

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ  
KATEDRA POLYGRAFIE A FOTOFYZIKY

**VLIV VLASTNOSTÍ PAPÍRU  
NA PRORÁŽENÍ TISKOVÉ BARVY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce: Žaneta Krčmářová

Vedoucí práce: Ing. Hana Holická, Ph.D.

**2019**

UNIVERSITY OF PARDUBICE  
FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF GRAPHIC ARTS AND PHOTOPHYSICS

**EFFECT OF PAPERS PROPERTIES  
ON PRINT-THROUGH**

BACHELOR THESIS

Author: Žaneta Krčmářová

Supervisor: Ing. Hana Holická, Ph.D.

**2019**





Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Žaneta Krčmářová**  
Osobní číslo: **C16161**  
Studijní program: **B3441 Polygrafie**  
Studijní obor: **Polygrafie**  
Název tématu: **Vliv vlastností papíru na prorážení tiskové barvy**  
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Na základě studia odborné literatury se seznámte s problematikou prorážení tiskové barvy. Zaměřte se především na vliv vlastností papíru na prorážení tiskové barvy. Získané poznatky zpracujte v teoretické části práce.
2. V rámci experimentální části práce dostupnými metodami proměřte vlastnosti papíru ovlivňující prorážení tiskové barvy a proveďte testy prorážení tiskové barvy pro dodané typy papíru.
3. V závěrečné části práce diskutujte vliv vlastností papíru na prorážení tiskové barvy.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Hana Holická, Ph.D.**

Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání bakalářské práce: **27. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2019**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



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

V Pardubicích dne 27. února 2019

Prohlašuji

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci použila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na mojí práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice, má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnici Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 6. 2019

Žaneta Krčmářová

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, rady, za předání zkušeností a za čas, který mi věnovala po celou dobu. Dále bych chtěla poděkovat firmě OP papírna s.r.o. za poskytnutí testovaných materiálů a za spolupráci. Na závěr bych chtěla poděkovat mé rodině, mému příteli a přátelům za podporu při studiu.



## **Anotace**

Cílem práce bylo na různých typech tenkých tiskových papírů ověřit vliv jejich vlastností na prorážení tiskové barvy. Testováno bylo šest druhů bezdřevých nenatíraných tenkých tiskových papírů o nízké plošné hmotnosti dodané firmou OP papírna s.r.o.

Byly testovány vlastnosti papírů v souvislosti s prorážením tiskové barvy na obou stranách papírů (plošná hmotnost, tloušťka, měrný objem, drsnost, propustnost pro vzduch, optické vlastnosti). Na laboratorním potiskovacím přístroji byly papíry potištěny různým nánosem tiskové barvy. Na tiskových vzorcích byly stanoveny hodnoty optické hustoty tisku, které byly použity pro sestrojení přenosových křivek, a hodnoty prorážení tiskové barvy. Z grafických závislostí, které jsou součástí experimentální části, byly stanoveny hodnoty množství přenesené tiskové barvy a prorážení tiskové barvy při optické hustotě 0,95, na základě kterých bylo v souladu s normou *SCAN-P 36:02 Evaluation of test prints* provedeno vyhodnocení prorážení tiskové barvy na testovaných papírech.

## **Klíčová slova**

Prorážení tiskové barvy, tenké tiskové papíry, optická hustota, opacita, drsnost, penetrace, přenos barvy

## **Annotation**

The aim of the work was to verify the effect of how the properties of thin printing papers influence the print-through. Six types of thin printing papers, which is wood-free, uncoated and with low paper grammage, were tested. All the paper used was supplied by OP papírna s.r.o.

The properties of papers were tested in context of print-through on both sides of the papers (paper grammage, thickness, paper volume, roughness, air permeability, optical properties). Papers were printed with a different quantity of ink transfer on a laboratory printing machine. On the print samples were determined values of the optical density, which were used for create transfer curves, and values of print-through. The quantity of ink transfer and print-through were estimated according to the graphical dependencies at an optical density 0,95, included in the experimental part. Based on these experimental values according to the standard *SCAN-P 36:02 Evaluation of test prints*, was create the final evaluation of the print-through on the testing papers.

## **Keywords**

Print-through, thin printing papers, optical density, opacity, roughness, penetration, ink transfer

# Obsah

Úvod .....	17
<b>1. Teoretická část.....</b>	<b>19</b>
1.1 Struktura papíru .....	19
1.1.1 Vlákenná surovina.....	19
1.1.2 Plnidla .....	19
1.1.3 Klíždla .....	20
1.1.4 Opticky zjasňující prostředky .....	20
1.2 Technologie výroby papíru.....	20
1.2.1 Příprava vlákniny.....	20
1.2.2 Příprava papíroviny .....	21
1.2.3 Formace papíru na papírenském stroji .....	21
1.2.4 Povrchové úpravy papíru .....	22
1.3 Vlastnosti papíru.....	23
1.3.1 Všeobecné vlastnosti.....	23
1.3.2 Fyzikální vlastnosti.....	24
1.3.3 Mechanické vlastnosti .....	26
1.3.4 Chemické vlastnosti.....	26
1.3.5 Optické vlastnosti .....	26
1.3.6 Funkční vlastnosti.....	28
1.4 Tenké tiskové papíry .....	28
1.5 Prorážení tiskové barvy.....	29
1.6 Vliv papíru na prorážení tiskové barvy.....	30
1.7 Vliv vlákniny .....	30
1.8 Vliv plnidel .....	31
1.9 Vliv technologie výroby .....	31
<b>2. Experimentální část.....</b>	<b>33</b>
2.1 Experimentální materiály.....	33
2.1.1 Tenké tiskové papíry .....	33
2.1.2 Tisková barva .....	33
2.2 Experimentální přístroje.....	33
2.2.1 Laboratorní váhy .....	33
2.2.2 Tloušťkoměr.....	33
2.2.3 <i>Parker Print Surf (PPS)</i> .....	33
2.2.4 Zařízení pro měření drnosti <i>L&amp;W</i> .....	34
2.2.5 Profilometr .....	34

2.2.6 Rotační reometr .....	34
2.2.7 Potiskovací přístroje .....	34
2.2.8 Spektrofotometr .....	34
2.2.9 Zařízení pro měření propustnosti papíru pro vzduch $L\&W$ .....	35
<b>2.3 Experimentální metody a výsledky .....</b>	<b>35</b>
2.3.1 Měření všeobecných vlastností papíru.....	35
2.3.2 Struktura povrchu papíru.....	36
2.3.3 Propustnost papíru pro vzduch.....	40
2.3.4 Optické vlastnosti.....	40
2.3.5 Stanovení tiskové penetrace .....	41
2.3.6 Měření viskozity barvy.....	42
2.3.7 Příprava tiskových vzorků.....	44
2.3.8 Stanovení přenosových křivek .....	44
2.3.9 Stanovení prorážení tiskové barvy .....	44
2.3.10 Vliv všeobecných vlastností papíru na prorážení tiskové barvy .....	50
2.3.11 Vliv drsnosti papíru na prorážení tiskové barvy .....	51
2.3.12 Vliv propustnosti papíru pro vzduch na prorážení tiskové barvy .....	51
2.3.13 Vliv optických vlastností papíru na prorážení tiskové barvy .....	52
2.3.14 Vliv množství přenesené tiskové barvy na prorážení tiskové barvy .....	53
<b>3. Závěr .....</b>	<b>55</b>

## Seznam tabulek, obrázků a použitých zkratk

### Seznam Tabulek

Tabulka 1: Všeobecné vlastnosti papírů .....	35
Tabulka 2: Drsnost papírů – PPS a metodou podle Bendtsena.....	36
Tabulka 3: Propustnost papírů pro vzduch – metodou podle Gurleye a Bendtsena .....	40
Tabulka 4: Optické vlastnosti papírů.....	41
Tabulka 5: Tisková penetrace papírů .....	41
Tabulka 6: Průměrné hodnoty pro vyhodnocení tokové a viskozitní křivky .....	42
Tabulka 7: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OPB ST .....	45
Tabulka 8: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OPB HB.....	45
Tabulka 9: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OMP ST.....	46
Tabulka 10: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OMP HB.....	46
Tabulka 11: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OPQ ST .....	47
Tabulka 12: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír DELFORT .....	47
Tabulka 13: Množství přenesené tiskové barvy a prorážení tiskové barvy při optické hustotě 0,95.....	50

### Seznam obrázků

Obrázek 1: Stanovení směru výroby papíru.....	23
Převzato z: Laboratoře oboru II. Univerzita Pardubice, KPF, Pardubice, 2018	
Obrázek 2: Princip nepřímých metod měření hladkosti (drsnosti) papíru .....	25
Převzato z: Laboratoře oboru II. Univerzita Pardubice, KPF, Pardubice, 2018	
Obrázek 3: Profilometrické měření povrchu papíru OPB ST .....	37
Obrázek 4: Profilometrické měření povrchu papíru OPB HB .....	37
Obrázek 5: Profilometrické měření povrchu papíru OMP ST .....	38
Obrázek 6: Profilometrické měření povrchu papíru OMP HB.....	38
Obrázek 7: Profilometrické měření povrchu papíru OPQ ST.....	39
Obrázek 8: Profilometrické měření povrchu papíru DELFORT.....	39
Obrázek 9: Toková křivka černé cold-setové ofsetové barvy .....	43
Obrázek 10: Viskozitní křivka černé cold-setové ofsetové barvy .....	43
Obrázek 11: Cassonův model pro černou cold-setovou ofsetovou barvu .....	43
Obrázek 12: Závislost optické hustoty tisku na množství přenesené barvy.....	48
pro všechny papíry – tisk na síťovou stranu	
Obrázek 13: Závislost optické hustoty tisku na množství přenesené barvy.....	48
pro všechny papíry – tisk na lícovou stranu	
Obrázek 14: Závislost prorážení tiskové barvy na optické hustotě tisku.....	49
pro všechny papíry – tisk na síťovou stranu	

Obrázek 15: Závislost prorážení tiskové barvy na optické hustotě tisku.....	49
pro všechny papíry – tisk na lícovou stranu	
Obrázek 16: Vliv tloušťky na prorážení tiskové barvy .....	50
Obrázek 17: Vliv měrného objemu na prorážení tiskové barvy .....	50
Obrázek 18: Vliv drsnosti podle Parkera na prorážení tiskové barvy .....	51
Obrázek 19: Vliv drsnosti podle Bendtsena na prorážení tiskové barvy .....	51
Obrázek 20: Vliv propustnosti pro vzduch podle Gurleye na prorážení tiskové barvy .....	51
Obrázek 21: Vliv propustnosti pro vzduch podle Bendtsena na prorážení tiskové barvy.....	52
Obrázek 22: Vliv opacity na prorážení tiskové barvy.....	52
Obrázek 23: Vliv bělosti $R_{457}$ na prorážení tiskové barvy .....	52
Obrázek 24: Vliv bělosti $W_{CIE}$ na prorážení tiskové barvy .....	53
Obrázek 25: Vliv množství přenesené tiskové barvy na prorážení tiskové barvy .....	53
Obrázek 26: Prorážení tiskové barvy pro všechny papíry .....	53
při optické hustotě 0,95 ze síťové i lícové strany	

### Seznam použitých zkratk

1	Sítová strana
2	Lícová strana
OPB ST	OP Polar Bright verze standard
OPB HB	OP Polar Bright voluminózní verze
OMP ST	OP Medical Print verze standard
OMP HB	OP Medical Print voluminózní verze
OPQ ST	OP Opaque verze standard
PPS	Parker Print-Surf
OH	Optická hustota tisku
PT	Prorážení tiskové barvy





## Úvod

Tenké tiskové papíry jsou speciálním druhem tiskových papírů, vyznačují se nízkou plošnou hmotností a tloušťkou. Jejich plošná hmotnost se pohybuje v rozsahu 25 až 60 g/m<sup>2</sup> a tloušťka v rozsahu 30 až 70 μm, přesto však dosahují vynikající opacity. Tyto papíry jsou výhradně bezdřevé a mohou být vyráběny jako natírané i nenatírané. Používají se k tisku příbalových letáků, slovníků, diářů atd. Musí vykazovat vysokou rozlišitelnost tisku, nízké prorážení tiskové barvy a musí se dát složit do velkého množství skladů při minimálním objemu složeného archu.

Prorážení tiskové barvy spočívá v tom, že barva natisknutá na jednu stranu papíru proniká nadměrně do jeho pórovité struktury směrem k protilehlé straně. Je to důsledek průsvitnosti papíru a penetrace pigmentů a rozpouštědla tiskové barvy (oleje) do struktury papíru. Tento jev způsobuje vzájemné rušení grafických informací zobrazených na obou stranách papíru a tím ovlivňuje vizuální efekt oboustranně tištěné tiskoviny a celkovou kvalitu tisku. Proto je prorážení tiskové barvy jedním z důležitých parametrů při hodnocení kvality tisku, především u tenkých druhů tiskových papírů, u kterých se tento jev projevuje výrazněji.

Cílem této práce bylo otestovat a ověřit metodiku testování prorážení tiskové barvy na šesti různých typech tenkých tiskových papírů dodaných firmou OP papírna s.r.o. a stanovit vliv vlastností papíru na hodnoty prorážení tiskové barvy. Získané výsledky by měly usnadnit komunikaci se zákazníky, pro které je nízké prorážení tiskové barvy jedním z nejdůležitějších parametrů kvality u tohoto typu papíru.



# 1. Teoretická část

## 1.1 Struktura papíru

### 1.1.1 Vlákenná surovina

Základní surovinou pro výrobu papíru jsou vláknité suroviny ze dřeva, nazývané vlákniny, vyráběné z vláknovin. Vláknoviny se dělí podle původu na rostlinné (dřevo – jehličnaté, listnaté, bavlna, len, konopí), živočišné (vlna), minerální (sklo, keramika, kovy, azbest) a syntetické vláknoviny (polyamid, viskóza, polyester). Rostlinné a dřevní hmoty jsou složeny ze tří základních složek – celulózy, hemicelulózy a ligninu.

a) Celulóza tvoří až 50 % hmoty dřeva. Z chemického hlediska je to glukózový polysacharid  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Jednotlivé makromolekuly celulózy jsou mezi sebou vázány vazbou vodíkovým můstkem, vytvářejí mikrofibrily, které jsou dále uspořádány do fibril, které tvoří základ buněčné stěny rostlinných buněk. Makromolekuly celulózy jsou zde uspořádány částečně volně (amorfní oblast) a částečně pravidelně (krystalická oblast). V krystalické oblasti je vzdálenost mezi řetězci minimální a více se uplatňují mezimolekulární vazby, které dodávají vláknům pevnost a malou chemickou reaktivitu. V amorfní oblasti nejsou mezimolekulární vazby tolik vyvinuty, zůstávají zde volné hydroxylové skupiny, které jsou příčinou chemické aktivity. Prostor mezi makromolekulami celulózy je vyplněn hemicelulózami a ligninem, což dodává vláknům elasticitu, ohebnost a měkkost.

b) Hemicelulóza je heteropolysacharid. Ve hmotě dřeva je obsaženo kolem 20 % hemicelulózy. Podobně jako celulóza má vláknitý charakter a pozitivně ovlivňuje výrobu papíru, především v procesu mletí.

c) Lignin je amorfní látka nevláknitého charakteru. Spojuje jednotlivé vláknité buňky a také se nachází v jejich buněčné stěně. Do hloubky buňky směrem k vnitřním vrstvám ho ubývá. Zhoršuje vazebnou schopnost vláken a optické vlastnosti vlákniny. Lignin absorbuje začátek viditelného záření, a tím způsobuje žloutnutí papíru, proto je jeho obsah ve vlákních z hlediska výroby kvalitních tiskových papírů nežádoucí. [1; 2]

### 1.1.2 Plnidla

Plnidla se přidávají do vláknité suspenze při výrobě papíru. Plněním se docílí zaplnění prostoru mezi vlákny a papír získá rovnoměrnější a uzavřenější povrch. Množství plnidla v papíru má velký vliv na jeho vlastnosti.

Plnidla se přidávají do tiskových a psacích papírů za účelem zlepšení optických vlastností (bělost, opacita), hladkosti, formace a rozměrové stability papíru. Jejich obsah v papíru dále zajistí lepší příjem barvy díky snížení penetrace a prorážení barvy. Nadměrné množství plnidel způsobuje nedostatečné pevnostní vlastnosti (pevnost v tahu, odolnost proti roztržení).

Hlavními minerálními plnidly jsou hydratovaný kaolin, GCC (přírodní uhličitán vápenatý), PCC (srážený uhličitán vápenatý) a talek. [1; 2; 3]

### 1.1.3 Klíždla

Klížení mění hydrofilní charakter vláken na hydrofobní a zabraňuje pronikání vody do papíru. Jako klíždla se používají přírodní modifikované pryskyřice nebo reaktivní syntetická klíždla. Papíry mohou být plně klížené (psací, korespondenční, ofsetové), částečně klížené (knihtiskové, hlubotiskové) a neklížené (novinový, savý, filtrační). [3; 4]

### 1.1.4 Opticky zjasňující prostředky

OZP jsou látky zvyšující bělost papíru. Absorbují světlo v ultrafialové oblasti spektra (pod 370 nm) a následně ho emitují ve viditelném modrém spektru. Výsledkem je jasně bílý odstín papíru, který maskuje jeho přirozeně nažloutlou barvu. Lignin absorbuje ultrafialové záření, a čím vyšší je jeho obsah v buničině, tím jsou opticky zjasňující prostředky méně účinné. [3]

## 1.2 Technologie výroby papíru

### 1.2.1 Příprava vlákniny

Pro výrobu papíru je potřeba vlákna ze dřeva uvolnit, získaný materiál je označován za vlákninu. Podle způsobu uvolnění vláken ze dřeva se rozlišují různé typy vláknin.

a) **Dřevovina** je vláknina, která se získává mechanickou cestou. Vlákna jsou uvolňována např. broušením polen dřeva na brusném kameni (brusná dřevovina) nebo rafinací dřeva v rafinářech (rafinérová dřevovina). Při výrobě nedochází ke změně chemického složení, a tedy ani k odstranění ligninu z vláken. Papír má díky vysokému obsahu ligninu nižší bělost. Používá se především k výrobě novinových papírů. Problémem mohou být krátká vlákna, která s vysokým obsahem ligninu způsobují nízkou vazebnou i mechanickou pevnost.

b) **Mechanická buničina** se získává rafinací štěpek po předchozí plastifikaci ligninu působením tepla, chemikálií nebo jejich kombinací. Získá se tak vláknina termomechanická, chemomechanická nebo chemotermomechanická. V procesu dochází k částečnému odstranění ligninu, a tím i ke zlepšení vazebné schopnosti vláken.

c) **Chemická buničina** se získává vařením štěpek dřeva v chemikáliích za zvýšené teploty a tlaku. Dochází k uvolnění ligninu, jeho převedení na rozpustnou formu a odstranění do výluhu. Podle použitých chemikálií se buničina dělí na sulfitovou (připravená kyselým varným postupem) a sulfátovou (připravená alkalickým varným postupem).

d) Druhotnou surovinu pro výrobu papíru představuje **sběrový papír**. Podle stupně znehodnocení se používá jako vláknina k výrobě různých druhů papírů. Pochází z průmyslového sběru nebo komunálního sběru. Průmyslový sběr představuje odpad při výrobě papíru v papírně, dále odpad z tiskáren a kniháren. Komunální sběr je smíšený papír ze sběren, který se třídí do několika skupin, např. nepopsané a nepotištěné papíry, balící papíry, těžko zpracovatelné papíry, potištěné papíry, magazíny atd. [1; 4]

### 1.2.2 Příprava papíroviny

Papírovina je látka, která vzniká smísením jednotlivých složek zanášky papíru (vláknina, plnidla, klíždla a barviva). Technologické operace používané při přípravě papíroviny jsou: rozvláknování, mletí, plnění, klížení, barvení, přidavek pomocných prostředků a třídění. [1; 4]

**Rozvláknování** je první technologická operace přípravy papíroviny. Jedná se o převedení vysušené vlákniny na vodnou suspenzi působením vody a mechanickým rozvolněním na menší shluky vláken. [4]

**Mletí** je mechanická úprava vláken působením mlecích nožů na vlákna ve vodě. V příčném směru dochází ke krácení vláken (ostré mletí) a v podélném směru dochází k jejich fibrilaci (uvolnění fibril z buněčné stěny). Mletím na nízký stupeň vznikají papíry s nerovnoměrným povrchem a nízkou pevností. Vlákniny mleté ostře se používají pro výrobu pórovitých papírů (např. filtrační papíry). Vlákniny mleté fibrilačně s vysokou vazebnou schopností se používají pro výrobu pevných papírů s uzavřenou strukturou. Mletím na vysoký stupeň vznikají papíry průsvitné a bez pórů.

Přídavkem **plnidel** do vláknité suspenze se dosáhne částečného zaplnění prostoru mezi vlákny. Papír získá rovnoměrnější a uzavřenější povrch. Plněním lze také dosáhnout zvýšení opacity, bělosti, tvárnosti a lepší potiskovatelnosti papíru. Negativním důsledkem plnění papíru je snížení pevnosti a zvýšení prášivosti.

**Klížení** papíru se provádí za účelem zvýšení jeho odolnosti vůči působení vody. Vláknina má hydrofilní charakter, proto při styku s vodou dochází ke smáštění povrchu papíru, a následně k penetraci vody do pórovité struktury papíru. Vlivem vlhkosti dochází ke ztrátě mechanických vlastností, kroucení, zvlnění, faldění papíru, k rozpíjení inkoustu, pronikání tiskových barev a ke změnám rozměrů papíru. Klížením se změní hydrofilní charakter papíru na hydrofobní. Klížení se provádí přídavkem do papíroviny nebo povrchovou úpravou hotového papíru. [1; 4]

Pro **barvení** se používají organické pigmenty nebo ve vodě rozpustná barviva. Provádí se ve hmotě nebo na hotovém papíru. [4]

Přídavek  **pomocných prostředků**  ovlivní zpracování papíru na papírenském stroji nebo jeho výsledné vlastnosti. Zpracování papíru na papírenském stroji ovlivňují prostředky retenční (fixují plnidla a barviva na vlákna), srážecí, odpěňovače, atd. Vlastnosti papíru ovlivňují prostředky pro zlepšení pevnosti papíru, měkosti, pružnosti atd. [1; 4]

### 1.2.3 Formace papíru na papírenském stroji

Formaci papíru na papírenském stroji lze popsat jako přeměnu velmi zředěné vodné suspenze papíroviny na plošný materiál zplstněním, odvodněním a vysušením. Na papírenském stroji dochází k odstranění vody a vytvoření vazebného systému mezi vlákny. Sítová a lisová část papírenského stroje se nazývá mokrá. Suchá část je sušicí část, za ní následuje hladicí část a navíječ. [1; 4]

Papírovina natéká z nátokové skříně na síto ve formě velmi zředěné vodné suspenze. Odvodňovacími prvky sítové části dochází ke zplstnění, odvodnění a sjednocení vrstvy vláken. Na konci síta má vrstva vláken podíl

sušiny kolem 20 % a dosahuje tak počáteční pevnosti, díky které je možný přenos papírového pásu do další části papírenského stroje. [1; 4]

V lisové části je pás papíru nesen odvodňovacími plstěnci a prochází několika lisou. K dalšímu odvodnění papíru zde dochází mechanickým tlakem válců a voda je z papíru vytlačována do plstěnců. Na konci lisové části je podíl sušiny papíru kolem 40 %. [4]

Sušicí část je to energeticky nejnáročnější a také nejnákladnější část papírenského stroje. V této části dochází k odstranění zbylé vody sušením papíru na válcích vyhřívaných parou. Konečná sušina papíru na konci sušicí části je 92 až 96 %. [1; 4]

#### 1.2.4 Povrchové úpravy papíru

##### Hlazení (kalandrování)

Vyrobený papír má drsný a nerovnoměrný povrch. Nerovný povrch papíru se vyrovnává průchodem mezi hladicími válci, kde účinkem tlaku, tepla a vlhkosti dojde ke zvýšení hladkosti, lesku, zhutnění papíru (zmenšení počtu a velikosti pórů) a k vyrovnání a snížení jeho tloušťky. Podle typu a uspořádání hladících válců se rozlišuje několik způsobů hlazení (kalandrování):

a) **Strojní kalandrování (tvrdé)** se provádí v papírenském stroji. Dochází k vyrovnání povrchových nerovností a tloušťky průchodem papíru mezi hladkými tvrdými válci (nestlačitelný nip). Papíry se označují jako strojně hlazené.

b) **Soft kalandrování (měkké)** se provádí v měkkém nipu mezi kovovým válcem, který může být vyhříván, a válcem s gumovým potahem. Soft kalandr je součástí papírenského stroje. Vlivem deformovatelnosti povrchů měkkých válců dochází k vyrovnání tloušťky a k získání stejnoměrné hustoty papíru, která zajišťuje rovnoměrnou přijímatost tiskových barev. Tento způsob kalandrování umožňuje dosáhnout vysoké hladkosti a zároveň matného vzhledu, který je příjemný pro čtení.

c) **Superkalandrování (satinování)** se provádí mezi kovovým válcem a válcem s papírovým elastickým povrchem. Zařízení je vždy mimo papírenský stroj a obsahuje deset až patnáct válců. Působením tlaku dochází ke zhutnění pórovité struktury papíru. Papíry následně vykazují vysokou hladkost a lesk. Mají ale nižší povrchovou pevnost a vyšší prášivost. Tento způsob hlazení je typický pro natírané papíry a SC papíry. [1; 4]

##### Natírání

Natíráním papíru se vytvoří kvalitativně odlišný povrch, který zlepšuje potiskovatelnost. Nátěr může být jednostranný nebo oboustranný. Natírané papíry mají hladký uzavřený povrch vykazující vysokou bělost a opacitu. Vrstva nátěru redukuje penetraci barvy do papíru. Oproti nenatíraným papírům lze dosáhnout vyšší optické hustoty a lesku při menším nánosu barvy. [1; 4]

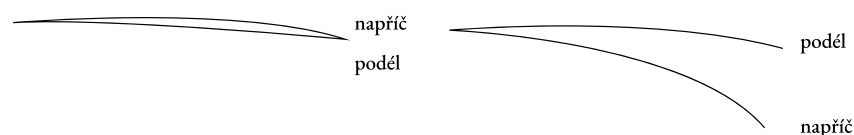
## 1.3 Vlastnosti papíru

### 1.3.1 Všeobecné vlastnosti

#### Směr výroby papíru

Mechanické i fyzikální vlastnosti papíru jsou rozdílné v různých směrech výroby papíru. Největší rozdíly lze pozorovat mezi příčným a podélným směrem výroby papíru. Z důvodu těchto rozdílů se k nim musí přihlížet při zkoušení vlastností papíru. Vlákna papíru se při výrobě orientují ve směru chodu papírenského stroje. Podélný směr výroby je rovnoběžný s pohybem síta na papírenském stroji. Příční směr výroby je kolmý na směr pohybu síta.

Směr výroby papíru je možno stanovit způsobem, kdy se ze zkušebního archu vystříhnou dva proužky dlouhé 150 mm a 15 mm široké a to kolmo na sebe. Oba proužky se uchopí na jednom konci mezi palec a ukazovák a v místě uchopení se nastaví do vodorovné polohy. Mohou nastat dva případy: spodní proužek se více ohýbá než horní, nebo konce proužků leží na sobě (viz obr. 1).



Obrázek 1: Stanovení směru výroby papíru

Směr výroby je důležité sledovat např. při tisku knih, etiket lepených za mokra, tiskovin, u kterých bude prováděno skládání a drážkování, nebo u vícebarevného ofsetového tisku. [4; 5]

#### Dráha papíru

Se směrem výroby papíru souvisí dráha papíru, která může být úzká nebo široká, podle toho, jakým způsobem byl arch papíru vyříznut z mateřské role. Jsou-li vlákna rovnoběžná s delší stranou archu, jedná se o úzkou dráhu, v případě široké dráhy jsou vlákna rovnoběžná s kratší stranou archu. [4; 5]

#### Sítová a lícová strana

Sítová strana papíru je ta, která byla při výrobě ve styku se sítem papírenského stroje a nese stopy otisku síta. Proto je její povrch hrubší ve srovnání s protilehlou (lícovou) stranou. Rozdílnost mezi sítovou a lícovou stranou se označuje jako dvoustrannost papíru. Rozdíly jsou patrné např. v hladkosti, bělosti, lesku, zaklížení apod. [4; 5]

#### Plošná hmotnost

Plošná hmotnost je jednou z nejdůležitějších vlastností papíru, která je definována jako podíl hmotnosti materiálu a příslušné plochy. Udává se v  $\text{g/m}^2$ . Ke stanovení plošné hmotnosti v provozní praxi se používají tzv. kvadrantové váhy, ze kterých lze přímo odečítat hodnoty v  $\text{g/m}^2$ . [5]

## Tloušťka

Tloušťka je kolmá vzdálenost mezi protilehlými povrchy papíru. Měří se za stanoveného měřicího tlaku s ohledem na stlačitelnost papíru. Udává se v mm nebo v  $\mu\text{m}$ . Tloušťka ovlivňuje téměř všechny vlastnosti papíru a někdy má dokonce rozhodující význam. K měření jsou využívány tloušťkoměry. Vzorek je vložen mezi dvě rovnoběžné dotykové plochy, horní je pohyblivá a její pohyb je mechanicky převáděn na ručičku ukazatele. Výsledek je odečten na kruhové stupnici tloušťkoměru. Měření je vždy zatíženo určitou chybou, která závisí na stlačitelnosti vzorku. [5]

## Měrný objem

Měrný objem papíru (volumen) se vypočítá jako poměr tloušťky v  $\mu\text{m}$  a plošné hmotnosti v  $\text{g}/\text{m}^2$ . Udává se v  $\text{cm}^3/\text{g}$  a u tiskových papírů se pohybuje od 1 do 2,5  $\text{cm}^3/\text{g}$ . Papíry, které mají při dané plošné hmotnosti větší tloušťku (mají větší hodnotu měrného objemu) se označují jako voluminózní. [4; 5]

## Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je definována jako podíl hmotnosti materiálu a celkového objemu. Vypočítá se jako podíl plošné hmotnosti papíru v  $\text{g}/\text{m}^2$  a jeho tloušťky v  $\mu\text{m}$ . Udává se v  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Objemová hmotnost tiskových papírů se pohybuje okolo 1  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Nepřímo vyjadřuje pórovitost papíru. Čím vyšší hodnota objemové hmotnosti, tím více jsou v papíru obsaženy pevné podíly. [4]

## 1.3.2 Fyzikální vlastnosti

### Vlhkost

Pokud je papír ve vlhkém prostředí, vlhkost přijímá, pokud je v suchém prostředí, vlhkosti se zbavuje. Změna obsahu vlhkosti v papíru se projevuje změnou jeho rozměrů, které se ve vlhčím prostředí zvětší a v sušším zmenší. Vlhkost papíru se stanovuje jako absolutní a relativní.

Absolutní vlhkost je množství vody v papíru, které se vypočítá z rozdílu hmotnosti papíru před a po vysušení do konstantní hmotnosti. Vyjadřuje se v procentech původní hmotnosti papíru. Hodnoty absolutní vlhkosti se pohybují v rozmezí 5 až 10 %. [5]

Rovnovážná relativní vlhkost papíru vyjadřuje relativní vlhkost vzduchu mezi archy ve stožku. Ke stanovení se používají mečové vlhkoměry. Optimálně se hodnoty pohybují kolem 50 %. [4]

### Stupeň zaklížení

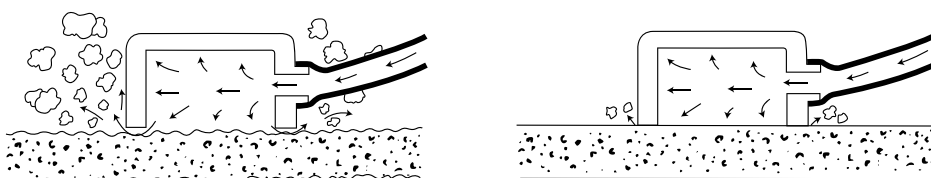
Vlákniny obsažené v papíru (celulóza, hemicelulóza) mají hydrofilní charakter a jejich povrch je snadno smáčen vodou. Kapilární struktura umožňuje pronikání vody do prostorů mezi vlákny papíru, což je doprovázeno změnou rozměrů a botnáním. Odolnost papíru proti smáčení vodou lze zvýšit klížením. Pro stanovení stupně zaklížení se používají různé metody, založené na různých způsobech měření pronikání vody do struktury papíru. [5]



## Hladkost, drsnost

Obě tyto vlastnosti charakterizují rovinnost povrchu papíru. Jsou ovlivněny vlákninovým složením, obsahem plnidel, tlakem v lisové části papírenského stroje, stupněm mletí a povrchovou úpravou papíru (hlazení, natírání). U tiskových papírů hladkost určuje způsobilost povrchu k tisku jednotlivými technikami.

Hladkost (drsnost) se zjišťuje metodami přímými a nepřímými. Mezi přímé metody patří profilometrická měření využívající jehlu, nebo optické profilometry. Nepřímé metody jsou založeny na rychlosti proudění vzduchu procházejícího volnými prostory v papíru přitlačeného na hladkou desku. Rychlost proudění je nepřímo úměrná hladkosti povrchu. Jestliže se naměřené hodnoty zvyšují se zvyšující se hladkostí papíru, pak je vlastnost označena jako hladkost, naopak jestliže se hodnoty zvyšují se snižující se hladkostí papíru, vlastnost je označena jako drsnost.



Obrázek 2: Princip nepřímých metod měření hladkosti (drsnosti) papíru. Objem vzduchu, který projde za určitou dobu mezi hladkou plochou přitlačenou k povrchu drsnějšího papíru (vlevo) je větší, než objem vzduchu, který projde za stejnou dobu mezi hladkou plochou a povrchem hladšího papíru (vpravo)

a) **Drsnost podle Bendtsena** je vyjádřena množstvím vzduchu v ml/min pronikajícím mezi povrchem vzorku papíru a kovovým prstencem měrné hlavice, který přiléhá ke vzorku.

b) **Drsnost podle Parkera** využívá přístroj *Parker Print Surf*, který je založen na podobném principu měření jako metoda podle Bendtsena. Rozdíl je v uspořádání hlavice, kdy plocha přiléhajícího prstence ke vzorku je menší, a lze tak postihnout i nepatrné nerovnosti povrchu. Výsledkem je délkový údaj v  $\mu\text{m}$ , který vyjadřuje střední vzdálenost mezi měřicí plochou prstence a povrchem papíru.

c) **Hladkost podle Bekka** je určována dobou v sekundách, potřebnou k proniknutí  $10\text{ cm}^3$  vzduchu z okolní atmosféry do podtlakové komory zkušebního přístroje mezi povrchem papíru a povrchem hladké skleněné destičky. [4; 5]

## Rozměrová stálost

Rozměrová stálost papíru je schopnost odolávat změnám rozměrů v důsledku změny obsahu vlhkosti. Závisí na obsahu vlhkosti v okolním prostředí. V papírenském stroji je pás papíru prodlužován v podélném směru a v příčném směru se smršťuje. Současně se z pásu odpařuje voda a vzniká pnutí, které se pak uvolňuje oslabením vazeb ve vláknité struktuře působením vlhkosti. Papír je proto dvakrát až třikrát rozměrově stálější ve směru podélném, než ve směru příčném. U pórovitějších papírů jsou změny rozměrů rychlejší. [4; 5]

## Propustnost pro vzduch

Schopnost papíru propuštět vzduch je určována průchozími póry ve struktuře papíru. Je závislá na pórovitosti papíru a klesá s rostoucím stupněm mletí, stupněm zaklížení a obsahem plnidel. Stanovuje se různými způsoby:

a) **Propustnost pro vzduch podle Gurleye** se zjišťuje měřením času v sekundách, za který projde 100 ml vzduchu vzorkem. Výsledek se udává v sekundách.

b) **Propustnost pro vzduch podle Bendtsena** se zjišťuje měřením objemu vzduchu prošlého vzorkem za minutu. Výsledek se udává v ml/min. [5]

### 1.3.3 Mechanické vlastnosti

Když na papír působí vnější mechanická síla, může dojít k deformaci nebo až k destrukci. Pevnost papíru je určena pevností vláken a vazeb mezi nimi, liší se tedy ve směru podélném a příčném. Vyjadřuje se jako pevnost v tahu, tržná délka, tažnost, pevnost v průtlaku a pevnost v dotržení. [5]

### 1.3.4 Chemické vlastnosti

Chemické vlastnosti závisí především na druhu a zpracování surovin použitých pro výrobu papíru. Nejdůležitější chemickou vlastností je pH papíru. Kyselé papíry rychleji stárnou, protože reakcí kyseliny s vlákny papíru dochází k jejich rozpadu a k následné ztrátě pevnosti. Papíry určené k archivaci by proto měly mít minimální hodnotu pH 6 až 7. Kyselé papíry způsobují také zpomalení zasychání archových ofsetových barev zasychajících oxypolymerací, protože v kyselém prostředí dochází ke snížení účinnosti sušidel obsažených v těchto barvách. [4]

### 1.3.5 Optické vlastnosti

Dopadají-li světelné paprsky na papír, část se jich odrazí, část je pohlcena a část prostupuje. Optické vlastnosti papíru jsou ovlivněny vlastnostmi použitých vláknitých surovin, klíždidel, plnidel, barviv a zjasňujících prostředků. Optické vlastnosti papíru ovlivňují tiskový kontrast a výsledný vzhled tiskoviny. Mezi nejdůležitější optické vlastnosti papíru patří bělost a opacita. [5]

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

a) **Činitel odrazu:** poměr záření odraženého tělesem k záření odráženému dokonale odrážejícím rozptylovačem za stejných podmínek.

b) **Činitel odrazu kritické vrstvy:** činitel odrazu vrstvy materiálu dostatečné tloušťky, aby byla neprůsvitná.

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

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

- e) Světelný činitel odrazu 1 archu  $R_0$ : světelný činitel odrazu 1 archu papíru položeného na černou podložku.  
 f) Světelný činitel odrazu kritické vrstvy, reflektivita  $R_\infty$ : světelný činitel odrazu vzorku takové tloušťky, že vykazuje naprostou opacitu. [2]

## Bělost

Bělost papírů definují současné normy dvojím způsobem: jako bělost  $R_{457}$  a CIE bělost.

a) Bělost  $R_{457}$  je definována jako difuzní činitel odrazu kritické vrstvy papíru v modré oblasti spektra. Jako zdroj světla se používá světlo typu  $C/2^\circ$  (vnitřní osvětlení) nebo  $D_{65}/10^\circ$  (venkovní osvětlení), odražené světlo je snímáno přes modrý filtr (při vlnové délce  $457 \pm 44$  nm). Tato hodnota bělosti nekorresponduje s vjemem lidského oka. Udává se v procentech. Pro natírané a bezdřevé nenatírané papíry nabývá hodnot 80 až 90 %, díky vysokému obsahu OZP může nabývat i hodnot nad 100 %. Pro dřevité papíry nabývá hodnot 50 až 60 %.

b) CIE Bělost je definována jako difuzní činitel odrazu kritické vrstvy papíru. Jako zdroj světla je použito světlo typu  $D_{65}/10^\circ$  (nebo  $C/2^\circ$ ), odražené světlo je snímáno v celém rozsahu viditelného spektra. Na základě měření difúzního činitele odrazu při jednotlivých vlnových délkách a výpočtu trichromatických souřadnic papíru se hodnota  $W_{CIE}$  stanoví podle následujícího vzorce:

$$W_{CIE} = Y + 800(x_0 - x) + 1700(y_0 - y) \quad (1)$$

$Y$  – tristimulová hodnota

$x, y$  – trichromatické souřadnice papíru

$x_0, y_0$  – trichromatické souřadnice ideální bílé barvy

Tato hodnota bělosti odpovídá lidskému vidění a udává se jako bezrozměrná veličina. [2; 4]

## Opacita (neprůsvitnost)

Neprůsvitnost čili opacita je vlastnost papíru nepropouštět světelné paprsky. Neprůsvitný je takový papír, který veškeré světlo odráží nebo pohlcuje. Tato vlastnost se požaduje především u tiskových a psacích papírů, aby tisk nebo písmo „neproráželo“ z jedné potištěné strany na druhou stranu téhož listu. Opacita se vyjadřuje v procentech zadrženého světla. Dokonale neprůsvitný papír by měl opacitu 100 %. Opacita papíru se vypočítá podle vztahu:

$$O = \frac{R_0}{R_\infty} 100 \quad (2)$$

$R_0$  – světelný činitel odrazu 1 archu papíru na černé podložce

$R_\infty$  – světelný činitel odrazu kritické vrstvy papíru [4; 5]

### 1.3.6 Funkční vlastnosti

U tiskových papírů jsou důležité především tiskové vlastnosti, které vymezují způsobilost papíru k tisku a mají vliv na jeho kvalitu.

#### Přijímavost tiskových barev

Pronikání barvy do papíru je důsledkem působení vnějšího tlaku a kapilárních sil. Pro uplatnění těchto sil je důležitá pórovitost papíru. Významná je i hladkost papíru, protože čím je povrch papíru drsnější, tím více barvy je zadržováno v jeho nerovnostech. Pro stanovení přijímavosti tiskových barev se používá stanovení tiskové penetrace nebo přenosové křivky.

**Tisková penetrace** se stanovuje měřením přijímavosti dibutylftalátu povrchem papíru. Měření se provádí na potiskovacím přístroji, kde se na upnutý vzorek rozetře kapka dibutylftalátu. Mírou penetrace je převrácená hodnota délky skvrny vytvořené kapkou. Čím je skvrna delší, tím je povrch papíru hladší a uzavřenější.

**Přenosová křivka** zobrazuje grafické vyjádření závislosti optické hustoty potištěné plochy na množství tiskové barvy přenesené na papír. Z přenosové křivky se stanovuje kritické množství barvy, které určuje množství barvy v  $\text{g/m}^2$ , potřebné k úplnému pokrytí papíru. Kritické množství barvy nepřímo závisí na hladkosti povrchu papíru, s roustoucími hodnotami pórovitosti a stlačitelnosti vzrůstá. [4]

### 1.4 Tenké tiskové papíry

Tenké tiskové papíry se od běžných tiskových papírů liší především nízkou plošnou hmotností, která se pohybuje v rozsahu 25 až 60  $\text{g/m}^2$ . Vyznačují se vysokou opacitou s hodnotou kolem 90 %, která je důležitá pro kvalitní oboustranný tisk. Tenké tiskové papíry jsou bezdřevé a jsou vyráběné jako natírané i nenatírané. Základní surovinou pro jejich výrobu je sulfátová buničina. Používá se krátkovláknitá a dlouhovláknitá sulfátová buničina.

Důležitou součástí těchto papírů jsou plnidla, která vyplňují jemné póry mezi vlákny. Když má papír nižší plošnou hmotnost, na zvýšení opacity je potřeba vyšší obsah plnidel. Dále plnidla mají příznivý vliv na bělost, měkkost, rovinnost a uzavřenost povrchu papíru, a díky tomu se zlepšují i tiskové vlastnosti. Množství plnidla v papíru je omezené a při jeho vyšším obsahu se začínou projevovat záporné vlivy jako snížení pevnosti, snížení stupně zaklížení a zvyšuje se prášení papíru. K dosažení potřebné opacity se využívá např. srážený uhličitan vápenatý nebo kaolín.

Další používanou přísadou jsou barviva, která jsou určena pro udržení barevného odstínu. Pokud je u papírů požadována vyšší bělost, používají se opticky zjasňující prostředky.

Tenké tiskové papíry se nejvíce používají pro tisk příbalových letáků k lékům, informačních tiskovin, vkládaných do obalů, diářů, slovníků, encyklopedií, právnické a náboženské literatury. Důležitým požadavkem pro výrobu příbalových letáků je vysoká tisková rozlišitelnost, nízké prorážení barvy a zároveň schopnost vytvářet velké množství skladů při minimálním objemu složeného archu. [6, 7]

## 1.5 Prorážení tiskové barvy

Prorážení tiskové barvy spočívá v tom, že barva, která byla natisknuta na jednu stranu papíru proniká nadměrně do jeho pórovité struktury směrem k protilehlé straně papíru. Tento jev způsobuje vzájemné rušení grafických informací, které jsou natištěny na obou stranách papíru, a tím je ovlivněn vizuální efekt oboustranně tištěné tiskoviny i celková kvalita tisku. Proto je prorážení tiskové barvy jedním z důležitých parametrů při hodnocení kvality tisku. [8; 9; 10; 11; 12]

Z mnoha negativních účinků prorážení tiskové barvy na kvalitu tisku jsou nejvýznamnější tři následující:

- a) Pokud se prorážení tiskové barvy projeví v textových oblastech na protilehlé straně papíru, čitelnost tohoto textu bude snížena.
- b) Prorážení tiskové barvy v místě natištěného obrazu na protilehlé straně papíru snižuje jeho čistotu především v jeho světlých oblastech.
- c) Pokud je penetrace oleje z tiskové barvy na jedné straně papíru příliš silná, může ovlivnit penetraci barvy na protilehlé straně papíru, která potom nadměrně penetruje do stran. Penetrace tiskové barvy do stran je velmi zřetelná, především pokud tiskový motiv obsahuje silné linky nebo text s tučnými písmeny.

Během tisku je tisková barva, která představuje suspenzi pigmentů v pojidle s dalšími aditivy, vtlačována do struktury papíru. Když papír opustí tiskový nip, další interakce mezi papírem a tiskovou barvou je ovlivněna především kapilárním systémem papíru. Rozpouštědlo (u ofsetových barev minerální olej) se odděluje z tiskové barvy a penetruje do struktury papíru. Nejdříve spolu s olejem proniká do papíru malé množství pigmentů, poté penetruje do papíru samotný olej. Penetrace pigmentů a oleje do papíru je ovlivněna velikostí pórů v papíru i velikostí pigmentů. Pigmenty o rozměrech 2 až 5  $\mu\text{m}$  nepenetrují spolu s olejem do struktury papíru, ale zůstávají na jeho povrchu. [13]

Prorážení tiskové barvy může být ovlivněno různými faktory, které souvisejí s vlastnostmi papíru, vlastnostmi tiskové barvy, tloušťkou vrstvy tiskové barvy a podmínkami tisku. Prorážení se dá vyjádřit jako důsledek tří jevů: průsvitnosti papíru, penetrace pigmentů a penetrace rozpouštědla (oleje) do struktury papíru. [13; 14]

Celková hodnota prorážení tiskové barvy se stanoví výpočtem z následující rovnice

$$PT = \log \frac{R_{\infty B}}{R_{PB}} \quad (3)$$

$PT$  – prorážení tiskové barvy

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

$R_{PB}$  – světelný činitel odrazu spodní strany potištěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru [13; 14; 15]

Na prorážení tiskové barvy má vliv snížení opacity papíru v důsledku separace oleje z tiskové barvy a jeho penetrace do papíru, penetrace pigmentů do papíru [16], vlastní opacita papíru [17] a barva oleje [11].

## 1.6 Vliv papíru na prorážení tiskové barvy

Prorážení tiskové barvy ovlivňuje povrchová i vnitřní struktura papíru. Struktura papíru ovlivní jeho optické i absorpční vlastnosti, které jsou rozhodující pro míru prorážení tiskové barvy. Vyšší opacita a koeficient rozptylu světla zajistí nižší hodnoty prorážení tiskové barvy.

Minerální olej, který se používá jako rozpouštědlo v ofsetových tiskových barvách, má přibližně stejný index lomu jako vlákna v papíru. Když tedy olej penetruje do struktury papíru, vyplňuje póry mezi vlákny a snižuje se opacita papíru, který se stává více průhledným a hodnota prorážení tiskové barvy se zvyšuje. Minerální olej je prakticky bezbarvý a neovlivňuje absorpci světla, snížení opacity papíru je ovlivněno pouze snížením koeficientu rozptylu světla. Pokud penetrují spolu s olejem do struktury papíru i pigmenty, přispívají k dalšímu zvýšení prorážení tiskové barvy tím, že absorbují viditelné světlo. Penetrace pigmentů bývá malá, proto ovlivňuje výslednou hodnotu prorážení tiskové barvy ve výrazně menší míře než opacita papíru a penetrace minerálního oleje. [13; 16; 18]

Dokonalého pokrytí drsného povrchu papíru tiskovou barvou může být dosaženo zvýšením jejího nánosu nebo zvýšením tiskového tlaku. Obě řešení mají negativní vliv na prorážení tiskové barvy. Vysoká drsnost papíru způsobí nerovnoměrné rozložení vrstvy tiskové barvy na povrchu papíru, to vede ke kolísání hodnot prorážení tiskové barvy, což může působit mnohem rušivějším dojmem, než pokud jsou hodnoty prorážení tiskové barvy sice vyšší, ale nekolísají. [13]

## 1.7 Vliv vlákniny

Vlákna získaná ze dřeva listnáčů mají jiné vlastnosti, než dřeva z jehličnanů. Vlákna vyzrálého dřeva jsou hrubší než vlákna mladého dřeva. Další roli hraje i způsob zpracování a typ získané vlákniny – vlákna mechanické buničiny (dřevovina, TMP) mají jiné vlastnosti než vlákna chemické buničiny. Odlišné vlastnosti od primárních vláknin má recyklovaná sekundární vláknina. Odlišné vlastnosti od vláken ze dřeva mají rostlinná vlákna (bavlna, len, konopí), která se někdy využívají při výrobě papíru.

Během úpravy vlákniny mletím dochází k dalším změnám ve struktuře vláken, ke krácení a fibrilaci. Vznikají tak jemné podíly, které ovlivní pórovitou strukturu papíru. Obsah velmi malých pórů (zvýšení jemných podílů) má pozitivní vliv na zvýšení koeficientu rozptylu světla papíru. Přídavek jemných podílů vede ke snížení drsnosti, snížení potřebného množství tiskové barvy a penetrace oleje do struktury papíru, a tím tedy ke snížení prorážení tiskové barvy.

Jemná vlákna z mladého dřeva po úpravě mletím vytvářejí rovnoměrnější strukturu papíru než hrubší vlákna z vyzrálého dřeva. Dokazují to naměřené hodnoty propustnosti pro vzduch a průměrné velikosti pórů, které dosahují vyšších hodnot pro papíry z vláken z vyzrálého dřeva. Tyto papíry vykazují také vyšší hodnoty drsnosti.

Rozdíl je také v lícové a síťové straně papíru. Lícová strana, která obsahuje více jemných podílů, má nižší drsnost než strana síťová. Při tisku je potřeba na drsnější síťovou stranu nanést větší množství barvy pro dosažení určité hodnoty optické hustoty tisku. Prorážení tiskové barvy je větší pro méně opacitní a více pórovité papíry z vyzrálého dřeva, pro síťovou stranu s nižším obsahem jemných podílů a také pokud papír přijme větší množství tiskové barvy. [19]

Na řadu fyzikálních vlastností papíru má vliv obsah hemicelulózy ve vláknech. Ve srovnání s celulózou, hemicelulózy tvoří kratší rozvětvené řetězce s větším množstvím koncových skupin, které se mohou účastnit mezimolekulárních vazeb, čímž rozšiřují vazebný systém mezi vlákny, a v důsledku toho zlepšují pevnostní vlastnosti a pružnost papíru [20; 21; 23; 24]. Hemicelulózy ovlivňují také zadržení vody ve vláknech a tím usnadňují proces mletí buničiny [22, 25, 26, 27]. Studie prokázala, že z hlediska pevnostních vlastností papíru je vhodnější, aby hemicelulózy byly vázány na povrchu vláken než uvnitř [28]. Adsorpce hemicelulóz na vlákna buničiny způsobuje změnu pórovitosti papíru a vede ke snížení penetrace tiskové barvy do papíru. [29]

## 1.8 Vliv plnidel

Perng a kolegové ve své studii zabývali vlivem plnidel na tiskové vlastnosti papíru (optická hustota tisku, lesk, absorpce tiskové barvy, prorážení tiskové barvy). Ve studii byly použity dva druhy plnidel – talek a přírodní uhličitán vápenatý (GCC). Byly použity pigmenty o různé průměrné velikosti částic (talek 7,96 a 16,07  $\mu\text{m}$ , GCC 1,99 a 4,99  $\mu\text{m}$ ) a v různém poměru. Výsledky ukázaly, že papíry plněné jedním typem pigmentů hrubších rozměrů vykazovaly větší prorážení tiskové barvy. Při použití směsi hrubších pigmentů obou plnidel bylo prorážení tiskové barvy nižší, než při použití jednotlivých pigmentů. V případě použití směsi hrubších pigmentů talku a jemnějších pigmentů GCC se zvyšujícím se obsahem GCC klesalo prorážení tiskové barvy. Použití jemnějších pigmentů talku s GCC vedl vždy ke zvýšení prorážení tiskové barvy. [30]

Vedle typu a dávkování plnidel ovlivní strukturu papíru i jeho vlastnosti také způsob plnění. Vedle klasického způsobu aplikace plnidel přímo do hmoty papíroviny byly vyvinuty další způsoby plnění. Jedním ze způsobů je technologie srážení plnidel (in-situ), při kterém se plnidla ukládají přímo do stěny nebo lumenu vláken. Tímto způsobem plnění lze při stejném obsahu plnidel dosáhnout lepší formace a pevnostních vlastností papíru, než při klasickém plnění. [31]

Kumar a kol. se ve své práci zabývali vlivem plnění papíru technologií srážení plnidel in-situ na tiskové vlastnosti papíru. Byly připraveny vzorky papíru z buničiny z bagasy a ze dřeva listnáčů bez plnidel a s přídavkem plnidel klasickým způsobem do papíroviny a srážením in-situ. Vzorky papíru byly potišťeny na potiskovací přístroji *IGT* (typ *AIC2-5*) a byl hodnocen vliv různého způsobu plnění na přenos barvy, optickou hustotu tisku a prorážení tiskové barvy. Na vzorcích plněných technologií in-situ bylo při daném množství tiskové barvy dosaženo vyšších hodnot optické hustoty tisku a nižších hodnot prorážení tiskové barvy. [32]

## 1.9 Vliv technologie výroby

Nejefektivnější metodou snížení prorážení tiskové barvy je aplikace nátěru, nebo zvýšení plošné hmotnosti papíru. V případě nenatíraných papírů je nutné definovat složení papíru tak, aby byla zajištěna jeho rovnoměrná struktura, vysoká opacita a pórovitost, při které bude dosaženo nízké penetrace oleje z tiskové barvy do struktury papíru. [13]

Velikost a rozložení pórů v papíru ovlivňuje jeho úprava kalandrováním. Zvýšená úroveň kalandrování má za následek snížení pórovitosti, a tím i snížení rozptylu světla v závislosti na dosažené distribuci velikosti pórů. [19]





## 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. Bylo použito šest typů tenkých tiskových papírů:

- a) Polar Bright ve standartní verzi (OPB ST)
- b) Polar Bright ve verzi s vyšším měrným objemem (OPB HB)
- c) Medical Print ve standartní verzi (OMP ST)
- d) Medical Print ve verzi s vyšším měrným objemem (OMP HB)
- e) Opaque ve standartní verzi (OPQ ST)
- f) Delfort (DELFORT)

#### 2.1.2 Tisková barva

Pro tisk vzorků byla použita černá cold-setová ofsetová tisková barva *OR 021-1* od výrobce *FlintGroup*.

### 2.2 Experimentální přístroje

#### 2.2.1 Laboratorní váhy

Váhy *Kern 440-47N* jsou vybaveny vnitřní kalibrací a maximální hmotnost vážení je do 420 g s přesností 0,001 g. Byly použity pro stanovení plošné hmotnosti tenkých tiskových papírů.

Váhy *Kern ABS 220-4* mají maximální hmotnost vážení do 220 g s přesností 0,1 mg. Byly použity pro stanovení množství tiskové barvy přenesené na papír.

#### 2.2.2 Tloušťkoměr

Tloušťkoměr *L&W Micrometer 51* byl použit pro měření tloušťky papíru. Tento mikrometr je vybavený displejem pro odečítání hodnot *INSIZE*. Hodnoty tloušťky papíru jsou udávány v mm.

#### 2.2.3 *Parker Print Surf (PPS)*

*Parker Print Surf M590* byl vyvinut podle metody Dr. Johna Parkera. Tento přístroj je řízený mikroprocesorem a slouží pro přesné měření drsnosti povrchu jemných papírů, natíraných papírů, novinových papírů, natíraných kartonů, filmů a fólií. Vzorek materiálu je při měření umístěn mezi podložku a kovovou měřicí hlavu, jejíž součástí je prstenec široký 50  $\mu\text{m}$ , který při měření přiléhá k povrchu papíru. Mezi plochou prstence a povrchem papíru proudí vzduch. Prošlé množství vzduchu je přepočteno na délkový údaj v  $\mu\text{m}$ , vyjadřující střední vzdálenost mezi povrchem papíru a dosedací plochou prstence.

#### 2.2.4 Zařízení pro měření drnosti $L\&W$

Po nastavení a kalibraci zařízení se testovaný vzorek umístí do měřicí mezery, kde proběhne měření. Na zařízení lze měřit v rozsahu 0,3 až 8 800 ml/min. Zařízení pro měření drnosti  $L\&W$  bylo využito k měření drnosti podle Bendtsena.

#### 2.2.5 Profilometr

Profilometr *KLA Tencor P-7* je speciální laboratorní přístroj pro vyhodnocování textury povrchu dotykovou metodou. Pomocí přímého kontaktu diamantového hrotu s povrchem materiálu je vertikální pohyb hrotu převeden na elektrický signál. Následně je elektrický signál konvertován na digitální signál, jehož výstup je možno analyzovat na připojeném počítači s využitím programů *Profiler* a *Apex*. Umožňuje jak profilové (2D) tak i plošné (3D) měření povrchu.

#### 2.2.6 Rotační reometr

Rotační reometr *HAAKE RotoVisco 1* byl použit pro měření viskozity černé cold-setové ofsetové tiskové barvy. Přístroj využívá motor CR a systém měření kroutícího momentu bez tření, což zajišťuje přesnost a spolehlivost měření. Je vybaven automatickým zdvihacím systémem a automatickou nulovací funkcí. Jako regulátor teploty byl použit *Thermo Scientific Arctic A25*. [33]

#### 2.2.7 Potiskovací přístroje

Potiskovací přístroj *IGT C1* byl použit pro potisk testovacích proužků o šířce maximálně 45 mm. Proužky jsou vhodné pro posuzování mnoha vlastností jako např. množství přenesené barvy, optické hustoty, průhlednosti, lesku atd. Na přístroji lze nastavit různý tlak v rozmezí od 100 do 1 000 N. Tisková rychlost je 0,3 m/s. Přístroj se skládá z barvicí jednotky, která má dva poháněné hliníkové válce a horní válec s gumovým potahem, a tiskové jednotky. Pro nanesení barvy na horní válec byla použita pipeta *IGT* s nastavitelným objemem. [34]

Zařízení *IGT Amsterdam 2* lze vedle potisku testovacích proužků použít také pro provedení různých testů kvality papíru a interakce barva-papír. Vyznačuje se velmi vysokým stupněm automatizace a integrace. Nastavení zařízení a testování se provádí pomocí dotykového displeje, kde je možnost zkontrolovat, uložit i exportovat výsledné hodnoty. Je vybaveno kamerovým analytickým systémem pro online analýzu tištěného obrazu. Zařízení bylo použito pro stanovení tiskové penetrace. [35]

#### 2.2.8 Spektrofotometr

Spektrofotometr *UltraScan VIS HunterLab* slouží pro měření barev v rozsahu 360 až 780 nm, podle doporučení CIE. Pomocí tohoto spektrofotometru je možné měřit matné, průhledné a průsvitné pevné látky i kapaliny. Používá geometrii  $d/8^\circ$  s možností eliminace zrcadlového lesku. Byl použit pro měření hodnot světelného činitele odrazu, opacity, bělosti  $R_{457}$  a bělosti  $W_{CIE}$ . [36]

### 2.2.9 Zařízení pro měření propustnosti papíru pro vzduch *L&W*

Po nastavení a kalibraci zařízení se testovaný vzorek umístí do měřicí mezery, kde senzor detekuje vložený papír a proběhne měření. Na zařízení lze měřit v rozsahu 2 až 40 000 s. Zařízení bylo použito pro stanovení propustnosti pro vzduch metodou podle Gurleye a metodou podle Bendtsena.

## 2.3 Experimentální metody a výsledky

### 2.3.1 Měření všeobecných vlastností papíru

#### Plošná hmotnost

Stanovení plošné hmotnosti vzorků papírů bylo provedeno podle normy ISO 536. Bylo připraveno deset vzorků o rozměru 200×250 mm. Následně byly vzorky zváženy na laboratorních vahách *Kern 440-47N*. Plošná hmotnost každého vzorku byla vypočítána z poměru hmotnosti vzorku v g a plochy vzorku v cm<sup>2</sup>. Průměrné hodnoty plošné hmotnosti papírů jsou uvedeny v Tabulce 1.

#### Tloušťka

Pro měření tloušťky byl použit tloušťkoměr *L&W Micrometer 51*. Měření tloušťky bylo provedeno dle normy ISO 534. Vzorek papíru byl vložen mezi dvě dotykové plochy. Při měření se horní plocha spustí na vzorek a její pohyb se zaznamená. Každý vzorek byl proměřen desetkrát. Hodnoty byly odečteny z displeje na tloušťkoměru v mm. Výsledné hodnoty byly zprůměrovány a převedeny na hodnoty v μm, které jsou uvedeny v Tabulce 1.

#### Objemová hmotnost papíru

Objemová hmotnost byla vypočtena z poměru plošné hmotnosti vzorku a tloušťky papíru. Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti jsou uvedeny v Tabulce 1.

#### Měrný objem papíru

Měrný objem se vypočte z poměru tloušťky v μm a plošné hmotnosti v g/m<sup>2</sup>. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1: Všeobecné vlastnosti papírů

	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Tloušťka [μm]	Sěrodatná odchylka [μm]	Objemová hmotnost [g/cm <sup>3</sup> ]	Měrný objem [cm <sup>3</sup> /g]
<b>OPB ST</b>	39	48,2	0,001	0,82	1,22
<b>OPB HB</b>	39	54,9	0,001	0,72	1,39
<b>OMP ST</b>	40	49,5	0,001	0,80	1,25
<b>OMP HB</b>	39	57,0	0,001	0,69	1,46
<b>OPQ ST</b>	40	49,4	0,001	0,81	1,24
<b>DELFORT</b>	39	54,0	0,001	0,73	1,37

### 2.3.2 Struktura povrchu papíru

#### Drnost PPS

Měření bylo provedeno pomocí přístroje *Parker Print Surf*. Vzorek byl vložen mezi podložku a kovovou měřicí hlavu. Přístroj po měření vyhodnotil hodnotu drsnosti v  $\mu\text{m}$ . Vzorky papírů byly proměřeny z obou stran. Z každé strany bylo měření provedeno pětkrát na různých místech vzorku. V Tabulce 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty drsnosti PPS.

Naměřené hodnoty drsnosti byly použity pro stanovení síťové a lícové strany papíru. Drsnější strana je strana síťová, dále označena jako strana 1, strana 2 je strana lícová. Dále byly tyto hodnoty použity pro hodnocení vlivu drsnosti papíru na prorážení tiskové barvy.

#### Drsnost podle Bendtsena

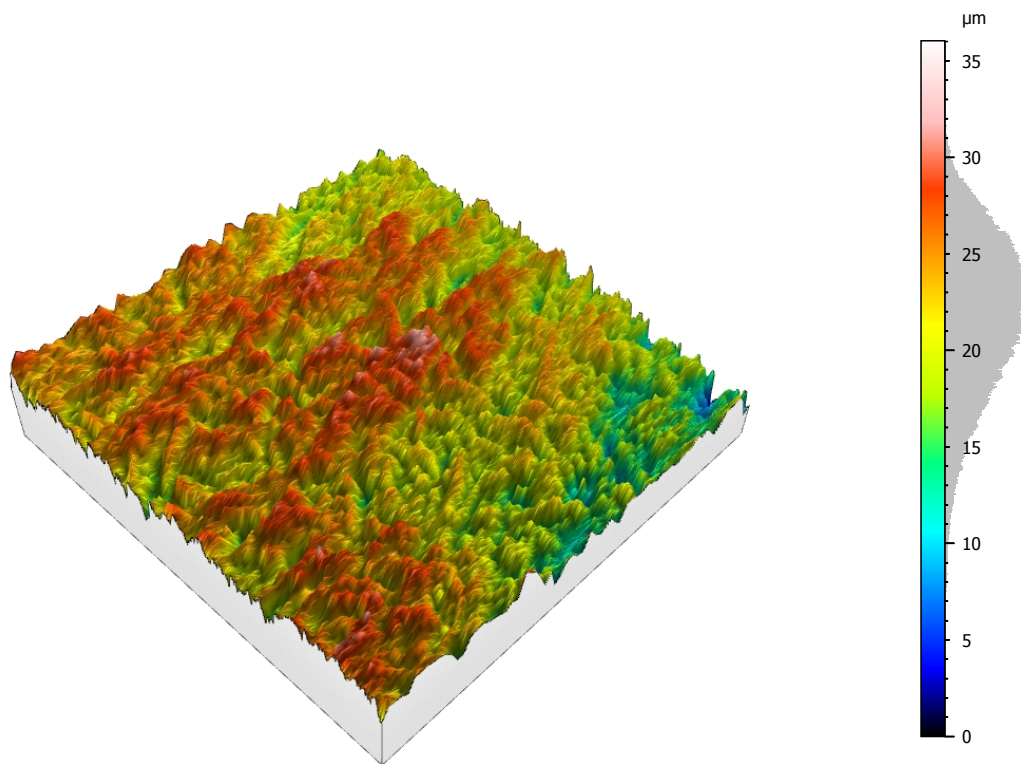
Měření bylo provedeno pomocí přístroje pro měření drsnosti *L<sup>EW</sup>*. Vzorek byl vložen mezi podložku a kovovou měřicí hlavu. Všechny vzorky byly proměřeny pětkrát ze síťové i lícové strany. Bylo měřeno množství vzduchu v ml, které projde mezi vzorkem a měřicí hlavou za jednu minutu. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2: Drsnost papírů – PPS a metodou podle Bendtsena

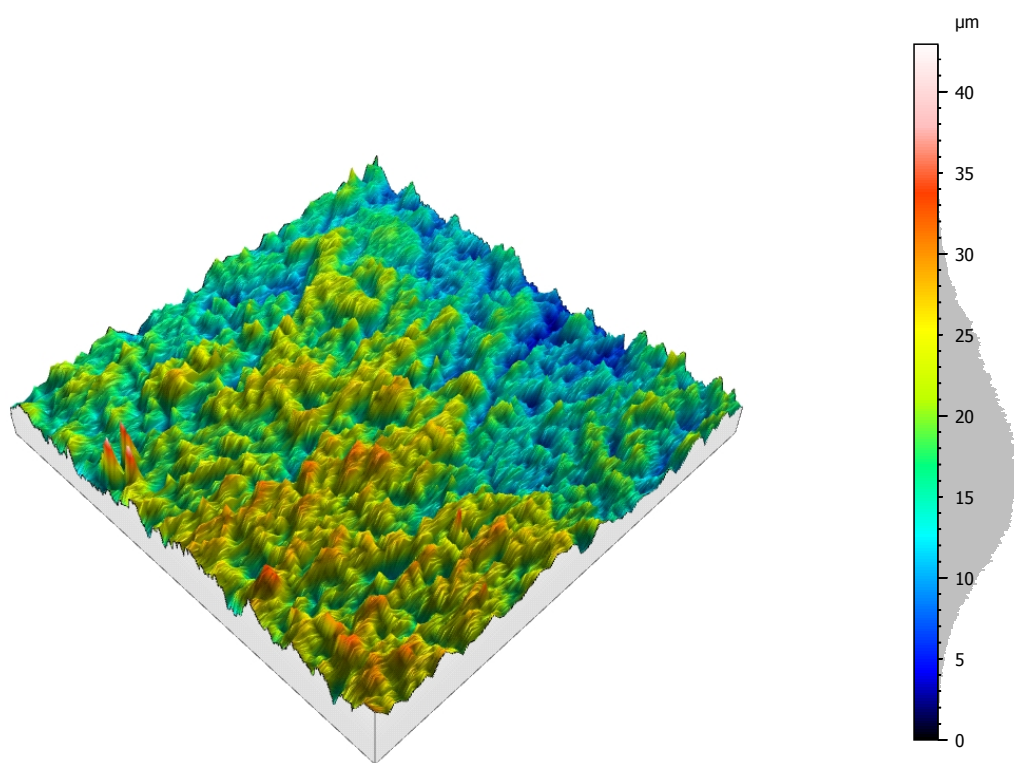
	Strana papíru	Drsnost PPS [ $\mu\text{m}$ ]	Směrodatná odchylka [ $\mu\text{m}$ ]	Drsnost podle Bendtsena [ml/min]	Směrodatná odchylka [ml/min]
<b>OPB ST</b>	1	<b>4,36</b>	0,130	<b>76</b>	6,683
	2	<b>3,85</b>	0,069	<b>54</b>	4,573
<b>OPB HB</b>	1	<b>5,54</b>	0,086	<b>208</b>	9,878
	2	<b>5,07</b>	0,081	<b>175</b>	12,793
<b>OMP ST</b>	1	<b>5,01</b>	0,080	<b>89</b>	8,981
	2	<b>4,07</b>	0,046	<b>58</b>	2,646
<b>OMP HB</b>	1	<b>6,13</b>	0,146	<b>262</b>	6,702
	2	<b>5,42</b>	0,099	<b>177</b>	14,592
<b>OPQ ST</b>	1	<b>4,19</b>	0,075	<b>61</b>	4,655
	2	<b>3,75</b>	0,068	<b>49</b>	1,826
<b>DELFORT</b>	1	<b>6,49</b>	0,105	<b>293</b>	18,430
	2	<b>4,85</b>	0,077	<b>122</b>	9,764

#### Topografické měření povrchu papíru

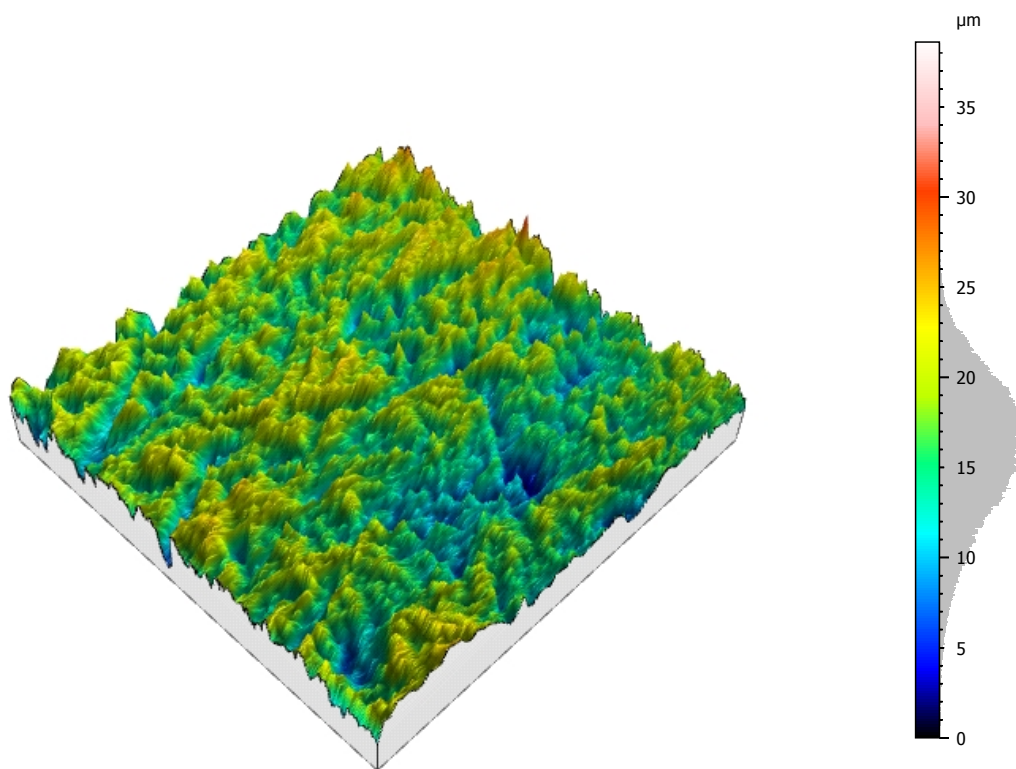
Topografie povrchu použitých vzorků papírů byla měřena ze síťové strany na profilometru *KLA Tencor P-7* s použitím hrotu s poloměrem zaoblení 2  $\mu\text{m}$ . Byl proveden 3D sken vzorku o rozměru 2×2 mm. Rychlost skenování byla 50  $\mu\text{m/s}$ , aplikovaná síla 0,2 mg, počet stop 99 (vzdálenost mezi stopami 20,5  $\mu\text{m}$ ), rozlišení 131  $\mu\text{m}$  a vzorkovací frekvence 100 Hz. Výsledky měření 3D skenů jsou na Obrázku 3 až 8.



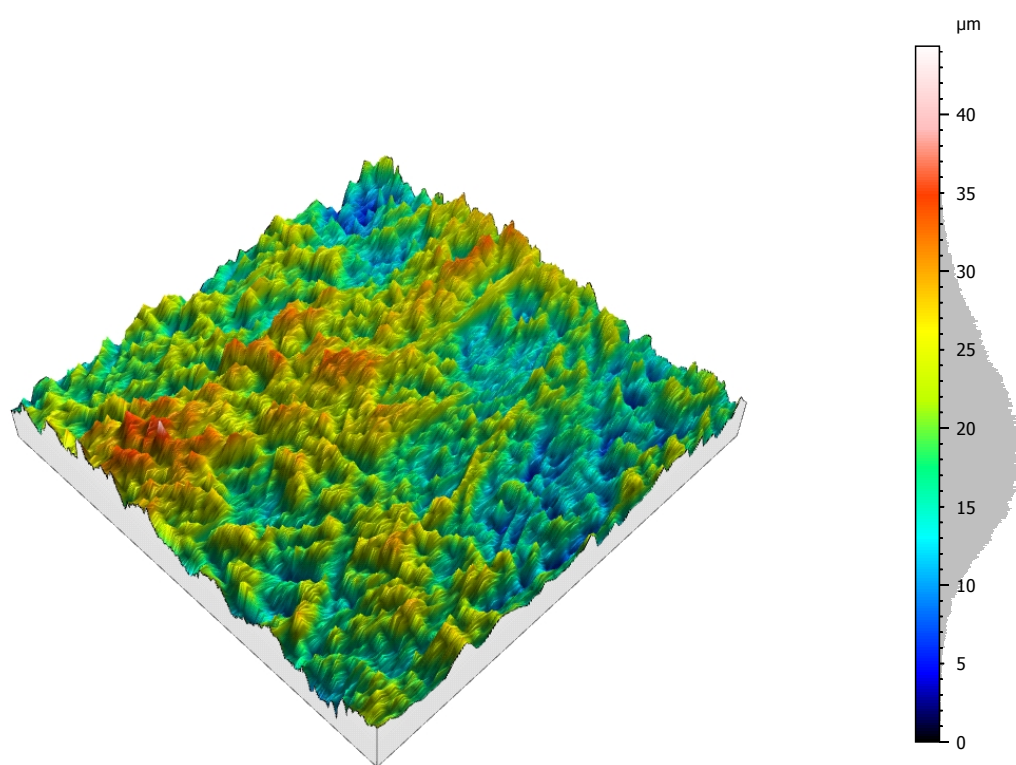
Obrázek 3: Profilometrické měření povrchu papíru OPB ST



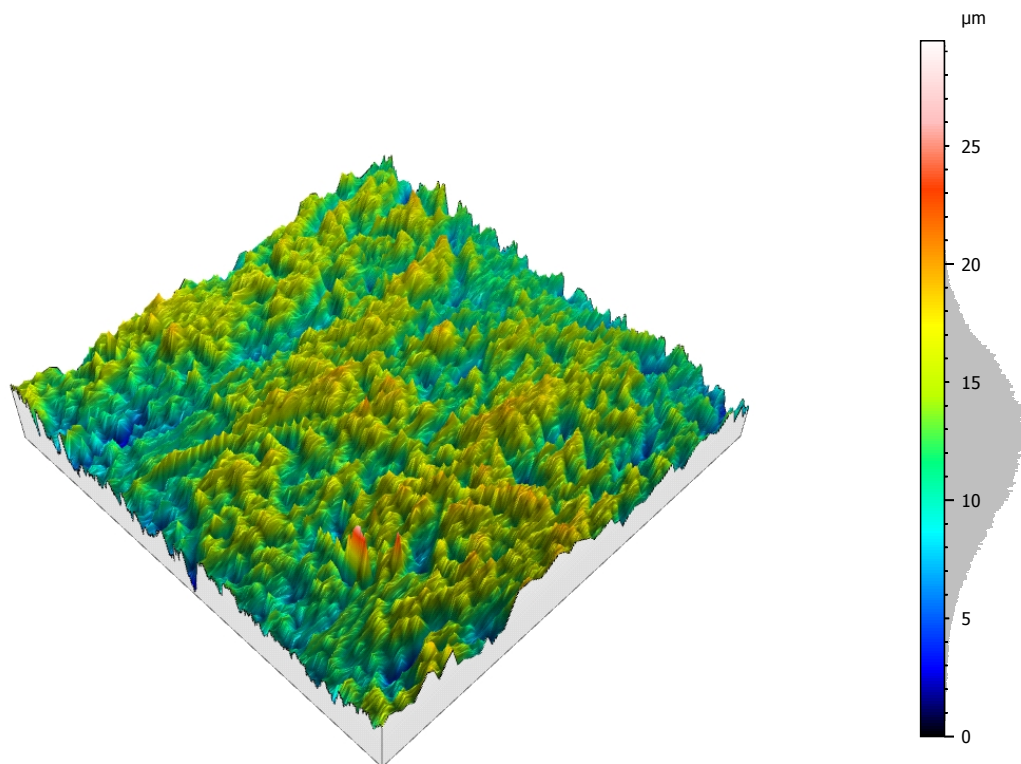
Obrázek 4: Profilometrické měření povrchu papíru OPB HB



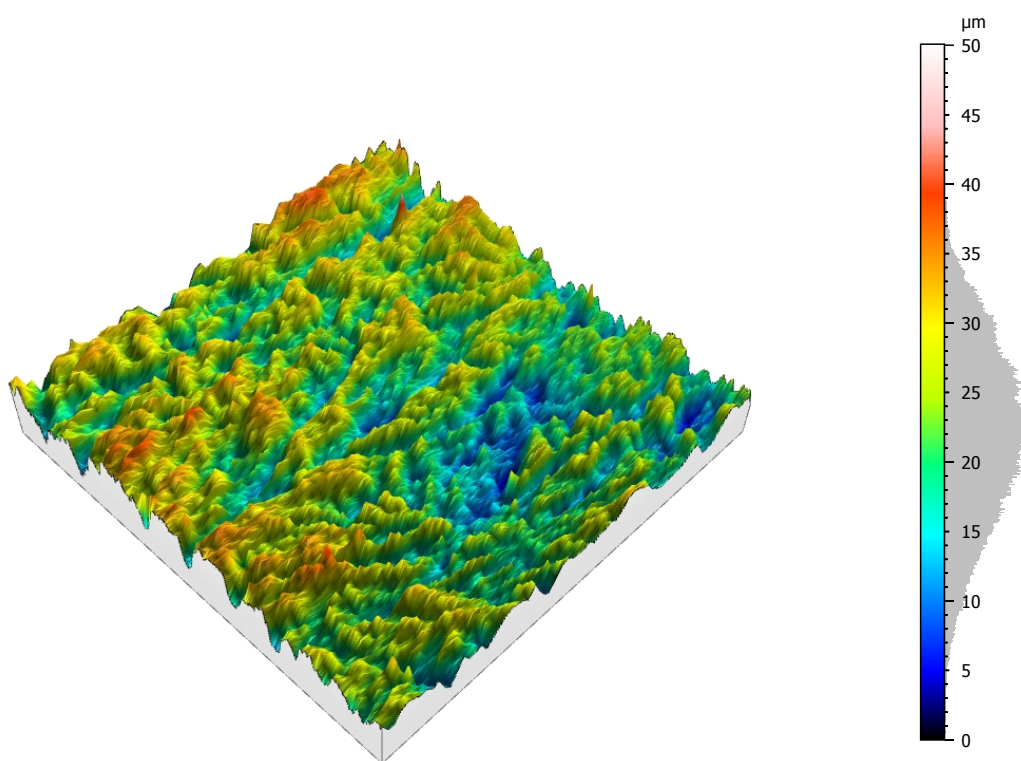
Obrázek 5: Profilometrické měření povrchu papíru OMP ST



Obrázek 6: Profilometrické měření povrchu papíru OMP HB



*Obrázek 7: Profilometrické měření povrchu papíru OPQST*



*Obrázek 8: Profilometrické měření povrchu papíru DELFORT*

### 2.3.3 Propustnost papíru pro vzduch

#### Propustnost papíru pro vzduch podle Gurleye

Měření propustnosti papíru pro vzduch podle Gurleye bylo provedeno na zařízení pro měření propustnosti papíru pro vzduch *L&W*. Všechny vzorky byly proměřeny pětkrát ze sítové i lícové strany. Byla měřena doba v sekundách potřebná k projití 100 ml vzduchu papírem. Průměrné hodnoty propustnosti pro vzduch podle Gurleye jsou uvedeny v Tabulce 3.

#### Propustnost papíru pro vzduch podle Bendtsena

Měření probíhalo stejným způsobem jako u metody podle Gurleye, ale bylo měřeno množství vzduchu (v ml), které projde papírem za jednu minutu. Průměrné hodnoty propustnosti pro vzduch podle Bendtsena jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tabulka 3: Propustnost papírů pro vzduch – metodou podle Gurleye a Bendtsena

	Strana papíru	Metoda podle Gurleye [s]	Směrodatná odchylka [s]	Metoda podle Bendtsena [ml/min]	Směrodatná odchylka [ml/min]
OPB ST	1	64,9	3,306	184,0	7,616
	2	66,1	2,877	204,5	12,610
OPB HB	1	54,3	0,670	226,3	1,258
	2	49,3	1,746	217,8	6,238
OMP ST	1	64,0	1,737	188,3	2,630
	2	61,4	1,590	190,5	5,745
OMP HB	1	53,4	1,626	221,8	4,646
	2	53,3	1,688	219,3	7,805
OPQ ST	1	54,7	2,668	213,0	3,916
	2	64,5	1,072	200,8	5,620
DELFORT	1	72,3	3,482	172,8	8,500
	2	76,0	2,313	168,8	7,805

### 2.3.4 Optické vlastnosti

#### Opacita

Pomocí spektrofotometru *UltraScan VIS HunterLab* s nastavením světla C a 2° pozorovatele, byla proměřena opacita papírů pětkrát na obou stranách. Průměrné hodnoty opacity papírů jsou uvedeny v Tabulce 4.

#### Bělost $R_{457}$ a $W_{CIE}$

Pro měření bělosti byl použit spektrofotometr *UltraScan VIS HunterLab*. Vzorky byly proměřeny pětkrát z lícové i sítové strany papírů. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 4.



Tabulka 4: Optické vlastnosti papírů

	Strana papíru	Bělost $R_{457}$ [%]	Směrodatná odchylka [%]	Bělost $W_{CIE}$ [-]	Směrodatná odchylka [-]	Opacita [%]	Směrodatná odchylka [%]
<b>OPB ST</b>	1	<b>105,73</b>	0,061	<b>130,29</b>	0,133	<b>82,24</b>	0,434
	2	<b>105,12</b>	0,199	<b>129,11</b>	0,400	<b>81,90</b>	0,570
<b>OPB HB</b>	1	<b>104,34</b>	0,084	<b>128,86</b>	0,110	<b>83,04</b>	0,594
	2	<b>104,35</b>	0,054	<b>128,63</b>	0,148	<b>82,46</b>	0,750
<b>OMP ST</b>	1	<b>96,14</b>	0,083	<b>113,32</b>	0,130	<b>86,14</b>	0,336
	2	<b>95,90</b>	0,016	<b>112,61</b>	0,045	<b>85,54</b>	0,230
<b>OMP HB</b>	1	<b>95,55</b>	0,083	<b>114,14</b>	0,182	<b>85,20</b>	0,430
	2	<b>95,34</b>	0,043	<b>113,33</b>	0,115	<b>84,42</b>	0,554
<b>OPQ ST</b>	1	<b>84,49</b>	0,028	<b>78,27</b>	0,061	<b>85,48</b>	0,683
	2	<b>84,32</b>	0,025	<b>77,92</b>	0,030	<b>85,66</b>	0,658
<b>DELFORT</b>	1	<b>96,53</b>	0,097	<b>116,03</b>	0,247	<b>84,12</b>	0,497
	2	<b>97,12</b>	0,119	<b>117,79</b>	0,206	<b>83,50</b>	0,596

### 2.3.5 Stanovení tiskové penetrace

Pro všechny druhy papírů byly připraveny vzorky o rozměru 50×297 mm. Měření bylo provedeno pětikrát ze síťové i lícové strany. Nejdříve byl vzorek papíru uchycen na hlavní válec, poté zařízení bylo nastaveno do výchozí pozice, a následně byl proveden otisk kapky oleje dibutylftalátu na papír. Po otisku kapky byl obraz skenován kamerou a z délky skvrny byla automaticky vyhodnocena tisková penetrace. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 5: Tisková penetrace papírů

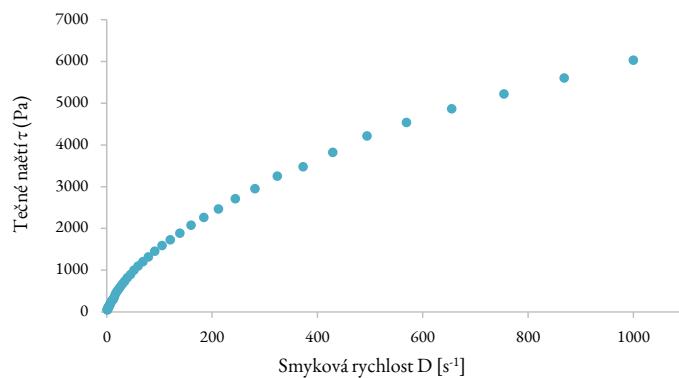
	Strana papíru	Tisková penetrace	Směrodatná odchylka
<b>OPB ST</b>	1	<b>17,62</b>	0,963
	2	<b>17,50</b>	0,980
<b>OPB HB</b>	1	<b>19,70</b>	0,735
	2	<b>22,40</b>	0,829
<b>OMP ST</b>	1	<b>18,02</b>	0,526
	2	<b>18,76</b>	0,439
<b>OMP HB</b>	1	<b>21,88</b>	0,698
	2	<b>21,84</b>	0,416
<b>OPQ ST</b>	1	<b>16,94</b>	1,270
	2	<b>18,18</b>	0,904
<b>DELFORT</b>	1	<b>21,14</b>	0,750
	2	<b>20,16</b>	1,419

### 2.3.6 Měření viskozity barvy

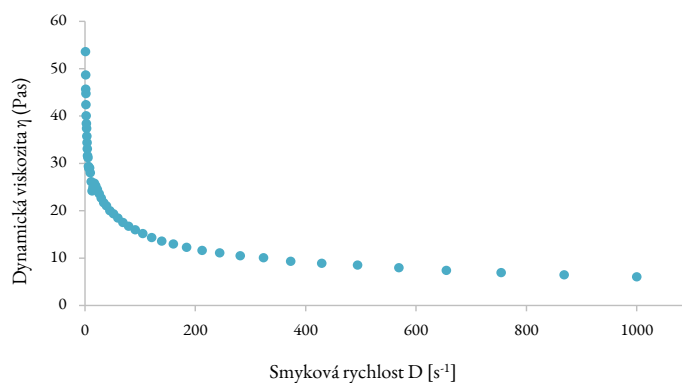
Černá cold-setová ofsetová tisková barva *OR 021-1* byla proměřena na rotačním reometru *HAAKE RotoVisco 1* s využitím systému kužel-deska. Byl použit kužel o průměru 20 mm a zkosení 1° s úpravou povrchu proti poškrábání. Vzorek barvy o objemu 0,04 ml byl nadávkován na temperační destičku injekční stříkačkou, kde byl vytemperován na teplotu 22,5°C pomocí regulátoru teploty *Thermo Scientific Arctic A25*. V průběhu měření se naměřené hodnoty zaznamenávaly do programu *Rheowin 3*. Viskozita barvy byla proměřena dvakrát a tyto hodnoty byly zprůměrovány. Z průměrných hodnot (Tabulka 6) byly vyhodnoceny závislosti viskozitní a tokové křivky (Obrázek 9 a 10).

Tabulka 6: Průměrné hodnoty pro vyhodnocení tokové a viskozitní křivky

Smyková rychlost [ $s^{-1}$ ]	Tečné napětí [Pa]	Dynamická viskozita [Pas]	Smyková rychlost [ $s^{-1}$ ]	Tečné napětí [Pa]	Dynamická viskozita [Pas]
1,00	53,62	53,62	33,93	736,40	21,70
1,15	56,05	48,68	39,07	822,70	21,06
1,33	60,55	45,67	44,98	899,45	20,00
1,53	68,32	44,76	59,64	1101,50	18,48
1,76	74,51	42,40	68,66	1203,00	17,52
2,02	81,07	40,06	79,06	1321,50	16,72
2,33	89,52	38,42	91,03	1453,50	15,97
2,68	100,37	37,42	104,80	1590,00	15,17
3,09	110,40	35,75	120,70	1731,50	14,36
3,56	122,35	34,40	138,90	1890,50	13,61
4,10	135,45	33,08	160,00	2079,00	13,00
4,72	149,25	31,66	184,20	2262,50	12,28
5,43	169,45	31,21	212,10	2468,00	11,63
6,25	183,70	29,39	244,20	2714,50	11,12
7,20	208,45	28,97	281,20	2954,00	10,51
8,29	240,60	29,04	323,70	3257,00	10,06
9,54	267,20	28,01	372,80	3481,00	9,34
10,99	287,35	26,16	429,20	3820,50	8,90
12,65	305,95	24,19	494,20	4216,50	8,53
14,56	362,85	24,92	569,00	4537,50	7,97
16,77	432,70	25,81	655,10	4867,00	7,43
19,31	488,05	25,28	754,30	5224,00	6,93
22,23	545,40	24,54	868,50	5603,50	6,45
25,60	604,20	23,61	1000,00	6028,50	6,03
29,47	668,55	22,69			

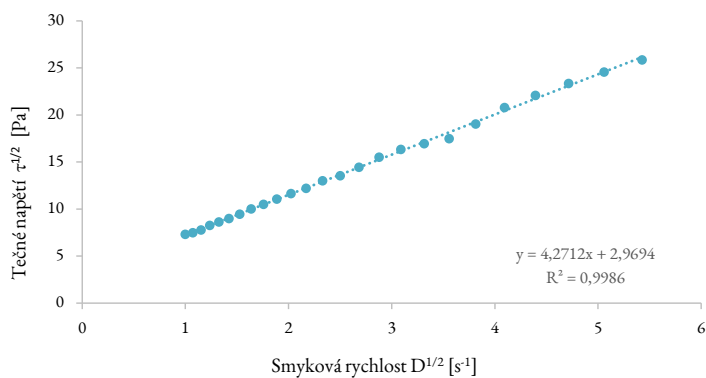


Obrázek 9: Toková křivka černé cold-setové ofsetové barvy



Obrázek 10: Viskozitní křivka černé cold-setové ofsetové barvy

Z Obrázků 9 a 10 bylo potvrzeno, že použitá barva se chová jako neneutonská, přesněji jako pseudoplastická kapalina. Protože je barva pseudoplastická, další hodnocení bylo provedeno s využitím Cassonova modelu (Obrázek 11) pro určení meze toku a viskozity při nekonečné smykové rychlosti.



Obrázek 11: Cassonův model pro černou cold-setovou ofsetovou barvu

Mez toku dosahovala 8,82 Pa a viskozita při nekonečné smykové rychlosti 18,24 Pas.

### 2.3.7 Příprava tiskových vzorků

Pro všechny druhy papírů byly připraveny vzorky o rozměru 45×250 mm. Pomocí potiskovacího přístroje *IGT C1* byly vzorky potištěny s různým nánosem tiskové barvy z lícové i sítové strany. Tisk byl proveden pomocí válce s gumovým potahem za nastavení rychlosti tisku 0,3 m/s a přítlačné síly 400 N.

Na gumový válec rozvalovací jednotky byla nanášena barva pomocí pipety postupně po 0,05 ml. Odtud byla barva navalována na tiskový váleček, který byl po naválení zvážen. Poté byl proveden tisk a po tisku byl váleček opět zvážen. Z rozdílu hmotnosti tiskového válečku po naválení a po tisku bylo vypočítáno množství barvy přenesené na papír. Vzorky papírů byly tištěny se zvrůstajícím množstvím barvy, než byl papír zcela pokryt barvou.

### 2.3.8 Stanovení přenosových křivek

V souladu s normou *SCAN-P 36:02 Evaluation of test prints* byly potištěné vzorky 24 hodin po tisku proměřeny pomocí spektrofotometru *UltraScan VIS HunterLab* za nastavení zdroje světla C a 2° pozorovatele. Naměřeny byly hodnoty světelného činitele odrazu potištěného papíru na třech místech vzorku. Z hodnot byla vypočítána optická hustota tisku:

$$OH = \log \frac{R_{\infty}}{R_p} \quad (4)$$

$OH$  – optická hustota tisku

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

$R_p$  – je světelný činitel odrazu potištěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru

Naměřené hodnoty byly zprůměrovány pro každý vzorek papíru. Ze získaných hodnot (Tabulka 7 až 12) byly stanoveny přenosové křivky pro obě strany papíru (Obrázek 12 a 13).

### 2.3.9 Stanovení prorážení tiskové barvy

V souladu s normou *SCAN-P 36:02 Evaluation of test prints* byly potištěné vzorky 24 hodin po tisku proměřeny pomocí spektrofotometru *UltraScan VIS HunterLab* za nastavení zdroje světla C a 2° pozorovatele. Naměřeny byly hodnoty světelného činitele odrazu spodní strany potištěného papíru na třech místech vzorku. Z hodnot bylo vypočítáno prorážení tiskové barvy pomocí rovnice (3). Naměřené hodnoty byly zprůměrovány pro každý vzorek papíru. Ze získaných hodnot (Tabulka 7 až 12) byly stanoveny závislosti míry prorážení tiskové barvy na množství přenesené tiskové barvy (Obrázek 14 a 15).

Tabulka 7: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OPB ST

Nános barvy	Strana 1					Strana 2				
	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]
0,05	<b>0,150</b>	<b>0,148</b>	0,012	<b>0,052</b>	0,002	<b>0,096</b>	<b>0,171</b>	0,004	<b>0,057</b>	0,001
0,10	<b>0,328</b>	<b>0,316</b>	0,010	<b>0,070</b>	0,007	<b>0,520</b>	<b>0,476</b>	0,005	<b>0,088</b>	0,002
0,15	<b>0,752</b>	<b>0,522</b>	0,009	<b>0,087</b>	0,001	<b>0,958</b>	<b>0,685</b>	0,015	<b>0,099</b>	0,003
0,20	<b>1,012</b>	<b>0,632</b>	0,031	<b>0,087</b>	0,003	<b>1,409</b>	<b>0,855</b>	0,020	<b>0,109</b>	0,002
0,25	<b>1,614</b>	<b>0,877</b>	0,031	<b>0,105</b>	0,003	<b>1,710</b>	<b>0,958</b>	0,019	<b>0,110</b>	0,002
0,30	<b>2,394</b>	<b>1,061</b>	0,009	<b>0,125</b>	0,005	<b>2,380</b>	<b>1,061</b>	0,003	<b>0,121</b>	0,001
0,35	<b>2,599</b>	<b>1,090</b>	0,006	<b>0,140</b>	0,007	<b>2,544</b>	<b>1,083</b>	0,004	<b>0,134</b>	0,002
0,40	<b>2,832</b>	<b>1,102</b>	0,005	<b>0,147</b>	0,002	<b>3,023</b>	<b>1,103</b>	0,001	<b>0,140</b>	0,002
0,45	<b>3,324</b>	<b>1,119</b>	0,000	<b>0,152</b>	0,001	<b>3,352</b>	<b>1,114</b>	0,001	<b>0,153</b>	0,007
0,50	<b>3,557</b>	<b>1,127</b>	0,008	<b>0,162</b>	0,004	<b>3,830</b>	<b>1,119</b>	0,001	<b>0,156</b>	0,002

Tabulka 8: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OPB HB

Nános barvy	Strana 1					Strana 2				
	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]
0,05	<b>0,096</b>	<b>0,084</b>	0,011	<b>0,037</b>	0,002	<b>0,041</b>	<b>0,109</b>	0,002	<b>0,041</b>	0,002
0,10	<b>0,342</b>	<b>0,283</b>	0,031	<b>0,072</b>	0,003	<b>0,492</b>	<b>0,314</b>	0,012	<b>0,069</b>	0,003
0,15	<b>0,711</b>	<b>0,435</b>	0,020	<b>0,080</b>	0,001	<b>1,094</b>	<b>0,507</b>	0,012	<b>0,083</b>	0,002
0,20	<b>1,053</b>	<b>0,641</b>	0,015	<b>0,092</b>	0,002	<b>1,272</b>	<b>0,702</b>	0,006	<b>0,092</b>	0,002
0,25	<b>1,518</b>	<b>0,748</b>	0,014	<b>0,093</b>	0,003	<b>1,642</b>	<b>0,822</b>	0,017	<b>0,094</b>	0,002
0,30	<b>1,819</b>	<b>0,876</b>	0,013	<b>0,106</b>	0,005	<b>1,806</b>	<b>0,939</b>	0,010	<b>0,112</b>	0,006
0,35	<b>2,148</b>	<b>0,984</b>	0,020	<b>0,110</b>	0,003	<b>2,312</b>	<b>1,030</b>	0,005	<b>0,118</b>	0,003
0,40	<b>2,572</b>	<b>1,064</b>	0,013	<b>0,137</b>	0,006	<b>2,832</b>	<b>1,070</b>	0,005	<b>0,127</b>	0,006
0,45	<b>3,010</b>	<b>1,094</b>	0,004	<b>0,133</b>	0,001	<b>3,119</b>	<b>1,099</b>	0,000	<b>0,148</b>	0,001
0,50	<b>3,283</b>	<b>1,108</b>	0,002	<b>0,143</b>	0,002	<b>3,338</b>	<b>1,109</b>	0,004	<b>0,163</b>	0,008

Tabulka 9: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OMP ST

Nános barvy	Strana 1					Strana 2				
	Množství barvy [g/m <sup>2</sup> ]	OH [-]	Směr. odch. [-]	PT [-]	Směr. odch. [-]	Množství barvy [g/m <sup>2</sup> ]	OH [-]	Směr. odch. [-]	PT [-]	Směr. odch. [-]
0,05	<b>0,205</b>	<b>0,290</b>	0,024	<b>0,059</b>	0,003	<b>0,137</b>	<b>0,145</b>	0,001	<b>0,043</b>	0,001
0,10	<b>0,711</b>	<b>0,453</b>	0,024	<b>0,072</b>	0,001	<b>0,547</b>	<b>0,392</b>	0,013	<b>0,068</b>	0,001
0,15	<b>1,053</b>	<b>0,644</b>	0,015	<b>0,083</b>	0,002	<b>0,711</b>	<b>0,636</b>	0,029	<b>0,082</b>	0,002
0,20	<b>1,505</b>	<b>0,820</b>	0,033	<b>0,096</b>	0,003	<b>1,094</b>	<b>0,809</b>	0,005	<b>0,090</b>	0,003
0,25	<b>1,819</b>	<b>0,906</b>	0,025	<b>0,092</b>	0,001	<b>1,669</b>	<b>0,905</b>	0,017	<b>0,101</b>	0,002
0,30	<b>2,066</b>	<b>0,957</b>	0,012	<b>0,098</b>	0,001	<b>2,257</b>	<b>1,028</b>	0,006	<b>0,106</b>	0,001
0,35	<b>2,476</b>	<b>1,034</b>	0,007	<b>0,108</b>	0,001	<b>2,804</b>	<b>1,060</b>	0,005	<b>0,124</b>	0,003
0,40	<b>2,476</b>	<b>1,057</b>	0,001	<b>0,121</b>	0,001	<b>3,010</b>	<b>1,085</b>	0,000	<b>0,131</b>	0,006
0,45	<b>3,092</b>	<b>1,083</b>	0,005	<b>0,131</b>	0,003	<b>3,283</b>	<b>1,095</b>	0,002	<b>0,140</b>	0,004
0,50	<b>3,311</b>	<b>1,087</b>	0,004	<b>0,131</b>	0,002	<b>3,379</b>	<b>1,100</b>	0,001	<b>0,152</b>	0,003

Tabulka 10: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OMP HB

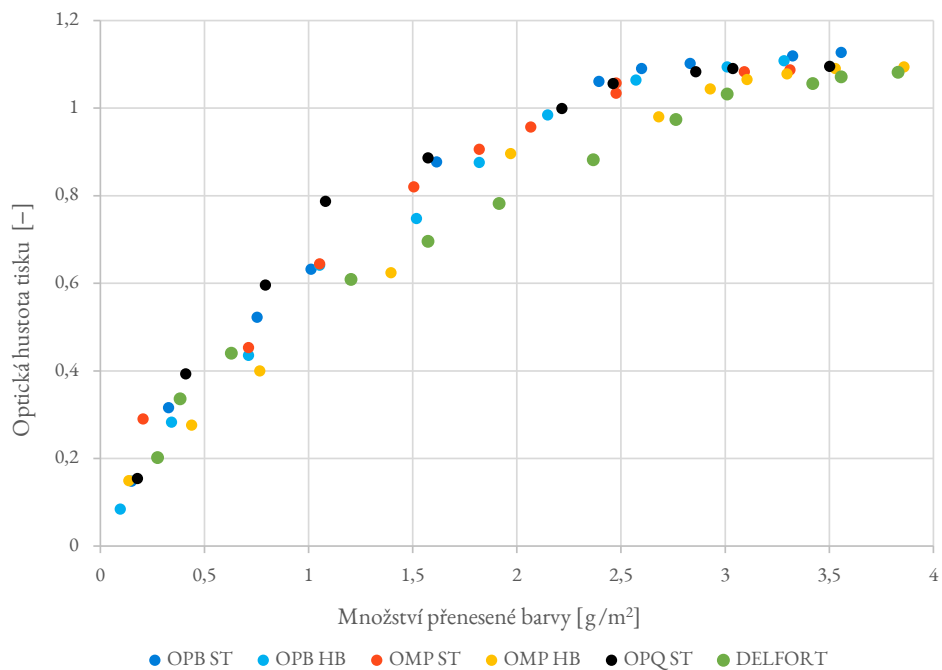
Nános barvy	Strana 1					Strana 2				
	Množství barvy [g/m <sup>2</sup> ]	OH [-]	Směr. odch. [-]	PT [-]	Směr. odch. [-]	Množství barvy [g/m <sup>2</sup> ]	OH [-]	Směr. odch. [-]	PT [-]	Směr. odch. [-]
0,05	<b>0,137</b>	<b>0,149</b>	0,014	<b>0,039</b>	0,003	<b>0,219</b>	<b>0,135</b>	0,012	<b>0,041</b>	0,002
0,10	<b>0,438</b>	<b>0,276</b>	0,025	<b>0,056</b>	0,001	<b>0,328</b>	<b>0,339</b>	0,016	<b>0,063</b>	0,002
0,15	<b>0,766</b>	<b>0,400</b>	0,014	<b>0,069</b>	0,003	<b>0,684</b>	<b>0,505</b>	0,017	<b>0,074</b>	0,001
0,20	<b>1,395</b>	<b>0,624</b>	0,014	<b>0,083</b>	0,004	<b>1,231</b>	<b>0,686</b>	0,017	<b>0,085</b>	0,002
0,25	<b>1,970</b>	<b>0,896</b>	0,022	<b>0,091</b>	0,003	<b>1,642</b>	<b>0,799</b>	0,029	<b>0,100</b>	0,001
0,30	<b>2,681</b>	<b>0,980</b>	0,007	<b>0,101</b>	0,005	<b>1,984</b>	<b>0,940</b>	0,023	<b>0,109</b>	0,004
0,35	<b>2,928</b>	<b>1,044</b>	0,008	<b>0,126</b>	0,003	<b>2,285</b>	<b>1,002</b>	0,002	<b>0,119</b>	0,007
0,40	<b>3,105</b>	<b>1,065</b>	0,004	<b>0,131</b>	0,004	<b>2,476</b>	<b>1,041</b>	0,009	<b>0,123</b>	0,003
0,45	<b>3,297</b>	<b>1,078</b>	0,003	<b>0,136</b>	0,004	<b>2,859</b>	<b>1,071</b>	0,002	<b>0,132</b>	0,010
0,50	<b>3,529</b>	<b>1,090</b>	0,002	<b>0,138</b>	0,003	<b>3,201</b>	<b>1,080</b>	0,005	<b>0,132</b>	0,006
0,55	<b>3,858</b>	<b>1,094</b>	0,001	<b>0,141</b>	0,007	<b>3,557</b>	<b>1,093</b>	0,002	<b>0,147</b>	0,005
0,60						<b>3,680</b>	<b>1,099</b>	0,001	<b>0,159</b>	0,001
0,65						<b>4,241</b>	<b>1,101</b>	0,001	<b>0,164</b>	0,008

Tabulka 11: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír OPQ ST

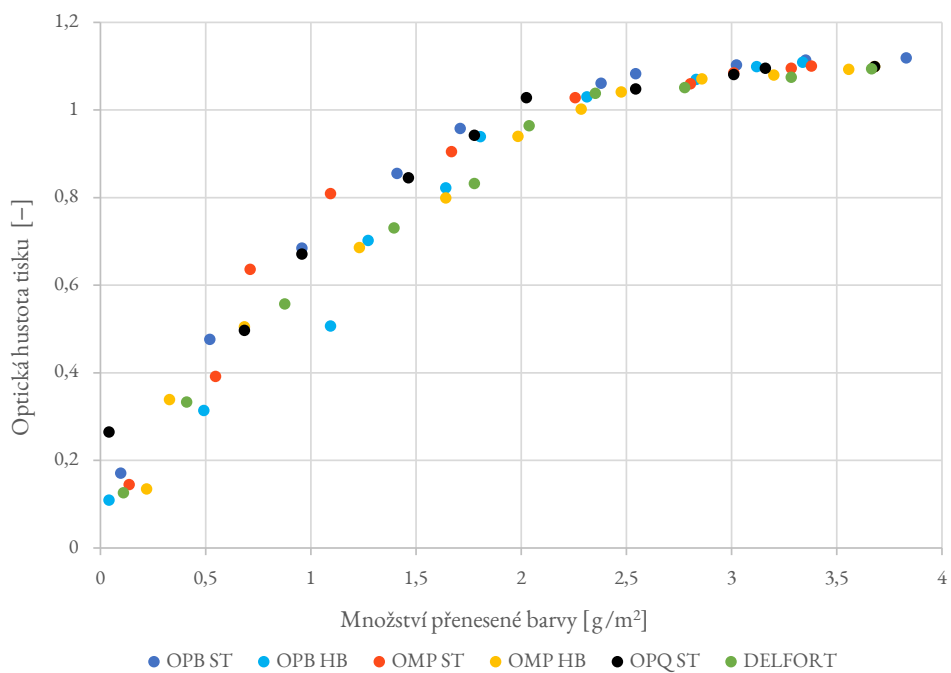
Nános barvy	Strana 1					Strana 2				
	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]
0,05	<b>0,178</b>	<b>0,154</b>	0,015	<b>0,046</b>	0,003	<b>0,041</b>	<b>0,265</b>	0,009	<b>0,056</b>	0,003
0,10	<b>0,410</b>	<b>0,393</b>	0,028	<b>0,071</b>	0,002	<b>0,684</b>	<b>0,497</b>	0,015	<b>0,070</b>	0,002
0,15	<b>0,793</b>	<b>0,596</b>	0,026	<b>0,081</b>	0,003	<b>0,958</b>	<b>0,671</b>	0,019	<b>0,080</b>	0,001
0,20	<b>1,081</b>	<b>0,787</b>	0,009	<b>0,085</b>	0,001	<b>1,464</b>	<b>0,845</b>	0,013	<b>0,088</b>	0,003
0,25	<b>1,573</b>	<b>0,886</b>	0,014	<b>0,087</b>	0,001	<b>1,778</b>	<b>0,942</b>	0,011	<b>0,094</b>	0,003
0,30	<b>2,216</b>	<b>0,999</b>	0,012	<b>0,092</b>	0,005	<b>2,025</b>	<b>1,028</b>	0,002	<b>0,096</b>	0,003
0,35	<b>2,462</b>	<b>1,056</b>	0,010	<b>0,097</b>	0,007	<b>2,544</b>	<b>1,048</b>	0,002	<b>0,115</b>	0,004
0,40	<b>2,859</b>	<b>1,083</b>	0,001	<b>0,109</b>	0,004	<b>3,010</b>	<b>1,081</b>	0,006	<b>0,120</b>	0,007
0,45	<b>3,037</b>	<b>1,090</b>	0,001	<b>0,128</b>	0,005	<b>3,160</b>	<b>1,095</b>	0,003	<b>0,135</b>	0,006
0,50	<b>3,502</b>	<b>1,095</b>	0,000	<b>0,138</b>	0,011	<b>3,680</b>	<b>1,099</b>	0,000	<b>0,149</b>	0,005

Tabulka 12: Hodnoty pro stanovení přenosové křivky a prorážení tiskové barvy pro papír DELFORT

Nános barvy	Strana 1					Strana 2				
	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>Množství barvy [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>OH [-]</b>	Směr. odch. [-]	<b>PT [-]</b>	Směr. odch. [-]
0,05	<b>0,274</b>	<b>0,202</b>	0,014	<b>0,056</b>	0,002	<b>0,109</b>	<b>0,126</b>	0,005	<b>0,044</b>	0,004
0,10	<b>0,383</b>	<b>0,336</b>	0,022	<b>0,068</b>	0,003	<b>0,410</b>	<b>0,333</b>	0,024	<b>0,072</b>	0,003
0,15	<b>0,629</b>	<b>0,440</b>	0,018	<b>0,082</b>	0,004	<b>0,876</b>	<b>0,557</b>	0,012	<b>0,085</b>	0,002
0,20	<b>1,204</b>	<b>0,609</b>	0,009	<b>0,093</b>	0,005	<b>1,395</b>	<b>0,731</b>	0,012	<b>0,092</b>	0,009
0,25	<b>1,573</b>	<b>0,696</b>	0,032	<b>0,096</b>	0,002	<b>1,778</b>	<b>0,832</b>	0,009	<b>0,108</b>	0,007
0,30	<b>1,915</b>	<b>0,782</b>	0,043	<b>0,108</b>	0,004	<b>2,038</b>	<b>0,964</b>	0,007	<b>0,112</b>	0,011
0,35	<b>2,367</b>	<b>0,882</b>	0,022	<b>0,112</b>	0,000	<b>2,353</b>	<b>1,038</b>	0,004	<b>0,115</b>	0,009
0,40	<b>2,763</b>	<b>0,974</b>	0,005	<b>0,147</b>	0,009	<b>2,777</b>	<b>1,051</b>	0,006	<b>0,132</b>	0,012
0,45	<b>3,010</b>	<b>1,032</b>	0,015	<b>0,144</b>	0,011	<b>3,283</b>	<b>1,075</b>	0,003	<b>0,138</b>	0,007
0,50	<b>3,420</b>	<b>1,056</b>	0,008	<b>0,156</b>	0,013	<b>3,666</b>	<b>1,094</b>	0,002	<b>0,160</b>	0,005
0,55	<b>3,557</b>	<b>1,071</b>	0,005	<b>0,176</b>	0,007	<b>4,309</b>	<b>1,094</b>	0,001	<b>0,183</b>	0,004
0,60	<b>3,830</b>	<b>1,082</b>	0,004	<b>0,183</b>	0,007					

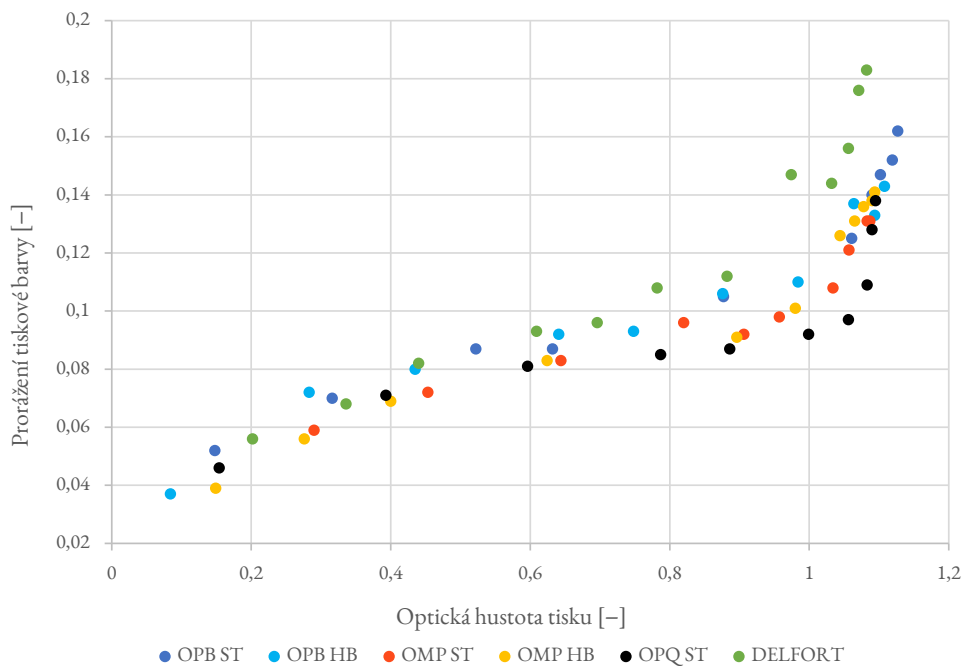


Obrázek 12: Závislost optické hustoty tisku na množství přenesené barvy pro všechny papíry – tisk na sítovou stranu

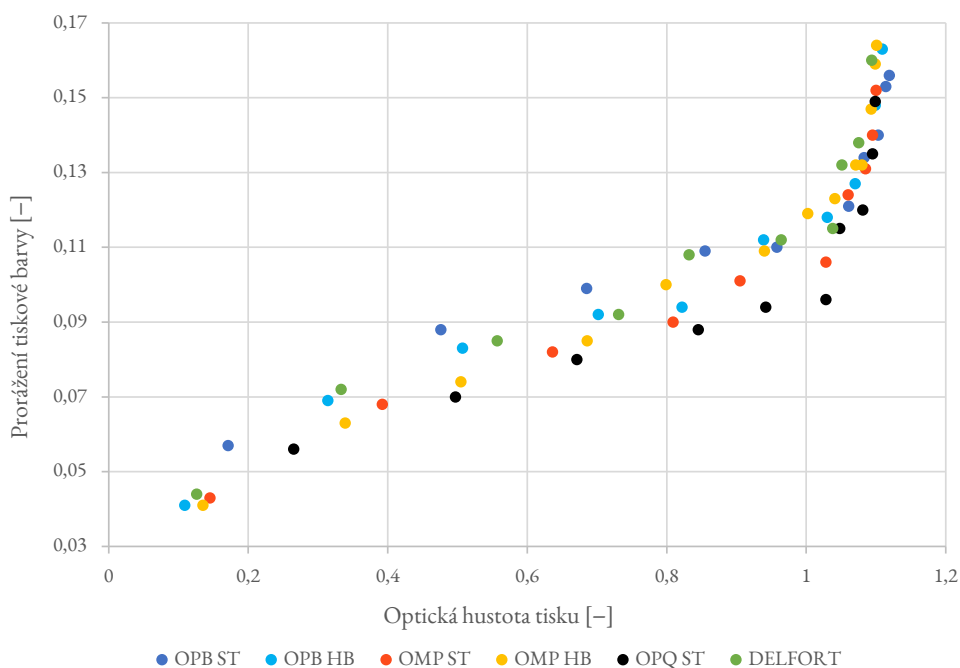


Obrázek 13: Závislost optické hustoty tisku na množství přenesené barvy pro všechny papíry – tisk na lícovou stranu





Obrázek 14: Závislost prorážení tiskové barvy na optické hustotě tisku pro všechny papíry – tisk na sítovou stranu



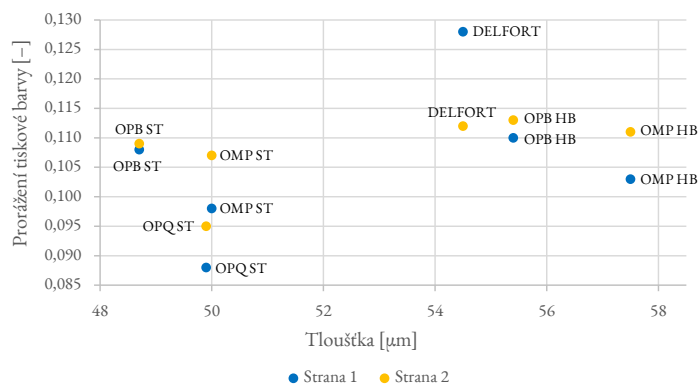
Obrázek 15: Závislost prorážení tiskové barvy na optické hustotě tisku pro všechny papíry – tisk na lícovou stranu

V souladu s normou *SCAN-P 87:02 Test printing* bylo ze závislostí optické hustoty tisku na množství přenesené barvy (Obrázek 12 a 13) stanoveno množství přenesené barvy na papír při optické hustotě 0,95. Ze závislostí prorážení tiskové barvy na optické hustotě tisku (Obrázek 14 a 15) byly stanoveny hodnoty prorážení tiskové barvy při optické hustotě 0,95. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 13.

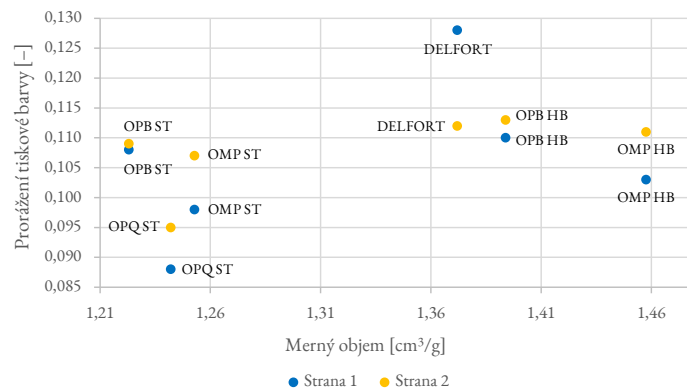
Tabulka 13: Množství přenesené tiskové barvy a prorážení tiskové barvy při optické hustotě 0,95

	Strana papíru	Množství přenesené barvy [g/m <sup>2</sup> ]	Prorážení tiskové barvy [-]	Směrodatná odchylka [-]
<b>OPB ST</b>	1	<b>1,88</b>	<b>0,108</b>	0,003
	2	<b>1,70</b>	<b>0,109</b>	0,002
<b>OPB HB</b>	1	<b>2,06</b>	<b>0,110</b>	0,004
	2	<b>1,95</b>	<b>0,113</b>	0,006
<b>OMP ST</b>	1	<b>2,06</b>	<b>0,098</b>	0,001
	2	<b>1,72</b>	<b>0,107</b>	0,001
<b>OMP HB</b>	1	<b>2,30</b>	<b>0,103</b>	0,005
	2	<b>2,05</b>	<b>0,111</b>	0,004
<b>OPQ ST</b>	1	<b>1,77</b>	<b>0,088</b>	0,001
	2	<b>1,80</b>	<b>0,095</b>	0,003
<b>DELFORT</b>	1	<b>2,63</b>	<b>0,128</b>	0,005
	2	<b>2,00</b>	<b>0,112</b>	0,009

### 2.3.10 Vliv všeobecných vlasností papíru na prorážení tiskové barvy

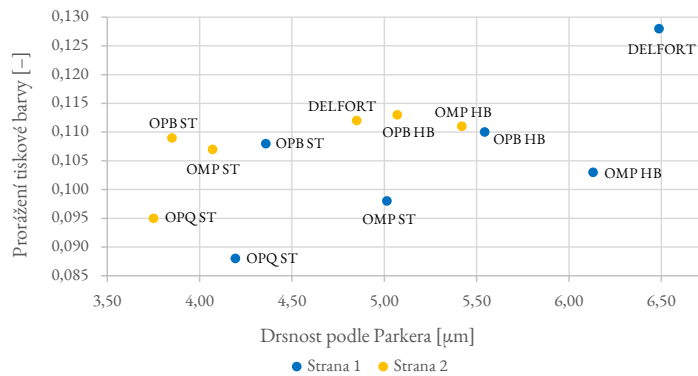


Obrázek 16: Vliv tloušťky na prorážení tiskové barvy

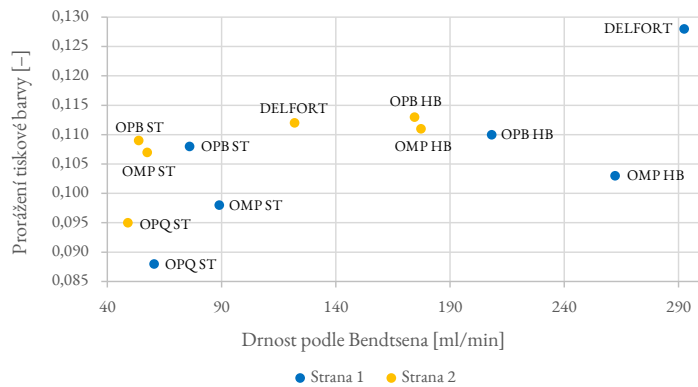


Obrázek 17: Vliv měrného objemu na prorážení tiskové barvy

### 2.3.11 Vliv drsnosti papíru na prorážení tiskové barvy

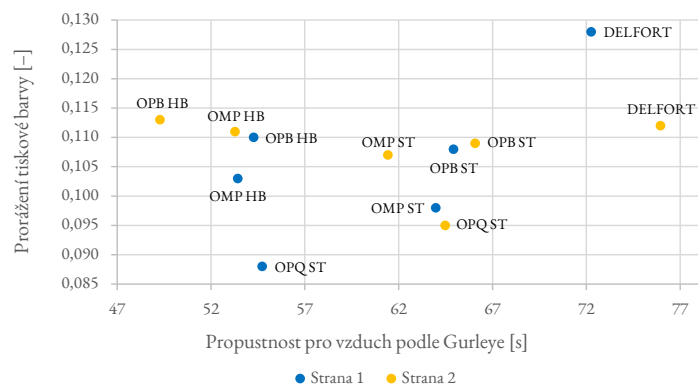


Obrázek 18: Vliv drsnosti podle Parkera na prorážení tiskové barvy

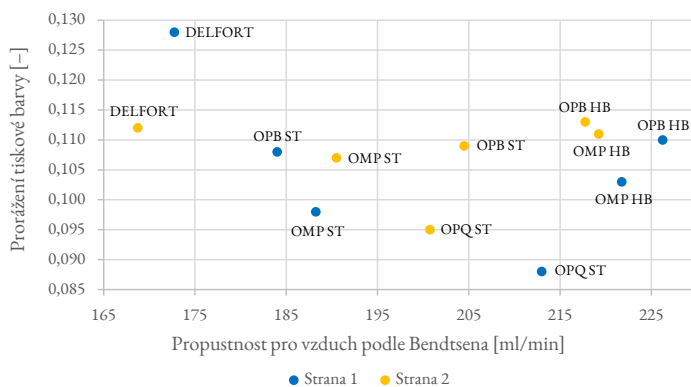


Obrázek 19: Vliv drsnosti podle Bendtsena na prorážení tiskové barvy

### 2.3.12 Vliv propustnosti papíru pro vzduch na prorážení tiskové barvy

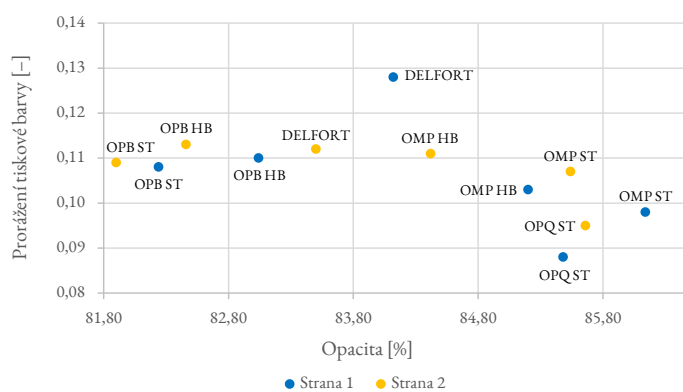


Obrázek 20: Vliv propustnosti pro vzduch podle Gurleye na prorážení tiskové barvy

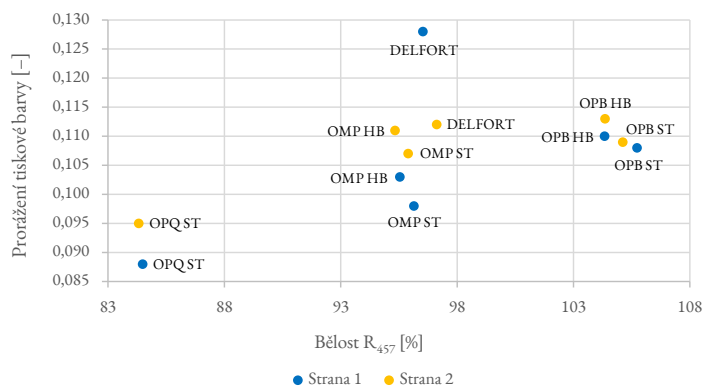


Obrázek 21: Vliv propustnosti pro vzduch podle Bendtsena na prorážení tiskové barvy

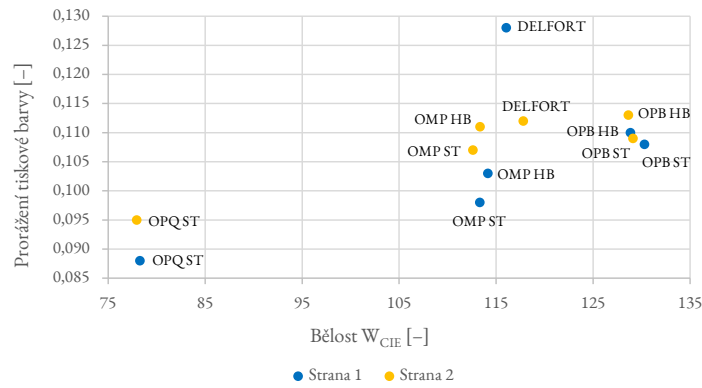
### 2.3.13 Vliv optických vlastností papíru na prorážení tiskové barvy



Obrázek 22: Vliv opacity na prorážení tiskové barvy

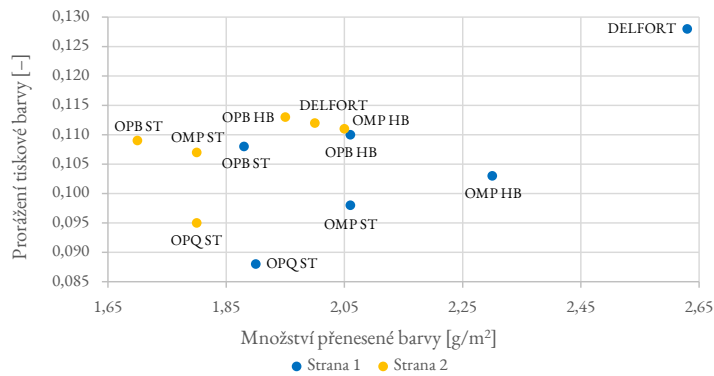


Obrázek 23: Vliv bělosti  $R_{457}$  na prorážení tiskové barvy



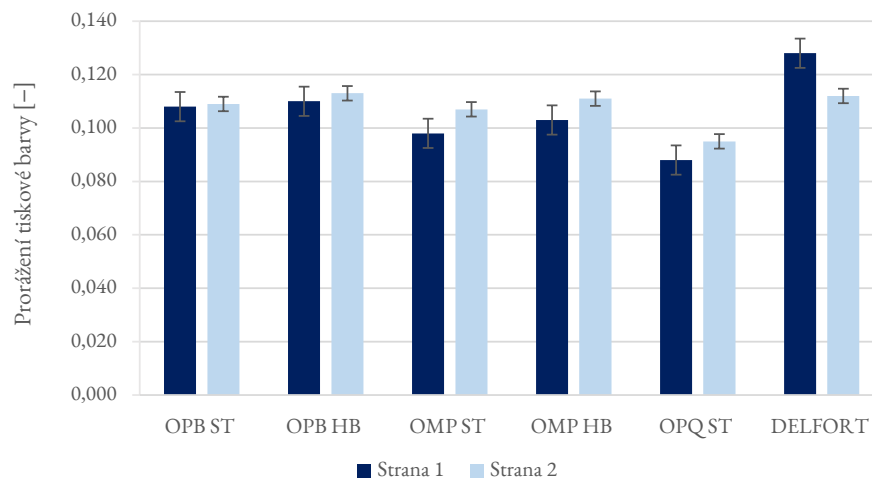
Obrázek 24: Vliv bělosti  $W_{CIE}$  na prorážení tiskové barvy

### 2.3.14 Vliv množství přenesené tiskové barvy na prorážení tiskové barvy



Obrázek 25: Vliv množství přenesené tiskové barvy na prorážení tiskové barvy

Pro srovnání prorážení tiskové barvy všech papírů při optické hustotě 0,95 ze síťové i lícové strany byl vypracován sloupcový graf s odchylkami měření (Obrázek 26).



Obrázek 26: Prorážení tiskové barvy pro všechny papíry při optické hustotě 0,95 ze síťové i lícové strany



### 3. Závěr

Bakalářská práce byla řešena ve spolupráci s firmou OP papírna, s.r.o., která vyrábí tenké tiskové papíry a jejím cílem bylo odzkoušet a ověřit metodiku testování prorážení tiskové barvy na různých typech papírů vyráběných touto firmou a stanovit vliv vlastností papírů na hodnoty prorážení tiskové barvy. Za tímto účelem byly dodány tři typy papíru: Polar Bright (OPB), Medical Print (OMP) a Opaque (OPQ). Všechny typy papíru byly dodány ve standardní verzi (ST), papíry Polar Bright a Medical Print navíc ve verzi s vyšší hodnotou měrného objemu (HB), které bylo dosaženo díky tomu, že papíry nebyly hlazeny. Dále byl testován papír Delfort od jiného výrobce.

Nejdříve byly proměřeny základní vlastnosti všech vzorků papírů (plošná hmotnost, tloušťka, objemová hmotnost, měrný objem), optické vlastnosti (bělost, opacita) a vlastnosti, u kterých se předpokládalo, že by mohly souviset s prorážením tiskové barvy (drsnost, propustnost pro vzduch, tisková penetrace). Na profilometru byla proměřena topografie povrchu jednotlivých papírů.

Všechny papíry měly stejnou hodnotu plošné hmotnosti – 40 g/m<sup>2</sup>. Papíry ve standardní verzi měly podobnou tloušťku (48 až 50 μm), papíry s vyšší hodnotou měrného objemu a papír Delfort měly tloušťku vyšší (54 až 57 μm).

Papír OPB, který obsahuje velký podíl optických zjasňovacích prostředků, dosahoval nejvyšších hodnot bělosti. Papíry OMP a Delfort měly podobné hodnoty bělosti, nižší než papír OPB. Nejnižší bělost byla naměřena na papíru OPQ bez optických zjasňovacích prostředků, který měl žlutavý nádech. Nejvyšší hodnota opacity byla naměřena na papírech OPQ a OMP ST, u dalších papírů se opacita snižovala v pořadí OMP HB, Delfort, OPB HB a OPB ST.

U všech papírů byl rozdíl v drsnosti mezi lícovou a síťovou stranou, největší dvoustrannost vykazoval papír Delfort, který na síťové straně dosahoval nejvyšších hodnot drsnosti ze všech papírů. U ostatních papírů pro obě strany (a u papíru Delfort pro lícovou stranu) rostla drsnost v pořadí OPQ, OPB ST, OMP ST, Delfort, OPB HB a OMP HB. Nejnižší hodnoty propustnosti pro vzduch byly naměřeny u papíru Delfort, následovaly standardní verze papírů v pořadí OPB, OMP a OPQ. Nejvyšší hodnoty propustnosti pro vzduch vykazovaly papíry s vyšší hodnotou měrného objemu.

V další části práce byly připraveny tiskové vzorky za účelem hodnocení prorážení tiskové barvy. Tisk byl proveden na laboratorním potiskovacím přístroji *IGT CI* černou cold-setovou tiskovou barvou na obě strany papíru se zvyšujícím se množstvím přenesené tiskové barvy až do dosažení úplného překrytí povrchu papíru tiskovou barvou. Jediným standardem, který popisuje způsob hodnocení prorážení tiskové barvy je norma *SCAN-P 36:02 Evaluation of test prints*, proto další hodnocení tiskových vzorků bylo prováděno v souladu s touto normou. Byly stanoveny hodnoty optické hustoty tisku a prorážení tiskové barvy pro všechny tiskové vzorky. Pro konečné hodnocení potom byly použity hodnoty prorážení tiskové barvy při optické hustotě tisku 0,95, tak jak předepisuje norma *SCAN-P 87:02 Test printing*.

Nejvyšší hodnoty prorážení tiskové barvy (0,128) bylo dosaženo na papíru Delfort při tisku na síťovou stranu papíru. Na této straně vykazoval papír Delfort nejvyšší hodnotu drsnosti ze všech vzorků a k dosažení

optické hustoty tisku 0,95 bylo zapotřebí nejvyššího množství tiskové barvy. Z hlediska propustnosti pro vzduch však tento papír vykazoval nejnižší hodnoty, proto by se u něj dala očekávat menší pórovitost a menší penetrace oleje do struktury papíru. Z hlediska opacity vykazoval střední hodnoty.

Nejnižší hodnoty prorážení tiskové barvy (pod 0,100) při tisku na obě strany vykazoval papír Opaque. Tento papír měl nejnižší hodnoty drsnosti, vysoké hodnoty opacity a střední hodnoty propustnosti pro vzduch. Další papír, na kterém bylo dosaženo hodnoty prorážení tiskové barvy pod 0,100 byl papír OMP ST při tisku na síťovou stranu, přestože měl větší hodnotu drsnosti a propustnosti pro vzduch než papír OPB ST a k dosažení optické hustoty tisku 0,95 bylo zapotřebí většího množství barvy. Měl však spolu s papírem OPQ nejvyšší hodnotu opacity a nejmenší tloušťku.

U ostatních typů papírů při tisku na obě strany byly hodnoty prorážení tiskové barvy velice podobné a pohybovaly se v rozmezí 0,103 až 0,113.

Tyto výsledky ukazují, že prorážení tiskové barvy je ovlivněno kombinací všech hodnocených vlastností papíru. Prokázalo se, že u papírů s vyšší opacitou (OPQ ST, OMP ST) byly hodnoty prorážení tiskové barvy nižší. U papíru Delfort při tisku na síťovou stranou s vyšší hodnotou drsnosti oproti ostatním papírům byly vysoké i hodnoty prorážení tiskové barvy. U ostatních vzorků papíru však nebyla prokázána závislost prorážení tiskové barvy na konkrétní vlastnosti papíru, hodnoty prorážení jsou prakticky stejné, přestože se papíry liší řadou vlastností, především potom standardní verze papírů a verze s vyšší hodnotou měrného objemu. Z toho lze učinit závěr, že vzájemná kombinace různých vlastností papíru (drsnosti, tloušťky, opacity, pórovitosti) má za následek stejné hodnoty prorážení tiskové barvy. Proto by bylo vhodné navázat na výsledky této práce detailnějším studiem struktury papírů, např. stanovením distribuce propustnosti pórů podle velikosti, nebo hodnocením formace papíru. Tím by mohly být lépe definovány rozdíly ve struktuře papíru a jejich vliv na prorážení tiskové barvy.





## Seznam literatury

- [1] GEBRTOVÁ, Jana. *Tiskové papíry a jejich vlastnosti*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1997. Polygrafické sešity, 2/1997. ISBN 80-7194-103-4.
- [2] HOLICKÁ, Hana. *Polygrafické materiály [přesnáška]*. Pardubice: Univerzita Pardubice. Fakulta chemicko-technologická. Katedra polygrafie a fotofyziky, 2018
- [3] HOLIK, Herbert. *Handbook of Paper and Board*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006. ISBN: 3-527-30997-7
- [4] KAPLANOVÁ, Marie a kol. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2012, ISBN 978-80-254-4230-2
- [5] SOUČEK, Milan. *Zkoušení papíru*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977.
- [6] Svobodová A.: *Povrchové vlastnosti tenkých tiskových papírů*, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, KPF, FChT, Pardubice 2012
- [7] Wilkeová H.: *Prorážení tiskové barvy na tenkých tiskových papírech*, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, KPF, FChT, Pardubice 2017  
<https://www.stepa.cz/o-nas/technicka-data/drahy-papiru-smer-vlaken>
- [8] DE GRACE, J. H. *The print-through propensity of newsprint*, Journal of Pulp and Paper Science, 1993, 19 (5) s. 208–213.
- [9] PAULER, N.; BRISTOW, J. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 1994, 9(4), s. 226–231.
- [10] EADIE, D.; DURAND, R.; FORD, P. et al. *Ink and paper effects on show through in white knock out directory printing*[C]. Proceedings of International Printing and Graphic Arts Conference 1998, s. 193–198.
- [11] ERIKSEN, O.; GREGERSEN, O. W. *The influence of ink oil on print-through*, Nordic Pulp and Paper Research Journal, 2007, 22 (3), s. 364–370.
- [12] YANG, Y; LIU, F. *Preliminary Study on the Print-through Standard of Offset Printing*. Advanced Materials Research, 2011, s. 332–334, s. 1812–1815. ISSN 1662-8985.
- [13] HOC, M. *Print-through in multicolour printing*. STFI-Packforsk Report No 187, NRP 28, 2005, s. 35.
- [14] BRISTOW, J. A. *Print-through and ink penetration - a mathematical treatment*. Advanced Printing Science and Technology, London: W. H. Banks edition, Pentech press, 1988, 19, s. 137–145.
- [15] Paper and board. Evaluation of test prints. *SCAN-P 36:02*, Stockholm: Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, 4 s.
- [16] CHINGA-CARRASCO, G.; AASAROD, O.; LEINSVANG, B.; BOUVENG, M.; JOHANSSON, P. A. Structural effects on print-through and set-off. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 2012, 27 (3), 596–603.
- [17] LARSSON, L.O.; TROLLSAS, P.O. *Genomtrycket och dess komponenter*?. Svensk Papperst, 1972, 75 (8), 317.
- [18] DICKSON, A.R.; DOOLEY, N.J.; SLOANE, C.M. The print-through of newsprint with different sheet structures, 59th Appita Annual Conference and Exhibition, Auckland, New Zealand, 16.–19. May 2005, 1, Paper3B32, 275-278.

- [19] CORSON, S.R.; FLOWERS, A.G.; MORGAN, D.G.; RICHARDSON, J.D. Paper structure and printability as controlled by the fibrous elements, *Tappi Journal*, 2004, 3(6), 14–18.
- [20] D. U. Lima, R. C. Oliveira, and M. S. Buckeridge, *Carbohydr. Polym.*, 52, 376 (2003).
- [21] W. J. Han, C. S. Zhao, T. Elder, K. F. Chen, R. D. Yang, D. H. Kim, Y. Q. Pu, J. Hsieh, and A. J. Ragauskas, *Carbohydr. Polym.*, 88, 719 (2012).
- [22] A. Henriksson and P. Gatenholm, *Cellulose*, 9, 55 (2002).
- [23] K. Lyytikäinen, E. Saukkonen, I. Kajanto, and J. Kayhko, *Bioresources*, 6, 219 (2011).
- [24] T. Kohnke, C. Pujolras, J. P. Roubroeks, and P. Gatenholm, *Cellulose*, 15, 537 (2008).
- [25] F. Rebuzzi and D. V. Evtuguin, *Macromol. Symp.*, 232, 121 (2006).
- [26] S. K. Bhaduri, I. N. Ghosh, and N. L. Deb Sarkar, *Ind. Crops Prod.*, 4, 79 (1995).
- [27] W. P. Ban, X. W. Chen, G. Andrews, and A. van Heiningen, *Cell. Chem. Technol.*, 45, 633 (2011).
- [28] J. Laine, *Paper ja Puu/Paper and Timber*, 79, 551 (1997).
- [29] P. Lertsutthiwong, M. M. Nazhadt, S. Chandrkarchang, and W. F. Stevens, *Appita J.*, 57, 274 (2004).
- [30] PERNG, Y.-S.; WANG, E. I.-CH.; HSIA, Y.-J.; TSAI, S.-H. Effect of different filler combination with talc and calcium carbonate on paper properties/printability, *Cellulose Chemistry and Technology*, 2015, 49 (5–6), 511–516.
- [31] ALLAN, G. Paper for 21 st century. *Paper Age*, 1995, 1, 10–15.
- [32] KUMAR, P.; NEGI, Y. S.; SINGH, S. P. *Offset printing behavior of bagasse and hardwood paper sheets loaded by in-situ precipitation*, *BioResources*, 2011, 6(1), 207–218.
- [33] Pragolab. *HAAKE Series 1* [online]. © 2018 [cit. 2019-7-5]. Dostupné z: <https://www.pragolab.cz/reologie-viskozita-a-extruze/reometry/haake-series-1>
- [34] IGT Testing Systems. *CI* [online]. © 2019 [cit. 2019-7-5]. Dostupné z: <http://www.igt.nl/igt-testers/ink/c1-1075592512>
- [35] IGT Testing Systems. *Amsterdam 2* [online]. © 2019 [cit. 2019-7-5]. Dostupné z: <http://www.igt.nl/igt-testers/amsterdam-2>
- [36] BIOSENS. *Spektrofotometr UltraScan Vis* [online]. [cit. 2019-7-5]. Dostupné z: <http://www.biosens.pl/pr/spektrofotometr-ultrascan-vis>
- [37] Newsprint. Test printing. *SCAN-P 87:02*, Stockholm: Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, 4 s.

