

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta chemicko-technologická**

**Studium světlostálosti tiskových barev v interiéru a pomocí  
urychleného stárnutí**

**Veronika Balášová**

**Bakalářská práce**

**2017**

**University of Pardubice**  
**Faculty of Chemical Technology**

**The study of printing inks lightfastness in interior and through  
accelerated aging**

**Veronika Balášová**

**Bachelor thesis**

**2017**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vloženo oboustranně vytištěné, tuto stranu netisknout, zadání dodáno předem

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 směrnici Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 7. 7. 2017

Veronika Balášová

Mé poděkování za pomoc při psaní této práce patří vedoucímu práce, Ing. Bohumilu Jašůrkovi, Ph.D. Velké díky patří i моým rodičům za podporu a pomoc během studia.

## **ANOTACE**

Tato práce pojednává o světlostálosti ofsetových barev a barev pro digitální tisk. Je zde uveden popis použitých tiskových technik, tiskových barev a papírů. Zároveň jsou uvedeny i faktory ovlivňující světlostálost a způsoby hodnocení světlostálosti. Světlostálost testovaných barev byla hodnocena pomocí urychleného stárnutí v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B a dále pomocí přirozeného stárnutí v interiéru, kde byly vzorky umístěny za oknem v místnosti orientované jihovýchodním směrem. Změna barev byla hodnocena pomocí barvové odchylky.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

světlostálost, tisková technika, barva, papír

## **TITLE**

The study of printing inks lightfastness in interior and through accelerated aging

## **ANNOTATION**

This work deals with the offset inks and digital print inks lightfastness. It describes the printing techniques, inks and papers. Also, it describes factors that influence the lightfastness and the ways of the lightfastness evaluation. The lightfastness of the tested printing inks was evaluated by the accelerated ageing (equipment Q-Sun Xe-1-B) and further more by natural indoor ageing. The specimen were situated behind the window in a room that was orientated southeast. The colour changes were evaluated by the colour differences.

## **KEYWORDS**

lightfastness, printing technique, ink, paper

# OBSAH

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	11
0 ÚVOD.....	12
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	13
1.1 Použité tiskové techniky .....	13
1.1.1 Ofsetový tisk s vlhčením.....	13
1.1.2 Elektrofotografie .....	13
1.1.3 Inkjet .....	14
1.1.3.1 Kontinuální tisk .....	14
1.1.3.2 Technologie drop-on-demand .....	15
1.2 Tiskové barvy.....	16
1.2.1 Složení tiskových barev .....	16
1.2.2 Ofsetové barvy .....	16
1.2.3 Barvy pro digitální tisk .....	17
1.2.3.1 Inkousty .....	17
1.2.3.2 Tonery.....	17
1.3 Papíry .....	19
1.3.1 Dřevité papíry nenatírané.....	19
1.3.2 Dřevité papíry natírané .....	20
1.3.3 Bezdřevé papíry nenatírané .....	20
1.3.4 Bezdřevé papíry natírané .....	20
1.3.5 Papíry pro inkjetový tisk.....	20
1.3.5.1 Konvenční přijímací vrstvy .....	20
1.3.5.2 Bobtnající přijímací vrstvy .....	20
1.3.5.3 Mikroporézní vrstvy .....	21
1.4 Světlostálost .....	22

1.4.1	Vliv světla na barvu .....	22
1.4.2	Faktory ovlivňující světlostálost .....	23
1.4.2.1	Vliv tepla a vlhkosti .....	23
1.4.2.2	Vliv ovzduší .....	23
1.4.2.3	Vliv potiskovaného materiálu .....	23
1.4.2.4	Vliv geografické polohy a počasí .....	24
1.4.2.5	Katalytické blednutí .....	24
1.4.3	Metody měření světlostálosti .....	24
1.4.3.1	Metody přirozeného stárnutí .....	25
1.4.3.2	Metody urychleného stárnutí .....	25
1.4.4	Standardizace měření .....	27
1.4.4.1	Standardní testovací metody D 3424-01 .....	27
1.4.5	Způsob hodnocení .....	28
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	29
2.1	Tiskové barvy .....	29
2.2	Papíry .....	32
2.3	Přístroje .....	33
2.4	Postup měření .....	35
3	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	37
3.1	Intenzita ozáření .....	37
3.2	Urychlené stárnutí vzorků v testovací komoře Q-Sun .....	39
3.3	Přirozené stárnutí vzorků v interiéru za oknem .....	45
3.4	Porovnání urychleného a přirozeného stárnutí vzorků .....	50
3.4.1	Fotodokumentace .....	53
4	ZÁVĚR .....	56
	Použitá literatura .....	57



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b> Princip elektrofotografie [3].....	14
<b>Obrázek 2</b> Schéma technologie výroby papíru [1] .....	19
<b>Obrázek 3</b> Schéma elektromagnetického záření [21].....	22
<b>Obrázek 4</b> Porovnání spekter xenonové výbojky (zařízení Q-Sun), fluorescenčního UVA záření (QUV) a denního světla [30] .....	26
<b>Obrázek 5</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ různých typů papíru v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B .....	39
<b>Obrázek 6</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ plných ploch a polotónových ploch žluté barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1- .....	40
<b>Obrázek 7</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro ofsetové barvy.....	41
<b>Obrázek 8</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro toner .....	42
<b>Obrázek 9</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro barvivový inkoust .....	42
<b>Obrázek 10</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro pigmentový inkoust.....	43
<b>Obrázek 11</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ plných ploch černé a soutiskové černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro různé typy tiskových barev .....	44
<b>Obrázek 12</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ černé a soutiskové černé barvy s tónovou hodnotou 40 % v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro různé typy tiskových barev .....	44
<b>Obrázek 13</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ různých typů papíru v závislosti na době expozice denním světlem.....	45
<b>Obrázek 14</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro ofsetové barvy .....	47
<b>Obrázek 15</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro toner.....	47
<b>Obrázek 16</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro barvivový inkoust.....	48

<b>Obrázek 17</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro pigmentový inkoust .....	48
<b>Obrázek 18</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ plných ploch černé a soutiskové černé barvy v závislosti na době expozice denním světlem pro různé typy tiskových barev .....	49
<b>Obrázek 19</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ černé a soutiskové černé barvy s tónovou hodnotou 40 % v závislosti na době expozice denním světlem pro různé typy tiskových barev .....	49
<b>Obrázek 20</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro ofsetové barvy .....	51
<b>Obrázek 21</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro toner .....	51
<b>Obrázek 22</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro barvivový inkoust .....	52
<b>Obrázek 23</b> Porovnání barvové odchylky $\Delta E$ procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro pigmentový inkoust.....	52
<b>Obrázek 24</b> Porovnání vzorků v plné ploše před a po ukončení experimentu .....	54
<b>Obrázek 25</b> Porovnání vzorků v ploše s tónovou hodnotou 40 % před a po ukončení experimentu.....	55

## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1</i> Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ procesních barev pro ofsetové barvy T&K Toka, řada Bestack Process.....	30
<i>Tabulka 2</i> Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ procesních barev pro toner toner Konica Minolta A0X5 .....	30
<i>Tabulka 3</i> Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ procesních barev pro barvivový inkoust Epson .....	31
<i>Tabulka 4</i> Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ procesních barev pro pigmentový inkoust Epson Epson UltraChrome K3 .....	31
<i>Tabulka 5</i> Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ jednotlivých typů papíru.....	32
<i>Tabulka 6</i> Průměrné hodnoty intenzity osvětlení mezi 10 a 14 hodinou za období, kdy probíhalo měření vzorků.....	38

## 0 ÚVOD

Za účelem studia světlostálosti tiskových barev byly zkoumány dvě sady vzorků, obsahujících vzorky azurové, purpurové, žluté a černé. Pro tisk zkoumaných vzorků bylo využito tří tiskových technik, a to ofsetového tisku, elektrofotografie a inkjetového tisku. Bylo využito čtyř typů tiskových barev, a to ofsetových barev, práškového toneru, barvivového inkoustu a pigmentového inkoustu. Ofsetovými barvami byly tištěny vzorky na bezdřevý hlazený papír Hello Gloss a vzorky tištěné práškovým tonerem byly na xerografickém papíru Mondi CC416. Pro vzorky vytištěné barvivovým a pigmentovým inkoustem byl použit fotografický papír s mikroporézní vrstvou Foma FP.

Pro zkoumání světlostálosti byly využity dvě metody stárnutí, a to urychlené stárnutí v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B a přirozené stárnutí v interiéru za okenním sklem. Jako způsob hodnocení byla zvolena hodnota barvové odchylky  $\Delta E$ . Cílem této práce bylo porovnání těchto dvou metod. V průběhu testu byla sledována také intenzita osvětlení.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Použité tiskové techniky

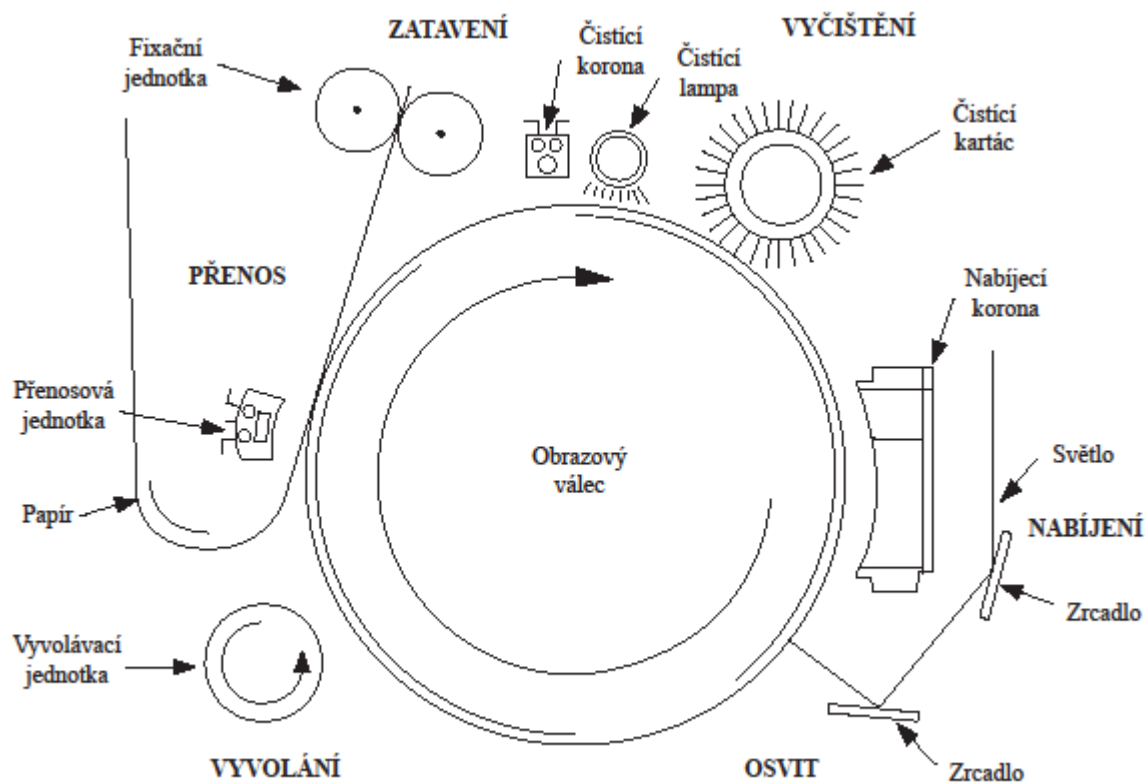
### 1.1.1 Ofsetový tisk s vlhčením

Ofsetový tisk patří v dnešní době k jedné z nejpoužívanějších tiskových technik pro vysokonákladový tisk. Jedná se o nepřímou tiskovou techniku, protože tisková forma není v přímém kontaktu s potiskovaným materiálem. Principem této tiskové techniky je odpudivost mastné tiskové barvy a vody (tisková barva je hydrofobní). Tiskové prvky na tiskové formě jsou hydrofobní a netisknoucí prvky hydrofilní. Jsou v rovině a jedná se tedy o tisk z plochy. Existují dvě varianty ofsetového tisku, a to tisk s vlhčením a bez vlhčení. Tisk bez vlhčení však není příliš rozšířen.

Při klasickém ofsetovém tisku s vlhčením je nanесena tenká barvová vrstva navalovacími válci barevníku na navlhčenou tiskovou formu. Jako tisková forma je používána tenká deska hliníku potažená fotocitlivou vrstvou. Fotocitlivá vrstva slouží k vytvoření tiskových míst na tiskové formě. Ta se v dnešní době nejčastěji vytváří pomocí CtP (Computer to Plate). Tisknoucí místa jsou tvořena pomocí laseru, kdy osvícená místa jsou vytvrzena a ve vývojce nerozpustná. Netisknoucí místa jsou z tiskové desky vymyta. Z formového válce je tištěný obraz přenesen na ofsetový (přenosový) válec s pryžovým povrchem a odtud už na potiskovaný materiál. Přenos na potiskovaný materiál probíhá tlakem vytvořeným mezi ofsetovým a tlakovým válcem.

### 1.1.2 Elektrofotografie

Stejně jako všechny digitální tiskové techniky, nemá pevnou tiskovou formu. Principem této techniky je fotovodivost některých materiálů, což je vlastnost materiálu, která způsobuje, že některé materiály se stávají po osvětlení vodivé. [1] Fotovodivou vrstvou je potažen válec, na kterém je vytvářen latentní obraz. Nejdříve je tento válec nabit záporně, poté jsou místa tvořící finální obraz osvětlena, stanou se vodivá, a díky tomu se z tisknoucích míst záporný náboj odstraní. Následně je tento obraz vyvolán pomocí negativně nabitého toneru, který je tlakem přenesen na potiskovaný materiál. Toner je na papíru zafixován pomocí vysoké teploty. Jelikož přenos toneru není dokonalý, je třeba, aby jeho zbytky byly odstraněny. To se provádí pomocí mazací a čistící jednotky. Princip této techniky je znázorněn na Obrázku 1. [2]



*Obrázek 1 Princip elektrofotografie [3]*

### 1.1.3 Inkjet

Stejně jako elektrofotografie, ani inkjet nemá pevnou tiskovou formu a tím se liší od konvenčních tiskových technik. Touto tiskovou technikou může být potiskována široká škála materiálů. Včetně různých typů papíru mohou být touto technikou potištěny i elektrická a optická zařízení, kovy, keramika atd. Tisk probíhá tak, že jsou z tiskové hlavy vypuzovány kapky inkoustu, které dopadají na potiskovaný substrát, kde vytvoří tiskový bod. Způsob vypuzení je popsán v dalších kapitolách a zároveň slouží jako kritérium pro dělení inkjetu. Základní dělení inkjetového tisku je na kontinuální tisk a technologii drop-on-demand. [4]

#### 1.1.3.1 Kontinuální tisk

Při tomto tiskovém procesu je z tiskové hlavy vypuzován nepřerušovaný proud kapek inkoustu ze zásobníku pomocí čerpadla. Inkoust je přiveden do generátoru kapek, ze kterého jsou tlakovým působením piezoelektrického krystalu vypuzovány kapky inkoustu mezi dva páry elektrod. Některé kapky jsou vychylovány a odváděny zpět do zásobníku a jiné jsou nasměrovány na potiskovaný materiál. [5] Tato technika se dále dělí na další dvě podle způsobu vychylování kapek inkoustu. Prvním způsobem vychylování kapek je binární vychylování. V tomto případě jsou kapky, které tvoří výsledný obraz, nabity a vychýleny zpět do

zásobníku inkoustu a kapky, které tvoří výsledný obraz, nabity nejsou a dopadají na potiskovaný materiál. Druhým způsobem je vícenásobné vychylování, kdy jsou tisknoucí kapky nabity a místo dopadu kapek inkoustu je ovlivňováno pomocí velikosti elektrického náboje. Nenabitě kapky jsou odvedeny zpět do zásobníku inkoustu. [6]

### **1.1.3.2 Technologie drop-on-demand**

Rozdílem oproti kontinuálnímu tisku je vypuzení kapky inkoustu z tiskové hlavy pouze tehdy, když má tvořit tiskový bod. Existují dvě základní technologie, kterými je inkoust vypuzován z tiskové hlavy. První je piezoelektrický tisk. V tomto případě je používán keramický piezo krystal, který je umístěn v zadní části každé trysky inkoustového zásobníku. Na krystal jsou přiváděny elektrické pulsy, díky kterým krystal mění svoje rozměry. Změnou rozměrů krystalu vzniká v zásobníku inkoustu tlak a ten vytlačuje kapku inkoustu z tiskové hlavy v místech, kde je tiskový bod. [7] Druhým typem je termální inkjetový tisk, též známý jako „Bubble Jet“. V tomto případě je kapka inkoustu z tiskové hlavy vypuzena působením tepla. V zásobníku inkoustu je umístěno mikrotopné těleso, které svým zahřátím vytvoří přetlak a ten vypudí kapku inkoustu. [8]

## **1.2 Tiskové barvy**

Tisková barva je definována jako dvoufázová disperzní soustava, tedy suspenze. Základní dělení je podle toho, pro kterou tiskovou techniku je použita, například na ofsetové, flexotiskové, hlubotiskové nebo tiskové barvy pro digitální tisk.

### **1.2.1 Složení tiskových barev**

Tisková barva se skládá ze čtyř základních složek, a to jsou barvotvorné složky, filmotvorné látky, ředidla a rozpouštědla a speciální přísady. Barvotvorné složky jsou nositelem barevnosti a dělí se do dvou skupin, barviva a pigmenty. Základní rozdíl mezi nimi je jejich rozpustnost. Barviva jsou rozpustná v systému barvy a z pohledu světlostálosti nejsou příliš odolná vůči působení světla. Pigmenty jsou nerozpustné v systému barvy a vykazují lepší světlostálost. Dělí se na bílé, černé a pestré. Dále na anorganické a organické. Filmotvorné látky fungují jako pojiva. Zabezpečují přenos barvotvorné složky na potiskovaný materiál a její ukotvení na povrchu. Ředidla spolu s filmotvornými látkami určují reologické vlastnosti barvy, hlavně viskozitu. Další složkou jsou rozpouštědla, ty rozpouštějí tuhou filmotvornou látku a upravují viskozitu barvy. Dále se přidávají pomocné látky, aditiva, jako jsou plastifikátory, vosky, sušidla, antioxidanty, odpěňovače, přípravky proti prášení atd. [9]

### **1.2.2 Ofsetové barvy**

Mají vyšší obsah pigmentů než barvy pro jiné tiskové techniky, protože je nanášena nejnižší barvová vrstva. Jejich viskozita se pohybuje v rozmezí 5–25 Pa.s. [10] Ofsetové barvy se dělí na barvy určené pro kotoučový a pro archový tisk. Barvy pro konvenční archový ofsetový tisk zasychají oxypolymerací. Podle podílu oxidantů a antioxidantů v barvě lze ovlivnit rychlost jejich zasychání. Základní typ barev zasychajících oxypolymerací obsahuje především oxidanty, ale důležitý je i malý obsah antioxidantů, díky čemuž barva nezaschne ihned po otevření plechovky nebo na tiskových válcích. Jsou vhodné pro většinu typů papíru. Další dva typy barev obsahují větší množství antioxidantů a označují se jako barvy typu „fresh“ a „semi-fresh“. Nejpoužívanější jsou barvy typu „fresh“, které se používají pro natírané papíry a papíry s hladkým povrchem. V jejich složení převažují antioxidanty nad oxidanty. Barvy typu „semi-fresh“ zvyšují odolnost vůči oděru a používají se pro papíry s nerovným povrchem. V jejich složení je malý rozdíl mezi obsahem oxidantů a antioxidantů. Kromě těchto základních typů barev existuje spousta barev speciálních, efektových a barev, které jsou určeny pro specifické využití. Do této kategorie patří nejrůznější metalické barvy, barvy fluorescenční, barvy s ochrannými prvky apod. [11]



### **1.2.3 Barvy pro digitální tisk**

Tyto barvy se výrazně liší oproti barvám pro klasické tiskové techniky, a to jak ve složení, tak i ve způsobu zasychání. Barvy pro digitální tisk se dělí do dvou základních skupin, inkousty a tonery.

#### **1.2.3.1 Inkousty**

Inkousty pro digitální tisk jsou děleny do tří skupin, a to jsou inkousty na vodní bázi, inkousty na bázi ředidel a ekosolventní inkousty.

Inkousty na vodní bázi jsou vhodné spíše pro tisky určené do interiéru a dělí se na barvivové a pigmentové inkousty. U barvivových inkoustů jsou barviva rozpuštěna ve vodě. Díky tomu barva proniká do struktury potiskovaného materiálu a je stejnoměrně rozlévána. Je však potřeba používat potiskované materiály se speciální úpravou, která umožní průnik barvy do povrchu materiálu a její ochranu zvenku po zaschnutí. Tyto inkousty mají větší barevný gamut a jsou málo odolné vůči vnějším vlivům. Pigmentové inkousty obsahují malé částice pigmentů, které jsou ve formulaci inkoustu nerozpustné. Jsou odolnější vůči působení UV záření, světla, vodě a dalším vnějším vlivům. Nevýhodou však je, že nejsou schopny tak kvalitního a detailního tisku.

Inkousty na bázi ředidel jsou vhodné pro exteriérové tisky, jelikož jsou odolné vůči působení vody, UV záření a světla. Trvanlivost tisků přesahuje 3 roky. Jako nosné médium pro barvu jsou používána organická ředidla. Kvůli tomu je však potřeba, aby byly digitální tiskárny, používající tyto inkousty, vybaveny odsávacím zařízením, které zařídí odvod odpařujícího se ředidla. K jeho dalším výhodám patří nízká cena a možnost aplikace na libovolný materiál.

Ekosolventní inkousty jsou lehce těkavé, bez zápachu a netoxické. Vyznačují se vysokou kvalitou tisku a nízkou spotřebou při tisku. Jejich životnost v exteriéru je 1–3 roky. Jsou odolné vůči vodě, saponátům, kolísání teplot a mechanickému poškození. [12]

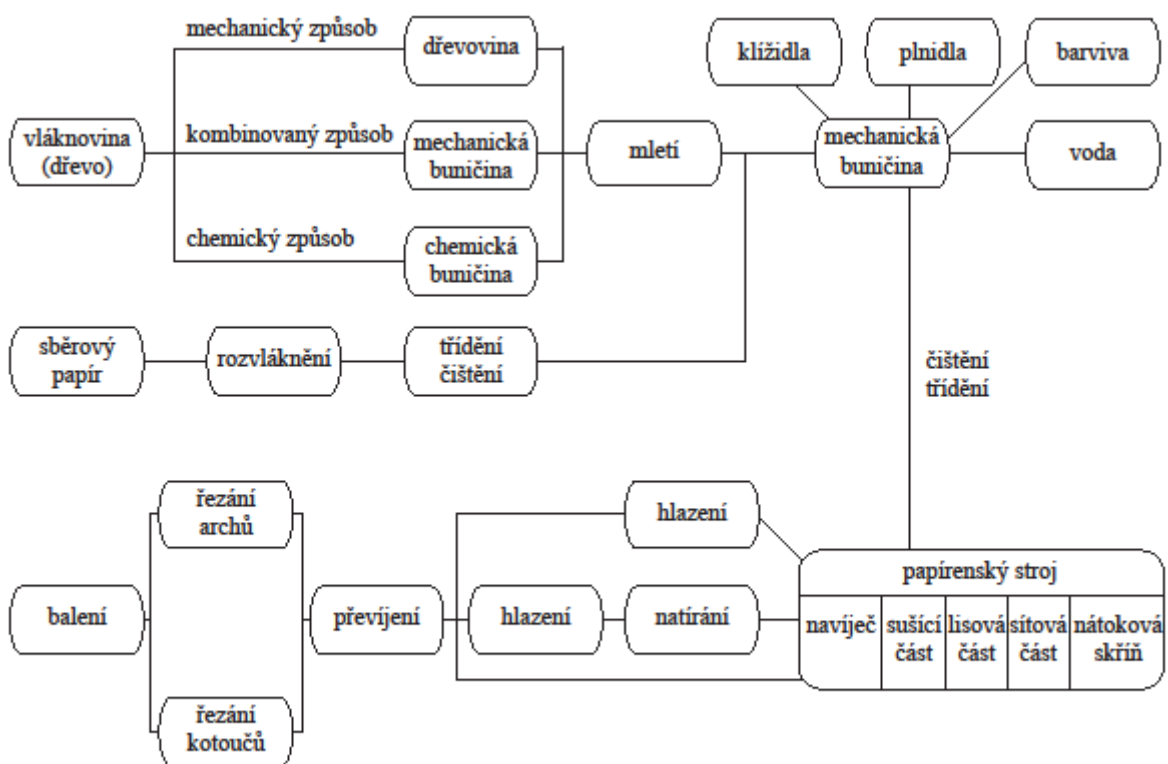
#### **1.2.3.2 Tonery**

Tonerový prášek se dělí na dva druhy a těmi jsou tonery práškové a kapalné. Práškový toner tvoří 80–90 % pojiva, 5–15 % pigmentu a 1–3 % příměsí ovlivňujících velikost náboje. K optimalizaci jeho vlastností jsou používána různá aditiva, například vosky, silikon atd. Pojiva ovlivňují vlastnosti toneru, jeho zapékání a dlouhodobé skladování. Při výrobě jsou jednotlivé složky míchány, zvláčňovány, homogenizovány a mlety na velikost 5–15 µm. Velikost částic ovlivňuje kvalitu výsledného tisku.

Druhou skupinou jsou kapalné tonery. Jsou tvořeny disperzí pigmentů, aditiv a občas i polymerů v elektricky nevodivé kapalině. Tloušťka barvové vrstvy je maximálně 3  $\mu\text{m}$  a velikost částic je 2  $\mu\text{m}$  a méně. [1]

### 1.3 Papíry

Papír je velice důležitou součástí tiskového procesu. Může ovlivnit jak kvalitu výsledného tisku, tak i jeho světlostalost. Jeho výsledné vlastnosti záleží zejména na výrobě. Postup výroby je znázorněn níže na Obrázku 2. Existuje velké množství typů papírů, například papíry tiskové, grafické, hlazené, ofsetové, syntetické, ale dají se mezi ně zahrnout i kartony a lepenky využívané především v obalové technice. [13] Dělí se do čtyř základních skupin, a to jsou dřevité papíry natírané, dřevité papíry nenatírané, bezdřevé papíry natírané a bezdřevé papíry nenatírané. Hlavním rozdílem mezi těmito skupinami je jednak povrchová úprava, ale i použitá dřevní hmota. [14]



Obrázek 2 Schéma technologie výroby papíru [1]

#### 1.3.1 Dřevité papíry nenatírané

Dřevité papíry se od bezdřevých liší jednak použitou dřevní hmotou, ale i způsobem rozmělnění buničiny. Pro dřevité papíry je používáno především dřevo smrkové. Dřevní hmota se v tomto případě na buničinu rozmělnuje mechanicky. Tyto typy papíru se dělí do dvou základních skupin, a těmi jsou SC papíry a novinové papíry. SC papíry se dále dělí podle použité tiskové techniky. [13]

### **1.3.2 Dřevité papíry natírané**

Dělí se do čtyřech základních skupin, a těmi jsou papíry LWC, MFC, MWC a HWC. Papíry LWC (Light Weight Coated) mají jeden lesklý nátěr, jejich plošná hmotnost je od 51 do 80 g/m<sup>2</sup>. Jsou používány především pro tisk na hlubotiskových a ofsetových kotoučových strojích. Dalším typem papíru jsou papíry MFC (Machine Finished Coated). Jedná se o strojně hlazené papíry. Dalšími dvěma skupinami jsou MWC (Medium Weight Coated) a HWC (High Weight Coated) papíry. Jedná se o papíry jednou nebo dvakrát natírané. Jejich plošná hmotnost se pohybuje od 65 do 115 g/m<sup>2</sup>. [13]

### **1.3.3 Bezdřevé papíry nenatírané**

Mají využití jak při tisku klasickými tiskovými technikami, tak i v kancelářích. Jsou používány do faxů, kopírek i inkjetových tiskáren. Dřevní hmota se na buničinu rozmělnuje pomocí chemických procesů. Pro klasické tiskové techniky je využíván jak při kotoučovém tisku, tak při archovém tisku. Těmto papírům se souhrnně říká ofsetové. Nejvíce se využívají při výrobě knih a sešitů. [15]

### **1.3.4 Bezdřevé papíry natírané**

Jedná se o největší skupinu papírů, též nazývaných křídové. Používají se pro digitální tisk, archový ofsetový tisk a tisknou se s nimi tisky, které musí dosahovat vyšší kvality. Podle počtu nátěrů se dělí do tří základních skupin, a těmi jsou papíry LoWC, MWC a HWC. [15]

### **1.3.5 Papíry pro inkjetový tisk**

Pro inkjetový tisk je nutností používat speciální papíry k němu určené. Rozdílem mezi těmito a klasickými papíry je v tom, že u klasických papírů dochází k prosáknutí inkoustu hluboko do profilu papíru. U speciálních papírů se však inkoust dostane pouze do přijímací vrstvy, která má tloušťku až desítky mikrometrů. Tyto speciální vrstvy se dělí do třech skupin.

#### **1.3.5.1 Konvenční přijímací vrstvy**

Jsou založené na minerálním plnivu, nejčastěji kaolínu, a organickém pojivu. Papíry mohou mít lesklý, pololesklý i matný povrch podle poměru plniva a pojiva, a výrobního postupu. [16] Jsou vysoce světlostálé, pokud nejsou vystaveny vysoké vzdušné vlhkosti. [17]

#### **1.3.5.2 Bobtnající přijímací vrstvy**

Jsou používány pro barvivové inkousty, pro pigmentové inkousty jsou nepoužitelné kvůli tomu, že pigmentové inkousty obsahují velké částice pigmentu. Přijímací vrstva je tvořena směsí hydrofilních polymerů s různým stupněm zesíťování. Při aplikaci inkoustu dojde

k lokálnímu nabobtnání, inkoust pronikne do vrstvy a po odpaření rozpouštědla vznikne probarvený gel. Problémem je pomalá fixace inkoustu kvůli pomalému bobtnání polymeru a stejně jako u předchozího typu vyšší vzdušná vlhkost. Výhodou je výborná kvalita výsledného tisku. [16]

### **1.3.5.3 Mikroporézní vrstvy**

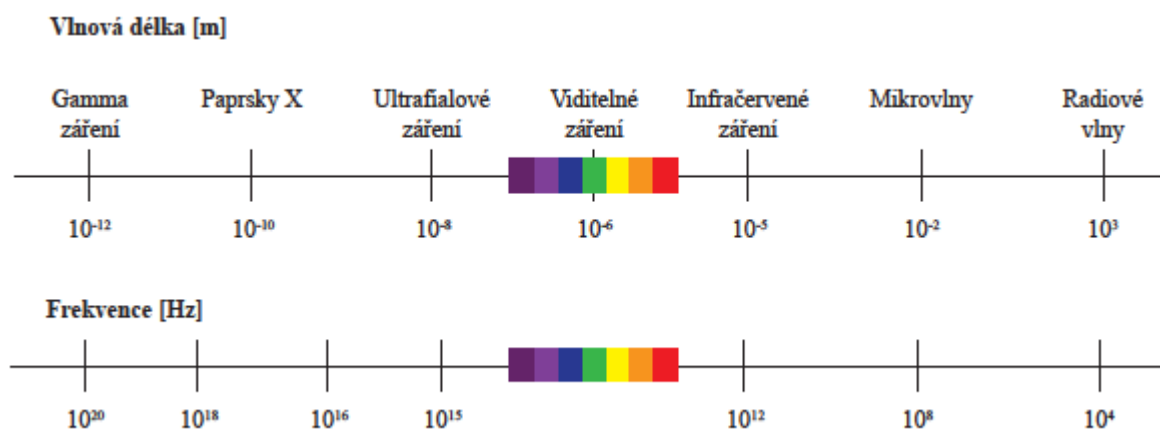
Jsou určeny především pro pigmentové inkousty. Jsou založeny na syntetických, vysoce porézních sorbentech, rozptýlených v organickém pojivu. Sorbenty mají velký objem pórů, takže při nanesení inkoustu inkoust rychle pronikne do vrstvy a je fixován v pórech. [16] Rozpouštědlo se z pórů může odpařovat i několik hodin a výtisk může nepatrně změnit barvu. Problémem je stálost tisku při dlouhodobém uložení. [17]

## 1.4 Světlostálost

Světlostálost je schopnost materiálu odolávat světlu a udržet si svůj původní vzhled, či stav. U tisku ji nejčastěji hodnotíme pomocí barvové odchylky  $\Delta E$  a pomocí hodnot barvového prostoru CIE Lab. Mezi metody měření světlostálosti patří urychlené a přirozené stárnutí.

### 1.4.1 Vliv světla na barvu

Blednutí barvotvorných složek je způsobeno zářením určitých vlnových délek. Z tohoto důvodu barvotvorné složky obecně neblednou ve stejném poměru v umělém světle jako při denním světle se stejnou světelnou silou. [18] Na tiskovinu umístěnou v exteriéru dopadá sluneční záření, které obsahuje tři druhy záření a těmi jsou viditelné (energeticky tvoří 45 %), infračervené (50 %) a ultrafialové (5 %). [19] Nejvíce škod způsobuje ultrafialové záření, jelikož čím nižší je vlnová délka záření, tím větší škody působí. V interiéru je však větší část ultrafialového záření odfiltrována pomocí skla, také díky tomu mají tiskoviny v interiéru delší životnost. Vlnová délka ultrafialového záření je 10–390 nm, viditelného záření 390–760 nm a infračerveného 750 nm–0,3 mm. [20] Schéma elektromagnetického záření je znázorněno níže na Obrázku 3. Lze také říci, že barviva s nízkou světlostálostí jsou citlivější na světlo s delší vlnovou délkou než barvy s vysokou světlostálostí. Vliv světla na barevný odstín se dá zmírnit například přidáním UV absorberů, které zlepšují světlostálost až o 40 %. [19]



**Obrázek 3** Schéma elektromagnetického záření [21]

Když molekula barvotvorné složky absorbuje světlo/záření dostane se díky absorbované energii ze stabilního základního stavu do stavu excitovaného (přemístí se na vyšší energetické hladiny) [22] Se zvyšující se dobou expozice molekuly světlem stoupá i pravděpodobnost změny ve struktuře molekuly barvotvorné složky při návratu do základního stavu, což má za následek modifikaci barevného vjemu. Barva bledne, tedy zvyšuje jas a snižuje sytost. [17]

## **1.4.2 Faktory ovlivňující světlostálost**

Kromě světla, ovlivňuje stálost barevných výtisků spousta dalších faktorů. Mezi ně patří například teplota, vlhkost, typ potiskovaného materiálu, geografická poloha, nadmořská výška, tloušťka barvové vrstvy atd.

### **1.4.2.1 Vliv tepla a vlhkosti**

Při zvýšené teplotě a vlhkosti může dojít ke změně barevného odstínu vzorků i ve tmě. Je to z toho důvodu, že zvýšená teplota i vlhkost dodávají molekulám barviva větší pohyblivost, roste jejich reaktivní potenciál a častěji přicházejí do kontaktu mezi sebou. Zvýšená vlhkost má za následek sorpci vodních par do přijímací vrstvy a tato nasorbovaná voda zvyšuje pohyblivost molekul barviv, která se pak přemisťují i do nepotíštěných oblastí. Na tisku je poté možné vidět konturování, či snížení hranové ostroty. [23]

### **1.4.2.2 Vliv ovzduší**

Ovzduší ovlivňuje spíše papír než tiskovou barvu samotnou. Papír totiž pohlcuje polutanty z ovzduší, jako jsou oxidy síry a dusíku (kyselinotvorné). Tím dochází k jeho degradaci kyselou hydrolyzou. Degradace papíru má poté za následek i změnu barevného odstínu tisku. Předcházet se tomu dá pomocí papírů s alkalickou rezervou. [24]

Jinak je to však u papírů pro inkjet. Nejméně odolné jsou inkjetové papíry s mikroporézní přijímací vrstvou. Tyto tisky blednou na světle i v temnu. Je to způsobeno vysokou porézností jejich povrchu. Nejlépe jsou na tom papíry s bobtnající přijímací vrstvou. Jejich povrch je uzavřený, neporézní a tím pádem do něj polutanty z ovzduší neproniknou a tisk tak vydrží nejdéle. O něco hůře jsou na tom papíry s konvenční (cast-coated) vrstvou. Mají sice jen nízkou porozitu, ale přesto jsou náchylné ke kontaminaci. [23]

### **1.4.2.3 Vliv potiskovaného materiálu**

Do této kapitoly se dá zařadit hned několik faktorů. Jedním z nich je i kyselost papíru. Dalším je například obsah ligninu, který má nemalý vliv na barevný odstín papíru vystaveného světlu. Lignin je biopolymer vyskytující se ve dřevě. Při výrobě papíru je nežádoucí, a proto se při výrobě chemických buničin odstraňuje, to má ale za následek snížení výtěžku. Při výrobě mechanických a polochemických buničin se odstraňuje jen částečně. Lignin obsahuje spoustu chromoforů, což jsou chemické skupiny, které intenzivně absorbují UV záření a viditelné světlo. Absorpce záření vede k excitaci těchto skupin a ty dále spouštějí fotodegradaci a fotooxidační procesy. Papír viditelně žloutne a zhoršují se jeho mechanické vlastnosti.

Dalším faktorem ovlivňujícím světlostálost papíru je obsah opticky zjasňujících prostředků. Jsou to speciální aditiva, která se přidávají do papírů za účelem zvýšení bělosti. Fungují na principu fluorescenčních barviv absorbujících UV záření. Excitované molekuly barviva se zářivě deaktivují fluorescencí v modré oblasti viditelného spektra a tím potlačují žluté nádechy. Tím pádem se papír jeví zářivě bílý. Bohužel časem dochází k jejich rozkladu a tím ke žloutnutí papíru. [17]

#### **1.4.2.4 Vliv geografické polohy a počasí**

Nezanedbatelným faktorem ovlivňujícím světlostálost tiskovin je místo, kde bude tiskovina umístěna. Z tohoto pohledu je tiskovina ovlivněna jak polohou, jestli bude blíž k pólům či k rovníku, protože je rozdíl, jestli bude tiskovina umístěna v Egyptě nebo například ve Skotsku, tak i nadmořskou výškou, ve které bude umístěna. To proto, že ve vyšších nadmořských výškách je intenzita slunečního záření znatelně vyšší. [25]

Další soubor faktorů ovlivňujících světlostálost se týká počasí. Záleží zde hlavně na počtu hodin slunečního svitu v daném roce. V České republice je za posledních 10 let v průměru každý rok 1122 hodin slunečního svitu. Co se týká jednotlivých měsíců, tak nejvíce slunečných hodin je v červnu, červenci a srpnu (v průměru 158 hodin). Naopak nejméně hodin je v listopadu, prosinci a lednu (v průměru 36 hodin). [26] Rozdílné počty slunečných hodin je možné zaznamenat i po České republice. Nejméně slunečných hodin za rok je zaznamenáno například v Teplicích (1156 hodin), naopak nejvyšší počet slunečných hodin je ve Znojmě (1715 hodin). [27]

#### **1.4.2.5 Katalytické blednutí**

Světlostálost tiskovin také ovlivňuje vzájemná kombinace barvotvorných složek. V tomto případě dochází k tomu, že přetisknuté tiskové barvy blednou rychleji než ty, co jsou vytisknuty samostatně. Tomuto ději se říká katalytické blednutí. Dochází k němu z toho důvodu, že jedna tisková barva degraduje druhou, kterou je přetisknuta. Stává se to například při přetisku azurové a žluté, kdy zelené odstíny vytvořené jejich kombinací blednou a modrají. To je způsobeno katalytickým blednutím žlutého barviva v přítomnosti azurového. Tento problém se týká pouze míst potisknutých vysokou a střední vrstvou tiskové barvy. Světlejší odstíny nejsou příliš ovlivněny, protože je zde nanášena tenčí barvová vrstva. [17]

### **1.4.3 Metody měření světlostálosti**

Pro testování světlostálosti tiskových barev se používá několik metod. Tyto metody se dají rozdělit na dvě hlavní skupiny. První skupinou jsou metody přirozeného stárnutí. Stárnutí



probíhá pozvolna, a to buď v interiéru nebo v exteriéru. Druhou skupinou jsou metody urychleného stárnutí.

#### **1.4.3.1 Metody přirozeného stárnutí**

Výhodou těchto metod je spolehlivost výsledků. Nevýhodou může být delší průběh testu. U těchto metod je nutné průběžné měření intenzity záření v místě měření, abychom mohli zjistit dávku ozáření. To je prováděno například pomocí luxmetru nebo pyranometru. Tyto metody se dělí na dvě podskupiny a těmi jsou přirozené stárnutí v exteriéru a interiéru.

Přirozené stárnutí v exteriéru probíhá tak, že jsou vzorky umístěny buď v rámech, které se mohou v průběhu dne pohybovat ve směru slunce nebo jsou umístěny ve stojanu orientovaném nejčastěji směrem k rovníku. Mohou být vystaveny slunečnímu záření a atmosférickým vlivům buď přímo, nebo mohou být chráněny krycím sklem. V případě expozice pod krycím sklem, je výrazně sníženo působení UV záření. Je to z toho důvodu, že sklo nepropustí záření s vlnovou délkou přibližně nižší než 310 nm. Důležité je také pod jakým úhlem jsou vzorky umístěny. Standardně je používáno umístění pod úhlem 45° v méně slunečných dnech a v létě umístění pod úhlem 5°. To, kde budou vzorky umístěny a jak budou parametry nastaveny, záleží na tom, kde bude umístěn výsledný tisk. [28]

Přirozené stárnutí v interiéru se od toho v exteriéru liší především tím, že na měřené vzorky působí méně ultrafialového záření, které ovlivňuje blednutí tiskoviny nejvíce. Je to z toho důvodu, že je okenním sklem částečně odfiltrováno. Díky tomu dochází k degradaci tiskoviny pomaleji než v exteriéru, kde toto záření na vzorky působí více spolu s dalšími vlivy ovzduší.

#### **1.4.3.2 Metody urychleného stárnutí**

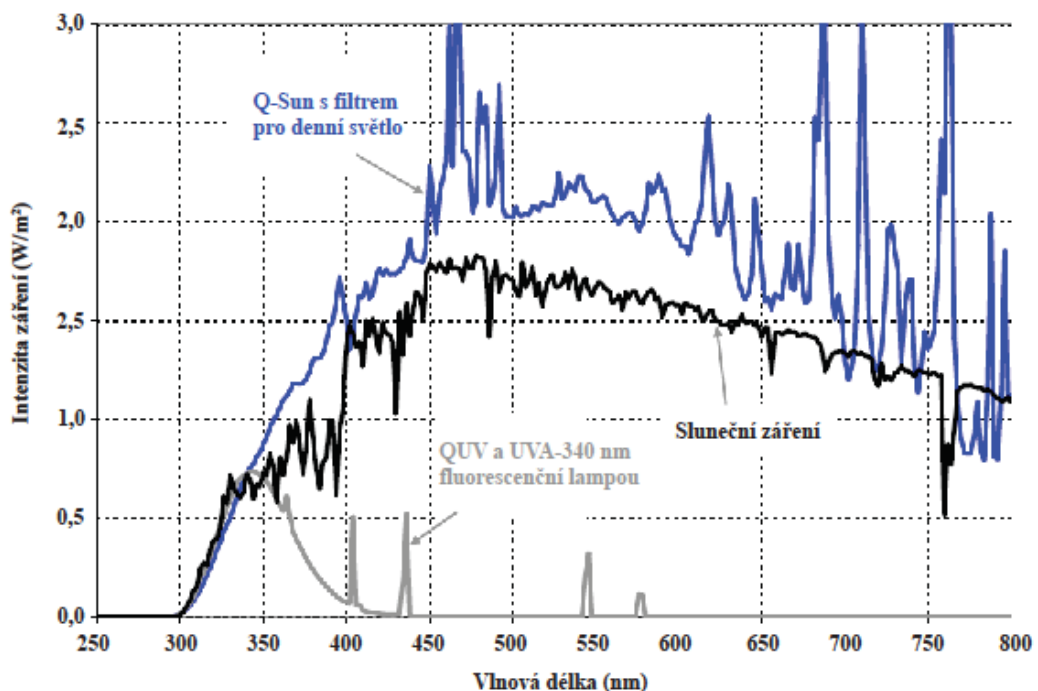
Toto měření může probíhat v exteriéru i interiéru. Urychlené exteriérové stárnutí je prováděno pomocí přístrojů koncentrujících záření. Vzorky jsou umístěny v rámech, které se mohou v průběhu dne pohybovat ve směru slunce. V rámech jsou umístěna zrcadla, které soustředí sluneční záření přímo na vzorky a tím několikanásobně zvyšují jeho účinnost. Aby bylo dosaženo co nejpřesnějších a nejvěrohodnějších výsledků, je možné při této metodě simulovat působení různých faktorů ovlivňujících tiskovinu v exteriéru. Mezi tyto faktory patří například teplota a vlhkost. Působení vlhkosti je simulováno vodním systémem, který lze nastavit na provádění různých cyklů. [29]

Při urychleném stárnutí v interiéru jsou vzorky vystaveny záření normovaných umělých zdrojů. Pro tyto účely slouží speciální laboratorní přístroje, testovací komory. Lze v nich

nastavit teplotu, vlhkost a intenzitu ozáření. Mezi tyto přístroje patří například Q-Sun, Xenotest, QUV atd. Pro simulaci světelných podmínek jsou používány filtry. Jako zdroj záření se používají xenonové výbojky nebo zdroje fluorescenčního UV záření. [30]

Xenonové výbojky patří mezi nejpoužívanější, protože jsou nejlepší variantou pro simulaci denního osvětlení. Porovnání spektra xenonové výbojky s denním světlem je na Obrázku 4. Při spojení s vhodnými filtry emitují záření velice podobné tomu slunečnímu, ale s vyšší intenzitou. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena. [31]

Zdroje fluorescenčního UV záření emitují záření v krátkovlnné oblasti. Ta má na vzorky největší vliv, protože je neškodlivější. Z tohoto důvodu nejsou vhodné pro simulaci denního světla. To lze vidět i na Obrázku 4. Rozlišujeme dva typy těchto zdrojů a těmi jsou UVA a UVB fluorescenční zdroje. Používanější jsou zdroje UVA. Jejich spektrální charakteristika totiž emituje záření pouze nad 295 nm, tím pádem neobsahuje vlnové délky, které nejsou obsaženy v denním světle. Nedochází tak k chybným výsledkům při měření. Fluorescenční zdroje UVB nejsou příliš využívány právě díky již zmíněnému spektru emitovaného záření. UVB lampy totiž emitují i vlnové délky nižší než 295 nm. Výhodou těchto fluorescenčních zdrojů je nižší cena a rychlejší průběh testu. [30]



**Obrázek 4** Porovnání spekter xenonové výbojky (zařízení Q-Sun), fluorescenčního UVA záření (QUV) a denního světla [30]

#### 1.4.4 Standardizace měření

Pro hodnocení světlostálosti tiskovin existuje i několik normovaných metod. V této práci byla pro příklad uvedena pouze testovací metoda D-3424-01. V těchto metodách je uveden přesný postup a specifikace, které mohou být použity při testování, a hodnocení vzorků. Tyto normy vytváří různé instituty a organizace. V České republice tyto normy vytváří Český normalizační institut. Označuje se zkratkou ČSN jako české technické normy. Ve světě jsou tyto normy vytvářeny zejména dvěma hlavními institucemi a těmi jsou International Organization for Standardization (ISO) a American Society of Testing and Materials (ASTM International standard).

##### 1.4.4.1 Standardní testovací metody D 3424-01

Jsou určeny pro hodnocení relativní světlostálosti tiskoviny a její odolnosti vůči vnějším vlivům. Tato technická norma obsahuje sedm testovacích metod rozdělených podle toho, v jakých podmínkách bude testování prováděno.

- **Testovací metoda 1** – denní světlo za okenním sklem
- **Testovací metoda 2** – vnější zvětrávání
- **Testovací metoda 3** – xenonová výbojka s okenním filtrem simulující denní světlo za okenním sklem
- **Testovací metoda 4** – xenonová výbojka s vodním sprejem a filtrem denního světla simulující vnější prostředí
- **Testovací metoda 5** – uzavřená uhlíková výbojka bez vodního spreje
- **Testovací metoda 6** – uzavřená uhlíková výbojka s vodním sprejem
- **Testovací metoda 7** – fluorescenční výbojkové záření simulující fluorescenční osvětlení v kombinaci s filtrováním denního světla přes okno

Tyto metody se používají pro testování tisků vytištěných na papír, karton, plastický film a kovovou podložku nebo desku a mohou být produkovány různými tiskovými technikami. Specifická časová perioda světlostálosti a odolnosti vůči povětrnostním vlivům je vhodná jen pro určité typy tiskovin a těmi jsou například časopisy, knižní obaly, plakáty a billboardy. Minimální rozměr vzorku pro vizuální hodnocení je 90×165 mm, pro přístrojové hodnocení je to 35 mm<sup>2</sup>. Hodnocení probíhá pomocí výpočtu barvové odchylky  $\Delta E$  z barvových souřadnic barvového prostoru CIE Lab. [32]

### 1.4.5 Způsob hodnocení

Světlostálost tiskových barev se nejčastěji hodnotí pomocí barvové odchylky  $\Delta E$ . Ta se vypočítá pomocí rovnice z barvových souřadnic  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  barvového prostoru CIE Lab. Výpočet je prováděn pomocí Vzorce 1:

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

$\Delta L^*$  je hodnota rozdílu měrné světlosti vzorku po dané době stárnutí a referenční hodnoty změřené před započítáním testu.  $L^*$  je označení pro vertikální osu v barvovém prostoru CIE Lab. Horizontální osy jsou označeny jako  $a^*$  a  $b^*$ . Záporné hodnoty na ose  $a^*$  odpovídají zelené barvě a kladné hodnoty barvě červené. Na ose  $b^*$  odpovídají záporné hodnoty modré barvě a kladné hodnoty barvě žluté.  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  jsou rozdíly barevného odstínu vzorku po dané době měření a referenční hodnoty změřené před započítáním testu.

Barvová odchylka hodnotí změnu odstínu i jasu barvy. Čím vyšších hodnot nabývá, tím je změna patrnější. Hodnota barvové odchylky do 2 je rozeznatelná zkušeným okem a od 2 do 5 je akceptovatelná pro tisk zakázek (ofsetový tisk archový, definováno normu ISO 12647-2). Hodnota barvové odchylky větší než 5 je nepřijatelná. Jednotlivé hodnoty barvových odchylek byly vneseny do grafu v závislosti na době měření a porovnány.

Další možností hodnocení světlostálosti je např. porovnání barvových gamutů. Barvový gamut obsahuje všechny barvy, které je určité zařízení schopno reprodukovat. Objem gamutu je velikost trojrozměrného tělesa v prostoru CIE Lab. Tento objem v průběhu stárnutí tiskovin klesá. Pokles je lineární v závislosti na exponované dávce. Rychlost tohoto poklesu lze použít jako srovnávací parametr pro porovnání stability grafických materiálů. [33]

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 2.1 Tiskové barvy

#### **T&K Toka, řada Bestack Process: barvy azurová, purpurová, žlutá a černá**

Jedná se o ofsetové barvy používající sójový olej namísto ropných rozpouštědel. Byly použity pro tisk na papír typu Hello Gloss (130 g/m<sup>2</sup>). Tisk proběhl na ofsetovém tiskovém stroji Polly Peformer 266.

#### **Tonery Konica Minolta A0X5: 45N azurová, 35N purpurová, 25N žlutá, 15N černá**

Jedná se o práškový toner. Byl použit pro tisk na papír typu MONDI CC416 (160 g/m<sup>2</sup>). Tisk proběhl na laserové tiskárně Konica Minolta bizhub C3100P.

#### **Inkousty Epson: T6642 azurová, T6643 purpurová, T6644 žlutá, T6641 černá**

Jsou to barvivové inkousty použité pro tisk na papír typu Foma FP (210 g/m<sup>2</sup>). Tisk proběhl na inkoustové tiskárně Epson L110.

#### **Inkousty Epson UltraChrome K3: T6052 azurová, T6055 světlá azurová, T6053 purpurová, T6066 světlá purpurová, T6054 žlutá, T6051 fotografická černá, T6057 světlá černá, T6059 světlá černá**

Jedná se o pigmentové inkousty použité pro tisk na papír typu Foma FP (210 g/m<sup>2</sup>). Tisk proběhl na inkoustové tiskárně Epson Stylus Pro 4880.

Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic L\*, a\*, b\* jednotlivých typů tiskových barev jsou uvedeny v Tabulkách 1–4. Hodnoty byly průměrovány ze třech měření. Uvedeny jsou hodnoty pro všechny procesní barvy, a to jak pro plné plochy (100% tónová hodnota), tak pro plochy s 40% tónovou hodnotou.

*Tabulka 1 Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  procesních barev pro ofsetové barvy T&K Toka, řada Bestack Process*

<b>Tónová hodnota [%]</b>	<b>Barva</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>
<b>40</b>	Azurová	77,49	-10,82	-21,33
	Purpurová	73,53	26,29	-5,95
	Žlutá	89,47	-3,53	32,19
	Černá	69,72	0,58	-2,32
<b>100</b>	Azurová	51,95	-31,10	-51,06
	Purpurová	43,56	73,16	2,73
	Žlutá	84,74	-5,53	91,42
	Černá	19,31	0,53	0,89

*Tabulka 2 Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  procesních barev pro toner Konica Minolta A0X5*

<b>Tónová hodnota [%]</b>	<b>Barva</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>
<b>40</b>	Azurová	76,52	-15,55	-29,37
	Purpurová	75,64	30,60	-10,45
	Žlutá	91,96	-7,12	34,72
	Černá	62,22	1,71	-1,60
	Soutisková černá	47,85	1,69	-0,24
<b>100</b>	Azurová	50,35	-28,88	-56,70
	Purpurová	47,90	72,06	1,28
	Žlutá	89,58	-9,63	98,21
	Černá	14,79	0,34	0,29
	Soutisková černá	12,04	0,40	0,52

*Tabulka 3 Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic L\*, a\*, b\* procesních barev pro barvivový inkoust Epson*

<b>Tónová hodnota [%]</b>	<b>Barva</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<b>40</b>	Azurová	71,82	-14,67	-28,27
	Purpurová	71,79	35,77	-5,79
	Žlutá	89,52	-2,67	33,33
	Černá	73,23	1,21	-3,24
	Soutisková černá	62,93	3,25	-9,29
<b>100</b>	Azurová	51,94	-24,40	-51,31
	Purpurová	45,46	74,86	3,94
	Žlutá	83,93	4,92	93,15
	Černá	8,34	-0,22	-4,47
	Soutisková černá	8,49	-0,30	-4,32

*Tabulka 4 Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic L\*, a\*, b\* procesních barev pro pigmentový inkoust Epson UltraChrome K3*

<b>Tónová hodnota [%]</b>	<b>Barva</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<b>40</b>	Azurová	77,35	-11,16	-20,12
	Purpurová	71,59	21,99	-7,88
	Žlutá	89,87	-3,51	27,76
	Černá	68,78	-0,49	1,34
	Soutisková černá	64,50	-0,17	3,46
<b>100</b>	Azurová	57,47	-26,29	-38,96
	Purpurová	44,71	64,68	-5,29
	Žlutá	86,32	-3,54	72,94
	Černá	5,50	-0,24	0,44
	Soutisková černá	5,57	-0,44	0,23

## 2.2 Papíry

**Hello Gloss** – bezdřevý oboustranně natíraný lesklý papír, který je určený pro ofsetový tisk. Jeho plošná hmotnost je 130 g/m<sup>2</sup>.

**Mondi CC416** – hlazený nenatíraný papír určený pro digitální barevný tisk. Jeho plošná hmotnost je 160 g/m<sup>2</sup>.

**Foma FP** – jednostranně natíraný lesklý papír s mikroporézní přijímací vrstvou, který je určený pro inkoustový tisk. Jeho plošná hmotnost je 210 g/m<sup>2</sup>.

Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic L\*, a\*, b\* jednotlivých typů nepotištěných papírů jsou uvedeny v Tabulce 5.

*Tabulka 5 Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic L\*, a\*, b\* jednotlivých typů papíru*

<b>Papír</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<b>Hello Gloss</b>	92,91	1,07	-2,52
<b>Mondi CC416</b>	94,19	1,65	-6,47
<b>Foma FP</b>	93,23	-0,09	-2,54



## **2.3 Přístroje**

### **Ofsetový tiskový stroj Polly Performer 266**

Jedná se o dvouvěžový ofsetový tiskový stroj firmy KBA-Grafitec s.r.o., tzn., že při jednom průchodu archu tiskovým strojem je možný tisk pouze dvěma barvami. Maximální potisknutelný formát je 485×660 mm. Maximální rychlost tisku je 12 000 archů za hodinu. [34]

### **Tiskárna Konica Minolta bizhub C3100P**

Laserová tiskárna firmy Konica Minolta využívající technologii elektrostatického tisku. Rozlišení tisku je 1200×1200 dpi a maximální velikost potisknutelného formátu je A4. Je schopna potisknout papír s plošnou hmotností od 60 do 210 g/m<sup>2</sup>. [35]

### **Tiskárna Epson Stylus Pro 4880**

Je to inkoustová širokoformátová tiskárna firmy Epson umožňující tisk až do formátu A2. Vysoká kvalita tisku je zajištěna pomocí 8 barevných inkoustů Epson UltraChrome K3. Využívá technologii tiskové hlavy Micro Piezo™ Epson. Tisková hlava zahrnuje 180 trysek pro každou barvu. Minimální velikost kapky inkoustu je 3,5 pl. [36]

### **Tiskárna Epson L110**

Jedná se o inkoustovou piezoelektrickou tiskárnu firmy Epson s integrovaným systémem inkoustových nádržek. Tisková hlava zahrnuje 180 trysek pro černou barvu a 59 trysek pro každou další procesní barvu. Minimální velikost kapky inkoustu je 3 pl. [37]

### **Testovací komora Q-Sun Xe-1-B**

Jedná se o testovací komoru firmy Q-Lab určenou pro hodnocení světlostálosti pomocí urychleného stárnutí. Jako zdroj záření je použita xenonová výbojka. Pro simulaci různých prostředí jsou používány filtry, například pro simulaci světla za oknem, denního světla nebo speciální filtry určené pro různá odvětví. Dále je možné nastavit testovací cykly, kdy se střídají intervaly světla a tmy pro různou dobu měření. Regulace teploty černého panelu je možná v rozmezí od 45 do 90 °C. Intenzitu ozáření lze měnit v závislosti na typu použitého UV senzoru a filtru. [38]

### **Reflexní spektrofotometr X-Rite 530 X**

Tento spektrofotometr slouží k měření optické hustoty, přetisku, tiskového kontrastu, barvových souřadnic, nárůstu tiskového bodu, denzity a dalších parametrů. Naměřené hodnoty

je možné přenášet přímo do počítače a dále je zpracovávat. Na přístroji je možno nastavit např. typ osvětlení (D50, D65), pozorovatele (2°, 10°), barvové prostory CIE (L\*a\*b\*, L\*C\*h\*, L\*u\*v\*, Yxy, XYZ),  $\Delta E$  metodu (CMC, Lab, CIE94), referenci a další. [39]

### **Luxmetr Lutron LX-105**

Slouží k měření intenzity osvětlení. Rozsah měřicího pásma je 0 až 50 000 luxů. Senzor používá fotodiodu, barevný korekční filtr a splňuje normu C.I.E. Má možnost výběru typu osvětlení (žárovkové, zářivkové, denní, výbojkové). [40]

## 2.4 Postup měření

Každá sada testovaných barev obsahovala vzorky procesních barev azurové, purpurové, žluté a černé. Kromě ofsetového tisku, bylo nutno k ostatním vzorkům přidat i přímou černou barvu, a to z toho důvodu, že digitální tiskárny tisknou černou většinou soutiskem všech procesních barev. Každá tato barva byla vytištěna jak v plné ploše, tak i s tónovou hodnotou 40 %.

První sada barev byla tištěna pomocí ofsetových barev T&K Toka na tiskovém stroji Polly Performer 266 na bezdřevý oboustranně natíraný lesklý papír. Druhá sada byla tištěna práškovým tonerem Konica Minolta na tiskárně Konica Minolta bizhub C3100P na bezdřevý hlazený nenatíraný papír. Třetí sada byla tištěna barvivovými inkousty na tiskárně Epson L110 na bezdřevý jednostranně natíraný lesklý papír s mikroporézni přijímací vrstvou. Čtvrtá sada byla tištěna pigmentovým inkoustem na tiskárně Epson Stylus Pro 4880 na stejný papír, jako třetí sada. Každá sada obsahovala 4 vzorky od každé použité tiskové barvy, papíru a tiskové techniky. Vzorek pro ofsetový tisk obsahoval plné plochy a plochy s tónovou hodnotou 40 % pro azurovou, purpurovou, žlutou a černou. Vzorky pro toner a barvivový a pigmentový inkoust obsahovaly kromě azurové, purpurové, žluté a soutiskové černé navíc i vzorek černé barvy (tištěna ve stupních šedi), protože soutisková černá obsahovala i procesní barvy.

Pro hodnocení světlostálosti při tomto měření byly testovány 2 série vzorků. U první série vzorků byla použita metoda urychleného stárnutí v xenonové testovací komoře Q-Sun model Xe-1-B. Celková doba testu byla 348 hodin a proměňování vzorků probíhalo po 24 hodinových cyklech, kromě úvodních hodin, kde testování probíhalo v kratších intervalech (3, 6 a 10 hodin). Test probíhal při teplotě černého panelu 60 °C a intenzita záření měřená při vlnové délce 420 nm byla 1,10 W/m<sup>2</sup>. Při měření byl použitý filtr simulující denní světlo. Druhá série vzorků byla vystavena přirozenému stárnutí v interiéru přímo za okenním sklem. Test probíhal 29 týdnů (začal v listopadu 2016 a skončil v květnu 2017). Probíhal tedy v zimním a v jarním období. Vzorky byly proměňovány nejdříve v týdenním a později dvoutýdenním intervalu z důvodu malé změny barvové odchylky. Vzorky byly umístěny za okenním sklem orientovaném jihovýchodním směrem.

Každý vzorek byl proměřen spektrofotometrem X-Rite 530 třikrát na různých místech, a to z důvodu minimalizace chyby měření způsobené případným kolísáním barevnosti. Z naměřených hodnot barvových souřadnic L\*, a\*, b\* byl vypočítán průměr. Měření probíhalo se standardizovaným zdrojem osvětlení D50 a při 2° pozorovateli. Kromě měření barvových

souřadnic jednotlivých barev, byly měřeny i hodnoty souřadnic nepotíštěného papíru, protože změna barevného odstínu papíru také ovlivňuje barevný vjem, a to zejména u polotónových ploch. Vyhodnocení probíhalo pomocí barvové odchylky  $\Delta E$  (Vzorec 1 v kapitole 1.4.5), která se vypočítala z hodnot barvových souřadnic naměřených pomocí reflexního spektrofotometru. Referenční hodnoty souřadnic jsou uvedeny v Tabulkách 1–4.

## 3 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 3.1 Intenzita ozáření

Vzorky byly umístěny za okenním sklem orientovaném jihovýchodním směrem, v tomto místě byla měřena i intenzita osvětlení. Hodnoty intenzity osvětlení byly proměřovány každý pracovní den průběžně během dne mezi osmou a patnáctou hodinou. V Tabulce 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty intenzity osvětlení za období, ve kterém se měřilo (týdenní, dvoutýdenní, třítýdenní). Uvedené hodnoty jsou zprůměrovány z hodnot mezi 10 a 14 hodinou. Kvůli lepší představě, jsou uvedeny i kalendářní týdny.

Test vzorků začal na podzim 2016, kdy byly hodnoty relativně nízké. Ještě nižší hodnoty však byly naměřeny v posledních 4 týdnech daného roku. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v 9. až 13. týdnu, tedy začátkem jara. Poté byly hodnoty opět nižší, jelikož na místo, kde byly vzorky umístěny, nedopadalo přímé sluneční světlo.

V zimních měsících (listopad, prosinec, leden, únor) se hodnoty v 8 hodin ráno pohybovaly od 27 do 10 400 lx. Hodnoty kolem 15 hodiny se pohybovaly od 68 do 7 430 lx. Průměrná hodnota intenzity osvětlení v zimních měsících mezi 10 a 14 hodinou byla 14 543 lx. V jarních měsících (březen, duben, květen) se hodnoty intenzity osvětlení v 8 hodin ráno pohybovaly od 319 do 10 800 lx. Hodnoty v 15 hodin se pohybovaly od 2 000 do 10 040 lx. Hodnoty intenzity osvětlení v jarních měsících mezi 10 a 14 hodinou byly průměrně 17 713 lx. Celkový průměr všech hodnot naměřených v interiéru za okenním sklem mezi 10 a 14 hodinou je 15 930 lx.

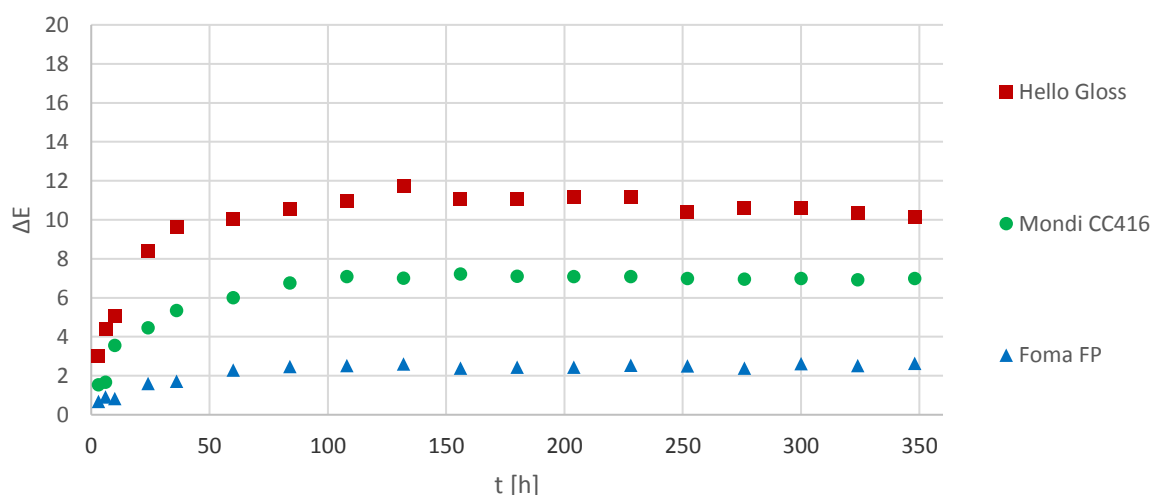
Intenzita osvětlení v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B při nastavení intenzity ozáření  $1,1 \text{ W/m}^2$  při 420 nm kolísala mezi 62 000–65 000 luxy.

**Tabulka 6** Průměrné hodnoty intenzity osvětlení mezi 10 a 14 hodinou za období, kdy probíhalo měření vzorků

<b>Týden měření</b>	<b>Kalendářní týden</b>	<b>Průměrné hodnoty intenzity osvětlení za oknem [lx]</b>
<b>1</b>	<b>45</b>	17 193
<b>2</b>	<b>46</b>	13 201
<b>3</b>	<b>47</b>	12 585
<b>4</b>	<b>48</b>	19 092
<b>5</b>	<b>49</b>	9 285
<b>7</b>	<b>51</b>	6 795
<b>9</b>	<b>1</b>	11 723
<b>11</b>	<b>3</b>	18 793
<b>14</b>	<b>6</b>	22 223
<b>17</b>	<b>9</b>	23 919
<b>19</b>	<b>11</b>	26 388
<b>21</b>	<b>13</b>	25 192
<b>23</b>	<b>15</b>	16 467
<b>25</b>	<b>17</b>	11 428
<b>27</b>	<b>19</b>	9 594
<b>29</b>	<b>21</b>	11 001

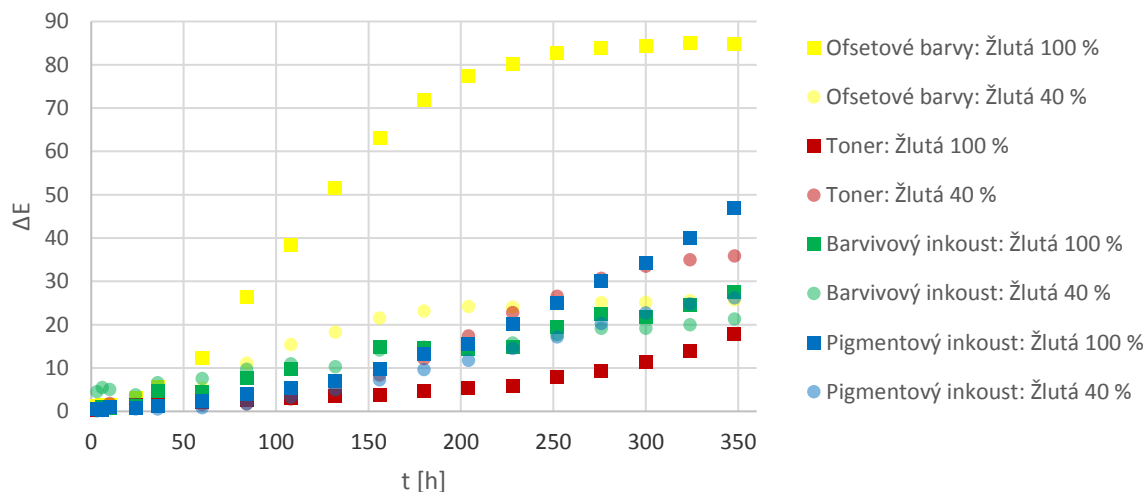
### 3.2 Urychlené stárnutí vzorků v testovací komoře Q-Sun

Jelikož světlostálost barev je ovlivňována i použitým typem papíru, bylo nutné proměřit i nepotíštěné plochy papíru. Tento vliv se projevuje zejména v polotónových hodnotách (v místech s 40% tónovou hodnotou). Z Obrázku 5 vyplývá, že nejnižší světlostálost mají papíry typu Hello Gloss ( $\Delta E$  11) použité pro ofsetový tisk. Vzorky ofsetového tisku byly tedy ovlivněny degradací papíru nejvíce. Naopak nejvyšší světlostálost vykazují fotografické papíry Foma FP ( $\Delta E$  2), na které byly natištěny vzorky pomocí barvivových a pigmentových inkoustů. Tyto vzorky byly ovlivněny degradací potiskovaného substrátu nejméně. Xerografické papíry Mondi CC416 dosahovali střední barvové odchylky ( $\Delta E$  7). Byly použity pro tisk práškovými tonery.



**Obrázek 5** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  různých typů papíru v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B

Hodnoty barvové odchylky žluté barvy pro všechny tiskové barvy jsou znázorněny na Obrázku 10. Bylo nutné je znázornit samostatně, jelikož se u většiny tiskových barev (kromě barvivového inkoustu) projevila jako nejméně světlostálá a dosažené barvové odchylky se významně lišily od ostatních procesních barev. Nejlepší světlostálost ze žlutých barev měl toner v plné ploše ( $\Delta E$  20), polotónová plocha má hodnotu barvové odchylky horší ( $\Delta E$  36). Průměrně nejnižší barvovou odchylku ze žlutých barev měl překvapivě barvivový inkoust (v plné ploše  $\Delta E$  29, v polotónové ploše  $\Delta E$  22). Pigmentový inkoust v plné ploše má hodnotu  $\Delta E$  48 a v polotónové ploše  $\Delta E$  26. Největší rozdíl mezi plnou a polotónovou plochou je u ofsetových barev, kdy v plné ploše byla  $\Delta E$  85 a v polotónové ploše  $\Delta E$  27.



**Obrázek 6** Porovnání barvé odchyky  $\Delta E$  plných ploch a polotónových ploch žluté barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B

Dále byly proměřeny barvé odchyky jednotlivých tiskových barev. Na Obrázcích 7 až 10 jsou znázorněny naměřené hodnoty. Tyto hodnoty jsou uvedeny vždy jen pro azurovou, purpurovou a černou barvu v plné i polotónové ploše. Vždy jsou porovnávány jen hodnoty pro azurovou, purpurovou a černou barvu v daném obrázku, jelikož žlutá barva je uvedena na Obrázku 6 a její barvé odchyky (kromě barvivoého inkoustu, kde nejvyšší barvou odchyky má purpurová a černá barva v plné ploše) je vždy nejvyšší.

Hodnoty barvé odchyky ofsetových barev jsou znázorněny na Obrázku 7. Z naměřených hodnot vyplývá, že nižší světlostalost mají barvy v polotónové ploše. To je způsobeno pravděpodobně vysokou barvou odchyky potištěného papíru. Nejlepší světlostalosti v průběhu testu dosáhla černá barva ( $\Delta E$  3). V počáteční fázi testu byla méně světlostalá barva azurová, to se však po 250 h změnilo a vyšší barvé odchyky na konci testu (348 h) byla naměřena u purpurové barvy ( $\Delta E$  14).

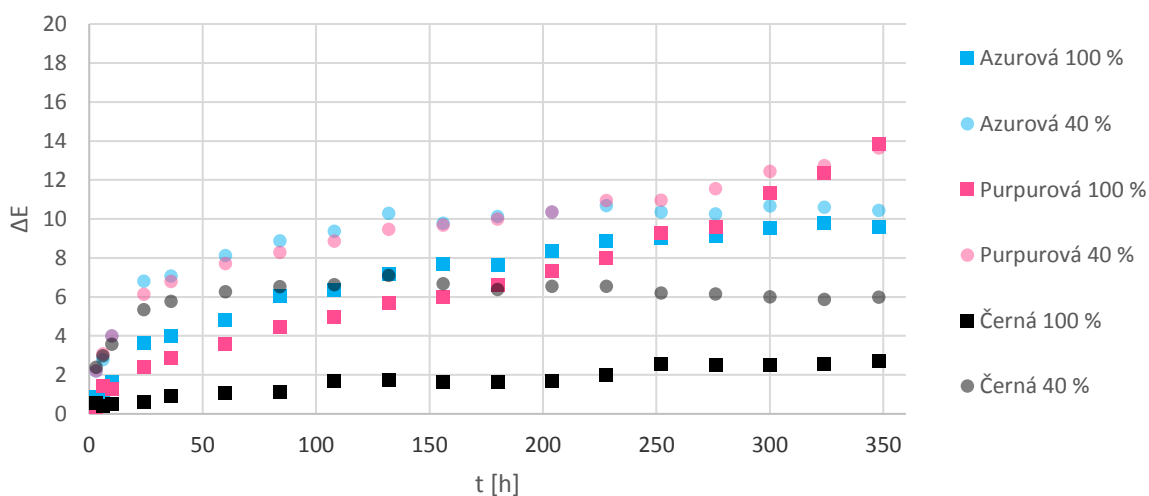
Na Obrázku 8 jsou znázorněny hodnoty barvé odchyky práškového toneru. Nižší světlostalost měli opět barvy v polotónové ploše. Nejlepší světlostalost v průběhu testu měla černá barva v plné ( $\Delta E$  1) i polotónové ploše ( $\Delta E$  3). V průběhu testu se hodnoty barvé odchyky pro azurovou a purpurovou barvu příliš neměnily, azurová se už od začátku jevila jako méně světlostalá. Na konci testu byla naměřena u purpurové barvy v polotónové ( $\Delta E$  13) i plné ploše ( $\Delta E$  7) nejvyšší barvé odchyky.



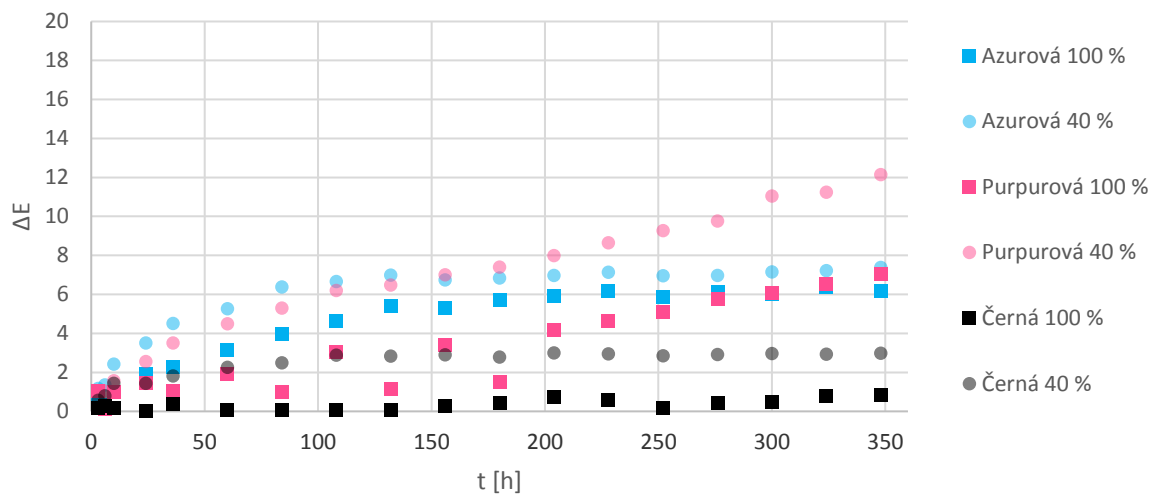
Hodnoty barvové odchylky pro barvivový inkoust jsou znázorněny na Obrázku 9. V tomto případě se jako nejvíce světlostálá jeví azurová ( $\Delta E$  21) a černá ( $\Delta E$  22) barva v polotónové ploše. Vyšší hodnoty barvové odchylky byly naměřeny u purpurové ( $\Delta E$  51) a černé ( $\Delta E$  45) barvy v plné ploše.

Na Obrázku 10 jsou znázorněny hodnoty barvové odchylky pigmentového inkoustu. Mezi naměřenými hodnotami byl rozdíl přibližně do  $\Delta E$  3. Nejnížší hodnoty byly naměřeny u černé a purpurové barvy v plné i polotónové ploše ( $\Delta E$  do 2). Nižší světlostálost měla azurová barva, a to také v plné ( $\Delta E$  4) i v polotónové ( $\Delta E$  6) ploše.

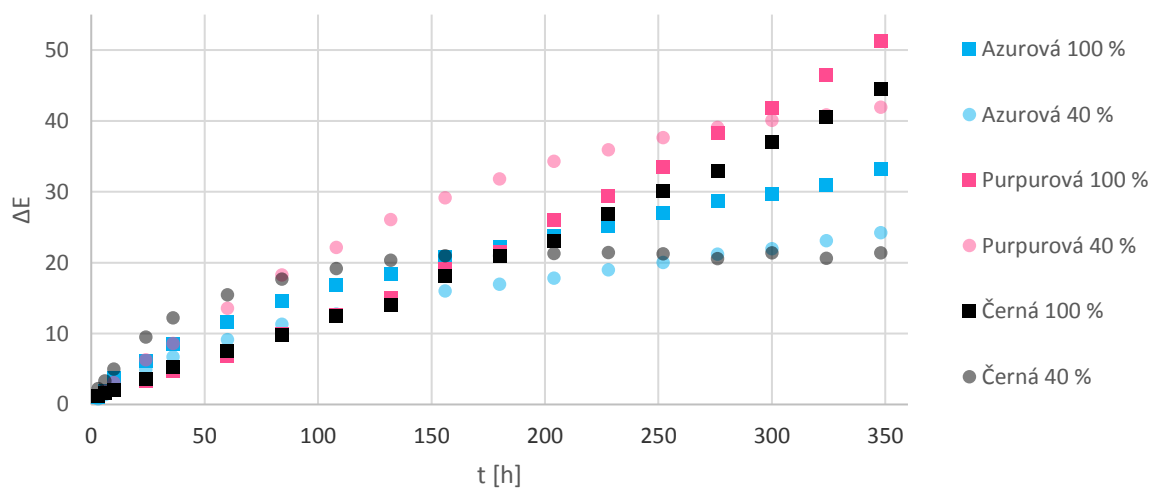
Celkově nejlepší světlostálost měl pigmentový inkoust, kde se hodnota barvové odchylky barev azurová, purpurová a černá pohybovala v průměru kolem  $\Delta E$  3. Dobrou světlostálost má i práškový toner, kde se hodnoty pohybovaly v průměru  $\Delta E$  5. Horší světlostálost měly ofsetové barvy ( $\Delta E$  10), kde ale hrál velkou roli použitý papír, který měl  $\Delta E$  11. Nejhorší světlostálost měl barvivový inkoust s průměrnou hodnotou  $\Delta E$  35.



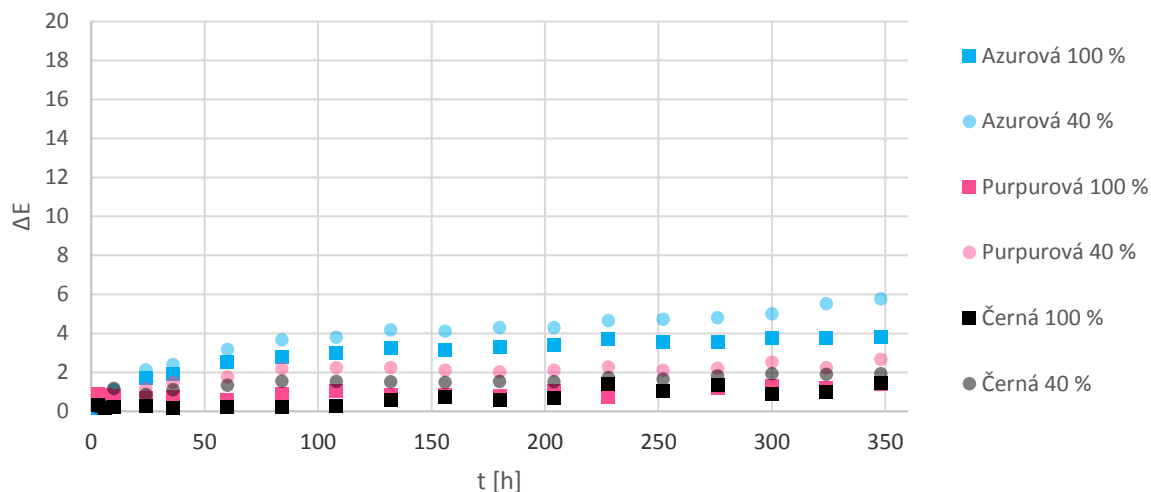
**Obrázek 7** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro ofsetové barvy



**Obrázek 8** Porovnání barvé odchytky  $\Delta E$  azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro toner

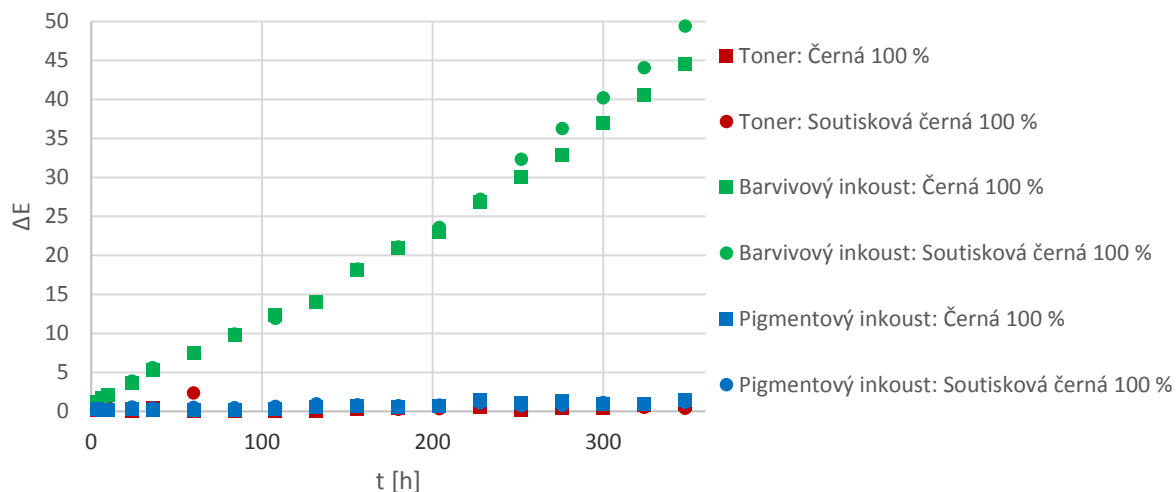


**Obrázek 9** Porovnání barvé odchytky  $\Delta E$  azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro barvivový inkoust

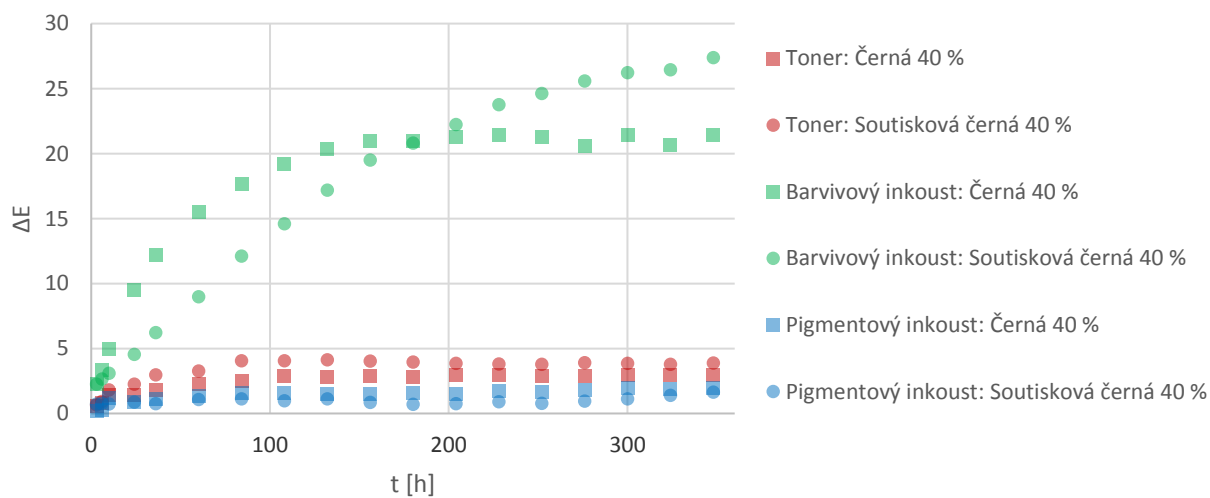


**Obrázek 10** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  azurové, purpurové a černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro pigmentový inkoust

Z toho důvodu, že černá barva tištěná digitálním tiskem většinou obsahuje i azurovou, purpurovou a žlutou barvu, byly zkoumány vzorky vytištěné jak samotnou černou barvou, tak soutiskem všech procesních barev. Vzorky byly porovnány a z Obrázků 11 a 12 vyplývá, že rozdíl ve světlostálosti mezi nimi není příliš patrný. Prakticky stejné výsledky dosáhly plné plochy černé i soutiskové černé barvy. O něco větší rozdíly byly naměřeny v polích s tónovou hodnotou 40 % (viz Obrázek 12). Tyto rozdíly v barvové odchylce se však pohybovali maximálně do  $\Delta E$  2. Významně se lišila světlostálost černé barvy tištěné barvivovým inkoustem, kde barvová odchylka na konci testu dosáhla v plné ploše hodnoty  $\Delta E$  45 a 50, kdežto u pigmentových barev se pohybovala okolo  $\Delta E$  2.



**Obrázek 11** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  plných ploch černé a soutiskové černé barvy v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro různé typy tiskových barev

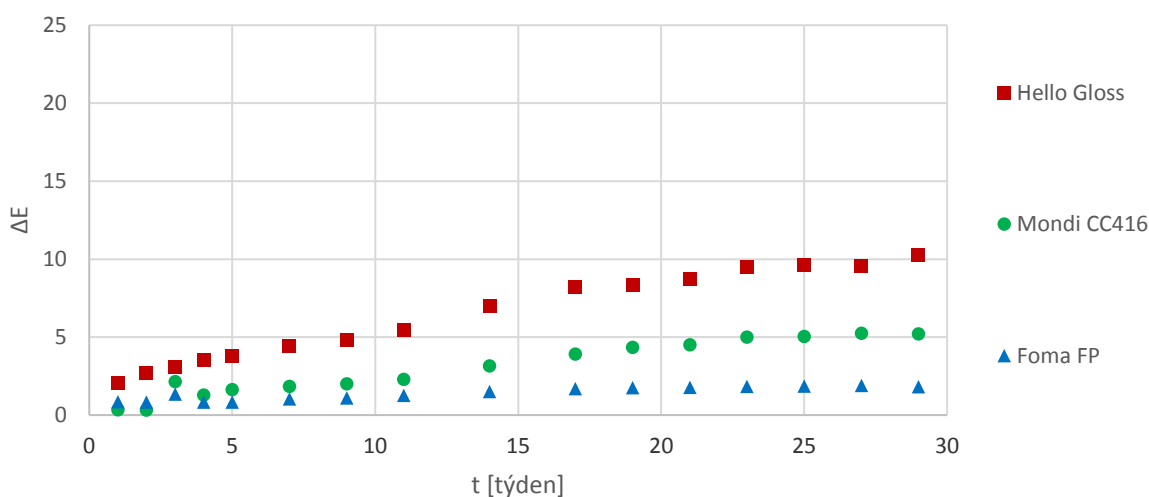


**Obrázek 12** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  černé a soutiskové černé barvy s tónovou hodnotou 40 % v závislosti na době expozice v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B pro různé typy tiskových barev

### 3.3 Přirozené stárnutí vzorků v interiéru za oknem

Druhou metodou použitou pro studium světlostálosti tiskových barev byla metoda přirozeného stárnutí v interiéru. Při tomto testu byly vzorky umístěny v interiéru za okenním sklem, kde byla vysoká intenzita slunečního záření (viz Tabulka 6). Doba testu byla 29 týdnů.

Jako v předchozím případě, byly proměřovány hodnoty barvové odchylky nepotištěného papíru. Hodnoty (Obrázek 13) byly podobné jako u měření v zařízení Q-Sun Xe-1-B. Nejlepší světlostálost jevil fotografický papír Foma FP s barvovou odchylkou  $\Delta E$  2. V akceptovatelném rozmezí barvové odchylky byl i xerografický papír Mondi CC416 ( $\Delta E$  5). Naopak nejhorší světlostálost měl papír Hello Gloss ( $\Delta E$  10) použitý pro ofsetové barvy. Na Obrázcích 14 až 17 jsou znázorněny hodnoty barvové odchylky pro jednotlivé tiskové barvy.



**Obrázek 13** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  různých typů papíru v závislosti na době expozice denním světlem

V tomto případě se žluté barvy chovaly jinak, než v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B. Hodnoty jejich barvových odchylek se již tak významně nelišily od ostatních barev (kromě ofsetových tiskových barev a pigmentového inkoustu), z toho důvodu je žlutá barva uvedena v jednotlivých obrázcích s ostatními barvami.

Na Obrázku 14 jsou uvedeny hodnoty barvové odchylky procesních barev vytištěné ofsetovými barvami. U těchto barev se hodnoty barvové odchylky žluté barvy v plné ( $\Delta E$  42) i polotónové ( $\Delta E$  16) ploše výrazně lišily od ostatních barev. Z ostatních barev nejlepší světlostálost vykazaly barvy v plné ploše, azurová ( $\Delta E$  6), purpurová ( $\Delta E$  4) a černá ( $\Delta E$  1). Nejhorší světlostálost měly barvy v polotónové ploše, což mohlo být opět způsobeno vysokou

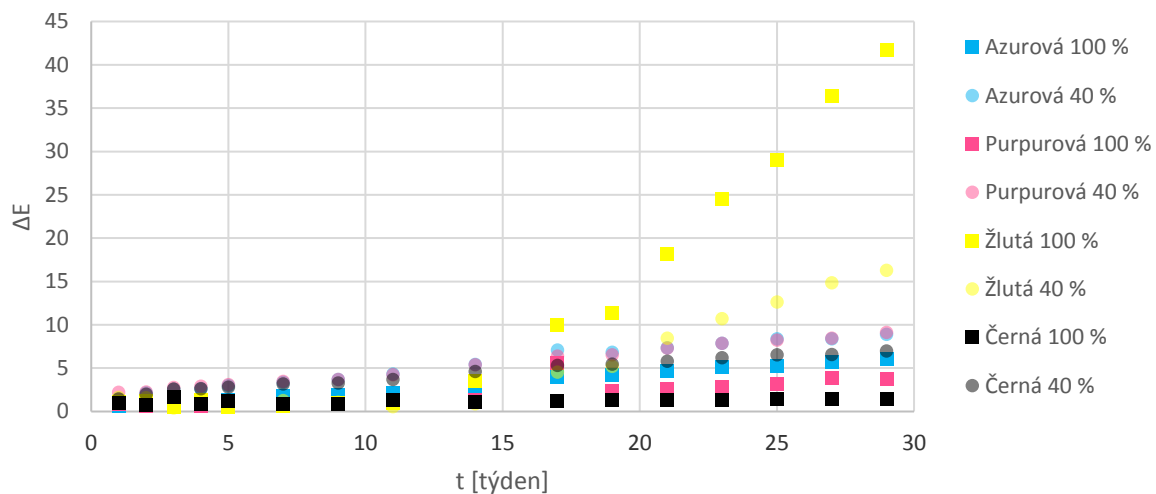
hodnotou barvové odchylky papíru Hello Gloss, který byl použit pro tisk vzorků ( $\Delta E$  10). Z polotónových ploch měla nejhorší světlostálost žlutá ( $\Delta E$  16), azurová ( $\Delta E$  9) a purpurová ( $\Delta E$  9) barva. Nejlépe dopadla barva černá ( $\Delta E$  7).

Hodnoty barvové odchylky pro toner jsou znázorněny na Obrázku 15. Na počátku testu byly hodnoty velmi podobné, což se začalo měnit po 5. týdnu měření, kdy u všech barev, kromě černé, začala barvová odchylka výrazněji stoupat. Výjimku tvoří pouze 17. týden, kdy byly hodnoty azurové v polotónové ploše, purpurové v plné ploše a žluté v plné i polotónové ploše zřetelně vychýleny. To mohlo být způsobeno chybou měření. Nejnižší hodnoty barvové odchylky měla černá barva jak v plné ( $\Delta E$  0,5) tak v polotónové ploše ( $\Delta E$  2). Nejvyšší hodnoty měly azurová ( $\Delta E$  7,5) a purpurová ( $\Delta E$  4,5) barva v polotónové ploše.

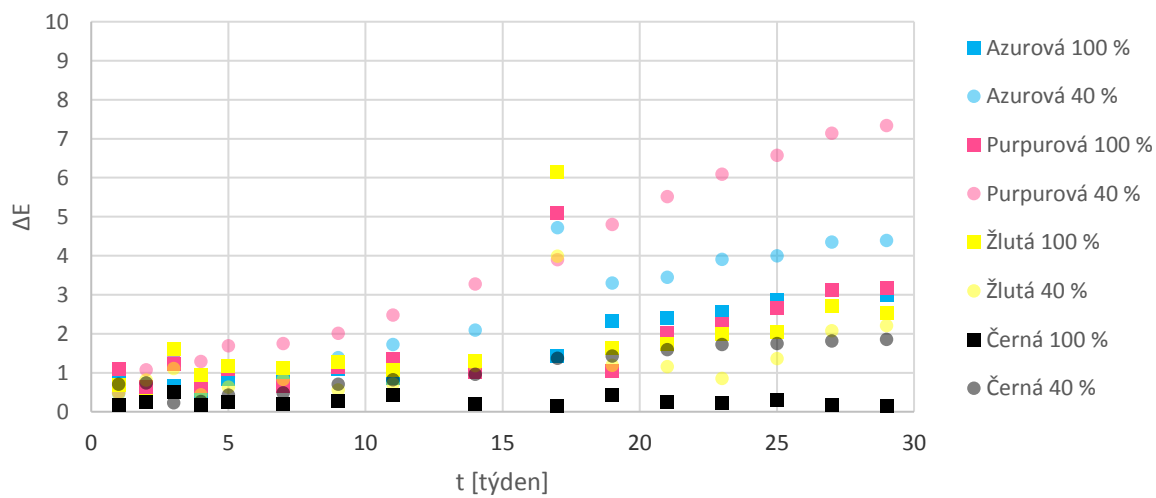
Na Obrázku 16 jsou znázorněny hodnoty barvové odchylky pro barvivový inkoust. Nejlepší světlostálost měla žlutá barva v plné ( $\Delta E$  4) i polotónové ploše ( $\Delta E$  6). Horší světlostálost měla purpurová barva ( $\Delta E$  10) v plné ploše a azurová barva ( $\Delta E$  10) v polotónové ploše. Nejvyšší hodnoty barvové odchylky vykazovala černá barva v plné ( $\Delta E$  20) i v polotónové ( $\Delta E$  20) ploše.

Hodnoty barvové odchylky pro pigmentový inkoust jsou znázorněny na Obrázku 17. Nejnižší hodnoty barvové odchylky byly naměřeny u purpurové ( $\Delta E$  1) a černé ( $\Delta E$  0,5) barvy v plné ploše. Naopak nejvyšší barvové odchylky, tedy horší světlostálost, byly naměřeny u žluté barvy v plné ( $\Delta E$  7,5) i polotónové ( $\Delta E$  8,5) ploše.

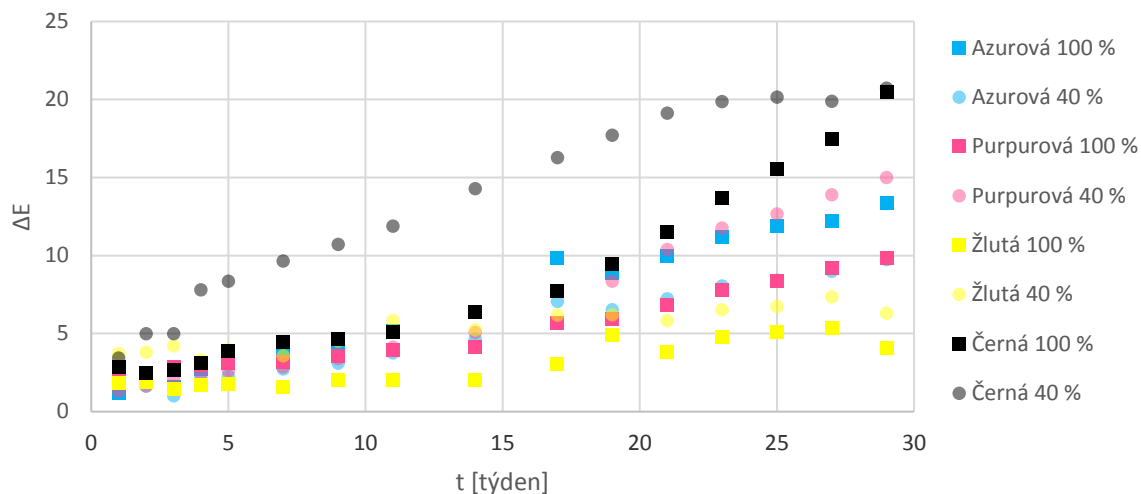
Ze všech naměřených hodnot vyplývá, že nejlepší světlostálost vykazuje toner ( $\Delta E$  do 7,5) a pigmentový inkoust ( $\Delta E$  do 8,5). O něco nižší světlostálost měly ofsetové barvy. Barvová odchylka azurové, purpurové a černé barvy měla hodnotu do 10. Nejvyšších hodnot  $\Delta E$  16 a 42 dosáhla pouze žlutá barva. Nejhorší světlostálost vykázal barvivový inkoust, kde se barvová odchylka všech barev pohybovala do 20. Ve všech obrázcích je vidět vychýlení naměřených hodnot v 17. týdnu měření a pro různé barvy. To bylo nejspíše způsobeno chybou měření.



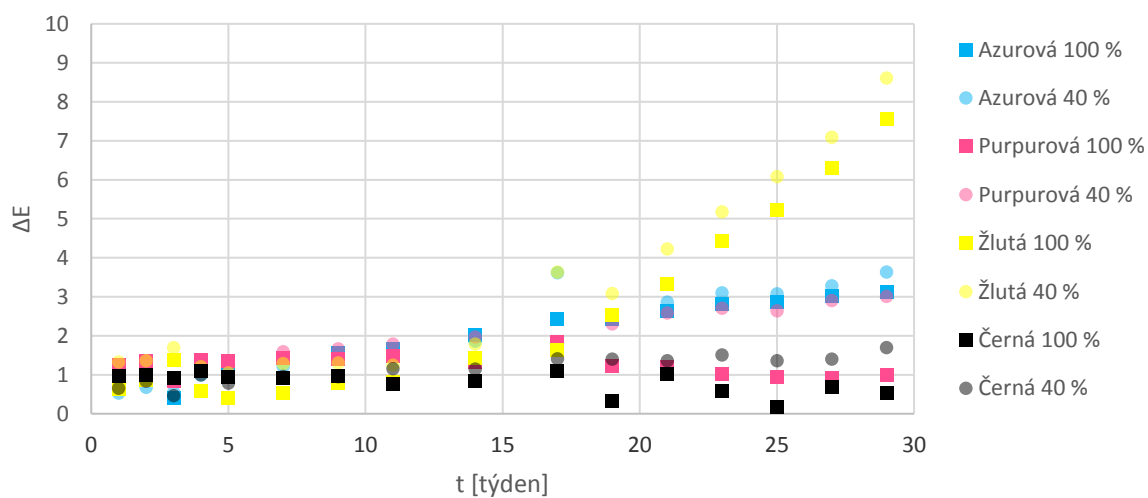
**Obrázek 14** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro ofsetové barvy



**Obrázek 15** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro toner



**Obrázek 16** Porovnání barvé odchytky  $\Delta E$  procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro barvivový inkoust

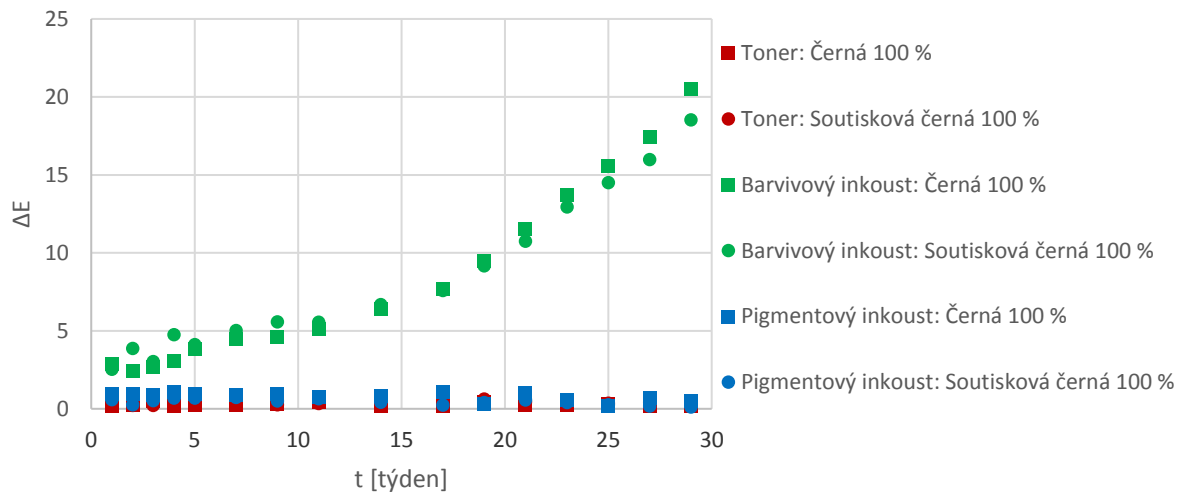


**Obrázek 17** Porovnání barvé odchytky  $\Delta E$  procesních barev v závislosti na době expozice denním světlem pro pigmentový inkoust

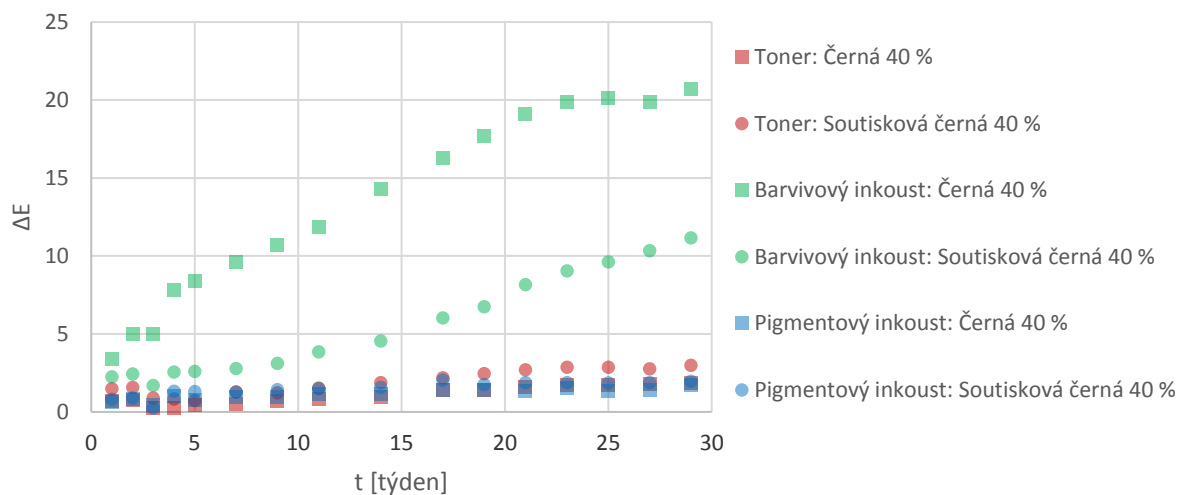
Na Obrázcích 18 a 19 jsou znázorněny hodnoty barvé odchytky černé a soutiskové černé barvy jak v plné, tak v polotónové ploše pro všechny tiskové barvy. Kromě barvivového inkoustu, byly hodnoty v plné ( $\Delta E$  0,5) i polotónové ( $\Delta E$  2,5) ploše velice podobné. Hodnoty barvé odchytky černé a soutiskové černé se od ostatních barev významně nelišily. Nejhorší



světlostálost vykázal barvivový inkoust pro černou i soutiskovou černou, a to jak v plných ( $\Delta E$  do 21), tak i v polotónových ( $\Delta E$  do 21) plochách.



**Obrázek 18** Porovnání barvové odchytky  $\Delta E$  plných ploch černé a soutiskové černé barvy v závislosti na době expozice denním světlem pro různé typy tiskových barev



**Obrázek 19** Porovnání barvové odchytky  $\Delta E$  černé a soutiskové černé barvy s tónovou hodnotou 40 % v závislosti na době expozice denním světlem pro různé typy tiskových barev

### 3.4 Porovnání urychleného a přirozeného stárnutí vzorků

Na Obrázcích 20–23 je znázorněno porovnání barvových odchylek přirozeného a urychleného stárnutí pro všechny druhy tiskových barev. Jsou porovnávány jen hodnoty barev v plné ploše. V každém obrázku jsou porovnány hodnoty barvové odchylky po 29 týdnech jednotlivých tiskových barev a k nim jsou přidány vybrané hodnoty barvové odchylky naměřené v průběhu urychleného stárnutí, které se těmto hodnotám nejvíce blížily.

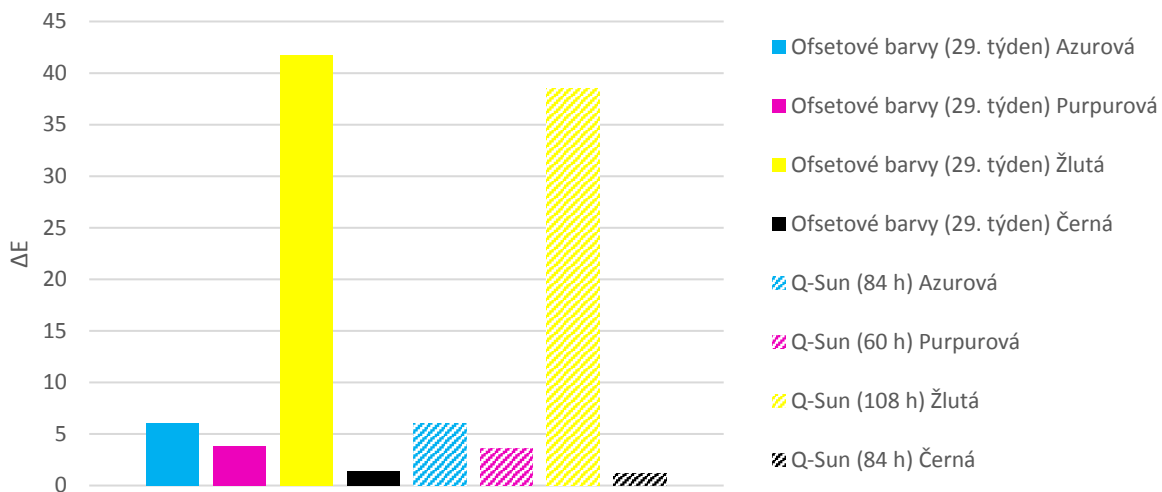
Na Obrázku 20 jsou porovnány hodnoty barvové odchylky pro ofsetové barvy. Azurová (přirozené stárnutí  $\Delta E$  6,1; Q-Sun  $\Delta E$  6,1) a černá (přirozené stárnutí  $\Delta E$  1,4; Q-Sun  $\Delta E$  1,2) barva měly shodné barvové odchylky po 84 h testu v zařízení Q-Sun Xe-1-B. Purpurová barva (přirozené stárnutí  $\Delta E$  3,8; Q-Sun  $\Delta E$  3,6) dosáhla podobné barvové odchylky již po 60 h urychleného stárnutí. Naopak za nejdelší dobu, po 108 h, dosáhla podobné barvové odchylky žlutá barva (přirozené stárnutí  $\Delta E$  41,8; Q-Sun  $\Delta E$  38,5).

Hodnoty barvových odchylek pro toner jsou uvedeny na Obrázku 21. Už po 60 hodinách urychleného stárnutí dosáhla podobné hodnoty barvové odchylky azurová barva (přirozené stárnutí  $\Delta E$  3; Q-Sun  $\Delta E$  3,1). Žlutá (přirozené stárnutí  $\Delta E$  2,5; Q-Sun  $\Delta E$  2,5) a černá (přirozené stárnutí  $\Delta E$  0,2; Q-Sun  $\Delta E$  0,1) barva dosáhly shody po 84 h v testovací komoře. Po 108 h dosáhla shody purpurová barva (přirozené stárnutí  $\Delta E$  3,2; Q-Sun  $\Delta E$  3,1).

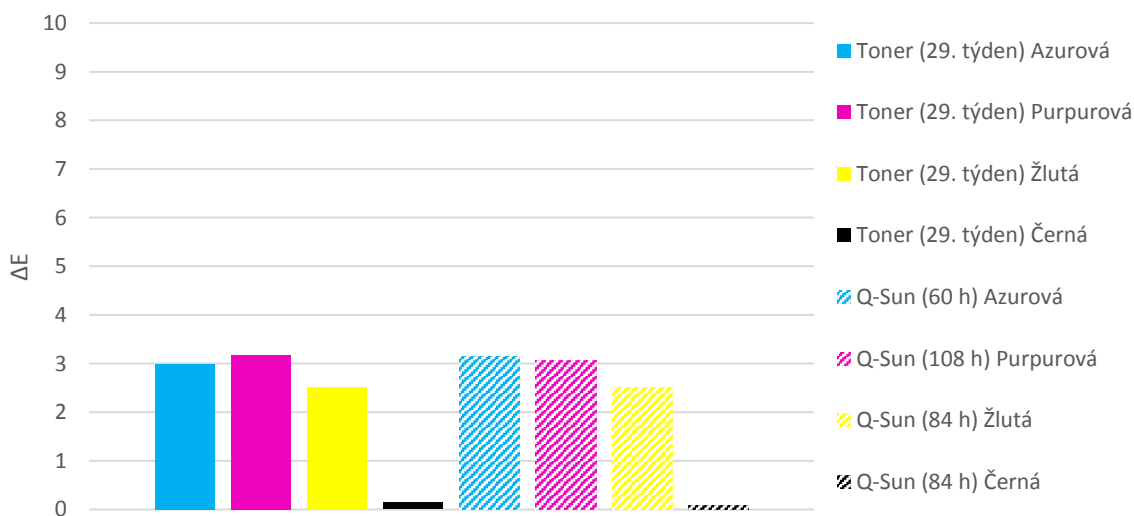
Hodnoty barvových odchylek pro barvivový inkoust jsou uvedeny na Obrázku 22. V tomto případě dosáhla po 60 h urychleného stárnutí podobné barvové odchylky žlutá barva (přirozené stárnutí  $\Delta E$  4,1; Q-Sun  $\Delta E$  4,5). Po 84 h měly podobnou barvovou odchylku barvy azurová (přirozené stárnutí  $\Delta E$  13,3; Q-Sun  $\Delta E$  14,6) a purpurová (přirozené stárnutí  $\Delta E$  9,9; Q-Sun  $\Delta E$  10). Černá barva dosáhla shody hodnoty barvové odchylky (přirozené stárnutí  $\Delta E$  20,5; Q-Sun  $\Delta E$  21) až po 180 h testu.

Na Obrázku 22 jsou uvedeny hodnoty barvových odchylek pigmentového inkoustu. Nejdříve dosáhla shody černá barva (přirozené stárnutí  $\Delta E$  0,5; Q-Sun  $\Delta E$  0,5) po 84 h. Po 132 hodinách pak žlutá barva (přirozené stárnutí  $\Delta E$  7,6; Q-Sun  $\Delta E$  7,1). Nejdelší čas urychleného stárnutí vyžadovaly azurová (přirozené stárnutí  $\Delta E$  3,1; Q-Sun  $\Delta E$  3,1) a purpurová (přirozené stárnutí  $\Delta E$  1; Q-Sun  $\Delta E$  0,9) barva, a to 156 h testu.

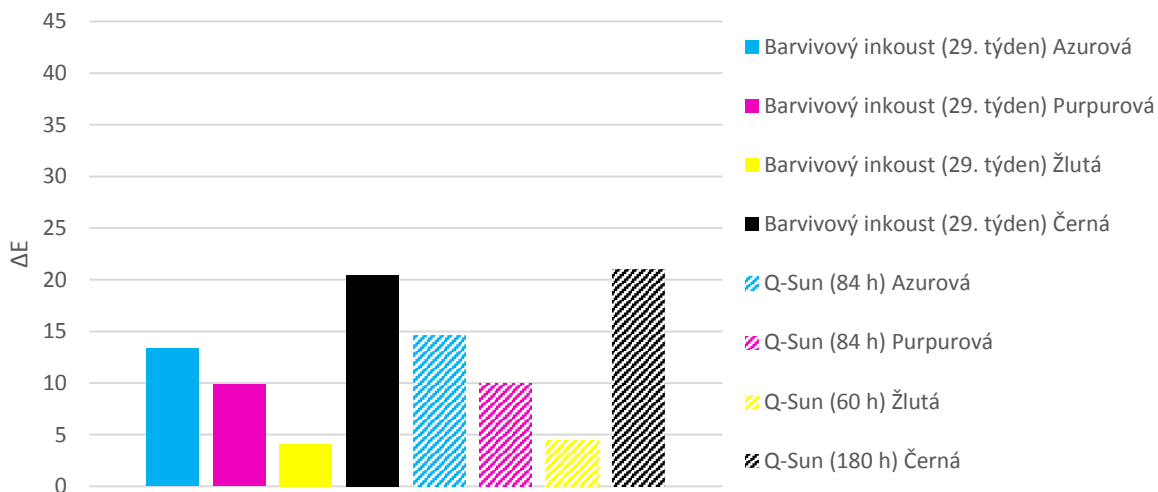
Nejčastější shody přirozeného stárnutí (29. týdnů) a urychleného stárnutí bylo dosaženo po 84 h testu (44 % vzorků s tónovou hodnotou 100 %). Průměrně bylo dosaženo pro všechny barvy podobné barvové odchylky po 102 hodinách urychleného stárnutí.



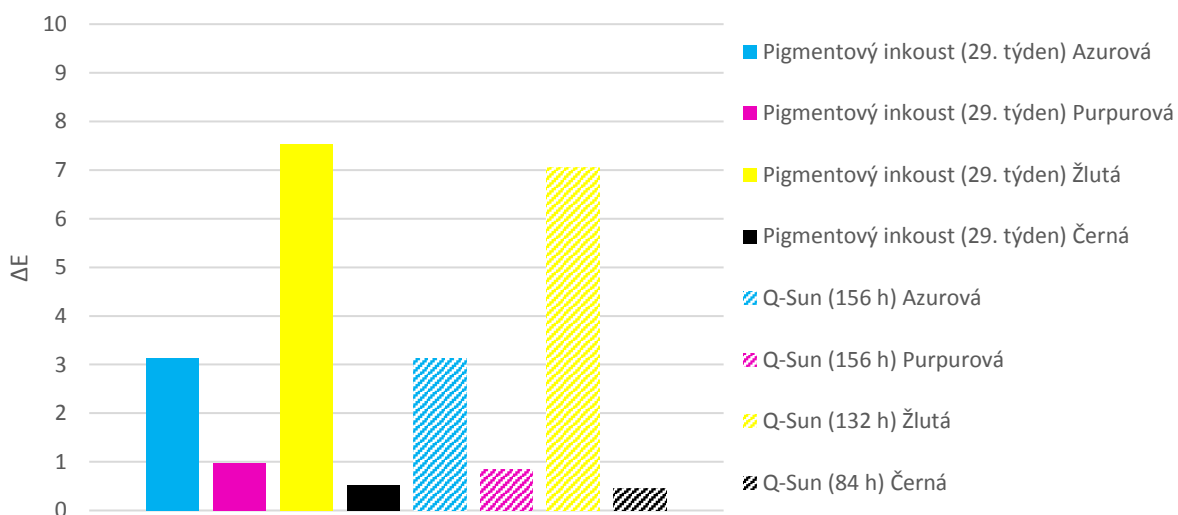
**Obrázek 20** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro ofsetové barvy



**Obrázek 21** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro toner



**Obrázek 22** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro barvivo inkoust



**Obrázek 23** Porovnání barvové odchylky  $\Delta E$  procesních barev v plné ploše přirozeného a urychleného stárnutí pro pigmentový inkoust

### **3.4.1 Fotodokumentace**

Série vzorků pro urychlené a přirozené stárnutí byly vyfoceny před a po ukončení testu. Na Obrázku 24 jsou porovnány pouze vzorky procesních barev s tónovou hodnotou 100 %. U toneru, barvivového a pigmentového inkoustu jsou navíc přidány (v každé řadě vpravo) i vzorky černé (tištěné ve stupních šedi). Jak lze vidět z Obrázku 24, nejhůře dopadl barvivový inkoust při urychleném stárnutí. Velice dobrou světlostálost jevil toner.

Vzorky s tónovou hodnotou 40 % jsou zobrazeny na Obrázku 25. Rozmístění barev je stejné jako na Obrázku 24. Lze vidět, že velice špatnou světlostálost opět projevil barvivový inkoust. Dobrou světlostálost projevil toner a pigmentový inkoust.

**Ofsetové barvy**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



Po skončení testu v interiéru



**Toner**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



Po skončení testu v interiéru



**Barvivový inkoust**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



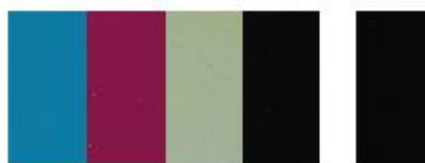
Po skončení testu v interiéru



**Pigmentový inkoust**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



Po skončení testu v interiéru



*Obrázek 24 Porovnání vzorků v plné ploše před a po ukončení experimentu*

**Ofsetové barvy**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



Po skončení testu v interiéru



**Toner**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



Po skončení testu v interiéru



**Barvivový inkoust**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



Po skončení testu v interiéru



**Pigmentový inkoust**  
Před započítím testu



Po skončení testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B



Po skončení testu v interiéru



*Obrázek 25 Porovnání vzorků v ploše s tónovou hodnotou 40 % před a po ukončení experimentu*

## 4 ZÁVĚR

Pro studium světlostálosti 4 sad tiskových barev bylo využito dvou metod, a to metody urychleného a přirozeného stárnutí. Cílem bylo porovnat výsledky obou metod a stanovit přibližný poměr mezi měřením přirozeným a urychleným stárnutím. Při přirozeném stárnutí byly vzorky umístěny za okenním sklem orientovaném jihovýchodním směrem a test trval od listopadu 2016 do května 2017. Pro metodu urychleného stárnutí byla použita testovací komora Q-Sun Xe-1-B s filtrem simulujícím osvětlení v interiéru, nastavenou teplotou černého panelu 60 °C a intenzitou ozáření 1,1 W/m<sup>2</sup> při 420 nm.

Z testování metodou urychleného i přirozeného stárnutí vyplývá, že nejlepší světlostálost mají pigmentové inkousty Epson UltraChrome K3 a tonery Konica Minolta A045. O něco hůře vyšli ofsetové barvy T&K Toka řady Bestack Process. Jako nejméně světlostálé se jevíly barvivové inkousty EPSON T664X. To je způsobeno tím, že pigmenty, jako barvotvorná složka, jsou mnohem více světlostálé než barviva. Žlutá barva měla barvivovou odchylku výrazně vyšší (zejména u testování pomocí urychleného stárnutí) než ostatní procesní barvy. To mohlo být způsobeno citlivostí na vyšší teplotu, protože teplota v místnosti, kde byly testovány vzorky přirozenou metodou stárnutí byla nižší než teplota vzduchu (přibližně 43 °C) v testovací komoře při nastavené teplotě černého panelu 60 °C. Výjimku v případě žluté barvy tvořil pouze barvivový inkoust, kde měla tato barva z procesních barev nejlepší světlostálost.

Test urychleného stárnutí trval 348 h a test přirozeného stárnutí 29 týdnů. Nejlepší shody pro všechny barvy bylo dosaženo průměrně po 102 h testu. Dá se tedy říci, že 1 hodina testu v testovací komoře Q-Sun Xe-1-B při výše uvedeném nastavení se přibližně rovná 14 hodinám působení denního světla za okenním sklem. Pro lepší simulaci by však bylo potřeba provádět test metodou přirozeného stárnutí po celý rok, aby v testu byly zahrnuty také zejména letní měsíce, kdy je počet slunečných dní vyšší než v ostatních částech roku, což by uvedený poměr snížilo.

Také je třeba dodat, že přesné srovnání těchto dvou metod není možné, a to především z toho důvodu, že testy probíhají zejména různou dobu za rozdílných podmínek (zejména intenzita ozáření a vyšší teplota). Proto výsledky urychleného stárnutí předpovídají obecně delší životnost tiskoviny než metody přirozeného stárnutí. Navíc na tiskovinu v exteriéru a interiéru působí rozdílná vlhkost a polutanty ve vzduchu.



## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KAPLANOVÁ, M. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [2] MIZES, H.; D. HAYS a N. GOODMAN. Electrophotography Overview. *Society for Imaging Science and Technology* [online]. Springfield: IS&T Staff, 2015 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z:  
[http://www.imaging.org/site/IST/Resources/Imaging\\_Tutorials/Electrophotography\\_Overview/IST/Resources/Tutorials/Xerography.aspx?hkey=fcba9c09-db7e-45f1-b80e-fa3bc182cb49](http://www.imaging.org/site/IST/Resources/Imaging_Tutorials/Electrophotography_Overview/IST/Resources/Tutorials/Xerography.aspx?hkey=fcba9c09-db7e-45f1-b80e-fa3bc182cb49)
- [3] SHEIN, L. B. The six steps of electrophotographic process. *Springer Static Content Server* [online]. Berlin: Springer-Verlag, 1988 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [https://static-content.springer.com/lookinside/chp%3A10.1007%2F978-3-642-97085-6\\_2/000.png](https://static-content.springer.com/lookinside/chp%3A10.1007%2F978-3-642-97085-6_2/000.png)
- [4] CALVERT, P. Inkjet Printing for Materials and Devices. *Chemistry of Materials* [online]. 2001, **13**(10) [cit. 2017-03-22]. Dostupné z:  
<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/cm0101632>
- [5] KIPPHAN, H. *Handbook of print media: technologies and production methods*. New York: Springer, 2001. ISBN 978-3-540-67326-2.
- [6] Hue, P. Le. Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology. *Journal of Imaging Science and Technology* [online]. 1998, **42**(1) [cit. 2017-03-27]. Dostupné z:  
[http://www.dcu.ie/~ducreeje/myfluidix/Materials/08\\_Ink-Jet.pdf](http://www.dcu.ie/~ducreeje/myfluidix/Materials/08_Ink-Jet.pdf)
- [7] CHAVAN, R. B. Digital Printing Technologies: Department Of Textile Technology. *SlideShare* [online]. New Delhi: Indian Institute of Technology, 2003 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/nega2002/3-digital-printing-technologies>
- [8] THOMA, P. Je budoucnost tisku inkjetová? *Svět tisku* [online]. 2004 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=7017&buxus\\_svetisku=](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=7017&buxus_svetisku=)
- [9] PANÁK, J. *Polygrafické minimum*. 3. vydání. Bratislava: TYPOSET, 2008. ISBN 978-80-970069-0-7.
- [10] Rozdělení tiskových barev: Tiskové barvy pro jednotlivé tiskové techniky. *ELUC* [online]. Olomouc: MŠMT, 2014 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:  
<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1781>

- [11] KUBÁT, V. Tiskové barvy. *RUCH* [online]. Liberec: Tiskárna RUCH, 2013 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z:  
<http://www.ruch.cz/admin/fckeditor/userfiles/file/tiskove%20barvy%20tiskarna%20ruch.pdf>
- [12] DOLEŽAL, I. Digitální inkousty a jejich použití. *Svět tisku* [online]., 2005, (1) [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:  
[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=1121&buxus\\_svettisku=](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=1121&buxus_svettisku=)
- [13] Přehled a dělení papíru. *Grafika* [online]. 1999, (6) [cit. 2017-04-18]. Dostupné z:  
<http://www.grafika.cz/rubriky/polygrafie/prehled-a-deleni-papiru-126993cz>
- [14] Přehled a dělení papírů. *ELUC* [online]. Olomouc, 2005 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z:  
<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2543>
- [15] Dělení papíru. *AMOSREPRO* [online]. Ostrava: 2014 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z:  
<http://www.amosrepro.cz/polygraficke-informace/deleni-papiru/deleni-papiru.html>
- [16] DZIK, P. Média pro inkoustový tisk: bariérové fotopapíry. *ChemPoint* [online]. Brno: Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, 2008 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z:  
<http://www.chempoint.cz/media-pro-inkoustovy-tisk-barierove-fotopapiry>
- [17] DZIK, P. Problematika archivní stálosti inkoustového tisku. *Paladix* [online]. Brno, 2009 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <https://www.paladix.cz/clanky/problematika-archivni-stalosti-inkoustoveho-tisku.html>
- [18] PADFIELD, T.; LANDI, S. The Light-fastness of the Natural Dyes. *Studies in Conversation* [online]. 1966, 1(4), 180–198 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z:  
<http://www.conservationphysics.org/fading/fade.pdf>
- [19] Světlostálost transparentních povrchových úprav. *Meteorologická stanice Maruška* [online]. Hostýnské vrchy: 2007 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z:  
[http://maruska.ordoz.com/vyzkum/vliv\\_prostredi\\_na\\_svetlostalost](http://maruska.ordoz.com/vyzkum/vliv_prostredi_na_svetlostalost)
- [20] NOVÁK, I. Účinky elektromagnetického pole. *Tzbinfo* [online]. Praha: MBA, 2015 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/13319-ucinky-elektromagnetickeho-pole-na-lidsky-organismus>
- [21] SHAPLEY, P. Light and the Electromagnetic Spectrum. *Butane.chem.uiuc.edu* [online]. University of Illinois, 2012 [cit. 2017-07-01]. Dostupné z:  
<http://butane.chem.uiuc.edu/pshapley/GenChem2/A3/3.html>

- [22] BARTOŠOVÁ, M. Jablonského diagram. [online]. Brno: DOCPLAYER, 2016 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/2109523-Spektroskopicke-metody-prevazne-ve-viditelne-ultrafialove-a-blizke-infracervene-oblasti.html>
- [23] MOELLER, S.; KAUMKOETTER, D.; SCHMIDT, W. PAPIER, Gerd A Review of the Evolution of InkJet Print Durability Against Environmental Gases. *Ingenta* [online]. London: Ingenta, 2007, S755–758 [cit. 2017-06-04]. Dostupné z: <http://www.ingentaconnect.com/content/ist/nipdf/2007/00002007/00000002/art00059#expand/collapse>
- [24] BREZOVA, V.; VRECKOVA, Z.; DVORANOVA, D. A new approach to inkjet prints lightfastness evaluation. *Chemické listy* [online]. 2008, 102, 983–985 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008\\_15\\_s983-s1071.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_15_s983-s1071.pdf)
- [25] Světlostálost UV barev. *UV Star* [online]. Praha, 1998 [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <https://www.uvstar.cz/vice-o-tisku/svetlostalost-uv-barev/>
- [26] KALINA, J. Přehled délky slunečního svitu po letech v hodinách. *Meteo Jirkalina* [online]. 2006 [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <http://meteo-jirkalina.com/wx38.php>
- [27] BERANOVSKÝ, Jiří. *Alternativní energie pro váš dům*. 2. aktual. vydání. Era, 2004. ISBN 9788086517599.
- [28] Outdoor Weathering: Basic Exposure Procedures. *Q-Lab* [online]. Florida, 2011 [cit. 2017-07-05]. Dostupné z: <https://www.q-lab.com/documents/public/2058b034-a8c2-4d8b-831b-6fe949c9053e.pdf>
- [29] Q-Trac Natural Sunlight Concentrator: Accelerated Natural Outdoor Exposures. *Labomat* [online]. France, 2006 [cit. 2017-07-05]. Dostupné z: [http://www.labomat.eu/document/docGB/06DA\\_QTrac\\_A.pdf](http://www.labomat.eu/document/docGB/06DA_QTrac_A.pdf)
- [30] A Comparison of Two Effective Approaches to Accelerated Weathering & Light Stability Testing. *Q-LAB* [online]. Florida: Q-Lab Corporation, 2003 [cit. 2017-06-04]. Dostupné z: <https://www.q-lab.com/documents/public/e9cd0ed7-86fa-4e1f-bed5-af90d81e53e3.pdf>

- [31] Durability. *PRA* [online]. United Kingdom: PRA World, 2016 [cit. 2017-06-04]. Dostupné z: <http://www.pra-world.com/technical-services-from-pra/independent-testing/durability>
- [32] KÁČEROVÁ S. *Urychlené stárnutí inkoustového tisku*. Brno, 2008. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně
- [33] DZIK, P. Nová metoda pro hodnocení světlostálosti. *ChemPoint* [online]. Brno, 2015 [cit. 2017-06-25]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/data/files/nova-metoda-pro-hodnoceni-svutlostalosti-121.pdf>
- [34] Polly Performer 266. *Machinery Europe* [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: [http://www.machineryeurope.com/machine/polly-performer-266\\_](http://www.machineryeurope.com/machine/polly-performer-266_)
- [35] Specifikace Konica Minolta bizhub C3100P. *Konica Minolta* [online]. 2017KonicaMinoltaBusinessSolutionsCzechspol. [cit. 2017-06-28]. Dostupné z: <https://www.konicaminolta.cz/cs/hlavni-stranka/produkty/kancelarsky-tisk/seznam-stroju/cernobile-barevne-tiskarny/bizhub-c3100p/specifikace.html>
- [36] Epson Stylus Pro 4880: Datový list. *Epson* [online]. Japonsko, 2006 [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <https://www.epson.cz/products/printers/large-format-printers/epson-stylus-pro-4880>
- [37] Epson L110: Datový list. *Epson* [online]. Japonsko, 2008 [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <https://www.epson.cz/products/printers/inkjet-printers/consumer/epson-l110>
- [38] Q-Sun Xe-1 Xenon Test Chamber. *Q-Lab* [online]. Florida, 2003 [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <http://www.q-lab.com/products/q-sun-xenon-arc-test-chambers/q-sun-xe-1>
- [39] 530 SpectroDensitometer. *X-Rite* [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: [https://xritephoto.com/product\\_overview.aspx?ID=157](https://xritephoto.com/product_overview.aspx?ID=157)
- [40] Digitální luxmetr Lutron LX-103 / LX-105. *Micronix* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-06-28]. Dostupné z: <http://eshop.micronix.cz/data/cz/att/002/397-1875.pdf>