

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

Vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Tereza Drnovcová

Univerzita Pardubice
Fakulta Chemicko-technologická

Vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy
Bakalářská práce

Prohlašuji:

Práci s názvem vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., 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

Tereza Drnovcová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tereza Drnovcová**
Osobní číslo: **C17091**
Studijní program: **B3441 Polygrafie**
Studijní obor: **Polygrafie**
Téma práce: **Vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy**
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

1. Na základě studia odborné literatury se seznamte s problematikou prorážení tiskové barvy. Zaměřte se především na vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy. Získané poznatky zpracujte v teoretické části práce.
2. V rámci experimentální části práce proveďte testy prorážení tiskové barvy pro dodané typy papíru za různých podmínek tisku.
3. V závěrečné části práce diskutujte vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy.

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: **26. února 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. července 2021**

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 26. února 2021

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



PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí práce paní Ing. H. Holické, Ph.D. za odborné vedení, rady a za čas, který mi věnovala. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině, především mé mamince, za podporu a velkou trpělivost. Děkuji i svým přátelům, kteří mě podporují ve studiu.

ANOTACE

Cílem této práce bylo vyhodnocení prorážení tiskové barvy na tenkých tiskových papírech v závislosti na tiskových podmínkách. Prorážení tiskových barev bylo testováno na dvou druzích tenkých tiskových papírů – Bolloré prima brite, 40 g/m² a Opaque, 40 g/m² dodaných OP papírnou. Součástí experimentální části je stanovení drsnosti papíru za účelem stanovení sítové a lícové strany papíru, prorážení tiskové barvy bylo stanoveno metodou *IGT W43/68* a i podle normy *SCAN-P 36-02*.

KLÍČOVÁ SLOVA

prorážení tiskové barvy, tenké tiskové papíry, optická hustota, metoda *IGT W43/68*, norma *SCAN-P 36-02*

TITLE

Effect of printing conditions on print-through

ANNOTATION

The aim of this work was evaluate the print thought on thin printing papers depending on the printing conditions. The print thought was tested on two types of thin printing papers - Bolloré prima brite, 40 g / m² and Opaque, 40 g / m² supplied by the OP paper mill. The experimental part is the determination of paper roughness, wire and obverse side of paper, the print through was determined by the method *IGT W43/8* and according to the standard *SCAN-P 36-02*.

KEYWORDS

print-through, thin printing papers, density, IGT method *W43/68*, standard *SCAN-P 36-02*

ÚVOD

Tenké tiskové papíry jsou speciálním druhem tiskových papírů. Mají plošnou hmotnost pohybující se v rozmezí od 25 do 60 g/m². Nejvíce se tenké tiskové papíry používají v oblasti informační publikace společně s příbalovými letáky. S tím souvisí určité požadavky na jejich vlastnosti. Důležitým požadavkem pro výrobu příbalových letáků je vysoká tisková rozlišitelnost a zároveň schopnost vytvářet velké množství skladů při minimálním objemu složeného archu. Často užívanou technologií tisku pro potisk tenkých tiskových papírů je ofsetový tisk (archový i kotoučový).

Pokud je tisk viditelný i na rubové straně papíru, dochází k prorážení tiskové barvy. Prorážení tiskové barvy je tedy ovlivněno vlastnostmi potiskovaného papíru tak i tiskovými podmínkami.

Cílem této práce bylo zjistit, do jaké míry ovlivní podmínky tisku hodnoty prorážení tiskové barvy. Pro testování byly zvoleny dva typy tenkých tiskových papírů, jeden s vysokou hodnotou prorážení tiskové barvy (Bolloré prima brite) a druhý s nízkou hodnotou prorážení tiskové barvy (Opaque).

OBSAH

ÚVOD.....	9
1. TEORETICKÁ ČÁST	14
1.1 Papír.....	14
1.2 Struktura papíru	14
1.2.1 Vlákna.....	14
1.2.2 Celulóza	14
1.2.3 Hemicelulóza	14
1.2.4 Lignin.....	14
1.2.5 Plnidla	15
1.2.6 Klíždla.....	15
1.2.7 Pomocné prostředky	15
1.3 Technologie výroby papíru.....	15
1.3.1 Příprava vlákniny	15
1.3.2 Příprava papíroviny.....	16
1.3.3 Rozvlákňování	16
1.3.4 Mletí.....	16
1.3.5 Plnění	16
1.3.6 Klížení.....	16
1.3.7 Barvení.....	17
1.3.8 Pomocné prostředky	17
1.3.9 Výroba papíru na papírenském stroji.....	17
1.4 Vlastnosti papíru.....	17
1.4.1 Všeobecné vlastnosti papíru	17
1.4.2 Optické vlastnosti	19
1.4.3 Fyzikální vlastnosti	20
1.4.4 Chemické vlastnosti	21
1.4.5 Mechanické vlastnosti.....	21
1.4.6 Funkční vlastnosti	21
1.5 Tenké tiskové papíry	22
1.6 Kvalita tisku.....	22

1.7 Prorážení tiskové barvy	24
2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	26
2.1 Experimentální materiály	26
2.1.1 Tenké tiskové papíry	26
2.1.2 Tisková barva	26
2.2 Experimentální přístroje	26
2.2.1 Parker Print Surf (PPS)	26
2.2.2 IGT High speed inking unit 4	26
2.2.3 IGT Amsterdam 2	26
2.2.4 UltraScan VIS HunterLab	26
2.2.5 X-Rite GretagMacbeth SpectroEye	27
2.2.6 Digitální mikroskop MIRAZOOM MZ902	27
2.3 Experimentální metody a výsledky	27
2.3.1 Drsnost PPS	27
2.3.2 Příprava tiskových vzorků	28
2.3.3 Stanovení optické hustoty tisku	28
2.3.4 Stanovení prorážení tiskové barvy podle normy <i>SCAN-P 36:02</i>	28
2.3.5 Stanovení prorážení tiskové barvy podle <i>IGT W43/68</i>	29
2.3.6 Mikroskopické hodnocení prorážení tiskové barvy	29
2.3.7 Vliv tiskové rychlosti na prorážení tiskové barvy	29
2.3.8 Vliv tiskového tlaku na prorážení tiskové barvy	33
2.3.9 Vliv množství tiskové barvy na prorážení tiskové barvy	35
2.3.9 Přizpůsobení tiskové rychlosti a množství barvy podmínkám v praxi	38
3. ZÁVĚR	41
POUŽITÁ LITERATURA	44
PŘÍLOHA A – Tiskové vzorky při testování vlivu rychlosti tisku na prorážení tiskové barvy	46
PŘÍLOHA B – Tiskové vzorky při testování vlivu tiskového tlaku na prorážení tiskové barvy	47
PŘÍLOHA C – Tiskové vzorky při testování vlivu tiskové barvy na prorážení tiskové barvy	48
PŘÍLOHA D – Tiskové vzorky při přizpůsobení tiskové rychlosti a množství barvy podmínkám v praxi	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Průměrné hodnoty drsnosti PPS	27
Tabulka 2: Průměrné hodnoty optické hustoty při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N	29
Tabulka 3: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N	30
Tabulka 4: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle <i>IGT W43/68</i> při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N	30
Tabulka 5: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N u vzorku BPB	31
Tabulka 6: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N u vzorku OPQ	32
Tabulka 7: Průměrné hodnoty optické hustoty při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s	33
Tabulka 8: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s	33
Tabulka 9: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle <i>IGT W43/68</i> při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s	33
Tabulka 10: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s u vzorku BPB	34
Tabulka 11: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s u vzorku OPQ	35
Tabulka 12: Průměrné hodnoty optické hustoty při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N	35
Tabulka 13: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N	36
Tabulka 14: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle <i>IGT W43/68</i> při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N	36
Tabulka 15: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N u vzorku BPB	37
Tabulka 16: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N u vzorku OPQ	38
Tabulka 17: Průměrné hodnoty optické hustoty při tiskovém tlaku 625 N	38
Tabulka 18: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> při tiskovém tlaku 625 N	39
Tabulka 19: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle <i>IGT W43/68</i> při tiskovém tlaku 625 N	39
Tabulka 20: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při tiskovém tlaku 625 N u vzorku BPB	39
Tabulka 21: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy <i>SCAN-P 36:02</i> a mikroskopické snímky vzorků při tiskovém tlaku 625 N u vzorku OPQ	40

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

OZP Opticky zjasňujících prostředky

BPB Bolloré prima brite

OPQ Opaque

S₁ Sítová strana

S₂ Lícová strana

PPS Parker Print Surf

PT Prorážení tiskové barvy

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Papír

Papír, je soudržná vrstva převážně rostlinných vláken celulóзовého původu, které jsou vzájemně vázány vodíkovými vazbami. Papírový list se tvoří naplavením vodní suspenze vláken na jemné síto, zplstněním, odvodněním a vysušením. Papír je materiál o plošné hmotnosti do 150 g/m².

1.2 Struktura papíru

1.2.1 Vlákna

Hlavní surovinou pro výrobu papíru je vlákna ze dřeva. Přidávanými látkami upravující vlastnosti papíru jsou plnidla, klíždla, barviva a pomocné prostředky.

Papírenské vlákna se vyrábějí z vláknovin, které se dělí podle původu na rostlinné (stromy jehličnaté, stromy listnaté, bavlna, len, konopí, bambus, rákos, sláma), živočišné (vlna), minerální (azbest, čedič, sklo, keramika, kovy) a syntetické (viskóza, acetát celulózy, polyamid, polyester, polypropylen, polyvinylalkohol).

Vlákna ze dřeva se skládá ze třech základních složek – celulózy, hemicelulózy a ligninu.

1.2.2 Celulóza

Celulóza je chemicky glukózový polysacharid (C₆H₁₀O₅)_n vytvářející přímé nevětvené seřetěnce z opakujících se jednotek celobiózy. Jednotlivé makromolekuly celulózy jsou částečně volné a částečně pravidelně uspořádané a vytvářejí mikrofibrily, které jsou dále uspořádány do fibril tvořících buněčnou stěnu vláken rostlin a dřev. Celulóza tvoří až 50 % hmoty dřeva. [2]

1.2.3 Hemicelulóza

Hemicelulóza je heteropolysacharid, jehož základní seřetěnce se skládají z pentóz a hexóz. Při výrobě papíru se uplatňují její fyzikálně-chemické vlastnosti, protože má jako celulóza vláknitý charakter, který pozitivně ovlivňuje vztah vláken k vodě především bobtnání a mletí. Hemicelulóza tvoří asi 20 % hmoty dřeva. [2]

1.2.4 Lignin

Lignin je amorfní makromolekulární látka nevláknitého charakteru. Jeho makromolekula se skládá z fenylopropanových strukturních jednotek. Lignin vyplňuje stěnu buňky a dodává dřevu pevnost a odolnost. Má nepolární charakter a jeho obsah ve vláknech je z papírenského hlediska nežádoucí. Zhoršuje smáčitelnost, vazebnou schopnost a tím také pevnostní vlastnosti. Přítomnost ligninu zhoršuje bělost papíru a způsobuje rychlejší stárnutí. [2]

1.2.5 Plnidla

Plnidla zajišťují částečné zaplnění prostoru mezi vlákny. Nejčastěji používaná plnidla jsou bílé minerální prášky (kaolin, uhličitán vápenatý a titanová běloba), které zlepšují strukturu i optické vlastnosti papíru (bělost a opacita). Vedle příznivých vlastností se současně projevují i negativní účinky plnění (zvýšení prášivosti, snížení pevnostních vlastností papíru). U plnidel se sleduje jejich bělost a čistota, velikost a tvar částic, index lomu částic a jejich distribuce. Většina plnidel má záporný elektrokinetický potenciál jako vlákna, tudíž je potřeba je na vlákna fixovat. [1; 2]

1.2.6 Klíždla

Odolnost papíru proti pronikání vody do jeho struktury se zvyšuje klížením. Při styku s vodou je nejprve smáčen povrch papíru a vzápětí dochází k její penetraci do struktury papíru. Tím se mění rozměr papíru a dochází k jeho zvlnění a ztrátě mechanických vlastností. Pro klížení papíru se používají pryskyřičná nebo reaktivní klíždla. Klížení se provádí přidavkem klíždidel do hmoty papíroviny nebo úpravou již hotového papíru. [1]

1.2.7 Pomocné prostředky

K papírovině se mohou přidávat látky, které ovlivňují finální vlastnosti papíru. Do papíroviny se přidávají v malých dávkách opticky zjasňující prostředky, odpěňovače, dispergátory, prostředky pro zlepšení pevnosti papíru, měkkosti a pružnosti. [2]

1.3 Technologie výroby papíru

1.3.1 Příprava vlákniny

Vláknina se získává z rostlin a dřeva. Podle způsobu získání vláken z dřevní tkáně rozlišujeme následující typy vláknin.

- a) Dřevovina je vláknina, která je uvolněna ze dřeva mechanickou cestou např. broušením polen dřeva na brusném kameni nebo rafinací štěpek dřeva. Podle způsobu výroby rozlišujeme brusnou dřevovinu, rafinérovou dřevovinu, hnědou dřevovinu nebo tlakovou dřevovinu. Protože k uvolňování vláken dochází mechanickým působením získávají se tyto vlákniny s vysokým výtěžkem nad 85 hmot. %. Vlákniny se získávají beze změny chemického složení vláken, pouze u hnědé dřevoviny pařením dřeva dochází k plastifikaci ligninu. Vlákna jsou krátká, uvolňovaná ve svazcích s vysokým podílem jemné drti. To spolu s vyšším obsahem ligninu způsobuje, že dřevoviny vykazují nižší bělost.
- b) Mechanická buničina patří k vlákninám s výtěžkem nad 80 hmot. % a získává se rafinací štěpek po předchozí plastifikaci ligninu teplem nebo chemikáliemi. Oproti dřevovině obsahuje větší podíl dlouhých vláken s vyšší vazebnou schopností.

- c) Chemická buničina se získává delignifikačními postupy, při kterých se na štěpky dřeva působí chemikáliemi za tepla a tlaku. Dochází k destrukci ligninu a k jeho převedení na rozpustnou formu a jeho odstranění do výluhu. Uvolněná vlákna se následně oddělí mírným mechanickým rozvlákněním. Podle způsobu delignifikace lze rozlišit sulfíťovou buničinu (kyselý varný postup) a sulfátovou buničinu (alkalický varný postup).
- d) Sběrový papír se vrací do výroby jako odpad a podle stupně svého znehodnocení se opětovně používá jako vláknina při výrobě papírů, kartonů nebo lepenek. Rozlišujeme sběr průmyslový (odpad papíru a lepenek při výrobě a zpracování v tiskárnách, knihárnách atd.) a sběr komunální (smíšený sběrový papír ze sběren). [2]

1.3.2 Příprava papíroviny

Papírovina je vodná suspenze vlákniny nebo směsi vláknin upravená mlecími stroji na vhodnou velikost vláken a vhodné odvodňovací vlastnosti, opatřená plnidly, klíždily, barvivy a ostatními pomocnými látkami, tak aby z ní bylo možno vyrobit papír požadovaného druhu a jakosti. K výrobě papíroviny patří: rozvláknění, mletí, plnění, klížení, barvení, přidavek dalších pomocných prostředků a třídění papíroviny. [1; 2]

1.3.3 Rozvláknění

Rozvláknění je přeměna odvodněné nebo vysušené vlákniny na čerpatelnou vodnou suspenzi rozvolněním na menší svazky a shluky vláken pomocí hnětení nebo víření ve vodném prostředí. K rozvláknění se nejčastěji používají vířivé rozvlákňovače. [2]

1.3.4 Mletí

Mletí je mechanická úprava vláken v mlecích zařízeních, přičemž dochází ke změnám rozměrů i struktury vláken. Princip mletí spočívá v tom, že vláknité suspenze procházejí mezi navzájem se pohybujícími noži mlecího zařízení. [4]

1.3.5 Plnění

Plněním se docílí částečného zaplnění prostoru mezi vlákny a papír získá rovnoměrný povrch. Plnidla mohou zlepšit strukturu papíru tak i jeho optické vlastnosti. [1]

1.3.6 Klížení

Přirozenou vlastností papíru je, že se při styku s vodou smáčí nejprve na povrchu a vzápětí dochází k penetraci kapaliny do kapilární struktury papíru. Účinkem vlhkosti se mění rozměr papíru a dochází ke ztrátě mechanických vlastností. Ke zvýšení odolnosti papíru vůči působení vody se papír klíží. Klížení se provádí přidavkem klíždil do hmoty papíroviny nebo úpravou již hotového papíru. [1;4]

1.3.7 Barvení

Barvení papíru se provádí ještě před tvorbou listu (ve hmotě) nebo již na hotovém papíru (barvení průtahem lázni barviva nebo postřikem). Používají se ve vodě rozpustná barviva nebo ve vodě nerozpustné organické pigmenty. [4]

1.3.8 Pomocné prostředky

Do papíroviny se přidávají další pomocné látky, které ovlivňují výsledné vlastnosti papíru nebo zpracování papíru na papírenském stroji. [1]

1.3.9 Výroba papíru na papírenském stroji

Papírenský stroj se dělí na část mokrou, která obsahuje síťovou a lisovou část a dále na suchou část obsahující sušicí sekci, hladicí stolicí a navíječ. Při formaci papíru dochází k odstranění značného množství vody.

Papírovina ve formě velmi zředěné vodné suspenze natéká z nátokové skříně na síť papírenského stroje, kde dochází k odstranění značného množství vody (obsah sušiny 20 %).

Dále papír postupuje do lisové části papírenského stroje. Papírenský pás nesený odvodňovacími plstěnci prochází lisy, kde dochází k dalšímu odvodnění mechanickým tlakem válců (obsah sušiny 40 %).

V sušicí části se z pásu papíru odstraňuje zbylá část vody odpařením pomocí tepla (obsah sušiny 95 %). [1]

1.4 Vlastnosti papíru

1.4.1 Všeobecné vlastnosti papíru

Plošná hmotnost papíru

Plošná hmotnost papíru je hmotnost jednotkové plochy plošného materiálu. Měří se po klimatizaci (23 ± 1 °C, vlhkost 50 ± 2 %) a udává se v g/m^2 . Ke stanovení plošné hmotnosti se v praxi používají kvadrantové váhy. [2]

Tloušťka papíru

Tloušťka papíru je kolmá vzdálenost protilehlých povrchů papíru při stlačení tlakem 95 ± 10 kPa. Udává se v mm nebo v μm . Ke změření tloušťky papíru se používají tloušťkoměry. [2]

Objemová hmotnost papíru

Objemová hmotnost papíru je hmotnost jednotky objemu udávaná v g/cm^3 nebo kg/m^3 . Vzhledem k tomu, že papír je nehomogenní materiál obsahující vláknité a nevláknité pevné složky a část objemu (póry) vyplňuje vzduch, lze pomocí tohoto ukazatele nepřímo charakterizovat míru pórovitosti papíru. [2]

Měrný objem

Měrný objem se stanovuje jako poměr tloušťky a plošné hmotnosti. Udává se v cm^3/g . [1]

Směr výroby papíru

Směr výroby papíru rozlišujeme podle pohybu síta papírenského stroje. Podélný směr výroby je směr papíru rovnoběžný s pohybem síta. Příčný směr výroby je směr papíru kolmo, napříč směru pohybu síta. Při stanovení směru výroby papíru se ze vzorkových archů vyříznou dva zkušební proužky (15 mm široké a 150 mm dlouhé) navzájem kolmo tak, aby jejich rozměrové strany byly rovnoběžné s rozměrovými stranami zkoušených archů. Oba proužky papíru se uchopí na koncích mezi palec a ukazováček ruky a nakloní do vodorovné polohy. Potom se ruka v zápěstí otočí a oba proužky se nakloní do vodorovné polohy na druhou stranu, takže se spodní proužek dostane nahoru. Proužek vyříznutý v příčném směru výroby se bude více ohýbat a vychylovat z vodorovné polohy. [2]

Dráha papíru

Arch papíru může být z kotouče vyříznut dvojím způsobem. Vláknina probíhá souběžně buď s delší stranou archu (v úzké dráze), nebo s kratší stranou archu (v široké dráze). [1]

Sítová a lícová strana papíru

Sítová strana papíru je ta, která při výrobě vznikla za přímého styku se sítem papírenského stroje. Povrch je proto ve srovnání s protilehlou stranou hrubší, neboť nese stopy otisků síta a mimo to v něm chybí určitý podíl jemných vláken a plniv, jež byly při odvodňování vyplaveny. Protilehlá strana je strana lícová, která se v praxi často nepřesně označuje jako plstěncová. [3]

1.4.2 Optické vlastnosti

Optické vlastnosti jsou ovlivněny především bělostí a čistotou vláknitých surovin, plniv, klíždidel opticky zjasňujících prostředků (OZP) ale i čistotou provozní vody. Ke stanovení se používají spektrofotometry s měřicí geometrií $d/0$ vybavené softwarem pro výpočet jednotlivých optických parametrů. [2]

Za účelem přesného definování jednotlivých optických vlastností papíru byla stanovena následující terminologie:

Činitel odrazu je poměr záření odraženého tělesem k záření odráženému dokonale odrážejícím rozptylovačem za stejných podmínek.

Činitel odrazu kritické vrstvy je činitel odrazu vrstvy nebo svazku materiálu dostatečné tloušťky, aby byla neprůsvitná.

Difuzní činitel odrazu je poměr záření odraženého tělesem k záření odráženému dokonale odrážejícím rozptylovačem za podmínek měření $d/0^\circ$.

Světelný činitel odrazu, $Y(C/2^\circ)$ je činitel odrazu definovaný s odkazem na CIE osvětlení C a CIE 1931 funkci vyrovnání barev, odpovídající vizuálnímu vnímání odrážejícího povrchu.

Světelný činitel odrazu 1 archu R_0 je světelný činitel odrazu 1 archu papíru položeného na černou podložku.

Světelný činitel odrazu kritické vrstvy, reflektivita R_∞ je světelný činitel odrazu vzorku takové tloušťky, že vykazuje naprostou opacitu.

Bělost

Bělost je definována limitním difuzním koeficientem rozptylu světla R_∞ v %. Pro měření se používají standardy o známé bělosti, které jsou cejchovány na absolutní rozptylovač (odráží 100 % dopadajícího světla). Podle způsobu měření se rozlišují dva typy bělosti.

- a) Bělost R_{457} , kdy měření difuzního koeficientu rozptylu je prováděno pouze ve spektrální oblasti s maximem 457 nm. Tato bělost zcela nekoresponduje s vjemem lidského oka a nepostihuje vliv přídavku opticky zjasňujících prostředků.
- b) CIE bělost, kdy odrazivost světelného toku se snímá v celé viditelné oblasti spektra vlnových délek od 360 do 780 nm. Popisuje bělost tak, jak ji vidíme a je vhodná i pro papíry obsahující opticky zjasňující prostředky. [2]

Opacita

Opacita je schopnost papíru nepropouštět světelné paprsky, vzrůstá se stoupající plošnou hmotností papíru. Opacita je ovlivněna strukturou papíru, typem použité vlákniny a pigmentů. [5]

$$O[\%] = \frac{R_0}{R_\infty} \quad (1)$$

R_0 – světelný činitel odrazu 1 listu papíru podloženého černou podložkou

R_∞ – světelný činitel odrazu kritické vrstvy

1.4.3 Fyzikální vlastnosti

Jsou dány chemickým složením surovin, jejich morfologickou a molekulární stavbou a také kapilárně pórovitou strukturou samotného papíru.

Vlhkost

Vláknité suroviny rostlinného původu, které tvoří podstatnou část papírů, kartonů a lepenek, patří do skupiny hydroskopických látek, které ve vlhkém prostředí vlhkost přijímají, a naopak v suchém prostředí se jí zbavují. Vlhkost papíru je definována jako obsah vody v papíru, zjištěný vysušením papíru do konstantní hmotnosti při 103 ± 2 °C. Udává se v hmotnostních procentech. K provoznímu měření se ke stanovení vlhkosti používají přístroje založené na měření elektrického odporu, dielektrické konstanty nebo absorpce infračerveného záření. Pro měření vlhkosti na povrchu kotouče nebo uvnitř stohu papíru slouží speciální čidla. [2; 3]

Zaklížení papíru

Chemická povaha vláknitých surovin používaných k výrobě papíru, kartónu a lepenky spolu s kapilární strukturou těchto materiálů způsobuje jejich velmi malou odolnost proti smáčení vodou a vodními roztoky, a tedy i proti vnikání těchto kapalin do prostorů mezi vlákny.

Klížením ve hmotě nebo na povrchu lze tuto odolnost v širokém rozsahu měnit. Vedle zcela neklíženého papíru sacího se vyrábějí plně klížené papíry a kartony. [3]

Hladkost a drsnost

Mírou rovinnosti povrchu papíru je hladkost, resp. drsnost. Je ovlivněna vlákninovým složením, stupněm mletí vláknin, obsahem plnidel, podmínkami výroby na papírenském stroji i povrchovou úpravou papíru. Pro stanovení se využívají metody přímé (profilometrická měření) nebo nepřímé. Ke stanovení se používají tyto metody. [1]

- a) Hladkost podle Bekka se stanoví dobou v sekundách, potřebnou k proniknutí 10 cm³ vzduchu k okolní atmosféry do podtlakové komory zkušebního přístroje mezi povrchem papíru a povrchem hladké skleněné desky.
- b) Drsnost podle Bendtsena je vyjádřena množstvím vzduchu v ml/min, které působením přetlaku pronikne mezi povrchem papíru a přiléhajícím kovovým prstencem měrné hlavice.
- c) Měření drsnosti podle Parkera je založeno na podobném principu jako měření podle Bendtsena. Uspořádání měrné hlavice umožňuje postihnout i nepatrné nerovnosti povrchu papíru. Výsledkem měření je délkový údaj v μm, vyjadřující střední vzdálenost mezi povrchem a dosedající plochou měrné hlavice.

Rozměrová stálost

Schopnost papírů, kartonů a lepenek měnit svůj obsah vlhkosti v závislosti na obsahu vlhkosti prostředí, které je obklopuje, se projevuje též změnou jejich rozměrů. Tyto rozměry se ve vlhčím prostředí zvětšují, v sušším zmenšují. Příčinou je jednak bobtnání jednotlivých vláken, jednak uvolňování vnitřního napětí. Papír je v podélném směru dvakrát až třikrát rozměrově stálejší než ve směru příčném. U papírů se tato vlastnost zkouší stanovením změny délky zkušebních proužků, které byly vystaveny působení předepsané vlhkosti. [3]

1.4.4 Chemické vlastnosti

Chemické vlastnosti papíru závisejí především na druhu surovin použitých při výrobě papíru. U tiskových papírů je z chemických vlastností nejdůležitější pH papíru. Kyselost nebo alkalita papíru se určuje stanovením pH vodního výluhu nebo stanovením pH povrchu papíru.

Kyselé papíry (pH 4–5) rychleji stárnou, protože v důsledku reakce kyselin s celulózovými vlákny dochází k jejich rozpadu a papír ztrácí pevnost. Proto by papíry určené k archivaci měly mít hodnotu pH min. 6–7. [1]

1.4.5 Mechanické vlastnosti

Do mechanických vlastností papíru zahrnujeme pevnost v tahu, v průtlaku, v natržení, v dotržení, v lomu, ve vzpěru, v průrazu, odolnost v prohýbání, kroucení, protažení, tuhost a další speciální vlastnosti podle typu materiálu. Mechanické vlastnosti tiskových papírů ovlivňují především zpracovatelnost papírů během tiskového procesu, tedy nerušený průchod tiskovým strojem bez přetrhů, kroucení nebo dalších závad. [2]

1.4.6 Funkční vlastnosti

Při hodnocení funkčních vlastností papíru se provádějí zkoušky, které v největším možném rozsahu dosažitelném v laboratorním měřítku napodobují podmínky provozního užití.

U tiskových papírů se hodnotí především jejich tiskové vlastnosti, které určují způsobilost papíru k tisku a mají vliv na jeho kvalitu. Pronikání tiskové barvy do povrchu papíru při tisku je důsledkem působení vnějšího tlaku a kapilárních sil. Čím je povrch papíru drsnější, tím více

barvy se v jeho nerovnostech zadržuje. Pro stanovení přijímatosti tiskových barev papírem lze použít různé metody, nejčastěji se provádí stanovení tiskové penetrace a stanovení přenosové křivky. [1]

1.5 Tenké tiskové papíry

Tenké tiskové papíry se vyznačují především nízkou plošnou hmotností (25–60 g/m²). Mají vysokou opacitu (okolo 90 %). Tenké tiskové papíry jsou výhradně bezdřevé a mohou být vyráběné jako natírané i nenatírané. Základem je sulfátová buničina, která se dělí na dlouhověláknitou sulfátovou buničinu a krátkověláknitou sulfátovou buničinu. Poměr dlouhověláknité a krátkověláknité sulfátové buničiny závisí na plošné hmotnosti papíru.

Pro dosažení potřebné opacity se jako plnidlo používá srážený uhličitán vápenatý, kaolín nebo hydroxid hlinitý. Čím má papír nižší plošnou hmotnost, tím vyšší obsah plnidel je potřeba použít, aby se zvýšila opacita papíru. Plnidla však mají příznivý vliv i na bělost.

Dále se používají barviva a opticky zjasňující prostředky, které zvyšují bělost papíru na denním světle. Pro klížení tenkých tiskových papírů se používá alkyketendimer v neutrální oblasti a na povrch je aplikován modifikovaný škrob.

Tenké tiskové papíry mají vysokou pevnost v tahu a kvalitní povrchovou úpravu, tudíž jsou vhodné pro tisk běžnými technikami (ofset, flexotisk nebo hlubotisk), tak i pro digitální tisk. [8]

1.6 Kvalita tisku

Pro hodnocení kvality tisku je možné najít řadu objektivních kritérií a parametrů, ale obvykle rozhoduje spíše subjektivní hodnocení zákazníka, zda výrobek splňuje očekávání a požadavky než to, jaké splňuje normy nebo standardy. Přesto lze očekávat, že jako kvalitní bude spíš vnímán ten výrobek, který splňuje objektivní (měřitelné) specifikované parametry.

Pro kvantitativní hodnocení tisků různými tiskovými technikami byla komisí CIE vytvořena sada mezinárodních standardů.

Při posuzování optických vlastností tisku je možné hodnotit kvalitu reprodukce tónů, reprodukce barev a reprodukce detailů. [1]

Objektivní hodnocení barev se musí co nejvíce přiblížit podmínkám vizuálního pozorování a simulovat tak předpokládaný barevný obrazový vjem pozorovatele. Barevný vjem je výsledkem vzájemného působení tří faktorů – pozorované barevné plochy, osvětlení a citlivosti zrakového systému. Měření se za standardních podmínek a standardního osvětlení a pozorovatele redukuje na měření optických vlastností barevné plochy, tj. její schopnosti určitý podíl dopadajícího světla absorbovat nebo odrážet. K tomu se využívá denzitometrie nebo spektrofotometrie. [1]

1.6.1 Tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty

Tónová hodnota A je veličina, která se udává v %. Pro její stanovení je třeba naměřit optickou hustotu plné plochy procesní barvy D_s , tónové plochy D_t a nepotištěného materiálu D_0 . Tónovou hodnotu lze vypočítat z následující rovnice označované jako rovnice Murrayova a Daviesova. [1]

$$A[\%] = 100 \frac{1-10^{-(D_t-D_0)}}{1-10^{-(D_s-D_0)}} \quad (2)$$

1.6.2 Tiskový kontrast

Relativní tiskový kontrast K je rozdíl optické hustoty plné a tříčtvrteční (podle pole na kontrolním proužku 75% nebo 80%) tónové plochy na tisku, vztažený k optické hustotě plné plochy korigované na optickou hustotu nepotištěného substrátu D_0 .

$$K[\%] = 100 \frac{D_s - D_{t75}}{D_s - D_0} \quad (3)$$

Tiskový kontrast roste s tloušťkou barvové vrstvy k maximální hodnotě a s dalším růstem barvové vrstvy klesá, tak jak se tiskové body zvětšují a vzájemně překrývají. [1]

1.6.3 Přijímatost tiskových barev

Přijímatost tiskových barev T (trapping) je parametr vyjadřující schopnost barvy přijímat další vrstvu barvy při tisku do mokré. Přijímatost ovlivňují především fyzikální vlastnosti barvy (viskozita, lepivost, rychlost zasychání), tloušťka barvové vrstvy a také pořadí barev při tisku, konstrukce tiskového stroje a tiskový tlak.

Špatná přijímatost procesních barev se projeví na tisku výraznou změnou barevného odstínu přetiskových sekundárních a terciálních barev. [1]

Měření optické hustoty všech barev se provádí přes filtr pro měření druhé barvy. Pro výpočet parametru T se nejčastěji používá vztah navržený Preucilem, kde D_1 a D_2 jsou optické hustoty plných ploch, D_{1+2} optická hustota přetisku první barvy druhou a D_1 optická hustota nepotištěného substrátu.

$$T[\%] = 100 \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2 - D_0} \quad (4)$$

1.6.4 Chyba odstínu a čistota procesních barev

Procesní barvy čtyřbarvotisku, používané pro různé tiskové techniky, nejsou barvy ideální, které by světlo absorbovaly pouze ve třetině viditelného spektra. Jejich spektrální vlastnosti

jsou určeny typem, velikostí a vlastnostmi pigmentů, které mohou být u různých výrobců barev trochu odlišné.

Na základě denzitometrického měření mohou být stanoveny dva parametry, charakterizující procesní barvy – chyba odstínu HE , stanovující podíl ostatních nedominantních barev, a šedost GR , která vyjadřuje šedou složku barvy odpovídající ideálnímu součtu příspěvků vedlejších odstínů. [1]

Ideální procesní barvy by měly vykazovat jen jednu nenulovou hodnotu optické hustoty. Podle velikosti naměřené hodnoty je možné určit maximální D_{max} , střední $D_{stř}$ a minimální D_{min} hodnotu. Chybu odstínu a šedost můžeme vypočítat z následujících rovnic.

$$HE[\%] = 100 \frac{D_{stř} - D_{min}}{D_{max} - D_{min}} \quad (5)$$

$$GR[\%] = 100 \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad (6)$$

1.7 Prorážení tiskové barvy

Prorážení tiskové barvy spočívá v tom, že na potištěné straně papíru barva nadměrně proniká do pórovité struktury papíru, což způsobuje pronikání tiskové barvy na opačnou stranu papíru. Prorážení tiskové barvy negativně ovlivňuje vizuální vjem tisku a celkovou kvalitu tisku.

Prorážení tiskové barvy je jednou z nejdůležitějších vlastností hotových tiskovin. Pokud je materiál potištěn na obou stranách a hodnoty prorážení tiskové barvy jsou příliš vysoké, dochází ke zhoršení kvality tisku na zadní straně tisku. Pokud se prorážení tiskové barvy objeví na opačné straně papíru v obrazové části, tak se sníží čistota obrazu, a to zejména ve světlých oblastech obrazu. Když jsou hodnoty prorážení tiskové barvy vysoké ovlivní to absorpci barvy při tisku na opačné straně. Tento negativní efekt je zřejmý při tisku obrazové části nebo textové části s využitím tučného řezu písma. [6; 7]

Tisková barva je během tisku vtlačována do struktury papíru. Kapilární systém papíru ovlivňuje interakci mezi papírem a tiskovou barvou. Z tiskové barvy se odděluje rozpouštědlo a penetruje do struktury papíru. Kromě samotného rozpouštědla do papíru proniká i malé množství pigmentů. Velikost pórů papíru a velikost pigmentů ovlivňuje penetraci rozpouštědla. [6]

Prorážení tiskové barvy ovlivňují tiskové podmínky, a to zejména tiskový tlak, tisková rychlost a objem barvy nanesený na potiskovaný materiál. Se zvyšujícím se tiskovým tlakem se zvyšuje prorážení tiskové barvy. Pokud se zvýší tisková rychlost, způsobí to snížení prorážení tiskové barvy. Dále se hodnoty prorážení tiskové barvy zvyšují, pokud roste objem dávkované barvy. Z těchto důvodů je důležité stanovit ideální tiskové podmínky, aby výsledná tiskovina odpovídala požadované kvalitě.

Na prorážení tiskové barvy má také vliv typ papíru a vlastnosti papíru jako jsou: plošná hmotnost, tloušťka papíru, objemová hmotnost, měrný objem, drsnost papíru, opacita, bělost, tisková penetrace. [9]

Prorážení tiskové barvy je také ovlivněno druhem tiskové barvy a jejím reologickým chováním.

Prorážení tiskové může být stanoveno metodou *IGT W43/68*, ale i podle normy *SCAN-P 36-02*.

Prorážení tiskové barvy podle normy *SCAN-P 36:02* se stanoví při tiskovém tlaku 625 N, tiskové rychlosti 0,2 m/s a objemem barvy 0,35 ml. Dále se naměří na opacitní vrstvě papíru hodnoty světelného činitele odrazu spodní strany nepotíštěného papíru ($R_{\infty B}$) a hodnoty světelného činitele odrazu spodní strany potíštěného papíru (R_{PB}). Tyto hodnoty se dosadí do rovnice 7. [16]

$$PT_{SCAN} = \log \frac{R_{\infty B}}{R_{PB}} \quad (7)$$

PT_{SCAN} – prorážení tiskové barvy

$R_{\infty B}$ – světelný činitel odrazu spodní strany nepotíštěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru

R_{PB} – je světelný činitel odrazu spodní strany potíštěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru

Prorážení tiskové barvy podle *IGT W43/68* se stanoví při tiskovém tlaku 625 N, tiskové rychlosti 0,2 m/s a objemu barvy 0,35 cm³. Dále se naměří na opacitní vrstvě papíru měrná světlost spodní strany potíštěného papíru (L_b^*) a měrná světlost spodní strany nepotíštěného papíru také na opacitní vrstvě papíru (L^*). Tyto hodnoty se dosadí do rovnice 8. [17]

$$PT_{IGT} = \frac{L_b^*}{L^*} \cdot 100 \% \quad (8)$$

PT_{IGT} – Prorážení tiskové barvy

L_b^* – měrná světlost spodní strany potíštěného papíru na opacitní vrstvě papíru

L^* – měrná světlost spodní strany nepotíštěného papíru na opacitní vrstvě papíru

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Experimentální materiály

2.1.1 Tenké tiskové papíry

Pro experimentální zkoušení papíru byly použity tenké tiskové papíry dodané firmou OP papírna s.r.o. Byly použity dva druhy tenkých tiskových papírů - Bolloré prima brite, 40 g/m² (BPB) a Opaque, 40 g/m² (OPQ). Papír Bolloré prima brite vykazuje vysoké hodnoty prorážení tiskové barvy, papír Opaque nízké hodnoty prorážení tiskové barvy.

2.1.2 Tisková barva

Byla použita testovací barva *IGT 404.520.068*.

2.2 Experimentální přístroje

2.2.1 Parker Print Surf (PPS)

Mezi podložku a kovovou měřicí hlavu s prstencem širokým 50 μm se umístí vzorek materiálu. Mezi papírem a plochou prstence proudí vzduch a prošlé množství vzduchu je přepočteno na střední vzdálenost v μm mezi povrchem papíru a dosedací plochou prstence. [10]

2.2.2 IGT High speed inking unit 4

Vysokorychlostní rozvalovací jednotka IGT 4 je ultrarychlá jednotka, kterou lze použít k rozvalování barvy na 4 tiskové válečky současně. Technické provedení této rozvalovací jednotky umožňuje uživateli snížit celkovou dobu rozvalování na 15 s. Jednotka je řízena počítačem a všechna nastavení i provozní pokyny lze kontrolovat na displeji. [11]

2.2.3 IGT Amsterdam 2

Potiskovací přístroj *IGT Amsterdam 2* se vyznačuje vysokým stupněm automatizace a integrace. Zařízení má velký rozsah již definovaných zkušebních metod, který lze rozšířit o metody definované uživatelem. Potiskovací přístroj obsahuje kamerový analytický systém pro online analýzu tištěného obrazu. [12]

2.2.4 UltraScan VIS HunterLab

Spektrofotometr *UltraScan VIS HunterLab* může měřit neprůhledné, průhledné a průsvitné pevné látky a kapaliny v celém spektrálním rozsahu 360 až 780 nm podle doporučení CIE. Spektrofotometr používá d/8° geometrii s možností eliminace zrcadlového lesku. [13]

2.2.5 X-Rite GretagMacbeth SpectroEye

X-Rite GretagMacbeth SpectroEye je spektrofotometr, který má plně modulární strukturu, a proto je mimořádně flexibilní a snadno použitelný. Má robotickou měřicí hlavu, která se vysune na cíl a poté se zasune do hlavního těla. Naměřené hodnoty zobrazuje na grafickém displeji s vysokým rozlišením. [14]

2.2.6 Digitální mikroskop MIRAZOOM MZ902

Digitální mikroskop *MIRAZOOM MZ902* je ideální pro studium tiskové kvality. Díky pogumovanému povrchu jej lze použít jako protiskluzový ruční mikroskop nebo je možné mikroskop umístit do kovového stojanu a využít ho jako běžný mikroskop. Optimální osvětlení zajišťuje 8 integrovaných LED diod. Zobrazený objekt je možné měřit pomocí přiloženého softwaru. Výsledné fotografie nebo videa je možné uložit. [15]

2.3 Experimentální metody a výsledky

2.3.1 Drsnost PPS

Drsnost PPS byla měřena pomocí přístroje *Parker Print Surface*. Vzorek papíru byl vložen mezi kovovou měřicí hlavu a podložku. Bylo zahájeno měření. Měření bylo provedeno na pěti různých místech a poté bylo měření provedeno na druhé straně vzorku. Z naměřených hodnot byly vypočítány průměrné hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Průměrné hodnoty drsnosti PPS

Vzorek	Strana papíru	Drsnost PPS [μm]	Směrodatná odchylka [μm]
BPB	S ₁	6,22	0,01
	S ₂	5,18	0,09
OPQ	S ₁	4,73	0,07
	S ₂	4,13	0,06

Byla stanovena síťová a lícová strana papíru pomocí naměřených hodnot drsnosti. Strana, která má vyšší hodnoty drsnosti je síťová strana označena jako strana S₁, strana S₂ je strana lícová.

2.3.2 Příprava tiskových vzorků

Byly připraveny vzorky obou druhů papíru o velikosti 55 x 340 mm. Vzorky byly potištěny na sítové straně pomocí potiskovacího přístroje *IGT AMTERDAM 2*. Tiskové vzorky byly připraveny podle normy IGT w43/68, nejprve za standardních podmínek předepsaných normou. Na gumový válec rozvalovací jednotky *IGT High speed inking unit 4* bylo dávkováno 0,35 ml barvy pomocí pipety. Poté byla barva rozvalována a navalována na tiskový váleček. Rozvalování a navalování barvy probíhalo ve speciálním módu, který byl nastaven pro tenké tiskové papíry. Doba rozvalování i doba navalování byla 40 s. Tiskový váleček s barvou byl umístěn do potiskovacího přístroje a byl proveden tisk při tiskovém tlaku 625 N a tiskové rychlosti 0,2 m/s.

Další testy byly provedeny s různým objemem tiskové barvy, tiskovým tlakem a tiskovou rychlostí, aby byl zjištěn jejich vliv na prorážení tiskové barvy.

Byl proveden test při dávkování 0,35 ml tiskové barvy, nastavení tiskové síly 625 N a tiskové rychlosti 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s.

Na válec v rozvalovací jednotce bylo dávkováno 0,35 ml barvy a byl proveden tisk s nastavením rychlosti tisku 0,2 m/s, tiskového tlaku na 250 N, 625 N, 1 000 N.

Dále byl proveden tisk za nastavení potiskovacího přístroje na rychlost tisku 0,2 m/s, tiskový tlak 625 N a byl dávkován objem tiskové barvy 0,15 ml, 0,25 ml, 0,35 ml na gumový válec rozvalovací jednotky.

2.3.3 Stanovení optické hustoty tisku

Vzorky byly proměřeny spektrofotometrem *X-Rite GretagMacbeth SpectroEye* za nastavení zdroje světla D50 a 2° pozorovatele. Byly naměřeny hodnoty optické hustoty na pěti místech sítové strany každého vzorku. Z naměřených hodnot byly vypočítány průměrné hodnoty optických hustot, které jsou uvedeny v tabulce 2, 7, 12, 17.

2.3.4 Stanovení prorážení tiskové barvy podle normy *SCAN-P 36:02*

Vzorky byly po pěti hodinách po tisku proměřeny spektrofotometrem *UltraScan VIS HunterLab* za nastavení zdroje světla C a 2° pozorovatele. Byly naměřeny hodnoty světelného činitele odrazu na potištěném papíru na pěti místech lícové strany každého vzorku a na pěti místech lícové strany nepotištěného vzorku. Z naměřených hodnot bylo vypočítáno prorážení tiskové barvy:

$$PT_{SCAN} = \log \frac{R_{\infty B}}{R_{PB}} \quad (9)$$

PT_{SCAN} – prorážení tiskové barvy

$R_{\infty B}$ – světelný činitel odrazu spodní strany nepotištěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru

R_{PB} – je světelný činitel odrazu spodní strany potištěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru

Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy podle normy *SCAN-P 36:02* jsou uvedeny v tabulce 3, 8, 13, 18. Dále byly pomocí digitálního mikroskopu *MIRAZOOM MZ902* pořízeny snímky spodní strany potištěných vzorků. Mikroskopické snímky s hodnotami prorážení tiskové barvy jsou uvedeny v tabulce 5, 6, 10, 11, 15, 16, 20, 21.

2.3.5 Stanovení prorážení tiskové barvy podle *IGT W43/68*

Vzorky byly po pěti hodinách po tisku proměřeny spektrofotometrem *UltraScan VIS HunterLab* za nastavení zdroje světla C a 2° pozorovatele. Byly naměřeny hodnoty měrné světlosti na potištěném papíru na pěti místech spodní strany každého potištěného vzorku a na pěti místech spodní (lícové) strany nepotištěného vzorku. Z naměřených hodnot bylo vypočítáno prorážení tiskové barvy:

$$PT_{IGT} = \frac{L_b^*}{L^*} \cdot 100 \% \quad (10)$$

PT_{IGT} – prorážení tiskové barvy

L_b^* – měrná světlost spodní strany potištěného papíru na opacitní vrstvě papíru

L^* – měrná světlost spodní strany nepotištěného papíru na opacitní vrstvě papíru

Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy podle normy *IGT W43/68* jsou uvedeny v tabulce 4, 9, 14, 19.

2.3.6 Mikroskopické hodnocení prorážení tiskové barvy

Dále byly pomocí digitálního mikroskopu *MIRAZOOM MZ902* pořízeny snímky spodní strany potištěných vzorků. Mikroskopické snímky s hodnotami prorážení tiskové barvy jsou uvedeny v tabulce 16, 17, 18, 19, 20, 21.

2.3.7 Vliv tiskové rychlosti na prorážení tiskové barvy

Tabulka 2: Průměrné hodnoty optické hustoty při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N

Rychlost tisku [m/s]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	D	Směrodatná odchylka	D	Směrodatná odchylka
0,2	1,43	0,01	1,56	0,02
1	1,35	0,02	1,46	0,01
2	1,31	0,02	1,42	0,01
3	1,22	0,01	1,34	0,03
4	1,11	0,03	1,27	0,01

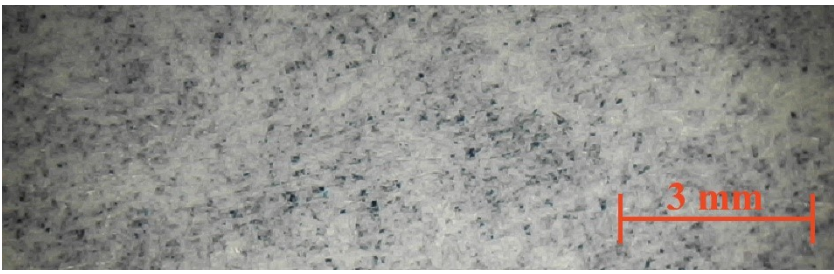
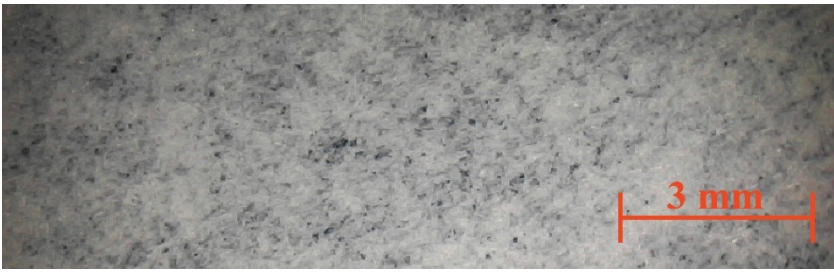
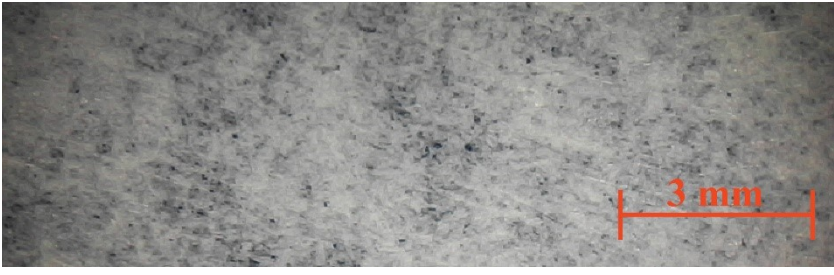


Tabulka 3: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N

Tisková rychlost [m/s]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka	PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka
0,2	0,20	0,01	0,11	0,00
1	0,19	0,00	0,10	0,00
2	0,18	0,01	0,10	0,00
3	0,17	0,01	0,09	0,00
4	0,15	0,00	0,08	0,00

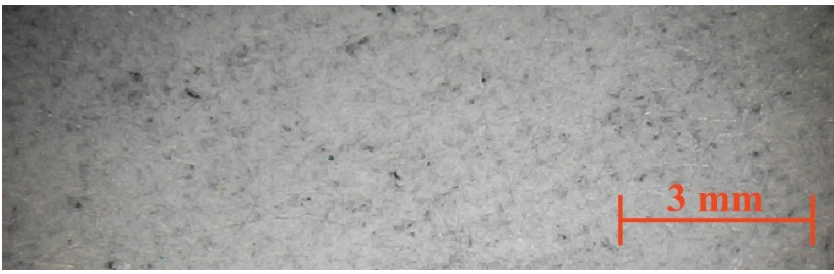
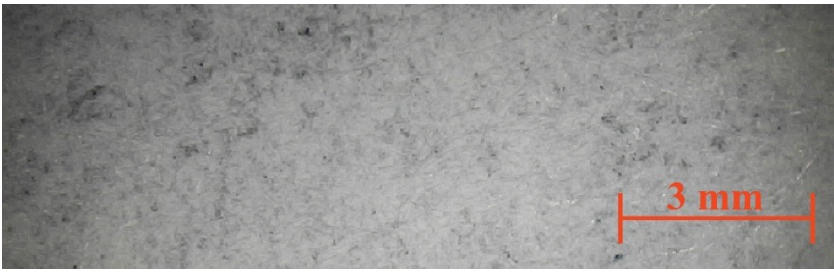
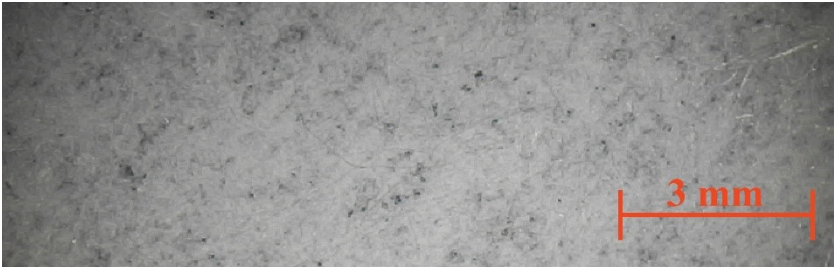


Tabulka 4: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle IGT W43/68 při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N

Tisková rychlost [m/s]	vzorek BPB		vzorek OPQ	
	PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka	PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka
0,2	82,89	0,20	90,83	0,14
1	84,91	0,20	91,58	0,19
2	85,49	0,40	91,62	0,10
3	86,05	0,35	91,79	0,08
4	87,32	0,34	92,69	0,26

Tabulka 5: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N u vzorku BPB

Tisková rychlost [m/s]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků BPB
0,2	0,20	
1	0,19	
2	0,18	
3	0,17	
4	0,15	

Tabulka 6: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskovém tlaku 625 N u vzorku OPQ

Tisková rychlost [m/s]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků OPQ
0,2	0,11	
1	0,10	
2	0,10	
3	0,09	
4	0,08	

Se zvyšující se rychlostí tisku se na papír přenáší menší množství tiskové barvy, což se projeví v nižších hodnotách optické hustoty tisku. V důsledku toho dochází také ke snížení hodnot prorážení tiskové barvy.

2.3.8 Vliv tiskového tlaku na prorážení tiskové barvy

Tabulka 7: Průměrné hodnoty optické hustoty při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s

Tiskový tlak [N]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	D	Směrodatná odchylka	D	Směrodatná odchylka
250	1,38	0,03	1,49	0,01
625	1,43	0,01	1,56	0,02
1 000	1,43	0,03	1,57	0,02

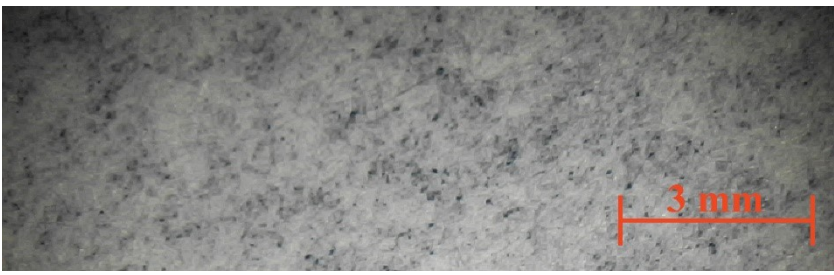
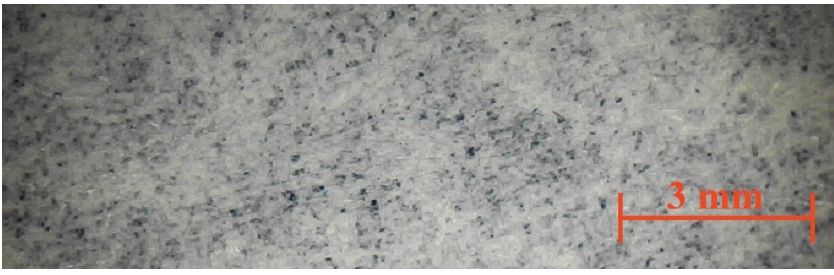
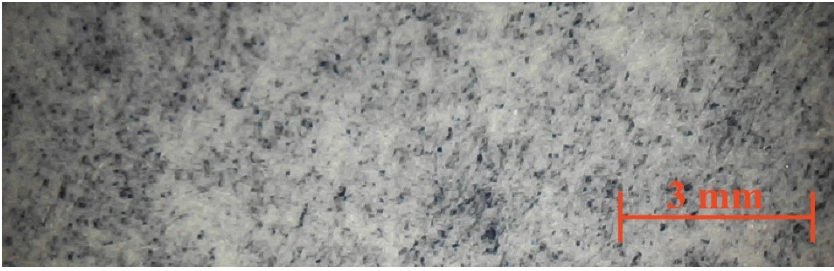
Tabulka 8: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s

Tiskový tlak [N]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka	PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka
250	0,20	0,01	0,10	0,01
625	0,20	0,01	0,11	0,00
1 000	0,23	0,00	0,12	0,00

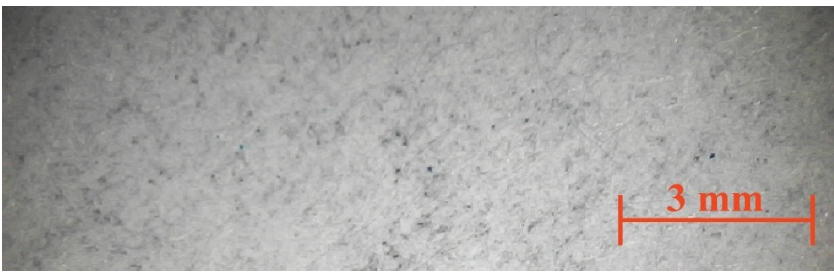
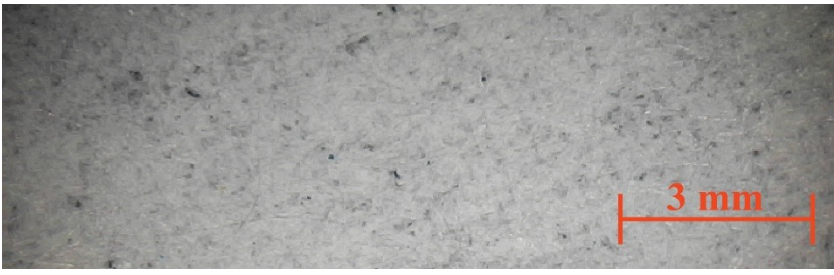
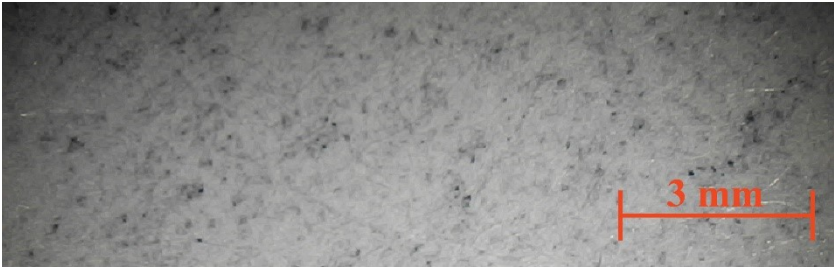
Tabulka 9: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle IGT W43/68 při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s

Tiskový tlak [N]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka	PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka
250	83,68	0,43	90,98	0,33
625	82,89	0,20	90,83	0,14
1 000	81,26	0,22	90,08	0,29

Tabulka 10: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s u vzorku BPB

Tiskový tlak [N]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků BPB
250	0,20	
625	0,20	
1000	0,23	

Tabulka 11: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při dávkování barvy 0,35 ml a tiskové rychlosti 0,2 m/s u vzorku OPQ

Tiskový tlak [N]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků OPQ
250	0,10	
625	0,11	
1000	0,12	

V důsledku zvýšení tiskového tlaku se na papír přenese větší množství tiskové barvy, což se projeví zvýšením optické hustoty tisku. Prorážení tiskové barvy s rostoucím tiskovým tlakem roste.

2.3.9 Vliv množství tiskové barvy na prorážení tiskové barvy

Tabulka 12: Průměrné hodnoty optické hustoty při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N

Objem barvy [ml]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	D	Směrodatná odchylka	D	Směrodatná odchylka
0,15	1,05	0,01	1,15	0,01
0,25	1,28	0,02	1,40	0,02
0,35	1,43	0,01	1,56	0,02



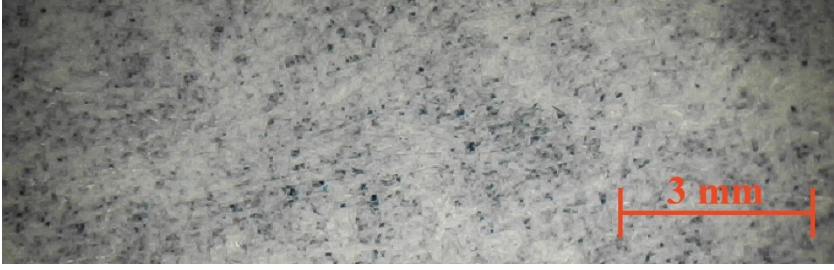
Tabulka 13: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N

Objem barvy [ml]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka	PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka
0,15	0,15	0,01	0,09	0,00
0,25	0,18	0,00	0,10	0,00
0,35	0,20	0,01	0,11	0,00




Tabulka 14: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle IGT W43/68 při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N

Objem barvy [ml]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
	PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka	PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka
0,15	87,22	0,61	92,25	0,23
0,25	84,91	0,17	91,22	0,16
0,35	82,89	0,20	90,83	0,14

Tabulka 15: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N u vzorku BPB

Objem barvy [ml]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků BPB
0,15	0,15	
0,25	0,18	
0,35	0,20	

Tabulka 16: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 625 N u vzorku OPQ

Objem barvy [ml]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků OPQ
0,15	0,09	
0,25	0,10	
0,35	0,11	

Se zvyšujícím se množstvím barvy dávkované v barevníkové jednotce se zvyšuje množství barvy přenesené na papír, čemuž odpovídají zvyšující se hodnoty optické hustoty tisku. Prorážení tiskové barvy se zvyšujícím se množstvím tiskové barvy roste.

2.3.9 Přizpůsobení tiskové rychlosti a množství barvy podmínkám v praxi

Tabulka 17: Průměrné hodnoty optické hustoty při tiskovém tlaku 625 N

Objem barvy [ml]	Tisková rychlost [m/s]	Vzorek BPB	Směrodatná odchylka	Vzorek OPQ	Směrodatná odchylka
		D		D	
0,15	1,4	0,92	0,03	1,11	0,02
0,25	4,0	0,98	0,06	1,15	0,04
0,15	4,0	0,69	0,06	0,90	0,07


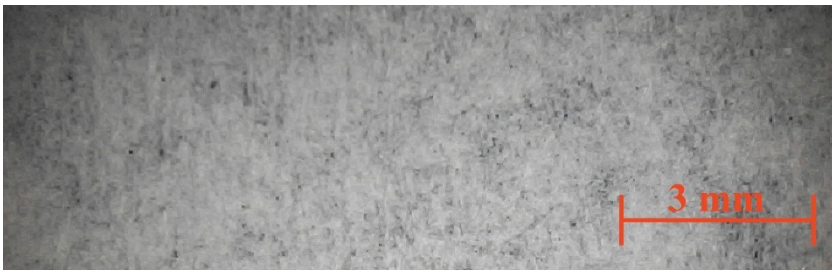
Tabulka 18: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 při tiskovém tlaku 625 N

Objem barvy [ml]	Tisková rychlost [m/s]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
		PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka	PT _{SCAN}	Směrodatná odchylka
0,15	1,4	0,13	0,01	0,08	0,01
0,25	4	0,14	0,01	0,08	0,01


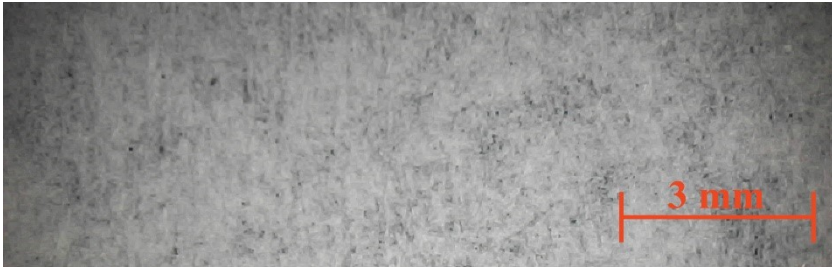
Tabulka 19: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle IGT W43/68 při tiskovém tlaku 625 N

Objem barvy [ml]	Tisková rychlost [m/s]	Vzorek BPB		Vzorek OPQ	
		PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka	PT _{IGT} [%]	Směrodatná odchylka
0,15	1,4	89,23	0,02	93,36	0,02
0,25	4,0	88,40	0,02	93,03	0,03

Tabulka 20: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při tiskovém tlaku 625 N u vzorku BPB

Objem barvy [ml]	Tisková rychlost [m/s]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků BPB
0,15	1,4	0,13	
0,25	4,0	0,14	

Tabulka 21: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyhodnocené podle normy SCAN-P 36:02 a mikroskopické snímky vzorků při tiskovém tlaku 625 N u vzorku OPQ

Objem barvy [ml]	Tisková rychlost [m/s]	PT _{SCAN}	Snímky vzorků OPQ
0,15	1,4	0,13	
0,25	4,0	0,14	

3. ZÁVĚR

Prorážení tiskové barvy je důležitým parametrem kvality tisku na tenké tiskové papíry. Pro jeho stanovení existují v současné době dva standardy *SCAN-P 36-02* a *IGT W43/68*. Každý z těchto standardů předepisuje odlišné podmínky pro provedení testu prorážení tiskové barvy. Firma OP papírna, s.r.o., která se zabývá výrobou tenkých tiskových papírů, se snaží vyvinout testovací metodu, která by optimálně vyhovovala testování tenkých tiskových papírů a pokud možno co nejvíce odpovídala podmínkám potisku těchto papírů v praxi, kdy jsou tyto papíry potiskovány archovým ofsetem při tiskové rychlosti 10 000 archů formátu B2 za hodinu nebo kotoučovým ofsetem při rychlosti 250 m za minutu. Z tohoto důvodu byla závěrečná práce, která byla řešena ve spolupráci s firmou OP papírna, s.r.o., zaměřena na testování vlivu různých podmínek při testech prorážení tiskové barvy na hodnoty prorážení tiskové barvy.

Pro testování byly použity dva druhy tenkých tiskových papírů Bolloré prima brite s vysokou hodnotou prorážení tiskové barvy a Opaque s nízkou hodnotou prorážení tiskové barvy. Z papírů byly připraveny tiskové vzorky za účelem hodnocení prorážení tiskové barvy. Tisk byl proveden na laboratorním potiskovacím stroji *IGT AMSTERDAM 2* testovací barvou *IGT 404.520.068* za standartních tiskových podmínek udávaných metodou *IGT W43/68* a normou *SCAN-P36-02*.

Dále byly zhotoveny tiskové vzorky, při kterých se testoval vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy, tudíž byly provedeny tisky s různým objemem tiskové barvy, tiskovým tlakem a tiskovou rychlostí. Byly stanoveny optické hustoty tisku a hodnoty prorážení tiskové barvy pro všechny tiskové vzorky. Prorážení tiskové barvy bylo stanoveno metodou *IGT W43/68* a i podle normy *SCAN-P 36-02*.

U vzorků, které byly potištěny při nastavení tiskového tlaku 625 N, dávkování tiskové barvy 0,35 ml a rychlostech tisku 0,2 m/s, 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s se hodnoty optické hustoty u obou testovaných papírů snižovaly se vzrůstající rychlostí tisku. Tisk na papíru Opaque vykazoval vyšší optické hustoty než na papíru Bolloré prima brite.

Nejvyšší hodnoty prorážení tiskové barvy při změně tiskové rychlosti vykazoval papír Bolloré prima brite při rychlosti tisku 0,2 m/s. Nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy byly naměřeny u papíru Opaque při rychlosti tisku 4 m/s. Hodnoty prorážení tiskové barvy se u obou vzorků papíru snižovaly se zvyšující se rychlostí tisku, papír Bolloré prima brite vykazoval vyšší hodnoty prorážení tiskové barvy než papír Opaque. U papíru Bolloré prima brite byly naměřeny nevyšší hodnoty prorážení tiskové barvy 0,20 při rychlosti tisku 0,2 m/s a nejnižší hodnoty 0,15 při rychlosti tisku 4 m/s podle normy *SCAN-P 36:02*. U papíru Opaque byly naměřeny nejvyšší hodnoty prorážení tiskové barvy 0,11 při rychlosti tisku 0,2 m/s a nejnižší hodnoty 0,08 při rychlosti tisku 4 m/s podle normy *SCAN P 36:02*. Při rychlosti tisku 3 m/s a 4 m/s byla pozorována u obou vzorků papíru nerovnoměrná barvová vrstva. Toto nedokonalé pokrytí papíru barvou bylo způsobeno tiskovým válečkem, který tlačil barvu před sebou a nedošlo k přenesení stejného množství barvy na celou plochu potiskovaného vzorku. Metoda stanovení prorážení tiskové barvy *IGT W43/68* a norma *SCAN-P 36:02* je stanovena pro rychlost tisku 0,2 m/s avšak v praxi se používá pro archový tisk tenkých tiskových papírů rychlost tisku odpovídající v přepočtu 1,39 m/s a pro kotoučový tisk 4,17 m/s. Z tohoto důvodu bylo prorážení tiskové barvy hodnoceno i při vyšších rychlostech tisku, než udává metoda *IGT W43/68* a norma *SCAN-P 36:02*.

Dále byl testován vliv tiskového tlaku na prorážení tiskové barvy. Průměrné hodnoty optické hustoty při dávkování barvy 0,35 ml, tiskové rychlosti 0,2 m/s a tiskovém tlaku 250 N, 625 N, 1 000 N rostly se zvyšujícím se tiskovým tlakem. Nejvyšší hodnoty prorážení tiskové barvy při změně tiskového tlaku vykazoval papír Bolloré prima brite při tiskovém tlaku 1 000 N. Nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy byly naměřeny u papíru Opaque při tiskovém tlaku 250 N. Papír Bolloré prima brite vykazoval vyšší hodnoty prorážení tiskové barvy než papír Opaque. U papíru Bolloré prima brite byly naměřeny nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy 0,20 při tiskovém tlaku 250 N a nejvyšší hodnoty 0,23 při tiskovém tlaku 1 000 N podle normy *SCAN-P 36:02*. U papíru Opaque byly naměřeny nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy 0,10 při tiskovém tlaku 250 N a nejvyšší hodnoty 0,12 při tiskovém tlaku 1 000 N podle normy *SCAN-P 36:02*.

Jako další byl testován vliv množství barvy nanesené na vzorek papíru na prorážení tiskové barvy. Vzorky, které byly potištěny při nastavení tiskového tlaku 625 N, tiskové rychlosti 0,2 N a dávkování barvy 0,15 ml, 0,25 ml, 0,35 ml vykazovaly zvyšující se hodnoty optické hustoty u obou testovaných papírů při dávkování vyššího množství barvy. Papír Opaque vykazoval vyšší optické hustoty než papír Bolloré prima brite.

Nejvyšší hodnoty prorážení tiskové barvy při změně dávkovaného množství barvy vykazoval papír Bolloré prima brite při objemu barvy 0,35 ml. Nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy byly naměřeny u papíru Opaque při objemu barvy 0,15 ml. Hodnoty prorážení tiskové barvy se u obou vzorků papíru snižovaly při dávkování menšího objemu tiskové barvy. Papír Bolloré prima brite vykazoval vyšší hodnoty prorážení tiskové barvy než papír Opaque. U papíru Bolloré prima brite byly naměřeny nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy 0,15 při dávkovaném množství barvy 0,15 ml a nejvyšší hodnoty 0,20 při dávkovaném množství barvy 0,35 ml podle normy *SCAN-P 36:02*. U papíru Opaque byly naměřeny nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy 0,09 při dávkovaném množství barvy 0,15 ml a nejvyšší hodnoty 0,11 při dávkovaném množství barvy 0,35 ml podle normy *SCAN-P 36:02*.

Po posouzení získaných hodnot optických hustot a prorážení tiskové barvy, byly nastaveny nové tiskové podmínky tak, aby se tiskové podmínky co nejvíce přiblížily tiskovým podmínkám v praxi a optická hustota tisku odpovídala běžným hodnotám ($D \approx 1,0$). Tiskový tlak byl nastaven na hodnotu standardně v testu prorážení tiskové barvy používanou – 625 N.

Pro přiblížení podmínkám archového a ofsetového tisku byla na potiskovací stroji *IGT AMSTERDAM 2* nastavena tisková rychlost 1,4 m/s a na válec v rozvalovací jednotce *IGT High speed inking unit 4* bylo dávkováno 0,15 ml barvy.

Dále byly tiskové podmínky nastaveny tak, aby odpovídaly podmínkám kotoučového ofsetového tisku. Nejdříve byl potiskovací stroj *IGT AMSTERDAM 2* nastaven na tiskovou rychlost 4 m/s a na válec v rozvalovací jednotce *IGT High speed inking unit 4* bylo dávkováno 0,15 ml barvy. Při měření optické hustoty u vzorku BPB nebylo dosaženo optické hustoty, která by odpovídala kotoučovému tisku ($D = \pm 0,9$). Z tohoto důvodu bylo upraveno dávkování tiskové barvy na 0,25 ml.

Hodnoty prorážení tiskové barvy byly u obou typů papíru nižší než při nastavení standardních podmínek. Pro objektivnější hodnocení prorážení tiskové barvy na tenkých tiskových papírech by tedy bylo vhodnější provádět testy za podmínek, které jsou bližší podmínkám v praxi, než při standardním nastavení, které předepisuje norma *IGT W43/68*.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KAPLANOVÁ, Marie a kol. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2012, ISBN 978-80-254-4230-2
- [2] GEBRTOVÁ, Jana. *Tiskové papíry a jejich vlastnosti*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1997. Polygrafické sešity, 2/1997. ISBN 80-7194-103-4
- [3] SOUČEK, Milan. *Zkoušení papíru*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977
- [4] KADERÁBEK, Vladimír a Jan ČERNÝ. *Polygrafické materiály*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1989. ISBN 80-85113-07-4
- [5] HOLICKÁ, Hana. *Polygrafické materiály* [přednáška]. Pardubice: Univerzita Pardubice. Fakulta chemicko-technologická. Katedra polygrafie a fotofyziky, 2018
- [6] HOC, M. *Print-through in multicolour printing*. STFI-Packforsk Report No 187, NRP 28, 2005, s. 9-10.
- [7] YANG, Yonggang; LIU, F. *Preliminary Study on the Print-through Standard of Offset Printing*. Advanced Materials Research, 2011, s.1. ISSN 1662-8985.
- [8] WILKEOVÁ, Hana: *Prorážení tiskové barvy na tenkých tiskových papírech*, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, KPF, FChT, Pardubice 2017
- [9] KRČMÁŘOVÁ, Žaneta: *Vliv vlastností papíru na prorážení tiskové barvy*, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, KPF, FChT, Pardubice 2019
- [10] Testing Machines. Parker Print-Surf [online]. © 2021 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.testingmachines.com/product/58-06-parker-print-surf>
- [11] IGT Testing Systems. High Speed Inking Unit 4 [online]. © 2012 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <http://www.igt.com.sg/products/details/high-speed-inking-unit-4>
- [12] IGT Testing Systems. Amsterdam 2 [online]. © 2021 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.igt.nl/product/amsterdam-2/>
- [13] HunterLab. UltraScan VIS Spectrophotometer [online]. © 2021 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.hunterlab.com/solutions/color-measurement/ultra-scan-vis/>
- [14] X-Rite. SpectroEye [online]. © 2021 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.xrite.com/service-support/product-support/portable-spectrophotometers/spectroeye>
- [15] Digitální mikroskop MIRAZOOM MZ902 [online]. © 2018 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://archiwum.allegro.pl/oferta/cyfrowy-mikroskop-wl-mirazoom-mz902-9mpx-usb-led-i7523364354.html>
- [16] Paper and board. Evaluation of test prints. *SCAN-P 36:02*, Stockholm: Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, 4 s.
- [17] IGT w43/68: IGT Information leaflet W43/68-AMS, Print Through, IGT Amsterdam 1/2/5/6, Version June 2017

PŘÍLOHY

Příloha A – Tiskové vzorky při testování vlivu rychlosti tisku na prorážení tiskové barvy

Příloha B – Tiskové vzorky při testování vlivu tiskového tlaku na prorážení tiskové barvy

Příloha C – Tiskové vzorky při testování vlivu tiskové barvy na prorážení tiskové barvy

Příloha D – Tiskové vzorky při přizpůsobení tiskové rychlosti a množství barvy podmínkám v praxi

PŘÍLOHA A – Tiskové vzorky při testování vlivu rychlosti tisku na prorážení tiskové barvy

Rychlost tisku [m/s]	Vzorek BPB	Vzorek OPQ
0,2		
1		
2		
3		
4		

PŘÍLOHA B – Tiskové vzorky při testování vlivu tiskového tlaku na prorážení tiskové barvy

Tiskový tlak [N]	Vzorek BPB	Vzorek OPQ
250		
625		
1 000		

PŘÍLOHA C – Tiskové vzorky při testování vlivu tiskové barvy na prorážení tiskové barvy

Objem barvy [ml]	Vzorek BPB	Vzorek OPQ
0,15		
0,25		
0,35		

**PŘÍLOHA D – Tiskové vzorky při přizpůsobení tiskové rychlosti
a množství barvy podmínkám v praxi**

Objem barvy [ml]	Tisková rychlost [m/s]	Vzorek BPB	Vzorek OPQ
0,15	1,4		
0,25	4,0		