



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV FYZIKÁLNÍ A SPOTŘEBNÍ CHEMIE

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF PHYSICAL AND APPLIED CHEMISTRY

STÁRNUTÍ FOTOGRAFIÍ ÚČINKEM SVĚTLA A POLUTANTŮ

FASTNESS OF PHOTOGRAPHS EXPOSED TO LIGHT AND POLLUTANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

KLÁRA PASEČNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL VESELÝ, CSc.

BRNO 2009



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0267/2008** Akademický rok: **2008/2009**
Ústav: Ústav fyzikální a spotřební chemie
Student(ka): **Klára Pasečná**
Studijní program: Chemie a chemické technologie (B2801)
Studijní obor: Spotřební chemie (2806R002)
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Veselý, CSc.**
Konzultanti bakalářské práce:

Název bakalářské práce:

Stárnutí fotografií účinkem světla a polutantů

Zadání bakalářské práce:

1. Prostudujte metody urychleného stárnutí fotografií,
2. Prostudujte mechanismy degradace barviv v přijímací vrstvě fotografií účinkem záření i polutantů.
3. Připravte testovací škálu pro experimentální studium urychleného stárnutí fotografií.

Termín odevzdání bakalářské práce: 29.5.2009

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Klára Pasečná
Student(ka)

doc. Ing. Michal Veselý, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Miloslav Pekař, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2008

doc. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá studiem obecných vlivů světla a polutantů (především ozónu) na inkoustový tisk. V teoretické části jsou popsány základní principy způsobů tisku, tiskových materiálů a některých způsoby degradace inkoustových výtisků. V experimentální části byly proměřovány specifické kolorimetrické veličiny testovacího obrazce, které byly prováděny v komoře pro vývoj ozónu a v zařízení pro urychlené stárnutí světlem a teplem (xenotest). Důležitým poznatkem je zjištění, že vliv ozónu na testovaný pigmentový inkoust je oproti UV záření výrazně menší. Nejvíce náchylný k degradaci zářením i ozónem pak byl žlutý inkoust.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with a study of general influences of light and pollutants (mainly ozone) on ink printing. The theoretical part describes the basic principles of printing means, printing materials and some ways of ink print degradation. The experimental part focused on measuring specific coulometric quantities of a test pattern, which was done in the chamber for ozone development and the accelerated weathering device using light and heat (xenotest). An important finding from this study is that the influence of ozone on tested pigment ink is much smaller than the one of UV radiation. The most susceptible to degradation by radiation and ozone was yellow ink.

KLÍČOVÁ SLOVA

Urychlené stárnutí, fotografie, polutant, inkoustový tisk.

KEY WORDS

Accelerated ageing, photography, pollutant, inkjet printing.

PASEČNÁ, K. Stárnutí fotografií účinkem světla a polutantů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 30 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Veselý, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

podpis studenta

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Michalu Veselému, CSc., Ing. Petru Dzikovi, Ph.D. a Ing. Jiřímu Stančíkovi za jejich vstřícnost a cenné rady.

Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří se mnou sdíleli své zkušenosti a bez jejichž účasti by tato práce nemohla vzniknout.

OBSAH

1 ÚVOD.....	6
2 TEORETICKÁ ČÁST	7
2.1 Inkoustový tisk.....	7
2.1.1 Drop on demand vs. Kontinuální inkoustový tisk	7
2.1.2 Termální inkoustový tisk	7
2.1.3 Piezoelektrický inkoustový tisk.....	8
2.1.4 Voskové inkoustové tiskárny	9
2.2 Inkoust.....	9
2.3 Nosné podložky	10
2.4 Přijímací vrstvy	10
2.4.1 Bobtnající vrstvy	11
2.4.2 Mikroporézní vrstvy	12
2.4.3 Konvenční cast-coated vrstvy.....	13
2.5 Vliv vnějšího prostředí na archivní stálost inkoustových tisků	13
2.5.1 Vliv světla – světlostálost	13
2.5.2 Katalytické blednutí.....	13
2.5.3 Vliv tepla	14
2.5.4 Vliv vlhkosti – vlhkostálost.....	14
2.5.5 Vliv vody – vodostálost.....	16
2.5.6 Vliv ovzduší, především ozónu	16
2.6 Metody testování urychleného stárnutí	17
2.7 Určení rozdílu barev	18
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	19
3.1 Zařízení a vybavení laboratoře.....	19
3.2 Použité pigmentové inkousty	19
3.3 Použitý software.....	19
3.4 Vzorky pro urychlené stárnutí	19
3.5 Degradace ozónem.....	20
3.6 Degradace UV zářením a teplem	21
3.7 Měření degradace inkoustových tisků	21
3.8 Vyhodnocování degradace inkoustového tisku	22
3.8.1 Určení rozdílu barev	22
3.8.2 Vytvoření grafů četnosti	22
3.8.3 Vytvoření map barevných odchylek.....	22
4 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	23
4.1 Vyhodnocení degradace tisku po expozici ozónem.....	23
4.2 Vyhodnocení degradace tisku UV zářením a teplem.....	24
4.3 Vyhodnocení degradace tisku ozónem, UV zářením a teplem	25
5 ZÁVĚR.....	28
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	29
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	30

1 ÚVOD

Technologie inkoustového tisku prošla v několika posledních letech zásadním vývojem. Jednoduchost tisku, bez sekundárních procesů vyvolávání a ustalování, obvyklých pro klasickou fotografii, stejně jako rychlost, nízká cena a v poslední době i vysoká kvalita jej staví do popředí zájmu u domácích, kancelářských a malotirážních uživatelů. Inkoustové tiskárny se dnes využívají v mnoha běžných situacích, jako jsou domácí kanceláře, tisk na textil, digitální tisk nebo tisk fotografií. Fotografie, vytištěné inkoustovými tiskárnami, mají obecně vysokou kvalitu a dobrou barevnou reprodukci, na druhou stranu však trpí krátkodobou stálostí obrazu. Zvláště pak, když nejsou chráněny před vodou a ultrafialovým zářením.

V současné době existují tři hlavní kategorie médií pro záznam inkoustového tisku: mikro-porézní, které zajišťují prakticky okamžité schnutí inkoustů, a média bobtnající, kdy barvivo difunduje do vzniklého gelu a média cast coated, založená na minerálním plnivu.

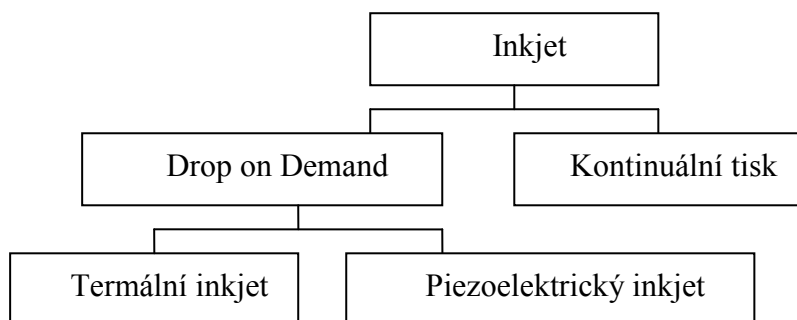
Na stabilitu inkoustových tisků má vliv např. způsob uskladnění, rozsah okolních teplot, vlhkost vzduchu i celkové světelné podmínky. Světlostálost souvisí s blednutím tiskového barviva, stejně jako s typem papíru nebo hustotou tisku. K dosažení nejlepšího výsledku je třeba kombinovat nejlepší dostupné komponenty a současně hledět na ekonomickou stránku použité technologie.

V předložené bakalářské práci se věnuji degradaci výtisků za přítomnosti ozónu, UV záření a zvýšené teploty. V první, teoretické části shrnuji dosud prozkoumanou problematiku. Druhá část je věnována vlastním experimentům s ozónem, UV zářením a teplem. V závěru předkládám výsledky, tedy že ozón má na degradaci menší vliv než UV záření, a že vždy nejvíce degraduje žlutý pigmentový inkoust.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Inkoustový tisk

Inkoustové tiskárny jsou v současnosti mezi spotřebiteli nejoblíbenějším druhem počítačových tiskáren. Tato technologie totiž nachází uplatnění jak u stolních zařízení, tak velkoformátových tiskových systémech. Opomenout přitom nelze ani průmyslové aplikace. Základní technologické cesty, které výrobci v současné době v této oblasti aplikují, shrnuje Obr. 1.



Obr. 1 Schéma dělení inkoustového tisku.

Jak je vidět z Obr. 1, existuje několik technologických směrů, kterými se vydali současní výrobci inkoustových tiskáren.

Všechna zařízení používající inkoustovou technologii tisku mají společné jedno – tisk je vytvářen pomocí mikroskopických kapiček inkoustu (objem kapek má zásadní vliv na kvalitu tisku), které jsou na potiskované médium bezkontaktně přenášeny z tiskové hlavy. A především ve způsobu, jakým je inkoust předáván na potiskované médium, se jednotlivé technologie liší.

2.1.1 Drop on demand vs. Kontinuální inkoustový tisk

Technologie, které spadají do technologické podskupiny „Drop on demand“, se vyznačují důležitou vlastností – jednotlivé kapky inkoustu jsou z tiskové hlavy vypuzovány jen tehdy, mají-li dopadnout na potiskované médium. Tzn. co kapka inkoustu, to jeden konkrétní tiskový bod.

Oproti tomu technologie kontinuálního inkoustového tisku pracují na zcela jiném principu – tiskárny vytvářejí nepřetržitý proud velkého množství kapiček inkoustu, kde vybrané kapky (určené pro vytvoření bodu na potiskovém médiu) jsou vychýleny tak, aby dopadly na potiskované médium, a ostatní kapky jsou odváděny sběrným systémem zpět do zásobníku.

Výhodou druhé zmíněné technologie je především vysoká rychlost tisku, proto je kontinuální inkoustový tisk používán především v zařízeních na velkoformátový tisk těch největších rozměrů (tj. v šíři několika metrů).

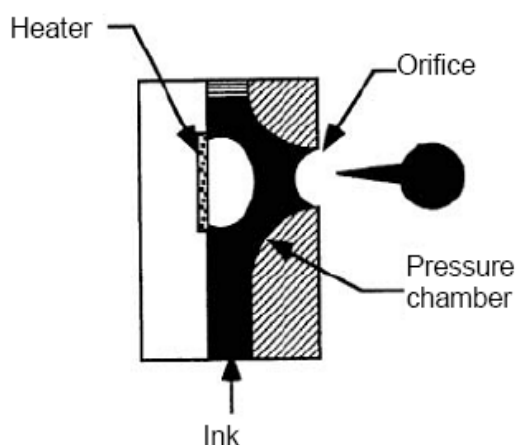
2.1.2 Termální inkoustový tisk

Termální inkoustový tisk získal své pojmenování dle procesu, jenž zajišťuje vypuzení z tiskové hlavy s řadou drobných komůrek kapky inkoustu na potiskované médium. Rychlým ohřevem vznikne v prostoru komůrky přetlak, který vystřelí kapičku z komůrky tryskou na potíštěné médium.

Prvenství v objevu a výzkumu této technologie se přisuzuje firmě Hewlett-Packard, která tento princip použila poprvé v roce 1984. Mezi další výrobce této technologie dnes patří především Canon (ten tuto technologii nazývá bubble-jet).

Dnešní tiskárny jsou typicky osazeny tiskovými hlavami s několika sty tryskami a disponují několikanásobně vyšší frekvencí vystřelování kapiček inkoustu (cca 12 kHz). Řádově se zvýšilo i rozlišení.

Pro kvalitu tisku bylo důležité i postupné zmenšování kapiček inkoustu, na dnešních cca 5 pl. Tiskové hlavy termálních systémů jsou při výrobě levnější, než dále zmiňované piezoelektrické, mají však nižší výdržnost. U stolních tiskáren jsou tak součástí přímo samotné inkoustové náplně a měněny jednoduše při samotné výměně náplně.



Obr. 2 Schéma technologie termálního inkoustového tisku¹

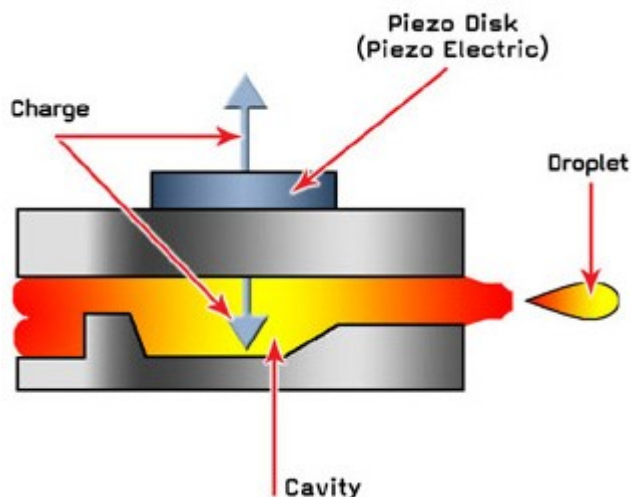
2.1.3 Piezoelektrický inkoustový tisk

Tento typ tiskáren je patentován firmou Epson. Spolu s termálním inkoustovým tiskem je piezoelektrický tisk druhou stěžejní technologií inkoustové tisku.

Podstatou piezoelektrického jevu, jenž se vyskytuje u některých krystalických látek, je tvorba elektrického náboje při stlačení. Při obráceném piezoelektrickém jevu naopak krystal mění rozměry při změně napětí. Právě tyto deformace, které mohou probíhat s frekvencí řádu desítek MHz, využívají tiskové hlavy některých zařízení.

Předností je tvorba velmi malých a konzistentních tiskových bodů skládající se s kapiček o objemu 3–5 pl, navíc jsou piezoelektrické hlavy trvanlivé. S ohledem na vyšší výrobní náklady (v porovnání s tiskovými hlavami pro termální inkoustový tisk) však tvoří pevnou součást tiskárny.

Mechanické vypuzování kapiček inkoustu pomocí obráceného piezoelektrického jevu je nezávislé na chemickém složení inkoustu. V případě exteriérových tisků je obrovskou výhodou i možnost použití pevných vosků. Mezi významné zástupce používající technologii piezoelektrického tisku v inkoustových tiskárnách patří společnost Epson.



Obr. 3 *Jednoduché schéma technologie piezoelektrického inkoustového tisku, kde inkoust je vypuzován piezoelektrickým krystalem²*

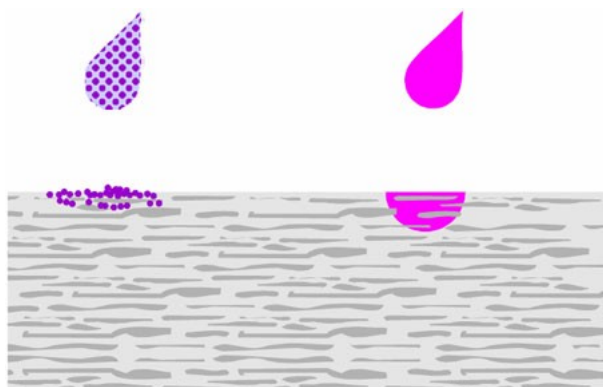
2.1.4 Voskové inkoustové tiskárny

Způsob tisku se podobá tisku termální inkoustové tiskárny, rozdíl je však v inkoustu – používán je speciální vosk (také označovaný tuhý inkoust). Tiskárny tohoto typu se liší i tím, že míchají požadovanou barvu tiskového bodu i bez nutnosti překrývání rastrů. Tisk je kvalitnější a také podání barev je živější.³

2.2 Inkoust

Inkousty založené na barvivech, tzv. dye-based inkousty, používají jako barvonosnou složku výhradně rozpustná barviva. Výsledný inkoust je tedy zcela homogenní směsí, pravým analytickým roztokem. Barviva se však vyznačují omezenou světlostalostí, na světle se rozkládají. Inkousty založené na pigmentech, tzv. pigment-based inkousty, používají jako barvonosnou složky výhradně nerozpustné pigmenty. Mikroskopické částičky nerozpustného pigmentu jsou rozptýleny v rozpouštědle a stabilizovány proti sedimentaci a koagulaci. Výsledný inkoust je tedy mikroheterogenní směsí. Pigmenty se však z principu věci vyznačují vysokou světlostalostí, která je předurčuje pro archivní tisky.

Pro barevný tisk je nutný systém barev schopný namíchat ostatní odstíny a barvy. Nejčastěji se používá systém CMYK, kterém se všechny barevné tóny kombinují pomocí čtveřice inkoustů (odtud z angličtiny azurová (Cyan), purpurová (Magenta), žlutá (Yellow) a černá (black)). Někdy je v systému ještě dodatečný zásobník (tzv. cartridge) s černým inkoustem, pro tisk odstínů černé a šedé na fotografiích. Dalším barevným systémem, který se používá v inkoustových tiskárnách, bývá šesti-inkoustový CMYKcm – zde je navíc světlejší varianta azurové a purpurové. Světlejší inkousty se používají ze dvou důvodů. Za prvé pro rozšíření barevného gamutu. Za druhé pro lepší vykreslení ve světlejších oblastech tisku tak, aby nebyly viditelné velké, od sebe vzdálené tmavé body.⁴



Obr. 4 Schéma průniku pigmentového a barvivového inkoustu do neupraveného papíru.

2.3 Nosné podložky

Nosné podložky sice nejsou v přímé interakci s inkoustem, mají však mnohem důležitější funkci než jako pouhý nosič záznamu. Kromě mechanických a optických parametrů se totiž v jejich případě klade vysoký nárok na jejich archivní stálost.

Nabídka podložek pro inkoustový tisk je analogická k podložkám pro klasickou fotografii. Dominantní roli zde hrají RC (tzv. resin coated) papíry, čili papíry oboustranně potažené vrstvičkou polyethylenu. Toto je běžná a levná podložka známá z minilabových zvětšenin i profesionálních laboratoří.

Pro extrémní požadavky na kvalitu jsou k dispozici také tiskové materiály na PES podložkách. Tyto podložky se v oblasti inkoustového tisku souhrnně nazývají „barrier type“, protože představují bariéru pro průnik inkoustu pod přijímací vrstvu.

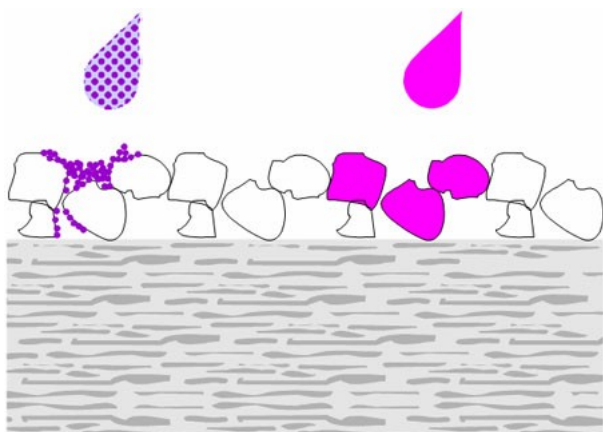
Existují také speciální bezdřevé papíry nebo papíry z hadroviny, které tvoří alternativu k FB (tzv. fiber based) podložkám. Tyto podložky nemají bariérovou funkci. Při tisku je sice barvonosná složka inkoustu zachycena především v horní přijímací vrstvě, ale pohyblivější rozpouštědlo může proniknout hlouběji do profilu papírového nosiče.

2.4 Přijímací vrstvy

Přijímací vrstvy tzv. fine-art papírů (tedy na bezdřevých nebo hadrovinových podložkách) jsou sestaveny tak, aby zachovávaly přírodní matný povrch a strukturu kvalitních papírů použitých na podložky. Vytvoření lesklého povrchu na přírodním papíru však zůstává technologickým problémem.

Matné přijímací vrstvy obsahují velmi málo polymerního pojiva a vysoké procento konvenčního minerálního plniva. Tím je zaručena kompatibilita jak s barvivovými tak pigmentovými inkousty.

V případě inertních podložek nesoucích tzv. barrier-type materiály jsou na přijímací vrstvu kladeny velmi vysoké nároky na absorpci velkého množství inkoustu. Na rozdíl od obyčejného papíru, kdy je inkoust absorbován hluboko do profilu papírového listu, v případě inertní podložky musí být veškerý inkoust fixován pouze v samotné přijímací vrstvě. Její tloušťka se v praxi pohybuje od několika do několika desítek mikrometrů.



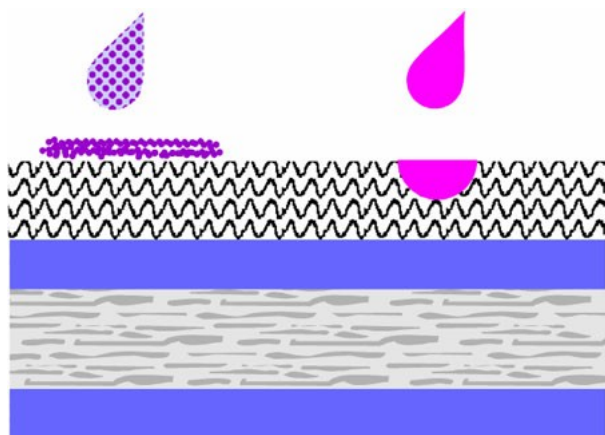
Obr. 5 Schéma průniku pigmentového a barvivového inkoustu do fine-art média tvořeného papírovou podložkou a konveční matnou přijímací vrstvou.

2.4.1 Bobtnající vrstvy

Pro tzv. dye-based inkousty se používají přijímací vrstvy na bázi hydrofilních polymerů, nejčastěji polyvinylalkoholu, často doplněného o modifikované želatiny a/nebo škroby. Tyto přijímací vrstvy se potom nazývají „swellable polymer type“ (bobtnající přijímací vrstvy). Při interakci s inkoustem dojde k nabobtnání potišťeného místa rozpouštědlem a barvivo pak difunduje do vzniklého gelu. Posléze se rozpouštědlo odpaří a výsledkem je selektivně probarvený xerogel.

Zcela zásadní vliv na kvalitu tisku mají v tomto případě povrchové síly řídicí interakce mezi kapičkami inkoustu a potiskovanou plochou, tj. stupeň smáčení. Pokud by inkoust nesmáčel dostatečně potiskovanou plochu, kapičky by se na povrchu sbalovaly a měly by tendenci ujíždět ve směru dopadu. Naopak pokud by se kapičky příliš rozestíraly po potiskovaném povrchu, docházelo by k příliš velkému nárůstu rastrového bodu. Proto musejí být povrchové vlastnosti tiskového média a inkoustu pečlivě vyladěny. To je jeden z důvodů, proč výrobci nedoporučují použití neoriginálního spotřebního materiálu. Nehledě na jejich ekonomické ztráty.

Špatné vyladění mezifázových sil mezi inkoustem a potiskovaným médiem se projevuje jevem nazvaným pooling, kdy se inkoust slévá do malých loužiček zejména ve více krytých oblastech (tmavé odstíny). Problém se řeší buď snížením rychlosti tisku, aby inkoust měl čas nabobtnat přijímací vrstvou a byl tak fixován do gelu, anebo zvýšením rychlosti průniku inkoustu. Za tímto účelem se do přijímací vrstvy přidávají anorganická porézní plnidla (např. různé formy oxidů křemíku a hliníku), která zvyšují porozitu přijímací vrstvy a urychlují tak průnik inkoustu do vrstvy.



Obr. 6 Schéma průniku pigmentového a barvivového inkoustu do bobtnajícího typu vrstvy.

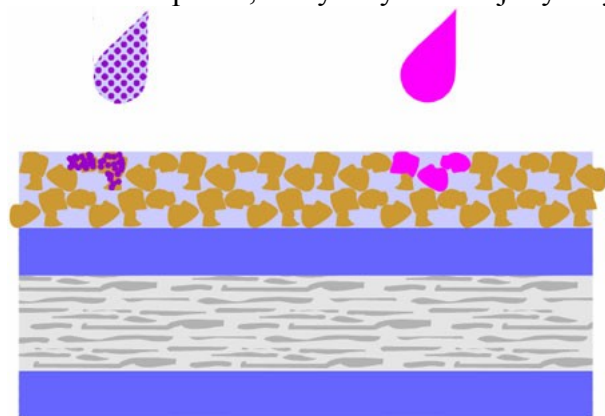
2.4.2 Mikroporézní vrstvy

Pokud se pokusíme média založená na polymerní přijímací vrstvě potisknout pigmentovými inkousty, narazíme na vážný problém. Rozpouštědlo sice nabobtná přijímací polymer, ale částice pigmentu jsou příliš velké a nemohou difundovat do vzniklého gelu. Pigmenty se tak hromadí na povrchu a jsou příčinou vzniku rušivých artefaktů označovaných nejčastěji jako tzv. mottling. Problém byl vyřešen zavedením vysoce porézních přijímacích vrstev, označovaných jako microporous.

V hydrofilním polymeru jsou rozptýleny vysoce porézní mikrokapsule s obrovským aktivním povrchem, jejichž póry jsou větší než rozměry pigmentových částic. V praxi se využívalo např. zeolitů, které jsou však nyní nahrazovány syntetickými sorbenty. Ty výrobci označují např. poněkud zavádějícím termínem mikrokeramické nanočástice. „Nano“ se zde vztahuje spíše k velikosti pórů než k velikosti vlastních částic.

Hydrofilní polymer plní již pouze funkci pojiva a zajišťuje lesklý povrch vrstvy, fixace inkoustu potom probíhá výhradně v mikropórech sorbentu. Tento přístup se ukázal jako velice vhodný a dobře použitelný i pro dye-based inkousty. Dye-based inkoust proniká do takovéto vrstvy tak rychle, že pečlivé vyladění povrchových vlastností již není nezbytně nutné a takováto tisková média jsou univerzálně použitelná s inkousty různých výrobců.

Výtisky jsou navíc prakticky okamžitě suché v tom smyslu, že přijímací vrstva nelepí. Rozpouštědlo se však z pórů může odpařovat delší dobu (až několik hodin) a během této doby může výtisk mírně změnit barvu. Molekuly barviva se v tomto případě vážou na aktivní místa sorbentů tak pevně, že výtisky získávají vysoký stupeň voděodolnosti⁵.



Obr. 7 Schéma průniku pigmentového a barvivového inkoustu do mikroporézní vrstvy.

2.4.3 Konvenční cast-coated vrstvy

Tyto přijímací vrstvy jsou založené na minerálním plnivu (dnes velmi často kaolín) a organickém pojivu. V závislosti na výrobním postupu a poměru plnivo/pojivo je možné dosáhnout lesklých, pololesklých i matných povrchů. Z hlediska archivní stálosti je tento typ v podstatě bezrizikový, snad s výjimkou extrémně vysoké vzdušné vlhkosti.

2.5 Vliv vnějšího prostředí na archivní stálost inkoustových tisků

2.5.1 Vliv světla – světlostálost

Světlo má zcela zásadní vliv na archivní stálost inkoustového tisku. Barviva a pigmenty tvořící obraz dopadající světlo selektivně absorbují a tím mění spektrální složení odraženého a rozptýleného světla. Absorbovaná energie však způsobí excitaci molekul barviv a pigmentů a excitované molekuly se musí této přebytečné energie zbavit, což činí nejčastěji vyzářením fotonů z infračerveného oblasti elektromagnetického spektra.

Excitované molekuly jsou však z principu nestabilní a mohou se zapojit do chemické reakce dříve, než dojde k jejich deexcitaci. Světlo samozřejmě působí na ostatní složky potištěného média, takže ve výsledku můžeme pozorovat komplexní barevné změny způsobené různými dílčími procesy:

- blednutí, tedy zvyšování světlosti a snížení sytosti barev způsobené světelným rozkladem barvonosných složek;
- žloutnutí podložky způsobené fotooxidací ligninu, obsaženého v podložce;
- degradace podložky způsobená případnou fotokatalytickou aktivitou některé přítomné komponenty;
- zdánlivé žloutnutí, způsobené ztrátou opticky zjasňujících prostředků a skutečné žloutnutí, způsobené produkty degradace opticky zjasňujících prostředků.

Zásadní vliv na rychlost těchto procesů má především intenzita exponovaného světla a jeho spektrální složení. Zvláště neblahý vliv na inkoustové výtisky má UV záření, které má vyšší energii než viditelné světlo, a proto má i ničivější účinky.

K posuzování světlostálosti byla vypracována celá řada standardních postupů využívajících metody urychleného stárnutí k předpovědi dlouhodobého chování výtisků. Tyto postupy se liší především použitým světelným zdrojem a použitím skla či UV filtru kryjícího testovaný výtisk. Všechny tyto podmínky mají vliv na spektrální složení světla a tím pádem i na světlostálost. Zásadní vliv na výsledky těchto testů má také vzdálenost krycího skla od testovaného výtisku, protože se tak mění podmínky vzdušného proudění a koncentrace ozónu, která také významně přispívá k degradaci tisků.

Světlostálost může být velmi ovlivněna médiem, na které tiskneme. Na nevhodném papíře může výtisk vyblednout již za rok, při správné volbě média můžeme zaznamenat změny až za 20 let. Navíc zde hraje roli i katalytické blednutí v místech kde se setkává více inkoustů najednou (šedé, pleťové barvy apod.).⁶

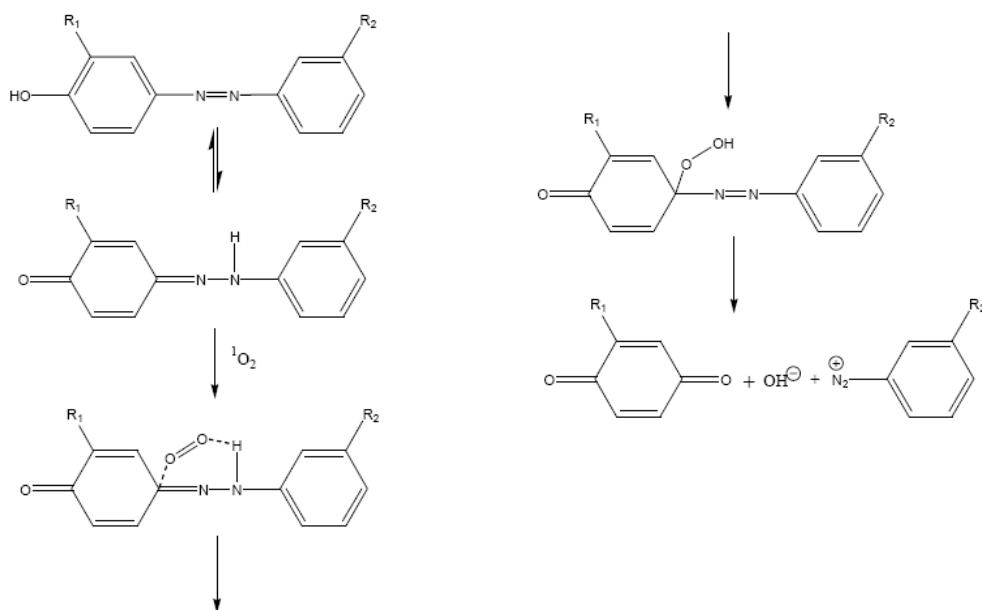
2.5.2 Katalytické blednutí

Ke katalytickému blednutí dochází, když produkty degradace jednoho barviva urychlují (katalyzují) degradace jiného barviva v těsném kontaktu

V inkoustovém tisku je možné sledovat katalytické blednutí purpurového barviva v prostředí barviva azurového. Purpurové barvivo typu gama kyselin je více citlivé a může

blednout, jestliže ho tiskneme do modrého barviva s ftalocyaniny. To je dáno tím, že ftalocyaniny produkují malé množství singletového kyslíku, který napadá a oxiduje purpurové barvivo.

Tomuto jevu se dá předejít vytvářením více odolných barviv typu gama kyselin nebo modifikací struktury ftalocyaninových barviv, které nebudou produkovat singletový kyslík. Druhá z možností je jednodušší a problém řeší efektivněji.⁷



Obr. 8 Oxidační mechanismus pro azobarviva.

2.5.3 Vliv tepla

Bohužel, ani výtisky uložené ve tmě nelze uchovávat beze změny nekonečně dlouho. I při uložení v archivech, tedy v temnu a suchu, lze po určité době pozorovat změny v sytosti, tj. vyvážení barevné změny podložky.

V podstatě jde o spontánní rozklad přítomných chemických látek. Rychlost rozkladu je silně závislá na teplotě, proto se při posuzování používá série testů, při nichž se vzorky uchovávají při různých zvýšených teplotách a sledují se výsledné barevné změny. Ze zjištěných závislostí lze extrapolovat a odhadnout tak trvanlivost výtisků při libovolné teplotě.

Z dosud provedených experimentů vyplývá, že inkoustové výtisky jsou při těchto podmínkách obecně trvanlivější než klasické fotografické materiály. V klasických fotografických materiálech jsou přítomné nezreagované barvotvorné složky, které snadno podléhají celé řadě degradačních reakcí a způsobují barevné závoje. Inkoustové materiály tímto problémem samozřejmě netrpí.

2.5.4 Vliv vlhkosti – vlhkostálost

Vysoká vlhkost vzduchu ohrožuje jakékoli materiály k archivaci, bez ohledu na techniku, jíž byly pořízeny. Mezi inkoustovými tisky se jedná především o materiály s bobtnající přijímací vrstvou, které jsou nejvíce náchylné k mechanickému poškození. Většina hydrofilních polymerů je sice při běžných skladovacích teplotách hluboko pod teplotou skelného přechodu, ale voda

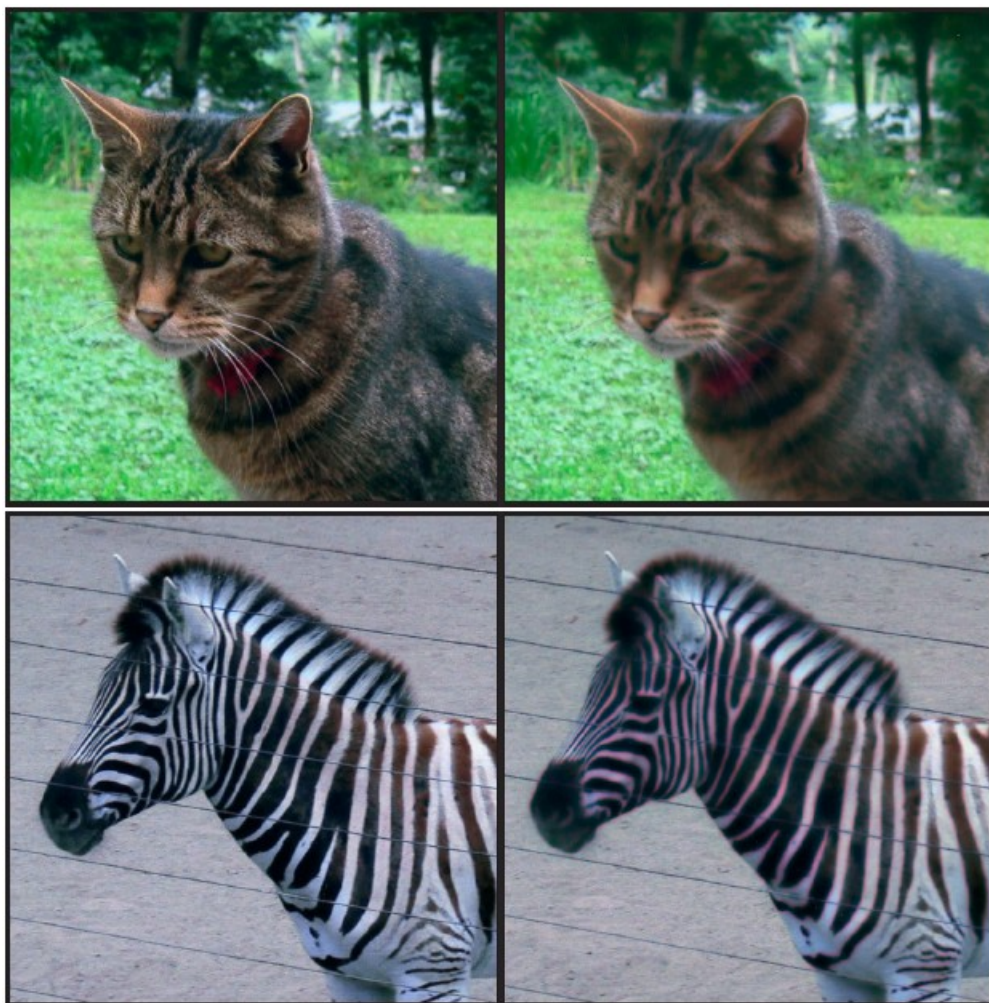
nasorbovaná do vrstvy funguje jako změkčovaadlo, a proto způsobí výrazný pokles teploty skelného přechodu polymerů tvořících přijímací vrstvu.

Při vyšší vlhkosti vzduchu se tedy vrstva může dostat i při normálních skladovacích teplotách do viskoelastického stavu, takže dojde k výrazným změnám mechanických vlastností. Mohou pak nastat různá mechanická poškození, jako je např. slepování, změna povrchové typologie a s tím související změna lesku či dokonce zapouštění barviv.

Dalším problémem, který se může projevit u všech typů přijímacích vrstev, je zvýšená difúze barvonosné složky inkoustu v důsledku zvýšené vlhkosti. Pokud je výtisk dlouhodobě uložený při vlhkosti vzduchu vyšší než cca 70 %, dochází k výrazné sorpci vodních par do přijímací vrstvy. Nasorbovaná voda zvyšuje pohyblivost molekul barviv a ty potom v důsledku koncentračních gradientů migrují do nepotištěných oblastí.

Tato migrace má za následek jednak snížení hranové ostroty čárových prvků v obraze, jednak chromatografickou separaci a vznik následných barevných kontur (viz. Obr. 9). Tyto jsou způsobeny různou pohyblivostí barviv – pokud je například modrá čára vytvořená přetiskem azurového a purpurového barviva, a je-li současně purpurové barvivo pohyblivější, můžeme následně zaznamenat vznik purpurových kontur.

Pigmentové inkousty jsou proti těmto jevům podstatně odolnější, protože velké pigmentové částice jsou řádově méně pohyblivé než jednotlivé molekuly barviv.



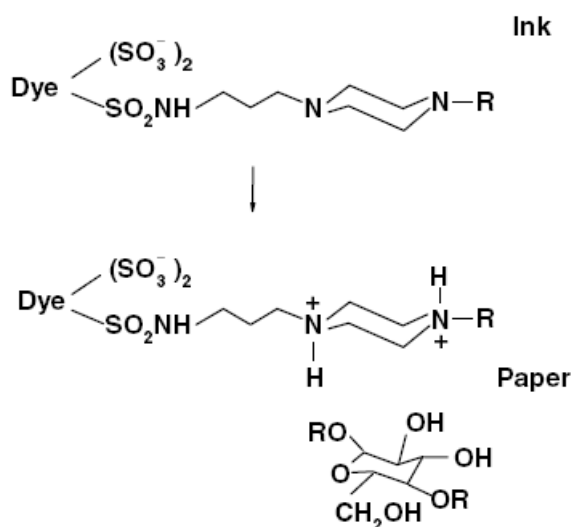
Obr. 9 *Obrázky před a po 44 hodinové expozici vysokou vlhkostí, kde je velmi dobře patrná ztráta ostroty a purpurové kontury na pruzích zebry.⁸*

2.5.5 Vliv vody – vodostálost

Jednou z hlavních výhod klasické fotografie bylo, že ji přímý, kontakt s vodou nijak zvlášť nepoškozoval. Pomineme-li nebezpečí, že by se fotografie mohly slepit.

Naopak pro inkousty založené na vodní bázi může být kontakt s vodou velký problém. Přitom fotografie mohou v každodenním životě přijít do kontaktu s vodou z mnoha příčin (např. déšť, kondenzace nebo náhodné polití).

Stálost těchto barviv vůči vodě může být plně vyvinuta pouze na nějaký čas, malá část obrazu zůstává nestabilní při kontaktu s vodou. Proto vyžadujeme mechanismus, který bude poskytovat komplexní nerozpustnost. Tento požadavek mohou splňovat tzv. CPI barviva, u kterých dochází k protonizaci bazické piperazinové skupiny a efekt nerozpustnosti vodě je okamžitý.



Obr. 10 CPI barviva.

2.5.6 Vliv ovzduší, především ozónu

Složení okolního vzduchu má vliv na všechny složky inkoustového výtisku, tedy na podložku, přijímací vrstvu a samozřejmě na samotný inkoust.

Na RC nebo PES papíry nemají atmosférické podmínky prakticky žádný vliv, ale obyčejný papír je schopen velmi dobře pohlcovat polutanty za vzduchu, především oxidy síry a dusíku, které jsou kyselinotvorné, a může tak docházet k postupnému okyselení papíru a jeho degradaci kyselou hydrolýzou. Proto je důležité používat papíry s dostatečnou alkalickou rezervou.

V přijímacích vrstvách je situace podobná. Bobtnající vrstvy nejsou vůbec porózní, proto jsou velmi odolné vůči vzdušným polutantům. Vrstvy cast-coated jsou málo porózní, a proto odolnější vůči vzdušným polutantům.

Zcela jiná je situace u mikroporézních přijímacích vrstev. Již první experimenty s těmito vrstvami ukázaly, že výtisky provedené stejnou inkoustovou sadou na média cast-coated a nebo bobtnající, jsou pronikavě trvanlivější než výtisky provedené na mikroporézní média. Záhy se ukázalo, že výtisky vytištěné na mikroporézní média blednou nejenom na vzduchu, ale i při uložení v temnu.

Příčinou tohoto chování je sorpce ozónu. Obrovský aktivní povrch syntetických sorbentů je schopen účinně zachytávat molekuly ozónu i ve velmi malých koncentracích. Sorbovaný ozón

si zachovává svou vysokou reaktivitu a napadá přítomné molekuly barviva či částice pigmentu.

Barviva jsou ozónem velmi rychle oxidována, částice pigmentu jsou odolnější, ale ani ony nejsou vůči oxidačním účinkům ozónu zcela odolné.

2.6 Metody testování urychleného stárnutí

Testování blednutí výtisků na světle je důležitým ukazatelem trvanlivosti materiálů. Poskytují radu zákazníkům při výběru nejvíce trvanlivých materiálů, které splňují jejich potřeby z hlediska nákladů, kvality obrazu, velikosti tisku a pohodlí. Stejně významná jsou i pro výzkumná a vývojová oddělení výrobců tiskáren, inkoustů a papírů, ať už pro srovnávání s produkty jiných výrobců nebo pro rozvoj jejich vlastních technologií. Nezanedbatelný je i reklamní faktor těchto informací. Tyto informace jsou stejně důležité také pro archivaci výtisků na profesionální nebo uživatelské úrovni.

Vysoké požadavky na informace ohledně trvanlivosti inkoustových výtisků vedly k úsilí o vytvoření metod dávajících odhad o trvanlivosti výtisku. K simulaci venkovních podmínek se používají xenonové obloukové lampy, zatímco podmínky vnitřního osvětlení simulují bílé zářivky.

Testování a měření obrazu je velice složitá věda. Standardy poskytují doporučení a pokyny pro výklad a používání dat získaných testovacími metodami. Jedná se však pouze o obecné pokyny a doporučení, protože výtisky mají obecně širokou škálu požadavků na stabilitu založenou na rozdílném použití nebo podmínkách uskladnění.

Pokud bychom chtěli světlostálost testovat pečlivě a v reálných podmínkách, měli bychom vzorky jednotlivých tisků vystavit dlouhodobým účinkům přirozeného, eventuálně běžně užívaného umělého osvětlení. Tato metoda je z podstaty věci velmi náročná na čas.

Aby výrobci tiskáren, inkoustů a tiskových médií zkrátili dobu takového testování, používají se nejrůznější laboratorní metody a přesně definované způsoby kontrolovaného stárnutí. Ty dobu nezbytnou k testování zkracují o jeden až dva řády.

Nehledě na to, že degradaci inkoustů neovlivňuje jen expozice denního či umělého světla, ale také celá řada dalších faktorů, jako je například relativní vlhkost ovzduší, koncentrace ozónu a polutantů v ovzduší.

V průběhu posledních třiceti let byla kodifikována celá řada procedur metod urychleného stárnutí. V praxi se rozeznávají dva základní typy procesů testování světelné stability. Důležitější z nich vychází z existujících standardů pro fotografické materiály a sledování změn densitometrickým měřením.

První ANSI standard pro urychlené stárnutí byla PH1.42-1969 ANSI. Její součástí však nebyly prediktivní testy, které by mohly udávat kolik let výtisky vydrží za zadaných skladovacích podmínek.

V roce 2005 byla zavedena norma ASTM F 2366 – Standard Practise for Determining the Relative Lightfastness of Inkjet Prints Exposed to Window Filtred Daylight Using a Xenon Arc Light Apparatus (*ve volném překladu „standardní test pro určení relativní světelné stability inkoustových tisků exponovaných xenonovou obloukovou lampou s filtrem simulujícím denní světlo“*)^{9,10}

2.7 Určení rozdílu barev

Hodnotu rozdílu barev ΔE zjistíme ze vztahu:

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

kde ΔL je měrná světlost a a a b jsou souřadnice chromatické roviny barvového prostoru.

Dosud nebyl schválen žádný dokument, který by jasně definoval přípustné hodnoty barevných odchylek, obecně se ale dá řídit dle Tabulka 1.

Tabulka 1 *Hodnocení rozdílu barev.*

ΔE	Hodnocení
0,5–2	rozdílnost vnímaná jako barevná shoda
2–4	rozdílnost barev vnímaná jen při přímém porovnání
4–8	rozdílnost barev vnímatelná, i když není možné přímé porovnání
>8	výrazný rozdíl barev

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Zařízení a vybavení laboratoře

- Spektrofotometr Gretag Macbeth Spetrolino s měřícím stolem Spectroscan
- Q-SUN Xenon Test Chamber, Model Xe-1-B/S
- Ozonizátor s bariérovým výbojem
- Průtokoměr pro měření průtoku vzduchu
- Kompresor se stlačeným vzduchem
- Skleněná komora

3.2 Použité pigmentové inkousty

- K4--PT-C
- K4--PT-M
- K4--PT-Y

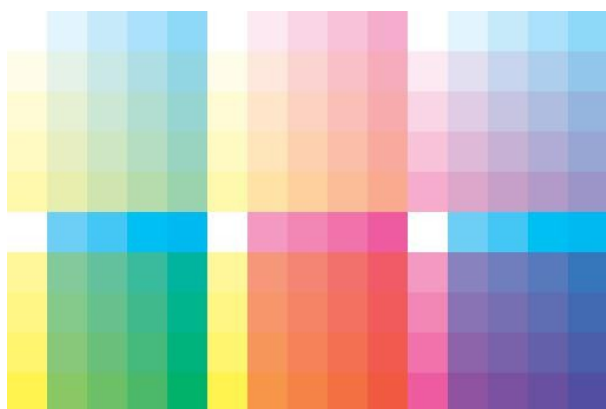
3.3 Použitý software

- Microsoft® Office 2003
- Gretag Macbeth™ Profile Maker Pro 5.0.5

3.4 Vzorčky pro urychlené stárnutí

Pro naši práci byl jako médium zvolen mikroporézní papír značky Ilford Smooth Gloss, na který byl pigmentovými inkousty natištěn testovací obrazec, který sloužil ke zjišťování degradace pigmentu.

- Testovací obrazce měly šířku 9 cm a výšku 6 cm a obsahovaly 10 řádků a 15 sloupců.
- Testovací obrazce byly vytvořeny přetiskem jednotlivých inkoustů. Nejprve byl vytištěn azurový, poté purpurový a nakonec žlutý inkoust. Takto bylo vytištěno 8 jednotlivých testovacích obrazců.



Obr. 11 Testovací obrazec.

Tabulka 2 *Procentuální zastoupení CMY inkoustů v testovacím obrazci.*

0C	10C	20C	30C	40C	0M	10M	20M	30M	40M	0C	10C	20C	30C	40C
0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0M	0M	0M	0M	0M
0C	10C	20C	30C	40C	0M	10M	20M	30M	40M	0C	10C	20C	30C	40C
10Y	10Y	10Y	10Y	10Y	10Y	10Y	10Y	10Y	10Y	10M	10M	10M	10M	10M
0C	10C	20C	30C	40C	0M	10M	20M	30M	40M	0C	10C	20C	30C	40C
20Y	20Y	20Y	20Y	20Y	20Y	20Y	20Y	20Y	20Y	20M	20M	20M	20M	20M
0C	10C	20C	30C	40C	0M	10M	20M	30M	40M	0C	10C	20C	30C	40C
30Y	30Y	30Y	30Y	30Y	30Y	30Y	30Y	30Y	30Y	30M	30M	30M	30M	30M
0C	10C	20C	30C	40C	0M	10M	20M	30M	40M	0C	10C	20C	30C	40C
40Y	40Y	40Y	40Y	40Y	40Y	40Y	40Y	40Y	40Y	40M	40M	40M	40M	40M
0C	50C	60C	70C	80C	0M	50M	60M	70M	80M	0C	50C	60C	70C	80C
0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0Y	0M	0M	0M	0M	0M
0C	50C	60C	70C	80C	0M	50M	60M	70M	80M	0C	50C	60C	70C	80C
50Y	50Y	50Y	50Y	50Y	50Y	50Y	50Y	50Y	50Y	50M	50M	50M	50M	50M
0C	50C	60C	70C	80C	0M	50M	60M	70M	80M	0C	50C	60C	70C	80C
60Y	60Y	60Y	60Y	60Y	60Y	60Y	60Y	60Y	60Y	60M	60M	60M	60M	60M
0C	50C	60C	70C	80C	0M	50M	60M	70M	80M	0C	50C	60C	70C	80C
70Y	70Y	70Y	70Y	70Y	70Y	70Y	70Y	70Y	70Y	70M	70M	70M	70M	70M
0C	50C	60C	70C	80C	0M	50M	60M	70M	80M	0C	50C	60C	70C	80C
80Y	80Y	80Y	80Y	80Y	80Y	80Y	80Y	80Y	80Y	80M	80M	80M	80M	80M

3.5 Degradace ozónem

Degradace probíhala ve skleněné komoře, připojené silikonovou hadičkou na spektrofotometr a ozonizátor. Průtok vzduchu, resp. ozónu byl zajištěn kompresorem. Z druhé strany komory byla gumovou hadičkou připojena baňka s KI ($c = 0,2 \text{ mol dm}^{-3}$) pro jímání prošlého ozónu.



Obr. 12 *Aparatura pro degradaci ozónem.*

Do skleněné komory byl vložen testovací obrazec a komora byla zajištěna kovovými svorkami. Poté byl spuštěn ozonizátor. Komora měla na jedné straně otvor níž, tímto bylo potřeba ozón přivádět, poté co se komora naplnila, byl ozón odváděn otvorem v horní části komory.

Testování probíhalo v intervalech 5, 10, 15, 30, 60, 120 a 180 minut. Jeden testovací obrazec byl použit jako srovnávací. Ozón protékal v koncentraci 150 ppm/h.

Všech 8 obrazců bylo proměřeno pomocí přístroje Gretag Macbeth Spectroscan.

3.6 Degradace UV zářením a teplem

K řízenému ozařování byl použit přístroj Q-SUN Xenon Test Chamber, Model Xe-1-B/S.



Obr. 13 Q-SUN Xenon Test Chamber, Model Xe-1-B/S.

Jednotlivé testovací obrazce byly nalepeny na černou podložku a umístěny do přístroje Q-SUN Xenon Test Chamber, Model Xe-1-B/S na 8 hodin (což odpovídalo dávce záření 10 kJ m^{-2}) při teplotě 63°C .

Poté byly proměřeny na přístroji Gretag Macbeth Spectroscan. Po každém proměření byly testovací obrazce vystaveny UV záření na 8 hodin. Celkem byly testovací obrazce vystaveny UV záření 80 hodin, což odpovídá dávce záření 100 kJ m^{-2} .

3.7 Měření degradace inkoustových tisků

Měření na přístroji Gretag Macbeth Spectroscan bylo nutné provádět s polarizačním filtrem, aby se zamezilo chybám vzniklým odleskem od papíru. Stejně tak bylo potřeba přesně nastavit rohy testovacího obrazce, jinak by mohlo dojít k chybám tím, že by hlava přístroje vyjela mimo pole testovacího obrazce.



Obr. 14 Příklad přístroje Gretag Macbeth Spectroscan.

3.8 Vyhodnocování degradace inkoustového tisku

3.8.1 Určení rozdílu barev

Hodnot rozdílu barev ΔE byla zjištěna ze vztahu:

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

Hodnoty L , a a b byly zjištěny pomocí přístroje Gretag Macbeth Spectroscan.

3.8.2 Vytvoření grafů četnosti

Výsledky měření byly zpracovány programem Microsoft® Office Excel 2003. Hodnota ΔE byla vypočtena podle výše uvedeného vztahu. Poté byl vypočteny četnosti hodnot v daném intervalu a z nich sestaven 3D graf, tak aby bylo patrné, jak s rostoucím časem vzrůstají četnosti polí s větší ΔE .

3.8.3 Vytvoření map barevných odchylek

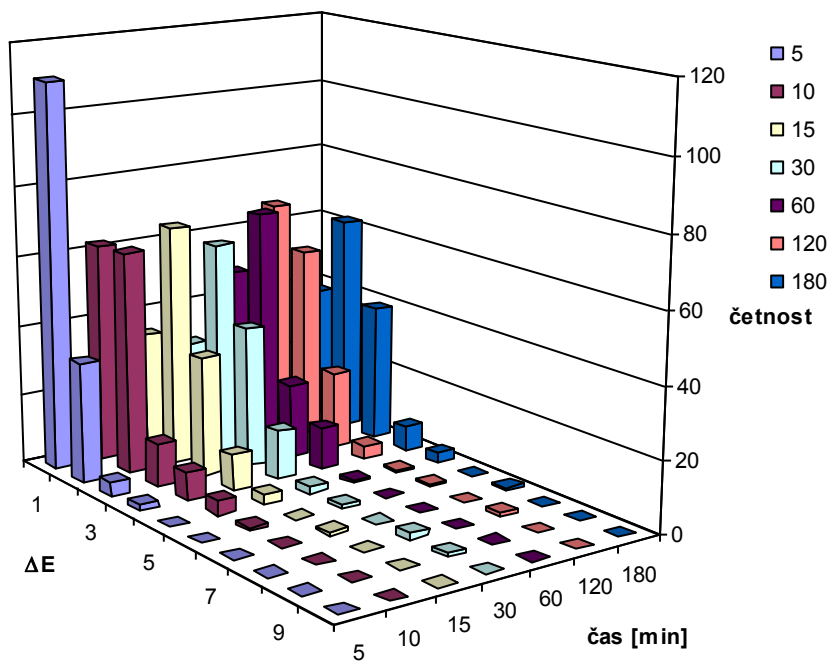
Vypočítané ΔE byly přiřazeny připravené tabulce podle Tabulka 2. Pomocí funkce podmíněného formátování byly pro větší přehlednost přiřazeny barvy pro dané rozmezí ΔE .

	$\Delta E = 0-2$		$\Delta E = 2-4$		$\Delta E = 4-6$		$\Delta E > 6$
--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	----------------

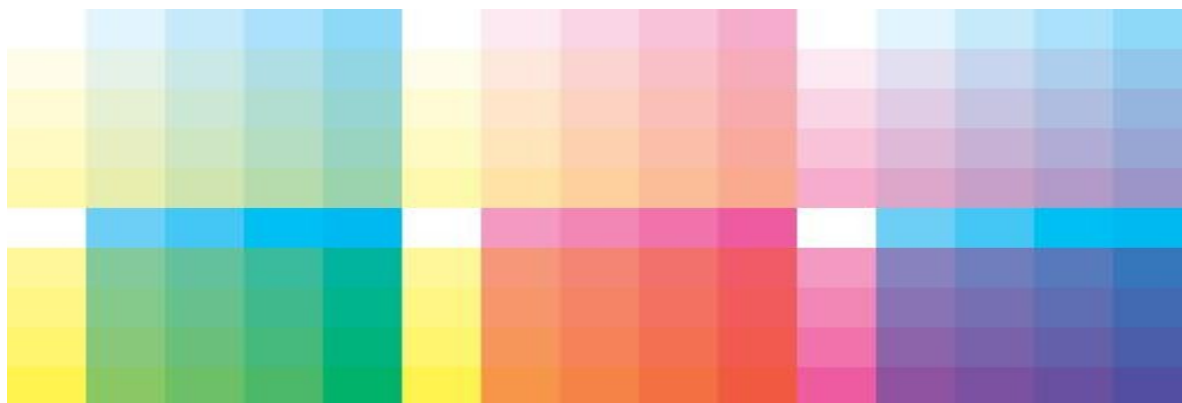
4 VÝSLEDKY A DISKUSE

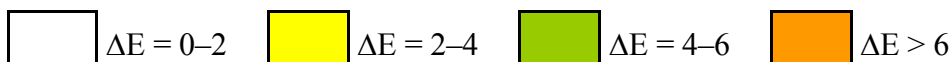
4.1 Vyhodnocení degradace tisku po expozici ozónem

Z Obr. 15 je patrné, jak se se zvyšující dávkou O₃ zvyšují barevné odchylky. Z Obr. 16, že nejvíce degraduje žlutý inkoust.



Obr. 15 Graf četností ΔE v různém čase po expozici ozónem



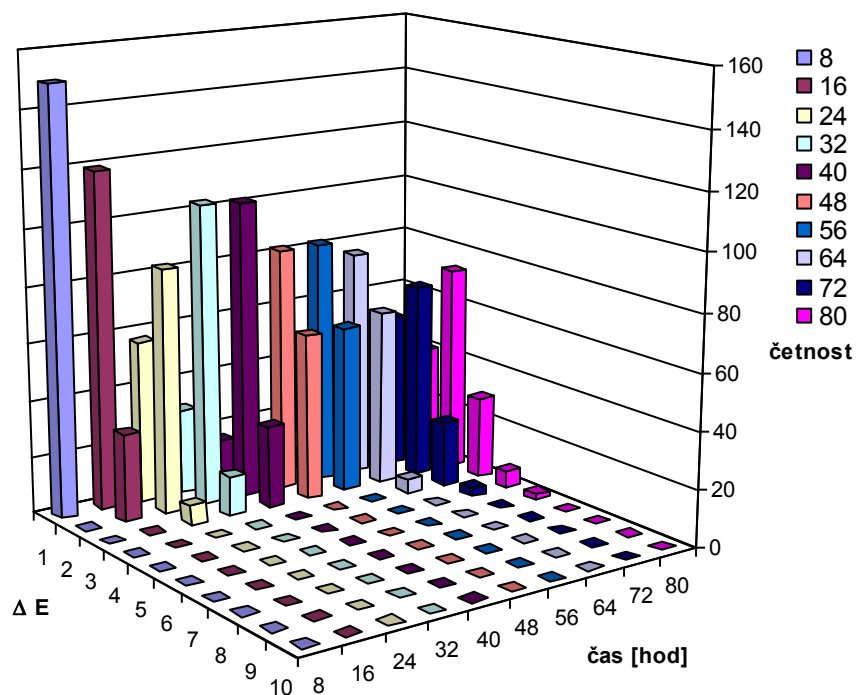


0,08	1,94	1,36	2,06	1,46	0,05	1,46	1,24	2,17	0,22	0,11	1,04	1,33	1,78	3,65
1,44	1,96	0,91	2,48	1,71	1,08	1,38	0,82	2,56	0,73	1,08	1,72	0,86	1,46	3,11
2,59	3,57	1,65	2,47	2,23	1,95	1,86	0,86	1,85	1,39	1,31	1,01	0,48	1,93	3,10
2,81	3,15	2,07	2,83	1,80	1,45	1,50	1,41	1,18	0,84	1,75	1,07	0,76	2,42	4,06
2,91	3,53	1,58	2,26	2,86	1,55	2,20	0,71	1,75	1,17	2,26	0,67	0,78	1,71	4,10
0,21	2,91	1,11	1,12	0,93	0,08	2,19	0,74	1,75	1,07	0,13	1,08	0,95	1,00	0,62
2,79	6,04	0,85	2,58	2,01	2,47	1,90	0,75	1,04	0,91	2,07	1,44	0,25	2,71	2,85
2,22	4,95	0,43	2,77	2,08	1,98	2,38	0,68	1,07	1,28	1,85	1,51	0,35	1,91	1,62
0,78	2,31	3,40	2,75	2,12	1,43	2,95	0,92	1,58	1,16	1,66	1,86	0,34	2,15	2,19
0,54	1,00	2,80	2,12	2,35	1,05	2,64	0,83	1,86	1,16	1,72	1,93	0,54	1,47	0,96

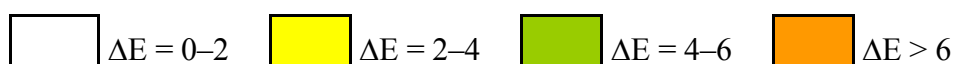
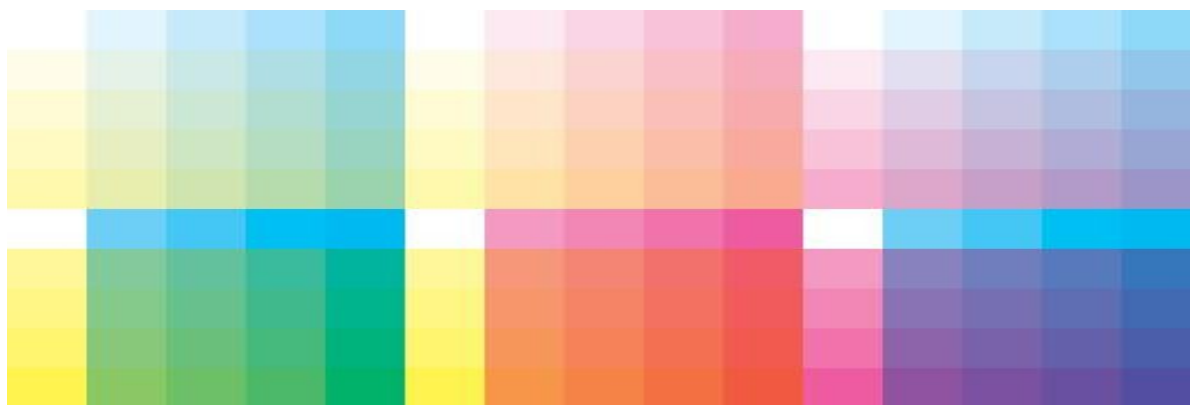
Obr. 16 Barevná mapa odchylek jednotlivých políček po 180 min expozici ozónem.

4.2 Vyhodnocení degradace tisku UV zářením a teplem

Z Obr. 17 je opět velmi dobře patrné, jak se vzrůstající dávkou UV záření rostou barevné odchylky. Z Obr. 18 je zřejmé, že na UV záření jsou citlivější políčka s menší hustotou plošného krytí.



Obr. 17 Graf četností ΔE na vzorku, který byl bez expozice ozónem v různých časech expozice UV zářením a teplem.

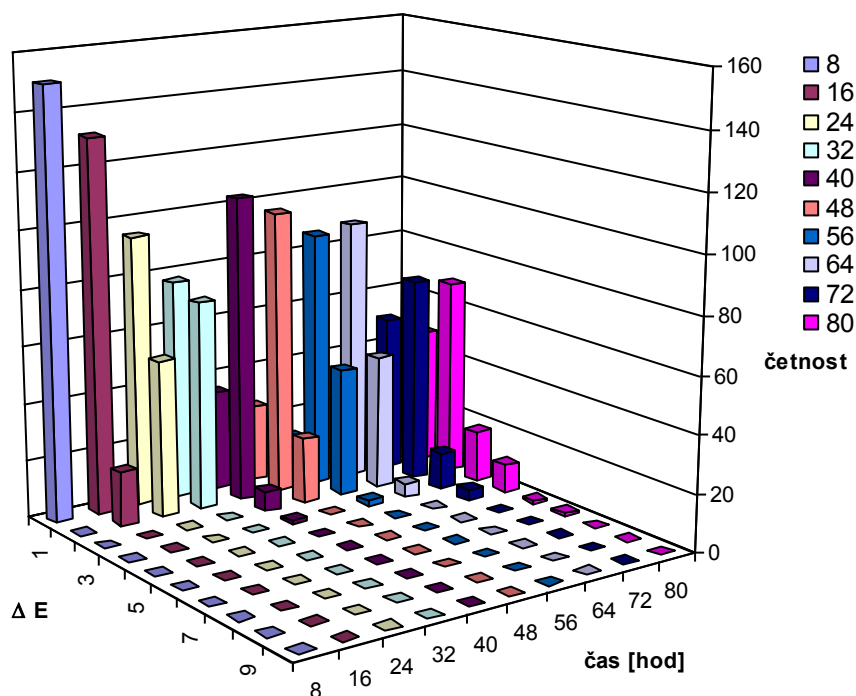


1,77	2,06	2,12	1,86	1,63	1,73	2,61	2,86	3,01	2,86	1,74	2,05	2,13	1,80	1,57
2,61	2,03	2,03	2,31	2,36	3,09	2,05	2,01	1,85	1,95	3,03	2,60	2,69	2,23	1,85
3,02	2,54	2,40	2,77	2,86	3,38	2,29	2,48	2,19	2,69	2,93	2,79	2,63	2,28	2,12
2,32	1,87	2,17	2,50	2,64	2,89	2,00	2,27	2,36	2,41	2,94	2,65	2,39	2,34	2,16
1,83	1,77	1,81	1,84	2,20	2,35	1,45	1,91	1,91	2,13	2,76	2,55	2,27	2,11	2,19
1,68	1,41	1,36	1,05	0,98	1,67	2,39	2,04	1,90	1,85	1,68	1,52	1,29	1,16	0,99
2,20	1,66	1,59	1,40	1,44	2,45	1,96	2,16	2,25	1,91	2,60	2,09	1,87	1,73	1,68
1,86	1,45	1,32	1,21	1,00	1,98	1,76	1,69	1,78	1,80	2,26	1,99	1,96	1,94	1,87
1,47	1,38	1,18	1,13	1,13	1,90	1,39	1,70	1,33	1,42	2,05	1,85	1,93	2,01	1,89
1,58	1,17	1,18	0,96	1,17	1,65	1,40	1,23	1,10	1,11	1,89	1,80	1,83	1,97	1,87

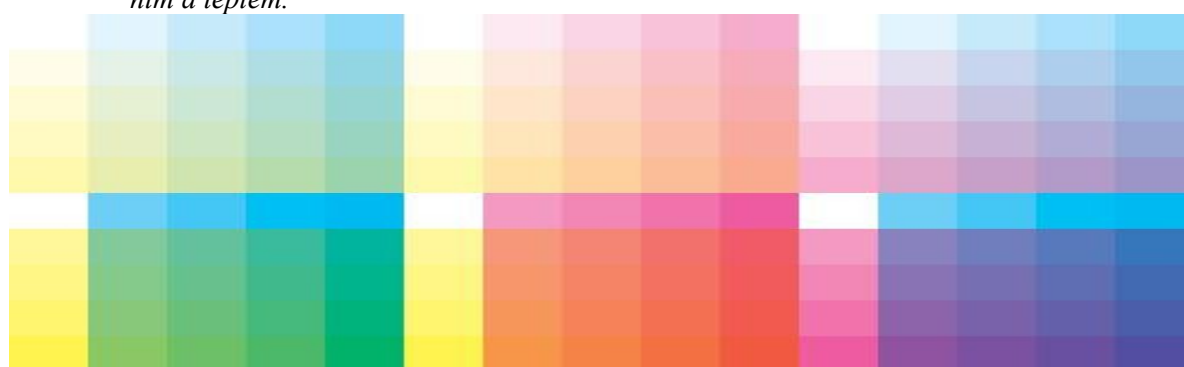
Obr. 18 Barevná mapa odchylek jednotlivých políček papíru, který byl bez expozice ozónem po 64 hodinách.

4.3 Vyhodnocení degradace tisku ozónem, UV zářením a teplem

Z Obr. 19 a Obr. 21 je zřejmé, jak s rostoucí dávkou UV záření rostou barevné odchylky. Z Obr. 20 a Obr. 22 pak, že nejvíce degraduje žlutý inkoust na políčkách s nízkou hodnotou plošného krytí. Naopak azurový inkoust se jeví jako velmi odolný.



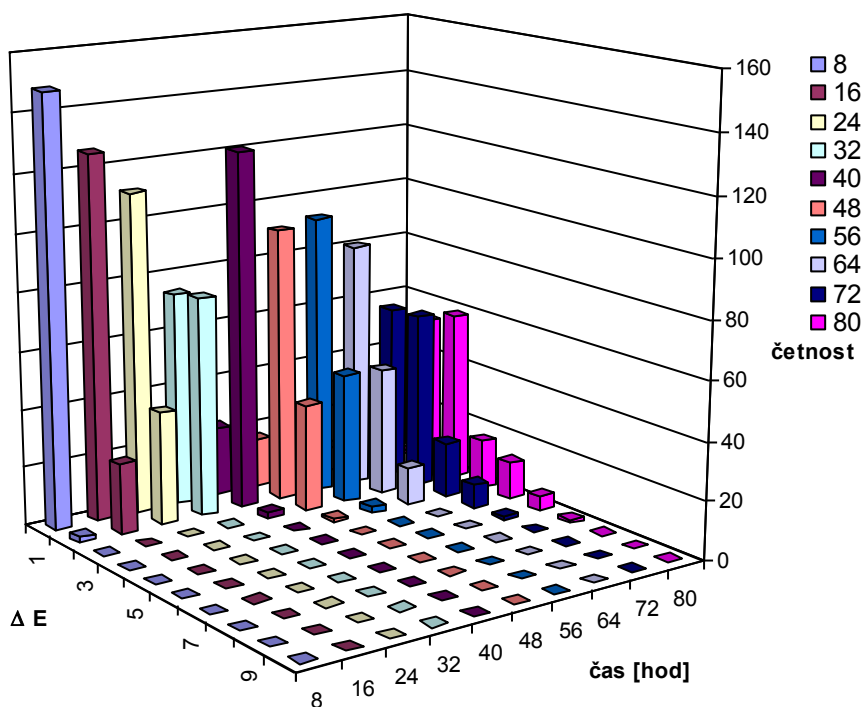
Obr. 19 Graf četností ΔE ve vzorku vystaveném 10 min ozónu v různých časech expozice UV zářením a teplem.



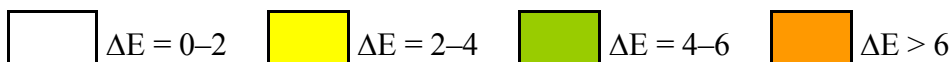
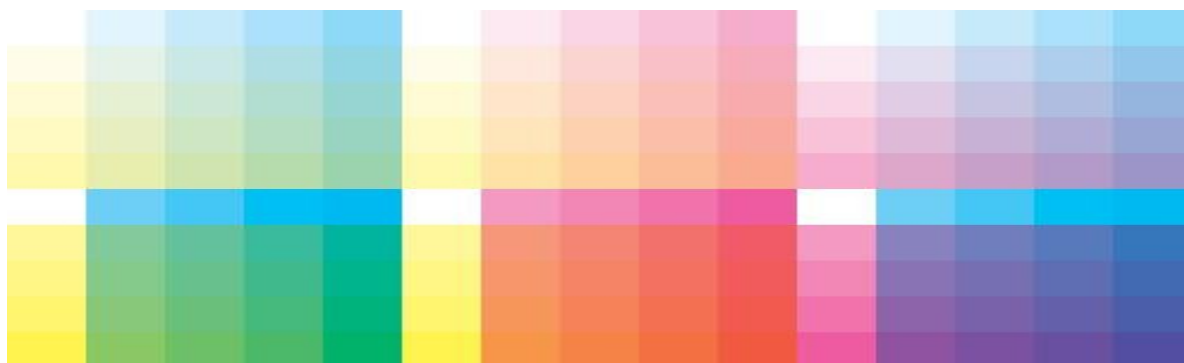
$\Delta E = 0-2$
 $\Delta E = 2-4$
 $\Delta E = 4-6$
 $\Delta E > 6$

1,91	2,06	2,12	1,86	1,73	1,79	2,76	2,91	2,44	2,56	1,74	1,91	2,12	2,14	1,85
4,37	2,93	3,56	4,05	4,21	6,07	3,57	2,71	2,43	3,13	2,52	2,54	2,32	2,29	2,14
4,55	3,34	4,79	4,38	4,96	5,53	3,44	2,75	3,34	3,80	2,54	3,17	2,40	2,43	2,64
3,71	2,55	4,28	3,42	4,21	4,07	2,45	1,79	2,79	3,03	2,63	3,13	2,37	2,81	2,58
2,74	2,39	3,31	2,45	3,40	2,57	2,36	1,76	2,88	3,09	2,54	2,75	2,30	2,83	2,35
1,83	1,57	1,49	1,30	1,01	1,85	2,39	2,37	1,87	1,63	1,82	1,73	1,57	1,44	1,26
2,45	1,20	2,72	1,64	2,65	2,39	2,78	2,15	3,26	2,23	2,41	2,55	1,52	2,19	1,69
2,17	0,79	2,53	1,07	2,21	2,07	2,24	1,73	3,12	1,79	2,01	2,33	1,79	2,71	1,56
2,37	0,62	2,82	1,23	1,87	1,75	2,23	1,25	3,56	1,92	1,62	2,61	1,68	2,36	1,82
1,35	0,36	2,05	1,15	1,29	1,84	1,89	1,21	2,85	2,40	1,56	2,28	1,47	2,97	1,62

Obr. 20 Barevná mapa odchylek jednotlivých políček papíru po expozici 10 min ozónem a 80 hod UV zářením a teplem.



Obr. 21 Graf četností ΔE ve vzorku vystaveném 180 min ozónu v různých časech expozice UV zářením a teplem.



1,98	1,76	1,84	1,68	1,40	1,81	2,39	2,59	2,54	2,22	1,83	1,71	1,65	1,49	1,41
5,57	4,10	4,55	4,69	5,22	6,26	4,63	3,32	3,38	2,64	2,42	2,17	2,08	1,86	1,74
5,24	4,19	4,87	4,89	5,68	5,46	4,80	3,80	4,07	3,68	2,28	2,34	2,14	2,14	2,27
3,55	3,66	4,14	4,35	4,71	4,23	3,72	2,82	3,79	3,35	2,18	2,41	2,28	2,00	2,80
3,42	2,72	3,12	3,56	3,93	3,34	3,46	2,20	2,91	2,82	2,17	2,23	2,16	2,16	2,70
1,94	1,39	1,43	1,34	1,06	1,80	1,90	1,90	1,89	1,61	1,78	1,38	1,29	0,99	1,03
2,60	2,35	2,26	2,45	2,37	2,51	2,93	3,01	2,79	3,28	1,93	2,84	1,85	2,22	2,47
2,51	1,52	1,74	2,07	1,86	2,70	2,50	2,16	2,65	2,44	1,94	2,02	1,86	1,86	2,20
2,34	1,39	1,54	1,49	1,80	2,51	2,48	1,87	2,41	2,41	1,60	2,34	1,75	1,68	1,94
1,98	1,56	1,32	1,68	1,74	2,25	1,98	1,98	1,76	1,95	1,58	2,19	2,36	2,26	2,27

Obr. 22 Barevná mapa odchylek jednotlivých políček papíru po expozici 180 min ozónem a 80 hod UV zářením a teplem.

5 ZÁVĚR

Cílem práce bylo připravit 8 testovacích obrazců vytištěných pigmentovým inkoustem K4--PT na mikroporézni papír značky Ilford Gallery Smooth Gloss a studovat jejich degradaci vlivem ozónu, UV záření a tepla.

- Testy prokázaly, že vlivem ozónu nejvíce degraduje žlutý inkoust.
- Zjistilo se, že vlivem UV záření a tepla nejvíce degradují žlutý a purpurový inkoust. Také se ukázalo, že rychleji degradují inkousty s nižším plošným krytím.
- Z testů urychleného stárnutí ozónem, UV zářením a teplem vyplývá, že nejvíce degraduje žlutý inkoust a opět byla u všech inkoustů zaznamenána největší změna barev u políček s nižším plošným krytím, což je patrně dáno kombinací účinku ozónu, UV záření a tepla.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a, b	Souřadnice chromatické roviny barvového prostoru CIE Lab
CMYK	Cyan, magenta, yellow a black, tedy azurová, purpurová, žlutá a černá
ΔE	Rozdíl barev
FB	Fiber based
L	Měrná světlost
O ₃	Ozón
PES	Polyester
RC	Resin coated
UV	Ultrafialové

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- ¹ Dostupné z: www.azom.com/details.asp?ArticleID=2836
- ² Dostupné z: www.askoki.co.uk/encyclo/printertech/piezo.asp
- ³ Krátký, L., Grafika on-line, <http://www.grafika.cz/art/tiskarny/inkjet.html> [cit. 2009-03-10]
- ⁴ Gregory, P., Digital Photography, In *Optic and Laser Technology*, 306-314, 2006
- ⁵ Dzik, P., Veselý, M., Inkoustový tisk – současný stav, možnosti a trendy, *Sborník VII. Polygrafický seminář Pardubice*, Univerzita Pardubice, 80-87, ISBN 80-7194-793-8, 2005
- ⁶ Wight, P., Issues in Ink Jet Image Stability, In *International Conference on Digital Printing Technologies*, 86-89, 2000
- ⁷ Dool, P., Shi, F., Kelly, S., Wnek, W., The Problem of Catalytic Fading with Ink-Jet Inks, In *International Conference on Digital Printing Technologies*, 118-121, 1998
- ⁸ McCormick, M., Wilhelm, H., New Test Methods for Evaluating the Humidity-Fastness of Ink Jet Print, Proceedings „*Japan Hardcopy 2005*“, *The Annual Conference of the Imaging Society of Japan*, 95-98, The Imaging Society System, 2005, ISSN 0916-8087
- ⁹ Stančík, J., Veselý, M., Dzik, P. An Overview of Inkjet Printouts Accelerated Ageing Methods, *Chemické listy*, 2008, vol. 102, no. 15, pp. 1016–1018
- ¹⁰ *ASTM F 2366-05* – Standard Practise for Determining the Relative Lightfastness of Inkjet Prints Exposed to Window Filtered Daylight Using a Xenon Arc Light Apparatus.