

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Malosériová výroba samolepek – porovnání vhodných tiskových technik
Diplomová práce

2024

Bc. Klára Chaloupková

University of Pardubice
Faculty of Chemical Technology

Small batch production of stickers - comparison of suitable printing
techniques
Diploma thesis

2024

Bc. Klára Chaloupková

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Klára Chaloupková**
Osobní číslo: **C22404**
Studijní program: **N0531A130013 Polygrafie**
Téma práce: **Malosériova výroba samolepek – porovnání vhodných tiskových technik**
Zadávací katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte odbornou literaturu a zpracujte rešerši týkající výroby samolepicích etiket.
2. Navrhněte vhodný grafický motiv, vyberte vhodné tiskové techniky a připravte testovací vzorky. Porovnejte připravené vzorky z hlediska kvality tisku, technologie výroby a použitelnosti.
3. Výsledky přehledně zpracujte, pokuste se vybrat optimální tiskovou techniku.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Jazyk zpracování: **Čeština**

Seznam doporučené literatury:

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

Datum zadání diplomové práce: **15. února 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **3. května 2024**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Malosériová výroba samolepek – porovnání vhodných tiskových technik jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne

Bc. Klára Chaloupková v roce 2024

ANOTACE

Tato diplomová práce je zaměřena na testování tiskové kvality samolepek. Byly zvoleny tiskové techniky spadající do digitálního tisku. Jedná se o techniky inkjet a elektrofotografie. Pro testování tiskové kvality byly vybrány testovací parametry jako světlostálost, lepidlost, odírání, lesk. Dále byl použit testovací obrazec.

KLÍČOVÁ SLOVA

samolepící štítky, samolepky, tisková kvalita, inkjet, elektrofotografie

ANNOTATION

This thesis is focused on testing the printing quality of stickers. Printing techniques belonging to digital printing were chosen. These are inkjet and electrophotography techniques. Test parameters such as lightfastness, stickiness, abrasion, gloss were selected for testing print quality. Next, a test pattern was used.

KEYWORDS

self-adhesive labels, stickers, print quality, inkjet, electrophotography

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Janu Vališi, Ph. D. za jeho rady a poskytnuté materiály. Velké díky odkazuji své rodině, která mě během studia podporovala a byla mi oporou.

OBSAH:

Seznam obrázků:.....	10
Seznam tabulek:	11
Seznam grafů:	12
Seznam použitých zkratek:.....	13
ÚVOD	14
1. TEORETICKÁ ČÁST.....	15
1.1. Samolepky	15
1.1.1. Historie samolepek	15
1.1.2. Typy samolepek	17
1.2. Tiskové stroje pro tisk samolepek.....	17
1.2.1. Inkjet	18
1.2.1.1. Kontinuální inkjetový tisk.....	18
1.2.1.2. Drop on Demand.....	19
1.2.2. Elektrofotografie.....	21
1.3. Materiál využitý pro tisk samolepek.....	22
1.3.1. Substráty.....	22
1.3.1.1. Papír.....	23
1.3.1.2. Papíry pro inkjet.....	26
1.3.1.3. Papíry pro elektrofotografii.....	27
1.3.1.4. Všeobecně využívané substráty pro samolepky.....	27
1.3.2. Lepidla	28
1.3.3. Barvy	30
1.3.3.1. Inkjetové inkousty	30
1.3.3.2. Tonery pro elektrofotografii	32
1.4. Tisková kvalita samolepek.....	33
1.4.1. Světlostálost.....	33
1.4.2. Lepivost.....	34
1.4.3. Odolnost proti odírání	34
1.4.4. Lesk.....	35
1.4.5. Test rozlišení	36
2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
2.1. Grafický návrh	37
2.2. Použitá zařízení a materiály	37

2.2.1. Materiály a tisková zařízení	37
2.3. Test světlostálosti	38
2.4. Test změny barevnosti vlivem teploty	39
2.5. Test lepivosti (přilnavosti).....	39
2.6. Test odolnosti proti odírání.....	39
2.7. Test lesku	40
2.8. Test rozlišení	40
3. VÝSLEDKY A DISKUZE	41
3.1. Tisková barevnost.....	41
3.2. Světlostálost.....	44
3.2.1. Světlostálost urychleným stárnutím	44
3.2.2. Změna barevnosti vlivem teploty	54
3.2.2.1. Vliv chladného prostředí.....	54
3.2.2.2. Vliv teplého prostředí.....	58
3.3. Test lepivosti	63
3.3.1. Přilnavost	63
3.3.2. Peel test.....	63
3.3.2.1. Peel test u referenčních samolepek	63
3.3.2.2. Peel test u samolepek po vystavení vyšší teplotě	65
3.3.2.3. Peel test u samolepek po vystavení nižší teplotě	67
3.4. Testy mechanické odolnosti	69
3.4.1. Test odolnosti proti proškrábnutí	69
3.4.2. Test odolnosti proti odírání	71
3.5. Test lesku	73
3.6. Test rozlišení	74
4. ZÁVĚR	75
Reference.....	77

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1 První samolepící štítky z roku 1935	15
Obrázek 2 Další formy „samolepek“	16
Obrázek 3 Kontinuální inkjet: (a) binární, (b) vícenásobné vychylování.....	20
Obrázek 4 Schéma uspořádání elektrofotografické tiskové jednotky	21
Obrázek 5 Typická struktura inkjetových papírů	26
Obrázek 6 Odraz od hladkého a matného povrchu	35
Obrázek 7 Grafický návrh samolepek.....	37
Obrázek 8 Test rozlišení (zmenšená verze).....	40
Obrázek 9 Světlostálost (po 360 h namáhání).....	54
Obrázek 10 Pozůstatky lepidla u vinylových samolepek po provedení peel testu	63
Obrázek 11 Porovnání peel testu u PE samolepek (inkjet).....	64
Obrázek 12 Ukázka peel testu u elektrofotografie.....	65
Obrázek 13 Deformace tvaru a přetržení u PE samolepek (teplo)	66
Obrázek 14 Ukázka peel testu u elektrofotografie (teplo)	67
Obrázek 15 Přetržení papírových samolepek (chlad).....	68
Obrázek 16 Ukázka peel testu u elektrofotografie (chlad).....	69
Obrázek 17 Proškrábnutí	70
Obrázek 18 Odírání.....	72

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1 Referenční hodnoty barvových souřadnic L^* , a^* , b^*	41
Tabulka 2 Tabulka tolerance barvových odchylek	42
Tabulka 3 Mezinárodní standard, norma ISO 12647-2:2013 (E)	43
Tabulka 4 Vypočítané barvové odchylky z normovaných a naměřených hodnot	43
Tabulka 5 Světlostálost vinylových samolepek tištěných inkjetem	44
Tabulka 6 Světlostálost PE samolepek tištěných inkjetem	45
Tabulka 7 Světlostálost papírových samolepek tištěných inkjetem	46
Tabulka 8 Světlostálost papírových samolepek tištěných elektrofotografií.....	46
Tabulka 9 Světlostálost PE samolepek tištěných elektrofotografií.....	47
Tabulka 10 Světlostálost PET samolepek tištěných elektrofotografií.....	48
Tabulka 11 Světlostálost PE 2 samolepek tištěných elektrofotografií.....	48
Tabulka 12 Světlostálost papírových 2 samolepek tištěných elektrofotografií	49
Tabulka 13 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ (lamino)	54
Tabulka 14 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sklo)	56
Tabulka 15 Vliv podkladu na změnu barevnosti — 168 hodin při $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$	57
Tabulka 16 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (lamino).....	59
Tabulka 17 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sklo).....	60
Tabulka 18 Vliv podkladu na změnu barevnosti — 168 hodin při $80\text{ }^{\circ}\text{C}$	62
Tabulka 19 Výsledky měření lesku	73

SEZNAM GRAFŮ:

Graf 1 Přehled barvových odchylek vůči normě.....	44
Graf 2 Světlostálost azurové.....	51
Graf 3 Světlostálost purpurové	51
Graf 4 Světlostálost žluté.....	52
Graf 5 Světlostálost černé.....	53

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

- ISO** International Organization for Standardization
- ČSN** Česká technické Státní Normy
- PVC** Polyvinylchlorid
- PE** Polyethylen
- PET** Polyethylentereftalát
- PSA** Tlakem citlivá lepidla (Pressure-Sensitive Adhesive)
- UV** Ultrafialové záření

ÚVOD

Samolepky. V dnešní moderní době se s nimi můžeme setkat téměř všude a dalo by se říci, že plní funkci buď dekorativní, nebo informativní. Z dekorativního pohledu si jimi lidé například zdobí auta, zkrášlují zdi místností, povrchy sešitů nebo přenosných počítačů. Dopravní a výstražné značení pomocí samolepek se řadí do funkce informativní. Velkým pomocníkem se stávají v marketingu, kdy v případě zajímavého designu dokáží zaujmout široký okruh potenciálních zákazníků, a tím zvýší povědomí o určité firmě. Přesto tyto samolepící štítky nebývají využívány pouze k dobrým účelům. Mohou být účinně zneužívány jako rozvratný způsob boje proti systému (například proti kapitalismu) nebo k propagaci nenávisti vůči určité menšině. Stávají se prvkem vandalizace v momentě, kdy dochází k jejich nalepení na veřejná místa jako jsou například autobusové zastávky, dveře vlaků, výkladní skříně obchodů, historické památky a další podobné veřejné prostory.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1. Samolepky

V Oxfordském slovníku je samolepka definována jako „lepivý štítek obsahující obrázek nebo vzkaz, který na něco nalepíte“ [1]. Touto větou je všeobecně a zjednodušeně popsán vzhled, funkce a účel tohoto polygrafického výrobku, kterého je hojně využíváno v několika odvětvích. Stává se, že mezi samolepky bývají řazeny poštovní známky z důvodu, že nesou podobné charakteristické znaky jako samolepky. Přesto, že jsou z jedné strany potištěny grafickým obrazcem a z druhé zaopatřeny lepidlem, oproti pravým samolepkám toto lepidlo nelepí samo od sebe. Lepivost u tohoto lepidla je aktivována po navlhčení vodou nebo po dodání slin. Podobné je to i u zápalkové nálepky, která vznikla v roce 1829 jako návod k použití sirek anglického chemika a lékárníka Johna Walkera vynalezených dva roky před tím [2]. Tato nálepka též nese na jedné straně obrazový motiv, avšak oproti poštovním známkám se na rubové části nenachází lepidlo. To je nanášeno na krabičku od sirek, na kterou se následně nalepí zápalková nálepka.

Za dobu své existence samolepky prošly mnoha změnami a postupně se zdokonaľovaly, a tím pádem se zlepšovala i jejich tisková kvalita. Díky tomu máme možnost si vybírat z rozsáhlé a pestré palety materiálů od substrátu přes lepidlo po barvu podle toho, jakého výsledného efektu a účelu chceme u naší samolepky dosáhnout.

1.1.1. Historie samolepek

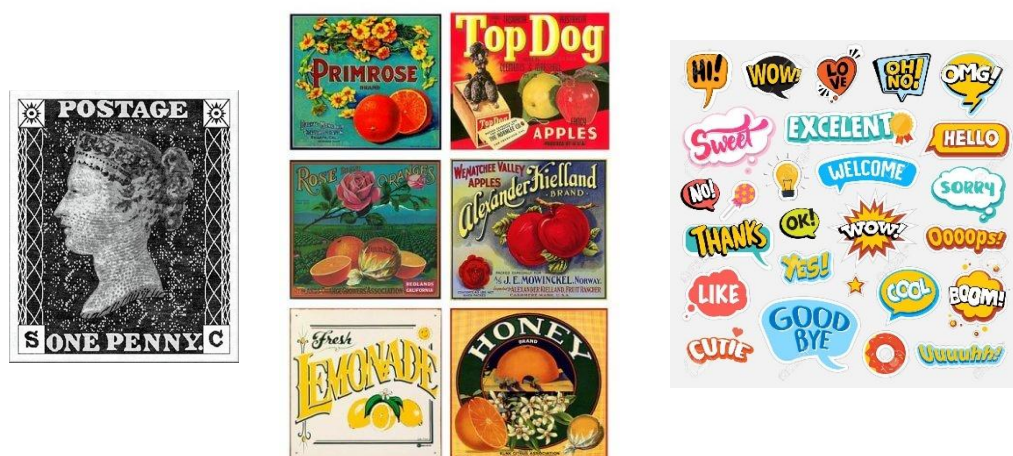
Za vynálezce prvního samolepícího štítku, jehož podoba se blíží vzhledu dnešním samolepkám a jenž byl představen v roce 1935, je obvykle považován Američan Ray Stanton Avery, který se narodil v lednu roku 1907 ve státě Oklahoma. Ze



Obrázek 1 První samolepící štítky z roku 1935

stránky společnosti Avery Dennison [3], která vznikla po spojení Avery International a Dennison Manufacturing v roce 1990, se můžeme dozvědět o postupných krocích pana Averyho a jeho kolegů od roku 1935 po současnost. Například se dozvíme, že firma (původně Avery Adhesives s 19 zaměstnanci) dnes působí ve více jak padesáti zemích a zaměstnává více než 300 tisíc lidí.

Přesto, že pan Avery započal nový způsob značení hodnoty výrobku, někteří historikové dokládají, že první nálepky vznikly již ve starověkém Egyptě. Při archeologických průzkumech byly totiž objeveny zbytky papíru nalepené na zdech dřívějších tržnic, které s velkou pravděpodobností zobrazovaly ceny zboží [4]. Tyto předchůdci dnešních samolepek, vytvořené z papyru a lepené pomocí lepidel na živočišné bázi, byly archeology datovány do období 3000 až 300 před naším letopočtem [5]. Další vynález, který předcházel vzniku samolepek, vznikl pro poštovní účely. První známky, Penny Black a Twopence Blue, jsou datovány do roku 1840 a tiskly se na lepící papír vynalezený o rok dříve Sirem Rowlandem Hillem [6]. Dále ke konci 19. století začala díky zlepšení litografického procesu éra reklamních a produktových etiket, kterými mohli obchodníci začít odlišovat své zboží [7]. Tyto „etikety“ by se jiným slovem daly nazvat a zařadit mezi nálepky, jelikož mají stejné charakteristické rysy jako zápalkové nálepky. Několik posledních let jsou využívány i tzv. nehmotné nálepky. Rozšířilo se využívání digitální verze samolepek, které oproti klasickým samolepkám postrádají hmatatelnou formu. Jsou používány v konverzacích, nebo jako zkrášlující prvek na fotografiích sdílených na sociálních sítích [8].



Obrázek 2 Další formy „samolepek“ (zleva: poštovní známka „Penny Black“, nálepky na krabičky s produkty, digitální samolepky)

1.1.2. Typy samolepek

V dnešním světě je možné vytvořit samolepku rozdílných tvarů a velikostí. Můžeme se setkat s takovými, které jsou určeny na různé modely vláček, letadel a další podobné sběratelské předměty. Velikost těchto samolepek je buď miniaturní, nebo naopak disponujeme s těmi velkoplošnými, které se lepí například na výkladní skříně obchodů nebo na kapoty aut. Dalším rozlišením může být i jejich prostorový tvar. Setkáváme se typicky s plošnými nebo 3D, které vystupují do prostoru a vyvolají dojem hloubky. Pro ukázkou byla pro tuto práci vybrána společnost VulgrCo, věnující se tisku samolepek pro zákazníky, která na svém webu [9] nabízí tyto typy samolepek:

- *Vinylové samolepky*, které jsou nejoblíbenějším druhem samolepek na trhu díky své schopnosti přilepit se na jakýkoliv povrch;
- *Průhledné samolepky*;
- *Holografické samolepky*, které využívají světelnou interferenci pro vznik trojrozměrného obrazu s obvykle lesklým kovovým vzhledem;
- *Statické samolepky*, vytvořené ze speciálního materiálu, díky kterému přilnou k povrchu pomocí statické elektřiny bez potřeby použití lepidla, a z toho důvodu je možné je přemísťovat;
- *Matné samolepky*, vyznačující se hladkým sametovým povrchem;
- *Vysoce odolné samolepky*, které jsou vhodné pro venkovní využití;
- *Žárovzdorné samolepky*, vhodnými pro označení horkých povrchů;
- *Třpytivé samolepky*;
- *Ve tmě svítící samolepky*; které jsou vyrobeny z vysoce výkonného fotoluminiscenčního materiálu;
- *Prizmatické samolepky*, jež jsou schopné odrážet světlo v různých barvách;
- atd.

1.2. Tiskové stroje pro tisk samolepek

Dnes už je možné si vytisknout samolepky ve vlastní domácnosti. Podle jejich účelu je jenom zapotřebí si zvolit správný substrát k potisku a vhodnou tiskárnu, tudíž zákazníci nemusí spolupracovat s velkými firmami poskytující služby tisku. V domácí výrobě lze využít ofset, sítotisk a digitální techniky, jako jsou například inkjet

a elektrofotografie. Digitální techniky jsou zejména vhodné u nízkonákladových zakázek, jelikož u nich není potřeba tisková forma jako u klasických tiskových technik.

1.2.1. Inkjet

Toto slovo z anglického jazyka, které do češtiny může být přeloženo jako inkoustový či tryskový tisk, popisuje nejjednodušší tiskovou techniku, při které je vytištění požadovaného motivu docíleno pomocí inkoustu vystřeleného z trysky na potiskovaný substrát [10]. Teorie základu tiskové techniky se datuje do druhé poloviny 19. století, ve které anglický fyzik Lord Rayleigh (celým jménem John William Strutt, 3. baron Rayleigh) potvrdil teorii belgického fyzika a matematika Josepha Plateaua o chování kapaliny po jejím vystřelení z tenké trysky (Plateau-Rayleighova nestabilita) [11, 12]. Inkoustový tisk prošel od dob svého vzniku velkým pokrokem a v posledních několika letech se stal dominantní technikou v oblasti digitálního tisku [13].

V knize Moderní polygrafie [10] je inkjet definován jako přímá tisková technika, ve které jsou tiskové body tvořeny kapkami vystřelovanými z tiskové hlavy. V případě větší šíře potiskovaných materiálů je tisková hlava pohyblivá a výsledný obraz vzniká postupným tištěním pruhů. U tohoto způsobu tisku dochází k překrývání těchto pruhů, a je tak docíleno vyššího nánosu inkoustu, sytějších barev a lepší tiskové kvality. Nevýhoda spočívá v pomalejší rychlosti. Z tohoto důvodu je u vysoce výkonných strojů využíván vyšší počet nepohyblivých tiskových hlav pokrývajících celou šíři potiskovaného substrátu. Zatímco jedna hlava díky většímu počtu vrstev inkoustu snižuje riziko výskytu tiskových chyb, u většího počtu hlav tyto chyby nemohou být zamaskovány. Z tohoto důvodu je u výkonnějších strojů věnována pozornost stabilitě procesu vystřelování kapek.

Inkjetový tisk v současnosti rozlišujeme podle jeho řízení tvorby proudu kapek na kontinuální tisk a na technologii drop-on-demand (přeloženo jako „na požádání“).

1.2.1.1. Kontinuální inkjetový tisk

Při kontinuálním tisku dochází k vystřelování souvislého proudu kapek inkoustu (o počtu 64–165 tisíc za sekundu) o daném objemu, kterých je docíleno použitím pravidelného tlakového působení piezoelektrického krystalu

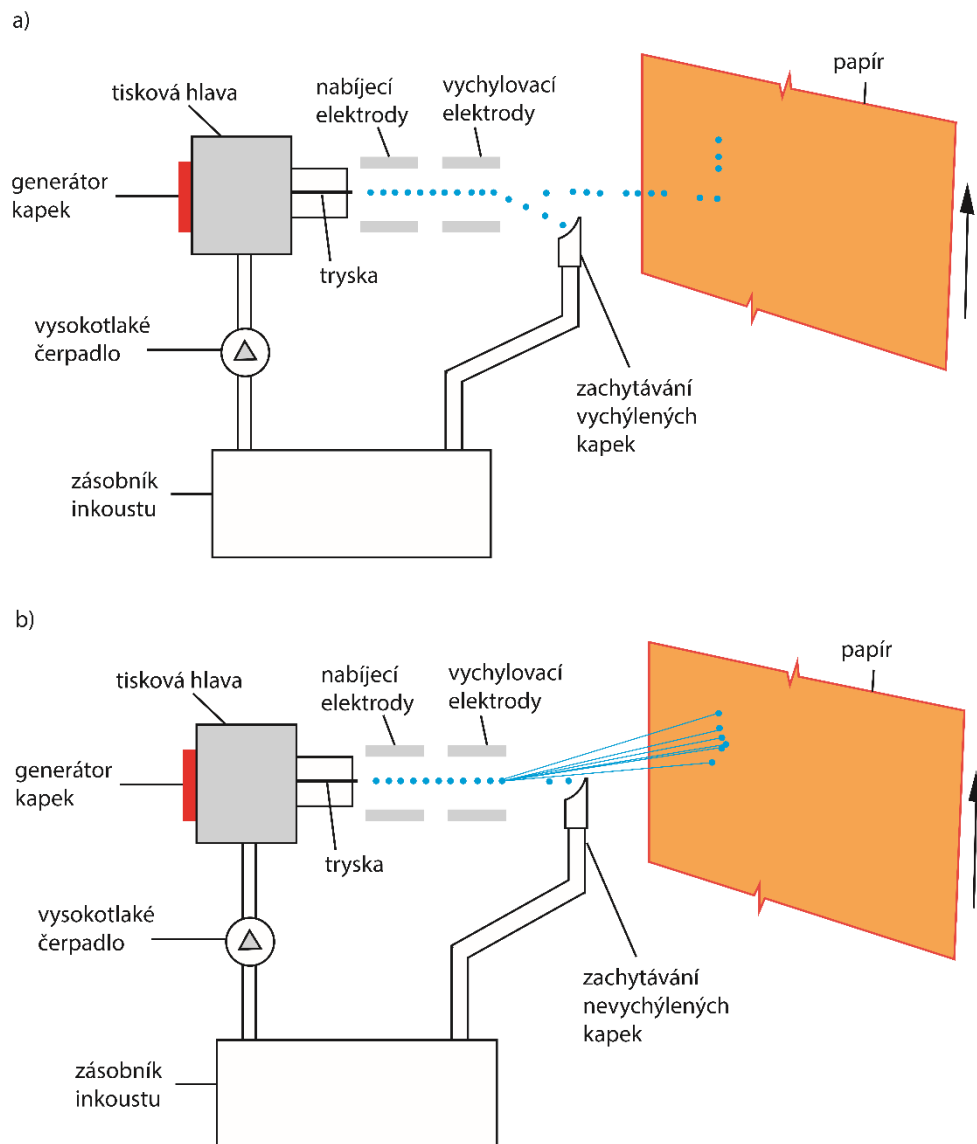
umístěného v generátoru kapek (**Obrázek 3**) [14]. Rozeznáváme dva typy konstrukcí kontinuálního inkjetového tisku podle způsobu nabíjení kapek. Při *binárním vychylování* nenabitě kapky dopadají na potiskovaný substrát, zatímco elektrostaticky nabitě kapky získané pomocí páru nabíjecích elektrod před tryskou jsou vychylovány z přímého směru a navráceny zpět do zásobníku inkoustu [10]. Je možný i opačný způsob, kdy je výsledný obraz tvořen nabitými kapkami a naopak nenabitě se vrací zpět do oběhu [14]. Jinak je tomu u *vícenásobného vychylování*, kdy jsou tisknouce kapky elektricky nabity a jejich konečné místo dopadu je určeno velikostí náboje, které ovlivní požadované stupně vychýlení [10].

Frank Romano [14] dále popisuje výhody tohoto typu tiskové techniky. Jednou z nich je velká rychlost kapek inkoustu, které díky neustálému provozu neucpou trysky. Další výhodou je rychlé schnutí pomocí těkavých rozpouštědel, jako jsou například alkoholy a ketony. Kontinuální inkjet je komerčně využíván pro značení a kódování produktů a obalů.

1.2.1.2. Drop on Demand

Princip této metody inkjetu je zahrnut v samotném názvu. Jednotlivé kapky inkoustu tvořící výsledný obraz tu jsou vytvářeny podle potřeby a nedochází tak k cirkulování nevyužitých kapek jak tomu bylo u kontinuální inkjetové metody [10]. Drop on demand metoda se dnes hojně využívá. Podle mechanismu, jakým je docíleno vystřelování tisknoucích kapek, rozlišujeme dvě kategorie: *termální a piezoelektrický tisk* [14].

Termální tisk je v knize Inkjet technology [15] popsán jako technika, při které jsou inkoustové kapky tvořeny díky napět'ovému impulsu mířeného na ohříváč umístěného poblíž výstupní trysky. Tímto napět'ovým impulsem (odhadem ~ 3 μ s) teplota ohříváče prudce vzroste, čímž dojde po kontaktu s inkoustem ke změně jeho stavu z kapaliny na páru. Tlakem pohybujícím se okolo 100 atmosfér je kapka inkoustu z trysky vytlačena a celý proces se poté opakuje. Termální inkjetová tiskárna dokáže reprodukovat kapky v tisících za sekundu a její využití je rozsáhlé. Nevýhodou je jejich nižší životnost a nespolehlivost oproti piezoelektrickým tiskárnám, a proto jsou využívány hlavně v kancelářích nebo jako náhledové tiskárny [10].



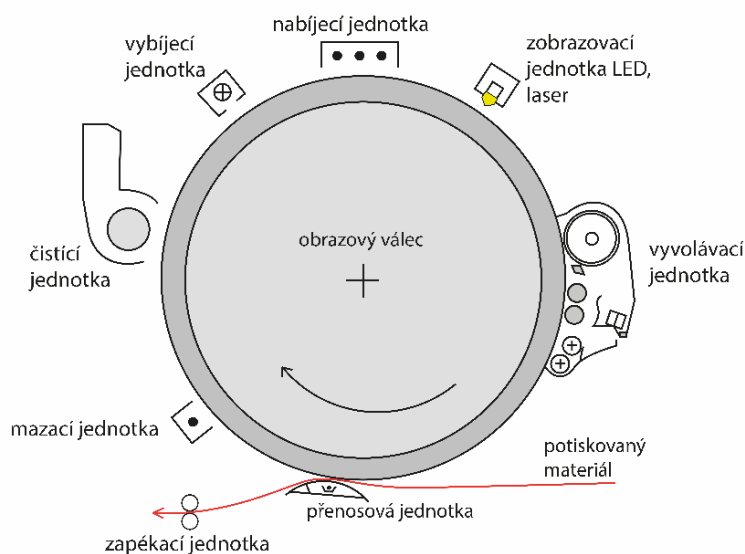
Obrázek 3 Kontinuální inkjet: (a) binární, (b) vícenásobné vychylování

Piezelektrický tisk představuje kniha Inkjet Technology [15] jako techniku, při které jsou kapky inkoustu vytlačeny pomocí změny tvaru krystalu uvnitř tryskové hlavy, ke kterému dochází díky přivedenému elektrickému napětí. Poté, co je ukončeno dodáváním napětí, se krystal navrácí do původního tvaru. Podle způsobu deformace piezelektrických prvků rozlišujeme několik typů – smrštění, stlačení, ohyb a stříh. Nevýhodou tohoto tisku je vysoká cena tiskových hlav, která je způsobena technologickou náročností její výroby. Této techniky se využívá při výrobě tisků pro venkovní využití a pro produkční tisk, protože disponuje vysokou životností.

1.2.2. Elektrofotografie

Z pohledu klasického dělení tiskových technik se dá elektrofotografie považovat za techniku tisku z plochy [10]. Za počátek vzniku elektrofotografie je považován rok 1938, kdy americký vědec Chester Floyd Carlson využil fotovodivého izolačního povrchu k vytvoření elektrostatických latentních obrazů, čímž se zasloužil o položení základu prvního praktického elektrofotografického systému [16]. Z řeckého slova xeros („suchý“) je odvozen název techniky xerografie a v podstatě popisuje použitý druh tiskové barvy, kterou je zde suchý práškový toner [10]. V knize *Electrophotography* [16] se můžeme dočíst, že elektrofotografický tisk je proveden v pěti krocích. Nabití válce, exponování desky pro získání latentního obrazu, vyvolání latentního obrazu pomocí jemných částic toneru, přenesení obrazu na potiskovaný substrát a nakonec fixace obrazu za pomoci tepla. Při zpracování nedochází k žádným chemickým reakcím.

V první fázi u elektrofotografie, jak je nám představeno v knize *Moderní polygrafie* [10], je nabit obrazový válec pomocí koronového výboje. Náboj na netisknoucích místech po osvitě poklesne o několik řádů. Koronového výboje dále využívají přenosové jednotky, pomocí kterých se toner přeneše na papír a mazací jednotky, které odstraňují zbytkový náboj z fotovodivé vrstvy. Pro fotovodivý povrch válce nebo pásu se například využívá amorfni selen a OPC (organic photo conductor). Fyzikálního procesu vyvolání latentního obrazu je docíleno dvěma způsoby. U prvního způsobu jsou vyvolána ta místa, ve kterých došlo k vybití



Obrázek 4 Schéma uspořádání elektrofotografické tiskové jednotky

elektrického náboje osvitem a označuje se jako *DAD (Discharged Area Development)*. Při druhém způsobu dochází k přenosu toneru na nabitá místa, která nebyla osvětlena, a označuje se jako *CAD (Charged Area Development)*. Nejúčinnějším způsobem, jak přenést jemné částice toneru na válec s latentním obrazem, je využitím tonerů s elektrickými náboji s opačnou polaritou. Intenzita elektrických polí povrchu válce s rostoucí vzdáleností klesá, a je proto potřeba přivést vyvíjecí materiál buď do jeho blízkosti, nebo nejlépe vytvořit přímý kontakt. Zviditelnění latentního obrazu ve vyvolávací jednotce je prováděno buď kontaktně, pomocí tzv. magnetického kartáče, nebo bezkontaktně. V přenosové jednotce díky elektrostatickému poli dochází k přenosu toneru na papír [17]. Při nedostatečném kontaktu se přenesou pouze malé množství toneru na povrchu obrazového válce, a proto, aby bylo možné přenést i nejnižší vrstvu, je potřeba provést přímý kontakt [10]. V poslední fázi je potřeba zafixovat toner na povrchu papíru, čehož se docílí použitím vysoké teploty a tlaku [10]. Na závěr pro opakování celého procesu je potřeba nejdříve obrazový válec neutralizovat a následně je možné válec očistit od pozůstatků toneru pomocí kartáče a odsávání.

1.3. Materiál využitý pro tisk samolepek

Jak už bylo zmíněno výše, od dob počátku samolepek došlo k velkému rozvoji v tomto odvětví a na dnešním trhu lze vybírat z velkého množství materiálu. Pro kvalitní výsledný produkt je potřeba si ze sortimentu zvolit správné prostředky podle cílového využití.

Samolepky se všeobecně skládají ze tří vrstev. První vrstva, tzv. substrát, nese tiskový motiv, druhá tvoří lepidlo a spodní třetí vrstva je silikonový nosný materiál, který se při aplikaci samolepky odstraní.

1.3.1. Substráty

Substrátem je jakýkoliv materiál, na který se tiskne požadovaný obrazový motiv. Vzhledem k tomu, že tato práce porovnává kvalitu mezi dvěma tiskovými technikami, budou nejprve představeny typické substráty, na které tyto techniky tisknou. Pro začátek však bude na místě popsat nejzákladnější substrát, kterého se hojně v polygrafickém průmyslu využívá, a tím je samotný papír.

1.3.1.1. Papír

Papír má svůj počátek ve starověké Číně ještě před naším letopočtem a tajemství jeho výroby byl zde dlouho stráženo, než se dostal do Evropy. Čínský ministr Tsi Lun ho v roce 105 našeho letopočtu popsal jako médium, tvořené z kůry stromů, konopí a tkanin z oblečení, na které bylo možné tisknout [17]. Více než o tisíc let později byla ve Španělsku mezi 12. a 13. stoletím postavena první papírna na výrobu papíru [18]. Papír se stal masovým produktem zejména poté, co výrobci nahradili drahé suroviny za levnější variantu – celulózu z mletého dřeva [17].

Profesor Šňupárek popisuje [19] celulózu jako přírodní polymer typu polysacharid. Celulóza tvoří trvalou strukturu buněčných stěn u rostlin. Celulózový řetězec, tvořený molekulami glukózy, je v dřevných buňkách vázán na hemicelulózy nebo lignin. Hemicelulóza obklopuje fibrily celulózy a póry mezi nimi jsou vyplněny ligninem. Dřevo je složeno z 40 až 45 % celulózových vláken, z 25 % ligninu a z 25 až 30 % hemicelulózy [17]. Podle toho jakou cestou je docíleno uvolnění vláken z dřevní hmoty jsou rozlišovány různé typy vláken [10]:

1. *Dřevovina se získává mechanickým způsobem pomocí broušení polen dřev na brusném kameni. Tento způsob je prováděn bez změny chemických vlastností vláken a proto nedochází k odstranění ligninu, který způsobuje nižší bělost dřevoviny a žloutnutí papíru. Kvůli uvolněným krátkým vláknům je její další nevýhodou snížená vazebná schopnost, která má za následek nízkou mechanickou pevnost. Papíry z dřevoviny získané mechanickým způsobem jsou vhodné jako potiskový materiál pro noviny, telefonní seznamy, formuláře a kartony.*
2. *Mechanickou buničinu pomocí kombinovaného způsobu získáme rafinací štěpek dřeva, které se částečně chemickou a zároveň tepelnou cestou rozloží. To usnadní následné mechanické rozvláknění. U tohoto způsobu dochází k částečnému odstranění ligninu a proto vlákna vykazují lepší vazebnou schopnost než tomu bylo u vláken dřevoviny.*
3. *Chemická buničina je získána chemickým způsobem. Štěpky dřeva jsou vařeny ve speciálních chemikáliích, kde za přítomnosti tepla a tlaku*

dochází k odstranění ligninu. Rozlišuje se sulfátový a sulfitový způsob podle toho jaký druh chemikálií byl použit.

Ještě před vstupem papíroviny do papírenského stroje je možné přidat pomocné látky, které mohou ovlivnit výsledné vlastnosti papíru při zpracování. Přidáním plnidel se docílí rovnoměrnějšího, uzavřenějšího povrchu a jako plnidla se nejčastěji používají bílé minerální látky jako je kaolin, uhličitan vápenatý nebo titanová běloba [10].

Do papírny přichází vlákniny ve formě vysušených archů a jsou následně rozvlákněny, jinak řečeno převedeny ze suché formy na mokrou suspenzi [10]. Navzdory tomu, že existují různé typy konstrukcí papírenského stroje, všechny mají společné části, kterými jsou – nátoková skříň, síťová část, lisová část, sušící část a dokončující sekce [17]. Papírovina, mokrá suspenze s obsahem sušiny 1 %, je z nátokové skříně přenesena na síto papírenského stroje, kde dojde k odvodnění a obsah sušiny na konci síta vzroste až na 20 % [10]. Papírový pás, který obsahuje 80 % vody, je dostatečně pevný, aby byl přenesen do lisové části papírenského stroje [20]. V lisovací části dochází k odstranění dalšího množství vody pomocí mechanického tlaku válce, který zároveň zahušťuje strukturu papíru, a zvyšuje tím jeho pevnost v tahu [17]. V této sekci musí být odstraněno co nejvíce vody, protože náklady na odstranění vody v sušící části jsou daleko vyšší a tak se v lisovací části hodnoty vlhkosti běžně pohybují od 55 do 65 % [20]. V sušící části se odstraňuje zbylá vlhkost pomocí sušících válců vyhřívaných parou a konečná sušina tu dosahuje 92–96 % [10]. V sušící části bývá klížící lis, který může například potahovat papírový pás roztokem obsahující škrob nebo pryskyřici pro zvýšení povrchové pevnosti papíru [17]. Ještě předtím, než je papírový pás navíjen do kotoučů, je potřeba papír zchladit a zvlhčit na požadovanou hodnotu vlhkosti, která se pohybuje od 5 do 10 % [10].

Papíry je možné rozdělit podle surovin, které byly použity při výrobě [10]:

- *Nenatírané dřevité papíry*, do kterých patří superkalandrované papíry, nebo novinové papíry;

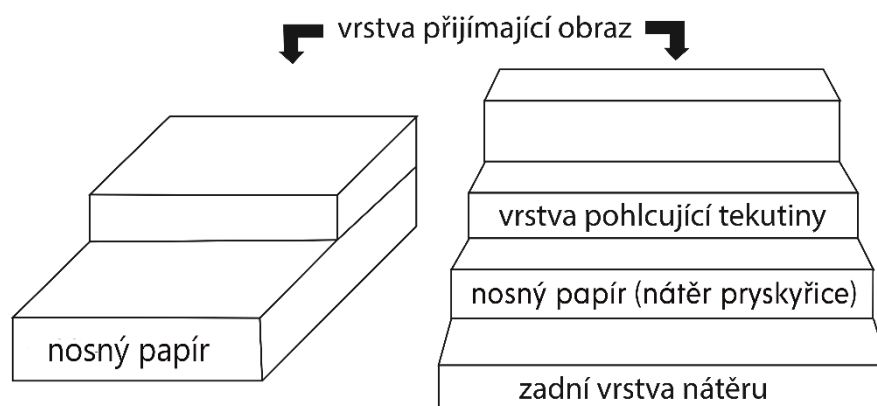
- *Nenatírané bezdřevé papíry*, do kterých se řadí ceninové a bankovní papíry, xerografické papíry, papíry pro inkjet a papíry pro tisk neko-
nečných formulářů;
- *Natírané dřevité papíry*, ke kterým patří velmi lehce natírané papíry ULWC, lehce natírané papíry LWC a středně natírané papíry MWC;
- *Natírané bezdřevé papíry*, jako jsou lehce natírané papíry LoWC, středně natírané papíry MWC a silně natírané papíry HWC;
- *Syntetické papíry*, vyrobené namísto celulózy ze syntetických vláken;
- *Tiskové kartony*, s gramáží od 150 do 250 g/m²;
- *Lepenky*, plné nebo vlnité (které se vytvoří slepením jedné nebo ně-
kolika vrstev zvlněného papíru k papíru nebo ke kartonu) s gramáží
nad 250 g/m².

U vyrobených papírů se dále dají hodnotit vlastnosti, kterými disponují. K charakterizaci slouží příslušné mezinárodní (ISO – International Organization for Standardization), evropské (EN – Europäischen Normen), nebo státní normy (např. ČSN – české technické státní normy) [10]. Rozlišujeme 6 druhů vlastností, jako [10]:

1. *Všeobecné vlastnosti*, u kterých se hodnotí směr výroby, síťová strana papíru, plošná hmotnost papíru, tloušťka papíru atd.;
2. *Fyzikální vlastnosti*, kde se hodnotí rozměrová stálost papíru, hladkost podle Bekka, drsnost podle Bendtsena atd.;
3. *Mechanické vlastnosti*, u kterých se hodnotí povrchová pevnost papíru, tržné zatížení, pevnost v tahu atd.;
4. *Optické vlastnosti*, ve kterých se hodnotí reflektivita papíru, bělost papíru, opacita (neprůsvitnost) atd.;
5. *Chemické vlastnosti*, kde se hodnotí pH papíru;
6. *Funkční vlastnosti*, u kterých se hodnotí tisková penetrace a přenosová křivka.

1.3.1.2. Papíry pro inkjet

Pro inkjetový tisk postačuje papír běžně využívaný do kopírek s plošnou hmotností nejčastěji 70 nebo 80 g/m² [10]. Při požadování kvalitního tisku je možné zvolit speciálně upravený papír. Například při použití rozpouštědlových barev u inkjetu je zejména důležité, aby použitý substrát absorboval inkoust na povrchu do doby, než dojde k odpaření rozpouštědla v inkoustu [15]. Setkáváme se s několika typy papírů, které se liší podle struktury povrchu nátěru (**Obrázek 5**). Existují papíry s jednoduchým jednovrstvým nátěrem nebo papíry se složitými vícevrstevnými strukturami nátěru [21].



Obrázek 5 Typická struktura inkjetových papírů (nalevo jednovrstvý nátěr, napravo vícevrstvý nátěr); upraveno [21]

Nejdůležitějším kritériem pro vysoce kvalitní tisk je vybrat vhodný papír, jehož povrch je opatřen přijímací vrstvou. Rozlišujeme tři typy *přijímacích vrstev* [22]:

1. *konvenční*, založená na minerálním plnivu (nejčastěji kaolínu) a organickém pojivu;
2. *bobtnající*, tvořené ze směsí hydrofilních polymerů s různým stupněm zesíťování s účelem pro tisk fotografií;
3. *mikroporézní*, které se skládají ze syntetických vysoce porézních sorbentů rozptýlených ve vhodném organickém pojivu

Inkjetem lze kromě papírů potisknout textilie, dřevo, keramiku, kov, plasty a další materiály používané ve výrobních procesech.

1.3.1.3. Papíry pro elektrofotografii

Výrobci elektrofotografických tiskáren všeobecně doporučují používat obyčejné kancelářské, nenatírané papíry [23]. Ty jsou však vhodné pro stolní tiskárny, které primárně slouží pro tištění obyčejných dokumentů a nejsou zde vysoké požadavky na kvalitu. Papíry určené pro potisk ve vysoce výkonných elektrofotografických strojích musí splňovat určité parametry, mezi které patří (podle [16]) například určitá elektrická vodivost, aby při pohybu pásu uvnitř stroje nedocházelo k elektrostatickému náboji vzniklého třením. Při vysoké elektrické vodivosti, způsobené velkým obsahem vody v papíru, dochází k problémům při přenosu toneru z válce na papír, a to se negativně podepíše na kvalitě tisku. Drsnost silně ovlivňuje potiskovatelnost papíru. Nejvhodnější je zvolit natírané papíry nebo papíry s vysoce kvalitním povrchem, díky kterým je možné vytisknout ostré detaily.

1.3.1.4. Všeobecně využívané substráty pro samolepky

Z ekologických důvodů jsou využívány substráty papírové, které však mají velkou nevýhodu v tom, že nejsou odolné vůči oděru, vlhkosti a celkově vydrží po kratší dobu. Větší odolností disponují samolepky vytvořené z fóliového materiálu jako je polyvinylchlorid, polyethylen, polyethylentereftalát atd. Jedná se o makromolekulární látky, která vznikla spojením nízkomolekulárních látek nazývaných monomery [10]. Výhoda spočívá v tom, že je možné tento typ samolepek omýt vodou bez obav, že dojde k jejímu znehodnocení.

Polyvinylchlorid (PVC)

Chlor ze slané vody a ethylen získaný rafinací ropy nebo zemního plynu dohromady tvoří základní stavební jednotku ze které následnou polymerací vznikne PVC [24]. Patří k nejdůležitějším polymerům a jedná se o relativně levný plast, který díky možnosti modifikace změkčovadly umožňuje výrobu široké palety produktů [19]. Jedná se o termoplast, u kterého je typickou vlastností, že při vyšší teplotě dochází k jeho měknutí a při ochlazení se vrací do pevného stavu [24]. Disponuje vynikající odolností vůči vodě, kyselinám i alkáliím a je vysoce pevný, tvrdý, odolný vůči oděru a má dobré elektroizolační

vlastnosti [19]. Správně zvolenými změkčovadly je možné docílit změny jeho vlastností od tvrdého po měkký nebo houževnatý [10].

Polyethylen (PE)

Je široce využívaný termoplast, který vznikne polymerací ethenu při vysokých tlacích a teplotách v přítomnosti katalyzátorů, jež se volí podle požadovaných konečných vlastností [25]. Vyrábějí se tři základní typy – LDPE (Low Density PE), HDPE (High Density PE) a LLDPE (Linear Low Density PE) [19]. Každý z typů má jiné vlastnosti a různé požadavky na výrobu. Skripta Makromolekulární chemie [19] popisují, že LDPE typ se vyrábějí radikálovou polymerací ethenu při teplotách 300 °C a tlaku 300 MPa, zatímco zbylé dva typy se vyrábějí polyinzercí při teplotách kolem 85–150 °C a tlaku 2 MPa. Všeobecně se jedná o všestranný materiál s dobrou tepelnou stabilitou i chemickou odolností, který poskytuje vysokou výkonnost oproti jiným polymerům, nebo materiálům jako je sklo, kov nebo papír [25]. Je omezeně rozpustný, krystalující nepolární polymer s nižší pevností v tahu s dobrými optickými vlastnostmi [10]. V roce 1933 byl objeven v britském průmyslovém gigantu Imperial Chemical Industries (ICI) Reginaldem Gibsonem a Ericem Fawcettem [25].

Polyethylentereftalát (PET)

Jedná se o lineární polyester kyseliny tereftalové a ethylenglykolu z něhož vyráběné fólie vykazují dobré mechanické vlastnosti [10]. PET je čirý semikrystalický termoplast s teplotou skelného přechodu okolo 80 °C a teplotou tání pohybující se kolem 265 °C [19]. Je pružný při nízkých teplotách, má výborné elektroizolační vlastnosti a málo propouští vlhkost a plyny [10]. Jedná se o nejmasověji vyráběný polyester [19]. Využívá se zejména jako obalový materiál pro potraviny, léčiva, nápoje a snadno se provádí jeho mechanická recyklace [26].

1.3.2. Lepidla

Pro samolepky je možné využít mnoho různých typů lepidel. Nejčastěji bývají využívána lepidla citlivá na tlak, nesoucí zkratku z angličtiny PSA (pressure-sensitive adhesive), která přilnou k jakémukoli povrchu po dodání tlaku [27]. Lepení není primárně docíleno chemicky nebo mechanicky, ale polární složkou povrchové

energie [28]. Pro správný účinek je potřeba použít vhodný materiál pro potisk, aby lepidlo proniklo do mikroskopických povrchových trhlin a mohlo tak dojít ke vzniku přitažlivých intermolekulárních sil mezi povrchem a lepidlem [29]. Výroba PSA lepidel je možná několika způsoby. Podle [28] jsou při *rozpouštědlových procesech* složky lepidla rozpuštěny v roztoku rozpouštědla a následně nanášeny na materiál. U *procesu tavení za tepla* k vytvoření termoplastického kaučuku je docíleno použitím lepkavých pryskyřic, olejů a antioxidantů a lepidlo je nanášeno na materiál při teplotě okolo 149 °C. Třetím procesem je *emulzní technika*, při které se adhezivní složky emulgují ve vodě a po aplikaci na pás materiálu je potřeba ho vysušit. V článku [30] jsou vypsány nejčastěji využívané chemické materiály, z kterých se PSA lepidla skládají. Prvním příkladem jsou *polymery akrylátové (estery kyseliny akrylové)*. Z monomerů jako jsou například kyselina akrylová, methylmethakrylát, butylakrylát a 2-ethyhexylakrylát při polymeraci se za tepla a tlaku vytvoří trvale lepivé polyakryláty. Jejich výhodou je vynikající čírost, odolnost proti oxidaci, teplu a UV záření. Velkou předností je i schopnost akrylu se vázat na polární povrchy jako jsou kovy, skla, polyesterové a polykarbonátové plastové fólie. Nedostatkem je jejich neschopnost vázat se na povrchy s nízkou povrchovou energií, jakou mají například nepolární polyethyleny a polypropyleny. Dalším příkladem jsou *lepidla na bázi kaučuku*. Patří mezi první komerčně dostupná lepidla, jsou odvozena z běžně dostupných surovin a snadno se vyrábějí. Protože polymer na bázi kaučuku není při pokojové teplotě tolik citlivý na tlak, je potřeba, aby byl kombinován dohromady s lepivými pryskyřicemi, oleji, změkčovadly, antioxidanty a případnými pigmenty. Tento typ lepidel poskytuje vysokou přilnavost i k povrchům s nízkou povrchovou energií a velkým plusem jsou nízké náklady na výrobu. Nevýhodou tohoto druhu je nízká chemická odolnost, degradování při teplotách vyšších než 65,5 °C a horší odolnost vůči UV záření. Dalším nedostatkem je jejich oxidace, při které dojde k ztmavnutí, zkřehnutí a snížení lepivosti. Rozlišujeme dva typy kaučuků, přírodní a syntetický, přičemž druhý zmíněný z ekonomických důvodů tvoří dvě třetiny celkových dodávek. Příkladem syntetického kaučuku využívaného jako PSA lepidlo je styren-butadienový kaučuk. Vyznačuje se vyšší teplotní odolností než jakou má přírodní kaučuk, i když naopak jeho nevýhodou je nižší pevnost a špatné vlastnosti při nízkých teplotách. Nebo dalším příkladem mohou být blokové styrenové kaučuky, kde jsou koncové bloky tvořené buď

z isoprenu či polybutadienu. Posledním využívaným polymerem jsou *silikony*. Vyznačují se značnou chemickou odolností, odolností vůči vysokým (260 °C) i nízkým teplotám (- 73,3 °C). Nevýhodou silikonových PSA je, že mohou být obtížně zpracovatelné, protože některé vyžadují vytvrzování při teplotě vyšší než 149 °C.

1.3.3. Barvy

Barva je jednou z hlavních důležitých komponentů, bez které by nebylo možné provést potisk substrátu a každá tisková technika má své specifické požadavky na jejich složení a způsob zasychání. Digitální tisk, inkjet i elektrofotografie, využívá barvy s jinými vlastnostmi než se používají u klasických tiskových technik.

1.3.3.1. Inkjetové inkousty

Hlavní důraz u inkoustů pro inkjet musí být kladen na to, že tiskové trysky mají otvor velikosti lidského vlasu a tak je potřeba, aby například inkoust s pigmentem neobsahoval velké částice, které by tento otvor ucply. V literatuře [14] se dočteme, že se využívá pět typů inkoustů – rozpouštědlové inkousty, inkousty na olejové nebo vodní bázi, UV tvrditelné inkousty a nakonec inkousty tavné (hot-melt). Inkousty obsahují buď barvivo (inkousty na vodní bázi), které musí být světlostálé a tepelně stabilní, nebo pigment (ostatní typy inkoustů), jehož velikost musí být menší než 3 μm a nebo jejich kombinací [31]. Termální tiskárny využívají pouze inkousty na bázi vody. V piezoelektrických tiskových hlavách lze navíc používat i olejové, ředidlové a UV inkousty, případně i inkousty tavné [14]. Inkjetové tiskárny jsou schopné využít i jiné funkční kapaliny jako jsou například laky, lepidla a podobně [10]. Zásadními parametry umožňující proces tisku je nízká viskozita, nízké povrchové napětí, stabilita a rychlost absorpce do substrátu. Z pohledu ovlivnění inkoustu zpracováním je u vodových a olejových inkoustů důležité brát ohled na teplotu a tlak v tiskové hlavě [14].

Z knihy [32] se dozvídáme, že *rozpouštědlový inkoust* pro inkjetový systém je tvořen pigmentem nebo barvivem v kombinaci s pryskyřičným pojivem ve vysoce těkavém rozpouštědle. U kontinuálního tisku se používají rozpouštědlové inkousty s methyl-ethyl-ketonem (MEK), které jsou oblíbené díky své rychlému schnutí a dobré interakci se substrátem. Je potřeba zvolit správnou

směs z důvodu recyklace kapek, při které se odpařuje rozpouštědlo a tím dochází ke změně viskozity inkoustu [31]. Využívají se typy rozpouštědel jako ketony, alkoholy, laktáty a glykoly. Obsah pevných látek, pigmentů, bývá menším než 20 % [14]. Tento typ inkoustů je levný a vhodný pro neporézní povrchy jako jsou plasty, kov nebo sklo.

O *inkoustech na bázi olejů* se v knize [14] dočteme, že se jedná o inkousty obsahující destiláty (uhlovodíky) nebo glykoly s dlouhými řetězci s body varu okolo 250 °C. Jsou vhodné pro substráty, jejichž povrch dokáže absorbovat inkoust. Proti inkoustům na vodné bázi mají výhodu v tom, že zasychají po kratší dobu a nezanechávají po sobě skvrny na papírových substrátech. Pro tento požadavek je vhodné, aby byl papír opatřen nátěrem.

Inkousty na bázi vody jsou podle publikace [32] všeobecně tvořeny směsí vody, zvlhčovačů (jako je například glykol), pigmentu a barviva. Oproti rozpouštědlovým inkoustům je tu problém se zasycháním. Problém je způsoben vysokou vrstvou inkoustu, které ztěžuje sušení na nesavých materiálech. Vzhledem k požadavkům posledních let na zvýšení využívání šetrnějších materiálů vůči životnímu prostředí se tento typ inkoustu dá předpokládat jako vhodný, i když kvůli velkému obsahu vody má tento inkoust vysoké povrchové napětí [14].

UV tvrditelné inkousty, podle Franka Romano [14], jsou odolné vůči chemikáliím a opotřebením a při správném vytvrzení lze u nich docílit vysokého lesku. Oproti rozpouštědlovým inkoustům a inkoustům na bázi oleje, tyto inkousty neobsahují těkavé organické sloučeniny. Jsou tvořeny monomery (reaktivní ředidla), oligomery, fotoinicátory a pigmenty. Při vytvrzování pomocí UV záření dochází k polymeraci, přičemž je důležité aby byl dostatečný stupeň konverze. Tento typ inkoustu má rychlou schopnost schnutí, široký sortiment potiskovatelných substrátů, možnost vynechání laminace, vysoký lesk a mnoho dalšího.

Posledním typem inkoustů jsou *tavné inkousty* (v angličtině *Hot melt*). Dle knihy Handbook of Industrial Inkjet Printing [32], je k jejich použití potřeba využít vysoké teploty, protože při běžné pokojové teplotě jsou v tuhém stavu. Dále se dočteme, že jsou velmi stabilní při skladování, jsou spolehlivé, nereagují tak citlivě na změny médií a při vystřelování z tiskové hlavy jsou

v kapalném stavu. Tavné inkousty jsou vytvářeny z vosků a pryskyřic s různým bodem tání a zabarvení se docílí pomocí barviv nebo pigmentů. Aditiva jsou zde využívána pro regulaci povrchového napětí inkoustů v kapalném stavu a k ovlivnění konečných vlastností filmů. Vzhledem k tomu, že inkousty schnou tuhnutím při kontaktu s povrchem, výsledný film má tendenci být hrubolátý a tím se povrch bude jevit jako matný.

1.3.3.2. Tonery pro elektrofotografii

Pro elektrofotografii je typické využití tonerů, které jsou buď ve formě suchého prášku nebo jako disperze v kapalině a jejich fixace na potiskovaném materiálu probíhá pomocí tlaku a teploty [10, 31].

Podle počtu složek [31] se *práškový toner* dělí na *dvousložkový* a *jednosložkový*, přičemž jednosložkový se dále dělí na *vodivý* a *odporový*. U *dvousložkových prášků* jsou přítomny jemné částice tonerových pigmentů a hrubé kuličky, tzv. nosiče. Nenabité kuličky a toner se smíchají a třením se nabijí. Toner se skládá z pigmentu, nejčastěji ze sazí, polymerního pojiva nebo pryskyřice a přísadami pro povrchovou úpravu. Tento typ toneru bývá využíván u vysokorychlostních tiskáren a u kopírovacích strojů. *Vodivý jednosložkový prášek* je tvořen magnetickým a vodivým tonerem o střední velikosti kolem 45 μm . Oproti předešlému prášku má tento výhodu v jednoduchosti systému, avšak velikost částic velmi ovlivňuje tiskové rozlišení. Toner je složen z magnetických oxidů (například oxid železa), polymerního pojiva, sazí a čistících přísad. *Jednosložkový prášek* má velikost částic kolem 32 μm a obsahuje oxidy železa. Přídavkem je tady činidlo, které je určené pro řízení náboje. Typicky bývá využíván u tiskáren HP Laserjet. Z důvodu fixace prášku za pomoci tepla na potiskovaném materiálu je potřeba zvolit pojivo s vhodnou teplotou tání. Jedním z využívaných pojiv je například kopolymer polystyren-methakrylát. Dále jde využít styrenové kopolymery, epoxidy a polykarbonáty.

Ze stejné publikace [31] získáme informace o *kapalném toneru*, který je tvořen koloidní, jemnější disperzí pigmentu s rozměry pohybujícími od 0,1 – 0,2 μm v isoparaffinu s bodem varu od 155 do 210 $^{\circ}\text{C}$. U tohoto typu toneru lze využít velkou škálu pryskyřic jako pojivo.

1.4. Tisková kvalita samolepek

Hlavním cílem tiskáren v polygrafickém průmyslu je vytvořit kvalitní tisky věrně odpovídající originálnímu návrhu podle očekávání zákazníků za rozumnou cenu. Hodnocení kvality se může provést subjektivně, kdy se výsledné vytištěné produkty hodnotí očima i hmatem, nebo objektivně, kdy se stanoví kritéria hodnocení. K minimalizaci subjektivního hodnocení přispívá standardizace převzatá z vypracovaných mezinárodních norem [10]. Pro posuzování kvality se může měřit například tónová hodnota, reprodukce barev, chyby odstínu, tiskový kontrast apod.

1.4.1. Světlostálost

Světlostálostí se rozumí schopnost materiálu odolávat vnějším vlivům jako slunečnímu záření, teplotě a dalším faktorům před změnami barevných vlastností. Při měření se proměřují hodnoty barvových souřadnic prostoru CIE $L^*a^*b^*$, díky kterým vypočítáme barvovou odchylku ΔE^* . Pro kontrolu světlostálosti jsou k dispozici dvě metody. První metodou je *přirozené stárnutí*, kdy je možné materiál dát ven nebo nechat v interiéru a trvá delší dobu. Druhá metoda se nazývá *urychlené stárnutí* a při této metodě jsou objekty vloženy do zařízení, ve kterých jsou pomocí umělého zdroje záření ozařovány. U tohoto typu trvá měření po kratší dobu, díky tomu, že jsou objekty vystaveny po celou dobu podmínkám odpovídajících venkovním poledním hodnotám.

Ztrátu fyzikálních vlastností, praskání, loupání, blednutí apod. má na svědomí zejména sluneční záření. Stupeň poškození se liší v závislosti na citlivosti materiálu a spektru slunečního záření [33]. Sluneční záření je tvořeno z viditelného záření, infračerveného záření a ultrafialového záření, přičemž ultrafialové s kratší vlnovou délkou je nejškodlivějším zářením pro potiskované materiály a barvy [34]. Kromě světla ovlivňují stálost barev i další faktory jako například teplota, vlhkost, typ potiskovaného materiálu, geografické umístění, vrstva barvy atd.

V článku [35] Julie Lucas je popsána celá řada laboratorních testů, kterými lze testovat světlostálost a zvětrávání pozorovaných subjektů. Každý z těchto testů používá jiný způsob simulace slunečního záření a vlhkosti. Používají se například *xenonové výbojky*, které reprodukuje sluneční světlo nejvěrohodněji. Výhodou je možnost nastavení vlhkosti, které simuluje mokré podmínky a naopak nevýhodou je zde to, že některé testovací zařízení jsou celkem nákladná. Dalším typem

využívaného zdroje záření jsou UV lampy. Lampy vyzařují UV záření a obvykle jsou kategorizovány jako UVA nebo UVB [36]. K urychlenému stárnutí v laboratorních slouží testovací komory, ve kterých je možné nastavit teplotu, intenzitu ozáření a vlhkost.

1.4.2. Lepivost

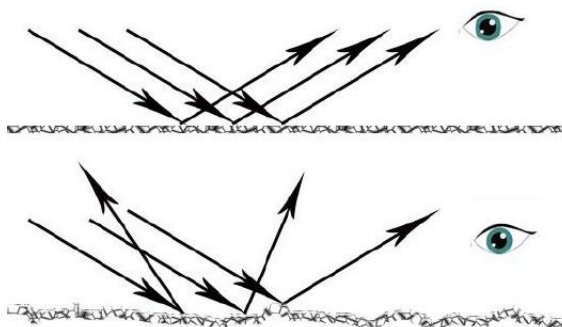
Podle normy ČSN EN 923:2016, je lepidlo definováno jako schopnost materiálu přilnout a vytvořit lepený spoj v okamžiku kdy dochází ke kontaktu s jiným typem povrchu [37]. Existuje několik typů testování lepidla. Klasický test se provádí (podle [38]) pomocí odvalující ocelové kuličky po nakloněné rovině na pás lepidla. Lepivost je větší, čím kratší vzdálenost tato kulička urazí. Tento test se dobře určuje u elastomerních lepidel, ale je nespolehlivý u lepidel se systémem na vodní bázi. Univerzálnějším testem je zkouška sondou, kdy je válec po krátkou dobu přiblížen k povrchu lepidla a změřeno se síla potřebná k jeho odtržení. Podobným principem lze provést test se smyčkou, kdy je smyčka potažena lepidlem a přiblížena k ocelové desce. Všechny tyto testy mohou být silně ovlivněny čistotou kuličky, sondy nebo desky. Dalším testem je odlupování. Materiál je při konstantní rychlosti pod úhlem 90 nebo 180 stupňů odlupován od povrchu a měří se síla potřebná k tomuto odtržení.

1.4.3. Odolnost proti odírání

Podle ČSN 01 5050 se jedná o nežádoucí změnu povrchu nebo rozměru materiálu při které dochází k odstranění či přemístování částic hmoty z povrchu mechanickou silou [39]. Pro zjištění odolnosti materiálu proti odírání můžeme například použít testovací stroj Ink Rub tester. Tento stroj kmitavým pohybem závaží, na kterém je připevněn papír, kmitá po testovacím materiálu po nastavenou dobu. Připevněný papír bude více zašpiněný, čím méně je testovaný materiál odolný vůči odírání. Dále existují tzv. Scratch tester, při kterém dochází k opakovanému škrábání materiálu pomocí jehly do doby než dojde k jeho proškrábnutí [40]. Původně byl test vyvinut německým mineralogem Friedrichem Mohsem v roce 1820 a tato metoda je použitelná pro kovy, keramiku, polymery a natírané povrchy [41]. Větší tendenci k odírání barvy mají barvy s vyšší jemností pigmentů a matně natírané papíry [10].

1.4.4. Lesk

Lesk je schopnost povrchu sledovaného substrátu zrcadlově odrážet dopadající světlo (zrcadlový odraz). Hunterem [42] je o zrcadlovém odrazu psáno, že nastává na površích odrážejících předmětů a díky rozmanitosti povrchových struktur je výsledkem několik typů lesku. K odrazu vždy dochází, když světlo dopadá na hranici mezi dvěma povrchy s rozdílným indexem lomu. Zákon odrazu (dle [10]), platící pro hladké homogenní materiály, neplatí pro nerovné povrchy nebo heterogenní materiály, jimiž jsou například vrstvy tiskové barvy na jakémkoli substrátu. Příčinou jsou pigmenty, které dopadající světlo pohlcují (absorbují) a difuzně rozptylují (odrážejí) do všech směrů. Rozlišují se dva typy odrazu světla (**Obrázek 6**) – zrcadlový a difuzní (rozptýlený).



Obrázek 6 Odraz od hladkého a matného povrchu

Podle [10] můžeme odrazové chování povrchů rozdělit do čtyř skupin podle toho, v jakém podílu se vyskytuje zrcadlově odražené nebo difuzně rozptýlené světlo:

- dokonale lesklý povrch;
- lesklý povrch s jemným závojem;
- pololesklý (polomatný) povrch a
- dokonale matný povrch.

Většina komerčně využívaných leskoměrů (používá jako světlo žárovku, soustavu čoček a nějaký typ fotoelektrického snímače, detektoru [43]). Při měření lesku je (dle [10]) preferován zrcadlový odraz a proto se difuzní odraz musí oddělit. Toho je docíleno správnou volbou geometrie přístroje. U nátěrových filmů se používá odrazová geometrie 20°, 60° a 85°, pro měření lesku papíru úhly 75° a 45°

a pro keramické povrchy úhel 45°. Hodnoty lesku se udávají buď v procentech od 0 do 100, nebo jako bezrozměrná veličina od 0 do 10.

1.4.5. Test rozlišení

Kvalita a rozlišení výstupního zařízení, tiskárny, je definována velikostí elementárních bodů tvořících tiskový bod a značí se dpi (dots per inch) [10]. Pro udání kvality obrazu je naopak používán počet pixelů na palec, jednotka ppi (pixels per inch), a čím větší počet pixelů obraz má, tím detailnější tento obraz bude [44]. Rozlišení lze obecně chápat jako počet obrazových bodů (pixelů), které je schopno dané zařízení vykreslit/zachytit.

Při tomto měření je potřeba vytvořit testovací obrazec v jakémkoli programu, který bude obsahovat například jemné písmo nebo linky s různými velikostmi a tloušťkami. Jak u písma, tak i u linek bude pozorována jejich čitelnost. Oboje bude sledováno ze vzdálenosti cca 50 cm. Cílem tohoto měření je posoudit to jak zvládne tisková technika vytisknout jemné detaily a do jaké velikosti je možné přečíst vytištěný text.

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1. Grafický návrh

Hlavním záměrem bylo vytvořit poutavou a esteticky příjemně vzhledovou samolepku Katedry polygrafie a fotofyziky Univerzity Pardubice využívanou především na trzích vysokých škol jako propagaci cílenou na nové studenty oboru polygrafie vyučovaného na naší univerzitě v Pardubicích. Nakonec byl vybrán návrh zobrazený níže na obrázku (**Obrázek 7**). Jedná se o zjednodušený malířský štětec, který barevně odkazuje na jednotlivé procesní barvy CMYK. V každé barvě se nachází dva slogany, které jsou na žlutém pozadí tištěny černě, v ostatních barvách je použit bílý text. Slogan # jsem polygraf odkazuje na obor polygrafie. Druhý typ samolepky nese název # NATŘI JIM TO a je myšlen jako povzbuzení studentů při studiu, zejména jako motto pro zkuškové období. Zároveň je na držadle malířského štětce uvedena internetová stránka Univerzity Pardubice v bílé i černé barvě. Grafický návrh samolepek je ve vektorovém provedení a pro vytvoření byl použit program Adobe Illustrator CS6 od firmy Adobe.



Obrázek 7 Grafický návrh samolepek

2.2. Použitá zařízení a materiály

2.2.1. Materiály a tisková zařízení

Pro porovnání byly samolepky vytištěny nejen u dvou firem, ale také na Katedře polygrafie a fotofyziky v Doubravících. První firma Výhodný tisk s.r.o. v Karlových Varech použila pro inkjet stroj Roland TrueVIS VG2-640 a pro elektrofotografii stroj Konica Minolta Accuriopress c4070. Z materiálů, na které se tisklo,

použila firma lesklou vinylovou fólii z PVC s tloušťkou 100 μm pro inkjet (Ink_vinyl). Pro elektrofotografii byly použity papírové předsekané etikety o formátu SRA3 s plošnou hmotností 140 g/m^2 od firmy Konica Minolta (El_Papír). Na vinylovou fólii se tisklo rychleschnoucí barvou Eco Solvent DigINK eMax 3 a na papírové etikety se použil originální toner Konica Minolta Accurioprint.

Druhou zvolenou firmou se stala Copy General s.r.o., u které byly samolepky vytištěny pouze elektrofotograficky na zařízení Ricoh. Za materiály byly použity adhezivní bílé lesklé fólie (PE) s plošnou hmotností 140 g/m^2 o síle 53 μm na formátu SRA3 od firmy Xerox (El_PE). Samolepky se vytiskly pomocí toneru P \times P („Polyester \times Polymerization“) vytvořeného firmou Ricoh, který využívá polyesterovou pryskyřici, která se snadno taví při nízkých teplotách [45].

Na katedře byly použity dvě tiskárny. Inkoustová tiskárna Epson Sure Color P800 a laserová tiskárna Konica Minolta AP3070. Pro potisk byly zvoleny tři druhy samolepících etiket, z nichž dva druhy mohly být použity pro obě tiskárny. Prvním z nich byla bílá matná polyetylenová folie o rozměru A4 s plošnou hmotností 105 g/m^2 (Ink_PE 2, El_PE 2) a druhým byla bílá matná papírová etiketa o rozměru A4 s plošnou hmotností 120 g/m^2 (Ink_Papír 2, El_Papír 2). Třetí druh, bílá lesklá polyesterová folie (El_PET) o rozměru A4 s plošnou hmotností 160 g/m^2 , mohla být použita pouze pro elektrofotografii. U inkoustové tiskárny byly použity originální inkoustové náplně od značky Epson, u laserové tiskárny originální tonery od firmy Konica Minolta.

2.3. Test světlostálosti

Před testováním samolepek byly změřeny barvové souřadnice L^* , a^* , b^* (**Tabulka 1**) pomocí spektrofotometru X-Rite Exact. Poté byly samolepky nalepeny na lepenku a vloženy do Q-Sun Xenon Test Chamber (model Xe-1-B), tedy do komory simulující venkovní podmínky pro urychlené stárnutí vloženého materiálu. Jedna hodina v tomto stroji přibližně odpovídá působení polednímu slunečnímu záření za jeden den. Intenzita záření byla nastavena na 0,51 W/m^2 při vlnové délce 340 nm a teplota černého panelu na 65 $^\circ\text{C}$. Vzorky byly namáhány v různých intervalech, od kratších po delší, aby nedošlo k tzv. *umrtvení barev* hned na začátku. Zároveň také proto, aby bylo možné pozorovat průběh chování jednotlivých samolepek během měření. Měření probíhalo po prvních 12 hodinách, 24 hodinách, po třech dnech a po jednom týdnu. Dohromady

vzorky samolepek strávily ve stroji 360 hodin, což by přibližně odpovídalo roku vystavení v exteriéru.

2.4. Test změny barevnosti vlivem teploty

Při tomto testu byl sledován vliv teploty na barevnost samolepek. Vzorky byly nalepeny na lamino (lepenka s plošnou hmotností 250 g/m² s 80 µm fólií Q-Connect) a sklo. S těmito materiály byly poté vloženy na týden do laboratorní sušárny Memmert (80 ± 2 °C) a do mrazicího boxu (- 19 °C). Byl sledován nejen vliv teploty nebo nosného materiálu na barevnost, ale i odolnost lepidla samolepek vůči teplotám [viz test lepidlosti (přilnavost)].

2.5. Test lepidlosti (přilnavosti)

Při tomto testu byla testována lepidlost (přilnavost) lepidla ke dvěma různým povrchům – ke sklu a laminu. Zprvu byla pozorována lepidlost samolepek bez fyzického zásahu. Poté se provedl tzv. peel test, ve kterém se odstranily konstantní rychlosti pod úhlem 180° samolepky z povrchu. Také byl sledován vliv teploty na účinnost lepidla. Referenční lepidlost byla měřena při pokojové teplotě 23,4 °C. Další samolepky byly na týden vloženy do laboratorní sušárny (80 ± 2 °C) a do mrazicího boxu (- 19 °C). Po vytažení byl u nich do cca hodiny proveden peel test.

2.6. Test odolnosti proti odírání

Zprvu jsme provedli měření, při kterém jsme sledovali schopnost materiálu samolepky odolat poškrábání. Použili jsme tužku modelu 318S od firmy Erichsen GmbH & Co., na níž bylo nastaveno zatížení o síle 5 N a s níž bylo následně přejížděno po povrchu jednotlivých samolepek. Otázkou bylo, zda testovací tužka dokáže materiál samolepky poškodit a vytvořit rýhu, či zda bude samolepka proti tomuto zásahu odolná.

U druhého testu byla měřena schopnost materiálu samolepek odolat odírání. Bylo využito přístroje Ink Rub Tester od firmy Testing Machines Inc. Na stroji se nastavilo 100 kmitů se zatěžovacím závažím 1800 g, na kterém byla připevněna čistá, tedy nepotíštěná papírová etiketa. Na určené místo byla položena samolepka, kterou toto závaží odíralo po stanovený počet kmitů. Vyhodnocovalo se, do jaké míry je tisková barva schopná odolat tomuto odírání a kolik barvy se přeneslo na čistou etiketu.

2.7. Test lesku

Pro test lesku byl použit tříúhlový měřič lesku (Micro-TRI-gloss μ od firmy BYK), jehož měřicí jednotka je vybavena standardní geometrií 20°, 60° a 85° podle normy ČSN ISO 2813. Pro každý materiál byly zaznamenány úhly 60° a 85°. Úhel 60° byl určen pro pololesklý materiál, který je použitelný pro všechny nátěry, zatímco úhel 85° byl určen hlavně pro matný materiál a používá se v případě, kdy jsou jednotky při úhlu 60° nižší než 10. Při tomto měření byl přístroj přiložen na pět různých potištěných míst na samolepkách a ze získaných hodnot byly spočítány průměry.

2.8. Test rozlišení

Testovací obrazec (**Obrázek 8**), skládající se z několika stupňů písma a linek, byl vytvořen v programu Adobe Illustrator CS6. Pro písmo jsme zvolili font Palatino Linotype, patkové písmo od typografa Hermanna Zapfa z roku 1999 [46]. Velikost písma se pohybuje od 40 do 6 pt (points) v pozitivní a negativní variantě. Linky jsou černé a pohybují se ve velikostech od 8 do 0,5 pt. V jednotlivých velikostech jsou pak uspořádány vedle sebe vždy s rozstupem odpovídajícím jejich velikosti.



Obrázek 8 Test rozlišení (zmenšená verze)

3. VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1. Tisková barevnost

Průměrné referenční hodnoty barvových souřadnic L^* , a^* , b^* jsou uvedeny v tabulce (**Tabulka 1**). U každé samolepky bylo 5x změřeno náhodné místo a ze získaných hodnot byl vypočítán průměr. Barvová odchylka ΔE^* se získá z rovnice (**rovnice 1**), ve které jsou hodnoty ΔL^* , Δa^* a Δb^* rozdíly mezi referenčními a naměřenými hodnotami barev [10]. V polygrafii je využívána tabulka tolerance (**Tabulka 2**), podle které hodnotíme, na kolik je rozdíl mezi barvami rozeznatelný a kdy se vytištěný produkt stává nepřijatelným.

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

Tabulka 1 Referenční hodnoty barvových souřadnic L^ , a^* , b^**

	typ tiskárny	materiál	barva	L^*	a^*	b^*
Inkjet	Roland TrueVIS VG2-640	Ink_vinyl	C	56,93	-36,10	-46,74
			M	48,36	71,18	2,37
			Y	87,04	-3,93	88,58
			K	17,43	-0,85	-0,05
	Epson Sure Color P800	Ink_PE 2	C	67,00	-28,21	-33,65
			M	54,60	66,19	-3,86
			Y	89,34	-3,79	70,95
			K	22,40	1,27	0,07
		Ink_Papír 2	C	66,00	-22,93	-35,90
			M	57,48	46,86	-7,76
			Y	84,06	-4,71	64,93
			K	30,58	1,37	1,09
elektrofotografie	Konica Minolta Accuriopress c4070	El_Papír	C	52,23	-23,58	-52,93
			M	46,95	67,37	-6,07
			Y	85,52	-7,29	78,77
			K	18,03	-0,16	-0,08
	Ricoh	El_PE	C	53,32	-31,94	-49,40
			M	46,42	73,43	-4,95
			Y	86,40	-8,39	89,63
			K	14,08	-0,28	-0,26
	Konica Minolta AP3070	El_PET	C	48,78	-31,28	-49,75
			M	44,81	71,33	-2,70
			Y	84,17	-7,13	82,09
			K	13,46	-0,31	-0,26
		El_PE 2	C	51,70	-34,61	-48,15
			M	47,41	74,07	1,08

			Y	89,26	-5,73	85,15
			K	15,30	-0,46	-0,23
		El_Papír 2	C	49,86	-27,84	-48,39
			M	45,95	68,80	-4,69
			Y	83,78	-5,50	73,60
			K	17,61	-0,09	-0,08

Tabulka 2 Tabulka tolerance barvových odchylek

rozdíl	ΔE^*
nepovšimnutelný	0-1
velmi malý, rozpozná zkušené oko	1-2
střední	2-3,5
velký	3,5-5
nepřijatelný	> 5

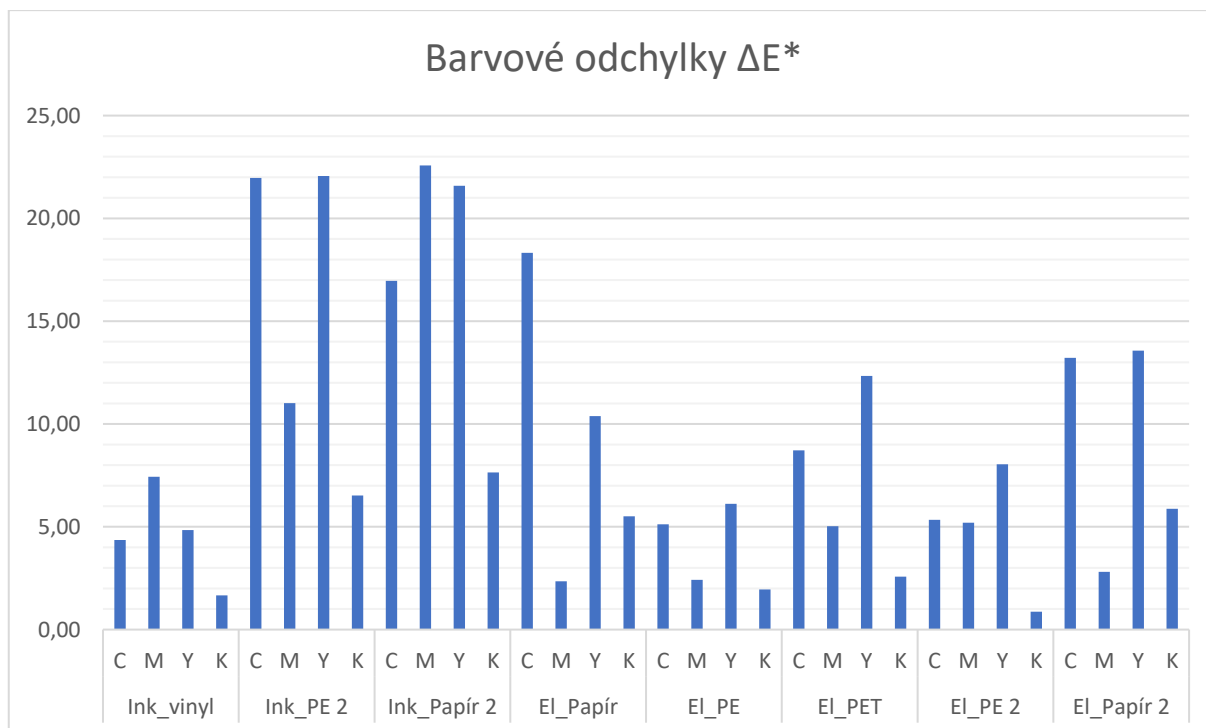
Barevnost vytištěných samolepek byla porovnána s mezinárodním standardem, s normou ISO 12647-2:2013 (E) na bílém podkladu (**Tabulka 3**). Vinyl, PE a PET byly porovnány s typem papíru PS1, papírové etikety s typem papíru PS6. Jedná se pouze o hodnoty orientační, protože tato norma slouží pro porovnání výtisků vytištěných ofsetem. Vypočítané hodnoty barvových odchylek jsou vypsané v tabulce (**Tabulka 4**). Pro lepší přehlednost byl vytvořen graf (**Graf 1**), na kterém se barvové odchylky ve většině případů pohybují v nepřijatelných mezích podle tabulky tolerance (**Tabulka 2**). Nejvyšší barvové odchylky měly převážně samolepky vytištěné tiskovou technikou inkjet. Ty, které překročily hranici tolerance, jsou zvýrazněny tučným písmem. Tento jev si vysvětlujeme tím, že při tisku nebyla pohlídána správa barev. Data byla vytvořena ve CMYKu, avšak při tisku u tiskáren nebyl použit stejný profil, a proto došlo k rozdílným výsledkům. Protože cílem testů nebylo zjistit, zda tiskárny tisknou věrohodně, nejsou tyto barevné rozdíly hodnoceny a slouží pouze jako referenční hodnoty pro provedené zátěžové testy.

Tabulka 3 Mezinárodní standard, norma ISO 12647-2:2013 (E)

		L*	a*	b*
PS1 premium coated	C	56	-36	-51
	M	48	75	-4
	Y	89	-4	93
	K	16	0	0
PS6 super calander uncoated	C	56	-36	-40
	M	48	67	-4
	Y	84	0	86
	K	23	1	2

Tabulka 4 Vypočítané barvé odchytky z normovaných a naměřených hodnot

			ΔE^*
inkjet	Ink_vinyl	C	4,36
		M	7,43
		Y	4,84
		K	1,67
	Ink_PE 2	C	21,97
		M	11,01
		Y	22,06
		K	6,52
	Ink_Papír 2	C	16,96
		M	22,57
		Y	21,59
		K	7,64
elektrofotografie	El_Papír	C	18,32
		M	2,35
		Y	10,38
		K	5,51
	El_PE	C	5,12
		M	2,42
		Y	6,11
		K	1,96
	El_PET	C	8,72
		M	5,03
		Y	12,34
		K	2,57
	El_PE 2	C	5,34
		M	5,20
		Y	8,04
		K	0,87
	El_Papír 2	C	13,22
		M	2,81
		Y	13,57
		K	5,88



Graf 1 Přehled barvových odchylek vůči normě

3.2. Světlostálost

3.2.1. Světlostálost urychleným stárnutím

Byly vytvořeny tabulky (**Tabulka 5, Tabulka 6, Tabulka 7, Tabulka 8, Tabulka 9, Tabulka 10, Tabulka 11 a Tabulka 12**) se změnami světlostálosti barev pro jednotlivé typy samolepících etiket. V tabulkách, které níže uvádíme, jsou vypsány referenční a změřené souřadnicové hodnoty L^* , a^* , b^* a vypočítané barvové odchylky ΔE^* .

Tabulka 5 Světlostálost vinylových samolepek tištěných inkjetem

Ink_vinyl	doba namáhání [h]	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
C	0	56,93	-36,10	-46,74	—
	12	56,08	-36,26	-46,39	0,93
	24	56,22	-36,52	-46,20	0,99
	48	56,26	-36,60	-45,72	1,32
	120	56,27	-36,79	-45,23	1,79
	192	56,05	-36,54	-44,83	2,15
	360	56,13	-36,13	-44,46	2,42
M	0	48,36	71,18	2,37	—
	12	47,59	70,03	1,91	1,46
	24	47,71	69,90	2,61	1,46
	48	47,44	69,11	2,61	2,28

	120	47,55	68,91	3,35	2,60
	192	47,78	68,63	3,64	2,91
	360	47,82	68,03	4,06	3,62
Y	0	87,04	-3,93	88,58	—
	12	86,55	-3,90	87,87	0,86
	24	86,33	-3,86	87,17	1,58
	48	86,23	-3,91	86,73	2,02
	120	86,48	-4,14	84,93	3,70
	192	86,56	-4,49	83,23	5,40
	360	86,38	-4,82	78,19	10,45
K	0	17,43	-0,85	-0,05	—
	12	17,16	-0,94	0,18	0,37
	24	17,70	-1,04	0,13	0,38
	48	17,05	-0,90	-0,04	0,39
	120	17,02	-0,86	-0,02	0,42
	192	17,83	-0,74	-0,34	0,51
	360	17,95	-0,42	-0,92	1,10

Tabulka 6 Světlostálost PE samolepek tištěných inkjetem

Ink_PE 2	doba namáhání [h]	L*	a*	b*	ΔE^*
C	0	67,00	-28,21	-33,65	—
	12	68,07	-27,42	-32,85	1,55
	24	68,05	-27,51	-32,44	1,75
	48	65,78	-27,13	-32,86	1,81
	120	65,70	-27,01	-32,62	2,04
	192	66,53	-26,75	-31,12	2,96
	360	68,82	-26,41	-31,00	3,68
M	0	54,60	66,19	-3,86	—
	12	53,64	63,43	-4,51	2,99
	24	53,60	63,30	-4,36	3,09
	48	54,64	63,15	-4,70	3,15
	120	53,71	62,13	-4,33	4,17
	192	54,41	62,26	-4,78	4,04
	360	53,25	61,83	-4,50	4,61
Y	0	89,34	-3,79	70,95	—
	12	87,33	-4,11	68,47	3,20
	24	86,44	-3,75	68,04	4,11
	48	87,25	-4,16	67,28	4,24
	120	88,01	-4,15	67,49	3,72
	192	88,52	-4,58	67,16	3,95
	360	89,82	-5,27	68,25	3,11
K	0	22,40	1,27	0,07	—
	12	22,98	1,22	0,58	0,77
	24	23,20	1,14	0,61	0,97
	48	23,80	1,03	0,71	1,55
	120	23,92	1,45	0,81	1,70

192	23,90	1,51	0,91	1,74
360	23,90	2,53	0,64	2,04

Tabulka 7 Světlostálost papírových samolepek tištěných inkjetem

Ink_Papír 2	doba namáhání [h]	L*	a*	b*	ΔE^*
C	0	66,00	-22,93	-35,90	—
	12	66,08	-24,68	-30,75	5,44
	24	65,12	-24,58	-29,00	7,14
	48	66,32	-25,41	-28,43	7,87
	120	65,93	-24,95	-27,19	8,94
	192	67,53	-24,75	-27,11	9,11
	360	67,66	-23,06	-26,62	9,43
M	0	57,48	46,86	-7,76	—
	12	57,56	45,96	-5,06	2,84
	24	56,64	45,02	-4,26	4,04
	48	57,61	45,24	-3,76	4,31
	120	57,65	44,76	-3,63	4,64
	192	57,71	44,52	-3,71	4,69
	360	58,38	44,03	-3,93	4,85
Y	0	84,06	-4,71	64,93	—
	12	82,76	-4,40	66,38	1,97
	24	85,14	-4,28	66,63	2,05
	48	84,77	-4,54	67,19	2,38
	120	84,51	-4,75	66,97	2,09
	192	84,98	-4,47	61,46	3,60
	360	86,27	-3,58	44,20	20,88
K	0	30,58	1,37	1,09	—
	12	31,30	1,23	1,58	0,89
	24	30,50	1,28	1,95	0,86
	48	30,87	1,23	2,10	1,07
	120	31,22	1,26	2,22	1,30
	192	31,21	1,22	2,23	1,31
	360	31,81	1,29	2,20	1,66

Tabulka 8 Světlostálost papírových samolepek tištěných elektrofotografií

El_Papír	doba namáhání [h]	L*	a*	b*	ΔE^*
C	0	52,23	-23,58	-52,93	—
	12	51,37	-24,46	-50,44	2,77
	24	51,43	-25,19	-49,68	3,71
	48	51,24	-25,55	-48,87	4,61
	120	51,40	-25,93	-47,06	6,37
	192	51,51	-26,53	-46,39	7,21
	360	51,72	-27,22	-44,29	9,39
M	0	46,95	67,37	-6,07	—
	12	46,32	66,15	-4,47	2,11

	24	46,20	65,71	-3,81	2,90
	48	46,02	64,52	-3,66	3,85
	120	46,95	61,97	-4,38	5,66
	192	48,53	57,94	-5,55	9,58
	360	59,01	43,85	-6,08	26,43
Y	0	85,52	-7,29	78,77	—
	12	84,75	-7,03	78,85	0,81
	24	85,37	-6,91	80,32	1,61
	48	84,01	-6,73	79,48	1,76
	120	84,61	-6,56	75,36	3,60
	192	85,71	-6,87	63,35	15,42
	360	88,30	-3,84	58,16	21,08
K	0	18,03	-0,16	-0,08	—
	12	19,18	-0,17	0,29	1,20
	24	19,44	-0,20	0,39	1,49
	48	20,17	-0,23	0,53	2,22
	120	20,26	-0,31	0,55	2,32
	192	20,26	-0,33	0,73	2,38
	360	20,34	-0,29	0,73	2,46

Tabulka 9 Světlostálost PE samolepek tištěných elektrofotoografií

El_PE	doba namáhání [h]	L*	a*	b*	ΔE^*
C	0	53,32	-31,94	-49,40	—
	12	52,62	-31,22	-48,26	1,52
	24	53,26	-31,09	-48,13	1,53
	48	52,66	-31,29	-47,79	1,86
	120	52,45	-32,10	-46,43	3,09
	192	52,65	-32,58	-44,93	4,56
	360	53,66	-32,40	-43,16	6,26
M	0	46,42	73,43	-4,95	—
	12	45,71	70,64	-8,76	4,78
	24	45,66	70,14	-8,51	4,91
	48	45,52	69,49	-9,20	5,87
	120	45,78	66,04	-10,43	9,22
	192	47,40	61,72	-11,27	13,35
	360	57,45	45,50	-10,76	30,59
Y	0	86,40	-8,39	89,63	—
	12	84,20	-8,74	84,76	5,36
	24	84,10	-8,60	83,84	6,24
	48	83,91	-8,33	82,48	7,57
	120	83,74	-8,11	79,06	10,91
	192	84,09	-8,09	76,38	13,45
	360	85,54	-9,03	69,64	20,02
K	0	14,08	-0,28	-0,26	—
	12	14,06	-0,29	-0,06	0,20
	24	13,51	-0,24	0,20	0,73

48	12,70	-0,27	0,32	1,50
120	11,82	-0,31	0,20	2,31
192	11,24	-0,27	0,10	2,86
360	15,94	-0,75	-2,59	3,02

Tabulka 10 Světlostálost PET samolepek tištěných elektrofotoografií

El_PET	doba namáhání [h]	L*	a*	b*	ΔE^*
C	0	48,78	-31,28	-49,75	—
	12	47,93	-28,98	-48,78	2,63
	24	47,56	-28,98	-48,99	2,71
	48	48,06	-29,48	-47,61	2,88
	120	48,36	-28,60	-48,40	3,02
	192	47,96	-27,92	-48,04	3,85
	360	46,38	-28,78	-46,45	4,78
M	0	44,81	71,33	-2,70	—
	12	43,26	67,74	-1,22	4,19
	24	44,25	66,91	-1,73	4,57
	48	44,23	67,34	-2,69	4,03
	120	44,72	65,24	-5,49	6,70
	192	46,67	60,47	-8,24	12,33
	360	61,71	41,17	-9,15	35,17
Y	0	84,17	-7,13	82,09	—
	12	82,59	-7,29	77,90	4,48
	24	81,07	-7,17	77,62	5,43
	48	80,47	-6,92	76,90	6,37
	120	82,69	-7,19	73,42	8,80
	192	82,35	-7,47	62,22	19,96
	360	85,61	-4,04	76,90	25,26
K	0	13,46	-0,31	-0,26	—
	12	17,24	-0,31	-0,45	3,79
	24	17,55	-0,37	-0,59	4,10
	48	17,92	-0,34	-0,45	4,46
	120	18,35	-0,36	-0,62	4,91
	192	18,51	-0,40	-0,57	5,06
	360	19,10	-0,37	-0,51	5,64

Tabulka 11 Světlostálost PE 2 samolepek tištěných elektrofotoografií

El_PE 2	doba namáhání [h]	L*	a*	b*	ΔE^*
C	0	51,70	-34,61	-48,15	—
	12	51,15	-34,38	-47,32	1,02
	24	52,73	-34,94	-47,34	1,35
	48	51,61	-34,87	-46,74	1,44
	120	52,59	-33,50	-48,34	1,44
	192	51,25	-34,32	-46,60	1,63
	360	50,52	-34,04	-46,84	1,85

M	0	47,41	74,07	1,08	—
	12	45,86	70,81	-0,93	4,14
	24	46,02	70,61	-1,24	4,40
	48	46,71	70,72	-2,63	5,05
	120	48,18	68,51	-5,38	8,56
	192	50,32	62,70	-7,73	14,68
	360	66,35	42,68	-7,36	37,62
Y	0	89,26	-5,73	85,15	—
	12	87,51	-6,25	82,74	3,03
	24	87,12	-6,17	82,73	3,27
	48	87,22	-6,13	81,80	3,95
	120	89,28	-6,36	77,44	7,74
	192	88,91	-6,81	60,44	24,74
	360	93,28	-3,47	4,84	80,45
K	0	15,30	-0,46	-0,23	—
	12	16,12	-0,44	-0,23	0,81
	24	16,78	-0,43	-0,33	1,48
	48	17,78	-0,50	-0,52	2,50
	120	18,03	-0,52	-0,70	2,77
	192	18,24	-0,54	-0,54	2,95
	360	18,15	-0,59	-1,01	2,96

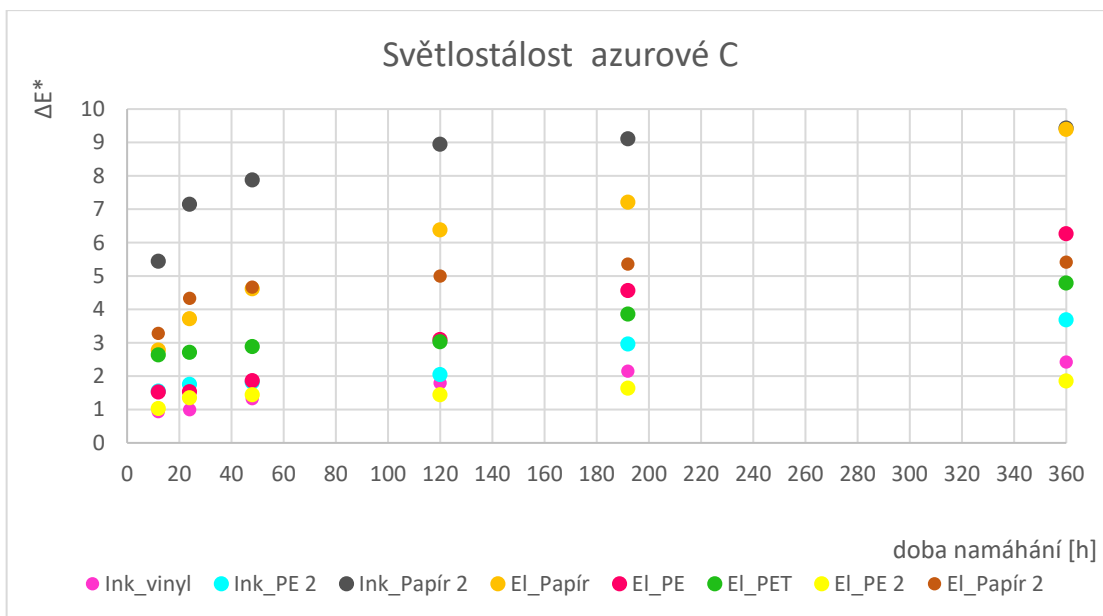
Tabulka 12 Světlostálost papírových 2 samolepek tištěných elektrofotoğrafí

El_Papír 2	doba namáhání [h]	L*	a*	b*	ΔE*
C	0	49,86	-27,84	-48,39	—
	12	49,72	-29,06	-45,35	3,28
	24	48,81	-29,03	-44,37	4,33
	48	50,45	-29,07	-43,93	4,66
	120	49,39	-29,57	-43,73	4,99
	192	50,06	-30,12	-43,55	5,35
	360	49,90	-30,49	-43,68	5,41
M	0	45,95	68,80	-4,69	—
	12	45,00	67,34	-2,90	2,49
	24	44,68	66,34	-2,23	3,70
	48	45,47	65,98	-2,32	3,71
	120	46,75	63,03	-3,93	5,87
	192	50,16	58,81	-5,94	10,91
	360	64,96	38,63	-4,61	35,66
Y	0	83,78	-5,50	73,60	—
	12	82,91	-5,15	75,04	1,72
	24	82,34	-4,74	75,27	2,34
	48	83,75	-4,93	76,03	2,49
	120	84,03	-4,99	70,30	3,35
	192	85,11	-5,45	55,74	17,91
	360	88,50	-1,41	2,42	71,45
K	0	17,61	-0,09	-0,08	—

12	16,54	-0,18	0,47	1,21
24	17,05	-0,13	0,53	0,83
48	18,20	-0,25	0,60	0,92
120	16,55	-0,24	0,70	1,33
192	18,74	-0,34	0,70	1,40
360	19,22	-0,29	0,75	1,82

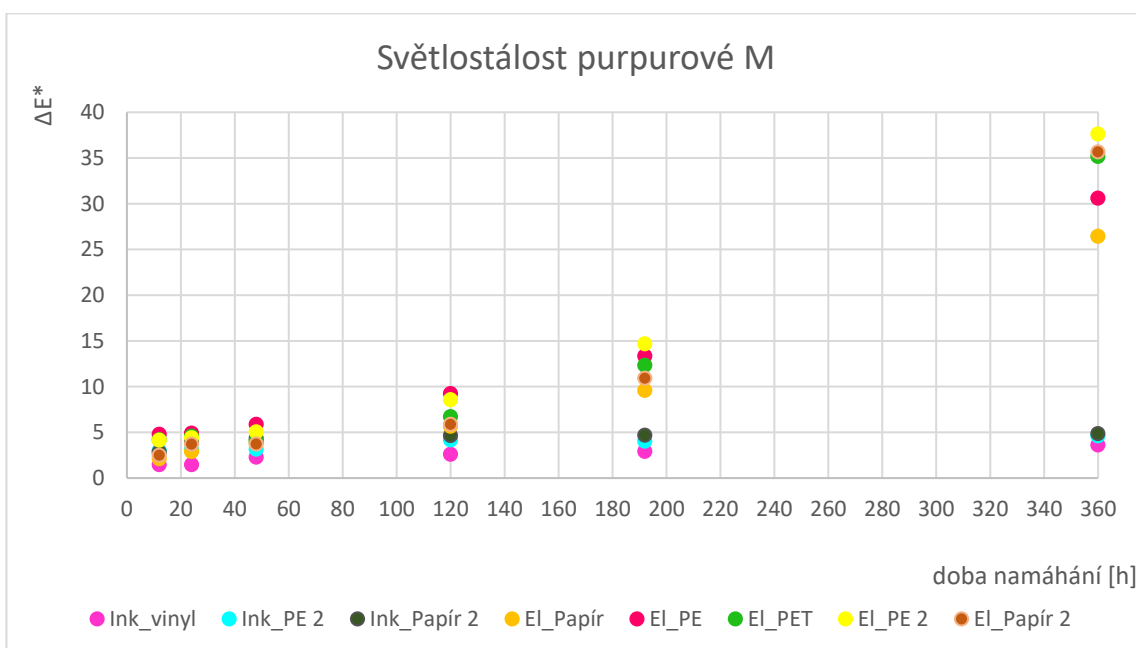
Před analýzou je potřeba zmínit, jak test ovlivnil samotný substrát, protože jeho změna může degradaci barev zvyšovat nebo zmenšovat. Hodnocení bylo provedeno subjektivně. U samolepek tištěných na polymerní materiály se po 360 hodinách namáhání nezměnila barevnost substrátu. Jinak tomu ale bylo u samolepek tištěných na papír. Samolepky Ink_Papír 2 a El_Papír 2 zežloutly nepatrně, zatímco samolepky El_Papír zežloutly výrazněji. Toto zežloutnutí substrátu pravděpodobně nemělo velký vliv u černých dříve zmíněných samolepek, které zůstaly pod hranicí nepřijatelnosti (**Tabulka 2**). K ovlivnění došlo více u barev azurové, purpurové a žluté.

Pro lepší čitelnost jsme proto vytvořili grafy pro jednotlivé barvy. U azurových samolepek (**Graf 2**) po 360 hodinách namáhání pod hranicí nepřijatelnosti (**Tabulka 2**) zůstaly čtyři typy – Ink_vinyl (ΔE^* 2,42), Ink_PE 2 (ΔE^* 3,68), El_PET (ΔE^* 4,78) a El_PE 2 (ΔE^* 1,85). Blízko této hranice se pohybovaly samolepky El_PE a El_Papír 2. Nepřijatelnými se hned po prvních 12 hodinách namáhání staly Ink_Papír 2 samolepky (ΔE^* 5,44). Nejvyšší hodnoty barvových odchylek měly po 360 hodinách namáhání samolepky Ink_Papír 2 (ΔE^* 9,43) a El_Papír (ΔE^* 9,39).



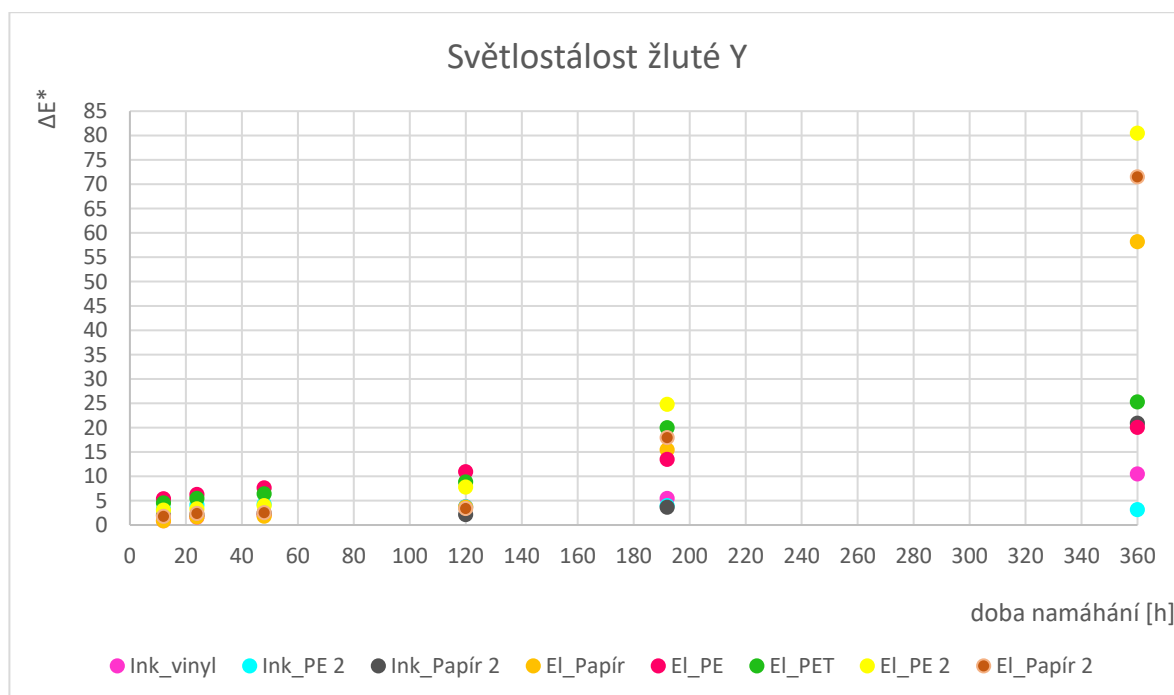
Graf 2 Světlostálost azurové

U purpurových samolepek (**Graf 3**) po 360 hodinách namáhání zůstaly pod hranicí tolerance (**Tabulka 2**) jejich tři typy – Ink_vinyl (ΔE^* 3,62), Ink_PE 2 (ΔE^* 4,61) a Ink_Papír 2 (ΔE^* 4,85). U zbylých typů docházelo k exponenciálnímu růstu barvových odchylek, které se po posledním měření pohybovaly vysoko mimo mez tolerance. Nejvyšší barvovou odchylku po 360 hodinách měly EI_PE 2 samolepky (ΔE^* 37,62).



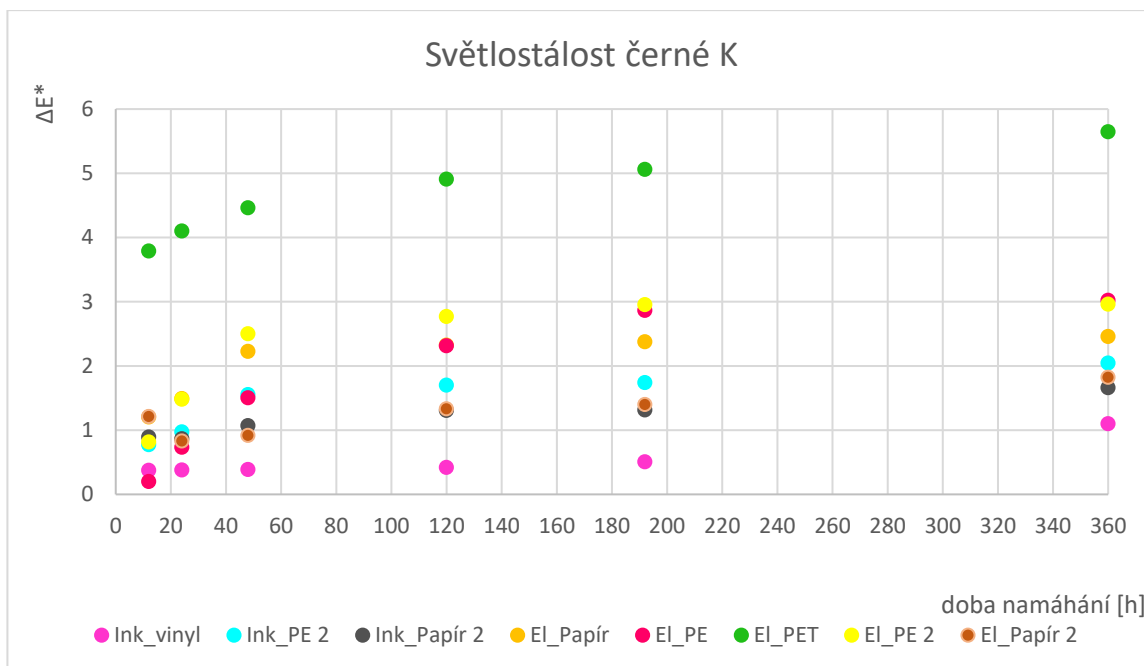
Graf 3 Světlostálost purpurové

U žlutých samolepek (**Graf 4**) měly všechny typy materiálů po 360 hodinách namáhání hodnoty barvových odchylek vyšší, než je přijatelné podle tabulky hranice tolerance (**Tabulka 2**), kromě Ink_PE 2 (ΔE^* 3,11). Ze všech materiálů byly nejvyšší hodnoty naměřeny u samolepek El_PE 2 (ΔE^* 80,45), u kterých došlo k výrazné degradaci. Dále měly výraznější vyšší hodnoty El_Papír (ΔE^* 58,16) a El_Papír 2 (ΔE^* 71,45). I zde docházelo k exponenciálnímu nárůstu barvových odchylek a ze všech barev samolepek byly po posledním měření tyto odchylky nejvyšší.



Graf 4 Světlostálost žluté

U černých samolepek (**Graf 5**) byly naměřeny nejnižší hodnoty barvových odchylek ze všech vzorků. Kromě El_PET (ΔE^* 5,64) samolepek se ostatní typy materiálů po 360 hodinách namáhání pohybovaly pod hranicí tolerance (**Tabulka 2**). Nejnižší hodnotu barvové odchylky měly Ink_vinyl samolepky (ΔE^* 1,10).



Graf 5 Světlostálost černé

Měřením bylo zjištěno, že nejčastěji podléhaly změně barevnosti žluté samolepky. U nich ve většině případů docházelo k výraznému zblednutí. O trochu nižších hodnot nabývaly purpurové samolepky, u kterých docházelo méně ke změnám. Azurové samolepky měly jako druhé nejnižší změnu barevnosti a k nejmenší změně docházelo u černých samolepek. Z pohledu materiálu nejvíce odolávaly světelným podmínkám vinylové samolepky, které kromě azurové barvy po posledním měření získaly nejnižší barvové odchylky. Lze si povšimnout, že u stejného materiálu, na který se tisklo oběma technikami (PE 2 a Papír 2), mívají samolepky tištěné elektrofotograficky vyšší barvové odchylky, až na výjimku (u azurové). Z toho lze usoudit, že toner byl méně odolný vůči záření než inkoust.



Obrázek 9 Světlostálost (po 360 h namáhání)

3.2.2. Změna barevnosti vlivem teploty

3.2.2.1. Vliv chladného prostředí

V tabulkách jsou vypsané naměřené hodnoty barvových souřadnic L^* , a^* , b^* a vypočítané barvové odchylky. Byla přidána tabulka obsahující jenom barvové odchylky pro přehlednost, jak byla barevná změna ovlivněna zvoleným typem podkladu.

Tabulka 13 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ (lamino)

	materiál	barva	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
inkjet	Ink_vinyl	C (před)	56,93	-36,10	-46,74	0,26
		C (po)	56,69	-36,01	-46,79	
		M (před)	48,36	71,18	2,37	0,78
		M (po)	48,14	70,54	1,99	

		Y (před)	87,04	-3,93	88,58	0,92	
		Y (po)	86,53	-3,86	87,82		
		K (před)	17,43	-0,85	-0,05	0,73	
		K (po)	16,72	-0,71	-0,17		
	Ink_PE 2	C (před)	67,00	-28,21	-33,65	0,96	
		C (po)	66,62	-29,05	-33,92		
		M (před)	54,60	66,19	-3,86	0,59	
		M (po)	54,40	65,65	-3,74		
		Y (před)	89,34	-3,79	70,95	0,19	
		Y (po)	89,42	-3,69	71,10		
		K (před)	22,40	1,27	0,07	1,28	
		K (po)	21,16	1,50	0,29		
	Ink_Papír 2	C (před)	66,00	-22,93	-35,90	0,55	
		C (po)	66,43	-23,19	-36,12		
		M (před)	57,48	46,86	-7,76	1,03	
		M (po)	58,02	47,62	-7,32		
		Y (před)	84,06	-4,71	64,93	2,29	
		Y (po)	85,32	-4,24	66,78		
		K (před)	30,58	1,37	1,09	0,63	
		K (po)	31,19	1,35	1,21		
	elektrofotografie	El_Papír	C (před)	52,23	-23,58	-52,93	1,34
			C (po)	52,82	-23,94	-54,07	
			M (před)	46,95	67,37	-6,07	1,24
			M (po)	47,55	68,45	-6,10	
Y (před)			85,52	-7,29	78,77	1,99	
Y (po)			86,81	-7,25	80,28		
K (před)			18,03	-0,16	-0,08	1,04	
K (po)			19,06	-0,11	-0,18		
El_PE		C (před)	53,32	-31,94	-49,40	0,85	
		C (po)	53,80	-31,54	-49,97		
		M (před)	46,42	73,43	-4,95	1,55	
		M (po)	46,00	73,35	-6,44		
		Y (před)	86,40	-8,39	89,63	0,81	
		Y (po)	86,30	-9,14	89,94		
		K (před)	14,08	-0,28	-0,26	0,28	
		K (po)	14,25	-0,26	-0,03		
El_PET		C (před)	48,78	-31,28	-49,75	3,37	
		C (po)	47,95	-28,44	-51,37		
		M (před)	44,81	71,33	-2,70	1,79	
		M (po)	45,01	71,32	-0,92		
		Y (před)	84,17	-7,13	82,09	0,88	
		Y (po)	84,79	-7,02	81,47		
		K (před)	13,46	-0,31	-0,26	1,42	
		K (po)	14,85	-0,41	-0,54		
El_PE 2	C (před)	51,70	-34,61	-48,15	1,13		
	C (po)	51,56	-34,99	-49,20			

		M (před)	47,41	74,07	1,08	0,57
		M (po)	47,16	74,03	0,57	
		Y (před)	89,26	-5,73	85,15	1,05
		Y (po)	89,54	-5,69	86,16	
		K (před)	15,30	-0,46	-0,23	0,99
		K (po)	14,33	-0,44	-0,06	
	El_Papír 2	C (před)	49,86	-27,84	-48,39	1,43
		C (po)	51,05	-27,62	-49,14	
		M (před)	45,95	68,80	-4,69	0,96
		M (po)	46,27	69,70	-4,59	
		Y (před)	83,78	-5,50	73,60	1,42
		Y (po)	85,00	-5,44	74,32	
		K (před)	17,61	-0,09	-0,08	0,18
		K (po)	17,44	-0,07	-0,12	

Tabulka 14 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při -19 °C (sklo)

	materiál	barva	L*	a*	b*	ΔE*
inkjet	Ink_vinyl	C (před)	56,93	-36,10	-46,74	1,31
		C (po)	55,77	-35,64	-46,36	
		M (před)	48,36	71,18	2,37	0,95
		M (po)	47,88	70,40	2,15	
		Y (před)	87,04	-3,93	88,58	1,80
		Y (po)	85,72	-4,09	87,36	
		K (před)	17,43	-0,85	-0,05	0,60
		K (po)	16,84	-0,86	-0,01	
	Ink_PE 2	C (před)	67,00	-28,21	-33,65	3,95
		C (po)	63,72	-26,69	-32,04	
		M (před)	54,60	66,19	-3,86	2,95
		M (po)	52,55	64,14	-4,42	
		Y (před)	89,34	-3,79	70,95	4,99
		Y (po)	85,51	-4,22	67,78	
		K (před)	22,40	1,27	0,07	1,80
		K (po)	20,65	1,41	0,49	
	Ink_Papír 2	C (před)	66,00	-22,93	-35,90	1,69
		C (po)	65,62	-22,42	-34,32	
		M (před)	57,48	46,86	-7,76	1,20
		M (po)	57,23	45,74	-8,09	
		Y (před)	84,06	-4,71	64,93	1,66
		Y (po)	83,27	-5,27	63,58	
		K (před)	30,58	1,37	1,09	0,92
		K (po)	31,50	1,37	1,12	
elektrofotografie	El_Papír	C (před)	52,23	-23,58	-52,93	2,87
		C (po)	50,03	-22,72	-51,29	
		M (před)	46,95	67,37	-6,07	2,59
		M (po)	44,87	65,87	-5,67	

		Y (před)	85,52	-7,29	78,77	4,60
		Y (po)	82,35	-7,27	75,43	
		K (před)	18,03	-0,16	-0,08	0,98
		K (po)	19,01	-0,13	-0,15	
	El_PE	C (před)	53,32	-31,94	-49,40	2,12
		C (po)	52,25	-30,43	-48,38	
		M (před)	46,42	73,43	-4,95	4,94
		M (po)	44,33	70,08	-7,91	
		Y (před)	86,40	-8,39	89,63	4,87
		Y (po)	83,94	-10,84	86,21	
		K (před)	14,08	-0,28	-0,26	0,41
		K (po)	14,49	-0,32	-0,20	
	El_PET	C (před)	48,78	-31,28	-49,75	3,19
		C (po)	46,46	-29,24	-48,97	
		M (před)	44,81	71,33	-2,70	4,46
		M (po)	42,62	67,99	-4,68	
		Y (před)	84,17	-7,13	82,09	4,50
		Y (po)	81,20	-8,04	78,84	
		K (před)	13,46	-0,31	-0,26	0,48
		K (po)	13,01	-0,34	-0,11	
	El_PE 2	C (před)	51,70	-34,61	-48,15	2,75
		C (po)	49,52	-33,02	-48,66	
		M (před)	47,41	74,07	1,08	1,20
		M (po)	46,82	73,06	0,81	
		Y (před)	89,26	-5,73	85,15	1,05
		Y (po)	88,84	-6,55	84,66	
		K (před)	15,30	-0,46	-0,23	0,76
		K (po)	14,55	-0,51	-0,14	
El_Papír 2	C (před)	49,86	-27,84	-48,39	1,02	
	C (po)	49,23	-27,42	-47,70		
	M (před)	45,95	68,80	-4,69	1,54	
	M (po)	45,46	67,51	-5,35		
	Y (před)	83,78	-5,50	73,60	1,03	
	Y (po)	82,90	-5,72	73,12		
	K (před)	17,61	-0,09	-0,08	0,30	
	K (po)	17,91	-0,13	-0,12		

Tabulka 15 Vliv podkladu na změnu barevnosti — 168 hodin při -19 °C

			ΔE^*			
		typ tiskárny	materiál	barva	sklo	lamino
inkjet	Roland TrueVIS VG2-640	Ink_vinyl	C	1,31	0,26	
			M	0,95	0,78	
			Y	1,80	0,92	
			K	0,60	0,73	

	Epson Sure Color P800	Ink_PE 2	C	3,95	0,96
			M	2,95	0,59
			Y	4,99	0,19
			K	1,80	1,28
		Ink_Papír 2	C	1,69	0,55
			M	1,20	1,03
			Y	1,66	2,29
			K	0,92	0,63
elektrofotografie	Konica Minolta Accurio-press c4070	El_Papír	C	2,87	1,34
			M	2,59	1,24
			Y	4,60	1,99
			K	0,98	1,04
	Ricoh	El_PE	C	2,12	0,85
			M	4,94	1,55
			Y	4,87	0,81
			K	0,41	0,28
	Konica Minolta AP3070	El_PET	C	3,19	3,37
			M	4,46	1,79
			Y	4,50	0,88
			K	0,48	1,42
		El_PE 2	C	2,75	1,13
			M	1,20	0,57
			Y	1,05	1,05
			K	0,76	0,99
		El_Papír 2	C	1,02	1,43
			M	1,54	0,96
			Y	1,03	1,42
			K	0,30	0,18

Až na pár výjimek lze vidět, že vyšší barvové odchylky byly naměřeny u samolepek nalepených na skle. Pravděpodobně k tomu došlo vyšší tepelnou vodivostí skla, která více ovlivnila změnu jejich barevnosti.

3.2.2.2. Vliv teplého prostředí

V tabulkách jsou vypsány naměřené hodnoty barvových souřadnic L^* , a^* , b^* a vypočítané barvové odchylky. Byla zde také přidána pro přehlednost tabulka obsahující jenom barvové odchylky, jak byla barevná změna ovlivněna zvoleným typem podkladu.

Tabulka 16 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při 80 °C (lamino)

	materiál	barva	L*	a*	b*	ΔE^*	
inkjet	Ink_vinyl	C (před)	56,93	-36,10	-46,74	4,11	
		C (po)	55,48	-35,49	-42,94		
		M (před)	48,36	71,18	2,37	3,05	
		M (po)	48,80	68,56	3,86		
		Y (před)	87,04	-3,93	88,58	7,82	
		Y (po)	85,59	-1,50	81,29		
		K (před)	17,43	-0,85	-0,05	0,85	
	K (po)	16,95	-0,21	0,22			
	Ink_PE 2	C (před)	67,00	-28,21	-33,65	2,65	
		C (po)	66,96	-29,89	-31,60		
		M (před)	54,60	66,19	-3,86	2,06	
		M (po)	54,73	64,88	-2,26		
		Y (před)	89,34	-3,79	70,95	1,18	
		Y (po)	89,31	-3,92	72,12		
		K (před)	22,40	1,27	0,07	2,16	
	K (po)	24,50	0,93	0,45			
	Ink_Papír 2	C (před)	66,00	-22,93	-35,90	2,74	
		C (po)	66,56	-24,32	-33,61		
		M (před)	57,48	46,86	-7,76	1,59	
		M (po)	57,67	46,83	-6,18		
		Y (před)	84,06	-4,71	64,93	2,93	
Y (po)		85,74	-4,23	67,28			
K (před)		30,58	1,37	1,09	1,15		
K (po)	31,68	1,30	1,38				
elektrofotografie	El_Papír	C (před)	52,23	-23,58	-52,93	3,55	
		C (po)	54,01	-25,78	-50,78		
		M (před)	46,95	67,37	-6,07	3,03	
		M (po)	49,04	65,83	-7,62		
		Y (před)	85,52	-7,29	78,77	1,08	
		Y (po)	86,24	-6,63	78,30		
		K (před)	18,03	-0,16	-0,08	4,41	
	K (po)	22,42	-0,24	0,31			
	El_PE	C (před)	53,32	-31,94	-49,40	0,84	
		C (po)	52,98	-32,63	-49,75		
		M (před)	46,42	73,43	-4,95	3,31	
		M (po)	45,56	72,78	-8,08		
		Y (před)	86,40	-8,39	89,63	1,22	
		Y (po)	85,90	-9,42	90,07		
		K (před)	14,08	-0,28	-0,26	3,68	
		K (po)	10,60	-0,27	0,93		
		El_PET	C (před)	48,78	-31,28	-49,75	5,97
			C (po)	48,50	-36,86	-47,67	
			M (před)	44,81	71,33	-2,70	3,42
M (po)			43,97	71,48	-6,01		

		Y (před)	84,17	-7,13	82,09	3,00
		Y (po)	83,00	-7,60	84,81	
		K (před)	13,46	-0,31	-0,26	6,91
		K (po)	6,64	-0,10	0,84	
	El_PE 2	C (před)	51,70	-34,61	-48,15	6,04
		C (po)	53,49	-36,16	-42,58	
		M (před)	47,41	74,07	1,08	3,51
		M (po)	48,07	70,96	2,55	
		Y (před)	89,26	-5,73	85,15	14,93
		Y (po)	89,54	-4,95	70,25	
		K (před)	15,30	-0,46	-0,23	1,20
		K (po)	16,50	-0,51	-0,33	
	El_Papír 2	C (před)	49,86	-27,84	-48,39	5,54
		C (po)	51,89	-31,10	-44,40	
		M (před)	45,95	68,80	-4,69	4,00
		M (po)	48,52	66,02	-5,99	
		Y (před)	83,78	-5,50	73,60	1,78
		Y (po)	85,15	-5,30	74,73	
K (před)		17,61	-0,09	-0,08	3,20	
K (po)		20,78	-0,18	0,36		

Tabulka 17 Změna barevnosti vlivem teploty — 168 hodin při 80 °C (sklo)

	materiál	barva	L*	a*	b*	ΔE^*
inkjet	Ink_vinyl	C (před)	56,93	-36,10	-46,74	5,95
		C (po)	54,30	-34,79	-41,57	
		M (před)	48,36	71,18	2,37	4,34
		M (po)	49,20	66,95	2,77	
		Y (před)	87,04	-3,93	88,58	9,73
		Y (po)	84,20	-1,78	79,52	
		K (před)	17,43	-0,85	-0,05	1,06
		K (po)	16,67	-0,16	0,19	
	Ink_PE 2	C (před)	67,00	-28,21	-33,65	2,96
		C (po)	66,27	-28,62	-30,82	
		M (před)	54,60	66,19	-3,86	3,41
		M (po)	53,34	63,14	-2,98	
		Y (před)	89,34	-3,79	70,95	2,84
		Y (po)	86,99	-4,64	69,60	
		K (před)	22,40	1,27	0,07	1,96
		K (po)	24,15	0,93	0,89	
	Ink_Papír 2	C (před)	66,00	-22,93	-35,90	4,99
		C (po)	64,23	-22,82	-31,23	
M (před)		57,48	46,86	-7,76	1,99	
M (po)		57,29	45,49	-6,34		
Y (před)		84,06	-4,71	64,93	0,35	
Y (po)		83,93	-5,02	64,84		

elektrofotografie		K (před)	30,58	1,37	1,09	0,58
		K (po)	30,81	1,31	1,62	
	El_Papír	C (před)	52,23	-23,58	-52,93	3,82
		C (po)	52,55	-24,57	-49,25	
		M (před)	46,95	67,37	-6,07	4,21
		M (po)	47,05	63,60	-7,94	
		Y (před)	85,52	-7,29	78,77	5,82
		Y (po)	82,07	-6,94	74,09	
		K (před)	18,03	-0,16	-0,08	2,63
		K (po)	20,64	-0,20	0,26	
	El_PE	C (před)	53,32	-31,94	-49,40	1,63
		C (po)	51,84	-31,30	-49,13	
		M (před)	46,42	73,43	-4,95	5,89
		M (po)	43,65	69,72	-8,59	
		Y (před)	86,40	-8,39	89,63	5,36
		Y (po)	82,83	-9,53	85,80	
		K (před)	14,08	-0,28	-0,26	4,35
		K (po)	9,86	-0,34	0,82	
	El_PET	C (před)	48,78	-31,28	-49,75	5,37
		C (po)	48,18	-35,39	-46,35	
		M (před)	44,81	71,33	-2,70	5,66
		M (po)	42,74	68,27	-6,98	
		Y (před)	84,17	-7,13	82,09	4,95
		Y (po)	79,93	-8,64	80,01	
		K (před)	13,46	-0,31	-0,26	6,37
		K (po)	7,18	-0,15	0,79	
	El_PE 2	C (před)	51,70	-34,61	-48,15	5,43
		C (po)	52,21	-35,93	-42,90	
M (před)		47,41	74,07	1,08	4,27	
M (po)		47,40	69,90	1,99		
Y (před)		89,26	-5,73	85,15	13,98	
Y (po)		89,26	-5,97	71,17		
K (před)		15,30	-0,46	-0,23	1,62	
K (po)		16,91	-0,57	-0,42		
El_Papír 2	C (před)	49,86	-27,84	-48,39	6,57	
	C (po)	49,21	-29,20	-41,99		
	M (před)	45,95	68,80	-4,69	7,09	
	M (po)	45,69	61,89	-6,25		
	Y (před)	83,78	-5,50	73,60	5,88	
	Y (po)	79,32	-5,57	69,78		
	K (před)	17,61	-0,09	-0,08	2,12	
	K (po)	19,70	-0,21	0,28		

Tabulka 18 Vliv podkladu na změnu barevnosti — 168 hodin při 80 °C

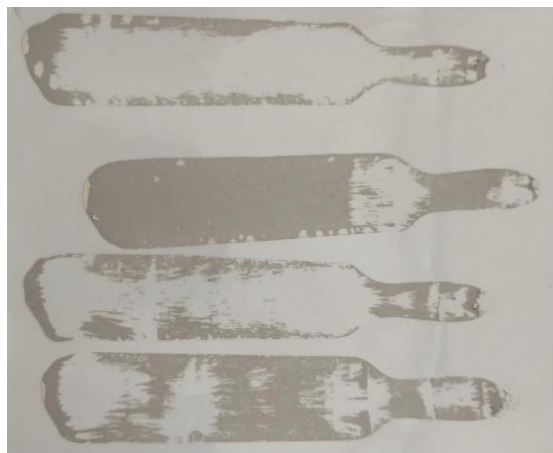
tisková technika	typ tiskárny	materiál	barva	ΔE*	
				sklo	lamino
inkjet	Roland TrueVIS VG2-640	Ink_vinyl	C	5,95	4,11
			M	4,34	3,05
			Y	9,73	7,82
			K	1,06	0,85
	Epson Sure Color P800	Ink_PE 2	C	2,96	2,65
			M	3,41	2,06
			Y	2,84	1,18
			K	1,96	2,16
		Ink_Papír 2	C	4,99	2,74
			M	1,99	1,59
			Y	0,35	2,93
			K	0,58	1,15
elektrofotografie	Konica Minolta Accurio-press c4070	El_Papír	C	3,82	3,55
			M	4,21	3,03
			Y	5,82	1,08
			K	2,63	4,41
	Ricoh	El_PE	C	1,63	0,84
			M	5,89	3,31
			Y	5,36	1,22
			K	4,35	3,68
	Konica Minolta AP 3070	El_PET	C	5,37	5,97
			M	5,66	3,42
			Y	4,95	3,00
			K	6,37	6,91
		El_PE 2	C	5,43	6,04
			M	4,27	3,51
			Y	13,98	14,93
			K	1,62	1,20
		El_Papír 2	C	6,57	5,54
			M	7,09	4,00
			Y	5,88	1,78
			K	2,12	3,20

I zde došlo ke stejnému jevu, jako tomu bylo u chladného prostředí, kdy barvové odchylky na skle byly vyšší než na laminu. Lze si povšimnout, že teplé prostředí ovlivnilo barevnost samolepek více a barvové odchylky jsou tu vyšší.

3.3. Test lepidlosti

3.3.1. Přilnavost

Na začátek je potřeba zmínit, že samolepky na laminu a skle držely i po vložení jak do chladného, tak i do teplého prostředí. Po týdnu setrvání v těchto podmínkách nedošlo u nich k žádnému odchlípnutí, a například vinylové samolepky vytištěné inkjetem při zvýšené teplotě přilnuly k materiálu ještě pevněji. Zejména se to prokázalo při peel testu, ve kterém podkladový materiál pro lepení nesl pozůstatky lepidla (**Obrázek 10**).



Obrázek 10 Pozůstatky lepidla u vinylových samolepek po provedení peel testu

3.3.2. Peel test

3.3.2.1. Peel test u referenčních samolepek

Aby nebylo potřeba zmiňovat tiskovou techniku u každé samolepky, bude nejdříve popsáno chování samolepek vytištěných inkjetem a poté elektrofotografií. Stejný postup bude proveden u vlivu vysoké a nízké teploty na peel test u samolepek.

Vinylové samolepky (Ink_vinyl) se snadněji sundávaly ze skla než lamina, u kterého se nedařilo odlepit samolepku bez poškození jejího okraje. Též u něho docházelo k deformaci v tahu. Přesto si samolepky zachovaly lepidlost a bylo možné je znovu nalepit na jiný materiál. Podobné vlastnosti měly i samolepky PE 2 (Ink_PE 2). I zde se snadněji sundávaly ze skla než z lamina, u kterého došlo k deformaci natažením samolepky. V místech natažení docházelo k vyblednutí, a tím pádem i k poškození barvy. Přestože u testu na skle nedošlo k výrazné deformaci tvaru jako u předešlého podkladu, byla i zde

barva lehce poničena. Jiných výsledků bylo získáno u papírových samolepek (Ink_Papír 2). Jak u lamina, tak u skla nebylo možné samolepky odlepit bez toho, aniž by se poškodily, neboť došlo k jejich roztržení. Zároveň po odlepení docházelo také k zašpinění prstů barvou.



Obrázek 11 Porovnání peel testu u PE samolepek (inkjet)

Peel test u papírových samolepek (El_Papír a El_Papír 2) dopadl stejně. Při odlepení se také roztrhly a docházelo k zašpinění prstů barvou. U PE (El_PE) samolepek ovlivnil výsledky použitý podklad. Z lamina je bylo možné sundat bez roztržení, zatímco u skla se při testu roztrhly. V obou případech však došlo k poškození obrazového motivu a po odlepení bylo možné barvu z povrchu samolepky setřít prstem. Jinak se zachovaly PE 2 samolepky (El_PE 2). Ze skla i lamina je bylo možné sundat bez roztržení, nedošlo k výrazné deformaci tvaru protažením a barva zůstala téměř neponičená. Lépe se zachovala barva u samolepek, které byly nalepeny na laminu. Po odlepení nezůstalo lepidlo na podkladech a samolepky si zachovaly svou lepivost. Posledním typem byly PET samolepky (El_PET). Ty se snadněji sundávaly ze skla, protože nedocházelo k deformaci tvaru protažením, a barva téměř nebyla poškozena. Z lamina se ale sundávaly hůře a docházelo k poškození barvy.

Ze získaných výsledků můžeme upozorovat, že papírové samolepky držely na povrchu dobře a při jejich odlepování došlo k porušení struktury. Při odstraňování nebyly dostatečně pevné, aby je bylo možné odstranit celé. Naopak samolepky z plastového materiálu bylo možné sundat bez přetržení, ale

docházelo u nich k deformaci tvaru, a to jejich protažením ve směru odlepení. Z pohledu zachování barvy nedošlo ke špinění prstů pouze u vinylu. U ostatních došlo k mírnému až výraznému poškození obrazového motivu. Na výsledky měl vliv i využitý podklad. Ve většině případů bylo sundávání ze skla jednodušší než z lamina. Odůvodnit to lze tak, že zatímco sklo nemění při odlepování svůj tvar, není tomu tak u lamina. To se při peel testu natahuje.



Obrázek 12 Ukázka peel testu u elektrofotografie

3.3.2.2. Peel test u samolepek po vystavení vyšší teplotě

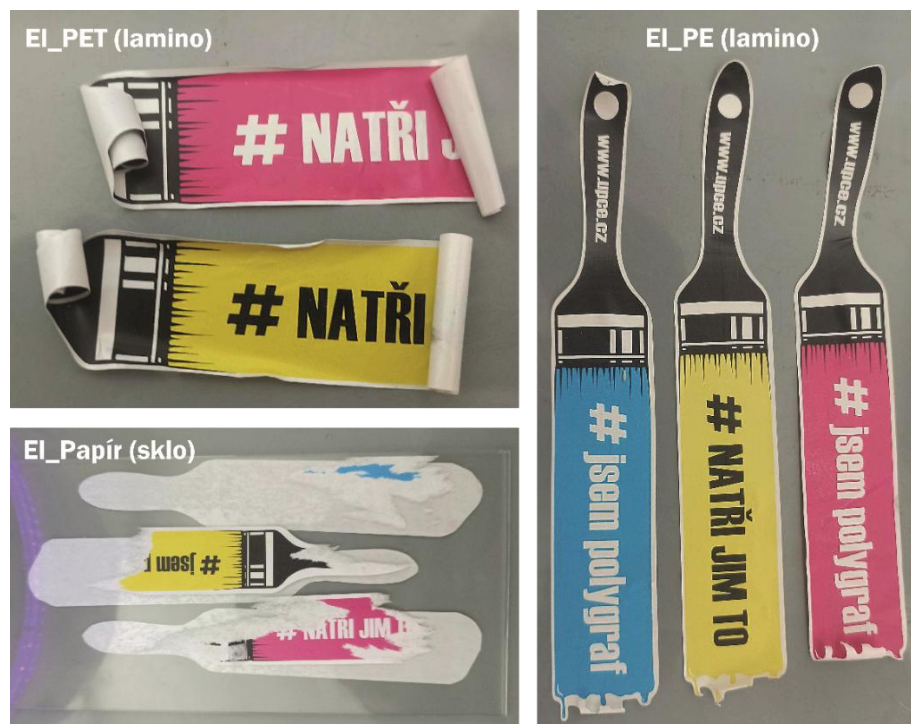
U vinylových samolepek (Ink_vinyl) docházelo k těžšímu odlepení, při kterém došlo k poškození okrajů a lehké deformaci tvaru protažením. Po odlepení zůstaly pozůstatky lepidla na podkladech a samolepky ztratily část své lepiivosti. K deformaci tvaru docházelo i u PE 2 samolepek (Ink_PE 2), kde tato deformace byla výraznější. V místě natažení barva vybledla (Obrázek 13). Zároveň zde docházelo k přetržení a k zašpinění prstů barvou (zejména u černé barvy). Po vystavení teplu došlo u papírových samolepek (Ink_Papír 2) k jejich zvlnění, díky kterému je šlo snadněji odlepit od kraje, přičemž těžší bylo jejich sundávání z lamina, na kterém držely pevněji. Při testu se však stejně přetrhly.



Obrázek 13 Deformace tvaru a přetržení u PE samolepek (teplo)

Oba druhy papírových samolepek (El_Papír a El_Papír 2) držely k podkladu pevněji a oproti inkjetovým u nich nedošlo ke zvlnění. Při peel testu je nebylo možné neporušeně odlepit bez ohledu na podklad. Zároveň u nich docházelo ke špinění prstů barvou. PE samolepky (El_PE) při odlepování nevydržely, přetrhly se a jejich obrazový motiv byl poškozen (špinila barva). Jak na skle, tak na laminu po nich zůstaly pozůstatky lepidla. Druhé PE samolepky (El_PE 2) prošly testem téměř bez poničení, až na deformaci tvaru, která byla výraznější u samolepek nalepených na skle. Oproti prvním PE samolepkám zde nedocházelo ke špinění prstů a obrazový motiv nebyl poškozen. Poslední PET samolepky (El_PET) jsme sundali z podkladů bez poškození. U lamina bylo potřeba vynaložit větší síly, protože s podkladem držely pevněji. Po sundání z obou druhů podkladů docházelo ke srolování samolepek (**Obrázek 14**).

Ze získaných údajů můžeme vyvodit, že došlo k podobným výsledkům jako u referenčních samolepek. Odlišnost nastala díky strávené době samolepek v prostoru se zvýšenou teplotou, neboť došlo k jejich silnějšímu přilnutí k podkladu. Znamená to, že zvýšená teplota má vliv na účinnost lepidla. Díky tomu bylo těžší provést peel test a docházelo k větší deformaci tvaru zejména u polymerních samolepek. Pouze u papírových samolepek tištěných inkjetem docházelo k opačnému chování. Ty se při zvýšené teplotě zvlnily.



Obrázek 14 Ukázka peel testu u elektrofotografie (teplo)

3.3.2.3. Peel test u samolepek po vystavení nižší teplotě

Vinylové samolepky (Ink_vinyl) šly odlepit od podkladů bez přetržení. Zatímco na laminu šlo okraj samolepky odlepit bez problému, u skla došlo k menšímu poškození. Z obou podkladů byly samolepky sundány s deformací tvaru protažením, přesto byla u nich zachována lepivost. PE 2 samolepky (Ink_PE 2) šly odlepit od pokladů bez přetržení jen v případě, pokud nebyl odlep proveden rychle, jinak docházelo k jejich přetržení. Dokud byly samolepky nalepené na podkladě, tak barva nešpinila. Ke špinění docházelo po jejich odlepení. Dále se samolepky při testu protáhly, a tím se deformoval jejich tvar. Po sundání nezůstaly pozůstatky lepidla ani na jednom podkladu. I když se papírové samolepky (Ink_Papír 2) lépe odlepovaly z lamina než ze skla, nebylo možné je odlepit celé (Obrázek 15). Oproti PE 2 samolepkám u těch papírových nedocházelo ke špinění prstů barvou po jejich sundání.



Obrázek 15 Přetržení papírových samolepek (chlad)

Papírové samolepky (El_Papír i El_Papír 2) nebylo možné z lamina i skla sundat bez jejich roztržení. Jediným rozdílem bylo, že papírové samolepky tištěné u firmy (El_Papír) zároveň po odlepení špinily prsty barvou. Zatímco PE samolepky jsme mohli z lamina sundat celé, u skla docházelo k jejich přetržení. Po odlepení společně špinily prsty barvou. U druhého typu, PE 2 samolepek (El_PE 2) došlo k podobným výsledkům. Z lamina šly odlepit snadněji než ze skla a u tohoto podkladu docházelo k jejich následnému srolování. V obou případech se samolepky protáhly a po odlepení špinily prsty barvou. Poslední PET samolepky (El_PET) jsme odlepili bez deformace tvaru, potom však docházelo k jejich srolování, kvůli kterému se poškodil obrazový motiv. Nejvíce k tomuto poškození docházelo právě u purpurové barvy, kde byla barva odstraněna téměř celá (**Obrázek 16**).



Obrázek 16 Ukázka peel testu u elektrografie (chlad)

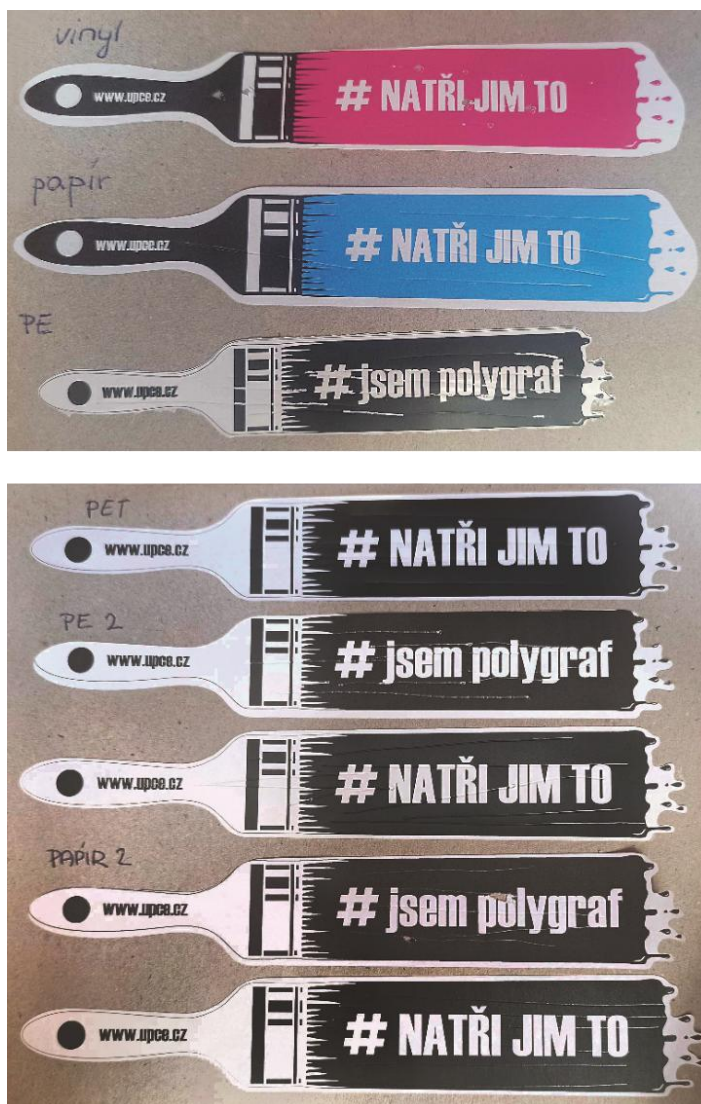
Výsledky peel testu u samolepek vystavených nižším teplotám jsou podobné těm, které byly získané při vyšší teplotě. Oba typy papírových samolepek nebylo možné sundat bez přetržení. K přetržení docházelo i u polymerních samolepek kromě vinylových. U nich pouze docházelo k deformaci tvaru jejich protažením. Rozdíl byl u PET samolepek (EI_PET), u kterých po odlepení bylo možné setřít barvu prstem.

3.4. Testy mechanické odolnosti

3.4.1. Test odolnosti proti proškrábnutí

U proškrábnutí zatěžovací tužkou se nehodnotila tolik tisková technika, ale použitý materiál. U vinylových samolepek (Ink_vinyl) došlo k okamžitému protržení a vytvoření dírek. U PE 2 (Ink_PE 2 a El_PE 2) a obou typů papírových samolepek (El_Papír, Ink_Papír 2, El_Papír 2) došlo ke dvěma stavům. Buď se vytvořily dírky, nebo dlouhé rýhy. Pouze dlouhé rýhy vznikly na PET a PE samolepkách (El_PET a El_PE). U posledních zmíněných zároveň docházelo k setření barvy.

Z výsledků můžeme vyvodit, že nejodolnější byly PET i papírové samolepky. Důvodem, proč na papírových vznikly dírky, byl pravděpodobně špatný úhel držené tužky při testování. Podobně tomu bylo u PE 2 samolepek, kde vzniklo minimum dírek a převažovaly rýhy. Odolné byly PE samolepky, u kterých vznikaly



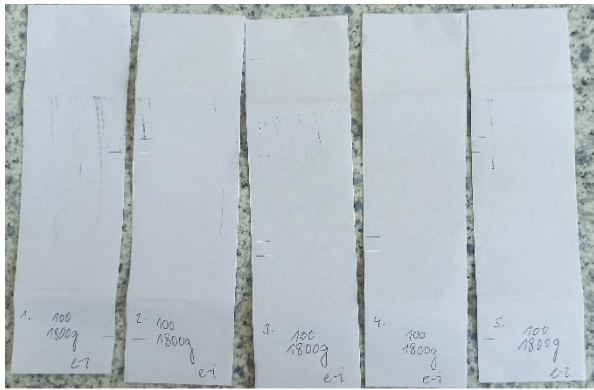
Obrázek 17 Proškrábnutí

jenom rýhy, avšak docházelo k setření barvy. Nejhůře dopadly vinylové samolepky, u kterých dírky vznikaly okamžitě po rozjezdu zatěžovací tužky po povrchu. Lze tedy prohlásit, že jak u polymerních, tak i u papírových materiálů docházelo k určitému poškození.

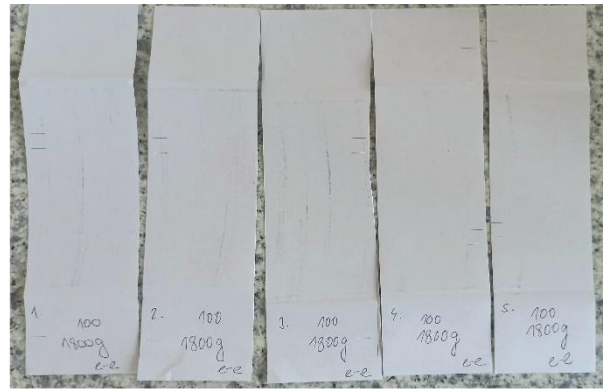
3.4.2. Test odolnosti proti odírání

Při testu odolnosti proti odírání nejméně zašpinily ze všech samolepek testovací materiál PE samolepky tištěné elektrofotograficky (El_PE 2). Relativně čistý testovací materiál zůstal i u papírových samolepek tištěných stejnou technikou (El_Papír 2). Vinylové samolepky (Ink_vinyl) nesly zpočátku známky odírání, kdy se na materiálu objevilo zašpinění. Při dalších testech zůstal materiál celkem čistý. Podobného výsledku bylo vypořádováno i u papírových samolepek (El_Papír), kde nedocházelo k výraznému zašpinění. Zatímco u vinylových byly šmouhy více na kraji, u papírových se nacházely víc uprostřed. Viditelnější šmouhy oproti předem vznikaly u PET samolepek (El_PET). Jednalo se spíše o čáry, které se utvořily uprostřed testovacího materiálu. K výraznějšímu zašpinění docházelo u PE samolepek tištěných inkjetem (Ink_PE 2). U prvních dvou pokusů docházelo k celoplošnému zašpinění. Nejhůře dopadlo testování papírových (Ink_Papír 2) a PE (El_PE) samolepek. Všechny testovací materiály nesly známky zašpinění, které bylo velmi viditelné.

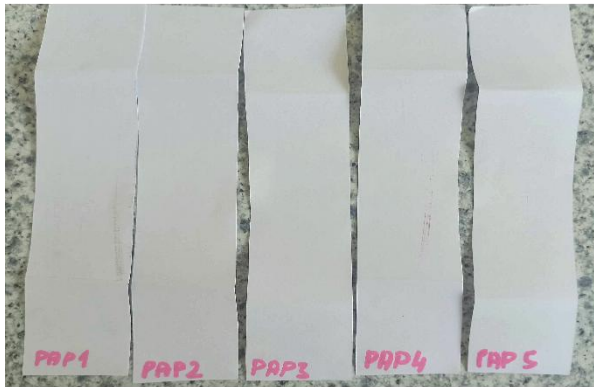
Ze získaných výsledků bylo zjištěno, že nejmenší známky odírání nesly PE (El_PE 2) a papírové (El_Papír 2) samolepky. Největší naopak PE (El_PE) a papírové (Ink_Papír 2) samolepky. Lze si také povšimnout rozdílných typů zašpinění. Zatímco u samolepek tištěných pomocí inkjetu vznikaly šmouhy v podobě rozmazané tuhy tužky, u samolepek tištěných elektrofotograficky vypadaly šmouhy spíše jako nakreslené čáry. Důvodem je pravděpodobně kvalita použitých barev. Čáry u elektrofotograficky vytištěných samolepek mohly vzniknout kvůli částicím toneru, které se u odírání pohybovaly po testovacím materiálu.



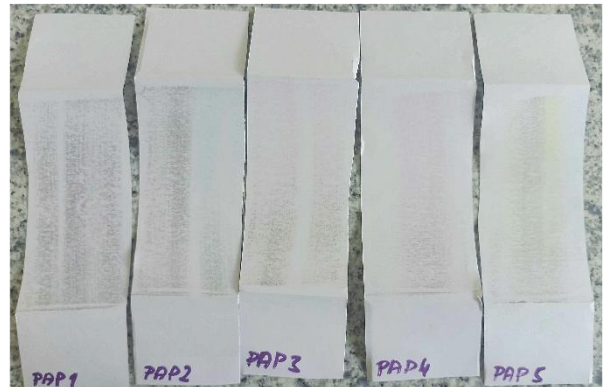
Ink_vinyl



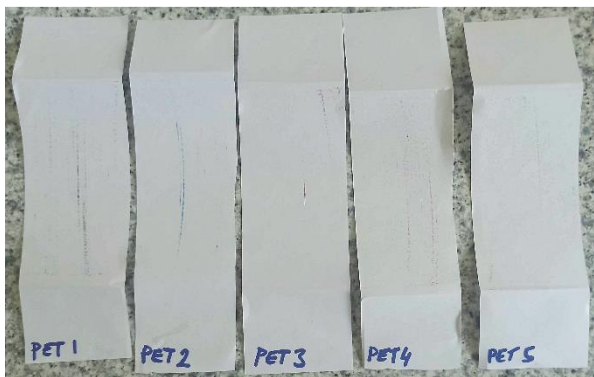
EI_Papír



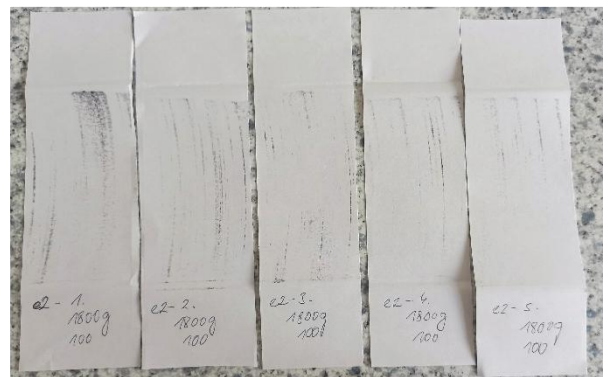
EI_Papír 2



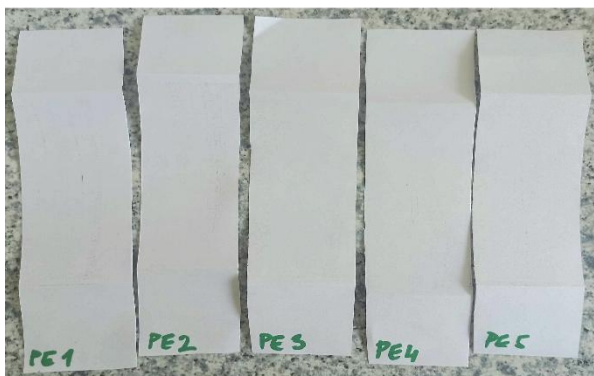
Ink_Papír 2



EI_PET



EI_PE



EI_PE 2



Ink_PE 2

Obrázek 18 Odírání

3.5. Test lesku

V tabulce jsou vypsány průměrné jednotky lesku samolepek získané z měření. Hodnota pod 10 byla naměřena u PE a papírových samolepek (Ink_PE 2, Ink_Papír 2 a El_Papír). Bylo potřeba u nich použít geometrii 85°. Blízko hranice 10 byly papírové samolepky tištěné elektrofotograficky (El_Papír 2). U této tiskové techniky narůstal lesk za sebou u materiálů – PE 2, PET a PE. Poslední zmíněný materiál se dostal na hodnotu nejbliž k nejvyššímu naměřenému lesku, který byl změřen u vinylových samolepek. Kromě tří typů samolepek, u kterých byla použita geometrie 85° (Ink_PE 2, Ink_Papír 2 a El_Papír), nebyly naměřeny hodnoty, které by samolepky zařadily do kategorie lesklých materiálů. Samolepky tedy byly buď matné, nebo pololesklé.

Tabulka 19 Výsledky měření lesku

	typ tiskárny	materiál	60°	85°
inkjet	Roland TrueVIS VG2-640	Ink_vinyl	67,28	—
	Epson Sure Color P800	Ink_PE 2	6,22	15,42
		Ink_Papír 2	2,90	5,56
elektrofotografie	Konica Minolta Accurio-press c4070	El_Papír	9,96	37,90
	Ricoh	El_PE	52,42	—
	Konica Minolta AP3070	El_PET	27,50	—
		El_PE 2	16,82	—
		El_Papír 2	12,28	—

Je zajímavé, že byly naměřeny rozdílné hodnoty u stejného typu materiálu. Jedná se o PE a papírové samolepky (PE 2 a Papír 2), u kterých byl rozdíl cca 10 hodnot. Nižší čísla měly samolepky tištěné inkjetem, a tím pádem byl jejich povrch matnější než u techniky elektrofotografie. Prokázalo se tím, že i přesto, že se jednalo o stejný materiál, lesk byl ovlivněn použitou tiskovou technikou, přesněji použitou tiskovou barvou. Samolepky tištěné tonerem byly lesklejší než samolepky tištěné inkoustem. Při porovnání potištěných a nepotištěných míst bylo možné vidět, že u inkjetu je lesk všude stejný, zatímco u elektrofotografie jsou potištěná místa lesklejší. Důvodem je pravděpodobně to, že toner zanechává na povrchu vrstvu barvy, zatímco inkoust se penetruje do papíru. Výjimka byla u vinylových samolepek tištěných inkjetem, u kterých byl lesk stejný, a také u PET samolepek tištěných elektrofotograficky.

3.6. Test rozlišení

U všech typů materiálu byly vyhodnoceny stejné výsledky. Všechny velikosti písma (černé i bílé) bylo možné přečíst ze vzdálenosti 50 centimetrů. Protože jsme s touto situací nepočítali, doporučujeme při příštím pokusu zvolit menší typ písma, aby u následného testu mohla být lépe rozlišena kvalita jednotlivých typů tisku. Bohužel nebylo z časového hlediska možné. Linky bylo možné rozlišit při pohledu z blízka. Všechny se vytiskly čistě, neslily se a bylo dobře vidět pozadí papíru od potištěného místa. S větším odstupem už tomu tak nebylo, protože nejmenší velikosti linek přestaly být rozeznatelné a před očima se spojovaly. Z větší vzdálenosti (50 cm) začaly být rozeznatelné od velikosti 1 pt.

4. ZÁVĚR

Z provedených testů bylo vyzpozorováno, že na výslednou kvalitu samolepek nemá vliv jen zvolený materiál, ale zároveň i tisková technika. Některé samolepky, jako například vinylové, se staly ze všech testovaných samolepek nejvíce odolné vůči degradaci při vystavení záření. Také změny teplot výrazně neovlivnily jejich schopnost zachovat si barevnost a nezhoršila se ani přilnavost k povrchu. Z objektivního hlediska samolepky tištěné elektrofotograficky na katedře měly sytější barvy než samolepky tištěné inkjetem. U testu světlostálosti však dosahovaly vyšších barvových odchylek a docházelo u nich tedy k větší degradaci. Všeobecně nejvíce ke změně barevnosti docházelo u žluté barvy, nejméně u černé. Dále bylo prokázáno, že zvýšená teplota ovlivňuje stálost barev více než nižší teplota. Při testu lepivosti nebylo možné odlepit papírové samolepky (jak Papír, tak Papír 2) bez roztržení. Naopak samolepky z plastu, až na výjimku (PE), šlo odlepit bez roztržení. Z toho lze vyvodit, že plastové materiály mají větší pružnost. Přesto ve většině případů docházelo k poškození barevného motivu, a tím se staly samolepky znovu nepoužitelné. Při testu proškrábnutí vznikaly větší škody spíše u plastových materiálů. Oproti papírovým samolepkám, u kterých se tvořily rýhy, u polymerních vznikaly dírký. Při testu odírání docházelo k rozdílnému typu špinění. U samolepek tištěných inkjetem šmouhy vypadaly, jako by se rozmazala tuha tužky, naopak u samolepek tištěných elektrofotograficky šmouhy připomínaly nakreslené čáry. To bylo vysvětleno použitou barvou. Celkově nelze rozhodnout, která technika více špinila, protože ke špinění docházelo u obou technik podobně. Nejlépe testu odírání odolaly PE (El_PE 2) a papírové (El_Papír 2) samolepky, zatímco nejhůř PE (El_PE) a papírové (Ink_Papír 2) samolepky. U testu lesku bylo prokázáno, že také nezáleželo jen na materiálu, ale na tiskové technice. U stejného materiálu (Papír 2 a PE 2) byly méně lesklé samolepky tištěné inkjetem. Test rozlišení dopadl pro všechny druhy materiálů i technik přívětivě.

Ze získaných výsledků lze určit, že každý materiál a zvolená tisková technika má své klady i zápory. Před tiskem je vhodné si rozmyslet, jakým podmínkám budou samolepky vystaveny. Všechny by obstály, kdyby byly umístěny v interiéru. Při umístění v exteriéru by naopak většina neobstála, a to hlavně z hlediska stálosti barev. Papírové dosahovaly nejhorších výsledků, avšak z ekonomického hlediska se jedná o nejlevnější materiál. Oproti tomu samolepky z plastového materiálu byly cenově dražší, ale

dosahovaly lepších výsledků. I tento aspekt může ovlivnit konečné rozhodnutí. Zákazník si musí rozmyslet, zda se vyplatí více investovat do dražších materiálů, které vydrží po delší dobu, nebo zvolit levnější variantu s kratší trvanlivostí.

REFERENCE

- [1] Oxford University Press. Oxford University Press is a department of the University of Oxford. It furthers the University's objective of excellence in research, scholarship, and education by publishing worldwide. 2023. Area [online]. Dostupné z: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/sticker?q=sticker>
- [2] Radiožurnál Český Rozhlas. *Před 190 lety poprvé prodal John Walker balíček zápalek. Za padesát sirek chtěl jeden šilink.* Area [online], 2017. [cit. 2023-12-11]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/pred-190-lety-poprve-prodal-john-walker-balicek-zapalek-za-padesat-sirek-chtel-6208095>
- [3] Avery Dennison. *Our History.* Area [online], 2023. [cit. 2023-10-09]. https://www.averydennison.com/en/home/about-us/our_history.html
- [4] Wonderopolis. *Who Invented Stickers?* Area [online], . Dostupné z: <https://wonderopolis.org/wonder/who-invented-stickers>
- [5] MILLARD, Katie. *Katie's Contemplations: The history of stickers.* Area [online], January 2023. [cit. 2023-13-10]. Dostupné z: <https://www.thepostathens.com/article/2023/01/opinion-katies-contemplations-history-stickers>
- [6] MACKAY, James A. *Známky a kouzlo filatelie: světová encyklopedie. Ilustrovaný encyklopedický přehled víc než tři tisíc nejzajímavějších známek z celého světa a odborné rady, jak si založit kvalitní sbírku známek a jak ji zdokonalovat.* Praha : Fortuna Libri, 2007. ISBN 978-721-301-5.
- [7] LABEL, Maverick. *History of Stickers – Timeline.* Area [online], Label printing blog, 2018. [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://blog.mavericklabel.com/blog/a-timeline-of-the-history-of-stickers/>
- [8] LÖHÖNEN, SOFI-ILONA. *Creating Animated Stickers for Social Media Platforms Using Brand-Based Imagery – Case Pikku Kakkonen.* Tampere University of Applied Sciences, Degree Programme in Media and Arts, Fine Art. Bachelor's thesis, 2020.
- [9] HUSSAIN, ABID. *Vulgro.com: Different types of sticker material: Which are perfect for you?* [online]. USA, 2022 [cit. 2024-05-25]. Dostupné z: <https://vulgrco.com/sticker-materials/>
- [10] KAPLANOVÁ, Marie. *Moderní polygrafie.* Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [11] UJIIE, H. *Design and workflow in digital ink-jet printing.* Digital Printing of Textiles, Woodhead Publishing, 2006, 337-56.
- [12] MAXWELL, J. Clerk. *Statique expérimentale et théorique des Liquides soumis aux seules Forces moléculaires,* Par J. Plateau. Paris, 1873. ISSN 1476-4687.
- [13] MILLS, Ross N. *Ink Jet Printing-Past, Present and Future (Focal).* In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCES IN NONIMPACT PRINTING TECHNOLOGIES. 1994. p. 410-413. [14] ROMANO, Frank J. *Inkjet!: history, technology, markets, and applications.* Pittsburgh: Digital printing Council, PIA/GATFPress, 2008. ISBN 978-0-88362-623-8.

- [15] POND, Stephen F. *Inkjet Technology and Product Development Strategies*. Torrey Pines Research, 2000. ISBN 978-0-9700860-0-6.
- [16] SCHAFFERT, R. M.; *ELECTROPHOTOGRAPHY*, Focal Press. London, 1965. JH Dessaur and HE Clark, Xerography and Related Processes. 1965.
- [17] GOLDMANN, Gerd. *Océ digital printing: technology and printing techniques of Océ digital printing presses*. 7th ed. Translated by Claudia VAN EYCK. Poing: Océ Printing Systems, 2002. ISBN 3-00-001019-X.
- [18] HUNTER, Dard. *Papermaking: the history and technique of an ancient craft*. New York: Dover Publications, 1978. ISBN 0486236196.
- [19] ŠŇUPÁREK, Jaromír. *Makromolekulární chemie: úvod do chemie a technologie polymerů*. Vyd. 3., dopl. a upr. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-761-2.
- [20] RAO, M., Q. XIA a Y. YING. *Modeling and Advanced Control for Process Industries: Applications to Paper Making Processes* [online]. B.m.: Springer London, 2013. Advances in Industrial Control. ISBN 978-1-4471-2094-0. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=QW3jBwAAQBA>
- [21] KATO, Masaru; INUI, Masao; AZUMA, Yoshihiko. *The physical characteristics of inkjet papers and their gloss performance*. In: NIP & Digital Fabrication Conference. Society of Imaging Science and Technology, 2008. p. 435-438.
- [22] DZIK, P. *Problematika archivní stálosti inkoustového tisku*. Paladix [online]. Brno, 2009 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <https://www.paladix.cz/clanky/problematika-archivni-stalosti-inkoustoveho-tisku.html>
- [23] BORCH, Jens. *Alkaline paper advocate: Paper supplies Requirements for Electrophotographic Printing* [online]. Boulder, USA 1989 [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://cool.culturalheritage.org/byorg/abbey/ap/ap02/ap02-3/ap02-308.html>
- [24] PATRICK, S. a Rapra Technology LIMITED. *Practical Guide to Polyvinyl Chloride* [online]. B.m.: Rapra Technology, 2005. EngineeringPro collection. ISBN 978-1-85957-511-6. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=8j3elWO9ebcC>
- [25] VASILE, C., M. PASCU a Rapra Technology LIMITED. *Practical Guide to Polyethylene* [online]. B.m.: RAPRA Technology, 2005. ISBN 978-1-85957-493-5. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=V9g2SPNV4AcC>
- [26] ŠUTA, Miroslav. *Chemické látky v životním prostředí a zdraví*. Brno: ZO ČSOP Veronica, 2008. ISBN 978-80-87308-00-4.
- [27] YUNG, Brandon, COGDELL, Christina. *Pressure sensitive adhesives: Waste and emission* [online]. University of California, Davis Department of Design, USA, 2014 [cit. 2024-03-11]. Dostupné z: <http://www.designlife-cycle.com/stickers>
- [28] *Pressure Sensitive Adhesive Information*. Chemsultants International, Inc., 2014. Fairfield, US-OH. [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20140714201359/http://www.chemsultants.com/technical-resources/pressure-sensitive-adhesive-info.aspx>

- [29] PEGG, Elizabeth, et al. *Compostable Alternatives for Adhesive and Additives in PLU Stickers*. 2021.
- [30] General Formulations *TECHNICAL TIP PRESSURE SENSITIVE ADHESIVES*. Dostupné z:
- [31] LEACH, R. H. *The Printing ink manual*. 5th ed. New York: Blueprint, 1993. ISBN 0-948905-81-6.
- [32] ZAPKA, Werner. *Handbook of Industrial Inkjet Printing*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany, 2018. ISBN 978-3-527-68720-6.
- [33] *Sunlight, Weathering & Light Stability Testing*. QLab [online]. 2011, [cit. 2024-01-24]. Dostupné z: <https://www.q-lab.com/documents/public/cd131122-c252-4142-86ce-5ba366a12759.pdf>
- [34] *Světlostálost transparentních povrchových úprav*. Meteorologické stanice Maruška [online]. Hostýnské vrchy, 2009 [cit. 2024-01-17]. Dostupné z: http://maruska.ordoz.com/vyzkum/vliv_prostredi_na_svetlostalost
- [35] LUCAS, Julie. *Keep your true colors: Lightfastness and weatherability testing*. Gatifworld [online]. 2001, 13(3), 13 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.q-lab.com/documents/public/95c34bb0-30ca-45ff-bc40-c38dc7fb5692.pdf>.
- [36] *A Choice of Lamps for the QUV Accelerated Weathering Tester*. Q-Lab [online]. 2019 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://www.q-lab.com/documents/public/d6f438b3-dd28-4126-b3fd-659958759358.pdf>
- [37] ČSN EN 923:2016. *Lepidla - Termíny a definice* [online]. Zlín: Institut pro testování a certifikaci, a.s., 2016. Dostupné z: <https://nlfnorm.cz/terminologicky-slovník/58060>
- [38] GOULDING, T. M. *Pressure-sensitive adhesives. Handbook of adhesive technology*, 1994, 1: 825-840.
- [39] SUCHÁNEK, Jan; KUKLÍK, Vladimír; ZDRAVECKÁ, Eva. *Abrazivní opotřebení materiálů*. České vysoké učení technické, 2007.
- [40] SABA, N.; JAWAID, M.; SULTAN, M. T. H. *An overview of mechanical and physical testing of composite materials*. Mechanical and physical testing of biocomposites, fibre-reinforced composites and hybrid composites, 2019, 1-12.
- [41] LI, Duanjie. *Scratch hardness measurement using mechanical tester*. 2014.
- [42] HUNTER, Richard S., et al. *Methods of determining gloss*. NBS Research paper RP, 1937, 958.
- [43] HAMMOND III, Harry K.; NIMEROFF, Isadore. *Measurement of sixty-degree specular gloss*. J. Res. NBS, 1950, 44: 585-598.
- [44] DVOŘÁKOVÁ, Zdeňka. *DTP a předtisková úprava: kompletní průvodce od grafického návrhu po profesionální tisk*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1881-8.

[45] RICOH imagine. change. *Color Pxp-EQ Advanced Toner*. [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné online: https://www.ricoh.com/technology/tech/043_toner

[46] *Free fonts and premium fonts used by designers* [online]. Webdesigner Depot, 2011-08-30 [cit. 2024-02-26]. Dostupné online: <https://www.webdesignerdepot.com/2011/08/the-most-popular-fonts-used-by-designers/>