

# Tisak na sintetskim tiskovnim podlogama

---

**Delišimunović, Gordana**

**Scientific master's theses / Magistarski rad**

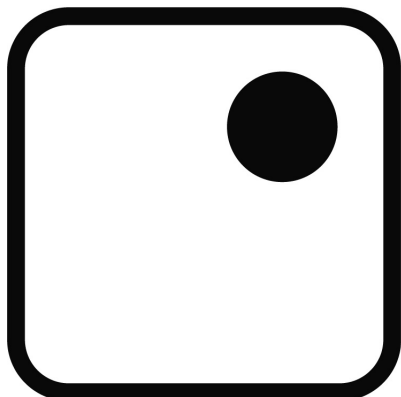
**2011**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:953985>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Gordana Delišimunović

**TISAK NA SINTETSKIM TISKOVNIM  
PODLOGAMA**

MAGISTARSKI RAD

Zagreb, 2011.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Gordana Delišimunović

**PRINTING ON SYNTHETIC PRINTING  
SUBSTRATES**

MASTER THESIS

Zagreb, 2011



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Gordana Delišimunović

**TISAK NA SINTETSKIM TISKOVNIM  
PODLOGAMA**

MAGISTARSKI RAD

Mentor:  
Doc.dr.sc. Igor Zjakić

Zagreb, 2011.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Gordana Delišimunović

**PRINTING ON SYNTHETIC PRINTING  
SUBSTRATES**

MASTER THESIS

Supervisor:  
Prof. ass. Ph.D. Igor Zjakić

Zagreb, 2011

**UDK BROJ: 655.344.025:678**

***Povjerenstvo za ocjenu magistarskog rada:***

1. prof. dr. sc. Stanislav Bolanča, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, mentor
3. doc. dr. sc. Martinia Ira Glogar, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, vanjska članica

***Povjerenstvo za obranu magistarskog rada:***

1. prof. dr. sc. Stanislav Bolanča, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, mentor
3. doc. dr. sc. Antoneta Tomljenović, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, vanjska članica
4. prof.dr.sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, zamjenski član
5. prof.dr.sc. Đurđica Parac Osterman, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenska vanjska članica

***Datum obrane magistarskog rada:*** 22. prosinca 2011. g.

***Mjesto obrane magistarskog rada:*** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

***Povjerenstvo za obranu magistarskog rada donijelo je sljedeću odluku:***

Obranila – jednoglasnom odlukom Povjerenstva;

Zagreb, 22. prosinca 2011. g.

## ***Sažetak***

Razvoj tehnologije otiskivanja dosegnuo je razinu visoke sofisticiranosti potpomognute integriranim računalnim sustavima koji rezultiraju visokokvalitetnim tiskom na različitim vrstama tiskovnih podloga. Tiskovna podloga danas više nije primarno papir, jer, iako neprijateljski prema okolišu, plastični materijali pokazuju izvrsna fizikalna i mehanička svojstva te pronalaze sve veći raspon primjena u svakodnevnom životu. Promatrajući ih kao nositelje informacija, s aspekta grafičke industrije, ponovno se pronalaze u gotovo svakom segmentu svakodnevice, obojane, otisnute i individualizirane, marketinški „brandirane“, prepoznatljive i u svakom slučaju - sveprisutne.

Sintetske tiskovne podloge danas se vrlo uspješno koriste u proizvodnji ambalaže, ekskluzivnih tiskovina i identifikacijskih i putnih dokumenata s visokom razinom zaštite od krivotvorenja. S obzirom na sve veću količinsku zastupljenost sintetskih tiskovina i sve veći broj vrsta grafičkih proizvoda koje su iz njih izrađene te da se po svojim karakteristikama razlikuju od papirnih tiskovnih podloga, postoji opravdana potreba za definiranjem kvalitete tiska te mogućih dozvoljenih tolerancija kvalitete.

U ovome radu istraživani su parametri kvalitete koji direktno i indirektno utječu na kvalitetu konačnog proizvoda: gustoća obojenja i razlike boje te ostali parametri koji definiraju kvalitetu tiska.

Mjerenja pokazuju s kojim vrijednostima navedenih parametara se može postići kvaliteta tiska na sintetskim tiskovnim podlogama i odstupanja na koja je potrebno dodatno usmjeriti pozornost prilikom uspostave sustava kvalitete proizvoda i procesa.

## ***Ključne riječi***

Sintetske podloge, kartice, laminacija, ofsetni tisak, polivinilklorid (PVC), UV sušenje

## ***Summary***

Development of printing technology has reached a high level of sophistication with a help of integrated computer systems that give high-quality results on various types of printing substrates. Today a printing substrate is not primarily paper. Namely, although they are not environmentally friendly, plastic materials have excellent physical and mechanical properties and their range of application has increased a lot in everyday life. From the printing industry standpoint, if they are considered data carriers, we can find them in almost every segment of everyday life: colored, printed, personalized, branded, distinctive and in any case - omnipresent.

Synthetic printing substrates today are successfully used in production of packaging, high-quality printing, ID and travel documents with high level of anti-counterfeiting features. Considering the fact that the number of synthetic prints has increased dramatically, moreover, that there are various types of printing products produced on them, and finally considering the fact that they differ in their characteristics from paper printing substrates there is a reasonable need to define the level of quality of their printing and to define acceptable tolerances in quality.

This paper explores the parameters of quality that directly and indirectly influence the quality of the finished product: e.g. the color density, the color difference and all the other parameters that influence the quality of the printing.

Measuring shows which values of the above factors can meet the adequate level of quality on synthetic printing substrates it is necessary to give additional attention to the acceptable and non-acceptable tolerances in the course of defining the quality system for production and processes on such printing substrates.

## ***Key words***

Synthetic substrate, lamination process, offset printing, polyvinylchloride (PVC), UV curing



## Sadržaj

<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1 CILJEVI I HIPOTEZE .....	3
2.1 PAMETNE KARTICE.....	4
2.1.1 Povijest .....	4
2.1.2 Vrste kartica i njihova primjena .....	5
2.1.3 Fizička svojstva kartica.....	18
2.1.4 Elementi zaštite od krivotvorenja .....	20
2.1.5 Proizvodnja kartica.....	36
2.1.6 Specifičnosti u proizvodnji kartica.....	55
2.2 KONTROLA I ODRŽAVANJE KVALITETE GRAFIČKE REPRODUKCIJE .....	65
2.2.1 Osnove.....	65
2.2.2 Standardizacija parametara tiska.....	74
2.2.3 Računalna kontrola procesa tiska.....	79
<b>2 EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>83</b>
2.1 PLANIRANJE .....	83
2.2 METODOLOGIJA.....	85
2.3 REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	88
2.4 DISKUSIJA .....	128
<b>3 ZAKLJUČCI.....</b>	<b>137</b>
<b>4 LITERATURA.....</b>	<b>140</b>
<b>5 POPIS SLIKA .....</b>	<b>143</b>
<b>6 POPIS TABLICA.....</b>	<b>147</b>
<b>7 ŽIVOTOPIS .....</b>	<b>148</b>

## 1 Uvod

Zahtjevi na kvalitetu u modernoj grafičkoj proizvodnji postaju sve veći razvojem tehnologije i znanosti. Nestandardne tiskovne podloge sve se više sastoje od sintetskog materijala koji je pogodan za proizvodnju različitih proizvoda kao što su npr. kartice<sup>[1,2,3]</sup>, te ostali proizvodi koji se prvenstveno koriste u tehnologiji zaštite od krivotvorenja<sup>[4,5]</sup>. Moderni ofsetni tisak predviđen za tisak na papirnim podlogama, ima preporuke mnogih normativa i tolerancija koje definiraju kvalitetu tiska. Pitanje je, kako se i na koji način navedena kvaliteta može postići i na sintetskim tiskovnim podlogama, ponajviše zbog toga što navedeni standardi kvalitete tiska kao i tolerancije u tisku, nisu definirani za navedene sintetske materijale.

Definiranje navedenih parametara kvalitete dobiva na značaju kada se zna da se tiskani sintetski materijali podvrgavaju različitim doradnim procesima kao što je npr. laminiranje, a uslijed kojeg zbog različitih kemijskih procesa dolazi do pada kvalitete gotovog proizvoda. Navedeni pad kvalitete potrebno je unaprijed pretpostaviti te navedene pretpostavke ispraviti u samom procesu otiskivanja.

Ofsetni tisak je uz fleksografski tisak tehnika koja je najviše zastupljena u modernoj industrijskoj proizvodnji<sup>[6]</sup> s kojom se može postići zadovoljavajuća kvaliteta tiska<sup>[7]</sup>. Međutim, svaka od tehnika tiska ima određena ograničenja<sup>[8]</sup> koja se prvenstveno odnose na mogućnost otiskivanja na različitim tiskovnim materijalima koji nisu na papirnoj bazi.

Kako se grafička proizvodnja sastoji od različitih proizvodnih procesa, od kojih je jedan od najvažnijih i kolor menadžment<sup>[9]</sup>, da bi se dobio kvalitetan otisak svi parametri pripremnog dijela proizvodnje (ICC profili, vrsta rastriranja, prirast rastertonskih vrijednosti, gustoća obojenja, itd.)<sup>[10]</sup> moraju biti u optimalnim karakterizacijskim i kalibracijskim odnosima. Da bi se zadovoljili svi navedeni parametri, otiskivanje na sintetskim materijalima potrebno je standardizirati kako bi se postupak otiskivanja mogao ponoviti<sup>[11]</sup>.

Metode koje su se koristile prilikom ispitivanja parametara kvalitete vezane su uz promjenjive parametre u procesu tiska<sup>[12]</sup>. Promjenjivi parametri u procesu tiska u istraživanju su svedeni unutar postojećih tolerancija te je ustanovljeno jesu li postojeće tolerancije dovoljne kako ne bi došlo do smanjenja kvalitete samog proizvoda. Istraživanja u

ovome radu težila su ka dodatnim saznanjima kojima će se pokušati saznati s kojom vrijednostima parametara kvalitete tiska je moguće postići kvalitetu tiska na sintetskim tiskovnim podlogama.

## 1.1 Ciljevi i hipoteze

Ciljevi ovoga rada definirani su na osnovu prethodnih znanstvenih istraživanja koja se bave problemima tiska na sintetskim tiskovnim podlogama. Glavni cilj rada je ustanoviti vrijednosti osnovnih tiskarskih parametara kvalitete te ustanoviti odstupanja i devijaciju rezultata mjerenja. Definiranjem pretpostavki za izradu kvalitetnog otiska na sintetskom materijalu, a akceptirajući mogućnost utjecaja karakteristika materijala, određeni su sljedeći ciljevi koji se mogu definirati u nekoliko faza istraživanja: istraživanje trenutnog stanja u tisku na sintetskim tiskovnim podlogama, istraživanje relevantnih parametara koji utječu na kvalitetu tiska u realnoj proizvodnji, istraživanje gustoće obojenja u realnoj grafičkoj proizvodnji u različitim uvjetima proizvodnje, ustanovljavanje standardne devijacije odstupanja i tolerancije glavnih parametara tiska, istraživanje CIEL\*a\*b\* vrijednosti otiska kao i gustoće obojenja istih otisaka, istraživanje korelacije navedenih parametara te ustanovljavanje veličine odstupanja u odnosu na očekivanu vrijednost i ustanovljavanje odnosa vrijednosti ispitivanih parametara kojima se postiže maksimalna kvaliteta tiska na navedenim tiskovnim podlogama.

## 2. Teoretski dio

S obzirom da je predmet ispitivanja provedenih u sklopu izrade magistarskog rada sintetska tiskovna podloga promatrana u okviru procesa tiska i izrade plastičnih kartica, potrebno je dati pregled povijesnog razvoja ovog globalno rasprostranjenog fenomena, kao i načine primjena, procese nastanka i sve posebnosti koje plastične kartice karakteriziraju.

### 2.1 Pametne kartice

#### 2.1.1 Povijest

Korištenje pametnih kartica započinje u Sjedinjenim Američkim državama u ranim 1950 – tim godinama<sup>[13]</sup>. Niska cijena sintetskog PVC materijala omogućila je proizvodnju izdržljivih plastičnih kartica, koje su se pokazale daleko praktičnijima od dotadašnjih papirnih kartica izrađenih iz kartona. U početku su, kartice korištenje za plaćanje (Diners Club 1950. godine) smatrane statusnim simbolom, a ovaj „plastični novac“ kasnije je široko rasprostranjen na području cijelih SAD, Europe i svijeta općenito, te je kartica dobila širu primjenu u restoranima i hotelskim lancima i smatrana je karticom za „putovanja i zabavu“<sup>[13]</sup>. Danas je plaćanje karticom u potpunosti dobilo prevagu nad plaćanjem novcem i stotine milijuna kartica proizvedu se i izdaju godišnje<sup>[13]</sup>. Kartice služe kao nositelj podataka, osiguran od krađe i izmjene istih.

Općenite informacije, kao što je naziv izdavatelja kartice, otiskivale u se na tijelu kartice, dok su se osobni podaci, kao ime i prezime nositelja i broj kartice otiskivali tehnikom reljefnog otiskivanja („embossinga“). Također, platne kartice sadržavale su i potpisnu traku, no ova „prva generacija“ kartica, unatoč korištenju zaštitnih vizualnih elemenata i potpisne trake, sve većom ekspanzijom korištenja, izgubila je mogućnost adekvatne zaštite pohrane osobnih podataka, izmjene istih te krađe i lažnog korištenja identiteta.

Prvo značajnije poboljšanje, predstavljala je ugradnja magnetne trake na poleđinu kartice. Strojno čitljivi podaci su se pohranjivali u digitalnoj formi i predstavljali nadopunu vizualnim informacijama sa kartice.

Ogromnim napretkom u razvoju mikroelektronike u 70-tim godinama prošlog stoljeća, omogućena je integracija nosioca podataka u digitalnom obliku sa procesnom logikom te se 1984. po prvi puta pojavljuje „probna“ telefonska kartica sa čipom Francuske agencije za poštu i telekomunikacije.

Do današnjeg dana, razvojem kriptografije i sofisticiranih matematičkih algoritama, kao zaštitnih mehanizama, pametne kartice pokazale su se kao optimalan medij. Omogućuju izrazito visok stupanj zaštite pohranjenih podataka, kao i transakcija koje se njima provode, prikladnih su dimenzija za svakodnevno „nošenje“ i uporabu te omogućuju i višestruko korištenje u različite svrhe svojom softverskom i hardverskom multifunkcionalnošću i interoperabilnošću.

Pametne kartice danas se koriste kao identifikacijski dokumenti, kao sredstvo za obavljanje financijskih transakcija (bankarske kartice), kao zdravstvene kartice, kao kartice povjerenja („loyalty kartice“), kao elektroničke putne karte za javni prijevoz i još mnoge druge. Povećavanje memorijskog kapaciteta čipova i korištenjem mikroprocesora, opseg potencijalnih primjena kontinuirano se povećava.

### **2.1.2 Vrste kartica i njihova primjena**

Kartice se mogu, prema njihovoj konačnoj namjeni, podijeliti kao pasivni nositelji podataka, kao sredstvo identifikacije i kao sredstvo plaćanja. Između ostalog, u toj globalno širokoj primjeni koju imaju, služe kao:

- identifikacijske kartice, kartice za autorizaciju i dozvolu pristupa,
- bankarske kartice (platne, kreditne, debitne),

- kartice za telekomunikaciju,
- kartice za plaćanje prijevoza,
- loyalty kartice (članske kartice, kartice povjerenja).

U skupinu identifikacijskih kartica spadaju sve vrste osobnih dokumenata koji služe za potvrdu identiteta nositelja, kao na primjer: osobna iskaznica, dozvola boravka, vozačka dozvola i slične identifikacijske potvrde privatnih izdavatelja (tvrtki i udruga). Kartice za autorizaciju odnose se na kartice za logički ili/i fizički pristup nekom računalu ili fizički osiguranom perimetru/prostoru, zdravstvene kartice koje osim za sigurnu autentikaciju u sustav služe i kao nositelji elektroničkih zdravstvenih podataka (e-recepta ili e-uputnice) te kartice kojima se osiguravaju transakcije koje se provode putem Interneta, kao što su kartice kojima je moguće digitalno potpisivanje.

Bankarske kartice dijele se na platne, debitne i kreditne kartice, s podvrstama koje kreira i regulira izdavatelj (pojedina banka). Telekomunikacijske kartice čine kartice za fiksnu prepaid telefoniju (telefonske govornice, na primjer) i GSM („Global System for Mobile Communication“) kartice mobilnih telefona, a posebnu skupinu čine i pre-paid bonovi („scratch-off“ trakom, odnosno „strugalicom“ zaštićen kod), koji se također proizvode u kartičnom ID-1 formatu. Kartice za plaćanje javnog prijevoza, načelno se svrstavaju u pre-paid kartice koje, osim što sadrže određenu vrijednost unaprijed uplaćenog novca, služe i za autentikaciju putnika u sustavu.

„Loyalty kartice“ i razne članske kartice velikih trgovačkih lanaca, raznih klubova i asocijacija, čine posljednju skupinu unutar ove podjele. Sve su češće „loyalty kartice“ kombinirane sa bankarskim aplikacijama pa umjesto dosadašnje primjene u svrhu prikupljanja određenih bodova, nagrada i beneficija, korisniku omogućuju i plaćanja unutar specifičnog trgovačkog subjekta.

Razvojem informacijskog društva i raznovrsnih usluga i servisa koje je moguće obavljati i koristiti posredstvom elektroničkih medija, graničnik ove striktne podjele kartica prema njihovoj namjeni postaje klizan, jer sve je više kartica (pametnih kartica) multifunkcionalno.

Studentska iskaznica koja se koristi kao e-indeks i kao sredstvo plaćanja obroka, odličan je primjer za to.

Prema dodatnom mediju koji je osim samog otiska na tijelu kartice, dodatni nosilac podataka, kartice se mogu podijeliti na:

- „embossirane“ kartice (individualizirani podaci reljefno su ispupčeni ili udubljeni),
- kartice sa magnetnom trakom,
- kartice sa potpisnom trakom,
- kartice sa optičkom memorijom i
- kartice sa čipom – pametne kartice.

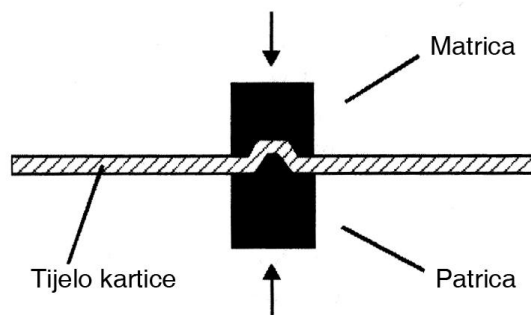
### **Embossirane kartice**

Tehnika individualizacije kojom se slovno-brojučani znakovi reljefno ispupčuju zove se „embossing“. Nakon mehaničkog deformiranja materijala iz kojeg je izrađena gotova, formirana kartica, na ispupčene dijelove nanosi se „tipping“ folija koja može biti srebrna, zlatna, bijela, plava i tako dalje. Učestalim korištenjem kartice ova će se „tipping“ folija izbrisati no reljefno ispupčena slova ili reljefno utisnuta slova („indent“), koja se u pravilu nalaze na poleđini kartica, trajno su pohranjena na kartici.

„Embossiranje“ ili reljefno otiskivanje, najstarija je tehnika individualizacije podataka na karticu, odnosno dodavanja strojno čitljivih podataka. Uglavnom, radi se o imenu i prezimenu nositelja kartice, broju kartice i datumu valjanosti, a ovakva kartica koristi se u bankarske svrhe. Oblik i veličina reljefno ispupčenih i reljefno udubljenih (indent) slovno-brojučanih znakova propisani su standardom ISO 7811 – 1:2002, a pozicija znakova na kartici definirana je ISO 7811 – 3:1995.



Reljefnost individualiziranih podataka postiže se jednostavnim principom matrice i patrice, bez dodatnog zagrijavanja sintetskog materijala kartice, kako je prikazano slikom 1:



Slika 1: Shema izrade reljefno ispupčenih ili udubljenih slovno-brojčanih znakova

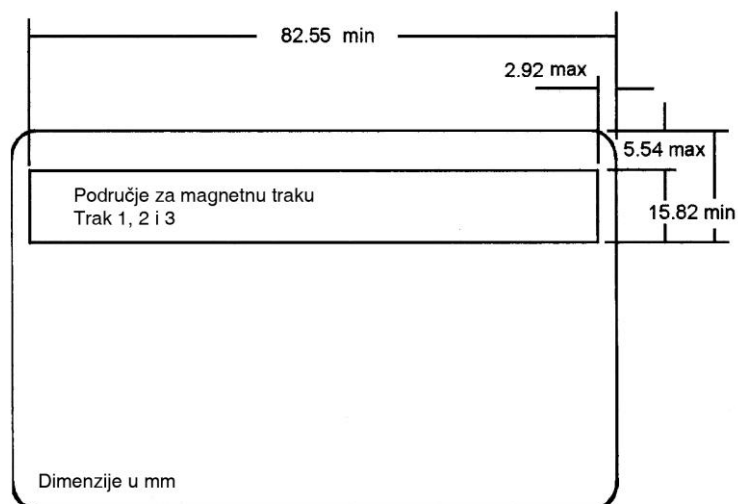
Pokušaj izmjene teksta koji je napisan ovom tehnikom zasigurno bi ostao primijećen radi oštećenja koja bi ostala na površini kartice uslijed mehaničkog ili toplinskog djelovanja.



Slika 2: Reljefno ispupčeni znakovi sa srebrnom „tipping“ folijom

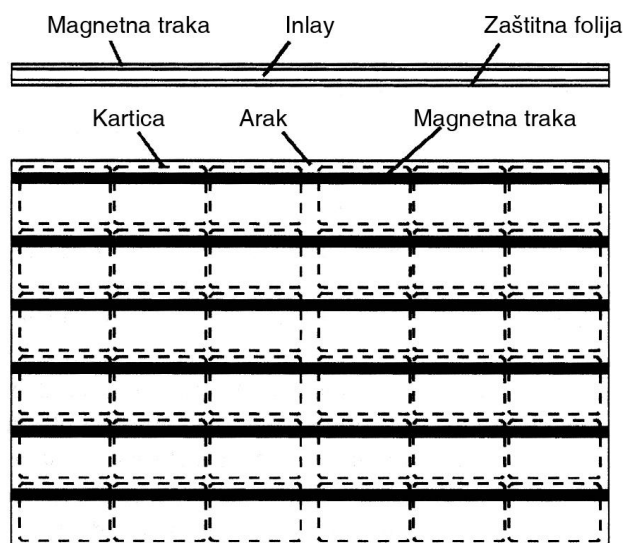
## Kartice s magnetnom trakom

Magnetna traka nosilac je digitalno upisanih podataka na maksimalno tri traka. Trak 1 i 2 koriste se samo za čitanje („read-only“) podataka, dok se trak 3 koristi i za pisanje podataka. Pozicija magnetne trake na kartici, njezine dimenzije, kao i dimenzije traka 1, 2 i 3 propisane su standardom ISO/IEC 7811, dijelovi 2,4,5 i 6, a testiranje standardom ISO/IEC 10373, dijelom 2. Magnetne trake dijele se na „Hi-co“ i „Lo-co“ u ovisnosti o njihovoj koercitivnosti. Koercitiviet predstavlja otpor snazi magnetskog polja koja je potrebna da bi se zasićena magnetna traka u potpunosti demagnetizirala, odnosno da bi se snimljeni, kodirani dijelovi magnetne trake u potpunosti izbrisali. Jedinica snage magnetskog polja je Oe (oersted). Magnetne trake niske koercitivnosti nazivaju se i „Lo-co“ te imaju koercitivnost 300 Oe, dok magnetne trake visoke korecitivnosti od 4000 Oe, nose naziv „Hi-co“.



Slika 3: Standardizirana dimenzija magnetne trake na kartici

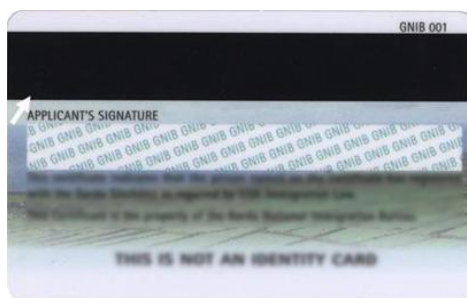
Magnetne trake moguće je nanositi na kartice pojedinačno, međutim uglavnom se ove trake nalaze već aplicirane na transparentne sintetske arke koji će kasnije, uslijed procesa laminacije, postati dijelom gotove kartice. Raspored magnetnih traka na jednom takvom arku prikazan je slikom 4.



Slika 4: Arak za laminaciju i izradu kartica, predoslojen magnetnim trakama

### Kartice s potpisnom trakom

Kombinacija reljefno ispupčenih i udubljenih slovno-brojčanih znakova, magnetne trake i potpisne trake ili panela najčešće je zastupljena kod bankarskih kartica. Potpisna traka koristi se kao dodatna potvrda identiteta nositelja kartice vizualnom usporedbom njegove biometrijske karakteristike – vlastoručnog potpisa. Potpisna traka nanosi se na poledinu kartice kao papirna potpisna traka – lijepljenjem, tehnikom sitotiska ili tehnikom foliotiska (vrući postupak). Na potpisnu traku otisnutu tehnikom sitotiska moguće je, radi dodatne zaštite otiskivati i zaštitne elemente (mikrotisak ili linijska grafika) tehnikom ofsetnog tiska. Potpisna traka nanosena tehnikom foliotiska daleko je kvalitetnija jer polimerni materijal iz kojeg je izrađena, pri utjecaju topline i pritiska stvara čvrstu vezu sa površinom kartice.



Slika 5: Potpisna traka s tiskom u plavoj boji

## Kartice sa optičkom memorijom

Memorijske kartice sa optičkim medijem za zapis, tzv. WORM („write once read many“) imaju daleko najveći kapacitet memorije te mogu pohraniti do nekoliko megabajta podataka, koji mogu biti zapisani kriptiranim zapisom. Nedostatak je što je ove podatke nemoguće naknado brisati ili mijenjati. Fizičke karakteristike ovih medija opisane su standardom ISO/IEC 11693:2005 i ISO/IEC 11694 (dijelovi 1 - 6). Optički medij, ovisno o svojoj veličini na kartici, omogućuje zapis do 2,8 Mb i zapis biometrijskih značajki u nekomprimiranom formatu te strojno čitanje adekvatnim uređajima.<sup>[14]</sup> Rezolucija ispisa na ovom mediju može doseći i 24.000 dpi te drugu i treću razinu implementiranih zaštita.



Slika 6: Identifikacijski dokument s individualiziranom WORM optičkom memorijom na naličju

Općenito, kao i kod holograma, prva se razina odnosi na zaštitne elemente prepoznatljive golom oku, druga razina zaštite zahtjeva korištenje lupe, posebnih filtra ili specijalnih ručnih laserskih dioda, dok treću razinu zaštite predstavljaju oni elementi čiju je detekciju potrebno provoditi korištenjem forenzičkih pomagala u laboratorijskim uvjetima. Ovakav optički medij može sadržavati i OVD („Optical variable Device“), odnosno svojevrsni hologram.

Optički WORM medij, zapravo je fotografski film sa vrlo visokom rezolucijom srebrnog halogenida. Tijekom procesa individualizacije kartice, „pisanje“ po ovom mediju moguće je i u digitalnom i u vizualnom obliku korištenjem poluvodičkog lasera. Proces je sličan snimanju CD-ROM diska. Ovaj medij otporan je na elektrostatsko i elektromagnetsko zračenje.

### **Pametne kartice**

Pod, u svjetskim razmjerima ustaljenim pojmom „smart card“ – pametnom karticom, smatramo onu karticu koja sadrži poluvodički uređaj (čip), neovisno o vrsti sučelja (kontaktno, beskontaktno, oba sučelja) i vezu za protok podataka između pametne kartice i čitača kartica.<sup>[2]</sup> Ukoliko je ova veza ostvarena površinom vanjskog kontaktnog područja (na površini kartice), govorimo o kontaktnom čipu/kartici. Ukoliko se ova veza ostvaruje bez vidljivog i direktnog kontakta čipa/kartice i čitača, radi se o beskontaktnoj tehnologiji, češće zvanoj RFID („Radio Frequency Identification“). Osim RFID tehnologije, sve su češće u primjeni kartice koje „komuniciraju“ putem NFC („Near Field Communication“) tehnologije. Najčešće se radi o GSM karticama i posebnim vrstama mobilnih telefonskih uređaja kojima je omogućeno plaćanje javnog gradskog prijevoza.<sup>[15]</sup> Najvažnija karakteristika pametnih kartica je da su podaci koje pohranjuje zaštićeni od neovlaštenog pristupa i manipulacije.



Slika 7: USB čitač kontaktnih kartica

Kartice sa kontaktnim čipom opisane su nizom međunarodnih standarda koji se odnose na fizička i mehanička svojstva kartice, kao i čipa, komunikacijske protokole i programiranja, fizička i električka testiranja ovakvih kartica, kao i standarde kvalitete. Spomenuti standardi prikazani su tablicom 1.

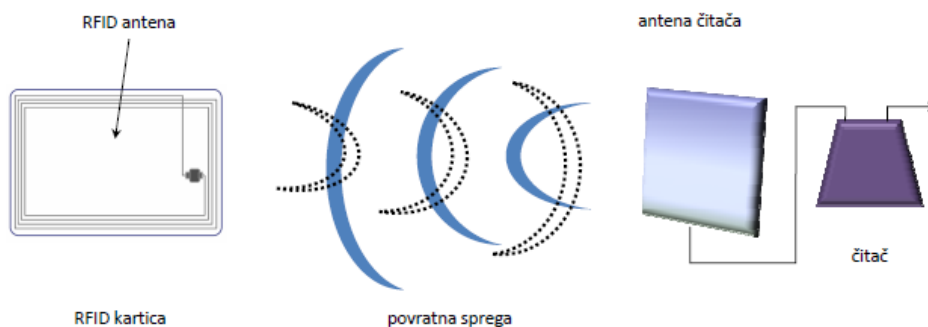
Tablica 1: Međunarodni standardi koji opisuju kartice

Oznaka	Opis
ISO/IEC 7810	Identification cards – Physical characteristics
ISO/IEC 7811	Identification cards – Recording technique
Part 1	Embossing
Part 2	Magnetic stripe
Part 3	Location of embossed characters on ID1 cards
Part 4	Location of read-only magnetic tracks – Tracks 1 and 2
Part 5	Location of read-write magnetic track – Track 3
Part 6	Magnetic stripe – High coercivity
ISO/IEC 7812	Identification cards – Identification of issuers
Part 1	Numbering system
Part 2	Application and registration procedures
ISO/IEC 7813	Identification cards – Financial transaction cards
ISO/IEC 7816	Identification cards – Integrated circuit(s) cards with contacts

Part 1	Physical characteristics
Part 2	Dimensions and location of the contacts
Part 3	Electronic signals and transmission protocols
Part 4	Interindustry commands for interchange
Part 5	Numbering system and registration procedure for application identifiers
Part 6	Interindustry data elements
Part 7	Interindustry commands for structured card query language (SCQL)
Part 8	Security-related interindustry commands
Part 9	Additional interindustry commands and security attributes
Part 10	Electronic signals and answers to reset for synchronous cards
ISO/IEC 10373	Identification cards – Test methods
Part 1	General characteristics tests
Part 2	Cards with magnetic stripes
Part 3	Optical memory cards

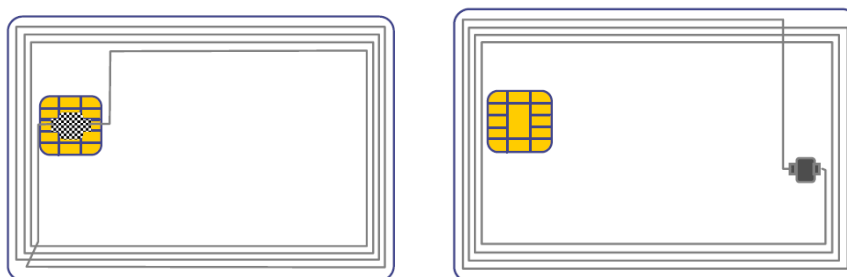
Pametne kartice se, u ovisnosti o načinu komunikacije, mogu podijeliti na već spomenute kontaktne i beskontaktne, kao i detaljnije, ove potonje na: standardne RFID kartice, dual-interface kartice i hibridne kartice. RFID kartica posjeduje samo jedan čip povezan s antenom te je komunikacija omogućena isključivo beskontaktnim načinom.

Beskontaktne kartice nije potrebno uložiti u čitač kartica, jer njihov beskontaktni domet čitanja/pisanja može imati raspon udaljenosti od 10 cm do 1 metra. Ovo čini veliku prednost u korištenju ovakvih kartica u kontroli fizičkog pristupa, gdje nositelj kartice može određena vrata otvoriti bez posezanja u džep ili novčanik, vađenja kartice i umetanja u čitač. Veliku primjenu ove kartice imaju u javnom gradskom prijevozu. Komponente čip-antena ne nalaze se na površini kartica, već su ugrađene u strukturu tijela kartice i cjelokupna vidljiva površina kartice stoga može biti neograničeno iskorištena.



Slika 8: RFID komunikacija kartice i čitača

„Dual-interface“, odnosno kartica sa dvojnim sučeljem ima jedan čip, povezan i sa RFID antenom i sa kontaktnim sučeljem te je komunikacija omogućena stoga i kontaktnim i beskontaktnim načinom<sup>[5]</sup>. Hibridna kartica ima dva odvojena čipa, od kojih jedan ima kontaktno sučelje, a drugi beskontaktno sučelje, dakle antenu.



Slika 9: „Dual-interface“ kartica i hibridna kartica

Beskontaktna pametna kartica, kako je prikazano slikom 9, sastoji se od transpondera (antene) koji je pozicioniran u unutrašnjosti kartice, proizvođački apliciran na jedan od slojeva iz kojih se kartica u konačnici sastoji. Ovakva kartica komunicira sa čitačem putem elektromagnetskih valova, pri čemu njezina antena funkcionira i kao uređaj za odašiljanje i kao uređaj za primanje. RFID čitač odašilje elektromagnetske valove koji će rezultirati



oscilacijom električnog napona u anteni kartice. Ova pobuda električne energije aktivirati će čip, koji će podatke procesirati i na isti način, „vratiti“ do udaljenog čitača.

Beskontaktne pametne kartice koje na ovaj način „komuniciraju“ sa čitačima sa udaljenosti do 10 cm, nazivaju se „proximity“ karticama (ISO/IEC 14443), a kartice koje „komuniciraju“ sa udaljenosti do 1 m, nazivaju se „vicinity“ karticama (ISO/IEC 15693).

Standardi koji opisuju fizička svojstva beskontaktnih kartica, frekvencijske raspone te protokole i procedure komunikacije prikazuje tablica:

Tablica 2: Međunarodni standardi koji opisuju beskontaktne kartice

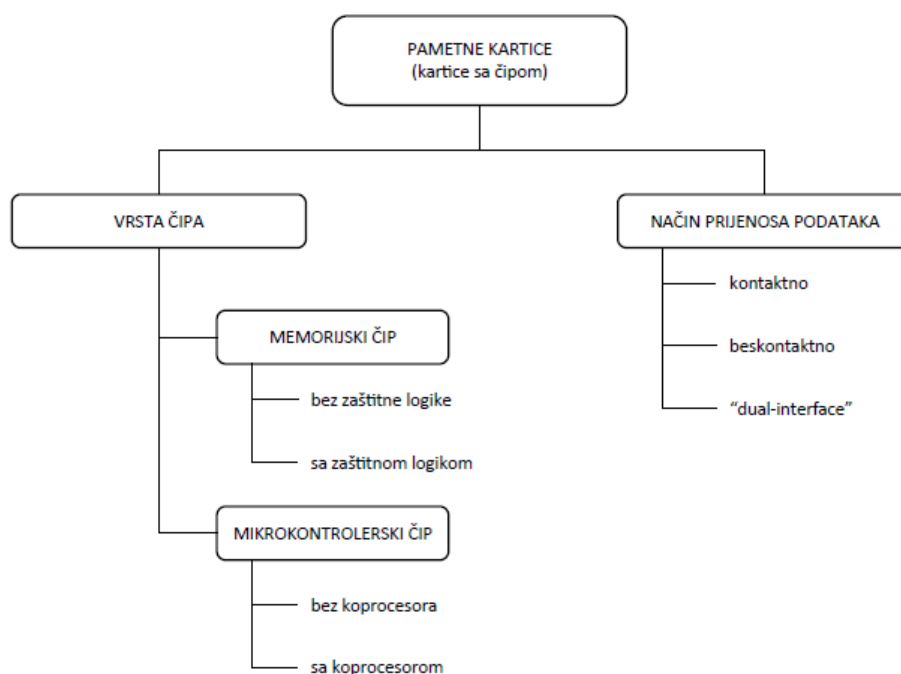
Oznaka	Opis
ISO/IEC 10536	Identification cards – Contactless integrated circuit(s) cards – Close-coupled cards
Part 1	Physical characteristics
Part 2	Dimensions and location of coupling areas
Part 3	Electronic signals and reset procedures
ISO/IEC 14443	Identification cards – Contactless integrated circuit(s) cards – Proximity cards
Part 1	Physical characteristics
ISO/IEC 15693	Identification cards – Contactless integrated circuit(s) cards – Vicinity cards
Part 1	Physical characteristics
Part 2	Air interface and initialization

Krajnja primjena kartice definira vrstu ugrađenog čipa, koji može biti samo memorijski ili onaj sa mikroprocesorskom upravljačkom jedinicom (CPU). Prema tome se i razlikuju: memorijske pametne kartice, mikroprocesorske pametne kartice i kriptoprocessori. Memorijske pametne kartice su kartice koje služe kao pasivni nositelj određenog podatkovnog zapisa u EEPROM memoriji, koja može biti štíćena logičkom zaštitom pisanja ili

brisanja pojedinih segmenata, odnosno područja memorije. Ovakve su kartice optimizirane za korištenje kao prepaid telefonske kartice.

Mikroprocesorske pametne kartice sadrže mikroprocesorski čip koji sadrži ROM, EEPROM i RAM memoriju te CPU (Central Processing Unit) te omogućuje daleko veću funkcionalnost i razinu zaštite od nedozvoljene manipulacije sadržajem podataka upisanih u memoriju čipa, kao i specifične aplikacije („cardleta“). Mogu sadržavati samo jednu aplikaciju upravljaju pripadajućim operativnim sustavom, a ukoliko sadržavaju više različitih aplikacija zovemo ih višefunkcionalnim karticama. Ovakve kartice omogućuju i naknadno dodavanje aplikacija na siguran način, nakon individualizacije i izdavanja.

Treća vrsta su kriptoprosesori ili kriptokontroleri, odnosno čipovi koji koriste određene kriptografske funkcionalnosti (kreiranje para ključeva) za kodiranje i dekodiranje pohranjenih i podataka koji se obrađuju/razmjenjuju između čipa i neke vanjske aplikacije.



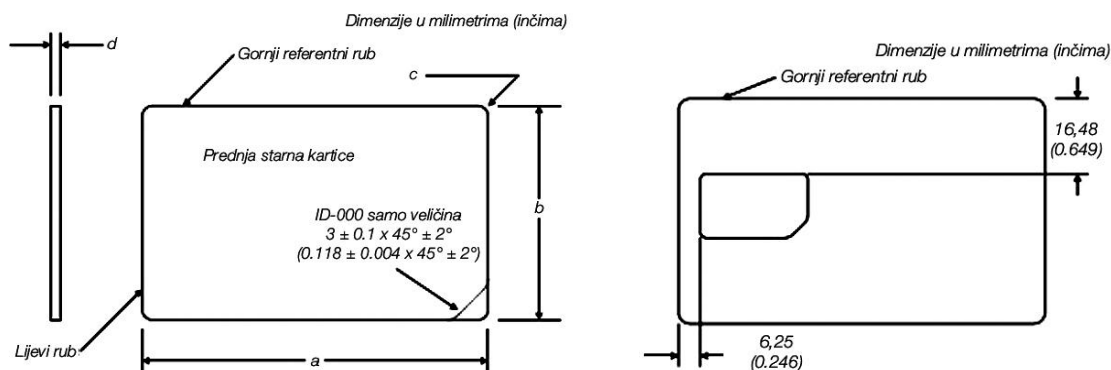
Slika 10: Podjela pametnih kartica

### 2.1.3 Fizička svojstva kartica

Kako je već ranije spomenuto, fizička i mehanička svojstva kartica opisana su nizom međunarodnih standarda. Osnovne karakteristike kartica, kao i dozvoljena odstupanja uslijed testiranja koja se provode sukladno standardu ISO/IEC 10373, opisuje standard ISO/IEC 7810:2003 te su prema tom standardu propisane dimenzije kartica prikazane tablicom 3, kako slijedi<sup>[16]</sup>:

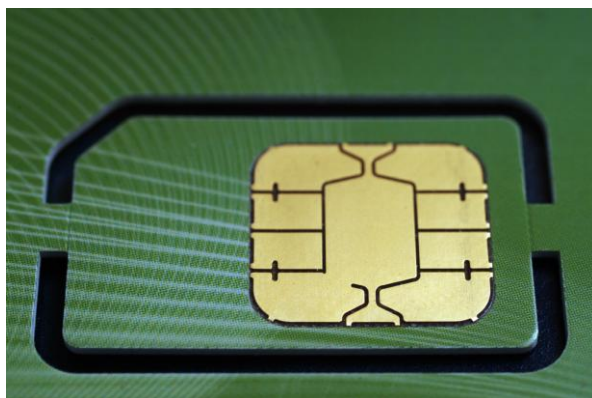
Tablica 3: Standardizirane dimenzije kartica s dozvoljenim odstupanjima

Oznaka		Širina x Visina [mm]	Debljina [mm]	Radijus
ID-000	min	24,90 x 14,90	0,68	0,9
	max	25,10 x 15,10	0,84	1,1
ID-1	min	85,47 x 53,92	0,68	2,88
	max	85,72 x 54,03	0,84	3,48
ID-2	min	104,8 x 73,8	0,68	3
	max	105,2 x 74,2	0,84	5
ID-3	min	124,8 x 87,8	0,68	3
	max	125,2 x 88,2	0,84	5



Slika 11: Dimenzije kartica prema standardu ISO/IEC 7810:2003

Dakle, uobičajene dimenzije bankarskih, identifikacijskih i svih ostalih plastičnih kartica kojima se svakodnevno koristimo su, prema normi ISO 7810, nazvane ID-1. Formati ID-2 i ID-3 koriste se u izradi viza i putovnica. Format ID-000 koristi se u izradi GSM kartica za mobilne telefonske uređaje gdje se, načelno, kartice proizvode u formatu ID-1 sa proštančanim tijelom kartice formata ID-000, koju krajnji korisnik osobno prije korištenja istragne.



Slika 12: Kartica formata ID-000, kao sastavni dio kartice ID-1 formata

Pored zahtjeva na oblik i dimenzije kartica, standardizirani su i zahtjevi za mehaničkom i kemijskom otpornošću gotovih kartica, u ovisnosti o traženom životnom vijeku kartice pa su tako postavljeni uvjeti na:

- otpornost na svijanje,
- zapaljivost,
- toksičnost,
- otpornost na kemikalije,
- dimenzionalna stabilnost kartice uslijed djelovanja temperature i vlage,
- svjetlostalnost,

- izdržljivost (unutar ugovorenog životnog vijeka),
- otpornost na delaminaciju,
- otpornost na X-zrake,
- otpornost na otiranje reljefno ispupčenih znakova

i tako dalje, u ovisnosti o vrsti kartice: kartica sa magnetnom trakom, kartica sa čipom, kartica sa optičkim medijem, „proximity“ kartica i „vicinity“ kartica<sup>[17]</sup>.

#### **2.1.4 Elementi zaštite od krivotvorenja**

Materijalna protuvrijednost kartice koju ona predstavlja po sustav u kojem se koristi i po sudionike koji se unutar danog sustava određenom karticom koriste, te njezina konačna namjena i šteta koju bi njezina krađa, uništenje, izmjena podataka koje nosi i lažno predstavljanje u sustavu mogli prouzročiti – predstavljaju izazov i potrebu za prevencijom i sprečavanjem potencijalnih mogućnosti za sve od navedenih scenarija.

Upravo iz razloga minimiziranja potencijalnih štetnih posljedica ovakvih sigurnosnih incidenata tijekom proizvodnje pametnih kartica, uključujući proces tiska i individualizacije kako tijela kartice tako i čipa, implementiraju se elementi zaštite od neovlaštene uporabe kartica, izmjene individualiziranih podataka, umnažanja i neovlaštene proizvodnje i izdavanja istih.

Razina zaštite i sofisticiranosti zaštitnih elemenata diktirani su direktnom vrijednošću kartice koju ona predstavlja u sustavu, a razmjerna je šteti, bilo financijskoj ili ugledu korisnika i vlasnika odnosno izdavatelja kartice koju u slučaju zloporabe uzrokuje i ostavlja.

Elementi zaštite od krivotvorenja mogu se podijeliti u tri osnovne razine, prema načinu detekcije prisutnosti zaštitnog elementa na nekom grafičkom proizvodu, u ovom slučaju kartice:

- 1. razina: elementi zaštite čije je uočavanje i raspoznavanje moguće golim okom, bez potrebe za korištenjem dodatnih ručnih pomagala ili sofisticiranih uređaja,
- 2. razina: elementi zaštite za čiju je detekciju i prepoznavanje potrebno korištenje jednostavnih ručnih uređaja, kao što je izvor UV svjetla, razni polarizacijski filtri i filmovi te korištenje laserske diode,
- 3. razina: elementi zaštite za čije je uočavanje i raspoznavanje potrebno korištenje forenzičke opreme.

Lakoća prepoznavanja određenog zaštitnog elementa ne predstavlja nužno uvijek i težinu njegovog neovlaštenog kopiranja ili pokušaja uspješnog simuliranja. Načelno, svi od opisanih zaštitnih elemenata koriste se u sinergiji te jedino na taj način predstavljaju adekvatnu razinu zaštite. Korištenjem samo jednog zaštitnog elementa ili elemenata iz samo jedne od opisanih razina 1, 2 i 3, ne postiže se zadovoljavajuća sigurnost.

Nadalje, zaštitni elementi mogu se razvrstati prema mjestu nastanka u lancu cjelokupnog proizvodnog procesa izrade, individualizacije i izdavanja kartica kao:

- zaštitni elementi implementirani od strane proizvođača repromaterijala,
- zaštitni elementi grafičkog dizajna koji nastaju u procesu grafičke pripreme sofisticiranim softverskim alatima,
- zaštitni elementi koji se implementiraju tijekom proizvodnje i formiranja tijela gotove kartice, a po završetku tiska i
- zaštitne tehnike individualizacije podataka.

Zaštitni elementi koji ulaze u proizvodni proces u obliku repromaterijala, odnosno osnovnih sirovina koje se proizvode po posebnoj recepturi i obogaćuju specijalnim zaštitnim dodacima te čija je prodaja i distribucija limitirana isključivo na proizvođače/tiskare zaštićenih tiskovina i osobnih identifikacijskih dokumenata su:

- UV luminiscirajuće boje i bi-luminiscirajuće boje,

- IR boja,
- OVI boja (optical variable ink),
- sintetski arci oslojeni zaštitnom niti i
- polikarbonatni arci obogaćeni OVDot® metalnim hologramskim mikročesticama.

Zaštitni elementi koji se generiraju u procesu grafičke pripreme korištenjem posebnih softverskih alata sastoje se uglavnom od:

- zaštitne linijske grafike i „guilloche“ uzoraka, u pozitivu ili negativu,
- miniteksta, mikroteksta, nanoteksta,
- specijalnih rasterskih elemenata koje sačinjavaju mikroelementi kao što su slova, tekst ili mikroslike,
- antikopirajućih elemenata,
- latentnih slika.

Zaštitni elementi koji se implementiraju nakon provedenog procesa tiska, uključuju:

- apliciranje potpisne trake i strugalice („scratch –off“),
- apliciranje kontinuiranog, „single-image“ holograma ili Kinegrama® na određenu poziciju na kartici,
- apliciranje zaštitnog OVD, hologramskog ili Kinegram® filma na cijelu površinu gotove kartice,
- izradu posebnog reljefnog motiva na zaštitnom sloju kartice („overlay-u“),
- izradu žljebova određene linijature koji će tvoriti višestruku lasersku sliku („MLI/CLI“ element) zaštite na zaštitnom sloju kartice.

Premda postoji nekoliko načina individualizacije podataka, od kojih je spomenut „embossing“ – reljefni tisak, individualizacija magnetne trake i čipa kartice, potrebno je spomenuti i termosublimacijski tisak i termalni transfer, međutim najsigurnijim načinom individualizacije smatra se uporaba lasera i to u svrhu:

- laserskog graviranja tijela kartice i
- laserskog mikroperforiranja kartice.

### **Zaštitni repromaterijali**

Prije svega, zaštitni se repromaterijali ne mogu smatrati i zaštitnim elementima samostalno jer oni to tek postaju sinergijom u kombinaciji sa zaštitnim dizajnom i načinom njihove primjene u realnoj proizvodnji. Prodaju i distribuciju zaštitnih repromaterijala poznati i renomirani proizvođači limitiraju na ovlaštene tiskare zaštitnog tiskarskog programa i njihove tehničke specifikacije, a pogotovo one izrađene po posebnoj specifikaciji za određenog naručitelja, ne objavljuju niti propagiraju u marketinške svrhe.

UV luminiscirajućom bojom (ultraviolet, eng.) naziva se boja koja nije vidljiva promatraču pri dnevnom svjetlu, nego postaje vidljiva osvijetljena izvorom ultraljubičastog svjetla. Uglavnom, pri valnoj duljini UV svjetla od 365 nm, ova će boja reflektirati određenu valnu duljinu u vidljivom dijelu spektra. Ukoliko ova, inače nevidljiva tiskarska boja pokazuje, odnosno „svijetli“ različitim obojenjem pri izvoru UV svjetla od 365 nm i 245 nm, onda se naziva bi-luminiscirajućom bojom.





Slika 13: Žutozeleni i crveni UV luminiscirajuća boja na OI RH (izvor AKD)

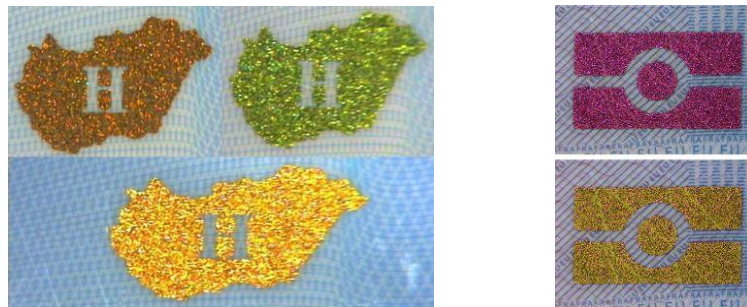
IR zaštitna boja (infrared, eng.) je tiskarska boja koja reagira na IR izvor svjetlosti, pri čemu je ona vidljiva gledana pri dnevnom svjetlu no ostaje vidljiva i pri izvoru IR svjetla<sup>[18]</sup>. Ova boja koristi se u zaštiti osobnih identifikacijskih dokumenata, a osnovna joj je karakteristika apsorpcija IR dijela spektra, što rezultira njenom „postojanošću“ prilikom provjere IR izvorom svjetla, dok ostale boje koje se nalaze na promatranom uzorku „nestaju“.



Slika 14: Kartica promatrana pri dnevnom svjetlu i pri IR izvoru svjetla

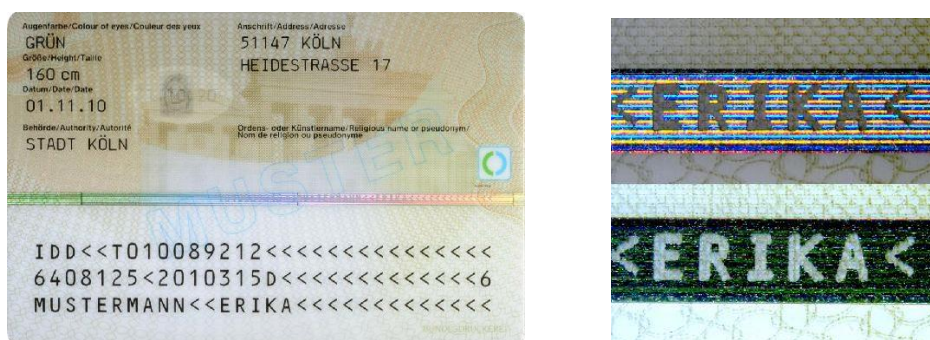
OVI boja („optical variable ink“), odnosno optički promjenjiva boja je tiskarska boja koja se najčešće nanosi sitotiskom, a koristi se u proizvodnji osobnih identifikacijskih dokumenata. Otisak koji je izrađen ovom bojom karakterizira promjena boje za promatrača prilikom

zakretanja promatranog objekta pod različitim kutovima. Kombinacije boja koje se mogu pojavljivati ovise o samom proizvođaču boja, a finoća motiva kojeg je moguće otisnuti ovisi o veličini metalnog pigmenta i samom sitotiskarskom stroju. Uglavnom, ova se boja ne koristi za tisak motiva finih linijatura ili mikroteksta i slično, već za punije površine.



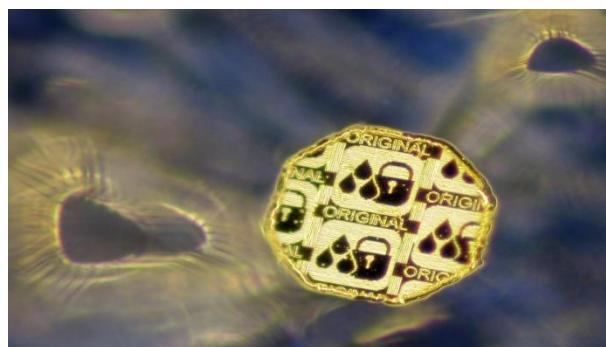
Slika 15: Izmjena OVI boja - zlatno-zeleno-bakreno i magenta-zlatno<sup>[19]</sup>

Sintetski termoplastični arci koji čine sastavni dio „laminacijskog sendviča“ iz kojeg se kartica izrađuje, mogu već proizvođački biti oslojeni zaštitnom niti, kakva se nalazi i u papirnatim novčanicama i putovnicama. Zaštitna nit može biti metalizirana, čak i hologramska te može biti nositelj numeracije ili nekog mikroteksta.



Slika 16: Zaštitna nit s uzorka Njemačke e-osobne iskaznice<sup>[19]</sup>

Sintetski arci koji su izrađeni iz polikarbonata (PC) mogu sadržavati i OVDot® metalne hologramske mikročestice koje su ekstrudirane u samu strukturu araka iz koji se izrađuju pametne kartice. Radi se specifičnom zaštitnom elementu koji je heksagonalnog oblika, veličine 100  $\mu\text{m}$  i debljine od 5 - 7  $\mu\text{m}$ , izrađen iz nikla. Ovi mikroelementi mogu sadržavati hologram s jedne strane i dodatnu informaciju na naličju, kao što je varijabilni slovno-brojčani kod.<sup>[20]</sup>



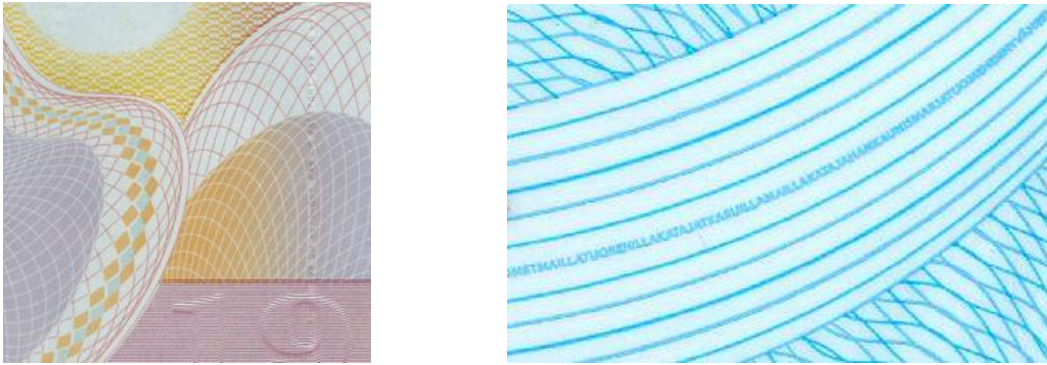
Slika 17: OVDot® čestice u polikarbonatnom arku za proizvodnju kartica

### Elementi zaštitnog grafičkog dizajna

Kako je ranije spomenuto, elementi dizajna koji se koriste u izradi zaštićenih dokumenata, nastaju specifičnim softverskim alatima čija je komercijalna dostupnost limitirana. Radi se o vektorskoj grafici s mnoštvom maštovitih i zadržavajućih detalja i funkcionalnih i estetskih mogućnosti. U kombinaciji sa adekvatnom tehnikom tiska i korištenjem specifičnih zaštitnih tiskarskih boja, ovo čini osnovu zaštite nekog grafičkog proizvoda od kopiranja i pokušaja reprodukcije neadekvatnim načinom.

Zaštitna linijska grafika i „guilloche“ uzorci koji mogu biti otisnuti u pozitivu ili u negativu, zapravo čine pozadinske motive, ornamente i rozete koje osim dekorativnih kompleksnih

krivulja, čine problem uslijed pokušaja kopiranja. Naime, rastriranjem se uočava prekinutost linija, a sitne slobodne površine odmah se zapunjuju. Štoviše, linijska grafika visokozaštićenih osobnih dokumenata otiskuje se često iris tiskom, gdje elementi dizajna bez grubog prijelaza mijenjaju boju.



Slika 18: Guilloche uzorak, u pozitivu i negativu<sup>[21]</sup>, primjer mikroteksta<sup>[19]</sup>

Također, kao osnovni rasterski element može poslužiti tekst, brojevi ili neki motiv u cijelosti, bitno umanjen, do neprepoznatljivosti ljudskom oku. Pozicioniranjem linija koje su grupirane pod određenim, različitim kutovima ili modulacijom njihove putanje, kreira se latentna slika i privid reljefnosti.



Slika 19: Iris tisak fine linijske grafike i teksta „EU“, kao osnovnog rasterskog elementa



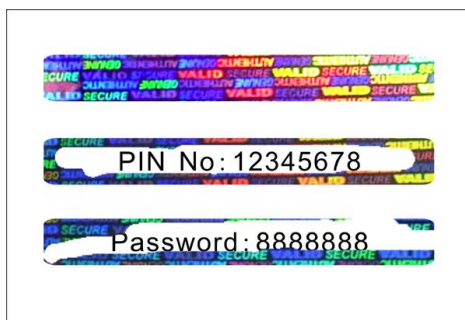
Slika 20: Reljefnost kreirana modulacijom linijature

Spomenuti zaštitni elementi koji se implementiraju nakon provedenog procesa tiska, neovisno o tome dodaju li se u strukturu kartice prije laminacije ili po završetku formiranja tijela kartice, odnose se na:

- apliciranje potpisne trake ili strugalice,
- apliciranje holograma, Kinegrama® ili nekog specifičnog OVD-a,
- izradu reljefnih motiva na površini zaštitnog, površinskog sloja kartice,
- izradu lentikularnih žljebića pomoću kojih će nakon laserskog graviranja biti realiziran „MLI/CLI“ zaštitni element.

Apliciranje potpisne trake ili strugalice („scratch-off“ folije ili naljepnice) provodi se po završetku formiranja tijela kartice, nakon laminacije i štancanja. Potpisna traka ima funkciju dodatne potvrde identiteta nositelja kartice, s obzirom da nosi njegov vlastoručni potpis. Ova traka može biti bijele ili neke druge boje, a ukoliko se nanosi tehnikom sitotiska, na nju je moguće u kasnijem koraku dotiskivati zaštitne elemente kao što su zaštitna linijska grafika ili mikrotekst, u više boja.

Strugalice imaju funkciju zaštite određenih slovno-brojčanih kodova koji su varijabilno otisnutih na tijelo kartice. Namjena ovog koda je da uglavnom predstavlja neku novčanu protuvrijednost i omogućuje nositelju kartice korištenje nekim sustavom, uslugom ili aplikacijom određeni vremenski period. Kod je tajan i jedinstven, stoga njegovo otkrivanje neovlaštenoj osobi omogućuje zloporabu i nedozvoljeno uživanje beneficija koje kod omogućuje. Strugalicom, koja može biti samoljepljiva ili se nanositi također sitotiskom, zaštićuje se od prijevremenog i neovlaštenog korištenja. Ove strugalice nanose se na predoslojeno područje papirne ili plastične kartice i takve su konzistencije da ih je moguće sastrugati s površine na koju su nanosene bez oštećenja varijabilnog otiska u pozadini. Ukoliko se nanose tehnikom vrućeg foliotiska, mogu biti difraktivne ili hologramske te na sebi dodatno nositi određenu varijabilnu informaciju.



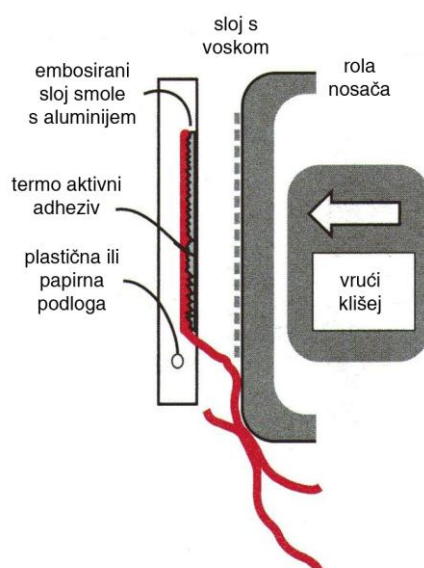
Slika 21: Hologramska strugalica<sup>[22]</sup>

Apliciranje kontinuiranog holograma, „single-image“ holograma ili Kinegrama® može se provoditi na nelaminirane arke iz kojih se izrađuju kartice ili, po završetku procesa laminacije i štancanja kartica na gotovi format, na površinu gotove kartice. Nanošenje DOVD elemenata na jedan od slojeva kartice prije procesa laminacije predstavlja veću zaštitu od manipulacije i samog habanja zaštitnog elementa, jer se u ovom slučaju on nalazi ispod završnog, transparentnog zaštitnog sloja („overlay-a“) kartice. Nakon apliciranja vrućim foliotiskom, arci se sabiru i laminiraju te tek potom kartice štancaju na gotovi format. DOVD elementi mogu se nanositi i na samu površinu gotove kartice, dakle na zaštitni „overlay“ također tehnikom vrućeg foliotiska, što ne predstavlja značajniji izazov za kompromitiranje autentičnosti ovog zaštitnog elementa, koliko na praktičnost i izdržljivost površinski

nanijetog holograma u donosu na životni vijek specifične kartice i standarde kvalitete kojima ona mora udovoljiti.

Hologrami koji se koriste u zaštiti pametnih kartica od krivotvorenja su tzv. „embossed“ hologrami, odnosno reljefno ispupčeni hologrami koji nastaju tehnikom embosiranja. Hologrami su difraktivni optički varijabilni elementi (DOVD - diffractive optical variable device) zaštite koji difuzno reflektiraju upadnu svjetlost (dnevnu) te se još nazivaju i „white-light reflection“ hologrami. Postoje dvije vrste reljefno ispupčenih holograma u uobičajenoj proizvodnji. Povijesno, u početku je to bila debela hologramska naljepnica na papiru oslojenim voskom i, uglavnom, rukom prenesena na površinu nekog proizvoda.<sup>[23]</sup>

Razine zaštite koje nudi hologram podijeljene su prema kompleksnosti i načinu detekcije odnosno čitanja. „Embossirani“ hologram podrazumijeva izradu kompleksnog dizajna te potom izradu master holograma, na osnovu kojega će biti izrađen i master-kliše na osnovu kojeg će biti izrađeni ostali radni kliševi postupkom galvanizacije. Mikrostrukture ovih radnih kliševa oblikovati će površinu sintetskog medija - nosioca koji će kasnije biti oslojen isparenim aluminijem te će tvoriti potpuno metaliziranu, nemetaliziranu ili parcijalno metaliziranu sliku.



Slika 22: Apliciranje hologramske folije tehnikom vrućeg foliotiska

Hologram se trajno nanosi na tijelo kartice tehnikom vrućeg foliotiska („hot-stamping“) na jezgru kartice ili na površinski, završni zaštitni sloj. Sa aspekta dugotrajnosti nanesenog holograma i smanjenja habanja nastalog trenjem pri svakodnevnoj ili povremenoj uporabi kartice, poželjno je da hologram bude nanesen na neki od unutarnjih slojeva kartice, a ne na završni sloj.

Difraktivne folije i hologrami imaju široku primjenu u kreiranju i propagiranju robnih marki („brandiranju“) te se u ovoj tržišnoj niši koristi i kao folija i kao samoljepljive naljepnice.

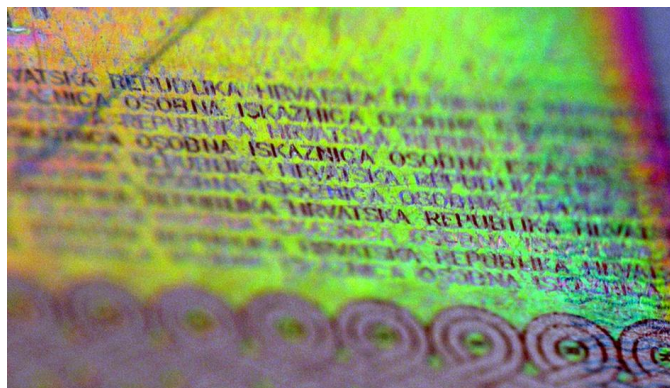
Ukoliko se primjenjuje u svrhu zaštite od krivotvorenja, nalazi se na osobnim dokumentima građana, na novčanicama, zaštićenim ulaznicama i akreditacijama i slično. Pri tome se radi o nanošenju isključivo hologramske folije. Motiv koji se nalazi na ovakvoj foliji može biti kontinuirano ponavljan po dužini i širini role. Tada se govori o „kontinuiranom“ hologramu. Na koji će se način i gdje kontinuirani motiv presjeći i prelomiti nakon udara klišeja o podlogu, u ovom slučaju nije važno.

Druga vrsta holograma ima posebno izrađen motiv koji je u pravilnim razmacima raspoređen na foliju. Takva vrsta holograma zove se „single image“ hologram. Kod apliciranja ovog hologramskog motiva na podlogu, izrazito je važno da se provodi klišejom koji je izrađen posebno kako bi pratio konture hologramskog motiva. Hologram se mora nanositi tako da položaj klišeja i položaj motiva u trenutku apliciranja na tiskovnu podlogu budu u savršenom registru. Tako se ovaj hologram naziva i „pozicioniranim“. Nanošenje ove vrste holograma nešto je kompliciranije radi optičkog čitanja markera („oznake“) koji upućuje na prisutnost „single image“ motiva u ravnini.

Hologram može sadržavati zaštitne elemente koji su također svrstani u razine zaštite koje je moguće detektirati vizualnom provjerom golim okom, elemente koji se provjeravaju lupom, polarizacijskim filtrima i laserskim diodama, te one za čiju je detekciju potrebno korištenje forenzičkih uređaja. Vidljivi elementi zaštite u hologramu su: 2D/3D elementi, kinetički efekt, „switch“efekt (pozitiv i negativ se izmjenjuju prilikom promjene kuta gledanja), stereogram (slike i portreti u boji), mikrotekst, difraktivni uzorci i višebojni oblici. Elementi za čije je



raspoznavanje potrebno korištenje pomagala su: nanotekst, elementi čitljivi korištenjem polarizacijskih filtara ili folija i laserski čitljivi elementi.



Slika 23: Osobna iskaznica RH – mikrotisak na Kinegramu®

Kinegram® je također difraktivni optički zaštitni element (DOVD) koji nastaje na isti način kao i klasični hologram. Međutim, motivi koje Kinegram® prikazuje sadrže rotacije ili pomak po nekoj zadanoj putanji, odnosno kinematički efekt. Otuda i naziv Kinegram®. Kao i hologram, Kinegram® može biti parcijalno ili potpuno demetaliziran.



Slika 24: Parcijalno demetaliziran i potpuno metaliziran Kinegram®

Također, na površinu gotove formirane kartice, a nakon procesa individualizacije, moguće je tehnikom vrućeg foliotiska ili laminatora integriranih u stolne termosublimacijske pisaače, aplicirati difraktivnu, hologramsku ili kinegramsku foliju, odnosno film – na površinu cijele kartice ili na određeno područje koje je potrebno zaštititi. Ovo se uglavnom primjenjuje na karticama koje su individualizirane ili termalnim transferom ili termosublimacijom radi zaštite ovakvog ispisa od izmjene i brisanja određenim kemikalijama.

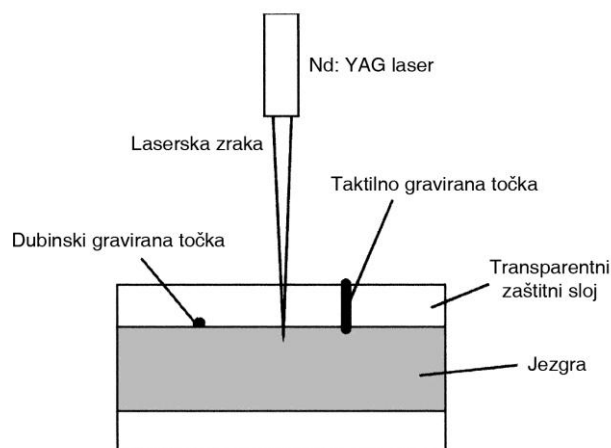
Prilikom procesa laminacija slojeva kartice, moguće je izrađivati posebnim laminacijskim pločama reljefna ispupčenje ili udubljenja na zaštitnom, površinskom sloju kartice, neovisno radi li se o licu ili naličju kartice. Na ovaj način moguće je kreirati Braille-ovo pismo, a često se „utiskuju“ i geografske forme neke države, tekst himne i slično. Na ovaj način izrađuju se i lentikularni žljebovi određene linijature koji će tvoriti „MLI/CLI“ zaštitni element.



Slika 25: Braille-ovo pismo, motiv pletera i lentikularni žljebovi

Lasersko graviranje kartica, po razini zaštite individualiziranih podataka koju pruža, mora biti spomenuto zasebno od već spomenutog reljefnog otiskivanja („embossinga“), kao i od procesa termosublimacije ili termalnog transfera. Naime, specifično je po tome što ostavlja trajan i neizbrisiv trag, bilo na površini kartice, bilo ispod zaštitnog sloja kartice, pri čemu uslijed djelovanja topline laserske zrake (lokalizirana piroliza) dolazi do nepovratnih reakcija čestica sintetskog materijala i lokalnog oslobađanja plinova, odnosno zacrnjivanja spaljene površine. Lasersko graviranje može se ostvarivati vektorskim ili rasterskim osvjetljavanjem, pri čemu je vektorsko graviranje daleko brže i uglavnom se koristi za ispis slovnih i brojčanih znakova. Rastersko graviranje koristi se za individualiziranje fotografije nosioca kartice.

Potrebno je napomenuti da je tehnika laserskog graviranja uvijek crno-bijela te da se najveći raspon gustoće zacrnenja postiže graviranjem polikarbonata, koji je obogaćen posebnim aditivima.



Slika 26: Lasersko graviranje – dubinsko i reljefno

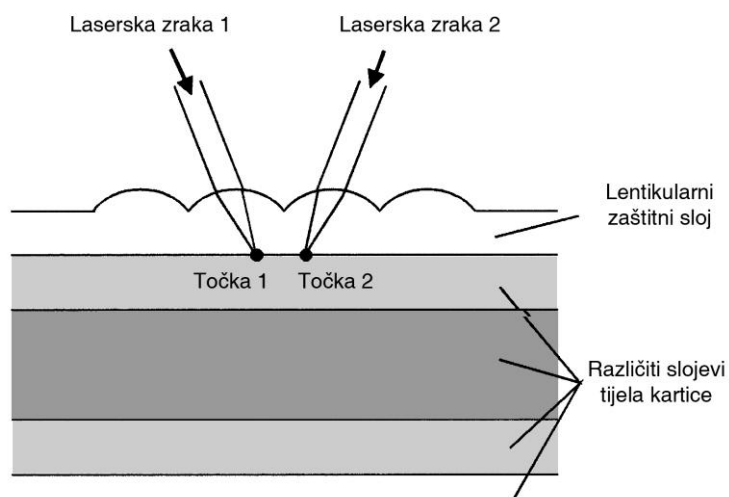
Laserskim graviranjem sliku je moguće ostvarivati ispod zaštitnog sloja kartice, na granici, odnosno spoju jezgra-zaštitni sloj, pri čemu se govori o dubinskom laserskom graviranju. Ovisno o fokusu, jačini i frekvenciji lasera, moguće je gravirati i na način da se ostvaruje reljefno ispupčenje graviranih područja.



Slika 27: Rezultat dubinskog i reljefnog laserskog graviranja

Višestruke laserske slike nastaju laserskim graviranjem dvaju motiva pod različitim kutovima, pri čemu različiti upadni kut laserske zrake, graviranjem kroz lentikularne leće odnosno zaštitni sloj s lentikularnim lećama određene linijature, kreira slike koje će biti vidljive prilikom zakretanja kartice gore-dolje („MLI“) ili lijevo-desno („CLI“).

Laserskim graviranjem kartice koja se u stroju zakreće pod određenim kutovima po osi Y ili po osi X, a kroz lentikularne leće, nastaje zaštitni element „MLI - multiple laser image“ ili „CLI - changable laser image“, odnosno višestruka i izmjenjiva laserska slika. Ovaj zaštitni element primjenjuje se na visokoštićenim identifikacijskim dokumentima, a uobičajeno nosi oznake inicijala, valjanosti dokumenta ili dodatnu sliku nositelja dokumenta. Jednostavna provjera ovog zaštitnog elementa svodi se na zakretanje kartice gore-dolje ili lijevo-desno.



Slika 28: Lasersko graviranje višestruke laserske slike

Druga funkcija lasera prilikom individualizacije kartica je kreiranje dodatne slike nositelja kartice, identične graviranoj fotografiji. Ova dodatna slika nastaje laserskom mikroperforacijom, a zaštitni element lako je provjeriti gledanjem kartice okrenute prema izvoru svjetla. Mikronski precizno izbušeni dio kartice propušta upadnu svjetlost. Ovaj

element zaštite izrazito je teško kopirati, a vrlo je jednostavan za provjeru, bez dodatnih optičkih pomagala.



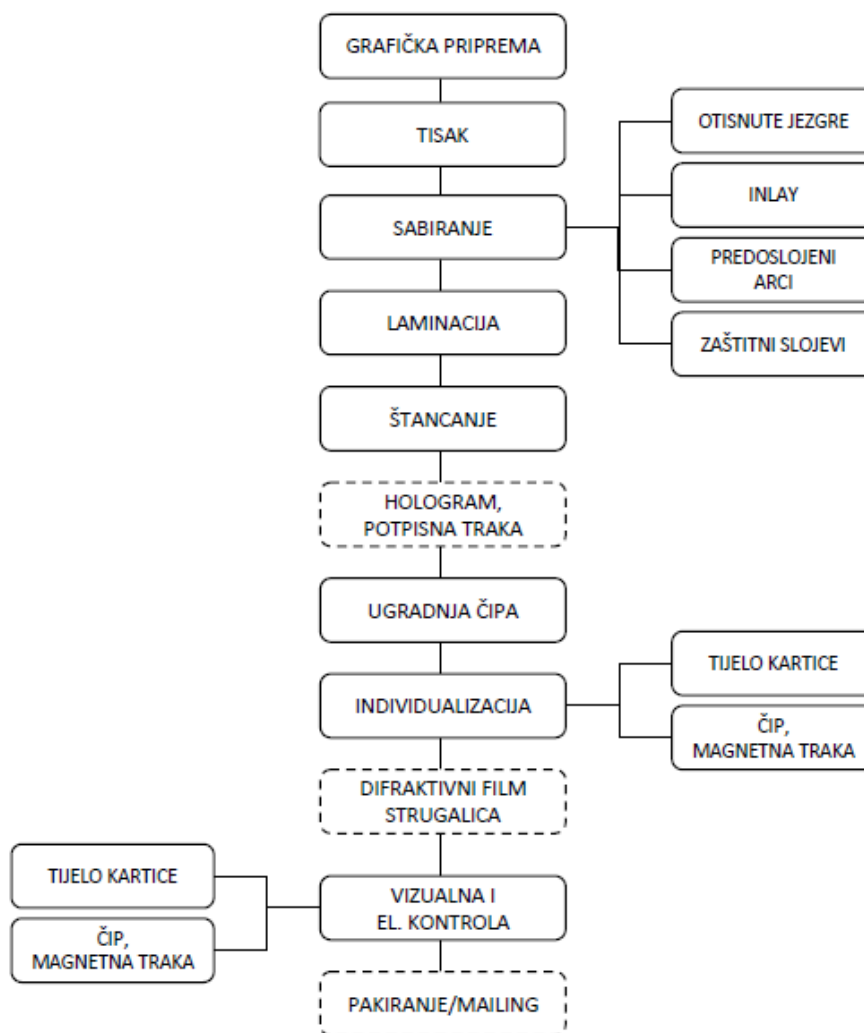
Slika 29: Laserska mikroperforacija

### 2.1.5 Proizvodnja kartica

Proizvodnja kartice integrirani je proces koji se sastoji od dizajna vizualnog identiteta kartice i grafičke pripreme za tisak, tiska na sintetske jezgre, pozicioniranja i sabiranja otisnutih araka i zaštitnih slojeva, laminiranja, štancanja na gotovi format, ugradnje čipa i individualizacije tijela i čipa kartice. Završni procesi proizvodnje kartica uključuju vizualnu i strojnu kontrolu točnosti i kvalitete individualiziranih podataka sa tijela kartice, kao i onih upisanih u čipu kartice. Ponekad se ove kartice uljepljuju na papirne nosače, koji ujedno nose neku otisnutu informaciju, kao i varijabilne podatke kao što su ime, prezime i adresa

nositelja kartice. Ovakvi nosači sa ulijepljenim karticama, presavijaju se i umeću u kuverte, a način pakiranja jedne ili više kartica za pojedinog nositelja te kuvertiranje, zove se „mailing“. Postupak je automatiziran i softverski upravljani, a na ovaj se način nositeljima najčešće dostavljaju bankarske i loyalty kartice putem pošte, na kućnu adresu.

Proces izrade, tiska i individualizacije kartica, prikazan je slikom 30:



Slika 30: Proces izrade kartica

Tijelo kartice izrađuje se iz termoplastičnih materijala (plastomera), čiju je vrstu potrebno planirati u ovisnosti o načinu primjene kartice, njezinoj vrijednosti u sustavu i pretpostavljenom životnom vijeku. Plastomeri su materijali linearnih granatih

makromolekula, čiji se postupci praoblikovanja (kemijsko stvaranje materijala) temelje na promjeni njihova stanja zagrijavanjem i hlađenjem (čvrsto – kapljevito – čvrsto).<sup>[24]</sup> Plastomeri se pri zagrijavanju omekšavaju i prelaze iz gumastog stanja u kapljusto. Pri prekoračenju temperature i vremena zagrijavanja, nastupa njihova razgradnja. Porastom temperature raste nepravilno gibanje atoma oko njihovih ravnotežnih položaja te se nakon toga prekida veza među atomima.

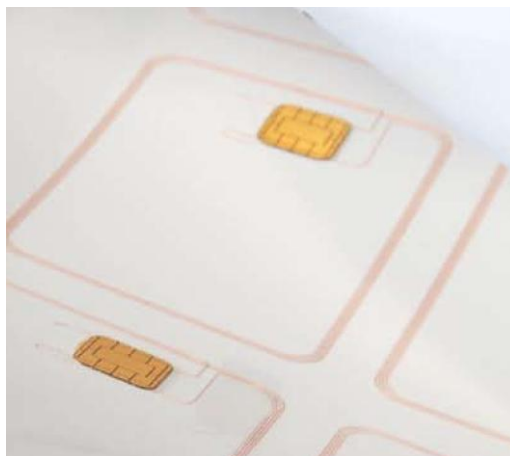
Tijelo kartice može biti izrađeno postupkom lijevanja, odnosno injektiranja u kalupe ili postupkom laminiranja više slojeva sintetskog materijala. Najčešći postupak proizvodnje tijela kartice je vruće laminiranje pri određenoj temperaturi i pritisku, koji ovise o vrsti sintetskog materijala iz kojih je „laminacijski sendvič“ sastavljen.



Slika 31: Presjek kartice izrađene injektiranjem (jednoslojna) i laminiranjem (višeslojna)

Višeslojna kartica sastoji se od jezgre ili nekoliko jezgri, koje su uobičajeno bijele boje te minimalno jednog zaštitnog sloja („overlay-a“) sa svake strane. Jezgra je dio kartice koji je nositelj tiska, a zaštitni je sloj u pravilu transparentan. Zaštitni sloj nosilac je individualiziranih podataka. Tisak je moguće obavljati i na zaštitnim, transparentnim slojevima, ovisno o željenom konačnom efektu.

Arci iz kojih se kartice izrađuju uvijek su standardiziranog formata, kao i arci koji dolaze predoslojeni magnetnom trakom ili zaštitnom niti. Također, posebnu vrstu čine tzv. „inlay“ arci koji su predoslojeni beskontaktnim čipovima sa pripadajućim antenama, a umeću se između jezgri. Sirovina za izradu kartica injektiranjem dolazi u formi granulata.



Slika 32: Arak predoslojen RFID čipovima sa pripadajućim antenama

Odabir slojeva „laminacijskog sendviča“ ovisi o krajnjoj namjeni kartica, njenom životnom vijeku i zahtjevima na njezina fizikalna i mehanička svojstva. Materijali od kojih se izrađuju pametne kartice moraju zadovoljiti određene fizikalno kemijske zahtjeve, kao što su: mogućnost laminacije pod visokim temperaturama, dimenzionalna stabilnost, mogućnost otiskivanja, optička kvaliteta i konstantnost tona (boje), mehanička tvrdoća, životni vijek, termalna stabilnost, otpornost na vlagu, otpornost na otapala, anti-statičnost, fiziološka neškodljivost i ekološka prihvatljivost tijekom proizvodnje i uporabe.

Najčešći materijali iz kojih se pametne kartice izrađuju su:

- PVC – polivinilklorid,
- PC – polikarbonat,
- ABS – akrilbutadienstiren,
- PET – polietilentereftalat i
- PETG – polietilentereftalat glikol-modificiran.

Prvi materijal korišten u izradi ID kartica bio je PVC (polivinilklorid), amorfni termoplastični materijal. PVC je jeftin u usporedbi s ostalim materijalima, a pogodan je za širok spektar



primjena. Nedostatak mu je kratak životni vijek (2 godine) i nedostatna otpornost na temperaturne razlike. ABS, odnosno akrilbutadienstiren je također amorfna termoplastika s nešto boljom otpornošću na velike temperaturne razlike. Uglavnom se koristi kao materijal za izradu GSM kartica. Za kartice koje zahtijevaju dulji vijek trajanja i veliku stabilnost i otpornost, koristi se polikarbonat (PC). Koristi se izradi identifikacijskih dokumenata te ga odlikuju izrazita dimenzionalna stabilnost i otpornost na visoke temperature. Nedostatak mu je visoka cijena. Tablica 4 pokazuje osnovna svojstva najčešće korištenih sintetskih materijala za proizvodnju kartica – PVC-a, PC-a i ABS-a, sa prednostima i manama svakog pojedinačno.

Tablica 4: Svojstva sintetskih materijala za proizvodnju kartica

Materijal	Prednosti	Nedostaci
<b>PVC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niska cijena</li> <li>- Iskustvo u proizvodnji uslijed dugogodišnje uporabe</li> <li>- Mogućnost recikliranja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ekološka prihvatljivost</li> <li>- Visoka toksičnost</li> <li>- Limitirana termička stabilnost</li> </ul>
<b>PC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoka temperaturna stabilnost</li> <li>- Dobra mehanička svojstva</li> <li>- Mogućnost recikliranja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoka cijena</li> <li>- Niska otpornost grebanju</li> <li>- Visoka temperatura laminacije</li> </ul>
<b>ABS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prilagođen za injektiranje</li> <li>- Temperaturno stabilan</li> <li>- Mogućnost recikliranja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zapaljivost ne zadovoljava ISO standard</li> <li>- Ekološki neprihvatljiv</li> </ul>

Kartice izrađene iz PVC-a, uglavnom se koriste kao bankarske, loyalty i beskontaktno kartice. Osobni dokumenti izrađuju se iz polikarbonata, dok se ABS koristi za izradu telefonskih i GSM kartica.

Sintetske jezgre, kako je spomenuto uglavnom su bijele i netransparentne, a njihova boja dodatno je definirana od strane proizvođača sukladno standardu DIN 5033. Propusnost zaštitnih transparentnih slojeva definirana je standardom DIN 5036 za vidljivu, ultraljubičastu i infracrvenu svjetlost. Svjetlostalnost ovih materijala definirana je standardom DIN 54004.

Termostabilnost, koja je izrazito važna u planiranju proizvodnje, posebno pri planiranju procesa laminacije, odnosno temperaturnog maksimuma i vremena u kojem će „laminacijski sendvič“ određenog sintetskog materijala biti izložen temperaturi i pritisku, definiran je kao „Vicat“ temperatura mekšanja materijala sukladno DIN/ISO 306:2004.

Hrapavost površine sintetskih araka i njezina tekstura također su bitni čimbenici prilikom procesa tiska i laminacije i direktno utječu na rezultate kvalitete ovih procesa, kao i na kvalitetu izrađene kartice, a definirana je standardom DIN 4768. Na debljinu gotove kartice nakon laminacije utječe i sakupljanje materijala izazvano visokim temperaturama, a definirano je standardom DIN 5337:2007.

Proces izrade laminiranih kartica sastoji se od slijedećih faza:

- izrada dizajna i grafička priprema za tisak,
- tisak na jezgru/e (prednja strana, stražnja strana),
- pozicionirano sabiranje otisnutih araka jezgre i zaštitnih slojeva (uključujući sloj koji sadrži nanese RFID čipove s antenama, sloj koji sadrži nanese magnetne trake ili zaštitne niti),
- laminiranje pri određenoj temperaturi i pritisku,
- štancanje kartica na gotovi format,
- glodanje tijela kartice (izrada udubine za umetanje kontaktnog čipa ili kontakta za dual-interface čip) i
- individualizacija tijela i čipa kartice.

### **Grafička priprema**

Prilikom grafičke pripreme za tisak kartica, pozornost se obraća na „layout“ kartica, odnosno broj i raspored kartica, u odnosu na veličinu sintetskog tiskovnog arka. Ova veličina ovisi o

predefiniranosti ulaznog formata strojeva za sabiranje, laminaciju i štancanje. Također, layout kartica na arku bitan je radi araka koji se umeću između slojeva jezgri, tzv. „inlay“, koji su predoslojeni beskontaktnim čipovima s antenama, kao i arcima koji su predoslojeni magnetnim trakama ili hologramskim ili drugim zaštitnim nitima ili pozicioniranim hologramima. Prilikom izrade dizajna, sve standardizirane dimenzije i rasporedi elemenata propisanih ISO standardima, kao što su pozicija kontakta čipa, pozicija magnetne i potpisne trake i pozicija strojno čitljive zone (kod identifikacijskih i putnih dokumenata), moraju biti uzete u obzir. U ovoj fazi, potrebno je voditi računa i o naknado apliciranim elementima zaštite, kao što je hologram, Kinegram® ili hologramski i difraktivni filmovi, strugalice, kao i pozicije individualiziranih podataka, bilo da se radi o termalnom transferu, termosublamaciji i laserski graviranim podacima.

## **Tisak**

Tisak na jezgre kartica, kada se radi o većim nakladama, provodi se ofsetnom tehnikom i sitotiskom. Za tisak ofsetnom tehnikom koriste se UV sušeće ili brzосуšeće boje, s obzirom da se radi o neupojnoj tiskovnoj podlozi. Male količine kartica uglavnom se izrađuju termosublmacijskom tehnikom.

Ofsetni tisak indirektna je, plošna tehnika tiska, razvijena iz kamene litografije, otkrivene od strane Aloisa Johanna Nepomuka Franza Senefeldera, Bavarca koji je živio u periodu od 1771. do 1834. godine. Senefelder je dijelove kamena, koje nije želio jetkati, odlučio zaštititi krejonom.<sup>[13]</sup> Kada je obojio još moker kamen te otisnuo na papir, postigao je čistu sliku i jasan otisak. Otkrivanje efekta oleofilnosti i hidrofobnosti na kamenoj tiskovnoj ploči iz toga doba, utrlo je put razvoju ofsetne tehnike kakvu danas poznajemo, čiji začetak seže u 1904. godinu, kada se po prvi put, nepažnjom jednog od radnika kamenotiskara W. Rubela, umjesto na papir otisnulo na gumeni cilindar.<sup>[7]</sup>

Ofsetna tiskarska tehnika, plošna je tehnika kod koje se razlika između tiskovnih i slobodnih površina bazira na kemizmu površine tiskovne ploče, što rezultira različitim vlaženjem. Tiskovne su površine oleofilne i prihvaćaju boju, a odbijaju vodu, dok su slobode površine

hidrofilne, odnosno prihvaćaju vodu. U tijeku procesa tiska, na tiskovnu se formu nanose i voda i boja. (Vodom zovemo kontroliranu otopinu za vlaženje sastavljenu od više kemijskih komponenti.) Voda pri tome vlaži netiskovne, slobodne površine forme te sprječava prihvaćanje tiskarske boje na navedene površine. Tiskarska boja prihvaća se za tiskovne, oleofilne površine, te se dalje prenosi („offset“) na cilindar sa gumenom navlakom, koji sliku prenosi na tiskovnu podlogu (papir ili neki drugi, u ovom slučaju, sintetski substrat). Slika otiska se formira nizom rasterskih elemenata, koje u ovisnosti o veličini i rasporedu tvore višetonski ili višebojni doživljaj. Reprodukcijska svih doživljenih boja ostvaruje se korištenjem primarnih boja: plavozelene (cijan – C), purpurne (magenta – M), žute (yellow – Y) i dodatkom crne (karbon – K).

Prednosti ofsetnog tiska, u odnosu na ostale tehnike tiska su:

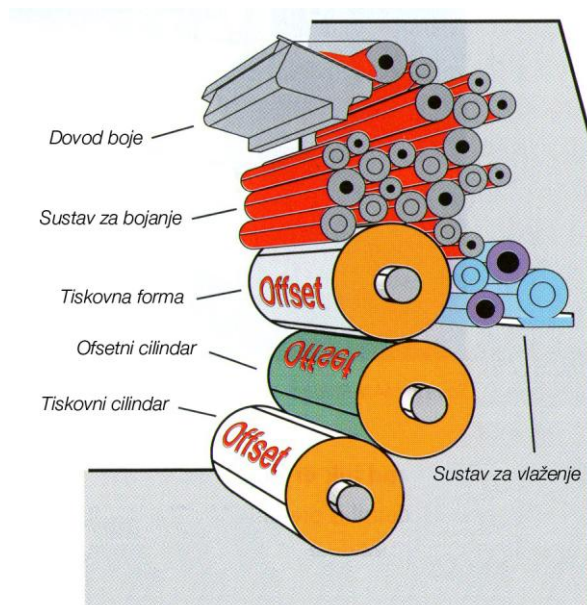
- kvalitetna reprodukcija finih, sitnih detalja i kvalitetna tonska reprodukcija, čak i na tiskovnim podlogama (papirima) lošije kvalitete,
- korištenje konvencionalnog AM i FM rastera u tonskoj reprodukciji,
- niski troškovi grafičke pripreme sa alternativnim načinima izrada tiskovnih formi,
- široki opseg tipova tiskarskih strojeva i formata, za tisak iz role i za tisak iz arka,
- rastuća prilagođenost tisku manjih naklada.

Osnovni materijal za izradu tiskovnih ploča (formi) za ofsetni tisak, za srednje i velike formate, je zrnati aluminij, upravo radi svoje hidrofilnosti. Ova karakteristika dodatno je pojačana zrnatošću i anodiziranjem površine tiskovne ploče. Aluminijske tiskovne ploče pogodne su za srednje do velike naklade.

Za zahtjevnije poslove koriste se polimetalne ploče koje se sastoje od čelika oslojenog bakrom i kromom. Tiskovne površine na ovakvim pločama tvori bakar, a netiskovne, slobodne površine krom. Ovakve se ploče rijetko koriste jer nisu pogodne za osvjetljavanje CTP uređajima.

Korištenje filmova u izradi tiskovnih ploča (formi), danas je uglavnom istisnuto iz brzog i zahtjevnog procesa proizvodnje. Korištenje CTP uređaja nalazi široku primjenu jer kreiranje tiskovne forme ne zahtjeva korištenje filmova i proces osvjetljavanja, dodatni ljudski rad, brzo je, kvalitetno i nadasve praktično. Kvaliteta ploča daleko je viša od onih izrađenih klasičnom tehnikom ekspozicije. Preciznost ovakve izrade formi utječe i smanjenje vremena za pripremu tiskarskog stroja, a dakako i na praćenje kvalitete reprodukcije te preventivno i korektivno djelovanje u smislu poboljšanja i standardiziranja kvalitete otiska.

Iako bi princip litografije i ofseta funkcionirao i danas i s običnom vodom kao zaštitom za netiskovne, slobodne površine, vlaženje slobodnih površina u suvremenim tiskarskim strojevima se radi kvalitete reprodukcije, provodi demineraliziranom i deioniziranom vodenom otopinom koja sadrži različite aditive. Kemijska struktura aditiva ovisi o tipu sustava za vlaženje, kvaliteti i svojstvima lokalno dostupne vode te vrsti tiskarske boje koja se koristi. Uglavnom je to alkohol II-propanol, kojeg postupno istiskuju ekološki zahtjevi. Kontrola otopine za vlaženje izrazito je važna u procesu tiska jer u velikoj mjeri determinira kvalitetu gotovog proizvoda.



Slika 33: Princip ofsetnog tiska <sup>[13]</sup>

Boje koje se koriste u ofsetnom tisku moraju udovoljiti osnovnom zahtjevu, a to je odvajanje od otopine za vlaženje. Ovo je postignuto uspostavom stabilne emulzije vode u boji jer je točan omjer i ravnoteža boje i vode presudan za kvalitetnu ofsetnu reprodukciju. Ova činjenica postavlja dodatni zahtjev na način sušenja boje, koje ne smije nastupiti u stroju na valjcima, već tek nakon nanošenja na tiskovnu podlogu. Boje za ofsetni tisak suše kombinacijom penetracije i oksidacije. Ukoliko je potrebno skratiti vrijeme sušenja, koriste se IR grijači, a ukoliko se radi o neupojnim tiskovnim podlogama, koriste se brzosušeće boje koje suše oksipolimerizacijom i boje prilagođene za UV sušenje. Sušenje sintetskih otisaka otisnutih brzosušećim bojama traje i do dva tjedna prije daljnjeg procesa sabiranja i laminacije, dok arci otisnuti UV sušećim bojama teoretski mogu nastaviti proizvodni proces odmah po završetku tiska.

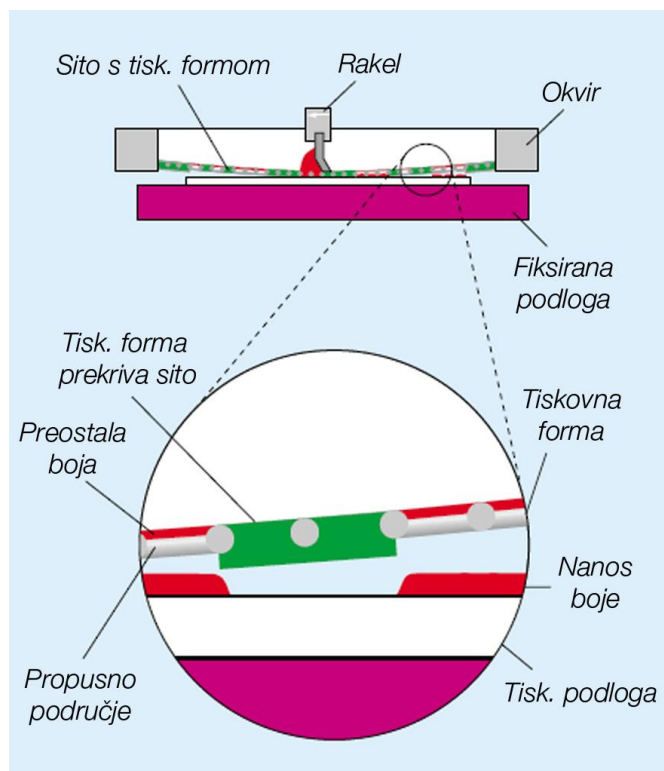
Tehnika sitotiska se na karticama prepoznaje uglavnom po otisku izrazito atraktivne boje sa metalnim pigmentima, preko cijele površine tijela kartice, za kartice komercijalne uporabe. Također, ovom tehnikom otiskuje se i motiv OVI zaštitnom bojom, na visokoštićene putne i osobne dokumente. Sitotisak je direktna tehnika tiska i jedina tehnika kod koje se otisak ostvaruje kroz tiskovnu formu. Osnovni princip je protiskivanje tiskarske boje kroz sito, odnosno finu mrežicu, koja je različito propusna za tiskarsku boju, čime se tvore tiskovne i slobodne površine. Sito je učvršćeno na metalni ili drveni okvir i sastoji se od sićušnih okašaca. Što su niti mrežice koja čini sito finije i oka mrežice manja, to je veća rezolucija koju je ovom tehnikom moguće postići te je, shodno tome i veličina pigmenta boje kojom se tiska prilagođena. Mrežica je napeta na okvir precizno i točno definiranom snagom mehaničkim ili pneumatskim uređajima za napinjanje te je na ovaj način osigurana ravnomjerna napetost sita i kontrolirana dimenzionalna stabilnost.

Slika se formira također, kao i kod ofsetnog tiska, iz grupiranih točkica koje, u ovom slučaju, radi limitiranosti mrežice sita, ipak daje slabiju kvalitetu otiska. To je i osnovni razlog zbog kojega se, pri proizvodnji kartica, ova tehnika koristi za tisak punih površina i manje zahtjevnih reprodukcija.

Moderna sita su monovlaknasti materijali izrađeni iz jednostrukih, glatkih vlakana. Istkana su na način da formiraju pravilnu i ravnomjerno prozračnu strukturu, što je važno radi

optimalnog prijenosa boje na podlogu i laganog čišćenja sita. Najčešće korišteni materijali za izradu su najlon i poliester. Najlon se primjenjuje tamo gdje nisu strogi zahtjevi za dimenzionalnom stabilnošću i preciznim registrom. Uglavnom je to visokotiražna jednobojna produkcija na trodimenzionalno objekte i neravne površine. Monovlaknasta poliesterska mrežica ima iste strukturne karakteristike kao i najlon, međutim posjeduje i dimenzionalnu stabilnost. Stoga se češće i koristi, a posebno tamo gdje je potrebna mala tolerancija registra višebojnog tiska. Sito može biti načinjeno i iz mrežice od nehrđajućeg čelika koje, iako do pet puta skuplje od poliesterskog, omogućuje: izdržljivost i trajnost, otpornost na abraziju uzrokovanu tiskarskim bojama, podnošljivost velikih nanosa boja, ekstremno je dimenzionalno stabilno te omogućuje reprodukciju finih, sitnih detalja.

Mrežice se rangiraju prema debljini vlakana i veličini propusnog oka. Ovo su važni parametri jer utječu na debljinu nanosa boje na podlozi i rezoluciju koju je moguće postići.



Slika 34: Princip sitotiska <sup>[6]</sup>

Debljina nanosa bojila na tiskovnoj podlozi može varirati u rasponu od 20 do 100 mikrometara<sup>[6]</sup> te je sušenje otisaka izrazito važno, a moguće ga je postići na slijedeće načine:

- sušenjem izlaganjem - za hlapive solventne i vodo-bazirane tiskarske boje,
- sušenjem zrakom - za hlapive solventne i vodo-bazirane tiskarske boje,
- IR sušenjem – za tiskarske i tekstilne boje koje suše IR zračenjem,
- UV sušenjem – za tiskarske boje koje sadrže specijalne reaktivne fotopolimerne smole.

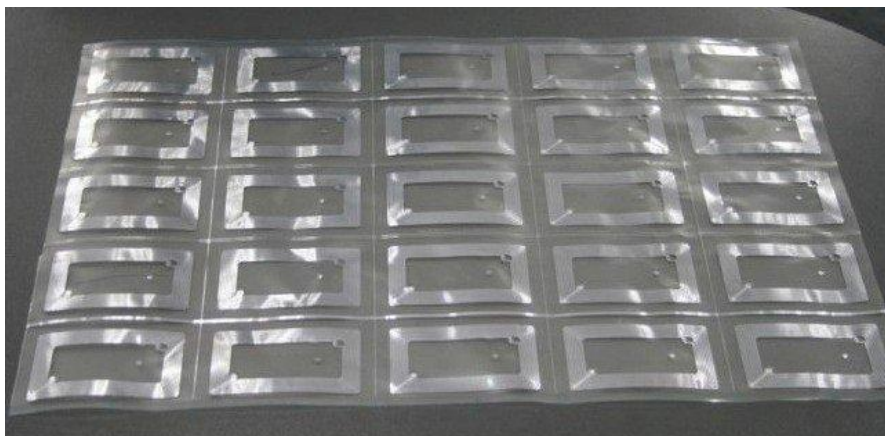
### **Sabiranje**

Sabiranje araka provodi se na posebnom stroju poluautomatski, prilikom čega se arci koji sačinjavaju „laminacijski sendvič“ poravnavaju pomoću tri ili više zaustavna klina i vare na rubnim dijelovima. Ovo će spriječiti odvajanja i pomicanje araka prilikom procesa laminacije. Pomicanje araka unutar „laminacijskog sendviča“ može imati za posljedicu pomicanje jezgara koje su nositelji tiska za prednju stranu kartice i stražnju stranu kartice što će, nakon štancanja rezultirati nesukladnim proizvodom.

Drugi, precizniji način sabiranja je automatsko poravnavanje od strane optičkog sustava koji prati otisnute oznake (križiće) na rubovima otisnutih araka. Ovi križići otiskuju se u procesu tiska, zajedno sa grafičkim dizajnom kartica i svim kontrolnim stripovima koje arak mora sadržavati. Vrlo je važno da svaki arak bude precizno pozicioniran, ne samo s aspekta estetskog dojma i vizualne kvalitete kartice, već i radi funkcionalnosti umetnutih beskontaktnih i dual-interface čipova.

U ovoj fazi proizvodnje, moguće je dodavati slojeve sintetskih materijala koji su, prema definiranom „layoutu“, predoslojeni magnetnim trakama, zaštitnim hologramskim i difraktivnim nitima, pozicioniranim hologramima i dakao, već spomenutim beskontaktnim i „dual-interface“ čipovima s pripadajućim antenama.





Slika 35: Inlay predoslojen RFID čipovima u „layoutu“ 5 x 5 kartica

### **Laminacija**

Proces laminacije slijedi nakon procesa sabiranja, a provodi se prema parametrima definiranim prema vrsti materijala iz kojeg se kartice izrađuju, uzevši u obzir temperaturni maksimum za specifičan sintetski materijal te prema realnom proizvodnom iskustvu. Osim temperaturnog maksimuma, vrlo važni čimbenici su i temperatura cjelokupnog procesa, koja je različita po fazama, pritisak laminacijskih ploča, ukupno vrijeme laminiranja i vrijeme po fazama te vrijeme hlađenja.

Sabrani arci pojedinačno se umeću između metalnih ploča, koje mogu biti glatke ili nositi određeni motiv, koji će kasnije rezultirati reljefnošću površine kartice ili lentikularnom strukturom. Više ovako pojedinačno montiranih setova araka učvršćuje se između termostabilnih ploča te umeću u hidrauličnu prešu. Cijeli daljnji proces zagrijavanja pod određenim pritiskom i temperaturom odvija se uz višestruke kontrolne točke navedenih parametara.

Tijekom zagrijavanja, termoplastični materijali prolaze kroz nekoliko faza, koje započinju krutom, tzv. „staklastom“ fazom. Zatim slijedi faza omekšavanja, nakon koje je sintetski materijal mekan, fleksibilan i rastezljiv. Daljnjim zagrijavanjem započinje taljenje, nakon čega materijal postaje tekući. Nakon ove faze, daljnje zagrijavanje rezultiralo bi dekompozicijom materijala. Proces laminacije kartica odvija se unutar temperaturnog raspona koji započinje

„staklastom“ fazom omekšavanjem materijala, a završava točkom taljenja. Svakako, ovo su specifične vrijednosti svake pojedine vrste termoplastičnog materijala jer svaki materijal ima svoju jedinstvenu krivulju temperaturnih područja po fazama.

Vrijeme koje je potrebno za postizanje kvalitetne laminacije ovisi o temperaturi mekšanja određenog materijala, odnosno tranzicijskog koeficijenta i debljini sabranih araka pojedinačno te o debljini ukupnog „laminacijskog sendviča“. Pritisak hidraulične preše također je od presudne važnosti za kvalitetu gotove kartice te mora biti dovoljno visok da istisne sav zrak koji se nalazi između sabranih araka koji se laminiraju. Proces hlađenja koji slijedi, također uz konstantan pritisak, omogućiti će kvalitetnu adheziju slojeva „laminacijskog sendviča“.

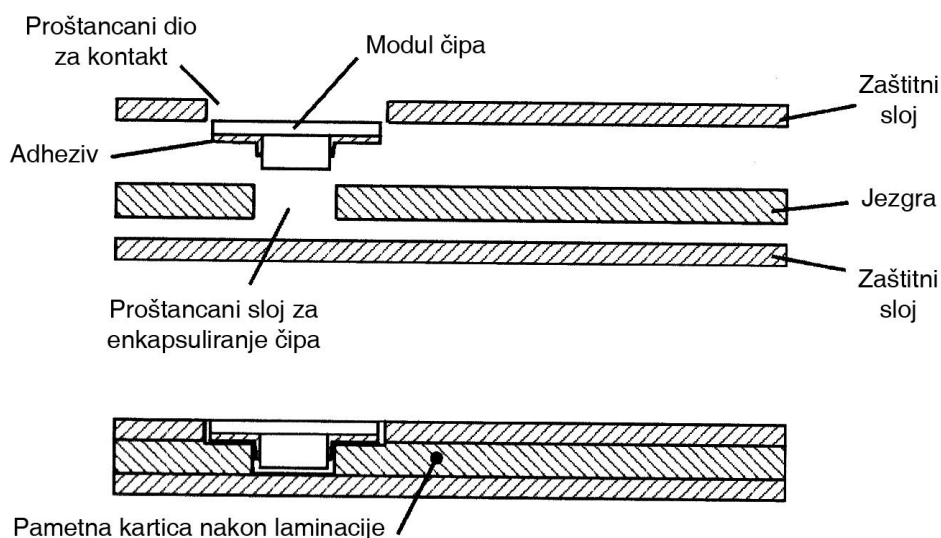
## **Štancanje**

Nakon procesa laminacije slijedi proces štancanja kartica na gotovi format po principu ploče i protuploče. Alat se sastoji od noževa formiranih prema dimenzijama i obliku gotove kartice. S obzirom na specifična mehanička svojstva materijala iz koji se određene kartice izrađuju i noževi za štancanje moraju biti prilagođeni svojim materijalom i njegovim svojstvima te brušeni pod različitim kutovima kako bi gotova kartica, neovisno o žilavosti i tvrdoći materijala, svojim rubnim dijelovima i formatom zadovoljila zahtjeve standarda ISO 7810. Arak koji se štanca pozicionira se precizno optičkim sustavom ili pomoću marki sa tri bočne strane. Ukoliko se radi o arcima koji sadrže beskontaktni inlay, za precizno izrezivanje koriste se bočne marke sa sve četiri strane.

## **Ugradnja čipa**

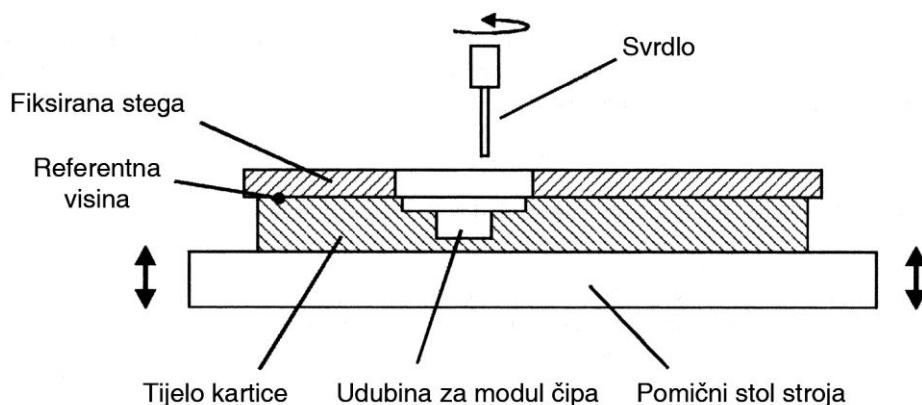
Po završetku formiranja tijela kartice, pristupa se ugradnji kontaktnog čipa ili kontakta „dual-interface“ čipa. Ugradnja čipa, moguća je na dva načina. Prvi način pretpostavlja laminiranje slojeva „sendviča“ čija jezgra ima na za to predviđenom mjestu, proštančanu rupu u koju će se, nakon ugradnje, smjestiti modul čipa. Jedan od dva zaštitna sloja, koji okružuju jezgru

također sadrži proštančanu rupu, dovoljno veliku da su nju smjesti kontakt čipa, s pripadajućim termo-aktivnim adhezivom. Ovaj način ugradnje čipa rezultira visokim postotkom nesukladnih proizvoda, odnosno proizvodnog škarta, jer proces laminacije radi visokih temperatura i pritiska može i u velikoj mjeri oštećuje čipove.



Slika 36: Ugradnja čipa laminacijom

Drugi način ugradnje čipa provodi se na tijelu gotove, formirane kartice, koja je laminirana i na koju su nanoseni eventualni dodatni elementi, kao što je hologram ili strugalica. Ovaj proces uključuje glodanje tijela kartice do određene dubine, koja ovisi o debljini kontakta i čipa i debljini samog tijela gotove kartice te uljepljivanje čipa specijalnim adhezivom. Precizno svrdlo prvo gloda postolje za metalne kontakte čipa, a potom prostor za umetanje čipa s kontaktnom površinom. Čip se potom uljepljuje na jedan od dva načina: injektiranjem tekućeg ljepljiva ili ljepljivom trakom sa termoaktivnim adhezivom.



Slika 37: Glodanje udubine za kontaktni čip

## Individualizacija

Po završetku svih navedenih faza u proizvodnji kartice, završna je faza individualiziranje podataka o nositelju kartice - osobnih podataka, kao što su: ime i prezime nositelja, identifikacijski broj, serijski broj kartice u sustavu kojeg dodjeljuje vlasnik kartice (izdavatelj), datum valjanosti kartice, fotografija nositelja, potpis, otisak prsta i slično.

Set podataka koji se individualiziraju na kartice određen je od strane izdavatelja kartice, a mora biti usklađen s pravnim regulativama određene države u ovisnosti o vrsti i namjeni kartice te relevantnim standardima koji karticu opisuju (bankarske kartice, osobni i putni dokumenti, kartice sa čipom, kartice sa magnetnom trakom i tako dalje).

Prilikom individualizacije kartica, moguće je individualizirati, odnosno specifičnim podacima načiniti, varijabilni zapis za svaku pojedinačnu karticu i to na:

- tijelo kartice (prednju i stražnju stranu kartice),
- čip kartice (kontaktni, beskontaktni i „dual-interface“ čip),
- magnetnu traku kartice,

- hologramsku ili običnu strugalicu.

Tehnike individualizacije koje se, ovisno o namjeni kartice i vrsti materijala iz kojeg je izrađena koriste su:

- termalni transfer,
- termosublimacija,
- reljefno individualiziranje – embossing (ispupčeno i udubljeno),
- lasersko graviranje (površinsko i taktilno – reljefno ispupčeno),
- laserska mikroperforacija tijela kartice,
- elektronička individualizacija čipa i magnetne trake.

Tehnikom termalnog transfera i termosublimacije individualiziraju se manje zahtjevne kartice, sa aspekta kvalitete i postojanosti ovako otisnutih podataka. Naime, ovako individualizirani podaci vrlo se lako brišu posredstvom nekih kemijskih supstanci te su podložni izmjenama. Stoga se ovaj način individualizacije koristi za razne članske i „loyalty“ kartice te ga je moguće zaštititi laminacijom zaštitnog transparentnog difraktivnog filma. Ovaj film nanosi se po cijeloj površini, uglavnom prednje strane kartice, te može sadržavati i rupu na mjestu kontakta za čip.

Metodom reljefne individualizacije najčešće se individualiziraju podaci korisnika bankarskih kartica. Veličina i font, kao i smještaj i količina slovno-brojčanih znakova na kartici definirani su standardom. Na prednju stranu kartice dolaze reljefno ispupčeni slovno-brojčani, dok na poleđinu kartice dolaze znatno manji i udubljeni („indent“) znakovi. Prilikom procesa hladnog reljefnog otiskivanja po principu matrice i patrice, na reljefna ispupčenja dodatno se nanosi i sloj boje pomoću tzv. „tipping“ folije. Ograničenja u opsegu boja folije ovise o ponudi dobavljača. Osim vizualnog učinka, dakle, radi lakše čitljivosti reljefno ispupčenih

elemenata i distinkcije od otisnute podloge kartice, ova folija nema nikakvo zaštitno svojstvo te je podložna relativno brzom otiranju.

Lasersko graviranje je, za sada, tehnika individualizacije koja je najmanje podložna krivotvorenju. Razlog tome je što slika koju laser kreira nastaje između laminiranih slojeva kartice, a ispod završnog, zaštitnog transparentnog sloja. Slika nastaje kao nereverzibilna reakcija atoma polimernog materijala, te „prženje“ laserske zrake rezultira zacrnjenjem. S obzirom da slika nastaje ispod zaštitnog sloja nije ju moguće izbrisati ni mijenjati bez vidljive i trajne destrukcije kvalitetno laminirane kartice. Lasersko graviranje koristi se za individualiziranje visokoštićenih osobnih i putnih dokumenata, te se njime ispisuje tekst, kao i fotografija nositelja kartice u visokoj rezoluciji, no uvijek je to isključivo crno/bijela tehnika. Laserskim graviranjem moguće je ostvariti i reljefno ispupčenu, taktilnu gravuru željenih elemenata, naravno uz podešavanje parametara lasera: rezolucije, frekvencije, brzine i fokusa. Lasersko graviranje se provodi na karticama izrađenim iz polikarbonata sa posebnim zaštitnim slojevima, obogaćenim specijalnim aditivima koji pospješuju proces laserskog graviranja, što rezultira kontroliranim reakcijama materijala na paljenje laserske zrake.

Ukoliko se kartica u stroju zakreće po svojoj vertikalnoj osi, a zaštitni sloj sadrži vertikalno usmjerene lentikularne leće nastale prilikom procesa laminacije, moguće gravirati dvije različite slike odnosno teksta, koji će se nalaziti na praktički istoj površini kartice. Za promatrača, ovaj će efekt bit vidljiv prilikom zakretanja kartice lijevo i desno. U drugom slučaju, ukoliko se na kartici nalaze horizontalno usmjerene lentikularne leće, a karticu je moguće prilikom laserskog graviranja zakretati pod određenim rasponom kutova gore-dolje, laserom je moguće individualizirati dva različita motiva, koje će promatrač uočiti prilikom zakretanja kartice gore-dolje. Ovaj zaštitni element nazivamo promjenjivom laserskom slikom („CLI“) i višestrukom laserskom slikom („MLI“).

Laserska mikroperforacija tijela kartice koristi se za individualizaciju slike nositelja kartice, odnosno kreiranje slike identične onoj graviranoj te jamči sigurnost i autentičnost fotografije koja je laserski gravirana na tijelu kartice. Podešavanjem snage lasera postiže se simulacija višetonske reprodukcije fotografije nositelja, gledano u proziru, a laser ne ostavlja nikakve tragove paljenja materijala. Naime, krivotvoritelj će, ukoliko želi izmijeniti jednu od

navedenih slika, morati pokušati adekvatno izmijeniti i drugu bez vidljivih oštećenja tijela kartice.

Elektronička individualizacija magnetne trake i čipa kartice provodi se kao završni proces u proizvodnji kartica, a najčešće istovremeno sa individualizacijom tijela kartice. Pri ovom procesu podaci mogu biti pohranjeni i učitani u kriptiranoj formi te se mogu dodatno štititi, ako se radi o čipu, digitalnim certifikatom posebno generiranim za svaku karticu, odnosno nositelja. Magnetnu traku moguće je individualizirati u tri zasebna traka, od kojih dva traka (trak 1 i trak 2) služe samo za čitanje upisanih podataka, a trak 3 moguće je koristiti i za zapisivanje tijekom aktivnog života kartice.

Po završetku individualizacije kartica, provodi se kontrola točnosti fizičkog i elektroničkog zapisa na kartice korištenjem specifičnih softverskih platformi i sustava za optičku kontrolu kvalitete kartica. Daljnja kontrola kvalitete podrazumijeva estetske i funkcionalne usklađenosti za specifičnim zahtjevima koji se postavljaju na proizvod, a provodi se prema nekoj od definiranih „AQL“ metoda (Acceptable Quality Level).

Ponekad se u individualizaciji kartica koristi i inkjet tehnologija kojom se dodatno, na potpisnu traku ili strugalicu ispisuje varijabilna brojčana oznaka. Također, ponekad je potrebno određenu karticu ili više kartica dostaviti nositelju poštom. U tom slučaju, kartice se u posebnom stroju za mailing koji ima mogućnost očitavanja podataka sa individualiziranog čipa ili magnetne trake, uljepljuju na papirni nosač koji je uglavnom predotisnut, te se na osnovu podataka očitanih sa čipa ili magnetne trake kartice, na papirni nosač ispisuju varijabilni podaci nositelja: ime, prezime i adresa. Takav se nosač, zajedno sa sabranim mogućim priložima potpuno automatizirano kuvertira te je kartica spremna za isporuku do krajnjeg odredišta.

### 2.1.6 Specifičnosti u proizvodnji kartica

Specifičnost proizvodnog procesa plastičnih kartica leži u činjenici da se tisak provodi na sintetskoj podlozi koja je neupojna i neporozna, ipak, podložna atmosferskim utjecajima i načinu kondicioniranja. Sintetski se materijali skladište na temperaturi od 10 °C – 30 °C, uz relativnu vlagu od 40 – 70 %, a prethodno procesu tiska potrebno ih je kondicionirati na sobnoj temperaturi najmanje 24 sata.

Za proces tiska od izrazite je važnosti kvaliteta prijanjanja filma boje na neupojnu podlogu. Boje koje je moguće koristiti u tisku su brzosušeće boje koje suše oksipolimerizacijom ili UV sušeće boje, koje su daleko prikladnije zbog činjenice da su otisnuti arci teoretski odmah spremni za daljnji postupak sabiranja i laminacije, opisanih pod 2.1.5.

Odabir tiskarske boje ovisi i o vrsti termoplastičnog materijala iz kojeg se kartice izrađuju, stoga što različiti materijali imaju i različite parametre za kvalitetnu laminaciju, odnosno različitim materijalima i kombinacijama materijala potrebna je različita temperatura za postizanje neraskidivog spoja slojeva unutar „laminacijskog sendviča“. Na primjer, polikarbonat zahtjeva najvišu temperaturu laminiranja, polivinilklorid nešto nižu, dok je za kombinacije različitih materijala, osim slijeđenja proizvođačke specifikacije potrebno provesti dodatna testiranja kako bi proces i izlazna kvaliteta bili optimizirani. Radi se o temperaturama koje iznose za polikarbonat od 180 °C – 210 °C, a za polivinilklorid od 120 °C – 160 °C, ovisno o ukupnoj debljini „laminacijskog sendviča“, broju sabrabnih araka i njihovim pojedinačnim debljinama mjerenim u mikrometrima.

Ove visoke temperature bitno utječu na ponašanje pigmenata tiskarskih boja te je izrazito bitno odabrati posebno formulirane boje koje podnose ovako visoke temperature bez promjene tona i intenziteta. Također, u ovisnosti o predviđenom vijeku trajanja i same funkcionalnosti kartice, potrebno je odabrati boju adekvatne svjetlostalnosti, kako bi ton boje i njezino zasićenje ostali isti do isteka valjanosti kartice. Svjetlostalnost se mjeri „Blue Wool“ skalom, gdje vrijednost „8“ predstavlja najveću moguću svjetlostalnost (prema BS 1006:1990 ili ISO 787-15:1986).



Na adheziju filma kojeg čini tiskarska boja odnosno samu kvalitetu tiska, bitno utječe površinska napetost materijala, koja je standardno deklarirana od strane proizvođača, međutim, kako bi se spriječila mogućnost nastanka nesukladnih proizvoda, prije procesa tiska potrebno ju je dodatno utvrditi mjerenjem.

### **Tiskarske boje**

Sve se tiskarske boje uglavnom sastoje od: pigmenta, punila, veziva, smola, otapala ili vode, voskova, sušila i raznih aditiva. Razlikuju se po svojim fizikalno-kemijskim svojstvima, po tehnici tiska kojom će biti aplicirane i tiskovnoj podlozi kojoj su namijenjene. Osnovne značajke boja su: konzistencija, adhezija, kohezija, ljepljivost, viskoznost, tečenje, tiksotropija, površinska napetost, vršni ton, pod ton, tinktorijalna moć, ton u masi.

Boje kojima se tiska na upojne podloge mogu sušiti upijanjem ili penetracijom, isparavanjem, "brzim" sušenjem, oksipolimerizacijom i taloženjem, međutim boje kojima se tiska na neupojne podloge moraju sušiti nekim od prisilnih načina, u ovom slučaju pod utjecajem UV svjetla i IR zračenja. UV sušeće boje načelno se sastoje od pigmenta, pretpolimerne smole, razrjeđivača, fotoinicijatora i aditiva. Fotoinicijator i UV svjetlost utječu na gotovo trenutnu polimerizaciju. Boje sadrže akrilat i uretan monomere i oligomere koji polimeriziraju u prisutnosti kationskih fotoinicijatora ili slobodnih radikala.

Brzina reakcije fotopolimera odnosno molekula monomera koje će reagirati na UV zračenje polimerizacijom, pospješena je dodatkom fotoinicijatora – komponente koja apsorbira svjetlost i stvara reaktivne radikale.<sup>[25]</sup>

UV sušeće boje pojavile su se u uporabi tijekom 1960-tih godina, no primjenu nalaze 1970-tih godina u tisku ambalaže izrađene od neupojnih plastičnih materijala. UV sušeće boje trenutno suše apsorpcijom fotona adekvatnog izvora svjetla uslijed reakcije kemijske polimerizacije, čime se formira suhi i kruti film. Ne sadrže tradicionalna ulja, otapala i smole.

Vezivo UV sušeće boje sastoji se od nezasićenih pretpolimera, polifunkcionalnih monomera i monofunkcionalnih monomera koji se međusobno povezuju pri izloženosti UV izvoru svjetla.

Valne duljine UV sušenja su u rasponu od 100 nm – 380 nm. Energija povezana sa višim frekvencijama dostatna je za pobudu elektrona nekih organskih molekula, što rezultira oslobađanjem vrlo reaktivnih slobodnih radikala. Rezultirajuća fotokemijska reakcija zaista je brza i završava trenutnim kreiranjem krutog filma boje na površini podloge. Potpuno polimerizirani filmovi boje netoksični su i inertni, a UV sušenje se radi izostanka hlapljivih organskih spojeva (VOC – volatile organic compounds) smatra ekološki prihvatljivim.

UV boje koriste se za tisak na sintetske materijale i metale, a brzina sušenja omogućuje otisku sušenje između dva tiskovna cilindra, što eliminira problem tiska mokro na mokro.

Prilikom procesa laminiranja otisnutih jezgri sa zaštitnim slojevima, film otisnute boje predstavlja prepreku stvaranju čvrstog spoja između ovih slojeva, unatoč već opisanom kontroliranom procesu zagrijavanja pod pritiskom i pri određenoj temperaturi te periodu hlađenja pod istim pritiskom. Veza koja se stvara može biti slaba zbog nedovoljne kohezije unutar samog filma boje ili loše adhezije filma boje za susjedne slojeve sintetskog materijala.<sup>[26]</sup> Što je veći težinski postotak pigmenta u omjeru pigment – vezivo, to je slabija kohezija filma boje. Kohezija aglomeriranih kristala koji čine čestice pigmenta je u tom slučaju slaba i narušena je sposobnost veziva da u potpunosti povezuje aglomerirani pigment i stvori jaku koheziju.

Sustav za bojanje kod strojeva za ofsetni tisak sastoji se od mnoštva valjaka, između ostalog izrađenih i iz nekih elastomera, kao što je i sama tiskovna površina zapravo gumena presvlaka. Zbog činjenice da se radi o relativno velikoj ukupnoj površini i dugom putu boje, isključeno je korištenje boja sa otapalima koja bi uzrokovala brzo isparavanje po izlasku iz bojanika te lošu kvalitetu i stabilnost tiska. Otapalo odnosno boja, također ne smiju oštećivati elastomerske valjke ili tiskovne navlake, a odabir otapala sa niskim stupnjem hlapljenja utječe na sastav vezivnih smola.

Nakon tiska ofsetnim oksipolimerizacijskim bojama, otisak ostaje mokr još nekoliko sati, dok se u potpunosti ne dovrši proces inicijacije i propagiranja oksidativnog povezivanja („crosslinking“). Prije no što ovaj proces završi i boja postane kruta, postoji potencijalni

problem preslikavanja otisaka u izloženom kupu. Stoga se ovako otisnuti arci izlažu u manje kupove.

Ovo ne predstavlja problem kod boja koje suše zračenjem induciranom polimerizacijom. U osnovi sadrže vezivo, tekući akrilat ili modificirani kopolimer i fotoinicijator te na već spomenuti način, prilikom djelovanja UV svjetlosti adekvatne valne duljine i intenziteta, fotoinicijator oslobađa radikale koji dalje propagiraju serije polimerizacijskih ciklusa u filmu nezasićene boje. Proces završava kada boja postane polimerizirana krutina i to prije izlaska arka iz stroja. Tako ne postoji opasnost od preslikavanja otiska u izloženom kupu, a moguća je i daljnja obrada otisnutih araka u proizvodnim procesima koji slijede. Međutim, takav kruti polimer (film boje) ne vlaži ni ne penetrira niti u jezgru na koju je otisnut niti na zaštitni sloj kojim se jezgra laminira, stoga predstavlja prepreku i uzrokuje probleme pri laminiranju. Također, film boje pri UV sušenju ima tendenciju skupljanja do 15 % što rezultira izrazitim kohezivnim i slabim adhezivnim svojstvima.

Iz tog razloga, zaštitni slojevi nekih sintetskih materijala (PVC, na primjer), na jednoj strani imaju specijalni adhezivni premaz, koji se prilikom laminacije topi i ponaša kao adheziv za spajanje sa otisnutom jezgrom.

Izvor zračenja u sustavu UV sušenja najčešće je živina lampa, koja je komercijalno dostupna u tri kategorije: niskog pritiska, srednjeg pritiska i visokog pritiska (mjereno u Torr-ima,  $1 \text{ Torr} \equiv 1 \text{ mm Hg}$ ).<sup>[27]</sup> U tiskarskoj industriji se koriste upravo one srednjeg pritiska (cca  $10^2 \text{ Torr}$ ), i to elektrodne i neelektrodne, kod kojih živine atome pobuđuje mikrovalno zračenje.

Ozon koji se generira tijekom UV sušenja u području valne duljine od 185 nm, može prouzrokovati oštećenja polimernih dijelova stroja i reducirati efikasnost sušenja apsorpcijom većih valnih duljina.

Lampe su unutar stroja smještene nekoliko centimetara od tiskovne podloge i uglavnom se u četverbojnom tiskarskom stroju nalaze dvije ili tri lampe jačine 80 – 200 W/cm. Toplinsko zračenje koje se pri tome oslobađa, može oštetiti i deformirati sintetske tiskovne podloge.<sup>[27]</sup>

Svjetlostalnost tiskarske boje je izrazito bitna sa aspekta planiranja kvalitete proizvoda, u odnosu na njegovu konačnu namjenu i predviđeni vijek trajanja. Prilikom odabira tiskarske boje za kartice, potrebno je napraviti odabir na temelju vrste materijala na kojeg se tiska (i predviđenom temperaturnom maksimumu laminacije specifične vrste termoplastičnog materijala) i predviđenom načinu korištenja kartice u životnom vijeku. Oba elementa (toplina i sunčeva svjetlost) mogu utjecati na bitnu promjenu boje kartice, odnosno na promjenu tona, zasićenja i svjetline. Svjetlostalnost se može definirati kao otpor promjeni boje ili blijedenju pod utjecajem sunčevog svjetla ili umjetnog izvora svjetla.

Na svjetlostalnost tiskarske boje utječe vrsta pigmenta, količina pigmenta, vrste veziva i debljina nanosa boje na tiskovnoj podlozi. Boje se mogu, prema njihovoj sposobnosti zadržavanja intenziteta i tona, podijeliti u tri skupine i to: visoko otporne boje (Blue Wool skala 7 – 8), srednje otporne boje (Blue Wool skala 5 – 6) i nepermanentne, boje niske otpornosti (Blue Wool skala 1 – 4). Testiranja svjetlostalnosti boja odnosno otisnutih kartica, provode se na laboratorijskim uređajima sa Xenon lampama, prema standardu ISO 2835:1974 koji propisuje zahtjeve na testiranja otisaka te zahtjeve na testiranja boja.

### **Sintetska tiskovna podloga**

Sintetski materijali su, radi fleksibilnosti obrade i konačne primjene postali vrlo važna i sve češće korištena vrsta materijala, koja svoju primjenu nalazi u najrazličitijim segmentima našeg života i životnog okruženja pa se tako neminovno susreće i u tiskarskoj industriji. Sve veću primjenu imaju upravo u tiskarstvu, kao osnovni repromaterijal - tiskovna podloga, gdje se osim za tisak najrazličitijih ambalaža, koriste i u kartografiji, tisku ekskluzivnih priloga, promidžbenih materijala, „jumbo“ i „billboard“ plakata, tisku općeprihvaćenih i nezamjenjivih kartica pa čak i tisku banknota određenih država, na primjer Australije, Novog Zelanda, Brazila, Izraela, Hong Konga i mnogih drugih. Tiskarske boje također sadrže polimere u formi vezivnih smola koje omogućuju reakcije oksidacijskog i polimerizacijskog sušenja te UV sušenja i sušenja snopom elektrona. Također, i tiskovni cilindri, navlake,

nemetalne poliesterske ploče, fotopolimerni premazi i još mnogo toga što nas u grafičkoj industriji okružuje – izrađeno je iz polimera.

Svojstva koja ove materijale karakteriziraju su: koeficijent trenja, sposobnost laminiranja, i površinska obrada. Koeficijent trenja direktno utječe na stvaranje elektrostatskog naboja, što međutim veći značaj ima u tisku iz role, u ambalažnoj industriji. Uspješno laminiranje termoplastičnih materijala ovisi o točki mekšanja i temperaturi i vremenu laminiranja, o kompoziciji „laminacijskog sendviča“ i vrsti materijala iz kojeg je sastavljen, o starosti materijala i omjeru kristalnog i amorfno udjela (koji utječe na točku mekšanja), o utjecaju eventualnih aditiva i broju slojeva koji čine kompoziciju.

Pored ovih svojstava, sintetski arci koji se koriste za tisak i proizvodnju kartica imaju standardizirane dimenzije, uključujući gustoću materijala i debljinu arka, koja za ofsetni tisak iznosi od 50 – 350  $\mu\text{m}$ . Svakako, na tržištu dostupni arci mogu varirati svojom debljinom koja je i izvan spomenutog raspona, međutim izrazito debele arke nije moguće kvalitetno tiskati ofsetnom tehnikom. Pored do sad navedenih svojstava sintetskih tiskovnih araka, proizvođački su specificirani boja materijala, transparentnost, površinska napetost materijala (prema DIN EN ISO 527-2:1993), temperatura mekšanja – Vicat A i Vicat B (prema ISO 306:2004), dimenzionalna stabilnost (prema DIN 53377:2007) i hrapavost površine.

Površinska napetost se, kod nekih vrsta materijala kao što je PVC, na primjer, izražava posebno za tiskovne i posebno netiskovne strane arka. Razlog tome je što je kod nekih vrsta materijala potrebna posebna završna obrada koja će u konačnici rezultirati boljom adhezijom slojeva pri procesu laminiranja. Također, hrapavost površine specificira se, osim prema ISO 4762 i DIN 4768, i kao estetsko svojstvo, ukoliko se radi o zaštitnom, završnom sloju gotove kartice koji, shodno tome, može biti mat ili sjajan.

Mogućnost tiska na sintetsku površinu ovisi o njenoj molekularnoj polarnosti kao i o polarnosti tiskarske boje i veziva. Nepolarne ili nisko-polarne tiskovne podloge zahtijevaju obradu površine, kako bi bile u mogućnosti prihvatiti polarnu tiskarsku boju. Kvašenje površine ovisi o njezinoj površinskoj napetosti, kao i površinskoj napetosti boje. Povećanje

polarnosti moguće je postići tretiranjem površine koronom ili izazivanjem površinske oksidacije zagrijavanjem ili paljenjem.

Površinska napetost materijala utječe na kvašenje koje je potrebno, preliminarno procesu tiska, testirati sukladno propisima međunarodne norme ISO 8296:2003. Što je površinska napetost neupojne tiskovne podloge manja, to će kvaliteta tiska biti lošija. Površinska napetost od 38 mN/m (milinjutna po metru) smatra se minimalno zadovoljavajućom.

Uzrokom niske površinske napetosti smatra može biti sama struktura materijala, ali i kontaminacija prašinom, masnoćama i slično, čak i u tragovima. Ukoliko se pri testu površinske napetosti koji se provodi u standardiziranim uvjetima posebno formuliranim testnim tekućinama za različite vrijednosti površinskih napetosti, uzorkovani arci pokažu nedostatnim za tisak (napetošću <38 mN/m), ovo upućuje na izvjesnu nekvalitetu adhezije tiskovne boje na podlogu, kao i na nemogućnost kvalitetne laminacije i stvaranja kvalitetnog laminacijskog sendviča te gotovog proizvoda – formirane kartice.

Sposobnost zadržavanja boje, premaza i adheziva moguće je povećati određenim načinima tretiranja površine sintetskih materijala.<sup>[28]</sup> Neki od tih načina uključuju korištenje specijalnih mješavina otapala, koja utječu na sposobnost kvašenja površine materijala. Ipak, sposobnost kvašenja nije jedini parametar koji utječe na prihvata tiskarske boje, premaza ili adheziva. Površinska svojstva sintetskih materijala za tisak ovise i o načinu skladištenja i kondicioniranja materijala, kao i o starosti materijala te svaki proizvođač specificira tzv. „shelf life“ – period u kojem određeni materijal zadržava specificirana svojstva.

Testovi koji se provode u svrhu utvrđivanja sposobnosti kvašenja, provode se na neotisnutim arcima izuzetim iz kupa metodom uzorkovanja te se na površinu od maksimalno 10 x 10 cm nanosi mješavina specijalnih otopina. Sposobnost kvašenja utvrđuje se deklariranom površinskom napetošću svake pojedine nanosene otopine. Naime, pomoću drvenih štapića s vatom, koja je umočena otopinu ili korištenjem četkice, kista ili olovke, na testirani se materijal nanose redom otopine – od one najmanje površinske napetosti prema većima.



Slika 38: Oprema za testiranje površinske napetosti sa specificiranim vrijednostima u Mn/m

Nakon nanošenja otopine na površinu sintetskog materijala kojeg se testira, mjeri se vrijeme u kojemu će se pruga nanesenog filma otopine rascjepkati u kapljice. Ukoliko se film otopine zadrži u prvotnoj formaciji više od 2 sekunde, test se ponavlja sa otopinom veće deklarirane površinske napetosti sve dok se film nanesene otopine ne rascjepka u kapljice u vremenu manjem od 2 sekunde. Ako se film otopine rascjepka na kapljice u manje od 2 sekunde, test je potrebno ponoviti sa otopinom niže deklarirane površinske napetosti, sve dok se ne postigne postojanost filma od 2 sekunde. S onom otopinom s kojom je postignut najbolji rezultat, odnosno zadržavanje filma od približno 2 sekunde, potrebno je ponoviti test tri puta, kako bi se rezultat smatrao relevantnim. Deklarirana vrijednost ove otopine, predstavlja vrijednost površinske napetosti testiranog uzorka sintetske tiskovne podloge.



Slika 39: Vidljivi rezultat testiranja površinske napetosti sintetske tiskovne podloge

Površinske napetosti sintetskih tiskovnih arka u pravilu su specificirane proizvođački i variraju ovisno o vrsti materijala. Međutim, unatoč deklaraciji proizvođača, radi minimiziranja nastajanja nesukladnih proizvoda i otisaka loše kvalitete, ovaj test je neophodno provesti svaki put prije procesa tiska, a nakon kondicioniranja sintetskih tiskovnih materijala na sobnoj temperaturi, u periodu od najmanje 24 sata.

Nakon procesa tiska, moguće je, unatoč momentalnom učinku sušenja boje koji se postiže sušenjem UV i IR sušačima, dodatno provjeriti adheziju filma boje testom povlačenja, odnosno odljepljivanja samoljepljive trake sa otisnute površine (tzv. „tape test“). Adhezija se smatra valjanom ukoliko na odljepljenoj traci ne ostaje ni malo boje.

Standardizacija parametara i kvalitete tiska na sintetske materijale nije dovoljno istraženo niti definirano područje tiskarstva. Naime, ciljane vrijednosti koje se koriste prilikom promatranja parametara i tehničkih svojstava kvalitete tiska na sintetskim materijalima, zapravo se mogu promatrati samo kao vrijednosti CIELAB koordinata, sjajnosti, ISO determinirane svjetline i tolerancija parametara premaznih i nepremaznih papira, u skladu sa ISO 12647-2:2004. Institut Fogra svoje istraživanje osnova za standardizaciju ofsetnog tiska iz



arka UV sušećim bojama na neupojnim podlogama, upravo je bazirao na vrijednostima nepremaznog papira, kao relevantnim za mat sintetsku tiskovnu podlogu te premaznog papira za sjajnu sintetsku tiskovnu podlogu.<sup>[29]</sup> Ustanovljeno je da su CIELAB vrijednosti definirane normom ISO 12647-7:2007<sup>[29]</sup> za premazni papir, optimalne ciljne vrijednosti za promatranje parametara tiska na sintetske podloge.

## 2.2 Kontrola i održavanje kvalitete grafičke reprodukcije

### 2.2.1 Osnove

Bojom se smatra kompleksna vizualna senzacija uvjetovana fizikalnim karakteristikama izvora svjetla i promatranog uzorka te uvelike određena fiziološkim značajkama individualnog promatrača. Detaljniji uvid u proces percipiranja boje dobiva se analizom međusobnih utjecaja izvora svjetla, uzorka i ljudskog promatrača.<sup>[30]</sup> Svjetlost je energija zračenja koja je vidljiva ljudskom oku, a s obzirom na svoju valnu prirodu, boja svjetlosti varira sukladno duljini valova.

Kolorimetrijsko svojstvo boje opisuje se trima karakteristikama: tonom, zasićenjem i svjetlinom. Ton boje, zapravo je naziv boje.<sup>[30]</sup> Ovime je definirano je li boja crvena, zelena, plava, žuta i tako dalje. Zasićenje boje je svojstvo koje određuje njezinu čistoću. Sivozelena boja ima nisku zasićenost, dok smaragdno zelena označava boju visoke zasićenosti. Desaturacija boje limitirana je i završava uvijek neutralnom sivom. Tijekom procesa tiska, postoje realna ograničenja u reprodukciji maksimalnih zasićenosti boja, a ovise o odabiru tiskovne podloge i tiskarske boje.<sup>[30]</sup> Svjetlina boje opisuje koliko je ona tamna ili svjetla. U tisku, svjetlina je limitirana svojstvima tiskovne podloge kao što su boja i sjaj, a ovisi i o količini nanosa boje koju je moguće prenijeti na tiskovnu podlogu.

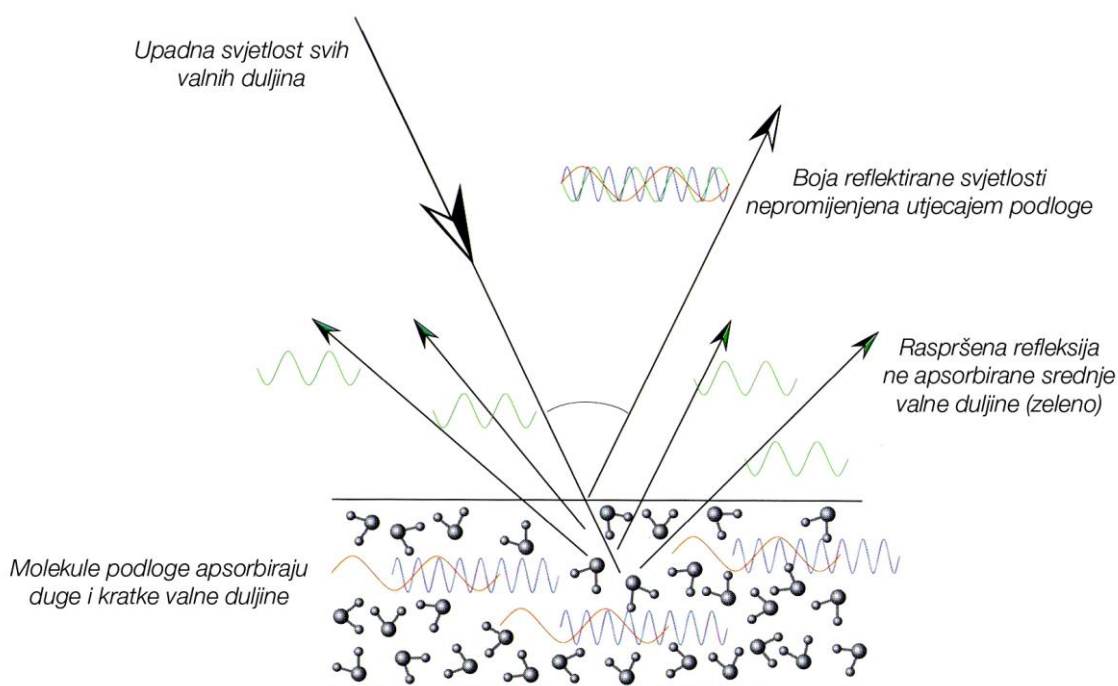
Svojstva površine tiskovne podloge otisnute nekom bojom prate se kroz njezin sjaj i teksturu. Utjecaj sjaja promatra se kroz parametre svjetline i zasićenja otiska. Boja otiska sa sjajnom površinom, može djelovati tamnije od one sa mat površine. Ovo je iz razloga što mat površina raspršuje dio upadne svjetlosti koja se ne vraća u potpunosti nazad oku promatrača. Na taj način, ova „ublažena“ povratna svjetlost može od crne boje načiniti sivu. Neki tiskovine lakiraju se nakon tiska sjajnim lakom, kako bi se popravio gamut boja.

Materijali utječu na upadnu svjetlost na način da ju prenose i propuštaju kroz svoju površinu, apsorbiraju ili raspršuju. Transmisija ili propusnost svjetlosti karakteristična je za transparente materijale, koji će u većoj mjeri svjetlost propustiti, ali će malim dijelom svjetlost i odbiti od površine zahvaljujući indeksu refrakcije koji označava relativno

usporavanje svjetlosti u transparentom mediju, u odnosu na njezinu brzinu na zraku.<sup>[31]</sup> Na svakoj granici između dvaju materijala različitog indeksa refrakcije, svjetlost mijenja svoju brzinu. Rezultat toga je da mala količina svjetlosti ipak biva odbijena.

Apsorpcija ili teoretski gubitak vidljive svjetlosti, događa se kada materijal apsorbira dio upadne svjetlosti te je on u tom slučaju obojen ili još uvijek transparentan. Ukoliko u potpunosti apsorbira svu upadnu svjetlost, materijal je crn i neproziran.

Raspršenje svjetlosti očituje se djelomičnom apsorpcijom i reemisijom upadne svjetlosti, koja je raspršena u različitim smjerovima. Kada je raspršenje dovoljno jako, radi se o difuznoj refleksiji svjetlosti.<sup>[32]</sup> Boja materijala ovisi o količini i vrsti raspršenja i apsorpcije. Ukoliko nema apsorpcije, a raspršenje je jednako u svim valnim duljinama, radi se o bijeloj podlozi. Raspršenje je rezultat upada svjetlosti na sitne čestice čiji se indeks refrakcije razlikuje od okoline.



Slika 40: Raspršenje upadnih zraka svjetlosti na netransparentnoj podlozi

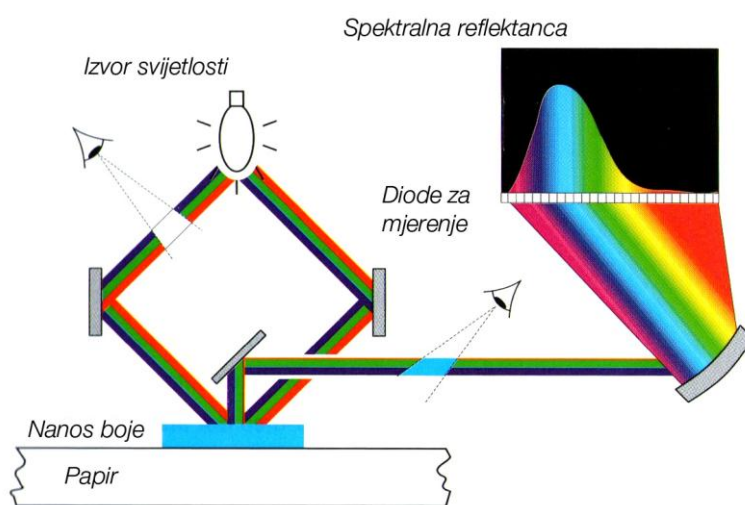
Tekstura površine povezana je u nekoj mjeri i sa njezinim sjajem. Što je tekstura izraženija, površina je manje sjajna. Tekstura površine može nastati kao rezultat željene dorade tiskovnih podloga radi poboljšanja određenih svojstava ili samo estetske funkcije ili može biti samo posljedica svojstava same sirovine iz koje se tiskovna podloga formira. Ovo se odnosi i na sjajne ili mat površine sintetskih tiskovnih araka – jezgri i zaštitnog slojeva. Mat završna obrada materijala uglavnom je proizvođački specificirana kroz nekoliko stupnjeva matiranosti.

Za kvantificiranje gore navedenih parametara koriste se uređaji za mjerenje boja: kolorimetar, spektrokolorimetar, spektrofotometar i spektroradiometar. Cilj svakog mjerenja boje je ustanoviti što zapravo, promatrač vidi. Ovo je kvantificirano CIE kolorimetrijom koja stimulus promatran u standardiziranim uvjetima od strane CIE standardnog promatrača, pretvara u tristimulusne vrijednosti. Postoje brojne tehnologije kojima je moguće determinirati stimulse tristimulusnih vrijednosti, a razlikuju se po tome što direktno mjere, procjenjuju ili integriraju spektralna svojstva. S povećanjem broja ulaznih signala, mjerni instrument kolorimetar postaje - spektrometar. Spektrometar koji mjeri materijale naziva se spektrofotometar, a onaj koji mjeri izvore naziva se spektroradiometar.<sup>[31]</sup> Kolorimetri mjere direktno kolorimetrijske vrijednosti, a spektrometri izračunavaju kolorimetrijske vrijednosti iz spektralnih podataka.

Kolorimetar je instrument koji mjeri CIE tristimulusne vrijednosti i zadatak mu je „vidjeti“ što i ljuski promatrač vidi. Osnova za razvoj ovog uređaja datira iz 1931. godine, kada je CIE definirao da je kut promatranja standardnog promatrača od 2°.

Spektrokolorimetar je uređaj koji inicijalno mjeri spektralnu apsorpciju boje spektrofotometrijskom metodom te softverski preračunava spektralne podatke u odgovarajuće kolorimetrijske vrijednosti. Softver omogućuje izbor CIE standardnog promatrača (2°, 10°), osvjetljenje (A, C, D50, D65, itd.), prostor boja (CIE XYZ, hunter Lab, CIELAB, itd.) i jednadžbe za razliku boje (FMC-2, CMC, CIELAB, CIE94, CIE00 itd).<sup>[30]</sup> Softver također preračunava spektralne vrijednosti u gustoće obojenja. Uređaji koji pomoću softvera generiraju standardne i specijalne profile filtara za mjerenje boja koje rezultiraju najvećim gustoćama obojenja, nazivaju se spektrodenzitometrima.

Spektrofotometar je spektrometrijski uređaj koji mjeri i kvantificira količinu zračenja reflektirane i apsorbirane svjetlosti određene valne duljine. Postotak reflektirane svjetlosti (koji je za savršeno bijelu podlogu 100%), prikazan u odnosu na valnu duljinu mjerenja čini spektrofotometrijsku krivulju. Računalno mjerenje i usporedba boja zasnovano je na rezultatima rada Kubelke i Munka iz 1931. godine, koji su izveli jednadžbu koja prikazuje eksponencijalni odnos između spektralne reflektance, koeficijenta apsorpcije i raspršenja svjetlosti boja.



Slika 41: Princip rada spektrofotometra

Kolorimetri mjere uzorke pri različitim temperaturama izvora svjetlosti. Izvor svjetlosti pod kojim se otisnuti uzorak promatra može biti Wolfram, fluorescentan izvor, široki raspon dnevnog i sunčevog svjetla, živin izvor ili ostali. Čimbenici koji određuju karakteristike izvora svjetlosti su temperatura izvora svjetlosti, intenzitet, temperatura boje svjetlosti u korelaciji i stupanj raspršenja.

Temperatura izvora svjetlosti je mjera integrirane spektralne energije koju taj izvor distribuira. Standard za ovo mjerenje zasniva se na mjerenju teorijskog crnog tijela (Planck).

Temperatura se izražava u Kelvinima (K). Prikaz relativnih temperatura boja svjetlosti u korelaciji za umjetne izvore svjetlosti, kao i za dnevnu i sunčevu svjetlost dan je tablicom 5:

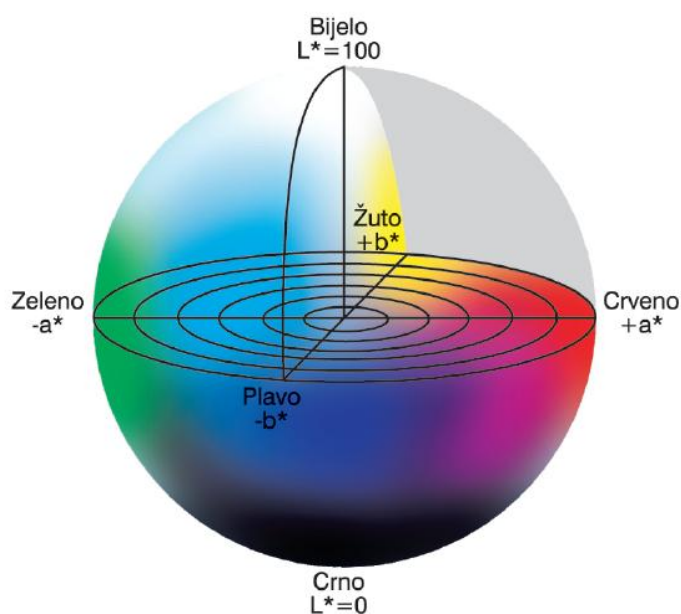
Tablica 5: Temperature boje svjetlosti u korelaciji za prirodne i umjetne izvore

Prirodni izvor	Temperatura boje (K)
Vedro nebo, sredina dana	12.000 – 26.000
Oblačno nebo, sredina dana	6.700 – 7.000
Podnevna sunčeva svjetlost, vedro nebo	6.100 – 6.500
Podnevna sunčeva svjetlost	5.400 – 5.800
Sunčeva svjetlost na zalasku	2.000
Umjetni izvor	Temperatura boje (K)
Metal-halogenid	4.300 – 6.750
Ksenon	5.290 – 6.000
Fluorescentni izvor	3.000 – 6.500
Wolfram	2.650 – 3.400

Originalni CIE standardni izvori su A: (2.856 K), B (4.874 K), i C (6.774 K). Izvor B je izašao iz uporabe, a izvor D je diferiran kao simulacija ultraljubičaste komponente dnevnog svjetla. D izvori svjetla imaju raspon od 5.000 K (D50) do 7.500K (D75). Najčešće korišteni izvori su D50 i D65 sa temperaturom 6504K. F izvori svjetla predstavljaju fluorescentne izvore i označavaju se oznakama F2, F3, sve do F12. <sup>[9]</sup>

CIELAB je 1976. godine prezentirao  $L^*a^*b^*$  sustav, kao i  $L^*u^*v^*$  sustav, izvedene iz X, Y, Z sustava, gdje su X (crveno), Y (zeleno) i Z (plavo), kao izlazne tristimulusne vrijednosti kolorimetra, prevedene u koordinate kromatičnosti (x, y).  $L^*u^*v^*$  prostor boja koristi se kod aditivnog miješanja boja, odnosno za zaslone monitora i TV prijamnika.  $L^*a^*b^*$  prostor boja koristi se za mjerenje boja u tisku. Veličina  $L^*$  predstavlja svjetlinu boje, a  $a^*$  i  $b^*$  suprotne vrijednosti na osi kromatičnosti, gdje krajnosti  $\pm a^*$  predstavljaju crvene i zelene boje, a krajnosti  $\pm b^*$  žute i plave boje. Trodimenzionalni prikaz CIEL $^*a^*b^*$  prostora boja prikazan je slikom 40, gdje je vidljivo kako je vizualni ekvivalent razlike boja udaljen proporcionalno u

prostoru boja. Prikazivanje lokacije boja u CIE L\*a\*b\* prostoru nije lako, s obzirom da se radi o virtualnom 3D prostoru. Stoga se boja može prikazati dvodimenzionalnim grafom za vrijednosti a\* i b\*, sa zasebno iskazanom numeričkom vrijednošću svjetline L\*. Alternativa CIE L\*a\*b\* sustavu je CIE L\*C\*h<sup>o</sup>, u kojem L\* predstavlja također svjetlinu, C\* kromatičnost boje (udaljenost duž X ili Y osi) te h<sup>o</sup> kut tona boje u odnosu na os X.



Slika 42: CIE L\*a\*b\* prostor boja

CIE L\*a\*b\* definira boje i razlike boja uzoraka. Vrijednost koja definira razliku boja koja direktno korelira sa ljudskom percepcijom različitosti je  $\Delta E$  (DeltaE), za čije određivanje razlika vrijednosti  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$  između reference i promatranog, mjenog uzorka vrijedi jednačba<sup>[33]</sup>:

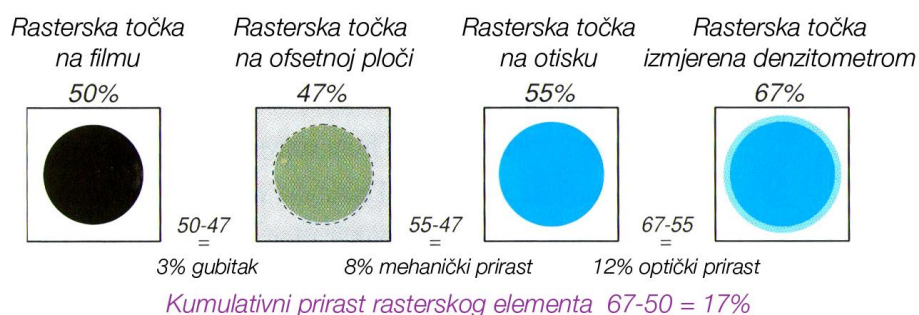
$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5}.$$

Dakle,  $\Delta E$  definira ukupnu razliku boje, uključujući svjetlinu i razlike u kromatičnosti boja. U višebojnom tisku koristi se kao odrednica dozvoljene varijacije u obojenju.

## Višebojna reprodukcija

U višebojnom tisku reprodukcija originala postiže se korištenjem AM ili FM rastera te je osnovni element - nosilac informacije, rasterski element koji može biti okruglog, elipsastog ili bilo kojeg drugog oblika. Specijalni oblici rasterskih elemenata pretežno se koriste u izradi dizajna zaštićenih tiskovina. Procesom rastriranja polutonske se vrijednosti mogu reproducirati kao niz slobodnih i tiskovnih površina. Rastriranje se provodi potpuno digitalizirano, softverski.

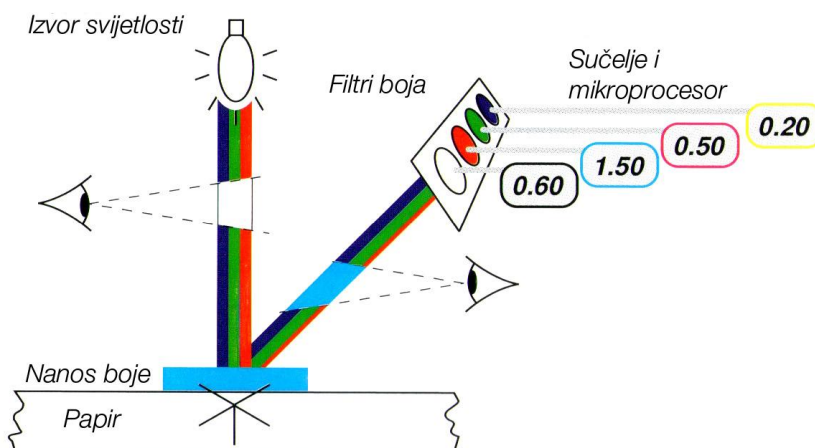
Veličina osnovnog rasterskog elementa, bilo da se radi o AM (amplitudno modulirani) ili FM (frekventno modulirani) mijenja se u procesu nastajanja tiskovine na način da početna veličina rasterskog elementa prolazi kroz transformaciju koju zovemo prirast rastertonskih vrijednosti (RTV), a odnosi se na kumulativni efekt mehaničkog (geometrijskog) i optičkog prirasta. Mehanički prirast (geometrijski) posljedica je procesa osvjetljavanja tiskovne ploče, vrste tiskovne ploče (pozitivna ili negativna), međusobnog pritiska cilindara, kvalitete gumene navlake, kvalitete otopine za vlaženje te disperzije boje u upojnim tiskovnim podlogama (kapilarnost papira). Prirast rastertonskih vrijednosti može biti pozitivan ili negativan. Optički prirast odnosi se na vizualni efekt koji se pojavljuje uslijed halo efekta, a ovisi o omjeru refleksije i apsorpcije upadne svjetlosti na neku tiskovnu podlogu. <sup>[7]</sup>



Slika 43: Ukupan prirast rasterskog elementa



Rasterski prirast je integralni fenomen ofsetnog tiska, a ne neželjena nuspojava poput deformacija rasterskih elemenata kao što su: smicanje, dubliranje i razmazivanje. Potrebno ga je predvidjeti, kvantificirati i parametrizirati kako ne bi predstavljao prijetnju kvaliteti otisnutog gotovog proizvoda. Jedan od kvantificiranih parametara je rastertonska vrijednost (RTV) koja predstavlja postotak pokrivenosti jedinične površine. RTV od 45% predstavlja veličinu rasterskih elemenata čija ukupna površina zauzima 45% jedinične. Druga kvantificirana veličina je integralna gustoća obojenja koja se mjeri denzitometrom.



Slika 44: Princip rada refleksijskog denzitometra

Refleksijski denzitometar je uređaj koji pomoću komplementarnih filtara mjeri debljinu nanosa bojila na tiskovnoj podlozi. Mjeri se količina apsorbirane odnosno reflektirane svjetlosti ( $R$ ) te se preračunava u logaritamsku skalu optičke gustoće. Definicija gustoće obojenja ( $D_i$ ) ukupne površine ( $S$ ), mjerene u odnosu na površinu pod tiskom ( $S_a$ ), prikazuje se kao vrijednost logaritma opaciteta ( $O$ )<sup>[34]</sup>:

$$D_i = \log O,$$

$$O = 1/R,$$

$$R = [(S - S_a)/S],$$

iz čega proizlazi da je jednačba za integralnu gustoću:  $D_i = [(S/S - S_a)]$ .

Deformacije rasterskih elemenata i determinacija prirasta RTV, detektiraju se kontrolnim stripovima: signalnim i mjernim. Stripovi su otisnuta polja u nizu, u liniji uz rub tiskovnog arka, koji će nakon procesa tiska biti obrezan. Svi su segmenti otisnutih polja proizvođački standardizirani za određene namjene u praćenju kvalitete reprodukcije.

Signalni stripovi su forme koje omogućuju vizualnu provjeru grešaka u tisku od strane tiskara bez korištenja sofisticiranih uređaja. Odnose se uglavnom na pokazatelje grešaka smicanja, dubliranja, šabloniranja i pasera te prirasta RTV-a.

Mjerni stripovi služe za determiniranje i kvantificiranje izmjerenih vrijednosti od strane tiskara, korištenjem sofisticiranih uređaja sa pratećim softverom – denzitometrom i spektrofotometrom. Sadrže polja otisnuta punim tonom (100% RTV) koja služe za determiniranje integralne gustoće obojenja ( $D_i$ ) i CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti procesnih boja i njihovih sekundarnih komponenti, te različita polja točno određenih RTV kojima se utvrđuje prirast RTV, relativni tiskovni kontrast, prihvaćanje boje, sivoća boje, efikasnost boje, pogreška tona i kromatične koordinate sivog balansa.

Gustoća obojenja se, osim na poljima punog tona, mjeri i na poljima sa određenim RTV. Promjene u gustoći obojenja najvidljivije su u tamnim tonovima. Najveću gustoću obojenja ima crna boja, potom cijan, magenta i na kraju, žuta, dok cijan i magenta ponekad mogu imati jednake gustoće obojenja.

Deformacijama rasterskih elemenata u tisku, mijenja se i ukupna realna površina pod tiskom, koja se razlikuje od teoretske. Povećanje ove stvarne pokrivenosti u odnosu na teorijsku (RTV originala) naziva se prirastom RTV. Iznos realne (geometrijske) pokrivenosti moguće je izračunati mjerenjem vrijednosti bjeline tiskovne podloge, kao vrijednosti RTV = 0% te punog tona RTV = 100% i dobiva Murray – Daviesovom formulom:

$$F(a) = RTV (\%) = [(1 - 10^{-DiR}) / (1 - 10^{-DiPP})] \times 100\%,$$

gdje je  $D_{iPP}$  izmjerena gustoća punog tona i  $D_{iR}$  gustoća obojenja nekog rasterskog polja (45% RTV, na primjer). Prirast rasterskog elementa („dot gain“) odnosno rastertonske vrijednosti je:

$$DG (\%) = RTV_{otiska} (\%) - RTV_{originala} (\%).$$

Kvaliteta otisaka definirana je i rasponom gustoće obojenja, koja za ofsetni tisak iz arka iznosi: 3% - 97% za linijaturu do 70 linija/cm i 3% - 95% za linijaturu od 70 – 80 linija/cm i probni otisak. Raspon gustoće obojenja na otisku u ovisnosti je o gustoćama obojenja korištenim u tisku. Mjerenje gustoće obojenja provodi se uz polarizaciju ili bez polarizacije svjetlosti. Polarizirana svjetlost djelomično eliminira sjajnost bojila te se koristi za mjerenje još mokrih otisaka, čija neosušena boja može utjecati na promjenu rezultata mjerenja.

Kako bi praćenje, kontroliranje i održavanje kvalitete tiskovne reprodukcije bilo potpuno, osim mjerenja gustoće obojenja polja punog tona i polja određene RTV te mjerenja prirasta RTV, potrebno je pratiti i vrijednosti sivog balansa, čiji akromatski osjećaj sivoga (kreiranog od otisnutih procesnih CMY) mora biti usporediv sa otisnutom sivom bojom, dobivenom iz čiste crne boje (K). Korištenje CMY boja za postizanje sive, trebalo bi rezultirati neutralnom sivom bojom, gotovo identičnom sivom tonu otisnutom samo crnom bojom.

Standardizacijom procesa tiska i nizom preporuka i normi koje opisuju mjerne metode, izlazne rezultate, kao i ulazne mjerne parametre, definirane su tiskovne podloge različitih fizikalnih svojstava te  $L^*a^*b^*$  vrijednosti, koje bi mjerni uređaji u standardiziranom proizvodnom i testnom okruženju, trebali očitati.

### **2.2.2 Standardizacija parametara tiska**

Na kvalitetu otisnutog proizvoda utječe niz čimbenika i svaki se od njih ponaša, u ovom slučaju, kao varijabla. Njihovi međusobni utjecaji i sinergija prepoznati su, no međutim, potrebno ih je staviti pod kontinuirani nadzor i upravljanje kako bi njihova prisutnost, jednom kada je dosegnuta željena razina kvalitete otisaka, rezultirala stabilnošću i

postojanošću te održavanjem razine kvalitete otisnutog proizvoda, a svakako i ponovljivošću samog procesa tiska uz istovjetne rezultate.

Čimbenici koji čine ovaj delikatan i promjenjiv sustav su:

- temperatura i relativna vlažnost proizvodnog prostora,
- radna temperatura valjaka za bojanje,
- hidrodinamički i hidrostatički tlak bojila u bojaniku,
- pravilno kondicionirani repromaterijali za tisak (tisk. forma, tisk. podloga, boje, lakovi),
- specifična fizikalno-kemijska i mehanička svojstva repromaterijala,
- pH, dH i vodljivost otopine za vlaženje,
- temperatura otopine za vlaženje,
- vrsta i razina kvalitete ofsetnih guma,
- pritisci između cilindara, valjaka za bojanje i vlaženje,
- osvjetljenje u radnom prostoru,
- kvaliteta mjernih uređaja (standardizirana i umjerena oprema),
- brzina rada stroja i svakako
- vješt i stručan tiskar.

Većina navedenih čimbenika tijekom procesa tiska stavljena je pod kontinuirani nadzor korištenjem naprednih automatiziranih sustava vođenja tiska. Osim detekcije parametara, ovakvi sustavi provode i direktnu regulaciju parametara i njihovih vrijednosti kako bi sustav bio u ravnoteži, odnosno svi parametri u zadanim vrijednostima, čije međuzavisnosti

rezultiraju referentnom kvalitetom. Utjecaj na kvalitetu otisnutog proizvoda koji se ne može standardizirati, kontinuirano pratiti i pravovremeno regulirati je, još uvijek, ljudski čimbenik.<sup>[35]</sup>

Karakteristične vrijednosti otopine za vlaženje - kiselost otopine za vlaženje (pH) i njezina tvrdoća (dH) te vodljivost, dodatak površinski aktivnih tvari i konzervansa te i ravnoteža, odnosno neravnoteža sustava otopina/boja imati će veliki utjecaj na cjelokupni proces, a mogu uzrokovati cijeli niz grešaka, kao što su: toniranje, ispiranje rubova otiska, različitost gustoće obojenja, preslikavanje te nejednolikosti otiska po zonama obojenja.

Utjecaj specifičnosti tiskovnih podloga kao i boja i lakova moguće je predvidjeti te negativne učinke minimizirati, korištenjem standardiziranih i ponekad, certificiranih repromaterijala, deklariranih fizikalno-kemijskih svojstava, načina skladištenja i kondicioniranja pred tisk te opisanih specifičnosti daljnje obrade.

Razvojem naprednih tiskarskih strojeva i pratećih softvera koji omogućuju i umrežavanje, odnosno centralizirano praćenje i upravljanje proizvodnim parametrima svakog pojedinačnog stroja, smanjena je potreba za ljudskim radom na otklanjanju nekih mehaničkih odstupanja u postavkama rada stroja i njegovih podsustava – za vlaženje, za bojanje, na primjer, i tako dalje.

Cjelokupan proces trebao bi se odvijati u standardnim uvjetima, što znači u propisanoj temperaturi okruženja sa dozvoljenom relativnom vlažnošću zraka te se svakako i provjera otisnutih araka tijekom procesa tiska, a i usporedba referentnog uzorka i uzorka iz otisnute naklade, mora provoditi u uvjetima istog osvjetljenja.

Međutim, ista tiskovina ipak može izgledati bitno drugačije pri promatranju na različitim računalnim zaslonima u tijeku grafičke pripreme, zatim kada je otisnuta na različitim vrstama tiskovnih podloga, kada se uspoređuje otisak sa slikom na zaslonu računala te kada se promatra u različitim uvjetima osvjetljenja (na stroju, u tiskari i u uredu). Svi uređaji koji

sudjeluju u procesu proizvodnje na različit način interpretiraju ulaznu informaciju te njihovi softveri, driveri i operativni sustavi indirektno utječu na reprodukciju boja.

Uređaji za unos podataka (skeneri i digitalne kamere) imaju često spektralni odziv različit od uređaja koji prikazuju ulazne informacije (LCD zaslone, CRT) i izrađuju tiskarske proizvode na osnovu unesenih podataka (printeri, ploteri, tiskarski strojevi).

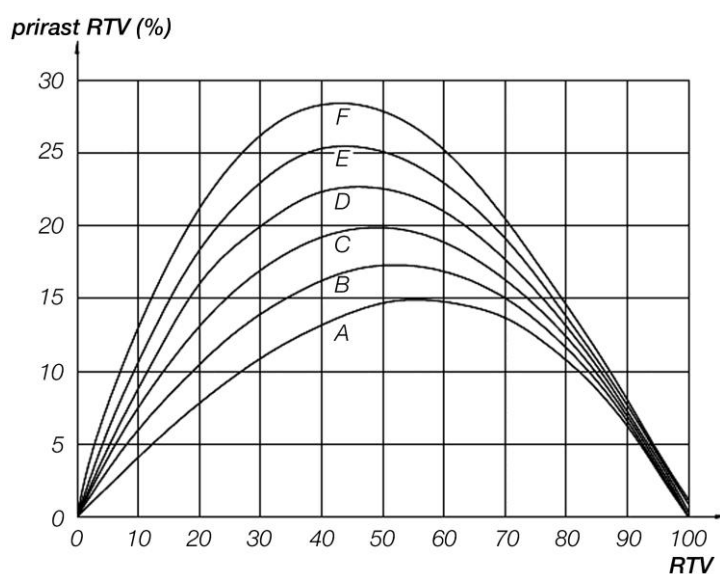
ICC („International Color Consortium“), industrijski konzorcij osnovan 1993. godine, radi na definiranju i promociji multiplatformskog sustava za upravljanje bojama, njegovoj arhitekturi i komponentama<sup>[36]</sup>. S obzirom na mnoštvo različitih uređaja različitih dobavljača sa svim svojim specifičnostima, koji sudjeluju u procesu proizvodnje grafičkih proizvoda, a i šire – u obradi i prezentiranju vizualnih informacija, potrebu za usklađivanjem transformiranih informacija na ulazu u proces i ponovne transformacije informacija na izlazu, riješili su kreiranjem zajedničkog prostora boja. Transformacije ulaznih informacija u standardizirani prostor boja, definirane su ICC profilom. Upravljanje bojama koristi tri komponente:

- profile koji definiraju ulazne uređaje („Source profile“),
- profile koji definiraju izlazne uređaje („Destination profile“) i
- modul za povezivanje prostora boja uređaja („Color matching module“).

Za ulazne i izlazne uređaje potrebno je provesti mapiranje gamuta boja. Gamut boja je maksimalni opseg boja koje neki uređaj može producirati. Gamut je moguće promatrati kao ravninu ili volumen u standardom prostoru boja.

Standardiziranje procesa ofsetnog tiska slijedeći je način uspostave sustava kvalitete uspostavom standardiziranih potprocesa, od same nabave repromaterijala, do izrade gotovog proizvoda. Sustavnost pristupa rezultira pravovremenom provedbom kontrole nad ključnim parametrima kvalitete te analizom i detekcijom greške, prevencijom, korekcijom, i uspostavom sustavnog vođenja nadzora nad parametrima koji postižu optimalne rezultate višebojne reprodukcije, prema standardu ISO 12647 i dijelovima 1 – 6 koji se odnose na procesnu kontrolu izrade separacija boja, probnih otisaka i gotovih tiskovina i to: parametri i mjerne metode (Part 1), proces ofseta (Part 2), novinski tisak (Part 3), duboki tisak (Part 4), i fleksografski tisak (Part 6).

Kvaliteta procesa ofsetnog tiska propisana ISO 12647 – 2:2004 normom, obuhvaća proces nabave standardom definiranih vrsta tiskovnih podloga (papira) i tiskovnih formi te opisuje izlazne mjerne CIEL\*a\*b\* rezultate procesnih boja, dozvoljenu toleranciju devijacije i toleranciju varijacije te dozvoljeni rasterski prirast, u kategorijama A do F.<sup>[37]</sup> Dozvoljeni prirasti RTV po kategorijama, prikazani su slikom 44.



Slika 45: Krivulje A – F dozvoljenog rasterskog prirasta, prema normi ISO 12647-2:2004

Dozvoljene  $\Delta E$  tolerancije devijacije i varijacije za puni ton procesnih boja dane su tablicom 6, kako slijedi:

Talica 6: CIELAB  $\Delta E^*_{ab}$  tolerancije punih tonova procesnih boja

Parametar	Boja			
	Crna	Cijan <sup>a</sup>	Magenta <sup>a</sup>	Žuta <sup>a</sup>
Tolerancija devijacije	5	5	5	5
Tolerancija varijacije	4	4	4	5
<sup>a</sup> = doprinos razlike tona neće iznositi više od 2,5				

### 2.2.3 Računalna kontrola procesa tiska

Računalna kontrola procesa tiska provodi se, kako je već spomenuto, centralizirano za čak do četiri ofsetna stroja za tisak<sup>[38]</sup>. Softverski upravljana jedinica omogućuje: automatizirano predpodešavanje stroja, daljinsko upravljanje strojem i spektrofotometrijska i denzitometrijska mjerenja otisaka tijekom procesa tiska te korigiranje postavljenih parametara tiska.

Heidelbergov sustav upravljanja tiskom CPC („Computer Print control“) sastoji se načelno od slijedećih, međusobno povezanih segmenata:

- CPC 1,
- CPC 2 i CPC2-S,
- CPC 3 i dodatni, opcionalni
- CPC 4.

Svaki od navedenih sustava sadrži i podsustave: CPC 21, CPC 24, CPC 31, CPC 32, CPC 41, CPC 42, CPC 51, CPTronic i CP2000. Sustav koji centralizirano upravlja cjelokupnim procesom proizvodnje je PRINECT (Print + Connect), a njegov segment kojim se provode mjerenja otisaka „*Prinect Image Control*“ te modul za nadziranje procesa tiska „*Quality monitor*“.

CPC 1 je sustav daljinskog upravljanja zonskim vijcima bojanika, dotokom bojila na valjke za bojanje, čeonim i bočnim registrom i količinom dotoka otopine za vlaženje. Uz dodatni modul CPTronic, moguće je pokretati stroj, mijenjati brzinu rada stroja, podešavati pudranje otisaka, upravljati ulagaćim aparatom i drugo. Upravljanje zonskim vijcima bojanika CPC1 provodi na osnovu inputa informacija koje dobiva od modula CPC 2 i/ili CPC 3: podatke o pokrivenosti površine pod tiskom, na osnovu kojih će CPC1 pred-podesiti otvorenost zonskih vijaka i okret valjaka duktora. Ovo predpodešavanje tiskarskog stroja moguće je ostvariti sa 80 – 90%-tnom točnošću<sup>[7]</sup> zbog preostalih varijabilnih čimbenika u procesu tiska.



Sustav CPC2 mjeri kvalitetu otisaka koje operater u određenim intervalima izvlači iz kupa otisnute naklade te na taj način, u tijeku samog procesa tiska, može na osnovu izmjerenih vrijednosti utjecati na dodatno korigiranje zonskih vijaka korištenjem modula CPC 1, kojim će pritiskom na tipkala, korištenjem svjetleće olovke ili samo korištenjem podacima sa kazete (informacije snimljene prije procesa tiska) utjecati na količinu obojenja po zonama.

CPC2 čine denzitometar i spektrofotometar (CPC 2-S), uz pripadajući softver i grafičko sučelje te očitavaju kontrolne stripove otisnute uz rub tiskovnog araka. Sustav „*Prinect Image Control*“ mjerenja može vršiti i po površini cijelog otisnutog arka. Prilikom provedbe mjerenja, svakako je potrebno voditi računa da je mjerni instrument redovito čišćen i umjeravan. Parametri koje je prije provedbe mjerenja potrebno odrediti su:

- temperatura izvora svjetla (D50, D65, A, C),
- polarizacija i ne-polarizacija svjetlosti,
- definiranje apsolutne bjeline,
- kut mjerenja (2°, 10°),
- $\Delta E$  grupa (CIE $\Delta E$ ,  $\Delta E_{94}$ ,  $\Delta E_{00}$ ) i
- tolerancija sivog balansa (zadane vrijednosti  $\Delta E$ ).

CPC3 sustavom snimaju se pokrivenosti tiskovnih formi, a ove se informacije mogu prosljeđivati u CPC 1 direktnim linkom ili zapisati na kazetu i prenijeti ručno. Za svaku zonu tiska na raku, izračunava se ukupna pokrivenost tiskovnim elementima.

CPC4 je uređaj koji se koristi opcionalno, a služi za automatiziranu kontrolu i namještanje pasera. Uređaj je spojen na centralno računalo i očitani se podaci direktno pretvaraju u input za korekcije pomaka čeonog i bočnog registra do stotinke milimetra. Postupak očitavanja provodi se za svaku boju, do maksimalno šest boja.

PRINECT sustav se, osim spomenutog „*Prinect Image Control*“ modula za spektrofotometrijsku kontrolu kvalitete tiska, sastoji i od modula za upravljanje digitalnim podacima za tisak (JDF), modulom za mrežno povezivanje strojeva za tisak s grafičkom pripremom, modula za automatsku kontrolu pasera/registra u tiskarskom stroju, modula za slikovnu kontrolu kvalitete tiska, modula CP2000 i modula za povezivanje tiskarskih strojeva.

Sustav omogućuje unos radnog naloga (specifičnog posla) s ciljanim vrijednostima, modifikaciju naloga, određivanje ICC profila, odabir tiskarskih boja, odabir tiskovnih podloga i odabir toleranci. Također, omogućuje pregled rezultat mjerenja boja i to:

- D punog tona,
- D određene RTV,
- Smicanja/dubliranja (%),
- $\Delta E_0$ , preostale devijacije boje nakon optimalnog podešavanja  $\Delta E$ ,
- $\Delta E$ , devijaciju boje koja može biti korigirana,
- dI, količinu boje (%),
- C, kontrast i
- M, metameriju.



Slika 46: Prikaz podataka o boji „Prinect Image Control“ modula

Također, omogućuje pregled devijacija stvarne od referentne vrijednosti obojenja po zonama, numerički prikaz kolornih devijacija, prikaz devijacija u L\*a\*b\* prostoru boja i spektralnu reflektancu.

Tijekom procesa tiska, kvalitetni parametri obojenja pohranjuju se u bazi „Prinect Image control“ centralne jedinice. Ovo se postiže na način da se izuzeti arci spektralno skeniraju integriranim optičkim sustavom te se vrijednosti koje daju najkvalitetniji otisak pohranjuju kao referentne. Ove će vrijednosti utjecati na automatizirani dovod tiskarske boje po zonama, upravljani CPC1 uređajem.

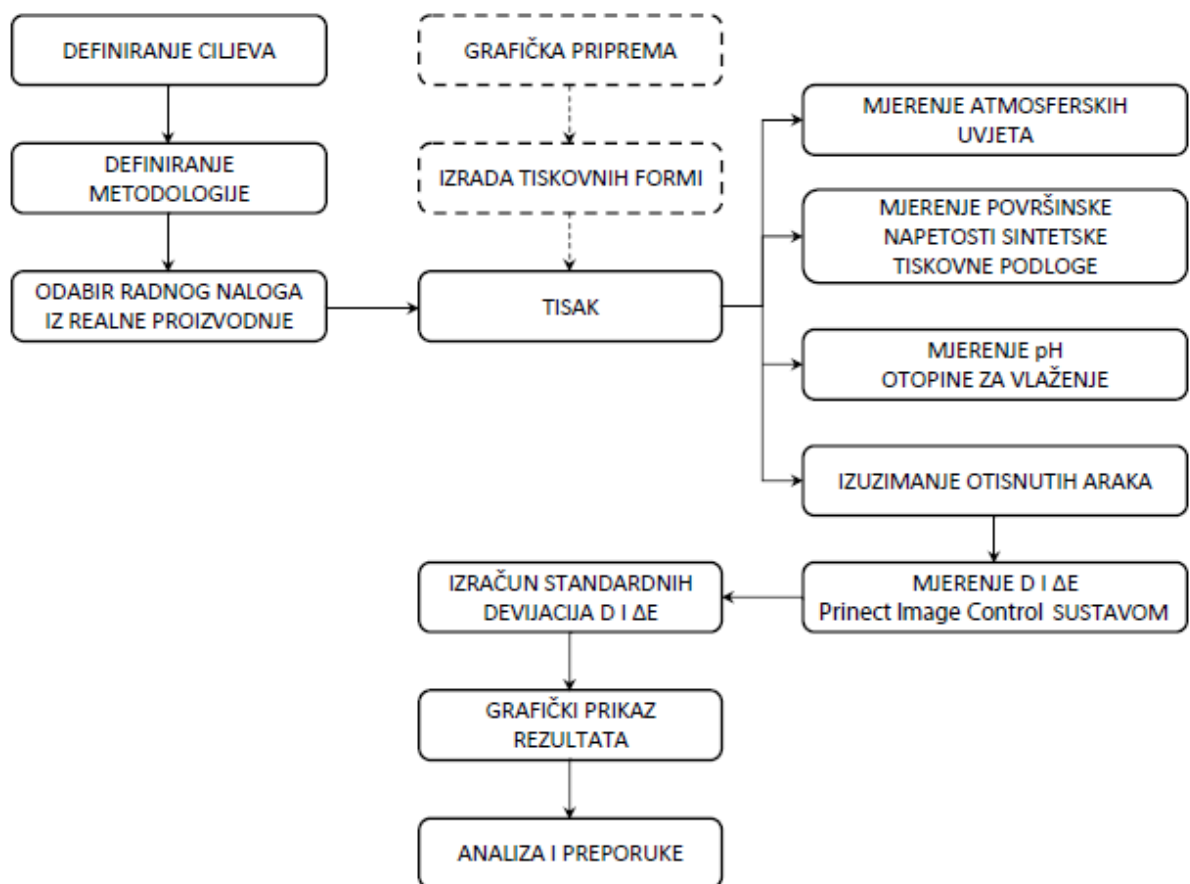
## 2 Eksperimentalni dio

### 2.1 Planiranje

Plan istraživanja izrađen je na osnovu potrebe da se nedovoljno istraženo područje tiska na neupojne tiskovne podloge iz kojih se izrađuju sve vrste kartica, pokuša parametrizirati te odrediti odstupanja, odnosno fluktuacije kvalitete višebojne reprodukcije pri tisku procesnih boja. Promatrane su vrijednosti cijele naklade, mjerene u istovjetnim intervalima, te na tri različite zone svakog mjerenog arka. Fluktuacije mjerenih vrijednosti i ukupne kvalitete tiska prisutne su i kod klasičnog tiska na standardne, upojne podloge.

Standardom ISO 12647 i njegovim dijelovima 1 - 7 preporučene su vrijednosti tolerancija odstupanja i normirana je razina kvalitete reprodukcije za više vrsta tiska, međutim, ofsetni tisak na sintetske, termoplastične tiskovne podloge nije obuhvaćen ovim standardom. Prema istraživanju Fogre i rezultatnim preporukama, moguće je sintetske tiskovne podloge promatrati kao sjajni premazni papir, standardiziran dijelom norme ISO 12647-2:2004. Standard normira vrijednosti  $L^*a^*b^*$  za sve četiri procesne boje, čak i za sekundarne boje te CMY otisak, međutim postoji iskustvom opravdana pretpostavka da se specifična neupojna tiskovna podloga, kao što je termoplastični materijal, ipak drugačije ponaša u samom procesu tiska te su time i uvjetovane specifičnosti izlaznih mjernih rezultata koji čine ukupnu kvalitetu višebojne reprodukcije.

Planiranje istraživanja usklađeno je sa realnom proizvodnjom i njezinim cjelokupnim procesom, bez interferiranja u tijek rada stroja i operatera te bez utjecaja na kvalitetu otisnutih sintetskih araka, koja bi prelazila dužnosti i stručnost operatera na stroju. Slika 45 prikazuje dijagram tijeka provedenih istraživanja, usklađenih sa realnim proizvodnim procesom.



Slika 47: Dijagram tijeka istraživanja

## 2.2 Metodologija

Testiranje je provedeno na otiscima u realnoj grafičkoj proizvodnji na sintetskim arcima izrađenim iz polivinilklorida (PVC). Testiranje je provedeno na nakladi od ukupno 6.100 araka PVC bijelih mat jezgri formata 335 x 505 mm. Bijele mat PVC jezgre debljine 320  $\mu\text{m}$  otiskivane su UV sušećom bojom i to jednostrano – 6/0 boja. Osim procesnih boja (CMY), tiskana je i UV luminiscirajuća zaštitna boja te dvije Pantone boje.

Za potrebe eksperimentalne analize, promatrane su vrijednosti žute, purpurne i plavo-zelene boje. Preliminarno procesu tiska, provedeno je testiranje površinske napetosti tiskovne podloge izuzimanjem određenog broja araka iz kupa, pri temperaturi od 23°C i relativnoj vlažnosti zraka od 62%. Površinska napetost iznosila je 40 mN/m. Tisak je proveden na Heidelberg Speedmaster 6-bojnom ofsetnom stroju, formata 53 x 75 cm s UV lak sustavom - model XL 75-6+L-C, s daljinski kontroliranim Heidelberg sustavom obojenja putem Prinect Press Centra™.

Izmjerene su vrijednosti pH otopine za vlaženje od 5,15 i udio II – propanola od 12% na početku tiska naklade te su vrijednosti pH tijekom procesa tiska izmjerene još pet (5) puta. Otisci su u stroju sušeni UV sušačem uz snagu od 90% te IR grijačima snage 40% (ukupno 2 IR grijača). Nakon prvog dobrog otiska, testom sa samoljepljivom trakom utvrđena je adhezija i sušenje tiskarske boje.

Za potrebe istraživanja izuzimani su arci iz cijele naklade, i to: 1. dobar arak (ne uključujući dodatke za tisak i uhodavanje stroja), 200. arak, 400. arak, 600. arak, 800. arak i tako dalje, u koraku od po 200 araka, sve do pune naklade (5.800-ti otisak, ukupno 30 izuzetih araka). Izuzeti arci skenirani su „*Prinect Image control*“ uređajem i to po cijeloj površini otiska te ukupno 14 zona.

Tablica 7: Period izuzimanja testnih araka unutar cjelokupne naklade

Redni br. otiska	Naklada	Redni br. otiska	Naklada	Redni br. otiska	Naklada
1.	1	11.	2.000	21.	4.000
2.	200	12.	2.200	22.	4.200
3.	400	13.	2.400	23.	4.400
4.	600	14.	2.600	24.	4.600
5.	800	15.	2.800	25.	4.800
6.	1.000	16.	3.000	26.	5.000
7.	1.200	17.	3.200	27.	5.200
8.	1.400	18.	3.400	28.	5.400
9.	1.600	19.	3.600	29.	5.600
10.	1.800	20.	3.800	30.	5.800

Uređaj je bio postavljen za obradu mat tiskovne površine, srednje tolerance, standarda gustoće prema DIN 16536, osvjetljenja D50 (temperatura od 5000K), kutom skeniranja od 2° (tipična pozicija čitanja za knjige i časopise) te DeltaE prema CIE L\*a\*b\*. Mjerene su vrijednosti D i ΔE na području cijelog otisnutog arka, a kao rezultati za obradu uzimane su vrijednosti D i ΔE očitane na 1. zoni (rub arka), 8. zoni (sredina arka) i 14. zoni (rub arka). U daljnjem tekstu „1. zona“ predstavlja 1. zonu ruba tiskovnog arka, „2. zona“ predstavlja 8. zonu, odnosno sredinu arka, a „3. zona“ predstavlja 14. zonu, odnosno drugi rub arka.

Nakon izmjera vrijednosti D i ΔE za ukupno 30 araka s po 3 zone na arku, za tri procesne boje – cyan, magnetu i yellow, izračunata je standardna devijacija D i ΔE prema formuli:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

te izrađeni grafički prikazi područja standardnih devijacija D i standardnih devijacija ΔE za svaku boju, na osnovu čega je napravljena analiza rezultata.

Predefinirane vrijednosti, pohranjene u „*Prinect Image control*“ sustavu uz ovaj radni nalog, odnose se na preferiranu (željenu) reprodukciju, neovisno o standardu i preporučenim vrijednostima. Kolorimetrijske veličine namjerno su izmijenjene kako bi odgovarale željama i potrebama Kupca i kako bi se zadržali memorijski odnosi među bojama koji postoje u ljudskom vizualnom sustavu.<sup>[39]</sup> Vrijednosti predefinirane na osnovu odobrenog arka („OK sheet“) za tri procesne boje ( $\Delta E$  tol) prikazane su tablicom 8.

Tablica 8: Predefinirane vrijednosti tolerancije razlike boje

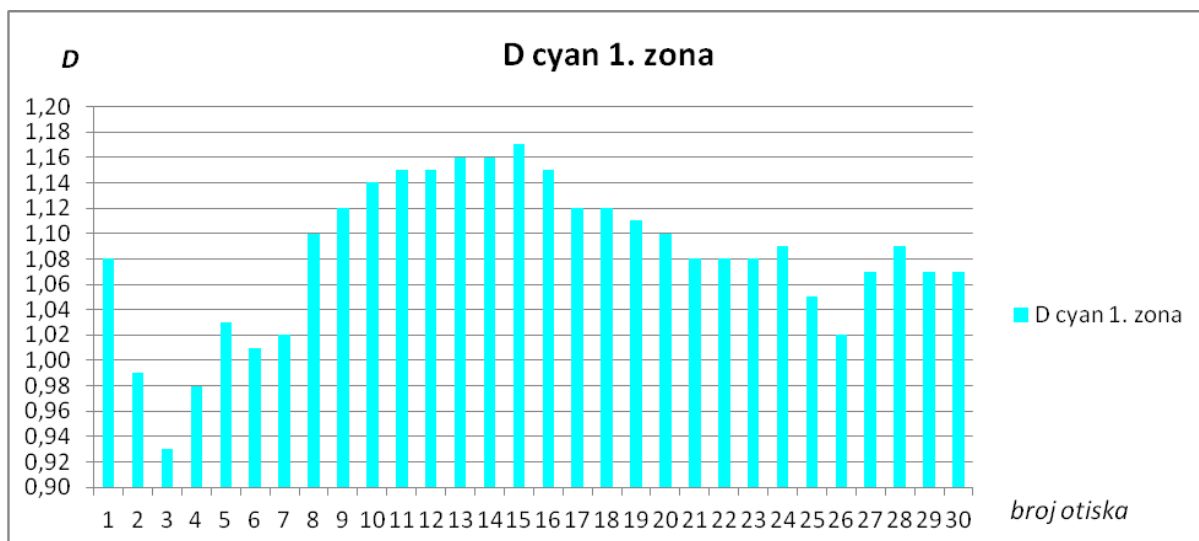
Parametar	Cijan	Magenta	Žuta
$\Delta E$ tol	2,5	2,5	2,5
Tolerancija devijacije	5*	5*	5*
Tolerancija varijacije	4*	4*	5*
* = doprinos razlike tona neće iznositi više od 2,5			



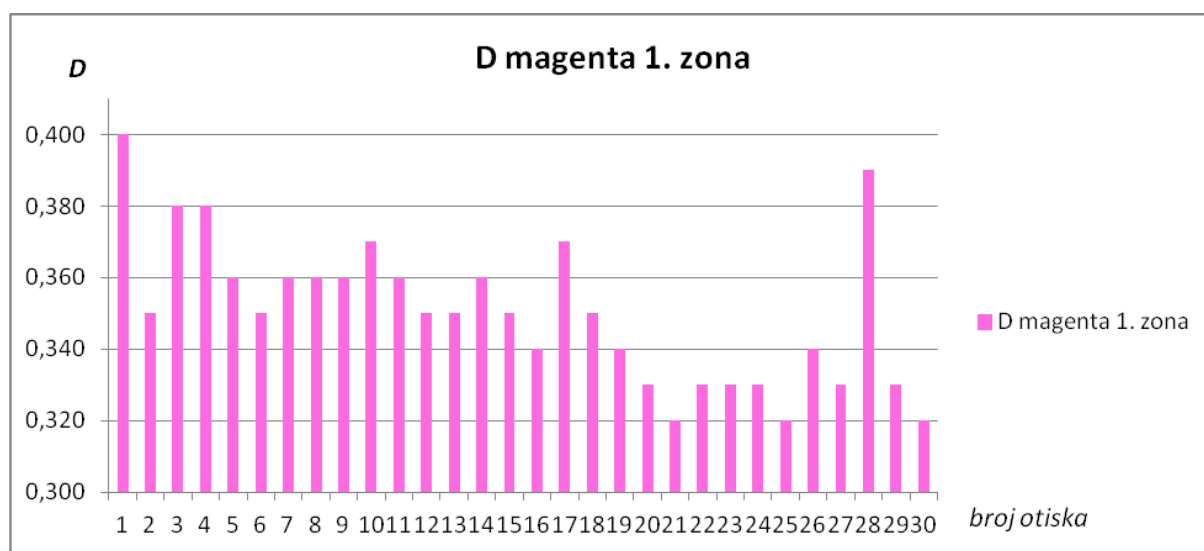
## 2.3 Rezultati istraživanja

Tablica 9: Vrijednosti D za cijan, magenta i žutu boju – 1.zona

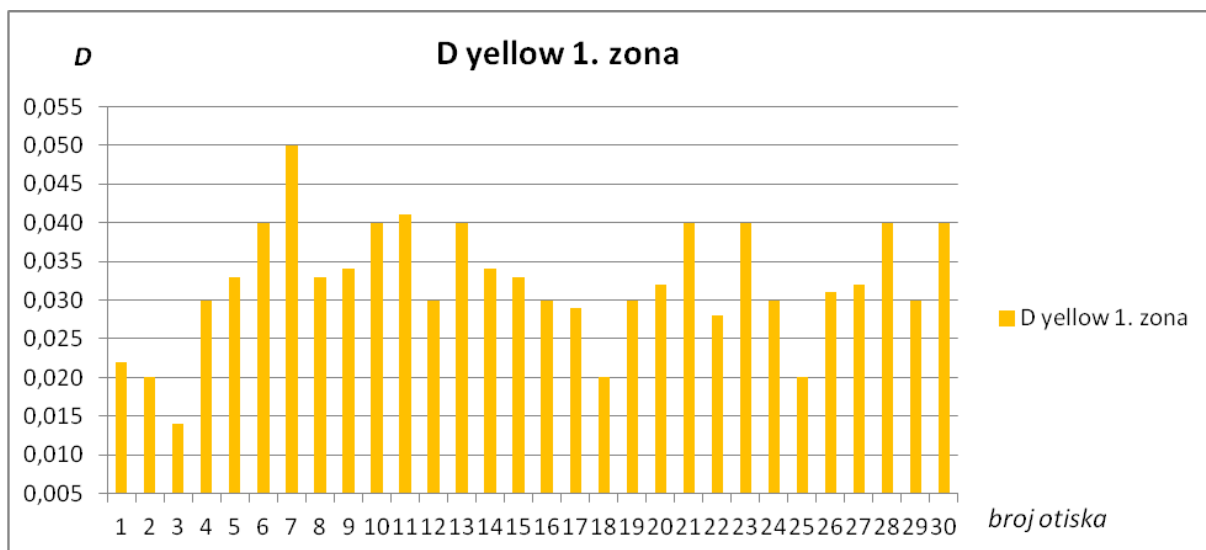
1. zona						pH
CYAN		MAGENTA		YELLOW		
R.br.	D	R.br.	D	R.br.	D	
1	1,08	1	0,40	1	0,02	5,15
2	0,99	2	0,35	2	0,02	
3	0,93	3	0,38	3	0,01	
4	0,98	4	0,38	4	0,03	
5	1,03	5	0,36	5	0,03	
6	1,01	6	0,35	6	0,04	5,04
7	1,02	7	0,36	7	0,05	
8	1,10	8	0,36	8	0,03	
9	1,12	9	0,36	9	0,03	
10	1,14	10	0,37	10	0,04	
11	1,15	11	0,36	11	0,04	5,08
12	1,15	12	0,35	12	0,03	
13	1,16	13	0,35	13	0,04	
14	1,16	14	0,36	14	0,03	
15	1,17	15	0,35	15	0,03	
16	1,15	16	0,34	16	0,03	5,13
17	1,12	17	0,37	17	0,03	
18	1,12	18	0,35	18	0,02	
19	1,11	19	0,34	19	0,03	
20	1,10	20	0,33	20	0,03	
21	1,08	21	0,32	21	0,04	5,02
22	1,08	22	0,33	22	0,02	
23	1,08	23	0,33	23	0,04	
24	1,09	24	0,33	24	0,03	
25	1,05	25	0,32	25	0,02	
26	1,02	26	0,34	26	0,03	5,03
27	1,07	27	0,33	27	0,03	
28	1,09	28	0,39	28	0,04	
29	1,07	29	0,33	29	0,03	
30	1,07	30	0,32	30	0,04	



Slika 48: Gustoća obojenja cijan boje za 1. zonu



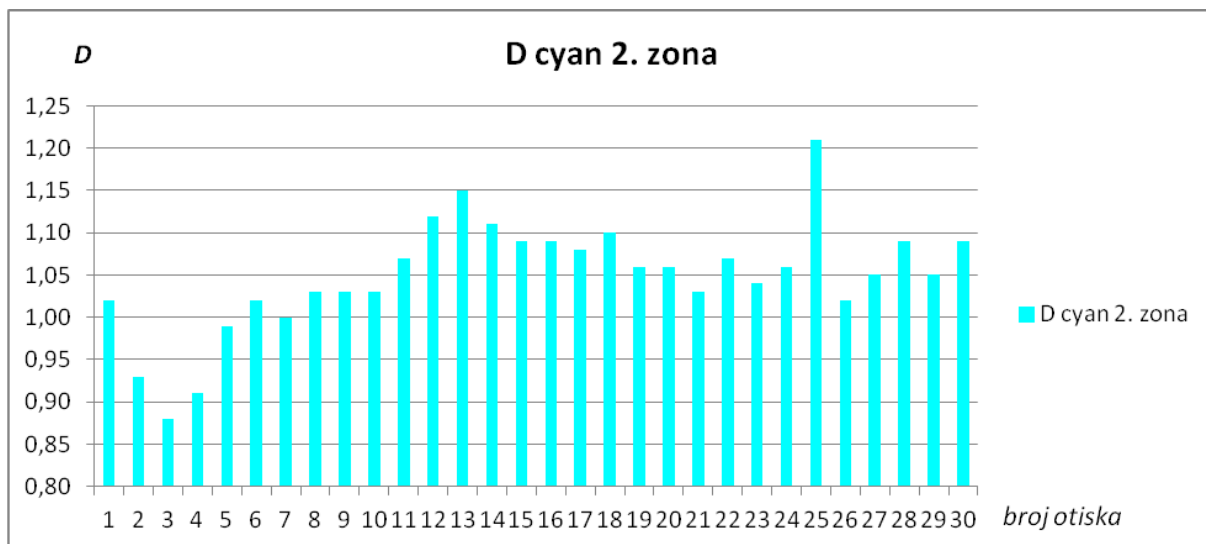
Slika 49: Gustoća obojenja magenta boje za 1. zonu



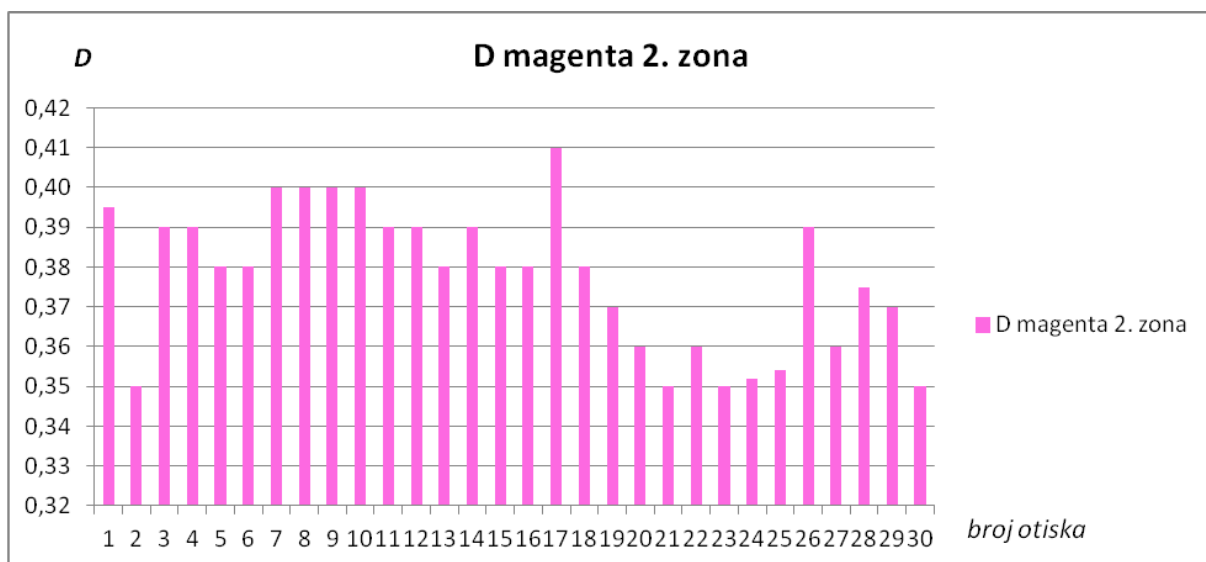
Slika 50: Gustoća obojenja žute boje za 1. zonu

Tablica 10: Vrijednosti D za cijan, magenta i žutu boju – 2.zona

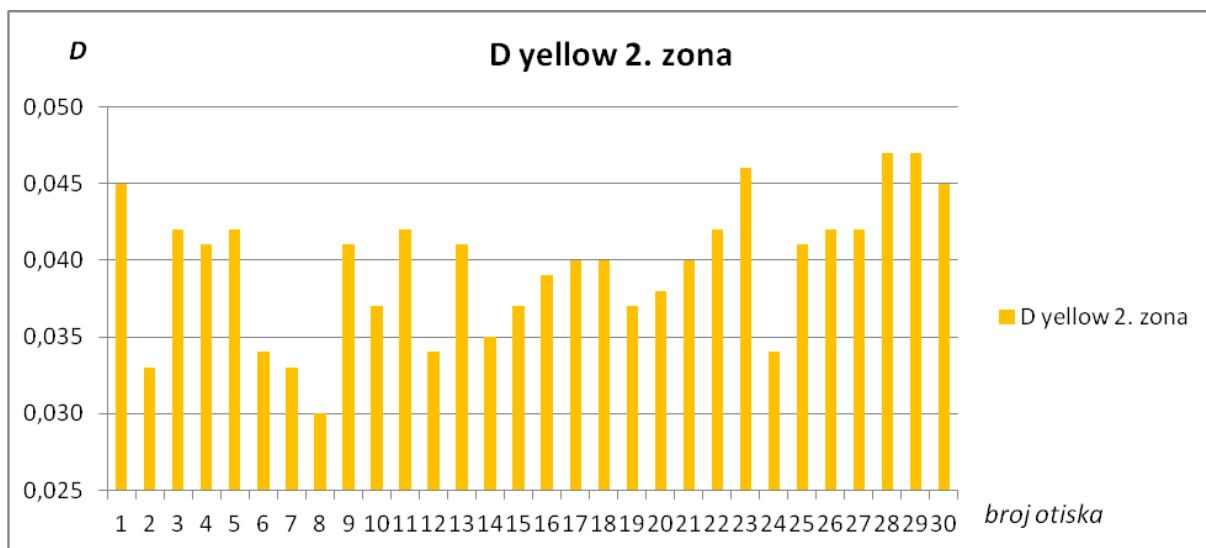
2. zona						pH
CYAN		MAGENTA		YELLOW		
R.br.	D	R.br.	D	R.br.	D	
1	1,02	1	0,40	1	0,05	5,15
2	0,93	2	0,35	2	0,03	
3	0,88	3	0,39	3	0,04	
4	0,91	4	0,39	4	0,04	
5	0,99	5	0,38	5	0,04	
6	1,02	6	0,38	6	0,03	5,04
7	1,00	7	0,40	7	0,03	
8	1,03	8	0,40	8	0,03	
9	1,03	9	0,40	9	0,04	
10	1,03	10	0,40	10	0,04	
11	1,07	11	0,39	11	0,04	5,08
12	1,12	12	0,39	12	0,03	
13	1,15	13	0,38	13	0,04	
14	1,11	14	0,39	14	0,04	
15	1,09	15	0,38	15	0,04	
16	1,09	16	0,38	16	0,04	5,13
17	1,08	17	0,41	17	0,04	
18	1,10	18	0,38	18	0,04	
19	1,06	19	0,37	19	0,04	
20	1,06	20	0,36	20	0,04	
21	1,03	21	0,35	21	0,04	5,02
22	1,07	22	0,36	22	0,04	
23	1,04	23	0,35	23	0,05	
24	1,06	24	0,35	24	0,03	
25	1,21	25	0,35	25	0,04	
26	1,02	26	0,39	26	0,04	5,03
27	1,05	27	0,36	27	0,04	
28	1,09	28	0,42	28	0,05	
29	1,05	29	0,37	29	0,05	
30	1,09	30	0,35	30	0,04	



Slika 51: Gustoća obojenja cijan boje za 2. zonu



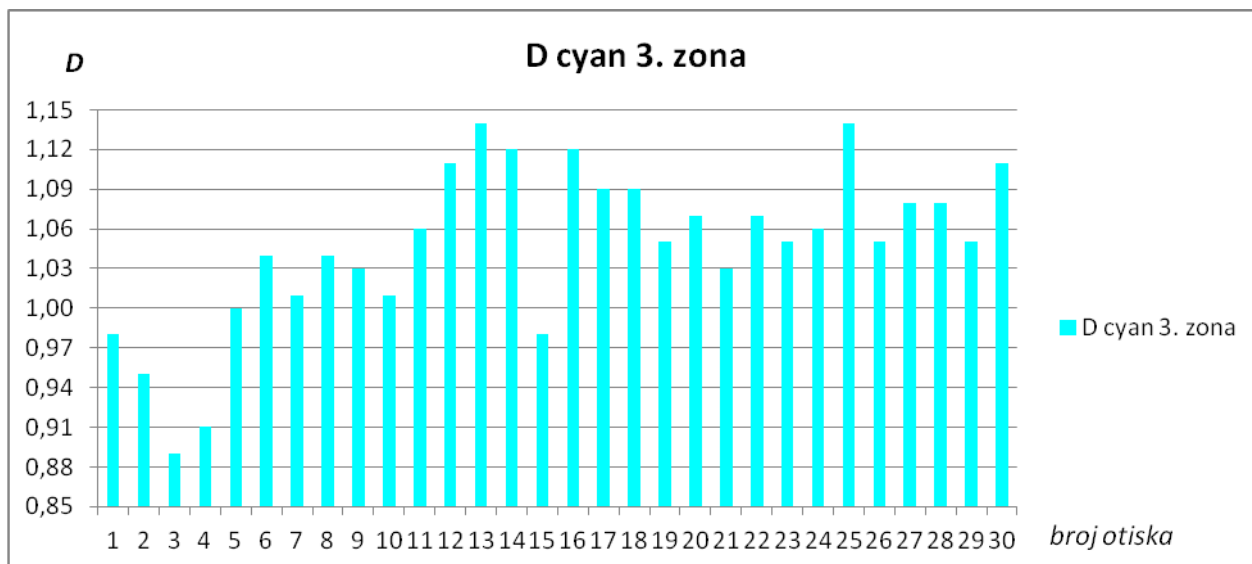
Slika 52: Gustoća obojenja magenta boje za 2. zonu



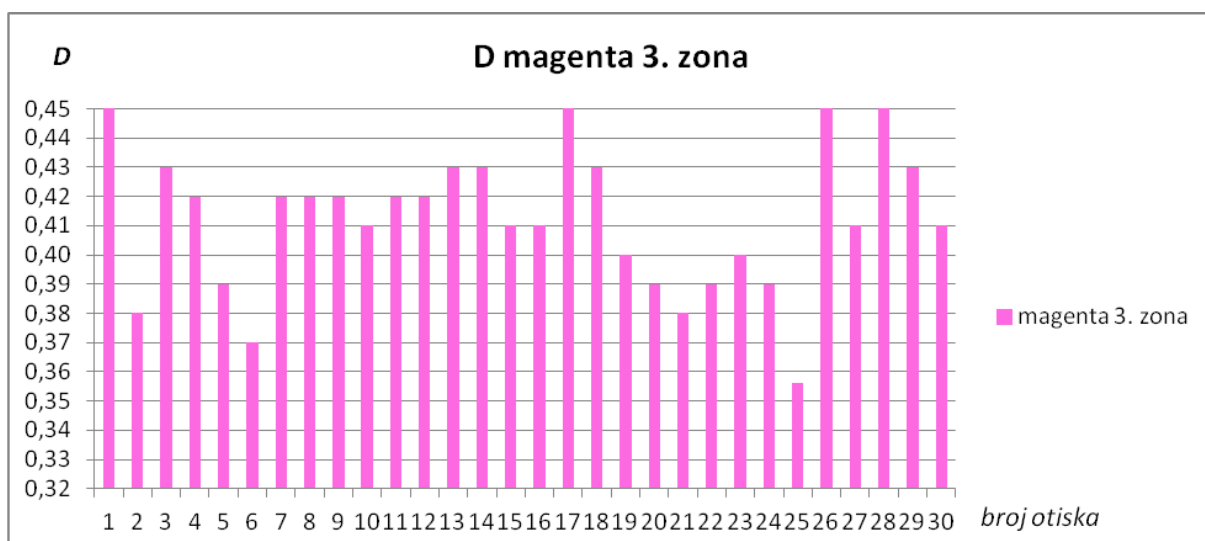
Slika 53: Gustoća obojenja žute boje za 2. zonu

Tablica 11: Vrijednosti D za cijan, magenta i žutu boju – 3.zona

3. zona						pH
CYAN		MAGENTA		YELLOW		
R.br.	D	R.br.	D	R.br.	D	
1	0,98	1	0,47	1	0,03	5,15
2	0,95	2	0,38	2	0,03	
3	0,89	3	0,43	3	0,02	
4	0,91	4	0,42	4	0,03	
5	1,00	5	0,39	5	0,03	
6	1,04	6	0,37	6	0,03	5,04
7	1,01	7	0,42	7	0,03	
8	1,04	8	0,42	8	0,04	
9	1,03	9	0,42	9	0,03	
10	1,01	10	0,41	10	0,02	
11	1,06	11	0,42	11	0,02	5,08
12	1,11	12	0,42	12	0,02	
13	1,14	13	0,43	13	0,02	
14	1,12	14	0,43	14	0,02	
15	0,98	15	0,41	15	0,01	
16	1,12	16	0,41	16	0,02	5,13
17	1,09	17	0,45	17	0,03	
18	1,09	18	0,43	18	0,02	
19	1,05	19	0,40	19	0,02	
20	1,07	20	0,39	20	0,02	
21	1,03	21	0,38	21	0,02	5,02
22	1,07	22	0,39	22	0,02	
23	1,05	23	0,40	23	0,02	
24	1,06	24	0,39	24	0,02	
25	1,24	25	0,41	25	0,02	
26	1,05	26	0,45	26	0,02	5,03
27	1,08	27	0,41	27	0,02	
28	1,08	28	0,49	28	0,03	
29	1,05	29	0,43	29	0,02	
30	1,11	30	0,41	30	0,02	

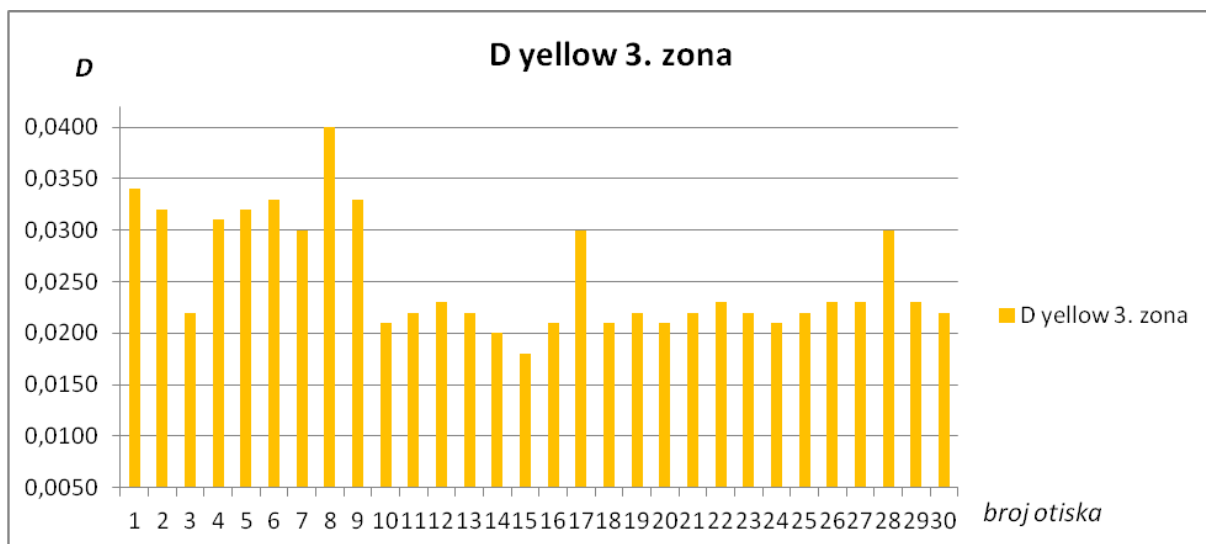


Slika 54: Gustoća obojenja cijan boje za 3. zonu

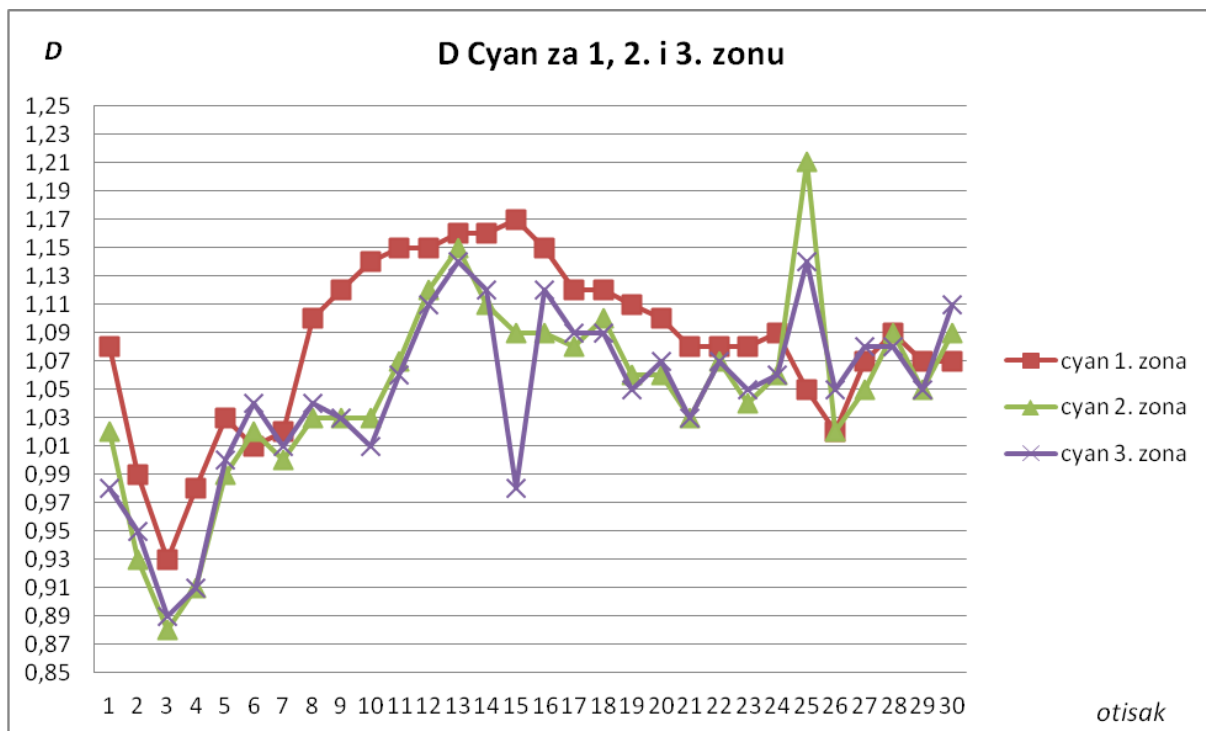


Slika 55: Gustoća obojenja magenta boje za 3. zonu

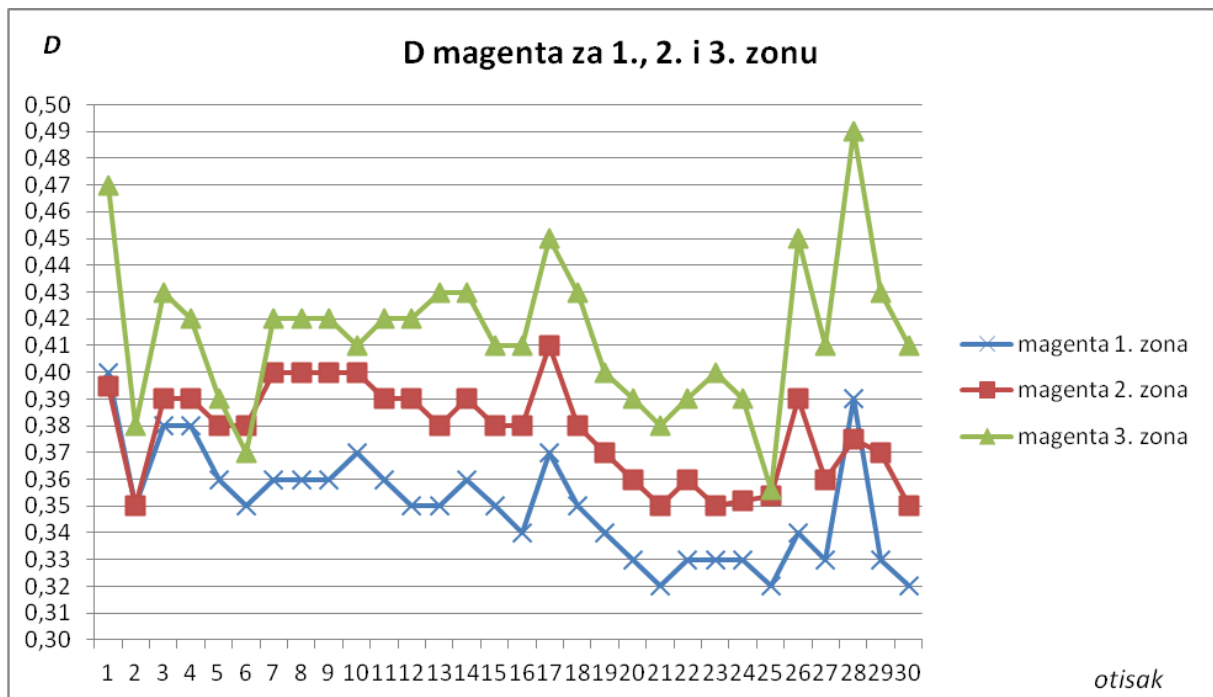




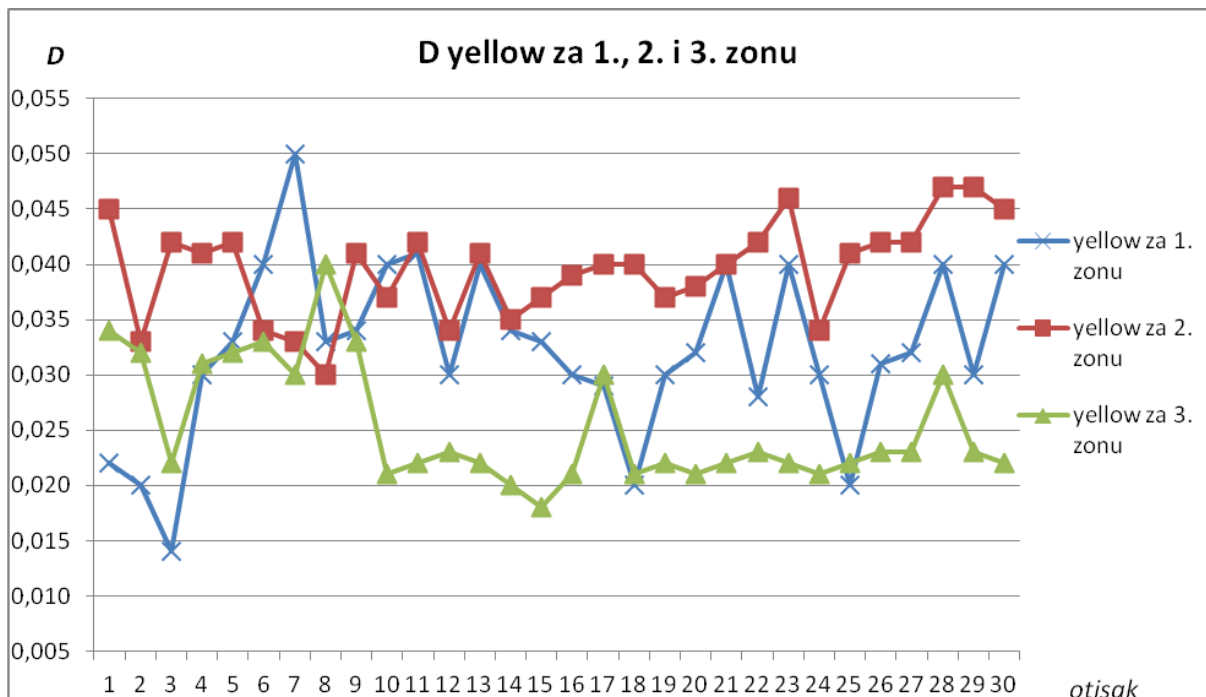
Slika 56: Gustoća obojenja žute boje za 3. zonu



Slika 57: Gustoće obojenja cijan boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka



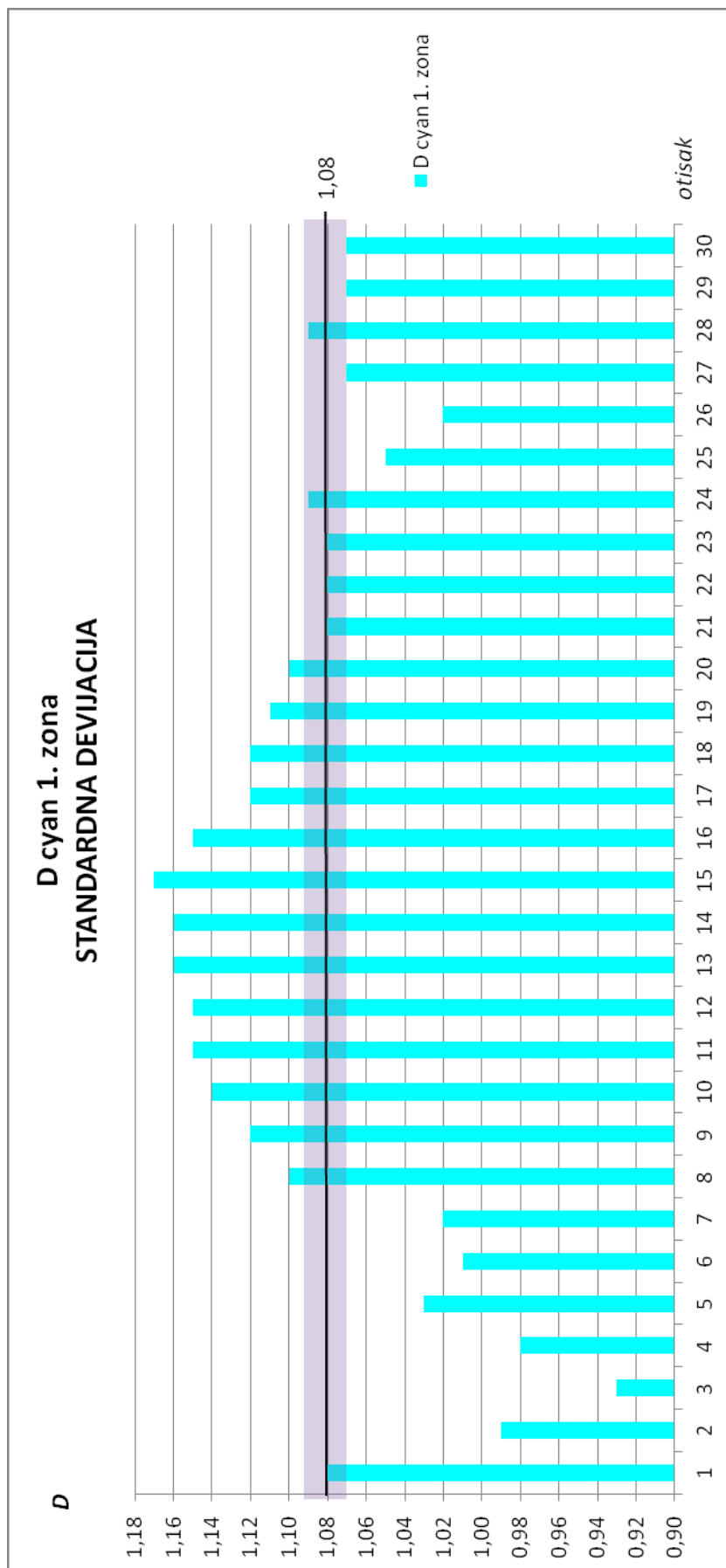
Slika 58: Gustoće obojenja magenta boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka



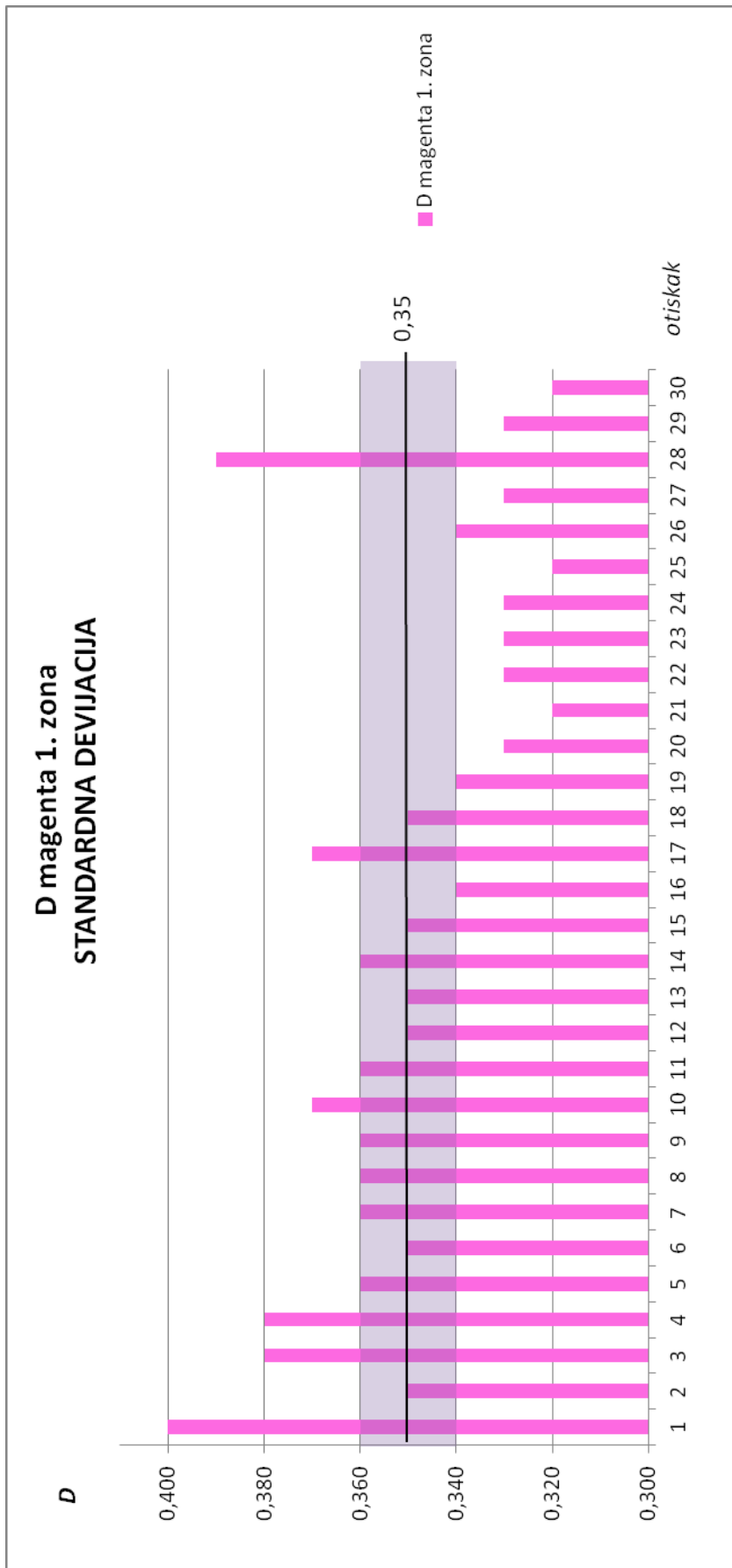
Slika 59: Gustoće obojenja žute boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka

Tablica 12: Pregled standardnih devijacija za izmjerene gustoće obojenja D, za 1., 2. i 3. zonu

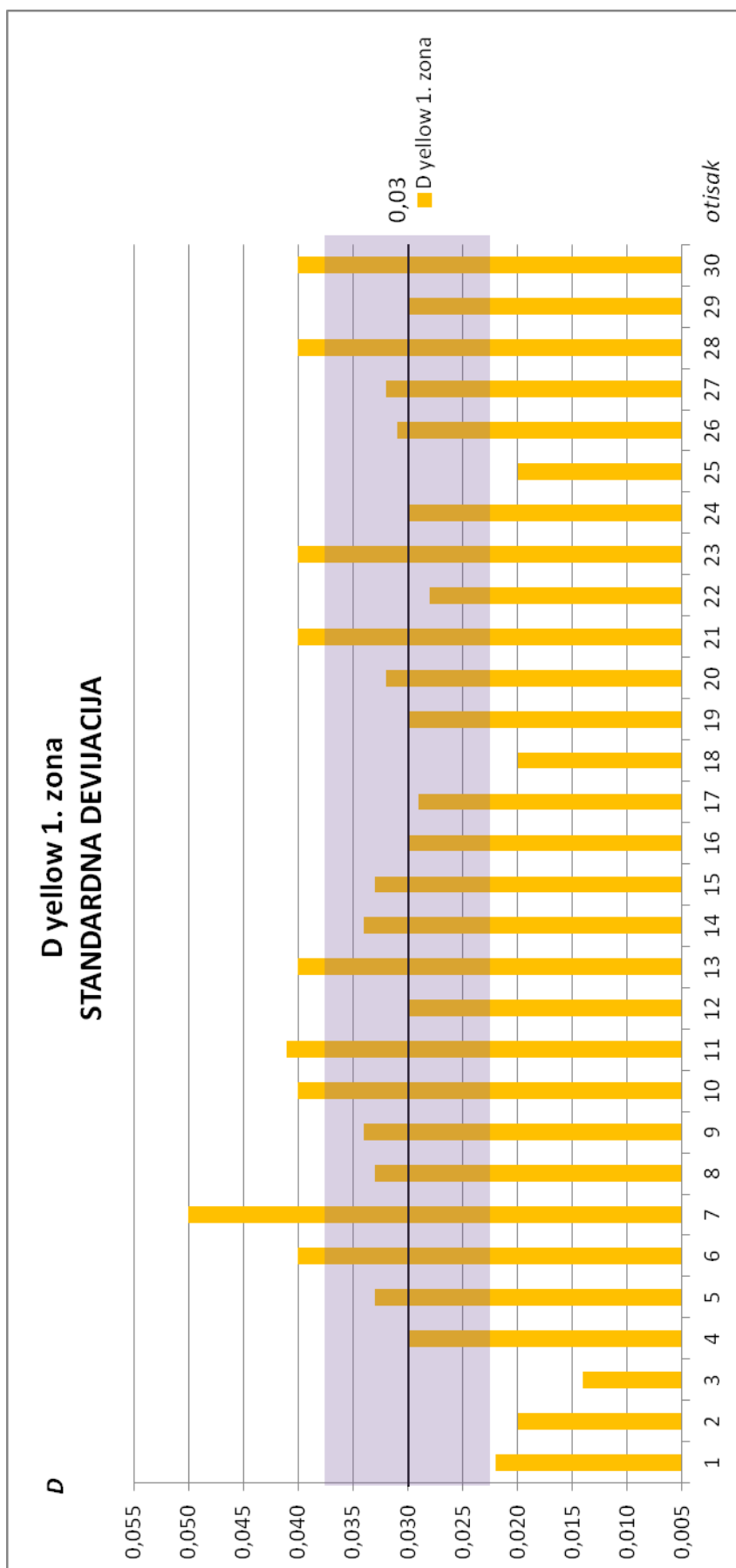
Standardne devijacije $D_i$				
Boja	Veličina	1.zona	2.zona	3.zona
CYAN	$\bar{D}_i$	1,08	1,05	1,05
	$\sigma_D$	0,059315	0,066537	0,061764
MAGENTA	$\bar{D}_i$	0,35	0,38	0,41
	$\sigma_D$	0,020924	0,01822	0,028398
YELLOW	$\bar{D}_i$	0,03	0,04	0,03
	$\sigma_D$	0,020924	0,004431	0,005528



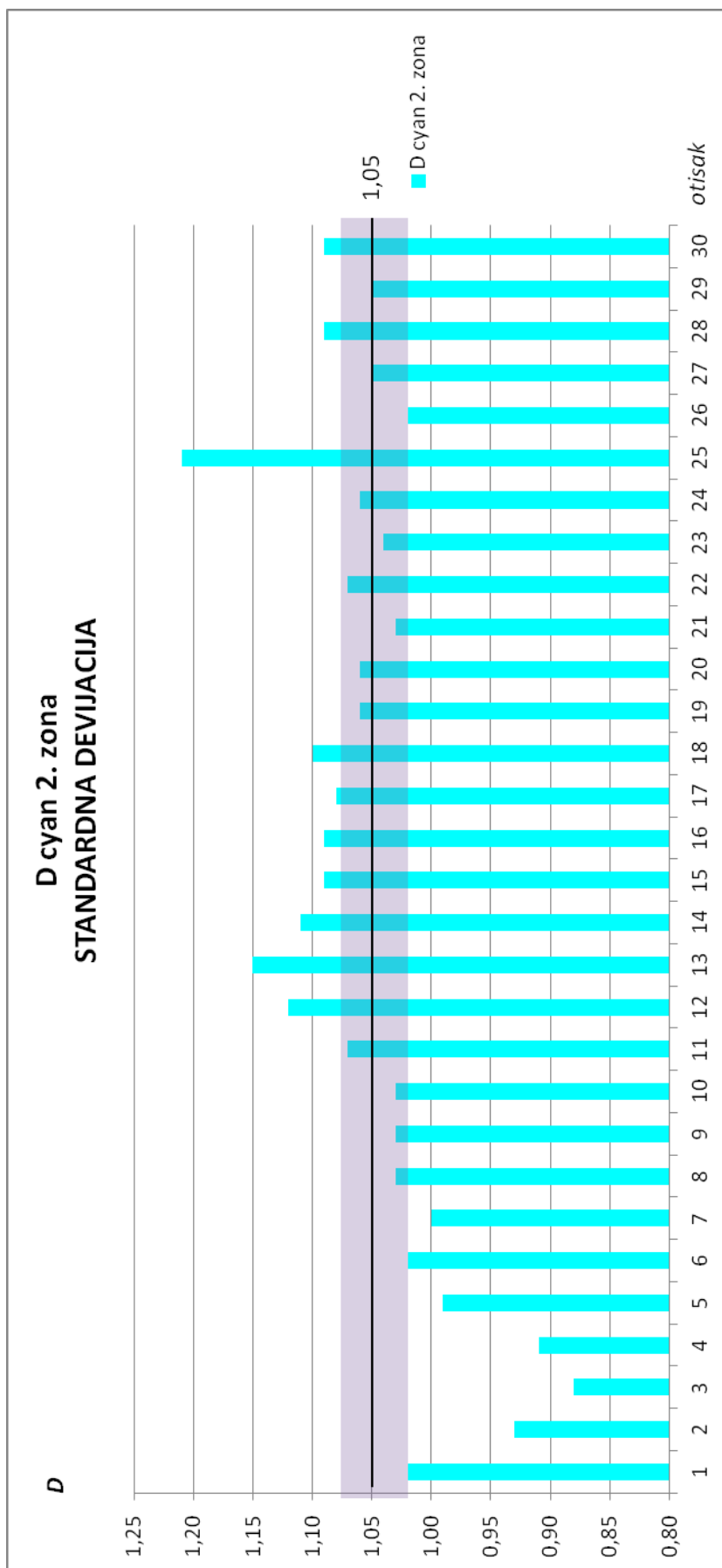
Slika 60: Srednja vrijednost gustoće obojenja cijan boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja



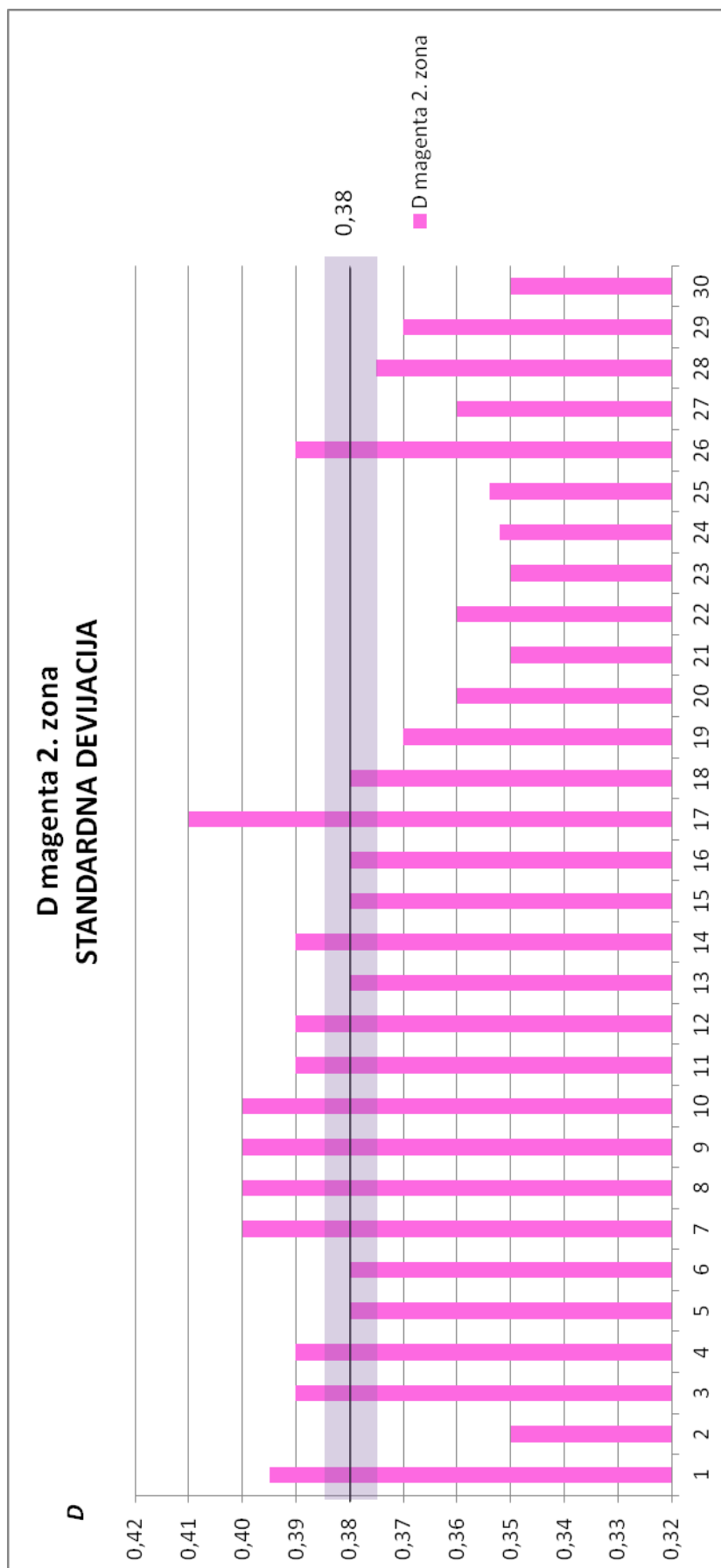
Slika 61: Srednja vrijednost gustoće obojenja magenta boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja



Slika 62: Srednja vrijednost gustoće obojenja žute boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja

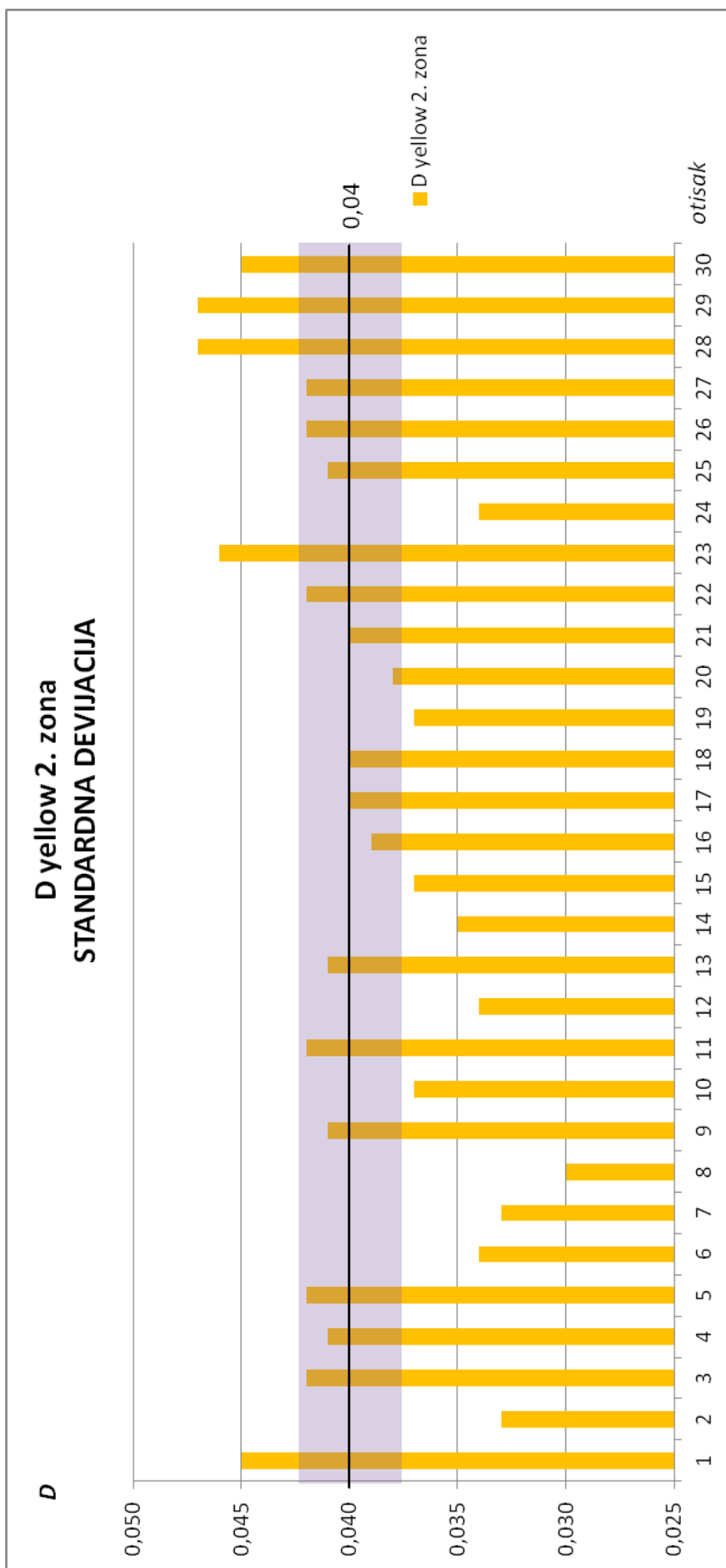


Slika 63: Srednja vrijednost gustoće obojenja cijan boje na 2. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja

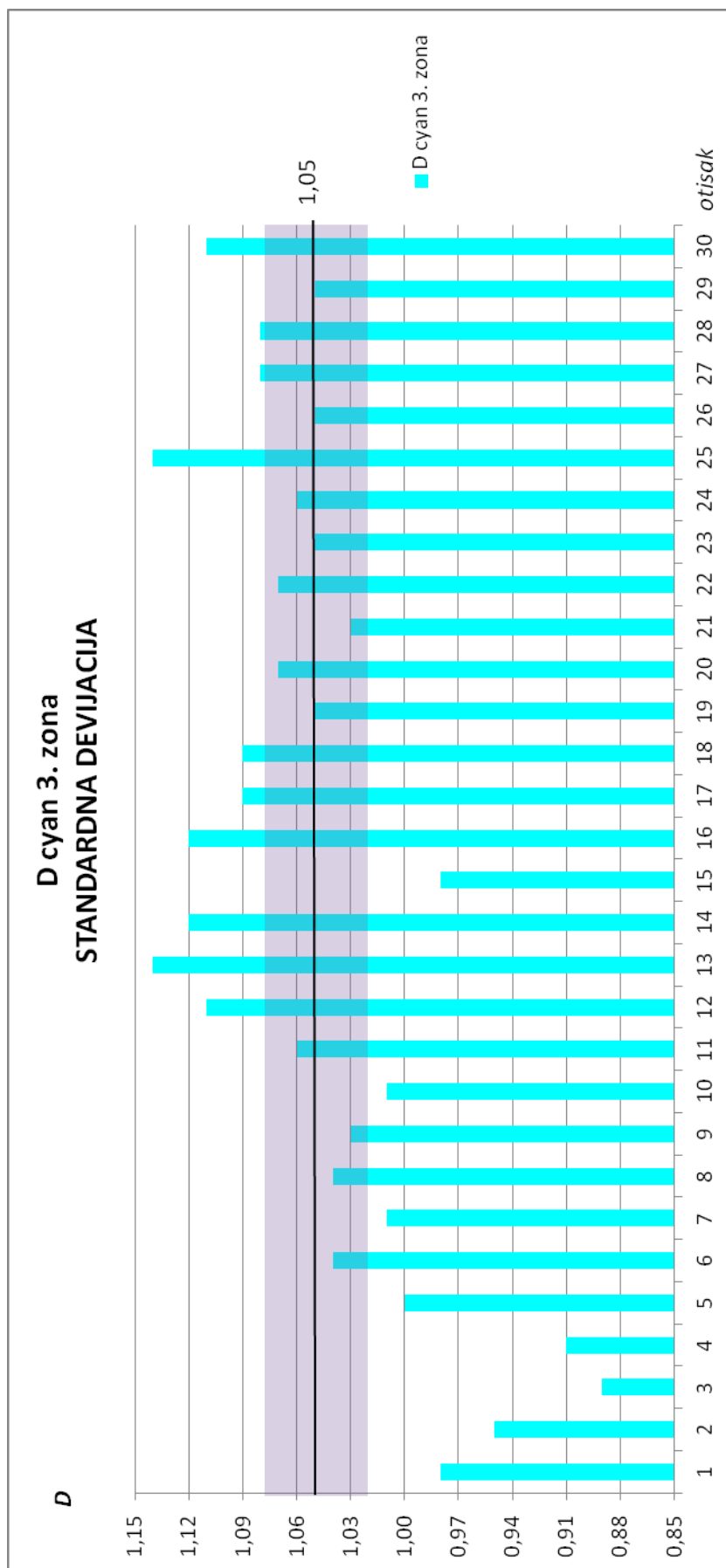


Slika 64: Srednja vrijednost gustoće obojenja magenta boje na 2. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja

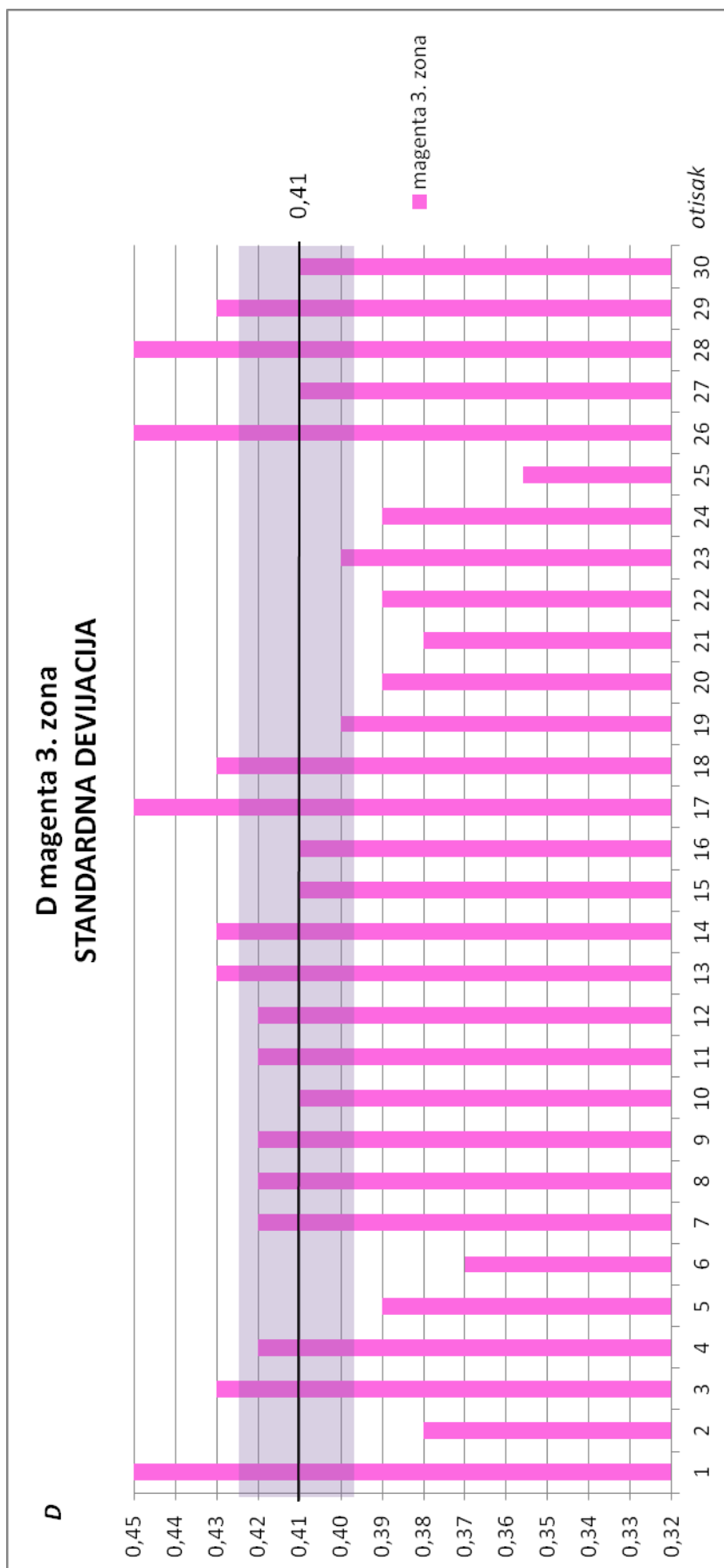




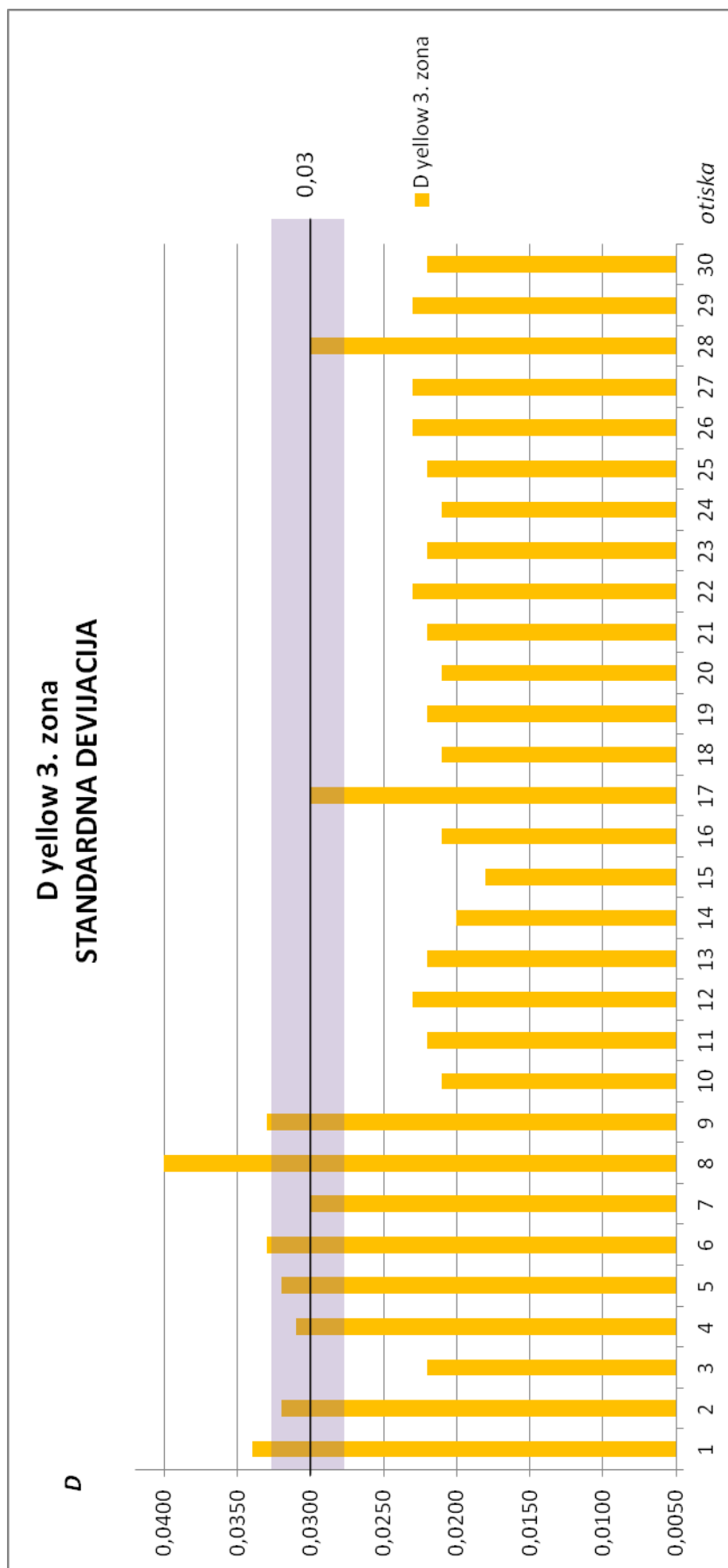
Slika 65: Srednja vrijednost gustoće obojenja žute boje na 2. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja



Slika 66: Srednja vrijednost gustoće obojenja cijan boje na 3. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja



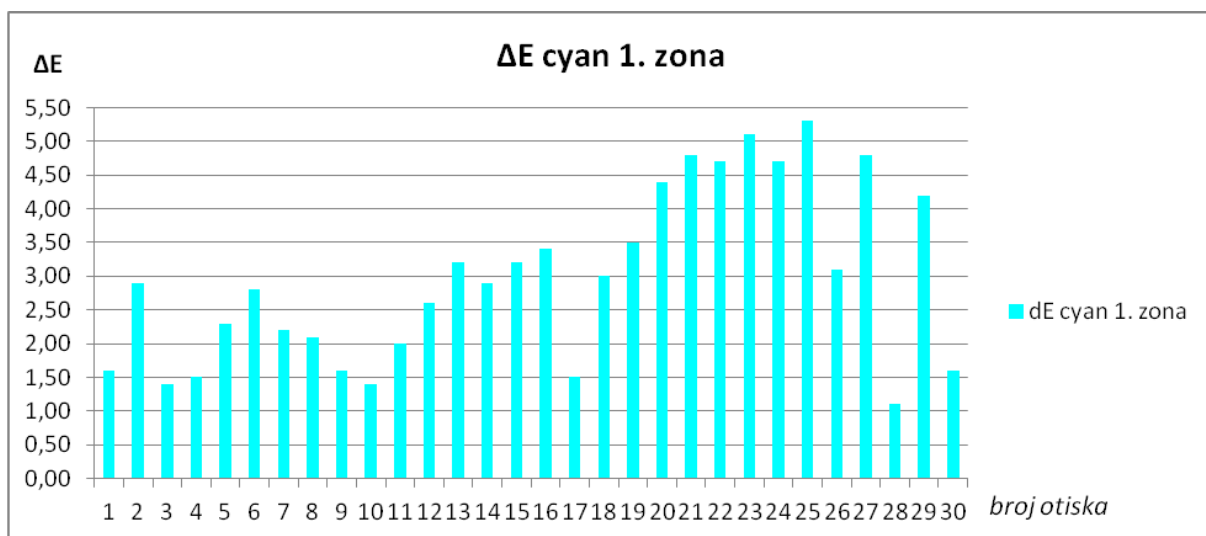
Slika 67: Srednja vrijednost gustoće obojenja magenta boje na 3. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja



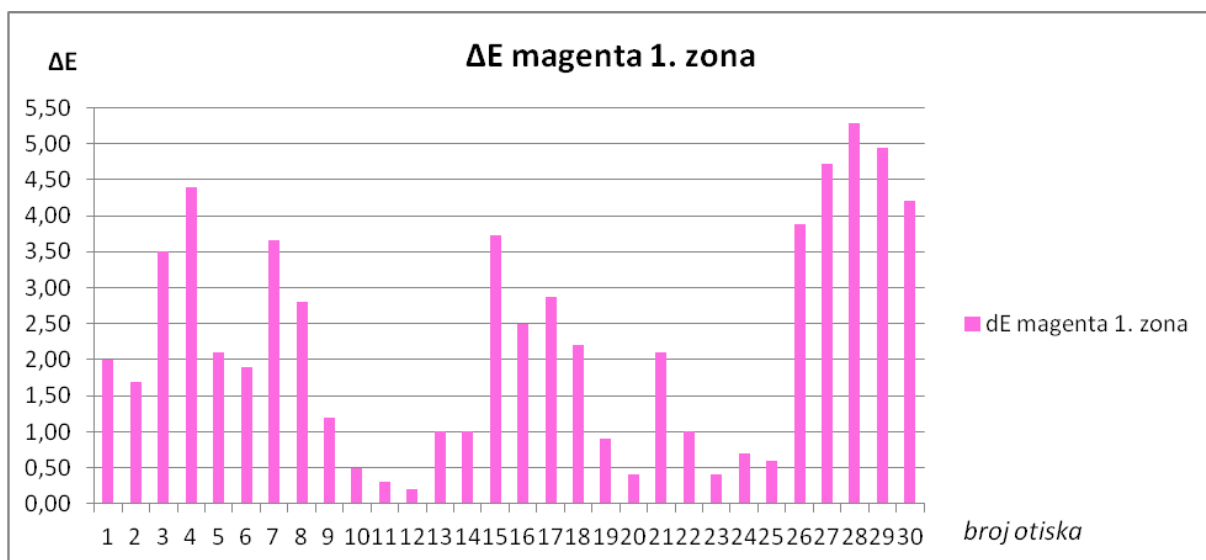
Slika 68: Srednja vrijednost gustoće obojenja žute boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja

Tablica 13: Vrijednosti  $\Delta E$  za cijan, magenta i žutu boju – 1.zona

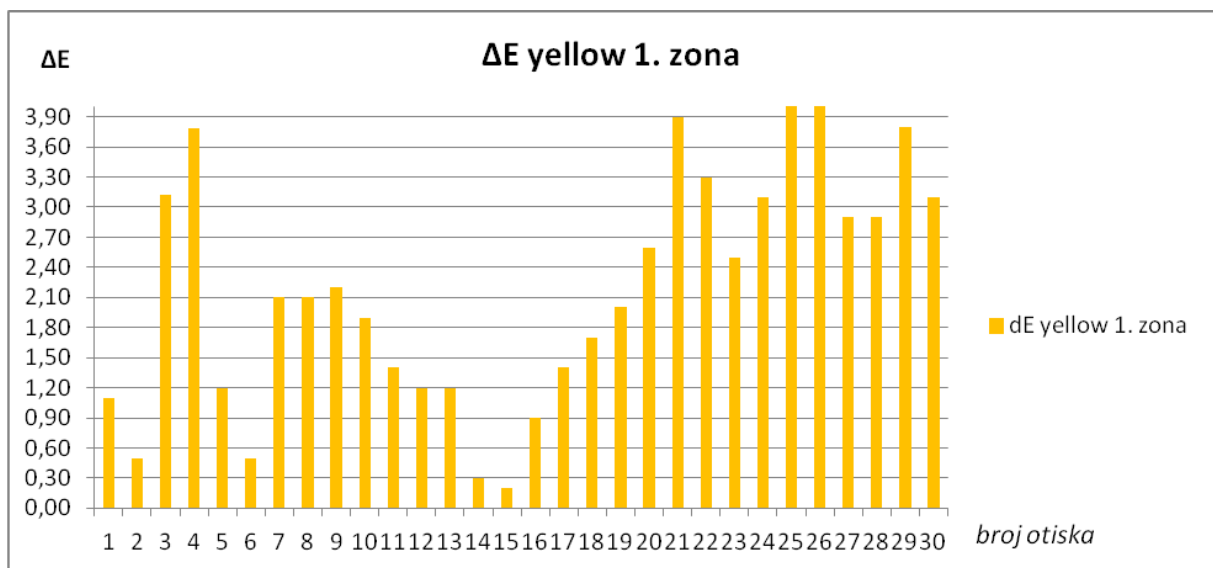
1. zona						pH
CYAN		MAGENTA		YELLOW		
R.br.	$\Delta E$	R.br.	$\Delta E$	R.br.	$\Delta E$	
1	1,60	1	2,00	1	1,10	5,15
2	2,90	2	1,70	2	0,50	
3	1,40	3	3,50	3	3,12	
4	1,50	4	4,40	4	3,78	
5	2,30	5	2,10	5	1,20	
6	2,80	6	1,90	6	0,50	5,04
7	2,20	7	3,66	7	2,10	
8	2,10	8	2,80	8	2,10	
9	1,60	9	1,20	9	2,20	
10	1,40	10	0,50	10	1,90	
11	2,00	11	0,30	11	1,40	5,08
12	2,60	12	0,20	12	1,20	
13	3,20	13	1,00	13	1,20	
14	2,90	14	1,00	14	0,30	
15	3,20	15	3,72	15	0,20	
16	3,40	16	2,50	16	0,90	5,13
17	1,50	17	2,88	17	1,40	
18	3,00	18	2,20	18	1,70	
19	3,50	19	0,90	19	2,00	
20	4,40	20	0,40	20	2,60	
21	4,80	21	2,10	21	3,90	5,02
22	4,70	22	1,00	22	3,30	
23	5,10	23	0,40	23	2,50	
24	4,70	24	0,70	24	3,10	
25	5,30	25	0,60	25	4,00	
26	3,10	26	3,89	26	4,12	5,03
27	4,80	27	4,72	27	2,90	
28	1,10	28	5,28	28	2,90	
29	4,20	29	4,94	29	3,80	
30	1,60	30	4,20	30	3,10	



Slika 69: Razlika boje cijan za 1. zonu



Slika 70: Razlika boje magenta za 1. zonu

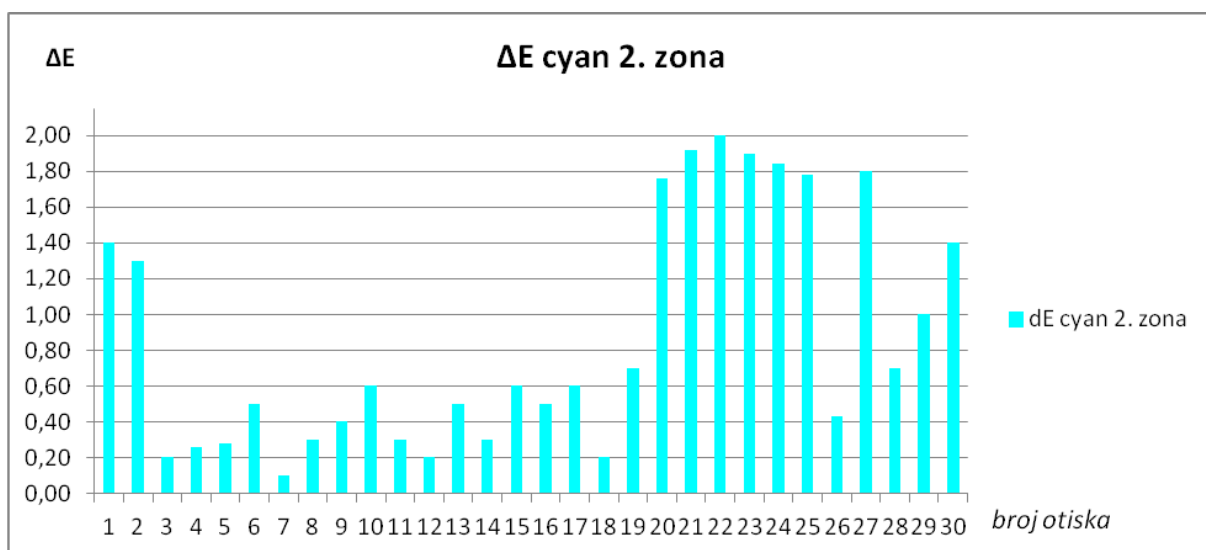


Slika 71: Razlika žute boje za 1. zonu

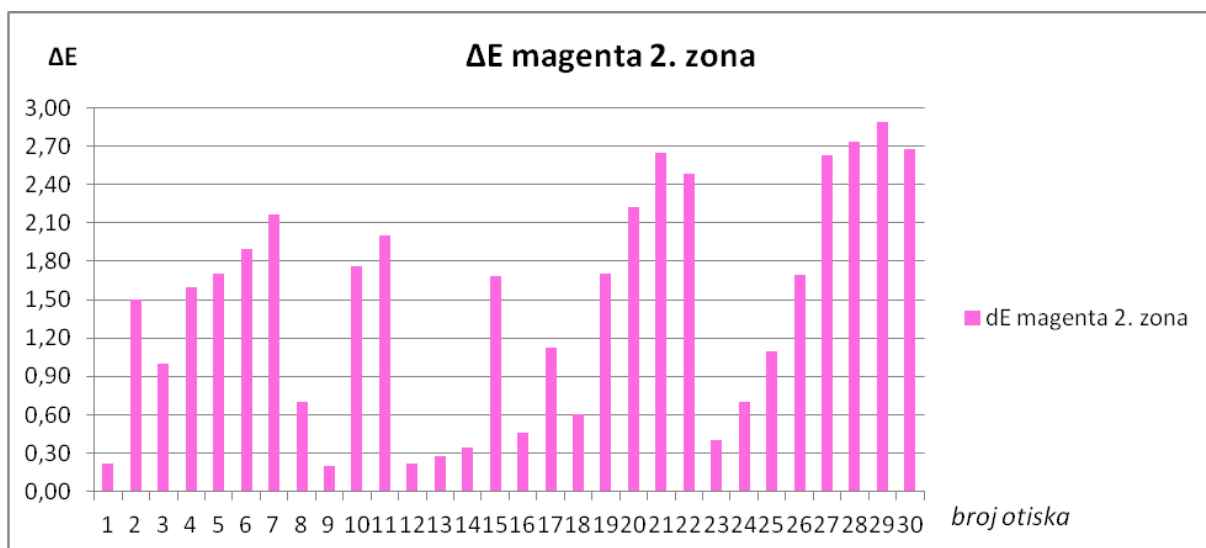
Tablica 14: Vrijednosti  $\Delta E$  za cijan, magenta i žutu boju – 2.zona

2. zona						pH
CYAN		MAGENTA		YELLOW		
R.br.	$\Delta E$	R.br.	$\Delta E$	R.br.	$\Delta E$	
1	1,40	1	0,22	1	3,30	5,15
2	1,30	2	1,50	2	2,30	
3	1,40	3	1,00	3	3,61	
4	0,26	4	1,60	4	3,87	
5	0,28	5	1,70	5	2,80	
6	0,50	6	1,90	6	1,00	5,04
7	0,10	7	2,17	7	0,80	
8	0,30	8	0,70	8	2,40	
9	0,40	9	0,20	9	2,00	
10	0,60	10	2,70	10	1,40	
11	0,30	11	2,00	11	1,10	5,08
12	0,20	12	0,22	12	1,10	
13	0,50	13	0,28	13	1,20	
14	0,30	14	0,34	14	0,20	
15	0,60	15	1,68	15	0,50	
16	0,50	16	0,46	16	1,60	5,13
17	0,60	17	1,12	17	1,10	
18	0,20	18	0,60	18	1,70	
19	0,70	19	1,70	19	2,00	
20	1,76	20	3,50	20	2,70	
21	1,92	21	2,65	21	3,50	5,02
22	2,00	22	2,48	22	3,10	
23	1,90	23	0,40	23	2,30	
24	1,84	24	0,70	24	2,60	
25	1,78	25	1,10	25	3,10	
26	0,43	26	1,69	26	3,20	5,03
27	1,80	27	2,63	27	2,30	
28	0,70	28	2,73	28	1,50	
29	1,00	29	2,89	29	2,80	
30	1,40	30	2,68	30	2,50	

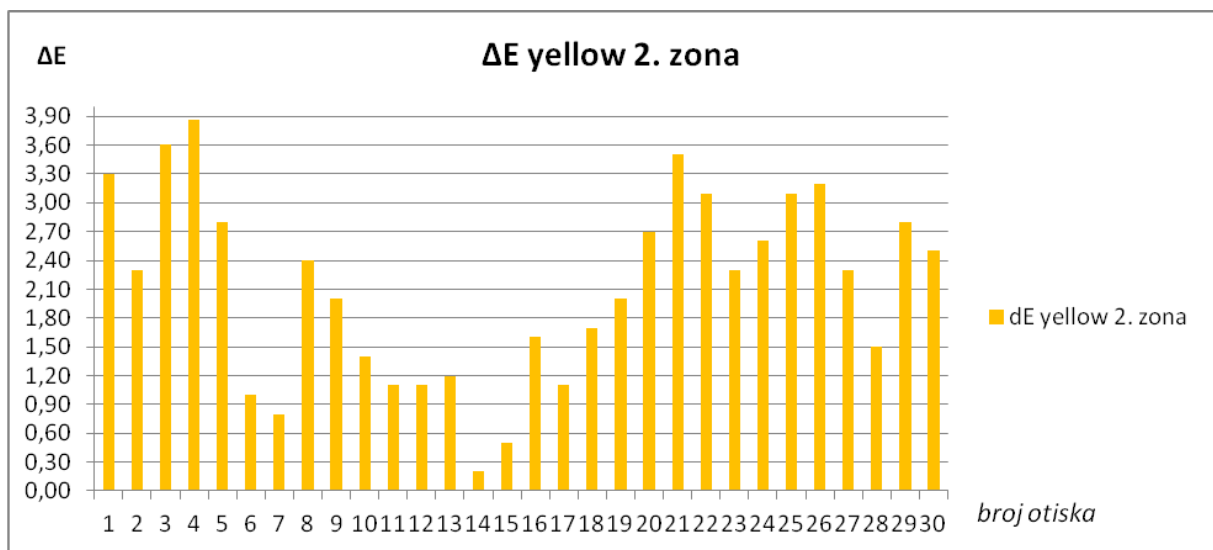




Slika 72: Razlika boje cijan za 2. zonu



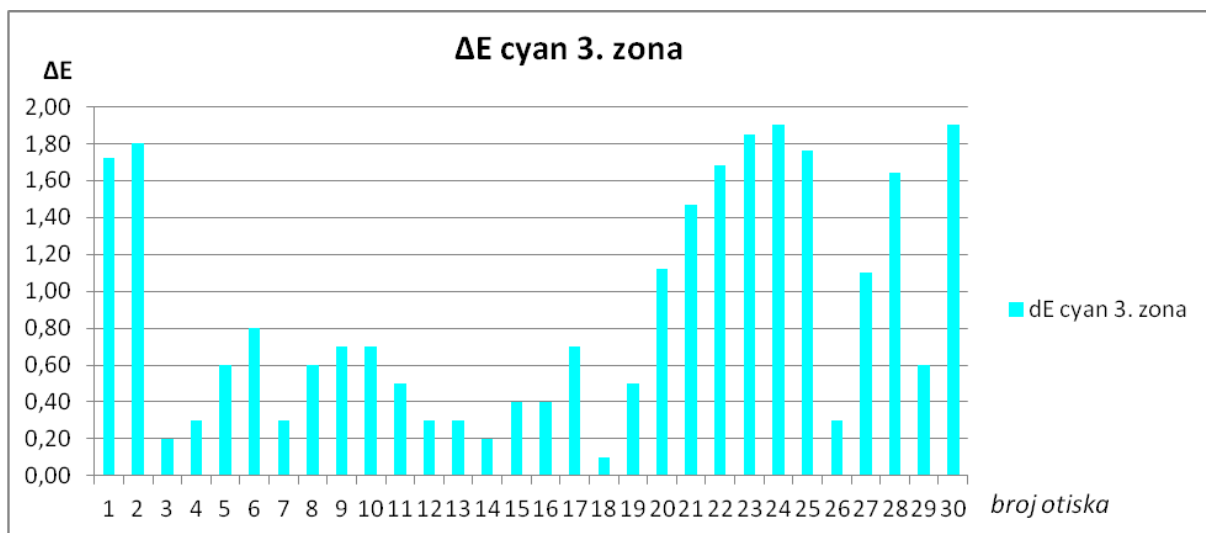
Slika 73: Razlika boje magenta za 2. zonu



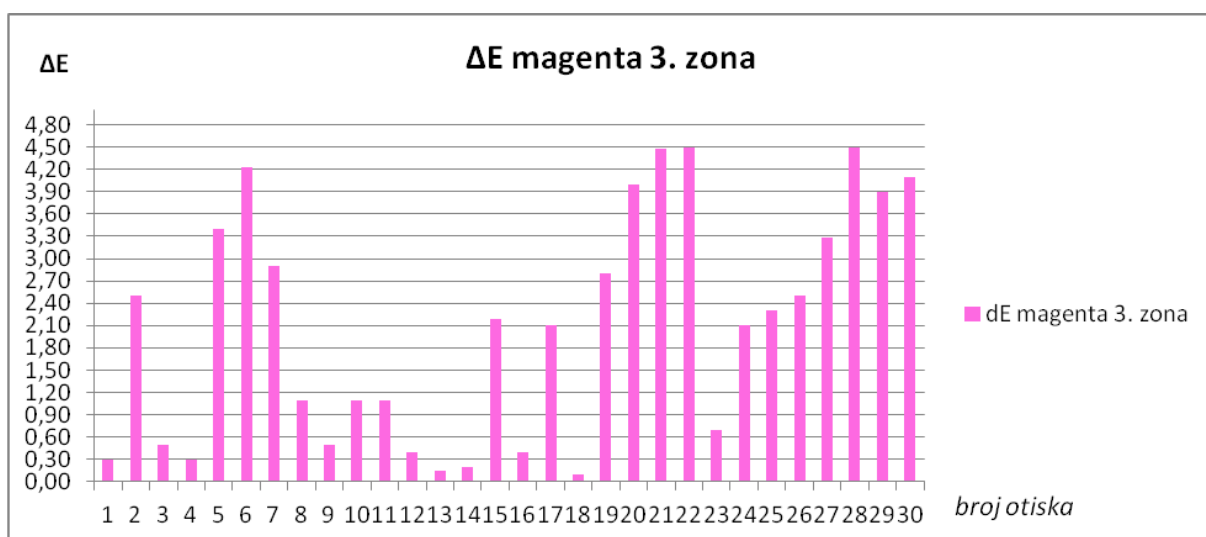
Slika 74: Razlika žute boje za 2. zonu

Tablica 15: Vrijednosti  $\Delta E$  za cijan, magenta i žutu boju – 3.zona

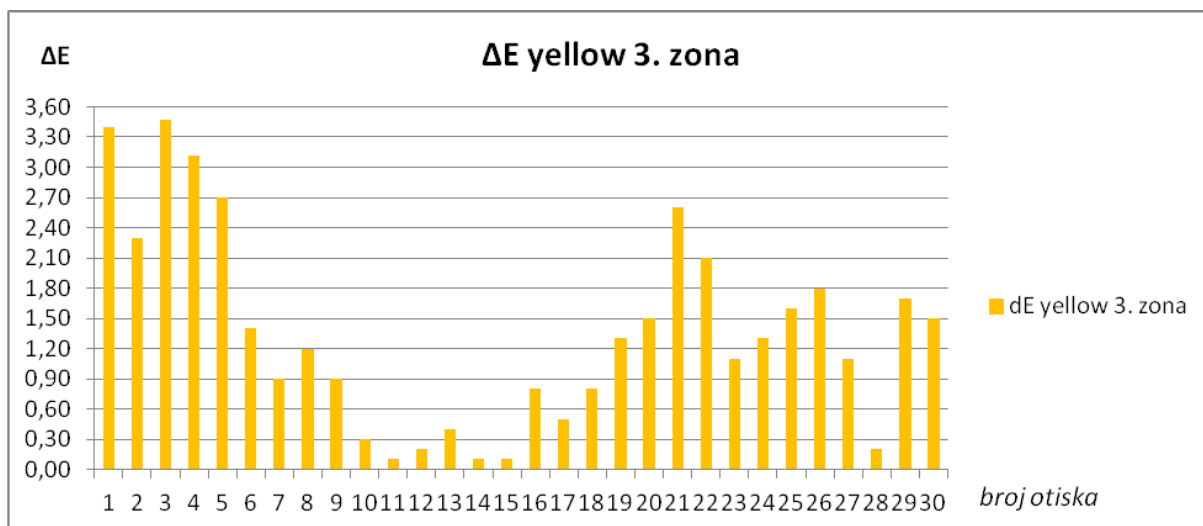
3. zona						pH
CYAN		MAGENTA		YELLOW		
R.br.	$\Delta E$	R.br.	$\Delta E$	R.br.	$\Delta E$	
1	1,90	1	0,30	1	3,40	5,15
2	2,50	2	2,50	2	2,30	
3	0,20	3	0,50	3	5,10	
4	0,30	4	0,30	4	5,70	
5	0,60	5	3,40	5	2,70	
6	0,80	6	14,10	6	1,40	5,04
7	0,30	7	2,90	7	0,90	
8	0,60	8	1,10	8	1,20	
9	0,70	9	0,50	9	0,90	
10	0,70	10	1,10	10	0,30	
11	0,50	11	1,10	11	0,10	5,08
12	0,30	12	0,40	12	0,20	
13	0,30	13	0,00	13	0,40	
14	0,20	14	0,00	14	0,10	
15	0,40	15	4,20	15	0,10	
16	0,40	16	0,40	16	0,80	5,13
17	0,70	17	2,10	17	0,50	
18	0,10	18	0,10	18	0,80	
19	0,50	19	2,80	19	1,30	
20	1,40	20	4,00	20	1,50	
21	2,20	21	6,90	21	2,60	5,02
22	1,90	22	4,50	22	2,10	
23	2,10	23	0,70	23	1,10	
24	1,90	24	2,10	24	1,30	
25	2,30	25	2,30	25	1,60	
26	0,30	26	2,50	26	1,80	5,03
27	1,10	27	4,80	27	1,10	
28	2,30	28	4,50	28	0,20	
29	0,60	29	3,90	29	1,70	
30	1,90	30	4,10	30	1,50	



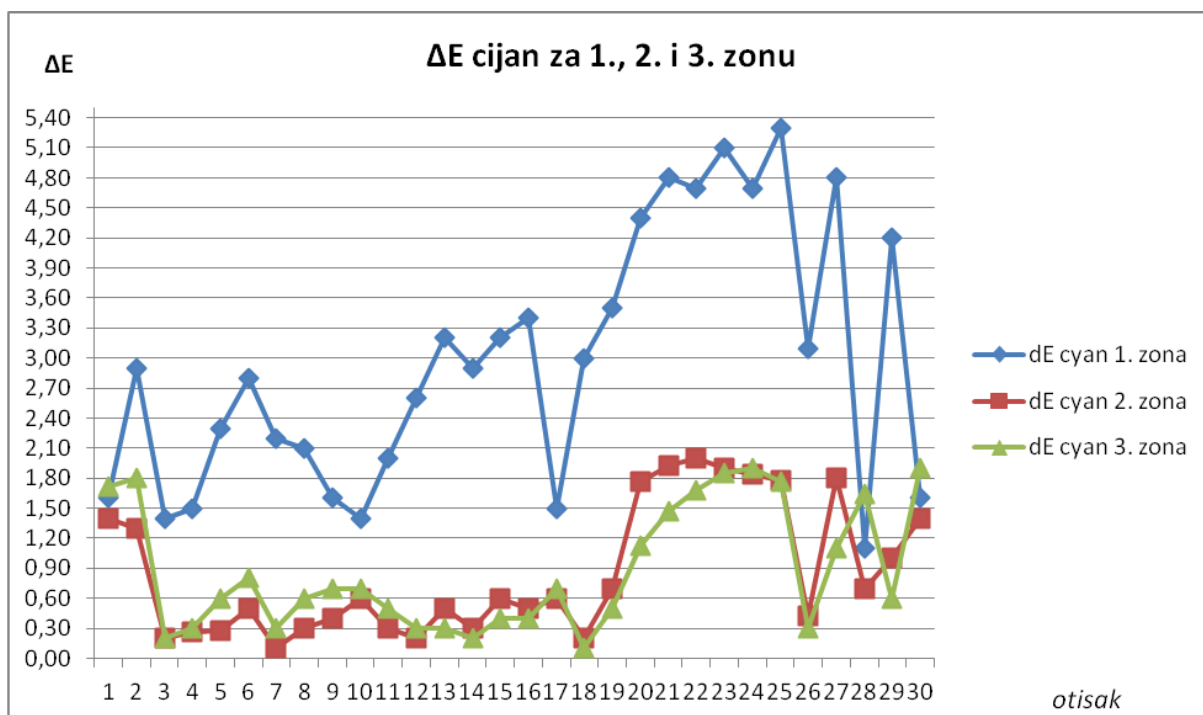
Slika 75: Razlika boje cijan za 3. zonu



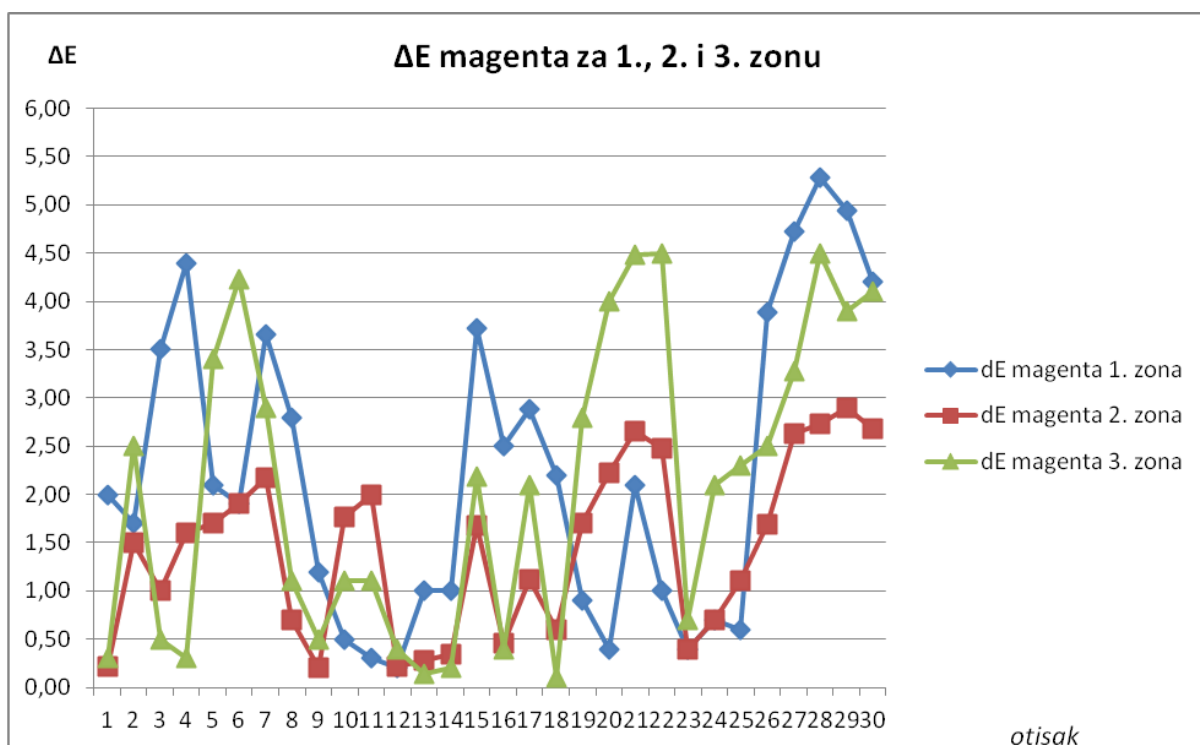
Slika 76: Razlika boje magenta za 3. zonu



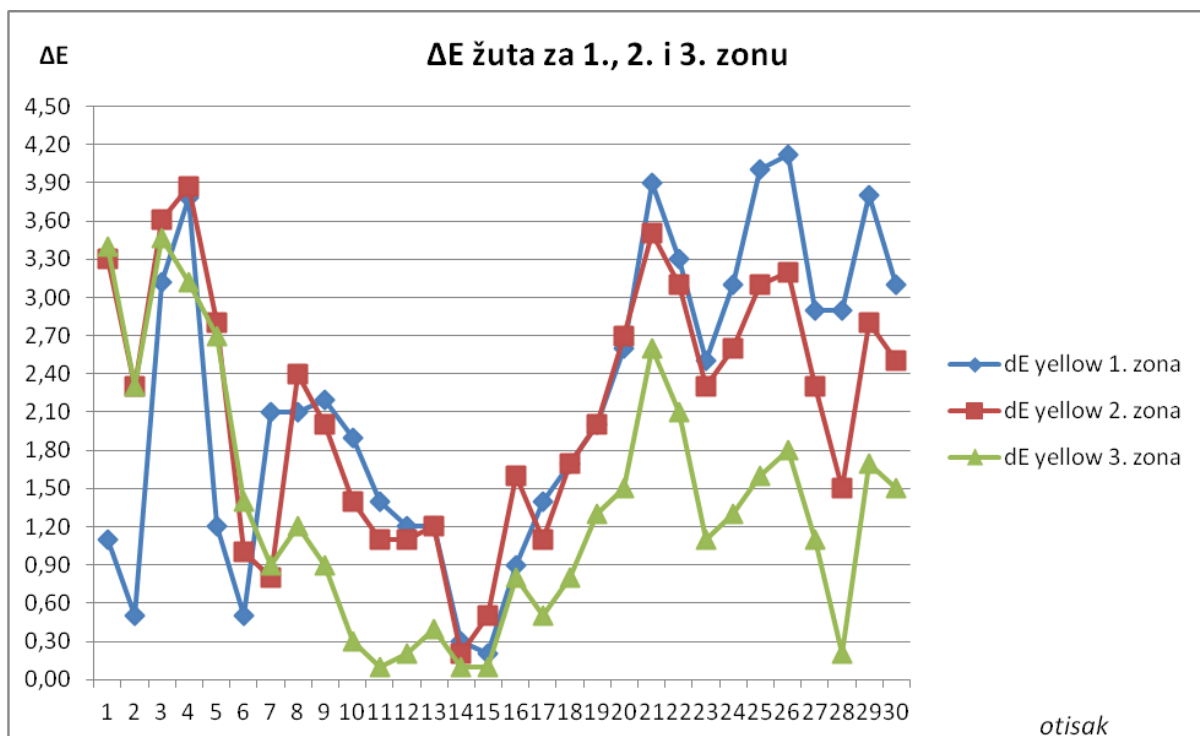
Slika 77: Razlika žute boje za 3. zonu



Slika 78: Razlika boje cijan na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka



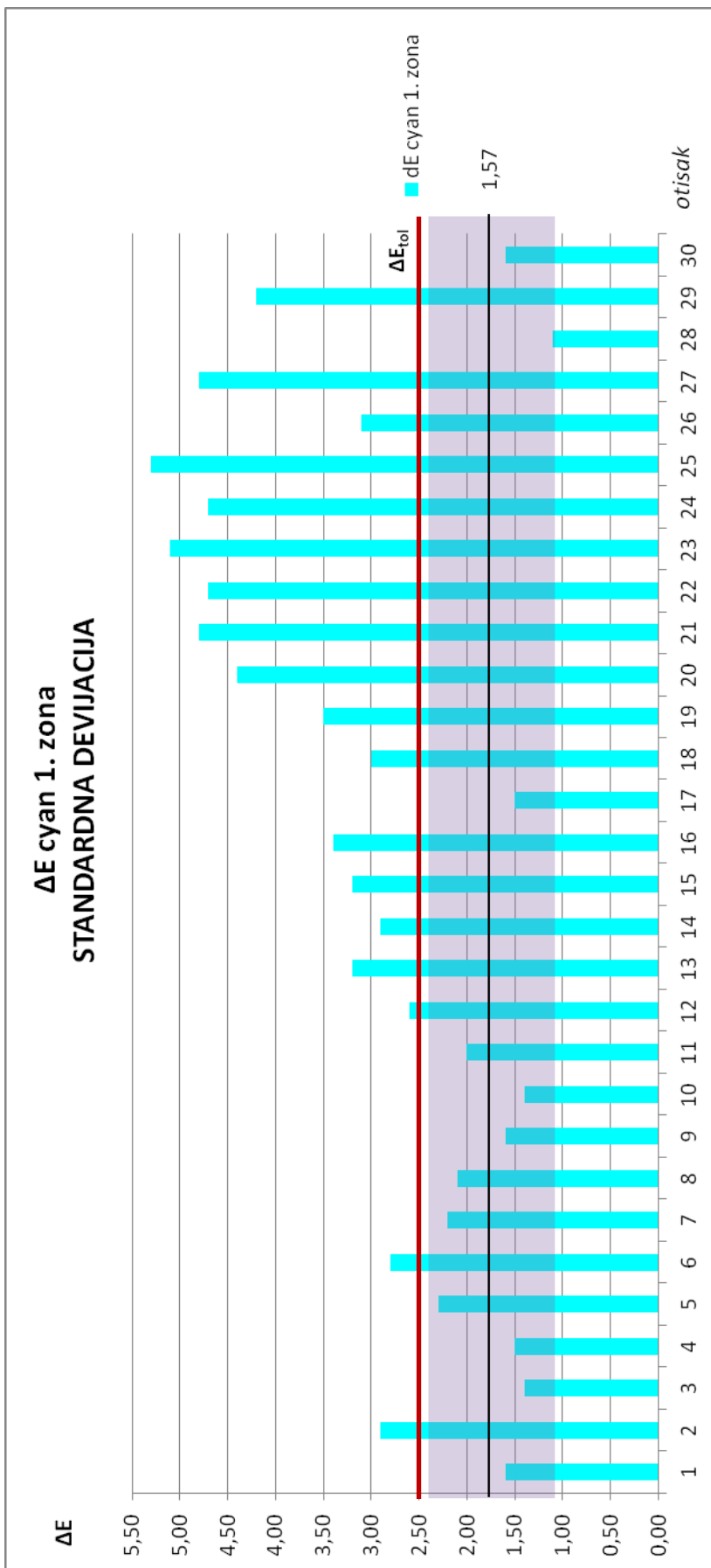
Slika 79: Razlika boje magenta na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka



Slika 80: Razlika žute boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka

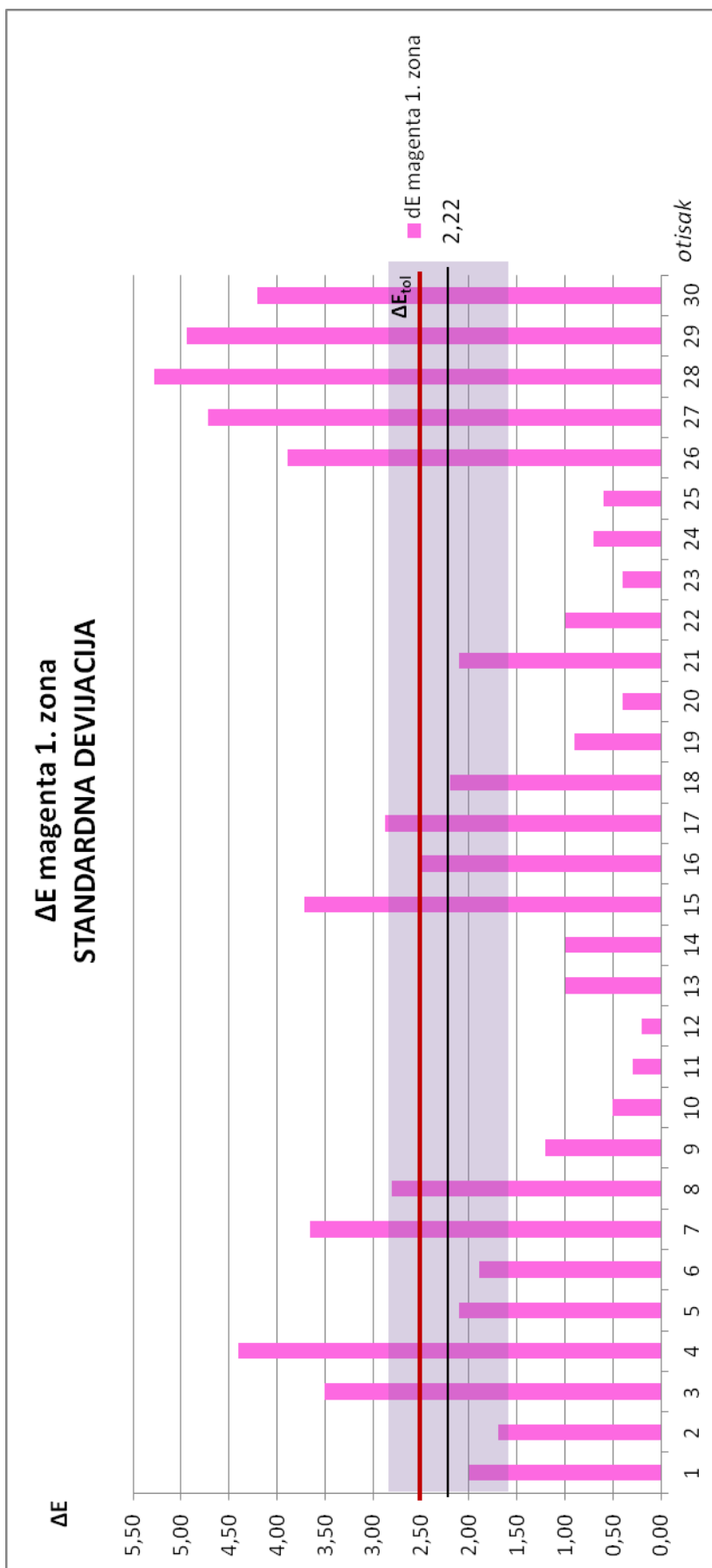
Tablica 16: Pregled standardnih devijacija za izmjerene razlike boje  $\Delta E$ , za 1., 2. i 3. zonu

Standardne devijacije $\Delta E$				
Boja	Veličina	1.zona	2.zona	3.zona
CYAN	$\overline{\Delta E}$	1,57	0,86	0,88
	$\sigma_E$	1,287736	1,313925	0,624868
MAGENTA	$\overline{\Delta E}$	2,22	1,44	2,09
	$\sigma_E$	1,567658	1,646366	1,563998
YELLOW	$\overline{\Delta E}$	2,17	2,12	1,35
	$\sigma_E$	1,184922	1,156527	0,988508

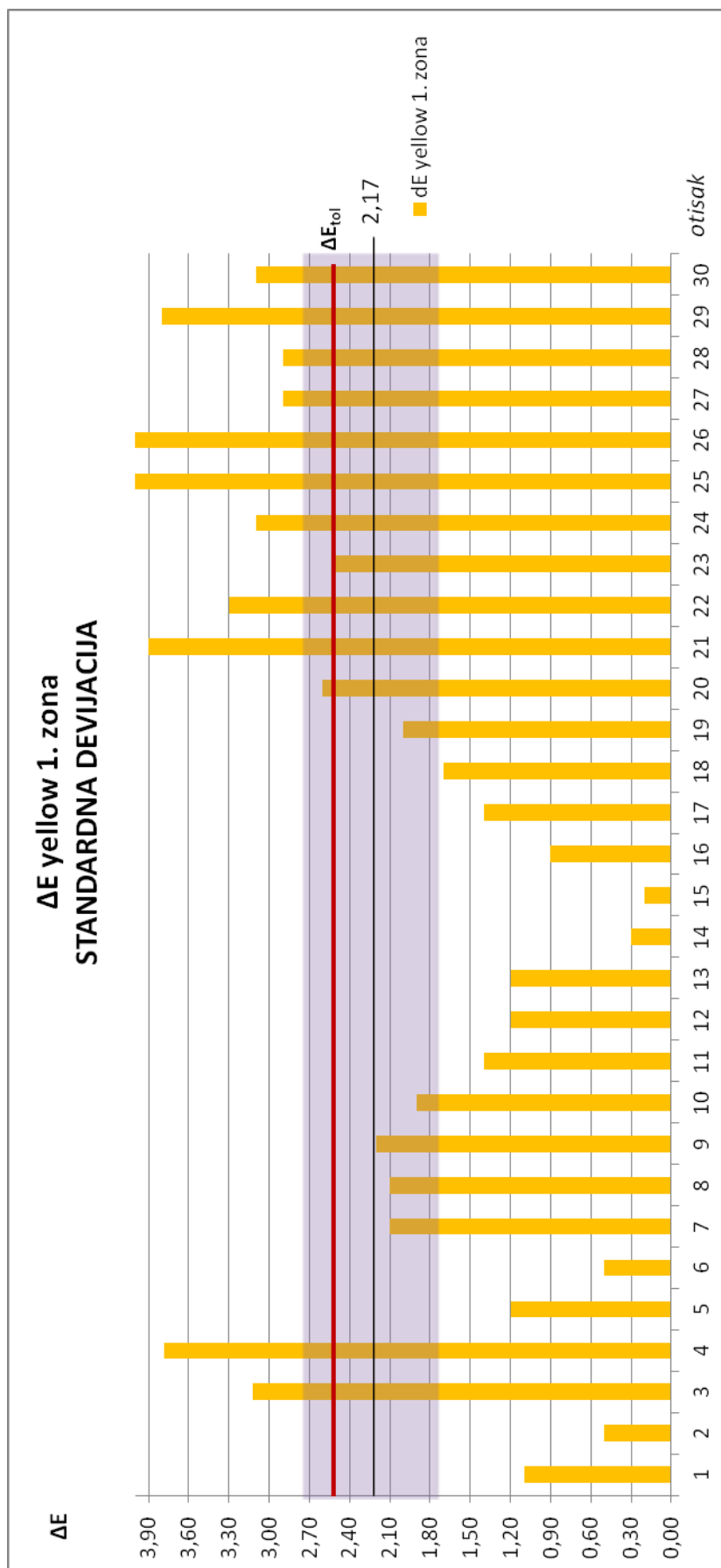


Slika 81: Srednja vrijednost razlika boje cijan na 1. zoni i standardna devijacija razlike boje

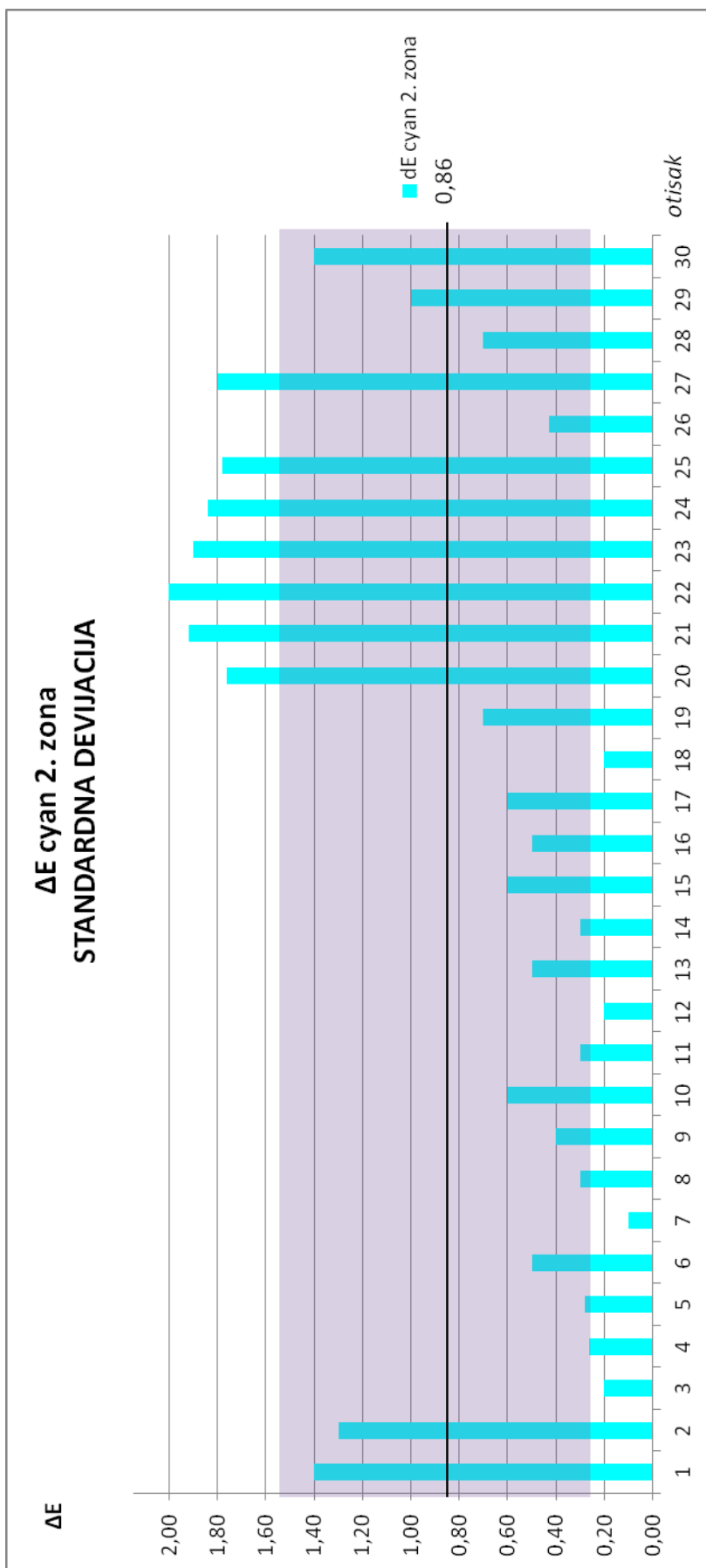




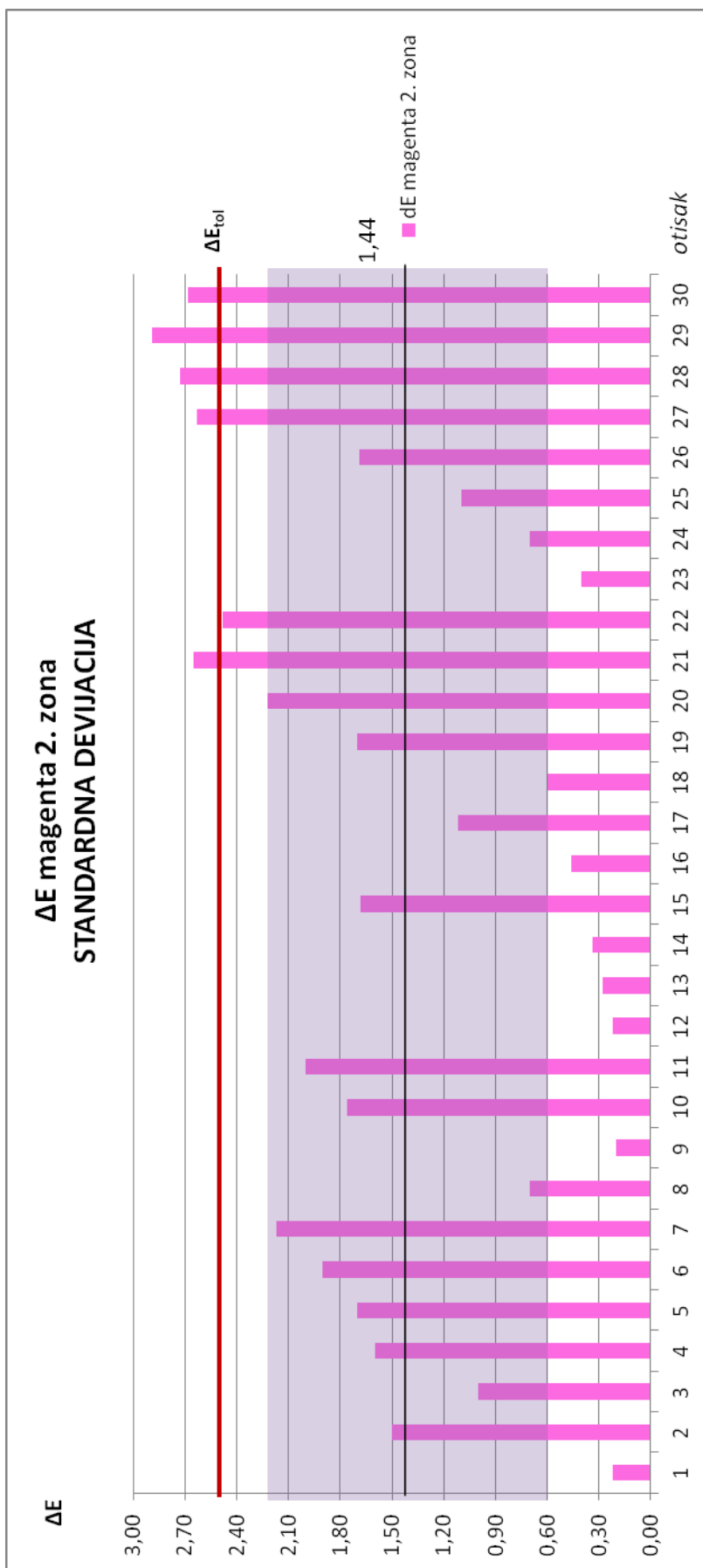
Slika 82: Srednja vrijednost razlika boje magenta na 1. zoni i standardna devijacija razlike boje



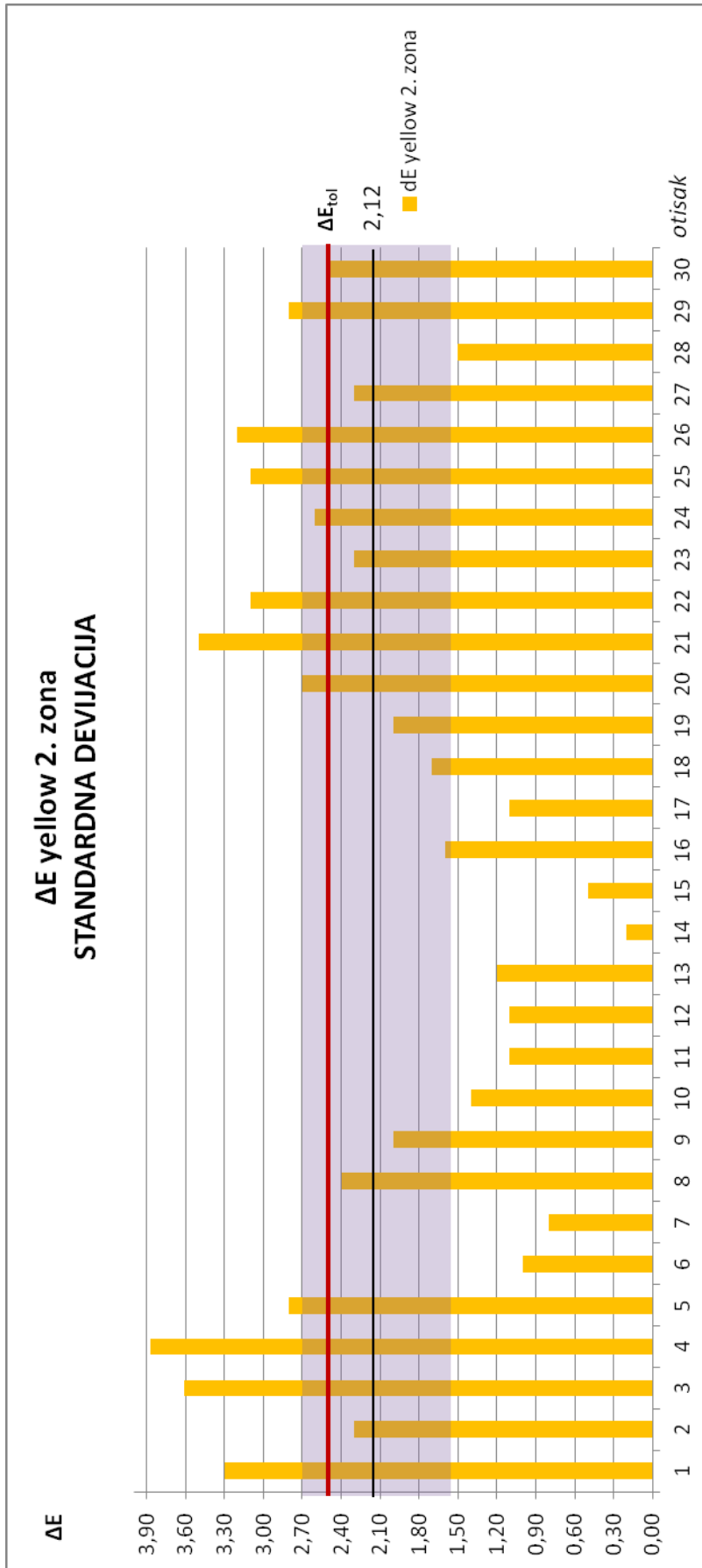
Slika 83: Srednja vrijednost razlika žute boje na 1. zoni i standardna devijacija razlike boje



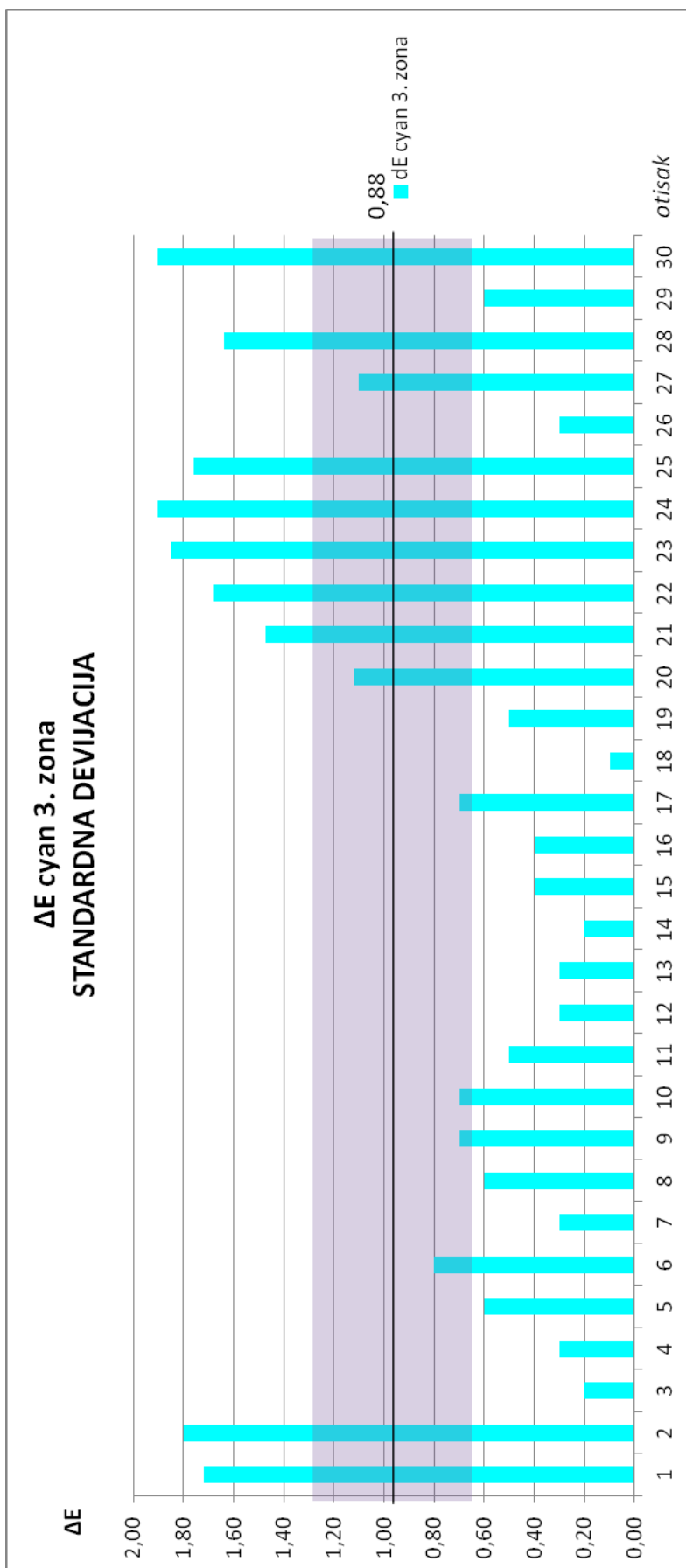
Slika 84: Srednja vrijednost razlika cijan boje na 2. zoni i standardna devijacija razlike boje



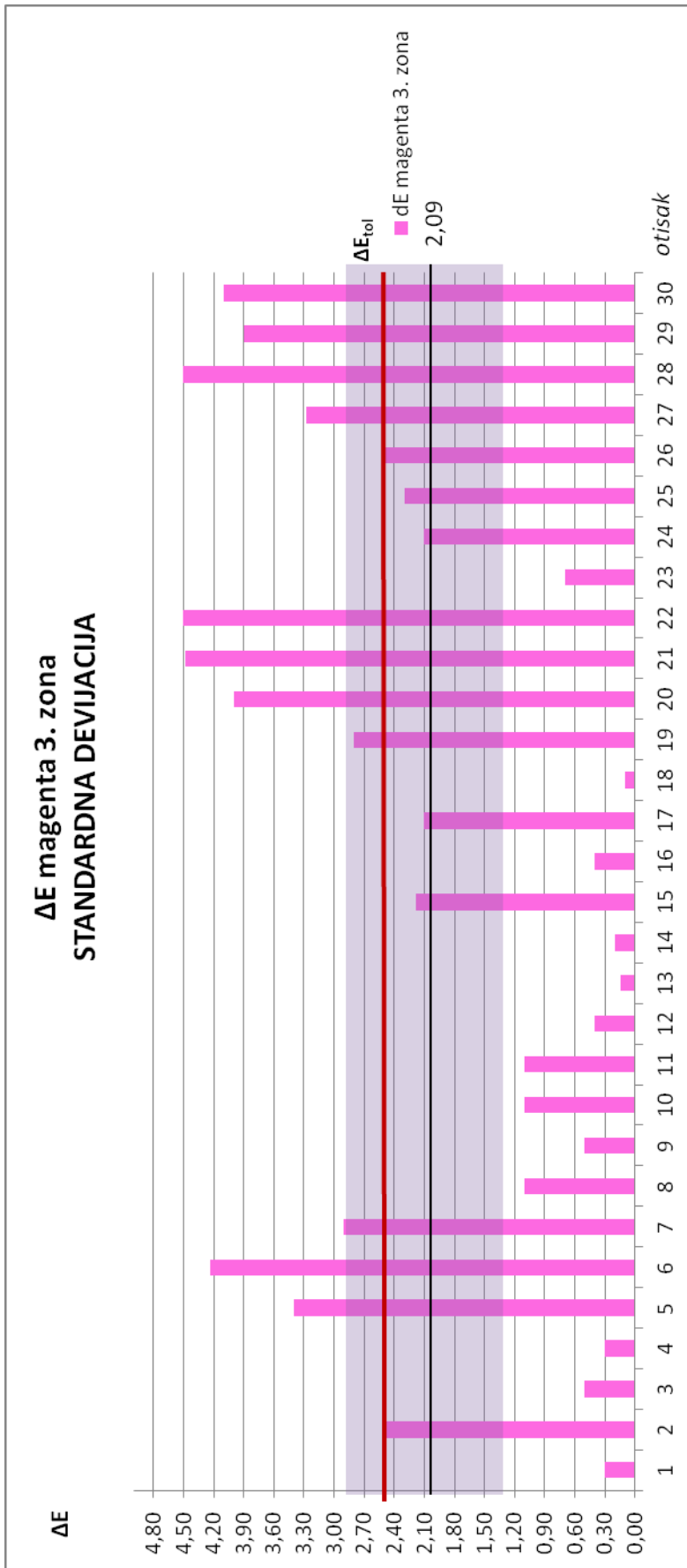
Slika 85: Srednja vrijednost razlika boje magenta na 2. zoni i standardna devijacija razlike boje



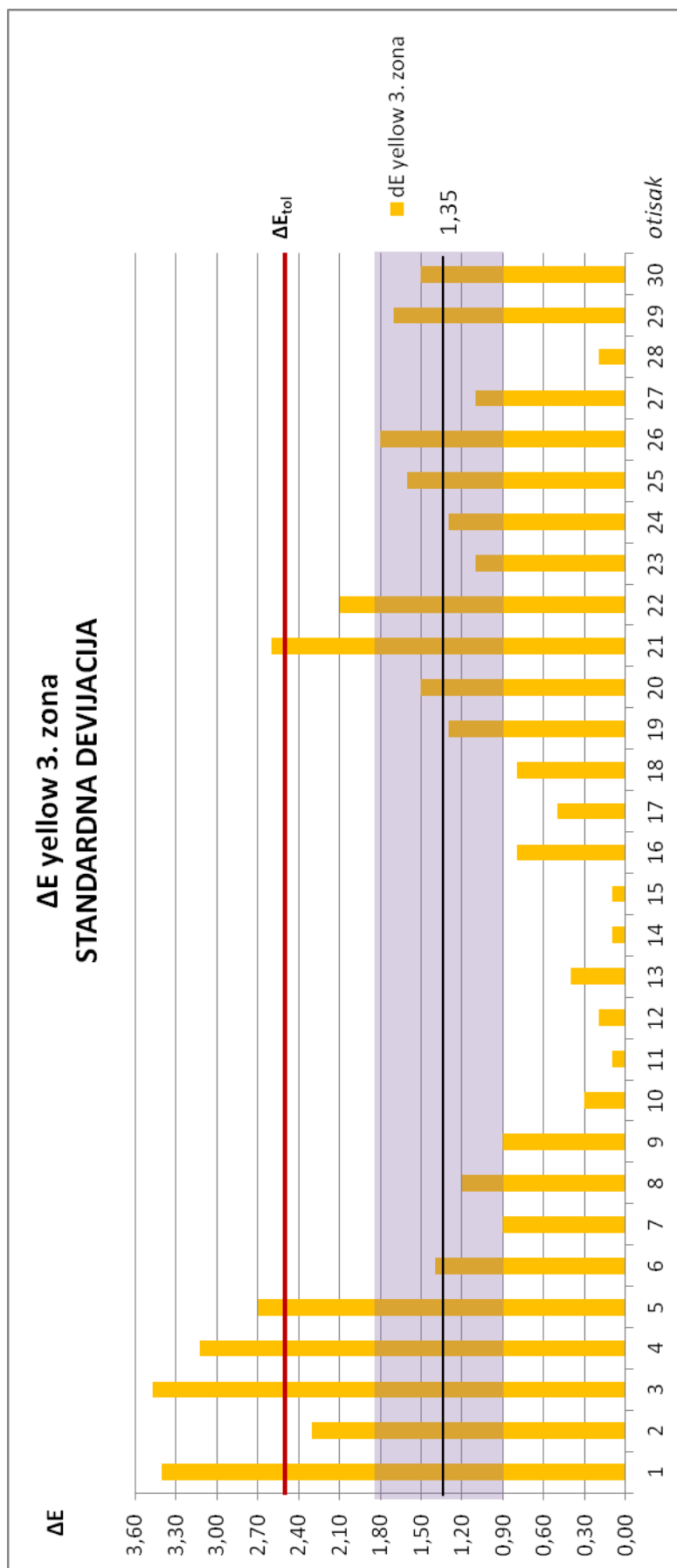
Slika 86: Srednja vrijednost razlika žute boje na 2. zoni i standardna devijacija razlike boje



Slika 87: Srednja vrijednost razlika boje cijan na 3. zoni i standardna devijacija razlike boje



Slika 88: Srednja vrijednost razlika boje magenta na 3. zoni i standardna devijacija razlike boje



Slika 89: Srednja vrijednost razlika žute boje na 3. zoni i standardna devijacija razlike boje



## 2.4 Diskusija

Rezultati istraživanja gustoće obojenja na tri zone (područja) tiskovnog arka i to za 30 araka, prikazani su slikama 48 do 56. Grafovi su prikazani na način da je posebno prikazan graf za cijan, magentu i žutu boju i to za 1. zonu te je isto ponovljeno za 2. i 3, odnosno 8. i 14. zonu tiskovnog arka. Nakon toga slijede grafovi koji prikazuju presjek „ponašanja“ gustoća obojenja cijana, magente i žute boje kroz nakladu, po zonama (slike 57, 58 i 59). Slike 60 – 68 prikazuju ponovno zasebno cijan, magentu i žutu boju sa njihovim gustoćama obojenja kroz nakladu, po zonama, te sa naznačenim srednjim vrijednostima izmjerenih gustoća obojenja kroz nakladu te dodatno označenom devijacijom rezultata oko aritmetičke sredine svih vrijednosti.

Analizirajući sliku 60 koja predstavlja gustoću obojenja za cijan boju za 1. zonu, primijećena je neujednačenost gustoće obojenja na rubu arka, kroz cijelu nakladu. Ovakva neujednačenost uvjetovana je nejednolikim protokom boje kroz zonske vijke, a koja je ovisna o sintezi parametara tiska, kao što su: viskoznost boje, kemijske karakteristike otopine za vlaženje, temperatura valjaka za obojenje, brzina tiska i tako dalje.

Iz izmjerenih rezultata gustoće obojenja izračunata je standardna devijacija oko srednje vrijednosti, kako je prikazano tamnom linijom s oznakom 1,08 i svijetlo-ljubičastom prugom koja predstavlja vrijednost  $\pm 0,059$ . Od najmanje izmjerene vrijednosti (400. arak) do one najveće (2.800 arak), razlika iznosi 0,24.

Oscilacije u gustoći obojenja su i očekivane, s obzirom da se radi o krajnjoj zoni tiska kod koje na protok boje kroz zonske vijke najviše utječe aksijalni pomak valjaka za razribavanje, kao i problemi nakupljanja boje na valjcima. Isti problem još se povećava činjenicom da pritisci među valjcima nisu isti na sredini i na kraju otiska te dolazi do različitih kohezivnih i adhezivnih sila unutar boje. Krajnja zona otiska opterećena je i otopinom za vlaženje koja se također nakuplja na rubovima valjaka za razribavanje i nanosom na tiskovnu formu. Na slici 60, na kojoj je prikazana gustoća obojenja kroz cijelu nakladu, vidi se da je početna gustoća obojenja nakon početka tiska smanjena, što je karakteristika i otisaka tiskanih na papirnim tiskovnim podlogama.

Kako je gustoća obojenja drastično pala, automatizirani sustav za kontrolu tiska detektirao pad vrijednosti te, na osnovu toga, tiskar na stroju računalno otvorio zonu bojanika, što se vidi iz daljnjeg povećanja gustoće obojenja. Međutim, tiskom kroz nakladu gustoća obojenja opet raste van preferiranih vrijednosti te sustav opet detektira grešku i postupak korekcije se ponavlja.

Navedene oscilacije u gustoći obojenja potencirane su činjenicom da na početku naklade nije ujednačen omjer boje i otopine za vlaženje kao i temperature valjaka i viskoznosti boje. Već na sredini naklade, kada su ti međuodnosi u boljoj korelaciji, vidi se smirivanje oscilacije u obojenju, vrlo blizu ciljanih vrijednosti te svakako unutar tolerancija obojenja.

Pred kraj naklade dolazi do naglog pada gustoće obojenja, što je bilo uvjetovano raznim čimbenicima - stajanjem stroja uslijed ponovnog ulaganja araka za tiska i uslijed novog dotoka boje. Svi naveden čimbenici koji su opisani prethodnom dijelu pokazuju da vrijednosti gustoća obojenja nisu kontinuirane unutar naklade, osim u jednom dijelu naklade između 4.000 i 4.400 arka.

Slike 61 i 62 prikazuju gustoće obojenja na rubu tiskovnog arka, kroz cijelu nakladu za magentu i žutu boju, sa prikazom srednjih vrijednosti gustoća te devijacijama oko srednjih vrijednosti. Za magentu, vidljivi su drastični skokovi među susjednim testnim arcima. Na primjer, razlika između 1. i 200. arka te 5.400 i araka 5.200. i 5.600., sa gotovo samog kraja naklade. Naime, najveća razlika u izmjerenim gustoćama iznosi 0,08. Vizualno i sa aspekta krajnjeg korisnika, odnosno Kupca, ovakva razlika nije primjetna. Ovu razliku detektirao je mjerni instrumenti, a analizom izlaznih rezultata za gustoće obojenja magente na rubu araka, vidljive su ove diskrepancije i u devijaciji oko srednje vrijednosti od 0,35, koja iznosi 0,02. Nakon početne vrijednosti koja je bila relativno visoka, sustav za podešavanje obojenja isto je, kao i kod tiska cijana na rubu arka, smanjio dotok bojila. Kroz idućih 600 araka (od 200. do 800. arka), također su primjetne fluktuacije gustoća obojenja što je zasigurno rezultat neujednačenosti omjera tiskovne boje i otopine za vlaženje, tipične za početak tiska, kao i za period „nastavka“ tiska nakon stajanja stroja uslijed reakcija tiskara i pomoćnog radnika na potrebu za čišćenjem valjaka, punjenjem bojanika i tako dalje ili mijenjanjem tiskovne ploče - tijekom ovog realnog procesa, tiskar je uočio mrlju na otiscima te je pravovremeno reagirao zaključivši da se radi o grešci koja se nalazi na tiskovnoj formi. Ovakvi slučajevi mogu se

dogadati i realnost su unatoč visokoj sofisticiranosti strojne opreme i obučenosti ljudskih resursa.

Od 1.200 do 2.800 arka primjećuje se relativno dobra ujednačenost gustoće obojenja, jer unatoč oscilacijama, treba uzeti u obzir da se radi o vrijednosti reda veličine 0,01 te da ovakve oscilacije ne utječu na izgled gotovog proizvoda. Nakon 2.800 arka dolazi do značajnijih oscilacija – većeg skoka gustoće te naglog pada i zadržavanja na vrijednostima od 0,32 do 0,33. Na gotovo samom kraju naklade dolazi do skoka vrijednosti koji je uzrokovan ponovnim umetanjem sintetskih araka u stroj. Potrebno je uzeti u obzir da se radi o arcima debljine 320  $\mu\text{m}$  te da ih je realno, na paleti za ulaganje i izlaganje puno manje no standardnih tiskovnih podloga.

Slika 62 prikazuje, kako je spomenuto, žutu boju čija srednja vrijednost iznosi 0,03, a standardna devijacija te vrijednosti 0,02, što je vrlo velika devijacija i upućuje na već vidljive velike oscilacije gustoća obojenja unutar promatrane naklade. Oscilacije ne započinju, unatoč predviđanju na osnovu cijana i magente, na već prvom otisku no tek na 600. otisku, nakon čega gustoća gotovo pa pravilno raste i doseže svoj maksimum od 0,05. U odnosu na najnižu izmjerenu gustoću od čak 0,014, raspon razlike gustoća obojenja žute boje na rubu arka iznosi 0,036. Nakon toga, gustoća obojenja pada i nastavlja varirati u rasponu od 0,30 do 0,41 do 3.200 arka, kada počinje padati. Neobično, s obzirom da se radi o sredini naklade, gdje bi procesi i međuovisni parametri koji ih čine već trebali imati kontinuitet bez značajnijih oscilacija. Naravno, ukoliko se uzme u obzir specifičnost tiska na sintetsku podlogu i da je u tijeku tiska jednom dodatno punjen dotok boje, jednom je zamijenjena tiskovna forma i tri je puta u tijeku procesa dopunjavan uložni kup, jasno je da su stajanja stroja mogla uzrokovati ovakve velike oscilacije između dvaju međusobno susjednih mjerenih araka, u rasponu od samo 200 araka.

Kod srednje zone mjerenih araka unutar cijele naklade, i to za cijan, magentu i žutu boju, prikazane slikama 62, 63 i 64, gustoće obojenja također variraju, i to za cijan oko srednje vrijednosti od 1,05 i to za  $\pm 0,06$ , s najvećim rasponom razlike od 0,33. Prvi otisak ima nešto veću gustoću obojenja, nakon čega, kao i na rubu arka, akcijom tiskara gustoća obojenja do idućeg mjerenog, 200. arka naglo padne. Minimum gustoće obojenja dosegnut je na 400. arku, a slično tome je i na rubu arka (slika 60) uočena uvjerljivo najniža gustoća obojenja.

Ovo upućuje na drastičnu reakciju tiskara smanjenjem dotoka bojila i pretjeranim dodavanjem otopine za vlaženje, jer je unatoč činjenici da se radi o sredini arka, ova pojava kontinuirana kroz promatranu nakladu po cijeloj površini arka, odnosno sve tri mjerene zone. Kako će biti vidljivo i na kasnije opisanoj slici 66, koja prikazuje rubnu 14. zonu arka, također će biti primijećena najniža vrijednost gustoće obojenja na 400. promatranom uzorku.

Vršna vrijednost gustoće obojenja se na sredini arka ne uočava se na 2.800 kao kod 1. zone, već na 4.800, što će biti karakteristično i za 14. zonu odnosno rub arka (slika 66). Od 1.400 do 4.600 arka gustoća obojenja je relativno ujednačena, s većim porastom vrijednosti na 2.400 arku. Ovakav kontinuitet malih oscilacija nastavlja trend sve do kraja naklade, osim za 4.800 arak, koji naglo postiže drastičnu vrijednost, koja se odmah potom, do idućeg promatranog uzorka smanjuje na prihvatljivu gustoću obojenja.

Magenta i žuta boja sa sredine promatranih uzoraka, prikazane slikama 64 i 65, zadržavaju kontinuitet u predvidivim, većim vrijednostima na prvom otisku, koje reakcijom tiskara značajno padnu već do 200. otiska, odnosno 2. promatranog uzorka. Srednja vrijednost izmjerenih gustoća magente iznosi 0,38, s devijacijom od  $\pm 0,01$ . Maksimalna razlika u izmjerenim gustoćama iznosi 0,06, što je za nevještog promatrača, unutar naklade - neprimjetno. Žuta boja (slika 65) pokazuje oscilacije od najniže vrijednosti, koja je izmjerena na 1.400 arku i iznosi 0,30 do najveće od 0,047 na 5.400 arku. Srednja vrijednost izmjerenih gustoća iznosi 0,04, a devijacija 0,004. U odnosu na 1. zonu odnosno rub tiskovnog arka, može se reći da je srednja vrijednost gustoće obojenja porasla te je devijacija vrijednosti ujedno pala. Također, ovo je notirano i kod promatranja obojenja magente, na rubu arka i na sredini arka.

Slike 66, 67 i 68 prikazuju gustoće obojenja cijana, magente i žute boje i to na 3. promatranom zoni, odnosno 14., krajnjoj zoni tiskovnog arka. Cijan je nakon pada srednje vrijednosti gustoće sa prve zone (1,08) do srednje zone (1,05), zadržao istu vrijednost od 1,05, uz neznatan porast devijacije ( $\pm 0,062$ ) u odnosu na 1. zonu ( $\pm 0,059$ ). Tek neznatno devijacije je pala u odnosu na sredinu arka ( $\pm 0,067$ ). Kao što je spomenuto, cijan je zadržao specifično ponašanje unutar naklade i to površini cijelog arka za pojavu naglog pada gustoće obojenja na 400. arku te naglog skoka gustoće obojenja na 25. promatranom uzorku, odnosno 4.800

arku. Raspon između najniže i najviše izmjerene vrijednosti , na 400. i 2.400 te 4.800 arku iznosi 0,25. Maksimalna vrijednost očitana na 4.400 arku ipak je umanjena u odnosu na sredinu arka, gdje je iznosila 1,21, a na rubu arka iznosi 1,14.

Gustoća obojenja magente na rubu arka (slika 64), odnosno njezina srednja vrijednost, u odnosu na 1. zonu (0,35) i sredinu arka (0,38), porasla je na suprotnom rubu arka (14. zona) na 0,41, uz devijaciju od  $\pm 0,28$ , što također bilježi porast u odnosu na prethodne dvije. Ovo znači i da su oscilacije bile veće, a raspon među njima iznosi 0,134, što je ujedno i najveća razlika u izmjerenim vršnim vrijednostima gustoće obojenja magente. Najmanja razlika primijećena je na sredini arka. Za magentu je i dalje značajan pad obojenja od 1. do 200. arka na 1. zoni, na sredini kao i na ovdje promatranom rubu arka, odnosno 14. zoni. Ovakav kontinuitet koji se odnosi na cijelu površinu arka tumačimo akcijom tiskara kojom je želio smanjiti količinu obojenja. Idući promatrani arak, 400. Unutar naklade, dokaz je da je to načinjeno u prevelikoj mjeri jer se nakon toga, do pojave 600. arka, gustoća obojenja ponovno drastično povisila, opet intervencijom tiskara.

Žuta boja na rubu arka (slika 68) ima srednju vrijednost gustoća obojenja od 0,03, baš kao i na suprotnom rubu arka, te standardnu devijaciju srednje vrijednosti od  $\pm 0,0055$ , što predstavlja smanjenje devijacije u odnosu na suprotni rub arka (1. zonu), ali neznatno povećanje devijacije u odnosu na sredinu arka ( $\pm 0,0044$ ). Gustoća obojenja (srednja vrijednost) bila je nešto veća u sredini arka i iznosila je 0,04. Vršne vrijednosti pojavile su se na arcima na kojima to nije primijećeno za 1. zonu i za sredinu arka, međutim ipak su veličinom smanjene u odnosu na spomenute dvije zone.

Najveću razliku u srednjoj gustoći obojenja kroz nakladu, a u ovisnosti o poziciji na tiskovnom arku, „pretrpjela“ je magenta, dok se žuta, promatrana generalno ponašala ujednačeno. Cijan je izgubio na srednjoj vrijednosti gustoće u odnosu na 1. zonu, međutim sredina arka i rub arka zadržavaju istu vrijednost. Cijan je najviše oscilirao vrijednostima devijacije za sredinu arka (najvećom vrijednošću), kao i magenta, ali na suprotan način (najnižom vrijednošću). Žutoj boji je devijacija izmjerenih vrijednosti najmanja za prvu zonu, te raste kroz sredinu arka i na suprotnom rubu (slike 57, 58 i 59).

Slike 69 do 77 prikazuju izmjerene vrijednosti razlika boje kroz nakladu za cijan, magnetu i žutu boju i to promatrane kroz 1. zonu, sredinu arka (8. zona) i krajnju zonu tiskovnog arka

(14. zona). „Presjek“ izmjerenih razlika boje, grupiranih za sve tri promatrane zone po bojama, dan je slikama 78, 79 i 80. Predefinirane vrijednosti pohranjene u stroju, kao parametar koji vrijedi za ovaj specifičan radni nalog, je  $\Delta E_{tol} = 2,5$  i to za cijan, magentu i žutu boju. Neovisno o toj predefiniranoj toleranciji, specifičnoj za ovu vrstu posla, za ovu analizu se relevantnom vrijednošću smatra vrijednost tolerancije devijacije koja iznosi 5, i to za cijan, magentu i žutu boju, a u skladu sa propisanim vrijednostima norme ISO 12647-2:2004. Vrijednost  $\Delta E$  standardizirana je za ofsetni tisak na papirnim tiskovnim podlogama, i to za pet vrsta papira. Navedeni standard definira vrijednost boje unutar CIEL\*a\*b\* sustava s kojom se, uz optimalne ostale parametre u tisku, može dobiti kvalitetan otisak. Cilj je svake reprodukcije, bez obzira radi li se o tisku na papirnim ili sintetskim podlogama, što manja vrijednost odstupanja boje izražene u  $\Delta E$  od ciljane vrijednosti.

Slikom 81 prikazane su vrijednosti  $\Delta E$  za cijan boju na 1. zoni tiskovnog arka, točnije preostale razlike boje od vrijednosti inicijalno memoriranih u stroju, kao referentne vrijednosti za ovaj specifičan posao. Iz izmjerenih rezultata razlika boje izračunata je standardna devijacija oko srednje vrijednosti, kako je prikazano tamnom linijom s oznakom 1,57 i svijetlo-ljubičastom prugom koja predstavlja vrijednost devijacije od  $\pm 1,29$ . Crvenom linijom označena je  $\Delta E_{tol} = 2,5$ . Propisana tolerancija devijacije (5) nije naznačena, a dvije vršne vrijednosti prelaze ovu standardom (ISO 21647-2:2004) propisanu veličinu. Najveća izmjerena razlika boje odnosi se na 4.800 arak, gdje  $\Delta E$  iznosi 5,3 te na 4.400 arak. Zanimljivo je da ovo nisu arci na kojima je, na prvoj mjerenoj zoni, detektirana najveća izmjerena gustoća obojenja. Predefiniranu vrijednost  $\Delta E_{tol}$ , premašilo je ukupno 18 testiranih arka iz naklade, što čini više od 50%. Promatrajući najniže i najviše izmjerene vrijednosti  $\Delta E$  u odnosu na izmjerene gustoće obojenja za isti arak, ne može se sa sigurnošću utvrditi poveznica niti način na koji bi ove dvije veličine korelirale. Dapače, 1. mjereni uzorak (1. otisak) imao je vrlo visoku gustoću obojenja te ju je potom, na 200. arku obilježio značajan pad. U slučaju  $\Delta E$ , upravo je suprotno – vrijednost  $\Delta E$  prvog uzorka (2. arka) daleko je manja no ona izmjerena na 200. otisku. Najmanja razlika boje je kod 5.400 arka, a raspon razlika od najveće do najmanje  $\Delta E$  iznosi 4,2.

Slikama 82 i 83 prikazane su vrijednosti razlika boja za magentu i žutu boju, na prvoj mjerenoj zoni araka u cijeloj nakladi. Srednja vrijednost  $\Delta E$  za magentu iznosi 2,22, sa devijacijom od  $\pm 1,57$ . Raspon između najveće i najmanje izmjerene vrijednosti iznosi čak

5,08. Iznad definirane vrijednosti  $\Delta E_{tol} = 2,5$  nalazi se ukupno 11 od 30 uzoraka, a iznad standardom propisane tolerancije devijacije izmjerena je samo jedna vrijednost (5,28) i to na 5.400. arku. Također veliki skok u izmjerenoj vrijednosti očitovao se za gustoću obojenja istog arka (slika 61). Slično kao i kod cijana, uspoređujući vrijednost gustoće obojenja i  $\Delta E$  na 1. uzorku, odnosno prvom mjenom arku unutar naklade, vidljivo je da je gustoća obojenja bila jako visoka, dok je  $\Delta E$  vrijednost niska. Pred kraj naklade, od otisaka 5.000 – 5.800 vrijednosti  $\Delta E$  su izrazito visoke, no gustoće boja na tim otiscima relativno su niske, uz već spomenutu anomaliju koja se pojavljuje na 28. otisku.

Kod žute boje i njezine razlike boje kroz nakladu (slika 83), čija srednja vrijednost iznosi 2,17, a standardna devijacija  $\pm 1,18$  uočljive su također velike oscilacije koje rezultiraju premašivanjem  $\Delta E_{tol}$  i to za 12 od ukupno 30 arka. Raspon razlike između vršnih vrijednosti iznosi 3,8, s naznakom da je najmanja vrijednost očitana na 2.800 arku, gdje je i gustoća obojenja bila unutar prosječne vrijednosti. Nagle padove i drastičan rast razlike boje nije moguće predvidjeti na osnovu komparacije grafova izmjerenih gustoća obojenja i razlika boje.

Slike 84, 85 i 86 prikazuju razlike boje cijana, magente i žute na sredini, odnosno 8. zoni araka unutar promatrane naklade. Srednja vrijednost  $\Delta E$  cijana (slika 84) iznosi 0,86 s devijacijom od  $\pm 1,31$ . Od najveće do najmanje izmjerene vrijednosti, razlika je 1,9. Niti jedna od izmjerenih vrijednosti ne prelazi dopuštenu  $\Delta E_{tol}$  od 2,5 niti toleranciju devijacije propisane standardom (5). U odnosu na izmjere načinjene na 1. zoni, na sredini je arka uočljiv pad srednje vrijednosti razlika boje od čak 53%. Najznačajniji skok u povećanju  $\Delta E$  primijećen je od 3.800 arka, sve do kraja naklade, uz anomaliju koja se očituje naglim padom razlike na 5.000. arku.

Razlika boje magente (slika 85) prikazuje srednju vrijednost od 1,44 s devijacijom od  $\pm 1,65$ . U odnosu na promatrane vrijednosti razlika boje na rubu arka (1. zona), ovo predstavlja pad veličina, odnosno poboljšanje od 65%. Raspon između najveće i najmanje vrijednosti iznosi 2,69. Niti jedna izmjeren vrijednost ne prelazi standardnom propisanu toleranciju devijacije (5), međutim 8 araka ima vrijednosti veće od  $\Delta E_{tol}$ . Promatrajući srednje gustoće obojenja za ovu istu zonu, nije moguće detektirati poveznicu između gustoća obojenja i naglih skokova i padova u razlici boje.

Slika 86 prikazuje srednju vrijednost  $\Delta E$  žute boje koja iznosi 2,12, s devijacijom od  $\pm 1,57$ . Ovo predstavlja tek neznatno poboljšanje u podnosu na 1. zonu arka i njihovu razliku boje. Najniža izmjerena razlika postignuta je na 2.600. arku, odnosno sredini naklade, dok je najveća razlika boje uočena na 600. arku. Ovo čini razliku od 3,67. Niti jedna izmjerena vrijednost ne prelazi toleranciju devijacije, no 11 od ukupno 30 izmjerenih araka prelazi predefiniranu vrijednost od  $\Delta E_{tol} = 2,5$ .

Slika 87 prikazuje izmjere  $\Delta E$  vrijednosti cijan boje, na 14. zoni tiskovnog arka, odnosno rubu arka. Srednja vrijednost izmjerenih  $\Delta E$  iznosi 0,88, s devijacijom od  $\pm 0,62$ . Raspon razlika izmjerenih vrijednosti unutar naklade iznosi 1,8. Kroz sredinu naklade, vrlo visoke gustoće obojenja (slika 66) dale su niske vrijednosti  $\Delta E$ , na osnovu čega bi se mogle donijeti određene pretpostavke, međutim „ponašanje“  $\Delta E$  vrijednosti na 400. i 600. arku, u odnosu na niske gustoće obojenja onemogućuje zaključivanje međusobnih jednoznačnih interakcija ovih dvaju parametara. U odnosu na sredine araka i njihove prosječne  $\Delta E$ , bilježi se neznatan porast vrijednosti, međutim u odnosu na 1. zonu araka ipak 14. zona bilježi poboljšanje, odnosno smanjenje  $\Delta E$  od 56%. Standardna devijacija izmjerenih rezultata, a ujedno i oscilacije između mjerenih 30 araka unutar naklade, značajno su manje u odnosu na 1. zonu i sredinu arka. Niti jedna od izmjerenih vrijednosti ne prelazi standard (5) niti predefinirane postavke ovog specifičnog radnog naloga vrijednošću  $\Delta E_{tol}$  od 2,5.

Magneta, međutim, sa ukupno 11 od 30 izmjerenih araka prelazi vrijednost 2,5, s najvišom izmjerenom razlikom boje od 4,5 (slika 88). Uz najnižu izmjerenu vrijednost od 0,1, ovo čini razliku od 4,4. Srednja vrijednost izmjerenih razlika boje iznosi 2,09, uz standardnu devijaciju od  $\pm 1,56$ . Magneta bilježi pad vrijednosti razlike boje na sredini arka, dok su na rubnim dijelovima araka srednje vrijednosti razlika boje i standardne devijacije podjednake. Niti jedna izmjerena vrijednost ne prelazi standardom propisanu toleranciju devijacije.

Slika 89 prikazuje izmjere razlika boje za žutu boju, na rubu arka, gdje je srednja vrijednost  $\Delta E = 1,35$ , a standardna devijacija  $\pm 0,99$ . Ukupno pet izmjerenih araka premašuje dozvoljenu  $\Delta E_{tol}$  od 2,5, s maksimalnom izmjerenom vrijednošću od 3,47 na 400. arku te razlikom do najmanje izmjerene vrijednosti (0,1) od 3,37. Niti jedan arak ne prelazi vrijednost tolerancije devijacije od 5. U odnosu na sredinu arka (8. zona), ovaj rub arka (14. zona) bilježi pad u razlici boje od 64%, kao i u odnosu na 1. zonu arka (62%).



Slikama 78, 79 i 80 prikazano je „ponašanje“ boja po promatranim zonama te je lako uočljiv značajan pad  $\Delta E$  cijana (slika 78) na 1. zoni u odnosu na sredinu i drugi rub arka. Također, uočljiva je i stanovita sličnost rezultata i ponavljanje oscilacija izmjerenih vrijednosti unutar naklade, za sredinu arka i 14. zonu arka.

Kod žute boje pak (slika 80) uočljiva je stanovita sličnost u osciliranju sve tri zone i to tek od polovine naklade do kraja naklade. Početak tiska naklade obilježen je značajnom oscilacijom  $\Delta E$  za prvu zonu araka.

Magenta, prikazana slikom 79, pokazuje neujednačenost razlika boje zona unutar cjelokupne naklade te je tek jedva zamjetna sličnost u „ponašanju“ primijećena na rezultatima sredine arka i ruba arka (oznake 2. zona i 3. zona) i to u rasponu od 1.400 do 4.400 araka, s naglim skokom vrijednosti za 3. zonu, koja započinje od 3.400 arka. Vrijednosti 2. i 3. zone ponovno se susreću 4.400 arku i dalje nastavljaju trendove svojih oscilacija bez prepoznatljivog uzorka.

### 3 Zaključci

Kroz standard koji propisuje referentne vrijednosti kvalitetne višebojne reprodukcije tehnikom ofsetnog tiska ISO 12647 – 2:2004 na pet vrsta papirnih tiskovnih podloga, istraživale su se izlazne vrijednosti mjerenja provedenih na otiscima izrađenim tehnikom ofstelog tiska, korištenjem UV sušućih boja, ali na neupojnoj tiskovnoj podlozi izrađenoj od termoplastičnog materijala - polivinilklorida. S obzirom da postoje brojne znanstvene studije vezane uz kvalitetu tiska na papirnim tiskovnim podlogama svih vrsta, znanstvene studije o istraživanju kvalitete tiska na sintetskim tiskovnim medijima odnose se samo na definirane određene parametre kvalitete tiska.

Mjerenjima koja su provedena u sklopu ovog istraživanja utvrđene su vrijednosti nekih od osnovnih tiskarskih parametara kvalitete – gustoće obojenja i razlike boje te odstupanja i devijacije rezultata mjerenja. Ustanovljena je veličina odstupanja u odnosu na očekivanu vrijednost specificiranu za specifičan proizvod te vrijednosti tolerancije devijacije i tolerancije varijacije, propisane standardom ISO 12647-2:2004.

Tisak na neupojne tiskovne podloge kod kojih nema poroznosti, tekstura, kapilarnosti niti tokova vanjskih niti unutrašnjih struktura te čija je površinska hrapavost zanemariva, trebao bi, uz konstantne parametre u proizvodnji, pokazivati i konstantne rezultate mjerenja kontrole kvalitete višebojne reprodukcije.

Istraživanjem je utvrđeno da i sintetska tiskovna podloga pokazuje odstupanja, kao i u slučaju mjerenja kvalitete višebojnih reprodukcija na papirnim tiskovnim podlogama.

U odnosu na izmjerene vrijednosti u sklopu realne proizvodnje čiji su uzorci izuzimani za potrebe ovog istraživanja, može se zaključiti da se ne radi o lošoj kvaliteti tiska jer su svega tri izmjerene vrijednosti, od ukupno 270 izmjera razlika boje premašile standardom propisanu vrijednost tolerancije devijacije ( $\Delta E = 5$ ), što čini 1,1% odstupanja.

Međutim od predefinirane vrijednosti, zapisane u „*Prinect Image control*“ sustavu, koja je ciljano iznosila  $\Delta E_{tol} = 2,5$  za sve tri promatrane boje, čak je 73 izmjerenih vrijednosti bilo izvan granične vrijednosti, što čini 27%.

Istraživanjima u ovome radu ustanovljeno je da kod tiska na sintetskim tiskovnim podlogama gustoća obojenja oscilira različito, ovisno o položaju zone bojanika. Ustanovljeno je da je oscilacija boje različita kod različitih boja (cijan, magenta, žuta), što je u korelaciji s istraživanjima kvalitete tiska na papirnim tiskovnim podlogama. Vrijednosti oscilacija gustoće obojenja na svim tiskovnim agregatima u određenim momentima unutar tiska naklade, značajno su veće od standardne devijacije svih mjerenja, što također potvrđuje sličnost sa rezultatima istraživanja na papirnim tiskovnim podlogama.

Istraživanjem kolorimetrijskih vrijednosti osnovnih tiskarskih boja (CMY) te analizom razlike boje  $\Delta E$  u odnosu na zadanu vrijednost, ustanovljeno je da na svim tiskovnim agregatima vrijednosti  $\Delta E$  ne prelazi vrijednost od  $\Delta E = 5$ , osim neznatno, za nekoliko uzorkovanih araka. Međutim, kako je zaštitni tisak izrazito zahtjevan po pitanju kvalitete tiska i izrade proizvoda, istraživanjima je ustanovljeno da navedene vrijednosti  $\Delta E$  ne zadovoljavaju kvalitetu tiska u svim dijelovima naklade, gdje je tolerancija razlike boje  $\Delta E_{\text{tol}} = 2,5$ .

Analizirajući vrijednosti gustoće obojenja i razlike boje kroz cijelu nakladu i na svim tiskovnim agregatima uočeno je da vrijednosti osciliraju na sličan način kao i kod tiska na papirnim tiskovnim podlogama.

Dokazano je da se neupojna tiskovna podloga ne može smatrati tiskovnim medijem koji će kvalitetu višebojne reprodukcije učiniti kontinuiranom i predvidljivom, te u potpunom skladu sa očekivanim ciljanim vrijednostima.

---

*Na osnovu provedenih istraživanja preporučuje se češće izuzimanje mjernih araka, jer se korak od po 200 araka pokazao nedostatnim radi evidentnih drastičnih skokova i padova izmjerenih vrijednosti između samo dva susjedna mjerena araka.*

*Provedenom analizom istraživanja unutar ovog rada, dokazano je da je međunarodni standard ISO 12647 - 2:2004 u mnogim parametrima relevantan za ustanovljavanje kvalitete tiska na sintetskim tiskovnim podlogama.*

*Rezultatima istraživanja u ovome radu, stvoreni su preduvjeti za proširenje znanstvenih spoznaja o utjecaju promjenjivih tiskarskih parametara na kvalitetu tiska na sintetskim tiskovni podlogama.*

## 4 Literatura

- 1) Smart Card News Ltd.; „The International Smart Card Industry Guide“; 1997.
- 2) Yahya Haghiri, Thomas Tarantino (2002)., „Smart card manufacturing, A practical Guide“, John Wiley & Sons, Ltd., (ISBN 0-471-49767-3), West Sussex, England
- 3) Furletti M; An Overview of Smart Card Technology and Markets; April 2002.
- 4) Warner R.D., Adams R.; Believe M, Introduction to security printing, GATFPress, 2005.
- 5) Finkenzeller K, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Card and Identification, Willey, USA, 2003., ISBN 0-470-84402-7
- 6) Kipphan, H., Handbook of Print Media, Technologies and production Methods, first ed., Springer, Heidelberg, 2001.
- 7) Zjakić I, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Zagreb, Hrvatska Sveučilišna naklada, 2007.
- 8) Englund C., Verikas A., A hybrid approach to outlier detection in the offset lithographic printing process, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 18, Issue 6, September 2005, Pages 759-768
- 9) Bruce Fraser, Chris Murphy, Fred Bunting (2005). „Color management“, Second edition, Peachpit press, (ISBN 0-321-26722-2), Berkeley, California
- 10) Williams, S, Practical colour management, Optics & Laser Technology. 38 (2006) 399-404.
- 11) Englund C, Verikas A.; Ink flow control by multiple models in an offset lithographic printing process, Computers & Industrial Engineering, Volume 55, Issue 3, October 2008, Pages 592-605
- 12) PIRA: „The print and production manual“, Pira International Ltd, 2005
- 13) Wolfgang Rankl, Wolfgang Effing (2002)., „Smart Card Handbook“, Third Edition, John Wiley & Sons, Ltd., (ISBN 0-470-85668-8) West Sussex, England
- 14) [http://173.201.191.205/downloads/en/LaserCard White Paper OSM v2.pdf](http://173.201.191.205/downloads/en/LaserCard%20White%20Paper%20OSM%20v2.pdf)
- 15) <http://www.nfcworld.com/list-of-nfc-trials-pilots-tests-and-commercial-services-around-the-world/>
- 16) ISO/IEC 7810:2003 Identification cards – Physical characteristics

- 17) ISO/IEC 10373-1:2006 Identification cards - Test methods: General characteristics
- 18) [http://www.spc-ag.ch/pdf/SPC\\_security\\_printing\\_inks\\_02\\_2k8.pdf](http://www.spc-ag.ch/pdf/SPC_security_printing_inks_02_2k8.pdf)
- 19) <http://prado.consilium.europa.eu/en/2142/dochome.html#docelement1secfeature7>
- 20) <http://www.metallicsecurity.cz/whats-new/makrofol/index.html>
- 21) <http://prado.consilium.europa.eu/en/glossarypopup.html>
- 22) <http://www.scratchhologram.com/>
- 23) Stephen A. Benton, V. Michael Bove Jr, „Holographic imaging“, 2008, John Wiley & Sons, ISBN 978-0-470-06806-9
- 24) Grupa autora: „Inženjerski priručnik – proizvodno strojarstvo, prvi svezak, Materijali“, 1. Izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 1998., ISBN 953-0-31665-8
- 25) A Pira International Printing Guide „Printing Materials: Science and technology“, Bob Thompson, Pira International, 2004, ISBN 1-85802-981-3
- 26) European patent application: Printing ink for plastics enhanced lamination properties, and printing method, SICPA HOLDING S.A., Publication number: 0343310 A1, 29.11.1989., Bulletin 89/48
- 27) R. H. Leach, R. J. Pierce „The Printing ink manual“ Fifth edition, 2008, Springer Science + Business Media B.V., ISBN 978-0-948905-81-0
- 28) ISO 8296:2003 Plastics - Film and sheeting - Determination of wetting tension
- 29) Traber, K., Gemeinhardt, J.: “Foundations for the standardization of sheet-fed offset printing with UV inks on absorbent and non-absorbent substrates“, FOGRA, 2006
- 30) Gary G. Field „Color and Its Reproduction, Fundamentals for the Digital Imaging and Printing Industry“, Third edition, 2004, GATFPRESS, ISBN 0-88362-407-9
- 31) Roy S. Berns „Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology“, Third edition, 2000., John Wiley & Sons, ISBN 978-0-471-19459-0
- 32) Raspršenje i transport svjetlosti u tiskovnim podlogama : doktorska disertacija / Damir Modrić ; voditelj rada Stanislav Bolanča. - Zagreb : Grafički fakultet, 2007. – UDK 676.22.017, 535.6
- 33) Wyszecki, G., Stiles, W.S., Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, second ed., Wiley-Interscience Publication, New York, 1982.

34) Optimalizacija sustava rasterske reprodukcije u tisku : doktorska disertacija / Igor Zjakić ; voditelj rada Stanislav Bolanča. - Zagreb : Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu ; 2005. – UDK 655.3

35) Utjecaj metamerije u tisku : magistarski rad / Igor Zjakić ; voditelj rada Stanislav Bolanča. - Zagreb : Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu ; 2002. – UDK 655.344

36) <http://www.color.org/slidepres2003.pdf>

37) ISO 12674 Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes

38) Heidelberg Prinect Image Control User's Guide, Edition 05/2007, Heidelberger Druckmaschinen AG, Heidelberg, Germany

39) Studij gamuta grafičkih otisaka : magistarski rad / Milković Marin ; voditelj rada Stanislav Bolanča. - Zagreb : Grafički fakultet, 2004. – UDK 655.3.024, 043

## 5 Popis slika

Slika 1: Shema izrade reljefno ispuščenih ili udubljenih slovno-brojčanih znakova .....	8
Slika 2: Reljefno ispuščeni znakovi sa srebrnom „tipping“ folijom .....	8
Slika 3: Standardizirana dimenzija magnetne trake na kartici .....	9
Slika 4: Arak za laminaciju i izradu kartica, predoslojen magnetnim trakama .....	10
Slika 5: Potpisna traka s tiskom u plavoj boji .....	11
Slika 6: Identifikacijski dokument s individualiziranom WORM optičkom memorijom na naličju .....	11
Slika 7: USB čitač kontaktnih kartica .....	13
Slika 8: RFID komunikacija kartice i čitača .....	15
Slika 9: „Dual-interface“ kartica i hibridna kartica .....	15
Slika 10: Podjela pametnih kartica .....	17
Slika 11: Dimenzije kartica prema standardu ISO/IEC 7810:2003 .....	18
Slika 12: Kartica formata ID-000, kao sastavni dio kartice ID-1 formata .....	19
Slika 13: Žutozelena i crvena UV luminiscirajuća boja na OI RH (izvor AKD) .....	24
Slika 14: Kartica promatrana pri dnevnom svjetlu i pri IR izvoru svjetla .....	24
Slika 15: Izmjena OVI boja - zlatno-zelena-bakreno i magenta-zlatno <sup>[19]</sup> .....	25
Slika 16: Zaštitna nit s uzorka Njemačke e-osobne iskaznice <sup>[19]</sup> .....	25
Slika 17: OVDot® čestice u polikarbonatnom arku za proizvodnju kartica .....	26
Slika 18: Guilloche uzorak, u pozitivu i negativu <sup>[21]</sup> , primjer mikroteksta <sup>[19]</sup> .....	27
Slika 19: Iris tisak fine linijske grafike i teksta „EU“, kao osnovnog rasterskog elementa .....	27
Slika 20: Reljefnost kreirana modulacijom linijature .....	28
Slika 21: Hologramska strugalica <sup>[22]</sup> .....	29
Slika 22: Apliciranje hologramske folije tehnikom vrućeg foliotiska .....	30
Slika 23: Osobna iskaznica RH – mikrotisak na Kinegramu® .....	32
Slika 24: Parcijalno demetaliziran i potpuno metaliziran Kinegram® .....	32
Slika 25: Braille-ovo pismo, motiv pletera i lentikularni žljebovi .....	33
Slika 26: Lasersko graviranje – dubinsko i reljefno .....	34



Slika 27: Rezultat dubinskog i reljefnog laserskog graviranja .....	34
Slika 28: Lasersko graviranje višestruke laserske slike .....	35
Slika 29: Laserska mikroperforacija .....	36
Slika 30: Proces izrade kartica .....	37
Slika 31: Presjek kartice izrađene injektiranjem (jednoslojna) i laminiranjem (višeslojna) .....	38
Slika 32: Arak predoslojen RFID čipovima sa pripadajućim antenama .....	39
Slika 33: Princip ofsetnog tiska <sup>[13]</sup> .....	44
Slika 34: Princip sitotiska <sup>[6]</sup> .....	46
Slika 35: Inlay predoslojen RFID čipovima u „layoutu“ 5 x 5 kartica .....	48
Slika 36: Ugradnja čipa laminacijom.....	50
Slika 37: Glodanje udubine za kontaktni čip .....	51
Slika 38: Oprema za testiranje površinske napetosti sa specificiranim vrijednostima u Mn/m .....	62
Slika 39: Vidljivi rezultat testiranja površinske napetosti sintetske tiskovne podloge.....	63
Slika 40: Raspršenje upadnih zraka svjetlosti na netransparentnoj podlozi .....	66
Slika 41: Princip rada spektrofotometra .....	68
Slika 42: CIEl*a*b* prostor boja .....	70
Slika 43: Ukupan prirast rasterskog elementa .....	71
Slika 44: Princip rada refleksijskog denzitometra .....	72
Slika 45: Krivulje A – F dozvoljenog rasterskog prirasta, prema normi ISO 12647-2:2004 .....	78
Slika 46: Prikaz podataka o boji „Prinect Image Control“ modula .....	82
Slika 47: Dijagram tijekom istraživanja .....	84
Slika 48: Gustoća obojenja cijan boje za 1. zonu.....	89
Slika 49: Gustoća obojenja magenta boje za 1. zonu .....	89
Slika 50: Gustoća obojenja žute boje za 1. zonu .....	90
Slika 51: Gustoća obojenja cijan boje za 2. zonu.....	92
Slika 52: Gustoća obojenja magenta boje za 2. zonu .....	92
Slika 53: Gustoća obojenja žute boje za 2. zonu .....	93
Slika 54: Gustoća obojenja cijan boje za 3. zonu.....	95

Slika 55: Gustoća obojenja magenta boje za 3. zonu .....	95
Slika 56: Gustoća obojenja žute boje za 3. zonu .....	96
Slika 57: Gustoće obojenja cijan boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka .....	96
Slika 58: Gustoće obojenja magenta boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka .....	97
Slika 59: Gustoće obojenja žute boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka.....	97
Slika 60: Srednja vrijednost gustoće obojenja cijan boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	99
Slika 61: Srednja vrijednost gustoće obojenja magenta boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	100
Slika 62: Srednja vrijednost gustoće obojenja žute boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	101
Slika 63: Srednja vrijednost gustoće obojenja cijan boje na 2. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	102
Slika 64: Srednja vrijednost gustoće obojenja magenta boje na 2. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	103
Slika 65: Srednja vrijednost gustoće obojenja žute boje na 2. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	104
Slika 66: Srednja vrijednost gustoće obojenja cijan boje na 3. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	105
Slika 67: Srednja vrijednost gustoće obojenja magenta boje na 3. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	106
Slika 68: Srednja vrijednost gustoće obojenja žute boje na 1. zoni i standardna devijacija gustoće obojenja.....	107
Slika 69: Razlika boje cijan za 1. zonu.....	109
Slika 70: Razlika boje magenta za 1. zonu .....	109
Slika 71: Razlika žute boje za 1. zonu .....	110
Slika 72: Razlika boje cijan za 2. zonu.....	112
Slika 73: Razlika boje magenta za 2. zonu .....	112
Slika 74: Razlika žute boje za 2. zonu .....	113
Slika 75: Razlika boje cijan za 3. zonu.....	115
Slika 76: Razlika boje magenta za 3. zonu .....	115
Slika 77: Razlika žute boje za 3. zonu .....	116

Slika 78: Razlika boje cijan na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka .....	116
Slika 79: Razlika boje magenta na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka.....	117
Slika 80: Razlika žute boje na 1., 2. i 3. zoni tiskovnog arka .....	117
Slika 81: Srednja vrijednost razlika boje cijan na 1. zoni i standardna devijacija razlike boje .....	119
Slika 82: Srednja vrijednost razlika boje magenta na 1. zoni i standardna devijacija razlike boje.....	120
Slika 83: Srednja vrijednost razlika žute boje na 1. zoni i standardna devijacija razlike boje .....	121
Slika 84: Srednja vrijednost razlika cijan boje na 2. zoni i standardna devijacija razlike boje .....	122
Slika 85: Srednja vrijednost razlika boje magenta na 2. zoni i standardna devijacija razlike boje.....	123
Slika 86: Srednja vrijednost razlika žute boje na 2. zoni i standardna devijacija razlike boje .....	124
Slika 87: Srednja vrijednost razlika boje cijan na 3. zoni i standardna devijacija razlike boje .....	125
Slika 88: Srednja vrijednost razlika boje magenta na 3. zoni i standardna devijacija razlike boje.....	126
Slika 89: Srednja vrijednost razlika žute boje na 3. zoni i standardna devijacija razlike boje .....	127

## 6 Popis tablica

Tablica 1: Međunarodni standardi koji opisuju kartice.....	13
Tablica 2: Međunarodni standardi koji opisuju beskontaktnu karticu.....	16
Tablica 3: Standardizirane dimenzije kartica s dozvoljenim odstupanjima .....	18
Tablica 4: Svojstva sintetskih materijala za proizvodnju kartica .....	40
Tablica 5: Temperature boje svjetlosti u korelaciji za prirodne i umjetne izvore .....	69
Tablica 6: CIELAB $\Delta E^*_{ab}$ tolerancije punih tonova procesnih boja.....	78
Tablica 7: Period izuzimanja testnih araka unutar cjelokupne naklade .....	86
Tablica 8: Predefinirane vrijednosti tolerancije razlike boje.....	87
Tablica 9: Vrijednosti D za cijan, magenta i žutu boju – 1.zona .....	88
Tablica 10: Vrijednosti D za cijan, magenta i žutu boju – 2.zona .....	91
Tablica 11: Vrijednosti D za cijan, magenta i žutu boju – 3.zona .....	94
Tablica 12: Pregled standardnih devijacija za izmjerene gustoće obojenja D, za 1., 2. i 3. zonu.....	98
Tablica 13: Vrijednosti $\Delta E$ za cijan, magenta i žutu boju – 1.zona .....	108
Tablica 14: Vrijednosti $\Delta E$ za cijan, magenta i žutu boju – 2.zona .....	111
Tablica 15: Vrijednosti $\Delta E$ za cijan, magenta i žutu boju – 3.zona .....	114
Tablica 16: Pregled standardnih devijacija za izmjerene razlike boje $\Delta E$ , za 1., 2. i 3. zonu .....	118

## 7 Životopis

Gordana Delišimunović rođena je 24.04.1977. godine u Zagrebu. Osnovnu i srednju školu, X. prirodoslovno-matematičku gimnaziju, završava u Zagrebu. Na Grafičkom fakultetu u Zagrebu, tehničko-tehnološkom smjeru, diplomirala je 2001. godine, čime stječe titulu diplomiranog inženjera grafičke tehnologije.

Od 2002. godine radi u Agenciji za komercijalnu djelatnost d.o.o., u odjelu Istraživanja i razvoja, na radnim mjestima Voditelja projekta, Stručnog suradnika za razvoj RFID tehnologije i Stručnog suradnika za analizu i razvoj poslovnih procesa i sustava.

Tijekom svog rada, stručno se usmjerava na područje zaštita od krivotvorenja osobnih identifikacijskih dokumenata i svih ostalih tiskovina, na proizvodnju pametnih kartica kontaktne i beskontaktne tehnologije i pratećih softverski integriranih rješenja, sustava logičke sigurnosti i procesno orijentiranih projekata.

Na 15. međunarodnoj konferenciji Blaž Baromić, objavila je 2011. godine znanstveni rad pod nazivom „Početni parametri kvalitete tiska na sintetskim tiskovnim podlogama“.