

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2025

Sabina Fialová

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Využití potiskovacího přístroje IGT Amsterdam 2 k testování tiskových barev  
Bakalářská práce



Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Sabina Fialová**  
Osobní číslo: **C22040**  
Studijní program: **B0531A130014 Polygrafie**  
Téma práce: **Využití potiskovacího přístroje IGT Amsterdam 2 k testování tiskových barev**  
Téma práce anglicky: **Using the IGT Amsterdam 2 printing device to testing of printing inks**  
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

## Zásady pro vypracování

1. V teoretické části práce vypracujte přehled vlastností tiskových barev a metod jejich testování.
2. Seznamte se s možnostmi využití a funkcemi potiskovacího přístroje IGT Amsterdam 2 a IGT vysokorychlostní barevníkové jednotky 4. Popište jednotlivé funkce a možnosti využití těchto zařízení při testování tiskových barev.
3. V experimentální části práce odzkoušejte všechny metody testování tiskových barev, které přístroj Amsterdam 2 umožňuje. Jednotlivé testy proveďte při různém nastavení barevníkové jednotky. Výsledky testů vyhodnoťte.
4. V závěrečné části práce zhodnoťte poznatky a zkušenosti získané při práci s potiskovacím přístrojem Amsterdam 2 při testování tiskových barev.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Hana Holická, Ph.D.**  
Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2025**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2025**

**prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.** v.r.  
děkan

L.S.

**doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D.** v.r.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 19. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Využití potiskovacího přístroje IGT Amsterdam 2 k testování tiskových barev jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25.6.2025

Sabina Fialová v.r.

Bakalářská práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02. 2. 67/0.0/0.0/16\_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucí práce paní Ing. H. Holické, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, nesmírnou ochotu, trpělivost a vstřícnou pomoc při tvorbě bakalářské práce i při jejím praktickém zpracování.



## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá využitím potiskovacího přístroje IGT Amsterdam 2 k testování vlastností ofsetových tiskových barev. Cílem bylo odzkoušet a popsat metody testování tiskových barev, které tento přístroj umožňuje provádět. Byl hodnocen přenos barvy, ze vzorků pro přenos barvy byly stanoveny hodnoty optické hustoty tisku, barevné souřadnice  $L^*a^*b^*$  a lesk. Dále byl prováděn test hodnocení rychlosti zapíjení tiskové barvy a trappingu. Rozválení a naválení barvy na tiskový váleček před vlastním tiskem se provádí na IGT vysokorychlostní barevníkové jednotce 4, kde je možnost nastavovat teplotu termostatické lázně v rozmezí 20–45 °C. Aby byla odzkoušena tato funkce barevníkové jednotky, byly výše uvedené testy prováděny při různých teplotách. Testy byly prováděny pro dva druhy papíru – bezdřevý ofsetový a leskle natíraný.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

tiskové barvy, IGT Amsterdam 2, viskozita, lepivost, trapping, zapíjení, spektrofotometr, reologie, laboratorní testování

## **TITLE**

Using the IGT Amsterdam 2 printing device to testing of printing inks

## **ANNOTATION**

This bachelor's thesis focuses on the use of the IGT Amsterdam 2 printing device to test the properties of offset printing inks. The objective was to evaluate and describe the testing methods enabled by this device. Ink transfer was assessed, and from the transfer samples, the optical density of the print,  $Lab^*$  color coordinates, and gloss were determined. Additionally, tests were conducted to evaluate the ink absorption rate and trapping. Before printing, the ink is distributed and applied to the printing roller using the IGT High-Speed Inking Unit 4, which allows the temperature of the thermostatic bath to be set between 20 and 45 °C. In order to test this function of the inking unit, the aforementioned tests were carried out at various temperatures. The tests were conducted on two types of paper – wood-free offset and glossy coated.

## **KEYWORDS**

printing inks, IGT Amsterdam 2, viscosity, tack, trapping, ink penetration, spectrophotometer, rheology, laboratory testing

# OBSAH

ÚVOD.....	15
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	16
1.1 Tiskové barvy.....	16
1.1.1 Složení tiskových barev.....	16
1.2 Druhy tiskových barev.....	18
Ofsetové barvy.....	18
Flexotiskové barvy.....	18
Hlubitiskové barvy.....	19
Sítotiskové barvy.....	19
Barvy pro tamponový tisk.....	20
Barvy pro digitální tisk.....	20
1.3 Vlastnosti tiskových barev.....	20
1.3.1 Reologické vlastnosti.....	21
1.3.2 Tloušťka a ohebnost filmu barvy.....	23
1.3.3 Optické vlastnosti filmu barvy.....	23
1.3.4 Odolnost filmu barvy vůči oděru.....	23
1.3.5 Odolnost filmu barvy vůči povětrnostním vlivům.....	24
1.3.6 Odolnost vůči vysokým teplotám.....	24
1.3.7 Zdravotní nezávadnost.....	24
1.4 Interakce mezi tiskovou barvou a potiskovaným materiálem.....	24
1.4.1 Přenos barvy.....	25
1.4.2 Přijímatost tiskových barev (trapping).....	25
1.4.3 Způsoby zasychání tiskových barev.....	26
1.5 Metody testování tiskových barev.....	27
1.6 Vliv tiskových barev na kvalitu tisku.....	29
1.7 Stabilita tiskových barev a jejich skladování.....	30
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	31
2.1 Experimentální materiály.....	31
2.2 Experimentální přístroje a zařízení.....	31
2.2.1 Potiskovací přístroj IGT Amsterdam 2.....	31
2.2.2 IGT vysokorychlostní barevníková jednotka 4.....	32
2.2.3 Rotační reometr HAAKE RotoVisco 1.....	34

2.2.4 Spektrofotometr X-Rite SpectroEye .....	35
2.2.5 Leskoměr Viptronic VipGloss-I .....	35
2.2.6 Laboratorní váhy Kern ABS 220-4.....	36
2.3 Experimentální metody a výsledky .....	36
2.3.1 Měření viskozity tiskových barev.....	36
2.3.2 Přenos barvy, optická hustota, barevnost, lesk.....	37
2.3.3 Rychlost zapíjení tiskové barvy (set off).....	43
2.3.4 Přijímavost tiskových barev (Trapping).....	47
3. ZÁVĚR .....	49
POUŽITÁ LITERATURA .....	51

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnoty nekonečné viskozity a meze toku testovaných barev

Tabulka 2: Hodnoty přenosu barvy (P) pro ofsetový papír

Tabulka 3: Hodnoty přenosu barvy (P) pro natíraný papír

Tabulka 4: Hodnoty optické hustoty (D) pro ofsetový papír

Tabulka 5: Hodnoty optické hustoty (D) pro natíraný papír

Tabulka 6: Hodnoty lesku pro ofsetový papír

Tabulka 7: Hodnoty lesku pro natíraný papír

Tabulka 8: Hodnoty barevnosti ( $L^*a^*b^*$ ) pro ofsetový papír

Tabulka 9: Hodnoty barevnosti ( $L^*a^*b^*$ ) pro natíraný papír

## SEZNAM ILUSTRACÍ

*Obr. 1 Potiskovací přístroj IGT Amsterdam 2*

*Obr. 2 Barevníková jednotka*

*Obr. 3 Přenos tiskové barvy na ofsetový papír při 23 °C, 30 °C a 45 °C*

*Obr. 4 Přenos tiskové barvy na natíraný papír při 23 °C, 30 °C a 45 °C*

*Obr. 5 Průběh zapíjení tiskové barvy na ofsetovém papíru (w48-2)*

*Obr. 6 Průběh zapíjení tiskové barvy na ofsetovém papíru (w78-4)*

*Obr. 7 Průběh zapíjení tiskové barvy na natíraném papíru (w78-4)*

*Obr. 8 Průběh zapíjení tiskové barvy na ofsetovém papíru (w-10)*

*Obr. 9 Ukázka trappingu tiskových barev pro vizuální hodnocení*

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

**CMYK** – Cyan, Magenta, Yellow, black (soustava procesních tiskových barev)

**L\*a\*b\*** – Kolorimetrický prostor definovaný CIE

**FOGRA** – Forschungsinstitut für Medientechnologien e.V. (Německý institut pro výzkum polygrafie)

**SWOP** – Specifications for Web Offset Publications

**G7** – Kalibrační metoda pro dosažení neutrální šedé

**ISO** – International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)

**PSO** – ProcessStandard Offset

**RIP** – Raster Image Processor

**PDF** – Portable Document Format

## ÚVOD

Neustále se rozvíjející technologie tisku kladou velké nároky na použité materiály. Potiskované materiály i tiskové barvy musí splňovat náročná kritéria tak, aby umožnily bezproblémové zpracování ve vysoce rychlostních tiskových strojích a dosažení požadované a standardní kvality tisku. Materiály procházejí různými testy přímo u výrobce. Velmi důležitá je však výsledná interakce potiskovaného materiálu a tiskové barvy. Zde mají význam laboratorní testy, které umožňují v co možná největší míře simulovat chování materiálů v reálném tisku na tiskovém stroji. Existují různé typy potiskovacích přístrojů, které jsou určeny pro provádění laboratorních tiskových testů. Jedním z těchto přístrojů je potiskovací přístroj Amsterdam 2 vyráběný holandskou firmou IGT Testing Systems. Aby bylo při tisku na potiskovacím přístroji dosaženo standardního rovnoměrného nanášení tiskové barvy, pro rozvalování a navalování barvy se používá IGT vysoko rychlostní barevníková jednotka 4. Oba přístroje umožňují precizní provedení řady testů, které mohou předcházet nebo naopak pomoci vyřešit řadu problémů v polygrafické praxi.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Tiskové barvy

### 1.1.1 Složení tiskových barev

Tisková barva je barevná hmota skládající se z barvotvorné složky a pojidla, která se přenáší vhodnou tiskovou technikou na papír nebo jiný potiskovaný materiál. Podle techniky tisku má kapalnou až pastovitou konzistenci. Speciálním typem tiskových barev jsou tonery používané v elektrofotografii, které mají práškovitou konzistenci. Složení tiskové barvy musí být přizpůsobeno požadavkům dané tiskové techniky a vlastnostem potiskovaného materiálu. [1]

Barvy využívané pro tisk mají tyto základní složky: barvotvorné složky, plnidla, filmotvorné látky, rozpouštědla, ředidla a aditiva. [2]

#### 1.1.1.1 Barvotvorné složky

Barvotvorná složka tvoří cca 5 až 30 %, poskytuje barvě barevný odstín. Jako barvotvorné složky se používají pigmenty nebo barviva. Pigmenty jsou barevné prášky nerozpustné v pojidlech tiskových barev, dávají tiskové barvě kryvost. Mohou být organického nebo anorganického původu. Syntetické organické pigmenty jsou vytvořeny z ropy, obsahují uhlík, vodík, kyslík, kombinované i s jinými prvky. [3] Anorganické pigmenty jsou méně vydatné a mají pevnější strukturu, to způsobuje horší tiskové vlastnosti. [3] Barviva jsou synteticky připravené barevné organické prášky rozpustné v rozpouštědlech a pojidlech tiskových barev, dávají barvě pouze transparentní zbarvení. [1]

#### 1.1.1.2 Plnidla

Plnidla jsou bílé minerální prášky, nerozpustné v daném pojidlovém systému. Mají nízký index lomu a malou velikost částic (0,2–0,5 mm), díky tomu mají nepatrnou barvivost a kryvost. Zlepšují tiskové vlastnosti barvy, upravují tokové vlastnosti, vlastnosti filmu barvy. Do některých barev se přidávají také pro zlevnění, jako náhrada dražších barevných pigmentů. [1]

#### 1.1.1.3 Filmotvorné látky

Filmotvorné látky (pojiva) tvoří 15 až 50% složení barvy. Jsou to přírodní nebo syntetické netěkavé látky, které zabezpečují přenos pigmentů na potiskovaný materiál a jejich fixaci na povrchu potiskovaného materiálu. Na potiskovaném materiálu jsou schopny vytvořit tenký a po zaschnutí nelepivý film, dostatečně pružný, s dobrou adhezí, ve kterém jsou dispergovány pigmenty. Mohou být kapalné (rostlinné oleje) nebo pevné (pryskyřice, různé polymerní látky). V tiskové barvě bývá obsaženo současně více filmotvorných látek. [1]

Nejstarším typem filmotvorných látek jsou vysychavé oleje, jako například lněný, dřevný, ricínový. Vysychavé je nazýváme z toho důvodu že, po nějaké době vytvoří pevný, nelepivý a pružný film. [3] Proces vzniku filmu u těchto látek spočívá v přechodu z kapalného do tuhého stavu, přičemž nedochází k žádnému odpařování. Tento chemický proces, který lze urychlit přidáním sušidel, nezbytně vyžaduje přítomnost vzdušného kyslíku. Nevysychavé oleje za stejných podmínek film nevytvářejí. [2]

Pryskyřice zlepšují vlastnosti jako je lesk, přilnavost, pružnost a využívají se i k úpravě viskozity. [2] Měly by vykazovat dobrou rozpustnost v příslušných rozpouštědlech a po jejich odpaření by neměly zadržovat zbytky těchto rozpouštědel, tedy rozpouštědlo by mělo

z podkladu zcela vyprchat. Vzniklý film by byl jinak lepivý. Tyto látky jsou nejčastěji používány při výrobě tiskových barev ve formě roztoků. Roztok filmotvorné látky v rozpouštědle se označuje jako pojídlo. Vytvoření filmu probíhá odpařením rozpouštědla nebo jeho zapitím do potiskovaného materiálu. [4]

#### **1.1.1.4 Rozpouštědla, ředidla**

Rozpouštědla a ředidla tvoří cca 15-65 % složení barvy. [5] Rozpouštědla jsou tekuté organické látky používané při výrobě tiskových barev k rozpuštění pevných filmotvorných látek. Převádějí pevné filmotvorné látky do tekutého stavu, vzniká roztok filmotvorné látky v rozpouštědle. Jedná se o fyzikální děj, nedochází k chemické reakci mezi filmotvornou látkou a rozpouštědlem, nedochází ke změně jejich chemických vlastností. Ředidla jsou tekuté organické látky určené k dodatečnému ředění tiskových barev, nemusí rozpouštět filmotvornou látku, slouží k úpravě viskozity tiskové barvy. [1]

Rozpouštědla a ředidla dávají barvě „tekutost“, umožňují přenos barvy při tisku. Většinou se používá více druhů rozpouštědel a ředidel, rozpouštědla mají ve směsi jiné vlastnosti než jako samotné látky. Musí být mísitelná s dalšími složkami tiskové barvy. Po tisku se odpaří z vrstvy tiskové barvy nebo se zapijí do potiskovaného materiálu, vznikne pevný film. [1] Odpařování rozpouštědel se podporuje zvýšenou teplotou a odsáváním par. [5]

Rozpouštědla a ředidla nesmí negativně působit na části strojů nebo tiskové formy. Musí splňovat toxikologická, hygienická, ekologická a požárně-bezpečnostní hlediska. Při výrobě tiskových barev se používají organická rozpouštědla (alkoholy, estery, ketony, aromatické uhlovodíky, alifatické uhlovodíky, glykoly a jejich deriváty). Kromě těchto organických rozpouštědel se využívá při výrobě tiskových barev také voda, která má tu výhodu, že je dostupná, levná a netoxická. Voda však nerozpouští běžně používané filmotvorné látky, drobné pevné částice pryskyřice (např. akrylátové) jsou ve vodě rozdispergované. Vodové barvy přes své ekologické výhody mají i řadu nevýhod: horší tiskové vlastnosti, horší přenos barvy z tiskové formy, nižší přilnavost k fóliím, nižší mechanická odolnost filmu barvy, citlivost na mraz, vznik plísní, bakterií, energeticky náročnější sušení. [1]

#### **1.1.1.5 Aditiva**

Aditiva tvoří cca 1–10% složení barev. Slouží k úpravě vlastností tiskových barev. Přidávají se při výrobě nebo už do hotových barev v nízkých koncentracích. [6] Patří mezi ně sušidla, antioxidanty, vosky, změkčovadla, tenzidy, látky proti prášení, biocidy, fungicidy. [7] Sušidla jsou používána pro urychlení zasychání tiskových barev obsahujících vysychavé oleje. Jako sušidla se používají soli kovů (Mn, Zn, Co) a organických kyselin. Přestože má kobalt vysokou účinnost, upouští se od jeho používání z důvodu toxicity pro životní prostředí. Jsou zkoumány sloučeniny na bázi Zr, V, Fe pro vhodné nahrazení kobaltu. Antioxidanty jsou využívány pro zpomalení oxypolymerace u vysychavých olejů. Mají protichůdný účinek než sušidla, zpomalují radikálovou řetězovou reakci. Zabraňují tvorbě škráloupu na povrchu barvy v transportním obalu a zasychání barev v barevníku tiskového stroje. Vosky se přidávají do barev kvůli zvýšení mechanické odolnosti povrchu tiskovin. Snižují lepivost. Při vysoké koncentraci v barvě zhoršují přenos barvy, snižují lesk a tvrdost filmu tiskové barvy. Jsou přidávány do barev pro všechny tiskové techniky. Přimíchávají se v podobě prášku do barev buď současně s pigmenty, nebo až na konci procesu. Změkčovadla jsou málo těkavé organické kapaliny na olejové bázi. Snižují teplotní oblast měkkosti, to způsobuje lepší rozliv a vyšší elasticitu filmu tiskové barvy. V barvách jsou využívány také pro předcházení zasychání barvy

v jamkách tiskového válce u hlubotisku, lepší odolnost vůči extrémním teplotám. Jsou na ně kladeny určité nároky, jako například aby byla bezbarvá, zdravotně nezávadná, nereagovala s ostatními složkami barvy. [6]

## 1.2 Druhy tiskových barev

Tiskové barvy lze rozdělit podle různých kritérií

1. Podle složení: olejové, rozpouštědlové, vodové, UV barvy, EB barvy, glazury, různé speciální typy barev
2. Podle konzistence: pastovité, tekuté
3. Podle typu potiskovaného materiálu: barvy na papír, karton, lepenku, polymerní materiály, textil, sklo, keramiku, kovy....
4. Podle způsobu zasychání (způsob zasychání je vždy ovlivněn složením tiskové barvy a typem potiskovaného materiálu): barvy zasychající zapíjením, odpařováním, oxypolymerizací, fotopolymerizací, jinou chemickou reakcí, tuhnutím, působením energie elektronů
5. Podle typu tiskovin: pro tisk knih, novin, akcidenčních tiskovin, obalů, průmyslový potisk nejrůznějších předmětů, bezpečnostní tisk...
6. Podle způsobu použití tiskoviny: barvy pro interiérový a exteriérový tisk, barvy odolné vůči působení chemikálií, vysokým (nízkým) teplotám, mechanické zátěži, UV záření...
7. Podle tiskové techniky: ofsetové, flexotiskové, hlubotiskové, sítotiskové, barvy pro tamponový tisk, barvy pro digitální tisk (tonery, inkousty). [8]

### Ofsetové barvy

Ofsetové barvy jsou určeny pro nepřímý tisk, kde se obraz přenáší z tiskové formy na gumový válec a poté na potiskovaný materiál. Mají vysoceviskózní, pastovitou konzistenci. Barva nesmí během roztírání v barevníku a přenosu v tiskovém stroji zasychat proto obsahují málo těkavá rozpouštědla (minerální oleje), která zároveň nezpůsobují bobtnání, měknutí a poškození elastomerního povrchu přenosového válce. Vzhledem k tomu, že tisková forma má relativně malou kapacitu pro nanesení tiskové barvy a že dochází ke dvojímu přenosu barvy (z tiskové formy na přenosový válec, teprve potom na potiskovaný materiál) nanáší se ofsetem nejtenčí film barvy ze všech tiskových technik (1–3 mm). Z toho důvodu jsou barvy vysoce pigmentované, mají vysoký obsah jemných pigmentů, které musejí být důkladně dispergované v pojidle. Přenos barvy mezi různými materiály (kov, guma, papír) vyžaduje vhodně upravené reologické vlastnosti. Barva musí být schopna emulgovat vlhčící roztok, který se na její povrch dostane při kontaktu s navlhčenou tiskovou deskou nebo z vlhčící jednotky. [1]

### Flexotiskové barvy

Flexotisk je většinou realizovaný jako kotoučový tisk do návinu nebo s integrovaným dalším zpracováním (řezání, tvarování, laminace...). Jako archový tisk je využíván při potisku vlnité lepenky. Nejčastěji se používá k potisku obalů, méně často potom k tisku novin. Tloušťka filmu barvy je cca 3 mm. Při tisku musí být zajištěn dobrý přenos barvy i při vysoké rychlosti tisku. Tisková barva se na tiskovou formu nanáší pomocí aniloxového válce, barva má nízkou viskozitu danou vysokým podílem rozpouštědel a ředidel. Rychlost zasychání tiskové barvy musí odpovídat rychlosti tisku, proto se používají těkavá rozpouštědla, která však nesmí

reagovat s materiálem tiskové formy. Potiskuje se široká škála materiálů (papíry, kartony, lepenky, plastové a kovové fólie, metalizované plasty a papíry, vícevrstvé laminované materiály). Při požadavku transparentního filmu barvy se do barev místo pigmentů používají barviva. Adheze barvy k potiskovanému materiálu závisí na struktuře a povrchových vlastnostech potiskovaného materiálu a pojídacím systému tiskové barvy. Pro potisk papíru a kartonu se používají barvy na vodní bázi. Polymerní a kovové fólie jsou potiskovány barvami na bázi organických rozpouštědel (jednosložkovými nebo dvousložkovými) nebo barvami vytvrzovanými UV zářením. U obalů na potraviny je důležitá zdravotní nezávadnost tiskových barev, u některých typů obalů potom mechanická a chemická odolnost vrstvy tiskové barvy. Barvy se dodávají ve formě koncentrátu o viskozitě 100–250 mPa·s, (40–90 s Fordův kelímeček 4 mm) před tiskem se ředí na pracovní viskozitu (19–32 s Fordův kelímeček 4 mm) podle konkrétních podmínek tisku (rychlost stroje, výkon sušicího zařízení). [1]

### **Hlubitiskové barvy**

Časově a finančně náročná příprava hlubitiskových válců ve srovnání s přípravou ofsetové a flexotiskové formy předurčuje hlubitisk k tisku větších nákladů – tisk vysokonákladových časopisů a katalogů, etiket, obalů, tapet, balicích papírů... Většinou je hlubitisk realizován jako kotoučový tisk, jako archový tisk je využíván výjimečně pro speciální aplikace (tisk bankovek, akcií, jízdenek, známek). Tisková barva musí rychle a dokonale vyplnit vyhloubené prvky tiskové formy, musí být snadno stíratelná raklí z netisknoucích míst a musí se snadno přenést na potiskovaný materiál (papír, umělohmotná a kovové fólie, vícevrstvé laminované materiály). Barvy jsou tekuté, nízkoviskózní. Hlubitiskem se přenáší silnější film barvy než ofsetem nebo flexotiskem (6–9 mm), barvy jsou méně pigmentovány, obsahují plnidla. Pigmenty musí mít měkkou texturu, musí být neabrazivní, barvy nesmí obsahovat hrubé částice, které by poškodily rakli a tiskový válec. Při požadavku transparentního filmu barvy se do barev místo pigmentů používají barviva. Uspořádání stroje a vysoká rychlost tisku vyžaduje rychle schnoucí tiskové barvy. Proto se do barev používají těkavá rozpouštědla s nízkým bodem varu, která snadno zasychají odpařením, pro úpravu viskozity a rychlosti zasychání se používají ředidla. Barvy se prodávají v koncentrované formě (viskozita 50–150 mPas), před tiskem se ředí na pracovní viskozitu podle rychlosti tisku, typu potiskovaného materiálu. [1]

### **Sítotiskové barvy**

U sítotisku je barva těrku protlačována přes průchozí místa šablony. Barva nanesená na síto se musí dobře roztírat a procházet přes oka síťoviny pouze při doteku těrky. Barvy musí být krátké, aby se za tahem těrky dobře přenesly na potiskovaný materiál. Musí se na povrchu potiskovaného materiálu dobře rozlít, aby nebyl patrný otisk síta, nesmí způsobovat přilepení síta k potiskovanému materiálu. Musí mít delší otevřenou dobu, aby nezasychaly na síti. Pro splnění všech těchto požadavků musí mít barvy upravené svoje reologické vlastnosti. Barvy se dodávají o viskozitě 2–4 Pa·s, před tiskem se doředují podle vlastností šablony, typu potiskovaného materiálu, způsobu a rychlosti tisku přídatkem 10–15 % ředidla. Přídavek ředidla do barvy ovlivňuje viskozitu, rychlost schnutí, narušení povrchu potiskovaného materiálu. Sítotiskem se potiskuje široký sortiment materiálů (papír, karton, plasty, kovy, sklo, textil, dřevo), s tím souvisí široký sortiment používaných tiskových barev. Tloušťka barvové vrstvy je nad 10 mm, největší ze všech tiskových barev. Vzhledem k velké tloušťce vrstvy tiskové barvy je možné použít hrubší pigmenty, ve větší míře se používají plnidla. Do barev pro tisk jemných rastrů se používají barviva. Silná vrstva barvy nanesená sítotiskem umožňuje vytvoření řady speciálních efektů použitím barev se speciálními typy pigmentů (kovové, perleťové, glitry, fluorescenční, termochromní, fotochromní...). [1]

## **Barvy pro tamponový tisk**

Tamponový tisk je nepřímý tisk z hloubky, barva je z prohloubených míst tiskové formy nejprve nanášena na tampon ze silikonové pryže a z něho teprve na potiskovaný předmět. Využívá se k potisku tvarovaných předmětů z nejrůznějších materiálů. Sortiment potiskovaných materiálů je podobný jako v sítotisku, proto i barvy pro tamponový tisk jsou složením blízké sítotiskovým. Tamponovým tiskem se nanese nižší vrstva barvy než sítotiskem, proto jsou pigmenty v barvách pro tamponový tisk mnohem jemněji rozemlety. Silikonová hmota, ze které je vyroben tampon je méně odolná vůči ředidlům než materiály používané v sítotisku, do barev pro tamponový tisk se proto používají slabší rozpouštědla a ředidla. [9]

## **Barvy pro digitální tisk**

Mezi nejběžněji používané technologie digitálního tisku patří inkjetový tisk a elektrofotografie. V inkjetovém tisku se používají inkousty na vodní, solventní, latexové nebo UV bázi. Jsou optimalizovány pro vysoké rozlišení a tisk bez kontaktu, často s okamžitým schnutím nebo UV vytvrzením. Používají se ve velkoplošném tisku, kancelářských tiskárnách i průmyslovém značení [1].

Elektrofotografie využívá elektricky nabitě částice toneru, které jsou pomocí nabitého povrchu obrazového válce přeneseny na potiskovaný materiál a zafixovány pomocí vysoké teploty a tlaku.

Výběr vhodného typu barvy je dán kombinací použité tiskové techniky, druhu substrátu a požadavků na výsledný vzhled i funkčnost tisku.

Vedle běžně používaných tiskových barev existují i tzv. speciální tiskové barvy, které mají specifické optické nebo chemické vlastnosti [8], [10].

- Termochromické – mění barvu v závislosti na teplotě, využívají se např. na obalech pro indikaci teploty.
- Fluorescenční – vyzařují světlo po osvětlení UV zářením, používají se v reklamě nebo bezpečnostním tisku.
- Perleťové a metalické – obsahují pigmenty odrážející světlo, typické pro luxusní obaly nebo dekorační tisk.
- Bezpečnostní barvy – reagují na UV, infračervené světlo nebo magnetismus, využívají se např. na bankovkách nebo dokladech.

Použití speciálních barev často vyžaduje úpravu tiskového stroje a specifické podmínky aplikace. Tyto barvy významně rozšiřují možnosti vizuálního dojmu i funkčnosti tiskovin [8], [11].

### **1.3 Vlastnosti tiskových barev**

Vlastnosti tiskových barev může rozdělit na vlastnosti ovlivňující průběh tisku a vlastnosti charakterizující užité vlastnosti tiskovin. Do první skupiny patří především reologické vlastnosti. Užité vlastnosti tiskovin ovlivní tloušťka filmu barvy, optické vlastnosti, odolnost vůči oděru, odolnost vůči povětrnostním vlivům (působení světla, tepla, vlhkosti), odolnost vůči dalším chemickým a fyzikálním vlivům, zdravotní nezávadnost, vliv barvy na chuť a zápach potravin. [12]

### 1.3.1 Reologické vlastnosti

Reologie se zabývá studiem deformačního chování látek, které je způsobeno vnějšími silami. [6] Tyto vlastnosti zahrnují parametry fyzikálně-chemické i technologické. Některé z parametrů mají vzájemnou souvislost s barvou před jejím použitím, jiné ovlivňují barvu v tiskovém stroji a také její reakci s potiskovaným materiálem. [3] Základními reologickými parametry, které charakterizují tiskové barvy, jsou viskozita a lepidivost. [6]

#### Viskozita

Viskozita je veličina, která charakterizuje tokové vlastnosti kapalin. Vyjadřuje vnitřní tření mezi vrstvami kapaliny a určuje, jak silně kapalina odolává proudění. [6] Tekutina se skládá z atomů, které do sebe narážejí při pohybu ve směru rychlosti, a tím nastává vnitřní tření. [13] Ideální (Newtonské) kapaliny jsou takové kapaliny, jejichž viskozita je konstantní a nezávisí na velikosti smykového napětí nebo rychlosti deformace. Znamená to, že vztah mezi smykovým napětím a rychlostním gradientem je lineární – řídí se Newtonovým zákonem viskozity (1). Jsou to nízkomolekulární kapaliny jako například rozpouštědla, ředidla tiskových barev, hlubotiskové a flexotiskové barvy. [6]

Newtonův zákon viskozity:

$$\tau = \eta \cdot du/dy = \eta \cdot D \quad (1)$$

$\tau$  – smykové napětí [Pa]

$\eta$  – dynamická viskozita charakterizující vnitřní tření kapaliny [Pa·s]

$D$  – smyková rychlost (rychlost smykové deformace) [ $s^{-1}$ ] – rozdíl rychlostí dvou rovnoběžných vrstev kapaliny ( $du$ ), vztažený na jednotku délky jejich kolmé vzdálenosti ( $dy$ ), charakterizuje tvarové změny v proudící kapalině

NeNewtonské kapaliny jsou kapaliny, jejichž viskozita není konstantní, mění se v závislosti na velikosti smykového napětí nebo rychlosti deformace a označuje se jako zdánlivá viskozita. Neřídí se Newtonovým zákonem viskozity. Chování těchto kapalin může být: závislé na čase (tixotropní nebo reopexní), závislé na smykové rychlosti (pseudoplastické nebo dilatantní kapaliny). Časově závislé tokové vlastnosti se projevují změnou viskozity v čase při konstantním smykovém napětí. Tixotropní kapaliny vykazují časově závislé chování, při kterém zdánlivá viskozita klesá s délkou působení konstantního smykového napětí. Po ukončení tohoto působení se viskozita postupně zvyšuje zpět na původní hodnotu. U reopexních kapalin dochází k postupnému zvyšování viskozity v čase, pokud na kapalinu působí konstantní smykové napětí, po ukončení působení smykového napětí viskozita klesá. Tento jev je opačný než u tixotropních kapalin a v praxi se vyskytuje méně často. Dilatantní kapaliny vykazují tokové chování, při kterém viskozita narůstá se zvyšováním smykové rychlosti, u pseudoplastických kapalin se zvyšováním smykové rychlosti zdánlivá viskozita klesá. [6]

Plastické kapaliny obsahují navíc plastickou složku deformace, která se projevuje tím, že při malých smykových napětích nenastává tečení, ale plastická deformace jako u tuhého tělesa. Až po překročení určité kritické hodnoty napětí (meze toku) začne kapalina téct dilatantním nebo pseudoplastickým způsobem. Pokud se kapalina za mezí toku chová jako newtonovská, tak se označuje jako binghamská kapalina. [6]

Ofsetové tiskové barvy patří mezi pseudoplastické tixotropní kapaliny s mezí toku. Pro popis těchto látek se musí stanovit celá toková křivka, jednotlivé reologické parametry se potom stanovují na základě Cassonovy rovnice (2). [6].

$$\tau^{1/2} = \eta_{\infty}^{1/2} \cdot D^{1/2} + \tau_M^{1/2} \quad (2)$$

$\tau$  – smykové napětí [Pa]

$D$  – smyková rychlost [s<sup>-1</sup>]

$\tau_M$  – mez toku [Pa]

$\eta_{\infty}$  – viskozita při nekonečné smykové rychlosti [Pa·s]

Pro hodnocení barev jsou důležitými parametry mez toku ( $\tau_M$ ) a viskozita při nekonečné rychlosti ( $\eta_{\infty}$ ). Tyto parametry charakterizují chování barev při tisku v závislosti na jejich složení. Mez toku popisuje chování tiskové barvy v barevnici tiskového stroje, kde je relativně v klidu a je vystavena jen malé smykové rychlosti. Mez toku tiskových barev také určuje tloušťku barvového filmu, který se bez stékaní udrží na vertikálním povrchu. Viskozita při nekonečné rychlosti popisuje chování tiskové barvy mezi rotujícími válci barevníku a její chování při přenosu na potiskovaný materiál, kdy dochází k rozrušení vnitřní struktury vlivem vysoké smykové rychlosti. [6]

Viskozita se mění v závislosti na teplotě. Pokud se teplota zvedne o cca 8 °C viskozita měřené barvy, klesne až o 50 %. [14]

Měření viskozity se provádí rotačními viskozimetry, jako je například HAAKE RotoVisco 1. Tento přístroj umožňuje stanovení závislosti smykového napětí na smykové rychlosti, z čehož lze odvodit reologický profil barvy včetně nekonečné viskozity. Taková data jsou klíčová pro hodnocení chování barvy v dynamických podmínkách tisku. [15]

## Lepivost

Lepivost tiskové barvy je práce potřebná k rozdělení filmu barvy mezi dva povrchy. Během tisku dochází k opakovanému štěpení barvy při jejím roztírání na válcích barevníku, při nanášení na tiskovou formu a při přenosu na potiskovaný materiál. Štěpení je způsobeno působením protichůdných sil, přičemž přilnavost barvy k povrchu válců (adheze) bývá vyšší než vnitřní soudržnost barvového filmu (koheze). Lepivost tiskové barvy přímo ovlivňuje proces přenosu barvy z tiskové formy na potiskovaný substrát a je proto důležitým parametrem z hlediska reologických vlastností barvy. Poruchy přenosu tiskové barvy má na svědomí nižší lepivost, při trappingu se zhoršuje přijímatost barvy pro další barvu, ostrost tiskového bude je snížena a hromadí se barva na ofsetovém potahu. Při vyšších rychlostech tisku vykazují barvy s vyšší lepivostí a tažností zvýšený sklon k prášení. To se stává, když se vytahují tenká vlákna barvy a přetrhují se na dvou místech současně, je to způsobeno vlivem deformačního napětí za styčným proužkem. [6]

Lepivost barvy roste s viskozitou barvy a klesá s rychlostí rotace barvových válců a s teplotou. Při tisku „mokrý do mokré“ je důležité, aby lepivost po sobě jdoucích barev klesala a nedocházelo ke zpětnému přenosu tiskové barvy z papíru na tiskový válec. [8]

### 1.3.2 Tloušťka a ohebnost filmu barvy

Tloušťka filmu barvy ovlivňuje jeho stabilitu a životnost. Je ovlivněna složením barvy a použitou tiskovou technikou. Při nanášení silnějších vrstev barvy můžeme vytvářet různé speciální efekty funkční (např. Braillovo písmo, ochranné vrstvy laku) i estetické (např. vysoce lesklé nebo strukturované povrchy, vůňové efekty...).

S tloušťkou filmu barvy souvisí také jeho ohebnost (elasticita), která je významná zejména u obalových materiálů. Příliš křehký barvový film může při skládání nebo ohybu popraskat, což je známé jako krakování. [6]

### 1.3.3 Optické vlastnosti filmu barvy

#### Barevný odstín

Barevnost tiskového výstupu je jedním z nejzásadnějších parametrů pro hodnocení kvality reprodukce. Závisí nejen na chemickém složení tiskové barvy, ale i na podkladu, způsobu tisku a procesních podmínkách. V odborné literatuře je barevnost definována jako vizuální vjem vyvolaný světlem odraženým od barevné plochy, který lze kvantifikovat pomocí spektrofotometrických měření a kolorimetrických systémů. Pro účely tisku je nejčastěji využíván trojrozměrný barevný prostor CIE  $L^*a^*b^*$ , který umožňuje přesné určení polohy barvy na základě světelnosti ( $L^*$ ), červenozelené složky ( $a^*$ ) a modrožluté složky ( $b^*$ ). Odchylka mezi dvěma barvami je následně vyjádřena hodnotou  $\Delta E^*$ , která určuje míru rozdílu mezi referenční a reálnou barvou. [16]

Barevnost může být ovlivněna řadou faktorů – například tloušťkou vrstvy barvy, rozptylem pigmentů, obsahem pojiv nebo interakcí s papírem. Výsledkem je odlišná sytost, kontrast nebo věrnost barvy oproti předloze. Důležitou součástí kontroly barevnosti je také sledování konzistence během tisku (např. kontrolní pásky) a pravidelná kalibrace zařízení. [11]

Měření barevnosti probíhá pomocí spektrofotometru, který umožňuje analýzu spektrálních vlastností výtisků a porovnání s referenčními hodnotami v barevném prostoru CIE Lab\*. K hodnocení barevné přesnosti se využívá metrika  $\Delta E^*$ , vyjadřující rozdíl mezi standardem a vzorkem. [17]

S hodnocením barevnosti výtisků souvisí jev označovaný jako metamerii. Jedná se o jev, kdy dvě barvy působí stejně, ale po změně osvětlení má každá jiný odstín. Barevné podání výtisků závisí na osvětlení, ve kterém je pozorujeme.

#### Lesk

Lesk vrstvy tiskové barvy je způsoben hladkostí povrchu barvového filmu po jeho zaschnutí. Ta je ovlivněna hladkostí potiskovaného materiálu a mírou nasáklivosti jeho povrchu, velikostí a tvarem pigmentových částic v tiskové barvě, množstvím pojiv v tiskové barvě, tloušťkou vrstvy tiskové barvy. Měření se provádí leskoměry. [12]

### 1.3.4 Odolnost filmu barvy vůči oděru

Náchylnost vrstvy tiskové barvy k odírání je ovlivněna potiskovaným materiálem, tisk na matně natíraných papírech o větší plošné hmotnosti a kartonech je k oděru náchylnější. U tiskové barvy určuje odolnost vůči oděru především typ pryskyřice, za účelem zvýšení odolnosti vůči oděru se do tiskových barev přidávají vosky. Pro stanovení odolnosti filmu barvy vůči oděru se

používají různé typy oděrových přístrojů, vyhodnocení se provádí buď podle etalonu nebo stanovením barvové odchylky oděrových stop a nepotištěného materiálu (papíru). [6]

### **1.3.5 Odolnost filmu barvy vůči povětrnostním vlivům**

Změny barvového filmu vznikají v důsledku působení světla, teploty, vlhkosti, chemikálií ve vzduchu (sluneční svit, vysoké teploty v letních a nízké v zimních měsících, déšť, mlha, sníh, námraza, vítr, znečištění vzduchu). Nejvýznamnější jsou změny vzniklé v důsledku působení UV záření, které má přímý vliv na změnu struktury molekul pigmentů, což vede ke změně odstínu barvy (většinou blednutí). Stálost pigmentů na světle je ve většině případů rozhodující pro životnost tiskoviny v exteriéru, vliv pojiva je u barev určených do exteriéru většinou podstatně menší. Světlostálost tiskových barev závisí na zeměpisné poloze a poloze tisku vzhledem k expozici přímým sluncem, na ročním období. Stálost pigmentu na světle se hodnotí stupněm 1 (nejhorší)–8 (nejlepší). [6]

### **1.3.6 Odolnost vůči vysokým teplotám**

Tepelná odolnost je důležitá u tiskovin, které procházejí následným zpracováním jako laminace, horká ražba nebo sušení. Barvy musí odolat vysokým teplotám bez změny odstínu nebo přilnavosti. [11]

### **1.3.7 Zdravotní nezávadnost**

Především při potisku obalů na potraviny nebo výrobků určených dětem je nutné dbát na zdravotní nezávadnost tiskových barev. V případě obalů na potraviny nejde jen o migraci zdraví škodlivých látek, ale i o ovlivnění chuti a vůně potravin. K tomuto účelu se používají tzv. nízkomigrační barvy. Odolnost proti migraci se testuje se podle norem EU (např. 1935/2004). [17]

## **1.4 Interakce mezi tiskovou barvou a potiskovaným materiálem**

Vlastnosti tiskových barev se výrazně liší v závislosti na tom, na jaký substrát jsou aplikovány. Každý typ podkladu má jiné fyzikální a chemické vlastnosti – savost, hladkost, povrchovou energii či absorpční schopnost. Tyto vlastnosti potom zásadně ovlivňují přilnavost, schnutí, kryvost a výslednou barevnost tisku. [6]

Natíraný papír má hladký povrch a nižší savost, což umožňuje rovnoměrnější rozprostření barvy a sytější podání barev. Tisk na tento substrát bývá ostřejší a lesklejší, zejména při použití vysoce pigmentovaných ofsetových barev. [18]

Nenatíraný papír je poréznější a barvu více absorbuje. To může vést ke snížení barevné sytosti a větší ztrátě ostrosti, zejména u jemných detailů. [11]

Karton a lepenka mají vyšší savost a hrubší povrch, což může ovlivnit výsledný vzhled barev i jejich odolnost. Při tisku obalů je třeba volit barvy se zvýšenou penetrační schopností a dobrou elasticitou, aby nedocházelo k praskání vrstvy. [11]

Plastové fólie a syntetické materiály mají nízkou povrchovou energii a nesavý charakter. Vyžadují použití speciálních barev s vysokou adhezí, často UV nebo solventních, případně použití primeru pro zvýšení přilnavosti. [17]

Speciální substráty, jako jsou metalizované fólie, transparentní materiály nebo termocitlivé papíry, vyžadují použití kompatibilních tiskových barev. Například na metalizované fólie se

často používají barvy s vysokým krytím nebo bílé podtiskové vrstvy, které zajistí sytost vrchní barvy. [17]

Správný výběr tiskové barvy v kombinaci s konkrétním substrátem je klíčový pro dosažení požadovaného vizuálního i funkčního výsledku. V praxi se běžně testuje kompatibilita kombinace barva-substrát pomocí laboratorních metod (např. IGT tester, mřížková zkouška). [18]

#### 1.4.1 Přenos barvy

Přenosem barvy se zpravidla označuje přenos barvy z tiskové formy na potiskovaný materiál. U nepřímých tiskových technik (ofset, tamponový tisk) se barva na potiskovaný materiál přenáší z přenosového válce, respektive tamponu. Způsob přenosu barvy je tedy ovlivněn použitou tiskovou technikou. Vlastnosti barev se musí vhodně upravovat, aby splňovaly podmínky přenosu pro každou tiskovou techniku. Přenos barvy je ovlivněn také vlastnostmi tiskové formy, tlakem a rychlostí tisku. Pokud je přenos dobrý, barva vytvoří na tisknoucích místech tenkou, rovnoměrnou a souvislou vrstvu. [3]

#### 1.4.2 Přijímatost tiskových barev (trapping)

Přijímatost tiskových barev (trapping) je parametr vyjadřující schopnost barvy přijímat další vrstvu barvy při vícebarevném tisku do mokré. Přijímatost ovlivňují především vlastnosti barvy (viskozita, lepivost a rychlost zasychání), tloušťka barvové vrstvy, pořadí barev při tisku, konstrukce tiskového stroje, která ovlivní časový interval mezi tiskem jednotlivých barev, a tiskový tlak. Špatná přijímatost procesních barev se projeví na tisku výraznou změnou barevného odstínu přetiskových barev. Barva, která se tiskne jako první, je přijímána potiskovaným materiálem. Tiskové body následně tištěných barev se mohou zachytit buď celou plochou na potiskovaném materiálu, nebo úplně nebo částečně na dříve vytištěné barvě. Vliv přijímatosti barev se, proto projeví výrazněji u tisků s vyšší tónovou hodnotou, kde dochází k podstatnému překryvu tiskových bodů.

Pro kvantitativní hodnocení přijímatosti

tiskových barev se využívá měření optické hustoty plných ploch. Měření optické hustoty všech vrstev se provádí přes filtr pro měření druhé (horní) barvy. Pro výpočet se nejčastěji používá vztah navržený Preucilem (3):

$$T = \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2} \times 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

kde

$D_1$  je optická hustota barvy 1 [-]

$D_2$  je optická hustota barvy 2 [-]

$D_{1+2}$  je optická hustota přetisku první barvy druhou [-]

Vyšší hodnota trappingu odpovídá lepšímu pořadí tiskových barev. Přijímatost barev musí být respektována při stanovení posloupnosti barev při tisku. Formulace tiskových barev by měla být taková, aby první barva měla nejvyšší lepivost (a přijímatost) a u dalších barev se lepivost postupně snižovala. [8]

### 1.4.3 Způsoby zasychání tiskových barev

Zasychání představuje proces přeměny kapalného filmu tiskové barvy na pevný, suchý povrch. Výsledkem tohoto děje je vznik souvislého filmu, který fixuje pigmenty na povrchu potištěného materiálu. Mechanismus zasychání je úzce spojen se složením pojidla, zároveň je však ovlivněn také charakterem potiskovaného materiálu, teplotou, dostupností vzduchu a dalšími faktory. Zasychání může probíhat buď fyzikálním, nebo chemickým způsobem.

U fyzikálního způsobu zasychání nedochází k chemickým proměnám pojiva, pouze k odstranění rozpouštědla z natištěného filmu zapíjením do porézního potiskovaného materiálu nebo odpařením. Mezi fyzikální způsoby zasychání patří také různé způsoby využívané u speciálních tiskových barev (vypalování, tunutí).

Při chemickém způsobu zasychání ve vrstvě pojiva probíhá chemická reakce: oxypolymerace, fotopolymerace nebo jiná chemická reakce.

V praxi se většinou uplatňuje více mechanismů zároveň, přičemž jeden bývá dominantní. [6]

#### Zapíjení (penetrace)

Tento způsob zasychání je typický pro tiskové barvy, jejichž pojivo je rozpuštěno v minerálních olejích nebo v petrolejových frakcích. Po nanesení na papír dochází k pronikání nízkoviskózního rozpouštědla do vláken papíru, čímž se zvyšuje relativní podíl pigmentu a filmotvorné složky na povrchu. Výsledkem je tvorba pevného filmu bez potřeby dodatečné chemické reakce nebo tepelného zásahu. Barvy schnoucí tímto způsobem mají výhodu v rychlém zasychání, ale vyžadují papír s dobrou savostí. Typickým příkladem jsou novinové rotační barvy. [6]

Zapíjením zasychají také vodové barvy (flexotiskové, sítotiskové) na savé materiály a některé typy inkoustů v inkjetovém tisku. Po tisku se část vody zapíše do materiálu, zbytek vody se odpaří v sušárně. [12]

#### Odpařování

Další možností je zasychání prostřednictvím odpaření těkavých rozpouštědel, jako jsou toluen, benzin nebo etanol. V tomto případě obsahuje tisková barva filmotvorné látky rozpuštěné v těkavém médiu, které se po nanesení na substrát rychle odpaří. Zůstává suchý film, který spojuje pigmenty s podkladem. Tento mechanismus zasychání je běžný například u hlubotiskových nebo flexotiskových barev. Z bezpečnostních a environmentálních důvodů se preferují směsi s nižším obsahem těkavých organických látek nebo se využívají speciální sušicí systémy.

Některé formulace používají rozpouštědla s vyšší teplotou varu, která se běžně neodpařují při pokojové teplotě. Barva se tak chová jako neschnoucí, dokud není vystavena vyšší teplotě během procesu sušení – typicky například u tzv. heat-set barev. [6]

Odpařováním zasychají také vodové barvy, po tisku se část vody zapíše do materiálu, zbytek se odpaří v sušárně. [12]

#### Oxypolymerizace

Chemické zasychání oxidativní polymerací je typické pro tiskové barvy, jejichž pojivem jsou vysychavé rostlinné oleje, které obsahují nenasycené mastné kyseliny, které reagují se vzdušným kyslíkem. Dochází k zesíťování molekul pojiva, čímž vzniká pevný, nerozpustný film. Tento způsob zasychání je typický pro archové ofsetové barvy. [6]

## Fotopolymerizace

Fotopolymerizace je polymerizační reakce iniciovaná fotochemicky UV zářením. Pojidlo barvy tvoří reaktivní nenasycená pryskyřice (např. akrylátová), monomery (reaktivní rozpouštědlo) a fotoiniciátor. Fotoiniciátor absorbuje UV záření, přechází do aktivovaného stavu, chemicky se mění, rozpadá se na částice schopné zahájit polymerizační reakci monomerů a reaktivních pryskyřic. Opakované připojování molekul monomerů a reaktivních pryskyřic vede k tvorbě vysokomolekulárních řetězců. Jedná se o velmi rychlou reakci, dochází k okamžitému zaschnutí barvy po ozáření UV světlem. Tiskoviny je možno okamžitě zpracovávat. UV barvy se dnes využívají téměř pro všechny tiskové techniky, protože odstraňují problémy spojené s použitím klasických tiskových barev a zrychlují realizaci zakázky. Výhodou UV barev ve srovnání s konvenčními barvami je vysoká produkční rychlost, nízká emise těkavých složek, ve stroji jsou stabilní (nezasychají), ve stroji mohou zůstat téměř neomezenou dobu, po tisku okamžitě zaschnou, nedochází k obtahování a slepování archů ve stohu, není potřeba práškování, okamžité dokončovací zpracování in-line, dobrá adheze k nesavým materiálům, vysoký lesk, vysoká odolnost vůči oděru a chemikáliím. Mezi hlavní nevýhody patří problémy s vytvrzením silných nebo vysoce pigmentovaných vrstev a vyšší cena. [12]

Zkoušky zasychání tiskových barev se provádějí na laboratorním potiskovacím zařízení, kdy se na vzorek papíru nanese určité množství barvy, v určených časových intervalech se provede obtisk na proužek standardního papíru. Čím rychleji barva do papíru proniká, tím méně se jí přenesou na přiložený standardní papír. Výsledky zkoušky umožňují stanovit, zda se stohované potištěné archy nebudou obtahovat. [16, 19]

### 1.5 Metody testování tiskových barev

Metody testování tiskových barev zahrnují široké spektrum přístupů, které umožňují hodnotit jak reologické, tak optické či mechanické vlastnosti. Mezi nejdůležitější laboratorní zkoušky patří měření viskozity, zasychání, přenosu barvy, penetrace do podkladu, barevnosti a lesku výtisků. Testování probíhá za standardizovaných podmínek a často vychází z technických norem jako jsou ISO 2834-1 (zkoušení barvy na tiskových zkušebních přístrojích), ISO 2846 (barevné charakteristiky tiskových barev) nebo ISO 12647 (procesní standardy tisku). [18]

Laboratorní testy často doplňují i simulace reálných tiskových podmínek, které umožňují přesnější předpověď chování barev v produkci. [11] Moderní testování se zaměřuje nejen na samotné fyzikální vlastnosti barev, ale i na hodnocení interakce barvy s konkrétním substrátem ve vztahu k okolnímu prostředí a tiskovému procesu. [17]

Testování přenosu barvy při vysoké rychlosti se používá pro simulaci reálného ofsetového nebo flexotiskového provozu, kde je kladen důraz na konzistenci přenosu při rychlostech nad 10 000 archů/h. [11]

Zkouška kompatibility s různými substráty se provádí aplikací stejné barvy na různé typy materiálů – např. natíraný a nenatíraný papír, plast, fólie nebo karton. Sleduje se přilnavost, schnutí, barevný odstín i případná chemická reakce, jako je např. migrace složek barvy do potiskovaného materiálu. [17]

Zkouška odolnosti proti UV záření a teple je klíčová u obalů vystavených světlu nebo teplotním změnám. Testy probíhají v komorách pro umělé stárnutí simulujících světlo, teplotu a vlhkost tak, aby se zjistila dlouhodobá stálost tiskového filmu. [18]

Výsledky těchto testů jsou využívány nejen k výběru správného typu barvy pro daný účel, ale i jako součást výstupní kontroly kvality. Pomáhají minimalizovat rizika reklamací, ztrát z důvodu vadného tisku a zajišťují opakovatelnost v produkci. [11]

V provozní praxi se k laboratornímu měření přidávají i následující testy:

Zkouška odolnosti vůči oděru – tiskovina se vystavuje mechanickému tření na oděrovém zařízení (např. rub tester) a hodnotí se odolnost barvového filmu. [18]

Hodnocení trappingu – zjišťuje se míra přenosu druhé a další barvy při soutisku. Vysoký trapping je nezbytný pro kvalitní vícebarevný tisk. [6]

Zkouška adheze (mřížková metoda) testuje, jak dobře barva drží na substrátu. Na potištěnou plochu se provede řez mřížkou a poté se lepicí páskou ověří, kolik barvy se odtrhne. Výsledky se hodnotí podle ISO 2409. [18]

### **Normy a standardy v oblasti tiskových barev**

Standardizace v oblasti tiskových barev je nezbytná pro zajištění konzistentních výsledků napříč různými tiskárnami, materiály a geografickými oblastmi. Normy definují základní parametry, které musí tiskové barvy splňovat z hlediska barevnosti, reologie, schnutí, přenosu nebo ekologických vlastností.

Mezi nejvýznamnější mezinárodní standardy patří:

- **ISO 12647** – určuje procesní standardy pro tisk. Zahrnuje požadavky na optickou hustotu, lineaturu sítě, barevnost a soutisk. Existují varianty této normy pro ofsetový tisk (ISO 12647-2), flexotisk, hlubotisk a další tiskové techniky.
- **ISO 2846** – specifikuje barevné vlastnosti tiskových barev, které jsou určeny pro použití ve standardizovaných tiskových podmínkách. Umožňuje přesnou reprodukci barev.
- **ISO 2834** – popisuje metody laboratorního testování tiskových barev, jako je zasychání, přenos nebo barevnost na zkušebních přístrojích. [18]

Dále existují i národní či průmyslové standardy:

- **FOGRA** (Německo) – výzkumný ústav polygrafie, který definuje profily barev a testovací metody, jako např. FOGRA39 pro CMYK tisk.
- **SWOP** (USA) – „Specifications for Web Offset Publications“, dříve hojně využívaný standard pro novinový a časopisový tisk. [11]
- **G7** metoda – moderní kalibrační metoda pro dosažení neutrální šedé a konzistentní barevnosti v různých tiskových zařízeních. [17]

Díky těmto standardům je možné provádět přesné měření kvality tisku, zajišťovat barevnou věrnost a efektivně komunikovat mezi zadavatelem, grafikem a tiskárnou. Využití norem zároveň snižuje množství zmetků, zrychluje kontrolu kvality a přispívá ke snížení ekologické zátěže produkce.

V posledních letech hraje důležitou roli i standardizace prostřednictvím barevných referenčních profilů, zejména FOGRA. Například FOGRA39 je profil vytvořený na základě tisku na natíraný papír s použitím ISO 12647-2 a dlouho sloužil jako standardní barevný prostor v Evropě. Novější verze, jako FOGRA51 a FOGRA52, reflektují aktuální podmínky tisku, nové typy papíru i měřicí světelné podmínky M1 (UV záření). [18] Tyto profily se běžně využívají při tvorbě nátisků, kalibraci RIPů a pro předávání tiskových PDF souborů mezi zadavatelem a tiskárnou.

Dalším významným systémem je ProcessStandard Offset (PSO), který představuje ucelený postup pro správu tiskových dat, barevnou kalibraci, kontrolu zařízení a samotnou výrobu

výtisku podle ISO normy 12647. Certifikace podle PSO umožňuje tiskárnám prokázat konzistenci tisku, správné měření a archivaci dat o zakázce – a je tak běžně vyžadována při zakázkách pro farmaceutický nebo obalový sektor. [11]

Díky těmto standardům dochází ke sjednocení výstupu napříč tiskárnami, což snižuje chybovost a reklamace, zvyšuje předvídatelnost tisku a podporuje ekologicky efektivní procesy s minimem makulatury. [17]

Pro zajištění dodržování těchto norem se v praxi používají specializované kontrolní nástroje, jako jsou spektrofotometry, denzitometry nebo barevné zkušební klíče. Ty umožňují nejen měření odchylek v barevnosti (např.  $\Delta E$  podle CIE Lab), ale i porovnání s referenčními profily v rámci softwarových řešení pro barevný management (např. GMG, EFI nebo Heidelberg Prinect). Tiskárny tak mohou rychle reagovat na barevné odchylky během zakázky, zaručit vizuální shodu s nátiskem a minimalizovat odpady z důvodu nepřesného soutisku či barevného posunu. [18]

## 1.6 Vliv tiskových barev na kvalitu tisku

Tiskové barvy zásadním způsobem ovlivňují kvalitu výsledného tisku, a to nejen svým barevným podáním, ale i dalšími fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Mezi hlavní parametry ovlivňující kvalitu výtisku patří ostrost, kryvost, lesk a odolnost vůči různým vnějším vlivům.

Jedním z klíčových faktorů je interakce mezi tiskovou barvou a substrátem. Pokud je tisková barva špatně přizpůsobena podkladu, může dojít k neúplnému přenosu barvy, problémům se zasycháním, rozpítí barvy nebo k poruchám přilnavosti barvy na substrátu. U savých podkladů je důležité sledovat míru zapíjení barvy, protože nadměrná absorpce může vést ke ztrátě sytosti nebo ke vzniku neostrosti na okrajích tiskových bodů.

Dalšími jevy ovlivňujícími výslednou kvalitu výtisku jsou:

- **obtahování (set-off efekt)** – přenos barvy z čerstvě potištěného archu na zadní stranu následujícího listu, způsobený pomalým zasycháním nebo nadměrným nánosem barvy. [11]
- **moaré efekty** – interferenční vzory vznikající při soutisku rastrů různých úhlů nebo nedostatečné kalibraci zařízení. [16]
- **krakování** – popraskání barvového filmu při sušení nebo ohýbání tiskoviny, typické zejména u tuhých nebo nevhodně formulovaných barev.
- **zamlžování (fogging)** – vznik jemného barevného závoje v nepotištěných oblastech, často kvůli prášení barvy nebo nedostatečné stabilitě tiskové formy. [6]

Pro dosažení optimální kvality výtisku je třeba brát v úvahu nejen správnou formulaci barvy, ale i její kompatibilitu s tiskovým materiálem, typem tiskové techniky a podmínkami zasychání. Správné nastavení tiskového stroje, vhodná viskozita, lepivost a konzistence barev jsou klíčem k dosažení rovnoměrného, ostrého a stálého tisku.

## 1.7 Stabilita tiskových barev a jejich skladování

Stabilita tiskových barev je klíčovým faktorem pro zachování jejich vlastností během skladování i při použití v tisku. Nesprávné skladování může vést ke ztrátě reologických vlastností, separaci složek, sedimentaci pigmentu nebo změně barevnosti. [3], [6]

Mezi hlavní faktory ovlivňující stabilitu tiskových barev patří teplota, vlhkost, přístup vzduchu (zejména kyslíku), světlo a čas. Tiskové barvy by měly být skladovány v uzavřených nádobách, mimo přímé sluneční světlo, ideálně při stabilní teplotě kolem 15–25 °C.

Při dlouhodobém skladování může dojít k zahušťování vlivem odpařování těkavých složek, oddělení složek (např. sedimentace pigmentu nebo oddělení pojiv), oxidaci olejových složek, což vede k vyšší viskozitě nebo tvrdnutí

Pravidelným promícháváním, kontrolou viskozity a kryvosti lze zabránit nežádoucím změnám před použitím. Výrobci běžně uvádějí tzv. dobu minimální trvanlivosti (shelf life), která je důležitá pro kontrolu kvality. [11]

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem experimentální části práce bylo odzkoušet metody testování tiskových barev s využitím potiskovacího přístroje IGT Amsterdam 2. při různém nastavení IGT vysokorychlostní barevníkové jednotky 4.

### 2.1 Experimentální materiály

Testy byly provedeny pro 2 druhy papíru: bezdřevý ofsetový papír MultiOffset® o plošné hmotnosti 140 g/m<sup>2</sup> a leskle natíraný papír MultiArt® Gloss o plošné hmotnosti 130 g/m<sup>2</sup>. Dále jsou papíry označovány zkráceně ofsetový papír a natíraný papír.

Pro testy zapíjení tiskové barvy byl navíc použit referenční papír IGT C2846.

Byla testována řada archových ofsetových procesních barev Bestack od firmy T&K TOKA: Process yellow ON L GR, Process magenta ON L, Process cyan ON L, Process black ON L. Dále jsou barvy označovány zkráceně yellow, magenta, cyan a black.

### 2.2 Experimentální přístroje a zařízení

#### 2.2.1. Potiskovací přístroj IGT Amsterdam 2

Pro realizaci tiskových zkoušek byl využit potiskovací přístroj IGT Amsterdam 2, který je určen k laboratornímu testování tiskových materiálů, jako jsou papír, lepenka a různé typy tiskových barev. Zařízení umožňuje provádět zkoušky jak při konstantní, tak i proměnlivé tiskové rychlosti, a to pomocí jednoho nebo dvou tiskových válečků. Tisková rychlost je nastavitelná v rozsahu od 0,1 do 4 m·s<sup>-1</sup>. Dále je možné nastavovat různé hodnoty přitlačné síly (v rozmezí 50 až 1 000 N) a časové prodlevy mezi otisky jednotlivých válečků, což umožňuje simulaci různých tiskových podmínek.

Přístroj je vybaven také stíracím nožem, který se využívá při simulaci hlubotiskového nebo flexotiskového způsobu tisku. Tento systém zároveň umožňuje aplikaci vlhčení na substrát, což je klíčové zejména při testech souvisejících s ofsetovým tiskem.

IGT Amsterdam 2 je dále vybaven integrovanou optickou kamerou, která slouží k analýze výsledků tiskových zkoušek. Pomocí tohoto kamerového systému lze hodnotit například tiskovou penetraci, IGT drsnost, rozdíly mezi lícovou a síťovou stranou substrátu či rozměrovou stálost materiálu. V kombinaci se specializovaným softwarem lze provádět i analýzu mottlingu nebo tzv. Heliotest.

Potiskovaný materiál se uchytí na přitlačný válec, z tiskového válečku je na něj přenášena tisková barva. Síla, kterou je tiskový váleček přitlačován k přitlačnému válci se dá nastavit v rozmezí 50–1 000 N. V závislosti na druhu testu a typu tiskového válečku je přitlačný válec opatřen gumovou nebo papírovou podložkou. Délka potištěné plochy při tisku jednou barvou je 200 mm. V případě použití dvou válečků je vzdálenost mezi jejich otisky 70 mm, což umožňuje provádění vícefázových testů, například pro hodnocení trappingu či vícenásobného přenosu barvy.

Ovládání přístroje probíhá prostřednictvím dotykového rozhraní. Po zapnutí hlavním vypínačem na zadní straně zařízení se přibližně po 30 sekundách zobrazí úvodní menu. V části „Settings“ (Nastavení) lze zvolit jazyk rozhraní, uzamknout zařízení heslem nebo aktivovat konkrétní testovací metody. Při volbě testovacího režimu v nabídce „Test“ má uživatel možnost

nastavit hodnoty rychlosti a přítlačné síly, případně aktivovat kamerové snímání pro následnou obrazovou analýzu. Součástí rozhraní je i přehled materiálů potřebných k danému testu. Po ukončení práce se přístroj vypíná pomocí tlačítka „Quit“, čímž dojde k automatickému vypnutí systému, po němž je možné zařízení bezpečně odpojit. [22]



Obr.1: Potiskovací přístroj IGT Amsterdam 2

### 2.2.2 IGT vysokorychlostní barevníková jednotka 4

IGT vysokorychlostní barevníková jednotka 4 slouží k rovnoměrnému rozvalování a následnému navalování tiskové barvy na tiskový váleček. Jednotka je řízena prostřednictvím dotykového displeje s jednoduchým a přehledným uživatelským rozhraním. Po zapnutí hlavního vypínače na zadní straně zařízení a následném stisknutí tlačítka napájení na ovládacím panelu se po krátké době zobrazí hlavní nabídka, ve které jsou dostupné čtyři základní volby: Start (spuštění testu), Settings (nastavení), Quit (ukončení a vypnutí zařízení) a Informace (technické údaje o zařízení). V nabídce Settings lze upravovat jazyk rozhraní (angličtina, nizozemština, němčina), nastavit datum a čas, aktualizovat software a spravovat uživatelské profily. Tyto profily umožňují přednastavit parametry rozvalování a navalování barvy podle typu použitého barviva nebo účelu testu. Mezi nastavitelné parametry barevníkové jednotky patří teplota termostatické lázně, rozběhový čas, doba a rychlost předběžného rozvalování (predistribution), doba a rychlost konečného rozvalování (distribution) a doba přenosu barvy na tiskový váleček (inking time).



*Obr. 2 Barevníková jednotka*

*1 – hlavní vypínač*

*2 – tlačítko zapnout/vypnout*

*3 – tlačítko pro nouzové vypnutí v případě nebezpečí*

*4 – displej*

*5 – čtyři hřídele pro nasazení tiskových válečků*

*6 – horní gumový válec barevníku se čtyřmi segmenty pro jednotlivé tiskové barvy*

Zařízení disponuje třemi základními režimy (Mode 1–3), které odpovídají různým viskozitám tiskové barvy:

- Mode 1 – určen pro běžně viskózní barvy s okamžitým nástupem rozvalování. Doporučené nastavení: Distribution time 30 s, Distribution speed  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , Inking time 15 s.
- Mode 2 – vhodný pro velmi řídké nebo vysoce viskózní barvy, s pozvolným náběhem rychlosti. Start-up time 10 s, Distribution time 20 s, Distribution speed  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , Inking time 15 s.
- Mode 3 – kombinuje předrozvalování a konečné rozvalování s různými rychlostmi. Tento režim se používá při práci s oleji pro testování povrchové pevnosti papíru. Start-up time 50 s, Pre-distribution 30 s ( $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), Distribution 10 s ( $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), Inking time 20 s.

Po výběru příslušného režimu uživatel aktivuje tlačítko Start v hlavním menu a na displeji se objeví menu pro rozvalování a navalování barvy, ve kterém je zobrazen nastavený profil rozvalování barvy (např. Mode 2) a nastavené podmínky navalování. Po zmáčknutí tlačítka Start v tomto menu se gumový válec spustí dolů a objeví se dialogové okno s volbou Cleaning/Ink (Čištění/rozvalování a navalování barvy). Pro rozvalování a navalování barvy se zvolí Ink. Po otevření krytu barevníku se na příslušný segment gumového válce nanese 1/3 požadovaného množství barvy, zmáčknutím tlačítka Rotate (otočení) se barevníkový válec otočí o  $120^\circ$ . Po nanesení další 1/3 množství barvy se zmáčknutím Rotate (otočení) provede další pootočení barevníkového válce. Nanese se zbylé množství barvy a na hřídel barevníkové jednotky se nasadí tiskový váleček. Po zavření krytu barevníku se zmáčknutím tlačítka Start zahájí proces rozvalování barvy, na displeji se zobrazuje časový průběh rozvalování.

Po ukončení rozvalování barvy se na displeji znovu objeví menu pro rozvalování a navalování barvy. Vybere se pozice, ve které je tiskový váleček, na který se bude navalovat barva a zmáčknutím šipky pod dobou navalování se spustí navalování barvy. Tiskový váleček se posune dolů ke gumovému válci barevníku a začne navalování barvy. V okénku s nastavenou dobou navalování se zobrazuje časový průběh navalování. Po uplynutí doby navalování se tiskový váleček posune do horní polohy, otevře se kryt barevníku, vyjme se váleček s naválenou barvou a použije se pro test na potiskovacím přístroji. V případě potřeby lze pro další test využít jiný segment nebo doplnit barvu na stávající.

Po ukončení testování je nutné zařízení vyčistit. To se provádí prostřednictvím nabídky Cleaning, kde lze samostatně ovládat otáčení válců (Motor On/Off) a polohu gumového válce (Top roll: Down/Up). Čištění se provádí měkkým hadříkem a vhodným rozpouštědlem, například etanolem nebo technickým benzínem. Důraz je kladen na to, aby válečky nebyly namáčeny, dlouhodobě vystaveny účinkům rozpouštědla ani čištěny v ultrazvukové lázni, aby nedošlo k jejich poškození.

Zařízení se vypíná prostřednictvím tlačítka Quit v hlavním menu, přičemž je vyžadováno potvrzení uživatele. Teprve poté je přístroj bezpečně odpojen. [23]

### 2.2.3. Rotační reometr HAAKE RotoVisco 1

Pro experimentální měření viskozity tiskových barev byl použit rotační reometr HAAKE RotoVisco 1, vyráběný společností Thermo Scientific. Tento přístroj je navržen pro přesné

a reprodukovatelné měření reologických vlastností kapalin, past a viskózních materiálů. Využívá principu rotačního měření, kdy je vzorek vystaven definované smykové zátěži mezi dvěma tělesy (např. kužel–deska nebo válcová geometrie) a následně je zaznamenáván točivý moment potřebný k jejímu udržení. Z těchto hodnot je vypočtena dynamická viskozita vzorku.

Přístroj je vybaven krokovým motorem a přesným torzním senzorem, které umožňují nastavení širokého rozsahu smykových rychlostí. Měření je řízeno pomocí počítačového softwaru HAAKE RheoWin, který umožňuje definici postupů měření (tzv. Jobs), řízení teplotních profilů, automatizované záznamy i grafické zobrazení výsledků.

V rámci této práce byl reometr využit k měření viskozity ofsetových tiskových barev při třech různých teplotách 23 °C, 30 °C a 45 °C. Každý vzorek barvy byl testován v kontrolovaném prostředí s použitím geometrie kužel–deska. Teplota měřicího systému byla udržována pomocí Peltierova modulu TCP/P, který umožňuje přesnou regulaci v rozsahu od –40 °C do +180 °C. V každém měření byla zaznamenána hodnota dynamické viskozity při konstantní smykové rychlosti.

#### **2.2.4 Spektrofotometr X-Rite SpectroEye**

Pro měření optické hustoty a barevnosti tiskových vzorků byl použit přenosný spektrofotometr X-Rite SpectroEye. Tento přístroj je určen k profesionálnímu měření barevných a denzitometrických vlastností tiskových materiálů v souladu s normami ISO a DIN. Je vybaven přesnou kruhovou optikou 45°/0°, která zajišťuje konzistentní výsledky nezávisle na směru nanesení barvy nebo orientaci vzorku.

SpectroEye umožňuje měřit jak optickou hustotu (včetně měření černé barvy, tónových hodnot, kontrastu, šedé vyváženosti a dalších parametrů), tak i spektrální vlastnosti barev podle mezinárodních standardů CIE (např. hodnoty *Lab\**). Měření je prováděno v rozsahu vlnových délek od 380 nm do 730 nm, což umožňuje přesné posouzení barevnosti jak v CMYK systému, tak i u přímých barev.

Přístroj pracuje rychle a efektivně – jedno měření trvá přibližně 1,5 sekundy. Data lze sledovat přímo na displeji přístroje nebo exportovat do počítače pomocí připojení přes USB nebo sériové rozhraní. Měření může probíhat jednotlivě (režim Single), nebo v sérii s možností ukládání a porovnávání více výsledků (režim Series nebo Jobs). K ovládání slouží otočné kolečko a centrální tlačítko, které umožňují intuitivní navigaci v menu.

#### **2.2.5 Leskoměr Viptronic VipGloss-I**

K měření lesku tiskových vzorků byl použit přenosný leskoměr Viptronic VipGloss-I, který slouží k měření optického lesku pomocí odrazu světla pod úhlem 45°. Jedná se o přístroj určený pro polygrafické a povrchové aplikace, kde je důležité objektivní posouzení lesku povrchu.

Lesk je měřen na základě intenzity odraženého světla, přičemž výstupní hodnota je uvedena na desetibodové stupnici, kde vyšší číslo znamená vyšší lesk. Přístroj poskytuje rychlé a reprodukovatelné výsledky, přičemž jeho konstrukce umožňuje snadné použití i v provozních podmínkách. Měření probíhá kontaktně a bez nutnosti složitějšího nastavení.

Přístroj kombinuje osvětlovací a detekční optiku v jednom modulu, a díky přesné geometrii měření (45°/45°) simuluje způsob, jakým lidské oko vnímá lesk povrchu. Technické vlastnosti

zařízení, jako je přesně definovaný měřicí úhel, integrovaný zdroj světla a čitelný digitální displej, zajišťují spolehlivost a přesnost odečtu bez nutnosti externích zařízení.

Výběr těchto dvou typů papíru umožnil sledovat vliv povrchové úpravy substrátu na kvalitu tisku, přenos barvy, trapping a další sledované parametry.

### 2.2.6 Laboratorní váhy Kern ABS 220-4

Váhy mají maximální hmotnost vážení d o 220 g s přesností 0,1 mg. Byly použity pro stanovení množství tiskové barvy přenesené na papír.

## 2.3 Experimentální metody a výsledky

### 2.3.1 Měření viskozity tiskových barev

Pro posouzení reologického chování ofsetových tiskových barev byla provedena měření viskozity všech testovaných barev pomocí rotačního reometru HAAKE RotoVisco 1 s využitím systému kužel-deska. Měření probíhalo při třech teplotách (23 °C, 30 °C a 45 °C) za podmínek definované smykové rychlosti, v rozsahu přibližně 5 až 100 s<sup>-1</sup>.

Byl použit kužel o průměru 20 mm a zkosení 1° s úpravou povrchu proti poškrábání. Vzorek barvy o objemu 0,04 ml byl nadávkován na temperační destičku injekční stříkačkou, kde byl vytemperován na požadovanou teplotu pomocí regulátoru teploty *Thermo Scientific Arctic A25*. V průběhu měření se naměřené hodnoty zaznamenávaly do programu *Rheowin 3*. Viskozita barvy byla proměřena třikrát a tyto hodnoty byly zprůměrovány. Průměrné hodnoty byly použity pro sestavení tokových křivek. Obrázek – grafy (3 grafy pro každou teplotu všechny barvy do jednoho grafu)

Z Obrázků bylo potvrzeno, že použité barvy se chovají jako pseudoplastické kapaliny, další hodnocení bylo tedy provedeno s využitím Cassonovy rovnice (2). Z grafů závislosti  $\tau^{1/2}$  na  $D^{1/2}$  byly stanoveny hodnoty nekonečné viskozity a meze toku, které jsou uvedené v následující tabulce.

Tabulka 1: Hodnoty nekonečné viskozity a meze toku testovaných barev

teplota	23 °C		30 °C		45 °C	
	$\eta_{\infty}$ [Pa·s]	$\tau_M$ [Pa]	$\eta_{\infty}$ [Pa·s]	$\tau_M$ [Pa]	$\eta_{\infty}$ [Pa·s]	$\tau_M$ [Pa]
black	22,6586	257	13,9114	132	6,6260	50
cyan	29,8772	126	16,3305	47	5,5051	16
magenta	26,5647	182	14,2589	102	5,4457	21
yellow	22,1201	91	11,2352	35	3,3014	16

Ze získaných dat vyplývá jasný trend: s rostoucí teplotou dochází u všech barev ke snižování viskozity. Tento jev je fyzikálně dobře zdůvodněn – při vyšší teplotě se snižuje vnitřní tření kapalin a zvyšuje pohyblivost molekul, čímž se usnadňuje tok barvy.

Při 23 a 30 °C měla nejvyšší viskozitu barva cyan, potom magenta, black a yellow. Při teplotě 45 °C se pořadí barev dle viskozity změnilo: black, cyan, magenta a yellow.

Naměřené hodnoty viskozity byly dále využity pro interpretaci výsledků zapíjení barev na různých typech papíru a vztahu mezi reologickými vlastnostmi barvy a jejím chováním během tisku.

### 2.3.2 Přenos barvy, optická hustota, barevnost, lesk

Testování přenosu tiskové barvy bylo provedeno podle návodu firmy IGT s označením w50/72. [24] Test přenosu barvy slouží ke stanovení přesného množství barvy na papíru. Přenos barvy v  $\text{g}/\text{m}^2$  se vypočítá z rozdílu hmotnosti tiskového válečku před a po tisku a z rozměrů potištěné plochy. Po zaschnutí tiskové barvy mohou být vytištěné vzorky použity pro stanovení dalších vlastností jako např. optické hustoty tisku, barevnosti, odolnosti vůči oděru, chemikáliím, působení světla atd.

K testování byl použit laboratorní potiskovací přístroj IGT Amsterdam 2 IGT a vysocerychlostní barevníková jednotka 4. Byl použit tiskový váleček s černým pryžovým potahem o tvrdosti 85 Shore A. Pro přesné dávkování barvy sloužila IGT pipeta.

Test byl proveden za těchto podmínek: tisková síla 625 N, tisková rychlost 0,2 m/s, objem nanesené barvy 0,10  $\text{cm}^3$ , což odpovídá přibližné tloušťce vrstvy 2,4  $\mu\text{m}$ . Teplota v barevníkové jednotce byla nastavena na 23, 30 a 45 °C. Při každé teplotě byly připraveny tři tiskové vzorky na oba druhy testovaného papíru.

Nejprve byly připraveny proužky testovaného papíru o rozměrech 50 × 210 mm. Následně byla v přístroji IGT Amsterdam 2 zvolena testovací metoda „Colour/Density/Transfer“. Pomocí pipety byl na segment válce barevníkové jednotky aplikován přesný objem tiskové barvy (0,10  $\text{cm}^3$ ). Barva byla nejprve rozválena a poté naválena na tiskový váleček, který byl po tomto procesu sejmут a zvážen na laboratorních vahách Kern ABS 220-4 s přesností na 0,1 mg, čímž byla získána počáteční hmotnost válečku s tiskovou barvou (G1).

Potom byl váleček upevněn do potiskovacího přístroje a provedl se tisk na připravený proužek papíru. Ihned po tisku byl váleček sejmут z hřídele potiskovacího přístroje a opět zvážen, čímž byla stanovena jeho hmotnost po přenosu barvy (G2). Rozdíl mezi hodnotami G1 a G2 představuje množství přenesené barvy. Přenos barvy (P) v  $\text{g}/\text{m}^2$  byl spočítán podle následující rovnice:

$$P = (10\,000/L \times W) \times (G1 - G2) \quad (4)$$

kde

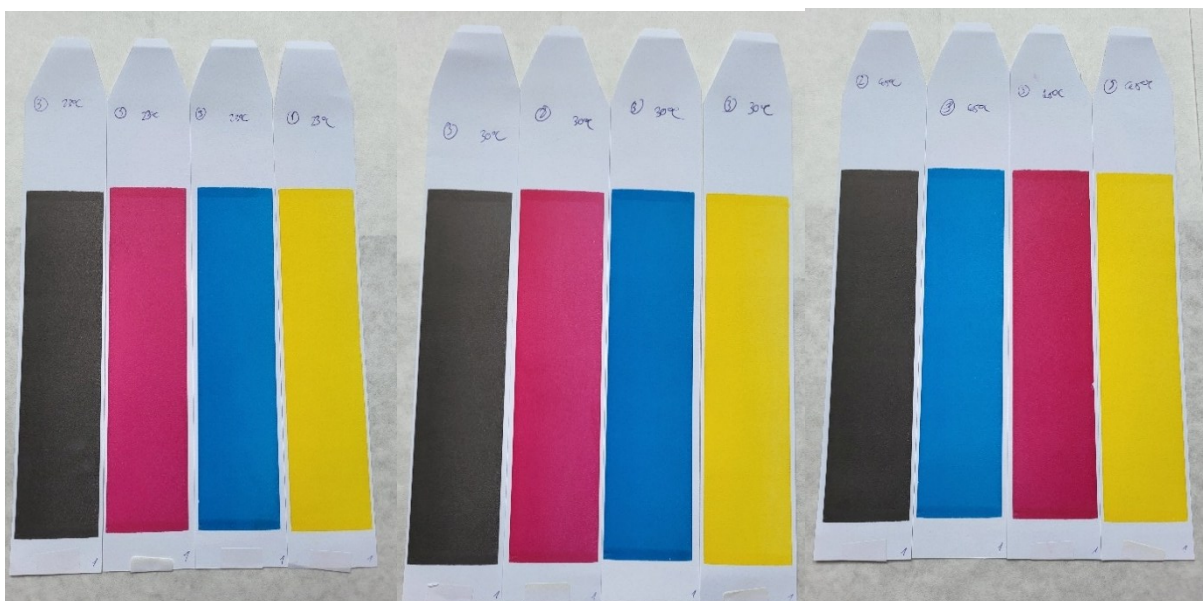
L je délka potištěné plochy v cm

W je šířka potištěné plochy v cm

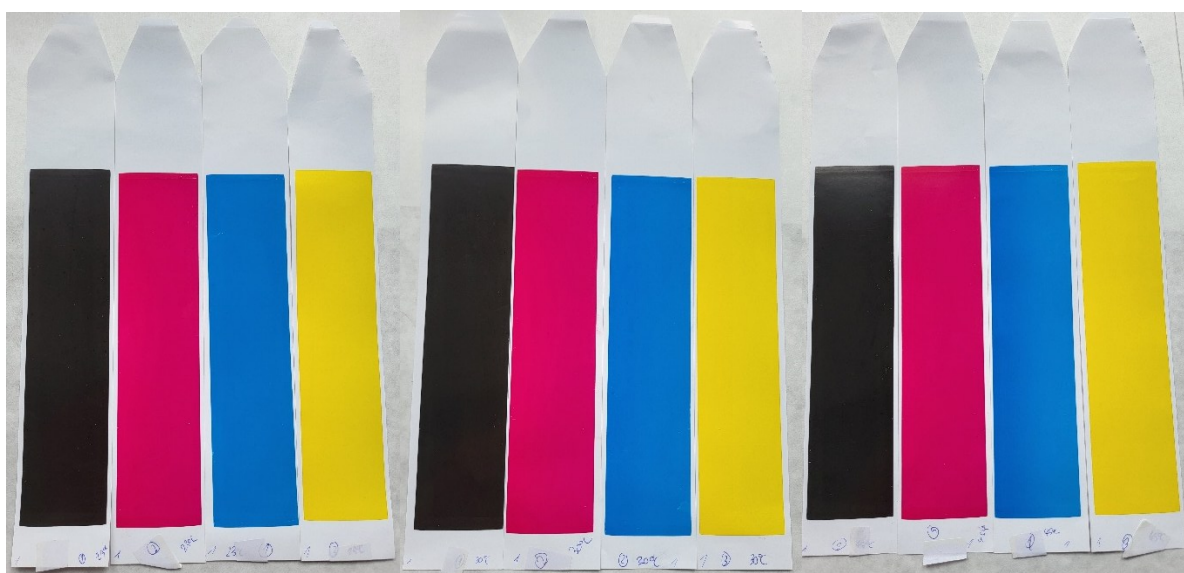
G1 je hmotnost tiskového válečku před tiskem v g

G2 je hmotnost tiskového válečku po tisku v g

Od každé barvy byly pro oba druhy papíru připraveny tři vzorky při každé teplotě (23, 30 a 45 °C).



*Obr. 3 Přenos tiskové barvy na ofsetový papír při 23 °C, 30 °C a 45 °C*



*Obr. 4 Přenos tiskové barvy na natíraný papír při 23 °C, 30 °C a 45 °C*

Hodnoty přenosu barvy pro jednotlivé vzorky byly zprůměrovány, průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3.

Po ukončení testu byly tištěné vzorky ponechány po dobu 24 hodin k zaschnutí a následně použity pro měření optické hustoty tisku, barevnosti v systému CIELAB a lesku.

Optická hustota a barevnost byla měřena spektrofotometr X-Rite SpectroEye, lesk na leskoměru Viptronic VipGloss-I. Všechny parametry byly měřeny pětkrát na každém vzorku, naměřené hodnoty byly zprůměrovány, průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 4–9.

Tabulka 2: Hodnoty přenosu barvy (P) pro ofsetový papír

	black		magenta		cyan		yellow	
	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]
23 °C	1,3841	0,0385	1,3841	0,0634	1,1238	0,2496	1,3556	0,5909
30 °C	1,6794	0,2506	1,5333	0,3333	1,9143	0,1559	1,2952	0,4279
45 °C	1,5524	0,4439	1,5492	0,1620	1,6984	0,3196	1,4095	0,1073

Tabulka 3: Hodnoty přenosu barvy (P) pro natíraný papír

	black		magenta		cyan		yellow	
	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]	P [g/m <sup>2</sup> ]	Směr. odch. [-]
23 °C	1,2127	0,1862	1,0921	0,0612	1,2095	0,0687	1,2254	0,0925
30 °C	1,2794	0,0880	1,2889	0,0715	1,1587	0,0275	1,3111	0,0634
45 °C	1,2127	0,7760	1,1302	0,1762	1,1333	0,0687	1,5079	0,2777

Na ofsetový papír se přeneslo ve většině případů větší množství tiskové barvy než na natíraný papír, hodnoty směrodatných odchylek průměrných hodnot přenosu byly většinou vyšší. Rozdíly v přenosu jednotlivých barev jsou většinou menší než směrodatná odchylka průměrných hodnot přenosu. Podobně je to u rozdílu v přenosu barvy v závislosti na teplotě. Zde byly zaznamenány větší hodnoty přenosu při vyšší teplotě u ofsetového papíru, což může souviset s tím, že při vyšší teplotě se snížila viskozita tiskové barvy, barva snáze proniká do pórovité struktury papíru a přenesla se jí více.

Tabulka 4: Hodnoty optické hustoty(D) pro ofsetový papír

	black		magenta		cyan		yellow	
	D [-]	Směr. odch. [-]	D [-]	Směr. odch. [-]	D [-]	Směr. odch. [-]	D [-]	Směr. odch. [-]
23 °C	0,91	0,05	0,90	0,02	0,87	0,06	0,93	0,03
30 °C	0,95	0,04	0,90	0,06	0,95	0,02	0,91	0,04
45 °C	0,94	0,03	0,94	0,03	0,93	0,04	0,89	0,06

Tabulka 5: Hodnoty optické hustoty (D) pro natíraný papír

	black		magenta		cyan		yellow	
	D [-]	Směr. odch. [-]	D [-]	Směr. odch. [-]	D [-]	Směr. odch. [-]	D [-]	Směr. odch. [-]
23 °C	1,77	0,04	1,72	0,05	1,73	0,02	1,35	0,05
30 °C	1,87	0,06	1,80	0,07	1,73	0,03	1,41	0,02
45 °C	1,84	0,03	1,69	0,06	1,74	0,06	1,47	0,04

Přestože se na natíraný papír přeneslo méně barvy než na papír ofsetový, hodnoty optické hustoty byly vyšší. Souvisí to s povrchovou strukturou papírů. U natíraného papíru je jeho povrch uzavřen vrstvou nátěru, barva proniká pouze do malých pórů nátěru, většina barvy zůstává na povrchu papíru. U ofsetového papíru barvy proniká hlouběji do jeho struktury, tím se snižuje koncentrace pigmentu na povrchu papíru a tím i hodnota optické hustoty.

Rozdíly v optické hustotě v závislosti na teplotě jsou většinou menší než směrodatná odchylka průměrných hodnot optické hustoty.

Tabulka 6: Hodnoty lesku pro ofsetový papír

	black		magenta		cyan		yellow	
	lesk [-]	Směr. odch. [-]	lesk [-]	Směr. odch. [-]	lesk [-]	Směr. odch. [-]	lesk [-]	Směr. odch. [-]
23 °C	3,84	0,12	3,83	0,12	3,80	0,09	4,14	0,06
30 °C	3,78	0,19	3,79	0,11	3,79	0,06	4,19	0,08
45 °C	3,91	0,12	3,77	0,13	3,81	0,07	4,20	0,09

Tabulka 7: Hodnoty lesku pro natíraný papír

	black		magenta		cyan		yellow	
	lesk [-]	Směr. odch. [-]	lesk [-]	Směr. odch. [-]	lesk [-]	Směr. odch. [-]	lesk [-]	Směr. odch. [-]
23 °C	9,38	0,28	9,11	0,26	8,81	0,18	9,28	0,13
30 °C	9,70	0,21	9,27	0,21	8,81	0,14	9,20	0,09
45 °C	9,57	0,17	9,13	0,29	8,76	0,13	9,12	0,13

Z naměřených hodnot je patrné, že barvová vrstva na natíraném papíru vykazuje vyšší hodnoty lesku než na ofsetovém papíru. Opět to souvisí s povrchovou strukturou papíru. Na hladkém povrchu natíraného papíru se dosáhne větších hodnot lesku barvové vrstvy než na povrchu ofsetového papíru, který je výrazně drsnější.

Rozdíly v lesku v závislosti na teplotě jsou většinou menší než směrodatná odchylka průměrných hodnot lesku.

Tabulka 8: Hodnoty barevnosti ( $L^*a^*b^*$ ) pro ofsetový papír

	black						magenta					
	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]
23 °C	42,02	1,13	0,88	0,04	5,43	0,09	56,96	0,39	58,87	0,51	2,30	0,73
30 °C	38,37	0,92	0,88	0,09	5,29	0,19	55,58	0,65	60,20	0,45	4,91	1,17
45 °C	38,28	0,77	0,97	0,04	5,48	0,07	55,68	0,75	60,34	0,46	5,04	1,31

	cyan						yellow					
	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]
23 °C	61,63	2,12	-23,83	0,85	-42,57	1,40	95,21	0,46	-2,13	0,75	84,79	2,31
30 °C	56,99	1,22	-22,03	0,63	-45,20	0,62	95,24	0,44	-2,17	0,49	85,68	0,82
45 °C	58,05	2,12	-22,76	1,17	-44,70	1,05	95,56	0,53	-2,96	0,82	82,91	2,8

Tabulka 9: Hodnoty barevnosti ( $L^*a^*b^*$ ) pro natíraný papír

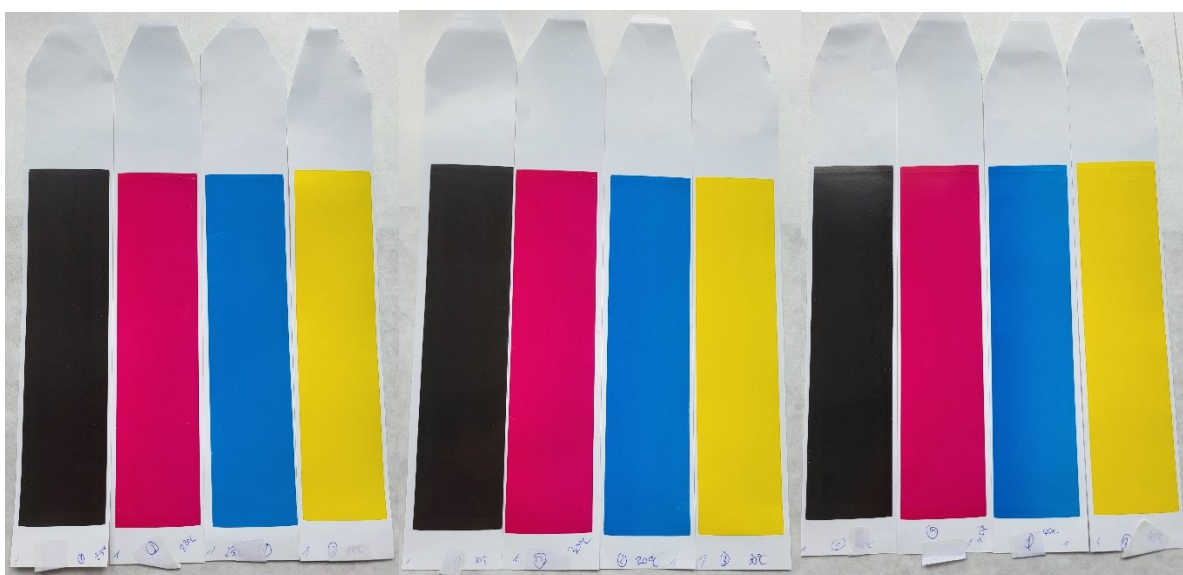
	black						magenta					
	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]
23 °C	12,54	1,16	0,82	0,17	1,44	0,55	43,41	0,53	77,80	0,22	-0,32	1,61
30 °C	11,18	1,55	0,66	0,23	1,00	0,66	43,49	0,73	77,74	0,32	0,00	2,36
45 °C	11,02	0,62	0,57	0,10	0,70	0,28	44,09	0,92	77,42	0,30	-1,61	2,89
	cyan						yellow					
	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]	$L^*$	Směr. odch. [-]	$a^*$	Směr. odch. [-]	$b^*$	Směr. odch. [-]
23 °C	50,07	0,39	-33,52	0,48	-55,59	0,80	88,04	0,56	-5,59	0,44	94,70	2,12
30 °C	50,27	0,83	-33,03	0,60	-56,53	0,57	88,73	0,10	-5,33	0,38	97,06	1,92
45 °C	49,76	1,28	-32,55	1,26	-56,65	0,78	88,66	0,17	-5,02	0,41	98,66	1,95

Na natíraném papíru bylo dosaženo nižších hodnot parametru  $L^*$ , což souvisí s vyšší hodnotou optické hustoty tisku, které bylo na tomto papíru dosaženo. Rovněž hodnoty parametrů  $a^*$  a  $b^*$  se pro jednotlivé papíry liší, což souvisí s rozdílným barevným odstínem těchto papírů.

Rozdíly v souřadnicích  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  v závislosti na teplotě jsou většinou menší než směrodatná odchylka průměrných hodnot souřadnic  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .



*Obr. 3 Přenos tiskové barvy na ofsetový papír při 23 °C, 30 °C a 45 °C*



*Obr. 4 Přenos tiskové barvy na natíraný papír při 23 °C, 30 °C a 45 °C*

### 2.3.3 Rychlost zapíjení tiskové barvy (set off)

Testování rychlosti zapíjení tiskové barvy bylo provedeno podle návodu firmy IGT w48/78. [24]

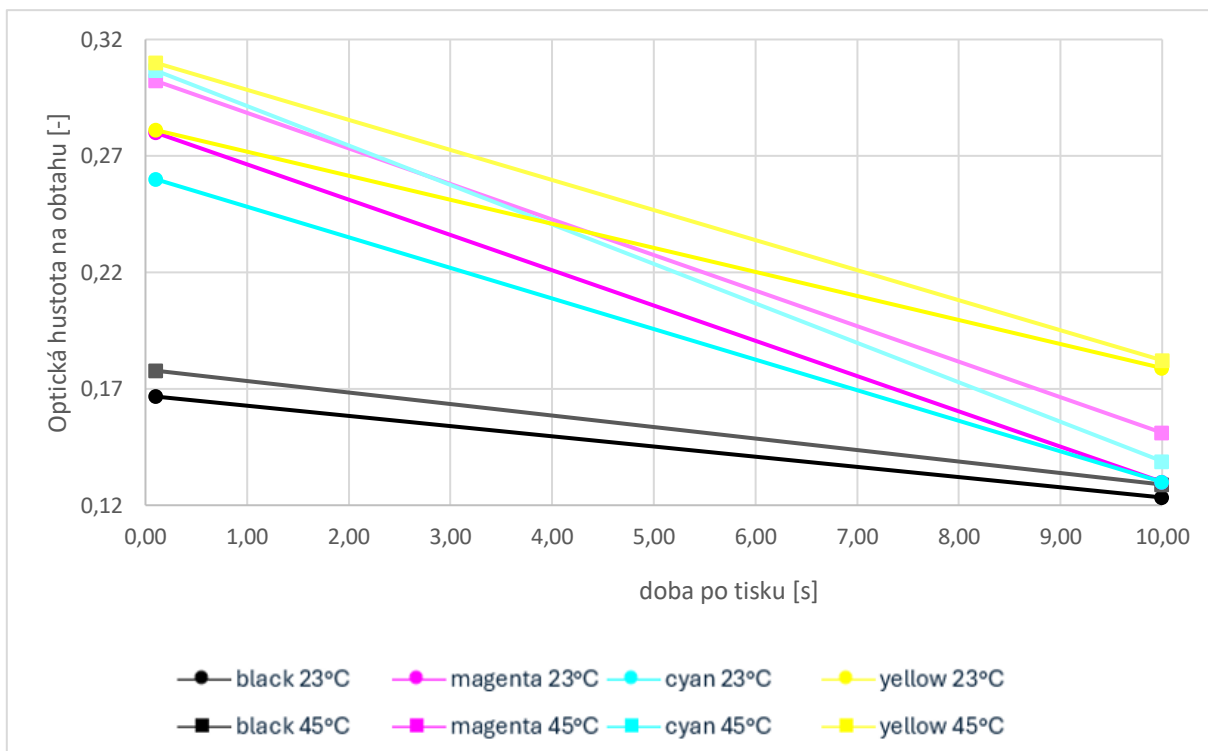
Při tomto testu je proužek papíru potištěn speciální testovací barvou (set off ink), nebo jinou testovanou barvou. Po určité době je potištěný proužek papíru uveden do kontaktu s čistým proužkem standardního papíru. Část tiskové barvy, která je na povrchu potištěného proužku se přenesse na proužek standardního papíru. Čím více barvy je absorbováno do struktury papíru, tím méně se přenesse na proužek standardního papíru. Mírou rychlosti zapíjení tiskové barvy je optická hustota vrstvy přenesené barvy. Jelikož rozmazání barvy se většinou týká barvy, která je na povrchu papíru, proužek papíru je potištěn tvrdým (hliníkovým) válečkem. Podle návodu w48 se test provádí při rychlosti 0,7 m/s a obtah se provádí na 2 polích. Podle návodu w78 se test provádí při rychlosti 0,2 m/s a obtah se provádí podle nastavení na 4 nebo 10 polích.

Pro testování byl použit přístroj IGT Amsterdam 2, vysokorychlostní barevníková jednotka 4. Pro dávkování barvy byla použita IGT pipeta. Pro tisk i obtah byly použity hliníkové tiskové válečky. Obtah byl prováděn na referenční papír IGT C2846. Test probíhal při tiskové síle 1 000 N a rychlosti tisku 0,7 m/s nebo 0,2 m/s podle zvolené metody. Na válec barevníkové jednotky se nanese vrstva barvy o tloušťce 4,0  $\mu\text{m}$  (0,17  $\text{cm}^3$ ). Teplota v barevníkové jednotce byla nastavena na 23 a 45 °C. Po naválení barvy na tiskový váleček byl váleček umístěn spolu s válečkem s referenčním papírem do potiskovacího přístroje, kde se provedl tisk a následné obtahování podle nastavených časových intervalů, které se pohybovaly od 0,1 do 120 sekund. Pro každé nastavení byly připraveny tři tiskové vzorky. Po testu se vzorky nechaly schnout minimálně pět hodin, poté se změřila optická hustota barevné vrstvy na obtahu. Měření bylo prováděno na každém obtaženém poli třikrát, naměřené hodnoty byly zprůměrovány a použity pro sestavení grafů pro hodnocení rychlosti zapíjení tiskové barvy.

#### Měření metodou w48, 2 obtahová pole (w48-2)

U této metody byla tisková barva obtahována na dvou polích, na prvním poli 0,1 s po tisku, na druhém poli 10 s po tisku.

U ofsetového papíru bylo možné měření provést bez komplikací, výsledky jsou zobrazeny v grafu na obrázku 5.



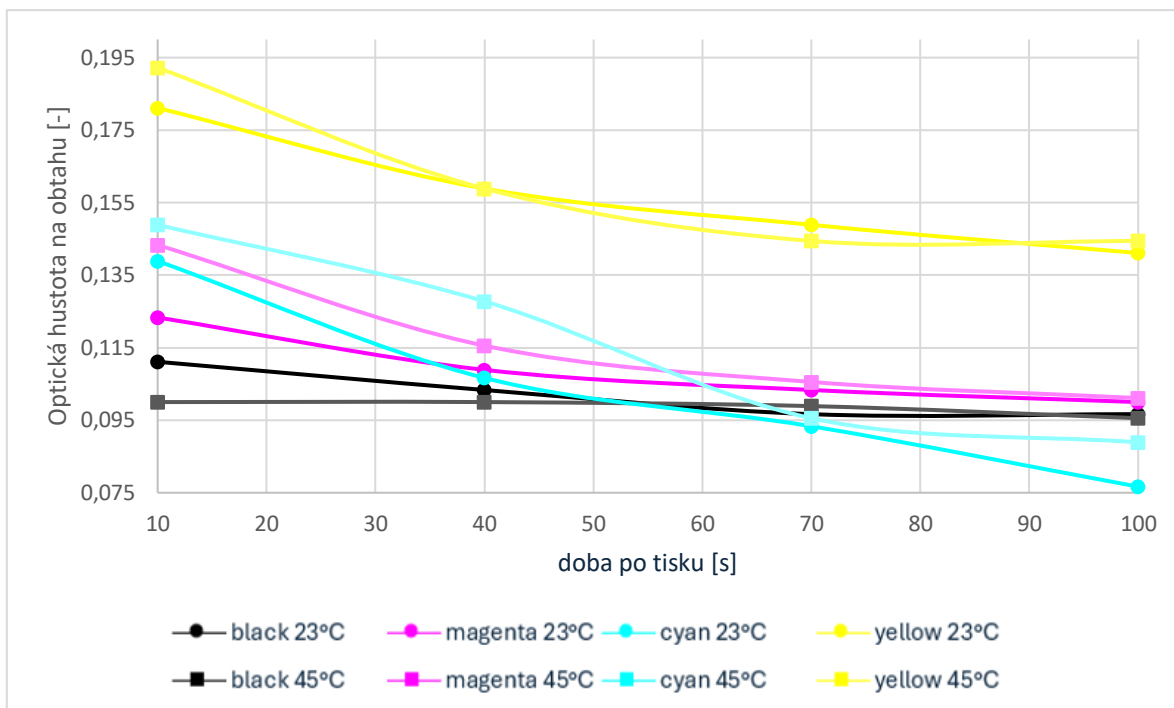
Obr. 5 Průběh zapíjení tiskové barvy na ofsetovém papíru (w48-2)

U natíraného papíru nebylo možné měření touto metodou úspěšně provést. Při obtahu barvy na referenční papír došlo k jeho přilepení na potisknutý proužek papíru, protože se tiskový váleček po obtahu neoddělil od hlavního válce. Tím došlo ke stržení povrchové vrstvy natíraného papíru a výsledek tak nebylo možné vyhodnotit.

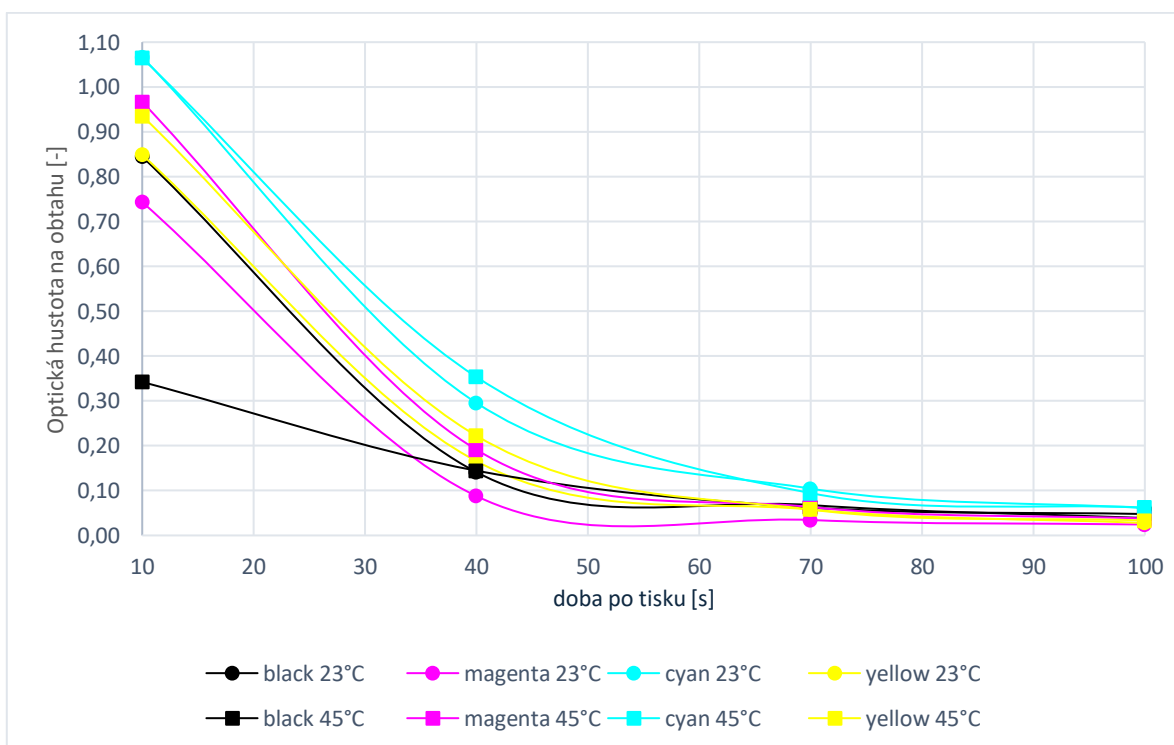
#### Měření metodou w78, 4 obtahová pole (w78-4)

U této metody byla tisková barva obtahována na čtyřech polích, na prvním poli 10 s po tisku, na druhém, třetím a čtvrtém poli vždy po 30 s.

U obou typů papíru bylo možné měření provést bez komplikací, výsledky jsou zobrazeny v grafech na obrázku 6 a 7.



Obr. 6 Průběh zapíjení tiskové barvy na ofsetovém papíru (w78-4)

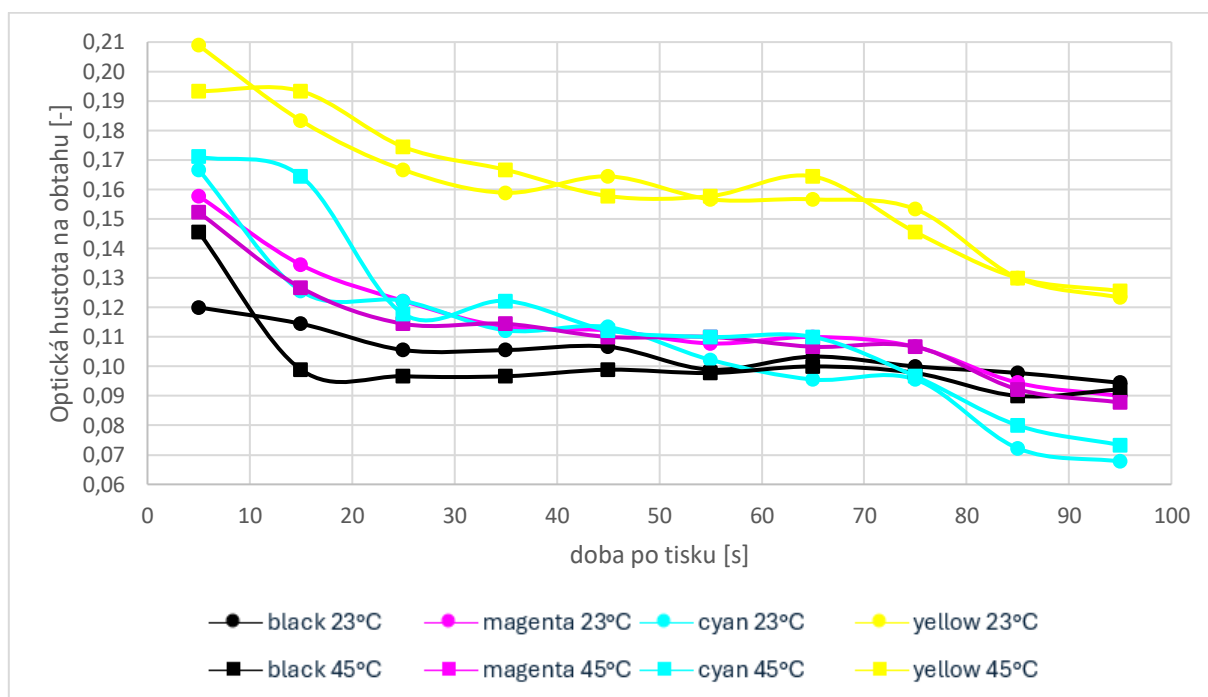


Obr. 7 Průběh zapíjení tiskové barvy na natíraném papíru (w78-4)

## Měření metodou w78, 10 obtahových polí (w78-10)

U této metody byla tisková barva obtahována na desíti polích, na prvním poli 5 s po tisku, na všech dalších polích vždy po 10 s.

Metodu bylo možno bez komplikací aplikovat pouze na ofsetový papír, protože u natíraného papíru v důsledku opakovaného kontaktu s obtahovým válcem docházelo ke stržení povrchové vrstvy papíru. Výsledky měření jsou zobrazeny na obrázku 8.



Obr. 8 Průběh zapíjení tiskové barvy na ofsetovém papíru (w78-10)

Metoda w48-2 umožnila vyhodnotit rychlost zapíjení tiskové barvy bezprostředně po tisku (0,1 s) a 10 s po tisku. Nejnižší hodnoty optické hustoty na obtahu (nejrychlejší zapíjení tiskové barvy) byly naměřeny pro barvu black, následovaly barvy cyan, magenta a yellow. Při teplotě 23 °C se barva ve všech případech obtahovala méně než při 45 °C. Může to být způsobeno tím, že barva má při této teplotě nižší viskozitu a snáze se přenáší na obtahový papír.

Metoda w78-4 jako jediná umožnila provést hodnocení pro oba typy papíru a ve srovnání s metodou w48-2 delší dobu po tisku (kromě 10 s i 40, 70, a 100 s po tisku).

U ofsetového papíru byly hodnoty optické hustoty na obtahu po 10 s podobné hodnotám získaným pro stejný časový interval metodou W48-2. Rozdíly mohou být způsobené rozdílnou rychlostí tisku předepsanou pro tyto metody. Do 40 s po tisku byly nejnižší hodnoty optické hustoty na obtahu naměřeny pro barvu black, následovala magenta, cyan a yellow. Po 70 s po tisku bylo pořadí barev cyan, black, magenta a yellow. Do 30 s po tisku u všech barev s výjimkou černé obtahovala vždy barva více při teplotě 45 °C než 23 °C, po delších časových intervalech se rozdíly v obtahování v závislosti na teplotě ztratily.

U natíraného papíru byly nejnižší hodnoty optické hustoty na obtahu naměřeny pro barvu magenta, následovala yellow a cyan. Výjimku tvořila barva black při 45 °C, která v intervalu do 35 s po tisku obtahovala ze všech barev nejméně. Všechny ostatní barvy obtahovaly při 45 °C více než při 23 °C, s rostoucí dobou po tisku se rozdíly v obtahu v závislosti na teplotě snižovaly.

Hodnoty optické hustoty na obtahu 10 s po tisku byly na natíraném papíru podstatně vyšší než na papíru ofsetovém, 70 s po tisku však již byly tyto hodnoty stejné nebo dokonce nižší než hodnoty naměřené na ofsetovém papíru.

Metoda w78-10 dala podobné výsledky jako metoda w78-4 s tím rozdílem, že měření bylo provedeno ve více časových intervalech po tisku. I zde do 40 s po tisku byly nejnižší hodnoty optické hustoty na obtahu naměřeny pro barvu black, následovala magenta, cyan a yellow. Po 70 s po tisku bylo pořadí barev cyan, black, magenta a yellow. Nebyla zde naměřena stejná závislost na teplotě jako u předchozích metod, v některých intervalech obtahovaly barvy více při teplotě 45 °C, v jiných při 23 °C.

### **2.3.4 Přijímavost tiskových barev (Trapping)**

Testování přijímavosti tiskových barev bylo provedeno podle návodu firmy IGT w46. [24]

Měření bylo prováděno na zkušebním zařízení IGT Amsterdam 2, které umožňuje testování trappingu v různých časových intervalech a při různém pořadí tiskových barev (například C+M a M+C). Měření probíhala za následujících podmínek: tisková síla 625 N, tisková rychlost 1 m/s, tloušťka vrstvy tiskové barvy 2,4 μm (odpovídající objemu 0,10 cm<sup>3</sup>). Test byl prováděn při dvou možných nastaveních: „Ink Trap 2 times“ (tiskový vzorek obsahuje 2 přetisková pole) a „Ink Trap 4 times“ (tiskový vzorek obsahuje 4 přetisková pole).

Použité vybavení zahrnovalo kromě samotného přístroje IGT Amsterdam2 také IGT vysoko rychlostní barevníkovou jednotku 4, dva tiskové válečky s pryžovým potahem (tvrdost 85 Shore A), pipety IGT s přesností 0,01 ml pro přesné dávkování barev.

Nejprve byla zvolena metoda měření – buď „Ink Trap 2 times“ nebo „Ink Trap 4 times“. Pipetami byly odebrány přesné objemy dvou tiskových barev (0,10 cm<sup>3</sup> každé) a aplikovány na dva různé segmenty válce barevníkové jednotky. Po rozvalení byly barvy naváleny na dva tiskové válečky. Každý váleček byl poté upevněn do tiskařského zařízení – první barva na pozici hřídele 1 a druhá na pozici hřídele 2. Následně byl proveden tisk, přičemž v režimu „Ink Trap 2 times“ byl první přetisk proveden 0,1 s po tisku a druhý 1 s po tisku první barvy. V režimu „Ink Trap 4 times“ byl první přetisk realizován 1 s, druhý 2 s, třetí 3 s a čtvrtý 4 s po tisku první barvy. Test byl prováděn při teplotě 23, 30 a 45 °C, při každé teplotě byly připraveny 2 vzorky. Test byl proveden pro všechna pořadí pestrých procesních barev: C+Y, Y+C, C+M, M+C, Y+M, M+Y. Po zaschnutí tiskových barev bylo provedeno vizuální hodnocení přijímavosti tiskových barev (viz. Obrázek 9). Na základě vizuálního hodnocení bylo stanoveno optimální pořadí barev při tisku C, M, Y, což je v souladu s naměřenými hodnotami viskozity tiskových barev a teoretickými předpoklady.



*Obr. 9 Ukázka trappingu tiskových barev pro vizuální hodnocení*

### 3. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo odzkoušet metody testování tiskových barev, které umožňuje provádět potiskovací přístroj IGT Amsterdam2. Při testech se vycházelo z návodu, které firma IGT Testing Systems k přístroji dodala. Testování probíhalo na dvou typech papíru s odlišnou povrchovou strukturou – bezdřevém ofsetovém a leskle natíraném papíru.

Jako první byl proveden test přenosu barvy. Podle návodu byly připraveny tři vzorky pro každou kombinaci barvy, papíru a teploty. Poměrně vysoké hodnoty směrodatné odchylky průměrných hodnot přenosu při některých měřeních ukazují na nestejný přenos barvy. Barva byla dávkována pomocí IGT pipety. Je možné, že došlo k chybě při plnění pipety nebo při dávkování barvy. Aby se tomuto problému předešlo, je nutné věnovat plnění pipety speciální pozornost a vyžaduje to rutinní znalosti práce s pipetou. Rovněž by bylo vhodné připravit více vzorků než návodem doporučované tři a z těch potom vybrat pro následné hodnocení ty, na kterých bylo dosaženo nejbližších hodnot přenosu.

Připravené tiskové vzorky byly následně použity pro měření optické hustoty tisku, barevnosti v systému CIELAB a lesku. Naměřené hodnoty pro jednotlivé typy papíru odpovídaly teoretickým předpokladům.

Podle IGT metodiky jsou všechny testy prováděny při teplotě 23 °C. IGT vysoko rychlostní barevníková jednotka 4 však umožňuje nastavení termostatické lázně v rozsahu 20–45 °C. Dalším cílem bakalářské práce bylo odzkoušet, do jaké míry změněná teplota ovlivní výsledky prováděných testů.

V případě přenosu barvy a následného hodnocení optické hustoty, barevnosti a lesku byla směrodatná odchylka od průměru měřených parametrů téměř vždy větší než rozdíly v naměřených hodnotách způsobené změnou teploty.

Dále byl prováděn test rychlosti zapíjení tiskové barvy, který popisují 2 metody IGT (w48 a w78). Metody se liší rychlostí tisku a počtem obtahovaných polí. U těchto metod se vyskytl problém při testování leskle natíraného papíru, kdy při obtahu natištěné vrstvy barvy standardním obtahovým papírem docházelo ke slepení papírů a strhávání povrchové vrstvy testovaného natíraného papíru, což znemožnilo další denzitometrická měření. Vyhodnotit se podařilo pouze test w78-4, výsledky pro natíraný a ofsetový papír při tomto testu odpovídaly teoretickým předpokladům.

U testu rychlosti zapíjení tiskové barvy se u většiny měření projevil vliv teploty na obtahování tiskové barvy. Při teplotě 23 °C se barva většinou obtahovala méně než při 45 °C.

Jako poslední byl prováděn test přijímatosti tiskových barev, který má dvě varianty – přetisk se provádí na dvou nebo čtyřech polích. Tiskové vzorky byly posuzovány vizuálně a na základě vizuálního hodnocení bylo stanoveno pořadí barev při tisku, které odpovídalo pořadí barev podle jejich viskozity a lepivosti uvedené v technickém listu barev.

Práce s potiskovacím přístrojem IGT Amsterdam2 a IGT vysoko rychlostní barevníkovou jednotkou 4 vyžaduje velkou preciznost a přesné dodržování pracovních postupů. Rovněž je nutné počítat s časovou náročností testů, protože testy jsou založeny na přesném dávkování tiskové barvy pro každý připravovaný vzorek. Po tisku každého vzorku je zapotřebí dokonale umýt jak tiskové válečky, tak i rozvalovací válce barevníkové jednotky, což je časově poměrně

náročné. Teprve potom je možné přistoupit k přípravě dalšího tiskového vzorku. Pro správné provádění testů je zapotřebí získat zkušenosti s prací na zařízení a určitou rutinu, která usnadní a urychlí práci. V IGT návodech byl počet připravovaných vzorků u testovaných metod 2–3. Určitě by bylo vhodné připravit větší množství vzorků, aby získané výsledky byly objektivní, zvláště pokud ten, kdo testy provádí nemá s prací na zařízení žádné zkušenosti.

Při dodržení těchto pravidel umožní potiskovací přístroj IGT Amsterdam2 získat užitečné informace o interakci barev a potiskovaného materiálu.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LEACH, R. H. (ed.). *The Printing Ink Manual*. Páté. Springer Netherlands, 1993. ISBN 978-0-948905-81-0.
- [2] HAYTA, Pelin; OKTAV, Mehmet a ATEŞ DURU, Özlem. An ecological approach to printing industry: Development of ecofriendly offset printing inks using vegetable oils and pine resin as renewable raw materials and evaluation of printability. *Color Research & Application*. Online. *Color Research & Application*. 2022, vol. 47, no. 1, article 22708, s. 164–171. Dostupné z: Wiley Online Library, <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/col.22708>. [cit. 2025-06-23].
- [3] HUDEČEK, Karel. *Tiskové barvy na papír a ostatní materiály*. Praha: SNTL – Středisko interních publikací, 1975.
- [4] HUDEČEK, Karel. *Tiskové barvy*. Praha: SNTL, 1964. ISBN -.
- [5] PCC GROUP. *Tiskařské barvy*. Online. PCC Group – produktový portál. Neueden. Dostupné z: <https://www.products.pcc.eu/cs/k/tiskarske-barvy/>. [cit. 2025-06-23].
- [6] HOLICKÁ, Hana. *Polygrafické materiály*. Přednáška. -. 2024.
- [7] IKAP. *Chemické složení tiskových barev*. Online. ELUC – Elektronická učebnice polygrafie. Neuedeno. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/lekce/chemicke-slozeni-tiskovych-barev>. [cit. 2025-06-23].
- [8] KAPLANOVÁ, Marie. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [9] *Příručka sítotisku a tamponového tisku*. Příručka. Servis centrum Brno, 1994.
- [10] LITERA DESIGN. *Tiskové barvy v polygrafickém průmyslu*. Online. Litera Design. 2025. Dostupné z: <https://www.literadesign.cz/reklama/tiskove-barvy-v-polygrafickem-prumyslu/>. [cit. 2025-06-23].
- [11] KIPPHAN, Helmut (ed.). *Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods*. Berlin: Springer, 2001. ISBN 978-3-540-67326-2.
- [12] JAKUCEWICZ, Stefan. *Farby drukowe*. Wrocław: Michael Huber Polska Sp. z o.o., 2001. ISBN 83-88861-04-2.
- [13] IKAP. *Rozdělení tiskových barev*. Online. ELUC – Elektronická učebnice polygrafie. Neuedeno. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/lekce/rozdeleni-tiskovych-barev>. [cit. 2025-06-23].
- [14] ELDRED, Nelson R. *What the Printer Should Know About Ink*. Třetí. Pittsburgh: Graphic Arts Technical Foundation, 2001. ISBN 9780883622504.
- [15] *Reologie tiskových barev*. Přednáška. PrintMedia AcademyPrintMedia Academy, 2014.
- [16] SHARMA, Gaurav (ed.). *Digital Color Imaging Handbook*. CRC Press, 2003. ISBN 978-0-8493-0941-3.
- [17] *SpectroEye User Manual*. Tištěný dokument. X-Rite, 2010.
- [18] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2834-1:2006(E), *Graphic technology – Laboratory preparation of test prints – Part 1: Paste inks*. Geneva: ISO, 2006.

- [19] PRINT24.COM. *Tiskové barvy*. Online. PRINT24.COM. Print24 Journal. Neuvedeno. Dostupné z: <https://print24.com/cz/journal/zakladni-tisk/tiskove-barvy/>. [cit. 2025-06-23].
- [20] ELUC – ELEKTRONICKÉ UČEBNICE. *Teorie barev*. Online. ELUC. ELUC – Elektronické učebnice. Neuveden. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/lekce/teorie-barev>. [cit. 2025-06-23].
- [21] KADERÁBEK, Vladimír. *Polygrafické materiály*. Pardubice: VŠCHT Pardubice, 1989. ISBN 9788085113075.
- [22] IGT Testing Systems. *Operations Manual: IGT Printability Tester Amsterdam 2*. Tištěný dokument. IGT Testing Systems, 2018.
- [23] IGT Testing Systems. *Operations Manual: IGT High Speed Inking Unit 4*. Tištěný dokument. IGT Testing Systems, 2018.
- [24] IGT Testing Systems. *IGT Information Leaflets*. Tištěný dokument. -. IGT Testing Systems, 2017.