Helsinki	2	Sri Lanka-Colombo	13
France-Marseille	7	Sudan-Juba	13
Georgia-Tbilisi	7	Sweden-Stockholm	4
Germany-München	6	Switzerland-Geneve	6
Ghana-Kumasi	13	Syrian Arab-Republic Damascus	9
Gibraltar-Gibraltar	8	Taiwan. Province of China Taipei	12
Greece-Athen	8	Tajikistan-Dushanbe	8
Greenland-Narsarsuaq (Ivigut)	4	Tanzania. United Republic of-Dodoma	13
Guatemala-Guatemala	13	Thailand-Bangkok	14
Guinea-Bissau Bissau	12	Tunisia-Sfax	9
Guyana-Georgetown	12	Turkey-Istanbul	7
Haiti Port-Au-Prince	10	Turkmenistán-Ashkhabad	7
Hong Kong-Hong Kong	9	Uganda-Kampala	12
Hungary-Keszthely	5	Ukradne-Kiev	6
Iceland-Reykjavik	2	United Arab Emirates-Abu Dhabi	10
India-Bombay	12	United Kingdom-London	4
Indonesia-Singkawang / Kalimantan	14	United States-New York / NY	6
Iran-(Islamic Republic of) Bam	10	Uzbekistán-Bukhara	6
Iraq-Ar Rutbah	9	Venezuela-Caracas	13
Ireland-Valentia	4	Vietnam-Da Nang	13
Izrael-Tel Aviv	9	Western Sahara-Villa Cisneros	11
Italy-Roma	7	Yemen-Seiyoun	12
Japan-Tokyo	7	Zambia-Mongu	11
Jordán-Jerusalem	9		

