

**UPOREDNA ANALIZA REPRODUKCIJE TONOVA KOŽE U ECO-SOLVENT I UV INKJET ŠTAMPI****COMPARATIVE ANALYSIS OF SKIN TONES REPRODUCTION IN ECO-SOLVENT AND UV INKJET PRINTING**Diana Kovačević, Sandra Dedijer, Saša Petrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Reprodukcija tonova kože na štampanom materijalu je prilično zahtevan zadatak a koji zavisi od niza faktora među kojima se izdvaja tehnika štampe, rezolucija štampe, mogućnosti reprodukcije u pogledu opsega boja i slično. Da bi se izbegle greške, neophodno je pravilno podesiti sve parametre vezane za proces štampe. Tačnost reprodukcije tonova kože u digitalnoj inkjet tehnici štampe je veoma važna. Proces zahteva više koraka i precizno podešavanje kako bi se postigao željeni rezultat. Predmet ovog rada je istraživanje i analiza reprodukcije tonova kože u Eco-Solvent i UV inkjet štampi.

**Ključne reči:** reprodukcija tonova kože, digitalna štampa

**Abstract** – Reproducing skin tones on printed material can be challenging due to various factors that affect the final result, such as printing technique, printing resolution, color gamut etc. To avoid errors, it is necessary to correctly adjust all parameters related to the printing process. The accuracy of skin tone reproduction in digital inkjet printing is crucial. The process requires multiple steps and precise adjustments to achieve the desired result. The subject of this paper is the research and analysis of skin tone reproduction in Eco-Solvent and UV inkjet printing.

**Keywords:** reproduction of skin tones, digital printing

**1. UVOD**

Kada je reč o našem izgledu, jedan od ključnih elemenata je koža. Njena nega i izgled nisu važni samo u stvarnom životu, već imaju veliki uticaj i u svetu medija, poput televizije, reklama ili umetničkih dela. Precizna reprodukcija tonova kože u štampanom materijalu je od suštinskog značaja, posebno u oblasti promocije proizvoda za negu i ulepšavanje. Digitalna štampa predstavlja tehniku štampanja koja se zasniva na direktnom prenosu digitalnih slika na različite medijske podloge, bez potrebe za štamparskim pločama, što je karakteristično za tradicionalne tehnike štampe kao što je ofset [1]. Eco-Solvent ink-jet tehnika digitalne štampe koristi specijalne boje na bazi eko-rastvarača kako bi proizvela visokokvalitetne otiske.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, red. prof.

Ove boje sadrže pigmente ili boje koje su rastvorene u blagom rastvaraču, što smanjuje emisiju štetnih isparenja tokom procesa štampanja [2]. UV ink-jet tehnika digitalne štampe predstavlja jednu od najprilagodljivijih načina direktnog štampanja. Specijalno dizajnirano UV svetlo, delujući kao katalizator, prati i suši boju tako da odmah otvrdnjava [3]. Kvalitet boja je neizostavan faktor koji direktno utiče na privlačnost i estetsku vrednost štampanog materijala. Bez obzira da li se radi o reprodukciji na istom uređaju, različitim uređajima ili na različitim proizvodnim mestima, kvalitet boje igra presudnu ulogu u postizanju doslednih i pouzdanih rezultata [4]. Pod kontrolom reprodukcije boja mogu se nabrojati rezolucija, rastriranje, interpolacija, pravac smera glave za štampanje, unapred definisane kombinacije uslova štampe i drugo. Za dobru reprodukciju boja važno je adekvatno podesiti mašinu za štampu, kao i njen režim rada, rezoluciju, interpolaciju i druga podešavanja.

**2. EKSPERIMENTALNI DEO**

Svrha ovog rada jeste analiza procesa reprodukcije boja u digitalnoj štampi kod mašina koje rade sa bojama na bazi rastvarača i UV bojama. Prvi korak u eksperimentalnom delu rada je bio da se napravi test karta. Na samoj test karti nalazi se kontrolna merna traka IDEAlliance ISO 12647-7 Digital Control Strip 2009, četiri fotografije sa tonovima kože i merna traka sa tonovima kože. Za tonove kože odabrane su boje koje su pronađene u Adobe Illustrator paleti tonova kože i u radu [5].



Slika 1. Test karta

Drugi korak jeste štampanje test karte na dve digitalne mašine uz odgovarajuća podešavanja. Za potrebe ovog

rada, korištene su dve digitalne mašine za štampu, Roland Versa UV Print and Cut lec-540 i Roland SOLJET Pro 3 Print and Cut xc-540. Pri tome, koristili su se određeni profili štampanja, a to su High Speed i High Quality. Na obe mašine korištene su dve rezolucije, 360x720 dpi za profil High Speed i malo veća rezolucija 720x1440 dpi za profil štampanja High Quality. Za rastriranje izabrana je opcija dither, kod interpolacije opcija nearest neighbor, za pravac smeru glave za štampanje izabrana je opcija bi-direction, a MAX Impact kao opcija za podešavanje unapred definisane kombinacije uslova štampe. Kako bismo precizno izmerili reprodukciju boja na datim odštampanim uzorcima, koristili smo merni uređaj Techkon Spectro Dens, poznat po svojoj tačnosti i pouzdanosti. Osim ovog mernog uređaja, za potpunu obradu uzoraka bio nam je neophodan i skener. Za te svrhe koristili smo CANON CanoScan 5600F, koji je pokazao visoku pouzdanost i preciznost u skeniranju slika.

## 2.1. Metodologija merenja

Prvi korak u procesu bio je izvršavanje kalibracije uređaja kako bismo osigurali da su sva merenja što je moguće preciznija. Postavili smo osvetljenje na standard D50, što je uobičajeno za procenu boja u štamparskoj industriji, i podesili ugao standardnog posmatrača od 2 stepene, što je standardni ugao posmatranja. U podešavanjima uređaja, pažljivo smo odabrali opciju za merenje CIE Lab vrednosti, koje pružaju sveobuhvatni prikaz boja i omogućavaju detaljnu analizu reprodukcije boja na uzorcima. Prvo su se merile vrednosti polja IDEAlliance kontrolne merne trake, pa merna traka digitalno zadatih vrednosti tonova kože. Prva analiza u eksperimentalnom delu zahtevala je merenje razlike u boji, svetlini, zasićenju i tonu između digitalno zadatih vrednosti i izmerenih vrednosti tih polja unutar svake mašine ponaosob. Sledeća analiza zahtevala je merenje razlike u boji, svetlini, zasićenju i tonu za svaku mašinu ponaosob u zavisnosti od primenjene rezolucije štampe. Merila su se polja tonova kože na odštampanim tabacima, na obe mašine za štampu, pri manjoj i većoj rezoluciji i upoređivale su se razlike unutar mašine. Treća analiza jeste uporedna analiza razlike u boji, svetlini, zasićenju i tonu između dve digitalne mašine. Za ovu analizu upoređivali su se rezultati merenja za manju rezoluciju na obe mašine za štampu, kao i za veću rezoluciju na obe mašine za štampu. Poslednja analiza jeste vizuelna procena za koju je bilo neophodno korišćenje skenera. Skeniranje delova tabaka sa obe mašine, pri obe rezolucije, obavljeno je pri rezoluciji 1200x1200 dpi. Skenirane slike upoređene su vizuelno unutar iste mašine, kao i među mašinama.

## 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 3.1. Analiza ukupne razlike u boji, razlike u svetlini, tonu i zasićenju za svaku mašinu ponaosob, u odnosu na digitalno zadate vrednosti

Prilikom ove analize koriste se Lab vrednosti digitalno izmerenih vrednosti tonova kože i izmerene vrednosti sa tabaka. Prva analiza odnosila se na uzorke štampane digitalnom mašinom SOLJET Pro 3 Print and Cut xc-540 pri manjoj i većoj rezoluciji. Druga digitalna mašina na kojoj je vršeno štampanje jeste UV Print and Cut lec-540.

Takođe, vrši se upoređivanje razlika u boji, tonu, svetlini i zasićenju tonova kože između digitalno zadatih vrednosti i izmerenih vrednosti sa tabaka, pri manjoj i većoj rezoluciji. Digitalno zadate vrednosti predstavljaju Lab vrednosti definisane digitalnim uzorkom. Izmerene vrednosti su dobijene merenjem štampanih uzoraka na mašini pomoću uređaja. Razlike u boji ( $\Delta E_{00}$ ) ukazuju na ukupnu razliku u boji između digitalnog uzorka i štampanog uzorka. Razlike u svetlini ( $\Delta L$ ) pokazuju razliku u svetlini između digitalnog uzorka i štampanog uzorka. Razlike u zasićenju ( $\Delta C$ ) ukazuju na razlike u zasićenju boji i razlike u tonu ( $\Delta H$ ) boje između dva uzorka. Tabela 1. prikazuje rezultate svih tabaka, manje i veće rezolucije, na obe mašine za štampu.

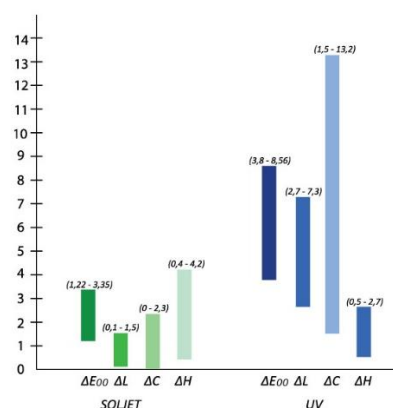
Tabela 1. Prikaz razlika u boji, svetlini, zasićenju i tonu za obe mašine i obe rezolucije

Разлике у боји	SOLJET Pro 3 Print and Cut xc-540		UV Print and Cut lec-540	
	мања рез.	већа рез.	мања рез.	већа рез.
$\Delta E_{00}$	5,45 – 16,89	7,06 – 17,25	3,31 – 8,21 (20,86)	4,94 – 25,36
$\Delta L$	1,0 – 13,7	0,4 – 12,2	0,8 – 6,6 (12,0)	0,2 – 11,0
$\Delta C$	0,1 – 43,1	0,7 – 43,4	0,2 – 7,1 (35)	0,9 – 13,1 (48,2; 68,3)
$\Delta H$	1,2 – 7,7	2,6 – 10,1	0,7 – 7,6 (22,1)	0,2 – 14,1 (22,9)

Kada uporedimo obe digitalne mašine za štampu i sve tabake, manje i veće rezolucije, možemo videti da tabak koji je odštampan na UV Print and Cut lec-540 digitalnoj mašini za štampu pri manjoj rezoluciji uglavnom ima najmanje odstupanja u razlikama u boji, tonu, svetlini i zasićenju tonova kože u odnosu na druge tabake sa iste i druge mašine.

### 3.2. Analiza ukupne razlike u boji, razlike u tonu, svetlini i zasićenju za svaku mašinu ponaosob u zavisnosti od primenjene rezolucije štampe

Tokom ove analize izvršeno je poređenje rezultata između dva tabaka različitih rezolucija odštampanih na jednoj mašini i tabaka odštampanih na drugoj mašini. Cilj ovog poređenja bio je utvrđivanje reprodukcije boja između različitih štamparskih tehnologija i upotrebljenih rezolucija.



Slika 2. Grafički prikaz razlika u boji, svetlini, tonu i zasićenju između tabaka manje i veće rezolucije za obe mašine

Nakon izmerenih vrednosti za obe rezolucije po datim mašinama možemo zaključiti da su izmerene razlike u boji manje za tabake različitih rezolucija, ali štampane Eco-Solvent ink-jet tehnikom digitalne štampe. Razlike su

umerene i prihvatljive u odnosu na tabake koji su štampani UV ink-jet tehnikom digitalne štampe. Na slici 2 predstavljen je grafički prikaz gde se mogu videti razlike u boji, svetlini, zasićenju i tonu izmerene između tabaka manje i veće rezolucije za obe mašine. Zelenom bojom prikazane su razlike u boji, svetlini, zasićenju i tonu između tabaka manje i veće rezolucije odštampanih Eco-Solvent ink-jet tehnikom digitalne štampe, a plavom bojom prikazane su razlike u boji, svetlini, zasićenju i tonu između tabaka manje i veće rezolucije odštampanih UV ink-jet tehnikom digitalne štampe. Na grafičkom prikazu možemo jasno videti da se razlike u boji kod tabaka štampanih UV ink-jet tehnikom digitalne štampe kreću u dosta većem rangu, što govori da su razlike jako vidljive i jasne. Ukupne razlike u boji kod SOLJET Pro 3 Print and Cut xc-540 mašine kreću se u rangu od 1,22 do 3,34 što ukazuje na umerene do vidljive razlike u boji. Razlike u svetlini se kreću u rangu od 0,1 do 1,5. Možemo zaključiti da se ove razlike u svetlini minimalne. Vrednosti razlike u zasićenju su u rangu od 0,1 do 2,3, dok jedan uzorak boje kože pokazuje vrednost 0 kod razlika u svetlini. Takođe, ove razlike su suptilne do osrednjih. Razlike u tonu između ovih tabak kreću se u rangu od 0,4 do 4,2 što pokazuje da su razlike u tonu kod nekih uzoraka boje kože jedva primetne, a kod nekih jasne razlike u tonu. Druga mašina za štampu jeste UV Print and Cut lec-540. Kod ove mašine, ukupne razlike u boji kreću se u rangu od 3,8 do 8,56, što ukazuje na izrazite razlike u boji. Razlike u svetlini kreću se u rangu od 2,7 do 7,3. Iz ovoga možemo zaključiti da su ove razlike u svetlini očigledne i primetne. Vrednosti razlike u zasićenju su u rangu od 1,5 do 13,2. Takođe, ove razlike su veoma upadljive. Razlike u tonu između ovih tabake kreću se u rangu od 0,5 do 2,7, što pokazuje da su razlike u tonu kod neki uzoraka boje kože jedva primetne, a kod nekih značajne razlike u tonu.

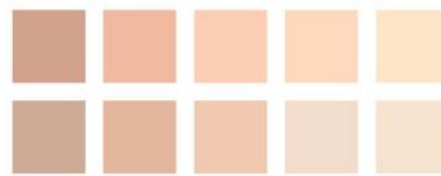
### 3.3. Uporedna analiza ukupne razlike u boji, svetlini, tonu i zasićenju između dve digitalne mašine

Treća analiza se odnosi na upoređivanje razlika u boji između dve digitalne mašine. U ovoj analizi, poređena je ista rezolucija na Eco-Solvent ink-jet tehnici digitalne štampe i UV ink-jet tehnici digitalne štampe kako bismo utvrdili gde su manje razlike u boji i koja mašina za štampu pri određenoj rezoluciji bolje reprodukuje boje. Prilikom analize tabaka niže rezolucije na obe mašine, korišteni su tamniji tonovi kože sa test karte. Za analizu i upoređivanje tabaka odštampanih pri većoj rezoluciji na obe mašine korišteni i mereni su svetliji tonovi sa test karte.



Slika 3. Tamniji tonovi kože sa test karte

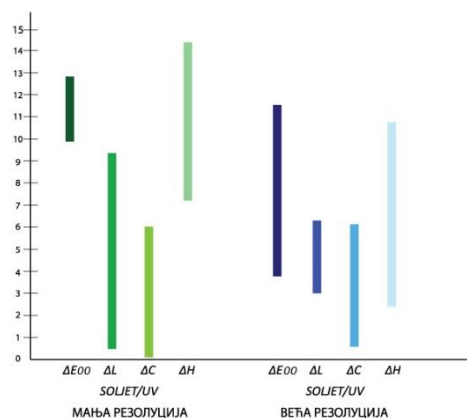
Prema datim rezultatima, možemo videti da se ukupne razlike u boji kod obe mašine pri manjoj rezoluciji kreću u rangu od 9,96 do 12,79, što ukazuje na velika odstupanja i vidne razlike u boji. Razlike u svetlini su u rangu od 0,4 do 9,3.



Slika 4. Svetliji tonovi kože sa test karte

Može se zaključiti da neki uzorci boje kože imaju minimalne razlike u svetlini, dok drugi imaju veoma upadljive. Izmerene vrednosti razlike u zasićenju se kreću u rangu od 0,1 do 6, što takođe ukazuje da su razlike u zasićenju negde skoro neprimetne, a negde su veoma izražene. Vrednosti razlike u tonu su u rangu od 7,2 do 14,3. Ovaj rang ukazuje na veoma značajne razlike u tonu između dve mašine, čak se mogu i vizuelno primetiti ove razlike.

Izračunate vrednosti ukupne razlike u boji između dva tabak iste, veće, rezolucije, ali na različitim mašina za štampu, kreću se u rangu od 3,8 do 11,55. Ove dobijene vrednosti nam govore da je razlika u boji velika i primetna. Razlike u svetlini su u rangu od 3 do 6,3, što je takođe vidljiva razlika. Izmerene vrednosti za razliku u zasićenju kreću se u rangu od 0,6, što je prihvatljiva razlika, do 6,1, što je znatna razlika u zasićenju između ove dve mašine. Razlike u tonu su u rangu od 2,4 do 10,8. Ove vrednosti ukazuju na uočljive razlike u tonu, a velike razlike, kao što je 10,8, mogu se primetiti i vizuelno.



Slika 5. Grafički prikaz rezultata razlike u boji, svetlini, zasićenju i tonu između manje i veće rezolucije na dve digitalne mašine

Na slici 5. grafički prikazane razlike između dve rezolucije na datim digitalnim mašinama. Zelenom bojom prikazani su rezultati merenja razlike u boji pri manjoj rezoluciji na datim mašinama, a plavom bojom prikazani su rezultat mereni na tabaku odštampanom pri većoj rezoluciji. Prema ovim rezultatima možemo zaključiti da veća rezolucija može da reprodukuje bolju štampu, jasniju preciznost boje, tona, svetline i zasićenja u odnosu na manju rezoluciju.

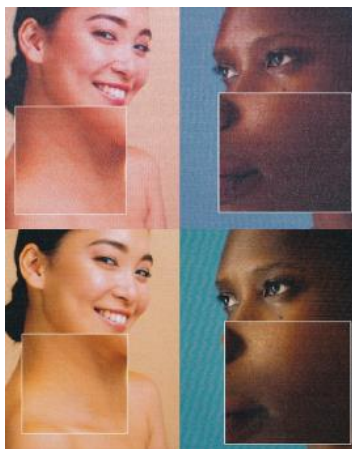
### 3.4. Vizuelna analiza procene reprodukcije otiska u zavisnosti od rezolucije štampe

Vizuelna analiza doprinosi proceni kvaliteta reprodukcije boja. Fokusira se na prikaz razlika u prikazu tonova kože između različitih štamparskih mašina i različitih rezolucija pri štampi. Cilj ove analize jeste da uporedimo različite mašine za štampu koje imaju isti profil rada i rezoluciju, kako bismo utvrdili kako se boje reprodukuju

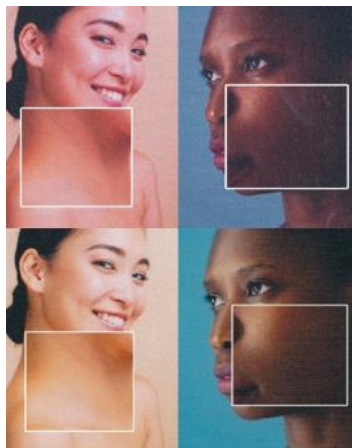


u zavisnosti od istih. Ovaj uporedni pregled omogućava nam da vizuelno uočimo razlike u kvalitetu i tačnosti reprodukcije.

Na datim slikama 6. i 7. prikazani su skenirani delovi tabaka odštampani na obe mašine pri obe rezolucije.



Slika 6. Prikaz svetlih i tamnih tonova odštampanih na SOLJET Pro 3 Print and Cut xc-540 i UV Print and Cut lec-540 mašini pri manjoj rezoluciji



Slika 7. Prikaz svetlih i tamnih tonova odštampanih na SOLJET Pro 3 Print and Cut xc-540 i UV Print and Cut lec-540 mašini pri većoj rezoluciji

Kada posmatramo i uporedimo skenirane slike odštampane pri manjoj rezoluciji na obe mašine, vidljive su značajne razlike u reprodukciji boja. Kod Eco-Solvent ink-jet tehnike primećuje se dominantan crvenkasti ton, što daje mekoću slici, ali tamniji tonovi su zasićeni i detalji su manje vidljivi. Boje su svetlije nego kod UV ink-jet tehnike. Kod UV ink-jet tehnike dominira žuti ton, slike sa svetlijim tonovima kože imaju više detalja, boje su zasićenije, a tamni tonovi su bolje reprodukovani, što omogućava bolju vidljivost sitnih detalja.

Pri upoređivanju skeniranih slika odštampanih pri većoj rezoluciji, Eco-Solvent ink-jet tehnika digitalne štape pokazuje dominantan crvenkasti ton koji daje mekoću i blage linije, ali tamniji tonovi su zasićeni i manje detaljni. Kod UV ink-jet tehnike dominira žuti ton, slike su oštrije sa više sitnih detalja, zasićenijim bojama i većim kontrastom. Tamni tonovi kože su bolje reprodukovani i izgledaju realnije i prirodnije.

#### 4. ZAKLJUČAK

Boje tonova kože su od izuzetne važnosti kada je u pitanju štampa. Tonovi kože su izuzetno osetljivi na promene i zahtevaju precizno podešavanje kako bi se postigla tačna reprodukcija. Često se dešava da prevladavaju crveni, plavi ili drugi tonovi, što dovodi do neprirodnog izgleda slike. Precizna reprodukcija boja tonova kože je zahtevna jer svaka promena u podešavanju može dovesti do odstupanja boje i dati neprirodni izgled. Kroz ovaj rad upoređivali smo štampu na dve različite mašine koristeći različite profile rada, tj. rezolucije. Na osnovu svih analiza, zaključili smo da se i svetli i tamni tonovi bolje reprodukuju na UV Print and Cut lec-540 mašini za štampu. Ova tehnika štampe pruža bolju reprodukciju boja sa realnijim i prirodnijim tonovima kože. Eco-Solvent ink-jet tehnika je pokazala tendenciju da manje tačno reprodukuje crvenkaste tonove koji dominiraju u bojama kože. Svetliji tonovi, iako sadrže crveni ton, prijatniji su za oko u poređenju sa tamnijim tonovima koji su zasićeni i tamni, što rezultira manjom vidljivošću finih detalja. Generalno, boje su svetlije nego kod UV ink-jet tehnike. Kod UV Print and Cut lec-540 mašine dominira žučkasti ton koji pruža realniji izgled kože. Svetlije boje imaju više detalja, a tamni tonovi su bolje reprodukovani nego kod SOLJET Pro 3 Print and Cut xc-540 mašine, pružajući bolji uvid u fine detalje i strukturu kože. Veća rezolucija omogućava jasnije boje, detalje i prirodnije tonove kože. Niža rezolucija traje kraće, ali reprodukcija boja nije toliko dobra kao kod veće rezolucije. UV ink-jet tehnika je bolja opcija za štampu tonova kože, jer obezbeđuje pravilniju reprodukciju sa manjim odstupanjima u boji, tonu, svetlini i zasićenju. Reprodukcija boja tonova kože je kompleksna i zahteva pažljivo podešavanje rezolucije i profila rada. UV ink-jet tehnika digitalne štampe je pokazala superiornost u ovom aspektu, pružajući realnije i prirodnije boje sa više detalja i oštrijom slikom. Eco-Solvent ink-jet tehnika, iako korisna u određenim kontekstima, nije postigla istu preciznost u reprodukciji tonova kože kao UV ink-jet tehnika digitalne štampe.

#### 5. LITERATURA

- [1] <https://www.oxfordwebstudio.com/da-li-znate/sta-je-digitalna-stampa.html> (pristupljeno u maju 2024.)
- [2] <https://www.thegraphicaltree.com/eco/eco-solvent-printing/> (pristupljeno u maju 2024.)
- [3] <https://www.rolanddg.eu/en-em/technologies/uv-printing-hub> (pristupljeno u maju 2024.)
- [4] <https://inkjetters.com/blogs/news/comprehensive-guide-to-achieving-consistent-and-accurate-colors-in-printing> (pristupljeno u junu 2024.)
- [5] [https://www.researchgate.net/publication/310443424\\_Improvement\\_of\\_Haar\\_Feature\\_Based\\_Face\\_Detection\\_in\\_OpenCV\\_Incorporating\\_Human\\_Skin\\_Color\\_Characteristic](https://www.researchgate.net/publication/310443424_Improvement_of_Haar_Feature_Based_Face_Detection_in_OpenCV_Incorporating_Human_Skin_Color_Characteristic) (pristupljeno u junu 2024.)

#### Kratka biografija:



**Diana Kovačević** rođena je u Vrbasu 2000. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn – Reprodukcija tonova kože odbranila je 2024.god. kontakt: kovacevicdiana24@gmail.com