

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

IVA MANDURIĆ

**Analiza neravnomjerne pokrivenost
boje na otiscima dobivenim
bakrotiskom na ekološki prihvatljivijim
tiskovnim podlogama**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

IVA MANDURIĆ

**Analiza neravnomjerne pokrivenost
boje na otiscima dobivenim
bakrotiskom na ekološki prihvatljivijim
tiskovnim podlogama**

DIPLOMSKI RAD

Mentorica:

Izv. prof. dr. sc. Irena Bates

Student:

Iva Mandurić

Zagreb, 2022.

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

Sažetak

Svijet se susreće sa sve manjom količinom šuma, odnosno drveća kao glavne sirovine za celulozna vlaknaca, stoga je proizvodnja papira usredotočena na nove izvore sirovina. Svijest o održivom razvoju i ekologiji nameće upotrebu alternativnih izvora celulozna vlakanca za proizvodnju papira iz poljoprivrednih ostataka kao što su slama pšenice, ječma i pšenoraži. U ovom radu analizirana je uporabljivost laboratorijskih tiskovnih podloga dobivenih s alternativnim ne drvnih vlaknaca. Laboratorijske tiskovne podloge izrađene su miješanjem ne drvnih vlaknaca (slame pšenice, ječma i pšenoraži) s recikliranim drvnim vlakancima u jednakim masenim omjerima od 30%. Uzorci su potom otisnuti s bakrotiskarskom tehnikom tiska kao najkvalitetnijom tehnikom u području tiska ambalaže. Usporedba uporabljivosti laboratorijskih tiskovnih podloga s ne drvnih vlaknaca rađena je na otiscima dobivenim pomoću konvencionalnih boja i UV boja. Analiza uporabljivost izvedena je na osnovu parametra neravnomjerne pokrivenosti laboratorijskih tiskovnih podloga s boje na otiscima dobivenim bakrotiskarskom tehnikom tiska. Vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti laboratorijskih tiskovnih podloga s bojom na otiscima dobivenih s procesnim bojama određivane su pomoću programa za slikovnu analizu *ImageJ* te su grafički prikazane.

Ključne riječi: boja, bakrotisak, ne drvna vlakanca, ekologija

Abstract

The world is facing a decline in forests, i.e. trees as the main raw material for cellulose fibers, which is why paper manufacturing is focusing on new sources of raw materials. The awareness of sustainable development and ecology requires the use of alternative sources of cellulose fibers to produce paper from agricultural residues such as wheat straw, barley and wheat straw. In this paper, the usability of laboratory printing substrates obtained with alternative non-wood fibers was analyzed. The laboratory printing substrates are prepared by mixing non-wood fibers (wheat straw, barley, and ryegrass) with recycled wood fibers at a weight ratio of 30%. The samples were then printed with the gravure printing technique as the highest quality technique in the field of packaging printing. A comparison of the usability of laboratory printing substrates with non-wood fibers was made on prints obtained using conventional inks and UV inks. The analysis of usability was carried out on the basis of the parameter of nonuniform coverage of laboratory printing substrates with ink on prints made with the gravure printing technique. The values of non-uniform coverage of laboratory printing substrates with ink on prints made with process inks were determined using the ImageJ image analysis program ImageJ and are shown graphically.

Key words: ink, gravure printing, non-wood fibers, ecology

Sadržaj

1. Uvodni dio	1
2. Teorijski dio	2
2.1. Pojam boje	2
2.1.1. Podjela boje	3
2.1.2. Svojstva boje	4
2.1.3. Percepcija boje.....	6
2.2. Bakrotisak	7
2.2.1. Povijest bakrotiska	8
2.2.2. Postupak	9
2.2.3. Tiskarska forma.....	9
2.2.4. Priprema tiskovnog cilindra	10
2.2.5. Tiskarski strojevi.....	11
2.3. Definicija eko-tiska	11
2.3.1. Zahtjevi (atributi) za eko-tisak	12
2.3.2. Ishodi (koristi) eko-tiska.....	15
2.3.3. Definicija održivosti okoliša	16
2.3.4. Postizanje održivosti.....	17
2.4. Svrha istraživanja.....	22
3. EKSPERIMENTALNI DIO	23
3.1. Materijali.....	23
3.2. Izrada uzoraka papira	24
3.3. Otiskivanje laboratorijskih uzoraka papira s konvencionalnim bojama.....	25
3.4. Otiskivanje uzoraka papira s UV bojama	26
3.5. ImageJ	28
4. REZULTATI I RASPRAVA	30

4.1. Analiza neravnomjerne pokrivenosti	30
4.2. Analiza neravnomjerne pokrivenosti konvencionalnih boje	30
4.3. Analiza neravnomjerne pokrivenosti UV boja.....	42
5. ZAKLJUČAK	61
6. LITERATURA	62

1. Uvodni dio

Ispitivanja provedena unutar ovog diplomskog rada imaju za cilj odrediti uporabljivost laboratorijskih tiskovnih podloga dobivenih iz novih sirovina ne drvnog porijekla.

U ovom istraživanju osim što će se utvrditi kvaliteta otiska temeljem neravnomjerne pokrivenosti laboratorijskih tiskovnih podloga s boje utvrdit će se također da li je postignuta jednaka kvaliteta otisaka na tiskovnim podlogama s ne drvnim vlakancima koja su dobivena iz ne drvnih sirovina u odnosu na papir proizveden iz drvnih vlakana, odnosno je li moguća uporabljivost tiskovnih podloga s vlakancima koja su dobivena iz ne drvnih sirovina za otiskivanje s bakrotiskarskom tehnikom tiska.

Kako bi se ispitala uporabljivost alternativnih tiskovnih podloga istraživanje će se provoditi na laboratorijskim tiskovnim podlogama izrađenim na laboratorijskom uređaju miješanjem ne drvnih vlakana (slame pšenice, ječma i pšenoraži) u jednakim masenim omjerima od 30% s recikliranim drvnim vlakancima. Otiskivanje na svim laboratorijskim tiskovnim podlogama izvedeno sa simulacijom bakrotiskarske tehnike tiska kao najkvalitetnije tehnike u području tiska ambalaže. Otiskivanje je odrađeno pomoću laboratorijskog uređaja *KPP Gravure system* s tiskovnim cilindrom mehaničke tvrdoće 65 *Shore* i graviranom tiskovnom formom pod kutom od 37°. Pri analizi korišteni su otisci dimenzija 160 x 95 mm dobiveni pomoću konvencionalnih bakrotiskarskih boja (sušenje oksidacijom) i UV sušećih boja (sušenje UV zračenjem). Na osnovu parametra neravnomjerne pokrivenosti tiskovnih podloga s boje ispitivana je uporabljivost inovativnih tiskarskih podloga. Vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti tiskovnih podloga s bojom na otiscima definirat će se pomoću programa za slikovnu analizu *ImageJ* numerički i grafički.

2. Teorijski dio

2.1. Pojam boje

Riječ *boja* označava dva pojma. Prvi pojam označava fizikalnu osobinu svjetlosti, odnosno osjećaj koji u oku stvara svjetlost emitiranu iz nekog izvora. Drugi pojam označava tvar za bojanje, koja ima svojstvo da oboji bezbojnu materiju.

Ako neka materija odbija sve zrake svjetlosti, tj. sve svjetlosne valne duljine, tada se tu materiju vidi kao bijelu. Suprotno tome, ako određena materija upija sve zrake, odnosno niti jednu valnu duljinu ne odbije prema oku, tada se tu materiju vidi kao crnu. Ako svjetlosni titraj određene valne duljine pogodi oko, u njemu se izaziva točno određeni podražaj koji se osjeća kao žutu, crvenu, plavu itd. [1].

Boje su kroz povijest bile korištene za predstavljanje tradicionalne, kulturne, vjerske ili osjećaje fizičke i psihičke simbolike. Boja sama po sebi ne znači ništa, već im je kulturološki određeno značenje.

Pojam boje obuhvaća više različitih značenja od kojih se razlikuju tri osnovna:

- *materijalne naravi* - pojam materijalne naravi označava samu tvar kao nositelja boje. Iskazuje se nazivom pojedinih boja (kromova-žuta, kromova-zelena, cinkova-bijela, ultramarin i sl.);
- *fizikalno mjerljiv stimulans* - boja je određena dominantna valna dužina svjetlosti vidljivog dijela spektra u rasponu od 380 do 750 nm. Potpuni i jasni opis boje dobiven mjerenjem energije na svakoj valnoj dužini naziva se spektralnom informacijom. Spektrofotometrija se bavi proučavanjem spektara nastalih interakcijom zračenja i tvari;
- *apstraktne naravi* - boja je osjet u čovjeku izazvan percepcijom svjetlosti emitirane od nekog izvora ili reflektirane od površine nekog tijela. Izražava optički doživljaj kad čovjek vidi neku obojenu tvar. Osjećaj koji čovjek vidi izražava se riječima poput: crveno, plavo, žuto, zeleno itd.

Boja može nastati na nekoliko načina, od kojih se većina ponaša po istom načelu: „samo one boje što postoje u latentnom obliku u svjetlosnom spektru nekog svjetlosnog izvora mogu se percipirati i fotografirati“ [2].

2.1.1. Podjela boje

Njemački fizičar Ostwald, čija je podjela danas općenito prihvaćena, boje po kromatskim svojstvima dijeli na:

- šarene ili kromatske,
- nešarene ili akromatske.

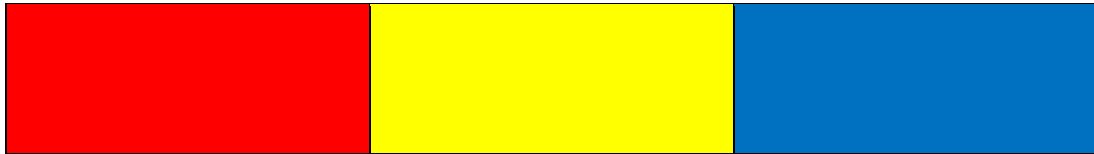
Kromatske (šarene) boje su unutar sunčevog spektra, a akromatske (nešarene) su crna, bijela i siva. Boje sunčevog spektra koje ne sadrže ni bijelu ni crnu zovu se čistim bojama.



Slika 1. Ostwaldov krug boja

„Krug boja jednostavno je grafički prikaz za objašnjenje osnovnih odnosa između boja, temeljen na odnosima između primarnih i sekundarnih boja s nijansama. Smještajem boja unutar kružnih isječaka dobiva se raspored u kojemu se svaka primarna boja nalazi nasuprot sekundarnoj koja je sastavljena od ostalih dviju primarnih.“ [3] Boje se dijele na:

- *primarne boje*: crvena, žuta i plava. Nazivaju se još osnovne boje ili boje prvog reda. Njihovim miješanjem dolazi se do ostalih boja.



Slika 2. Primarne boje (crvena, žuta i plava)

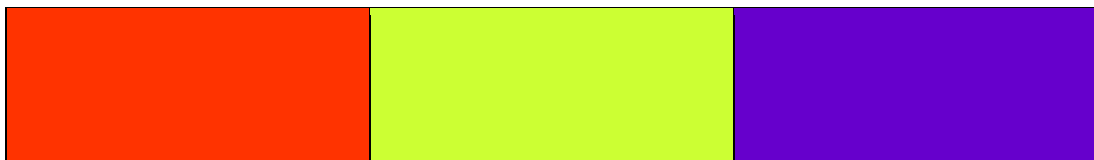
- *sekundarne boje*: ljubičasta, zelena i narančasta. Nastaju miješanjem osnovnih boja u omjeru 2:2. Zovu se još bojama drugog reda [1].

crvena + plava = ljubičasta
plava + žuta = zelena
crvena + žuta = narančasta



Slika 3. Sekundarne boje (ljubičasta, zelena, narančasta)

- *tercijarne boje*: narančasto-crvena, žuto-zelena, ljubičasto-plava itd. Nastaju miješanjem primarnih i sekundarnih boja, ali u različitim omjerima (npr. 1:4, 1:5 itd.).



Slika 4. Tercijarne boje (narančasto-crvena, žuto-zelena, ljubičasto-plava) [1]

2.1.2. Svojstva boje

Psihofizičke karakteristike boje

Psihofizički doživljaj boje je subjektivan. Interpretacija boje odvija se sa stajališta promatrača.

- *Ton boje* (eng. *hue*) je atribut vizualnog doživljaja na temelju kojeg se točno definira određena boja, ovisno o dominantnoj valnoj duljini. Autor Marijan Jakubin [1] navodi kako se šarena boja sastoji od niza boja dobivenih

dodavanjem bijele ili sive, tim načinom dobivaju se tonovi boja. Ovisno koju boju se dodaje, boju se može posvijetliti (bijelom) ili potamniti (crnom). Prema W. Ostwaldu tonove boja može se promatrati u istostraničnom trokutu, na vrh trokut smješta jednu čistu boja, a na druga dva vrha smješta bijelu i crnu.

Akromatski tonovi su sve nijanse sive boje nastali miješanjem akromatskih boja crne i bijele. Prema Ostwaldovu trokutu nalaze se na stranici između bijele i crne boje.

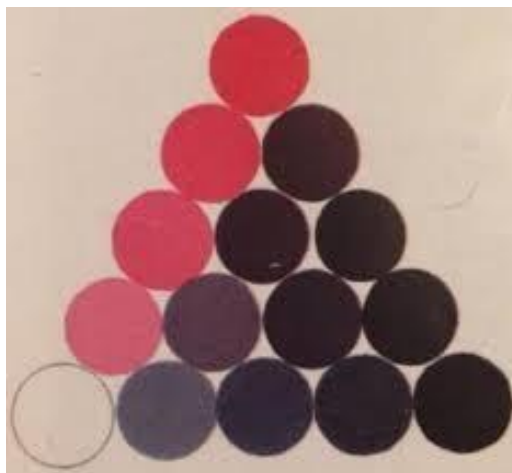
Svijetli kromatski tonovi nastaju miješanjem čiste boje s bijelom. U trokutu se nalaze na stranici između čiste kromatske i bijele boje.

Zagasiti kromatski tonovi nastaju miješanjem čiste boje i crne. Nalaze se na stranici između čiste kromatske i crne boje.

Mutni kromatski tonovi predstavljaju unutrašnjost trokuta. Nastaju miješanjem čiste boje sivom.

Tercijarni čisti tonovi su tonovi dobiveni miješanjem osnovne i sekundarne boje. Neutralni tercijarni ton dobiva se ako se osnovnu boju potamni sekundarnom.

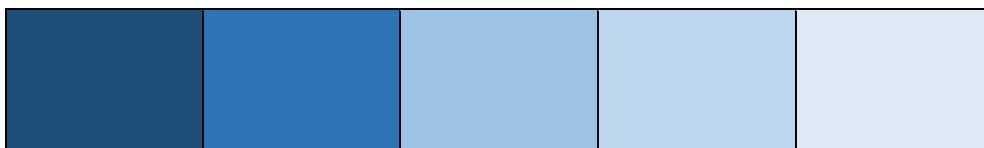
Degradacija boje definira se kao oduzimanje boji njezinu intenzivnost dodavanjem bijele ili crne. Boju se može degradirati i dodavanjem vode osnovnoj viskoznosti boje, oduzimajući joj tako pigment [1].



Slika 5. Trokut boja [1]

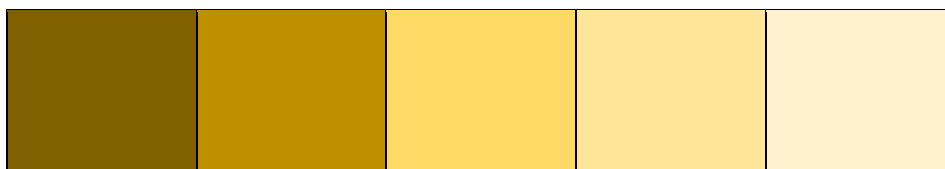
- *Zasićenje* (eng. *saturation*) je udio pojedinih valnih duljina u nekom tonu boje.

Kada se nekoj boji dodaje siva, ona gubi na svojoj čistoći, zasićenosti, intenzitetu. Boja degradira. Tako se razlikuju intenzivne, jarke boje naspram zamućenih, nečistih. Čistoća boje nazivamo *valer* [1].



Slika 6. Zasićenost boje

- *Svjetlina* (eng. *lightness*) je obilježje vizualnog osjeta koji opisuju sličnost boja s nizom akromatskih boja od crne preko sive do bijele. Udio crne u nekom tonu boje.



Slika 7. Svjetlina boje

Fizikalne karakteristike boje

Fizikalne karakteristike boje mjere se uređajima, neovisno o promatraču. Tu spadaju: dominantna valna duljina, čistoća pobude i luminacija [1].

2.1.3. Percepcija boje

Percepcija je proces stvaranja predodžbe o nekoj pojavi, događaju i objektu. Dokazano je kako više od 80% informacija čovjek prima putem vida. Ljudsko oko omogućava osjet vida i osjet boja. Zahvaljujući sposobnosti propuštanja svjetlosti kroz rožnicu, čovjek percipira boju. Rožnica fokusira svjetlost na stražnji dio oka stvarajući obrnutu i umanjenju sliku. Šarenica, koja se nalazi s prednje strane oka, je zadužena za regulaciju ulazne energije svjetlosti. Mrežnica, ovojnica oka, sastoji se od dvije vrste fotoosjetljivih stanica, štapići i čunjići. Fotoosjetljive stanice povezane su živcima s mozgom. Doživljaj boje ovisi o reakciji mozga na određenu stimulaciju.

Elektromagnetska energija iz svjetlosti pretvara se u živčane impulse koji se prenose putem živčanih vlakanca i interpretiraju se kao slika.

Štapići su fotoreceptori cilindričnog oblika, osjetljivi na veoma male intenzitete osvjetljenja (već od 0,2 lx), promjera oko 2 nm smješteni na periferiji oka. Ima ih oko 120 000 000 te omogućuju monokromatski vid. Zahvaljujući štapićima, čovjek ima mogućnost da vidi u mraku. Omogućili su prve početke vida kod čovjeka.

Čunjići su fotoreceptorske stanice promjera oko 5 nm. Za razliku od štapića, čunjići su kraći i deblji te ih ima mnogo manje nego štapića (oko 6 500 000). Osjetljivi su uz veće intenzitete osvjetljenja (iznad 20 lx) te samim time omogućuju jasnu percepciju detalja te osjet šarenih boja.

Razlikuju se tri vrste čunjića:

- S (*Short* = kratko) – maksimalna osjetljivost kod valnih duljina od oko 430 nm (kratke i srednje valne duljine);
- M (*Medium* = srednje) – maksimalna osjetljivost kod valnih dužina oko 530 nm (srednje valne duljine);
- L (*Long* = dugo) – maksimalna osjetljivost kod valnih dužina od oko 560 nm (veće valne duljine) [4].

2.2. Bakrotisak

U 21. stoljeću može biti teško pronaći originalnost u dizajnu. Kako se može stvoriti komad izravne pošte ili personalizirani ispis koji je doista nezaboravan? Ironično, jedna od najučinkovitijih tehnika za dizajnere da postignu upravo to datira iz 16. stoljeća. Graviranje, ponekad poznato kao „bakrotisak“ ili duboki tisak, donijet će pravu kvalitetu dizajnu tiska.

Bakrotisak je grafička tehnika dubokog tiska, kojom se postiže visoka kvaliteta reprodukcije boje i brzina tiska [5]. Obuhvaća sljedeće postupke:

- konvencionalni duboki tisak,
- autotipski duboki tisak, □ kombinirani duboki tisak,
- elektrobakrotisak.

Tehnikom dubokog tiska postiže se visoka kvaliteta reprodukcije slike i teksta pri velikim brzinama tiska. Pogodna je za tisak slika s postupnim tonkim prijelazima. Prenosjenjem boje s tiskovne forme na tiskovnu podlogu i njezinim upijanjem, omogućeno je bogatstvo tonova, jer razliveni tonovi prelaze jedan u drugi, a time se postiže da nema oštih prijelaza tonova, kao što je slučaj kod druge tehnike tiska [5].

2.2.1. Povijest bakrotiska

Počeci dubokog tiska, odnosno bakrotiska, vezani su za pojavu bakroreza. Bakrorez se razvio iz zlatarstva početkom 15. stoljeća, a vjeruje se da ga je izumio firentinski zlatar Maso Piniquero [6]. Različite linije, ornamenti i crteži urezani su ručno u površinu bakrene forme, što je zahtijevalo veliko umijeće. Nakon toga bi se utrljala boja u udubljenja na bakrenoj formi, zatim bi se višak boje pažljivo skinuo četkicom i radilo bi se iskucavanje.

Kod bakroreza bi se udubljeni tiskovni elementi dobivali mehanički, ali se kasnije prešlo na jednostavnije načine izrade - kemijski. Fotomehanički postupak izrade tiskovne forme prvi put je primijenjen 1897. godine, a riječ je o novom industrijskom bakropisu gdje se forma također izrađuje jetkanjem, ali se koriste kopirni slojevi za prijenos crteža s filma i reguliranje dubine jetkanja [6].



Slika 8. Bakropis: Francisko Goja, Užasi rata (1810-1815)

2.2.2. Postupak

Kod dubokog tiska otisak se dobiva tako da se temeljni cilindar, nosač tiskovne forme, djelomično uroni u posudu s posebno prilagođenom bojom (jako razrijeđenom hlapljivim otapalima, najčešće toluenom i fersnitom) [7]. Boja se skida sa svih izdignutih površina posebnom čeličnom rakelom (nožem, strugalicom), tako da ostane samo u udubljenjima. Iz tih udubina tiskovne forme boja se izravno prenosi na tiskovnu podlogu.

2.2.3. Tiskarska forma

Tiskovna forma u bakrotisku, kao vrsti dubokog tiska, sadrži tiskovne elemente koji su udubljene i slobodne uzdignute površine. Postupak dobivanja tiskovne forme za duboki tisak je različit ovisno o vrsti i može biti klasični neizravni postupak pomoću pigmentnog papira i postupak graviranja (klihografi). Tri su tehnike graviranja:

- *ručno graviranje* odnosno oblikovanje i klesanje, koristi se tamo gdje nije moguće osigurati pristup strojevima za graviranje ili se izrazi želja za ručnim radom;
- *lasersko graviranje* koristi se kako bi se proizvodima dalo individualni dizajn ili osobni dodir;
- *graviranje CNC uređajem* (lasersko i mehaničko) (eng. *Computer Numerical Control*) koristi se za urezivanja sadržaja, teksta i/ili grafike na podlogu ravne površine pomoću računalno navođenog uređaja za graviranje [8].

Za razliku od visokog i plošnog tiska, gdje se tonovi dobivaju različitim veličinama i rasporedom rasterskih elemenata pri jednakoj debljini nanosa sloja boje, u dubokom tisku tonovi se dobivaju nanošenjem različitih veličina i rasporedom rasterskih elemenata te različitom debljinom sloja boje [7].

Vrste tiska

Danas postoji više varijanti dubokog tiska, odnosno bakrotiska, koje se međusobno razlikuju prema načinu izrade tiskovne forme. Osnovna podjela dubokog tiska je sljedeća:

- konvencionalni, klasični ili obični duboki tisak,
- autotipski bakrorez,
- kombinirani duboki tisak, □ elektrogravirni tisak.

Za klasični duboki tisak karakteristično je da svi tiskovni elementi imaju jednake površine po obliku i veličini, a dubina im može biti različita. Stoga će se na otisku pojaviti različiti slojevi boje ovisno o dubini tiskovnih elemenata, što im omogućuje reprodukciju različitih tonova [6].

Za razliku od klasičnog dubokog tiska, kod autotipskog svi tiskovni elementi imaju istu dubinu. Kako bi se postiglo postojanje više tonova, koristi se tehnika rastera, odnosno - različiti tonovi postižu se različitom površinom tiskovnih elemenata [6]. Predstavlja pokušaj zamjene upotrebe pigmentnog papira.

Kombinirani duboki tisak ima karakteristike i klasičnog i autotipskog tiska: kod njega su tiskovni elementi različite površine i različite dubine [6].

Kod elektrogravirni, površina i dubina tiskovnih elemenata ovise jedna o drugoj, pa se povećanjem dubine povećava površina – a smanjenjem jednog od tih elemenata drugi se smanjuje. Tiskovna forma ove vrste dubokog tiska dobiva se pomoću elektroničkog uređaja – helioklihografa, elektromehaničkim graviranjem tiskovnih elemenata [7, 8]. Za graviranje se koristi dijamantna igla čiji vrh udubljuje bakreni omotač. Originali, tj. predlošci za čitanje su filmovi ili digitalni zapisi (od računala do graviranja) [7].

2.2.4. Priprema tiskovnog cilindra

Tiskovni cilindar sastoji se od dva dijela: osnovnog cilindra i cirkulacijskog omotača (Ballardovog plašta) koji povezuje međusloj. Osnovni cilindar ima čeličnu jezgru na kojoj se nalazi sloj bakra debljine nekoliko milimetara. Ballardov plašt izrađuje se u vlastitom pogonu, te za svaku novu tiskovnu formu posebno. Prije nanošenja Ballard

premaza na osnovni cilindar nanosi se međusloj koji će kasnije omogućiti uklanjanje korištenog premaza s cilindra. Na Ballardovom plaštu izrađuje se tiskovna forma, a kako bi ta površina bila tvrđa tijekom tiska, nakon jetkanja na nju se nanosi sloj kroma. Kada je tisak završen, Ballardov plašt se skida s baznog cilindra, a zatim se izrađuje novi plašt za novu tiskovnu formu [9].

2.2.5. Tiskarski strojevi

Ovisno o obliku tiskovne podloge, strojevi za duboki tisak dijele se na one koji tiskaju iz araka i one koji tiskaju iz role (rotacijski). Znatno se češće koriste rotacijski strojevi i to samo za tiskanje velikih naklada (jer je izrada tiskovnih formi za duboki tisak relativno skupa) - novina, časopisa i sl.

Rotacijski strojevi imaju pet osnovnih skupina dijelova:

- držač rolne papira,
- uređaj za ispis,
- uređaj za sušenje boje,
- uređaj za savijanje i rezanje,
- uređaj za prikazivanje (u ladicama ili ponovno smotan).

Dok su strojevi konstruirani u jednoj ili dvije razine, širina tiskovne trake može biti i do tri metra, a brzina ispisa oko 50.000 okretaja na sat [7].

2.3. Definicija eko-tiska

Eko-tisak se jednostavno odnosi na korištenje ekološki odgovornog procesa tiskanja. Time se podrazumijeva korištenje pristupa tiskanju koji ima za cilj eliminirati ili smanjiti ekološke opasnosti (otisak) cjelokupnog procesa tiskanja. Proces tiskanja odnosi se i na lanac od dobavljača sirovina (eng. inputa) za tisak do kraja životnog vijeka (zbrinjavanja) tiskanog materijala. Koncept je nametnut zbog povećane svijesti potrošača koja potiče tvrtke na artikuliranu strategiju održivosti, tražeći izvještaj o korporativnim radnjama i zahtijevajući autentičnost u ekološkim tvrdnjama [10].

2.3.1. Zahtjevi (atributi) za eko-tisak

Eko-tisak (ekološki održivi tisak) može se činiti proturječnim. To je zato što se zeleni pristup tiskanju čini malo vjerojatnim s obzirom na korištenje papira i energije te proizvodnju s kemijskim otapalima i bojama [11]. Zbog toga se na komercijalne tiskarske strojeve gleda kao na prijetnju okolišu, a ne kao na ekološke poslovne vođe.

Usvajanje ekološki prihvatljive poslovne strategije postalo je ključno u industriji, čime se tvrtkama omogućuje usvajanje tehnologija i procesa koji pomažu u smanjenju utjecaja na okoliš. Sljedeće se može smatrati nekim od atributa ekološki prihvatljivog tiska.

1. Vanjski ekološki certifikat

Ovo je glavni problem u eko-tisku. Programi ekološke certifikacije nastoje široj javnosti potvrditi da su aktivnosti certificiranih poduzeća ekološki prihvatljive [12]. To se odnosi na aktivnosti cijelog lanca proizvodnje. Odnosno, od vađenja sirovina od strane tvrtki za proizvodnju tiskovne podloge (papira), do proizvodnje od strane grafičke industrije i kraj životnog vijeka tiskanog proizvoda od strane potrošača. Stoga grafičke tiskare moraju osigurati da su tvrtke za proizvodnju papira ili tvornice iz kojih dobivaju papir ekološki održive i certificirane. To može biti putem certifikata ISO14001 (sustav upravljanja okolišem koji ukazuje na razinu održivosti tvrtke) ili ISO 9001 za osiguranje kvalitete.

Stoga prakse održivosti moraju biti transparentne, vidljive kupcima i provjerene. Nema mjesta za lažne tvrdnje ili glumljenje od strane poduzeća jer je biti uhvaćen u pranju zelenila gore od toga da uopće nema ekološke pozicije [10].

2. Održivi papir

Papirna industrija četvrti je najveći industrijski potrošač energije, od koje se velik dio proizvodi iz nusproizvoda žetve drveća [10]. Stoga su minimalni zahtjevi odgovorna uporaba energije kao i rad mlina unutar definiranih smjernica za zrak, vodu i kruti otpad.

Također, popularno *Forest Stewardship Council (FSC)*, *Sustainable Forestry Initiative (SFI)* i *Program for Endorsement of Forest Certification (PEFC)* stječu vlasnici šuma, dok povezani lanac nadzora, papirnati radni put koji prati certificirana stabla dodjeljuje

se onima u opskrbnom lancu. Ovi certifikati koje je potvrdila treća strana pomažu u prepoznavanju odgovornih šumarskih praksi u kupljenom papiru [10]. Stoga ekološki tiskari moraju biti sigurni da kupuju papir koji ima FSC ili PEFC certifikat i da svojim kupcima komuniciraju o stvarnosti papira [11].

3. Eko boja

To jednostavno podrazumijeva korištenje ekološki prihvatljive boje u procesu proizvodnje tiska. Tiskarske boje na bazi povrća kao što su soja ili laneno sjeme primjer su toga. To uključuje korištenje biljnog ulja umjesto nafte u različitim stupnjevima [11]. Ove tiskarske boje obično imaju niske stope emisije hlapljivih organskih spojeva (engl. *volatile organic compounds*, VOCs) u usporedbi s bojama na bazi nafte koje su izrađene od minerala i otapala te stoga imaju značajnu količinu VOC-a. Tiskarske boje na biljnoj bazi dobivene su iz obnovljivih izvora i lakše se uklanjaju iz starog papira tijekom uklanjanja boje [11]. Pigmenti u bojama obično ne sadrže teške metale i predstavljaju manju opasnost za radnike u industriji. Biljne boje daju svjetliju i čišću sliku, dok se boje s otapalom obično reproduciraju s ravnijim bojama [11].

4. Održivi proces ispisa

Tiskarske industrije također moraju osigurati da se proces ispisa provodi na održiv način. To uključuje korištenje metoda ili tehnika za smanjenje korištenja oskudnih prirodnih resursa. Primjer toga je usvajanje tehnike ispisa bez otopine za vlaženje. To je u osnovi je tisak na arak s različitim tiskarskim formama i metodom prijenosa slike na papir bez upotrebe vode. Time se eliminira potreba za IPA (izopropilnim alkoholom) i boljom kvalitetom otiska kroz smanjenje prirasta rasterskog elementa i poboljšanu postojanost boja [11].

5. Zeleni tisak

Sam tiskarski stroj treba označiti zelenom bojom. Pritom bi trebao uključivati sve najnovije ekološke prednosti [11]. To može uključivati značajke kao što su rješenja za ispiranje koja se mogu reciklirati i rješenja za dovod boje s malim rasipanjem, kao što su spremnici ili pumpe koje eliminiraju 95% rasipanja boje. Također, format tiskarskog stroja bi trebao biti savršen, jer to može rezultirati velikom uštedom energije i značajnom uštedom otpada [11].

6. Tisak bez alkohola

To uključuje tehniku ispisa s niskim sadržajem alkohola koja pomaže smanjiti i izopropilnog alkohola (IPA) u sustavu prigušivanja i emisije hlapljivih organskih spojeva (VOCs) [11]. Budući da je glavni zagađivač tiskarskog stroja alkohol ekološki svjesni tiskari stoga trebali truditi smanjiti ili eliminirati alkohol iz svojih rješenja. To neće pomoći samo u smanjenju lakohlapljivih organskih spojeva, već će eliminirati zdravstvene probleme koje obično susreću radnici u tiskari kao rezultat izloženosti ovim spojevima [11].

7. Smanjenje CO₂ i neutralan ugljični otisak

Teško je da će grafička tiskara biti negativna na proizvodnju ugljika, ali postoje koraci koje može poduzeti kako bi neutralizirala svoj ugljični otisak (eng. carbon footprint). Grafičke tiskare mogu se uključivati u drugim mogućnosti kao što su sadnja drveća, izvor energije od dobavljača zelene energije, smanjenje potrošnje energije gdje je to moguće, kao što je isključivanjem računala i rasvjete tijekom noći, itd. [11].

Također, grafičke tiskare moraju shvatiti da su sheme neutralne emisije ugljika koje jednostavno nadoknađuju emisije ugljika sadnjom drveća neučinkovite jer se bave simptomima, a ne rješavanjem uzroka. Stoga bi tiskarske tvrtke trebale nastojati poduzeti ekološke sheme koje su usmjerene i na smanjenje emisija i na kompenzaciju ugljičnog otiska [11].

8. Učinkovito gospodarenje otpadom

To znači odvajanje svega na izvoru, recikliranje ili ponovnu upotrebu gdje god je to moguće. Stoga je potrebno stvoriti unutarnje razmišljanje tako da svi zaposlenici budu osjetljivi na pitanja otpada.

9. Potpuno razotkrivanje

Svaki ambiciozni eko-tiskar mora biti spreman prihvatiti potpuno otkrivanje podataka, kako bi uvjerio svoje potencijalne kupce da ono što se tvrdi zapravo može biti potkrijepljeno [11].

2.3.2. Ishodi (koristi) eko-tiska

Kako bi se mogli identificirati doprinosi eko-tiska, vrijedno je naglasiti opće opasnosti tiskarske industrije. To uključuje potrošnju prirodnih resursa i smanjenje potreba za papirom, bojom i energijom za emisije CO_2 i hlapljive organske spojeve (VOC). Stoga je ovaj proces široko rasprostranjen i ima značajan utjecaj na okoliš.

Kombinirane snage tržišnog pritiska od strane kupaca, zakonodavstvo o zaštiti okoliša i rastuća svijest o inicijativama za smanjenje troškova i tehnologiji posljednjih godina uvelike su smanjili utjecaj tiskarske industrije na okoliš [11]. Ova povećana svijest o grafičkom otisku donijela je sljedeće doprinose ili koristi prema održivijem okolišu.

1. Smanjenje potrošnje energije

Proces otiskivanja uključuje značajnu količinu energije u svim fazama procesa i u cijeloj tvornici. To uključuje korištenje energije od grijanja i rasvjete do napajanja strojeva i konačne isporuke otisaka. Ekološke metode otiskivanja dovele su do energetski učinkovite rasvjete do sustava s povratom topline te kombinacije s učinkovitom potrošnjom goriva, pri čemu istovremeno okreću se povećanju potencijala za djelovanje i inovacijama [11].

2. Smanjenje otpada

U procesu otiskivanja stvara se visoka razina otpada. Što obično uključuje papirni otpad (ponekad odvojen na tiskani i neispisani), opasni otpad (kao što su kante boje) koji obično prikupljaju licencirane tvrtke za sigurno odlaganje i na kraju opći otpad koji se skuplja i šalje na odlagalište podložno plaćanju poreza na odlagalište [11]. Kao rezultat eko-tiska svaka kategorija navedenog otpada se prati i dokumentira (prema težini preuzimanja) te se u slučaju papirnog otpada plaća, dok se za opasni otpad i opći otpad plaća naknada. Time se stvara financijski poticaj tiskarskim tvrtkama da recikliraju više svog papirnog otpada uz istovremeno smanjenje razine opasnog i općeg otpada [11].

3. Smanjenje potrošnje vode

Kao rezultat povećanja troškova vode, tiskare naplaćuju korištenje i odlaganje vode. Ovaj financijski poticaj također pomaže u smanjenju količine vode u procesu tiskanja čime se pomaže u očuvanju ovog ključnog prirodnog resursa [11].

4. Sigurnije radno okruženje za radnike

Tiskanje s niskim sadržajem alkohola zajedno s eliminacijom i smanjenjem drugih opasnih VOC-eva u procesu otiskivanja uvelike je doprinijelo poboljšanju sigurnosti i zdravlja radnika na radnom mjestu [11].

2.3.3. Definicija održivosti okoliša

Budući da se papirnate podloge većinom izrađuju od celuloze dobivene iz drva od 18. stoljeća, krčenje šuma značajno se povećalo posljednjih godina, što je dovelo do globalne svijesti o potencijalnom iscrpljivanju šuma i važnosti ponovne upotrebe starog papira kao izvora recikliranih celuloznih vlakana. Svjesni ovog ekološkog problema, istraživači neprestano rade na uvođenju alternativnih izvora celuloznih vlakana. Alternativni izvori vlakana mogu se podijeliti u dvije velike skupine: poljoprivredni ostaci i primarni usjevi. Neki od alternativnih izvora celuloznih vlakana koji su analizirani u brojnim studijama su: slama, šećerna trska, bambus, kenaf, konoplja, sisal, abaka, linter pamuka, trska, vodene biljke, otpad od čaja, palmino lišće i stabljike banane [13].

Pojam ekološke održivosti prvi su skovali znanstvenici Svjetske banke i izvorno se nazivao „ekološki odgovoran razvoj“ [14]. Naknadno je korišten izraz „ekološki održivi razvoj“ [15] i konačno je razvijen koncept „ekološke održivosti“ [16].

Prema Goodlandu [16], održivost okoliša nastoji poboljšati ljudsku dobrobit štiteći izvore sirovina koje se koriste za ljudske potrebe i osiguravajući da se odvodi ljudskog otpada ne prekorače kako bi se spriječila šteta za ljude. On nadalje identificira održivost okoliša kao skup ograničenja za četiri glavne aktivnosti koje reguliraju razmjere ljudskog ekonomskog podsustava. To uključuje korištenje obnovljivih i neobnovljivih sredstava na strani izvora, te onečišćenje i asimilaciju otpada na strani ponora.

Holdren i sur. [17] dalje definira održivost okoliša fokusirajući se na njezine biogeofizičke aspekte. Biofizička održivost znači održavanje ili poboljšanje integriteta sustava za održavanje života na zemlji. Održavanje biosfere s odgovarajućim odredbama za maksimiziranje budućih mogućnosti uključuje omogućavanje sadašnjim i budućim generacijama da postignu gospodarska i društvena poboljšanja unutar okvira kulturne raznolikosti uz održavanje biološke raznolikosti,

□ biogeokemijske cjelovitosti biosfere putem očuvanja i pravilnog korištenja resursa zraka, vode i zemlje.

Nadalje, povjerenik za održivost okoliša australske države Victoria, definira održivost okoliša kao sposobnost održavanja kvaliteta koje su cijenjene u fizičkom okolišu [18].

Indikatori održivosti okoliša

Od uvođenja koncepta održivog razvoja 1980-ih, ideja je uvelike evoluirala od svog nejasnog pojma do preciznijih specifikacija koje pokrivaju njegove temeljne stupove [19]. Kao rezultat toga, mnoge važne definicije sada su predstavljene u kvantitativnom smislu koristeći različite pokazatelje, čime je potreba za sveobuhvatnom analizom pokazatelja postala vrlo očigledna.

Jednom kada su indikatori održivog razvoja definirani, oni se moraju „mjeriti“ u širem smislu i kvantitativnim i kvalitativnim tehnikama [19]. Češće, mjerenje i dobivanje vrijednosti indikatora održivosti nije problem, ali se poteškoće odnose na odabir, tumačenje i korištenje indikatora.

2.3.4. Postizanje održivosti

Kada su se krajem 1980-ih ekološki problemi ponovno pojavili kao izvor zabrinutosti potrošača, industrije su odgovorile prvenstveno čišćenjem svojih operacija (sprečavanje onečišćenja) i rafiniranjem svojih proizvoda. Na primjer, višak ambalaže je eliminiran ili je umjesto djevičanskog korišten reciklirani sadržaj [20].

Dok je potreba za radikalnom inovacijom jasna, a nagrade potencijalno velike, smjer za pojedinačne tvrtke nije dobro definiran. Poduzeća se suočavaju s pitanjima koja uključuju: Što održivi razvoj znači za našu industriju i našu tvrtku? Koje su implikacije za naše postojeće proizvode i usluge? Kako dugoročne prijetnje možemo pretvoriti u prilike? [20] Iskustvo nekih tvrtki koje su se već počele uhvatiti u koštac s izazovima održivosti sugerira da će odgovaranje na gornja pitanja zahtijevati kreativno razmišljanje „izvan okvira“ te promatranje vlastitog poslovanja i vrijednosti koju ono pruža iz nove perspektive. Sljedećih pet strategija poduprtih iskustvima pionira mogu se koristiti tvrtkama u ponovnom pronalasku vlastitog poslovanja kako bi odgovorile na izazove održivog razvoja. Ove su strategije dio vlasničkog procesa inovacije koji je osmislio Jacquelyn A. Ottman, pod nazivom *Getting to Zero* kako bi usmjerio napore u razvoju ekološki održivih proizvoda [20].

Ottmanovih pet strateških okvira

Ove strategije omogućuju tvrtkama da se iznova osmisle kako bi se suočile s izazovima održivog razvoja i uključuju postavljanje nečuvanih ciljeva, razmišljanje kao sustav, dematerijaliziranje, prilagođavanje i obnavljanje umjesto preuzimanja.

1. Postaviti nečuvane ciljeve

To su ciljevi koji zvuče gotovo nemoguće postići. Takvi ciljevi, kada su predstavljeni hipotetski u svrhu *brainstorminga*, predstavljaju izvrstan način da se brzo pređe inkrementalno razmišljanje u korist razmišljanja „izvan okvira“ [20]. Primjer dviju tvrtki koje razumiju značenje postavljanja nečuvanih ciljeva su *DuPont* i *Xerox*. *DuPont* ima ekološki cilj „nula otpada“ dok je *Xeroxov* ekološki cilj „proizvodi bez otpada iz postrojenja bez otpada“. Kada su postavljeni takvi ciljevi, tvrtka nastoji poboljšati svoju ekološku izvedbu osiguravajući tako održivi okoliš.

2. Razmišljati kao sustav

Umjesto prilagođavanja specifičnih značajki postojećeg proizvoda samog po sebi, ekološki učinak proizvoda može se značajnije poboljšati izmjenama sustava u kojem proizvod radi [20]. Sustav je u ovom slučaju definiran kao proizvod lanac vrijednosti počevši od vađenja sirovina, obrade i distribucije do faze u upotrebi i eventualne

oporabe ili zbrinjavanja proizvoda koji se sastoji od različitih faza u životnom ciklusu proizvoda. Mnoga dosadašnja poboljšanja proizvoda često su uključivala ili primarno bila usmjerena na smanjenje utjecaja unutar određenih faza. Primjer uključuje smanjenje količine materijala koji se mogu reciklirati, smanjenje potrošnje energije ili vode tijekom faze uporabe ili projektiranje proizvoda koji se može reciklirati. Međutim, postoje i drugi načini za dodatno smanjenje utjecaja pokušajem urušavanja dvije ili više faza životnog ciklusa. Primjer može uključivati slučaj Xeroxa koji obnavlja svoje rabljene kopije i prodaje ih kao prerađene strojeve kombinirajući faze uporabe/zbrinjavanja i proizvodne faze vlastitog životnog ciklusa proizvoda. Drugi alat koji se koristi u „razmišljanju kao sustav“ je industrijska ekologija. Proučava tokove materijala i energije u gospodarstvu i ekosustavima i ima za cilj omogućiti tvrtkama redizajn industrijskih procesa pri čemu „otpad“ iz jednog procesa postaje „hrana“ za drugi.

3. Dematerijalizacija

Osnovni pojam dematerijalizacije je moći zadovoljiti potrebe potrošača sa što manje materijala i što manje energije. Opisuje tehnološki pomak od ekonomija temeljenih na enormnoj i rastućoj potrošnji sirovina [11]. To se dalje može promatrati ili definirati iz ekološke perspektive kao promjena u količini otpada proizvedenog po jedinici industrijskog proizvoda [21]. Pretpostavlja se da možemo koristiti usluge temeljene na tehnologiji ili znanju umjesto materijalnih proizvoda kako bismo značajno smanjili globalne tokove materijala i energije [20]. Jedno važno pitanje koje treba postaviti kako bismo mogli „dematerijalizirati“ svoje poslovanje jest: mogu li se potrebe naših potrošača zadovoljiti jednako ili bolje pružanjem usluge kao dodatka ili zamjene za materijalni proizvod? Neki od izvrsnih primjera dematerijalizacije su elektronička govorna pošta kao zamjena za telefonske sekretarice, virtualne knjižnice e-pošte uključujući elektroničke alternative katalogima izravne pošte, direktorije žutih stranica i enciklopedije i rad na daljinu [20].

4. Prilagodba

Sa stajališta održivosti, to se može prevesti u pojam maksimiziranja korisnosti resursa dizajniranjem proizvoda koji će što je moguće bolje odgovarati stvarnim potrebama potrošača [20]. Pretpostavlja se da dizajn proizvoda, materijali i tehnologija odgovaraju

opsegu i težini zadatka kao i lokaciji (klima, resursi, dostupna infrastruktura za čvrsti otpad na primjer). Jedno od pitanja koje se često postavlja kada se otkrivaju načini učinkovitijeg korištenja postojećih proizvoda i tehnologija je: Kako se naša tehnologija najbolje uklapa u čitav niz alternativa koje zadovoljavaju određene potrebe potrošača?

5. Radije obnoviti nego uzeti

Opće je prihvaćeno da svi proizvodi moraju trošiti resurse i stvarati otpad. Stoga je trenutni cilj projektiranja ekoloških projekata svesti na najmanju moguću mjeru utjecaj ovog otpada na okoliš [22]. Što ako se paradigma promijeni tako da se dizajniraju proizvodi s ciljem obnove okoliša? Primjer tvrtke koja je primijenila ovu strategiju bio je *Volvo* koji je najavio da će počevši od proljeća 1999. u svoj model automobila S80 ugraditi posebne katalizatorske sustave „PremAir“ koji su sposobni uništiti ozon stvoren iz onečišćenja drugih automobila [22]. Kako bi upotrijebili ovu strategiju za generiranje izvanrednog razmišljanja o razvoju ekološki prihvatljivih proizvoda, tvrtke mogu razmisliti o sljedećim pitanjima: Što je potrebno da bi naši proizvodi stvarno koristili okolišu ili društvu? Mogu li naši marketinški napori pomoći u obrazovanju potrošača o ključnim pitanjima okoliša i održivosti? Može li naša proizvodnja biti izvor poslova za hendikepirane? Ova strategija može dovesti do ekoloških marketinških prilika koje mogu ojačati cjelokupnu poslovnu strategiju. Primjer uključuje američki katalog dječje odjeće *Hannah Anderson* koji potiče kupce da vrate rabljenu dječju odjeću nudeći 20% popusta na buduće narudžbe. Tvrtka zatim šalje odjeću siromašnima u programu koji nazivaju „Hannadowns“ [22].

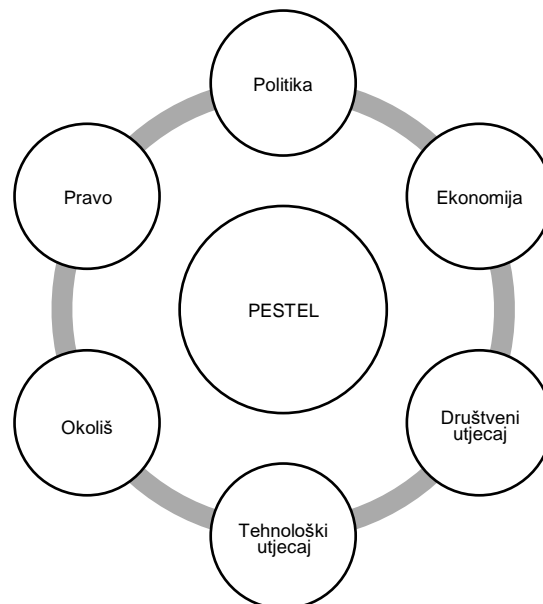
Iz gore navedenog vidljivo je da strategije održivog razvoja mogu učiniti poduzeća konkurentnijima i također rezultirati boljim proizvodima s povećanom razinom zadovoljstva kupaca u odnosu na konvencionalne proizvode. Stoga razvoj održivih proizvoda zahtijeva da tvrtke rade prema novoj paradigmi koja uključuje [22]:

- Proizvodi se ne moraju odlagati. Oni mogu biti korisniji društvu i profitabilniji za poduzeća ako se mogu ponovno upotrijebiti ili reciklirati u nove proizvode.
- Proizvodi ne moraju biti dizajnirani za zastarijevanje da bi bili profitabilni. Oni mogu biti produktivniji za društvo i konačni rezultat ako su trajni.

- Potrebe potrošača mogu se isplativo zadovoljiti uslugama, a ne proizvodima, ili barem optimalnom kombinacijom oba.
- Potrošači će nagraditi tvrtke koje pomažu obnoviti okoliš dok stvaraju proizvode koje potrošači žele.

PESTEL okvir

PESTEL (engl. *Political, Economic, Social, Technological, Environmental and Legal*) se odnosi na metodu koju organizacije koriste za provođenje analize svojih vanjskih okruženja. Pruža opsežan popis utjecaja na mogući uspjeh ili neuspjeh određenih strategija [23]. Politika ističe ulogu vlada. Ekonomija se odnosi na makroekonomske čimbenike kao što su tečajevi, poslovni ciklusi i različite stope gospodarskog rasta diljem svijeta. Društveni utjecaji uključuju promjenu kulture i demografiju, na primjer starenje stanovništva u mnogim zapadnim društvima. Tehnološki utjecaji se odnose inovacije kao što su internet, nanotehnologija ili porast novih kompozitnih materijala. Okoliš se posebno zalaže za „zelena“ pitanja, kao što su onečišćenje i otpad. Pravo obuhvaća zakonska ograničenja ili promjene kao što su zakonodavstvo o zdravlju i sigurnosti ili ograničenja na spajanja i preuzimanja poduzeća [23]. Slika u nastavku ilustrira različite aspekte okvira.



Slika 9. PESTEL analiza

Vrijedno je spomenuti činjenicu da je važno ne samo navesti PESTEL čimbenike jer to samo po sebi ne govori puno menadžerima [11]. Ono što menadžeri zapravo trebaju učiniti je razmisliti o tome koji će se čimbenici najvjerojatnije promijeniti i koji će imati najveći utjecaj na njih, tj. svaka tvrtka mora identificirati ključne čimbenike u vlastitom okruženju [11]. Ovi čimbenici inače poznati kao ključni pokretači promjena oni su čimbenici okoline koji će vjerojatno imati veliki utjecaj na uspjeh ili neuspjeh strategije [23].

2.4. Svrha istraživanja

U ovom radu u cilju ekološki održivog razvoja korišten je otpad od žitarica za proizvodnju tiskovnih podloga koje su otisnute bakrotiskarskom tehnikom tiska. Svrha ovog istraživanja je analizirati uporabljivost otisnutih inovativnih podloga s bakrotiskarskom tehnikom kao tehnikom uporabljenom za tisak ambalaže i publikacija.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

Za dobivanje celulozne pulpe korišten je poljoprivredni ostatak od usjeva pšenice, ječma i pšenoraži. Kao osnovna sirovina za istraživanje upotrebljivosti ne drvenastih biljnih vrsta korištena je slama žitarica, dok je kao izvor sekundarnih vlakana korišten neotiskani komercijalni novinski papir od 100% recikliranih drvenih vlakana. Slama za preradu pripremljena je na identičan način za sve žitarice.

Tablica 1. Sastavi i oznake tiskovnih podloga

Oznake tiskovne podloge	Sastav tiskovne podloge
K	komercijalni papir od 100% recikliranih drvenih vlakana (kontrolni papir)
N	laboratorijski papir od 100% recikliranih drvnih vlakana (referentni papir)
3NJ	laboratorijski papir od 70% recikliranih drvnih vlakana + 30% vlakana od ječma
3NTR	laboratorijski papir od 70% recikliranih drvnih vlakana + 30% vlakana od pšenoraži
3NP	laboratorijski papir od 70% recikliranih drvenih vlakana + 30% vlakana od pšenice

3.2. Izrada uzoraka papira

Nakon žetve, slama se sakuplja i ručno siječe na komade dužine jedan do tri centimetra. Pročišćeni fragmenti slame su izvagani i stavljani u autoklav s potrebnom količinom kemijskog rastvora u omjeru tečnosti i čvrste materije 10:1. Za proizvodnju papira vlakna su pripremljena dispergiranjem u vodi, mljevenjem i doziranjem aditiva. Dispergiranje služi za potpuno razdvajanje vlakana na pojedinačna vlakna u vodenoj suspenziji. Tako dobivena nebijeljena pulpa pomiješana je s recikliranom papirnom pulpom u definiranom masenom udjelu za proizvodnju laboratorijskih papira. Celulozna vlakna su hidroskopna, pa bubre u vodi i u tom obliku su pogodna za bubrenje. Ovisno o vrsti i stupnju mljevenja, vlakna se mogu rezati ili drobiti mljevenjem ili, kao kombinacija gore navedenog, raslojavati, cijepati [13]. *Rapid Köthen* uređaj korišten je za izradu laboratorijskih listova. Ima okvir od nehrđajućeg čelika obložen prahom i čini čvrstu osnovu za radni stol. U njega su ugrađene dvije pumpe, kupke s toplom vodom, upravljačka jedinica, filter povratne vode i rezervoar za vodu. Stup za oblikovanje, sušilica, sistem za cirkulaciju vode i kontrole nalaze se na vodootpornoj površini stola [24]. Kontrolna ploča sadrži instrumente koji se lako čitaju i brojač vremena za svaki uređaj za sušenje i vakuumski zaslon. Različiti programi se mogu pohraniti u sistem za upravljanje programima i mogu se ponovo učitati u bilo koje vrijeme. Pokretanjem uređaja voda se automatski sipa u stupac, kada se napuni do oznake od četiri litre, dodaje se suspenzija. Protok vode se automatski zaustavlja kada se dostigne zapremina od sedam litara. Nakon završetka miješanja suspenzija se zaustavlja i ocijedi kroz sito. Nakon što je proces drenaže završen, laboratorijski list će ostati na okviru ekrana. Kako bi se osigurala željena stabilnost papira, kratko se obrađuje vakuumom. Nakon toga se stupac otvara i premješta u sušaru s nosećom pločom i pokrivnim limom, gdje je prethodno određeno vrijeme sušenja. Zatim se kartonska podloga i gornji sloj uklanjaju iz uzorka, te se uzorak kondicionira za dalje ispitivanje [25].

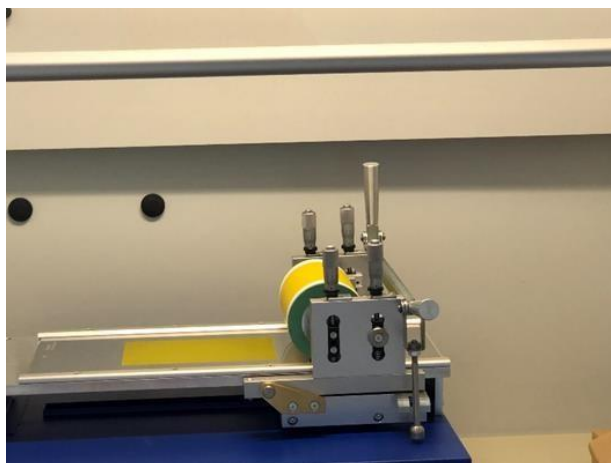


Slika 10. Stroj Rapid Köthen za izradu laboratorijskih listova

Kako bi se dobili željeni laboratorijski uzorci za ovo ispitivanje, bilo je potrebno usitniti uzorak novinskog papira težine 80 g uz dodatak 1600 ml zagrijane vode iz slavine i podvrgnuti ga fiberizaciji 20 minuta na temperaturi od 45°C i pH vrijednosti 8. Nakon fiberizacije, uzorak je prebačen u miješalicu gdje je razrijeđen s 10 litara vode iz slavine i homogeniziran. Miješanje je trajalo pet minuta na temperaturi od 45 °C i pH vrijednosti 7,5. Od ovako pripremljenog uzorka utrošeno je 195 ml mješavine celuloze za izradu svakog pojedinačnog uzorka tiskarskog papira, gramature 42,5 g m⁻² na *Rapid Köthen* uređaju za automatsku proizvodnju listova [26].

3.3. Otiskivanje laboratorijskih uzoraka papira s konvencionalnim bojama

Otiskivanje uzoraka papira s ne drvnim vlaknima i s drvenim vlaknima, te tržišnog papira (gramature 42,5 g m⁻²) obavljeno je na laboratorijskom uređaju KPP *Gravure system* s tiskarskim cilindrom mehaničke tvrdoće (HS) 65 *Shore* i graviranom tiskovnom formom s linijaturom od 100 lines/inch, odnosno 40 linija/cm (slika 11), što omogućava simulaciju bakrotiskarskog tiska.



Slika 11. Laboratorijski uređaj KPP Gravure system

Otiskivanje je rađeno u punom tonu pri brzini otiskivanja od 20 m/min sa *Sunprop* bojama kompanije *Sun Chemical* na temperaturi od 23°C i relativnoj vlažnosti od 50%. U količini od 1,5 ml boja za otiskivanje nanosi se na tiskarsku formu pipetom. (slika 11).

3.4. Otiskivanje uzoraka papira s UV bojama

Uzorci su također otisnuti s UV bojama koje se sastoje od četiri osnovne komponente: monomeri, oligomeri, pigmenti i fotoinicijatori. Monomeri su sastavni dio boje i mogu doprinijeti određenim svojstvima kao što su tvrdoća sloja boje nakon sušenja, kao i karakteristike fleksibilnosti ili istežanja boje za različite vrste primjene. Monomeri također pomažu u kontroli viskoziteta boje. Oligomeri koji se sastoje od reaktivnih smola i jedinstveno formuliranih adhezivnih komponenti omogućuju za otiskivanje na širokom spektru tiskovnih podloga. Pigmenti koji daju boji obojenje, kritična komponenta su jer se čestice moraju samljati na manje od 200 nm da bi ostvarila disperzija pigmenta unutar boje. Kada su fotoinicijatori izloženi UV zračenju, oligomeri i monomeri se povezuju, odnosno dolazi do polimerizacije djelovanjem fotoinicijatora.

Na laboratorijskom uređaju *KPP Gravure system* s tiskovnim cilindrom mehaničke tvrdoće (HS) 65 *Shore* i graviranom tiskovnom formom s linijaturom od 100 lines/inch, odnosno 40 linija/cm izvedeno je otiskivanje svih analiziranih uzoraka (laboratorijskih papira s ne drvnim vlaknima i s drvenim vlaknima, te tržišnog papira)(slika 11). Otiskivanje je rađeno u punom tonu sa *Solarflex UV* bojama kompanije *Sun Chemical*

na temperaturi od 23 °C i relativnoj vlažnosti od 52%. Pri otiskivanju korištena je brzina tiska od 20 m/min i volumen boje od 1,5 ml.

Uzorci su nakon otiskivanja sušeni ultraljubičastim svjetlom s UV sušačem *Technigraf Aktiprint L 10-1* (UV-C cijev, snage izvora svjetlosti 120 W/cm, intenziteta 60%) (slika 12).



Slika 12. UV sušač *Technigraf Aktiprint L 10-1*

3.5 Dino-Lite mikroskop

Za snimanje uzoraka papira korišten je Dino-Lite AM4113T Pro digitalni USB mikroskop. Dino-Lite mikroskop je praktičan i profesionalan mikroskop, jednostavan za upotrebu s mogućnošću povećanja slike do 200x. Sadrži senzor od 1.3 megapiksela koji osigurava kristalno čist prikaz slike i prirodnu reprodukciju boja te tako omogućava pregled i snimanje najsitnijih detalja na predmetu.



Slika 13. Dino-Lite mikroskop

3.5. ImageJ

ImageJ je program za slikovnu analizu zasnovan na *Java programskom jeziku*, razvijen u *Nacionalnom institutu za zdravlje i Laboratoriju za optičku i računarsku instrumentaciju* (LOCI, Univerzitet u Viskonsinu). Njegova prva verzija, *ImageJ 1.x*, razvijena je u javnom vlasništvu, dok su *ImageJ2* i srodni projekti *SciJava*, *ImgLib2* i *SCIFIO* licencirani pod BSD-2 licencom. *ImageJ* je dizajniran s otvorenom arhitekturom koja omogućava proširivost preko *Java* dodataka i makroa za snimanje.

Korisnički napisani dodaci omogućavaju rješavanje mnogih problema obrade i analize slike, od trodimenzionalnog snimanja živih ćelija do radiološke obrade slike [27].

ImageJ omogućuje prikazivanje, uređivanje, analiziranje, obrađivanje, i ispis 8-bitne slike u sivim tonovima, 16-bitne cjelobrojne i 32-bitne slike s pomičnim zarezom. Može koristiti mnoge formate slikovnih datoteka (TIFF, PNG, GIF, JPEG, BMP, DICOM i FITS) kao i sirove formate. *ImageJ* omogućava obradu serije slika koje dijele jedan prozor, tako da se dugotrajne operacije mogu izvoditi paralelno na višeprosesorskom hardveru. *ImageJ* može izračunati statistiku površine i vrijednosti piksela za korisnički definirane odabire i objekte s pragom intenziteta [27].

Također može mjeriti udaljenosti, kreirati histograme i grafikone profila. Podržava standardne funkcije obrade slike kao što su logičke i aritmetičke operacije između slika, manipulacija kontrastom, Fourierova analiza, izoštravanje, izgladivanje, detekcija rubova i filtriranje medijana. Izvodi geometrijske transformacije kao što su skaliranje, rotacija i okretanje. Program simulira istovremeni broj slika, ograničen samo na dostupnu memoriju [27].

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Analiza neravnomjerne pokrivenosti

Za potrebe određivanja utjecaja neravnomjerne pokrivenosti tiskovnih podloga napravljene tiskovne podloge otisnute su bakrotiskarskom tehnikom tiska. Svaki uzorak otisnut je procesnim bojama u jednom tonu i u više tonova (cijan, magenta, žuta, crna, cijan+magenta, cijan+žuta, magenta+žuta i cijan+magenta+žuta). Na svakom uzorku napravljeno je dvadeset mjerenja, a srednje vrijednosti izmjerenih mjerenja prikazane su u tablicama 2-17.

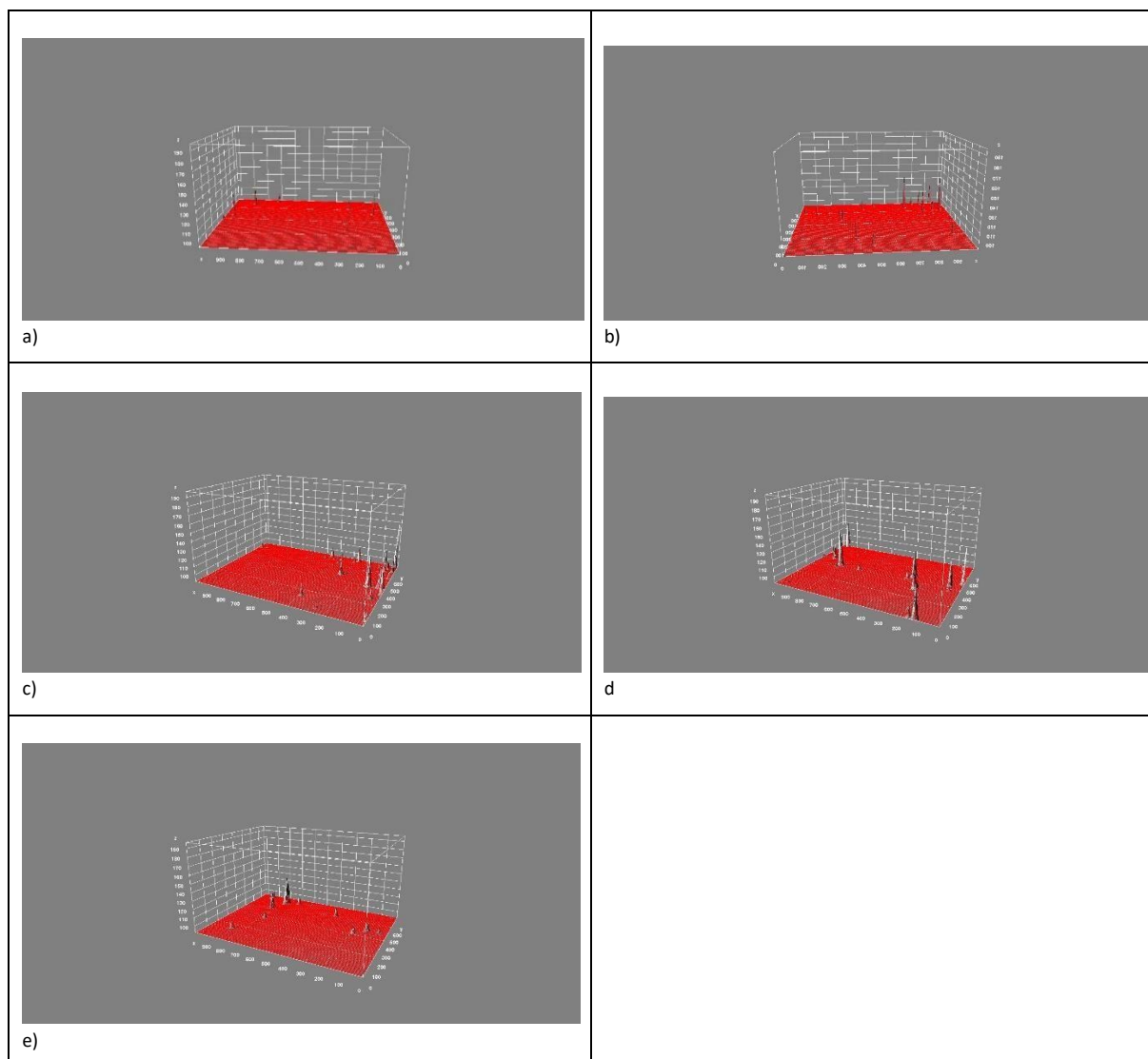
4.2. Analiza neravnomjerne pokrivenosti konvencionalnih boje

Uzorci otisnuti cijan bojom i pripadajući 3D grafovi s prikazom neravnomjerne pokrivenosti pojedinog uzorka prikazani su tablicom 2. i slikom 14.

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti cijan otisaka s konvencionalnom bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.688%
K	97.691%
3NJ	97.673%
3NTR	97.629%
3NP	97.685%

U tablici 2. prikazane su srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti bojom cijan otisaka s konvencionalnom bojom na tiskovnim podlogama od drvnih vlakanca (N, K) i s ne drvnih vlakancima (3NJ, 3NTR, 3NP). Iz tablice 2. vidljivo je da su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem cijan boje na tiskovnoj podlozi 3NTR, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na tiskovnoj podlozi K, odnosno kontrolnom papiru. Dok su otisci dobiveni na ostalim ekološki prihvatljivim tiskovnim podlogama unutar tih vrijednosti (3NP, 3NJ). Slika 14. potvrđuje izmjerene vrijednosti 3D prikazima.



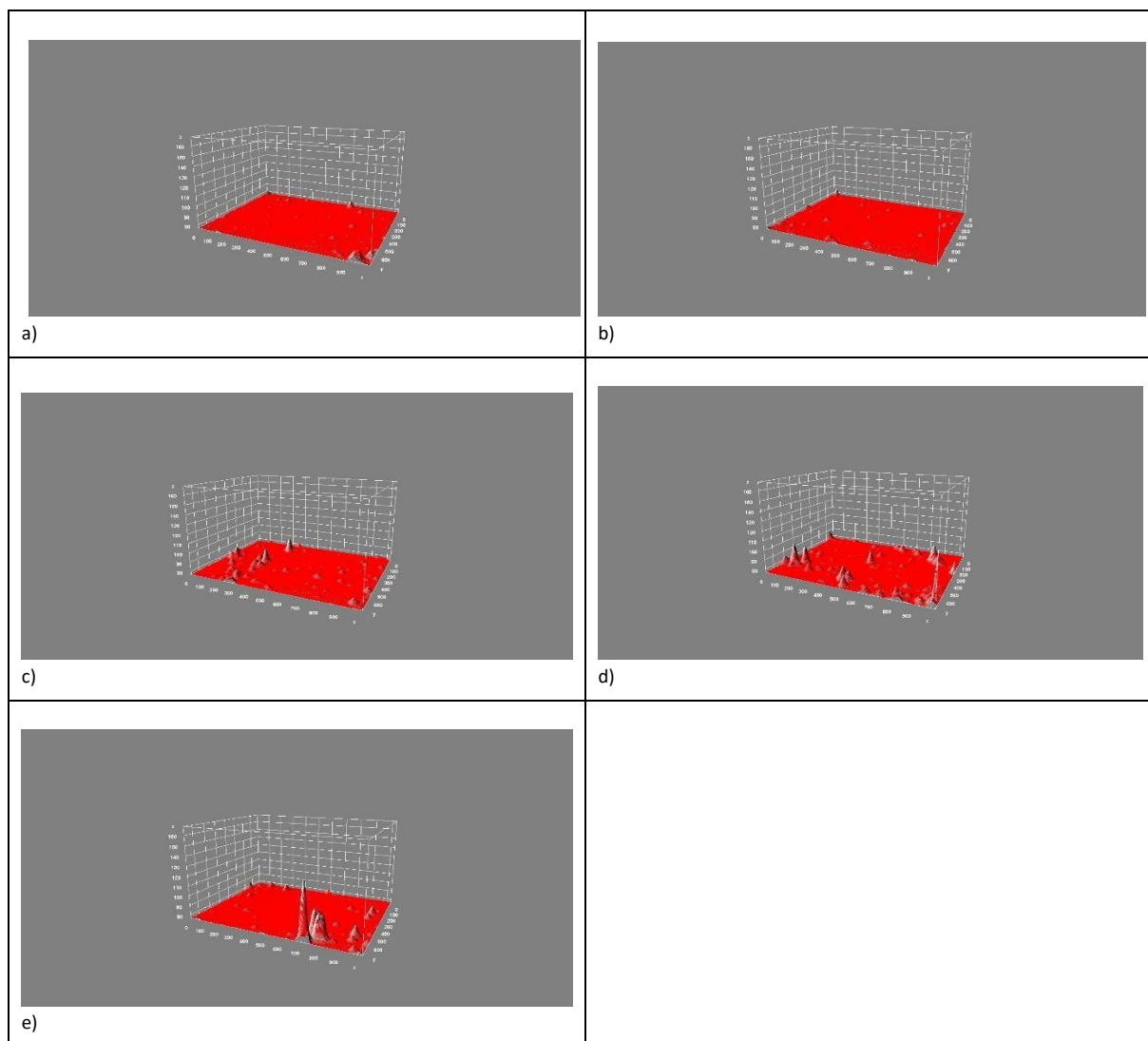
Slika 14. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d) 3NTR; e) 3NP

Uzorci otisnuti magenta bojom i pripadajući 3D grafovi s prikazom neravnomjerne pokrivenosti pojedinog uzorka prikazani su tablicom 3. i slikom 15.

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti magenta otisaka s konvencionalnom bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.641%
K	97.607%
3NJ	97.649%
3NTR	97.666%
3NP	97.696%

Tablica 3. prikazuje srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti bojom magenta otisaka s konvencionalnom bojom na tiskovnim podlogama od drvnih vlakanca (N, K) i s ne drvnih vlakanca (3NJ, 3NTR, 3NP). Najmanje vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti bojom dobivene su otiskivanjem magenta boje na podlozi K, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi 3NP. Otisci dobiveni na ostalim ekološki prihvatljivim tiskovnim podlogama (3NJ, 3NTR) manjih su vrijednosti. Slika 15. vizualno prikazuje izmjerene vrijednosti u 3D prikazu.



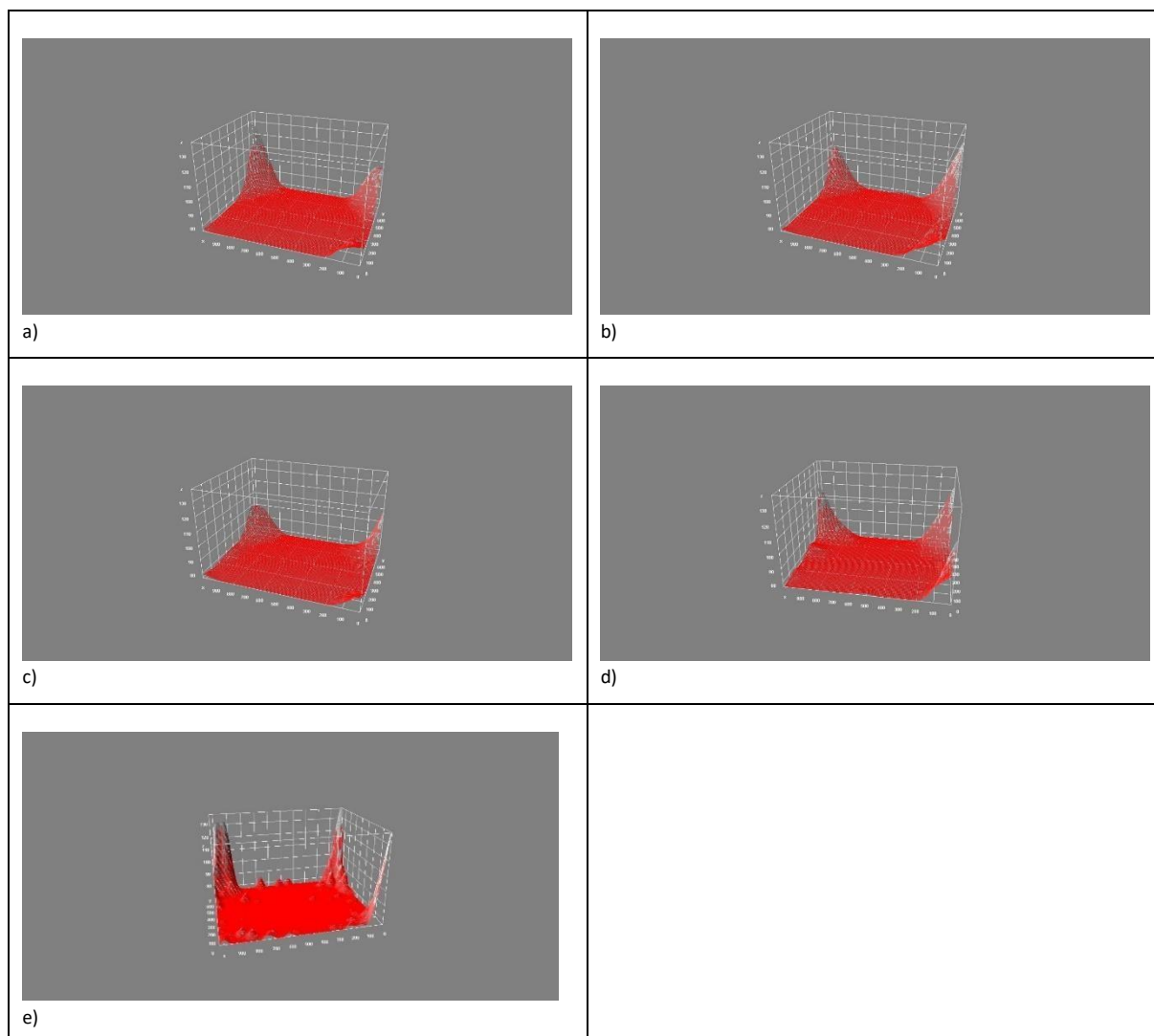
Slika 15. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Na slici 16, i unutar tablice 4. prikazani su rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzoraka otisnutih žutom bojom i pripadajući 3D grafovi.

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žutom otisaka s konvencionalnom bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.660%
K	97.889%
3NJ	97.979%
3NTR	97.692%
3NP	97.733%

Srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti žute konvencionalne boje na tiskovnim podlogama od ne drvnih vlakana i s ne drvnih vlakana prikazane su u tablici 4. Uočava se da su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem žute boje na podlozi N, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi 3NJ. Iz prikazanih vrijednosti vidljivo je da su vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti bojom vrlo slične kod svih uzoraka. Uz rezultate priloženi su i 3D prikazi koji potvrđuju izmjerene vrijednosti. Kod ovih prikaza vidljivi su povećanja na rubovima, koja su nastala radi digitalnog snimanja slika s Dino-Lite mikroskopom.



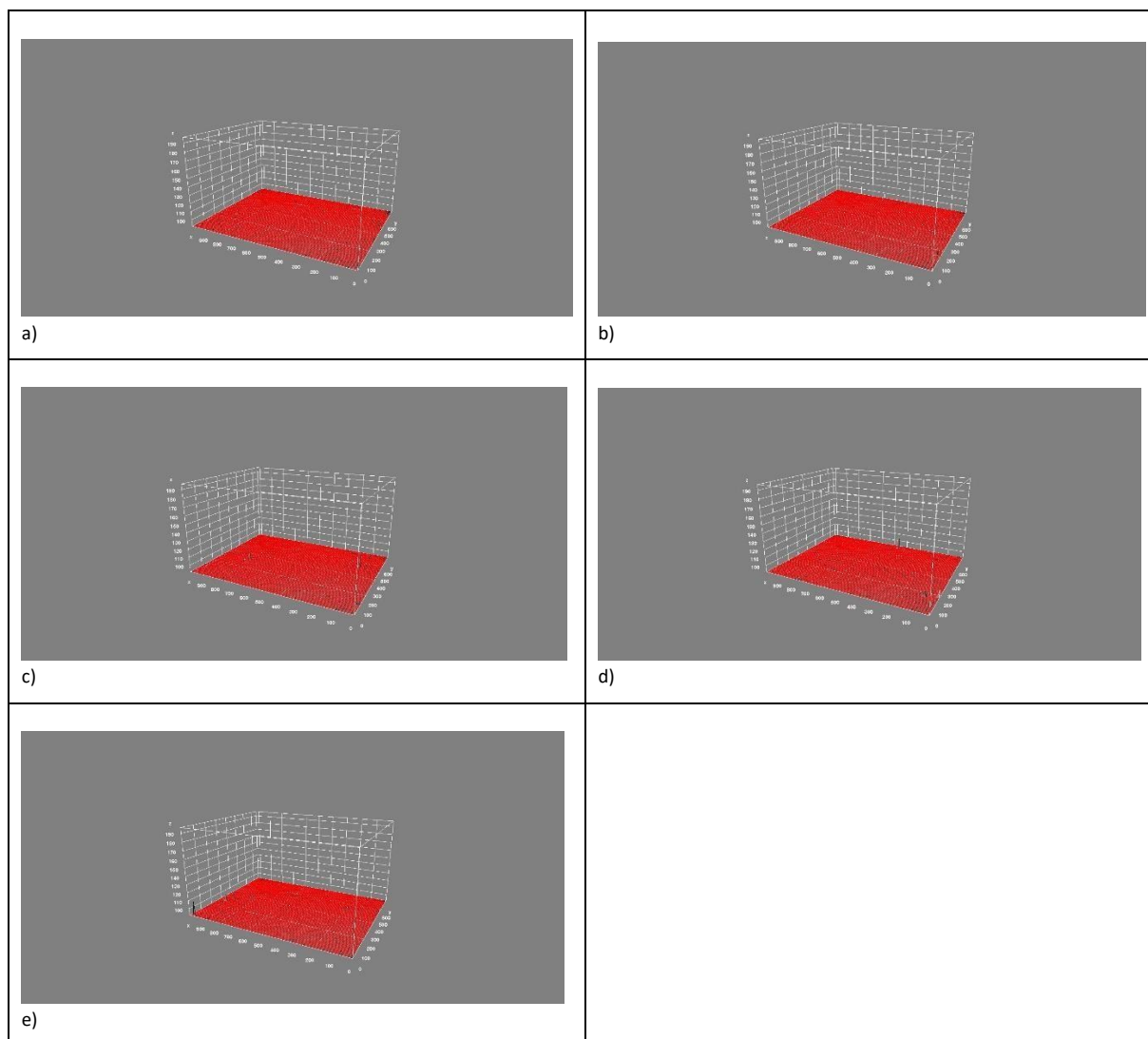
Slika 16. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzoraka crnom bojom i pripadajući 3D grafovi analiziranih uzoraka prikazani su tablicom 5. i slikom 17.

Tablica 5. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti crnom otisaka s konvencionalnom bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.634%
K	97.907%
3NJ	97.986%
3NTR	97.604%
3NP	97.733%

U tablici 5. prikazane su srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti konvencionalne crne boje na otiscima izvedenim na tiskovnim podlogama od ne drvnih vlaknaca i s ne drvnim vlakancima. Najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi 3NJ, dok su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem crne boje na podlozi 3NTR. Svi uzorci i dalje sadrže vrlo slične rezultate $\pm 0.2\%$ Slika 17. vizualno prikazuje izmjerene vrijednosti u 3D prikazu.



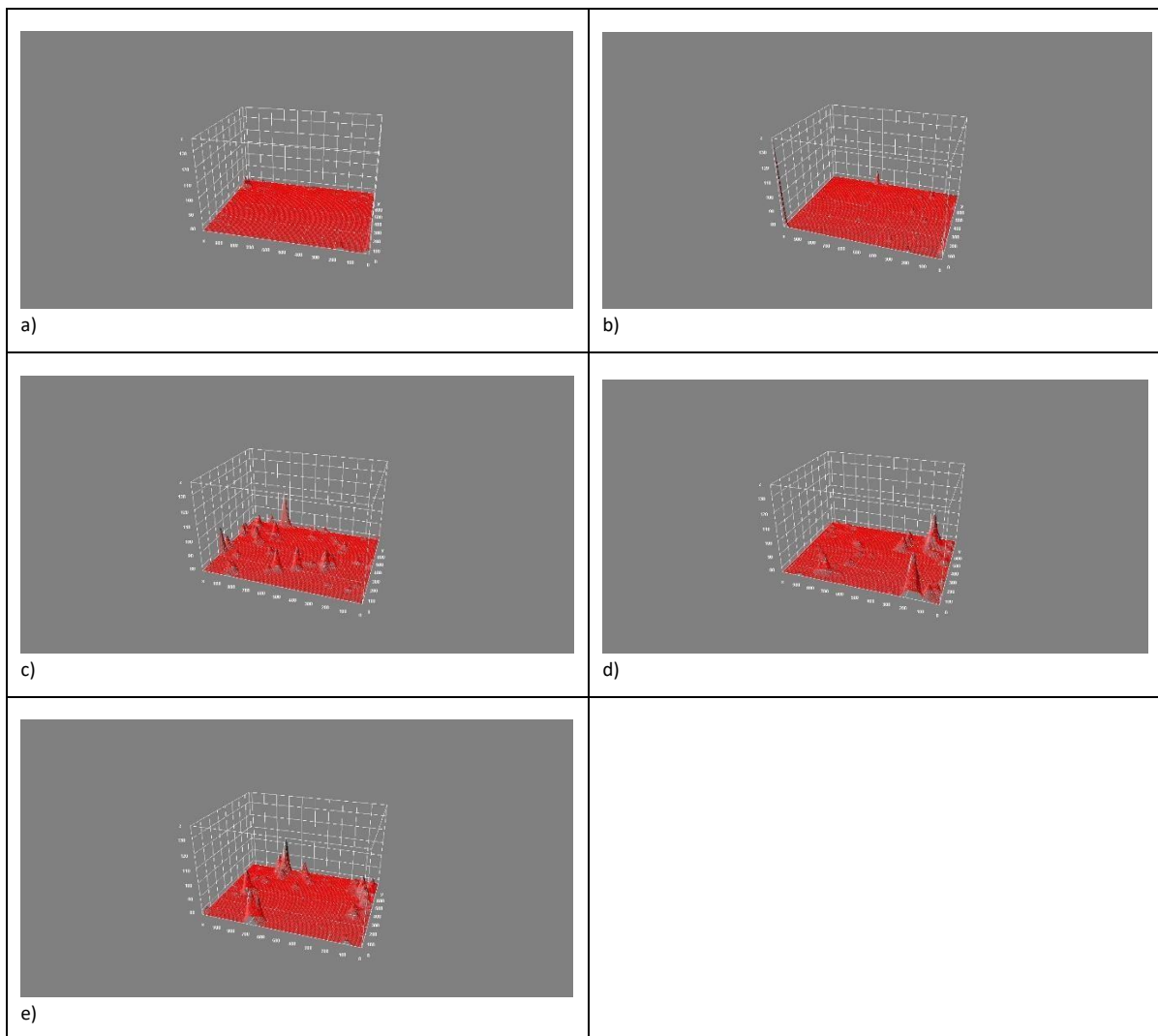
Slika 17. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

U sljedećim tablicama i slikama prikazani su višetonski uzorci dobiveni otiskivanjem dvaju ili triju sloja boje. Rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzorka žuta+magenta bojom i pripadajući 3D grafovi prikazani su tablicom 6. i slikom 18.

Tablica 6. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žuta+magenta otisaka s konvencionalnom bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.687%
K	97.866%
3NJ	97.764%
3NTR	97.731%
3NP	97.645%

Srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti konvencionalnom bojom žuta+magenta otisaka na tiskovnim podlogama prikazane su u tablici 6. Uočava se da su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem žuta+magenta boje na podlozi 3NP, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi K. Slika 18. prikazuje bolji uvid u izmjerene vrijednosti s 3D prikazom svakog uzorka.



Slika 18. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

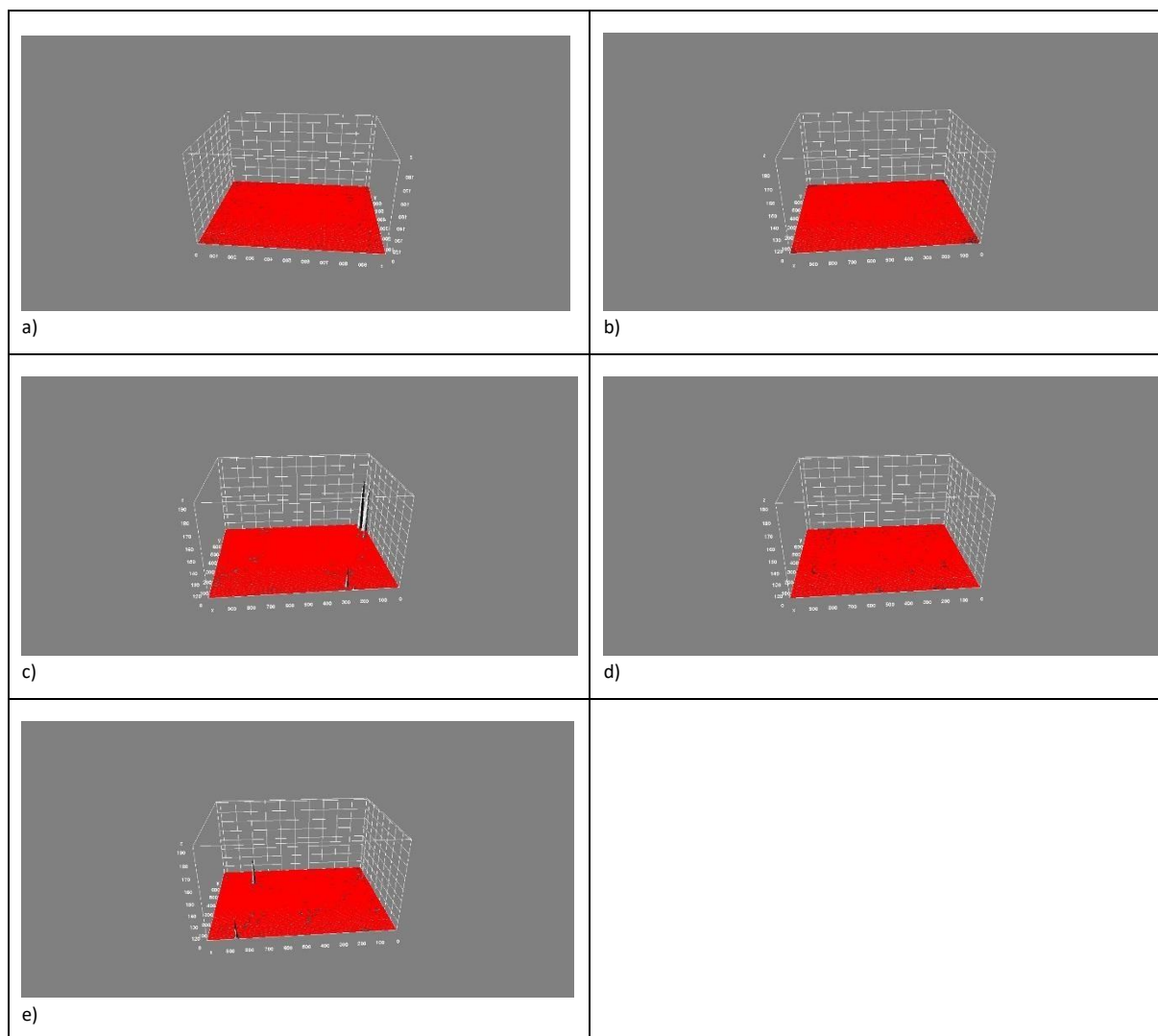
Rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzorka otisnutih cijan+magenta bojom i pripadajući 3D grafovi prezentirani su tablicom 7. i slikom 19.

Tablica 7. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti cijan+magenta otisaka s konvencionalnom bojom

uzorak	Area (%)
N	97.678%
K	97.920%
3NJ	97.645%
3NTR	97.609%
3NP	97.648%

Iz tablice 7. koja prikazuje srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti cijan+magenta bojom na otiscima vidljivo je da su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem cijan+magenta boje na podlozi 3NTR, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi K.

3D prikazima svakog uzorka na slici 19. pokazuju se bolje pokrivenosti uzoraka s bojom.



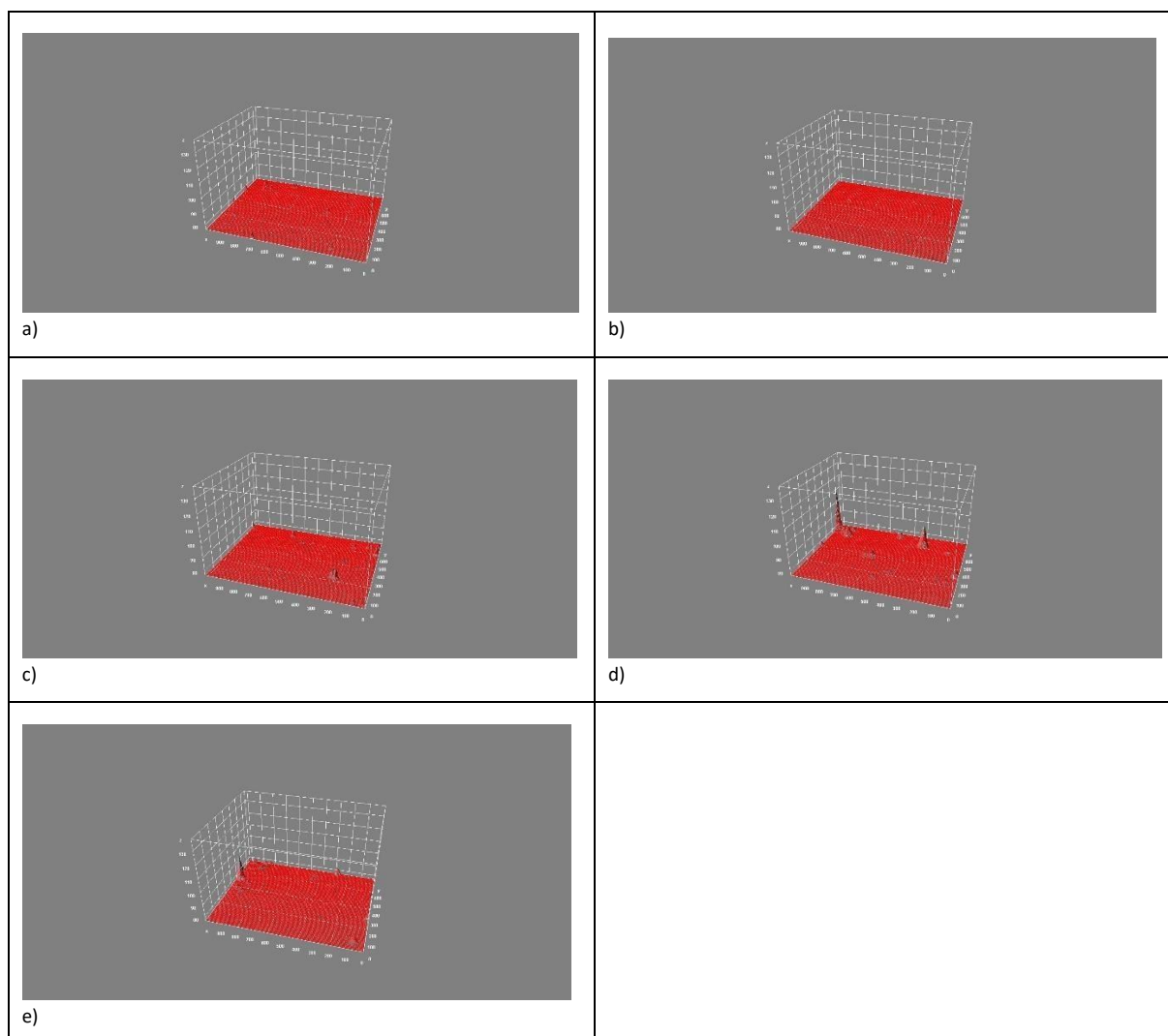
Slika 19. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

3D Prikazima neravnomjerne pokrivenosti pojedinog uzorka prezentiranim slikom 20. i tablicom 8. priloženi su rezultati izmjerenih srednjih vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žuta+cijan bojom na otiscima s konvencionalnom bojom.

Tablica 8. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žuta+cijan otisaka s konvencionalnom bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.650%
K	97.735%
3NJ	97.682%
3NTR	97.659%
3NP	97.691%

Iz srednjih vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti žuta+cijan bojom (tablica 8.) uočavaju se najmanje vrijednosti na otiscima s žutom+cijan bojom na podlozi N, a najveće vrijednosti na otiscima otisnutim na podlozi K. Dok su otisci dobiveni na ekološki prihvatljivim tiskovnim podlogama unutar tih vrijednosti. Slika 20. prikazuje bolji uvid u izmjerene vrijednosti s 3D prikazom svakog uzorka.



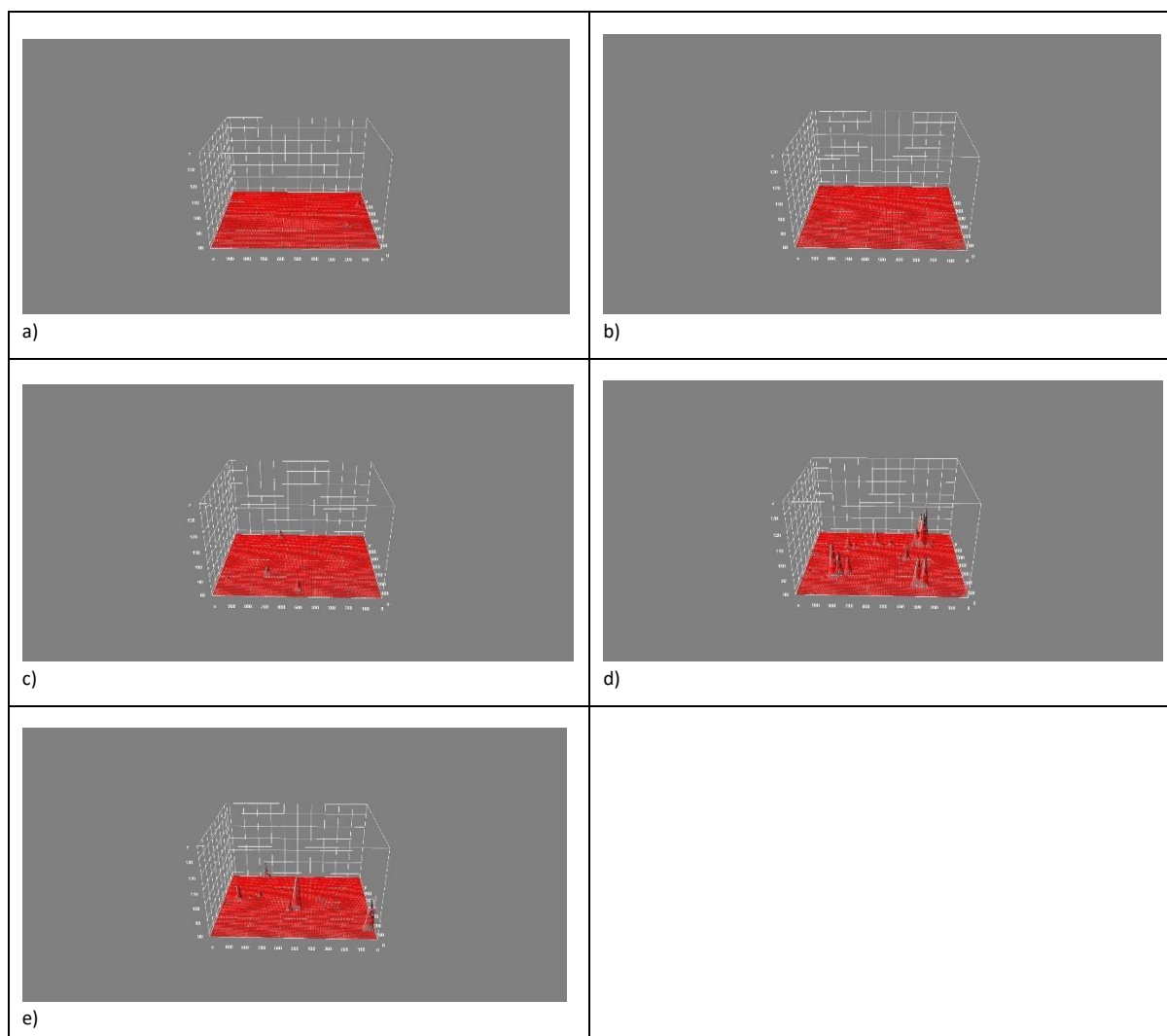
Slika 20. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d) 3NTR; e) 3NP

Uzorci otisnuti žuta+cijan+magenta bojom i pripadajući 3D grafovi s prikazom neravnomjerne pokrivenosti pojedinog uzorka prikazani su tablicom 9. i slikom 21.

Tablica 9. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žuta+cijan+magenta otisaka s konvencionalnom bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.639%
K	97.817%
3NJ	97.628%
3NTR	97.638%
3NP	97.616%

Iz tablice 9. uočavaju se najmanje vrijednosti na otisku sa žuta+cijan+magenta boje na podlozi 3NP, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi K. Ostali otisci sadrže vrlo slične vrijednosti. Slika 21. vizualno prikazuje vrijednosti 3D prikazom svakog uzorka.



Slika 21. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d) 3NTR; e) 3NP

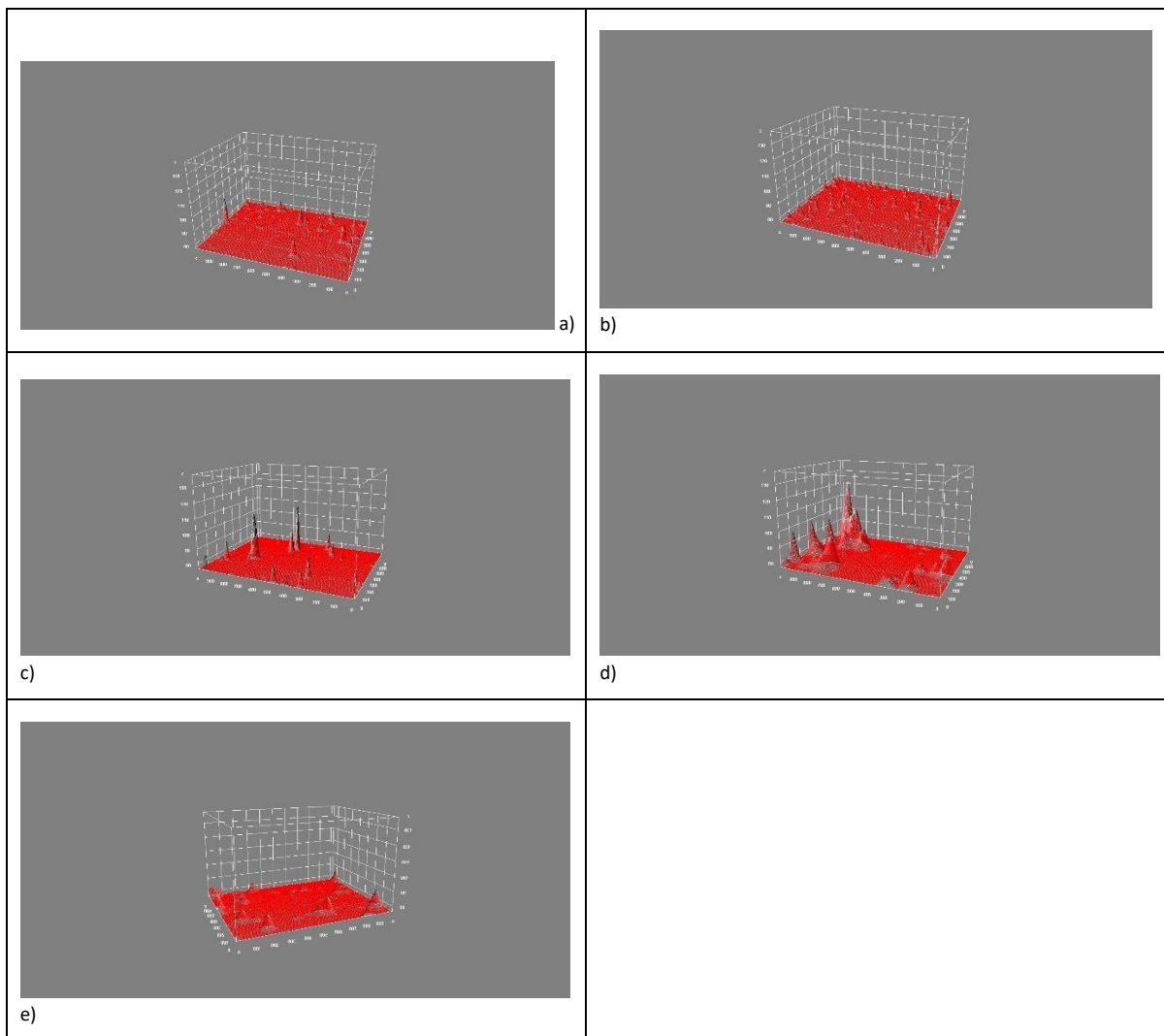
4.3. Analiza neravnomjerne pokrivenosti UV boja

Rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzoraka cijan bojom i pripadajući 3D grafovi analiziranih uzoraka prikazani su tablicom 10. i slikom 22.

Tablica 10. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti cijan otisaka s UV bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.719%
K	97.710%
3NJ	97.682%
3NTR	97.655%
3NP	97.677%

Tablica 10. prikazuje srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti bojom cijan otisaka s UV bojom na analiziranim tiskovnim podlogama. Iz tablice 10. iščitavamo najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem cijan boje na podlozi 3NTR, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi N. Dok su otisci dobiveni na ekološki prihvatljivim tiskovnim podlogama unutar tih vrijednosti. Slika 22. vizualno prikazuje izmjerene vrijednosti u 3D prikazu.



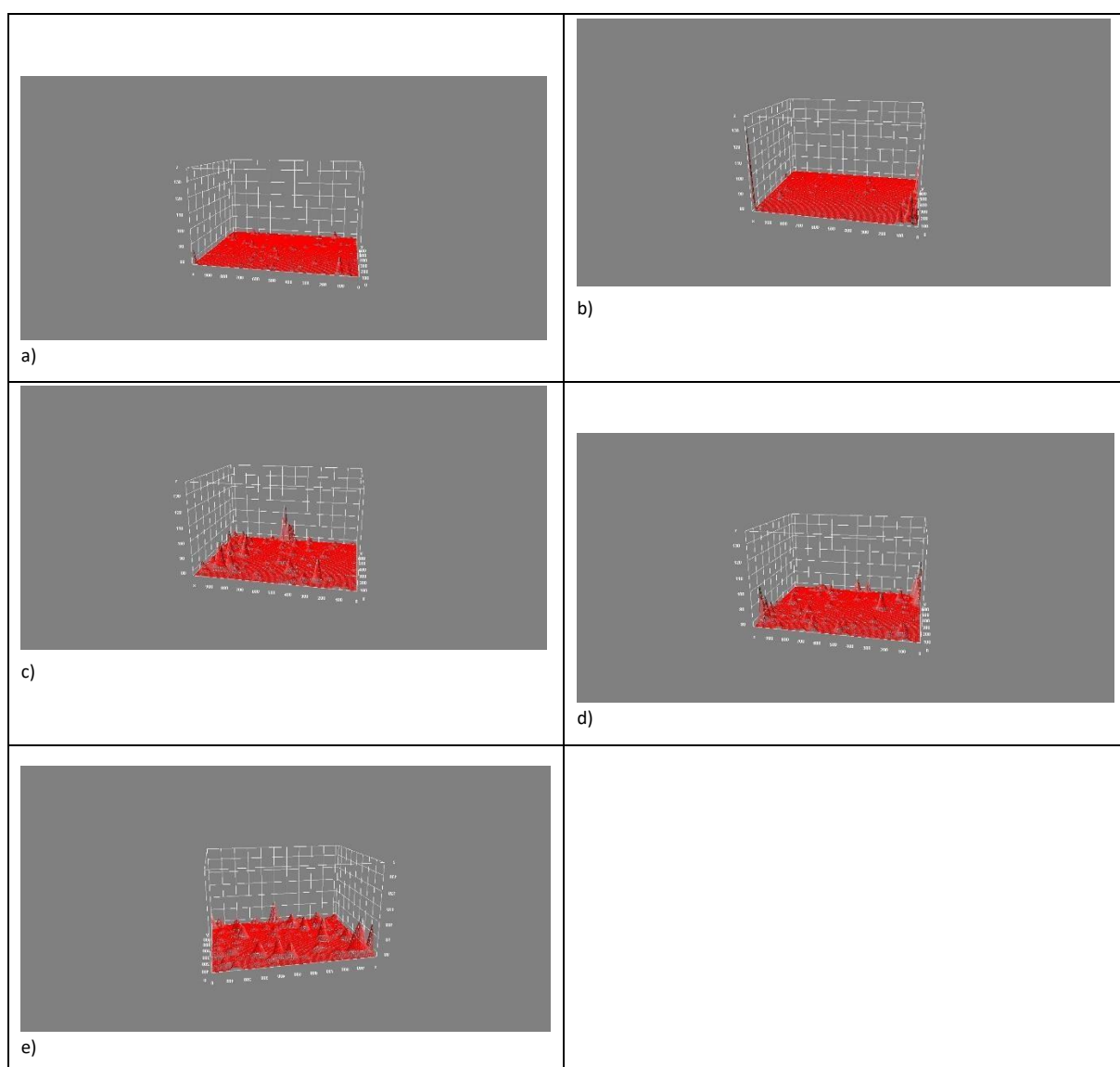
Slika 22. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Uzorci otisnuti magenta bojom i pripadajući 3D grafovi s prikazom neravnomjerne pokrivenosti pojedinog uzorka prikazani su tablicom 11. i slikom 23.

Tablica 11. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti magenta otisaka s UV bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.689%
K	97.669%
3NJ	97.683%
3NTR	97.638%
3NP	97.712%

U tablica 11. prikazane su srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti bojom magenta otisaka s konvencionalnom bojom na tiskovnim podlogama od drvnih vlakanca (N, K) i s ne drvnih vlakanca (3NJ, 3NTR, 3NP). Iz tablice 11. vidljivo je da su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem magenta boje na tiskovnoj podlozi 3NTR, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na tiskovnoj podlozi 3NP. 3D prikazima svakog uzorka na slici 23. pokazuju se bolje pokrivensti uzoraka s bojom.



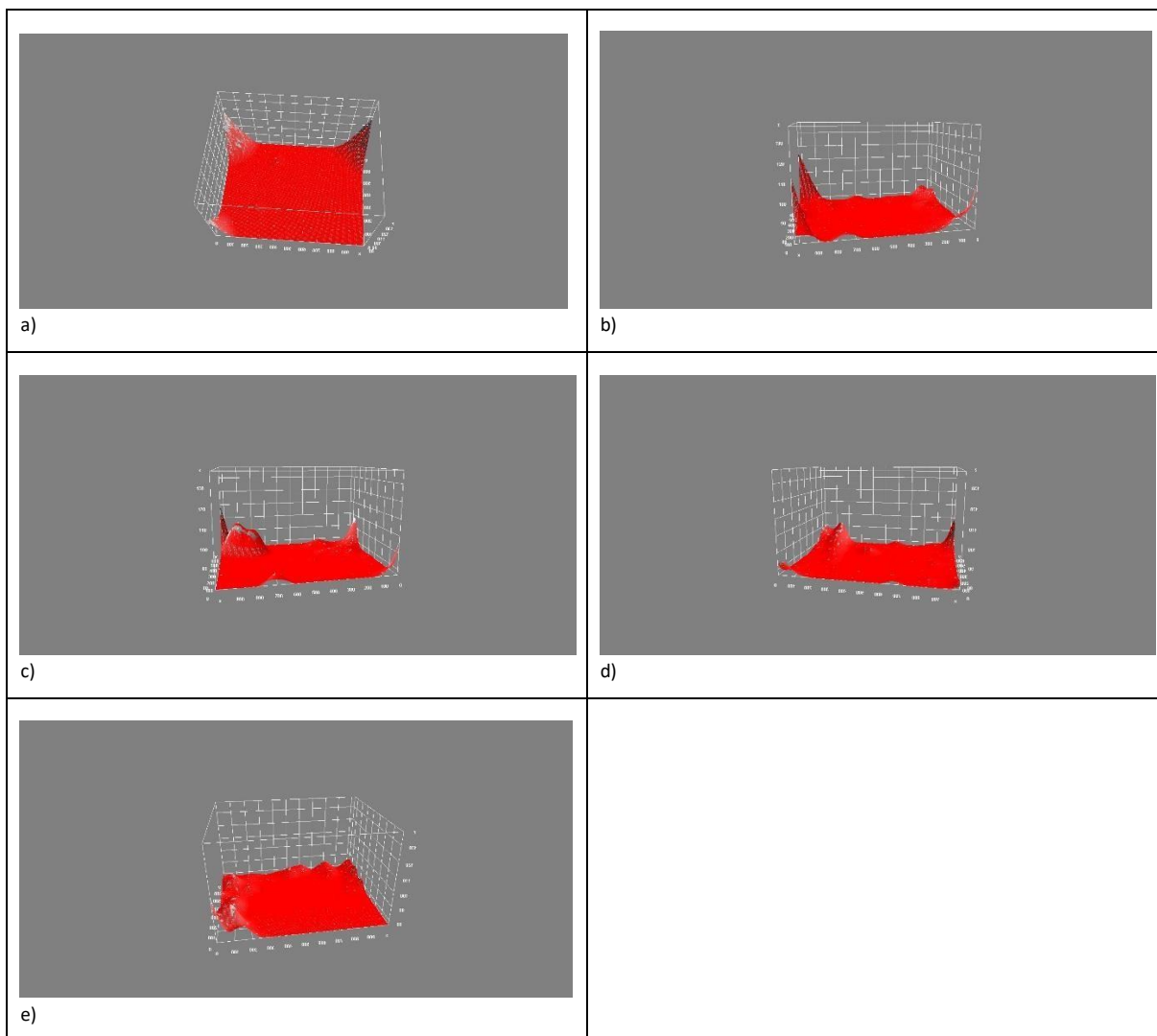
Slika 23. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Na slici 24, i unutar tablice 12. prikazani su rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzoraka otisnutih žutom bojom i pripadajući 3D grafovi.

Tablica 12. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žutom otisaka s UV bojom

Uzorak	Area (%)
N	98.174%
K	97.817%
3NJ	97.835%
3NTR	98.023%
3NP	97.841%

Srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti UV bojom žutih otisaka na tiskovnim podlogama prikazane su u tablici 12. Uočava se da su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem žuta boje na podlozi K, odnosno na kontrolnom papiru, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi N. Dok su otisci dobiveni na ekološki prihvatljivim tiskovnim podlogama unutar tih vrijednosti (3NP, 3NTR, 3NJ). Slika 24. prikazuje bolji uvid u izmjerene vrijednosti s 3D prikazom svakog uzorka.



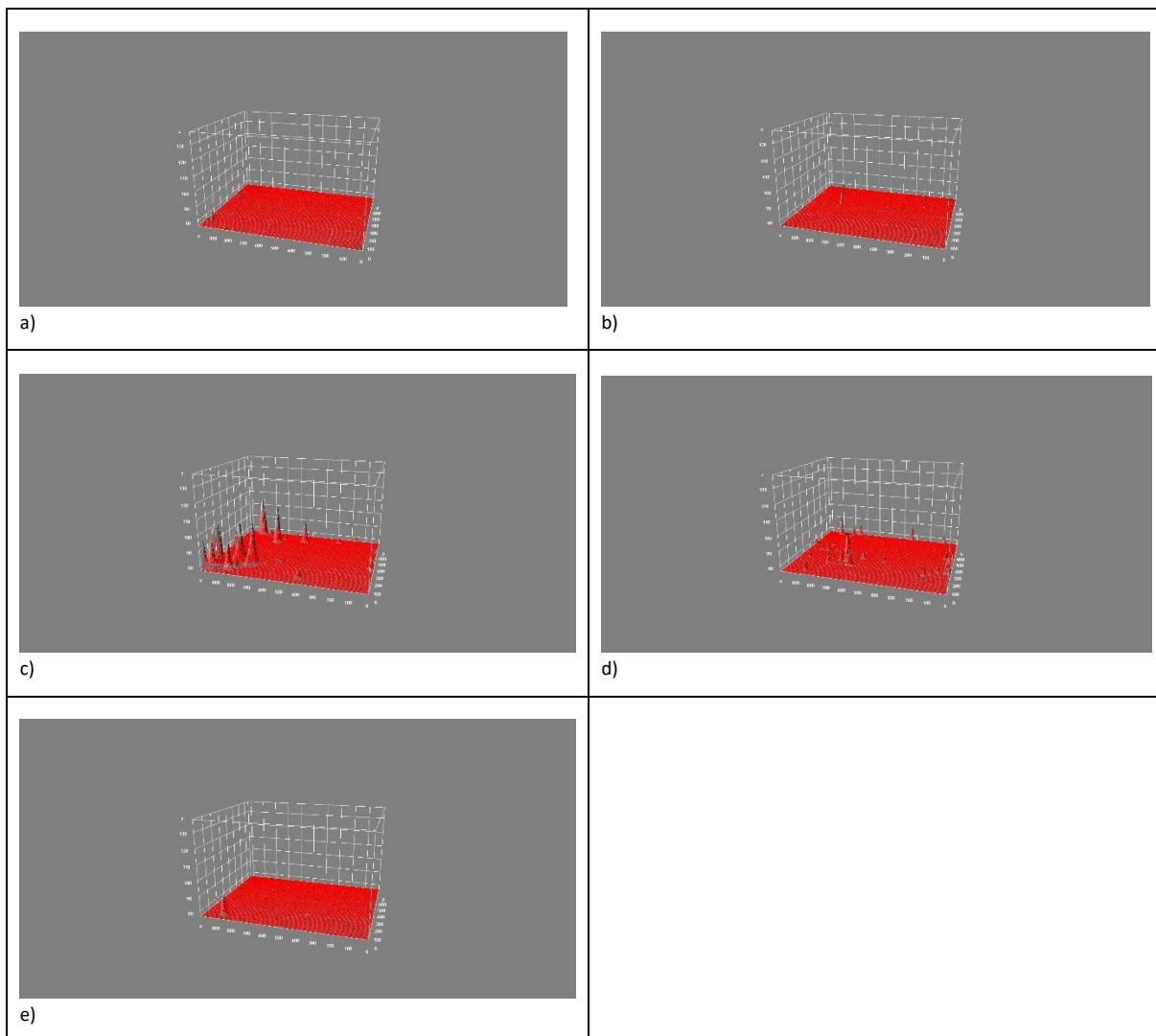
Slika 24. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Uzorci otisnuti crnom bojom i pripadajući 3D grafovi s prikazom neravnomjerne pokrivenosti pojedinog uzorka prikazani su tablicom 13. i slikom 25.

Tablica 13. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti crnom otisaka s UV bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.892%
K	97.668%
3NJ	97.596%
3NTR	97.618%
3NP	97.613%

Iz tablice 13. uočavaju se najmanje vrijednosti na otisku s crnom boje na podlozi 3NJ, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi N. Ostali otisci sadrže vrlo slične vrijednosti. Slika 25. vizualno prikazuje vrijednosti 3D prikazom svakog uzorka.



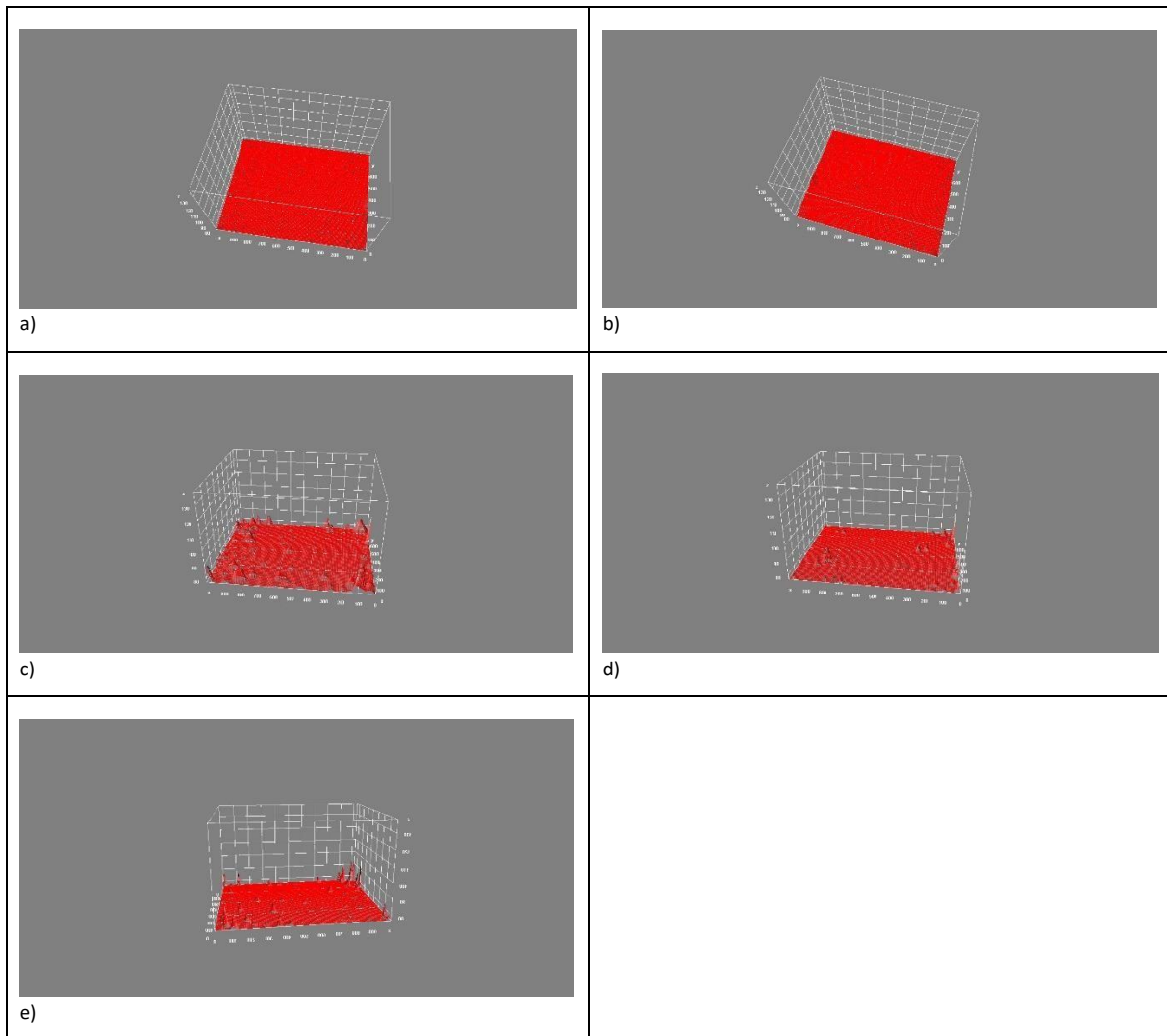
Slika 25. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

U sljedećim tablicama i slikama prikazani su višetonski uzorci dobiveni otiskivanjem dvaju ili triju sloja boje. Rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzorka žuta+magenta bojom i pripadajući 3D grafovi prikazani su tablicom 14. i slikom 26.

Tablica 14. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žuta+magenta otisaka s UV bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.770%
K	97.745%
3NJ	97.754%
3NTR	97.709%
3NP	97.651%

Analizom neravnomjerne pokrivenosti konvencionalne žuta+magenta boje dobivene su srednje vrijednosti prikazane u tablici 14. Najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi N, a najmanje na podlozi 3NP. Svi uzorci i dalje sadrže vrlo slične rezultate $\pm 0.2\%$. 3D prikazima svakog uzorka na slici 26. pokazuju se bolje pokrivenosti uzoraka s bojom.



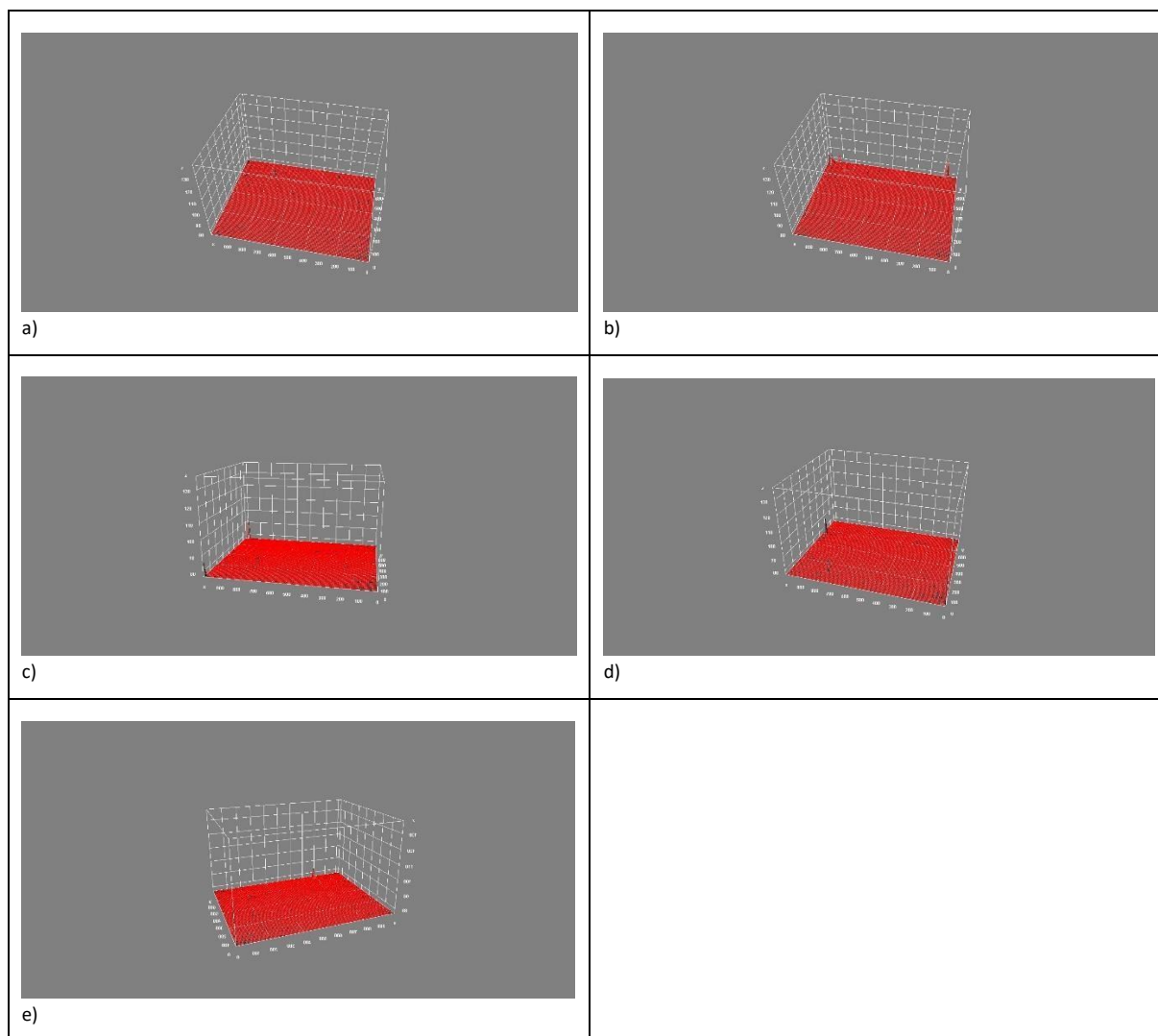
Slika 26. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzoraka cijan+magenta bojom i pripadajući 3D grafovi analiziranih uzoraka prikazani su tablicom 15. i slikom 27.

Tablica 15. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti cijan+magenta otisaka s UV bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.885%
K	97.675%
3NJ	97.632%
3NTR	97.728%
3NP	97.835%

Tablica 15. prikazuje srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti bojom cijan+magenta otisaka s UV bojom na tiskovnim podlogama od drvnih vlakanca (N, K) i s ne drvnih vlakanca (3NJ, 3NTR, 3NP). Iz tablice 15. iščitajemo da su najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem cijan+magenta boje na podlozi 3NJ, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi N. Dok su otisci dobiveni na ekološki prihvatljivim tiskovnim podlogama unutar tih vrijednosti. Slika 27. pruža nam bolji uvid u analizirane uzorke prikazom 3D rezultata.



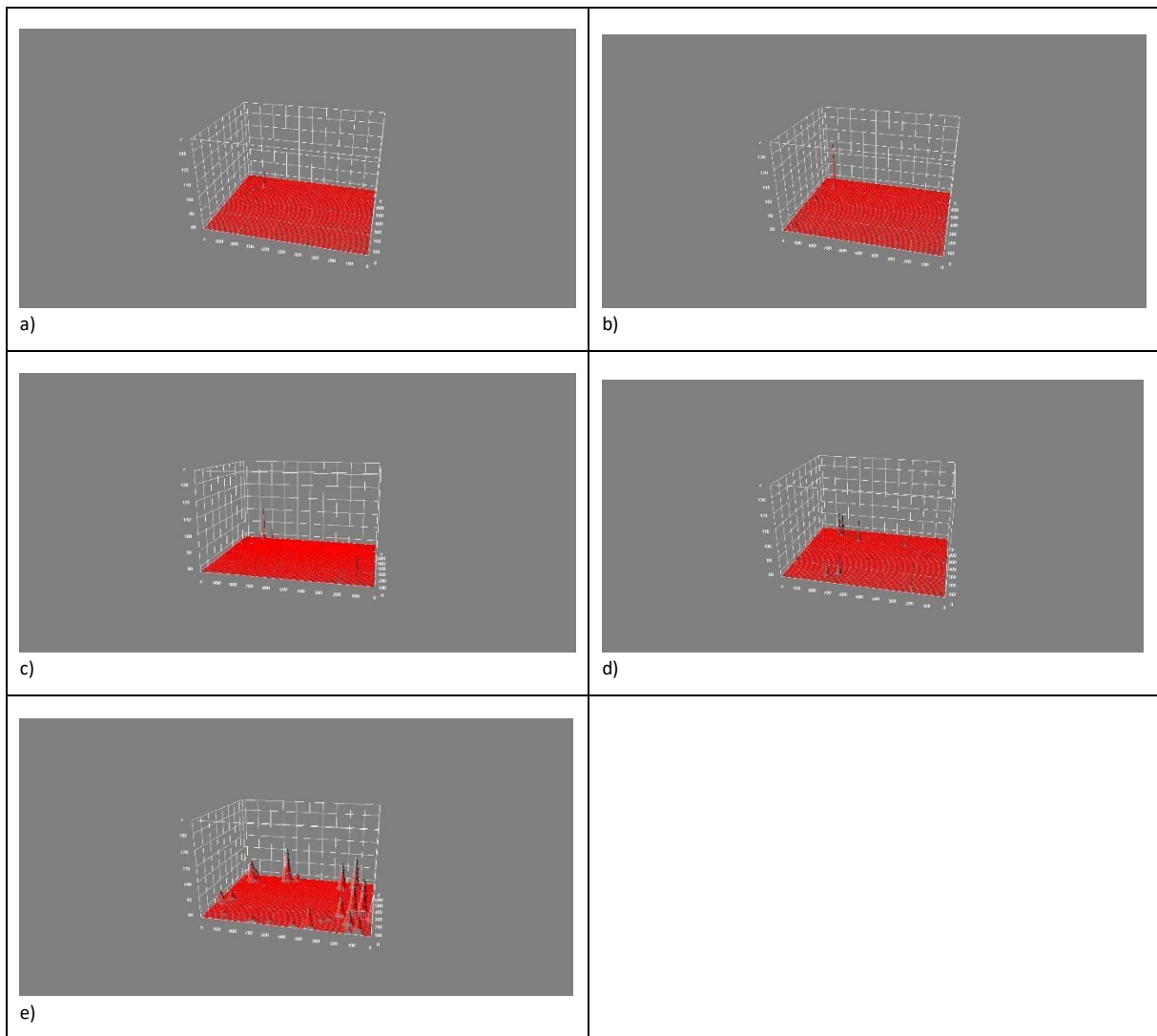
Slika 27. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d) 3NTR; e) 3NP

Uzorci otisnuti žuta+cijan bojom i pripadajući 3D grafovi s prikazom neravnomjerne pokrivenosti pojedinog uzorka prikazani su tablicom 16. i slikom 28.

Tablica 16. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žuta+cijan otisaka s UV bojom

Uzorak	Area (%)
N	97.718%
K	97.647%
3NJ	97.766%
3NTR	97.649%
3NP	97.647%

Srednje vrijednosti dobivene mjerenjem neravnomjerne pokrivenosti bojom cijan+mageta otisaka s UV bojom na tiskovnim podlogama prikazane su tablicom 16. Analizom su dobivene najmanje vrijednosti otiskivanjem žute+cijan boje na podlozi K i 3NP koje dijele iste vrijednosti, a najveće vrijednosti dobivene su na otiscima otisnutim na podlozi 3NJ. Slika 28. vizualno prikazuje vrijednosti 3D prikazom svakog uzorka.



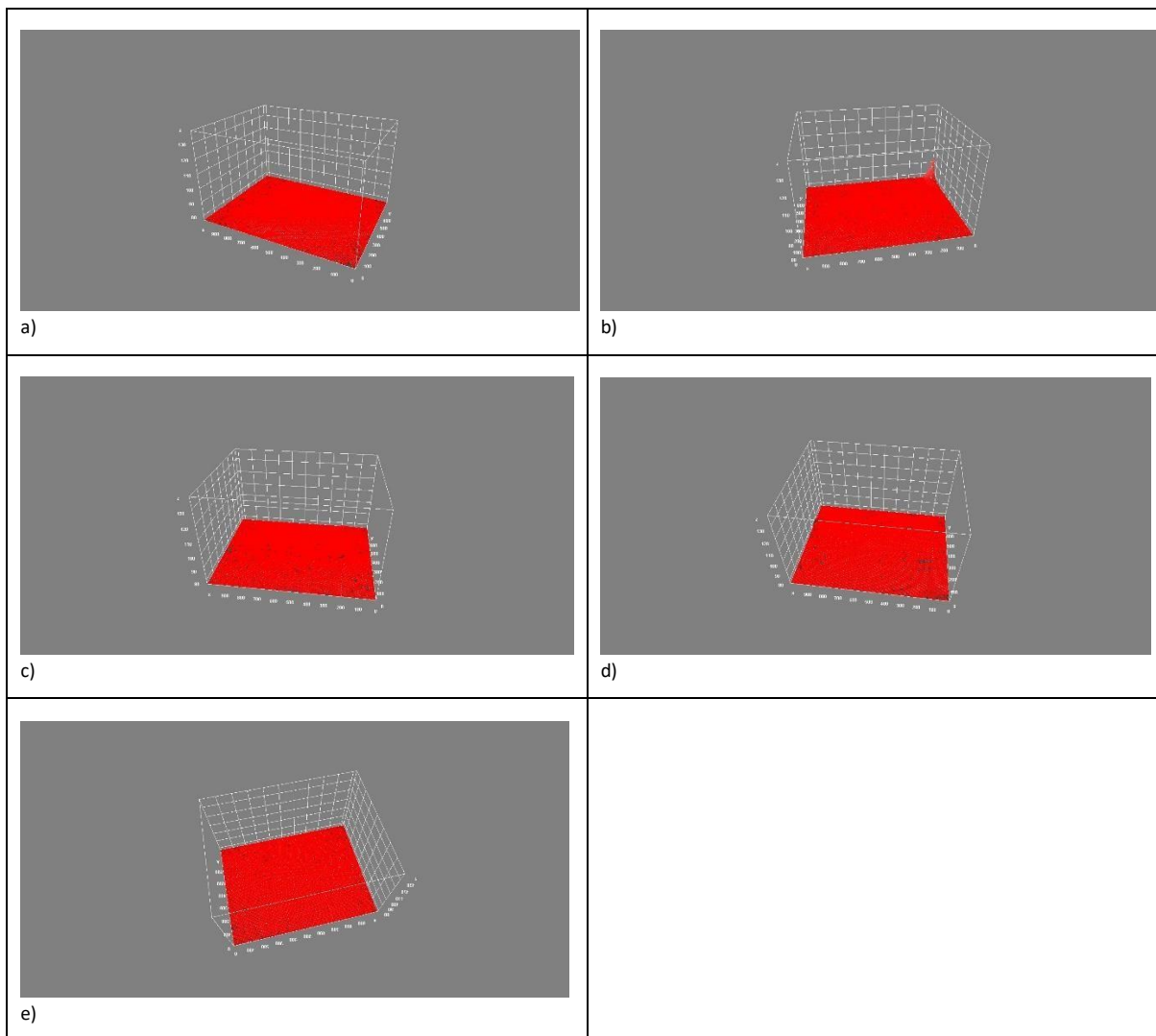
Slika 28. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Na slici 29, i unutar tablice 17. prikazani su rezultati neravnomjerne pokrivenosti uzoraka otisnutih žutom bojom i pripadajući 3D grafovi.

Tablica 17. Izmjerene vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti žuta+cijan+magenta otisaka s UV bojom

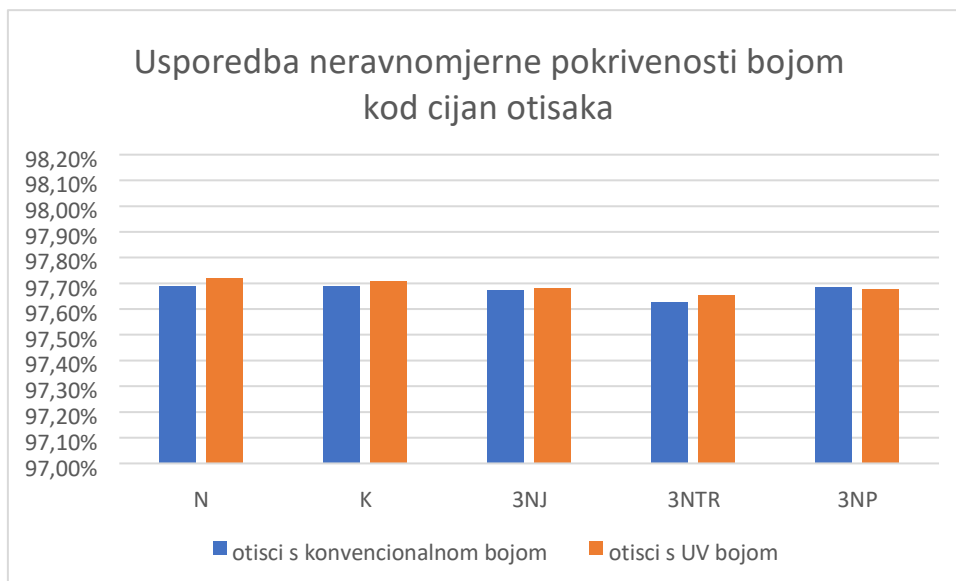
Uzorak	Area (%)
N	97.631%
K	97.617%
3NJ	97.657%
3NTR	97.754%
3NP	97.884%

U tablici 17. nalaze se srednje vrijednosti mjerenja neravnomjerne pokrivenosti žuta+cijan+magenta UV u kojoj su vidljive najmanje vrijednosti dobivene otiskivanjem žuta+cijan+magenta boje na podlozi K, a najveće vrijednosti dobivene otiskivanjem žuta+cijan+magenta boje na podlozi 3NP. Dok su otisci dobiveni na ekološki prihvatljivim tiskovnim podlogama unutar tih vrijednosti. 3D prikazom na slici 29. pružen je bolji uvid u analizu ispitanih uzoraka za gore navedenu boju.



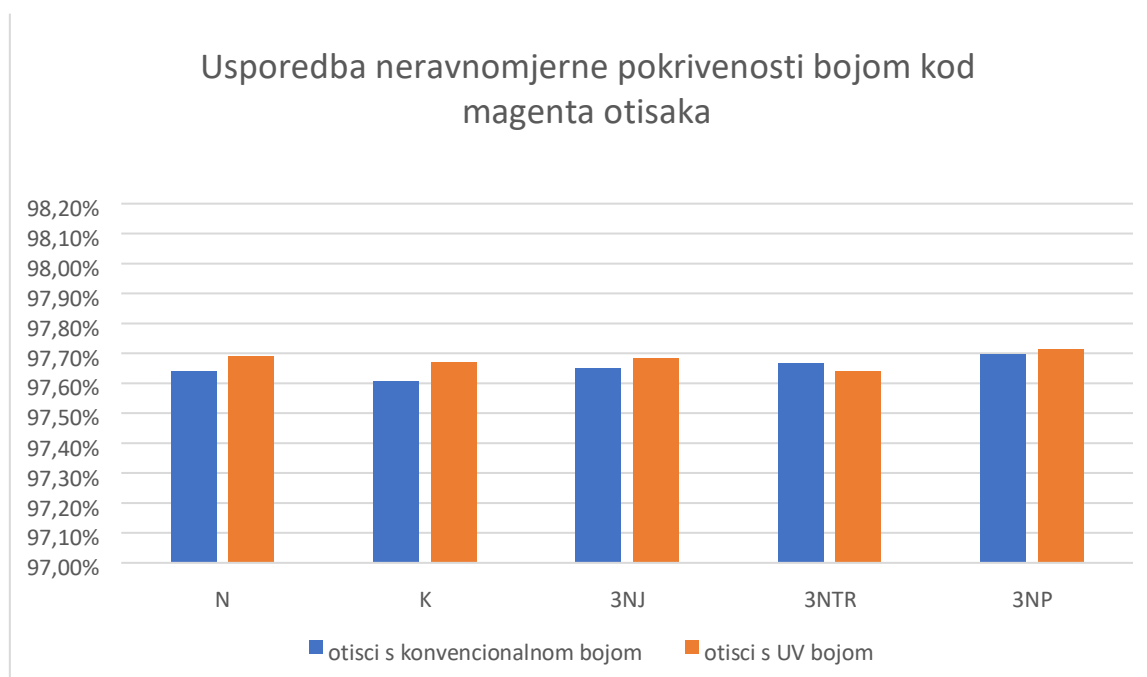
Slika 29. Prikazuje 3D prikaze neravnomjerne pokrivenosti bojom na tiskovnim podlogama a) N; b) K; c) 3NJ; d)3NTR; e)3NP

Kako analizirani uzorci, i komercijalni i laboratorijski, sadrže vrlo slične vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti bojom, u sljedećim grafovima prikazana je usporedba rezultata neravnomjerne pokrivenosti konvencionalnom bojom u odnosu na rezultate neravnomjerne pokrivenosti UV bojom.



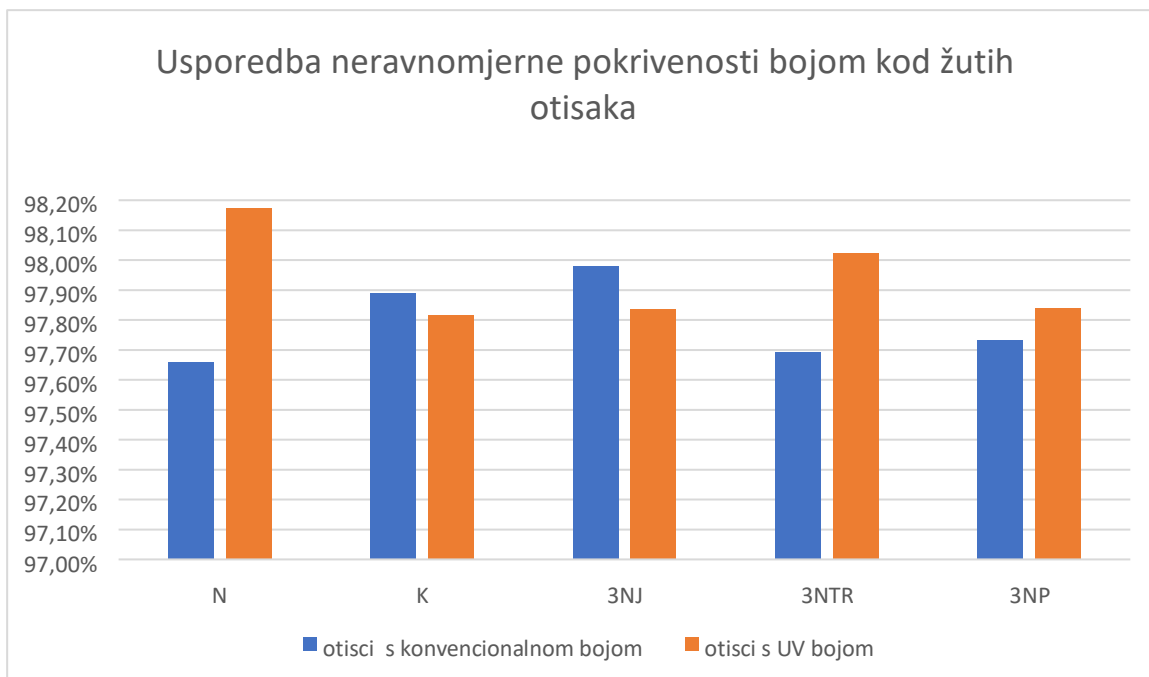
Slika 30. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti konvencionalnom i UV bojom kod cijan otisaka

Iz slike 30. vidljiva je veća pokrivenost cijan bojom kod otisaka s UV bojom kod svih analiziranih tiskovnih podloga.

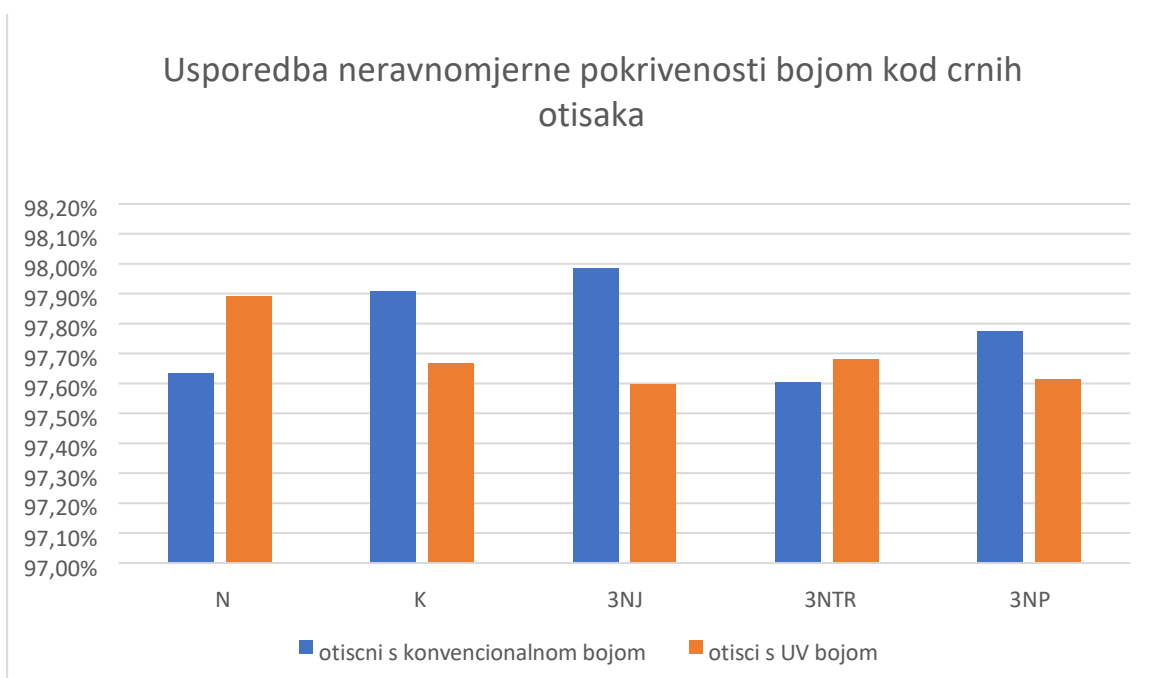


Slika 31. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti bojom kod magenta otisaka

Iz slike 31. vidljiva je veća pokrivenost magenta bojom kod otisaka dobivenih s UV bojom gotovo kod svih otisaka, osim kod tiskovne podloge 3NTR.

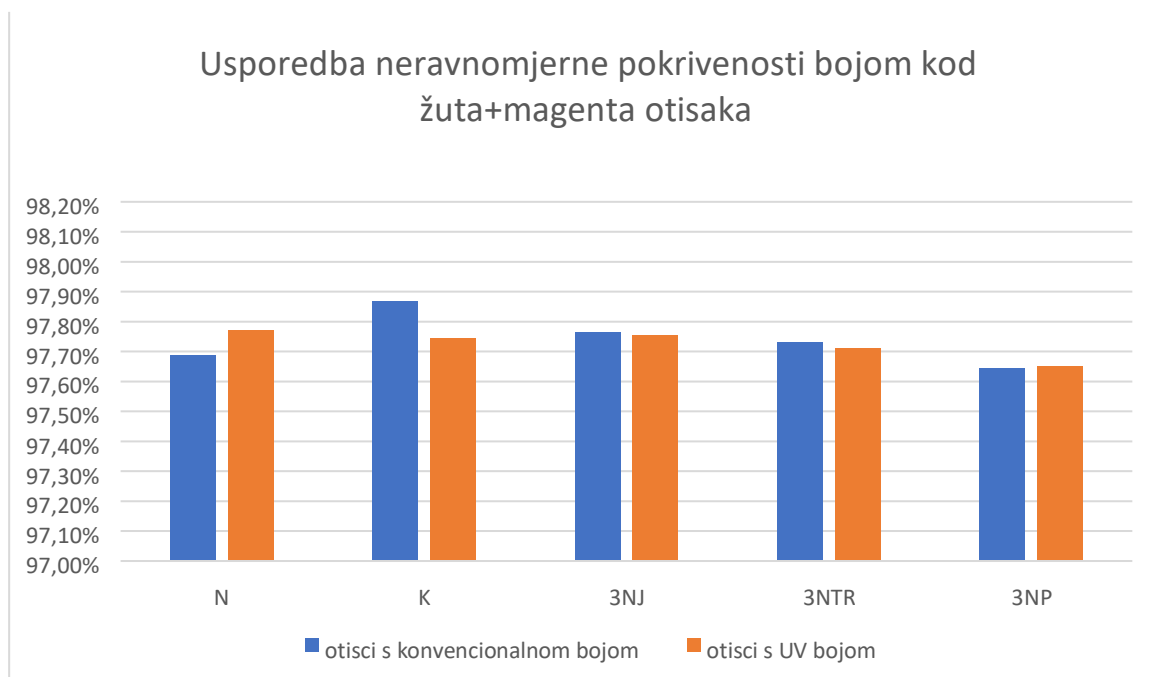


Slika 32. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti bojom kod žutih otisaka Iz slike 32. vidljiva je veća pokrivenost žutom bojom kod otisaka dobivenih s UV bojom gotovo kod svih otisaka, osim kod tiskovne podloge K i 3NJ.



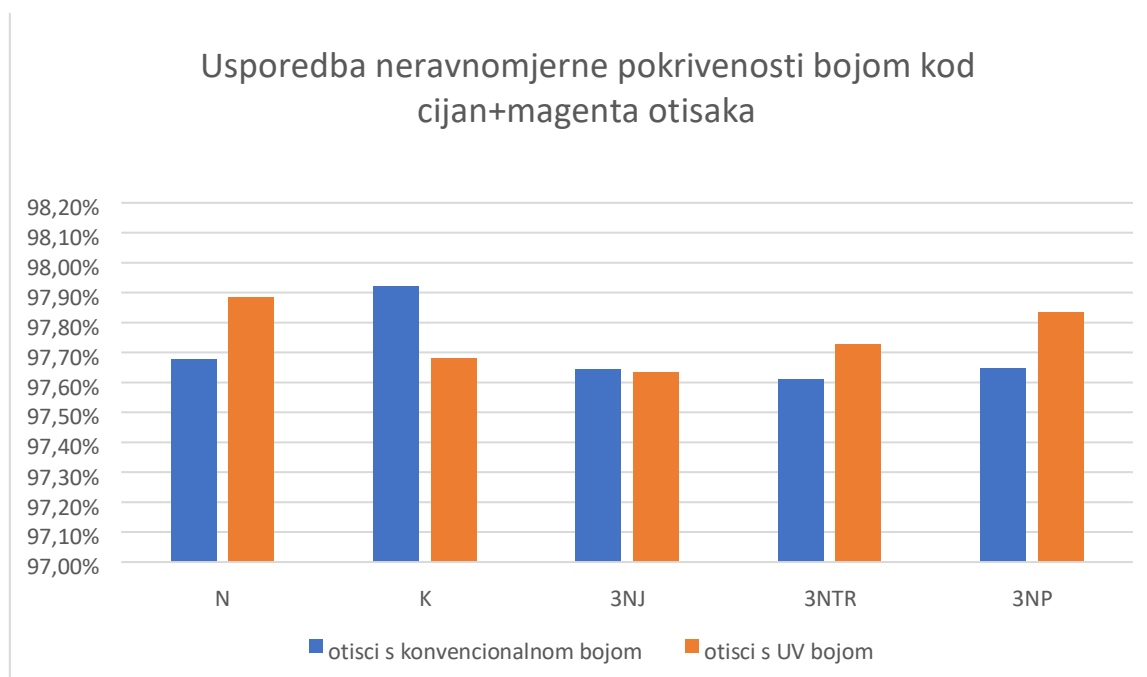
Slika 33. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti bojom kod crnih otisaka

Iz slike 33. vidljiva je veća pokrivenost crnom bojom kod otisaka dobivenih s konvencionalnom bojom gotovo kod svih otisaka, osim kod tiskovne podloge N i 3NTR.



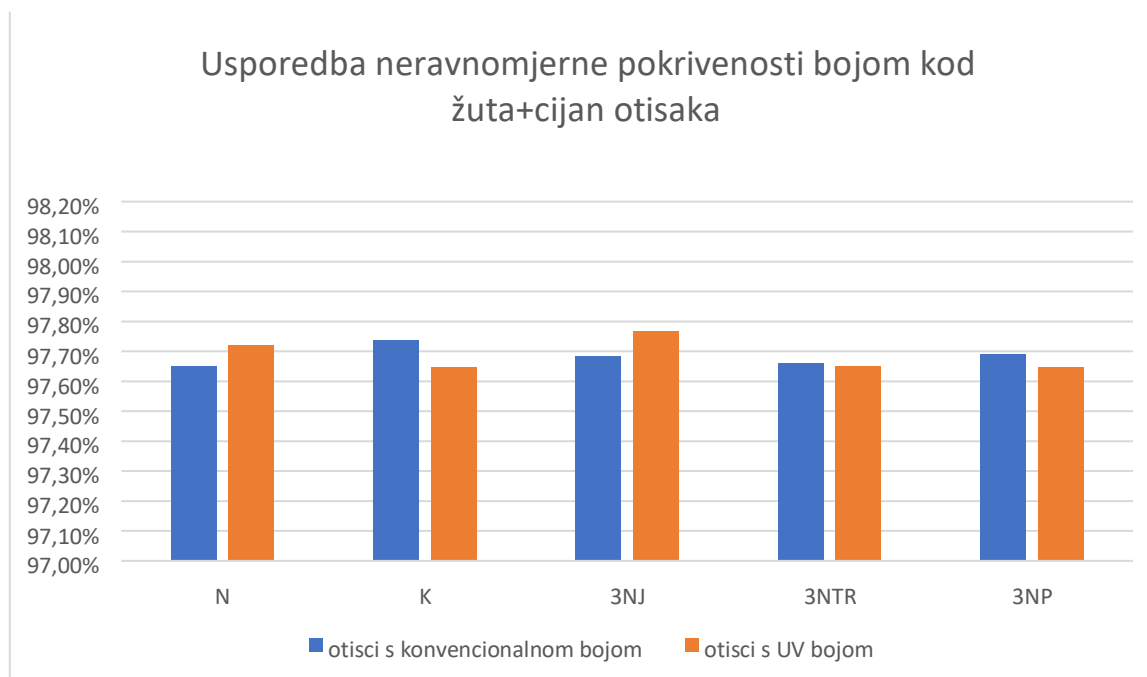
Slika 34. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti bojom kod crnih otisaka

Iz slike 34. vidljiva je veća pokrivenost žuta+magenta bojom kod otisaka dobivenih s konvencionalnom bojom gotovo kod svih otisaka, osim kod tiskovne podloge N i 3NP.



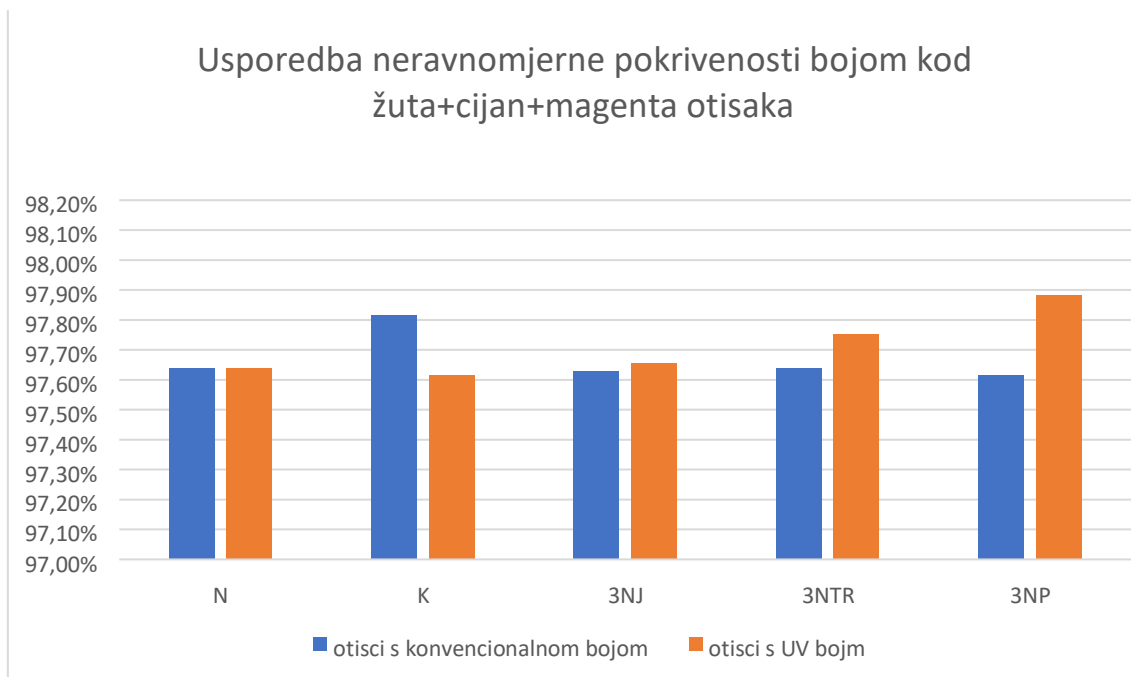
Slika 35. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti bojom kod cijan+magenta otisaka

Iz slike 35. vidljiva je veća pokrivenost cijan+magenta bojom kod otisaka dobivenih s UV bojom gotovo kod svih otisaka, osim kod tiskovne podloge K i 3NJ.



Slika 36. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti bojom kod žuta+cijan otisaka

Iz slike 36. vidljiva je veća pokrivenost žuta+cijan bojom kod otisaka dobivenih s konvencionalnom bojom gotovo kod svih otisaka, osim kod tiskovne podloge N i 3NJ.



Slika 37. Usporedba neravnomjerne pokrivenosti bojom kod žuta+cijan+magenta otisaka

Iz slike 32. vidljiva je veća pokrivenost žuta+cijan+magenta bojom kod otisaka dobivenih s UV bojom gotovo kod svih otisaka, osim kod tiskovne podloge K.

Iz gore navedenih slika možemo doći do zaključka kako su dobivene vrijednosti jako slične no ipak postoji izvjesna razlika. Naime, kod jednotonskih UV otisaka dobivenih s cijan, magentom te žutom bojom, dolazimo do rezultata kako je veća pokrivenost bojom za razliku od crne koja ima nešto veću pokrivenost kod konvencionalnih boja. Premda je prosjek pokrivenosti bojom dobivenih rezultata većinom 97,8% kod žute UV boje vidljiv je skok preko 98% što je vidljivo na slici 32. Kod višetonskih otisaka dobili smo sljedeće vrijednosti: veću pokrivenost bojom bojama žuta+magenta i žuta+cijan, te cijan+magenta i žuta+cijan+magenta imaju veću pokrivenost kod UV boja. Ukratko možemo sumirati da je mala neravnomjerna nepokrivenost bojom kod UV boja i kod konvencionalnih boja. Svi analizirani uzorci su kvalitetno otisnuti.

5. ZAKLJUČAK

Dugoročnom tendencijom za očuvanjem prirodnih resursa kao što je drvo, pojavila se tendencija da se smanji udio drveta i inih materijala u proizvodnji papira ili u konkretnom slučaju – tiskovnih podloga. Stoga se u ovom radu analizira upotreba tiskovnih podloga od ne drvnih vlakana.

U ovom radu analizirane laboratorijske tiskovne podloge izrađene su miješanjem ne drvnih vlakana (slame pšenice, ječma i pšenoraži) s recikliranim drvnim vlakancima u jednakim masenim omjerima od 30%. Uzorci su potom otisnuti s bakrotiskarskom tehnikom tiska. Usporedba uporabljivosti laboratorijskih tiskovnih podloga od ne drvnih vlakana rađena je na otiscima dobivenim pomoću konvencionalnih boja i UV boja. Analiza uporabljivost izvedena je na osnovu parametra neravnomjerne pokrivenosti laboratorijskih tiskovnih podloga s boje na otiscima. Analizirani otisci na ispitivanim laboratorijskim tiskovnim podlogama sadrže jednake ili vrlo slične vrijednosti neravnomjerne pokrivenosti. Rezultati pokazuju da je mala nepokrivenost bojom, u rasponu od 97-98%, što znači da su podloge kvalitetno otisnute.

Na osnovu tih vrijednosti možemo doći do zaključka kako su ne drvene tiskovne podloge dobra zamjena za klasične tiskovne podloge načinjene od drvenih vlakana. Također treba istaknuti kako su tiskovne podloge s ne drvnim vlakancima dobre za otiskivanje s konvencionalnim i UV bojama kako za jednoboje otiske tako i za višeboje otiske.

6. LITERATURA

- [1] M. Jakubin, *Likovni jezik i likovne tehnike: temeljni pojmovi*. Educa, 1999.
- [2] N. Tanhofer i S. Kolbas, *O boji na filmu i srodnim medijima*. Akademija dramske umjetnosti, 2000.
- [3] V. Curnow, *Crtanje i skiciranje: stručni odgovori na pitanja koja postavlja svaki umetnik*. Leo commerce, 2014.
- [4] S. Vuk, „Psihološki utjecaj boja u marketingu“. Sveučilište Sjever, Varaždin, 2016.
- [5] A. Vraneš i L. Marković, *Od rukopisa do biblioteke: pojmovnik*. Beograd: Filološki fakultet, 2013.
- [6] G. Milovanović, *Tehnologija hemigrafije: za I-IV razred usmerenog obrazovanja grafičke struke za zanimanje Kopista-montažer, Cinkograf i Tehničar hemigrafije*. Beograd; Novi Sad: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva ; Zavod za izdavanje udzbenika, 1988.
- [7] V. Konstantinović i A. Petrović, *Osnovi grafičke tehnike: za I razred usmerenog obrazovanja grafičke struke za sve obrazovne profile*. Beograd; Novi Sad: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva ; Zavod za izdavanje udzbenika, 1988.
- [8] V. Pofek, „Primjena procesa graviranja u izradi tiskovnih formi“. Grafički fakultet, Zagreb, 2020, [Na internetu]. Dostupno na: https://eprints.grf.unizg.hr/3252/1/Z1082_Pofek_Viktor.pdf.
- [9] D. Đorđević, M. Kovačević, T. Tatić, B. Filipesko, i V. Konstantinović, *Tehničkotehnološka priprema grafičke proizvodnje I: za I i II razred srednje grafičke škole*. Beograd; Novi Sad; Titograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva ; Zavod za izdavanje udzbenika ; Republicki zavod za unapređivanje vaspitanja i obrazovanja, 1991.

- [10] T. Wales, „Sustainability reaches the print community“, sv. 98, str. 22–28, srp. 2008.
- [11] A. M. Che, „Ensuring environmental sustainability in the printing industry“, izd. 694, str. 6–18, 2011.
- [12] E. E. Meidinger, „Environmental certification programs and US environmental law: Closer than you may think“, *Envtl. L. Rep. News Anal.*, sv. 31, str. 10162, 2001.
- [13] I. Bates, V. R. Seleš, M. Rudolf, K. P. Maretić, I. Plazonić, i Z. Schauerl, „Usporedba stabilnosti na otiranje bakrotiskarskih i ofsetnih UV boja otisnutih na podlozi s nedrvmim vlakancima“, *MATRIB*, 2022, [Na internetu]. Dostupno na: https://zaklada.grf.hr/wp-content/uploads/sites/3/2022/07/1.-Matrib_2022.pdf.
- [14] *Governance and development*. Washington: The World Bank, 1992.
- [15] I. Serageldin i A. Streeter, „Valuing the environment: proceedings of the first annual conference on environmentally sustainable development“, u *Environmentally Sustainable Development Proceedings Series No*, 1993, sv. 2.
- [16] R. Goodland, „The concept of environmental sustainability“, *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, str. 1–24, 1995.
- [17] J. P. Holdren, G. C. Daily, i P. R. Ehrlich, „The meaning of sustainability: biogeophysical aspects“, *Defin. Meas. Sustain. biogeophysical Found.*, str. 3–17, 1995.
- [18] P. Sutton, „A perspective on environmental sustainability“, *Pap. Vic. Comm. Environ. Sustain.*, str. 1–32, 2004.
- [19] B. Moldan, S. Janoušková, i T. Hák, „How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets“, *Ecol. Indic.*, sv. 17, str. 4–13, 2012.
- [20] M. Charter i M. J. Polonsky, *Greener marketing: a global perspective on greening marketing practice*. Routledge, 2017.

- [21] J. H. Ausubel, R. A. Frosch, i R. Herman, „Technology and environment: An overview“, *Technol. Environ.*, str. 1–20, 1989.
- [22] T. R. Carter, P. J. Fowler, i C. Blokker, „Functional postoperative treatment of Achilles tendon repair.“, *Am. J. Sports Med.*, sv. 20, izd. 4, str. 459–462, 1992, doi: 10.1177/036354659202000417.
- [23] K. Scholes, G. Johnson, i R. Whittington, *Exploring corporate strategy*. Financial Times Prentice Hall Hoboken, 2002.
- [24] B. Carty, „Conditioning of secondary fiber“, *A Second. fiber Recycl. Ed. Spanenberg, RJ, TAPPI Press. Atlanta*, str. 185–196, 1993.
- [25] „Rapid-Köthen Blattbildungsanlage automatisch“, *FRANK-PTI | Quality Testing Instruments*, 2022. <https://www.frankpti.com/zellstoffprfgerte/rapid-kthenblattbildungsanlage-automatisch-ds29.html>.
- [26] „Sheet Former Rapid Köthen KWT“, *M.C. TEC B.V.*, 2022. <https://www.mctec.nl/en/producten/material-properties/pulp-en/sheet-formerrapid-kothern-kwt/>.
- [27] „ImageJ“, *Wikipedia*, 2022. <https://en.wikipedia.org/wiki/ImageJ>.