

# Nanografski tisak

---

**Kelčec, Grgur**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:216:109869>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-06**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

# ZAVRŠNI RAD

Grgur Kelčec  
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD  
NANOGRAFSKI TISAK

Mentor:

prof.dr.sc. Vesna Džimbeg-Malčić

Student:

Grgur Kelčec

Zagreb, 2020

## **SADRŽAJ:**

1. UVOD	1
2. NANOTEHNOLOGIJA	2
2.1. Svojstva nanomaterijala	3
2.1.1. Optička svojstva	3
2.1.2. Električna svojstva	5
3. BEN ZION LANDA	6
4. NANOGRAFIJA	8
4.1. Landa NanoInk	9
4.2. Rasterski elementi	11
4.2.1. Prirast rasterskog elementa	12
4.2.2. Smicanje	13
4.2.3. Dubliranje	13
4.2.4. Mrljanje	14
4.2.5. Optička deformacija	14
5. NANOGRAFSKI TISAK	15
5.1. Tiskarski strojevi za nanografski tisak	16
5.1.1. Strojevi za tisak na arke	18
5.1.2. Strojevi za tisak iz role	19
6. MOGUĆNOSTI NANOGRAFSKOG TISKA	20
6.1. Komercijalni tisak	20
6.2. Tisak sklopivih kutija	20
6.3. Fleksibilna ambalaža	21
6.4. Publikacije	21
7. ZAKLJUČAK	22
8. LITERATURA	23

## **SAŽETAK**

Kroz ovaj završni rad ustanoviti ćemo koliko je spoj nanotehnologije i tiskarstva pridonio novom obliku otiskivanja u svrhu dobivanja boljeg otiska te sama ekonomska isplativost.

Nanotehnologija se bavi istraživanjem i manipulacijom materijala u atomskom, molekularnom i makromolekularnom obliku. S obzirom na njihovu „nano“ veličinu, takvi materijali pokazuju znatno drugačija električna, optička, magnetska i mehanička svojstva nego na makroskopskoj veličini.

Ključan element nanografije je NanoInk, bojila na bazi vode koja se sastoje od nanočestica pigmenata čija optička svojstva pospješuju apsorpciju svjetlosti te daju puno čišće i jače boje.

Tisak započinje štrcanjem kapljica bojila na zagrijanu prijenosnu traku. Voda iz bojila na traci isparava te se na tiskovnu podlogu prenosi suhi polimerni film debljine oko 500 nm. Tisak je moguć na svim podlogama jer se boja prenosi suha, pa nije potrebno naknadno sušenje i otisak je odmah spreman za upotrebu. Tanki film bojila na podlozi i nanopigmenti daju visokokvalitetne otiske, uz uštedu energije i količine bojila potrebnog za tisak.

Strojevi su dizajnirani za tisak na arke (B1-B3 formati) i tisak iz role, s mogućnošću višebojnog tiska od 4 do 8 boja.

Nanografskom tiskom omogućen je tisak gotovo svih grafičkih proizvoda; publikacija, komercijalnog tiska, tiska sklopivih kutija i tiska ambalaže.

### **KLJUČNE RIJEČI:**

Nanotehnologija, nanografski tisak, nanopigmenti, NanoInk

## **ABSTRACT**

Through this work, we will establish how much the combination of nanotechnology and printing has contributed to form a new type of printing technique in order to obtain a better print and the economic viability itself.

Nanotechnology deals with the research and manipulation of materials in atomic, molecular and macromolecular form. Given their "nano" size, such materials show significantly different electrical, optical, magnetic and mechanical properties than their macroscopic size.

A key element of nanography is NanoInk, a water-based dye consisting of nanoparticles of pigments whose optical properties enhance light absorption and give much cleaner and stronger colors.

The printing begins by spraying drops of dye on the heated transfer blanket. The water from the dye on the blanket evaporates and a dry polymer film about 500 nm thick is transferred to the printing substrate. Printing is possible on all substrates because the ink is transferred dry, so no subsequent drying is required and the print is immediately ready for use. The thin film of ink on the substrate and nanopigments give high-quality prints, while saving energy and the amount of ink needed for printing.

The machines are designed for sheet-fed printing (B1-B3 formats) and roll printing, with the possibility of multicolor printing from 4 to 8 colors.

Nanographic printing enables the printing of almost all graphic products; publications, commercial printing, folding box printing and packaging printing.

## **KEY WORDS:**

Nanotechnology, nanographic printing, nanopigments, NanoInk

# 1. UVOD

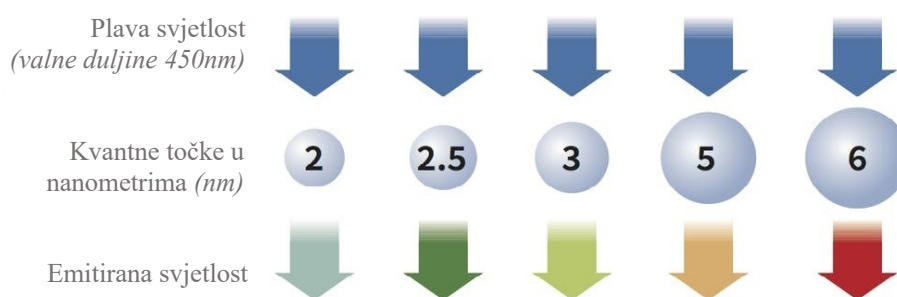
Nanočestice i nanomaterijali danas su svakodnevni i nevidljivi dio našeg života, a primjenu imaju gotovo u svim industrijama, autoindustriji, energetske, prehrambenoj, tekstilnoj, farmaceutskoj, vojnoj, informatičkoj i u očuvanju okoliša. Pojam riječi nanočestica ljude asocira na nešto jako malo i moćno, što će u budućnosti ljudima donjeti veliki napredak poglavito na području medicine i kompjuterske tehnologije, a nisu ni svjesni da se nanočestice nalaze svuda oko nas u prirodi i da ih već danas svakodnevno koristimo.

Nanotehnologija je pronašla način implementacije i u grafičkoj industriji, nanografski tisak ili kraće „nanografija“ tehnika je tiska koja koristi inovativnu tehnologiju otiskivanja uz pomoć Landa NanoInk-a, bojila na bazi vode koje se sastoji od sitnih nano-čestica. Dok većina inkjet tehnika prenosi motiv direktno na tiskovnu podlogu, u nanografiji se NanoInk prvo prenosi na posebnu ugrijanu podlogu te se nakon toga preko te ugrijane podloge prenosi na tiskovnu podlogu u obliku ultra tankog filma. Prednosti ovog načina otiskivanja su ta da bojilo, za razliku od običnog ofsetnog tiska, ne penetrira u papir čime se postiže bolje apsorpcija svjetlosti u pigmente bojila, također prilikom otiskivanja jedne boje preko druge, uobičajenom tehnikom ofseta, pri čemu se mora paziti na određenu vrijednost koja ukazuje na ukupnu vlažnost bojila na papiru. Taj parametar naziva se *TIC (Total Ink Coverage)* i iznad te granice dodatno bojilo se više ne prima za papir te se nije u stanju osušiti kako treba što uzrokuje mrlje te može dovesti do loših otisaka i kidanja papira. Ono zbog čega se Landa Nanographic Printingu pripisuje takva inovativnost je baš zbog tih već spomenutih nano-čestica pigmenata koje imaju veću sposobnost apsorpcije svjetlosti što omogućuje veću oštrinu točke i ravnomjerniju distribuciju boje [1].

## 2. NANOTEHNOLOGIJA

Naziv „nanotehnologija“ dolazi od grčke riječi „νάνος“: *patuljak* + „τεχνικός“: *vješt, uvježban* što dolazi od riječi „umijeće“. Drugi naziv za ovo područje je „nanotehnika“. Najraniji opis nanotehnologije odnosio se na poseban tehnološki cilj precizne manipulacije atoma i molekula za proizvodnju raznih makro-proizvoda, koji se danas nazivaju i molekularnom nanotehnologijom. Opći opis nanotehnologije utvrdila je „*National Nanotechnology Initiative*“ (Nacionalna inicijativa za nanotehnologiju) To je grana znanosti koja se bavi manipulacijom materije na atomskoj, molekularnoj i supramolekularnoj razini, razvojem i primjenom struktura u području do 100 nanometara ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Ova definicija odražava činjenicu da su kvantno mehanički efekti važni na ovoj razini kvantne realnosti, pa je nanotehnologija iz tehnološkog područja prešla u kategoriju istraživanja koja uključuje sve vrste istraživanja i tehnologija koje se bave posebnim svojstvima materije na atomskoj razini. Stoga je uobičajeno vidjeti oblik množine „nanotehnologije“ kao i „tehnologije nano-razina“ koji se odnosi na široki spektar istraživanja i primjena čija je zajednička osobina veličina čestica.

Nanotehnologija, definirana veličinom, uključuje raznolika područja kao što su organska kemija, molekularna biologija, fizika poluvodiča, skladištenje energije, molekularno inženjerstvo, itd. Povezana istraživanja i primjene podjednako su raznolike, u rasponu od proširenja konvencionalne fizike do potpuno novih pristupa utemeljenih na molekularnom nivou te razvoja novih materijala s dimenzijama na nano-razini do izravne kontrole materije na atomskoj skali [2,3] .



Slika 1. Kvantne točke (ili Q-točke) su poluvodiči koji su obično promjera manje od 10 nanometara. Mogu se „prilagoditi“ tijekom proizvodnje da emitiraju bilo koju boju svjetla, mijenjajući veličinu svoje jezgre. Manje točkice su plave, a veće točke crvene.

Preuzeto sa: [https://www.nanowerk.com/what\\_are\\_quantum\\_dots.php](https://www.nanowerk.com/what_are_quantum_dots.php)



## 2.1. Svojstva nanomaterijala

Zbog vrlo malih veličina čestica, nanomaterijali na kvantnoj razini pokazuju različita mehanička, električna i optička svojstva u odnosu na svojstva ostalih materijala [2,3].

### 2.1.1. Optička svojstva nanomaterijala

Nanomaterijali pokazuju mnoštvo neobičnih i zanimljivih optičkih svojstava koja se mogu značajno razlikovati od svojstava tih istih materijala u većem obliku. Pažljiva kontrola veličine, oblika i funkcionalnosti površine nanočestica može stvoriti širok spektar optičkih učinaka pomoću mnogih korisnih aplikacija. Optički reakcija u nanomaterijalu može se generirati putem nekoliko različitih mehanizama, ovisno o veličini, sastavu i rasporedu nanomaterijala, a svaka metoda može pružiti određene prednosti, ovisno o ciljnoj primjeni. Kada se svjetlost pojavi na nanočestici, ona se može raspršiti ili apsorbirati. Nanočestice se nalaze u redu veličina gdje udio raspršene ili apsorbirane svjetlosti može uvelike varirati ovisno o promjeru čestica. Na promjerima manjim od 20 nm, gotovo cijelo izumiranje nastaje uslijed apsorpcije. Pri veličinama iznad 100 nm, izumiranje je uglavnom posljedica raspršivanja. Dizajniranjem čestica većeg ili manjeg promjera, mogu se postići optimalni udjeli raspršivanja i apsorpcije. Drugi nusprodukt ove veze između veličine i apsorpcije raspršivanja je da združivanje može povećati efektivnu veličinu nanočestica što rezultira povećanjem rasipanja. Na primjer zbog toga su čestice silicija promjera 20 nm bistre u otopini, ali ponovne suspenzije osušenih 20 nm čestica silicija (nakupljene) bit će mliječno bijele boje.

Nanoskalne strukture izrađene od metala poput zlata, srebra i aluminijske mogu podržavati površinske plazmoničke modove pri čemu slobodni elektroni u materijalu prirodno rezoniraju frekvencijom koja ovisi o sastavu, veličini i obliku čestice. Kad se valna duljina upadne svjetlosti podudara s oscilacijskom frekvencijom, čestice mogu snažno apsorbirati ili raspršiti svjetlost što rezultira snažno obojenom česticom. Podešavanjem veličine i oblika, valna duljina vršne rezonancije može se pomaknuti kroz vidljivo i u infracrveno područje spektra, omogućavajući širok raspon prilagodljivosti boje. Druga metoda generiranja boje je organiziranjem nanočestica u uređene strukture, sa strukturnim elementima sličnim veličinama valne duljine svjetlosti. Ove strukture mogu selektivno odražavati određene dijelove spektra, stvarajući filmove s optičkim svojstvima koji se mogu prilagoditi odabirom veličine sastavnih čestica [4,5].



*Slika 2. Optička svojstva nanočestica metala*

Preuzeto sa: <https://nanocomposix.com/pages/introduction-to-nanoparticle-optical-properties>

### 2.1.2. Električna svojstva

Obzirom na električna svojstva materijala razlikujemo vodiče, poluvodiče i izolatore. U atomima, elektroni kruže oko jezgre po dozvoljenim elektronskim putanjama. Najviša zauzeta dozvoljena putanja je valentna vrpca, a iznad nje se nalazi vodljiva vrpca koja je odvojena energetske procjepom. Ako postoji velika energetska razlika između valentnog i vodljivog pojasa, ne postoji mogućnost prelaska elektrona sa valentne na vodljivu vrpcu i takve materijale zovemo izolatorima. S druge strane, kod vodiča se valentna i vodljiva vrpca preklapaju, te slobodni elektroni iz valentne vrpce koji su slabo vezani za jezgru atoma apsorpcijom minimalne količine toplinskog zračenja mogu lako prelaziti u vodljivu vrpcu. Poluvodiči se ponašaju kao izolatori pri apsolutnoj nuli, a vodljivost se mijenja dodavanjem primjesa ili promjenom temperature. Oni imaju malu energetske razliku između valentne i vodljive vrpce (nekoliko elektronvolta) i kod njih je omogućena termalna pobuda elektrona u valentnoj vrpci i prijelaz na vodljivu vrpcu na temperaturama koje su niže od tališta [5].

### 3. BEN ZION LANDA

Ben Zion (Benny) Landa izraelski je poduzetnik i osnivač *Indigo Digital Press* i *The Landa Group*. Zbog njegovog doprinosa grafičkoj tehnologiji mnogi ga nazivaju i „ocem komercijalnog digitalnog tiska“. Rođen 1946. godine u Poljskoj te s dvije godine seli s obitelji u Albertu u Kanadi. Njegov otac bio također je bio dosta povezan s grafičkom tehnologijom te je uz pomoć dijelova za bicikl i kolotura osmislio kameru kojom je zaobišao potrebu za filmom te direktno motiv prenio s kamere na fotografski papir. Landa je međutim krenuo drugačijim putem, studirao je fiziku na sveučilištu „*Techion*“ u Izraelu, psihologiju i književnost na Židovskom sveučilištu u Jeruzalemu te je kasnije diplomirao na Londonskoj školi filma. Karijeru je započeo 1969. godine u firmi za mikrografska istraživanja u kojoj je s vremenom bio na čelu odjela za istraživanje i razvoj. 1971. godine Landa i njegov kolega osnovali su firmu „*Imtec*“ u kojoj je Landa razvio novu vrstu bojila koja je koristila nabijene čestice pigmenta što je omogućavalo brzo razvijanje slika. Tijekom 1974. Landa je emigrirao u Izrael gdje je nakon nekoliko godina osnovao firmu *Indigo Digital Press* koja će ga lansirati na svjetsko tržište kao jednog od vodećih inovatora grafičke tehnologije. Na *IPEX-u* 1993. predstavio je E-Print 1000, stroj za digitalni tisak koji ne zahtjeva izradu tiskovnih formi i ostalih procesa koji zahtijevaju puno vremena i novaca. Omogućio je ljudima da tiskaju proizvode direktno s računala na tiskovnu podlogu. E-Print 1000 koristio je tip bojila nazvan *ElectroInk* koji na tiskovnoj podlozi stvori tanki plastični sloj motiva.



Slika 3. Ben Zion (Benny) Landa, osnivač The Landa Group

Preuzeto sa: <https://www.timesofisrael.com/how-much-tech-goes-into-hair-dye-coloright-knows-for-sure/>

2002. prodao je Indigo Digital Press Hewlett-Packard-u nakon čega je osnovao *The Landa Group* koja se specijalizira u istraživanju nanotehnologije. Njihov cilj bio je otkriti način kako uhvatiti toplinu iz okoline i pretvoriti ju u električnu struju. Radeći s nano česticama otkrili su kako materijali pokazuju neobična svojstva na nano-razini. Naposljetku su iz tih istraživanja uspjeli stvoriti *Landa NanoInk*, bojilo s nano-česticama pigmenata u procesu koji danas nazivamo „nanografija“. Landa je predstavio koncept nanografije i nanografskih tiskovnih strojeva 2012. godine na „Drupa“ kongresu na kojem je demonstrirao prednosti ove tehnike za sve vrste tiskovnih podloga poput papira, plastike i metala [6,7].



Slika 4. Landa predstavlja kvalitetu nanografskog tiska  
Preuzeto sa: <https://www.print21.com.au/news/nanopress-with-fiery-rip-gets-fogra-nod>

## 4. NANOGRAFIJA

Nanografija je nova vrsta digitalnog tiska predstavljena na Drupi 2012. godine. Iza nje stoji Benny Landa sa svojim znanstvenim timom i Landa grupom. Sama definicija nanografskog tiska bila bi indirektni višebojini digitalni tisak. Glavni naglasak, kako i samo ime govori, je u nano veličini odnosno nanopigmentima koji se koriste u Landa NanoInku te nanometarskom filmu bojila koji ostaje na podlozi nakon procesa otiskivanja. Proces nanografskog tiska možemo shvatiti kao hibrid ofsetnog i digitalnog tiska, omogućuje visoku kvalitetu otiska po niskoj cijeni kao ofsetni tisak te brzinu i raznolikost višebojnog digitalnog tiska. Nanografija je indirektna tehnika otiskivanja jer se NanoInk bojilo prvo nanosi na prijenosnu zagrijanu traku. Prilikom dodira kapljica bojila na bazi vode i zagrijane trake, one zbog topline same trake gube vodu i suše se na traci, čime se stvara velika ušteda energije jer nije potrebno dodatno sušenje gotovih otisaka. Obzirom da je slika suha već na traci i takva se prenosi na podlogu bez penetriranja bojila u podlogu, nanografskim tiskom omogućeno je tiskanje na sve vrste podloga, od običnih premazanih i nepremazanih papira do neupijajućih podloga i folija za ambalažu, kartona i polimernih materijala [8].

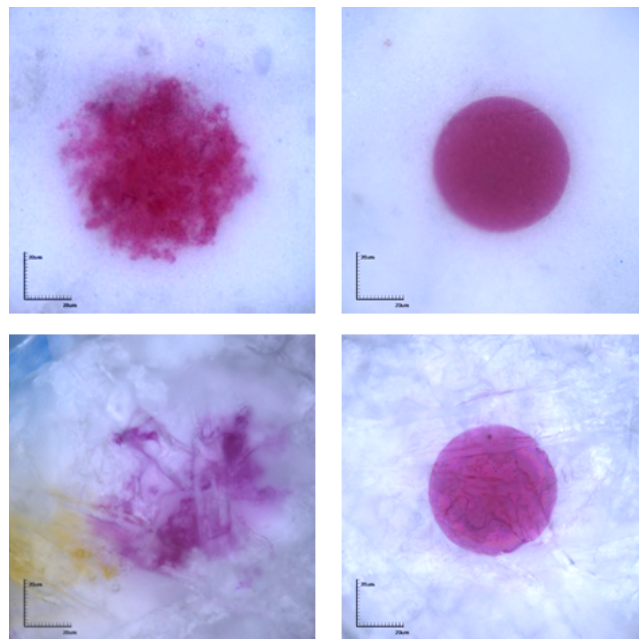


Slika 5. Benny Landa predstavlja Landa S7 tiskarski stroj 2012. na Drupi  
Preuzeto sa:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Benny\\_Landa\\_at\\_drupa\\_2012\\_world\\_premiere\\_of\\_Nanography.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Benny_Landa_at_drupa_2012_world_premiere_of_Nanography.jpg)

## 4.1. Landa NanoInk

Landa NanoInk ključan je element cijelog koncepta nanografije. Samo bojilo je na bazi vode. Ono u sebi sadrži nano pigmente veličine nekoliko desetaka nanometara, gotovo duplo manjih od pigmenata koji se nalaze u ofsetnim bojilima. Kroz deset godina istraživanja nanotehnologije i iznimnih svojstava nanomaterijala, u Landa grupi došli su do otkrića da pigmenti nano veličine imaju drugačija svojstava te postaju snaži koloranti i jači apsorbeni svjetla. Korištenjem nano pigmenata razvili su Landa NanoInk koji je pokrenuo cijeli proces stvarnja nanografskog tiska, te možemo reći da je Landa NanoInk srce nanografije. Nano pigmenti pokazuju drugačija optička svojstva, poput boje i transparenције. Njima je omogućen širi dinamički domet boje pa pokrivaju veći gamut od drugih tehnika tiska i više Pantone boja. Kvaliteta slike s nano pigmentima je visoka, dajući čistu boju, oštre rubove otiska i veliku gustoću obojenja, a rasterski elementi su ujednačeni.



Slika 6. Razlika otiska ofseta i Landa NanoInk na premazanom papiru (gore) i nepremazanom papiru (dolje)  
Preuzeto sa: <https://www.landanano.com/nanography/nanoink>

Boja na bazi vode je ekološki prihvatljiva iz više razloga. Ne sadrži hlapljive organske spojeve ni opasne onečišćivače zraka. Isporučuje se kao koncentrat koji se prije upotrebe pomiješa s vodom, pa u transportu štedi na prostoru i težini te i na taj način pridonosi očuvanju okoliša. Prednost pred drugim tehnikama tiska je tanak film bojila debljine 500 nm koji ostaje na podlozi nakon otiskivanja, pa je potrebna manja količina boje za otiskivanje, čime je omogućen tisak na netretirane i reciklirane podloge. Energija koja se koristi za zagrijavanje prijenosne trake i isparavanje vode iz bojila puno je manja od energije potrebne za sušenje i isparavanje boje iz natopljenog papira kod drugih tehnika tiska [8,9].



Slika 7. Landa NanoInk pokriva većinu Pantone boja  
Preuzeto sa: <https://www.landanano.com/nanography/nanoink>



## 4.2. Rasterski elementi

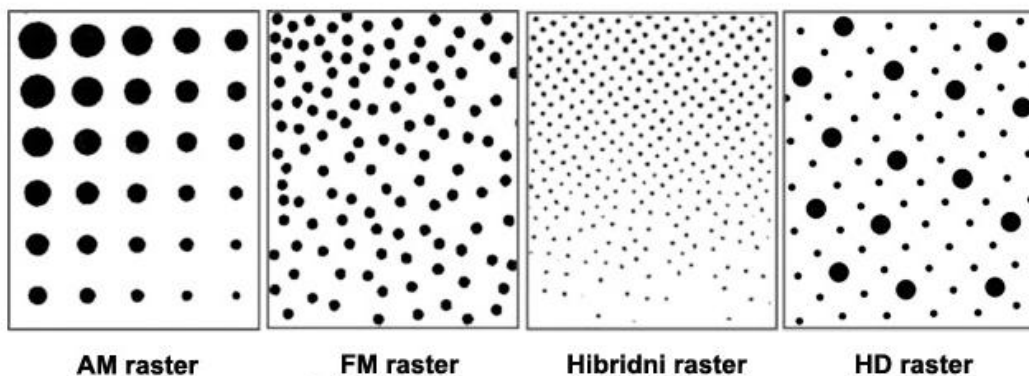
Rasterski elementi su temelj svakog otiska, ukoliko dođe do narušavanja njihovog oblika ili rasporeda dolazi do više ili manje vidljivih grešaka. Kvaliteta reprodukcije otiska ovisi o dosljednosti i pravilnom ponavljanju rasterskih elemenata. Razvojem strojeva i alata povećava se kvaliteta tiska i smanjuje mogućnost odstupanja rasterskih elemenata. Deformacije rasterskih elemenata možemo podijeliti u dvije skupine: pozitivna deformacija (povećanje rasterskog elementa) i negativna deformacija (smanjenje rasterskog elementa). Povećanje rasterskog elementa znači da je rasterski element veći od teoretski zadane veličine, i to je najčešća vrsta deformacije (prirast). Anomalije rasterskih elemenata možemo podijeliti u dvije skupine, a to su: mehaničke deformacije i optičke deformacije rasterskih elemenata [15].

- Geometrijska (mehanička) deformacija:

Do geometrijske deformacija najčešće dolazi zbog mehaničkog djelovanja tijekom tiska. Radi se o anomalijama kao što je prirast, smicanje, dubliranje, razmazivanje...

- Optička deformacija

Optička deformacija nastaje pod utjecajem refleksije svjetla s unutarnjih slojeva tiskovne podloge. Svjetlosna zamka (engl. Lighttrapping) naziva se efekt koji se dobiva zbog prozirnosti tiskovne podloge. U tom slučaju svjetlost se ne reflektira na površini nego u njegovoj unutrašnjosti [15].



Slika 8. Usporedba različitih oblika rasterskih elemenata

Preuzeto sa: [https://www.gallus-group.com/archiv/en/desktopdefault.aspx/tabid-336/503\\_read-1132.html](https://www.gallus-group.com/archiv/en/desktopdefault.aspx/tabid-336/503_read-1132.html)

#### 4.2.1. Prirast rasterskog elementa

Prirast (engl. Dot Gain) rastera najčešća je vrsta deformacije rastera, to je razlika između teoretski definirane površine rasterskog elementa i površine rasterskog elementa nakon reprodukcije u tisku. Kod ovakve deformacije može doći do povećanja ili smanjenja rasterskog elementa, izražava se u postocima. Najčešće dolazi do povećanja rasterskih elemenata. Prirast je najčešće izazvan nepravilnim pritiskom tijekom procesa otiskivanja. Ovakav prirast vidljiv je u obliku zasebnog ruba oko otisnute rasterske točke.



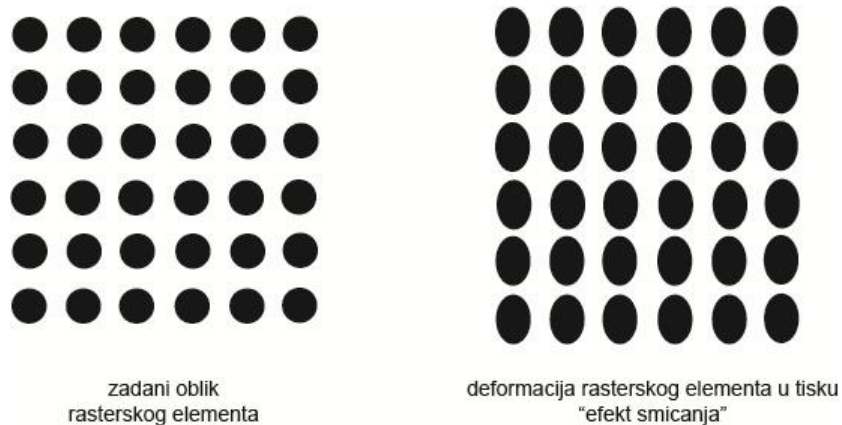
Slika 9. Prirast rasterskog elementa

Definira se pomoću površine kružnog vijenca oko rasterske točkice. Pod kružni vijenac se podrazumijeva razlika između površine teoretski definirane rasterske točkice i veličine rasterske točkice koja je dobivena u tisku. Bez obzira na veličinu rasterske točkice, širina kružnog vijenca je uvijek ista. Na određivanje prirasta utječe linijatura rastera, točnije broj rasterskih točkica na jedinici površine. Zbog prirasta rasterskih elemenata ne postiže se željena optička gustoća, jer povećanjem ili smanjenjem veličine rasterskog elementa mijenja se i relativna rasterska površina.

Što je rasterski element veći to je deformacija manje vidljiva. Na finom rasteru sve nepravilnosti su uočljivije za razliku od grubog rastera. Što je raster veće linijature, znači da je više rasterskih elemenata na jednom centimetru kvadratnom. Drugim riječima, kontura rasterskih elemenata je duža za razliku od grubog rastera gdje je manje elemenata čime je i ukupna kontura manja. Time možemo zaključiti kako se kod finijih rastera pojavljuje veći prirast. Osim navedenih utjecaja, svoj doprinos ima i tiskovni materijal. Svaki materijal različitu sposobnost apsorpiranja boja što utječe na konačan prirast raster tonske vrijednosti (RTV) [16].

#### 4.2.2. Smicanje

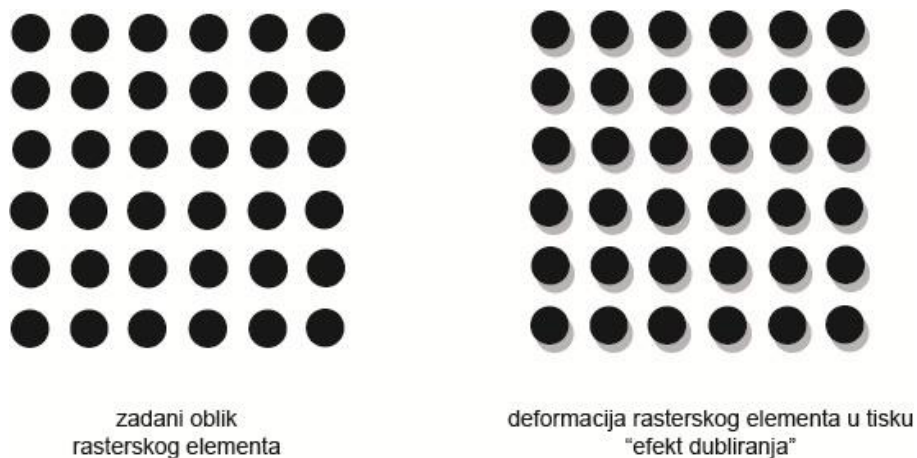
Jedna od deformacija rasterskih elemenata u tisku, koja utječe na promjenu oblika rastera je smicanje. Radi se o izduženju rasterske točke. Ton rasterske točkice ostaje isti ali točkica poprima ovalni (izduženi) oblik. Uzrok ovakve deformacije najčešće je neusklađenost cilindra



Slika 10. Prikaz efekta smicanja

#### 4.2.3 Dubliranja

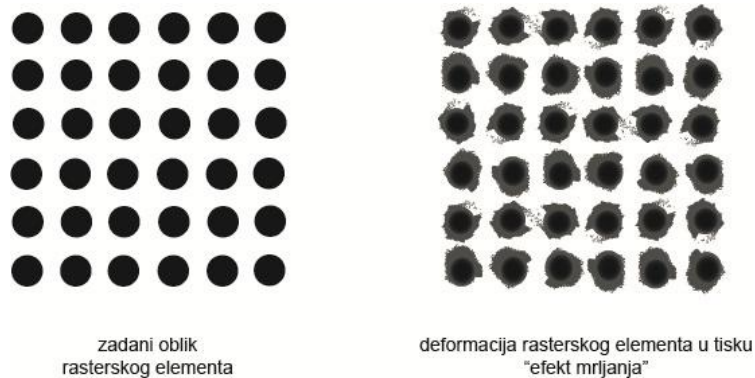
Efekt dubliranja pojavljuje se kod netočnog prijenosa bojila s tiskovne forme na tiskovnu podlogu. Pokraj otisnutog rasterskog elementa pojavljuje se još jedan element ali slabijeg intenziteta koji se s prvim rasterskim elementom ne pokriva u potpunosti. Ton rasterskog elementa je također različit. Često izgleda kao sijena rasterskog elementa.



Slika 11. Prikaz efekta dubliranja

#### 4.2.4. Mrljanje

Mrljanje rasterskog elementa odnosi se na promjenu oblika rasterske točke. Rasterska točka se razmaže i dobije se dojam mrlje, a ne točke. Dolazi i do promijene tona rasterskog elementa, ton ide od tamnijeg prema svjetlijem na rubovima rastera. Do pojave mrljanja najčešće dolazi zbog mehaničkog utjecaja. Ova vrsta deformacije rastera je danas vrlo rijetka zbog poboljšanih svojstva bojila i strojeva za tisak.

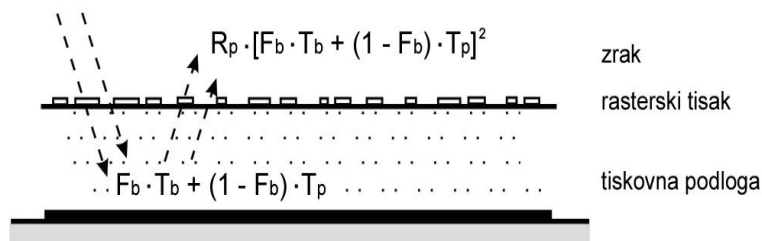


Slika 12. Prikaz efekta mrljanja

#### 4.2.5. Optička deformacija

Yule-Nielsenov efekt, poznat i kao optički prirast rasterskog elementa, pojava je uzrokovana apsorpcijom i raspršivanjem svjetlosti u tiskovnu podlogu. Svjetlo se raspršuje ispod i oko rasterske točke što uzrokuje dodatno potamnjenje i proširenje. Kao rezultat, elementi apsorbiraju više svjetlosti nego što je zamišljeno. Yule-Nielsenov efekt ne povezuje se s povećanjem samog rasterskog elementa, jer se veličina točke ne mijenja, već samo njena relativna apsorpcija.

Vrijednost RTV računa se preko formule:  $R = [F \cdot \sqrt[n]{R} + (1-F) \cdot \sqrt[n]{R}]^n$



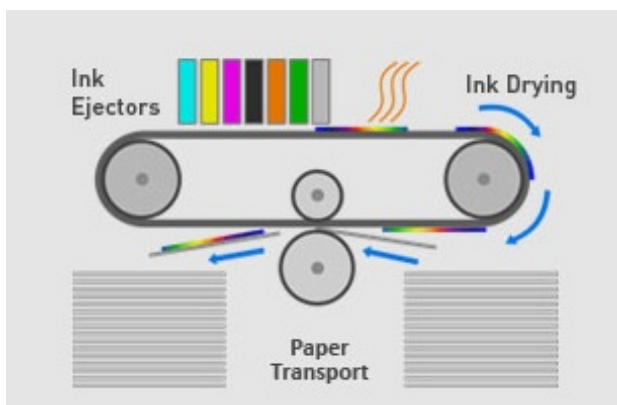
Slika 13. Yule-Nielsenov model

Preuzeto sa: [https://moodle.srce.hr/2019-](https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3345079/mod_resource/content/1/13_15_interakcija%20svjetlosti%20i%20materije_modeli.pdf)

[2020/pluginfile.php/3345079/mod\\_resource/content/1/13\\_15\\_interakcija%20svjetlosti%20i%20materije\\_modeli.pdf](https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3345079/mod_resource/content/1/13_15_interakcija%20svjetlosti%20i%20materije_modeli.pdf)

## 5. NANOGRAFSKI TISAK

Nanografski ispis započinje mlazom milijuna kapljica. Međutim, kapljice se ne izbacuju izravno na podlogu kao tradicionalnom inkjet procesu. Umjesto toga, oni se izbacuju na poseban ugrijani pokrivač. Taj pokrivač za prijenos slike postavljen je 1-2 mm od mlaznica s tintom koji su montirani na tiskovne jedinice. Svaka tiskovna jedinica otiskuje određenu boju. Landa nanografske tisakrske preše opremljene su s osam tiskovnih jedinica i mogu ispisati do osam različite boje istovremeno. Izbacivanje kapljica tinte na pokrivač precizno je podešeno kako bi se postigla visoka preciznost između separacije ispisa i registra boje. Kako svaka kapljica tinte padne na grijanu pokrivač, ona se širi i vrlo brzo gubi vodu te u tom procesu postaje tanja. Kad je sva voda isparila, tinta postaje ultra tanki, suhi polimerni film, formirajući najtanji tiskani film u industriji. Prilikom prijenosa motiva s tiskarskom podlogom, ovaj tanki 500 nm sloj tinte instantno se čvrsto veže za podlogu bez prodiranja u nju. Nastale slike su čvrste i otporne na abraziju. Osim toga, ne treba naknadno sušenje i ne ostavljaju ostatke tinte na pokrivaču. Dvostrani ispis je na time znatno pojednostavljen - i otisnuti proizvod se nakon tiska može odmah obraditi, čak i na najagresivnijoj opremi za doradu. Veliki dio ovdje odražuje inovativan dizajn sustava pokrivača i traka pokrivača koji osigurava optimalan tisak motiva. Omogućuje potpuni prijenos slike na papir, sprječavanja mrljanje tinte te glatko i stabilno kretanje pokrivača. Prekrivač prima Landa NanoInk kapi, omogućavajući stvaranje savršene slike i istovremeno omogućuje prijenos motiva s tintom na različite vrste podloge bez ostavljanja tragova na pokrivaču. To osigurava prijenos pune slike bez izobličenja, a pokrivač ostaje potpuno čist - spreman za stvaranje sljedećeg motiva [1, 10].



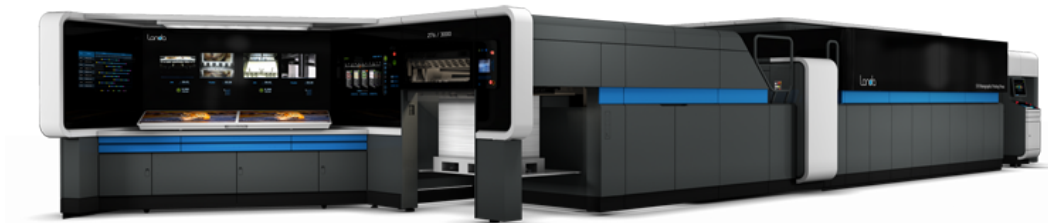
Slika 14. Princip otiskivanja u nanografskom tisku

Preuzeto sa:

<https://www.landanano.com/nanography/nanography>

## 5.1. Tiskarski strojevi za nanografski tisak

Tiskarski strojevi Landa grupe osmišljeni su kako bi povećali produktivnosti u tisku, razvoj i poboljšanju korisničkog iskustva te brzom i jednostavnom radnom toku procesa tiska. Landa S10 uređaj ima veliko centralno kontrolno područje u kojem se nalazi zaslon osjetljiv na dodir preko kojeg je omogućen pregled svih funkcija vezanih uz sam proces tiska, ladice za pisaći pribor, mobilni telefon, pa čak i držač za šalicu da bi se spriječilo prolijevanje tekućine. Izlazni snop papira nalazi se nekoliko koraka od kontrolnog područja kako operator ne bi gubio vrijeme na traženje otisnutog arka za kontrolu tiska. Dakle, sve je prilagođeno kako bi se posao odvijao što brže, bez zastoja ali i kako bi radno okruženje za samog operatera bilo ugodno, praktično i produktivno.



Slika 15. Landa S10 tiskarski stroj s kontrolnim kokpitom (lijevo)  
Preuzeto sa: <https://www.landanano.com/products/landa-s10>

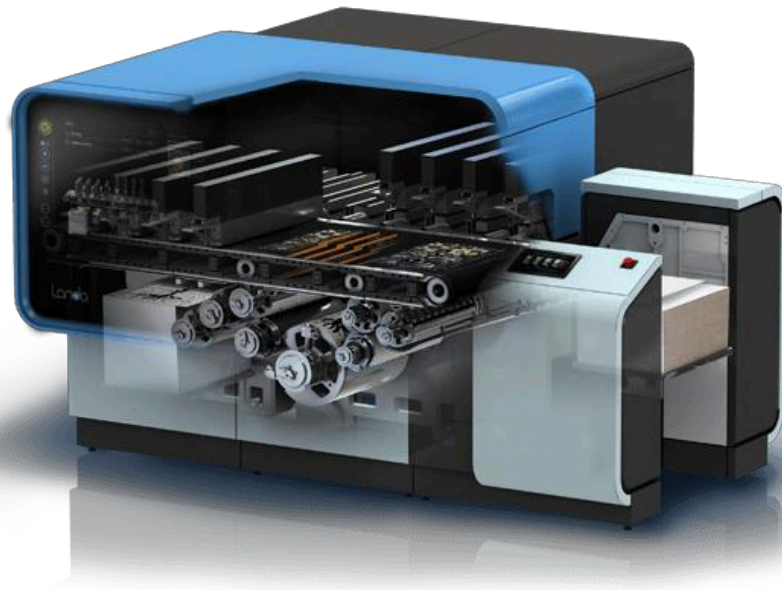
Na sredini se nalazi veliki podesivi kontrolni stol, a nekoliko koraka od stola je izlazni snop papira što omogućuje brz i jednostavan pregled otisnutog materijala. Iznad kontrolnog stola su ekrani s video prikazom svih faza u procesu tiska pomoću unutarnjih kamera koje se nalaze u stroju. Strojevi se mogu podijeliti na strojeve za tisak na arke (Landa S10, Landa S5, Landa S7) i strojevi za tisak iz role (Landa W10, Landa W50, Landa W5). Prilagođeni su kako bi zadovoljili današnje potrebe i izazove u procesima tiska te kako bi pokrili sve želje korisnika. Koriste se za komercijalni tisak, tisak na sklopive kutije, ambalažu i tisak publikacija [11].

Segmenti tiska	Komercijalni tisak, direktna pošta, POP/POS, sklopive kutije
Format	B1 (1050 mm)
Max brzina tiska	6500 araka po satu
Landa NanoInk	CMYK
Broj boja	4-8
Rezolucija	1200 dpi
Max veličina arka	750x1050 mm
Debljina papira i kartona	60-800 µm
Širina ulagaće jedinice	1150 mm
Dužina	14.1 m
Dužina s jedinicom za premazivanje i sušilima	17.1 m
Širina	5.8 m
Težina	18500 kg
Podloge za tisak	Razolike vrste materijala: premazani i nepremazani papir, karton, polimerni i specijalni materijali (obojani, metalik)
Opcije	Dvostruka brzina ispisa Dodatne jedinice za boju (do 4) Jedinica za premazivanje Obostrani ispis

Slika 16. Specifikacije Landa S10 tiskarskog stroja (gore)

### 5.1.1. Strojevi za tisak na arke

Landa nanografski strojevi za tisak na arke idealni su za komercijalni tisak i tisak sklopivih kutija. Glavna razlika je u dimenzijama formata podloge na koju se otiskuje pa razlikujemo Landa S10, Landa S7 i Landa S5 strojeve. Landa S10 omogućuje tisak velikih formata (B1) na gotovo sve podloge debljina 60-800  $\mu\text{m}$  s otiskivanjem do 8 boja, a brzina jednostranog tiska je 6500 araka po satu. Unutar stroja ugrađena je jedinica za premaz koja podržava vodene i UV premaze. Stroj je opremljen spektrofotometrom za kalibriranje na definiranu kvalitetu otiska kako bi se u svakom trenutku zadržala konzistentnost boja i jednolikost ispisa. Radnom operateru je na raspolaganju tablet za kontrolu i regulaciju procesa tiska ako je udaljen od kokpita. Sustav za podešavanje papira je potpuno automatiziran i omogućuje brz prelazak na novu tiskarsku podlogu [11].



Slika 17. Landa S5 tiskarski stroj za tisak na arke

Preuzeto sa: <https://www.digitalprintermag.co.uk/key-articles/26811/sheetfed-digital-presses-update/>



### 5.1.2. Strojevi za tisak iz role

Landa strojevi za tisak iz role pogodni su za tisak publikacija, fleksibilne ambalaže, i komercijalni tisak. Širina role iz koje se tiska može biti 1020 mm (Landa W10) ili 520 mm (Landa W50 i Landa W5). Kao i kod strojeva za tisak na arke, uređaji imaju zaslon na dodir za upravljanje procesom tiska. Landa W10 nudi tisak iz role širine 1020 mm i dužine do 7000 metara. Omogućava digitalni tisak publikacija i fleksibilne ambalaže brzo i kvalitetno. S obzirom da nije potrebno raditi nikakve pripreme prije otiskivanja, predstavlja konkurencija fleksotisku. Tiska brzinom od 100 metara po minuti na sve vrste podloga, uključujući i zahtjevnije plastične podloge poput polietilena [11].



Slika 18. Landa W10 tiskarski stroj za tisak iz role

Preuzeto sa: <https://www.landanano.com/products/landa-w10>

## 6. MOGUĆNOSTI NANOGRAFSKOG TISKA

Nanografija, s obzirom na različit broj naklada, cijene po stranici i produktivnosti drugih tehnika tiska, nudi najbolje rješenje s obzirom na brzinu, isplativost te kvalitetu. Pokriva širok spektar tržišta kao što su komercijalni tisak, tisak sklopivih kutija, fleksibilne ambalaže i publikacija.

### 6.1. Komercijalni tisak

Komercijalni tisak se može podijeliti na generalni komercijalni tisak poput tiska brošura, tiskanica, kataloga, posjetnica, pozivnica, kalendara, oglasa, naljepnica i plakata, a za tisak istih se obično koristi ofsetni ili digitalni tisak. Kod ofsetnog tiska najveći problem je priprema za tisak, a s druge strane digitalni tisak ne može konkurirati cijenom za veći broj stranica. Drugo područje komercijalnog tiska je personalizirani tisak, industrija koja pokriva ispis poslovnih računa, letaka, kupona i oglasa. Njihova uloga je privući kupca prilikom ulaska u trgovinu kako bi on kupio taj proizvod. Zbog toga takvi materijali moraju biti vizualno zanimljivi, izraženih boja i informacija te visoka kvalitete na različitim podlogama i specijalnim bojama [12].

### 6.2. Sklopive kutije

Sklopive kutije za pakiranje proizvoda (hrana i piće, lijekovi i dr.) imaju ključnu ulogu za marketing i promociju proizvoda, Današnja tehnologija za tisak sklopivih kutija su litografija, gravura i fleksografija koje nude visoku kvalitetu, brzinu, niske cijene i učinkovitost proizvodnje. Međutim, nemaju fleksibilnost u brzom promjeni dizajna kao digitalni tisak. Digitalna tehnologija daje brzu proizvodnju manjih količina sklopivih kutija, primjerice sezonskih, akcijskih i limitiranih proizvoda. Nanografija nudi brzi i učinkovit tisak uz korištenje širokih paleta boja sa CMYK bojama kojima pokrivaju 75% Pantona boja, specijalnim bojama te spot bojama. S Landa S10 omogućen je tisak na arke formata B1 pri brzini od 6500 araka po satu.

### 6.3. Fleksibilna ambalaža

Tisak fleksibilne ambalaže zahtjeva tisak na različite materijale koji štite sadržaj, tisak širokom paletom boja i spot bojama i debljinom filma od 9-120 mikrometara. Digitalni tisak ovdje ne može dati zadovoljavajuću kvalitetu kao fleksotisak. Nanografija nudi kvalitetu i brzinu, eliminira skupu opremu koju zahtjeva gravura i fleksotisak i koristi NanoInk na bazi vode što je pogodno za tisak prehrambene ambalaže. Nudi i tisak za proizvode do 5000 metara (npr.za neke akcijske ili limitirane proizvode) koji se ne isplate tiskati postupkom gravure i fleksografije [13].

### 6.4. Publikacije

Unatoč električnim medijima i dalje postoji potreba tržišta i korisnika za tiskanom riječi na komadu papira. Ono što se promjenilo su rastući zahtjevi izdavača za isplativim poslovnim modelom uz što bržu uslugu. Iako je tisak publikacija digitalnim tehnikama i dalje dosta skup, tendencija za tisak magazina, novina i knjiga okreće se polagano digitalnom tisku zbog njegove brzine. Landa i ovdje vidi priliku za ponuditi svoje proizvode kojima garantiraju nisku cijenu, kvalitetu i brzinu usluge [14].



Slika 19. Publikacije

Preuzeto sa: <https://www.who.int/southeastasia/publications>

## 7. ZAKLJUČAK

Današnje tržište tiskarske industrije traži bazira se na tri glavne karakteristike - brzina, cijena i kvaliteta. Najčešće tehnika koja je brza i jeftina ne daje kvalitetne rezultate, dok brza i kvalitetna tehnika nije jeftina čak štoviše niti isplativija.

Nanografija i Landa Group pokazala je kako je moguće postići sva tri elementa tiska pri jednom otiskivanju. Njihova tehnika i otisci daju revolucionarni način tiskanja te ukazuju na budućnost grafičke struke. Iako je nanografija uvijek u fazi usavršavanja, pokazali su kako je kvaliteta nanografskih otisaka neupitne kvalitete.

Nanopigmenti u NanoInku daju puno veći dinamički raspon boja, ne dolazi do deformacije rasterskih elemenata, a optička deformacija je minimalna. Zbog toga što je bojilo na bazi vode također daje prednost s ekološke strane što je puno prihvatljivije, a i omogućuje tisak na različitim podlogama jer ta mala količine vode ishlapi vrlo brzo nakon prijenosa boje.

Kroz sljedećih nekoliko godina ova tehnologija napredovati će do te točke kada će moći preuzeti odgovornost otiskivanja iz ruku većine konvencionalnih tehnika zbog svoje fleksibilnosti s tiskovnim podlogama. Korištenjem NanoInk bojila smanjit će se i udio onečišćivača koji se još uvijek koriste jer ne postoje dobre alternative, tiskarski strojevi postati će univerzalne mašine koje će biti u stanju prilagoditi se operateru i proizvodu koji otiskuju kako bi optimizirale proces i dobile najkvalitetniji proizvod.

Ukoliko Landa Group ispuni sva očekivanja koja su predstavili uključujući dostupnost i financijsku isplativost, druge digitalne i konvencionalne tehnike morati će osmisliti nešto novo kako bi mogle opstati na ovom tržištu.

## 8. LITERATURA:

1. „Understanding the basics of the Landa Nanographic Printing Process“ - <https://graphicartsmag.com/articles/2013/01/understanding-the-basics-of-the-landa-nanographic-printing-process/>
2. „Nanotehnologija“ - <https://www.landanano.com/nanography/nanotechnology>
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology>
4. „Introduction to Nanoparticle Optical Properties“ - <https://nanocomposix.com/pages/introduction-to-nanoparticle-optical-properties#target>
5. „Optical, mechanical, and electrical properties of nano-structured materials“ - <http://digitallibrary.usc.edu/cdm/ref/collection/p15799coll3/id/118197>
6. „Benny Landa: Industry Pioneer“ - <https://www.landanano.com/about-us/benny-landa>
7. „Curcio T., (2012.), Graphic Arts Magazine“ - <http://graphicartsmag.com/articles/2012/09/meet-the-benny-landa-you-never-knew/>
8. „The Nanographic Printing® Process“ - <https://revipackonline.files.wordpress.com/2012/11/nanography-white-paper-uk.pdf>
9. „Landa NanoInk® The Heart of Nanography“ - <https://www.landanano.com/nanography/nanoink>
10. „Nanographic® Printing An Entirely New Category“ - <https://www.landanano.com/nanography/nanography>
11. <https://www.landanano.com/products>
12. „Nanography® for Mainstream Commercial Printing“ – <https://www.landanano.com/markets/commercial>
13. „Flexible Packaging Print Production“ – <https://www.landanano.com/markets/packaging>
14. „Nanography® for Mainstream Publishing Production“ – <https://www.landanano.com/markets/publishing>
15. dr.sc. Maja Strgar Kurečić - „Karakteristike višebojne reprodukcije“ - [http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/8.%20i%209.%20Karakteristike%20visebojne%20reprodukcije.pdf](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.%20i%209.%20Karakteristike%20visebojne%20reprodukcije.pdf)
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/Dot\\_gain](https://en.wikipedia.org/wiki/Dot_gain)