

Utjecaj postavki flekso jedinice i rastriranja na kvalitetu magentne kolorne separacije

Žilić, Gabriel

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:216:115331>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

GABRIEL ŽILIĆ

UTJECAJ POSTAVKI FLEKSO JEDINICE I
RASTRIRANJA NA KVALITETU
MAGENTNE KOLORNE SEPARACIJE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

GABRIEL ŽILIĆ

**UTJECAJ POSTAVKI FLEKSO JEDINICE I
RASTRIRANJA NA KVALITETU
MAGENTNE KOLORNE SEPARACIJE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić

Student:

Gabriel Žilić

Zagreb, 2022.

SAŽETAK

Za potrebe proizvodnje fleksibilne ambalaže presudnu ulogu ima tehnologija fleksografskog tiska. Osim odabira tiskarske podloge presudnu ulogu na kvalitetu reprodukcije utječu linijatura klišeja, volumen čašice aniloks valjka i primjenjena traka (ljepilo) za fiksiranje klišeja. U ovom radu cilj je istražiti utjecaj različitog volumena čašica aniloks valjaka (od $3.8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$, $5.5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$, $7.7 \text{ cm}^3/\text{m}^2$, $10 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ i $11.6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$) u odnosu na nove NX rastere proizvođača Kodak (STD_NX, ADV_01, ADV_02 i ADV_03). Također će biti obrađen utjecaj tvrdoće različitih ljepila za klišeje čija tvrdoća može varirati od mekoga, srednjega do tvrdoga (Tesa Softprint Soft, Tesa Softprint Medium i Tesa Softprint Hard). Korišteni NX klišeji izrađeni su na Kodak flexcel large CtP uređaju i otisnuti sa strojem WGH VISTAFLEX CL8 sa brzinom otiskivanja od 300 m/min. Kao potrošni materijal koristila se 60 μm polietilenska tiskovna podloga niske gustoće te magentna solventna boja. Dobiveni otisci mjereni su denzitometrom i spektrofotometrom TECHKON SpectroDens pomoću kojega su dobivene krivulje reprodukcije (RTV org./RTV otiska) te su izvršene usporedbe sa tiskarskim standardom FOGRA 39. Za detaljnu analizu izmjerenih uzoraka izvršiti će se mikroskopska analiza karakterističnih polja za što će se primjeniti AM4117MZT Dino-Lite Edge digitalni mikroskop.

Rezultati ovog istraživanja daju smjernice kada i kako odabrati odgovarajuću traku za montiranje klišeja u kombinacijama s određenim tipom Kodak Flexcel NX rastera i odgovarajućom linijaturom aniloks valjka. Rezultati pokazuju da otisci ostvareni sa aniloks valjkom volumena čašice od $3.8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ u kombinaciji sa mekom trakom za montiranje klišeja i Kodak ADV_01 NX rasterom daje najmanji rastertonski prirast u području od 1 do 100% obojenja i samim time najbolji otisak koji je najbliži FOGRA 39 standardu.

Ključne riječi: fleksotisak, aniloks valjak, trake za montiranje klišeja, Kodak Flexcel NX raster

ABSTRACT

Flexographic printing technology plays a crucial role in the production of flexible packaging. In addition to the selection of the printing substrate, the quality of reproduction is influenced by the printing plate line, the volume of the anilox roller cup and the applied selfadhesive tape (glue) for fixing the printing plate. In this paper, the aim is to investigate the influence of different volumes of anilox roller cups (from 3.8 cm³/m², 5.5 cm³/m², 7.7 cm³/m², 10 cm³/m² and 11.6 cm³/m²) in relation to the new NX rasters produced by Kodak (STD_NX, ADV_01, ADV_02 and ADV_03). The influence of the hardness of different printing plate adhesives whose hardness can vary from soft, medium to hard (Tesa Softprint Soft, Tesa Softprint Medium and Tesa Softprint Hard) will also be discussed. The NX plates used were made on a Kodak flexcel large CtP device and printed with a WGH VISTAFLEX CL8 machine with a printing speed of 300 m/min. 60 µm low-density polyethylene printing base and magenta solvent ink were used as consumables. The prints obtained were measured with a densitometer and a TECHKON SpectroDens spectrophotometer, with which reproduction curves (RTV org./RTV ot) were obtained and compared with the FOGRA 39 standard. For a detailed analysis of the measured samples, a microscopic analysis of the characteristic fields will be performed, for which the AM4117MZT Dino-Lite Edge digital microscope will be used.

The results of this research provide guidance on when and how to choose the appropriate cliché mounting tape in combination with a certain type of Kodak Flexcel NX screen and the appropriate anilox roller line. The results show that the prints made with an anilox roller with a cup volume of 3.8 cm³/m² in combination with a soft cliché mounting tape and Kodak ADV_01 NX raster gives the smallest rasterton increment in the area of 1 to 100% coloring and the best print that is closest to the FOGRA 39 standard .

Keywords: flexo, anilox roller, adhesive film for printing plate mounting, Kodak Flexcel NX raster

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. Fleksotisak	3
2.2. Razvoj fleksotiskarskog sustava sa centralnim tiskarskim cilindrom	9
2.3. Fleksotiskarski sustav sa centralnim tiskarskim cilindrom.....	11
2.3.1. Centralni tiskovni cilindar	12
2.3.2. Aniloks valjak	13
2.3.3. Karakteristike (obilježja) aniloks valjka	14
2.3.4. Linijatura aniloks valjka.....	14
2.3.5. Kut aniloks valjka.....	15
2.3.6. Volumen čašice aniloks valjka	16
2.4. Vrste rješenja za odmotavanje materijala	17
2.5. Vrste namatanja strojeva za namatanje i rezanje	20
2.6. Napetost materijala	22
2.7. Sustavi za obojenje u fleksotisaku	23
2.7.1. Sustav za obojenje s komornim rakelom.....	24
2.7.2. Sustav za obojenje s klasičnim rakelom.....	25
2.7.3. Prijenos fleksotiskarske boje u procesu tiska.....	26
2.8. Sustav za sušenje	28
2.9. Samoljepljive trake za montiranje klišeja Tesa® Softprint	29
2.9.1. Mehanička i fizička svojstva obostrano ljepljivih traka.....	30
2.10. Kodak DIGICAP NX Patterning	33
3. EKSPERIMENTALNI DIO	37

3.1. Metodologija rada	37
3.2. Korišteni strojevi i uređaji	39
3.2.1. Kodak Flexcel NX Wide 5080 CtP sustav	39
3.2.2. Tiskarski stroj WGH Vistaflex CL8	41
3.2.3. Denzitometar TECHKON SpectroDens.....	42
3.2.4. Digitalni mikroskop Dino-lite Edge.....	44
3.3. Korišteni materijali	45
3.3.1. Tiskovna forma Kodak Flexcel NX 74 Sh.....	45
3.3.2. Tesa Softprint samoljepljive trake za montiranje klišeja	47
3.3.3. Tiskovna podloga LDPE film (60 µm)	49
3.3.4. Fleksotiskarska boja Gecko (magentna solventna)	51
4. REZULTATI I DISKUSIJA.....	53
4.1. Utjecaj aniloksa na kvalitetu reprodukcije.....	53
4.1.1. Traka za fiksiranje Hard u kombinaciji s različitim linijaturama aniloks valjaka	54
4.1.2. Traka za fiksiranje Medium u kombinaciji s različitim linijaturama aniloks valjaka ..	58
4.1.3. Traka za fiksiranje Soft u kombinaciji s različitim linijaturama aniloks valjaka.....	62
4.2. Utjecaj tipa KODAK NX rastera na kvalitetu reprodukcije	66
4.3. Utjecaj tipa ljepljivih traka na kvalitetu reprodukcije.....	68
5. ZAKLJUČAK.....	70
6. LITERATURA	71
7. PRILOZI.....	73
7.1. Popis slika	73
7.2. Popis tablica.....	75

1. UVOD

Fleksografski tisak se u potpunosti temelji na jednostavnoj ideji prijenosa boje, ali dubljim uvidom u postupak mogu se pratiti mnoge varijable koje utječu na prijenos boje i na kraju konačnu kvalitetu same reprodukcije.[1] Kvaliteta reprodukcije ovisi o skupu različitih parametara koji se tiču tehnike i vrste izrade polimernih tiskovnih formi, pritisaka u tisku, specifičnih tiskarskih podloga i aniloks valjaka. Zato je bitno u fleksotisku što preciznije definirati kompletan proces proizvodnje ili barem dio tog procesa. Glavne prednosti fleksotiska su široka primjena u ambalažnoj industriji, ekološki prihvatljive boje na bazi vode, veliki raspon tiskovnih podloga koje se koriste te brzina tiska.[2] Definiranjem ponovljivih i točnih parametara, unutar procesa, postiže se konstantnost u kvaliteti reprodukcije što predstavlja prvi korak prema optimizaciji i ponovljivosti procesa. Takav pristup može značajno unaprijediti proizvodni proces i rezultirati povećanjem kvalitete otiska. U današnjem poslovnom okruženju veliki su zahtjevi u pogledu povećanja kvalitete kod upotrebe bilo digitalnih, bilo konvencionalnih fotopolimernih tiskovnih formi. Napredna dostignuća u tehnologiji pripreme za tisak pomažu flekso tiskarskom procesu prelazak na viši nivo u pogledu kvalitete tiska.[3]

Tržište fleksografskog ispisa procijenjeno je na 107,42 milijarde amerčkih dolara 2020., a očekuje se da će dosegnuti 124,61 milijardu USD do 2026. uz rast od 2,44% tijekom predviđenog razdoblja 2021. do 2026. godine. Fleksografski tisak i dalje je jedan od najbrže rastućih procesa ispisa i nije više rezerviran samo za tiskanje specijalnih artikala. Sposobnost fleksografije za ispis na različite podloge omogućuje upotrebu procesa za širok raspon tiskanih proizvoda. Pakiranje hrane je važno tržište zbog mogućnosti fleksografije za ispis na neporozne podloge. Ova mogućnost ga čini korisnim i za ispis na plastičnim vrećicama. Proces je idealan za tisak ambalaže, etiketa, kalendara, knjiga, kaširanih tetrapaka i ambalaže za hranu. Materijal na koji se vrši otiskivanje, poznat kao tiskovna podloga, može biti papir, karton, polimeri, tekstil, pa čak i metalizirani filmovi (polimeri presvučeni tankim slojem metala). Fleksografija je jeftinija za proizvodnju, a tehnologija prati značajne inovacije u dijelovima procesa pripreme i tiska, zajedno s bojama. Na primjer, MPS sa sjedištem u Velikoj Britaniji lansirao je svoju novu tehnologiju E-Sleeve, alternativu tradicionalnim omotima, na Labelexpo Europe 2019. Proizvod omogućuje strojevima da generiraju rezultate pri boljim brzinama, uz zajamčene tolerancije kvalitete i pouzdanije izračune troškova proizvodnje.

Napredak u softveru, pripremi za tisak, tehnologiji tiskovnih formi te bojama i premazima doživio je značajne inovacije, smanjujući mogućnost da će digitalni tisak preispitati isplativost fleksografskog ispisa za srednje do duge naklade.

Cilj istraživanja je utvrditi kako samoljepljive trake za montiranje polimernih klišeja, tip Kodak NX rastera te različite linijature aniloksa utječu na kvalitetu magentne kolorne reprodukcije. Na temelju dobivenih rezultata iznijeti će se prijedlozi i upute korištenja kvalitativnih parametara reprodukcije u fleksotisku, to jest iznijeti će se najbolje kombinacije samoljepljivih traka, linijature aniloksa i Kodak NX rastera koji imaju najmanji prirast RTV-a i daju najbolji otisak.

Mjerenja za slikovnu analizu izvedena su digitalnim mikroskopom „DinoScope-Lite Edge“ na otisnutim uzorcima od fleksotiskarskog stroja WGH Vistaflex CL8 koji se koristio magentnom solventnom bojom i polietilenskom folijom niske gustoće. Korišten je denzitometar TECHKON SpectroDens za mjerenje ostalih grafičkih elemenata kao što su gustoća obojenja i RTV. Za istraživanje su se uzeli aniloks valjci oznake A (280 L/cm ; 7.7 cm³/m²), aniloks oznake B (200 L/cm ; 10 cm³/m²), aniloks oznake C (160 L/cm ; 11.6 cm³/m²), aniloks oznake D (400 L/cm ; 3.8 cm³/m²) i aniloks oznake E (340 L/cm ; 5.5 cm³/m²) u kombinaciji sa tri Kodak rastera: STD_NX , ADV_01 NX, ADV_02 NX i ADV_03 NX i montažnim trakama za polimerne klišeje proizvođača Tesa. U ovom istraživanju bile su korištene tri trake za montiranje klišeja, a to su: Tesa Softprint Hard, Tesa Softprint Medium i Tesa Softprint Soft također u svim kombinacijama s gore navedenim aniloksima i rasterima.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Fleksotisak

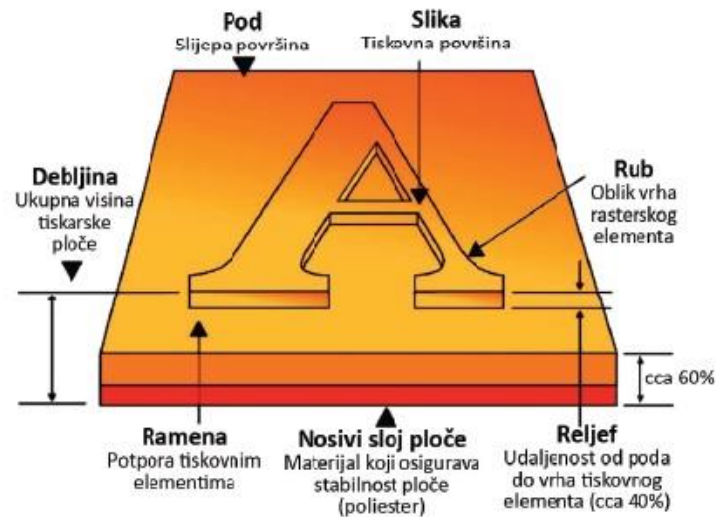
Fleksotisak (također se koristi naziv fleksografija) tehnika je visokog tiska. Pojam "fleksografija" prvi se put spominje početkom 1952. godine, prije nego što je bio poznat kao anilinski tisak.[4] Naziv dolazi od vrste boje koja se koristi za tiskanje – anilinskih boja. Naspram drugih tehnika visokog tiska, fleksotisak zahtjeva nizak pritisak tlaka između ploče i podloge te nisku viskoznost boje. Viskozitet boje iznosi od 0,05 do 0,5 Pa*s dok je nanos boje od 0,8 do 1 μm . Pritisak u fleksotisku iznosi otprilike 0,3 MPa.

Fleksotisak je brzo razvijajući proces tiska koji se široko koristi u proizvodnji ambalaže. Izrađuje visokokvalitetne grafike na premazanom i nepremazanom papiru i kartonu te fleksibilnim folijama. Početni troškovi za pokretanje proizvodnje nešto su veći od ofsetnog tiska, međutim, napredak u proizvodnji i primjeni boje, tiskarskih preša, digitalnih ploča i rukavaca poboljšava kvalitetu ispisa i smanjuje vrijeme pripreme. Fleksotisak je tehnika tiska koja korištenjem fleksotiskarskih ploča s podignutim tiskarskim elementima s izravnim principom tiska na podlogu. Fleksibilne ploče se uglavnom izrađuju od gume ili osjetljivih fotopolimera. Flekso ploče se često nazivaju klišejima (*francuski: clisher = tiskati*), osobito u fleksotiskarskoj industriji. Fleksotisak je iznimno osjetljiva tehnika tiska, a njezina fleksotiskarska forma lako je prilagodljiva svim tiskarskim podlogama. Upravo zbog svoje fleksibilnosti i mekoće ploča može proizvesti iznimno velike priraste rastertonske vrijednosti pod utjecajem tlaka i boja niske viskoznosti. Grafička priprema mora varirati ovisno o vrsti podloge, vrsti fotopolimernog materijala, volumenu aniloksa valjaka i linijaturi rastriranja jer njihov izbor različito utječe na konačnu reprodukciju. Upravo je fleksotiskarska forma ta koja daje fleksotisku određene prednosti. Zahvaljujući elastičnim tiskarskim elementima, ova tehnologija tiska omogućuje tisak na različite upojne i neupojne podloge kao što su: skoro svi papiri, kartoni različitih gramatura i debljina, materijali hrapave površine za pakiranje, tanki filmovi, čvrste i fleksibilne folije.[5]



Slika 1. Flekso tiskovna forma od polimera

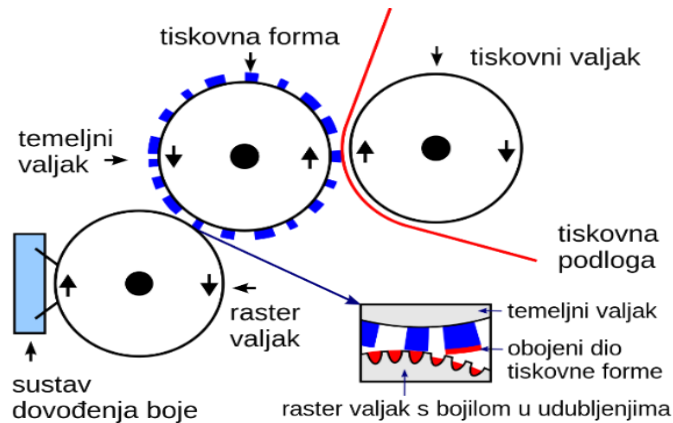
Izvor: https://eprints.grf.unizg.hr/3066/1/Z955_Hre%C5%A1%C4%8Dan_Filip.pdf



Slika 2. Sastavni elementi obrađene polimerne ploče

Izvor: vlastiti izvor

Boje su niske viskoznosti na bazi vode ili otapala ali također i danas najprimjenjivijim UV bojama. Boja se prenosi na aniloks valjak kroz komorni sustav ili uz pomoć gumenog valjka, te se dozira i odstranjuje višak boje uz pomoć odstranjivača viška boje (rakela) te se zatim prenosi na fleksotiskarsku formu. Graviranje aniloks valjka osigurava konstantnu količinu boje koja se prenosi na tiskarsku ploču. Tiskarski elementi na tiskarskoj ploči su uzdignuti te se tiskarskim cilindrom u doticaju s tiskarskom podlogom tiskaju (izravni način tiska).



Slika 3. Princip rada fleksotiska

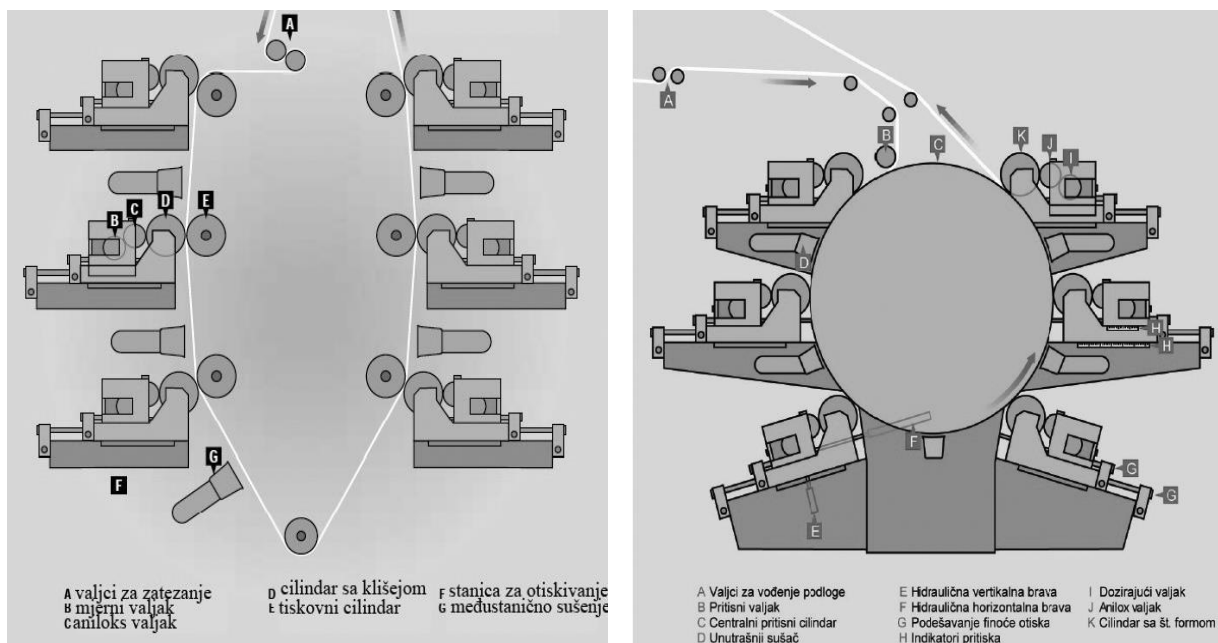
Izvor: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fleksotisak.svg>

Obično postoje tri sustava za strojeva za flekso tisak: vertikalni sustav tiskarskih tornjeva (engl. Overlay Tower System), linijski sustav (engl. Inline System) i satelitski sustav s središnjim cilindrom (engl. Central Impression System (CI Press)).

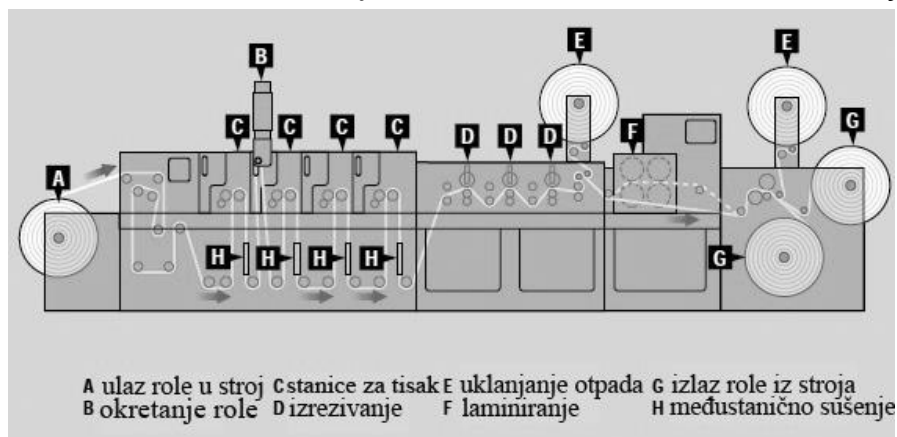
Vertikalni sustav tiskarskih tornjeva za otiskivanje može imati jednu do osam tiskarskih jedinica, jednu smještenu iznad druge, a rola se može ispisivati s obje strane. Vertikalni sustav ima tri glavne prednosti, operater obično može preokrenuti rolu kako bi omogućio ispis obje strane tijekom jednog prolaska kroz prešu. Različiti rasporedi uvlačenja materijala omogućuju potpuno sušenje boje prije otiskivanja poledine, pod uvjetom da je projektiran dovoljan kapacitet sušenja u području gdje materijal prolazi između niza stanica. Druga prednost je dostupnost stanice u boji, što olakšava promjenu, pranje, itd. Treća prednost je mogućnost otiskivanja velikih ponavljanja.

Linijski sustav može postaviti do dvanaest tiskarskih jedinica postavljenih vodoravno u liniju. Najviše se koristi za ispis na debljim podlogama kao što su karton ili valovit karton. Tiskati se može također i obostrano uz pomoć uređaja za okretanje role. Linijski sustav sadrži više jedinica za ispis koje su raspoređene u horizontalnom redu, a svaka stoji na podu. Obično se koriste za tisak naljepnica osjetljivih na pritisak, valovitog kartona i novina. Jedna prednost linijskog sustava je ta da se dodatne radnje poput izrezivanja mogu obaviti između stanica za boje na preši.

Satelitski sustav sa središnjim cilindrom ograničen je samo na jednostrani ispis, a oko cilindra za ispis velike veličine može biti od četiri do osam tiskarskih jedinica. Ovaj sustav može postići vrlo fini registar i idealan je za brzi ispis tankih rastezljivih filmova. Priprema na stroju oduzima više vremena zbog toga što su tiskovne jedinice nepristupačne.



Slika 4.a) vertikalni sustav tiskarskih tornjeva Slika 4.b) satelitski sustav s središnjim cilindrom



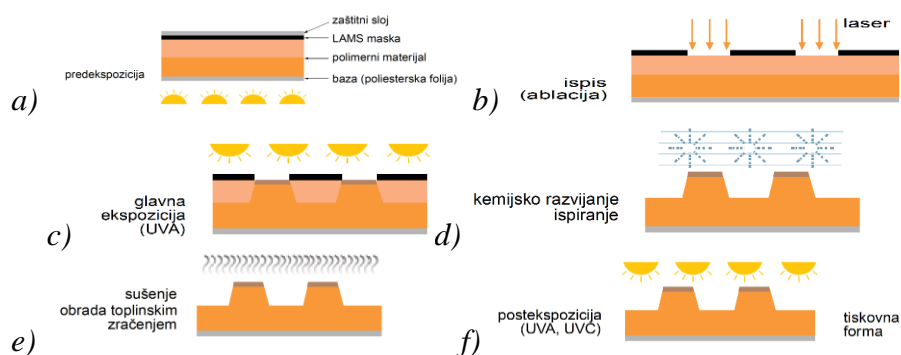
Slika 4.c) linijski sustav

Izvor: vlastiti izvor

Proces fleksotiska omogućuje visoko kvalitetnu reprodukciju grafike, gotovo fotografsku. Prilikom otiskivanja moraju postojati zadane vrijednosti i odstupanja tijekom cijelog procesa, uključujući sastav i viskozitet boje, konzistenciju rasterskih elemenata, debljinu ploče, samoljepljivu traku za montažu i uvjete tiska (postavke pritiska tlaka i brzine tiska) kako bi se dosljedno mogli postići zadani proizvodni ciljevi.[6] Fleksotisak se prema karakteristikama i vrsti proizvedenog grafičkog proizvoda može podijeliti u tri osnovne skupine: tisak valovitog kartona, tisak ambalaže i tisak etiketa.

Izrada tiskovne forme LAMS postupkom

LAMS postupak jedan je od najčešće korištenih postupaka u izradi tiskovnih formi za fleksotisak, a specifičan je zbog LAMS maske. To je fotosjetljivi materijal na bazi grafita koji u postupku izrade tiskovne forme ima ulogu grafičkog filma. Ona omogućava prijenos informacije o proizvodu koji će biti reproduciran na površinu tiskovne forme, a nalazi se predoslojena na polimernom materijalu. Na LAMS maski nalazi se zaštitna folija koja štiti masku od mehaničkih oštećenja i drugih utjecaja iz okoline, te se uklanja s maske neposredno prije ispisa. Osnovu tiskovne forme čini polietilenska folija (PET) koja daje dimenzionalnu stabilnost tiskovnoj formi. Postupak izrade tiskovne forme najčešće počinje fazom predekspozicije, odnosno izlaganjem donjeg dijela tiskovne forme ultraljubičastom (UV) zračenju u klasičnom uređaju za osvjetljavanje konvencionalnih polimernih tiskovnih formi. Predekspozicijom dolazi do polimerizacije u fotopolimernom materijalu i učvršćivanja polimernog sloja za podlogu. Nakon predekspozicije uklanja se zaštitni film s LAMS maske i slijedi proces ablacije maske u CtP uređaju za ispis. Tu podrazumijevamo uklanjanje dijelova termoaktivnog sloja laserom visoke snage, gdje se uklanjaju dijelovi LAMS maske na mjestima budućih tiskovnih elemenata. Sljedeći korak je glavna ekspozicija u kojoj dolazi do polimerizacije u dijelu polimernog sloja koji je osvjetljen (polimer postaje netopiv) i dolazi do formiranja tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi. Nakon ekspozicije slijedi kemijsko i mehaničko uklanjanje LAMS maske i topljivih dijelova polimernog sloja u odgovarajućem otapalu. U sljedećoj fazi tiskovna forma izlaže se toplinskom zračenju u sušionku pri čemu dolazi do hlapljenja preostalih čestica razvijачa i vode iz polimernog sloja. Posljednja radna faza je postekspozicija, tiskovna forma se još jednom izlaže UVA/UVC zračenju kako bi trajno polimerizirale molekule polimera unutar polimernog sloja.[7] Radne faze izrade tiskovne forme LAMS postupkom prikazane su na slici 5.

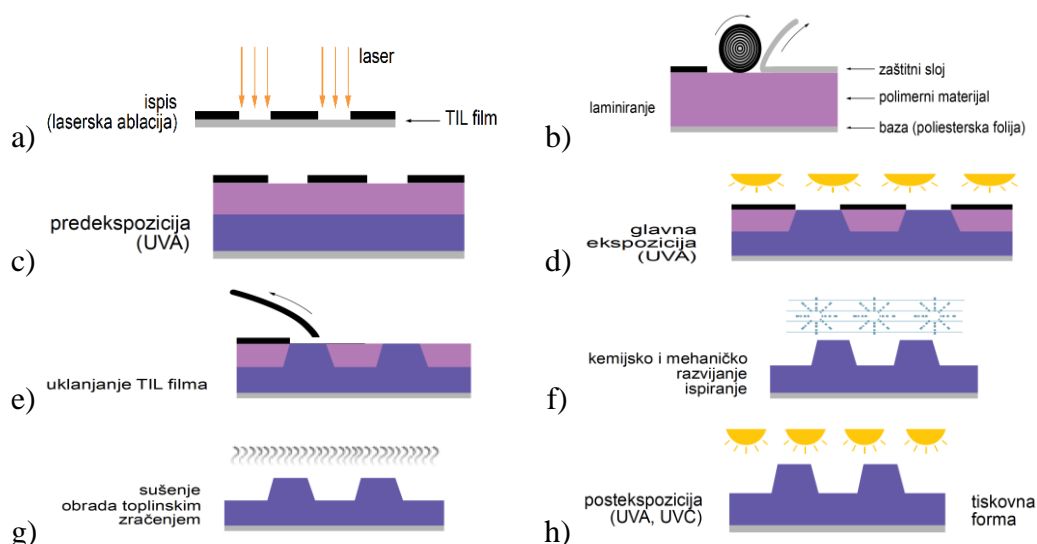


Slika 5. Shematski prikaz radnih faza izrade tiskovne forme LAMS postupkom

Izvor: vlastiti izvor

Izrada tiskovne forme TIL postupkom

TIL postupak izrade tiskovne forme za fleksotisak predstavlja digitalno vođeni proces dobivanja zapisa na tiskovnoj formi koji objedinjuje sve faze u izradi fotopolimernih tiskovnih formi. TIL postupak izrade tiskovnih formi razlikuje se od LAMS tehnologije zbog korištenja tzv. TIL filma (*Thermal Imaging Layer*). TIL film ima ulogu grafičkog filma i omogućava prijenos informacije na površinu tiskovne forme. TIL film specifično je formuliran termalni ablacijski film koji nije predoslojen na površini polimernog materijala kao LAMS maska već se koristi kao zaseban medij. On se sastoji od poliesterske ili polietilenske baze i sloja maske na bazi ugljika. Postupak izrade započinje ablacijom TIL filma laserom valne duljine od 830 nm u Ctp uređaju za ispis, pri čemu se uklanja dio maske na mjestima budućih tiskovnih površina. Sljedeći korak provodi povezivanje TIL filma i polimernog materijala laminiranjem, u uređaju za laminiranje. Iduća faza je predekspozicija, a provodi se sa stražnje strane tiskovne forme kako bi se polimerni materijal učvrstio uz podlogu i kako bi se formirala opna koja će osigurati stabilnost tiskovnim elementima. Zatim slijedi glavna ekspozicija u kojoj se izlaže polimerni materijal UVA zračenju kroz TIL film pri čemu dolazi do polimerizacije u osvjetljenim dijelovima polimernog sloja i formiranja tiskovnih elemenata. Nakon ekspozicije TIL film se mehanički uklanja s površine polimera i može biti spremljen za ponovnu uporabu. U sljedećoj fazi provodi se razvijanje, kemijsko i mehaničko ili termalno razvijanje pri čemu dolazi do uklanjanja neekspoziranih dijelova. Nakon izlaganja tiskovne forme toplinskom zračenju slijedi postekspozicija (UVA/UVC).[8] Radne faze izrade tiskovne forme TIL postupkom prikazane su na slici 6.



Slika 6. Shematski prikaz radnih faza izrade tiskovne forme TIL postupkom

Izvor: vlastiti izvor

2.2. Razvoj fleksotiskarskog sustava sa centralnim tiskarskim cilindrom

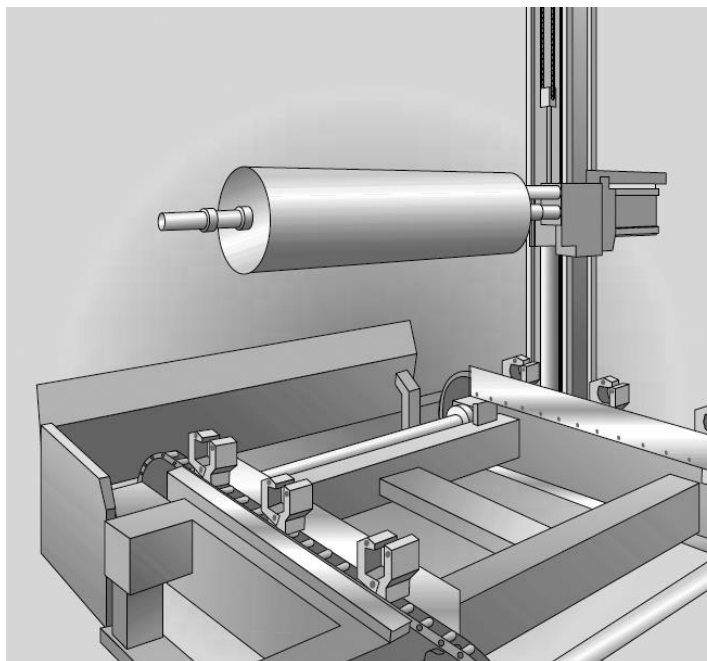
Počevši od kraja 1989. godine, došlo je do velikog tehnološkog napretka u vezi s konstrukcijom strojeva sa velikim centralnim cilindrom. Prva značajna promjena bila je izrada pojedinačnog tiskarskog plašta od jednog komada. Prethodna tehnika proizvodnje koristila je par strojno obrađenih bočnih okvira spojenih s dva ili više vijaka na rubnim dijelovima. Novi razvoj zahtijevao je veliki napredak u dizajnu i konstrukciji alatnih strojeva. Međutim, odmah je bilo očito da lijevani plašt od jednog komada pruža stabilniju platformu za tisak.

Istodobno s razvojem jednodijelnih lijevanih plašteva uklonjena je sva hidraulika na tim strojevima, zamijenjena digitalnim elektroničkim i pneumatskim kontrolama. Ova promjena eliminirala je neuredan hidraulički rad i probleme s održavanjem koji su u prošlosti bili povezani s hidraulički aktiviranim ispisnim jedinicama. Daljnje unaprjeđenje ovih plašteva postignuto je korištenjem prizmatičnih linearnih kružnih kugličnih ležajeva, koje su trajno podmazane i prednategnute, omogućavajući pomicanje tiskovine samo u smjeru x-osi. Prethodni hidraulički dizajni su zahtijevali da se ispisna ploča pomiče u sva tri smjera, to jest duž osi x, y i z kako bi se tiskarske ploče pomicale naprijed-natrag, uključile i isključile otisak u ili izvan zahvata pogonskih zupčanika. Svojevrsna hidrauličkoj konstrukciji plašta je potreba za dodatnim prazninama između različitih metalnih dijelova kako bi se omogućilo ovo kretanje.

Elektroničke ploče omogućuju kretanje samo po jednoj osi, te stoga imaju stabilniju i nižu središnju liniju ploča i aniloks valjaka u odnosu na tiskarske ploče. Ove izmjene rezultiraju boljom kvalitetom otiskivanja pri većim brzinama, što je izrazita prednost na poslovima koji se prije nisu mogli raditi tako brzo na hidrauličnim jedinicama. Novi elektronički senzori dodatno su poboljšane korištenjem istinskih digitalnih koračnih motora zatvorene petlje s ugrađenim enkoderima, koji vraćaju stvarne položaje oplošja cilindra glavnom računalu koje sada kontrolira centralni cilindar. Ova digitalna kontrola omogućuje operateru postavljanje ili reproduciranje prethodnih postavki otiska i registra na oplošju s visokim stupnjem točnosti i gotovo 100% pouzdanosti, nešto što nije bilo moguće s hidraulički kontroliranim oplošjem i njihovoj inherentno labavijoj konstrukciji. Moderni strojevi s centralnim cilindrom također imaju potpuno automatske sustave registra za spajanje temeljnih cilindara i zupčanika.

Najbolji sustavi automatski rotiraju svaki temeljni cilindar i njegov ponovljeni zupčanik u početni registar i položaj zahvata jedan u odnosu na drugi, a zatim u zahvat s pogonskim zupčanikom s točnošću početnog registra od $\pm 0,00508000$ cm, bez provlačenja materijala kroz stroj.

Prvi put razvijen tijekom kasnih 1980-ih i uključen od strane gotovo svih današnjih proizvođača strojeva za široki ispis, bio je dodatak robotskih sustava za montažu temeljnih cilindara i aniloks valjaka.



Slika 7. Moderna robotska ruka za montažu temeljnih cilindara na strojevima za široki ispis

Izvor: <https://pdfcoffee.com/flexo-principles-amp-practices-940-page-pdf-free.html>

Dodavanje ovih robotskih sustava transporta temeljnog cilindra značajno smanjuje mogućnost oštećenja stroja, aniloks valjaka, temeljnih cilindara i osoblja, istovremeno ubrzavajući cjelokupno vrijeme montaže i demontaže. Danas se većina strojeva za široku rolu naručuje sa sustavom robotski vođenih cilindara. Ovi robotski sustavi za montažu cilindara prošli su niz iteracija različitih proizvođača. Međutim, u trenutku pisanja ovog rada većina robotskih sustava cilindara je gotovo 100% pouzdana. Noževi s komorama s automatskim sustavima za pranje, zajedno s napretkom elektroničkih ploča za otiskivanje i robotskim sustavima za rukovanje cilindrima, doveli su do razvoja modernih flekso strojeva s centralnim cilindrom kojima se upravlja putem središnje upravljačke konzole. Različite komponente stroja uključujući odmotavanje tiskovne podloge, izvlačenje, uvlačenje, pomicanje tiskovne forme, korekciju registra, postavke temperature sustava sušenja, protok zraka, postavke izvlačenja hladnog valjka, postavke rezanja i postavke za namatanje integrirane su kod glavnog operatera, konzola s izravnim digitalnim priključcima. Središnja konzola dodatno skraćuje vrijeme pripreme dopuštajući operaterima da brzo i jednostavno automatski unaprijed postavke sve ove postavke za kasnije pozivanje sličnih ili istih poslova ili da ih koriste kao predložak za slične poslove.

S razvojem elektroničkih ispisnih oplošja, robotskih sustava za montažu cilindara, sustava za pranje tiskovne jedinice i automatskog uključivanja mjenjača, sada je također moguće da proizvođači strojeva osiguraju siguran sustav koji omogućuje operaterima da naprave spremne neiskorištene tiskovne forme za ispis dok je stroj u radu i radi punom brzinom. Ovi besplatni sustavi pokazali su se ekonomski isplativim za one kupce koji rade na poslovima s tri, četiri ili pet boja. Međutim, sa šest ili više boja, gore spomenute značajke omogućuju da se poslovi mijenjaju dovoljno brzo dok je tisak zaustavljen. Posljednjih godina fleksotisak je postigao kvalitetu ispisa usporedivu s dubokim tiskom, a kao rezultat toga, sve više posla iz sektora dubokog tiska prelazi na fleksotisak. Ovo povećanje kvalitete ispisa potaknulo je razvoj deseterbojne flekso tiskarskog stroja, budući da je većina zadataka dubokog tiska do 10 boja.

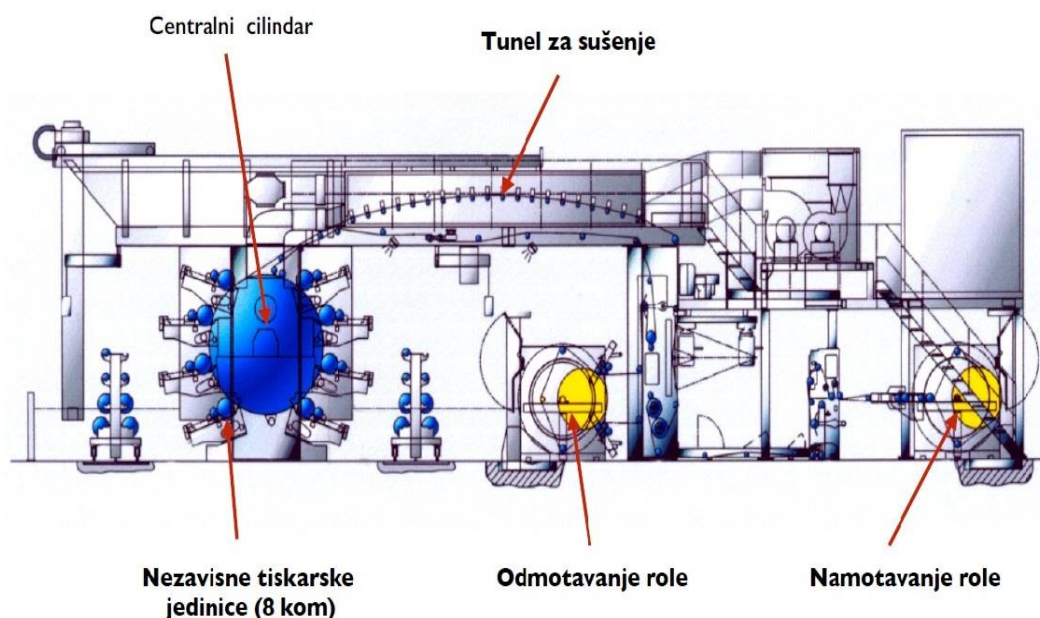
2.3. Fleksotiskarski sustav sa centralnim tiskarskim cilindrom

Središnji tiskovni cilindar se ponekad naziva bubanj, te ga strojari nazivaju CI strojem. On podržava sve svoje jedinice za obojenje te je građen kao čelični cilindar. Temeljni cilindar sadrži tiskovnu formu, koja je na taj način montirana (fiksirana) za cilindar dok prolazi sve jedinice za obojenje. Ova konfiguracija pomaže spriječiti pomak registra boje na boju.

Budući da je najveća konstrukcijska prednost cilindričnog stroja njezina sposobnost držanja izvrsnog registra, ona je postala glavni oslonac prerađivačke industrije. Kako grafički dizajni postaju sve složeniji, a potražnja za procesnim tiskom ostaje stabilna, sposobnost pozitivnog registra stroja s centralnim cilindrom čini ga prikladnim za sve vrste tiskovnih podloga. Najčešći tisak koji se danas koristi je i dalje šesterbojni otisak, iako ga zamjenjuje stroj s centralnim cilindrom s osam boja. Korišteni su centralni cilindri različitih promjera. Isprva su bili najčešći četverbojni strojevi, a uglavnom su se koristili centralni cilindri promjera 76.2 cm ili 91.44 cm. Kako bi se postigla bolja brzina i omogućio prostor za međustanično sušenje, za četverbojne strojeve korišteni su centralni cilindri do 152.4 cm. Prvi strojevi sa središnjim centralnim cilindrom od šest boja koristile su cilindre promjera 210.82 cm. Najnoviji osmerbojni centralni strojevi za otiskivanje imaju cilindre do 238 cm u promjeru. Kako su se poboljšale tehnike sušenja i smanjila udaljenost potrebna za sušenje između boja, vratili su se u upotrebu manji centralni cilindri.

Najčešći osmerbojni cilindrični stroj s jednim otiskom danas ima cilindar promjera 89". Zahvaljujući napretku u sušenju između boja, izreka da "veći cilindrični strojevi obično nude veće brzine" više ne vrijedi.

Međutim, još uvijek je moguće dobiti veće duljine ponavljanja tiska na većim cilindričnim strojevima za otisak od onih manjeg dizajna. Stroj s centralnim cilindrom našao je ograničenu primjenu kada je riječ o obostranom tisku tijekom jednog prolaska tiskovne podloge kroz stroj. Najčešće se to primjenjuje u tisku rukavaca (sleev) filma.



Slika 8. Shematska konstrukcija stroja za fleksotisak s centralnim cilindrom
Izvor: https://www.academia.edu/8722974/Handbook_of_Print_media

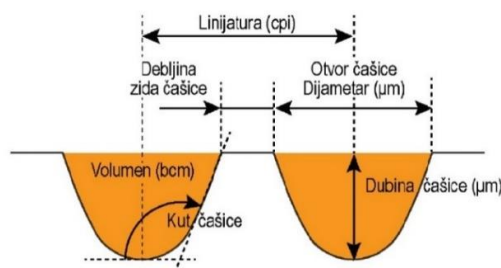
2.3.1. Centralni tiskovni cilindar

Konstrukcija cilindra u fleksotiskarkom stroju sa središnjim cilindrom može biti od čelika s dvostrukom stijenkom ili od lijevanog željeza. U oba slučaja cilindar će biti temperaturno kontroliran pomoću uređaja za grijanje ili hlađenje. Kako su tržišta napredovala u fleksografiji, (proizvod koji se očekuje od stroja s centralnim cilindrom poboljšao se do visokog stupnja kvalitete), proizvođači strojeva bili su prisiljeni držati zahtjevnije tolerancije u pogledu centralnog cilindra. Danas se vrlo često koristi uporaba digitalno kontroliranih elemenata za grijanje/hlađenje, koji drže temperaturu bubnja u rasponu od $\pm 17^{\circ}\text{C}$. Ova mala tolerancija nužan je element u izvrsnosti tiska koji se danas zahtijeva od proizvođača tiskovina i prerađivača. Ako stroj doživi varijacije u temperaturi cilindra, to će urokovati varijaciju veličine centralnog cilindra, operater će kontinuirano pokušavati kompenzirati, uzrokujući promašene otiske ili prevelik nanos boje. Centralni cilindar, neovisno o načinu njegove konstrukcije, mora biti proizveden tako da zadovolji visoke karakteristike ukupnog indiciranog okretanja TIR (*engl. Total Indicator Reading*).

Danas je vrlo uobičajeno da specifikacije na novom stroju nalažu da bubanj ne prelazi toleranciju od 0,0007620000 cm TIR-a. U idealnom slučaju, cilindar će se držati na nižem stvarnom broju okretaja ako je moguće. Shvaćajući da će TIR cilindra biti dobar samo onoliko koliko su pogonsko vratilo i ležajevi kvalitetni. Proizvođači strojeva zahtijevaju korištenje valjkastih ležajeva koji osiguravaju kvalitetu otiska s TIR-om od oko 0,0005080000 cm. Upotreba brončanih ležajeva koji se podešavaju ručno, su bile nekad vrlo rasprostranjene u prošlosti, međutim danas gubi naklonost proizvođača. Brončani ležajevi moraju se stalno podmazivati (obično s pumpom za podmazivanje). Prednost valjkastih ležajeva utječe na kvalitetu proizvedenih strojeva prema prihvatljivim tolerancijama jer se ne moraju podmazivati na sličan način (uljna kupelj ili podmazivanje). Najčešće se koriste za otiskivanje na neupojnim tiskovnim podlogama, odnosno filmovima i folijama.[9]

2.3.2. Aniloks valjak

Aniloks valjak ili kako se često naziva raster valjak smatra se najvažnijim dijelom flekso sustava za obojenje. Ovaj sustav mora prenijeti bojilo na tiskarsku formu (rasterska polja ili puna polja) u dovoljnoj količini tako da gustoća boja i obojenje odgovara zahtjevima. Samim time obojenje se izvodi na dosljedan i ponovljiv način. Jednostavno rečeno, aniloks valjak je sastavljen od niza mjernih čašica točno definiranog volumena. Na valjak se nanosi boja, uranjanjem ili valjcima nakon čega slijedi uklanjanje suviška boje pomoću rakela. Količina boje koja će stići do tiskovne forme regulira se linijaturom aniloksa i dubinom vakuola u valjku. Kada se želi promijeniti nanos boje na tiskovnu formu tada se koristi drugi aniloks valjak s novom prilagođenijom linijaturom i potrebnim volumenom vakuola.[10] Glavna karakteristika aniloks valjka je linijatura koja je određena brojem čašica po inču (*engl. cells per linear inch*), dok su ostale karakteristike prikazane na slici 9.



Slika 9. Specifikacija čašice aniloks valjka

Izvor: <http://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

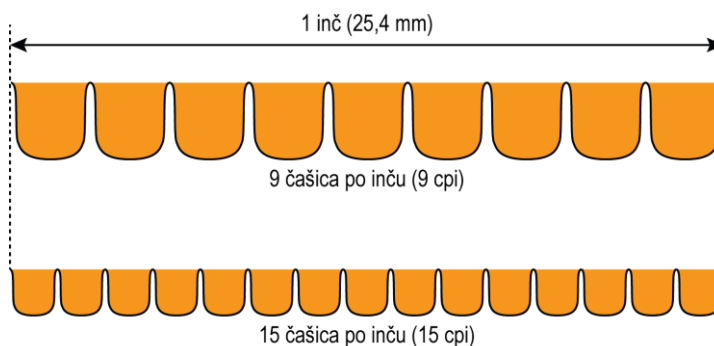
2.3.3. Karakteristike (obilježja) aniloks valjka

Osim po materijalu koji određuju mehanička svojstva (bakreni ili čelični), aniloks valjci se razlikuju po tri karakteristike. To su: linijatura aniloksa, kut aniloksa i volumen čašice aniloksa. Linijatura aniloks valjka (*engl. cell per inch, CPI*) – raspon se kreće od: 140 do 1300 CPI. Povećanjem linijature aniloks valjka smanjuje se nanos bojila na tiskovnu formu. Veća širina i udaljenost rasterskih točkica traži višu CPI vrijednost. Zatim po kutu aniloks valjka – definira kut rastriranja na aniloks valjku. Trenutno su aktualni kutovi od 30°, 45° i 60°. Kut od 60° omogućava najbolje primanje i prenošenje bojila. Rasterski kutovi kod tiskovnih formi i aniloks valjaka mogu stvarati *Moire* efekt čak i kod jednoboynih rasterskih slika. Pojava *Moire* efekta može se spriječiti promjenom kuta kod posebnih rastera.[11] I na kraju po volumenu čašice koji se izražava u milijardama kubičnih mikrometara (*engl. billion cubic micrometers, BCM*). Raspon vrijednosti volumena čašica se kreće između 1,8 do 17 BCM. Volumen čašice i linijatura odnose se obrnuto proporcionalno tj. veći volumen postiže se s manjom linijaturom aniloks valjka.

2.3.4. Linijatura aniloks valjka

Za različitu primjenu u tisku koriste se različite linijature. Aniloks valjci manje linijature obično imaju veći volumen i prenose veću količinu bojila. S druge strane aniloks valjci visoke linijature (800–1200 CPI) ne mogu prenijeti dovoljno bojila za tisak punih polja te se u tisku neće postići dovoljna gustoća obojenja.

Kako bi se odredila pravilna kombinacija linijature i volumena aniloks valjka za određenu vrstu tiska te osigurao najmanji potrebni nanos bojila koristi se trakasti aniloks valjak. To je aniloks valjak koji ima definiranu linijaturu i volumen u različitim kombinacijama.



Slika 10. Primjer linijature aniloks valjka od 9 čašica po inču i 15 čašica po inču

Izvor: <http://www.harperimage.com/AniloxRolls/>

S povećanjem viskoziteta boje i smanjenjem volumena, mogu se koristiti aniloks valjci veće linijature. Kohezija je snaga koja je potrebna da se razdvoje čestice supstance, a bojila za fleksotisak imaju veliku koheziju. Veće linijature aniloks valjka daju tiskovnom procesu više mogućnosti za postizanje bolje grafike s finim linijama i tekстом, mekanijim prijelazima te veću efikasnost u procesnim poslovima.[12] Okvirni odabir odgovarajuće linijature i volumena aniloks valjka s obzirom na vrstu tiska prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz linijature i volumena aniloks valjka sa odgovarajućom primjenom u tisku

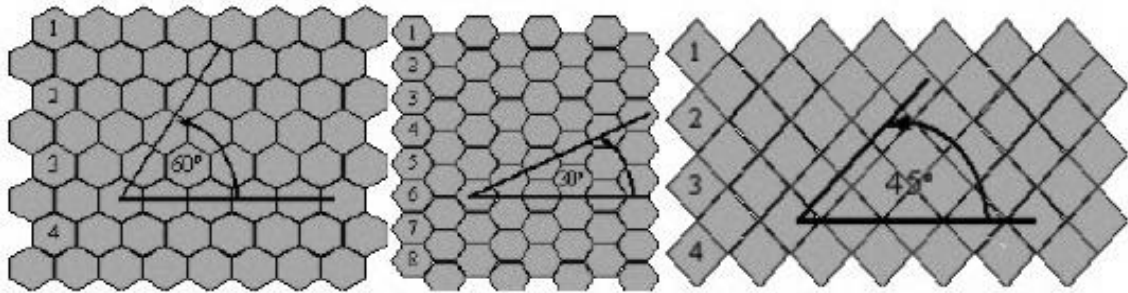
Izvor: <http://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Vrsta tiska	Linijatura aniloks valjka (cpi)	Volumen aniloks valjka (BCM-a)
Puna polja i deblje linije	180-330	8-4
Tanje linije i tekst	200-400	7,5 - 3,5
Prijelazi i vinjete	360-500	4,7 – 2,8
Procesni tisak	500-1200	3,2 – 1,0

2.3.5. Kut aniloks valjka

Napredak u laserskoj tehnologiji omogućio je proizvođačima aniloks valjaka eksperimente u različitim oblicima čašica i načinima graviranja kako bi se ostvarile nove ideje o prijenosu bojila. Posljednjih nekoliko godina dostupne su nove tehnologije graviranja. To su: kanalna tehnologija, nepravilna heksagon tehnologija i tehnologija generiranja slučajnih uzoraka (*engl. Random Technology*). Osim promjene oblika čašice mijenja se i kut graviranja. Kutovi graviranja za heksagon uzorak su 60° i 30°, za kvadratni uzorak je 45°. U novije vrijeme primjenjuje kut od 70°.

Danas je šesterokutni uzorak pod kutem od 60 stupnjeva postao svjetski standard za fleksotisak. On je uveden 1989. godine od strane tvrtke Harper. Ovim sustavom moguće je smjestiti ćelije zbijenije, što omogućuje 15% više ćelija na području valjka. Iz istog razloga ćelije mogu biti pliće, iako će na tiskovnu formu biti prenesena jednaka količina bojila. Šesterokutni uzorci pod kutem od 30° i 45° koriste se kod laminacije, lakiranja, ali općenito se ne preporučaju za fleksografske tehnike otiskivanja.[13]



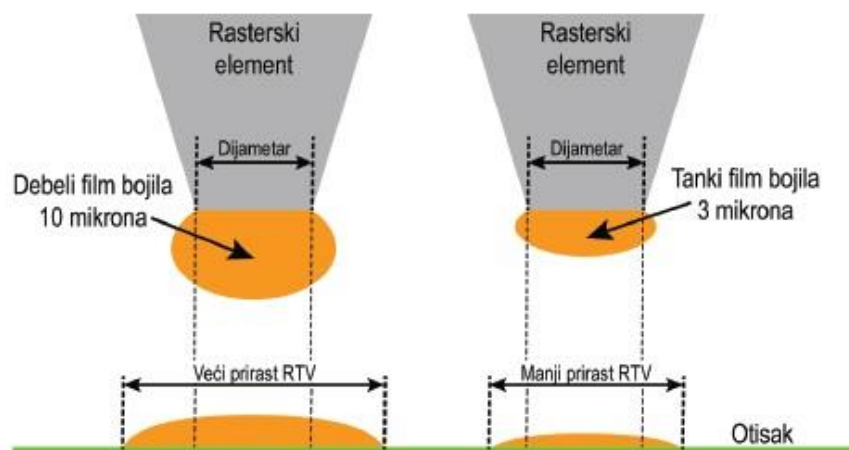
Slika 11. Kutevi ćelija aniloks valjka 60°, 30°, 45°

Izvor: <http://www.harperimage.com/AniloxRolls/>

Razvoj preciznijih laserskih tehnologija povećao je broj alternativnih načina graviranja. Značajni razvoj postignut je kod novog kanalnog načina graviranja koji se razlikuje od kanalnog načina pod kutom od 30° te nema čašice. Razvijen je specijaliziran softver koji omogućava neuniformiranost heksagon oblika, a rezultat je kombinacija heksagon čašica i izduženih čašica. Namjena ovog načina graviranja prilagođena je krućim bojama, pokrivnoj bijeloj boji te specijalnim lakovima. S povećanjem brzine tiska, pigmentacije boja i drugih grafičkih značajki razvoj alternativnih načina graviranja i dalje će se nastaviti u pogledu primjene različitih uzoraka i netradicionalnih kutova graviranja.[14]

2.3.6. Volumen čašice aniloks valjka

Volumen čašica ovisan je o linijaturi aniloks valjka. Volumen se izražava u milijardama kubičnih mikrometara (BCM), a najčešći raspon je od 1,8 do 17 BCM. Kako se u fleksotisku koriste rijetke boje, važno je nanijeti što tanji nanos jer se tako lakše kontroliraju otisnuti rasterski elementi, smanjuje se prirast rastertonskih vrijednosti i povećava kvaliteta konačnog otiska. Ako se upotrijebi manje viskozna flekso boja, automatski dolazi do uštede boje kod tiska jer su boje skupe. Iz ekološkog aspekta trend je upotreba manje količine boje zbog manje emisije lakohlapljivih spojeva kada se tiska s bojama na bazi organskih otapala. Ako se tiska sa pretjeranim volumenom aniloks valjka teško se postižu optimalni uvjeti u tiskovnom procesu. Kao što je prikazano na slici 12., prirast RTV se smanjuje s manjim filmom boje, jednostavno zato, što ima manje boje za prijenos sa rasterskog elementa. Pošto se radi o mikronskim vrijednostima, svaki mikron previše prenesenog bojila može biti rizičan za kvalitetu reprodukcije.



Slika 12. Utjecaj debljine filma bojila na prirast RTV

Izvor: (Valdec Dean, (2013). Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskog elementa predotisnute tiskovne podloge, doktorski rad, Grafički fakultet.)

Količina bojila koja se može prenijeti iz čašice ovisi o kapacitetu prijenosa čašice ili volumenu čašice. Mjerna jedinica volumena aniloks valjka je kubični mikrometar. Kubični mikrometar kao mjerna jedinica predstavlja "raspoloživi prostor" (volumen) u čašicama aniloks valjka unutar jednog kvadratnog inča (koriste se u angloameričkim područjima kvadratnog centimetra za metričke mjere). Mikron je milijunti dio metra, a u jednoj tisućinki inča ima 25,4 μm (odnosno 25400 mikrometra po inču). Ove jedinice prvenstveno se koriste se u određivanju volumena čašice aniloks valjka. Tako u jednoj kubičnoj tisućinki inča ima 645,16 kubnih mikrona prostora raspoloživog za hvatanje boje.

2.4. Vrste rješenja za odmotavanje materijala

Proces odmotavanja odgovoran je za unos materijala u stroj, mora biti sposoban podnijeti težinu rola i raditi precizno s strojevima za premotavanje i rezačima. Vrsta rješenja za odmotavanje obično se određuje specifikacijama veličine i težine materijala za koji je stroj dizajniran.

1. Odmotavanje s osovinom i odmotavanje bez osovine

Odmotavanje s osovinom tipično je i isplativo postolje za odmotavanje, može rukovati rolama različitih širina i nudi visoku razinu prijanjanja između osovine i jezgre. Nažalost, odmotavanje velikog promjera općenito zahtijeva veću osovinu i veličinu jezgre kako bi se prilagodila težini role, stoga se operateri stroja moraju nositi s prekomjernom težinom osovine prije postavljanja role u odmotavanje.

Alternativa je nova lagana osovina od ugljičnih vlakana, koja je upola manja od čvrste osovine od čelika ili pneumatske jezgre bez ikakvog gubitka kapaciteta težine role. Odmatači bez osovine izbjegavaju potrebu tiskara za rukovanje osovina i rezultiraju manjim ozljedama, većina uređaja za odmotavanje bez osovine opremljena je uređajima za podizanje role koji pozicioniraju smotuljak prije nego zahvate stezne glave za držanje role. S rastom troškova ozljeda zaposlenika, sve više i više tvornica ide u smjeru odmotavanja bez osovine s opremom za podizanje s valjcima. Osim toga, novi dizajn revolverskog odmotavanja bez osovine može minimizirati vrijeme izmjene jer se nova rola može staviti u postolje dok se druga rola odmotava.

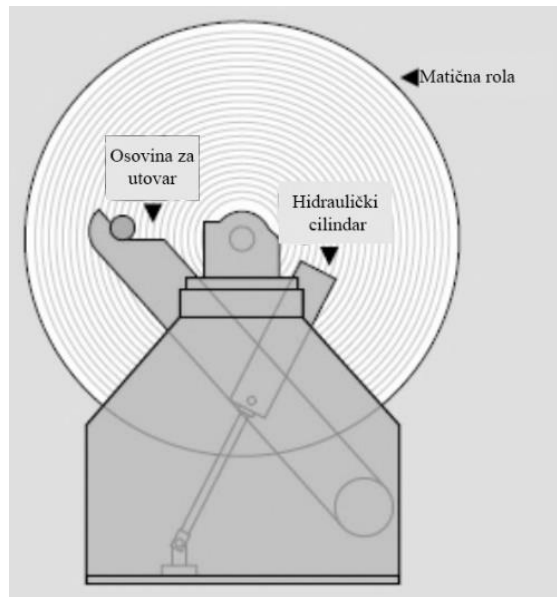
2. Integrirano odmotavanje i odvojeno odmotavanje

Kao neovisni modul montiran na glavni okvir stroja, integrirani odmotač sastoji se od ploča s dvije strane, spojne poprečne šipke i dva sigurnosna ležaja koji se koriste za pristajanje uz osovinu za odmotavanje. Lijevo i desno okvir za odmotavanje mogu se poprečno pomicati pojedinačno, otvoriti zasun za zaključavanje i ručno gurnuti u ispravan radni položaj, a zatim se može ponovno zaključati. Hidraulička podizna konstrukcija može se automatski odmotati. Integrirana stanica za odmotavanje dizajnirana je za veliki izbor matičnih rola standardnog promjera. Odvojeni uređaj za odmotavanje je neovisni modul povezan s glavnim okvirom stroja preko mosta za hodanje. Sastoji se od ploča s dvije strane, spojne poprečne šipke i dva sigurnosna ležaja za prihvat osovine za odmotavanje. Osovine za odmotavanje pokreću AC servo-motori i općenito imaju konzolni dizajn kako bi se olakšale operacije utovara.

3. Zakočeno odmotavanje i pogonsko odmotavanje

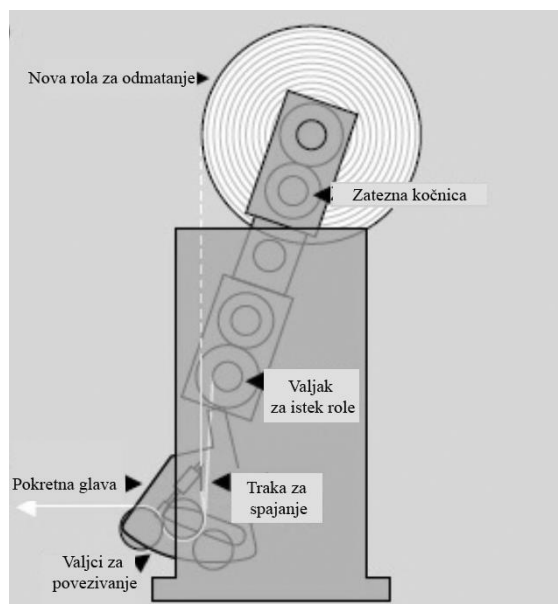
Kočeno odmotavanje poznato i kao pasivni odmotač, koristi kočnicu na odmotavanju i odupire se okretnom momentu namatača i stvara napetost u materijalu. Budući da se promjeri materijala u kolutu sve više mijenjaju, kočnica za odmotavanje trebala bi to kompenzirati kako bi održala stalnu napetost role. Prekomjerna napetost može uzrokovati istezanje ili čak pucanje materijala. Kočnica za odmotavanje mora postupno smanjivati okretni moment kada se promjer role smanji. Mjerna ćelija prenosi ispitani signal napetosti do PLC-a koji daje naredbe pojačalu napetosti nakon proračuna putem PID-a, što smanjuje moment za održavanje odgovarajuće razine napetosti role. Općenito govoreći, ova vrsta metode odmotavanja prikladna je za male strojeve uske širine, a nije prikladna za materijale osjetljive na napetost.[15] Pogonsko odmotavanje također poznato kao aktivno odmatanje, često se primjenjuje za tanke, rastezljive folije. Glavni valjak pokreće motor i nudi rješenja za odmotavanje za širok raspon promjera i težina rola.

Stalak za odmotavanje mora biti dovoljno čvrst i težak da spriječi deformacije i vibracije. Također bi trebala biti ugrađena izuzetna kontrola napetosti u sustave za odmatanje, napetost filma kontrolira se plesnim valjkom koji se nalazi nakon odmotavanja, a položaj plesajućeg valjka bi trebao biti na sredini njegovog raspona dok radi. Napetost na materijalu jednaka je opterećenju u plesajućem valjku. Svaka stanica za odmotavanje trebala bi se temeljiti na svojstvima materijala uključujući brzinu, debljinu, širinu, veličinu matičnih rola i način na koji će se rola koristiti u procesu izrade. Sve to treba uzeti u obzir prilikom odabira jedinice za odmatanje.



Slika 13. Shematski prikaz stanice za odmotavanje tiskovne podloge u jednom položaju

Izvor: vlastiti izvor



Slika 14. Shematski prikaz flying-splice stanice za odmotavanje tiskovne podloge

Izvor: vlastiti izvor

2.5. Vrste namatanja strojeva za namatanje i rezanje

Proces namatanja neophodan je za dosljednu proizvodnju visoko kvalitetnih rola u stroju za rezanje i namatanje. Proces namatanja materijala u rolu proizvodi unutarnje sile koje potencijalno mogu oštetiti materijal korištenjem neodgovarajuće metode namatanja. Postoje mnogi čimbenici koje treba uzeti u obzir, kao što su: potrebne veličine jezgre, vrsta materijala i težina gotove role. Pri odabiru vrste namatanja razumijevanje "TNT" principa namatanja (napetost, stiskanje i zakretni moment) važno je pri pravilnom odlučivanju načina namatanja. Ispod su objašnjeni uobičajeni tipovi namatanja i njihove primjene.

1. Površinsko namatanje

Površinsko namatanje poznato i kao kontaktno premotavanje ili namatanje trenjem. Materijal pokreće jedan ili više bubnjeva za namatanje (obično pogonjenih motorom) koji su u kontaktu s vanjskim slojem materijala koji se premotava zbog principa stiskanja. Nip loading može ponuditi odgovarajuću vučnu silu između pogonskih bubnjeva i namotavajućeg valjka, te dodatno kontrolirati gustoću gotovog proizvoda. Razlike u brzinama između pogonskih valjaka stvaraju napetost u materijalu. Načelo zakretnog momenta također se primjenjuje na površinsko namatanje. Kada su dva ili više pogonskih valjaka u kontaktu s valjkom za premotavanje, zatezanje ili labavljenje vanjskog sloja materijala koji se namotava u valjak može se kontrolirati promjenom zakretnog momenta između ovih valjaka. Budući da pogonska snaga sustava za namotavanje ne ovisi o njegovom rastućem promjeru, sustav površinskog namotavanja obično koristi manje energije od sustava središnjeg namotavanja. To je ekonomičan sustav za rezanje i namotavanje i lakši je za rukovanje i održavanje. Površinsko namatanje često se koristi za proizvodnju materijala s rolama velikog promjera i prikladan je za materijale koji nisu osjetljivi na sabijanje ili grizanje, kao što su tekstil, netkani tekstil, papir itd. Teška gotova pakiranja mogu se proizvoditi na malim jezgrama jer težina role je u potpunosti podržana duž svoje duljine tijekom premotavanja. Osim toga, za labavo pakirane gotove role, metoda površinskog namotavanja se ne preporučuje.[16]

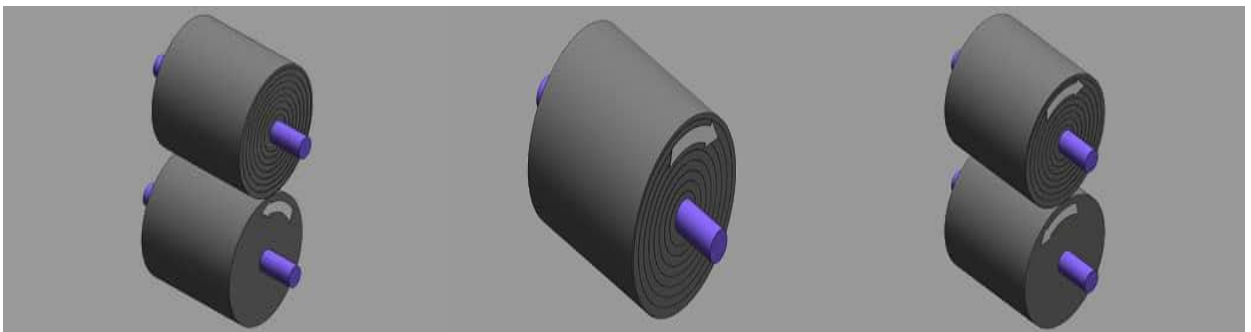
2. Središnje namatanje

Zračna osovina obično se pokreće motorom, a sila namotavanja prenosi se na materijal kroz jezgru. Formiranje valjaka može se prilagoditi promjenom napetosti i sile stiskanja na središnjem sustavu namatanja. Središnje namotavanje pruža učinkovito rješenje za proizvodnju visoko kvalitetnih rola od osjetljivih materijala.

Ovi strojevi za rezanje ili namotavanje mogu namotavati role s malom napetosti namotavanja i mogu nježnije rukovati materijalima. Središnje namatanje prikladno je za plastičnu foliju ili kompozite osjetljive na stiskanje, teške listove, osjetljivi netkani tekstil i papir, a materijali se moraju namotavati pri manjim napetostima jer postaju osjetljivi na kompresiju tijekom procesa namotavanja. Međutim, još uvijek postoje mnoga ograničenja kao što su težina gotove role, čvrstoća osovine ili jezgre za namatanje, a maksimalni promjer ograničen je dopuštenim momentom pogonskog motora. Potrebna je jezgra većeg promjera za smještaj osovine za namatanje većeg promjera.

3. Namatanje središnje površine

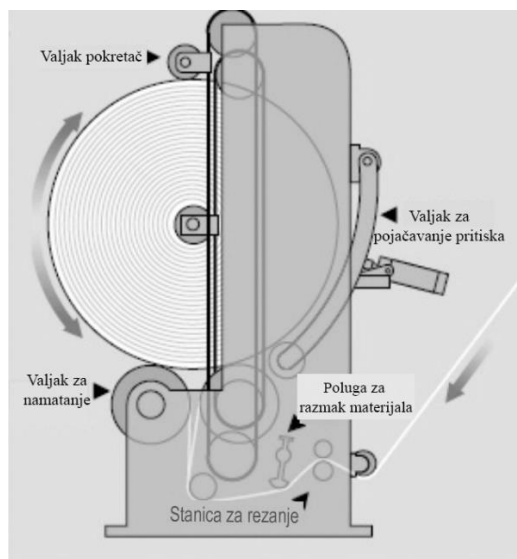
Osovina za premotavanje i bubanj za namatanje pokreću se kako bi primijenili silu na proces namatanja. Opterećenje položenog valjka primijenjenog na valjak za namatanje kontrolira stiskanje i okretni moment iz središnjeg pogona programiranim da proizvede željenu napetost unutar namotaja za željeni profil tvrdoće valjka. Napetost materijala kontrolira površinski pogon i koristi se za rezanje i širenje materijala. Namatanje središnje površine osigurava optimalnu kontrolu gustoće materijala za premotavanje. Prednost namatanja središnje površine je u tome što se napetost namatanja može kontrolirati neovisno o napetosti trake, može se namotavati uz najbolju kontrolu unutarnje napetosti namota. Poboljšava sposobnost proizvodnje kvalitetnih rola s prerezima koji se mogu isporučivati s proizvodnog namotača, prikladnih za namotavanje na materijale većih promjera.



Slika 15. Vrste namatanja materijala u rolu

a) površinsko namatanje b) središnje namatanje c) centralno središnje namatanje

Izvor: <https://www.film-slitte.com/winding-types-of-slitting-and-rewinding-machines.html>



Slika 16. Shematski prikaz stanice za namatanje tiskovne podloge s dvostrukim bubnjem

Izvor: vlastiti izvor

2.6. Napetost materijala

U rukovanju otiskivanjem, napetost se definira kao prosječna sila tiska u smjeru stroja (MD). Izraženo u sili po jedinici širine materijala (u engleskom sustavu izražava se u funtama po inču ili skraćeno PLI). Održavanje kontrole nad napetošću pri rukovanju materijalom bitno je iz nekoliko razloga: kako bi se smanjila vrećastost i uvijanje; održavanje duljine, širine i debljine materijala; održavanje puta materijala i registar; postizanje dobre kvalitete namotane role; izbjegavanje lomljenja ili naboravanja materijala.[17] Na napetost materijala utječu različiti izvori vibracija kao što su ekscentricitet valjka, točnost brzine motora, kvaliteta podloge, izazvano povlačenje valjka trenjem ležajeva i dr.[18] Stoga je imperativ u rukovanju materijalom da se napetost na neki način prati i kontrolira. Strojevi su obično razbijeni u "zone" napetosti. Zona napetosti je definirana kao dio materijala između bilo koja dva zatezna elementa (obično motora, kvačila ili kočnice). Jedan element u sustavu mora djelovati tako da kontrolira brzinu, a ne napetost. Svi ostali elementi kontrolirat će zonu napetosti uzvodno ili nizvodno od glavne reference brzine. Potreban broj zateznih zona u nekom tiskarskom stroju teško je pretpostaviti; premalo će spriječiti optimizaciju procesa, a previše će rezultirati nepotrebnim troškovima i složenošću tiskarskog stroja. Koraci za procjenu broja zona napetosti potrebnih u stroju uključuje: procjenu koraka procesa za osjetljivost na napetost i grupno kompatibilne procese; određivanje pogonskih elemenata, određivanje komponenti kao što su nepogonjeni valjci koji mogu utjecati na napetost otporom.[19]

2.7. Sustavi za obojenje u fleksotisaku

Fleksografska boja se do tiskovne podloge prenosi putem sustava za obojenje. Pritom se razlikuju dva vrlo različita sustava: zatvoreni sustav s dva noža koji se sve češće koristi i sustav sa pojedinačnim nožem. Sustav za obojenje generalno prenosi boju počevši put od aniloks valjka preko tiskovne forme koja se nalazi na temeljnom cilindru do tiskovne podloge djelovanjem tiskovnog cilindra. Rakel konstantno skida višak boje s aniloks valjka, a kutovi oštrice u odnosu na dodirnu točku na zatvorenom sustavu su točno predefimirani.

Industrijski standard za nož koji je postavljen uz aniloks valjak suprotnog je smjera vrtnje od aniloks valjka. On otprilike iznosi od 30° do 35° . Manji kutovi stvaraju veću kontaktnu površinu i zahtijevaju veći pritisak noža kako bi se dobila čista površina. To povećanje pritiska stvara prekomjerno trošenje aniloks valjka i oštrice noža. Preporuča se uvijek koristiti isti materijal na obje strane komornog sustava kako bi se uklonila mogućnost neravnomjernog pritiska. Fleksotiskarski strojevi za kratke role u najčešćem su slučaju opremljeni sa klasičnim sustavom za obojenje. Fleksotiskarski strojevi širokog formata obično se koriste zatvorenim sustavom za obojenje.

Odstranjivač viška flekso boje mora biti postavljen apsolutno ravno i bez valova. Da bi se spriječilo nastajanje valova držač oštrice se zateže pomoću vijaka od centra prema van. Kao i kod ostalih sistema za prijenos boje i ovdje je potreban minimalni pritisak oštrice što je ključno za kvalitetan tisak.

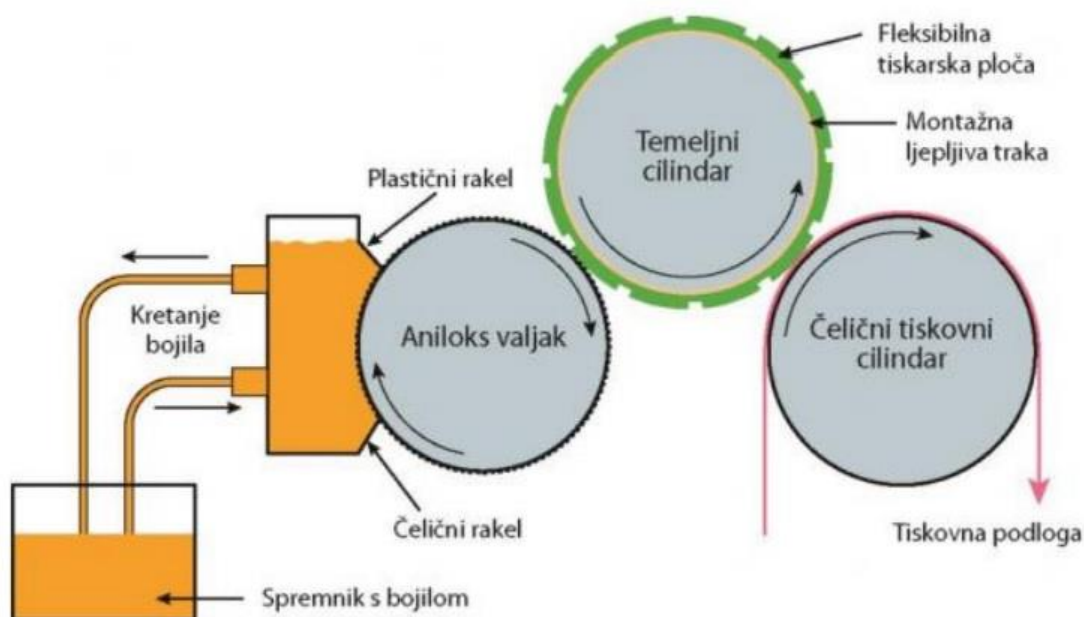


*Slika 17. Kut oštrice rakela prema aniloks valjku kod dva različita sustava za obojenje
Izvor: Upute i opis za rukovanje, Strojevi za fleksotisak UF – 6509 – INTRO, Aluflexpack d.o.o., Zadar*

2.7.1. Sustav za obojenje s komornim rakelom

Sustav za obojenje s komornim rakelom povećava kvalitetu tiska i ostvaruje prednost koja se očituje u očuvanju okoliša jer sprječava emisiju štetnih tvari iz tiskarskog bojila u atmosferu. Sustav se sastoji od polimernog rakel koji je pozicioniran suprotno od smjera vrtnje i čeličnog rakel koji je pozicioniran u smjeru vrtnje aniloks valjka. Oni su međusobno udaljeni oko 5 cm. Međutim ovisno o proizvođaču ta udaljenost može varirati. Rakel koji je postavljen u suprotnom smjeru od vrtnje aniloks valjka uklanja višak tiskarske boje dok drugi rakel zatvara komoru u jednu zatvorenu cjelinu. Ta komora je na krajevima valjka u potpunosti zatvorena. Fleksotiskarske boje se pomoću pumpe dostavljaju u centar komore ali kod strojeva širih formata ona se može dostaviti na nekoliko pozicija. Shema sustava za obojenje s komornim rakelom prikazana je na slici 18.

Ovaj sustav omogućava veću stabilnost tiskarske boje za vrijeme tiska i bolju kontrolu korištenja fleksotiskarske boje. Kao rezultat toga je stabilnija viskoznost fleksotiskarske boje a operater koji radi na tiskarskom stroju ima puno bolju kontrolu nad prijenosom fleksotiskarske boje. Sustav za obojenje s klasičnim rakelom za vrijeme pripreme stroja iznosi 50%, a za vrijeme tiska 20%. Na taj se način smanjuju štetne emisije.

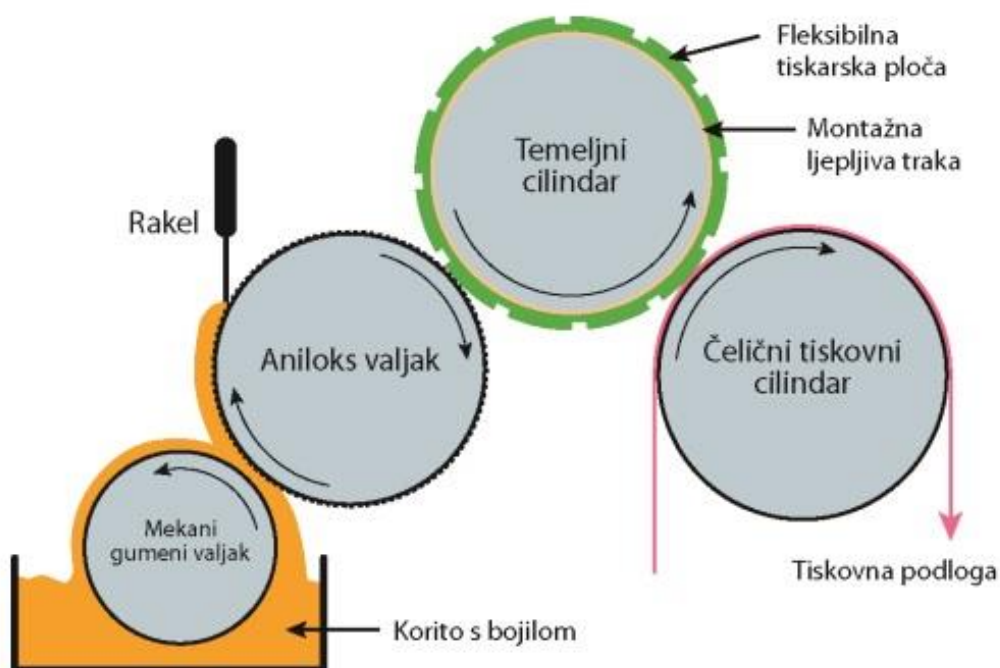


Slika 18. Sustav za obojenje s komornim rakelom

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:2984/datastream/PDF/download>

2.7.2. Sustav za obojenje s klasičnim rakelom

Sustav za obojenje s klasičnim rakelom sadržava dva valjka. To su mekani gumeni valjak i aniloks valjak. Valjak napravljen od gume se rotira u fleksotiskarskoj boji u otvorenom metalnom bojaniku. Zatim aniloks valjak preuzima na sebe fleksotiskarsko bojilo s gumenog valjka te ga indirektno prenosi na tiskovnu formu. Aniloks valjak uzdužno ima postavljen rakel koji uklanja višak bojila s njega i bojilo ostaje samo u čašicama aniloks valjka. Tim je principom osiguran jednak nanos boje na tiskovnoj formi. Elastični metalni nož naziva se rakel. Međutim on može biti napravljen od drugih materijala kao što su sintetski materijali ili plastika. Debljina rakela iznosi približno 0,1 mm. Rakel odnosno odstranjivač boje može se podešavati i postavljati prema aniloks valjku pod: različitim kutom, različitim pritiskom, negativnom smjeru i pozitivnom smjeru vrtnje. Na slici 19. prikazan je sustav za obojenje s klasičnim rakelom.



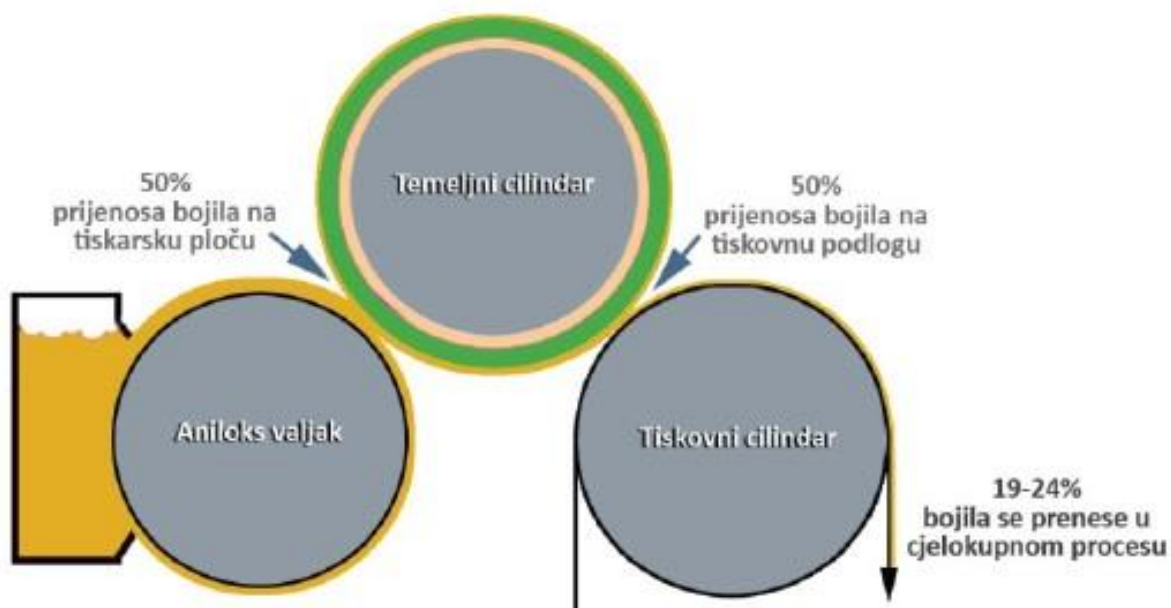
Slika 19. Sustav za obojenje s klasičnim rakelom

Izvor: (Valdec Dean, (2013). Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskog elementa predotisnute tiskovne podloge, doktorski rad, Grafički fakultet.)

2.7.3. Prijenos fleksotiskarske boje u procesu tiska

Za postizanje dosljednih i dobrih rezultata u fleksotisku vrlo je važno poznavanje viskoznosti tiskarske boje. Vjerojatno najveća pogreška u procesu određivanja točnog volumena aniloks valjka je u tome da se u izračun mora uzeti u obzir i dinamička viskoznost tekućina. Stoga je jedno od čestih pitanja koje se postavlja: Koliko se zapravo prenese fleksotiskarske boje sa aniloks valjka na tiskarsku podlogu?

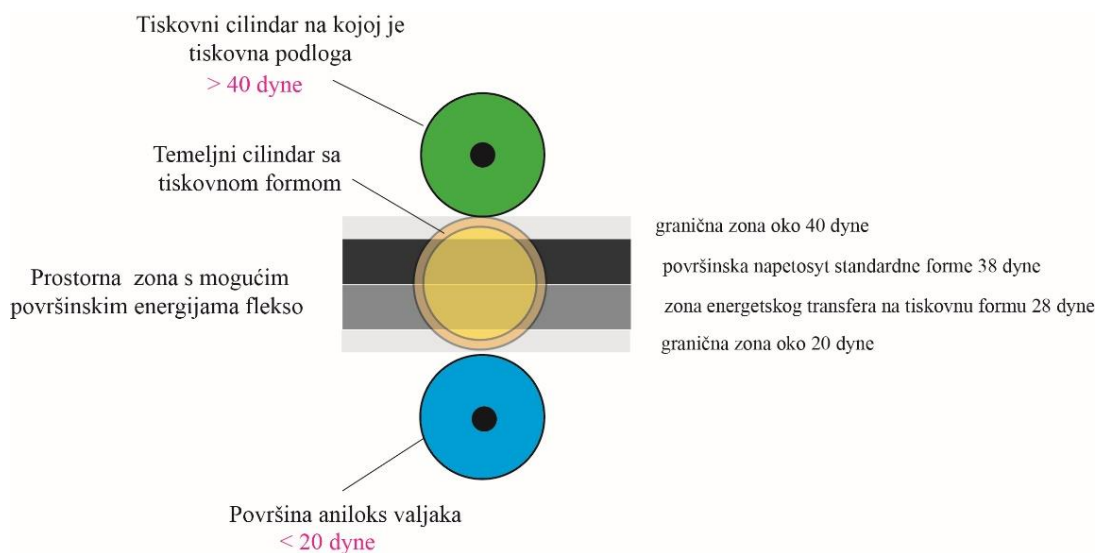
Dugo se vjerovalo da je količina bojila koji se prenese na tiskarsku ploču, a poslije na tiskarsku podlogu zapravo jednaka ukupnom volumenu aniloks valjka. Međutim negdje sredinom 90-tih godina tvrtka Harper Corporation je riješila taj problem. Provedena istraživanja ne samo da su demantirala pretpostavke da se cijeli volumen aniloks valjka prenese na tiskarsku podlogu već su pokazala da se samo 23%-25% volumena aniloks valjka prenese na tiskarsku podlogu. Time je pokazano da se otprilike 50% boje prenese sa površine aniloks valjka na tiskarsku ploču, a 50% na tiskarsku podlogu.[20] Efikasnost transfera unutar standardne flekso jedinica za obojenje prikazana je na slici 20.



Slika 20. Prijenos debljine nanosa bojila od aniloks valjka do tiskovne podloge
Izvor: <http://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

NIP zone

U smislu rukovanja tiskarskom podlogom, NIP zona se jednostavno definira kao sila stiskanja između dva valjka. Nipovi se obično koriste za izolaciju zona napetosti, kontrolu napetosti umotane metalice, vršenje pritiska za ispis i razne druge primjene. Hertz je 1882. godine prvi proučavao i modelirao naprezanja kao odgovor na pucanje željezničkih kotača. Hertzove jednadžbe projektiranja za dva paralelna, elastična, izotropna cilindra se mogu koristiti za izračunavanje vršnih naprezanja. Model je koristan za ilustraciju ključnih pojmova, dodatno se radilo na proučavanju nip sučelja. Na primjer, G.J. Parish razvio je niz jednadžbi za modeliranje ponašanja gumiranih valjaka.[21] Iako je zanimljiva teoretičarima, primjena ovih jednadžbi sama po sebi ne daje mnogo uvida konstruktoru stroja koji želi proširiti svoju intuiciju i znanje. Umjesto toga, postoje mnoge empirijske metode koje pružaju dovoljno dobre rezultate. Jedan od najkorisnijih je otisak i fleksibilni senzori. Nip otisak se može izvesti i statički i dinamički. To je dobar pokazatelj poravnjanja valjaka, raspodjele pritiska, kompatibilnost geometrije valjaka i trošenja valjaka. Statički otisak obično se radi utisnutim karbonskim papirom ili sličnim materijalom stiskanjem pri unaprijed određenom opterećenju. Dinamički otisak je sofisticiraniji i obično zahtijeva upotrebu fleksibilnih senzora koji mogu proći kroz utor dok stroj radi. Ovi se senzori također mogu koristiti za statički otisak.



Slika 21. Prikaz zona i napetosti između cilindara

Izvor: vlastiti izvor

2.8. Sustav za sušenje

Prije 1940. godine sustav za sušenje je bio problem, a sušilice na plinski plamen bile su opasne. Veliki doprinos produktivnosti bilo je uvođenje sustava cirkulacije vrućeg zraka za strojeve. Dok su ti početni dizajni sušara bili grubi u usporedbi s današnjim modernim sustavima sušenja, oni su odredili tempo za današnjicu i omogućila se upotreba visoko pigmentiranih boja koje su se sušile pri većim brzinama tiska. Strojevi su imali veće udaljenosti između stanica, što omogućuje prostor za međustanične sušare. Nove sušilice dopuštale su brzini tiska da bude znatno povećana. U 1950-ima, glavna smola u mnogim bojama bio je šelak. Međutim, šelak je prirodna smola koja može varirati u kvaliteti i karakteristikama, pa je stoga morala biti pronađena zamjena. Razvijene su poliamidne smole i boje na njihovoj osnovi pojavile su se 1955. Poliamidi daju vrhunski sjaj i dobro prijanjaju na polietilen. Alkoholno-estersko otapalo dodano smolama održavalo je boju stabilnom i omogućavalo brzo sušenje na stroju, i omogućio je tisak širokog materijala. Poliamidi se nazivaju "bojom za sve namjene" jer dobro se tiskaju na većini podloga, upijajućih ili neupijajućih. U valovitoj ambalaži, fleksografsko tiskanje vodom reduciranim bojama počelo je 1957. godine. Prvi flekso tiskarski stroj otpremljen je u Columbus, Ohio.

Rastuća zabrinutost za okoliš usmjerila je nacionalnu pozornost na utjecaj industrije, a fleksotiskarski strojevi su morali pomno pratiti kakvu će emisiju ispuštati u zrak zbog biljaka i ljudi. Zakon o čistom zraku iz 1980. naložio je smanjenje tih emisija za 35% i trenutne kontrolne agencije za zaštitu okoliša još su strože. Uvedeno je katalitičko spaljivanje kako bi se smanjile emisije; izmjenjivač topline omogućuje vrućem zraku iz spalionice da zagrije dolazni zrak. Ovo dvostruko korištenje vrućeg zraka smanjuje troškove energije. Drugi način za smanjenje emisije je korištenje topljivih boja u vodi ili smanjenje sadržaja otapala u boji. Kemičari za tinte razvili su sredstva za izradu tinti topljivih u vodi koje dobro djeluju na neupijajućim podlogama. Otpornost na habanje i dobro prijanjanje na neupijajuće podloge korištenjem tinte na bazi vode još uvijek može biti problem. Jedinice za koronsko pražnjenje pri tiskanju koriste se nakon ulazne vodilice za materijal za obradu materijala neposredno prije ispisa, povećavajući prijanjanje tinti topljivih u vodi. Mnogi pretvarači ispisuju poledinu na prozirnim filmovima, u kojima in-line laminacija zatvara tintu između laminacija gdje se ne može izgubiti.

2.9. Samoljepljive trake za montiranje klišeja Tesa® Softprint

Obostrano ljepljiva traka razvijena je 1975. godine sa ciljem spajanja fotopolimernih tiskarskih formi na temeljne cilindre. Tada je na tržište nekoliko kompanija predstavilo obostrane ljepljive trake s kompresibilnom pjenom. Ovakav sastav ostvario je znatan doprinos u povećanju kompresibilnosti ispod montiranih tiskarskih formi i uvelike su pomogle u poboljšanju ravnomjernosti pritiska u NIP zoni prilikom tiska. Time se ostvaruje smanjenje prirasta tonskih vrijednosti.[22]

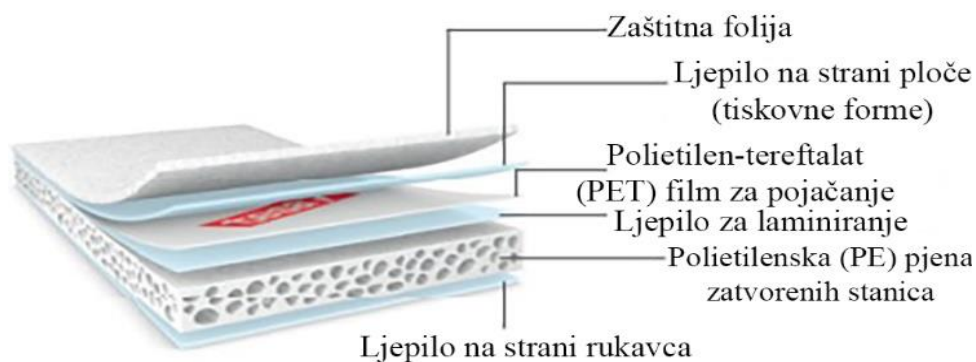
Tablica 2. Kriteriji odabira odgovarajuće tesa Softprint trake

Izvor: vlastiti izvor

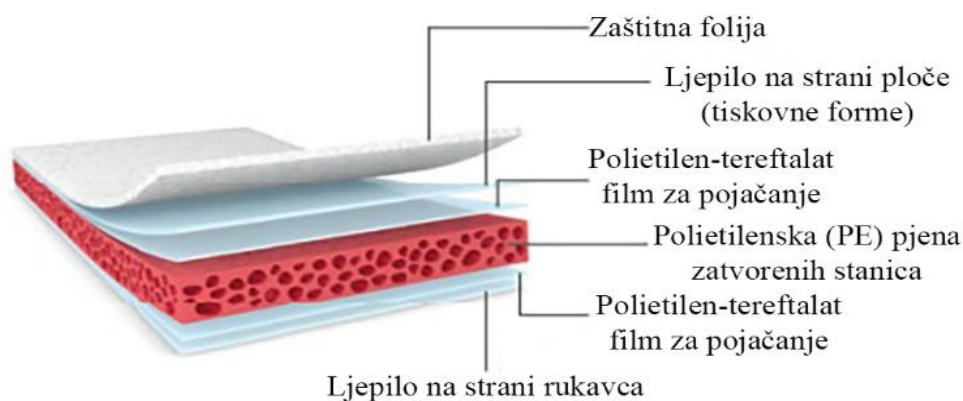
Oznaka za manju snagu ljepljenja na strani s tiskovnom formom	Oznaka za standardni proizvod	Oznaka za veću snagu ljepljenja na strani s tiskovnom formom	Objašnjenje u vezi proizvoda
	FE	FE-X	Veoma niska snaga ljepljenja za laku i brzu montažu i demontažu tiskovne forme. Snažno fiksiranje radi sprječavanja podizanja (odljepljenja) ruba u čistim i standardiziranim uvjetima.
		SEC-X	Niža snaga ljepljenja za laku i brzu montažu i demontažu ploče. Snažno fiksiranje radi sprječavanja podizanja ruba u čistim i standardiziranim uvjetima.
SLM	TP	TP-X	Srednje jaka snaga ljepljenja za pouzdanu montažu ploče u uobičajenim uvjetima. Snažno fiksiranje radi odljepljenja ruba, naročito u toplim uvjetima, odnosno uvjetima velike relativne vlažnosti.
	STM		Velika snaga ljepljenja za montažu ploče u zagađenim i hladnim uvjetima. Snažno fiksiranje radi sprječavanja podizanja (odljepljenja) ruba.

2.9.1. Mehanička i fizička svojstva obostrano ljepljivih traka

Kada je riječ o kvaliteti fleksotiska i stabilnosti procesa tiska, jedan od najmanje razmatranih, ali zapravo iznimno važan čimbenik je obostrano ljepljiva traka.[23] Osim njene tvrdoće, ona ima presudan utjecaj na kvalitetu otisaka i tvrdoću tiskovne forme. Mekanije tiskovne forme bolje pristaju uz površine dok su tvrde tiskovne forme deformirane manje, čime se smanjuje povećanje rastertonske vrijednosti. Međutim često se pojavljuju neotisnute točke. Tvrde tiskovne forme prikladnije su za tisak rasterskih površina, a korištenje vrlo meke trake rezultirat će prijenosom boje na podlogu i zahtijevat će povećanjem pritiska. Nešto tvrđa traka pomoći će poboljšati kvalitetu ispisa i neće zahtijevati povećanje pritiska, čime se produljuje vijek trajanja tiskovne forme i same trake. U slučaju da je traka previše tvrda ona može lupati prilikom tiska.[24] Gustoća i kompresibilnost pjene varira, ali općenito se mekše trake koriste za ujednačavanje tonskih vrijednost, a samim time teže je osigurati zadovoljavajuću reprodukciju tiskovnih elemenata u punom tonu. Tvrde trake se koriste za reprodukciju punih tonova da bi dale potrebnu podršku tiskovnim elementima. Povećanje širine linijskih elemenata jedan je od glavnih čimbenika nedostataka u procesu fleksografskog tiska. Nastaje prilikom sabijanja tiskarske forme dok se prenosi bojilo na podlogu. Mekanije obostrano ljepljive trake rezultiraju s većim porastom debljine linija. Zbog različitih uvjeta otiskivanja obostrano ljepljive trake za montažu fotopolimernih tiskarskih formi su dostupne u različitim debljinama i tvrdoćama. Kvaliteta trake ima jako veliki utjecaj na konačni otisak, a korištenje pogrešne trake može rezultirati problemima kao što su: odizanje rubova tiskarskih formi ili porast tonske vrijednosti najčešći. Kompresibilne obostrane trake sastoje se od tankog sloja pjene koji je obostrano oslojen adhezivom. Na pojedinim dijelovima tiskovne forme tanak sloj pjene ponaša se kao amortizirajući sloj koji smanjuje pritisak. Bitna svojstva obostrano ljepljivih traka su to da one moraju biti podešene da odgovaraju velikom broju različitih tiskovnih podloga (poliester, film, polietilen, laminirani materijali, metalizirani materijali...), različitim tiskovnim formama (različitih tvrdoća, solventne, termalne), brzini otiskivanja i veličini tiraža. Tanke pjene sa strukturom otvorenih ćelija koriste se za montažu fotopolimernih tiskovnih formi i kvalitetno otiskivanje. Debljina tih pjena obično se kreće između 0.3 do 1 mm i u SAD-u se koristi u 90% slučajeva gdje su potrebna amortizirajuća svojstva. Problem je u tome što su ove obostrane trake za jednokratnu uporabu, podložne su oštećenjima i nisu otporne na uobičajene rastvore koji se koriste u tisku. Također njihov učinak u otiskivanju punih tonova je relativno slab. Na slici 22.a) i 22.b) prikazani su presjeci obostrano ljepljivih traka.



Slika 22.a) Poprečni presjek trake klasičnog dizajna proizvoda



Slika 22.b) Poprečni presjek trake flex dizajna proizvoda

Izvor: <https://www.teamflexo.com/products/tesa-softprint-foam-tapes/>

U poprječnom presjeku Tesa Softprint obostrano ljepljive trake klasičnog dizajna vidimo da se na samom vrhu trake nalazi zaštitna folija, zatim ispod zaštitne folije nalazi se ljepilo na strani tiskovne forme. Polietilen-tereftelat nalazi se ispod ljepila kao film za pojačanje a ispod njega se nalazi ljepilo za laminiranje. Polietilenska (PE) pjena zatvorenih stanica nalazi se ispod ljepila za laminiranje, a ispod PE pjene zatvorenih stanica nalazi se ljepilo na strani rukavca.

U poprječnom presjeku Tesa Softprint obostrano ljepljive trake flex dizajna vidimo da se na samom vrhu trake nalazi zaštitna folija, zatim ispod zaštitne folije nalazi se ljepilo na strani tiskovne forme. Polietilen-tereftelat nalazi se ispod ljepila kao film za pojačanje. Polietilenska (PE) pjena zatvorenih stanica nalazi se ispod filma za pojačanje, a ispod PE pjene zatvorenih stanica nalazi se još jedan sloj polietilen-tereftalata koji služi kao film za pojačanje. Na samom kraju nalazi se ljepilo na strani rukavca. U tablici 3. prikazane su tehničke karakteristike traka tvrtke Tesa.

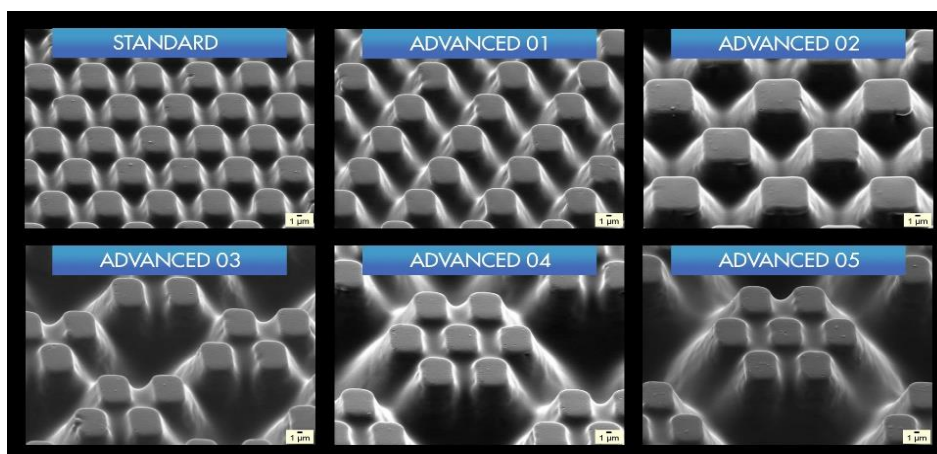
Tablica 3. Tehničke karakteristike Tesa Softprint traka za montiranje klišeja

Izvor: <https://www.tesa.com/en/about-tesa/product-and-technology-development>

Tesa Softprint trake za montiranje klišeja					
Primjena	Specijalnosti	Debljina [µm / mil]	Ljepilo	Nosač/ podloga	Boja
Za integrirano brzo ljepljenje					
tesa® 51918	d/s traka s velikom snagom ljepljenja za materijale koje je teško ljepiti	105 / 4	Prirodna guma	Polietilen-tereftalat (PET)	●
tesa® 51910	d/s traka s velikom snagom ljepljenja za sigurno brzo ljepljenje pri velikoj brzini stroja	120 / 5	Sintetička guma	Papir	●
Za konvencionalno brzo ljepljenje					
tesa® 51904	d/s traka s velikom snagom ljepljenja, velikom snagom prijanjanja za konvencionalno brzo ljepljenje	110 / 4	Sintetička guma	Netkana	●
Za ljepljenje pri mirovanju stroja					
tesa® 4137	s/s traka za pouzdano ljepljenje i induktivno detektiranje	50 / 2	Akrilno	Polietilen-tereftalat (PET)	●
Za zaljepljenje (fiksiranje) ruba					
tesa® 4244 PV2	fleksibilna s/s traka	137 / 5	Prirodna guma	Polivinil-klorid (PVC)	●
tesa® 4174	fleksibilna s/s traka	110 / 4	Prirodna guma	Polivinil-klorid (PVC)	●
tesa® 4104	s/s traka za sigurno ljepljenje na svim podlogama	67 / 3	Prirodna guma	Polivinil-klorid (PVC)	● ● ●
Za početak namatanja na jezgru role					
tesa® 4104	s/s traka za pouzdano ljepljenje na papirnatu i polietilensku jezgru role	67 / 3	Prirodna guma	Polivinil-klorid (PVC)	● ● ●
tesa® 51194	odvojiva d/s traka za veoma brzo ljepljenje u proizvodnji etiketa	120/5	Sintetička guma / akril	perforirani papir	●

2.10. Kodak DIGICAP NX Patterning

Klasična metoda rastriranja ostvarena upotrebom lit filmova ne osigurava kvalitetnu reprodukciju detalja i rasterskih prikaza. Zbog toga se primjenjuju nove (moderne) metode rastriranja. Jedna od njih je Kodakova DIGICAP tehnologija. KODAK DIGICAP NX Patterning je softverska značajka razvijena za KODAK FLEXCEL NX CtP sustav koji omogućuje veliki korak naprijed u učinkovitosti prijenosa boje, kroz primjenu mikro površinske teksture ostvarene na površini svih tiskovnih elemenata. Flekso aplikacije koje se otiskuju tradicionalno imaju probleme s učinkovitim prijenosom boje. Sa ovom metodom ostvaruje se veća gustoća ispisa, glatka pokrivenost boje punog tona i prošireni raspon boja u kolornom tisku. Razvoj koji fleksografiji omogućuje kompetenciju po kvaliteti s roto-gravurou ostvarena je kod fleksibilne ambalaže. DIGICAP NX Patterning pomaže da se ostvari: glatki otisak s punom pokrivenosti boje, manje dimenzije uzoraka u čvrstim podlogama i halo efekte na poledini, povećanju gustoće obojenja punog tona, smanjenju dot gaina posebno u sjenama i rast kolornog gamuta boja pri kolornom tisku. Ova tehnologija na površini tiskovne forme stvara teksturu koja osigurava ravnomjerniji nanos bojila. Na taj način se simulira dodatno rastriranje svih tiskovnih površina, kroz cijeli raspon tonova, čime se smanjuju efekti lošeg premještanja bojila, prevelike površinske napetosti i viskoznosti tiskarske boje. Ova tekstura sastavljena je od niza mikro točkica, koja je na otisku u potpunosti nevidljiva.[25]



Slika 23. Miraclon DIGICAP NX uzorak

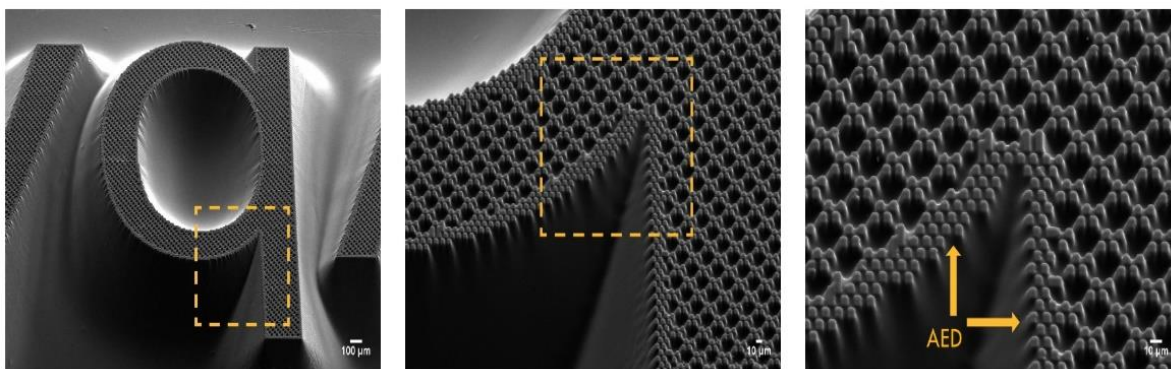
Pojedinačni elementi uzorka kreću se od 5µm. do 30µm. Svaka od ovih slika je približno promjer ljudske vlasi (70µm)

Izvor: <https://miraclon.com/content/uploads/2020/04/FLEXCEL-NX-Effective-Ink-Transfer-whitepaper.pdf>

Ovaj problem je riješen specijalnom digitalnom primjenom mikropovršinske teksture na tiskovnu formu. Najnovije napredne mogućnosti izrade teksturiranih uzoraka na tiskovnoj formi uključuju set od šest uzoraka (slika 23). To su: standard (sa većom gustoćom teksture), advanced 1 (sa smanjenom gustoćom teksture), advanced 2 (sa rijetkom gustoćom teksture), advanced 3 (sa prstenastom strukturom), advanced 4 (sa točkastom strukturom) i advanced 5 (sa točkastom strukturom).

S ovom tehnologijom ostvaruje se kontrola protoka boje na rubovima motiva koji se tiska i ključna je za smanjenje halo efekta. Ova tehnologija stvaranja tekstura je digitalno kontrolirana i za razliku od tiskovnih formi s fiksnom teksturiranom površinom, primjenjuje se na ciljanim područjima tiskanog motiva i primjenjuje se samo tamo gdje je potrebno. Uzorci su precizno dizajnirani za rad aniloksa većeg volumena i odabrani su na temelju kombinacije boje, aniloks valjka, tiskovne podloge i montažnih traka za optimalan prijenos boje. Za tisak kolora mogu se odabrati najfiniji uzorci teksturirane površine u skladu s nižim volumenom aniloks valjka. Za spotne boje, mogu se odabrati veći teksturirani uzorci gdje aniloks valjci nose dvostruko veći volumen flekso boje nego što je potrebno za tisak sa procesnim bojama. Postoje veći teksturirani uzorci za bijele boje, premaze i ljepila, koji mogu koristiti dva do tri puta veći volumen od standarda. Pomoću ovih tehnologija flekso tiskare mogu izraditi tiskovne forme specifične za točnu primjenu (za CMYK ispis, spot boje, bijele, ljepila, metalik itd.), koristeći samo jednu vrstu polimernih tiskovnih formi. Ove različite teksture mogu se kombinirati na jednom proizvodu to jest ako veličina motiva to dopušta.

Ove karakteristike digitalne pripreme koriste konfiguraciju za nošenje i usmjeravanje boje kako bi proizvele velike gustoće obojenja u polutonovima, punim tonovima i tekstualnim područjima te automatski primjenjuju manji uzorak na svim generiranim rubovima (slika 24). Time se boja zadržava samo tamo gdje je potrebno. Ova sposobnost formiranja barijere održava rubove ispisa čistima i oštrima, sprječava popunjavanje negativ teksta i finog pozitiv teksta, te omogućuje izbacivanje zarobljenog zraka. Svojstva otpuštanja boje, u kombinaciji s tiskovnom formom koja ima odgovarajuću strukturu točaka s ravnim vrhom, omogućuju manji pritisak pri stvaranju otiska. To daje fini odsjaj i omogućuje tiskaru da rjeđe zaustavi stroj i očisti ploče. Time se smanjuje otpad tiskovne podloge i produžuje vijek trajanja tiskovne forme.



Slika 24. Uvećani prikaz tiskovnih elemenata ostvarenih s Advanced Edge Definition tehnologijom za zadržavanje boje u rubovima

Izvor: <https://www.flexography.org/industry-news/effective-ink-transfer-enhances-shelf-appeal-improves-productivity/>

Ova tehnologija omogućuje nanošenje boje samo tamo gdje je potrebna i sprječava zadržavanje tamo gdje je nema. Rezultat je vrhunska pokrivenost bojom s maksimiziranim rasponom obojenja i rasponom tonova. Pristup ne samo da omogućuje ujednačeno nanašanje podložne bijele boje već sprječava da se otisnuti proizvod ili tiskovna podloga vide kroz otisak. To omogućava otvorenost srednjih tonova i tričetvrtinskih tonova kako bi polutonovi bili realistični uz kontinuirani prelaz tonova. Učinkovita tehnologija stvaranja barijere boje zahtijeva napredne mogućnosti reprodukcije slika koje mogu raditi na 2400 dpi. Pritom se stvaraju pikseli u matrici 4 x 4, što rezultira da se svaki piksel sastoji od efektivnih 16 laserskih točaka. Sposobnost sustava za osvjetljavanje da se selektivno uključi ili isključi ova grupa laserskih točaka omogućuje točnu i preciznu izradu mikro finog teksturiranog uzorka. Kada je efekt uključen u postupku izrade tiskovnih formi omogućuje se reprodukcija u mjerilu 4:1. To osigurava da se osvjetljeni uzorak svaki put potpuno i točno reproducira na tiskovnoj formi.

Učinkovit prijenos boje s minimalnim gubicima ključ je za postizanje flekso otisaka istovjetnim sa ofsetnim i dubokim tiskom. To se može postići samo korištenjem minimalne količine boje za tisak punih tonova bez popunjavanja područja koja se ne otiskuju ili povećanja prirasta u slici. Cilj Kodak DIGICAP NX tehnologije je otisnuti glatke boje na tvrdoj tiskovnoj podlozi, s bijelim bojama koje će blokirati svjetlo na transparentnim proizvodima ili otisnuti boju podloge, kako ne bi umanjile funkcionalnost dizajna. Neophodno je održavati gamut otisnutih boja i raspon tonova otvorenim kako bi se postigao maksimalan kontrast i utjecaj ambalažnih pakiranja na polici.

Kodak Maxtone rastriranje

Maxtone kombinira elemente AM i FM (stohastičkog) rastriranja u istaknutim područjima. (Maxtone se može koristiti u sjenovitim područjima, ali malo ga ako uopće postoji, strojeva zapravo koristi na ovaj način. Pojava Maxtonea u sjenama može nalikovati naboranju otiska te se općenito izbjegava iz tog razloga.) Implementacijom Maxtone rastriranja, mora se znati minimalna vrijednost rasterske točke za određeni medij i frekvenciju linije. Kada se primjenjuje Maxtone, koristiti će se puni AM raster do minimalne rasterske točke. U trenutku kada više nije moguće držati manju rastersku točku na tiskovnoj formi, raster će se prebaciti na fiksnu veličinu točke. Maxtone će nasumično ukloniti točke kako bi točno prikazao različite tonske vrijednosti koristeći istu veličinu točke. Na primjer, ako je Maxtone postavljen na veličinu točke od 6%, tada će se na tonskom području od 3% koristiti upola manje točaka od 6% tonskog područja. Stvarne Maxtone točke pojavljuju se samo na točkama AM rastera. Druge hibridne tehnologije rastera ponekad će pomaknuti svoje rasterske točke u pokušaju poboljšanja vizualnog izgleda. Kodakovo testiranje je pokazalo da u trenutku kada se prebacuje s AM rastera na mrežu FM rastera, dolazi do neprihvatljivog povećanja rasterskih točaka. Ostavljanjem Maxtone-a, nema vidljivog tonskog skoka u prijelazu s AM rastera na Maxtone raster, a prijelazi izgledaju glatko.

Kodak HyperFlex rastriranje

HyperFlex je razvijen kako bi poboljšao oblikovanje Maxtonea na tiskovnoj formi i kako bi poboljšao Maxtone-ov učinak na otiskivanju. Međutim, čak i u slučajevima kada se Maxtone ne koristi, HyperFlex se može koristiti za poboljšanje oblikovanja i izvedbe punog AM rastera. AM rasterske točke imaju problem nedovoljne količine UV energije koja dopire do tiskovne forme u svijetlim područjima. Kako AM istaknute točke postaju manje, količina ukupne UV energije se smanjuje, a istaknute točke se više neće pravilno formirati. Mogu biti preslabe da izdrže otisak pri otiskivanju. S HyperFlex-om može se primijeniti tehnologija UV svjetlosnog ventila za podizanje energetske praga i omogućiti točkicama da se pravilno polimeriziraju. U nekim slučajevima, korištenje HyperFlexa može dopustiti nešto manju AM minimalnu vrijednost rasterske točke. Glavna prednost je u tome što korištenje HyperFlex-a s AM točkama gradi sloj između točaka, povećavajući nagibe rubova i uzrokuje jaču polimerizaciju pojedinačnih polutonskih točaka. To povećava dosljednost razvoja tijekom vremena, bolju otpornost na otapala, pranje te čišće otiskivanje. Tiskovne forme će trajati dulje i bolje se otiskivati.

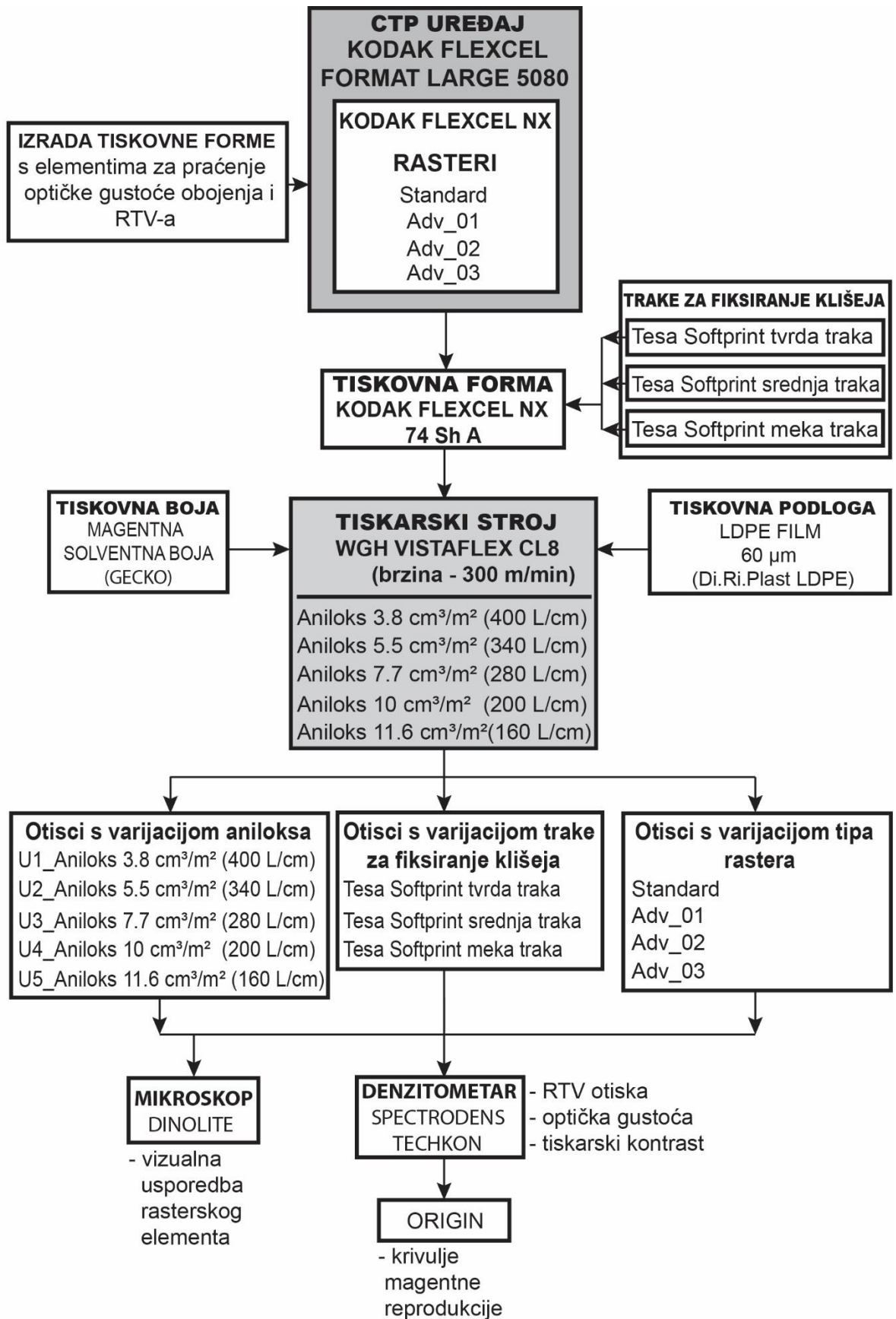
3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Metodologija rada

Za otiskivanje visoko kvalitetne fleksibilne ambalaže trenutno se najčešće koristi tehnologija fleksotiska. U ovom radu istražena je mogućnost otiskivanja na tiskarskom stroju WGH Vistaflex CL8 pri brzini otiskivanja od 300 m/min. Za potrebe eksperimenta na stroju su varirana pet aniloks valjaka sa točno definiranim kubikažama od kojih su se koristili aniloks 3.8 cm³/m² što odgovara linijaturi od 400 L/cm, aniloks 5.5 cm³/m² što odgovara linijaturi od 340 L/cm, aniloks 7.7 cm³/m² što odgovara linijaturi od 280 L/cm, aniloks 10 cm³/m² što odgovara linijaturi od 200 L/cm i aniloks 11.6 cm³/m² što odgovara linijaturi od 160 L/cm.

Za potrebe eksperimenta prvo je napravljena tiskovna forma koja je sadržavala tri vrste elemenata: elementi za praćenje optičke gustoće obojenja (engl. Density), elementi za praćenje rastertonske vrijednosti (tiskarski klin od 3% do 100% rastertonske vrijednosti u koraku od 10% rastertonske vrijednosti) i elemente za mjerenje relativnog tiskarskog kontrasta. Za potrebe otiskivanja korištena je tiskovna forma Kodak Flexcel NX tvrdoće 74 Sh A koja je napravljena na CTP uređaju Kodak Flexcel Format Large 5080 unutar kojeg zbog eksperimenta varira tip rastera. Primjenili su se četiri tipa rastera: Standard_NX, ADV_01 NX, ADV_02 NX i ADV_03 NX raster. Svi izrađeni klišeji lijepljeni su na različite načine pri čemu su se upotrebljavale tri trake za fiksiranje klišeja različitih tvrdoća: Tesa Softprint tvrda traka, Tesa Softprint srednja traka i Tesa Softprint meka traka. U eksperimentu je korištena samo jedna separacija to je magentna solventna boja proizvođača Gecko a kao tiskovna podloga koristio se 60 µm LDPE film proizvođača Di.Ri.Plast.

Tokom eksperimenta odrađeno je 12 mogućih kombinacija gdje su se vršile promjene pet različitih aniloks valjaka, promjene tri trake za fiksiranje klišeja i promjene četiri tipa NX rastera. Sve kombinacije su izmjerene spektrofotometrom i denzitometrom TECHKON SpectroDens na temelju kojega smo dobili rezultate relativne tonske vrijednosti otiska i optičke gustoće obojenja. Dobiveni rezultati su prikazani u aplikaciji Origin. Za detaljnu analizu korištena je mikroskopska slika uvećana 176 puta koja je dobivena mikroskopom DinoLite. Mikroskopska slika poslužila je za vizualnu procjenu dobivenih rezultata. Na slici 25. prikazan je shematski prikaz izvršenog eksperimenta.



Slika 25. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

3.2. Korišteni strojevi i uređaji

3.2.1. Kodak Flexcel NX Wide 5080 CtP sustav

Američka tvrtka Kodak trenutno je lider u proizvodnji CtP sustava. Trenutno najveća novost u proizvodnji tiskovnih formi za fleksotisak je nagrađivan Kodak Flexcel NX System. Sada je proširen i na veći format primjenom Kodak Flexcel NX Wide 5080 sustavom. Sustav CtP-a može proizvesti Kodak Flexcel NX ploče maksimalne veličine od 127 x 203.2 cm, te omogućuje korisnicima da maksimiziraju produktivnost izrade tiskovnih formi uz minimiziranje otpada. To ostvaruje prednosti Flexcel NX sustava za ispis grafičkih p s većom veličinom motiva i kvalitete. Isporučena fina reprodukcija slike, kontrast ispisa i visoka gustoća od strane Flexcel NX Wide 5080 sustava omogućuju pružateljima usluga pripreme za tisak i konvertera koji će se natjecati za poslovanje tradicionalno izvan mogućnosti fleksa, omogućujući kupcima ispisa da iskoriste i jedno i drugo fleksibilnost i isplativost fleksa tiska te kvalitetu koju bi obično očekivali od ofsetnog, dubokog ili digitalnog tiska. Uz novi tip fleksa CtP uređaja razvijena je i nova Flexcel NX ploča. Flexcel NX ploče ostvaruju poboljšane mogućnosti prijenosa boje i točkasta struktura visoke razlučivosti s ravnim vrhovima rasterskih elemenata koji ostvaruju učinkovitost ispisa. To uključuje brže vrijeme pokretanja stroja, smanjeni otpad i osigurava dulji vijek trajanja tiskovne forme. Teksturizacija površine ploče koju omogućuje Kodak DigiCap NX Patterning znači da možete očekivati veće gustoće, širi raspon boja i poboljšanja u korištenju kombiniranih ploča, otvarajući mogućnost smanjenja broja potrebnih ploča po poslu. Karakteristike Kodak Flexcel NX Wide 5080 CtP sustava prikazane su u tablici 4.

Tablica 4. Tehničke karakteristike Kodak Flexcel NX Wide 5080 CTP sustava

Izvor: <https://www.miraclon.com/products-technology/flexcel-nx-system/>

Kodak Flexcel NX Wide 5080 CtP		
Dimenzije komponenata		
Dimenzije CtP uređaja (V x Š x D)	120 x 323 x 224 cm Visina utovarnog stola: 84 cm	
Kabinet za uklanjanje otpada (UDRC)	86 x 56 x 56 cm	
Vanjska vakuum pumpa (V x Š x D)	51 x 67 x 144 cm Potrebno samo za snimanje ofsetnih ploča	
Masa	1760 kg	
Radne karakteristike		
Povezivanje sa workflow sustavom	Kodak TIFF Front End softver Dodatno: Kodak Prinergy sustav tijekom rada	
Specifikacije za obradu slike Kodak Flexcel NX termovizijski sloj (TIL)		
Produktivnost	S primijenjenim uzorkom DigiCap NX:	Bez primijenjene DigiCap NX teksture:
	Brzina snimanja: 12,5 m ² /h 3,5 širine-5080 listova na sat 5,5 širokih listova na sat 7,5 srednjih listova na sat 9,5 uskih listova na sat	Brzina snimanja: 6,5 m ² /h 2,0 širina-5080 listova na sat 3,5 širokih listova na sat 4,5 srednjih listova na sat 5,5 uskih listova na sat
Veličine ploča	640 x 838 mm za izradu ploče 610 x 762 mm 838 x 1097 mm za izradu ploče 800 x 1067 mm 940 x 1230 mm za izradu ploče 900 x 1200 mm 1097 x 1554 mm za izradu ploče 1067 x 1524 mm 1283 x 2062 mm za izradu ploče 1270 x 2032 mm	
Rezolucija	2400 dpi	
Ponovljivost	16 mikrona između 2 uzastopne ekspozicije na istom TIL-u lijevo na bubnju	
Rastriranje	300 lpi maksimalni linijski zaslon (0,4% do 99,6%) Kodak DigiCap NX uzorci Kodak Maxtone Screening i Kodak Maxtone CX Screening Kodak HyperFlex Ready Imaging tehnologija Kodak Staccato Screening	
Radni uvjeti CtP-a		
Temperatura	17° - 30°C	
Vlažnost	40%-60% relativne vlažnosti, bez kondenzacije	



Slika 26. Kodak Flexcel NX Wide 5080 CTP sustav

Izvor: <https://www.miraclon.com/products-technology/flexcel-nx-system/>

3.2.2. Tiskarski stroj WGH Vistaflex CL8

Jedinstveni tiskarski stroj sa centralnim cilindrom namijenjen za otiskivanje široke i ultra široke role, velike naklade i visoku kvalitetu s revolucionarnim konceptom rukovanja. Ugrađeni Vistaport roboti nude potpuno automatske promjene pritiskom na tipku, te zamjenu tiskovnih formi dok stroj radi. Priprema svih tiskovnih cilindara i aniloks valjaka izvodi se unaprijed za sljedeća 4 posla pomoću Vistaport sustava za pohranu. Najveća brzina ispisa i najveća ukupna produktivnost iznosi 800 m/min. Posjeduje najučinkovitiji sustav obojenja i pranja Turboclean advanced s membranskim ili električnim pumpama. Ugrađeni Easy-automation moduli omogućuju precizno podešavanje otisaka i registara kao i usklađivanje boja. Od tehničkih pogodnosti koje se mogu izdvojiti su: izuzetno visoka produktivnost, automatizirane promjene poslova s dva neovisna robota, priprema za logistiku i optimiziran rad izmjene poslova, velike širine otisaka (do 2200 mm) i standarda do 1250 mm, te potpuno integrirani sustavi za intuitivno rukovanje strojem. Tehničke karakteristike WGH Vistaflex CL8 stroja prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Tehničke karakteristike tiskarskog stroja WGH Vistaflex CL8

Izvor: https://www.wh.group/int/en/our_products/printing/flexo_printing_presses/vistaflex/

WGH Vistaflex CL8	
Broj boja	8/10
Širina ispisa	1650 mm
Duljina ponavljanja	maksimalno 1250 mm
Brzina otiskivanja	600 / 800 m/min



Slika 27. Tiskarski stroj WGH Vistaflex CL8

Izvor: https://www.wh.group/int/en/our_products/printing/flexo_printing_presses/vistaflex/

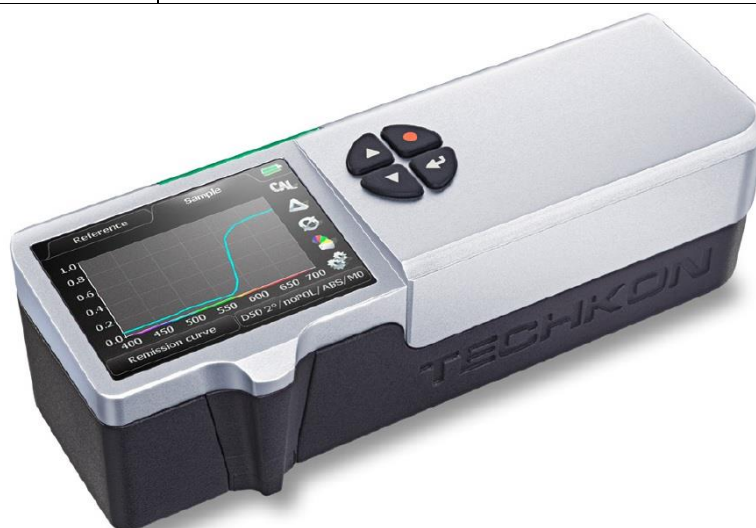
3.2.3. Densitometar TECHKON SpectroDens

SpectroDens je mjerni uređaj za sve tiskarske namjene, to jest univerzalno se koristi za kontrolu kvalitete tiska u grafičkoj industriji kao i za druge postupke kontrole potrošnog materijala. SpectroDens je iznimno prikladan za uporabu zahvaljujući individualno podesivim funkcijama zaslona, može se brzo postaviti uređaj za novi posao. Čvrsto aluminijsko kućište čini uređaj pouzdanim alatom čak i u teškom industrijskom okruženju. Izravno pozicioniranje mjernog zaslona na mjernom polju osigurava sigurno i brzo kolorimetrijsko mjerenje. Svi modeli SpectroDens densitometra opremljeni su kotačima za praćenje, to jest da osim pojedinačnih mjerenja skeniranjem mogu biti izvedene serije mjerenja. Zahvaljujući mjerenju funkcija SCAN, SpectroDens Premium čak omogućuje i univerzalno skeniranje do 200 mjernih polja na kontrolnim trakama za praćenje kvalitete otiska. Kao spektro-densitometar, SpectroDens kombinira kvalitete vrlo preciznog spektro-fotometra i jednostavnog korištenja densitometra. Uređaj je pogodan za prikazivanje: opaciteta, bjeline papira, žutoće papira, optičke gustoće obojenja CMYK otisaka, određivanje RTV-a, prirasta RTV-a, određivanje sivoće, prihvaćanje boje na boju, tiskarski kontrast, krivulje spektralne reflektancije, CIE L*a*b* koordinata boja, CIE L*C*h i CIE L*u*v* koordinata boja. Tehničke karakteristike TECHKON SpectroDens densitometra prikazane su u tablici 6.

Tablica 6. Tehničke karakteristike denzitometra TECHKON SpectroDens

Izvor: <https://www.techkon.com/spectrodens-en.html>

TECHKON SpectroDens	
Geometrija mjerenja	0° : 45° optika prema ISO 5-4
Spektralni raspon	400 do 700 nm u koracima od 10 nm, spektralna razlučivost 10 nm, senzor udaljenosti piksela < 3 nm
Mjerni otvor blende	3 mm okrugli standard; 1,5 mm okrugla opcija
Izvor svjetlosti	LED, osigurava uvjete mjerenja M0, M1, M2, M3 prema ISO 13655
Filter za polarizaciju	Dvapat linearno ukršteno, uključeno i isključeno po otpuštanju tipke
Vrijeme mjerenja	prosječno 1 sekunda po mjerenju; maksimalno 10 sekundi u načinu skeniranja
Bijela referenca	Apsolutno i relativno; apsolutno bijeli standard integriran u konzolu za punjenje
Vrste osvjetljenja	A, C, D50, D65, F 2/7/11
Standardni promatrač	2°, 10°
Filter gustoće	DIN 16536, DIN 16536 NB, ISO/ANSI T, ISO/ANSI I, ISO E; spektralna gustoća D_{max}
Raspon mjerenja gustoće	0,00 – 2,50 D
Ponovljivost	0,01 D; 0,03 CIE $\Delta E^*a^*b^*$
Težina	495 g
Dimenzije	62 x 50 x 185 mm
Komunikacijski priključak	USB; WLAN modul po izboru



Slika 28. Denzitometar TECHKON SpectroDens

Izvor: <https://www.techkon.com/spectrodens-en.html>

3.2.4. Digitalni mikroskop Dino-lite Edge

Dino-Lite 1,3 MP Edge dizajniran je za pružanje visoke vjernosti reprodukcije slika sa svojim performansama pri slabom osvjetljenju i fleksibilnoj LED kontrolnoj rasvjeti. Zahvaljujući MJPEG kompresiji slike, napredni CMOS senzor može prenositi oštre slike brzinom od 30 slika u sekundi u razlučivosti do 1280x960 dpi. Radeći sa softverom DinoScope, FLC maksimizira fleksibilnost osvjetljenja nudeći neovisnu kontrolu uključivanja-isključivanja četiri LED izvora uz mogućnost podešavanja intenziteta na 6 razina. Poboljšavajući FLC senzor ima mogućnosti da se eFLC može prilagoditi intenzitetu svjetla na dvije dodijeljene skupine LED izvora (svaka s 32 razine podešavanja intenziteta svjetla). Robusno metalno kućište izrađeno od anodizirane legure štiti Dino-Lite od UV i elektromagnetskih smetnji. Ugrađeni podesivi polarizator omogućuje slobodno uklanjanje neželjenog odsjaja ili odsjaja s površine predmeta koji se mjeri, te daje bolji kontrast. Scroll lock opcija osigurava da gumb za fokusiranje ostane na željenom položaju fokusa ili povećanja bez brige o nenamjernom pomicanju. Izmjenjive kapice pružaju prilagodljivost brojnim aplikacijama s alternativnom rasvjetom ili okolinom objekata (raspršeno svjetlo, prstenasto svjetlo i koaksijalno svjetlo). Izmjenjive prednje kapice dizajnirane su za korištenje s modelima serije Dino-Lite Edge i EdgePLUS. Tehničke karakteristike DinoScope mikroskopa prikazane su u tablici 7.

Tablica 7. Tehničke karakteristike digitalnog mikroskopa Dino-Lite Edge

Izvor: https://www.dino-lite.com/products_detail.php?index_m1_id=9&index_m2_id=47&index_id=169

Dino-Lite Edge	
Model	AM4117MZT Dino-Lite Edge
Sučelje	USB 2.0
Rezolucija proizvoda	1.3M piksela (1280x960)
Povećanje	20x~220x
Okvirna stopa	30 fps u 1,3 MP, MJPEG ; 30 fps u VGA, MJPEG
Rasvjeta	8 bijelih LED dioda
Podržan operativni sustav	Windows 7/8/10/11 ; macOS 10.14 ili noviji
Spremanje formata	DinoCapture2.0: BMP, GIF, PNG, MNG, TIF, WBMP, JP2, JPC, JPG, DinoXcope: PNG, JPEG
Funkcija kalibracije	Podržana
Dimenzija jedinice	10,5 cm x 3,3 cm
Težina jedinice	90 g



Slika 29. Digitalni mikroskop Dino-Lite Edge

Izvor: https://www.dino-lite.com/products_detail.php?index_m1_id=9&index_m2_id=47&index_id=169

3.3. Korišteni materijali

3.3.1. Tiskovna forma Kodak Flexcel NX 74 Sh

KODAK FLEXCEL NX CtP sustav koristi jedinstvenu tehnologiju IR osvjetljavanja tiskovnih formi kako bi se osigurala jednostavnost i pouzdanost izrade. Performanse FLEXCEL NX CtP-a preuzete su od jedinstvene tehnologije. FLEXCEL NX Thermal Imaging Layer, koristi jedinstvenu tehnologiju osvjetljavanja i laminaciju. Njom je osigurana snažna kombinacija visoke razlučivosti slike na tiskovnim formama, s realizacijom rasterskih točaka u mjerilu 1:1. DIGICAP NX Patterning s Advanced Edge definicijom omogućuje iznimnu kontrolu rasporeda boje, proširujući raspon reprodukcije boja i pružajući bolji kontrast otiskivanja. Poboľjšani raspon tonova, glatki puni tonovi, svijetle nijanse boje i oštar tekst. Tiskovne forme FLEXCEL NX nude široku ekspoziciju s kratkim vremenom sušenja, što je potrebno za ispunjavanje zahtjevnijih zahtjeva za kvalitetom ispisa. Osim toga, izdržljive tiskovne forme lako se montiraju, otporne su na habanje i brzo se obojavaju u tisku. Time se ostvaruje povećana dosljednost, veća produktivnost i poboljšana kvaliteta otiskivanja. Tiskovne forme FLEXCEL NX dizajnirane su za tisak na raznim podlogama, podržavajući primjenu kod fleksibilnog pakiranja, etiketa, sklopivih kartonskih kutija i valovitih transportnih kutija sa otiskom. Tehničke karakteristike tiskovnih formi Kodak Flexcel NX prikazane su u tablici 8.

Tablica 8. Tehničke karakteristike tiskovnih formi Kodak Flexcel NX

Izvor: <https://www.flexpackmag.com/articles/89587-kodak-announces-flexcel-nx-ultra-solutionx>

Tipovi ploča Flexcel NX						
Veličina ploče	610 x 762 mm	800 x 1067 mm	900 x 1200 mm	1067 x 1524 mm	1270 x 1651 mm	1270 x 2032 mm
Sloj toplinske slike (TIL)	●	●	●	●		
Sloj toplinske slike (TIL-R)		●	●	●	●	●
Preporuke za sigurnu rasvjetu	Dugotrajno izlaganje treba biti pod žutim ili UV modificiranim fluorescentnim svjetlom					
Skladištenje	Čuvati na ravnom mjestu i koristiti u kontroliranom okruženju od 17 – 30°C i pri 40 – 60% relativne vlažnosti					
Rukovanje	Držite film za kutove. Izbjegavajte grebanje i savijanje. Pažljivo rukujte pločama					
Tehnički podaci za gotove tiskovne forme						
		NX 1.14	NX 1.70	NX 2.54	NX 2.84	
Debljina		1.14 mm	1.70 mm	2.54 mm	2.84 mm	
Tvrdoća (Shore A)		71 - 77	63 - 69	58 - 64	57 - 63	
Minimalna rasterska točka		10 µm	10 µm	10 µm	10 µm	
Minimalna izolirana rasterska točka reprodukcije		50 µm	50 µm	50 µm	50 µm	
Minimalna fina linija reprodukcije		20 µm	20 µm	20 µm	20 µm	
Originalna boja tiskovne forme		žuta				
Ostvarena rezolucija tiskovne forme		0,4 - 99,6%, 300 lpi (118 L/cm) @ 2400 dpi, 25 mikrona KODAK STACCATO Screening				
Kompatibilnost flekso boja		Boje na bazi vode, na bazi otapala, UV sušive i EB sušive				
Otopine za razvijanje		Kompatibilan s većinom otapala za ispiranje				
Primjenjena za tiskovne podloge		Filmovi, folije, skupljajuća folija, kuverte, papir, naljepnice osjetljive na pritisak, ulošci za predisipis				



Slika 30. Tiskovna forma Kodak Flexcel NX 74 Sh

Izvor: <https://www.flexpackmag.com/articles/89587-kodak-announces-flexcel-nx-ultra-solutionx>

3.3.2. Tesa Softprint samoljepljive trake za montiranje klišeja

Zahtjevi za sve veću kvalitetu tiska kombinira se sa potrebom za visoku razinu učinkovitosti procesa tiska, zahtijevaju dizajn ljepljivih traka za montažu tiskovnih formi prilagođen očekivanjima korisnika. Proizvodi iz tesa® Softprint asortimana za flekso tisak su proizvedeni u dva dizajna. To su klasični i flex dizajn, koji pružaju individualne mogućnosti radi postizanja veće učinkovitosti procesa. Ljepljive trake za montažu tiskovne forme bitno utječu na učinkovitost proizvodnog procesa i kvalitetu tiska. Tesa® Softprint asortiman je podržan od strane visoko sofisticiranog proizvodnog procesa (sve stjenke pjene ostaju unutar nosača samoljepljive trake radi boljeg amortiziranja i elastičnosti u tijeku vremena). Odabirom samoljepljive trake s ispravnom tvrdoćom pjene, moguće je postizanje izvanredne kvalitete tiskanog proizvoda, povećanje brzine tiska, kao i eliminiranje nedostataka tiska, na primjer vidljivih pruga, prirasta rasterskih elemenata i pojave bjelina. Tesa® Softprint FE-X EA posebno je razvijen za jednostavno rukovanje samoljepljivom trakom kako bi se smanjio otpad, uštedjelo vrijeme i dodatno poboljšala produktivnost u proizvodnji. Mikro kanali unutar ljepila osiguravaju lako uklanjanje zraka tijekom postavljanja tiskovne forme i otiskivanja. Ljepilo FE-X pouzdano drži rubove tiskovnih formi prema dolje dok proces demontaže istih čini brzim i jednostavnim. Poboľšana površina proizvoda čini rukovanje samoljepljivim trakama još praktičnijim. Fleksoindustrija je kompetitivan posao u kojem često male stvari mogu napraviti veliku razliku. Sve veći zahtjevi za kvalitetom otiskivanja i učinkovitosti procesa zahtijevaju procesne komponente visokih performansi. Tesa® Softprint montažne trake za tiskovne forme su posebno razvijene za pružanje najviše razine kvalitete ispisa i učinkovitosti procesa. Tehničke karakteristike Tesa® Softprint samoljepljivih traka za montažu tiskovnih formi prikazane su u tablici 9.

Tablica 9. Karakteristike i svojstva tesa® Softprint tvrde, srednje i meke trake

Izvor: <https://www.tesa.com/en>

	tesa® Softprint 72428 FE	tesa® Softprint 72424 FE	tesa® Softprint 72422 FE
Informacije o proizvodu	Montažna traka od pjenaste ploče: CLASSIC Product	Montažna traka od pjenaste ploče: CLASSIC Product	Montažna traka od pjenaste ploče: CLASSIC Product
Značajke proizvoda	Svojstva pjene: niska tolerancija debljine. Dugotrajne, stalne karakteristike oporavka. Ljepljiva svojstva:slabo ljepljiva površinska svojstva. Jednostavna demontaža tiskovne forme. Dostatna traka, lijepljenje prema strani rukavca. Dvostrana pjenasta traka.	Svojstva pjene: niska tolerancija debljine. Dugotrajne, stalne karakteristike oporavka. Ljepljiva svojstva:slabo ljepljiva površinska svojstva. Jednostavna demontaža tiskovne forme. Dostatna traka, lijepljenje prema strani rukavca. Dvostrana pjenasta traka.	Svojstva pjene: niska tolerancija debljine. Dugotrajne, stalne karakteristike oporavka. Ljepljiva svojstva:slabo ljepljiva površinska svojstva. Jednostavna demontaža tiskovne forme. Dostatna traka, lijepljenje prema strani rukavca. Dvostrana pjenasta traka.
Polja primjene	Montaža 1,14 mm (0,045") i 1,70 mm (0,067") fleksografskih tiskovnih formi na čelične /alu/PU i staklene cilindre.	Montaža 1,14 mm (0,045") i 1,70 mm (0,067") fleksografskih tiskovnih formi na čelične /alu/PU i staklene cilindre.	Montaža 1,14 mm (0,045") i 1,70 mm (0,067") fleksografskih tiskovnih formi na čelične /alu/PU i staklene cilindre.
Konstrukcija proizvoda	Vrsta ljepljivog akrilnog ljepila. Vrsta košuljice od PP. Ukupna debljina 550 µm. Nosivi materijal PE pjena s filmom.	Vrsta ljepljivog akrilnog ljepila. Vrsta košuljice od PP. Ukupna debljina 550 µm. Nosivi materijal PE pjena s filmom.	Vrsta ljepljivog akrilnog ljepila. Vrsta košuljice od PP. Ukupna debljina 550 µm. Nosivi materijal PE pjena s filmom.
Svojstva proizvoda/vrijednosti izvedbe	Tvrda tvrdoća trake. Kategorija debljine 500 i boja trake zelena.	Srednja tvrdoća trake. Kategorija debljine 500 i boja trake ljubičasta.	Meka tvrdoća trake. Kategorija debljine 500 i boja trake crvena.



Slika 31. Tesa Softprint trake za montiranje klišeja

Izvor: <https://www.tesa.com/en>

3.3.3. Tiskovna podloga LDPE film (60 μm)

LDPE (*eng. Low-density polyethylene*) je skraćenica za polietilen niske gustoće koji se proizvodi polimerizacijom etil monomera. Drugim riječima etilen se dobiva krekiranjem derivata lake nafte. Niska gustoća pritom se dobiva postupkom polimerizacije pod visokim tlakom. Pri čemu se stvaraju molekule s mnogo bočnih grana. Tako nastale bočne grane osiguravaju da stupanj kristalizacije ostane relativno nizak. Drugim riječima, zbog svog nepravilnog oblika, molekule ne mogu ležati jedna na drugoj, tako da ih manje stane u određeni prostor. Što je niži stupanj kristalizacije, to je niža gustoća materijala. LDPE je čvrsta plastika (ima mnogo bočnih grana u svojoj molekularnoj strukturi) koja je prilično mekana, ali je dovoljno snažna da se može uspješno koristiti za postupke uvijanja i umatanja. Osim toga, hidrofoban je, dobar izolator i otporan je na kiseline. LDPE film je stoga vrlo prikladan kao materijal za fleksibilnu ambalažu.

LDPE film također može doći u dodir s hranom i stoga se može koristiti u prehrambenoj industriji. Zbog svoje molekularne strukture, LDPE je prikladan za skupljajuće filmove. Sve vrste polietilena skupljaju se kada se zagrijavaju u uzdužnom smjeru proizvedenog filma. Međutim, bočne grane također osiguravaju da se film također može skupiti u smjeru širine. Glavna prednost LDPE filma je što za izradu ambalaže potrebna mala količina materijala. Samim time za proizvodnju je potrebno relativno malo energije, što proizvodi i manje emisije CO₂ od ostalih materijala za pakiranje. U konačnici to je materijal koji je lagan i malog volumena. Tehničke karakteristike LDPE filma (60 μm) prikazane su u tablici 10.

Tablica 10. Tehničke karakteristike LDPE filma (60 µm) korištenog za potrebe fleksibilne ambalaže

Izvor: <http://diriplast-srl.commerciointalia.it/>

LDPE film (60 µm)				
Svojstva	Jedinice	Nominalne vrijednosti		Metoda ispitivanja
Širina	mm	na zahtjev + 3 ili + 6		interna metoda
Debljina	mikron	60 µm		interna metoda
Gustoća (23°C)	g/cm ³	0,932 +/-0,002		ASTM D 1505
Mehanička svojstva		DM	DT	ASTM D 882
Maksimalna snaga	M _{Pa}	20-26	18-24	ASTM D 882
Maksimalno produljenje	%Lo	300-450	650-850	ASTM D 882
Prelomna čvrstoća	MPa	20-26	18-24	ASTM D 882
Prekid izduženja	%Lo	300-450	650-850	ASTM D 882
Dinamički cof film/film	.-	0,20 +/-0,05		ASTM D 1894
Antistatički tretman	.-	da		.-
Obrada površine	dyne/cm ²	44 +/-2		ASTM D 2578
Optička gustoća	D	> 0,20		interna metoda
Dužina role	m	prema zahtjevu		interna metoda
Promjer role	mm	970 maksimum		interna metoda
Promjer jezgre	mm	76-152 prema zahtjevu		interna metoda
DM SMJER STROJA		DT TRANSVERZALNI SMJER		



Slika 32. LDPE film (60 μm) u roli
Izvor: <http://diriplast-srl.commerciointalia.it/>

3.3.4. Fleksotiskarska boja Gecko (magentna solventna)

Cijeli raspon visoko pigmentiranih solventnih nitroceluloznih tiskarskih boja specifično je dizajniran za površinski tiskane aplikacije na fleksibilnim filmovima. Takva tiskarska boja se preporučuje kada su potrebne veće performanse u vodi i velika otpornost na ogrebotine. Primjenjivost na LDPE obloženim akrilom mora se dodatkom tvari za povećanjem adhezije boje ispravno ispitati u odnosu na udio pojačivača prijanjanja koji se obavezno dodaje u ovoj seriji boje. Na podlogama obrađenim protiv zamućenja mogu imati povećan rizik od blokiranja, stoga je potrebno provesti preliminarni industrijski test kako bi se potvrdila prikladnost ove serije boje. Testovi migracije u laboratorijima Huber grupe s otisnutim uzorcima izrađenim od komercijalno dostupnog LDPE filma nije pokazala migraciju tvari iznad zakonskih granica. Na temelju rezultata ovih migracijskih testova, očekuje se da će otisnute boje omogućiti da konačni tiskani proizvodi budu u skladu sa zakonskim zahtjevima za pakiranje za sve vrste prehrambenih proizvoda. Kako bi se održala niska koncentracija zaostalih otapala u tiskanom filmu, tiskar mora osigurati dovoljno brzo sušenje proizvoda, posebno kada su dodani usporivači kao komponente. Tehničke karakteristike magentne solventne boje Gecko proizvođača Huber prikazane su u tablici 11. i 12.

Tablica 11. Tehničke karakteristike magentne solventne boje Gecko

Izvor: <https://www.hubergroup.com/de/en/print-solutions-division/family/gecko>

Magentna solventna boja Gecko	
Adhezija	4
Otpor na trljanje	4
Otpornost na ogrebotine	5
Otpornost na toplinu	160° - 170° C
Sjaj	4
Otpornost na vodu	5
Otpornost na duboko smrzavanje	5
Otpornost na biljna ulja	4
C.O.F. (dinamički raspon)	0.20 – 0.30

Skala ocjenjivanja (od 1 do 5 na temelju asortimana proizvoda Gecko) 1= najlošija vrijednost, 5= najbolja vrijednost

Tablica 12. Sastav i udio osnovnih komponenata

Izvor: <https://www.hubergroup.com/de/en/print-solutions-division/family/gecko>

Viskozitet	Fleksografski tisak 20 – 25 s DIN 4	udio %
Usporivač	n-propanol / n-propil acetat	90:10 do 70:30
Otapalo	etanol / etil acetat	90:10 do 70:30
Ubrzivač	-	-
Sušilo	etoksi propanol	-



Slika 33. Magentna solventna boja Gecko

Izvor: <https://www.dgtech.com.gt/shop/product/2010101002-tinta-gecko-ecosolvente-dxu-1lt-magenta-cabezales-dx4-dx5-y-dx7-4604>

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. Utjecaj aniloksa na kvalitetu reprodukcije

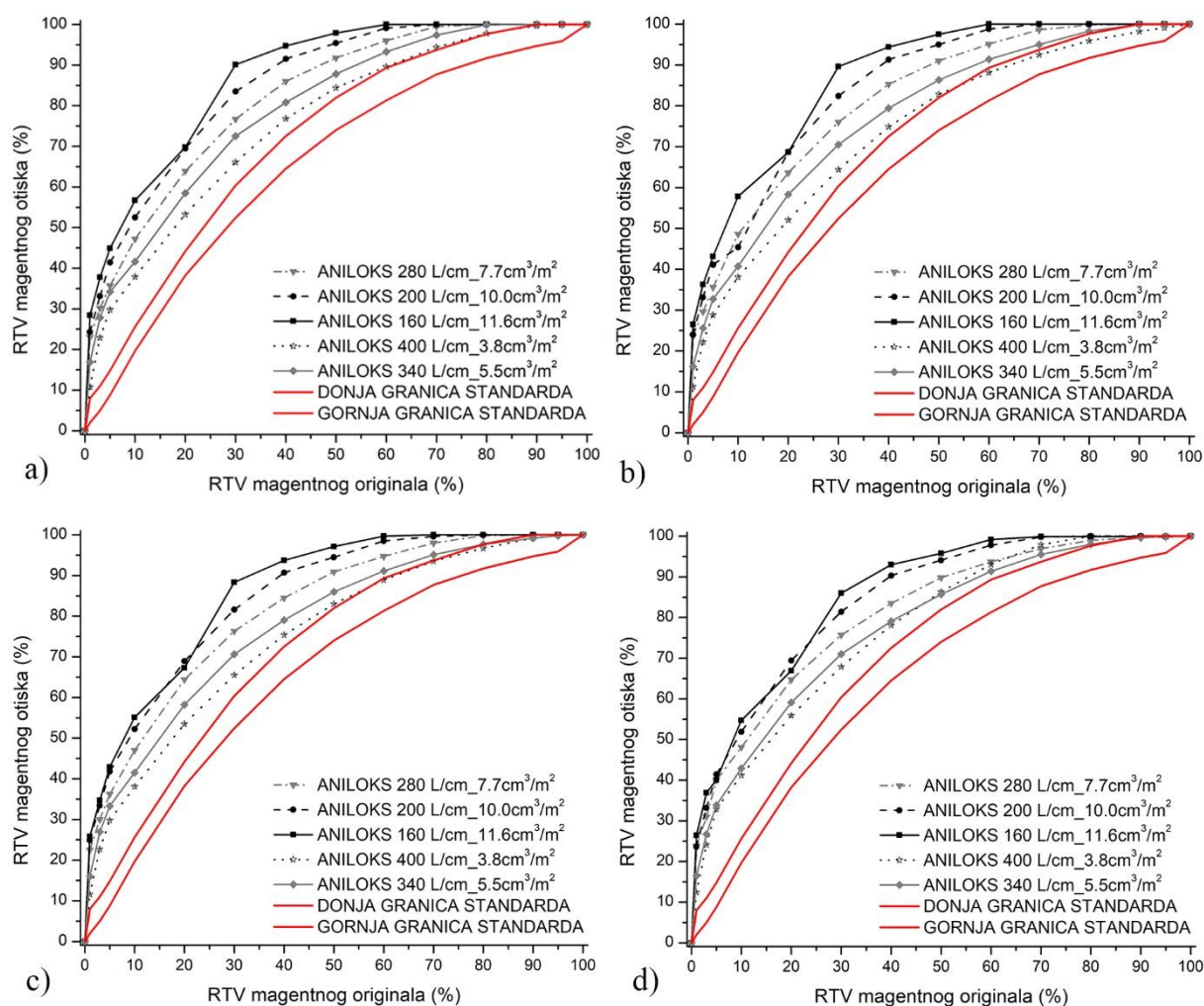
Da bi se ostvario željeni nanos bojila u uređaj za obojenje montira se željeni aniloks valjak. Njegov odabir prvenstveno ovisi o dizajnu to jest o distribuciji i površinskoj pokrivenosti tiskovnih elemenata. Tako će motivi (dizajn ambalaže koji sadrži tekst i višetonske slike) zahtjevati nešto manji nanos, aniloks manje kubikaže i veće linijature ($3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$). Grafički proizvodi čija je površina obojena s većom količinom fleksotiskarskog bojila (puni tonovi i jednotonske ilustracije) zahtjevaju aniloks veće kubikaže i manje linijature ($11,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$). Pri tome se mora zadovoljiti pravilo da veličina najmanjeg rasterskog elementa mora biti u kontaktu s minimalno četiri čašice aniloks valjka (optimalni odnos je 5:1) .

U slučaju četverbojnih kolornih otisaka važnu ulogu imaju i trake za fiksiranje klišeja. Osim po svome sastavu one se razlikuju po svojoj tvrdoći i aplikaciji. Za potrebu ovog diplomskog rada ispitane su trake tvrda, srednja i mekana Njemačkog proizvođača Tesa®. Tako će se za nisku snagu ljepljenja i brzu montažu i demontažu koristiti tipovi FE (standard) i FE-X (povećana snaga ljepljenja). Za lagano montiranje uz sprječavanje podizanja rubova (u čistim tiskarama s standardnim klimatskim uvjetima) primjenjuje se traka SEC-X. U scenariju korištenja s visokom relativnom vlažnošću zraka i visokoj temperaturi primjenjuje se srednje jaka snaga ljepljenja pri čemu se primjenjuju SLM (manja snaga) trake, TP (standard) trake i TP-X (povećana snaga) trake. U nekontroliranim tiskarama (hladni i kontaminirani uvjeti tiska) primjenjuje se traka velike snage ljepljenja poznate pod nazivom STM.

Da bi se ostvarila željena tvrdoća tijekom eksperimentalnog otiskivanja koristile su se tesa® klasik Softprint FE trake : tesa® 72420 x-soft (kompresibilna po čitavoj površini), tesa® 72422 soft (80% kompresibilni i 20% nekompresibilni sloj), tesa® 72424 medium (60% kompresibilni i 40% nekompresibilni sloj), tesa® 72426 medium hard (40% kompresibilni i 60% nekompresibilni sloj), tesa® 72428 hard (20% kompresibilni i 80% nekompresibilni sloj) i tesa® 72129 x-hard (100% nekompresibilan sloj).

4.1.1. Traka za fiksiranje Hard u kombinaciji s različitim linijaturama aniloks valjaka

Za ostvarivanje manjih deformacija NX klišeja nužno je primjeniti tvrdu kombinaciju podložne ljepljive trake. Pri tome će se ona deformirati oko 20%. Na slici 34. prikazane su krivulje reprodukcije i uvećani segmenti magentnog otiska nastalih s pet aniloks valjaka (160, 200, 280, 340 i 400 L/cm) uz dozvoljene granice kolornog odstupanja po standardu FOGRA 39.



Slika 34. Utjecaj primjene različite linijature aniloksa na krivulju magentne reprodukcije s trakom za fiksiranje klišeja Tesa Softprint Hard: a) raster STD NX ; b) raster Adv_01 NX ; c) raster Adv_02 NX ; d) raster Adv_03 NX

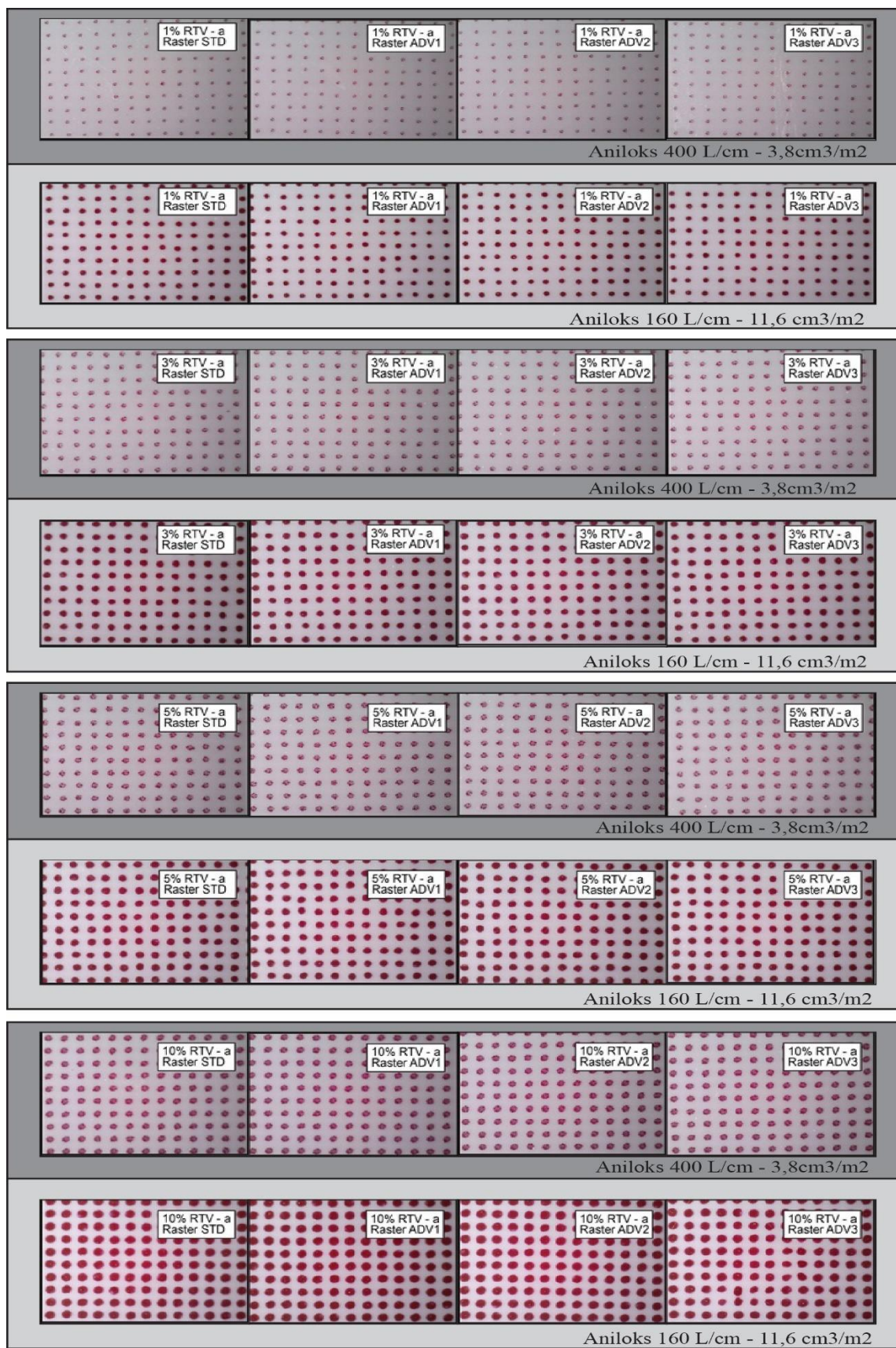
Eksperimentalnom primjenom pet aniloks valjaka i četiri NX rastriranja pokazalo je da će kombinacija aniloksa sa najmanjom linijaturom i najvećom zapreminom čašice (160 L/cm ; 11.6cm³/m²) biti najlošija, dok će kombinacija aniloksa s najvećom linijaturom i najmanjom zapreminom čašice (400 L/cm ; 3.8cm³/m²) biti najbolja.

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom STD_NX i otiskivanjem sa svim eksperimentalnim aniloks valjcima ostvarene su sve krivulje reprodukcije koje ne odgovaraju vrijednostima (području) FOGRA 39 standarda. Tako će aniloks 160 L/cm dati najgore, a aniloks 400L/cm najbolje rezultate. Mjereno polje s najmanjom površinskom pokrivenošću (najsjetliji magenta tonovi) ostvaruje veliku kolornu promjenu čiji prirast iznosi ($Z_{5\% \text{ RTV}}=15,1\%$). Nakon toga magentne krivulje zadržavaju ujednačen prirast koji je najviše izražen u području od 30% RTV-a ($Z_{30\% \text{ RTV}}=24\%$). Minimalne oscilacije nastale su u području višetonskih vrijednosti ($Z_{80\% \text{ RTV}}=2,3\%$), nakon čega dolazi do njihovog podudaranja.

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom ADV_01 NX ostvareni su nešto bolji rezultati. Oni se očituju kod aniloksa linijature 400 L/cm koji u području od 60 do 95% ostvaruje rezultate unutar dozvoljene granice FOGRA 39 standarda. Direktnom usporedbom najbolje i najlošije ostvarene krivulje reprodukcije ostvarene su devijacije u prirastu karakterističnih rastertonskih vrijednosti od: ($Z_{5\% \text{ RTV}}=14,3\%$), ($Z_{30\% \text{ RTV}}=25,2\%$) i ($Z_{80\% \text{ RTV}}=4,8\%$).

U odnosu na raster ADV_01 NX, primjenom NX klišeja izrađenog s rasterom ADV_02 NX dobiveni su slični rezultati. Oni također značajno odstupaju od standarda u području svjetlih i srednjetonskih vrijednosti, dok viši prate gornju granicu FOGRA 39 standarda. Komparacijom dviju ekstremnih krivulja (aniloks 400 L/cm i aniloks 160 L/cm) ostvarena su odstupanja: ($Z_{5\% \text{ RTV}}=13,1$), ($Z_{30\% \text{ RTV}}=22,8$) i ($Z_{80\% \text{ RTV}}=3,1$).

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom ADV_03 NX ponovo se udaljavamo od ciljane FOGRA 39 krivulje reprodukcije zadržavajući pritom trend 400 L/cm najbolja krivulja i 160 L/cm najlošija krivulja. Pri tome će najveća devijacija biti u području od 30% RTV-a ($Z_{30\% \text{ RTV}}=18,1\%$), dok će najmanja devijacija biti u području od 90% RTV-a ($Z_{90\% \text{ RTV}}=1\%$). Najosjetljivija polja (3% RTV-a) također ostvaruju veliko odstupanje koje iznosi ($Z_{3\% \text{ RTV}}=14\%$). Kako ti otisci izgledaju pod uvećanjem od 170X prikazano je na slici 35.



Slika 35. Uvećani prikaz segmenta klina od 1% do 10% za rastere a) STD_NX aniloks D i C ; b) ADV_01 NX aniloks D i C ; c) ADV_02 NX aniloks D i C ; d) ADV_03 NX aniloks D i C

Primjenom 4 NX metode rastriranja zabilježene su male devijacije u najosjetljivijim tonskim područjima (od 1 do 10% RTV-a). Ona su nastala uslijed nekontroliranog nanosa bojila i djelovanjem klišeja koji pri izradi nije prethodno korigiran (nije napravljena kompenzacijska krivulja). Pri tome su na slici prikazana dva eksperimentom dobivena ekstrema aniloks 400 L/cm i aniloks 160 L/cm.

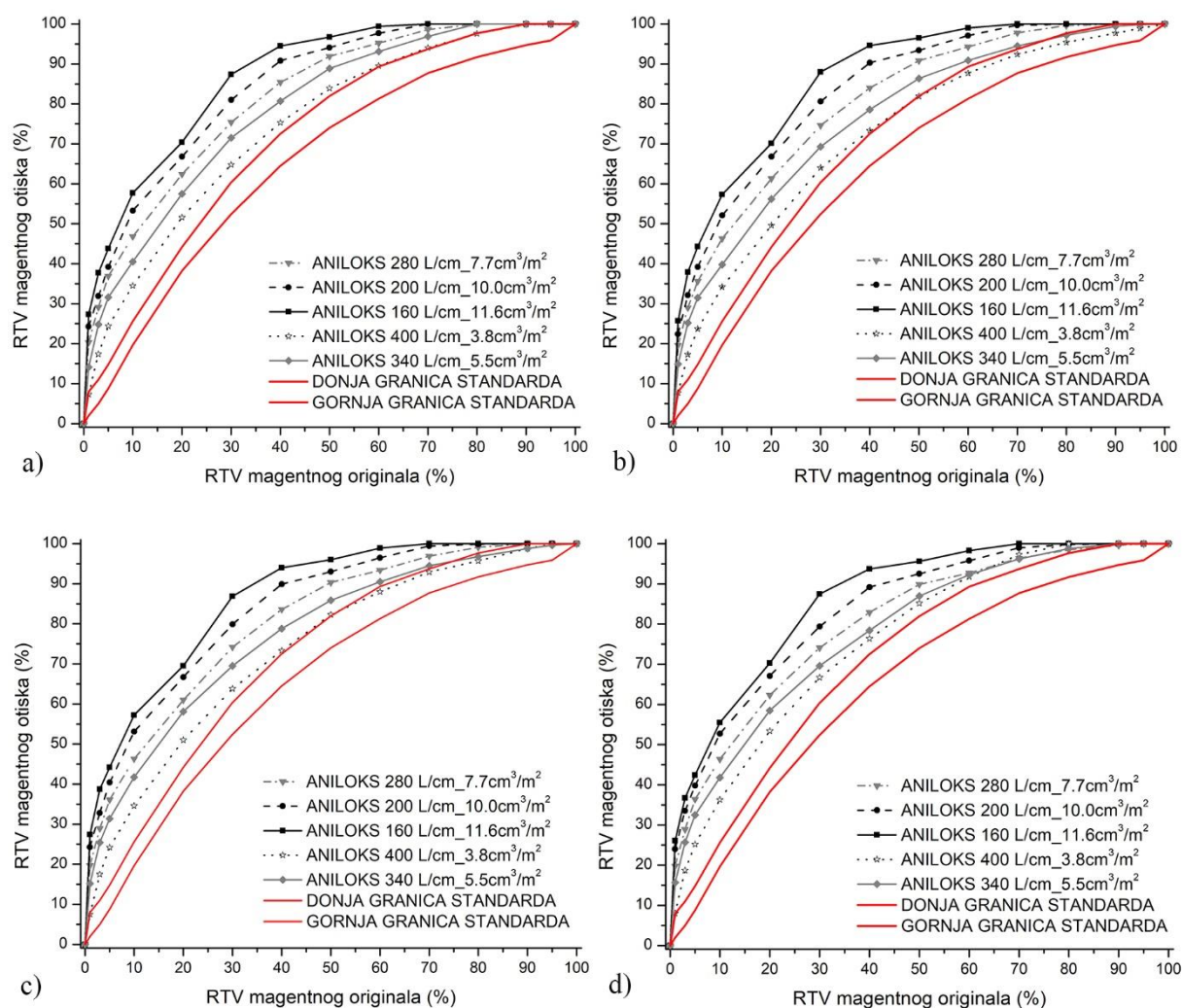
Polja od 1% RTV-a otisnuta s aniloks valjkom $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ imaju rasterske točkice koje posjeduju specifičnu bjelinu u centru. Tako se na otisku nazire samo vanjski rub. Povećanjem kubikaže aniloks valjka $11,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ ostvarene su pravilne (u potpunosti zacrnjene) rasterske točke, a samim time kontrasniji otisak s većom optičkom gustoćom obojenja.

Primjenom aniloksa $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ rastertonske vrijednosti u području od 3 do 5 % će se zadržati efekat rasterskih elemenata s vidljivom centralnom bjelinom. Pri tome se uočava premještanje bjeline u gornji desni rub smanjujući pritom idealno obojenje. Aniloks $11,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ zadržava pune rasterske točke što ujedno ostvaruje i veću optičku gustoću obojenja.

Tek polja od 10% RTV-a nastala s aniloksom $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ su optički dobro realizirana te ne posjeduju bjelinu unutar rasterskih točkica (jedva je uočljiva). Primjenom aniloksa s tri puta većom kubikažom ostvariti će se kontrasniji otisak s reproduciranom rapidno većom rasterskom točkom. Pri tome će ADV tipovi NX rastera dati mekši otisak (rasterski elementi su nešto manji u odnosu na standardni raster). Općenito slikovna analiza magentnih otisaka sa povećanjem od 170X tako nije pokazala značajnu razliku između rastera STD_NX, ADV_01 NX, ADV_02 i ADV_03 NX.

4.1.2. Traka za fiksiranje Medium u kombinaciji s različitim linijaturama aniloks valjaka

Pri otiskivanju standardnih motiva obično se primjenjuje srednje tvrda kombinacija podložne trake. Ona je nužna jer se na NX klišeju nalaze različiti motivi koji sadrže tekst, višekolornu ilustraciju i veće površine punog tona. Pri tome će se ona tijekom tiska deformirati oko 40% . Na slici 36. prikazane su krivulje reprodukcije i uvećani segmenti magentnog otiska nastalih s aniloks valjcima linijatura (160, 200, 280, 340 i 400 L/cm), uz dozvoljene granice kolornog odstupanja po standardu FOGRA 39.



Slika 36. Utjecaj primjene različite linijature aniloksa na krivulju magentne reprodukcije s trakom za fiksiranje klišeja Tesa Softprint Medium: a) raster STD_NX ; b) raster ADV_01 NX ; c) raster ADV_02 NX ; d) raster ADV_03 NX

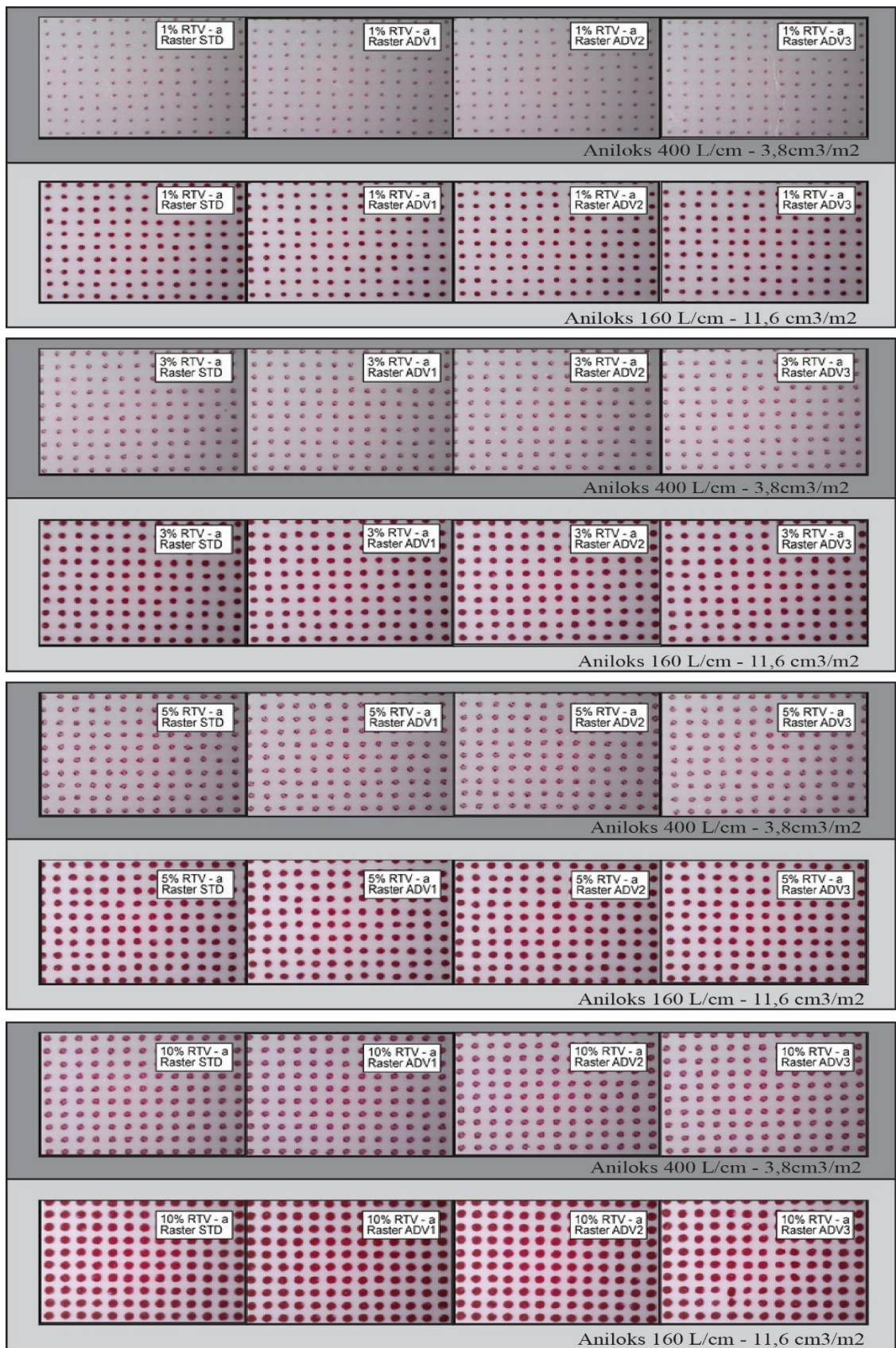
Eksperimentalnom primjenom pet aniloks valjaka i četiri NX rastriranja pokazalo je da će kombinacija aniloksa sa najmanjom linijaturom i najvećom zapreminom čašice (160 L/cm – 11.6cm³/m²) biti najlošija, dok će kombinacija aniloksa s najvećom linijaturom i najmanjom zapreminom čašice (400 L/cm – 3.8cm³/m²) biti najbolja.

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom STD_NX i otiskivanjem sa svim eksperimentalnim aniloks valjcima također su ostvarene sve krivulje reprodukcije koje ne odgovaraju vrijednostima (području) FOGRA 39 standarda. Tako će aniloks 160 L/cm dati najgore, a aniloks 400 L/cm najbolje rezultate. Mjereno polje s najmanjom površinskom pokrivenošću (najsjetliji magenta tonovi) ostvaruje veliku kolornu promjenu čiji prirast iznosi ($Z_{5\% \text{ RTV}}=19,4\%$). Nakon toga magentne krivulje zadržavaju ujednačen prirast koji je najviše izražen u području od 30% RTV-a ($Z_{30\% \text{ RTV}}=22,6\%$). Minimalne oscilacije nastale su u području višetonskih vrijednosti ($Z_{80\% \text{ RTV}}=2,3\%$), nakon čega dolazi do njihovog podudaranja.

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom ADV_01 NX ostvareni su nešto bolji rezultati. Oni se očituju kod aniloksa linijature 400 L/cm koji u području od 50 do 95% ostvaruje rezultate unutar dozvoljene granice FOGRA 39 standarda. Direktnom usporedbom najbolje i najlošije ostvarene krivulje reprodukcije ostvarene su devijacije u prirastu karakterističnih rastertonskih vrijednosti od: ($Z_{5\% \text{ RTV}}=20,6\%$), ($Z_{30\% \text{ RTV}}=24\%$) i ($Z_{80\% \text{ RTV}}=4,2\%$).

U odnosu na raster ADV_01 NX, primjenom NX klišeja izrađenog s rasterom ADV_02 NX dobiveni su slični rezultati. Oni također značajno odstupaju od standarda u području svjetlih i srednjetskih vrijednosti, dok viši prate gornju granicu FOGRA 39 standarda. Komparacijom dviju ekstremnih krivulja (aniloks 400 L/cm i aniloks 160 L/cm) ostvarena su odstupanja: ($Z_{5\% \text{ RTV}}=20\%$), ($Z_{30\% \text{ RTV}}=23,1\%$) i ($Z_{80\% \text{ RTV}}=4,3\%$).

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom ADV_03 NX ponovno se jako udaljavamo od ciljane FOGRA 39 krivulje reprodukcije zadržavajući pritom trend da će aniloks 400 L/cm dati najbolju krivulju, a aniloks 160 L/cm najlošiju krivulju reprodukcije. Pri tome će najveća devijacija biti u području od 30% RTV-a ($Z_{30\% \text{ RTV}}=20,8\%$), dok će najmanja devijacija biti u području od 90% RTV-a ($Z_{90\% \text{ RTV}}=0,4\%$). Najosjetljivija polja (3% RTV-a) također ostvaruju veliko odstupanje koje iznosi ($Z_{3\% \text{ RTV}}=18\%$). Kako ti otisci izgledaju pod uvećanjem od 170X prikazano je na slici 37.



Slika 37. Uvećani prikaz segmenta klina od 1% do 10% za rastere a) STD NX aniloks D i C ; b) ADV_01 NX aniloks D i C ; c) ADV_02 NX aniloks D i C ; d) ADV_03 NX aniloks D i C

Primjenom 4 NX metode rastriranja zabilježene su male devijacije u najosjetljivijim tonskim područjima (od 1 do 10% RTV-a). Ona su nastala uslijed nekontroliranog nanosa bojila i djelovanjem klišeja koji pri izradi nije prethodno korigiran (nije napravljena kompenzacijska krivulja). Pri tome su u slici prikazana dva eksperimentom dobivena ekstrema aniloks 400 L/cm i aniloks 160 L/cm.

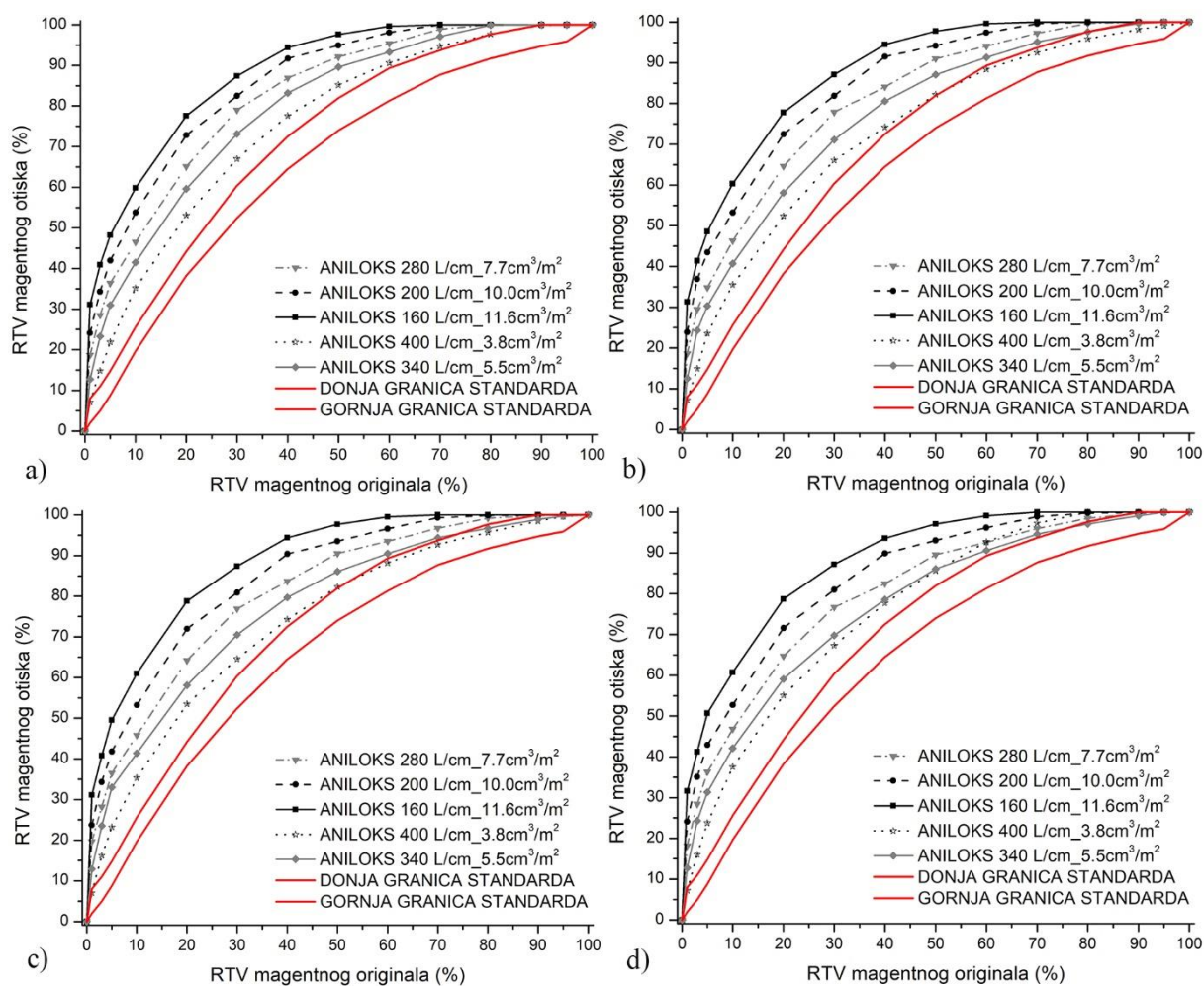
Polja od 1% RTV-a otisnuta s aniloks valjkom $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ imaju rasterske točkice koje posjeduju specifičnu bjelinu u centru. Tako se na otisku nazire samo vanjski rub. Povećanjem kubikaže aniloks valjka $11,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ ostvarene su pravilne (u potpunosti zacrnjene) rasterske točke, a samim time kontrasniji otisak s većom optičkom gustoćom obojenja.

Primjenom aniloksa $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ rastertonske vrijednosti u području od 3 do 5% će se zadržati efekat rasterskih elemenata s vidljivom centralnom bjelinom. Pri tome se uočava premještanje bjeline u donji lijevi rub smanjujući pritom idealno obojenje. Aniloks $11,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ zadržava pune rasterske točke što ujedno ostvaruje veću optičku gustoću obojenja.

Tek polja od 10% RTV-a nastala s aniloksom $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ su optički dobro realizirana te ne posjeduju bjelinu unutar rasterskih točkica (jedva je uočljiva i nalazi se u desnom rubu). Primjenom aniloksa s tri puta većom kubikažom ostvariti će se kontrasniji otisak s reproduciranom rapidno većom rasterskom točkom. Pri tome će ADV tipovi NX rastera dati mekši otisak (rasterski elementi su manji u odnosu na rasterske elemente standardnog rastera). Općenito slikovna analiza magentnih otisaka sa povećanjem od 170X tako nije pokazala veću razliku između rastera STD_NX, ADV_01 NX, ADV_02 i ADV_03 NX.

4.1.3. Traka za fiksiranje Soft u kombinaciji s različitim linijaturama aniloks valjaka

Mekana traka se koristi u reprodukciji gdje prevladavaju raster i procesne bojne. Pri tome će se ona tijekom tiska deformirati oko 80%. Na slici 38. prikazane su krivulje reprodukcije i uvećani segmenti magentnog otiska nastalih s aniloks valjcima linijatura (160, 200, 280, 340 i 400 L/cm), uz dozvoljene granice kolornog odstupanja po standardu FOGRA 39.



Slika 38. Utjecaj primjene različite linijature aniloksa na krivulju reprodukcije s trakom za fiksiranje klišeja Tesa Softprint Soft: a) raster STD_NX ; b) ADV_01 NX ; c) ADV_02 NX ; d) ADV_03 NX

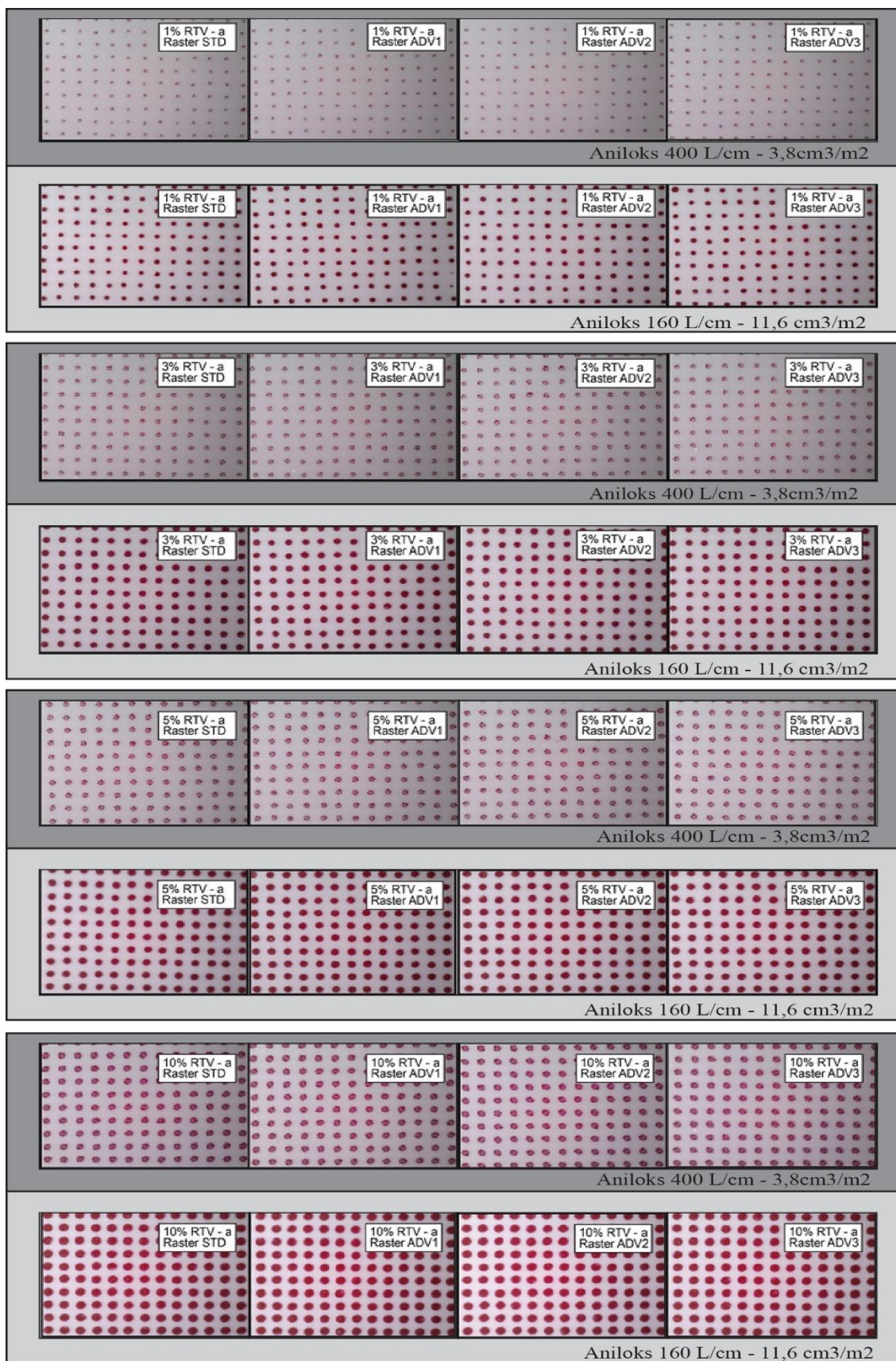
Eksperimentalnom primjenom kao i u prethodnim primjerima, pet aniloks valjaka i četiri NX rastriranja pokazalo je da će kombinacija aniloksa sa najmanjom linijaturom i najvećom zapreminom čašice (160 L/cm – $11.6\text{cm}^3/\text{m}^2$) biti najlošija, dok će kombinacija aniloksa s najvećom linijaturom i najmanjom zapreminom čašice (400 L/cm – $3.8\text{cm}^3/\text{m}^2$) biti najbolja.

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom STD_NX i otiskivanjem sa svim eksperimentalnim aniloks valjcima također su ostvarene sve krivulje reprodukcije koje ne odgovaraju vrijednostima (području) FOGRA 39 standarda. Tako će aniloks 160 L/cm dati najgore, a aniloks 400 L/cm najbolje rezultate. Mjereno polje s najmanjom površinskom pokrivenošću (najsjetliji magenta tonovi) ostvaruje veliku kolornu promjenu čiji prirast iznosi ($Z_{5\% \text{ RTV}}=26,3\%$). Nakon toga magentne krivulje zadržavaju ujednačen prirast koji je najviše izražen u području od 20% RTV-a ($Z_{20\% \text{ RTV}}=24,5\%$). Minimalne oscilacije nastale su u području višetonskih vrijednosti ($Z_{80\% \text{ RTV}}=2,3\%$), nakon čega dolazi do njihovog podudaranja.

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom ADV_01 NX ostvareni su nešto bolji rezultati. Oni se očituju kod aniloksa linijature 400 L/cm koji u području od 50 do 95 % ostvaruje rezultate unutar dozvoljene granice FOGRA 39 standarda. Direktnom usporedbom najbolje i najlošije ostvarene krivulje reprodukcije ostvarene su devijacije u prirastu karakterističnih rastertonskih vrijednosti od: ($Z_{5\% \text{ RTV}}=25\%$), ($Z_{30\% \text{ RTV}}=21\%$) i ($Z_{80\% \text{ RTV}}=3,8\%$).

U odnosu na raster ADV_01 NX, primjenom NX klišeja izrađenog s rasterom ADV_02 NX dobiveni su slični rezultati. Oni također značajno odstupaju od standarda u području svjetlih i srednjetonkih vrijednosti, dok viši prate gornju granicu FOGRA 39 standarda. Komparacijom dviju ekstremnih krivulja (aniloks 400 L/cm i aniloks 160 L/cm) ostvarena su odstupanja: ($Z_{5\% \text{ RTV}}=26,3\%$), ($Z_{30\% \text{ RTV}}=22,8\%$) i ($Z_{80\% \text{ RTV}}=3,5\%$).

Primjenom NX klišeja izrađenog s rasterskom opcijom ADV_03 NX ponovo se jako udaljavamo od ciljne FOGRA 39 krivulje reprodukcije pri tome da će aniloks 400 L/cm i aniloks 340 L/cm dati najbolju krivulju, a aniloks 160 L/cm najlošiju krivulju reprodukcije. Pri tome će najveća devijacija biti u području od 20% RTV-a ($Z_{20\% \text{ RTV}}=23,6\%$), dok će najmanja devijacija biti u području od 90% RTV-a ($Z_{90\% \text{ RTV}}=0,4\%$). Najosjetljivija polja (3% RTV-a) također ostvaruju veliko odstupanje koje iznosi ($Z_{3\% \text{ RTV}}=25,2\%$). Kako ti otisci izgledaju pod uvećanjem od 170X prikazano je na slici 39.



Slika 39. Uvećani prikaz segmenta klina od 1% do 10% za rastere a) STD NX aniloks D i C ; b) ADV_01 NX aniloks D i C ; c) ADV_02 NX aniloks D i C ; d) ADV_03 NX aniloks D i C

Primjenom 4 NX metode rastriranja zabilježene su male devijacije u najosjetljivijim tonskim područjima (od 1 do 10% RTV-a). Ona su nastala uslijed nekontroliranog nanosa bojila i djelovanjem klišeja koji pri izradi nije prethodno korigiran (nije napravljena kompenzacijska krivulja). Pri tome su u slici prikazana dva eksperimentom dobivena ekstrema aniloks 400 L/cm i aniloks 160 L/cm.

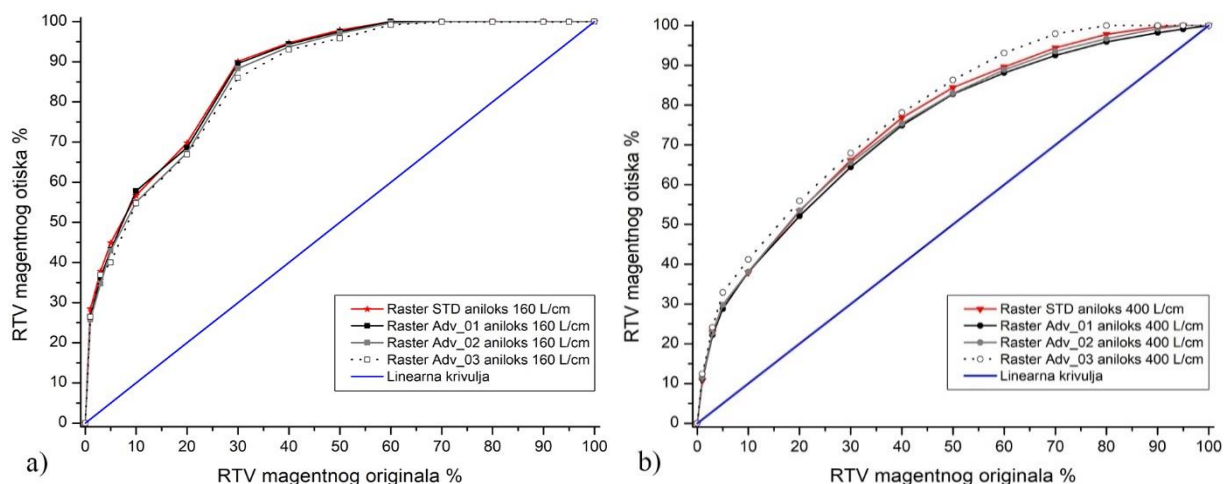
Polja od 1% RTV-a otisnuta s aniloks valjkom $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ imaju rasterske točkice koje posjeduju specifičnu bjelinu u centru. Tako se na otisku nazire samo vanjski rub. Povećanjem kubikaže aniloks valjka $11,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ ostvarene su pravilne (u potpunosti zacrnjene) rasterske točke, a samim time kontrasniji otisak s većom optičkom gustoćom obojenja.

Primjenom aniloksa $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ rastertonske vrijednosti u području od 3 do 5% će se zadržati efekat rasterskih elemenata s vidljivom centralnom bjelinom. Pri tome se uočava premještanje bjeline u donji desni rub smanjujući pritom idealno obojenje. Aniloks $11,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ zadržava pune rasterske točke što ujedno ostvaruje veću optičku gustoću obojenja.

Tek polja od 10% RTV-a nastala s aniloksom $3,8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ su optički dobro realizirana te ne posjeduju bjelinu unutar rasterskih točkica (jedva je uočljiva i nalazi se u desnom rubu). Primjenom aniloksa s tri puta većom kubikažom ostvariti će se kontrasniji otisak s reproduciranom rapidno većom rasterskom točkom. Pri tome će ADV tipovi NX rastera dati mekši otisak (rasterski elementi su manji u odnosu na rasterske elemente standardnog rastera). Općenito slikovna analiza magentnih otisaka sa povećanjem od 170X tako nije pokazala veću razliku između rastera STD_NX, ADV_01 NX i ADV_03 NX.

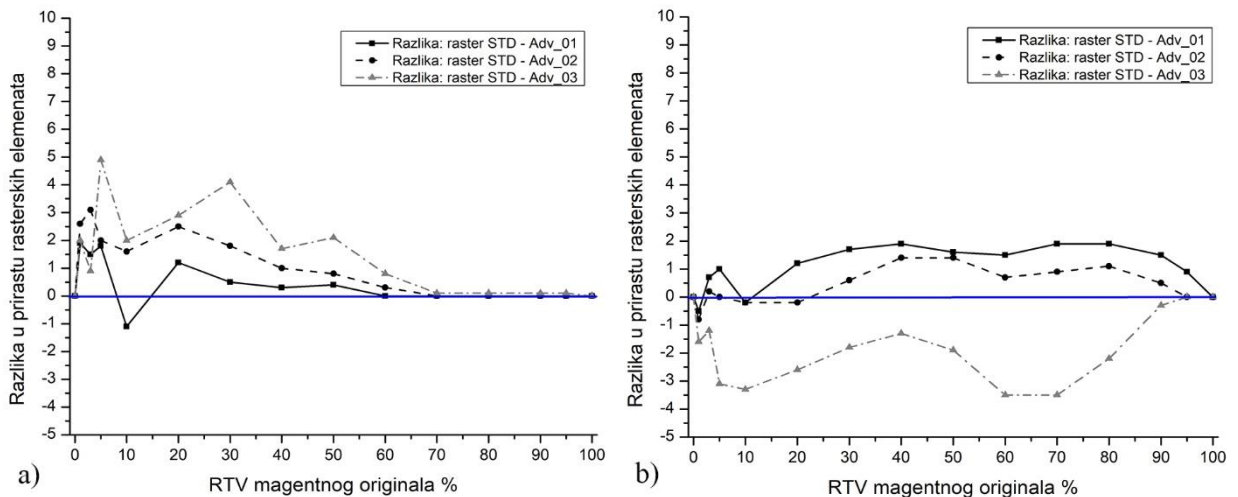
4.2. Utjecaj tipa KODAK NX rastera na kvalitetu reprodukcije

Pri izradi tiskovnih formi za fleksotisak trenutno se primjenjuju LAM-s (Laser Ablation Mask) i TIL (*Thermal imaging layer*) tehnologija izrade. Tvrtka KODAK razvija vlastitu TIL tehnologiju poznatu pod nazivom Flexcel NX koja osim što omogućuje osvjetljavanje ploča s visokom rezolucijama omogućuje digitalnu primjenu DIGICAP patterna, HYPERFLEX NX opcije i Edge definition opcije. Na slici 40. prikazane su reprodukcije NX klišeja od 74 Shore-a osvjetljene s postavkama rastera standard, ADV_01 NX, ADV_02 NX i ADV_03 NX.



Slika 40. Utjecaj NX rastriranja i Tesa Softprint Hard trake za montiranje klišeja na krivulje magentne reprodukcije: a) aniloks 160 L/cm, $11,6\text{cm}^3/\text{m}^2$; b) aniloks 400 L/cm, $3,8\text{cm}^3/\text{m}^2$

Međusobnom usporedbom otisaka nastalih s različitim nanosom boje ostvarene su različiti prirasti realiziranih rastertonskih vrijednosti. Pri tome su otisci dobiveni s aniloksom 160 L/cm loše reproducirani a otisici dobiveni aniloksom 400 L/cm zadovoljavajući (vidljivi su magenta tonovi u višim područjima). Upotrebom aniloksa od 160 L/cm vidimo veliki rastertonski prirast i on je rezultirao sa zatvaranjem svih polja od 50% pa sve do 100% gdje se ne nazire razlika u tonovima. Ostali tonovi su svi puno tamniji a karakteristično je to da polje od 20% ima smanjen prirast to jest korektno je otisnuto. Upotrebom aniloksa od 160 L/cm prevelik nanos boje je distribuiran što rezultira velikim prirastom. Promjenom aniloksa od 400 L/cm došlo je do rapidnog pada prirasta pri čemu su se tamnija područja u potpunosti otvorila i vide se razlike između elemenata koji su analizirani. Najveći prirast ima raster ADV_03 NX dok najmanju razliku i idealan otisak daje raster ADV_01 NX pri čemu se u najtamnijim područjima od 60% do 80% uočava razlika i direktno djelovanje promjene linijature rastera. U ostalim djelovima vidimo da su svi nekako ujednačeni osim rastera ADV_03 NX koji ima najveći prirast i u svijetlijim tonskim područjima.



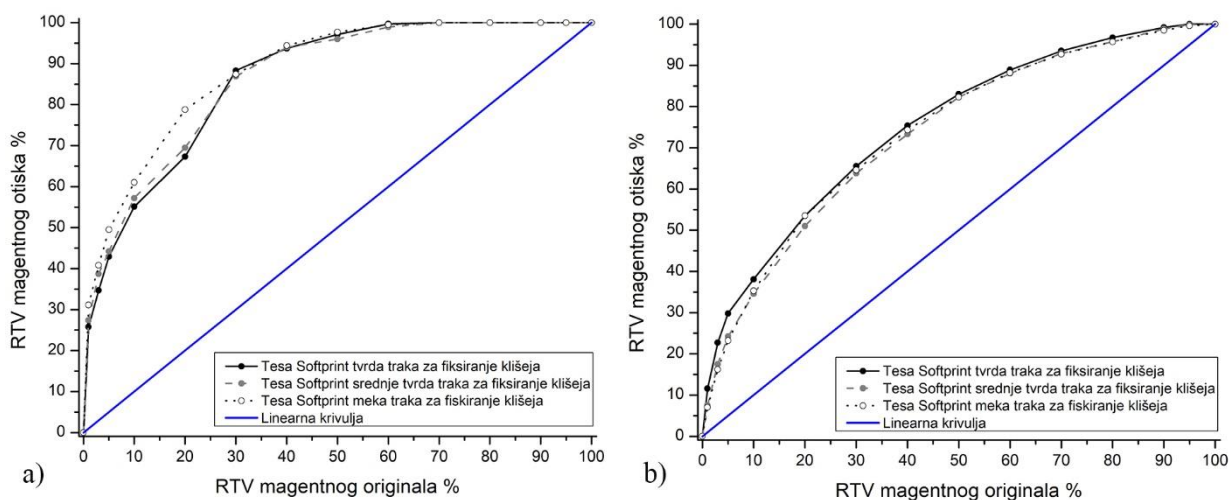
Slika 41. Ostvarene razlike u prirastu rastertonskih vrijednosti otisaka u odnosu na NX standard: a) primjenom aniloksa 160 L/cm, 11,6cm³/m² ; b) primjenom aniloksa 400 L/cm, 3,8cm³/m²

Na slici 41. vidljivo je da najveću razliku u odnosu na STD_NX raster ima raster ADV_03 NX gdje je najveća razlika u prirastu točaka u području od 20% i 30%. Razlika je pozitivna to jest prirast je povećan i otisak je tamniji za 4%. Najbolji se pokazao raster ADV_01 NX gdje vidimo da je razlika prirasta oko 1% (u području od 20% RTV-a) dok je u području od 1% RTV-a došlo do deformacije gdje imamo negativnu razliku od -1% i dolazi do smanjenja rasterskih elemenata. To je karakteristično za najsvjetlije točke u fleksotisku. Srednja varijanta ADV_02 NX ponaša se slično kao i ADV_03 NX s time da su prirasti nešto veći u području između 20% i 60% RTV-a. Također u području od 10% RTV-a imamo pozitivnu deformaciju od 1% dok drugi ima negativnu deformaciju.

Kod aniloksa od 400 L/cm vidimo da postoji povećanje prirasta za dva rastera. Ako ih analiziramo, oni ne prelaze granicu od 2% što je u granicama tolerancije standarda. Međutim, kod rastera ADV_03 NX vidljiv je negativni prirast rastertonskih vrijednosti i samim time je taj otisak svjetliji. Odnosno dolazi do pada čak iznad 3% u području od 10% , 60% i 70% RTV-a. To znači da u tom segmentu imamo manju količinu fleksa boje distribuiranu na taj klišej i samim time točniju i bolju distribuciju boje u tom dijelu. U odnosu na standard raster ADV_03 NX ima smanjen prirast rastertonskih vrijednosti i daje svjetliji otisak za razliku od rastera ADV_01 NX i rastera ADV_02 NX koji imaju pozitivan prirast. Ako imamo klišej koji sadrži puno kolora i tamne tonove preporuča se uporaba rastera ADV_03 NX i aniloksa od 400 L/cm da se smanji prirast u tim područjima.

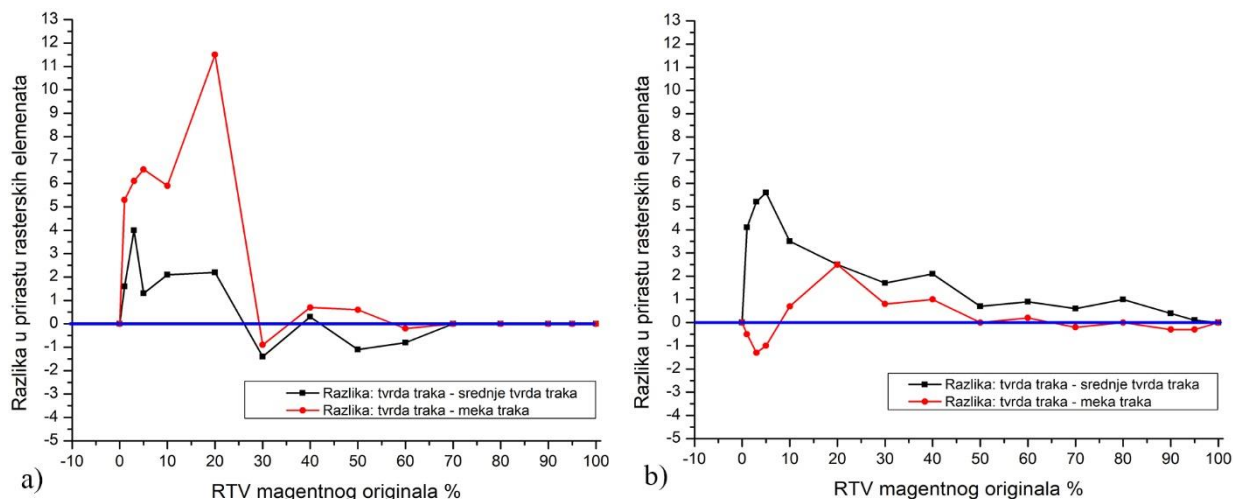
4.3. Utjecaj tipa ljepljivih traka na kvalitetu reprodukcije

Na tržištu montažnih traka za fleksotisak postoje dvije vrste traka: jednostrano ljepljive trake za fiksiranje rubova i ljepljenje za jezgru role te obostrano ljepljive trake za fiksiranje klišeja. One se pri tome ljepe s jedne strane na klišej a s druge strane na temeljni cilindar. Ovisno o njezinom sastavu i tvrdoći ostvaruje se veća ili manja zona pritiska pri čemu kompresibilnost direktno utječe na prijenos boje s klišeja na tiskarsku podlogu. Na slici 42. prikazana su dva ekstrema nastala primjenom traka Tesa Softprint Hard, Tesa Softprint Medium i Tesa Softprint Soft.



Slika 42. Utjecaj izbora Tesa Softprint ljepljivih traka za montiranje ADV_02 NX klišeja na krivulje magentne reprodukcije: a) aniloks 160 L/cm, $11,6\text{cm}^3/\text{m}^2$; b) aniloks 400 L/cm, $3,8\text{cm}^3/\text{m}^2$

Na krivuljama na slici 42.a) (otiskivano aniloksom 160 L/cm, $11,6\text{cm}^3/\text{m}^2$) vidljivo je da sve tri trake za montiranje klišeja proizvođača Tesa Softprint daju podjednake priraste u područjima iznad 30% RTV-a. Međutim u područjima od 5% do 30% vidljivo je da najmanji prirast ima tvrda traka za montiranje klišeja ($\Delta D_{5-30\% \text{ RTV-a}} = 63.40\%$) dok najveći prirast ima meka traka za montiranje klišeja ($\Delta D_{5-30\% \text{ RTV-a}} = 69.17\%$). U području od 50% RTV-a srednje tvrda traka se u nekoliko točaka grafa pokazuje kao traka koja ima najmanji prirast ali u područjima iznad 80% sve krivulje se preklapaju i nema bitnih razlika. Na krivulji na slici 42.b) (otiskivano aniloksom 400 L/cm, $3,8\text{cm}^3/\text{m}^2$) vidljivo je da nema drastične promjene u području od 5% do 30% kao u prethodnom slučaju već su sve krivulje konstantne. Najbolja se pokazala srednje tvrda traka za montiranje klišeja ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV-a}} = 66.39\%$) dok se kao najgora uz male razlike povećanja prirasta pokazala tvrda traka za montiranje klišeja ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV-a}} = 68.42\%$).



Slika 43. Ostvarene razlike u prirastu rastertonskih vrijednosti otisaka primjenom tvrde, srednje i meke trake s ADV_02 NX rasterom: a) primjenom aniloksa 160 L/cm, 11,6cm³/m² ; b) primjenom aniloksa 400 L/cm, 3,8cm³/m²

Na slici 43. vidljivo je da se u području od 20% RTV-a postiže najveća razlika između tvrde i meke trake za montiranje klišeja ($\Delta D_{20\% \text{ RTV-a}} = 9.3\%$) te se ona smanjuje što se više približava većim tonskim vrijednostima ($\Delta D_{50\% \text{ RTV-a}} = 1.7\%$). Također promjenom tvrde na srednju traku ostvaruje se najveća razlika u području od 20% RTV-a, a u području od 30%, 50% i 60% vidimo da su razlike negativne to jest iznose -1% i smanjuje se prirast. U drugom primjeru na slici 43.b) gdje je otiskivano aniloksom D (400 L/cm; 3,8 cm³/m²) razlike su manje i najveća razlika se primjećuje u području od 5% RTV-a i ona iznosi ($\Delta D_{5\% \text{ RTV-a}} = 6\%$). U ostalim područjima razlika je uglavnom svugdje podjednaka ali manji prirast daju uspoređene tvrda i meka traka u odnosu na usporedbu tvrde i srednje trake za montiranje klišeja.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovi denzitometrijskih mjerenja učljivo je da aniloks D (400 L/cm ; 3.8 cm³/m²) daje najkvalitetnije otiske i najmanji prirast RTV-a sa svim kombinacijama traka i rastera ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 67.7\%$). Aniloksom C (160 L/cm ; 11.6 cm³/m²) dobiveni su najlošiji otisci i ostvareni su najveći rastertonski prirasti sa svim kombinacijama ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 79.55\%$). Razlika između najbolje i najlošije krivulje reprodukcije iznosi 11.85%.

Na krivuljama reprodukcije analizirajući tipove Kodak NX rastera vidljivo je da najbolje otiske i najmanji prirast RTV-a ima raster ADV_01 NX ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 67.74\%$) u kombinaciji s aniloksom D (400 L/cm ; 3.8 cm³/m²). Najlošiji raster u kombinaciji s istim aniloksom je ADV_03 NX raster a njegov prirast u mjerenim područjima iznosi $\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 70.7\%$. Razlika između najbolje i najlošije krivulje u kombinaciji rastera ADV_01 NX i ADV_03 NX s aniloksom D (400 L/cm ; 3.8 cm³/m²) iznosi 2.96% . U kombinaciji s najlošijim aniloks valjkom (C 160 L/cm ; 11.6 cm³/m²) najbolji otisak i najmanji prirast RTV-a ima raster ADV_03 NX ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 78.46\%$) dok najveći prirast RTV-a ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 80.02\%$) i najlošiji otisak daje raster STD_NX. Razlika između najbolje i najlošije krivulje iznosi 1.56%.

U kombinaciji rastera ADV_01 NX i aniloksa D (400 L/cm ; 3.8 cm³/m²) najmanji prirast RTV-a ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 66.04\%$) najbolji otisak postiže se mekom trakom za montiranje klišeja. U istoj kombinaciji rastera i aniloks valjka najlošijom trakom pokazala se tvrda traka za montiranje klišeja ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 68.42\%$). Razlika između prirasta RTV-a tih dviju traka iznosi 2.38%. Kombinacijom rastera ADV_03 NX s aniloksom C (160 L/cm ; 11.6 cm³/m²) najbolje rezultate i najmanji prirast RTV-a ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 78.90\%$) postiže se tvrdom trakom za montiranje klišeja. U istoj kombinaciji rastera i aniloksa najgori otisak i najveći prirast RTV-a ($\Delta D_{1-100\% \text{ RTV}} = 81.44\%$) dobiven je upotrebom mekane trake za montiranje klišeja. Razlika prirasta RTV-a između tvrde trake i meke trake za montiranje klišeja iznosi 2.54%.

Ako motiv koji ispisujemo sadrži fine rasterske elemente i nemamo pune tonove preporuka je koristiti tesa® meku traku za montiranje klišeja u kombinaciji s aniloksm D (400 L/cm ; 3.8 cm³/m²) dok se Kodak NX raster ne može koristiti u istaknutim područjima. Tiskamo li motiv koji sadrži kombinaciju punih tonova i finih elemenata preporuča se koristiti tesa® mekana traka, ADV_01 NX raster i aniloks D (400 L/cm ; 3.8 cm³/m²). I ako imamo na motivu samo pune tonove preporuča se korištenje tesa® srednje trake s ADV_01 NX rasterom i aniloksom E (340 L/cm ; 5.5 cm³/m²) kao najboljom solucijom.

6. LITERATURA

- [1] White A., »*High Quality Flexography*«, Second Edition., Leatherhead: Pira International, 1998.
- [2] Bin D., »*Dot Gain in the Digital Flexographic Process by Varying Screening Techniques and Pressures*«, Institute of Printing and Packaging Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, China, 2009.
- [3] Miller S.; Zmetana S., »*Advanced prepress technologies for flexographic printing*«, Creo Inc., Burnaby, 2005.
- [4] Kičinbaći J; Mrvac N.; Bertić I., »*Trendovi razvoja fleksografskog tiska*«, Tehnički glasnik, svez. 1, br. 1-2, pp. 48-50, 2007.
- [5] Kipphan H., »*Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods*«, New York: Springer, 2001.
- [6] James A., »*Correlating anilox-roll specifications to flexographic print targets and tolerances*«, Converting Quarterly, svez. 2, br. 3, pp. 52-57, 2011.
- [7] Mahović Poljaček S., »*CtP tehnologija digitalno vođeni postupci izrade tiskovnih formi*«, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, pp. 140-142, 2021.
- [8] Mahović Poljaček S., »*CtP tehnologija digitalno vođeni postupci izrade tiskovnih formi*«, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, pp. 143-145, 2021.
- [9] FFTA Flexography: »*Principles & Practices 5th Edition Volume 1 Flexography*«, Principles And Practices Foundation of Flexographic printing, Volume 6, pp. 9-10, 1999.
- [10] Valdec D., »*Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskog elementa predotisnute tiskovne podloge*«, doktorski rad, Grafički fakultet, 2013.
- [11] Horvatić S., »*Fleksotisak tisak ambalaže*«, Markulin d.o.o., Zagreb 2011.
- [12] HARPER, »*Anilox & Coating Division*«, <http://www.harperimage.com/AniloxRolls/>. (svibanj 2013.)
- [13] Brajnović O., »*Prilagodba izrade fotopolimerne tiskovne forme novim kvalitativnim zahtjevima*«, magistarski rad, Grafički fakultet 2011.
- [14] Rogers A., »*Choosing the right anilox-roll engraving for the application*«, Converting Quarterly, svez. 2, br. 4, pp. 37-41, 2011.
- [15]<https://www.film-slitte.com/which-unwinding-solution-is-right-for-you.html?fbclid=IwAR1MKTSwLnJRFDoi46U6CvNa9TUfCzHBmx-MA1DjDnYjITjxH8zrSwpVAeM>

- [16] <https://www.film-slitter.com/winding-types-of-slitting-and-rewinding-machines.html>
- [17] Roisum, D. »*Web 101.00, Web Handling and Converting*«. <www.SeminarsForEngineers.com>.
- [18] Roisum, D. »*Mechanics of Winding*«. Georgia: TAPPI, 1994.
- [19] Magpowr, Inc. <<http://www.magpowr.com>>.
- [20] Harper C., »*How much really transfers?*«, Flexo & Gravure Asia, svez. 5, br. 1, pp. 18-20, 2006.
- [21] Parish, G.J.; »*Calculation of the behavior of rubber-covered rollers*«. British Cotton Industry Research Association. July 1961. Issue 7.
- [22] FFTA Flexography: »*Principles and Practices. 5th edition*«. New York, Foundation of Flexographic Technical Association (2000.)
- [23] Anderson & Vreeland, »*Why Stickyback Matters*«, Anderson & Vreeland Inc., 2019.
- [24] Whitmar Publications FlexoTech, »*FlexoTech Stickability: plate mounting tapes under review*«. 2014.
- [25] Valdec D.; Vusić D.; Tomiša M., »*Advanced prepress technologies for flexographic printing*«, u 12. International conference on printing, design and graphic communications Blaž Baromić, Split, 2008.

7. PRILOZI

7.1. Popis slika

Slika 1. Flekso tiskovna forma od polimera.....	4
Slika 2. Sastavni elementi obrađene polimerne ploče.....	4
Slika 3. Princip rada fleksotiska.....	5
Slika 4.a) vertikalni sustav tiskarskih tornjeva Slika 4.b) satelitski sustav s središnjim cilindrom	
Slika 4.c) linijski sustav	6
Slika 5. Shematski prikaz radnih faza izrade tiskovne forme LAMS postupkom	7
Slika 6. Shematski prikaz radnih faza izrade tiskovne forme TIL postupkom	8
Slika 7. Moderna robotska ruka za montažu temeljnih cilindara na strojevima za široki ispis	10
Slika 8. Shematska konstrukcija stroja za fleksotisak s centralnim cilindrom	12
Slika 9. Specifikacija čašice aniloks valjka	13
Slika 10. Primjer linijature aniloks valjka od 9 čašica po inču i 15 čašica po inču	14
Slika 11. Kutevi ćelija aniloks valjka 60°, 30°, 45°	16
Slika 12. Utjecaj debljine filma bojila na prirast RTV.....	17
Slika 13. Shematski prikaz stanice za odmotavanje tiskovne podloge u jednom položaju	19
Slika 14. Shematski prikaz flying-splice stanice za odmotavanje tiskovne podloge.....	19
Slika 15. Vrste namatanja materijala u rolu	21
Slika 16. Shematski prikaz stanice za namatanje tiskovne podloge s dvostrukim bubnjem	22
Slika 17. Kut oštrice rakelera prema aniloks valjku kod dva različita sustava za obojenje.....	23
Slika 18. Sustav za obojenje s komornim rakelom	24
Slika 19. Sustav za obojenje s klasičnim rakelom	25
Slika 20. Prijenos debljine nanosa bojila od aniloks valjka do tiskovne podloge.....	26
Slika 21. Prikaz zona i napetosti između cilindara	27
Slika 22a). Poprečni presjek trake klasičnog dizajna proizvoda Slika 22b). Poprečni presjek trake flex dizajna proizvoda.....	31
Slika 23. Miraclon DIGICAP NX uzorak	33
Slika 24. Uvećani prikaz tiskovnih elemenata ostvarenih s Advanced Edge Definition tehnologijom za zadržavanje boje u rubovima	35
Slika 25. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta	38
Slika 26. Kodak Flexcel NX Wide 5080 CTP sustav	41
Slika 27. Tiskarski stroj WGH Vistaflex CL8	42

Slika 28. Denzitometar TECHKON SpectroDens	43
Slika 29. Digitalni mikroskop Dino-Lite Edge	45
Slika 30. Tiskovna forma Kodak Flexcel NX 74 Sh.....	47
Slika 31. Tesa Softprint trake za montiranje klišeja	49
Slika 32. LDPE film (60 μm) u roli	51
Slika 33. Magentna solventna boja Gecko.....	52
Slika 34. Utjecaj primjene različite linijature aniloksa na krivulju magentne reprodukcije s trakom za fiksiranje klišeja Tesa Softprint Hard: a) raster STD NX ; b) raster Adv_01 NX ; c) raster Adv_02 NX ; d) raster Adv_03 NX.....	54
Slika 35. Uvećani prikaz segmenta klina od 1% do 10% za rastere a) STD_NX aniloks D i C ; b) ADV_01 NX aniloks D i C ; c) ADV_02 NX aniloks D i C ; d) ADV_03 NX aniloks D i C.....	56
Slika 36. Utjecaj primjene različite linijature aniloksa na krivulju magentne reprodukcije s trakom za fiksiranje klišeja Tesa Softprint Medium: a) raster STD_NX ; b) raster ADV_01 NX ; c) raster ADV_02 NX ; d) raster ADV_03 NX.....	58
Slika 37. Uvećani prikaz segmenta klina od 1% do 10% za rastere a) STD NX aniloks D i C ; b) ADV_01 NX aniloks D i C ; c) ADV_02 NX aniloks D i C ; d) ADV_03 NX aniloks D i C.....	60
Slika 38. Utjecaj primjene različite linijature aniloksa na krivulju reprodukcije s trakom za fiksiranje klišeja Tesa Softprint Soft: a) raster STD_NX ; b) ADV_01 NX ; c) ADV_02 NX ; d) ADV_03 NX.....	62
Slika 39. Uvećani prikaz segmenta klina od 1% do 10% za rastere a) STD NX aniloks D i C ; b) ADV_01 NX aniloks D i C ; c) ADV_02 NX aniloks D i C ; d) ADV_03 NX aniloks D i C.....	64
Slika 40. Utjecaj NX rastriranja i Tesa Softprint Hard trake za montiranje klišeja na krivulje magentne reprodukcije: a) aniloks 160 L/cm, 11,6cm ³ /m ² ; b) aniloks 400 L/cm, 3,8cm ³ /m ²	66
Slika 41. Ostvarene razlike u prirastu rastertonskih vrijednosti otisaka u odnosu na NX standard: a) primjenom aniloksa 160 L/cm, 11,6cm ³ /m ² ; b) primjenom aniloksa 400 L/cm, 3,8cm ³ /m ² ...	67
Slika 42. Utjecaj izbora Tesa Softprint ljepljivih traka za montiranje ADV_02 NX klišeja na krivulje magentne reprodukcije: a) aniloks 160 L/cm, 11,6cm ³ /m ² ; b) aniloks 400 L/cm, 3,8cm ³ /m ²	68
Slika 43. Ostvarene razlike u prirastu rastertonskih vrijednosti otisaka primjenom tvrde, srednje i meke trake s ADV_02 NX rasterom: a) primjenom aniloksa 160 L/cm, 11,6cm ³ /m ² ; b) primjenom aniloksa 400 L/cm, 3,8cm ³ /m ²	69

7.2. Popis tablica

Tablica 1. Prikaz linijature i volumena aniloks valjka sa odgovarajućom primjenom u tisku	15
Tablica 2. Kriteriji odabira odgovarajuće tesa Softprint trake	29
Tablica 3. Tehničke karakteristike Tesa Softprint traka za montiranje klišeja.....	32
Tablica 4. Tehničke karakteristike Kodak Flexcel NX Wide 5080 CTP sustava.....	40
Tablica 5. Tehničke karakteristike tiskarskog stroja WGH Vistaflex CL8	41
Tablica 6. Tehničke karakteristike denzitometra TECHKON SpectroDens	43
Tablica 7. Tehničke karakteristike digitalnog mikroskopa Dino-Lite Edge.....	44
Tablica 8. Tehničke karakteristike tiskovnih formi Kodak Flexcel NX.....	46
Tablica 9. Karakteristike i svojstva tesa® Softprint tvrde, srednje i meke trake	48
Tablica 10. Tehničke karakteristike LDPE filma (60 µm) korištenog za potrebe fleksibilne ambalaže	50
Tablica 11. Tehničke karakteristike magentne solventne boje Gecko	52
Tablica 12. Sastav i udio osnovnih komponenata	52

	Ostvarene rastertonske vrijednosti na polju od 30%					
Tvrda traka	Aniloks A	Aniloks B	Aniloks C	Aniloks D	Aniloks E	Srednja
Std NX	76,7	83,5	90,1	66,1	72,5	77,78
Adv_01 NX	76	82,4	89,6	64,4	70,5	76,58
Adv_02 NX	76,3	81,6	88,3	65,5	70,6	76,46
Adv_03 NX	75,7	81,4	86	67,9	71	76,4
Srednja vrijednost	76,175	82,225	88,5	65,975	71,15	

	Ostvarene rastertonske vrijednosti na polju od 30%					
Srednja traka	Aniloks A	Aniloks B	Aniloks C	Aniloks D	Aniloks E	Srednja
Std NX	75,4	81	87,4	64,8	71,5	76,02
Adv_01 NX	74,6	80,6	88	64	69,3	75,30
Adv_02 NX	74,2	79,9	86,9	63,8	69,5	74,86
Adv_03 NX	74,1	79,4	87,5	66,7	69,6	75,46
Srednja vrijednost	74,575	80,225	87,45	64,825	69,975	

	Ostvarene rastertonske vrijednosti na polju od 30%					
Meka traka	Aniloks A	Aniloks B	Aniloks C	Aniloks D	Aniloks E	Srednja
Std NX	79	82,5	87,4	67	73,1	77,80
Adv_01 NX	77,9	81,9	87,1	66,1	71,1	76,82
Adv_02 NX	76,9	80,9	87,4	64,6	70,5	76,06
Adv_03 NX	76,7	81	87,2	67,3	69,8	76,40
Srednja vrijednost	77,625	81,575	87,275	66,25	71,125	