

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Katedra polygrafie a fotofyziky

Technické přijímací zkoušky pro archový ofsetový tisk
Metodika pro hodnocení pruhování

Bakalářská práce

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal Duchoslav**
Osobní číslo: **C18118**
Studijní program: **B3441 Polygrafie**
Studijní obor: **Polygrafie**
Téma práce: **Technické přejímací zkoušky pro archový ofsetový tisk – metodika pro hodnocení pruhování**
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte odbornou literaturu a zpracujte stručnou rešerši týkající se daného tématu.
2. Navrhněte metodu pro objektivní hodnocení pruhování na výtiscích. Otestujte navrženou metodu pomocí výtisků z různých tiskových strojů.
3. Výsledky přehledně zpracujte a vyhodnoťte vliv vnějších podmínek na stabilitu tisku.

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

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vališ, Ph.D.**
Katedra polygrafie a fotofyziky

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

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

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

V Pardubicích dne 26. února 2021

Prohlašuji:

Práci s názvem Technické přejímací zkoušky pro archový ofsetový tisk – metodika pro hodnocení pruhování jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne 16. 7. 2021

Michal Duchoslav v. r.

POĎAKOVANIE

Týmto by som rád poďakoval svojmu vedúcemu práce pánovi Ing. Jánovi Vališovi, Ph.D. za pomoc, trpezlivosť a cenné rady, ktoré som počas tvorby tejto práce dostal. Moja vďaka patrí taktiež rodine a priateľom za podporu počas môjho štúdia.

Diplomová 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



ANOTÁCIA

Cieľom predloženej práce je vytvorenie vhodnej metodiky pre hodnotenie pruhovania. Teoretická časť práce sa zaoberá charakterizovaním defektu pruhovania a popisuje doposiaľ popísané metódy pre hodnotenie pruhovania. Praktická časť sa zaoberá návrhom vlastnej metódy pre hodnotenie pruhov na tlačovom hárku.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

pruhovanie, technické preberacie skúšky, meranie

TITLE

Technical acceptance testing for sheet-fed offset printing presses – methodology for evaluation of streaking

ANNOTATION

The aim of the present work is to develop a suitable methodology for the assessment of banding. The theoretical part of the thesis deals with the characterization of the streaking defect and describes the methods described so far for the evaluation of streaking. The practical part deals with the design of an in-house method for the evaluation of striations on a printing sheet.

KEYWORDS

streakings, technical acceptance tests, measurement

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV	9
ZOZNAM TABULIEK	11
ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK	12
ÚVOD	13
1 TEORETICKÁ ČASŤ	14
1.1 POPIS PRUHOVANIA	14
1.2 KONŠTRUKCIA TLAČOVEJ JEDNOTKY	14
1.3 VZNIK VIBRÁCIÍ	15
1.4 VZNIK PRUHOV	17
1.5 SKÚŠKY PRUHOVANIA	18
1.5.1 Skúška pruhovania r. 1993/1994	19
1.5.2 Preberacie skúšky Fogra 32.170	21
1.5.3 Skúška pruhovania podľa Dolezalka	26
1.5.4 Preberacie skúšky 2019	31
2 PRAKTICKÁ ČASŤ	36
2.1 TLAČOVÁ FORMA	37
2.2 MATERIÁLY	37
2.3 SADA VZORIEK	38
2.4 MERANIE SKENEROM	38
2.5 SPRACOVANIE HODNÔT	38
2.6 VYHODNOTENIE	41
2.7 OPAKOVANÉ HODNOTENIE	43
3 ZÁVER.....	46
4 POUŽITÁ LITERATÚRA.....	48
5 PRÍLOHY.....	49

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1: Hárková ofsetová tlačová jednotka	15
Obrázok 2: Príčina vzniku pruhov v dôsledku rázov medzier vo valcoch	16
Obrázok 3: Vibrácie formového a ofsetového valca zaznamenané pre dve otáčky	17
Obrázok 4: Zmeny tónovej hodnoty po celej dĺžke tlačového hárku a nameraná intenzita vibrácií v priebehu jednej otáčky ofsetového valca.....	18
Obrázok 5: Testovacia forma na testovanie pruhovania r. 1993/1994	19
Obrázok 6: Vzorový graf pre hodnotenie pruhovania podľa metódy r. 1993/1994	21
Obrázok 7: Tlačová forma na testovanie pruhovania Fogra 32.170	22
Obrázok 8: Tlačová forma pre testovanie pruhovania pomocou skenera	27
Obrázok 9: Výsledok kalibrácie skenera	28
Obrázok 10: Schéma 2mm trojuholníkového filtra pre stredové vážené priemerovanie cez 16 pixelov	30
Obrázok 11: Závislosť zmeny mernej svetlosti ΔL^* na polohe pixelov na hárku	31
Obrázok 12: Tlačová forma na pruhovanie č. 1.....	33
Obrázok 13: Tlačová forma na pruhovanie č. 2.....	33
Obrázok 14: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku tlačenu so šedou tlačovou farbou	36
Obrázok 15: Tlačová forma pre hodnotenie pruhovania	37
Obrázok 16: Histogram v odtieňoch šedej po správnom orezaní obrázka	38
Obrázok 17: Hodnoty mernej svetlosti pred aplikáciou a po aplikácii Bilaterálneho filtrovania v závislosti na čísle pixelu	39
Obrázok 18: Veľkosť matice okolitých pixelov použitej pre filtrovanie pomocou funkcie wiener2.....	40
Obrázok 19: Hodnoty mernej svetlosti pred aplikáciou a po aplikácii Wienerovho filtrovania v závislosti na čísle pixelu	40
Obrázok 20: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku prvej dráhy	41
Obrázok 21: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku druhej dráhy	42

Obrázok 22: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku tretej dráhy	42
Obrázok 23: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku štvrtej dráhy	43
Obrázok 24: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku prvej dráhy.....	44
Obrázok 25: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku druhej dráhy.....	44
Obrázok 26: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku tretej dráhy.....	45
Obrázok 27: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku štvrtej dráhy.....	45
Obrázok 28: Závislosť mernej svetlosti a jej zmeny na čísle pixelu	47

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Počet vytlačených hárkov pre meranie pruhovania a archiváciu r. 1993/1994.....	20
Tabuľka 2: Technické požiadavky na tlačový papier pre skúšku Fogra 32. 170	23
Tabuľka 3: Klimatické požiadavky pre tlačovú halu u skúšky pruhovania Fogra 32. 170	23
Tabuľka 4: Počet vytlačených hárkov a hárkov potrebných pre vyhodnocovanie skúšky pruhovania Fogra 32. 170	24
Tabuľka 5: Testovacia forma č. 1 podľa konfigurácie tlačového stroja.....	32
Tabuľka 6: Počet vytlačených hárkov pre jednu sadu vzorkov	34
Tabuľka 7: Pravidlá pre meranie pruhovania spektrofotometrom.....	35

Zoznam skratiek a značiek

DW	Tlačová jednotka
$L^* a^* b^*$	Kolorimetrické súradnice
N_{MP}	Počet meraných bodov v jednej meranej dráhe
a_{MP}	Interval meraných bodov, vzdialenosť meraných bodov
x_{MP}	Číslo meraného bodu
RGB	Farebné súradnice (Red, Green, Blue)
l	dĺžka
n	Číslo tlačového hárku
ΔE^*	Farebná odchýlka, farebná vzdialenosť
$\Delta E_{1/2}^*$	Farebná vzdialenosť od jedného bodu k druhému
ΔE_h^*	Jasová odchýlka
ΔL^*	Zmena mernej svetlosti
ΔL_h^*	Normálový vektor $\Delta L^* / \Delta L^* $
Δx_{MP}	Vzdialenosť meraného bodu pre výpočet charakteristickej hodnoty
μ	Stredná hodnota
σ	Smerodajná odchýlka

ÚVOD

Ofsetová tlač je jednou z najrozšírenejších tlačových procesov v polygrafickom priemysle. Vyznačuje sa tým, že dokáže na rôzne materiály veľmi čisto reprodukovat' plné a poltónové plochy a to aj s jemne odstupňovanými prechodmi. Kvôli výraznej jednotnosti sú však i tie najmenšie typy porúch v tlačovom procese viditeľnejšie než u menej homogénnych tlačových procesov. Aj keď k nehomogénnej tlačovej vrstve vedú rôzne príčiny, výsledok je vždy veľmi podobný. Dochádza tu ku kolísaniu hrúbky tlačovej vrstvy, ktorá je potom vnímaná ako nehomogénna oblasť.

Jedna z týchto príčin tvorby nehomogénnej oblasti je tvorba pruhov. Tieto pruhy sa vyskytujú na tlačovom hárku vždy priečne k smeru tlače a vo veľkej väčšine prípadov sa nejedná len o jeden pruh, ale o viacero, rôznej šírky a intenzity. Kvalita výrobku je do podstatnej miery ovplyvnená tlačovým strojom. V prípade, že by tlačový stroj mal náklonnosť na vytváranie pruhov, bude sa tento defekt prejavovať po celú dobu životnosti stroja. V takomto prípade je potrebné určiť, kedy je miera tvorby pruhov tlačového stroja primeraná a kedy je táto miera neprípustná. Hodnotenie kvality výrobku je dôležitým nástrojom, pretože cieľ je možné formulovať iba na základe objektívneho posúdenia kvality.

Na hodnotenie pruhovania u tlačových strojov existuje niekoľko postupov, pomocou ktorých je možné určiť kvalitu výtlakov. V tejto práci sú tieto postupy popísané, pričom každá skúška na hodnotenie kvality sa od ostatných líši. Cieľom tejto práce je vytvoriť vhodnú metódu, pomocou ktorej by sa dalo určiť, kedy je tvorba pruhov vhodná a kedy sú pruhy na výtlaku príliš rušivé, že by znehodnotili výsledný produkt.

1 TEORETICKÁ ČASŤ

1.1 Popis pruhovania

Pruhovanie je problém, ktorý je spôsobený zlým prenosom tlačovej farby dôsledkom vibrácií v tlačovej jednotke [1]. Vplyvom vibrácií sa môžu s osou valca vytvárať pruhy so zvýšeným kontrastom [2]. Tieto pruhy môžu výrazne zhoršiť kvalitu výtlačkov, najmä tých, kde je veľká plocha pokrytá rovnomerným množstvom tlačovej farby [2]. V takýchto homogénnych oblastiach sú tieto pruhy v porovnaní s okolím viditeľné ako svetlé alebo tmavé pruhy [1]. Vo väčšine prípadov sa na tlačovom hárku neobjavuje len jeden pruh, ale niekoľko o rôznej šírke a intenzite. Šírka pruhov sa pohybuje v rozmedzí od 0,5 až 5 cm [3]. Niektoré pruhy sa na tlačovom formáte objavujú vždy na rovnakom mieste, avšak pri rôznych rýchlostiach tlače môže dochádzať k ich odlišnému výskytu [2]. Viditeľné pruhy na vytlačených produktoch môžu byť natoľko znehodnotené, že ich nebude možné predávať [3].

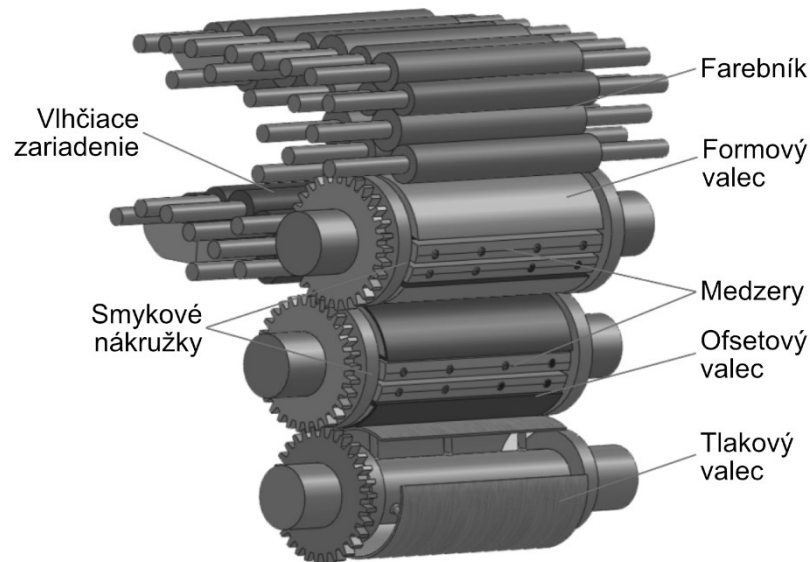
Od popísaných pruhov rovnobežných s osou valca je potrebné odlíšiť tie jemnejšie takzvané „Cording streaks“, ktoré sú spôsobené vlhčiacim systémom [3]. Tieto pruhy sa vyskytujú veľmi zriedka a majú priestorovú frekvenciu maximálne $0,2 \text{ cm}^{-1}$ [3]. Obvykle sa tieto pruhy objavujú v obvodovom smere valca [3].

1.2 Konštrukcia tlačovej jednotky

Ofsetová tlačová jednotka vyobrazená na obrázku 1 sa skladá z niekoľkých hlavných častí, ktoré sú pre chod tlačového stroja nesmierne dôležité. Jadrom ofsetového tlačového stroja je sústava troch valcov, farebník a vlhčiace zariadenie.

Konštrukciu ofsetovej hárkovej tlače popisuje Kipphan [4]. Prvým valcom tejto sústavy je valec formový, ktorého obvod je prerušený axiálnym vybraním. Toto vybranie sa vo valci nachádza z dôvodu upínacieho mechanizmu, ktorý drží tlačovú formu. Tlačová forma je nosičom obrazovej predlohy a má hrúbku približne 0,3 mm. Na túto formu je nanášaný vlhčiaci roztok a pomocou navalovacích valčekov z farebníka nanášaná tlačová farba. Formový valec sa valí po ofsetovom valci, na ktorom je tiež pomocou upínacieho mechanizmu uchytený ofsetový poťah. Poťah je vyrobený z pružného materiálu a niekoľkých vrstiev tkaniny. Hrúbka poťahu je približne 2 mm a býva zväčša ešte podložená kalibračnou podložkou. Ofsetový valec sa valí po obvode tlakového valca, na ktorom je prepravovaný hárok papiera. Tento hárok je držaný pomocou chytačov, ktoré sú umiestnené taktiež v medzere valca.

Kontakt medzi ofsetovým a tlakovým valcom sa nazýva tlačový nip. Šírka nipu závisí na pružnosti a stlačiteľnosti oboch valcov. K tomu aby sa zabezpečil dokonalý prenos obrazu z tlačovej formy na papier, musia mať všetky tri valce rovnakú obvodovú rýchlosť a vysoký kontaktný tlak. Kvôli vybraniam vo valcoch však nie je možné dosiahnuť relatívny valivý pohyb, potrebný na kontinuálnu produkciu a tak sú jednotlivé valce prepojené cez ozubené súkolesie a poháňané pohonnou jednotkou [4].



Obrázok 1: Hárková ofsetová tlačová jednotka (upravené z [5]).

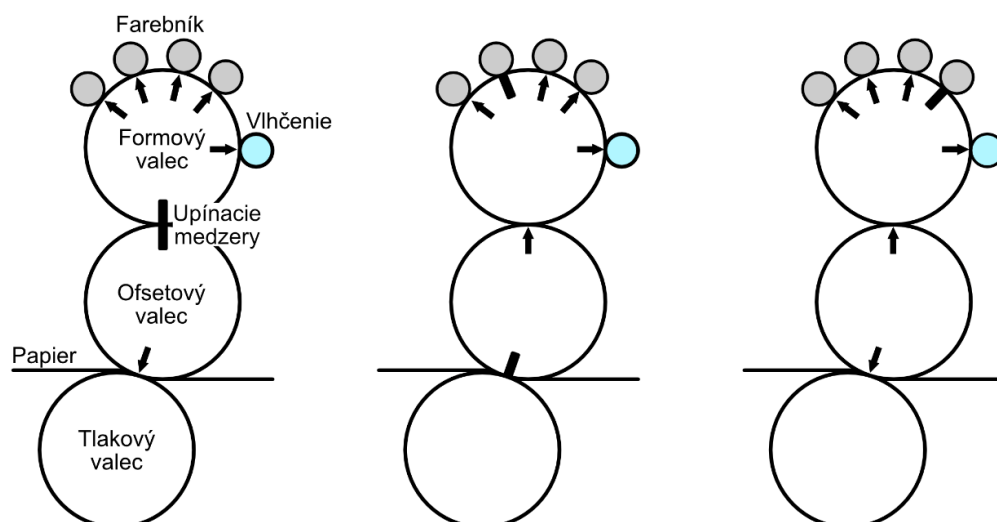
1.3 Vznik vibrácií

Pohon valcov ozubenými kolesami v ofsetovej tlačovej jednotke vytvára medzi ich povrchmi prešmyknutie, čo znamená, že okrem radiálnej deformácie ofsetového poťahu v kontaktnej zóne (nipe) prechádzajú valce aj tangenciálnou deformáciou [4]. Pôsobiacie sily medzi povrchmi valcov spôsobujú deformáciu ofsetového poťahu [4]. Na začiatku medzier v týchto valcoch tlak náhle poklesne na nulu, kontakt medzi valcami zmizne a akonáhle sa dostanú opäť do kontaktu, vzrastie na maximum [1]. U tlačového formátu o šírke 1 meter spôsobí priechod medzery zmenu zaťaženia cca 10 000 N až 20 000 N v závislosti na nastavení tlaku [3]. Táto fluktuácia kontaktného tlaku medzi nulou a maximom sa tiež nazýva Cylinder Gaps Shock (otrasy medzier vo valcoch) a spôsobuje vibrácie v tlačovej jednotke, ktoré zhoršujú výslednú kvalitu tlače [1]. Vrstva farby v kontaktných zónach medzi valcami a valčekmi, ktorej hrúbka je niekoľko mikrometrov je týmito vibráciami deformovaná [2]. V dôsledku týchto vibrácií sú narušené navarovacie a vlhčiace valce, čo môže byť taktiež príčinou pruhovania v tlači [1]. Z tohto dôvodu sú medzi formovým a ofsetovým valcom v kontakte smykové nákrúžky [4].

Smykové nákrúžky opísané v [4] sú vyrobené z kalenej ocele s vysokou valivou silou. Nachádzajú sa na bočných stranách ofsetového a formového valca, aby minimalizovali účinky vibrácií. Majú približne rovnaké priemery ako priemery ozubených kolies a pri vysokom počiatocnom napätí sa po sebe valia. Základnou úlohou nákrúžkov je zabrániť rotačným vibráciám, ktoré by za normálnych okolností vznikali medzi valcom a ozubenými kolesami.

Výrobcovia tlačových strojov používajú k zníženiu úrovne vibrácií rôzne konštrukčné riešenia. U bežných tlačových strojov je to stužovanie a tlenie tlačovej jednotky [3]. V iných konštrukčných riešeniach sa medzery vo valcoch, v ktorých sa nachádza uchytanie pre tlačovú formu alebo ofsetový poťah rieši tým, že sa na valce tlačová doska a ofsetový poťah nasúva a tvorí návlek [3]. Aj u týchto návlekov sa však pri torzných vibráciách objavujú pruhy [3].

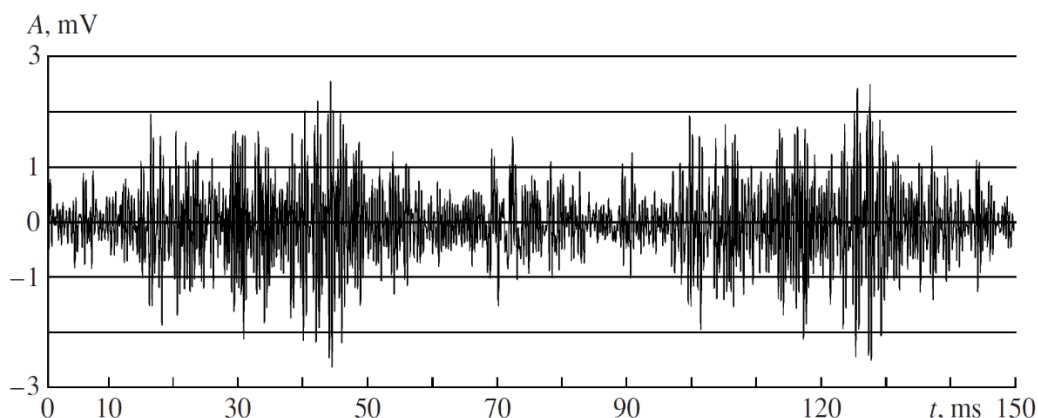
Ofsetová tlačová jednotka obsahuje veľa pohyblivých objektov, ktoré môžu vyvolávať vibrácie. K tým najvýznamnejším patria už zmienené prvky pohonnej jednotky a valce tlačovej jednotky. Vibrácie však vyvolávajú aj valčeky farebníka a vlhčiaceho zariadenia zobrazené na obrázku 2. Ďalej sa vibrácie prejavujú aj u podávačov, vykladačov a predávačov hárkov [4]. Tieto vznikajúce vibrácie zvyšujú dynamické zaťaženie a sú dôvodom nadmerného opotrebenia ložísk, ozubených kolies a ostatných častí tlačového stroja [4]. Ak by sme brali do úvahy dodatočné opotrebenie smykových nákrúžkov, opotrebenie ložísk a nevyváženosť valcov, dá sa očakávať že vibrácie budú mať oveľa väčší vplyv na výsledky dosiahnuté počas tlače [5].



Obrázok 2: Príčina vzniku pruhov v dôsledku rázov medzier vo valcoch. Šípky zobrazujú miesta, ktoré sú ovplyvnené a podieľajú sa na vzniku pruhovania. (upravené z [3]).

1.4 Vznik pruhov

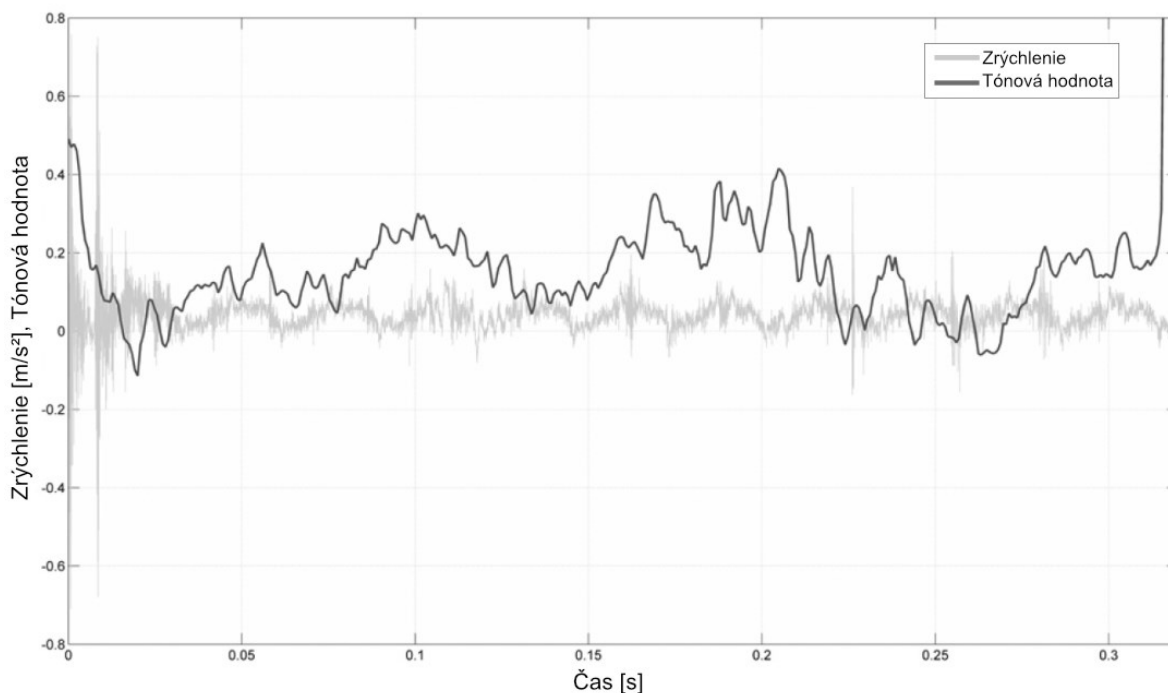
Hlavnou príčinou vzniku pruhovania sa najviac hovorí o otrasoch medzier vo valcoch. Vzniknuté vibrácie v dôsledku týchto rázov zaznamenáva obrázok 3, na ktorom sú zreteľne viditeľné periodické impulzy dvoch otáčok formového a ofsetového valca. Tieto impulzy zodpovedajú priechodu týchto medzier a vzniku pruhovania [6].



Obrázok 3: Vibrácie formového a ofsetového valca zaznamenané pre dve otáčky. Rýchlosť tlače odpovedá 45 000 ot/min (prevzaté z [6]).

Týmito vibráciami sa taktiež zaoberali Krzyżkowski a Pyryev [1], ktorí skúmali ako veľmi pôsobí intenzita vibrácií, spôsobená prechodom valcov cez upínacie kanáliky, na vznik tohto defektu. Na obrázku 4 zaznamenávajú veľmi intenzívne vibrácie ofsetového valca a nárast tónovej hodnoty, ktoré súvisia s rázom medzery vo valci. Všetky zvýšené tónové hodnoty však nesúhlasia s vibráciami vzniknutými prechodom valcov cez medzery. To znamená, že tieto rázy nie sú jediným zdrojom vzniku pruhovania. Veľké zmeny tónových hodnôt sú z dôvodu tlače na tlačovom stroji bez smykových nákrúžkov, ktorých funkcia bola popísaná v kapitole vyššie.

V článku [1] Krzyżkowski a Pyryev zaznamenali taktiež vplyv tlačového papiera na intenzitu pruhovania. V experimente sa tlačilo na natieraný a nenatieraný tlačový papier. Tieto papiere mali približne rovnakú plošnú hmotnosť. Po tlači bola pomocou skenera zaznamenaná a graficky analyzovaná tónová hodnota celej dĺžky tlačového hárka a z výsledkov bolo jasne viditeľné, že tónová hodnota sa mení výraznejšie u natieraného papiera ako u nenatieraného. Vysvetlením tohto chovania, môže byť vyššia hladkosť a nižšia nasiakavosť natieraného papiera. Naopak nenatieraný tlačový papier v experimente preukázal lepšie tlmiace vlastnosti a pohlcovanie vzniknutých vibrácií. V porovnaní s nenatieraným tlačovým papierom, sú pruhy pri tlači viditeľnejšie viacej na natieranom tlačovom papieri. Z tohto dôvodu sa pre technické preberacie skúšky pruhovania používa natieraný tlačový papier.



Obrázok 4: Zmeny tónovej hodnoty po celej dĺžke tlačového hárku a nameraná intenzita vibrácií v priebehu jednej otáčky ofsetového valca. Tlač pri 70 otáčok/min (50% maximálnej rýchlosti tlače) na tlačovom stroji Romayor 314 bez smykových nákrúžkov. (upravené z [1]).

1.5 Skúšky pruhovania

Technická kvalita potlačeného výrobku je do značnej miery určená vlastnosťami tlačového stroja, pričom veľmi dôležitou vlastnosťou je tendencia vytvárania pruhov pri tlači. V takomto prípade sa táto negatívna vlastnosť prejaví po celú dobu životnosti tlačového stroja. Všetky tlačové produkty vytlačené na tomto stroji, budú mať túto vadu tlače. Z tohto dôvodu sa pri kontrole tlačového stroja zisťuje tzv. „charakteristické pruhovanie“ [3]. Pokiaľ skúška odhalí na potlačenom hárku pruhy nad určitou hranicou vizuálnej intenzity, je preberanie odmietnuté a je požadovaná oprava alebo vrátenie [3].

S otázkou, ktorá z farieb je tá správna pre hodnotenie homogénnej plochy sa zaoberal Raabe [7]. V článku bolo zistené, že kontrastné videnie je najvýraznejšie v stredných vlnových dĺžkach, a preto sú v zásade vhodné farby, ktoré majú v tejto oblasti vysoký podiel absorpcie. Do tejto oblasti patria taktiež procesné farby purpurová a azúrová. Vzhľadom k vysokej korelácii s vizuálnym vnemom sa pre technické hodnotenie nerovných vrstiev odporúčajú kolorimetrické hodnoty ΔL^* .

V technických preberacích skúškach však neexistujú žiadne systematické experimenty, ktoré by zisťovali, za akých okolností je tvorba pruhov najzreteľnejšia. V nasledujúcich skúškach pruhovania sa preto jednotlivé nastavenia tlače líšia.

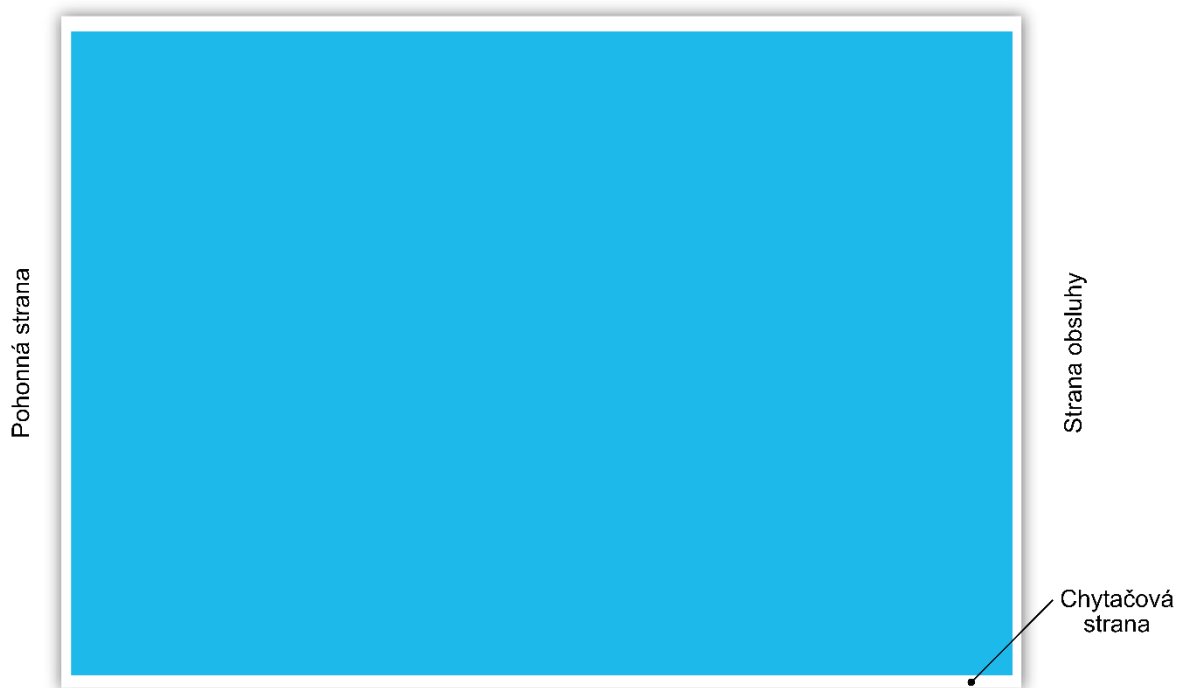
1.5.1 Skúška pruhovania r. 1993/1994

Popísaná metóda vychádza z knihy [8] a je prvým pokusom o metrologické vyhodnotenie defektu pruhovania. Meranie výtlakov pochádza z rokov 1993/1994. Od tejto doby, ako uvádza Dolezalek [3], došlo k významným zmenám v konštrukcii tlačových strojov a v technológii merania. Táto metóda bola pôvodne vyvinutá pre hodnotenie pruhovania u hárkových ofsetových strojov, ale neskôr bola rozšírená aj pre kotúčovú ofsetovú tlač. Tieto stroje používajú výrazne tenšie a nerovnomernejšie materiály. To znižuje detekovatelnosť veľmi slabých pruhov a znemožňuje ich meranie.

Tlačová forma

Tlačový obrazec na testovacej forme zaberá celý tlačový formát. Testovacia forma na obrázku 5 obsahuje plochu s tónovou hodnotou 70 %, kruhovým rastrom a natočením siete 0°. Je potrebné dodržať nasledujúcu optickú hustotu:

$$D = 0.75 \pm 0.08$$



Obrázok 5: Testovacia forma na testovanie pruhovania r. 1993/1994 (upravené z [8]).

Materiály

Pre testovanie pruhovania sa používa lesklý obojstranne natieraný tlačový papier o plošnej hmotnosti 120 g/m². Formát musí byť najmenej 80 % maximálnej šírky tlače.

Sada vzoriek

Počas tlače vzorových hárkov musí byť proces stabilný, hárky sa nesmú vyťahovať ani sa nesmie meniť ich poradie. Po dostatočnom zaschnutí sa postupne očísľujú a tvoria sadu vzoriek. Počet hárkov, tvoriacich jednu sadu sa nachádza v tabuľke 1. Pre prípadné overenie je druhá sada vhodným spôsobom archivovaná.

Tabuľka 1: Počet vytlačených hárkov pre meranie pruhovania a archiváciu r. 1993/1994 [8].

Potlačené hárky	2 × 150 hárkov ¹
Sada vzoriek	3 náhodne vybrané hárky
¹ 150 hárkov ako sada vzoriek, 150 hárkov ako archivačná sada	

Stanovenie charakteristickej hodnoty

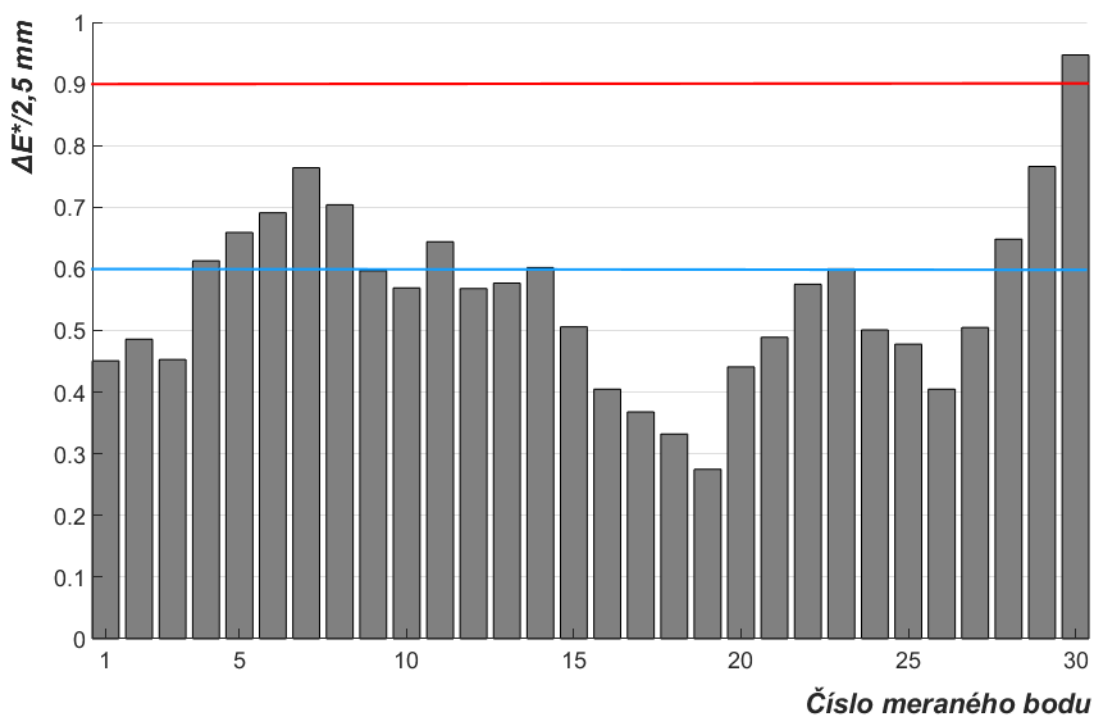
Z vytlačenej sady vzoriek sú náhodne vybrané tri hárky. Výtlačky sú metrologicky vyhodnotené pomocou spektrofotometra. Pre každý hárkok sa meria len jedna dráha, ktorá odpovedá smeru tlače počnúc začiatkom hárka až po koniec v intervale 2,5 mm. Poloha meranej dráhy na hárku sa určuje vizuálne a je potrebné aby sa na tlačovom hárku nachádzal najväčší kontrastný rozdiel. Pre každý meraný bod sú následne získané farebné súradnice L^* , a^* a b^* , ktoré je potrebné zapísať do tabuľky. Z týchto hodnôt sa následne vypočíta farebná vzdialenosť $\Delta E_{1/2}^*$. Farebná vzdialenosť sa počíta medzi dvomi za sebou idúcimi bodmi podľa nasledujúcej rovnice:

$$\Delta E_{1/2}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (1)$$

Začína sa medzi prvým a druhým bodom, ďalej medzi druhým a tretím atď. Takto je vypočítaná odchýlka pre všetky namerané hodnoty. Z týchto získaných farebných vzdialeností sa následne vypočíta kľzavý priemer štyroch po sebe idúcich hodnôt. Kľzavý priemer štyroch po sebe idúcich bodov tvorí poslednú hodnotu a je vypočítaný podľa nasledujúcej rovnice:

$$\frac{\Delta E_{1,2} + \Delta E_{2,3} + \Delta E_{3,4} + \Delta E_{4,5}}{4} \quad (2)$$

Kĺzavý priemer sa taktiež zapíše do tabuľky a tvorí poslednú hodnotu, z ktorej je zostrojený stĺpcový graf závislosti na čísle meraného bodu (obrázok 6). Každý z týchto grafov znázorňuje jeden z troch náhodne vybraných hárkov zo sady vzoriek. Tieto grafy slúžia na vyhodnotenie vzniku pruhov. Celá krivka musí ležať pod charakteristickou hodnotou ΔE^* . Táto hodnota je rovná 0,9 a pokiaľ krivka prekročí hraničnú hodnotu parameter pruhov nie je splnený. Hodnoty pod 0,6 nie sú na tlačovom hárku viditeľné, preto sa vyhodnocuje len časť nad touto hodnotou.



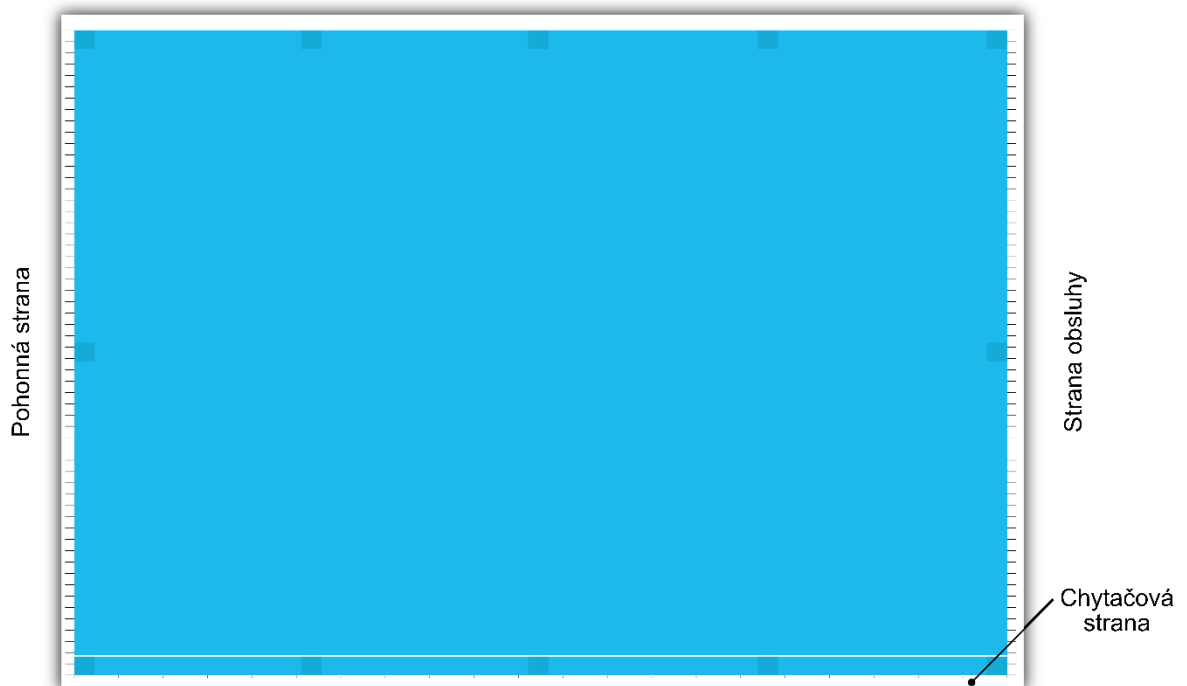
Obrázok 6: Vzorový graf pre hodnotenie pruhovania podľa vyššie stanovenej metódy. Červená čiara zobrazuje charakteristickú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená. Modrá čiara zobrazuje hodnotu, pod ktorou nie je možné vizuálne spozorovať pruhovanie na tlačovom hárku.

1.5.2 Preberacie skúšky Fogra 32.170

V rámci výskumného projektu Fogra č. 32.160 boli vyvinuté dve nové metódy pre hodnotenie pruhovania. Tieto metódy sú popísané v správe výskumu Fogra [2]. Prvá metóda pre hodnotenie pruhovania u hárkovej ofsetovej tlače sa meria pomocou spektrofotometra a jej postup je uvedený nižšie. Druhá metóda je zameraná viacej na prácu so skenerom a programom na prácu s digitálnymi dátami typu *Matlab*. Pre jej uplatnenie je potrebný skener so šírkou minimálne 1 meter. V tejto práci je však uvedená len jedna z nich z dôvodu podobnosti druhej s metódou pruhovania podľa Dolezalka a nárokov potrebných na skenovací zariadenie. Obe metódy by mali byť vyvinuté tak, aby nezáležalo na použítom meracom zariadení. Vhodnými metóda by sa tak dalo dať dosiahnuť rovnakého výsledku.

Tlačová forma

Rozloženie testovacej formy na obrázku 7 je pre archové a kotúčové ofsetové tlačové stroje rovnaké. Tlačový obrazec na testovacej forme zaberá celý tlačový formát. Okrajová oblasť bez potlače má šírku 10 mm. Na začiatku a na konci tlače je päť rovnako rozmiestnených plných tónových políčok o veľkosti 7×7 mm. Na strane hnacieho ústrojenstva a obsluhy sa v smere tlače nachádza milimetrová stupnica, ktorá umožňuje určiť presnú polohu prípadných pruhov. Pozícia 0 u tejto stupnice označuje začiatok tlače. Testovacia forma obsahuje plochu s tónovou hodnotou 75 %, kruhovým rastrom a natočením siete $15^\circ/75^\circ$. Na začiatku hárku sa nachádzajú značky pre nastavenie skenovacieho zariadenia so šírkou 0,5 mm a dĺžkou 2 mm. Pre spektrofotometer sa nachádza na hárku negatívna polohovacia linka, ktorá je v celej šírke tlače a má šírku približne 8 mm.



Obrázok 7: Tlačová forma na testovanie pruhovania Fogra 32.170. Po stranách sa nachádza milimetrová stupnica a na chytačovej strane sa nachádzajú značky pre nastavenie skenovacieho zariadenia. Biela čiara na tlačovom hárku zobrazuje polohovaciu linku pre spektrofotometer (upravené z [2]).

Materiály

Tlačový papier pred preberaním zaisťuje prevádzkovateľ tlačového stroja, pokiaľ nie je inak dohodnuté. Pred prípravou na test sú požiadavky ako sú relatívna vlhkosť papiera a teplota kontrolované, a dokumentované neutrálnou stranou. Pokiaľ nie sú splnené požiadavky je potrebné na tento nedostatok upozorniť, pretože to môže negatívne ovplyvniť testovanie.

V tabuľke 2 sú uvedené požiadavky na tlačový papier. Na tlačovom materiály sa nesmú vyskytovať žiadne vady, zvlnenie a nesmú byť poškodené rohy, preto je pred skúškou vizuálne skontrolovaný.

Tabuľka 2: *Technické požiadavky na tlačový papier pre skúšku Fogra 32. 170 [2].*

Šírka materiálu	Aspoň 80 % maximálnej šírky tlače
Vlhkosť stohu	45 % \pm 5 % relatívnej vlhkosti
Plošná hmotnosť	135 až 150 g/m ²
Smer výroby	Široká dráha

Klimatické podmienky prostredia

Na klimatické podmienky v tlačovej hale sú kladené nasledujúce požiadavky uvedené v tabuľke 3. Tlačový materiál použitý pre skúšku musí byť najmenej 48 hodín kondicionovaný v lisovni bez obalu, pričom počas tejto doby skladovania musí obsluha stroja ráno a večer zaznamenávať klíma v miestnosti.

Tabuľka 3: *Klimatické požiadavky pre tlačovú halu u skúšky pružovania Fogra 32. 170 (upravené z [2]).*

Teplota	20 až 25 °C
Relatívna vlhkosť vzduchu	45 až 60 %

Sada vzoriek

Tlačí sa azúrovou farbou pri 85% rýchlosti tlače. Sada použitých vzoriek sa delí podľa rozsahu skúšky. Jednotlivé rozsahy kontroly sú uvedené v tabuľke 4. Rozsah kontroly sa delí na štandardný, rozšírený 1 a rozšírený 2. Zo začiatku sa hodnotí len štandardný rozsah kontroly. Pokiaľ je medzná hodnota prekročená, musí sa urobiť rozšírená skúška 1. Pokiaľ by bola prekročená rozšírená skúška 1, tak sa robí rozšírená skúška 2. Pokiaľ by tlačový stroj neprešiel ani cez jednu z týchto skúšok, tak je skúška označená za nesplnenú.

Tabuľka 4: Počet vytlačených hárkov a hárkov potrebných pre vyhodnocovanie skúšky pruhovania Fogra 32. 170 (upravené z [2]).

Štandardná skúška	Vyhodnocuje sa 1 náhodne vybraný hárkok zo 100
Rozšírená skúška 1	Zo 100 vytlačených hárkov sa vyberie 10 za sebou idúcich a vyhodnocuje sa prvých 5 hárkov
Rozšírená skúška 2	Vyhodnocuje sa ďalších 5 hárkov z predchádzajúcej rozšírenej skúšky 1

Stanovenie charakteristickej hodnoty

Pomocou posuvného spektrofotometra sa na jednom tlačovom hárku meria 60 dráh. Jednotlivé meracie dráhy prebiehajú v rovnakej výške rovnobežne so smerom tlače a odpovedajú značkám pre vyrovnanie meracieho zariadenia. Z meraní spektrofotometrom sa získajú hodnoty L^* , a^* a b^* , pričom každému nameranému bodu je možné priradiť príslušnú pozíciu pomocou milimetrovej stupnice na oboch stranách tlačového hárka. Počet vyhodnocovaných archou závisí na rozsahu skúšky.

Meracie zariadenie musí zaznamenávať body minimálne každých 0,5 mm. Vzďialenosť medzi bodmi sa označuje ako interval meraných bodov a_{MP} , pričom počet meraných bodov v jednej meranej dráhe N_{MP} sa počíta pomocou rovnice:

$$N_{MP} = \frac{l}{a_{MP}} \quad (3)$$

Všetkých 60 jednotlivo meraných dráh pre každý hárkok je následne zlúčených do jednej priemernej meranej stopy. Vďaka tomu sa pre každú meranú pozíciu vypočíta stredná hodnota. Výpočet sa robí pomocou nasledujúcich rovníc:

$$\bar{L}_{DW;n}^*(x_{MP}) = \frac{1}{60} (L_{DW;n;1}^*(x_{MP}) + L_{DW;n;2}^*(x_{MP}) + \dots + L_{DW;n;60}^*(x_{MP})) \quad (4)$$

$$\bar{a}_{DW;n}^*(x_{MP}) = \frac{1}{60} (a_{DW;n;1}^*(x_{MP}) + a_{DW;n;2}^*(x_{MP}) + \dots + a_{DW;n;60}^*(x_{MP})) \quad (5)$$

$$\bar{b}_{DW;n}^*(x_{MP}) = \frac{1}{60} (b_{DW;n;1}^*(x_{MP}) + b_{DW;n;2}^*(x_{MP}) + \dots + b_{DW;n;60}^*(x_{MP})) \quad (6)$$

Platí že $x \in [1 : (N_{MP} - \Delta x_{MP})]$

Keďže použité zariadenia generujú hodnoty v intervaloch menších ako je 2,5 mm, musia byť pre výpočet použité dve a viac hodnôt, ktorých vzdialenosť po zaokrúhlení odpovedá 2,5 mm. Vzdialenosť medzi meranými bodmi sa vypočíta pomocou nasledujúcej rovnice:

$$\Delta x_{MP} = \frac{2,5 \text{ mm}}{a_{MP}} \quad (7)$$

Vzdialenosť sa zaokrúhľuje na celé číslo. To znamená, že pokiaľ by vzdialenosť 2,5 mm odpovedalo 14 bodom, tak by hodnota prvého rozdielu odpovedala bodom 1 a 15. Druhý rozdiel by odpovedal bodom 2 a 16 atď.

Zo spriemerovaných údajov \bar{L}^* , \bar{a}^* a \bar{b}^* sa vypočíta tzv. „svetelná odchýlka“. Pre výpočet tejto odchýlky je potrebné rozlíšiť dva následné prípady, ktoré môžu nastať.

Prípad 1:

$$\Delta L_{DW;n}^*(x_{MP}) = L_{DW;n}^*(x_{MP} + \Delta x_{MP}) - L_{DW;n}^*(x_{MP}) \leq 0 \quad (8)$$

potom sa pre výpočet svetelnej odchýlky použije rovnica:

$$\Delta E_{h;DW;n}^*(x_{MP}) = \sqrt{\begin{aligned} &(L_{DW;n}^*(x_{MP} + x_{MP}) - L_{DW;n}^*(x_{MP}))^2 + \\ &(a_{DW;n}^*(x_{MP} + x_{MP}) - a_{DW;n}^*(x_{MP}))^2 + \\ &(b_{DW;n}^*(x_{MP} + x_{MP}) - b_{DW;n}^*(x_{MP}))^2 \end{aligned}} \quad (9)$$

Prípad 2:

$$\Delta L_{DW;n}^*(x_{MP}) = L_{DW;n}^*(x_{MP} + \Delta x_{MP}) - L_{DW;n}^*(x_{MP}) > 0 \quad (10)$$

potom sa pre výpočet svetelnej odchýlky použije rovnica:

$$\Delta E_{h;DW;n}^*(x_{MP}) = -\sqrt{\begin{aligned} &(L_{DW;n}^*(x_{MP} + x_{MP}) - L_{DW;n}^*(x_{MP}))^2 + \\ &(a_{DW;n}^*(x_{MP} + x_{MP}) - a_{DW;n}^*(x_{MP}))^2 + \\ &(b_{DW;n}^*(x_{MP} + x_{MP}) - b_{DW;n}^*(x_{MP}))^2 \end{aligned}} \quad (11)$$

Platí že $x \in [1 : (N_{MP} - \Delta x_{MP})]$

Zmena mernej svetlosti sa vypočíta medzi dvomi za sebou idúcimi bodmi. Odchýlka mernej svetlosti je vyjadrená pomocou rozdielu dvoch bodov, ktoré sú od seba vzdialené 2,5 mm. Na rozdiel od farebnej odchýlky, ktorá nemôže byť záporná, má svetelná odchýlka znamienko v závislosti podľa toho, či sa jedná o zmenu jasu zo svetlejšieho do tmavšieho alebo z tmavšieho do svetlejšieho. Znamienko bolo zvolené tak, aby kladná hodnota odpovedala

silnejšiemu a záporná slabšiemu zafarbeniu. Pre posudzovanie zmeny mernej svetlosti platí nasledujúca konvencia:

$$\begin{aligned}\Delta L^* \leq 0 &\rightarrow \Delta L_h = +1 \\ \Delta L^* > 0 &\rightarrow \Delta L_h = -1 \\ \Delta E_h &= \Delta L \times \Delta E_{ab}^*\end{aligned}$$

Následne je na hodnoty $\Delta E_{h; 2,5mm}^*$ použité normálne rozdelenie, ktoré vychádza z rovnice:

$$\varphi_{\mu;\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (12)$$

Na použitie normálového rozdelenia je potrebné vypočítať strednú hodnotu μ a smerodajnú odchýlku σ . Pri skúške bola použitá stredná hodnota 0 a smerodajná odchýlka 3. Výsledné hodnoty sú prezentované pre každú jednotku zvlášť v x-y grafe v závislosti na polohe merania. Poloha bodu sa prevedie na metrickú mieru nasledujúcim spôsobom:

$$X = x_{MP} \cdot a_{MP} \quad (13)$$

Výsledné hodnoty nesmú prekročiť hodnotu 0,9. Pokiaľ nie je táto hodnota prekročená v žiadnom bode, tak sa tlačový hárok vyhodnotí ako „dobrý“.

1.5.3 Skúška pruhovania podľa Dolezalka

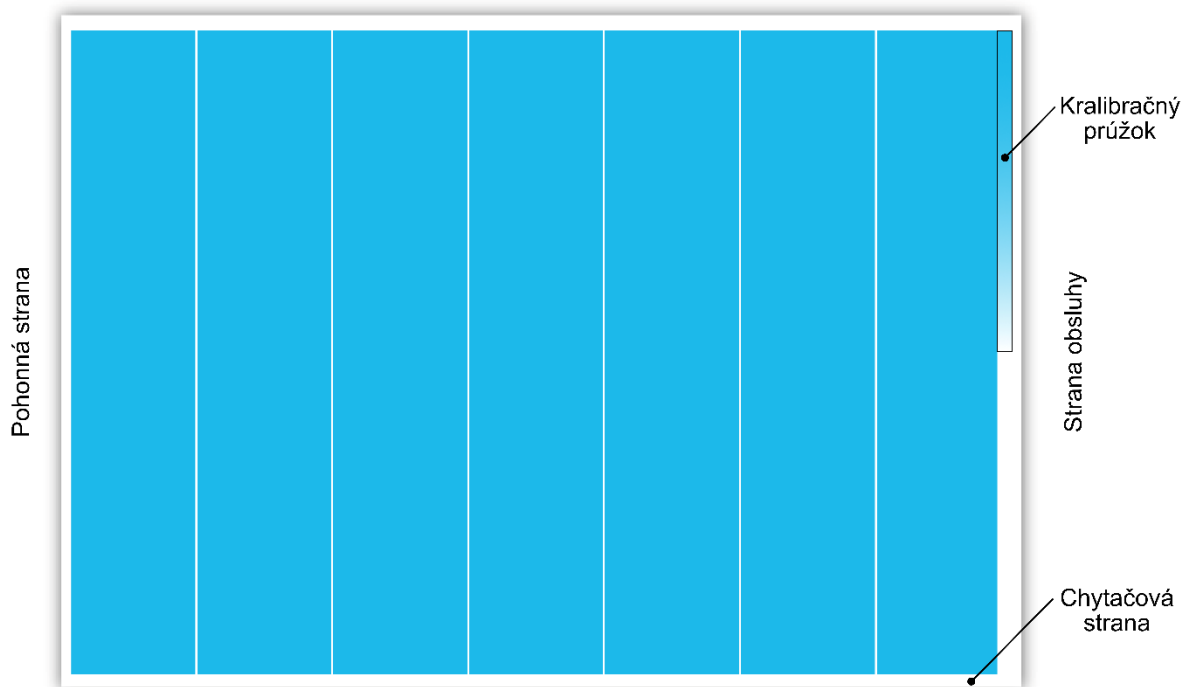
Nasledujúcu skúšku pruhovania vytvoril a popisuje vo svojom článku Dolezalek [3]. Najskôr bola skúška vytvorená a vyhodnocovaná na simulovaných pruhoch vytvorených pomocou programu *Matlab*. Následne bolo skúmané, pri akých parametroch a špecifikáciách je snímanie a identifikácia pruhov najefektívnejšia. Pre dosiahnutie dokonalej simulácie tlače, pretože vytvorené vzorky vykazovali väčšiu hladkosť, bol naskenovaný ofsetový nátláčok azúrovej farby s typickými vzormi škvrín. Tieto škvrny boli separované a mohli byť pridané ku akémukoľvek počítačom vygenerovanému vzorku. Po vytvorení vhodného hodnotenia bola skúška testovaná na tlačových hárkoch.

Dolezalek [3] podotýka, že pri nastavovaní prahovej hodnoty pre pruhovanie je potrebné brať do úvahy prah viditeľnosti. Cieľom každej tlačiarne je dodať zákazníkovi produkt, ktorý plne odpovedá tlačovej predlohe alebo „OK archu“ schválený zákazníkom. Tieto tlačové produkty by nemali vykazovať žiadne vizuálne rušivé artefakty. Je však jasné, že pri súčasne vysoko rozvinutom stave tlačovej techniky sú to slabo viditeľné pruhy, ktoré ležia tesne nad prahom viditeľnosti. Porušenie medzných hodnôt, ktoré sa nachádzajú v pokynoch, by mohli mať pri

preberacích skúškach závažné ekonomické dôsledky. V priebehu tohto projektu sa podarilo od výrobcov získať len niekoľko vzorkov, ktoré by vykazovali najvyššiu intenzitu pruhovania, takže nebola k dispozícii dostatočná dátová základňa.

Tlačová forma

Tlačový obrazec na obrázku 8 je vygenerovaný pomocou programu *Matlab*. Tónová hodnota je 70 % a môže obsahovať kruhový alebo mierne eliptický raster s uhlom $90^{\circ}/0^{\circ}$. Každé 4 palce sa na motíve nachádza negatívna čiara o šírke 1 pixelu. Tieto negatívne linky slúžia pre lepšiu detekciu pruhov vizuálnym spôsobom. Oko je schopné spriemerovať väčšie plochy vtedy, keď je mu známa orientácia týchto pruhov a nenastáva pri nich náhla zmena kontrastu. Na okraji sa nachádza kalibračný prúžok, ktorého hodnoty pokrývajú rozsah od 50 do 100 %. Prúžok by sa mal rozprestierať po celej dĺžke tlačovej formy, pretože skener nemusí mať rovnakú citlivosť. Aby sa zamedzilo šablónovaniu, nenachádza sa na tlačovom obraze žiadny plný tónový pruh.



Obrázok 8: Tlačová forma pre testovanie pruhovania pomocou skenera (upravené z [3]).

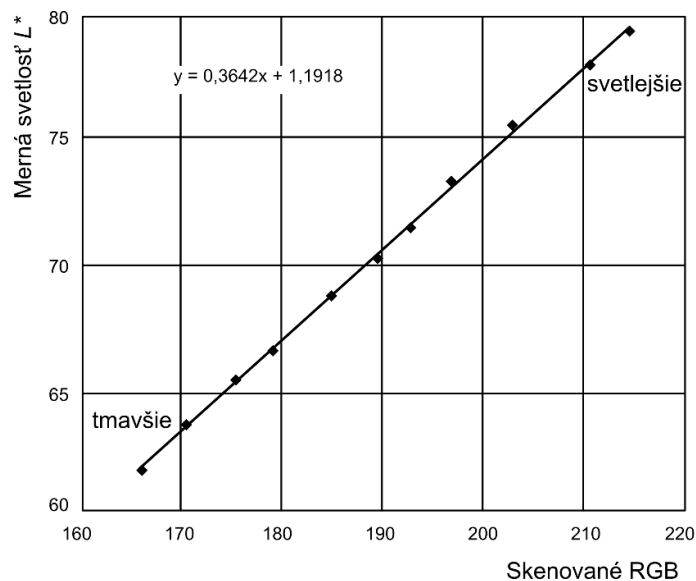
Materiály a sada vzoriek

Použitý tlačový papier bol lesklý, kriedový o plošnej hmotnosti 115 g/m^2 . Tlač prebieha podľa pokynov uvedených v príručke pre prevzatie príslušného tlačového stroja. Tlačí sa azúrovou tlačovou farbou a počet vytlačených vzoriek nie je definovaný.

Kalibrácia skenera a skenovanie obrazu

Pred samotným skenovaním musí byť dané zariadenie vhodným spôsobom skalibrované. Vďaka tomu budú všetky namerané hodnoty nezávislé od použitého skenovacieho zariadenia. Ku kalibrácii sa používa poltónový kalibračný prúžok, kedy najjednoduchším spôsobom je pripojenie kalibračnej šablóny k danému vzorku. Pretože skener nemusí mať rovnakú citlivosť po celej dĺžke pruhu, mal by sa kalibračný prúžok rozprestierať po celej šírke meraného vzorku. Ako krycí materiál pre vzorky sa použije tlačový papier.

Výsledkom kalibrácie sú vzťahy medzi výstupnými hodnotami CIELAB, farebnými hustotami alebo tónovými hodnotami a vstupnými hodnotami RGB dodanými skenerom. Na obrázku 9 je uvedený výsledok kalibrácie použitého skenera. Uvedený aproximačný vzorec je nutné použiť pre prevod RGB na základnú hodnotu mernej svetlosti L^* . Pokiaľ by sa použil pre správu farieb ICC profil, pigmenty by sa príliš líšili a presnosť interpolácie pomocou správy farieb by bola neuspokojivá.



Obrázok 9: Výsledok kalibrácie skenera. Vzťah medzi výstupnými hodnotami mernej svetlosti a vstupnými hodnotami RGB (upravené z [3]).

Na tlačovom hárku sa vizuálne nájdu miesta s najintenzívnejším pruhovaním. Tieto miesta môžu byť ťažšie určiteľné a niekedy nájdené až po intenzívnejšom skúmaní a hľadaní. Po nájdení vhodného miesta pre meranie sa z vytlačených hárkov vyrežú vzorky vo formáte A3 alebo A4. Vystrihnuté vzorky sa umiestnia na skener tak, aby smer tlače, ktorý je vyznačený negatívnymi čiarami na tlačovom hárku bol rovnobežný s dlhšou stranou skenera. Snímacia lišta je rovnobežná so snímacími pruhmi, takže prípadné rozdiely v intenzite lampy skenera

alebo citlivosti detektora pozdĺž pruhu tak nemôžu ovplyvniť konečný výsledok, pretože ten bude v smere pruhov spriemerovaný.

Pri nastavovaní parametrov skenera je dôležité zaistiť, aby bol vypnutý akýkoľvek automatizmus, ktorý by mohol ovplyvniť prevod farebných hodnôt do súradníc RGB. Taktiež nesmie byť zapnuté akékoľvek priemerovanie. Čím väčšia je nastavená bitová hĺbka skenera, tým viac sa získané hodnoty musia spriemerovať. Najvhodnejšie nastavenie je skenovanie pri 8 bitovej hĺbke v odtieňoch šedej, keďže tým získame na každý pixel len jednu hodnotu a stupnicu do 256 krokov. Dostačujúce rozlíšenie skenera je 100 dpi, s vyšším rozlíšením stúpa miera priemerovania. Pokiaľ sú vstupné hodnoty v RGB, musia sa previesť do odtieňov šedej.

Spracovanie hodnôt

Hlavnou výhodou vyhodnocovania pomocou skenera je veľké množstvo pixelov s priradenými hodnotami, ktoré je možné následne ďalej spriemerovať. Pokiaľ je k dispozícii veľa pixelov s určenými hodnotami, je pomer signál/šum možné výrazne zlepšiť vhodným priemerovaním. Priemerovanie a ďalšie matematické operácie sa robia pomocou programu *Matlab*. Pri čítaní vzorku sa je nutné sa uistiť, že je snímaná oblasť vo vnútri vzorku. To sa dá skontrolovať vizuálne pred skenovaním alebo pomocou histogramu. Pokiaľ by sa toto opatrenie nedodržalo, vplyvom okrajov by prišlo ku skresleniu výslednej krivky a pruhy by pri vyhodnocovaní nemuseli byť spoľahlivo detekovateľné.

Prvé priemerovanie sa najlepšie robí po celej dĺžke pásu, to znamená naprieč k smeru tlače, cez celú šírku vzorky. Skutočnosťou je, že detegované pruhy prebiehajú vždy priečne k smeru tlače. S rozlíšením skenovania 100 dpi dosahuje priemerovanie približne 825 pixelov pre formát A4. Pre formát A3 dosahuje priemerovanie približne 1650 pixelov. To umožní vyhladiť všetky moaré vzory.

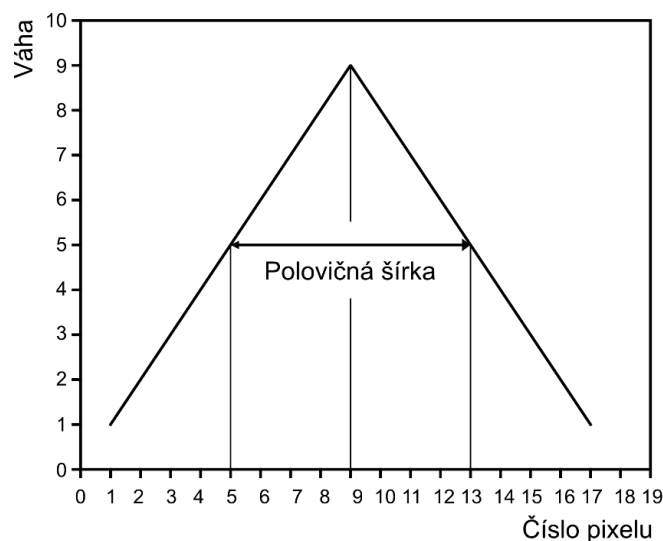
V ďalšom kroku by mal byť do určitej miery vyhladený vysokofrekvenčný šum šedých hodnôt v smere tlače, ktorý nie je typický pre tlačové pruhy. Za týmto účelom bol použitý stredovo vážený priemer pomocou trojuholníkového filtra na vzdialenosť 2,03 mm. Pri 100 dpi to odpovedá polovičnej šírke 8 pixelov. Pričom okrajové pixely mali najnižšiu váhu a smerom k stredu sa váha zvyšuje. Obrázok 10 znázorňuje schéma tohto filtra.

Priemerovanie na ešte väčšiu vzdialenosť by umožnilo ďalšie zlepšenie pomeru signál/šum, ale príliš by sploštilo strmosť jasne viditeľných skokov, a tým znemožnilo ich detekciu. Priemerovanie na príliš malú vzdialenosť by zhoršilo zasa už spomínaný pomer. Tentokrát by

bol príliš malý pre slabé pruhy. Priemerovanie odpovedá filtru „lowpass“, v ktorom sa používa Gaussova krivka. Priestorové frekvencie približne nad 5 cm^{-1} sú po aplikácii značne zoslabené. Priestorová frekvencia udáva koľko pruhov sa vyskytuje na jednotku dĺžky.

Obraz stále obsahuje veľa nízkofrekvenčných zložiek. Je preto nutné odfiltrovať tieto zložky druhým priemerovaním pôvodných dát, tentokrát so šírkou polovičnej hodnoty $50,04 \text{ mm}$. Šírka polovičnej hodnoty odpovedá 197 pixelov pri rozlíšení 100 dpi. Pre toto priemerovanie má väčší zmysel trojuholníkový filter ako klzavý priemer. Druhé priemerovanie na $50,04 \text{ mm}$ odpovedá „lowpass“ filtru, ktorý silno tlmí priestorové frekvencie približne nad $0,2 \text{ cm}^{-1}$.

Aby sa na okraji nestratilo príliš veľa informácií v dôsledku prvého priemerovania, má zmysel pridať polovicu základnej šírky trojuholníkového filtra k obojom okrajom s hodnotami okrajových pixelov. Túto možnosť poskytuje program *Matlab*. Je taktiež užitočné nahradiť oba okrajové pixely priemerom susedných 33 pixelov. Predchádzajúce testy ukázali, že pôvodné dáta sú týmto postupom menej ovplyvnené, pokiaľ sú hodnoty pre okrajovú zónu spriemerované na vzdialenosť $1/6$ polovičnej šírky filtra, v tomto prípade je to 33 pixelov.

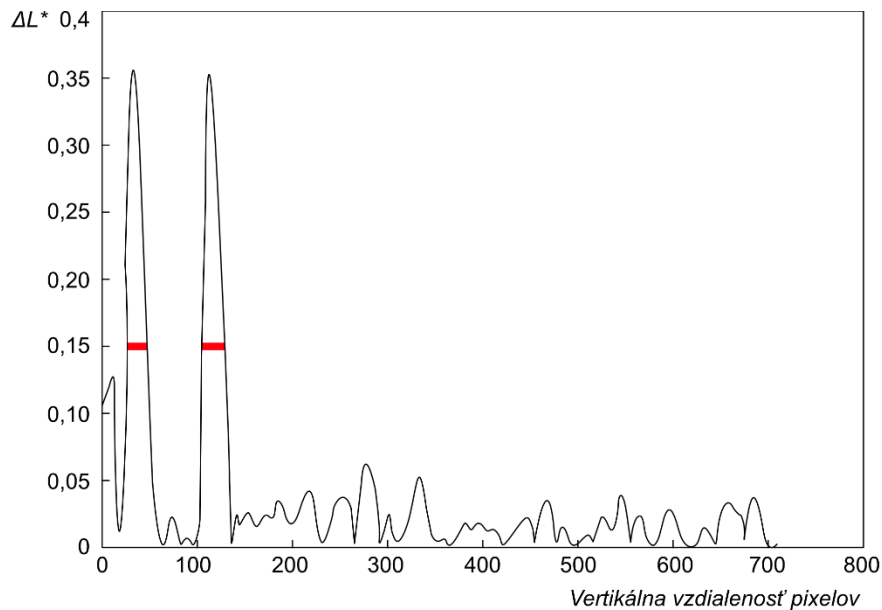


Obrázok 10: Schéma 2mm trojuholníkového filtra pre stredové vážené priemerovanie cez 16 pixelov. Polovičná šírka je rovná 8 pixelom (upravené z [3]).

Vyhodnotenie hodnôt

Pri testoch bolo zistené, že je vhodné odčítať krivku druhej trojuholníkovej filtrácie o šírke približne 50 mm od krivky prvej trojuholníkovej filtrácie o šírke približnej polovičnej hodnoty 2 mm . Týmto krokom nám zostane krivka so stredne frekvenčnými zložkami medzi $0,2 \text{ cm}^{-1}$ a 5 cm^{-1} , ktoré sú vizuálne viditeľné. Na konci testu sa z výslednej krivky vypočíta zmena mernej svetlosti ΔL^* po každých 5 mm . Výsledná krivka závislosti zmeny mernej svetlosti

k polohe bodov je zobrazená na obrázku 11. U týchto hodnôt nesmie byť presiahnutá medzná hodnota 0,15, ktorá je označená na obrázku červenou čiarou.



Obrázok 11: Závislosť zmeny mernej svetlosti ΔL^* na polohe pixelov na hárku. Červené čiary zobrazuje prekročení medznú hodnotu, ktorá je 0,15 (upravené z [3]).

1.5.4 Preberacie skúšky 2019

Nasledovná skúška pruhovania je popísaná v nemeckej smernici [9]. Táto smernica nahrádza ustanovenie z predchádzajúcej príručky pre preberanie hárkového ofsetového stroja z roku 2016.

Tlačové formy

Pre testovanie je možné použiť dva typy tlačových foriem. Tlačová forma č. 1 obsahuje kontrolné prvky až pre osem tlačových jednotiek. Všetky tlačové jednotky tlačia azúrovou tlačovou farbou. Z tohto dôvodu sú všetky kontrolné prvky na skúšobnej tlačovej forme a ostatné nevyhnutné kontrolné prvky na tlačovej forme vyhodnocované a označené, tak aby bolo možné vytlačené archy jednoznačne priradiť k príslušnej tlačovej jednotke. Je potrebné dodržať nasledujúcu optickú hustotu:

$$D = 0.70 \pm 0.04$$

Testovací obrazec tlačovej formy č. 1, znázornení na obrázku 12 sa skladá z troch pruhov pre každú tlačovú jednotku. Tieto pruhy sú usporiadané v sekvencii v smere tlače. Každý z týchto pruhov má tónovú hodnotu 70 % a zaberá celú dĺžku formy. Je použitý kruhový raster s natočením siete $0^\circ/90^\circ$. Všetky pruhy majú rovnakú šírku a sú od seba oddelené negatívnou

linkou širokou približne 1 mm, pričom na začiatku alebo na konci sú pruhy označené číslom príslušnej tlačovej jednotky. Pre individuálne testovanie pruhovania je možné použiť tlačovú formu č. 2 na obrázku 13. Táto forma obsahuje celú plochu s tónovou hodnotou 70%, kruhovým rastrom a natočením siete 0°/90°.

Pri obojstrannom tlačovom procese sa vzorový hárok tlačí podľa špecifikácii v tabuľke 5. Pri ofsetových tlačových strojoch s viacerými ako ôsmimi tlačovými jednotkami sa kontrolné prvky umiestnia na dve tlačové formy a tlačí sa po sekciách.

Tabuľka 5: Testovacia forma č. 1 podľa konfigurácie tlačového stroja (upravené z [9]).

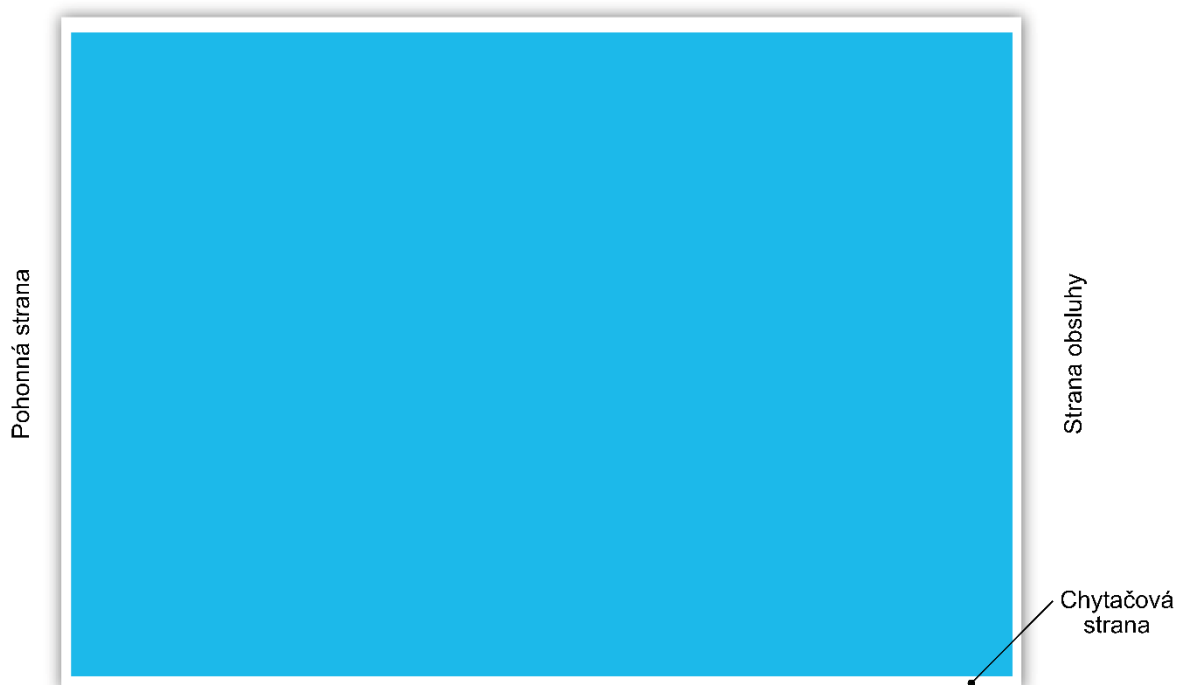
Počet tlačových jednotiek	Pomocné jednotky pred/po obrátení ¹	Tlač testovacej formy
Maximálne 6		Všetky tlačové jednotky
7 až 8	Maximálne 2	Všetky tlačové jednotky alebo sekcia po sekcií ²
	Viac ako 2	Sekcia po sekcií
Viac ako 8		Sekcia po sekcií
<p>¹ Počet pomocných jednotiek medzi poslednou tlačovou jednotkou pred lakovaním a prvou tlačovou po lakovaní.</p> <p>² Záleží na dohode medzi tlačiarom a výrobcom.</p>		

Pre tlačové stroje s viac ako ôsmimi tlačovými jednotkami je testovacia forma č. 1 rozdelená na dve sady tlačových dosiek. Prvá sada dosiek je uchytená od prvej tlačovej jednotky, ktorá má byť testovaná. Všetky tlačové jednotky s testovacími formami sú tlačené v jednom cykle, pričom nasledujúca tlačová jednotka, v ktorej sa nenachádza tlačová forma beží za rovnakých podmienok s nastavením (tlač zapnutá, farebník a vlhčenie vypnuté). Potom sú tlačové dosky odstránené z tlačového stroja.

Následne sa prvá testovacia forma uchytí do prvej tlačovej jednotky druhej sekcie (táto jednotka tiež bežala počas prvého priechodu na nastaveniach: tlač zapnutá, farebník a vlhčenie vypnuté). Ostatné tlačové formy sú opäť uchytené v ďalších tlačových jednotkách.



Obrázok 12: Tlačová forma na pruhovanie č. 1 pre testovanie až ôsmich tlačových jednotiek (upravené z [9]).



Obrázok 13: Tlačová forma na pruhovanie č. 2 pre individuálne testovanie tlačových jednotiek (upravené z [9]).

Materiály

Pokiaľ nie je dohodnuté inak, používa sa materiál doporučený výrobcom tlače ako štartovací materiál. K týmto materiálom patrí napríklad ofsetový poťah, aditíva do vlhčiaceho roztoku a procesné tlačové farby podľa ISO 2846-1. Pri tlači sa ďalej používa lesklý, obojstranne natieraný tlačový papier o plošnej hmotnosti 135 g/m² až 150 g/m². Šírka použitého papiera na testovanie musí byť najmenej 90% maximálnej šírky tlače.

Pre zabezpečenie dokonalých výsledkov by mal byť papier orezaný zo všetkých strán a stoh by nemal byť poškodený. Relatívna vlhkosť stohu by mala byť 50 % ± 5 % a relatívna vlhkosť vzduchu v tlačovej miestnosti 45 % až 60 %.

Sada vzoriek

Všetky tlačové jednotky tlačia pri 85% rýchlosti tlače. Počas tlače vzorových hárkov musí byť proces tlače stabilný a nesmú sa ťahať žiadne hárky. Každá sada vzoriek obsahuje jednotlivé hárky postupne za sebou. Vytlačené hárky v prvej sade sú ihneď po dostatočnom zaschnutí postupne očíslované a tvoria sadu vzoriek. Druhá sada je vhodným spôsobom archivovaná pre prípadné overenie a tvorí referenčnú sadu vzoriek.

Počet hárkov v tabuľke 6 sa vzťahuje nielen pre tlač pomocou testovacích foriem na pruhovanie 1, ale aj pre tlač testovacích foriem na pruhovanie 2 pre každý tlačových postup.

Tabuľka 6: Počet vytlačených hárkov pre jednu sadu vzorkov (upravené z [9]).

Potlačené hárky	2 × 50 hárkov ¹
Sada vzoriek	3 náhodne vybrané hárky
¹ 50 hárkov pre sadu vzoriek, 50 hárkov ako referenčná sada vzoriek	

Podmienky merania

Meranie potlačených hárkov prebieha podľa ISO 13655: 2017 (tabuľka 7), pričom sú všetky hodnoty zapisované do protokolu. Potlačené hárky musia ležať na úplne hladkom a tvrdom podklade. Pred meraním sa musí zabezpečiť, aby bolo možné zariadenie pre meranie umiestniť vždy na rovnaké miesto. Vyhodnocovaná je stredná sekvencia troch poltónových pruhových sekvencií. Na dráhe pritom nesmú byť žiadne záhyby, trhliny, škrabance alebo iné chyby, ktoré by mohli skresliť výsledok tohto merania. Od začiatku až do konca spektrofotometer nepretržite skenuje a meria farebné súradnice CIELAB v intervale 0,25 mm ± 10 % pre každú tlačovú

jednotku. Tieto hodnoty sa následne vyhodnocujú. Počet zaznamenaných meracích bodov sa prispôsobí dĺžke meranej dráhy, aby sa zabezpečila správna vzdialenosť medzi meranými bodmi.

Tabuľka 7: Pravidlá pre meranie pruhovalia spektrofotometrom (upravené z [9]).

Geometria merania	0°:45° alebo 45°:0°
Podmienky merania	M0 alebo M1
Pozorovateľ	2°
Referenčná biela	Biela papiera
Veľkosť apertúry	Ø 1,5 mm
Výstup hodnôt CIELAB	Bez prepočtu
Interval merania	0,25 mm ± 10 %

Stanovenie charakteristickej hodnoty

Od začiatku tlače sa z nameraných hodnôt počíta kĺzavý priemer siedmych za sebou nasledujúcich súradníc CIELAB, ktoré po sebe nasledujú v intervale približne 0,25 mm. Po každých desiatich hodnotách CIELAB sa vypočíta z týchto súradníc farebná odchýlka ΔE^*_{ab} . Prvé hodnoty teda budú vypočítané z hodnôt 1 a 11. Následne sa zo štyroch po sebe idúcich farebných rozdielov vypočíta kĺzavý priemer podľa nasledujúcej rovnice:

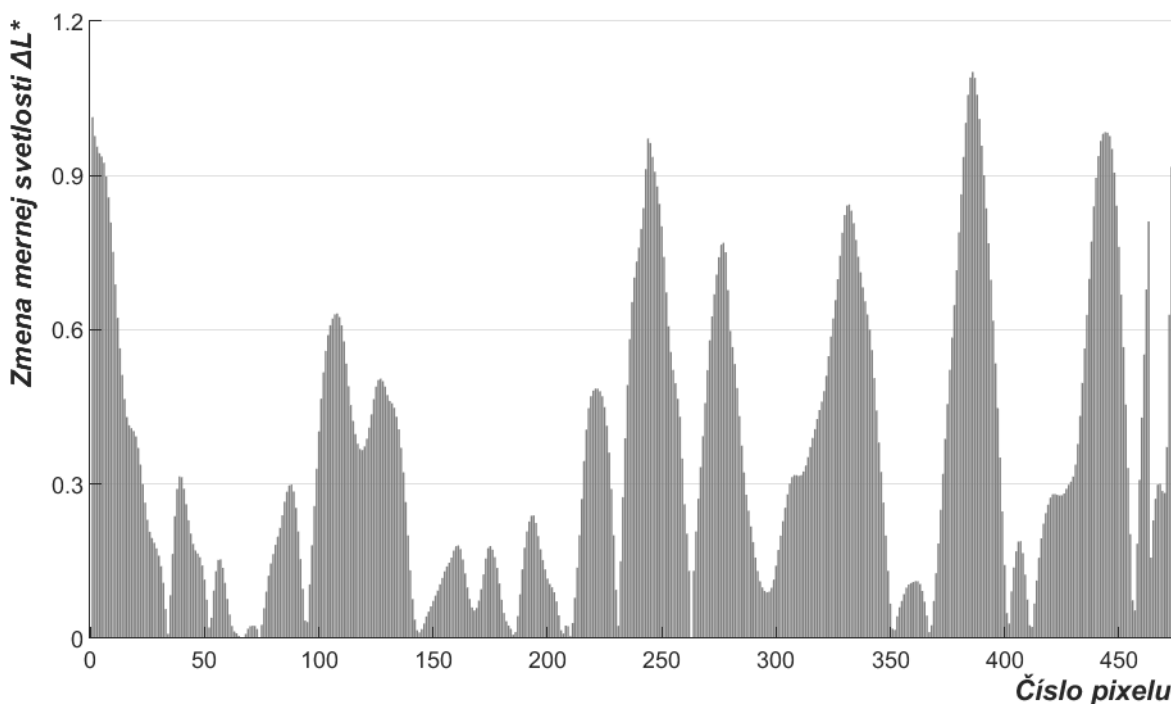
$$ST1 = \frac{\Delta E_{1,2} + \Delta E_{2,3} + \Delta E_{3,4} + \Delta E_{4,5}}{4} \quad (14)$$

Tento kĺzavý priemer nám určuje charakteristickú hodnotu ST1 pre pruhovalie za použitia testovacej formy č. 1. Hodnota ST1 nesmie byť vyššia ako tolerancia 0,9. Ak je táto tolerancia prekročená v jednej alebo vo viacerých tlačových jednotkách, musia sa tieto jednotky prekontrolovať tlačovou formou č. 2, z ktorej sa následne stanovuje charakteristická hodnota ST2. Pomocou tlačovej formy č. 2 sa na vzorových hárkoch v strede určí rovnakým spôsobom ako u ST1, charakteristická hodnota ST2, pričom opäť nesmie byť presiahnutá tolerancia 0,9.

2 PRAKTICKÁ ČASŤ

Táto časť práce popisuje vytvorenú metódu pre hodnotenia pruhovania spôsobené vibráciami v tlačovom stroji. Postup skúšky sa odráža od už vyššie popísaných skúšok a snaží sa nájsť optimálne riešenie pre zaznamenanie dát, spracovanie a nasledovné vyhodnotenie pruhovania. Všetky vyššie popísané skúšky predpokladajú, že pruhy majú v celej svojej dĺžke rovnakú intenzitu. Nižšie uvedené obrázky zobrazujú dráhy v smere tlače so značnou odlišnosťou, ktoré sú od seba vzdialené len zopár centimetrov. Pokiaľ by teda bola zvolená zlá dráha merania, mohla by byť skúška, ktorá bola označená ako „dobrá“ vyhodnotená nesprávne.

Popísaná metóda bola vytvorená za pomoci tlačového hárka tlačenom pomocou stroja *Heidelberg Speedmaster 75-C*. Tlačový hárk obsahoval veľmi intenzívne pruhy rôznej šírky a intenzity. Na hárku sa nachádzala odlišná tlačová farba ako bola použitá v nasledujúcej popísanej skúške, avšak detekcia pruhov bola rovnako účinná (obrázok 14). Tento poznatok umožňuje, pri vhodne zvolenej charakteristickej hodnoty ΔL^* , hodnotenie akejkoľvek tlačovej farby. Pokiaľ je teda pri tlači dostupný skener a program *Matlab*, je možné kedykoľvek urobiť kontrolu vytlačených hárkov.



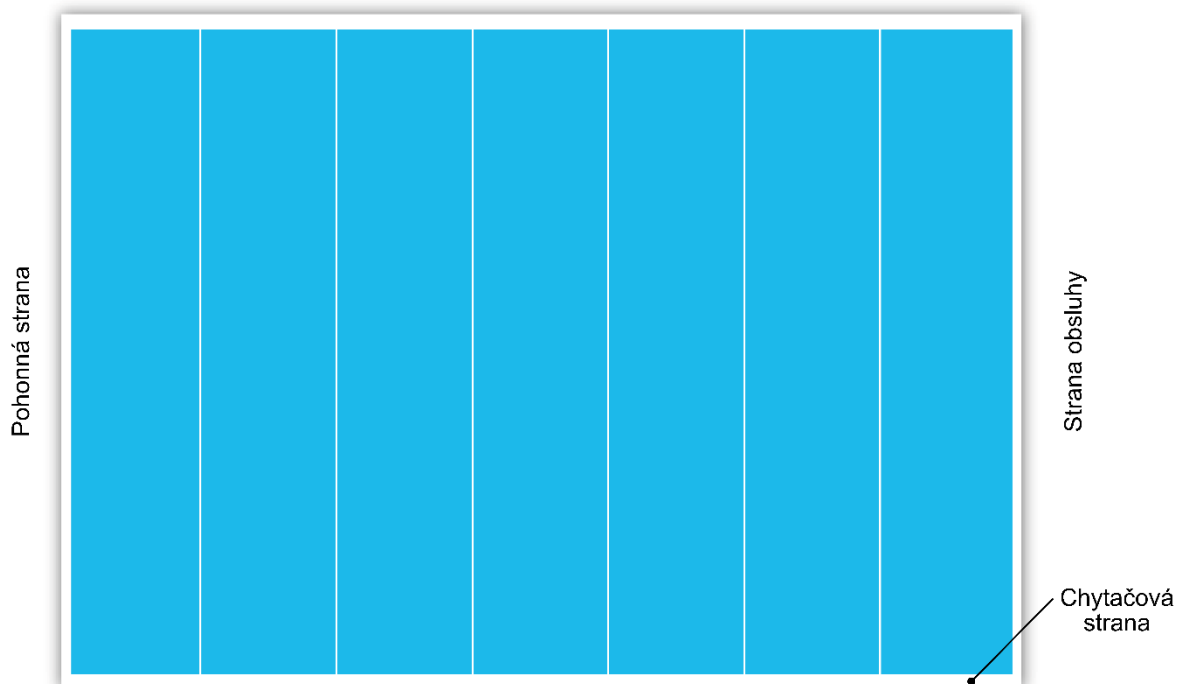
Obrázok 14: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku tlačenou so šedou tlačovou farbou.

Charakteristická hodnota ΔL^* sa musí pri odlišnej tlačovej farbe ako je azúrová meniť, pretože ľudské oko vníma kontrastné pruhy najviac len v stredných vlnových dĺžkach. Celá použitá metóda prebiehala v programe *Matlab*, avšak konečné vyhodnotenie je možné urobiť aj v inom

programe ako je napríklad *Excel*. Použitý kód pre vyhodnotenie je zobrazený v prílohe A. Kód a jeho funkcie sú nastavené tak, aby ich dokázal použiť akýkoľvek neskúsený užívateľ v programe *Matlab*. Všetky funkcie, okrem zvolenia hodnotených dráh pracujú samostatne. Nahraný súbor so skenovaným obrazom musí byť orientovaný tak, aby smer pruhov bol orientovaný v smere stĺpcov.

2.1 Tlačová forma

Vytvorený tlačový obrazec pokrýval celý formát na tlačovej forme (obrázok 15). Bol použitý kruhový raster s natočením siete 0° a tónovou hodnotou 70 %. Každých 12,5 cm sa na motíve nachádzala negatívna čiara v smere tlače o šírke 0,2 mm, ktoré slúžili pre lepšiu vizuálnu detekciu pruhov. Táto čiara bola pri vyhodnocovaní odstránená pomocou programu *Photoshop*, takže sa nezapočítavala do hodnotenia. Na tlačovej ploche sa nenachádzal žiadny plný tónový pruh.



Obrázok 15: Tlačová forma pre hodnotenie pruhovania.

2.2 Materiály

Použitý tlačový materiál bol lesklý, obojstranne natieraný s plošnou hmotnosťou 135 g/m^2 . Na tlačovom materiály sa nesmeli vyskytovať žiadne vady ako je zvlnenie a nesmeli byť poškodené rohy. Pred skúškou bol tlačový papier vizuálne skontrolovaný.

2.3 Sada vzoriek

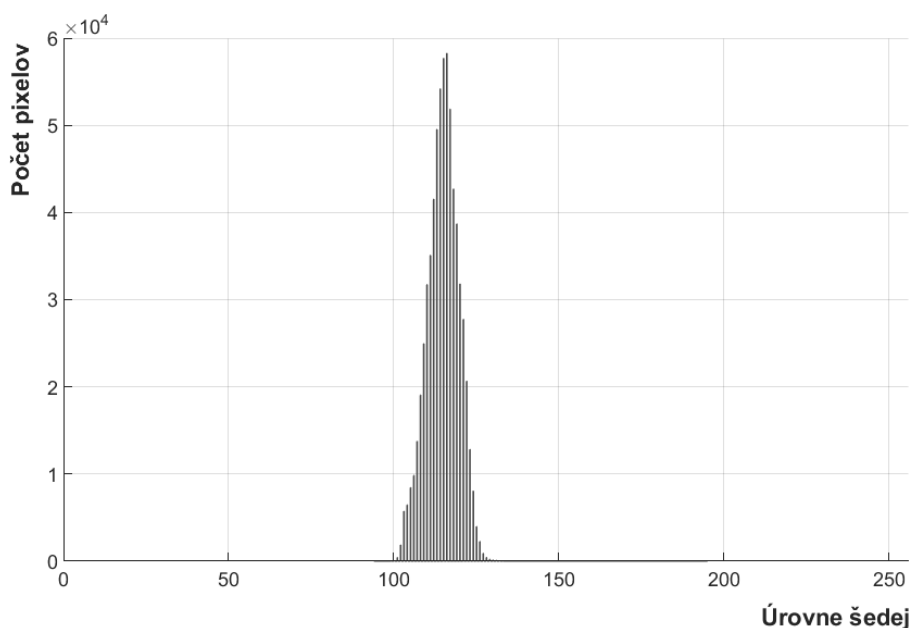
Tlač vzoriek o veľkosti A3 prebiehala na tlačovom stroji *Poly Performer 266* v prvej tlačovej jednotke. Rýchlosť tlače bola 5600 strán/hod. Za stabilného procesu s minimálnym vlhčením sa vytlačilo 100 strán a z nich bol náhodne vybraný jeden na hodnotenie.

2.4 Meranie skenerom

Z náhodne zvoleného vzorku sa vizuálne vybralo jedno miesto, kde bola intenzita pruhov opticky najväčšia. Miesto pruhov sa vystrihlo na veľkosť skenovacej plochy a umiestnilo tak, aby smer pruhov bol rovnobežný so smerom snímacej hlavy skenera. Bolo použité skenovacie zariadenie *Epson Scanner Perfection V 800*. Pri skenovaní nebola zapnutá žiadna automatika, profil ani softwarové priemerovanie. Nastavený bol najmenší možný 24bitový farebný formát a rozlíšenie bolo 100 dpi. Merali sa farebné súradnice RGB, s ktorými sa následne pracovalo.

2.5 Spracovanie hodnôt

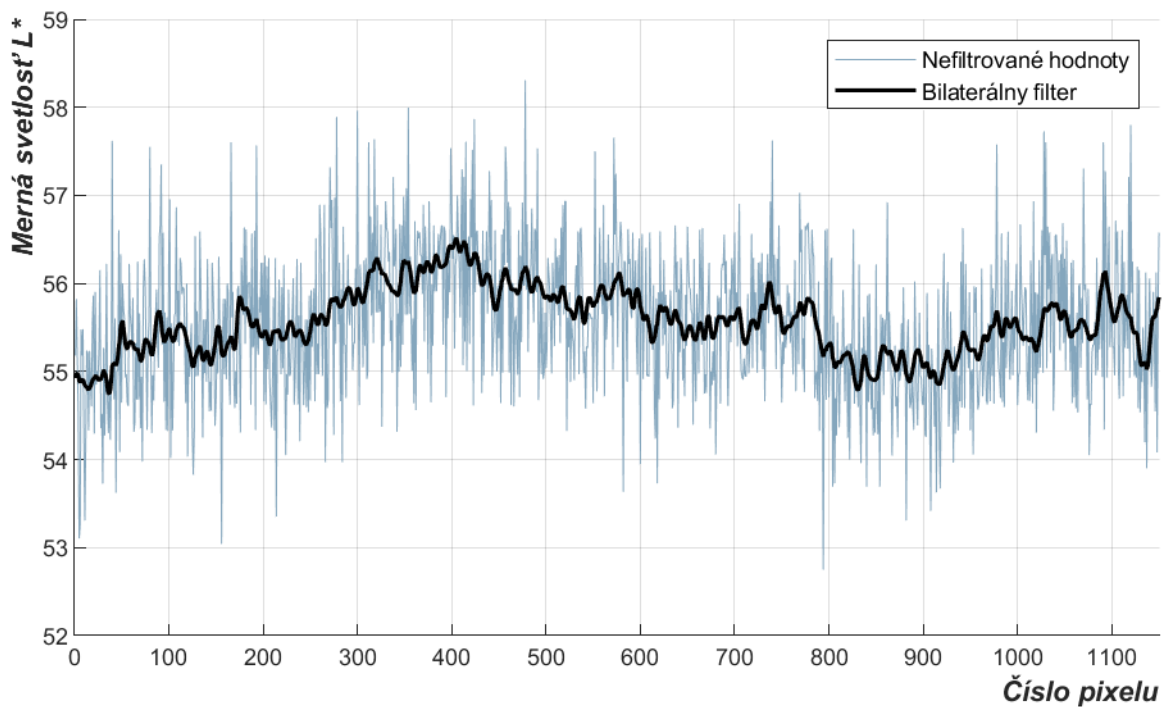
Naskenovaný obrázok obsahoval okraje tlačového hárka a taktiež jednu vnútornú bielu linku, ktoré museli byť odstránené, pretože by negatívne ovplyvnili výsledok skúšky. Prekážajúce biele plochy boli odstránené pomocou nástroja *Crop Tool* v programe *Adobe Photoshop*. Pre kontrolu správnosti orezania hodnotenej plochy sme obrázok previedli do úrovni šedej a vygenerovali histogram na obrázku 16, ktorý nám dal rýchly prehľad o tónovom rozsahu. Túto funkciu obsahuje taktiež *Adobe Photoshop* (Window > Histogram).



Obrázok 16: Histogram v odtieňoch šedej po správnom orezaní obrázka. Vodorovná osa uvádza úrovne šedej a zvislá osa počet pixelov, ktoré sú v obrázku použité.

Vzorka sa ďalej spracovávala v programe *Matlab*. Orezaný obrázok bol nahraný do programu a hodnoty RGB boli prevedené priamo do farebného priestoru CIE Lab 1967, z ktorého boli získané hodnoty mernej svetlosti L^* . Získaná bola matica približne 660 000 pixelov, kde každý jeden pixel obsahoval len hodnotu mernej svetlosti. S týmito hodnotami sa ďalej pracovalo.

Keďže skenovaný obraz obsahoval šum, a taktiež zaznamenal niektoré iné slabo viditeľné defekty, museli sme na použitie vhodný filter. Ako prvé bolo na hodnoty použité Bilaterálne filtrovanie obrazu pomocou Gaussovských jadier. Toto filtrovanie dáva väčšiu váhu pixelom z okolia, ktorých hodnota je podobná stredovému pixelu jadra. Filtrovanie s takouto váhou umožňuje zachovávať hrany, čo je pre hodnotenie pruhovania veľmi dôležité. Pri nastavení hodnôt bola zvolená miera vyhladenia 50 a smerodajná odchýlka 2. Výsledná zmena tohto filtrovania oproti nefiltrovanému obrazu je zobrazené na obrázku 17.



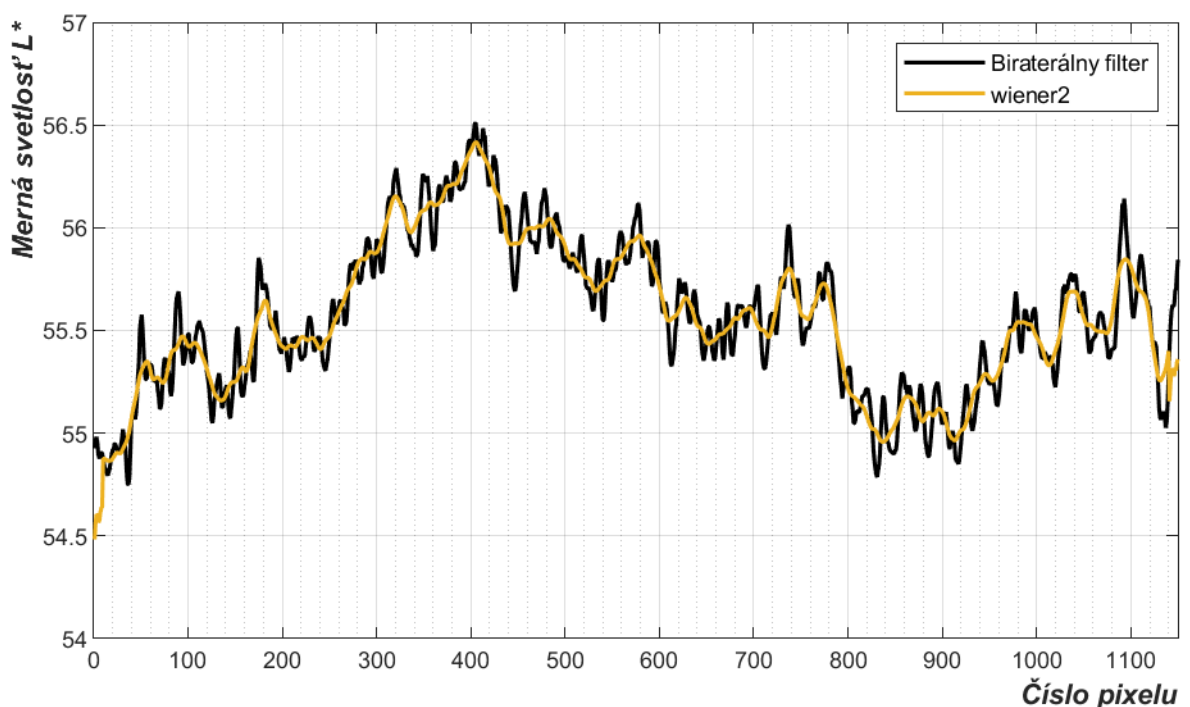
Obrázok 17: Hodnoty mernej svetlosti pred aplikáciou (modrá) a po aplikácii Bilaterálneho filtrovania (čierna) v závislosti na čísle pixelu.

Na obrázku 17 sa po aplikácii Bilaterálneho filtra stále nachádzali vrcholy, ktoré sú rozmerovo menšie ako hodnotená veľkosť pruhov. Na odstránenie týchto vrcholov sa použil na obrázok adaptívny nízkopriepustný Wienerov filter (*wiener2*), ktorý sa bežne používa na odstránenie šumu skenovaného obrazu. Tento filter používa okolité pixely k odhadu lokálneho priemeru a smerodajnej odchýlky obrazu. Nami zvolené nastavenie veľkosti matice okolitých pixelov je zobrazené na obrázku 18. Veľkosť matice bola zvolená v závislosti na minimálnej veľkosti možných pruhov a poznania, že pruhy nie sú vo svojej dĺžke s hárkom rovnomerné. Výsledok

po aplikácii Wienerovho filtra je zobrazený na obrázku 19. Prvých 10 pixelov je vďaka veľkosti filtrovanej matice znehodnotených a mohli by pri vyhodnotení negatívne ovplyvniť výsledok, preto sú pri konečnom vytváraní grafov odstránené alebo vynechané.

px	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	20
1			■				■				■	
2			■				■				■	
3			■				■				■	
4			■				■				■	
5			■				■				■	

Obrázok 18: Veľkosť matice okolitých pixelov použitej pre filtrovanie pomocou funkcie wiener2. Červená šípka označuje smer tlače. Šedé pixely znázorňujú smer pruhov, ktorý je k smeru tlače kolmý. Výsledná matica odpovedala 5 riadkom a 20 stĺpcom.



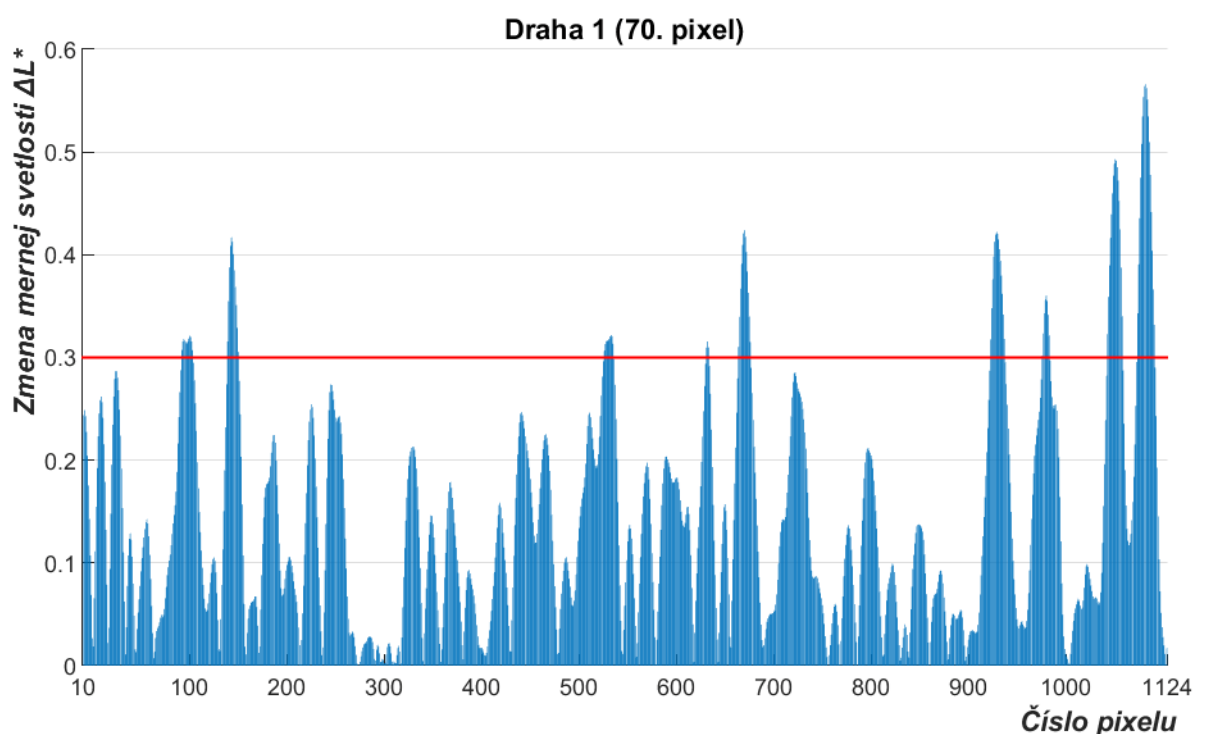
Obrázok 19: Hodnoty mernej svetlosti pred aplikáciou (šedá) a po aplikácii Wienerovho filtrovania v závislosti na čísle pixelu.

Pre výsledné vyhodnotenie pruhovania nie je potrebná celá matica pixelov. Aby sme však využili množstvo pixelov, ktoré nám skenovanie umožňuje, vyhodnocovalo sa na vzorke každých 120 pixelov jedna dráha v smere tlače. Každá táto dráha je teda od ďalšej vzdialená približne 3 cm. Vybrané dráhy sa príslušne označili a medzi hodnotami sa vypočítala zmena mernej svetlosti ΔL^* . Zmena mernej svetlosti sa počítala každý 16. pixel, čo odpovedá približnej

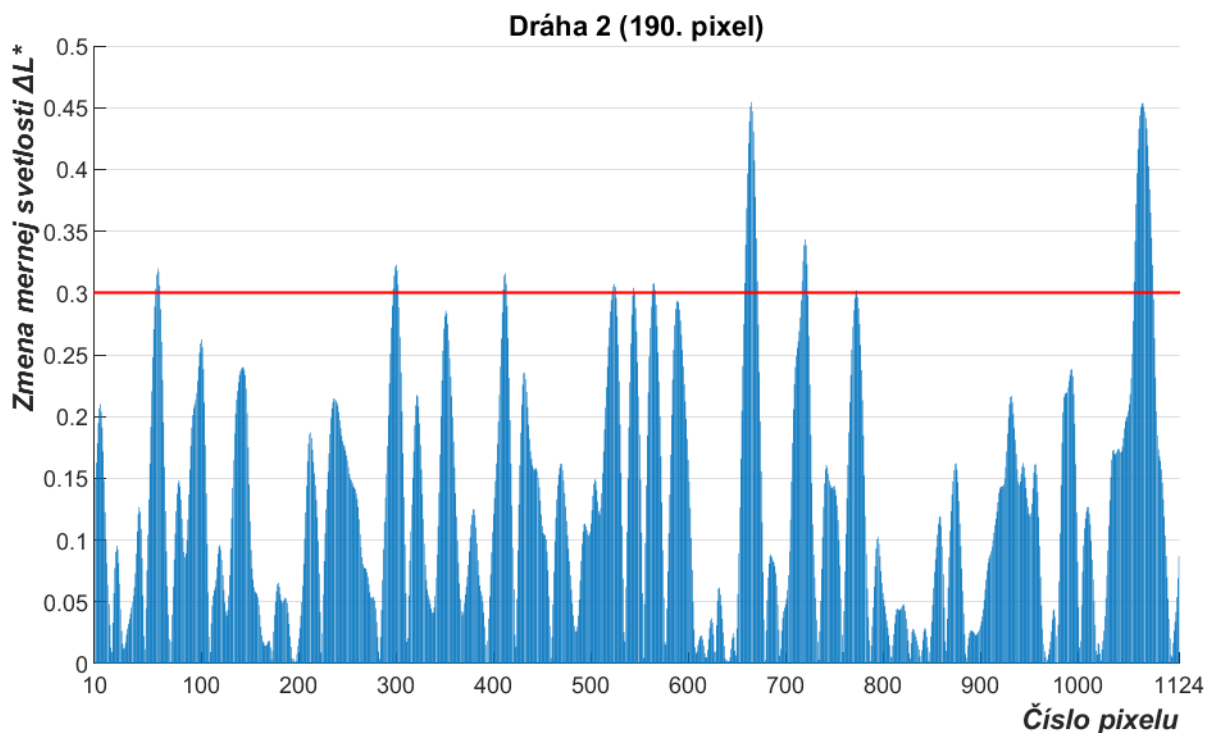
vzdialenosti 4 mm. Táto vzdialenosť bola vybraná z dôvodu minimálnej veľkosti pruhov, ktorá je 0,5 cm. To znamená, že prvý rozdiel bol medzi bodom 1 a 17, druhý 2 a 18 atď. Pre posledný výpočet mohli byť získané hodnoty exportované vo formáte *.xls* a spracované v programe *Excel*. Aby sa predišlo záporným hodnotám, ktoré sú pre hodnotenie nepodstatné, sú výsledky ΔL^* v absolútnych hodnotách. Vybrané dráhy sa nesmú medzi sebou priemerovať, pretože pruhy nie sú na celom hárku rovnomerné a došlo by sa skresleniu výsledku. Hrany, ktoré by boli viditeľné na tlačovom hárku, by sa v dôsledku priemerovania vyhladili a ich význam by sa negatívne znížil.

2.6 Vyhodnotenie

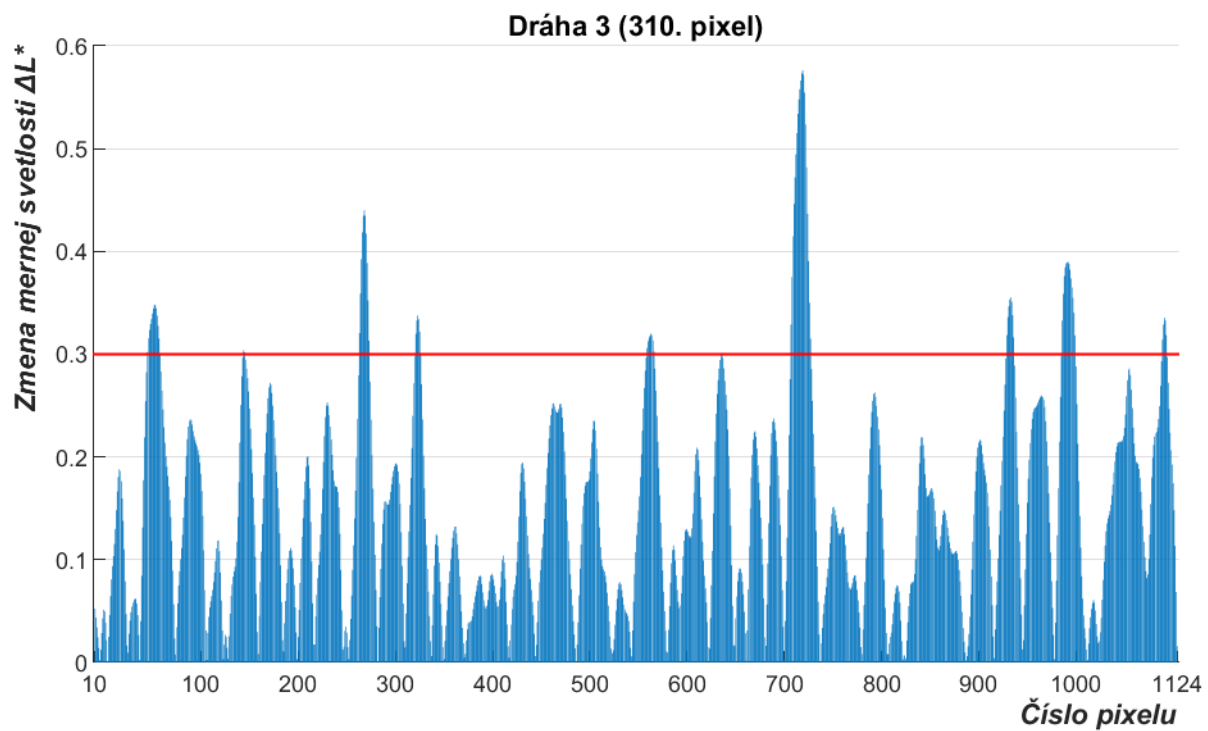
Výsledné hodnoty jednotlivých dráh sa prezentovali v stĺpcových grafoch. Nasledujúce obrázky sú hodnotenia prvého hárku. Ako už bolo spomenuté, prvých 10 pixelov je z dôvodu filtrovania odstránených. Posledných 16 pixelov bolo stratených z dôvodu výpočtu zmeny mernej svetlosti. Keďže sa jedná o okraje tlačového hárku, nemali chýbajúce pixely veľkú váhu pri výslednom hodnotení. Na obrázkoch si možno všimnúť ako sa v nasledujúcich centimetroch intenzita pruhov mení.



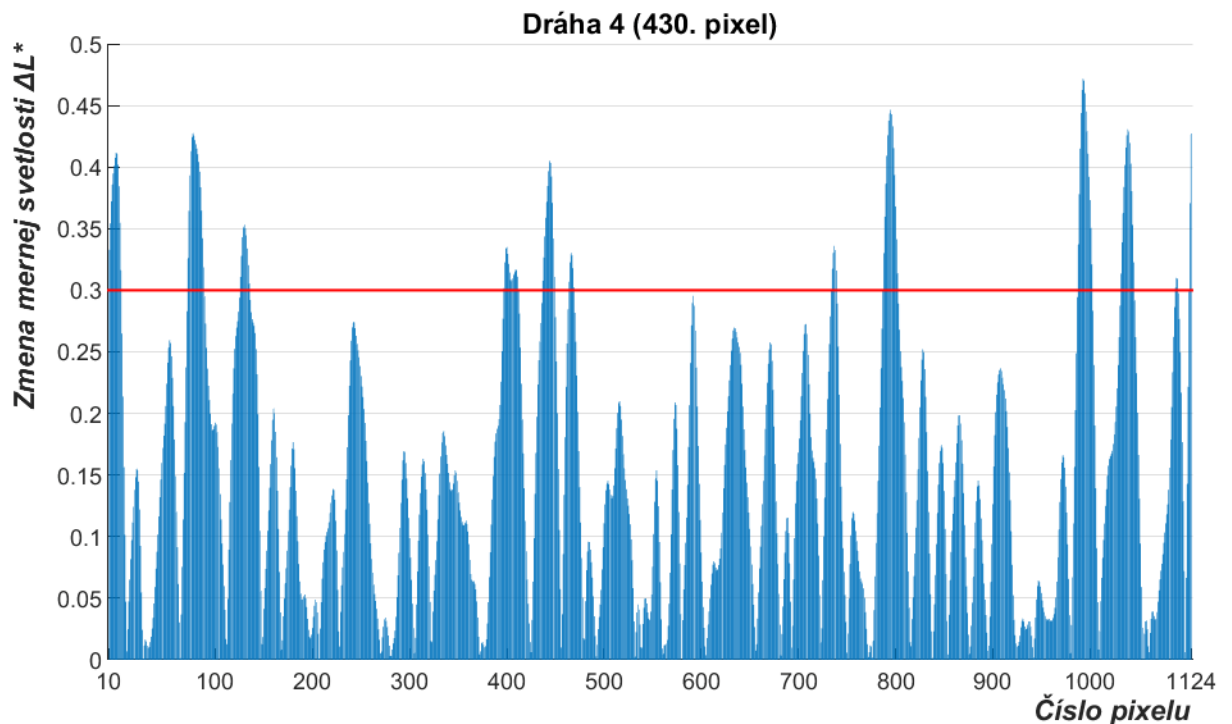
Obrázok 20: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku prvej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.



Obrázok 21: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku druhej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.



Obrázok 22: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku tretej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.

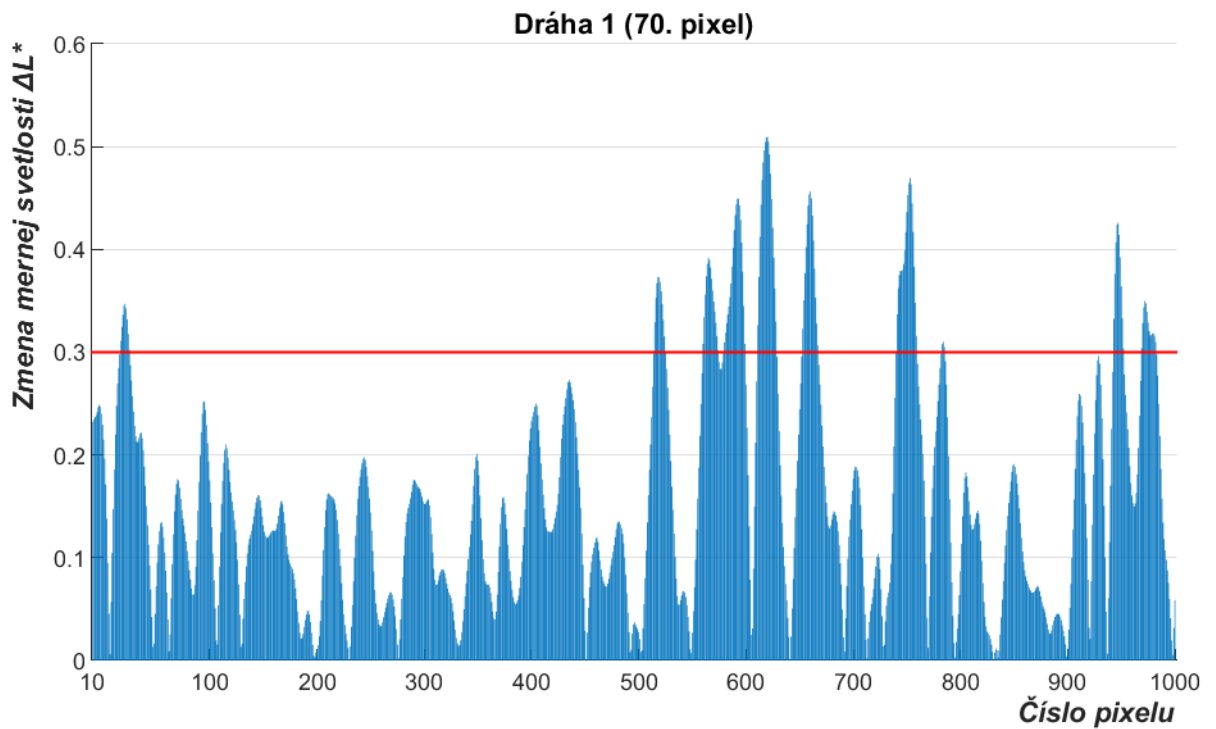


Obrázok 23: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre vzorku štvrtej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.

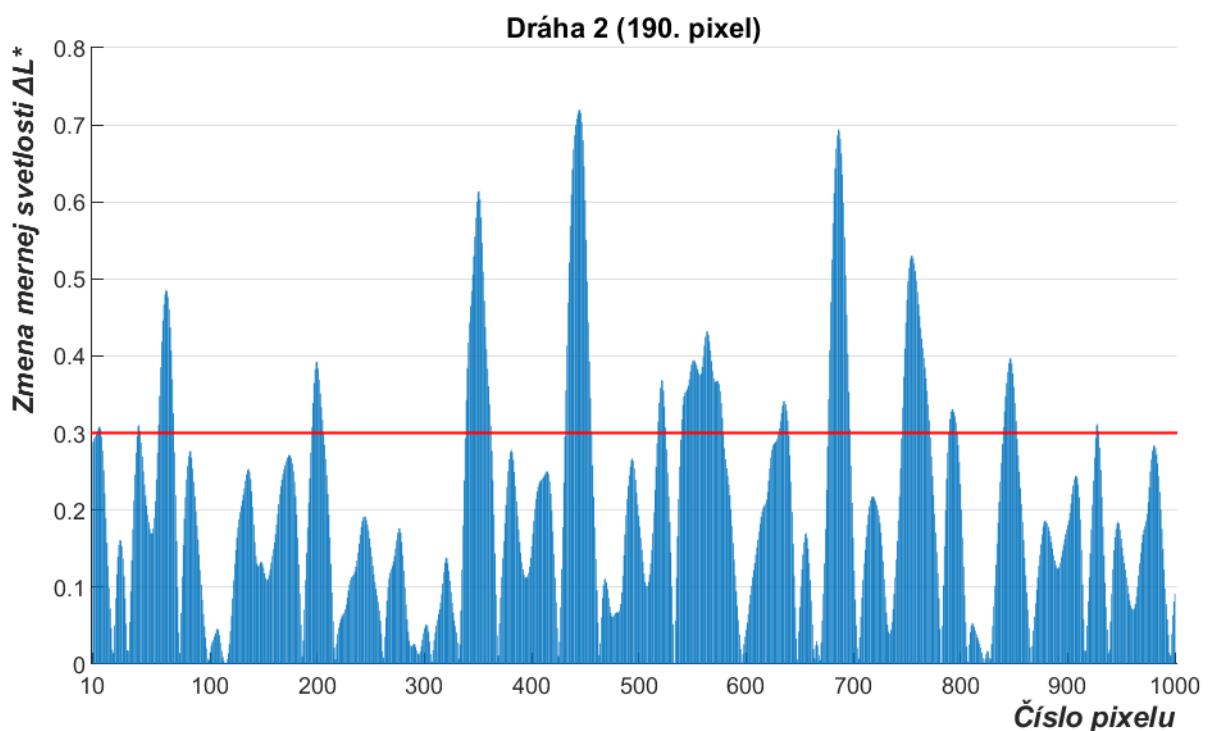
2.7 Opakované hodnotenie

Tlačový hárok sa považoval za „dobrý“, pokiaľ hodnoty nepresahovali charakteristickú hodnotu 0,3. Keďže prvý hárok túto hodnotu presiahol u všetkých nameraných dráhach, vybral sa z pomedzi vytlačenej sady ďalší. Tlačový hárok sa musel opäť orezať na formát skenera. Následne sa museli odstrániť biele linky a spracovanú vzorku nahrat' do programu *Matlab*. Pre výsledné hodnotenie boli stanovené štyri dráhy v intervale približne každé 3 cm. Na nasledujúcich obrázkoch sa nachádzajú hodnotené dráhy. Tieto dráhy opäť nespĺnili charakteristickú hodnotu, a preto bola skúška označená za „nesplnenú“. Podľa výsledných grafov je možné určiť prípadnú polohu týchto pruhov a výsledné zvaženie závažnosti defektu.

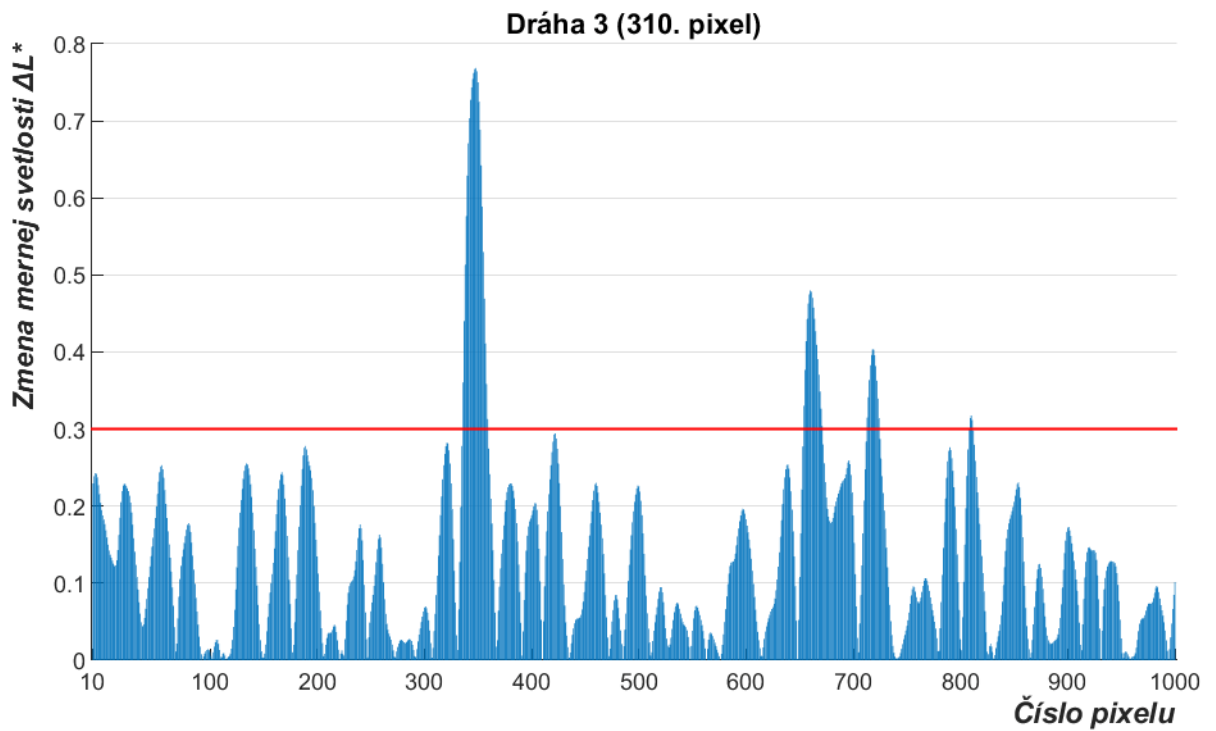
Pri opätovnom prekročení hodnoty sa musí urobiť kontrola tlačového stroja a následné opakovanie skúšky pruhovania. Prekročenie stanovenej hodnoty znamená, že pruhy sú na tlačovom hárku viditeľné voľným okom a znehodnocujú tak výsledný produkt. Všetky skenované vzorky sa záložovali, aby k nim bol v prípade potreby možný rýchly prístup pre opätovné hodnotenie. Fyzické zálohovanie sady vzoriek nie je v tomto prípade potrebné. Tlačovú formu je možné použiť pre všetky tlačové jednotky.



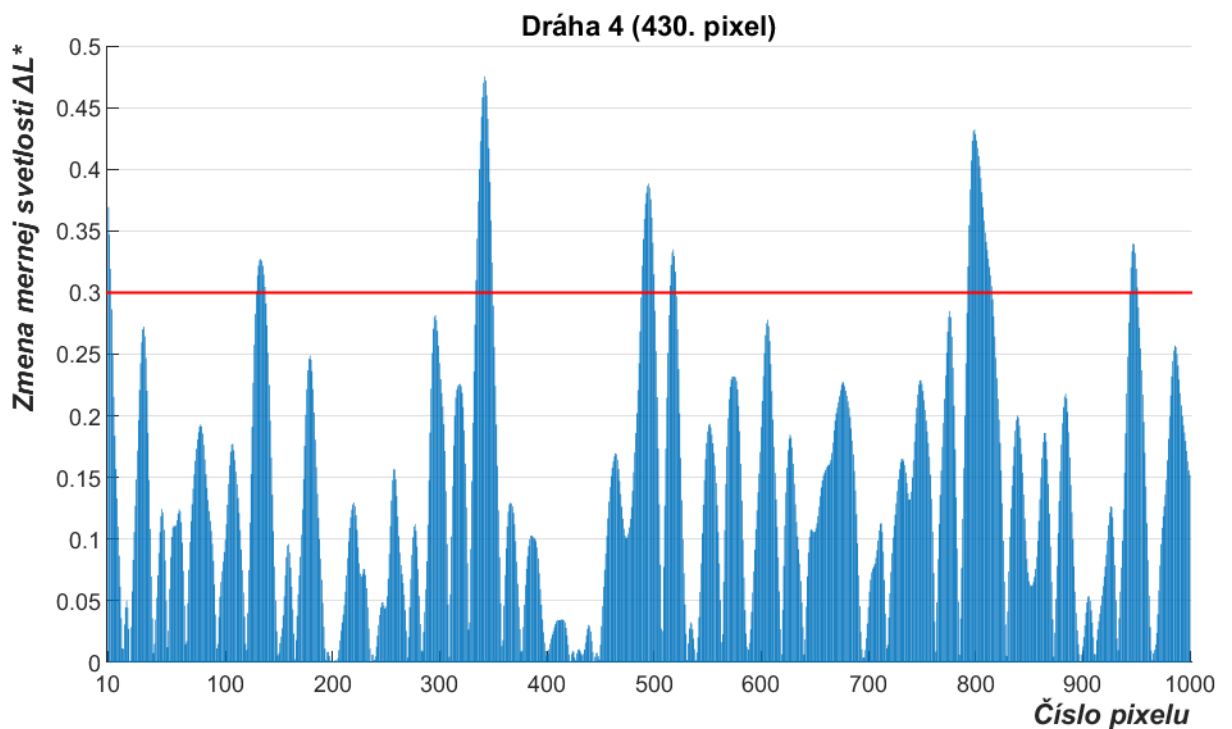
Obrázok 24: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku prvej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.



Obrázok 25: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku druhej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.



Obrázok 26: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku tretej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.



Obrázok 27: Závislosť zmeny mernej svetlosti na polohe pre druhú vzorku štvrtej dráhy. Červená čiara zobrazuje medznú hodnotu, ktorá je v tomto prípade prekročená a skúška nie je splnená.

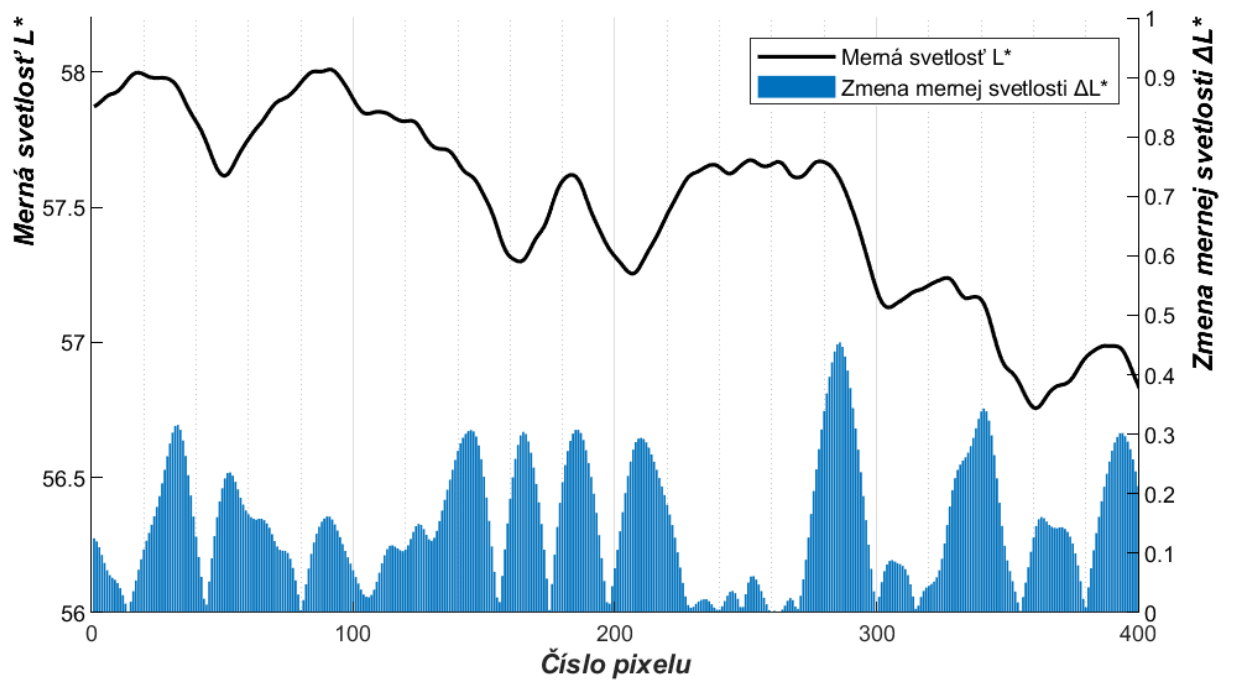
3 ZÁVER

V teoretickej časti sú uvedené a popísané doposiaľ používané metódy pre hodnotenie pruhovania hárkových ofsetových strojov. Každá z týchto metód sa od seba líši záznamom, postupom spracovania a vyhodnotením získaných dát. Vo svojej podstate každá z nich prináša do hodnotenia pruhovania nové myšlienky a podnety.

Pri tvorbe novej metódy pruhovania bolo základom spoznať doposiaľ stanovené metódy. Z týchto metód boli z nášho pohľadu vybrané tie najužitočnejšie myšlienky, ktoré boli zahrnuté v novom postupe hodnotenia pruhovania. Pomocou skenera a jednoduchých funkcií v programe *Matlab*, bola orezaná a naskenovaná vzorka s vizuálne najintenzívnejším pruhovaním. Pre nasnímanie tlačovej vzorky bolo dostačujúce rozlíšenie 100 dpi. Získané hodnoty RGB boli prevedené do farebného priestoru CIELab a z neho odseparované hodnoty mernej svetlosti. Na tieto hodnoty boli aplikované dva filtre, ktoré odstraňujú šum a prebytočné štruktúry vytvorené počas tlače. Ich parametre boli nastavené tak, aby neznemožnili detekciu slabých pruhov a pritom boli jednoduché na naprogramovanie.

Z upravených hodnôt bola vypočítaná zmena mernej svetlosti medzi dvomi bodmi vzdialenými od seba 4 mm. To umožnilo zaznamenať aj tie najmenšie pruhy vyskytujúce sa na digitalizovanom vzorku. Pre vyhodnotenie jedného vzorku sme analyzovali niekoľko dráh pixelov, pretože pruhy nie sú na tlačovom hárku rovnomerne zastúpené. Rozostup týchto dráh v smere tlače bol približne 120 pixelov, čo odpovedá vzdialenosti pri rozlíšení 100 dpi 3 cm. Posledným krokom bolo vytvorenie stĺpcového grafu zmeny mernej svetlosti v závislosti na polohe na vzorke. Nasledujúci obrázok 28 znázorňuje závislosť mernej svetlosti a jej zmeny ΔL^* v závislosti na pozícii meraného pixelu. Čím strmšia je zmena v krivke mernej svetlosti, tým väčší kontrastný skok nastal na tlačovom hárku, ktorý je s rastúcou zmenou ΔL^* viditeľnejší pozorovateľom.

Skúška bola vykonaná taktiež na vzorku so šedou tlačovou farbou, kde sa ukázalo, že získané hodnoty odpovedajú reálnym pruhom na hárku. Hodnotenie pruhovania je teda možné aj na iných tlačových farbách ako azúrovej. Pre vyhodnotenie je však potrebné charakterizovať správnu hodnotu, ktorá by udávala limitnú hodnotu detekovateľných pruhov na tlačovom hárku. Metóda dokázala detegovať viditeľné pruhy z jedného tlačového hárku, avšak pre jej využívanie je potrebné viacero meraní, aby sa docielilo dostatočnej miery overenia správnosti a prípadného implementovania pre ostatné tlačové farby.



Obrázok 28: Závislosť mernej svetlosti (čierna) a jej zmeny (modrá) na čísle pixelu. Dvadsať pixelov odpovedá vzdialenosti 5 mm.

4 Použitá literatura

- [1] KRZYŻKOWSKI, J. a Y. PYRYEV. Cylinder Gap Shock and its Impact on Quality of Prints in Offset Printing Technique. *Challenges of Modern Technology* [online]. 2013, 4(2), 23-30 [cit. 2021-04-17]. ISSN 2082-2863. Dostupné z: databáze BazTech
- [2] *Überarbeitung der technischen Richtlinien für die Abnahme von Bogen- und Rollenoffsetdruckmaschinen: Fogra-Forschungsbericht*. Forschungsges. Druck, 2015. Dostupné také z: <https://bit.ly/3ylk6cL>
- [3] DOLEZALEK, F. a J. GEMEINHARDT. *Streifenbildung und Unregelmäßigkeiten in homogenen Bildflächen: Fogra-Forschungsbericht*. Forschungsges. Druck, 2006.
- [4] KIPPHAN, Helmut, ed. *Handbook of Print Media* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001 [cit. 2021-04-17]. ISBN 978-3-540-67326-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-29900-4
- [5] KRZYŻKOWSKI, J. a Y. PYRYEV. Analysis of vibration of printing unit of offset printing press. *Challenges of Modern Technology* [online]. 2011, 2(2), 31-34 [cit. 2021-04-17]. ISSN 2082-2863. Dostupné z: databáze BazTech
- [6] KULIKOV, G. B. Diagnosing causes of increased vibration of printing units of tower rotary printing presses. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability* [online]. 2008, 37(4), 391-396 [cit. 2021-04-17]. ISSN 1052-6188. Dostupné z: doi:10.3103/S1052618808040122
- [7] RAABE, T. *Ein Beitrag zur Homogenitätsbewertung mittels Druckverfahrens erzeugter Schichten unter Berücksichtigung der Farbwahl*. Universitätsbibliothek Wuppertal, 2017. Dostupné také z: <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbe/medientechnik/diss2016/raabe/de1612.pdf>
- [8] LOIBL, Dietmar. *Handbuch zur technischen Abnahme von Bogenoffsetdruckmaschinen*. Wiesbaden (München): Bundesverb. Druck, Abt. Technik und Forschung, 1996. ISBN 9783887011789.
- [9] *Guideline: Technical Acceptance Testing for Sheetfed Printing Presses*. 86484. Berlin: bvdM, 2019.

5 PRÍLOHY

Príloha A – <i>Obrázok s použitými kódmi pre vyhodnotenie pruhovania</i>	51
--	----

Príloha A – Obrázok s použitými kódmi pre vyhodnotenie pruhovania

```
1      %Nahratie naskenovaného obrázka
2 -   RGB_image = imread('D:\Cesta\Vzorka.tif');
3
4      %Prevod RGB obrázka priamo na hodnoty mernej svetlosti L* (CIELab 1967)
5 -   L_image = rgb2lightness(RGB_image);
6
7      %Bilaterálny filter
8 -   Filter_1 = imbilatfilt(L_image,50,2);
9
10     %wiener2 filter
11 -   Filter_2 = wiener2(Filter_1,[5 20]);
12
13     %Výpočet dL po 16 pixeloch
14 -   L1 = Filter_2(:,(16+1):size(Filter_2,2));
15 -   L2 = Filter_2(:, 1:(size(Filter_2,2)-16));
16 -   dL = abs(L1 - L2);
17
18     %Stanovenie hodnotených dráh
19 -   draha1 = 70;
20 -   draha2 = 190;
21 -   draha3 = 310;
22 -   draha4 = 430;
23
24     %Stanovované dráhy dL a ich dĺžka
25 -   dL1 = dL(draha1,11:end);
26 -   dL2 = dL(draha2,11:end);
27 -   dL3 = dL(draha3,11:end);
28 -   dL4 = dL(draha4,11:end);
29
30     %Zobrazenie grafov
31 -   subplot(2, 2, 1);
32 -   bar(dL1);
33 -   title('dL1');
34
35 -   subplot(2, 2, 2);
36 -   bar(dL2);
37 -   title('dL2');
38
39 -   subplot(2, 2, 3);
40 -   bar(dL3);
41 -   title('dL3');
42
43 -   subplot(2, 2, 4);
44 -   bar(dL3);
45 -   title('dL4');
```