

# Programiranje linijske grafike na novčanicama

---

**Ampova, Blagica**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2012**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:431584>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**BLAGICA AMPOVA**

**PROGRAMIRANJE LINIJSKE GRAFIKE  
NA NOVČANICAMA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2012



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**BLAGICA AMPOVA**

**PROGRAMIRANJE LINIJSKE GRAFIKE  
NA NOVČANICAMA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:  
Dr. sc. Ivana Žiljak Stanimirović

Student:  
Blagica Ampova

Zagreb, 2012

## SAŽETAK

Od kako postoji sama izrada vrijednosnih papira i novčanica postoji i ljudska potreba za krivotvorenjem takovih vrijednosti. Kako bi se isto pokušalo spriječiti ili barem svesti na što manju moguću mjeru, uvode se razne mjere zaštita vrijednosnica koje imaju za zadaću ometati krivotvoritelje u svojim nakanama na što efikasniji način. Kroz povijest, crteži na novčanicama ručno su se gravirali i jedina zaštita protiv krivotvorenja bila je jedinstvenost tih crteža, dok se danas sigurnost realizira sofisticiranijim tehnikama, a jedna od njih je i računalna linijska grafika.

U ovom diplomskom radu opisan je postupak pretvorbe piksel grafike u linijsku grafiku u svrhu zaštite. U teorijskom dijelu opisani su zaštitni elementi izvedeni linijskom grafikom. Na primjerima novčanica, objašnjene su različite izvedbe portreta, vinjeta, kinegrama, anti-kopirajućih elemenata, odabira tipografije, boja i tehnika tiska. Eksperimentalni dio sastoji se od dvije cjeline; u prvoj cjelini prikazana je linearizacija kontinuiranim ravnim linijama, dok je u drugoj prikazana kontinuiranim sinusoidnim linijama. I kod linearizacije ravnim i sinusoidnim linijama vršila su se testiranja na ilustracijama, fotografijama te na predstavnicima temeljnih i tehničkih oblika pisama. Definirani su parametri s kojima se postiže uspješna linearizacija te se predlažu oblici pisma koji su pogodniji za realizaciju linijskom grafikom.

***Ključne riječi:*** novčanice, linijska grafika, sigurnosna zaštita.

## **ABSTRACT**

With the creation of security papers and banknotes a new human need involved, the need to forge those papers. To prevent or diminish forgery, various security features are implemented. Throughout history, banknotes were drawn by hand and the drawings were a security features themselves. Nowadays, bank notes security features are made with much more sophisticated technology and one these is vector graphics.

This thesis illustrates a conversion process of pixel to vector graphics to endorse banknote security. The theoretical part of the thesis describes several security features made with the help of vector graphics. Portraits, vignettes, kinegrams, anti-copy features, typography, ink and security printing are described on banknotes specimens. Experimental part of the thesis consists of two sections; the first section explains a vectorization process with continuous straight lines, while the second describes a similar process with a difference in the line usage – sinusoidal lines. Test where made on photographs, illustrations and typography with both vectorization processes. Parameters used in tests where defined and suitable typefaces where recommended to achieve the best linearization process.

***Keywords:*** *banknote, vector graphics, security features.*

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
2. Zaštita dokumenata i vrijednosnica .....	3
3. Linijska grafika na novčanicama.....	6
3.1. Izvedba portreta linijskom grafikom.....	7
3.1. Anti-kopirajući elementi izvedeni linijskom grafikom .....	10
3.2. Izvedba vinjeta i ornamenata linijskom grafikom.....	11
3.3. Tipografija izvedena linijskom grafikom .....	14
3.4. Boja u linijskoj grafici.....	16
3.5. Tisak linijske grafike .....	18
3.6. Linijske grafike na kinegramu.....	20
4. Eksperimentalni rad s linijskom grafikom.....	21
4.1. Cilj i hipoteze istraživanja .....	21
4.2. Metodologija i plan istraživanja .....	22
4.3. Grafika izvedena ravnim linijama .....	23
4.3.1. Linearizacija tipografije ravnim linijama .....	31
4.4. Grafika izvedena sinusoidnim linijama .....	37
4.4.1. Linearizacija tipografije sinusoidnim linijama.....	42
4.5. Moiré efekt ravnim i sinusoidnim linijama.....	45
4.6. Programska individualizacija tipografije .....	46
5. Zaključak.....	49
6. Literatura.....	51

# 1. UVOD

Sigurnost i vjerodostojnost dokumenata i vrijednosnica, sve većim razvojem digitalnih tehnologija, stavljeni su na kušnju. Potreba za njihovom zaštitom povećava se svakim danom. Krivotvorenje je "zanat" koji postoji odavno. Arheolozi pronalaze krivotvorene primjerke stare kao što su i sami originali.

Statistički gledano, količina krivotvorenih novčanica je u porastu, a taj se broj povećava pojavom jeftinih skenera i pisača u boji za kućni ispis. Prema podacima Hrvatske narodne banke, 2011. godine bilježi se porast registriranih krivotvorina kuna za 22% u odnosu na 2010. godinu. Broj registriranih krivotvorina eura u Hrvatskoj je u padu za 47,8%, dok je broj krivotvorenih novčanica američkog dolara povećan za vrtoglavih 89,2%. [1]

Središnje banke neprekidno rade na unapređenju postojećih i uvođenju novih zaštitnih elemenata. Implementiraju se najnoviji znanstveni izumi i znanstvena dostignuća kako bi se zadržala kvaliteta i aktualnost sigurnosne zaštite te zaustavio trend porasta krivotvorina.

Oblikovanje vrijednosnica je dugotrajan proces koji objedinjuje nekoliko faza. Dizajn novčanica osim estetske treba posjedovati i funkcionalnu vrijednost. Već kod samog koncepta valja voditi računa o mogućnosti ugradnje različitih vrsta sigurnosnih značajki. Da bi se postiglo vrhunsko vizualno i zaštićeno rješenje dizajneri i stručnjaci za zaštitu protiv krivotvorenja trebaju raditi zajedno još od samog početka projekta. Dizajneri trebaju imati znanje o grafičkom oblikovanju i konceptu novčanice, te o zaštitnim elementima i sigurnosnim tehnologijama tiska. Upravo to je odlika koje se traži na novim natjecanjima za dizajn novčanica u svijetu što je najbolje pokazao primjer Švicarske narodne banke. Na posljednjem natjecanju za dizajn švicarskog franka, nakon već odabranog rješenja, implementacija sigurnosnih značajki u pobjednički dizajn dovela je do mnogobrojnih problema. Iz istog razloga za realizaciju franka odabrano je drugoplasirano rješenje koje je zadovoljilo tehnološke i sigurnosne zahtjeve. [2]

Prije pojave računala novčanice su se gravirale ručno. To su bili linijski crteži koji su bili jedinstveni i vrlo teško ponovljivi. Danas se izrađuju pomoću računalnih programa, točnije linijskom računalnom grafikom. Vektorska grafika definirana je matematičkim izrazima. Linije u vektorskoj grafici određene su x i y koordinatama, debljinom, kutom napredovanja, smjerom te bojom. Navedeni parametri su jednoznačno određeni te je njihova provjera jednostavna, a rezultat nedvojbena. U tome se i krije prednost linijske nad piksel grafikom. Računalnom linijskom grafikom otvoreno je novo polje za istraživanje i povećanje dizajnerske slobode te se samim time zaštitni elementi u linijskoj grafici konstantno unaprjeđuju i mijenjaju.

Linijskom grafikom u ovom radu projektiraju se dizajnerski zaštitni elementi koji objedinjuju vizualno oblikovanje i vrhunsku zaštitnu linijsku grafiku koju je nemoguće kopirati ali poznavanjem točnih algoritama moguće je ponoviti i dokazati. Zaštitnom linijskom grafikom izvode se anti-kopirajući elementi koji su projektirani na način kako bi interferirali s frekvencijom skeniranja i time zaštitili novčanice.

U prvom, teorijskom dijelu ovog rada, objasnit će se zaštitni elementi na novčanicama izvedeni linijskom grafikom. Prikazati će se izvedba portreta, kinegrama, tipografije, vinjeta, elementi koje nije moguće kopirati te izbor boja i tehnike tiska na odabranim primjerima novčanica iz svijeta. Eksperimentalni dio podijeljen je na dva dijela; u prvom će se pokazati izvedba linearizacije ravnim kontinuiranim linijama, dok će se u drugom prikazati linearizacija sinusoidnim napredovanjem kontinuiranih linija. Primjeri linearizacije zaštitne grafike izvedeni su na predlošcima različitih fotografija, ilustracija te pomoću tipografije.



## 2. ZAŠTITA DOKUMENATA I VRIJEDNOSNICA

Dokumenti i vrijednosnice imaju vrijednost koja u potpunosti treba biti zaštićena od krivotvorenja. Oblikovanje i izrada takve zaštite kompleksan je proces podijeljen na nekoliko faza: planiranje, dizajn i realizacija kroz više različitih tehnika izrade (intaglio, offset, sitotisak, visoki tisak). Sigurnosne elemente možemo podijeliti u nekoliko skupina prema različitim kriterijima.

- Sigurnosni elementi tiskovne podloge

Tiskovna podloga svojim sastavom može biti snažan sigurnosni element. Bilo da se radi o papiru ili polimeru, tiskovna podloga treba zadovoljiti više funkcionalnih zahtjeva. Treba posjedovati visoku otpornost na kidanje i vlagu. Prema izvorima Hrvatske narodne banke, novčanica mora izdržati najmanje 2 000 savijanja prije početka kidanja.

Sastav tiskovne podloge jedinstven je za svaku novčanicu. Različiti proizvođači proizvode papire različitog sastava. Primjerice, papir američkog dolara u svojem sastavu sadrži 75% pamuka i 25% lana [3], dok je papir za hrvatsku kunu sastavljen od 100%-tnih pamučnih vlakana. Australija je prva zemlja koja je uvela polimer (biaksijalni orijentirani polipropilen BoPP) [4] kao tiskovnu podlogu za novčanice. Konstantno raste broj zemalja koji uvode polimerni umjesto konvencionalnog papirnatog novca. Posljednja u nizu zemalja koja je uvela ovu vrstu tiskovne podloge jest Kanada, prva novčanica od novih 100 Kandskih dolara puštena je u opticaj u studenom 2011 godine, te će serija novčanica kanadskog dolara u cijelosti biti puštena u opticaj 2013 godine. [5] Osim sastava tiskovne podloge, sigurnosne karakteristike podloge čine i vodeni žig, kovinske niti, fluorescentni končići koji svijetle pod UV svjetlom (na novčanici eura svijetle zeleno, plavo i crveno). [6] Vodeni žig je jedna od najstarijih i najčešće korištenih sigurnosnih značajki. Vodeni žig izrađuje se na način da se pri samoj proizvodnji na situ postavljaju filigranske žičane strukture. Nakon sušenja, na mjestima gdje su se nalazile, papir je tanji i prozirniji, a kada kroz novčanice prolazi svjetlost figure postanu vidljive. Vodeni žig kao zaštita na

papirnatom novcu pojavljuje se krajem 18. stoljeća. 1848. godine engleski proizvođač papira William Henry Smith unaprijedio je izradu vodenog žiga, na način da je u situ utisnuo reljef s unaprijed izrađenom matricom. Ova metoda izrade koristi se i danas te omogućuje izradu višetonskog vodenog žiga. Krivotvoritelji rijetko proizvode svoj papir, te je radi toga vodeni žig izvrstan sigurnosni element. U papirnu masu se također ugrađuje i kovinska zaštitna nit, koja naizmjenično izlazi na licu novčanice. Kovinska nit je jedna od najpouzdanijih sigurnosnih značajki čija je izrada iznimno teška bez odgovarajuće opreme. Na kovinskoj niti obično nalazi se tekst, brojčana vrijednost novčanice, oznaka države ili naziv novčane jedinice. Glavno svojstvo kovinskih niti je da fluoresciraju gledane pod ultraljubičastim svjetlom. Hrvatska kuna otisnuta je na nijansiranom papiru, zaštićenim vodenim žigom, upletenim kovinskim nitima i ugrađenim fluorescentnim končićima koji pod UV svjetlom svijetle plavo, ljubičasto i žuto. [7]

- Sigurnosni elementi dizajna novčanice

Dizajn novčanica osim vizualne privlačnosti u sebi mora sadržavati i neku vrstu zaštite. Pozadina na novčanicama realizirana je linijskom grafikom koja se lako može provjeriti pomoću točno određenih parametara s kojima je izrađena. Linijskom su grafikom riješeni i portreti, vinjete, ornamenti, latentne slike i anti-kopirajući elementi. Mikrotekst, prozirni registar i individualizirana tipografija također su zaštitni elementi koji se upotrebljavaju pri dizajnu novčanica.

Mikrotekst je jedan od najčešće korištenih sigurnosnih elemenata. To je smanjeni tekst koji nije čitljiv golim okom i za njegovo čitanje potrebna su nam pomagala. Primjerice, na novčanici eura nalazimo slovne znakove u dvije smanjene veličine. Mikrotekst čija visina slovnog znaka iznosi 0,8 mm može se pročitati golim okom, dok već onaj visine od 0,2 mm izgleda kao tanka linija, te je čitljiv jedino pod povećalom. Mikrotekst na originalnoj novčanici je oštar i nije zamućen. Na hrvatskoj kuni, mikrotekстом je ispisan tekst himne "Lijepa naša". Prozirni registar ili prozorčić sastavljen je od dva dijela jedne slike, jedan otisnut na licu a drugi na naličju. Kada se novčanica drži prema izvoru svjetlosti,

dijelovi s lica i naličja savršeno se poklapaju i tvore kompletnu sliku. Preklapanje dijelova slike vidljivi su jer na tom mjestu papir tanji, što ga čini prozirnijim. Prozirni registar ugrađen u kunu sastavljen je od trokutastih elementa koje zajedno tvore slovo H.

- Sigurnosne boje

Za izradu novčanica upotrebljavaju se različite vrste sigurnosnih boja. Koriste se ultraljubičaste (UV) boje, fluorescentne, magnetne, optički varijabilne (OVI) te infracrvene (IR) boje. Ultraljubičastim te infracrvenim bojama planiraju se vidljivi i nevidljivi elementi dizajna. Ultraljubičaste boje fluoresciraju iz nevidljive boje u vidljivom (V) spektru u vidljivu UV boju pod točno određenom valnom duljinom u ultraljubičastom (UV) spektru od 254 nm ili 365 nm te dvostruko iz vidljive u (V) spektru u drugu vidljivu u UV spektru (npr. iz crne u zelenu). Infracrvena grafika je grafika planirana i otisnuta za detekciju u bliskom infracrvenom spektralnom području (NIR) od 750 do 1000 nm. Grafika koja se šalje u tisak nosi u sebi ciljano projektiranu infracrvenu zaštitnu grafiku – skriveni element koji se tiska procesnim i zaštitnim infracrvenim spot bojama. Što se tiče sigurnosti, grafika za infracrveni spektar ne može se kopirati, skenirati, pa time niti reproducirati. Prolaskom kroz RGB sustav gubi se zaštitna poruka.

- Sigurnosni tisak

Tisak vrijednosnica izvodi se u nekoliko faza kroz različite tiskarske tehnike. Sigurnosni tisak provodi se isključivo u institucijama određenim od strane države, a nabava specijaliziranih tiskarskih jedinica za tisak vrijednosnica podliježe strogoj zakonskoj regulativi. Novčanice se tiskaju u intaglio, plošnom, iris, dubokom, visokom, flexotisku te sitotisku. Intaglio tisak se smatra najvažnijim predstavnikom sigurnosnog tiska. Ovom tehnikom dobivaju se otisci s besprijekornim registrom i realiziraju se iznimno fine linije debljine i do 15 µm. [8] Intaglio tiskom realizira se portret, nominalna vrijednost, mikrotekst te određeni elementi dizajna. Podloga novčanice se otiskuje u višebojnom plošnom tisku s duginim efektom.

### **3. LINIJSKA GRAFIKA NA NOVČANICAMA**

Još od pojave prvog papirnato novca grafika se realizira linijski, tada ručnim graviranjem. Ravne i valovite linije pozadine i vinjeta bile su izrađene pomoću stroja za izradu paralelnih linija koji je mogao iscrtati 3 600 linija po inču. Za izradu kompleksnih ornamenata korišten je geometrijski tokarski stroj.

Danas se još uvijek dizajn novčanica ostvaruje primarno linijski. Postoji više razloga zašto je tome tako. Manipulacijom određenih parametara linije kao što su njezin početak, debljina, kut, broj ponavljanja. dobivaju se kompleksni elementi zaštite. Parametri se ne objavljuju u javnosti pa linija sama po sebi predstavlja zaštitu.

Autentičnost linijske grafike prilično je lako dokazati. Jednostavnom provjerom linije dobivamo odgovor radi li se o originalu ili kopiji. To je ujedno i najveća prednost linijske nad piksel grafikom.

Linijskom grafikom se izvode vinjete, tipografija, pozadina, ornamenti i portreti koji su i najteži za reprodukciju.

### 3.1. Izvedba portreta linijskom grafikom

Portreti su vrlo čest dio dizajna novčanica koji zauzimaju veliku površinu u kompoziciji novčanice te je njihov dizajn i izrada važan i zahtjevan proces. Portret mora biti prepoznatljiv i vjerodostojno reproducirati osobu koju predstavlja. Prije su se crtali ručno, direktnim graviranjem u bakru ili čeliku. Ovi crteži su jedinstveni i vrlo teško ponovljivi te osim vizualnog značaja imaju i funkcionalni značaj tj. zaštitu od krivotvorenja. Graveri su bili obrazovani i talentirani ljudi koji se danas smatraju velikim virtuozima. Kroz devetnaeseto i većinu dvadesetog stoljeća osim vodenog žiga, graverski crteži glavna su zaštitna karakteristika novčanica.



**Slika 1. Linijsko graviranje portreta na Njemačkoj novčanici iz 1915. godine.**

**Izvor:** <http://fiumanbanknotes.blogspot.com/search/label/GERMANY>

Na slici 1. prikazan je ručno gravirani portret na novčanici iz 1915. godine, realiziran linijama te crticama i točkicama na najsvjetlijim područjima. Portreti se i danas često crtaju ručno jer umjetnik može bolje izvesti područja sjenčanja i iskoristiti različite debljine poteza. Pomoću računalnih programa vrlo je teško ostvariti različita područja zacrnjenja. Cijeli se proces ipak ne izvodi ručno; nakon iscrtavanja portreta isti se digitalizira te se daljnja manipulacija

vrši pomoću CAD<sup>1</sup> programa. Na primjerima suvremenih novčanica možemo primijetiti kako interpretacija portreta nije više samo tradicionalna već imamo i moderniji pristup. Na slici 2. prikazana je linijska izvedba portreta koji se nalazi na novoj američkoj novčanici od 100 dolara objavljena u travnju 2010 godine. Portret je tradicionalnog graverskog izgleda s izraženim potezima. U eksperimentalnom dijelu ovog rada prikazati će se drugačija mogućnost linijske realizacije portreta.



**Slika 2. Portret Benjamina Franklina na novoj američkoj novčanici od 100 dolara.**  
**Izvor:** <http://newmoney.gov/materials/download.htm>

Na novim polimernim kanadskim novčanicama puštenim u opticaj 2011. godine imamo drugačiji izgled portreta. Portret je izveden u fotografskoj kvaliteti (slika 3.). Na ramenima portreta možemo osjetiti taktilnost boje.



**Slika 3. Portret Sir Robert L. Borden na kanadskoj novčanici od 100 dolara**  
**Izvor:** <http://www.bankofcanada.ca/banknotes/bank-note-series/polymer/>

---

<sup>1</sup> CAD - Computer Aided Design

Na švicarskom franku puštenim u opticaj 1998. godine, portret je realiziran na suvremeniji način. Fotografija poznate apstraktne umjetnice studiozno je obrađena pomoću kompleksne tehnike obrade slike kako bi tvorila prikladan portret sa svim sigurnosnim zahtjevima. Kako je način ovakve obrade slike tajna za široku javnost, možemo samo nagađati način na koji je dobiven ovakav rezultat (slika 4.).



**Slika 4. Portret Sophie Taeuber-Arp na švicarskoj novčanici koja je izdana 1995. g.**

**Izvor:** [http://www.snb.ch/en/i/about/cash/current/design/id/cash\\_current\\_design\\_50](http://www.snb.ch/en/i/about/cash/current/design/id/cash_current_design_50)

**Slika 5. Idejno rješenje švicarskog franka predstavljen 2005. g.**

**Izvor:** [http://www.snb.ch/en/i/about/cash/newcash/id/cash\\_new\\_result/3](http://www.snb.ch/en/i/about/cash/newcash/id/cash_new_result/3)

Na slici 5. prikazano je idejno rješenje švicarskog franka koje je pobijedilo na natječaju raspisanog 2005. godine. Novčanica je modernog i apstraktnog izgleda na kojoj je izostavljen portret koji je prije bio nosioc dizajna i vizualne prepoznatljivosti novčanice.

### 3.1. Anti-kopirajući elementi izvedeni linijskom grafikom

Pojavom kvalitetnih i pristupačnih fotokopirnih aparata i stolnih skenera pojavila se potreba za zaštitom novčanica od istih.

Anti-kopirajući elementi sastavljeni su od linija koje se ponavljaju po određenom obrascu. Linije su ravne ili sinusoidne i ponavljaju se svaki put s drugačijom frekvencijom i kutom, tvoreći oblike s različitom udaljenošću.



**Slika 6. Anti-kopirajući elementi na Qatarskoj novčanici**

*Izvor: <http://www.banknotesinfo.com/qatar.html>*

Skener ima određen kut napredovanja prilikom skeniranja slike, te samim time ne može točno očitati frekvenciju i udaljenost ovakvih posebno dizajniranih elemenata. Anti-kopirajući elementi uglavnom su konstruirani od tankih linija ili točkica i imaju ugrađenu zaštitnu poruku primjerice VOID. Kopiranjem se ovi elementi reproduciraju deformirano, te se pojavljuje skrivena poruka čija se lokacija na novčanici drži u tajnosti radi sigurnosti. Prilikom skeniranja vidljiv je i jak moirè efekt na dijelovima s ovakvom zaštitom.



### 3.2. Izvedba vinjeta i ornamenata linijskom grafikom

Vinjete i ornamenti dio su dizajna skoro svake novčanice. Izrađuju se od linija koje se ponavljaju po definiranom redosljedu mijenjajući smjer i debljinu. Vinjete se najčešće projektiraju po uzoru na elemente iz vizualnog identiteta države, nacionalnih simbola, arhitekture, ornamenata, a mogu biti i potpuno apstraktni.



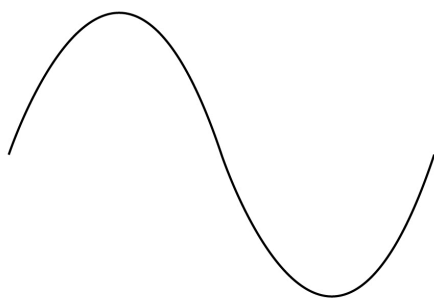
**Slika 7. Vinjete na Indonezijskoj novčanici**

**Izvor:** <http://fiumanbanknotes.blogspot.com/search/label/INDONESIA>

Izrada vinjeta sastoji se od projektiranja jedne osnovne Bézier-ove krivulje koja se zakretanjem pod određenim kutom i brojem ponavljanja pretvara u kompleksni oblik koji tvori konačan izgled vinjeta.

Osnovna Bézier-ova krivulja je ujedno i zaštita vinjeta jer samo tvorac zna točne parametre po kojima je konstruirana. Jednostavnom provjerom parametara vrlo je lako dokazati autentičnost vinjeta.

U daljnjem istraživanju slijedi objašnjenje nastanka vinjete. Izvedba će biti realizirana programiranjem u PostScript-u. [9] Prvo je potrebno definirati osnovnu Bézierovu krivulju koja je nosioc oblika i izgleda vinjete.



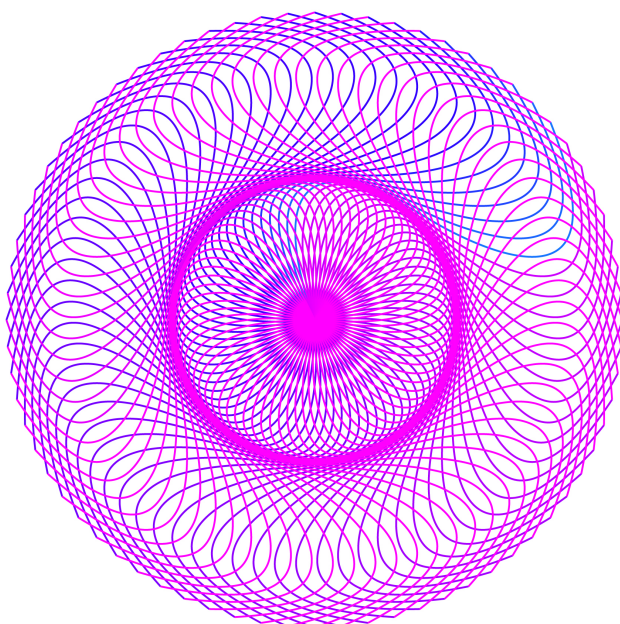
```

300 300 translate
0 0 moveto
0 0 50 150 100 0 curveto
100 0 150 -150 200 0 curveto
stroke

```

**Slika 8. Osnovna Bézier krivulja i Postscript program za njezinu realizaciju.**

Ponavljanjem iscrtane krivulje te njezinom rotacijom dobivamo sljedeću kompleksnu vinjetu.



```

250 250 translate
/r 0 def
/g 1 def
gsave
2 {
80 {
0 0 moveto
0 0 50 150 100 0 curveto
100 0 150 -150 200 0 curveto
1.2 setlinewidth
5 rotate
/r r 0.01 add def
/g g 0.06 sub def
r g 1 setrgbcolor
stroke
} repeat
-1 1 scale
} repeat

```

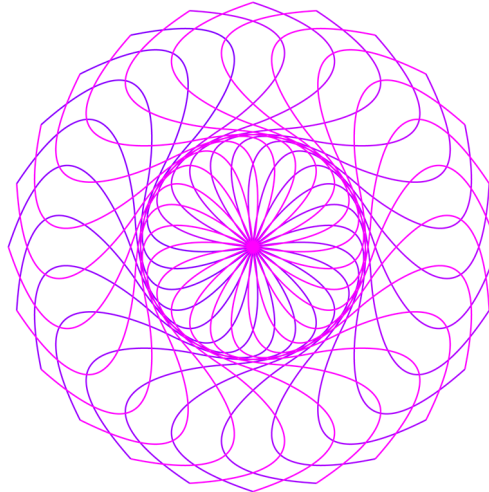
**Slika 9. Vinjeta realizirana Bézierovom krivuljom i programom kojim je izvedena.**

Vinjeta na slici 9. realizirana je s dvije petlje ponavljanja (*repeat* petlja). Unutar prve petlje se dva puta smanjuje druga petlja koja se rotacijom od 5 stupnjeva ponavlja 80 puta te se mijenja boja linije.

Promjenom određenih parametra dobivamo kontrolirane nove strukture i grafike. Na slici 9. vidljiv je rezultat nakon promjene kuta rotacije, a na slici 10.

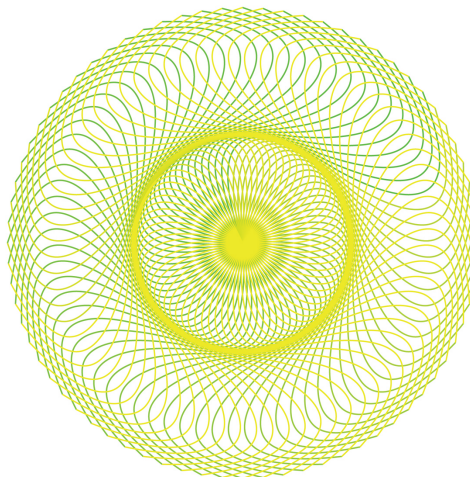
rezultat nakon promjene konstantnih parametra za definiciju boje.

```
250 250 translate
/r 0 def
/g 1 def
gsave
2{
80{
0 0 moveto
0 0 50 150 100 0 curveto
100 0 150 -150 200 0 curveto
1.2 setlinewidth
15 rotate
/r r 0.01 add def
/g g 0.06 sub def
r g 1 setrgbcolor
stroke
}repeat
-1 1 scale
}repeat
showpage
```



**Slika 9. Vinjeta realizirana Bézierovom krivuljom i programom kojim je izvedena.**

```
250 250 translate
/r 0 def
/b 1 def
gsave
2{
80{
0 0 moveto
0 0 50 150 100 0 curveto
100 0 150 -150 200 0 curveto
1.2 setlinewidth
5 rotate
/r r 0.01 add def
/b b 0.6 sub def
r 1 b setrgbcolor
stroke
}repeat
-1 1 scale
}repeat
showpage
```

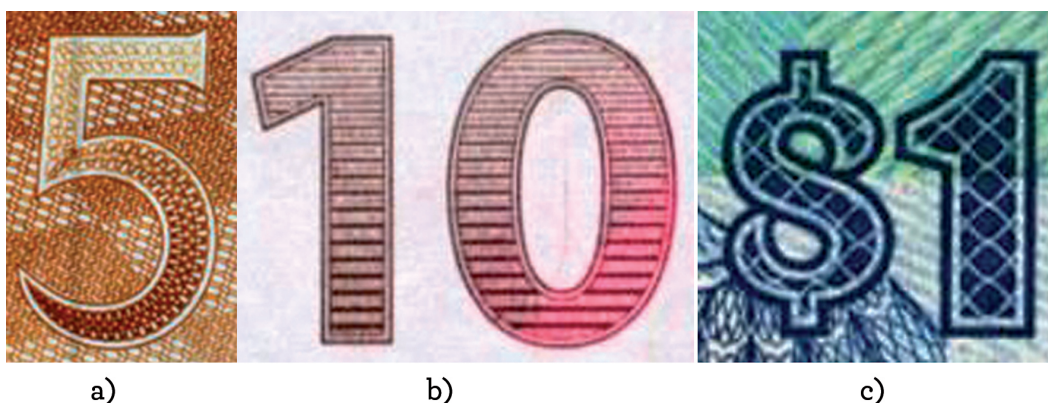


**Slika 10. Vinjeta realizirana Bézierovom krivuljom i programom s kojim je izvedena.**

### 3.3. Tipografija izvedena linijskom grafikom

Nominala označava vrijednost novčanice te je obavezan i najupečatljiviji element na novčanici. Pojavljuje se nekoliko puta na licu i naličju novčanice, brojčano i tekstualno. Tipografija kojom se ispisuje nominalna vrijednost posebno se dizajnira kako bi ona bila jedinstvena i u skladu s ostatkom dizajna novčanice. Kroz povijest su se koristili i temeljni i tehnički oblici ovisno o njezinom stilu i razdoblju nastajanja. Osim vizualne atraktivnosti i tipografske zakonitosti koje se trebaju poštivati, tipografija mora uključivati i određene sigurnosne značajke.

Nominalna vrijednost obično se piše debelim pismovnim rezom radi velikih unutarnjih bjelina koje se mogu ispuniti linijskom grafikom.



**Slika 11. Različita rješenja linijske grafike nominala na novčanicama a) Estonija b) Kongo i c) Malezija**

Znamenke popunjene jednostavnim ili kompleksnim linijskim strukturama se referiraju na vizualnom identitetu cijele novčanice. Nominale se moraju isticati, a to se postiže dodavanjem sjena, simulacijom treće dimenzije i okolnim zadebljanim *outlineom* (obrisom). U povijesti klasifikacije tipografije takvi pismovni rezovi bili su klasificirani kao osjenčani ili šrafirani. [10] Osim ispunjavanja linijama brojevi nominala se individualiziraju i ukrašavanjem.



a)

b)

c)

**Slika 12. Ukrašavanje nominala na novčanicama a) Kazahstan  
b) Njemačka i c) Indija**

Nominale se pozicioniraju preko linijske pozadine i/ili vinjete kako bi se uklonila mogućnost promjene apoena.

Praksa je da se nominala naglašava u odnosu na pozadinu bilo različitom bojom kao na slici 10 c) ili izraženijom grafikom vidljivo na primjeru slike 10 b).

### 3.4. Boja u linijskoj grafici

Projektiranje i planiranje vidljivih i nevidljivih zaštitnih elemenata izuzetno je važno za sigurnost vrijednosnica. Za tisak novčanica koriste se ultraljubičaste boje koje pod UV svjetlom od 365 nm fluoresciraju u jednoj ili više boja (dugine boje). Mogu se ugraditi u postojeće vidljive elemente dizajna ili biti transparentne, vidljive samo pod UV svjetlom. Koriste se i infracrvene boje koje postaju vidljive tek pod zračenjem u bliskom infra crvenom dijelu spektra.

Postoje i sigurnosne boje s iridescentnim efektom koje mijenjaju ton ili sjaj ovisno o kutu gledanja i osvjetljenja. Kopirni uređaji u boji i skeneri očitavaju sliku pri određenim fiksnim kutom u odnosu na površinu dokumenta čime je nemoguće reproducirati ovaj optički efekt. Postoje više vrsta iridescentnih boja: metalik, perlata i optički varijabilna boja (OVI). OVI boja sadrži specijalne pigmente koji u ovisnosti o kutu gledanja mijenjanju ton, dok se kod metalik i perlatah mijenja sjaj boje.

Magnetne boje su također sigurnosne boje koje omogućavaju čitanje određenih dijelova magnetnim detektorom. Adekvatna uporaba navedenih boja može biti snažna sigurnosna značajka.

Mogućnost individualizacije te dodatne sigurnosne zaštitne vrijednosnica donosi najnovije otkriće **INFRADESIGN**<sup>®</sup>. **INFRADESIGN**<sup>®</sup> omogućava spajanje dvije kompletno neovisne grafike, jedne vidljive pod dnevnim svjetlom i druge pod bliskim infracrvenim svjetlom. [11]

Najveća prednost ovog izuma je njegova realizacija standardnim procesnim bojama bez ikakvih dodatnih troškova i posebnih zahtjeva. Međutim može se primijeniti i na sigurnosnim spot bojama koje se koriste za tisak vrijednosnica.

Otisak s **INFRADESIGN**<sup>®</sup> zaštitom nemoguće je krivotvoriti. Skeniranjem ili fotokopiranjem tj. prolaskom kroz RGB sustav gubi se svaki zapis o dualnoj poruci slike. Provjera dvostruke slike obavlja se s kamerom koja ima infracrveni

izvor ili s patentiranom dualnom kamerom koja ima dva zaslona, na jednom se prikazuje grafika pod dnevnim svjetlom dok se na drugom prikazuje grafika pod infracrvenim. [12]



**Slika 13. Vinjeta pod a) dnevnim i pod b) infracrvenom svjetlom**

**Izvor:** <http://www.infraredesign.net>

### 3.5. Tisak linijske grafike

Tisak vrijednosnica uključuje cijeli niz specijaliziranih procesa. Napretkom tehnologije tiska realiziraju se impresivna dizajnerska rješenja s jakim sigurnosnim značajkama. Za produkciju novčanica upotrebljavaju se nekoliko različitih sigurnosnih tehnologija tiska. Tisak linijske grafike uključuje korištenje offsetnog tiska, irisnog tiska te intaglio tehnologiju tiska.

Sigurnosnim četverbojnim offsetnim tiskom realizira se linijska tonska podloga i određeni detalji sigurnosne linijske grafike. Ovom tehnologijom postiže se visoka razina točnosti otiska (paser, registar) lica i naličja novčanice.

Za četverbojni tisak potrebni su četiri ploče, za svaku boju posebno, no ne i za iris tehnologiju. Iris je tehnologija pomoću koje se realiziraju grafike od dvije ili više različitih boja koje nježno prelaze jedna u drugu. Otiskivanje se vrši u jednom radnom postupku pomoću jedne tiskovne forme. U istom se bojaniku nalaze više boja međusobno odvojene klinovima koje se spajaju tek na valjcima za razribavanje boje. [10] Da bi se dobilo ovakvo obojenje linijska grafika mora biti postavljena paralelno u odnosu na valjke za razribavanje boje i valjke otiska. Linija otisnuta iris tiskom mijenja boju na određenim pozicijama definiranim od strane dizajnera. Grafička priprema za izvedbu ovakve linije programira se direktno u PostScript programskom jeziku budući da je to program koji omogućuje matematičku preciznost definiranja boja i poziciju njihovog miješanja.

Osim estetske, iris tisak ima i sigurnosnu ulogu. Pozicija klina, recepti boja te površina njihovog miješanja su informacije koje se čuvaju u tajnosti i služe za zaštitu.

Nježni prijelazi jedne u drugu boju neizvedivi su u drugim tiskarskim tehnikama. Imitacija iris tiska u digitalnom tisku realizira se obojenjem svake sljedeće linije u drugu nijansu boje. Ovakve krivotvorine lako su prepoznatljive.

Konvencionalne tiskarske jedinice nemaju mogućnost iris tiska s obzirom na to da ta tehnologija spada u skupinu sigurnosnih tehnologija tiska.



Intaglio je najznačajnija vrsta sigurnosnog tiska koja se koristi za izradu vrijednosnica. Intaglio je predstavnik dubokog tiska. Tiskovni elementi koji nose boju udubljeni su na tiskovnoj formi. Udubine na ploči se pune sa bojom visoke viskoznosti te se potom strugalicom ostruže boja sa slobodnih površina. Sa tiskovne forme na tiskovnu podlogu boja se prenosi pod velikim pritiskom valjka. Reljefni otisak postiže se trajnom deformacijom papira i debelim nanosom boje. Intaglio tiskom se ostvaruje finoća, dubina te izrazita oštrina otiska što je teško reproducirati drugom vrstom tiska. Visina reljefa intaglio tiska danas doseže od 50 do 100 mikrona [13] i na taj način stvara silan taktilan osjećaj koji je veoma značajan za taktilno prepoznavanje novčanica. Intaglio otisak nikad nije sasušten do kraja, te se grebanjem može skinuti sloj boje koji dokazuje da se radi o originalnom otisku.

Glavni motivi na novčanicama realizirani su intaglio tiskom. Portret, nominalna vrijednost i određeni elementi izvedeni su ovom tehnikom kako bi ih bilo iznimno teško krivotvoriti.

Sitotisak je tehnika tiska koja se povremeno upotrebljava u izradi novčanica. Ova tehnika tiska funkcionira tako da se kroz fino sito, nosioc tiskovne forme, protiskuje boja koja će proći na tiskovnu podlogu na mjestima gdje nije zatvorena zamišljenim dizajnom, sitotiskarskom šablonom. [10] Uporaba sitotiska na novčanicama uglavnom se odnosi na vrjednije apoeone. Na naličju novčanice eura, nominala je tehnikom sitotiska otisnuta optički varijabilnom bojom, čija je promjena iz jedne boje u drugu vidljiva proučavanjem iz različitog kuta.

### 3.6. Linijske grafike na kinegramu

Kinegram je sigurnosni element također realiziran linijskom grafikom. Linije promjenljivih debljina i oblika razmještene u različitim smjerovima tvore grafiku kinegrama. Kinegram prikazuje kinematske efekte kao što su tranzicija, rotacija, ekspanzija, kontrakcija te cjelodne transformacije jednog grafičkog elementa u drugi. Efekti nastaju radi različite frekvencije linija i azimuta<sup>2</sup> između povezanih grafičkih elemenata. Titranjem ili rotacijom kinegrama mijenja se kut osvjjetljenja proizvodeći efekt pokretne slike. [8] Tisak kinegrama izvodi se u foliotisku.



**Slika 14. Kinegram na novčanicima od 20 eura**

**Izvor:** <http://www.kinegram.com/kinegram/com/home.nsf/contentview/~banknote-stripe>



**Slika 15. Kinegram na novčanicima od 200 eura (lijevo) i 200 kuna (desno)**

<sup>2</sup> vodoravna kutna udaljenost od utvrđenog smjera do pozicije objekta

## **4. EKSPERIMENTALNI RAD S LINIJSKOM GRAFIKOM**

### **4.1. Cilj i hipoteze istraživanja**

Cilj ovog rada jest izvedba i opis anti-kopirajućih elemenata ravnom i sinusoidnom linijskom grafikom. Da bi se mogla primijeniti ova tehnika, slike koje će se kasnije koristiti u testiranjima potrebno je adekvatno pripremiti što uvelike utječe na sami rezultat linearizacije. Postupci pripreme slike i provedbe linearizacije nad istom biti će se u cijelosti objašnjeni uz primjere. Rad će također sadržavati smjernice i preporuke za dobivanje optimalnog rješenja koje su rezultat samog istraživanja.

Hipoteza 1. Optimalna udaljenost linija ključna je za uspješnu linearizaciju slike.

Hipoteza 2. Najbolja linearizacija postiže se na jednotonskim slikama.

Hipoteza 3. Optimalan odnos amplitude i periode kod linearizacije sinusoidnim linijama je najbitniji faktor za dobivanje kvalitetnog rezultata.

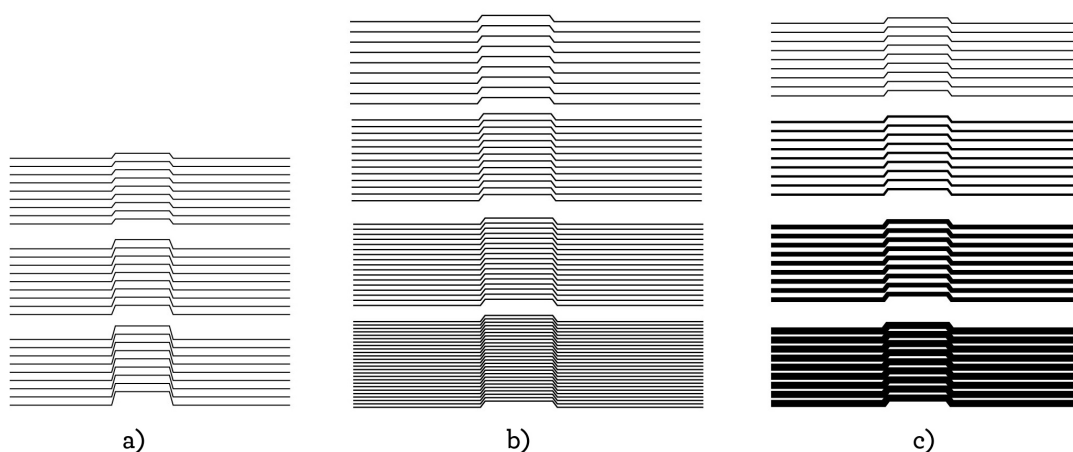
## 4.2. Metodologija i plan istaživanja

Praktični dio ovog rada sastoji se od dvije faze. U prvoj fazi detaljno su obrađene fotografije, ilustracije i tipografiju koje će se linearizirati. Za obradu istih koristiti će se programski alati Adobe Photoshop i Adobe Illustrator iz paketa programa za obradu grafike Adobe CS. Druga faza jest pokretanje personaliziranog programa za linearizaciju koji obrađuje unose po određenim parametrima. U eksperimentalne svrhe vršit će se linearizacija ravnim i sinusoidnim linijama. Za linearizaciju odabrane su fotografije i ilustracije prema različitim motivima, dok je odabir tipografije napravljen na temelju istraživanja korištenih oblika na suvremenim novčanicama. Rezultatom promatranja dolazi se do zaključka kako se pretežito tehnički i temeljni oblici koriste za tipografiju ove vrste dokumenata, te su predstavnici istih uvršteni kao predlošci za testiranje. Po potrebi rezultat linearizacije je moguće dodatno obrađivati prije navedenim programima kako bismo dobili što atraktivniji rezultat.

### 4.3. Grafika izvedena ravnim linijama

Sigurnosna računalna linearizacija piksel grafike zahtjevan je proces. Treba se projektirati vrsta linije, odrediti njezina debljina te kut njenog napredovanja. Promjenom nagiba (kuta) i linijature postižu se tamnija i svjetlija područja pokrivenosti. Najteži parametar za definiranje jest zacrnjenje koje interferira s frekvencijom skeniranja.

Promjena zacrnjenja periodičnih vodoravnih linija može se postići povećanjem nagiba linije (slika 16a), približavanjem linija (slika 16b) i povećavanjem debljine linije (slika 16c).



**Slika 16. Promjena zacrnjenja povećanjem a) nagiba, b) linijature i c) debljine linije**

U ovom radu biti će prikazani primjeri kroz sva tri načina promjene zacrnjenja.

Prije same linearizacije piksel grafika se treba pripremiti na odgovarajući način. Kako bi se postigla uspješna linijska grafika fotografija mora biti jednotonska s jasnim kontrastima bijele i crne. Obrada fotografije izvršiti će se u programu za piksel grafiku, u Adobe Photoshop-u.

Na prvom primjeru pokazati će se obrada portreta koji će se koristiti kao predložak za linearizaciju.



**Slika 17. Fotografija prije obrade**

Pomoću alata *curves* korigiramo boju. Slijedeći korak je pojačanje kontrasta s alatom *brightness/contrast*. Kako bi dobili sliku samo od crnih i bijelih površina na ovom primjeru koristiti će se *filter stamp* alat.

Nakon ovih procedura slijedi ručno retuširanje, odstranjivanje neželjenih točkica i popravljajnja linija kako bi dobili što kvalitetniju reprodukciju portreta. Nakon obrade radi se negativ slike koji se prebacuje u *grayscale mode*. Finalni rezultat piksel grafike koja je adekvatna za linearizaciju prikazan je na slici 18.



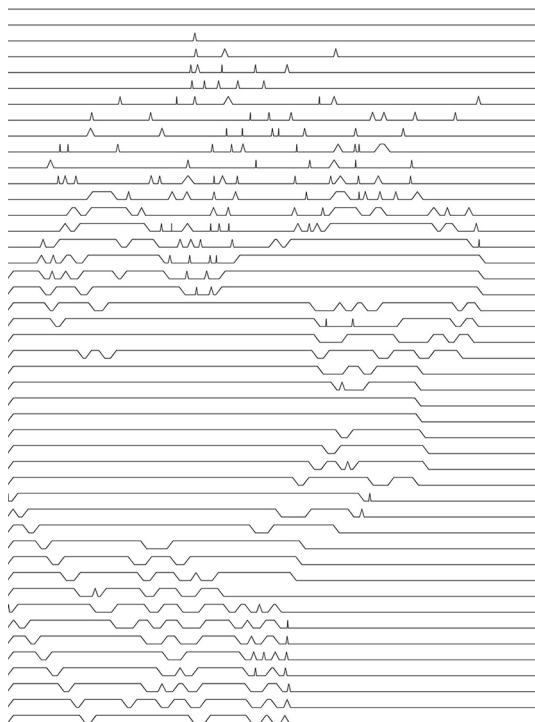
**Slika 18. Obradena fotografija za linearizaciju**

Parametri za linearizaciju kontinuiranim vodoravnim kontinuiranim linijama su:

- linijatura
- debljina linije
- zacrnjenje
- skok linije.

Povećavanjem ili smanjenjem linijature povećava se i smanjuje zacrnjenje. Linearizacija preko ovih parametara izvodi se na slijedeći način. Linija se iscrtava vodoravno dok ne naiđe na promjenu kontrasta tj. promjenu iz bijelog u crno. Kada se dogodi ta promjena, linija skače za kut koji je definiran i nastavlja se iscrtavati sa novom visinom sve dok ponovno ne naiđe na promjenu kontrasta iz crnog u bijelo te se vraća na svoju prvotnu visinu iscrtavanja.

Na idućim primjerima pokazati će se različito zacrnjenje s obzirom na linijaturu.



a) 50



b) 141



c) 352

**Slika 19. Primjeri različitog zacrnjenja izvedeno linijaturom a), b) i c)**

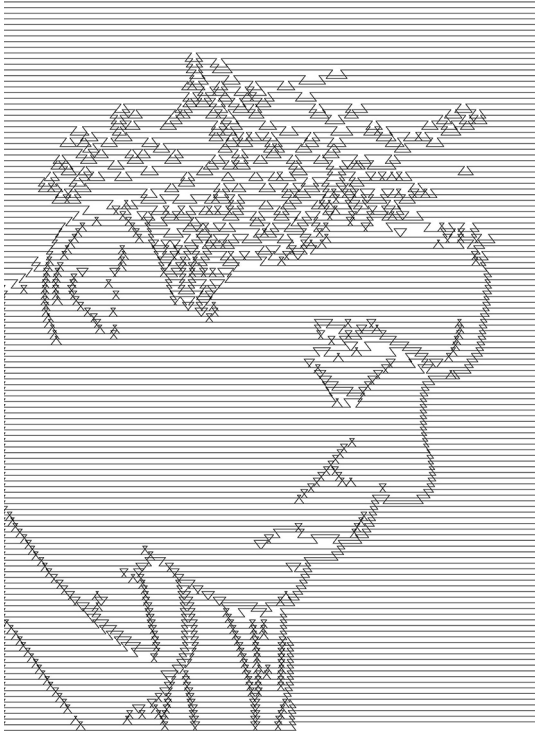
	Vrijednosti
linijatura	a), b) i c)
debljina linije	0,25
zacrnjenje	4, 10 i 26
skok linije	50

**Tablica 1. Parametri linearizacije slike 19.**

Na primjerima slike 19. mijenjala se linijatura, te samim time i zacrnjenje dok su debljina linije i njezin skok (nagib) kod sva tri primjera ostali isti. Na primjeru 19a) zaključujemo kako se radi o premalenom broju linija što smanjuje detalje portreta do neprepoznatljivosti. Povećanjem linijature dobivamo kvalitetniju reprodukciju lika. Ovakav način individualizacije je snažan zaštitni element. Osim nemogućnosti skeniranja ovakvih rješenja, iste je gotovo nemoguće reproducirati pošto ulazne podatke posjeduje samo stvaraoc. Ukoliko bi netko uspio krivotvoriti ove linije njihovu autentičnost lako bi mogli utvrditi jednostavnom provjerom gore navedenih parametra.

Na slici 20. prikazano je rješenje s negativnim skokom linija, u ovom slučaju s padom. Dobiven je zanimljiv rezultat s većom individualizacijom. Nakon pada linija se iscrtava vodoravno sve do sljedeće promjene kontrasta kada se linija vraća unatrag i stvara neponovljive trokutaste elemente. Isprepletenost linija i trokutića umanjuje vizualnu atraktivnost, no umanjuje i mogućnost krivotvorenja.

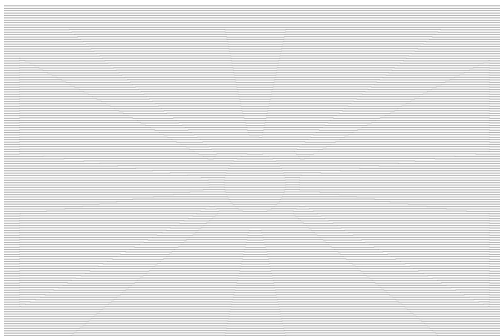




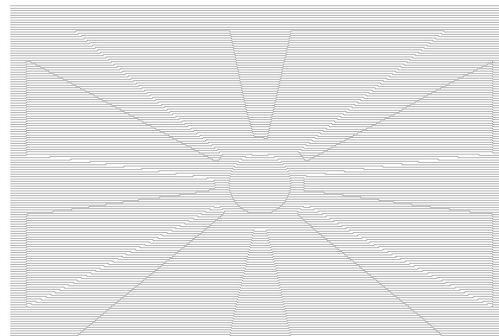
**Slika 20. Prijedlog individualizacije s negativnim skokom**

	Vrijednosti
linijatura	141
debljina linije	1
zacrnjenje	10
skok linije	-150

**Tablica 2. Parametri linearizacije slike 20.**



a) 10



b) 50

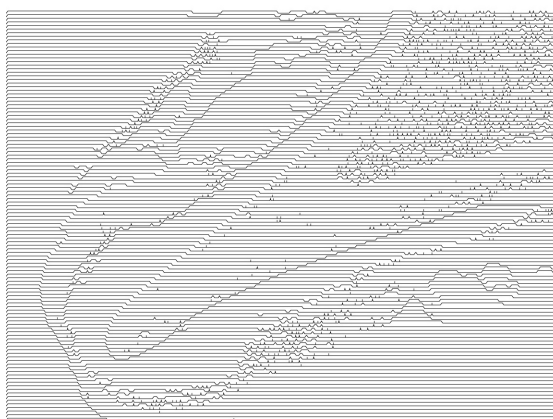
**Slika 21. Primjeri različitog zacrnjenja izvedenih različitim kutem a) i b)**

	Vrijednosti
linijatura	142
debljina linije	0,25
zacrnjenje	10
skok linije	a) i b)

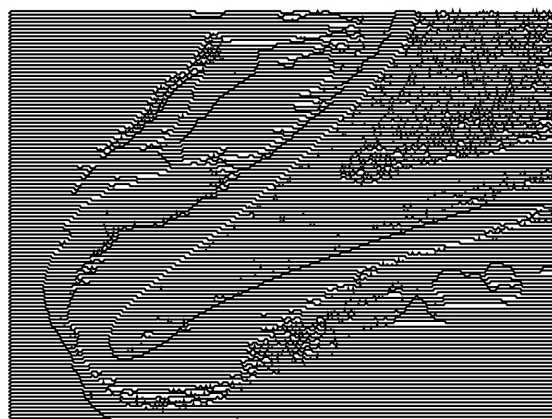
**Tablica 3. Parametri linearizacije slike 21.**

Na primjerima na slici 21. vidi se kako promjena skoka utječe na zacrnjenje. Upotrebom premalenog nagiba, kontrasti su neprimjetni te gubimo na prepoznatljivosti objekta što se može uočiti na primjeru 21a). Povećanjem kuta dobivamo jasniju sliku o lineariziranom objektu prikazanom na slici 21b).

Na dosadašnjim primjerima pokazan je utjecaj promjene linijature i skoka linija na zacrnjenje, a na sljedećem primjeru prikazati će se različito zacrnjenje pomoću promjene debljine linija na lineariziranom objektu. Promjena debljine linije izvršiti će se u programu za vektorsku grafiku, Adobe Illustrator jer program za linearizaciju ne podržava promjenu debljine linije.



a) 0,25 pt



b) 1 pt

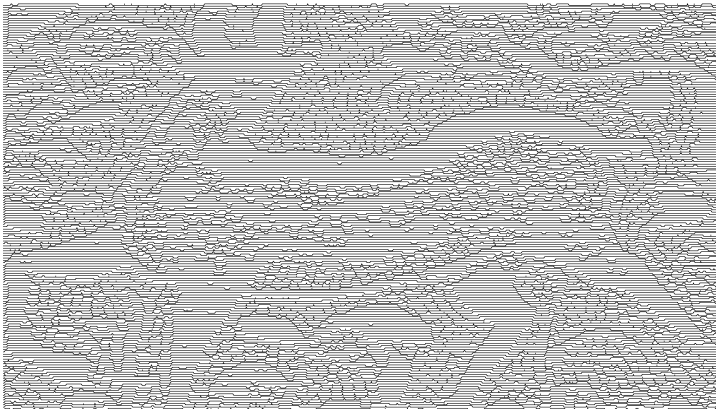
**Slika 22. Primjeri različitog zacrnjenja izvedeni debljinom linija a) i b)**

Parametri za linearizaciju slike 22. prikazani su u tablici 4. Povećanjem debljine linije, razmak među istima se smanjuje i dobivamo tamnija područja zacrnjenja. Prevelika debljina uzrokovala bi spajanje susjednih linija tj. kompletno zatamnjenje slike te bi se time izgubila prepoznatljivost oblika.

	Vrijednosti
linijatura	136
debljina linije	a) i b)
zacrnjenje	10
skok linije	60

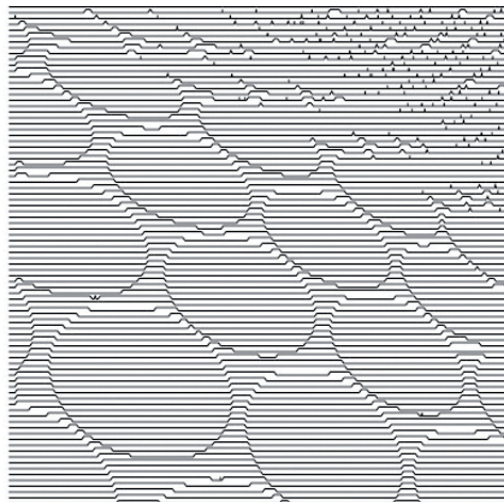
**Tablica 4. Parametri linearizacije slike 22.**

U nastavku prikazano je nekoliko primjera linearizacije s ravnim kontinuiranim linijama.

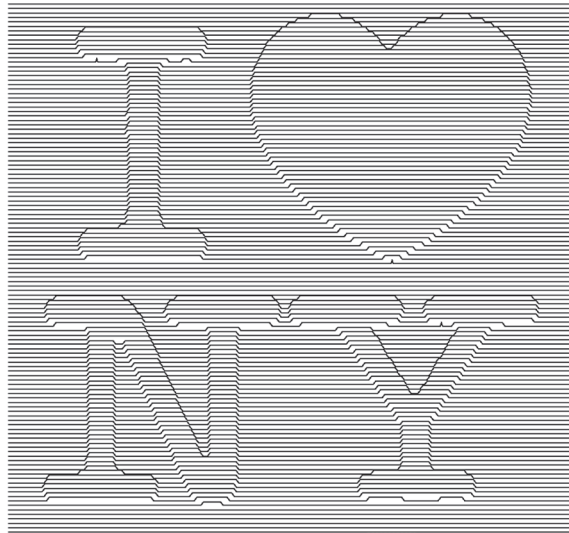


**Slika 23. Original (gore) i linearizacija ravnim kontinuiranim linijama (dolje)**

Na slici 23. predložak za linearizaciju je fotografija s motivom mozaika. Kompleksnost strukture moguće je sačuvati odgovarajućom obradom fotografije. Finoća detalja postignuta je većom linijaturom. Linijatura utječe na zacrnjenje slike stoga dobivamo tamniju površinu i jasan obris životinje.

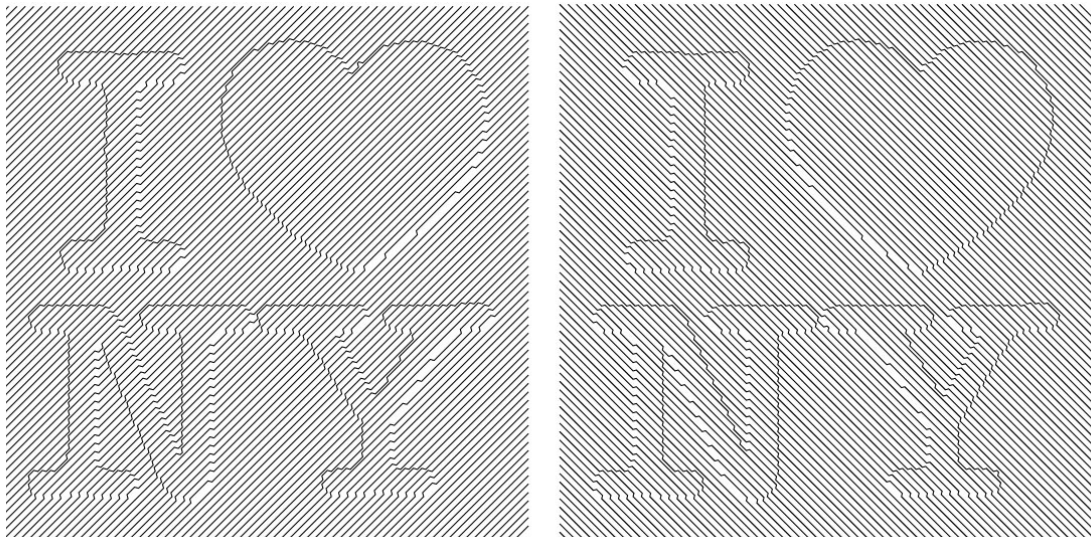


**Slika 24. Original (lijevo) i linearizacija ravnim kontinuiranim linijama (desno)**



**Slika 25. Originalni logotip I Love New York Milтона Glasera i rješenje izvedeno u linijskoj grafici**

Osim vodoravnim, vektorizaciju je moguće izvesti i kosim kontinuiranim linijama. Postupak vektorizacije identičan je kao i kod vodoravnih linija. Jedina razlika manifestira se pri načinu napredovanja linija te definiciji dodatnog parametra za određivanje kuta (45 ili -45 stupnjeva) pod kojim će se linije iscrtavati. Na logotipu I LOVE NY na slici 22. prikazani su rezultati ovakvog tipa linearizacije.



**Slika 26. Linearizacija ravnim kontinuiranim linijama pod kutem od 45 (lijevo) i -45 (desno)**

### 4.3.1. Linearizacija tipografije ravnim linijama

Osim fotografije, mogu se linearizirati i brojke i slova. U ovom radu prikazani su testovi na tipografiji kategoriziranim po obliku pismovnog reza. Testirati će se predstavnici temeljnih i tehničkih oblika kako bi se odredio oblik koji je najpogodniji za linearizaciju. Brojevi su ispisani u velikoj pismovnoj veličini kako bi se mogla uočiti eventualna dekonstrukcija slovnih znakova.

Od temeljnih oblika pisama lineariziraju se predstavnici renesansne, prijelazne (barokne) i klasicističke antikve. Od tehničkih oblika lineariziraju se grotesk i egyptienne, italienne i OCR. [10]

#### TEMELJNI OBLICI

---

Renesansna antikva	Garamond	100
Prijelazna (baraokna) antikva	Baskerville	100
Klasicistička antikva	Didot	100

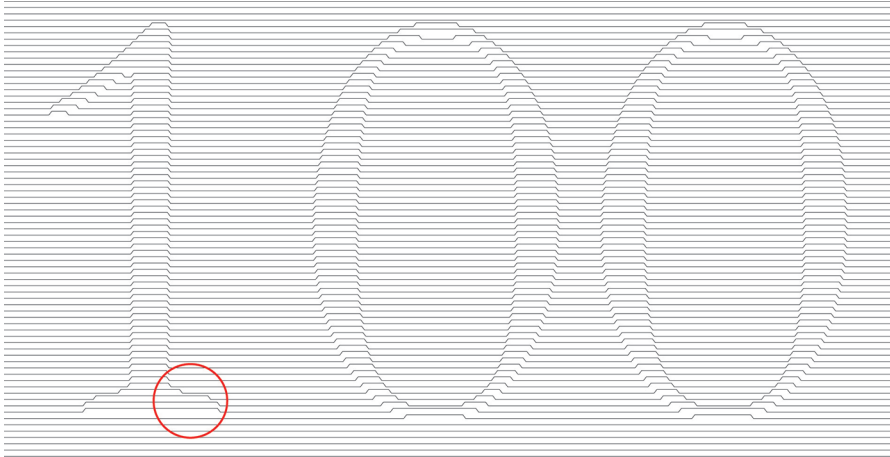
#### TEHNIČKI OBLICI

---

Grotesk	Helvetica	100
Egyptienne	Beton	100
Italienne	Barnum	100
OCR	OCR	100

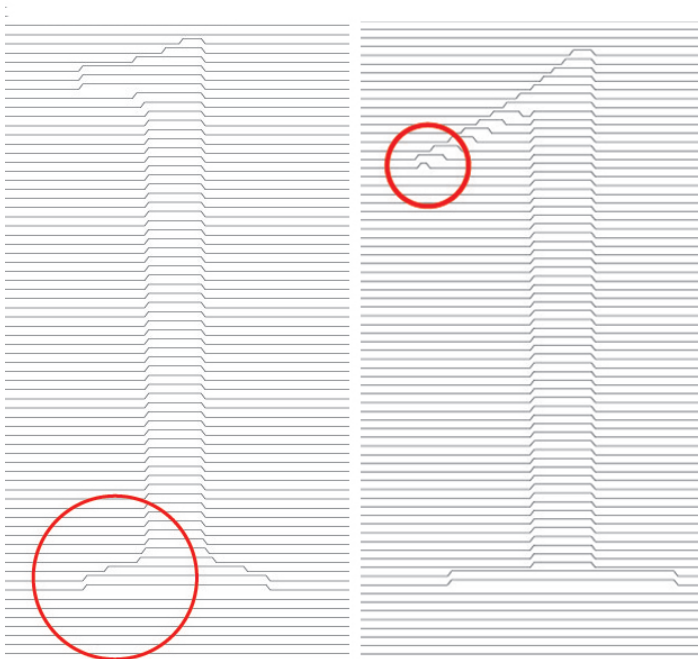
**Tablica 5. Klasifikacija pisma i njihovi predstavnici**

Testovi napravljeni na predstavnicima temeljnih i tehničkih oblika pokazali su tehnička pisma pogodnijima za linearizaciju. Temeljni oblici imaju velik kontrast između osnovnih i spojnih poteza te serifa. Radi izrazito tankih poteza deformira se pismo, te se pojavljuju greške.



**Slika 27. Greška pri linearizaciji predstavnika renesansne antikve (Garamond)**

Na slici 27. pokazan je rezultat linearizacije predstavnika renesansne antikve. Kod renesansne antikve mala je razlika u debljini temeljnih i spojnih poteza, oslovnih oblina je kosa, a serifi imaju postepen zaobljeni prijelaz. Kod ovakvog načina linearizacije gubi se zaobljenost serifa.



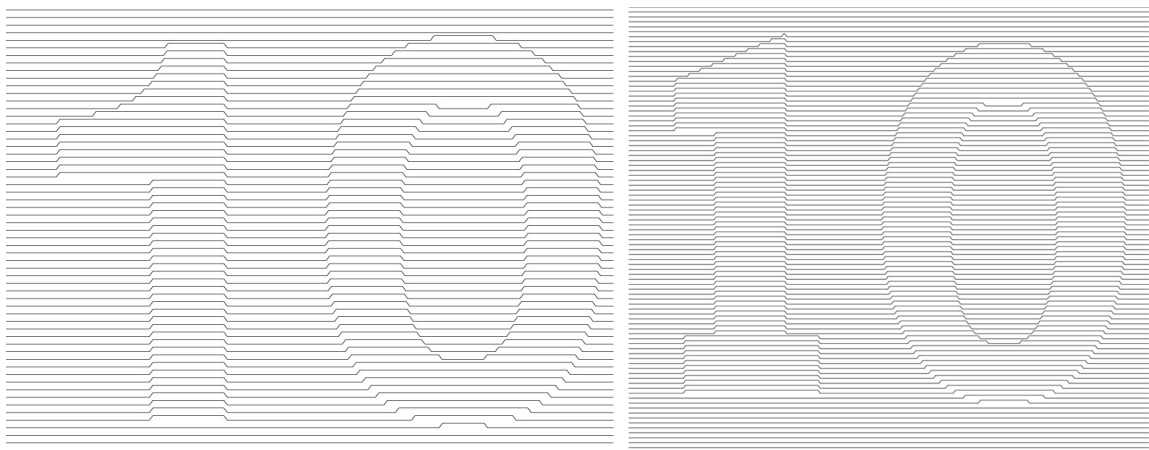
**Slika 28. Greška pri linearizaciji predstavnika prijelazne Baskerville (lijevo) i predstavnika klasicističke antikve Didot (desno)**

Kod prijelazne (barokne) antikve razlika u debljini temeljnih i spojnih poteza je veća, serifi su blago zaobljeni. Na slici 28. (lijevo) može se zabilježiti kako nemamo zaobljene nego stepeničaste serife. Ovakva linearizacija ne prikazuje glavne karakteristike ovog oblika pisma pa se ne savjetuje linearizacija prijelazne antikve. Na primjeru na slici 28. (desno) prikazana je linearizacija predstavnika klasicističke antikve. Osnovne karakteristike klasicističke antikve su:

- debljina temeljnih i spojnih poteza je kontrastna,
- između temeljnog i završnog poteza izveden je oštar prijelaz,
- os slovnih oblina je vertikalna.

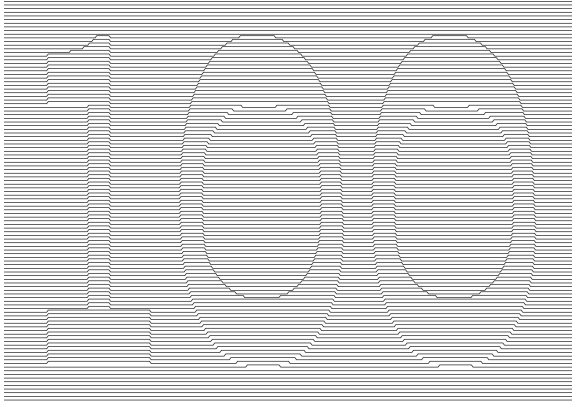
Kod linearizacije predstavnika klasicističke antikve greške se javljaju na mjestima jakog kontrasta debljine poteza.

Tehničke oblike pisma pogodnija su za linearizaciju radi jednake debljine osnovnih i spojnih poteza. Grotesk je tehnički oblik pisma čiji su slovnji znakovi konstruirani od optički izjednačenih temeljnih i spojnih poteza te nemaju serife. Razlika između *egyptienne* i groteska je ta da kod *egyptienne* imamo serifa i to pravokutno izvedene. Na primjeru na slici 29. pokazana je uspješna vektorizacija predstavnika groteska i *egyptienne*.



**Slika 29. Rezultat linearizacije predstavnika grotesk - Helvetica (lijevo) i *egyptienne* - Beton (desno)**

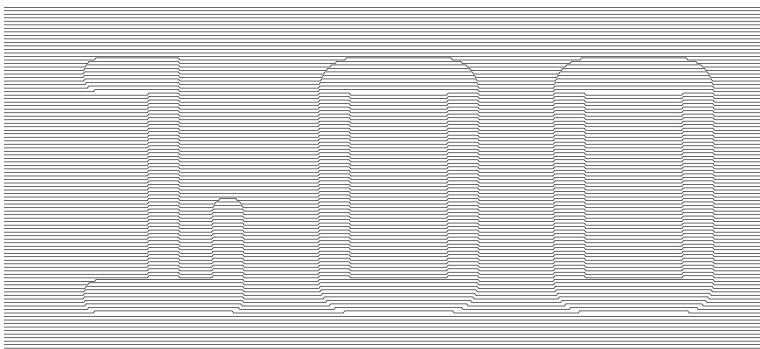
Optički izjednačena debljina i izrazito naglašeni serifi, karakteristike su Italienne, predstavnika tehničkog oblika pisma. Na slici 30. prikazana je linearizacija na ovom pismu.



**Slika 30. Rezultat linearizacije predstavnika Italienne - Barnum**

Tehničkim oblicima pisma pripada i OCR pismo. OCR je pismo koje je prepoznatljivo i čitljivo ljudskom oku te uređaju za čitanje OCR fontova. Svaki slovni znak ima definiranu veličinu i oblik u kojem se pojavljuje te zauzima jednaki prostor. OCR fontovi su definirani od ANSI organizacije i poznati pod imenom proporcionalni. Rezultat linearizacije ovog pisma prikazan je na slici 31. Na novčanicama ispis serijskih brojeva realizira se u OCR pismu. Uporaba ovih pisma pomaže pri:

- očitavanju, brojanju i spremanju novčanica u trezorima banaka
- pronalasku krivotvorenih novčanica
- brojač pamti serijske brojeve novčanica i ne može se dva puta pojaviti isti broj.

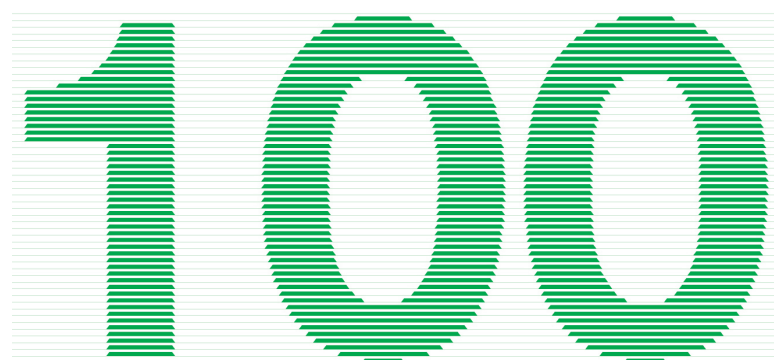


**Slika 31. Rezultat linearizacije OCR pisma**



Korišteni su jednaki parametri za linearizaciju kako bi se naglasila sama konstrukcija slovnih znakova te njezino uspješno realiziranje linijama. Veličina slovnih znakova je jednaka. Rezultati linearizacije su vektori koji se mogu dodatno individualizirati u programima za vektorsku grafiku.

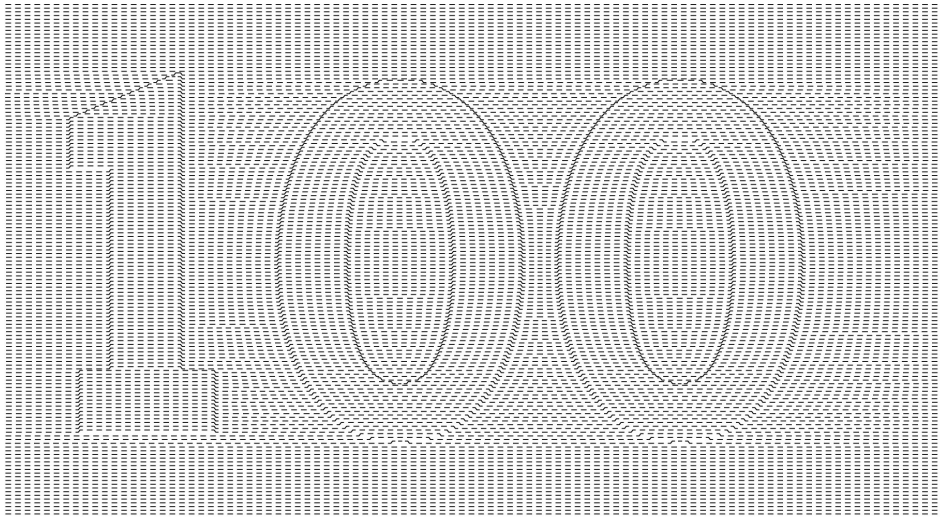
U nastavku će se prikazati nekoliko intervencija napravljenih u programu za vektorsku grafiku, Adobe Illustrator-u, koje dodatno povećavaju jedinstvenost ovakvih linijskih rješenja. Linija se definira samo s potezom (*stroke*) koji nosi obojenje, međutim u računalnim programima linija se može popuniti bojom (*fill*) što je prikazano na slici 32. Time se dobivaju istostranični trapezoidni elementi čiji je razmak u ovisnosti s linijaturom i skokom linija pri linearizaciji.



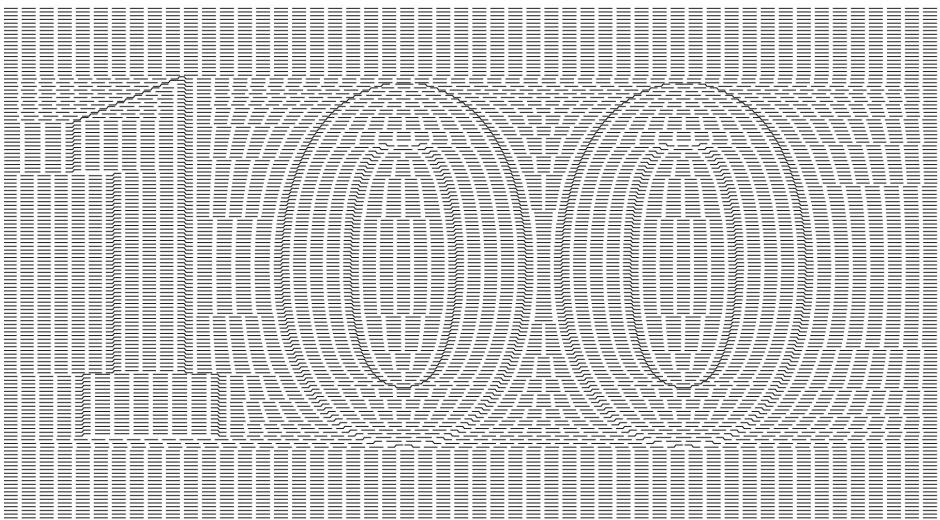
**Slika 32. Individualizacija obojenjem**

Ovakvo rješenje nominalne vrijednosti moglo bi se realizirati u intaglio tehnici tiska čime bi se još više izrazila trodimenzionalnost.

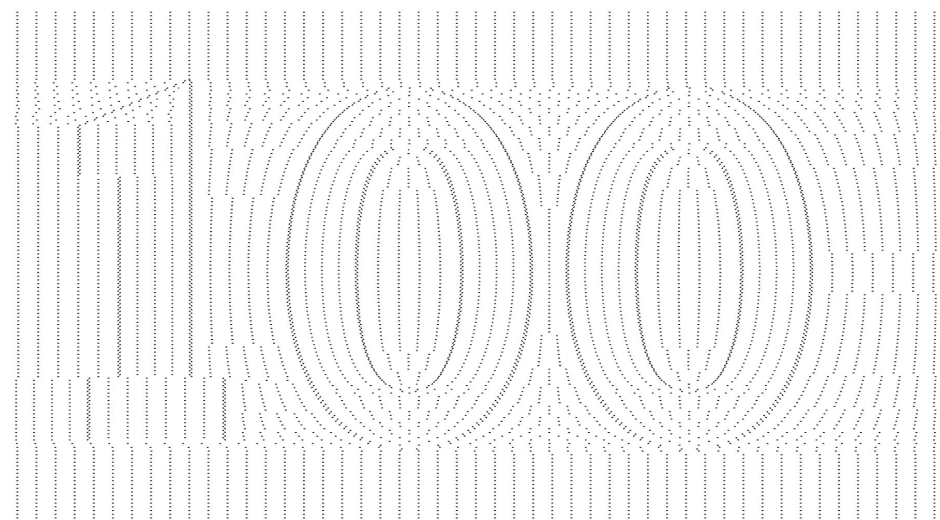
Jednostavnom promjenom načina iscrtavanja linije, od pune u isprekidanu, dobiva se kompleksna mreža crtica i praznina koju je također nemoguće imitirati bez posjedovanja svih ulaznih parametara i predložaka. Ovakav dodatan način individualizacije pokazan je na slici 33. Na slici 33a) isprekidana linija iscrtana je od crtica veličine 3,2 pt i praznina 2,4 pt pri čemu se dobiva iscrtkana struktura od približno istih veličina za crtice i praznine. Na primjeru 33b), gdje je crtica 8 pt a praznina 2,4 pt, prikazano je rješenje s velikim crticama i malim prazninama. Točkasta struktura vidljiva na slici 33c) dobivena je malom crticom i velikom prazninom (1pt i 10 pt).



a)



b)



c)

**Slika 33. Iscrtavanje isprekidanih linija**

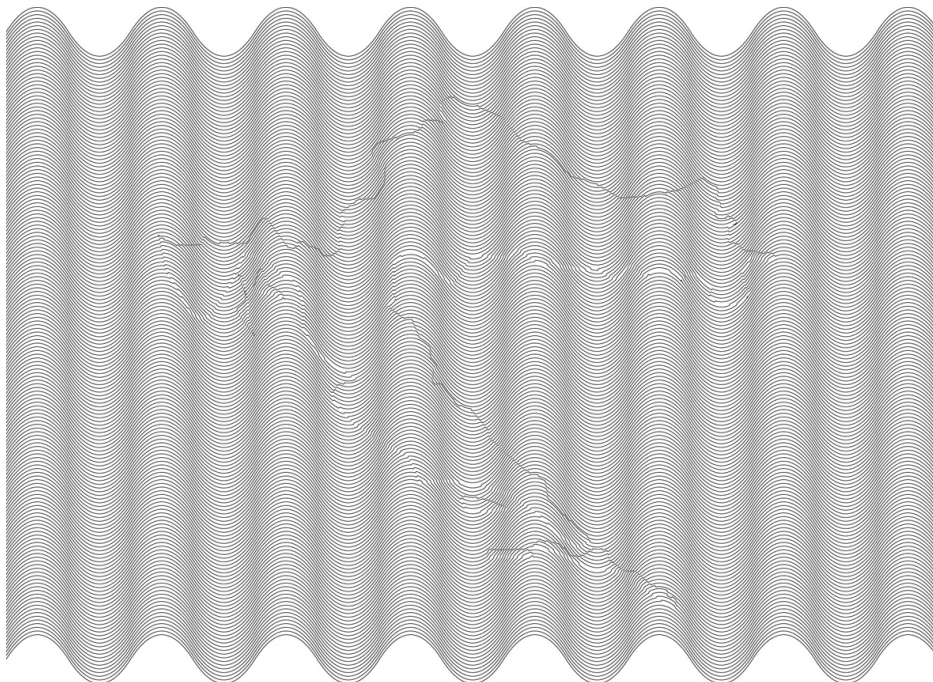
#### 4.4. Grafika izvedena sinusoidnim linijama

Osim vodoravnim periodičnim linijama, linearizacija se može izvesti sinusoidnim linijama. Sinusoida je određena amplitudom i periodom ponavljanja pa se ujedno određivanjem ova dva parametra određuje i uspješnost lineariziranog objekta. Važi isti princip promjene zacrnjenja kao i kod ravnih linija. Povećanjem linijature, nagiba te debljine linije dobivaju se tamnija područja pokrivenosti.

Parametri za linearizaciju sinusoidnim krivuljama su:

- linijatura
- debljina
- zacrnjenje
- skok linije
- amplituda
- period

Isto kao i pri linearizaciji ravnim linijama, piksel grafika koja se koristi kao ulazni predložak treba biti pravilno obrađena.

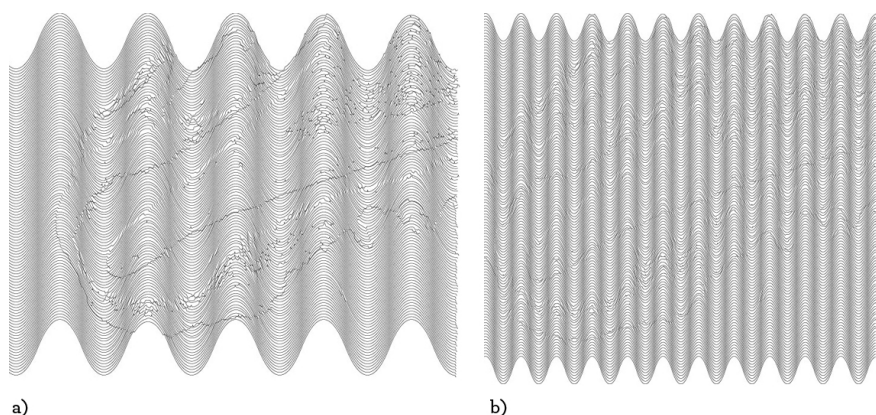


**Slika 34. Sinusoidna linearizacija karte Hrvatske**

	Vrijednosti
linijatura	250
debljina linije	0,5
zacrtnjenje	67
skok linije	40
amplituda	1
period	4

**Tablica 6. Parametri linearizacije slike 34.**

Primjer na slici 35. prikazuje sinusoidnu linearizaciju karte Hrvatske. Korištena je velika linijatura i amplituda sinusoide kako bi se postiglo što veće zacrnjenje. Pogrešna definicija ovih parametara može dovesti do potpune deformacije crteža, tj. do neprepoznatljivosti.



**Slika 35. Neuspješna sinusoidna linearizacija prevelikom amplitudom a) i premalenom periodom b)**

Na slici 35a) radi eksperimenta koristila se prevelika amplituda što dovodi do vertikalnog razvlačenja slike i nemogućnosti pravilnog skoka linija kod iscrtavanja. Višestruko ponavljanje ili u našem slučaju zadan premalen broj perioda sinusoide vodi ka velikom zgušnjavanju linija i neprepoznatljivosti slike (slika 35b).

U tablici 7. dani su parametri koji su se koristili pri pretvorbi piksela u sinusoidnu linijску grafiku prikazanu na slici 35.

	Vrijednosti
linijatura	136
debljina linije	0,5
zacrtnjenje	10
skok linije	50
amplituda	1
period	2,5

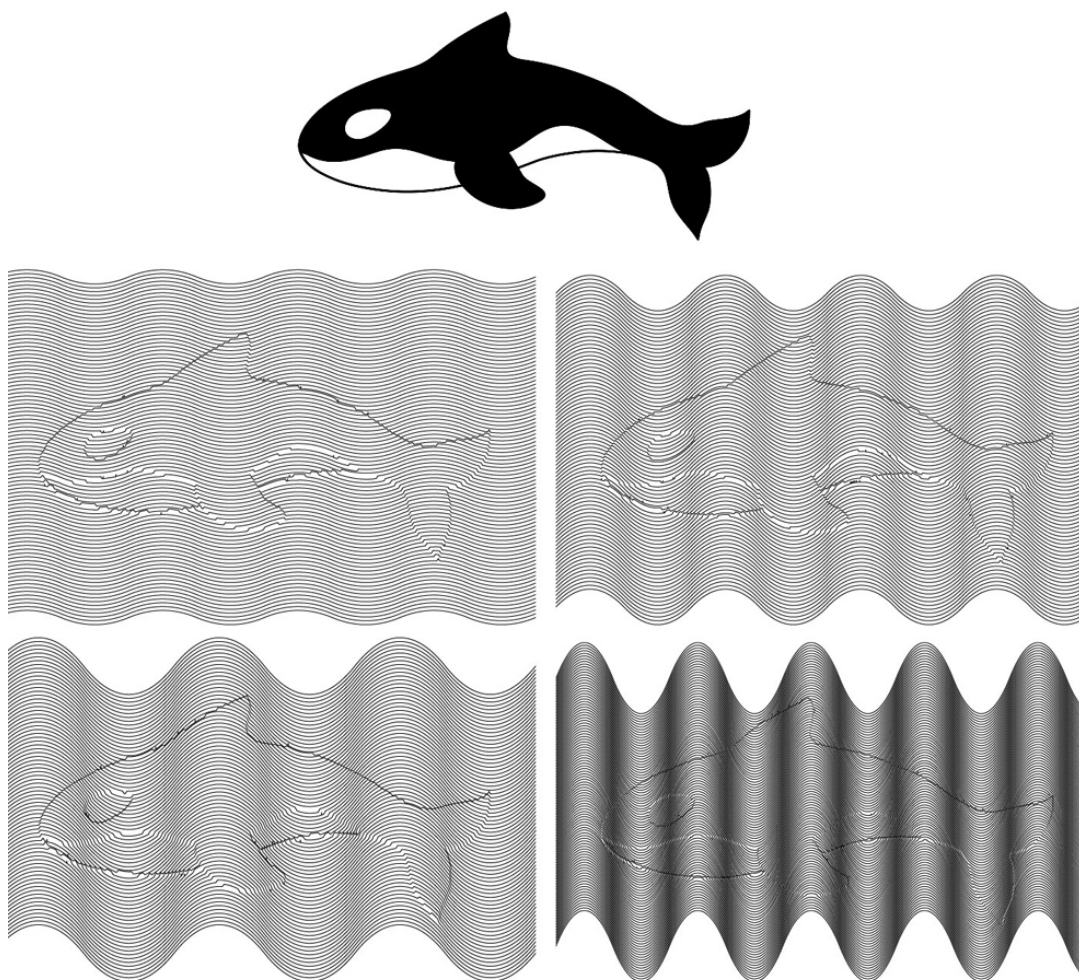
a)

	Vrijednosti
linijatura	136
debljina linije	0,5
zacrtnjenje	10
skok linije	50
amplituda	0,5
period	1

b)

**Tablica 7. Parametri linearizacije slike 35. a) i b)**

U nastavku su prikazani razni primjeri utjecaja parametara na linearizaciju:



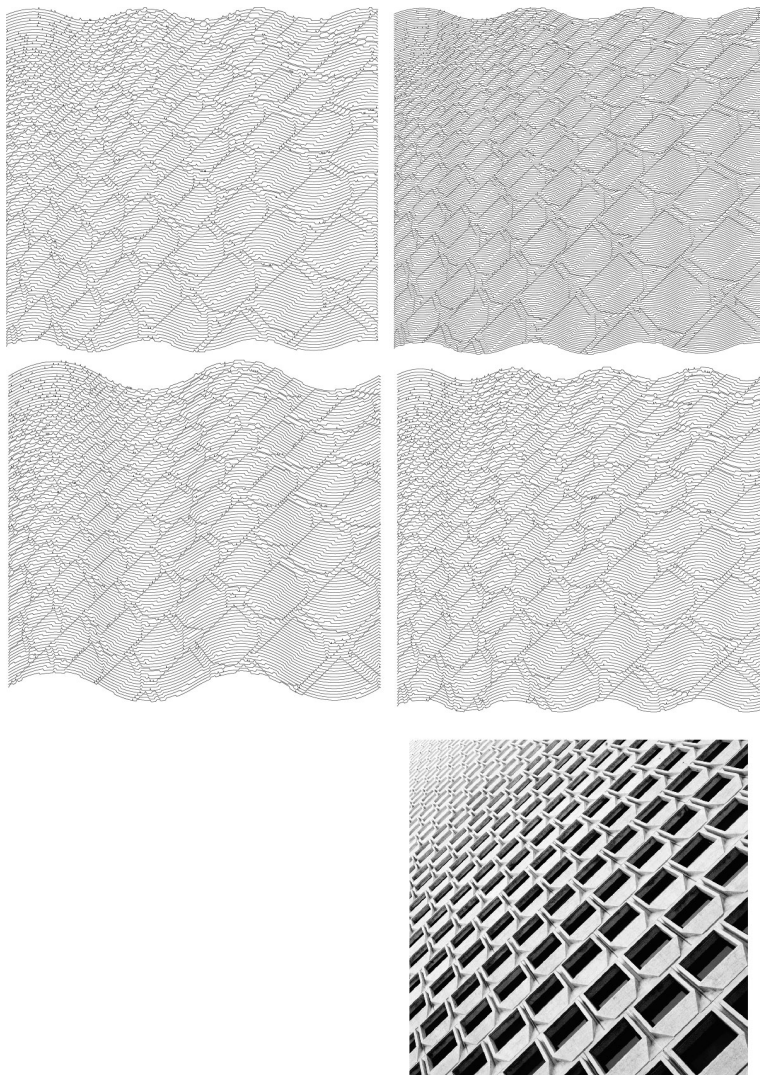
**Slika 36. Ilustracija i linearizacija sinusoidnim kontinuiranim linijama pomoću različitih parametra**

Na slici 36. prikazana je linearizacija ilustracije nacrtane u programu za vektorsku grafiku, Adobe Illustrator-u. Da bi se mogla koristiti kao predložak za linearizaciju treba biti spremljena u TIFF formatu i *grayscale*.

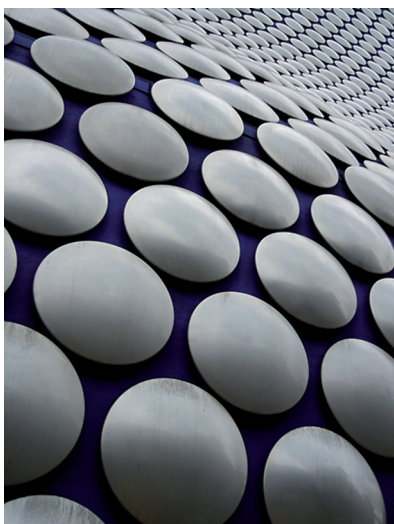
Eksportiranje u Adobe Illustrator-u vrši se preko sljedećih opcija:

*File / export* → potom se otvara prozor s upitom o mjestu pohrane, imenu dokumenta (*save as*) te mogućnosti eksportiranja u različite formate.

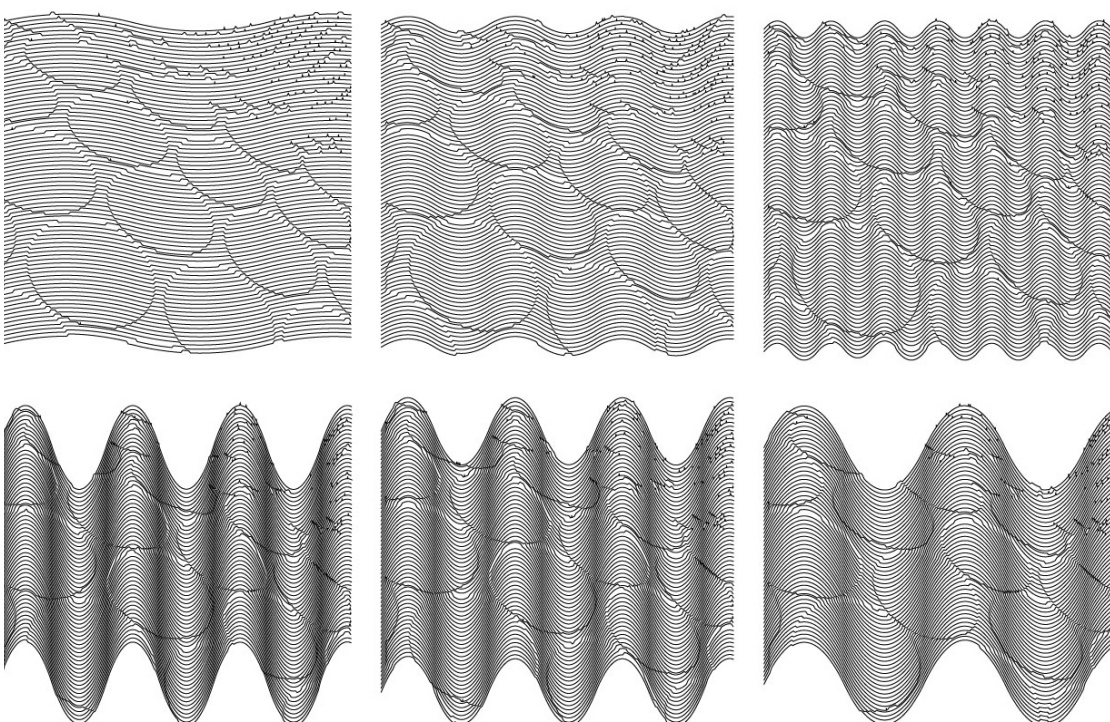
Odabiremo TIFF format i otvara se prozorčić s opcijama za odabir prostor boja, rezolucije i kompresije. Odabiremo *grayscale*, *high*, 300 dpi, bez kompresije i pritiskom gumba *ok* ilustracija je spremna za daljnju linearizaciju. Prilikom linearizacije na ovoj ilustraciji definirane su različite periode i amplitude da bi se pokazalo kako ta dva parametra utječu na zacrnjenje.



**Slika 37. Original i linearizacija sinusoidnim kontinuiranim linijama pomoću različitih parametra**



**Slika 38. Original i  
linearizacija sinusoidnim  
kontinuiranim linijama  
pomoću različitih  
parametra**



Na slici 37. i 38. vidljivi su rezultati linearizacije provedeni na fotografijama. Izabrane su fotografije apstraktne arhitekture kako bi se na njima prikazala uspješnost linearizacije na kompleksnim fotografijama. Na slici 37. pokazan je utjecaj promjene periode na kvalitetu krajnjeg rezultata. Povećanjem/smanjenjem amplitude i/ili periode dobivena su različita područja pokrivenosti što je vidljivo na slici 38. Jako zacrnjenje dobiva se velikom amplitudom i periodom vidljivo na primjeru 4.

#### 4.4.1. Linearizacija tipografije sinusoidnim linijama

Kod linearizacije ravnim linijama testiranja su se vršila na brojčanim vrijednostima predstavnika temeljnih i tehničkih oblika pisama. Kod sinusoidne linearizacije testiranja će se vršiti na istim predstavnicima oblika pisma, ali na slovnim znakovima umjesto na brojkama.

##### TEMELJNI OBLICI

---

Renesansna antikva	Garamond	BLAGICA AMPOVA
Prijelazna (baraokna) antikva	Baskerville	BLAGICA AMPOVA
Klasicistička antikva	Didot	BLAGICA AMPOVA

##### TEHNIČKI OBLICI

---

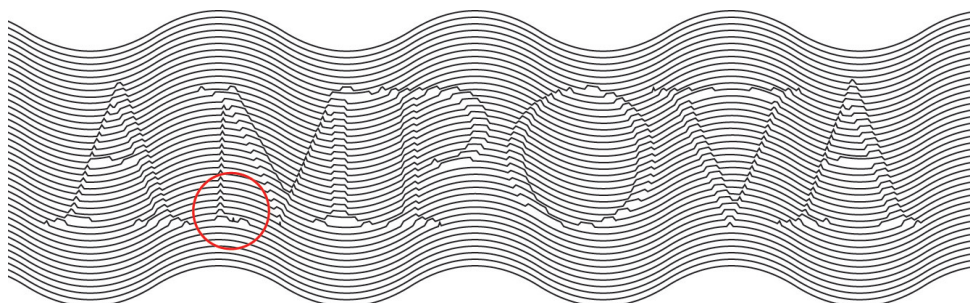
Grotesk	<b>Helvetica</b>	BLAGICA AMPOVA
Egyptienne	<b>Beton</b>	<b>BLAGICA AMPOVA</b>
Italienne	Barnum	BLAGICA AMPOVA
OCR	OCR	BLAGICA AMPOVA

**Tablica 8. Klasifikacija pisma i njihovi predstavnici**

Na provedenim testiranjima zaključujemo kako vektorizacija sinusoidama nije pogodna za tipografiju. Napredovanje linija u obliku sinusoida deformira konstrukciju slovnih znakova, te ovakva linearizirana tipografija nije ni estetski

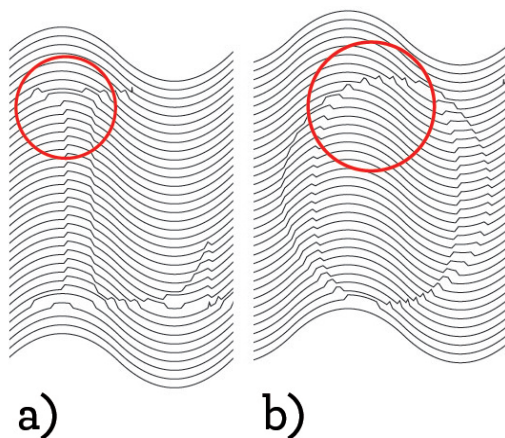


ni tehnički prihvatljiva. Deformacija je naglašenija kod predstavnika temeljnih oblika radi prije objašnjenih karakteristika slovnih znakova kod linearizacije ravnim linijama. Linearizacija tipografije predstavnika temeljnog oblika pisma iz porodice Garamond prikazana je na slici 38. Na slovnom znaku M možemo primjetiti nepravilnosti koje se pojavljuju na serifima radi sinusoidnog napredovanja linija.



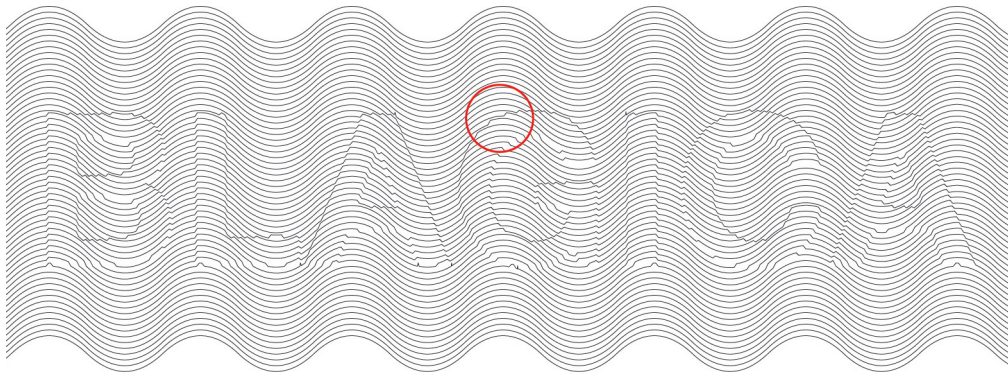
**Slika 38. Greške pri linearizaciji sinusoidama na predstavnika temeljnog oblika pisma (Garamond)**

Na slici 39. prikazana je sinusoidna linearizacija na glavnim predstavnicima prijelazne antikve Baskerville te klasicističke Didot. Identično kako i kod predstavnika renesansne antikve Garamond, vidljiva je dekonstrukcija slovnog znaka. Najranjiviji su serifi te obli slovni znakovi. Sinusoidno napredovanje linija ne može u potpunosti izvesti tanke poteze od kojih su napravljeni serifi prikazano na primjeru 39a) ni realizirati obline slova (slika 39b).



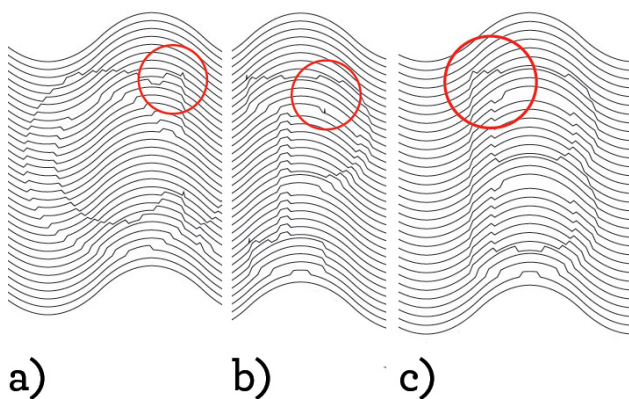
**Slika 39. Greške pri linearizaciji sinusoidama na predstavnika temeljnog oblika pisma  
a) Baskerville i b) Didot**

Nepravilnosti kod linearizacije sinusoidnim linijama pojavljuju se i kod predstavnika tehničkih oblika. Na primjeru na slici 40. prikazano je rješenje linearizacije sinusoidama na Helvetici, predstavnik groteska. Kako groteskna pisma imaju izjednačenu optičku debljinu spojnih i temeljnih poteza za pretpostaviti je da će sinusoidna linearizacija biti uspješna. Naprotiv vidljive su isti nedostaci kao i kod temeljnih oblika tj. stepeničastu izvedbu obliha slova.



**Slika 39. Greške pri linearizaciji sinusoidama na predstavnika tehničkog oblika pisma - Helvetica**

Egyptienne i italienne tehnički su oblici koji imaju izrazite serife. Sinusoidna linearizacija ih deformira što je vidljivo na primjerima na slici 40a) i 40b). Kod OCR fontova dekonstrukcija nastaje kod oblina pisma. Vektorizacija sinusoidnim linijama ne prikazuje pravilnu konstrukciju slovnih znakova i kao takva se može koristiti za dodatnu individualizaciju no ne i kao vjeran prikaz pisma.



**Slika 40. Greške pri linearizaciji sinusoidama na predstavnika tehničkog oblika pisma a) Beton, b) Barum i c) OCR**

#### 4.5. Moiré efekt ravnim i sinusoidnim linijama

Preklapanjem linijske grafike dobivene ravnim i sinusoidnim periodičnim linijama dobiva se moiré efekt. Ovaj efekt nastaje radi različite frekvencije i orijentacije linije uzorka. Rastriranjem ovih uzoraka dobiva se jak moiré efekt. Efekt moiréa se koristi kao sigurnosna značajka s kojom se utvrđuje da li se radi o originalu ili o reprodukciji.



**Slika 41. Moiré efekt**

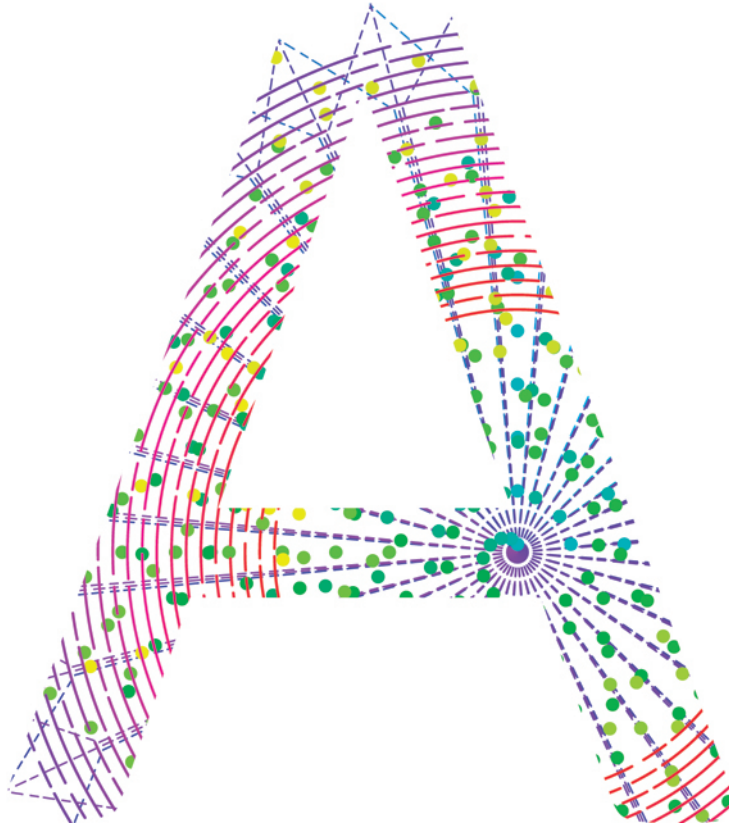
Moiré efekt na slici 41. konstruiran je preklapanjem linearizirane karte Hrvatske s vodoravnim i sinusoidnim linijama. Radi različitog napredovanja linija javlja se jak moiré efekt. Prvo je postavljena vodoravna linearna struktura a zatim sinusoidna. Parametri za linijaturu i skok linija su jednaki kod oba načina izvođenja linearizacije.

Elemente koji uzrokuju moiré efekt mogu se ugraditi u bilo koji element dizajna novčanica. Vizualna atraktivnost se ne može ugroziti jer je ovaj efekt tek vidljiv pri skeniraju ili rastriranju novčanice.

#### 4.6. Programska individualizacija tipografije

U ovom poglavlju prikazati će se još jedna mogućnost za kreiranje jedinstvene tipografije koja se može koristiti za ispisivanje nominalnih vrijednosti.

Realizacija ove tipografije izvesti će se programiranjem u PostScript-u, koji omogućava programsko individualiziranje tipografije. Unutar slovnog znaka mogu se implementirati kompleksne strukture linija i geometrijskih likova.



**Slika 42. Individualizirano slovo A**

Slovo A na slici 42. u potpunosti je programirano u programu PostScript. Da bi se konstruirao ovakav slovni znak prvo se određuje izgled unutrašnjosti. Unutarnji oblik stvoren je različitom definicijom iscrtavanja linija (isprekidane, točkaste, pune), njihovom rotacijom, ponavljanjem i povećanjem odnosno smanjenjem istih. PostScript program za unutarnju strukturu linija prikazan je na slici 43.

```

100 100 translate
0 0 moveto
/r 0 def
/g 1 def
/a 0.5 def
/b 1 def
/r1 0 def
/b1 1 def
/r2 1 def
/b2 0 def

200 100 translate
2{
36{
0.6 setlinewidth
[4 2 3 3] 0 setdash 1 setlinecap
0 0 moveto
140 100 lineto
150 150 lineto
150 150 lineto
closepath

10 rotate

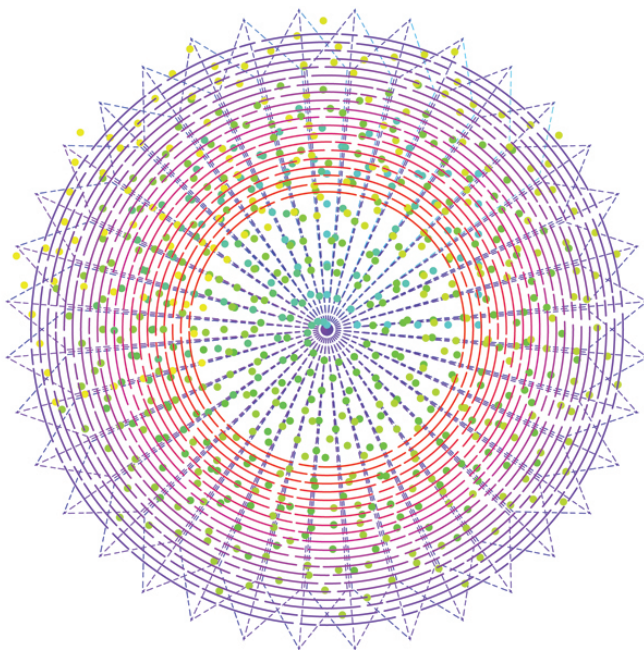
/r r 0.01 add def
/g g 0.06 sub def
r g 1 setrgbcolor
stroke
}repeat
-1 1 scale
}repeat

34{
/a a 2.5 add def
5 setlinewidth
[0 20] 0 setdash 1 setlinecap

0 a moveto
100 0 rlineto
0 100 rlineto
-100 0 rlineto
closepath
25 rotate
/r1 r1 0.03 add def
/b1 b1 0.09 sub def
r1 1 b1 setrgbcolor
stroke
}repeat

20{
/a a 5.5 add def
0 0 a 0 360 arc
1 setlinewidth
[10 3 50 5] 0 setdash 1 setlinecap
/r2 r2 0.02 sub def
/b2 b2 0.05 add def
r2 0 b2 setrgbcolor
stroke
5 rotate
}repeat
showpage

```



**Slika 43. Element korišten za ispunjenje slova A**

Dodavanjem sljedećih jednostavnih naredbi na gore prikazanom programu dobivamo rezultat prikazan na slici 42.

```
/Calibri findfont 500 scalefont setfont  
(A)  
false charpath  
clip  
newpath
```

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je realizacija linijske grafike kao zaštita protiv krivotvorenja. Alarmantna spoznaja o porastu broja potvrđenih i registriranih krivotvorina jest kako povećanje ove brojke nije više vezano uz gospodarsku krizu ili ekonomsko loše stanje neke države, već psihološki aspekt ljudske prirode. Relativno efikasni, a opet jeftini, skeneri i fotokopirni uređaji svakim danom pružaju sve veće mogućnosti za krivotvorenje. Također valja napomenuti kako ovakve pothvate nerijetko ne poduzimaju samo pojedinci, već organizacije.

U ovom radu prikazana je realizacija linijske grafike kao zaštita protiv krivotvorenja. Na temelju provedenih testova s kontinuiranim ravnim linijama zaključujemo da se različito zacrnjenje postiže promjenom linijature, skoka te debljine linije. Na provedenim testiranjima predstavnika temeljnih i tehničkih oblika pisama, zaključuje se kako su predstavnici tehničkih oblika pogodniji za linearizaciju radi njihove optički izjednačene konstrukcije.

Kod linearizacije kontinuiranim sinusoidnim linijama definiraju se još dva dodatna parametra, amplituda i perioda sinusoide. Na testovima je pokazano kako ova dva parametra uvelike utječu na uspješnost linearizacije. Isto kako se i kod linearizacije ravnim linijama i kod sinusoidnih linija zacrnjenje mijenja s promjenom linijature, skoka te debljine linije. Linearizacija temeljnih i tehničkih oblika sinusoidama pokazala se neuspješna, stoga se savjetuje izbjegavanje ovakvog tipa linearizacije tipografije. Linearizacija tipografije je najuspješnija s tehničkim oblicima kontinuiranim ravnim linijama.

Linearizacija grafičkih elemenata kao što su reprodukcija portreta, ilustracija, provodi se isključivo na jednotonskim reprodukcijama s jasno definiranim kontrastom bijele i crne. Kvaliteta obrade predloška u ovisnosti je s kvalitetom rezultata linearizacije.

Prednost ovakvog načina linearizacije prvenstveno je u mogućnostima daljnjih individualizacija pomoću programiranja grafike u grafičkim programskim jezicima. Za svaki željeni predložak određivanjem parametara: kut, linijatura, zacrnjenje, debljina i vrsta linije, boja, sigurnosna spot boja, prelasci iz jedne boje u drugu, moguće je postići individualnu zaštitnu grafiku koju je nemoguće krivotvoriti; fotokopirati, skenirati i reproducirati. Podaci o originalnim parametrima ostaju zabilježeni u bazi podataka te ih je moguće ponoviti i dokazati.

S obzirom na dosadašnje rezultate i mogućnosti predviđam kako će se linijska grafika za zaštitu novčanica te svih ostalih dokumenata i vrijednosnica upotrebljavati i u budućnosti. Njezina matematička točnost snažan je zaštitni element koji otvara veliki prostor za dizajn i kreativnost u vizualnom smislu, te projektiranje vrhunske zaštitne grafike.



## 6. LITERATURA

1. Statistički podaci o registriranim krivotvorenim novčanicama kuna i stranih valuta 1. siječnja – 31. prosinca 2011, Direkcija trezora, dostupno na: [www.hnb.hr](http://www.hnb.hr), 16.05.2012.
2. [http://www.snb.ch/en/i/about/cash/newcash/id/cash\\_new](http://www.snb.ch/en/i/about/cash/newcash/id/cash_new) – New banknotes project, 25.06.2012.
3. <http://www.moneyfactory.gov/uscurrency/theproductionprocess.html> – Bureau of Engraving and Printing, The Production Process, How Money Is Made Today, 16.05.2012.
4. <http://www.rba.gov.au/banknotes/about/history.html> – Reserve Bank of Australia, About issuing banknotes, History of banknote issue, 16.05.2012.
5. <http://www.bankofcanada.ca/banknotes/bank-note-series/polymer/> – Bank of Canada, Bank note series, Polymer, 20.05.2012.
6. <http://www.fleur-de-coin.com/eurocoins/security.asp> – European currency, Euro security features, 16.05.2012.
7. Žiljak V. [1994]. Kuna, Papirnati Novac Republike Hrvatske, Hrvatska narodna banka i FS, Zagreb.
8. L. Van Renesse R. [2005]. *Optical document security*, Artech house, Treće izdanje, Boston/London.
9. Žiljak V., Pap K. [2008]. PostScript, Print & Publishing International Verlagsges.m.b.H, Wien.
10. Mesaroš F. [1971]. Grafička enciklopedija, Tehnička knjiga, Zagreb
11. Žiljak I., Pap K., Žiljak Vujić J. [2008]. *INFRARED DESIGN*, FS, Zagreb.
12. Žiljak V., Žiljak I., Pap K., Žiljak-Vujić J., ZRGB aparatura za dualnu detekciju, P20080466A, 2010.
13. R. Dinse H., Haptic banknote design, dostupno na: [http://www.homo-hapticus.de/human\\_haptic\\_perception\\_chap45.html](http://www.homo-hapticus.de/human_haptic_perception_chap45.html), 03.06.2012.