



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

SINIŠA BOGDANOVIĆ

**KOLORIMETRIJSKE KARAKTERISTIKE
GRANIČNOG PODRUČJA
DIGITALNIH TEHNIKA TISKA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. IGOR ZJAKIĆ

Zagreb, 2015.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

SINIŠA BOGDANOVIĆ

**COLORIMETRIC CHARACTERISTICS
OF BORDER AREA IN
DIGITAL PRINTING TECHNIQUES**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Izv. prof. dr. sc. IGOR ZJAKIĆ

Zagreb, 2015.

UDK BROJ: 655.39:535.6

Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije:

1. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik,
2. dr. sc. Miroslav Mikota, znanstveni suradnik, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član,
3. izv. prof. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište u Osijeku Filozofski fakultet, vanjski član,

Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:

1. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik,
2. dr. sc. Miroslav Mikota, znanstveni suradnik, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član,
3. izv. prof. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište u Osijeku Filozofski fakultet, vanjski član,
4. doc. dr. sc. Damir Modrić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenski član,
5. izv. prof. dr. sc. Antoneta Tomljenović, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenska vanjska članica.

Datum obrane doktorske disertacije: 2. rujna 2015.

Mjesto obrane doktorske disertacije: Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije donijelo je sljedeću odluku:

„Obranio– jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

Doktorska disertacija je izrađena:	-	Grafički fakultet u Zagrebu
Znanstveno područje:	-	tehničke znanosti
Znanstveno polje:	-	grafička tehnologija
Mentor:	-	izv. prof. dr. sc. Igor Zjakić
Broj stranica:	-	165
Broj slika:	-	105
Broj tablica:	-	16
Broj literaturnih referenci:	-	91

Sažetak

Kolorimetrijske karakteristike digitalnih tehnika tiska utvrđene u dužem vremenskom razdoblju značajne su kod utvrđivanja broja boja koje je moguće otisnuti CMYK sustavom otiskivanja i takve definirane vrijednosti smatraju se danas općim prihvaćenim standardima tiska. Dosadašnjim spoznajama je ustanovljeno da se javljaju problemi u kvaliteti tiska. U neposrednoj primjeni digitalnog tiska pojavljuju se u graničnom području reprodukcije boja, odnosno njihovih kolorimetrijskih karakteristika. Problem predstavlja konverzija boja iz RGB u CMYK sustav boja. U ovom radu istraživat će se kolorimetrijske karakteristike graničnih područja reprodukcije boja digitalnih tehnika tiska gdje dolazi do značajnih promjena prilikom konverzije boja, a samim time i do smanjenja kvalitete tiska. Razlog smanjenju kvalitete jest što prilikom otiskivanja dolazi do reprodukcije manje zasićenih boja negoli se očekuje, ali i područja gdje su promjene nezamjetne – pa čak i kada promjene mogu dovesti i do povećanja kvalitete tiska tako da se na otisku dobiju boje koje nije moguće dobiti na monitoru. Analiza dobivenih rezultata omogućit će potpunije razumijevanje mogućnosti graničnih područja digitalnih tehnika tiska s obzirom na utvrđene kolorimetrijske karakteristike, koje će u konačnici rezultirati preporukama novih standarda kvalitete tiska.

Ključne riječi

Digitalni tisak, Kolorimetrija, Gamut, Granično područje

Summary

Colorimetric characteristics of digital printing techniques established during a longer period of time are of significance in the establishment of the number of colors that it is possible to print using the CMYK printing system, and such defined values are today considered to be generally accepted printing standards. Through previous knowledge it has been established that problems in printing quality appear, which in the immediate application of digital printing appear in the border area of color reproduction, i.e. their colorimetric characteristics, especially in the color conversion from RGB to CMYK system. This paper will research the colorimetric characteristics of the border area of reproduction colors in digital printing techniques, where significant changes occur during color conversion, and by it also the decrease in printing quality in the way that, during printing, reproduction of less saturated colors than expected occurs. The research will also focus on the areas where changes are imperceptible even when changes can lead to the increase in printing quality in a way that the colors achieved on the imprint cannot be achieved in RGB colors. The analysis of the received results will allow a more complete understanding of the possibilities of the border areas of digital printing techniques considering the established colorimetric characteristics that will, in the end, result in the recommendations for the new standards of printing quality.

Key words

Digital printing, Colorimetry, Gamut, Border areas

Sadržaj

1. UVOD	8
2. SVRHA RADA.....	9
2.1. PROBLEM	9
2.2. CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA.....	10
3. TEORETSKI DIO.....	12
3.1. DIGITALNI TISAK	12
3.2. ELEKTROGRAFSKI DIGITALNI TISAK	13
3.2.1. OSNOVNI PRINCIP ELEKTROFOTOGRAFIJE	14
3.3. INKJET DIGITALNI TISAK.....	21
3.3.1. FORMULIRANJE TINTE	26
3.4. INDIGO DIGITALNI TISAK	33
3.4.1. PRINCIP RADA	34
3.4.2. BOJILA	37
3.4.3. PODLOGE.....	39
3.5. BOJA.....	39
3.5.1. INDIVIDUALNI DOŽIVLJAJ BOJE	41
3.5.2. MUNSELLOV SUSTAV BOJA	44
3.5.3. COLOR MANAGEMENT SYSTEM (CMS)- SUSTAV UPRAVLJANJA BOJAMA ..	46
3.5.4. PROSTORI BOJA.....	47
3.5.5. KALIBRACIJA BOJA.....	48
3.5.6. INTERNATIONAL COLOR CONSORTIUM (ICC).....	48
3.5.7. ICC PROFILI	48
3.5.8. USKLAĐIVANJE BOJA PRILIKOM KONVERZIJE	49
3.5.9. CIE L*A*B* PROSTOR BOJA.....	50
4. EKSPERIMENTALNI DIO.....	53
4.1. METODOLOGIJA I PLAN ISTRAŽIVANJA.....	53
4.2. REZULTATI SPEKTROFOTOMETRIJSKIH MJERENJA ELEKTROGRAFSKOG TISKA	57
4.3. REZULTATI SPEKTROFOTOMETRIJSKIH MJERENJA INK-JET DIGITALNOG TISKA	78
4.4. REZULTATI SPEKTROFOTOMETRIJSKIH MJERENJA INDIGO DIGITALNOG TISKA	99

4.5. 3D PROSTORNI PRIKAZI I VOLUMENI CMYK GAMUTA ELEKTROGRAFSKOG DIGITALNOG TISKA.....	120
4.6. 3D PROSTORNI PRIKAZI I VOLUMENI CMYK GAMUTA INKJET DIGITALNOG TISKA	123
4.7. 3D PROSTORNI PRIKAZI I VOLUMENI CMYK GAMUTA INDIGO DIGITALNOG TISKA	126
5. DISKUSIJA REZULTATA.....	132
6. ZAKLJUČCI	140
7. LITERATURA.....	143
8. POPIS SLIKA I TABLICA	151
9. PRILOZI	155
POPIS OBJAVLJENIH RADOVA	164
ŽIVOTOPIS.....	166

1. Uvod

Digitalne tehnike tiska imaju kratku povijest, praktično od početka 1940. godine kada je započeta primjena digitalnog otiskivanja, kserografija, a početkom 1990-ih kao nastavak Kodakove i 3M-ove tehnologije digitalnih probnih otisaka nastalo je moderno digitalno otiskivanje. Tada je digitalni tisak bio korišten samo na sjajnim vrstama papira. Danas, četvrt stoljeća kasnije, digitalni se tisak koristi za manje naklade na različitim tiskovnim podlogama i formatima. Tijekom tog, povijesno gledano, kratkog razdoblja utvrđene su glavne kolorimetrijske karakteristike digitalnih tehnika tiska koje su općenite za sve digitalne tehnike tiska.

Međutim, u analizi kolorimetrijskih vrijednosti CIE L*a*b* sustava unutar boja koje je moguće reproducirati digitalnim tehnikama tiska, utvrđeno je da unutar graničnih vrijednosti boja prikaza na monitorima i usporedbe s digitalnim tiskom postoje područja koja je moguće prikazati digitalnim tehnikama tiska, a koje nije moguće dobiti reproducirajući ih na monitorima⁽¹⁾. Uvidom u dosadašnja istraživanja tih graničnih vrijednosti da se zaključiti da neke boje, prvenstveno u plavom području, kada su otisnute u maksimalnom nanosu koji ne mijenja relativni tiskovni kontrast više od dopuštenih 5%, daju kolorimetrijske rezultate koji se ne mogu reproducirati na monitoru⁽²⁾. Kako bi se kolorimetrijske karakteristike neke boje mogle precizno utvrditi, potrebno je utvrditi individualne varijable svake boje unutar vidnog polja promatrača s normalnim vidom⁽³⁾.

Teorijske potrebe za definiranjem karakteristika boja⁽⁴⁾ s vremenom su se proširivale ovisno o sustavima uređaja i strojeva koji su boje reproducirali. Tako su otkrivena nova svojstva boja koja su u teoriji povezana s neuralnim mehanizmima i refleksijom s točno definirane površine⁽⁵⁾. Zbog navedenog subjektivnog osjećaja, kod ljudi je viđenje boje problematično valorizirati, ali za potrebe ove doktorske disertacije, subjektivna ocjena će se raditi vizualnim odvajanjem otisaka prema subjektivnom doživljaju, a naknadno će se na navedenim otiscima spektrofotometrijski mjeriti polje sivog balansa te će se moći valorizirati kolorimetrijske promjene⁽⁶⁾ na višebojnim otiscima.

2. Svrha rada

2.1. Problem

Zbog raznih vanjskih utjecaja koji mogu promijeniti dojam prikazivanja slike na monitoru, povećava se potreba za korekcijom slike prilikom prikazivanja pomoću alata za oblikovanje slike. Navedeno se izvodi pomoću dva algoritma, od kojih jedan omogućuje očuvanje prikaza originalne slike bez obzira na vanjske utjecaje, a drugi omogućuje simulaciju slike u određenim uvjetima koji se mogu primjeniti i za kompenzaciju refleksije ekrana⁽⁷⁾.

Prijašnjim istraživanjima ustanovljen je i metamerizam višetonskih slika koji nije isti s različitim dominantnim tonovima kada se slika promatra s različitim standardiziranim izvorima svjetlosti⁽⁸⁾. To je ustanovljeno baznim kolorimetrijskim mjerenjem uzorka sivog balansa i izračunom MacAdamsovog elipsoida u trodimenzionalnom CIE L*a*b* sustavu. Dokazano je da je percepcija boje uvjetovana izvorom svjetla te je istraženo pod kojim uvjetima je pojava metamerizma veća ili manja, što je vrlo važno prilikom istraživanja graničnog područja boja u tisku⁽⁹⁾. Prilikom korelacije definiranja boja između mjernih karakteristika i promatrača, kako se vizualna informacija sastoji i od teksta, ustanovljeno je da je boja izrazito važna i kod definiranja teksta pa je utvrđeno da ljudi različito doživljavaju tekst u ovisnosti o kombinaciji boje, svjetlosnog kontrasta, razlike u boji i polarnosti prilikom čitljivosti⁽¹⁰⁾, posebno kada su u pitanju tamne boje⁽¹¹⁾.

Navedeno je izrazito važno u definiranju kvalitete reprodukcije s modernim monitorima koji se tehnološki brzo razvijaju što znači da i prikaz boje postaje sve realniji, kako bi prilikom otiskivanja CMYK sustavom boja promjene u kolorimetrijskim vrijednostima bile što manje. Promatranje slika na monitorima također je uvjetovano i vremenom fiksacije kod koje je promatranje otisaka na monitoru duže nego na otisnutoj tiskovnoj podlozi. Kako je doživljaj boje na monitoru drugačiji nego na otisku, što se očituje u doživljaju i mogućnosti reproduciranja boja, na kvalitetu otisnutog proizvoda utječe i tiskovna podloga⁽¹²⁾ koja će za potrebe ovog istraživanja biti papir.

Papir kao podloga karakterističan je zbog svoje nehomogene površine te se otiskivanjem rasterskih elemenata na otisku pojavljuje i deformacija rastertonskih vrijednosti koja može utjecati na doživljaj kvalitete tiska, posebno u srednjim rastertonskim vrijednostima⁽¹³⁾. Stoga, navedena deformacija utječe i na broj boja te može doći do promjena u graničnom prostoru boja kod kojeg se sustav boja, u ovisnosti o tiskovnoj podlozi boja prilikom transformacije iz RGB u CMYK, može mapirati u oba smjera, prema ili od osi svjetline⁽¹⁴⁾.

2.2. Ciljevi i zadaci istraživanja

Doktorski rad podijelit će se u tri važnije cjeline - teorijski i eksperimentalni dio, te interpretacija rezultata istraživanja. Doktorska disertacija će biti fokusirana na kvalitetu tiska digitalnih tehnika tiska, ponajprije dvije osnovne i najupotrebljivije tehnike digitalnog tiska: elektrofotografiju i inkjet kao i indigo tisak. To jest, fokusirat će se na na parametre koji dovode do promjene kvalitete tiska. Pokušat će se ustanoviti koji od parametara kvalitete tiska najviše utječe na pad kvalitete te kako se navedeni pad može smanjiti na najmanju moguću mjeru. Opisat će se pojave koje se događaju za vrijeme tiska te će se mjeriti i definirati denzitometrijski i spektrofotometrijski parametri kvalitete CIE L*a*b* vrijednosti punih tonova osnovnih boja tiska, polja aditivnog miješanja boja te polja koja imaju definirane rastertonske vrijednosti.

U eksperimentalnom dijelu, mjerenjima na navedenim poljima će se ustanovljivati i prirast rastertonskih vrijednosti kako bi se utvrdile deformacije rasterskih elemenata^(15,16). Testna forma sastojat će se od elemenata i stripova kojima je moguće ustanoviti gustoću obojenja i prirast rastertonskih vrijednosti. Osim navedenog, otiskivat će se i višebojni motiv kako bi se mogla ustanoviti kvaliteta tiska binokularnim simultanim usaglašavanjem s ekrana.

Prilikom izrade testnih uzoraka, na otiscima će se nalaziti polja koja će služiti za mjerenje boja te će se navedene boje reproducirati za pojedine tehnike tiska. Potom će se i pokušati definirati kako bi se ustanovilo koje boje je moguće dobiti pojedinom tehnikom tiska. Mjerenjem navedenog područja

ustanovit će se granično područje koje digitalni tisak može reproducirati te će se u radu probati ustanoviti koje područje CIE L*a*b* sustava boja izlazi van područja RGB sustava boja. To je izrazito važno za početno definiranje kvalitete tiska tijekom pripremanja slikovne informacije za tisak^(18, 19). Nakon ustanovljavanja navedenog područja, u disertaciji će se naći korelacija doživljaja graničnog područja i subjektivnog doživljaja kvalitete kod standardnog promatrača.

Sva navedena istraživanja radit će se tako da se može ustanoviti korelacija subjektivnog doživljaja kvalitete tiska s dokazivim znanstvenim metodama ustanovljavanja kvalitete tiska i graničnog područja otiskivanja za navedene digitalne tehnike tiska. Ispitivanja u radu će se raditi na više tiskovnih papirnatih podloga (premazni sjajni papir, premazni mat papir, nepremazni papir). Razlog tome je kako bi se ustanovile promjene u kolorimetrijskim vrijednostima testnih uzoraka i kako bi se mogao dati znanstveni pristup definiranju profila uređaja te elementima karakterizacije između uređaja, od ulazne informacije do krajnjeg proizvoda. Rezultati istraživanja će omogućiti postupke koje treba provesti da se pad kvalitete tiska smanji na najmanju moguću mjeru.

3. Teoretski dio

3.1. Digitalni tisak

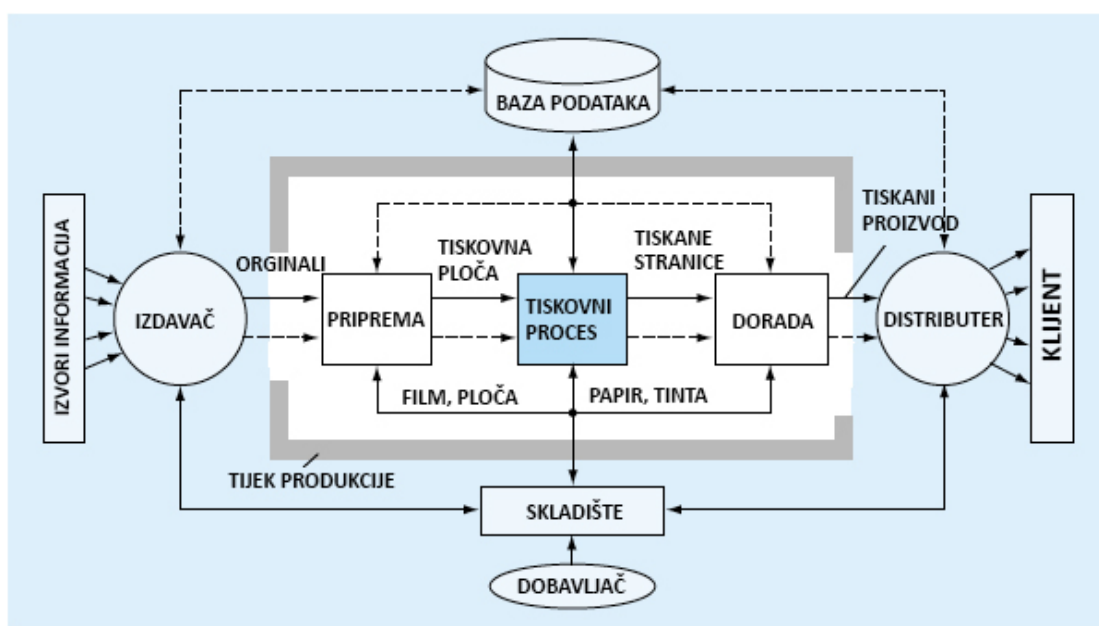
Suvremeni trendovi grafičke tiskarske djelatnosti ukazuju na promjenu unutar samih tehnika tiska. Offsetni tisak koji je dugo vremena prednjačio u grafičkoj djelatnosti, pogotovo za manje naklade, gubi bitku za nadolazećim digitalnim tehnikama tiska. Tehnologija digitalnog tiska se godinama usavršavala i dosegla polagano preuzimanje naspram konvencionalnog plošnog tiska. U današnje doba gotovo se sve manje naklade i naklade na manjim formatima obavljaju na digitalnim tiskarskim strojevima, redom – elektografiji, inkjetu ili indigo tisku. Digitalni tisak povrh svega omogućava i personalizaciju otiska, što kod konvencionalnih tehnika nije ni moguće⁽¹⁹⁾.

Svakako jedan od najvećih izazova digitalnih tehnika tiska je kvaliteta tiska i upravljanje bojama. Vrlo bitan segment predstavlja upravljanje bojama, pogotovo u marketinške svrhe. Ovdje se djelatnici u grafičkoj industriji svakodnevno susreću s problemima boje i s objašnjavanjem klijentima na kojem principu se jedna boja različito prikazuje na multimedijalnom monitoru ili otisku. Neovisno o upravljanju bojama, personalizacija i varijabilnost i dalje predstavljaju temeljnu prednost digitalnih tehnika tiska.

Osnovna podjela digitalnih tehnika tiska je prvotno u dvije glavne cjeline: *Computer to press* i *Computer to print*. Svaki originalni predložak koji se obrađuje na računalu unutar neke grafičke aplikacije se pretvara putem Raster image processora (RIP) u osnovne točke tiska u određenoj rezoluciji 2540 dpi. Takav obrađeni dokument se upućuje ili u postupak ispisa (*computer to print*) ili u postupak daljnjeg tiskanja za izradu tiskovnih formi (*computer to press*).

Computer to print princip podrazumijeva sve one tehnologije tiskanja koje u procesu izrade ne koriste materijalnu tiskovnu formu, nego tzv. latentnu tiskovnu formu koja se ostvaruje podacima dobivenim direktno iz računala.

Takve informacije od grafičkih predložaka su digitalizirane, i mogu se vrlo lako modificirati i ponovno tiskati. Takav način prijenosa digitalnih informacija omogućuje da svaka naredna stranica ili predložak budu drugačiji, odnosno stranice se mogu personalizirati. Takvu tehnologiju karakterizira i vrlo mala zona pritiska u zoni dodira tiskovne podloge i tiskovne forme pa takve tehnike otiskivanja nazivamo *Non impact printing* (NIP). Najzastupljeniji predstavnici NIP tehnologija danas su elektrografija i inkjet.



Slika 1. Prikaz procesa modernog digitalnog otiskivanja

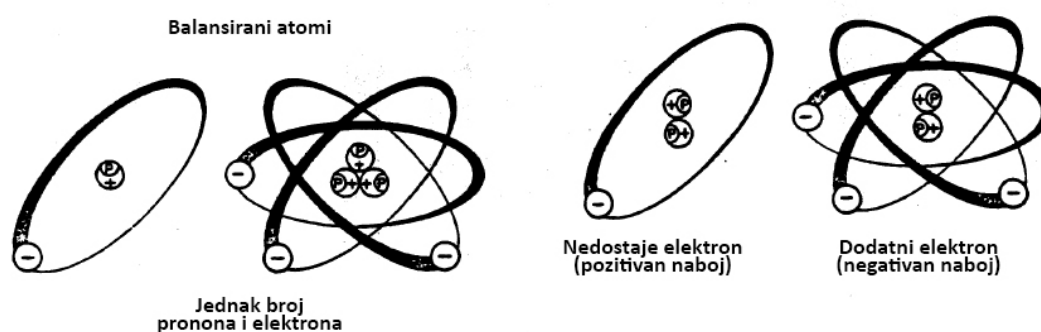
3.2. Elektrografski digitalni tisak

Prvi eksperiment elektrofotografskog otiskivanja dogodio se 22. listopada 1938. godine u u hotelu Astoria (Queens). Nakon petnaestgodišnjeg istraživanja, izveli su ga Chester Charlson i Otto Kornei koji uspijevaju postići otisak sa suhim (praškastim) bojom. Kasnije je upotrijebljena cinkova ploča premazana sumporom, koja se u zamračenoj prostoriji trljala pamučnom maramicom da bi se postigao jednoličan površinski elektrostatski naboj. Cinkova ploča bi se osvjetljavala vrlo kratko kroz mikroskopsko staklo, čime je formirana virtualna tiskovna forma. Po osvjetljavanju je slijedilo nanašanje žutog likopodijskog praška (*lycopodium*) koji se apsorbirao na neosvijetljenu sumpornu površinu. S osvjetljenih površina prašak se skidao laganim

otpuhivanjem. Vidljivi otisak dobiven je prijenosom likopodijskog praška na voštani papir, na kojemu se vosak rastalio. Slijedio je rasplet: skrućivanjem voska na papiru konačno je postignut suh i konzistentan otisak.

Cijelo desetljeće kasnije, 1949. godine, tvrtka Harold (današnji XEROX) otkupljuje patent i nastavlja istraživanje na elektrofotografskom suhom otiskivanju. Uslijedio je automatiziran Xerografski stroj (tip 914) koji je predstavljen tek 1959. godine. Taj je stroj postao tehnološka platforma i temelj svih današnjih fotokopirnih strojeva.

XEROX nastavlja s daljnjim razvojem i prilagođavanjem xerografije kompjuterskom ispisivanju, što je rezultiralo prezentacijom prvoga komercijalnoga laserskoga printera (laser 9700) 1978. Godine, s do tada nezamislivom brzinom tiskanja od 120 a4 str/min.

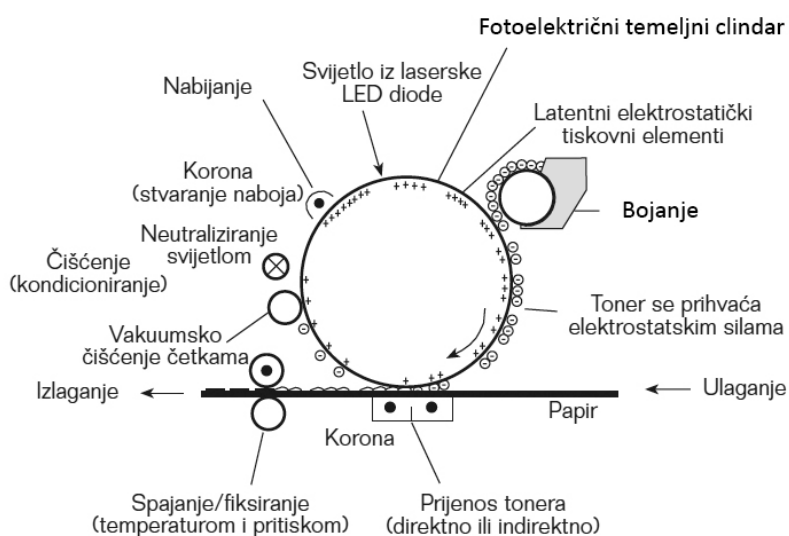


Slika 2. Osnovni princip naboja elektrona kod xerografije

Višebojni elektrofotografski stroj na principu praškastih tonera prvi patentira tvrtka CANON 1973. godine kada započinje “nova era” – era kolornog elektrofotografskog digitalnog tiska. Pa ipak, elektrofotografski digitalni tisak u grafičkoj industriji započinje se implementirati tek puna dva desetljeća kasnije, 1995. godine. Brojne tvrtke kao što su Indigo (današnji HP), XEROX, OCE, KODAK i drugi predstavljaju višebojne strojeve formata a3+ koji tiskaju s proizvodnom brzinom do 35 str/min⁽²⁰⁾.

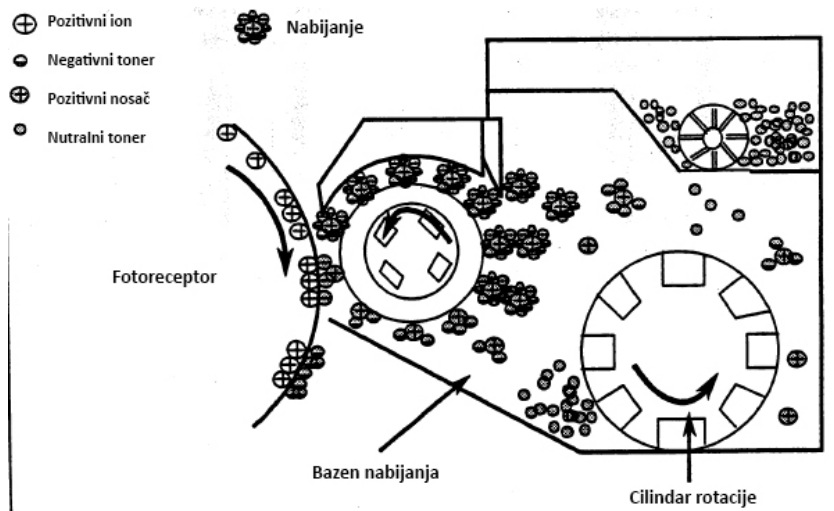
3.2.1. Osnovni princip elektrofotografije

Osnovni princip elektrofotografije baziran je na fizikalnoj pojavi unutarnjeg fotoelektričnog efekta (photoconductive effect) koji je karakterističan za električki nevodljive ili slabo vodljive pojedinačne kristale, odnosno kristalne mase kao što su kristalizirani selen, kristalizirani telur, kuprooksid, talijev sulfid, talijev oksid i sl. Pod utjecajem djelovanja jačeg inteziteta svjetlosti, ti kristali mijenjaju svoju strukturu, pri čemu se povećava električna provodljivost.



Slika 3. Osnovni princip elektrografije

Prelazak s analogne uredske xerografske tehnologije otiskivanja na digitalnu tehnologiju otiskivanja bio je značajan i velik tehnološki korak. Za njegovo je ostvarenje bilo potrebno udovoljiti dvama preduvjetima: prvo, svjetlosni izvori morali su se mijenjati ovisno o podacima iz računala i drugo, svjetlosni izvori morali su se podešavati spektralnoj osjetljivosti fotoreceptora. Tako otkrivamo sami temelj cijelog elektrofotografskog procesa – to je fotoreceptor⁽²¹⁾. Njegova glavna funkcija je da se od optičke slike stvori latentna slika, koja će se u fazi razvijanja transformirati u vizualno vidljivu tonersku sliku.

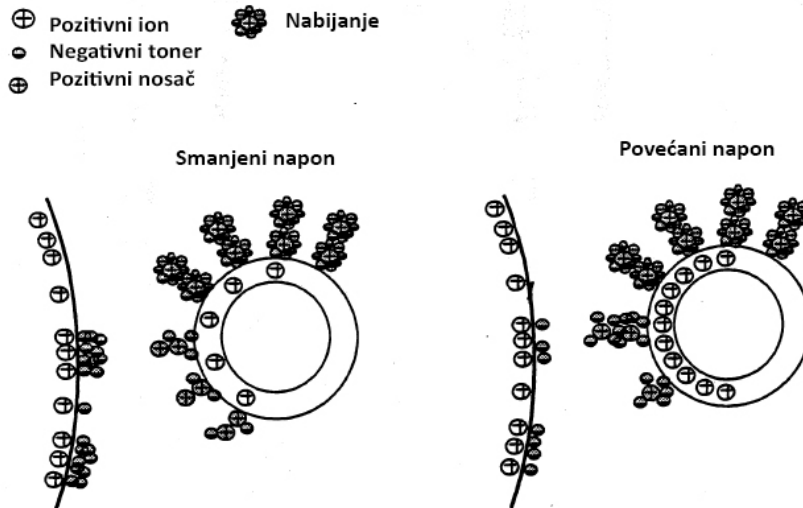


Slika 4. Pincip nabijanja elektrona u elektrografskom tisku

Neposredno prije procesa otiskivanja nužno je da se tekstualni i slikovni podaci iz Dtp (*desk top of publishing*) računala prenesu na elektrofotografski tiskarski stroj. Računalo tiskarskog stroja i dtp računala međusobno su povezani sustavom lan (*local area network*), čime je osiguran brz protok podataka. Postoji mogućnost i unošenja informacija pomoću dodatnih kompjuterskih ulaznih jedinica (dvd, cd, exabyte i zip drive) što je kompliciraniji i sporiji način unosa podataka.

Komunikacijski protokol je složen. Računalo elektrofotografskog stroja prihvaća samo specifične digitalne zapise od kojih su najčešći: p.s. (*postscript*), pdf, eps i tiff. Svi poslovi kreirani na dtp računalu pretvaraju se u odgovarajući binarni (strojni) oblik kojeg je moguće rastrirati, odnosno prevesti u digitalni rasterski oblik s izdvojene 4 procesne boje cmyk. Temeljna zadaća procesa obojavanja (razvijanja) je učiniti virtualnu tiskovnu formu vidljivom koristeći specijalizirane obojene materijale (tonere), koji su prilagođeni za prenašanje na tiskovnu podlogu. Toneri su najčešće praškastog oblika, ali mogu biti i tekućine. Sama konstrukcija elektrofotografskih strojeva prilagođena je agregatnom stanju tonera.

Važno je naglasiti da razlikujemo dva osnovna tipa elektrofotografskog procesa otiskivanja: prvi, elektrofotografija praškastim tonerima (xerografija) i drugi, elektrofotografija tekućim tonerima⁽²²⁾.



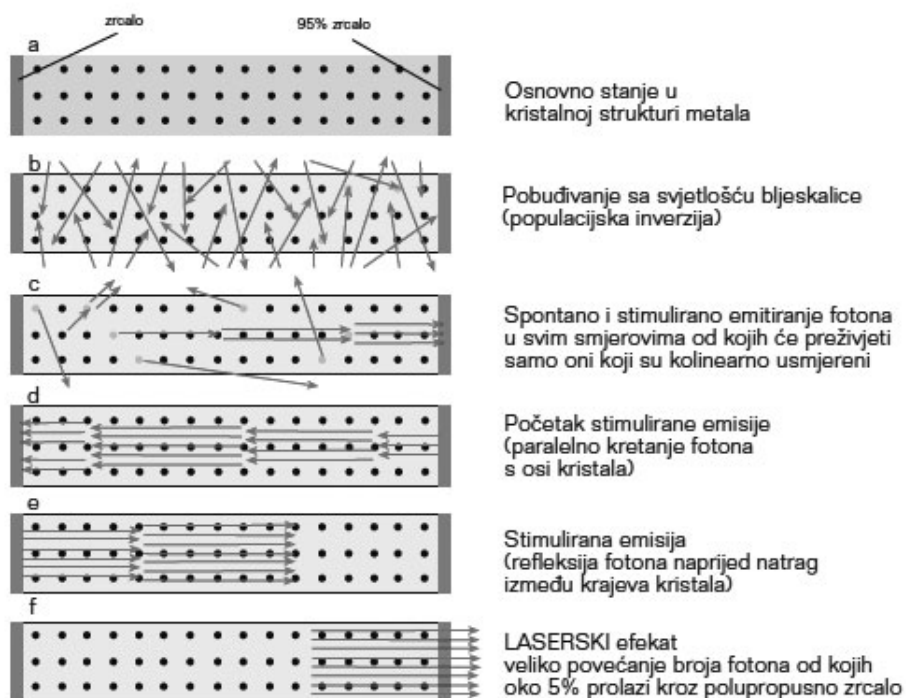
Slika 5. Prikaz smanjenog i povećanog napona na kvalitetu slike

Digitalni kolorni ofset je indirektni elektrofotografski postupak koji primjenjuje specijalno tekuće bojilo electroink čija je glavna karakteristika niski dinamički koeficijent viskoznosti (η), koji u početnoj fazi otiskivanja iznosi 15 mpa·s, da bi se u završnoj fazi povećao na 50 pa·s. Pri otiskivanju electroink se zagrijava, prestaje biti tekućina i postaje ljepljiva pigmentna pasta. Takva osobina electroinka dozvoljava visoku kvalitetu obojavanja i rezoluciju otiskivanja od 2400 dpi.

Dobiveni otisak posjeduje tanki nanos bojila (oko 1 μm), te svojom kromatičnošću i zasićenjem odgovara otisku klasičnog ofseta. U osnovnom stanju electroink je emulzija koja sadrži 3 osnovne komponente: monomernu pigmentnu pastu (oko 5%), mineralno lako hlapivo ulje isopar (oko 94%), i agense za povećavanje električne provodljivosti (oko 1%).

Nešto je drukčija situacija pri ispisu digitalnog zapisa fotografske slike⁽²⁴⁾ jer fotografi na raspolaganju imaju različite tehnike ispisa, ali također, unutar određene tehnike ispisa, mogućnost odabira podloge za ispis. Izbor karaktera efekta podloge, sjajni ili mat, ovisi o motivu, formatu i namjeni fotografije. No, u idealnom slučaju, ne očekuje se da promjena načina dorade površine podloge za ispis bitno utječe na reprodukciju boja i tonova. U radu Mikote et al. na temelju kolorimetrijskih mjerenja ispitan je utjecaj odabira podloge za

ispis različitog načina dorade na boje i tonove fotografije realizirane tehnikom digitalnog laserskog fotografskog ispisa. Rezultati upućuju na bitne razlike tonova i boja realiziranih digitalnih fotografija.

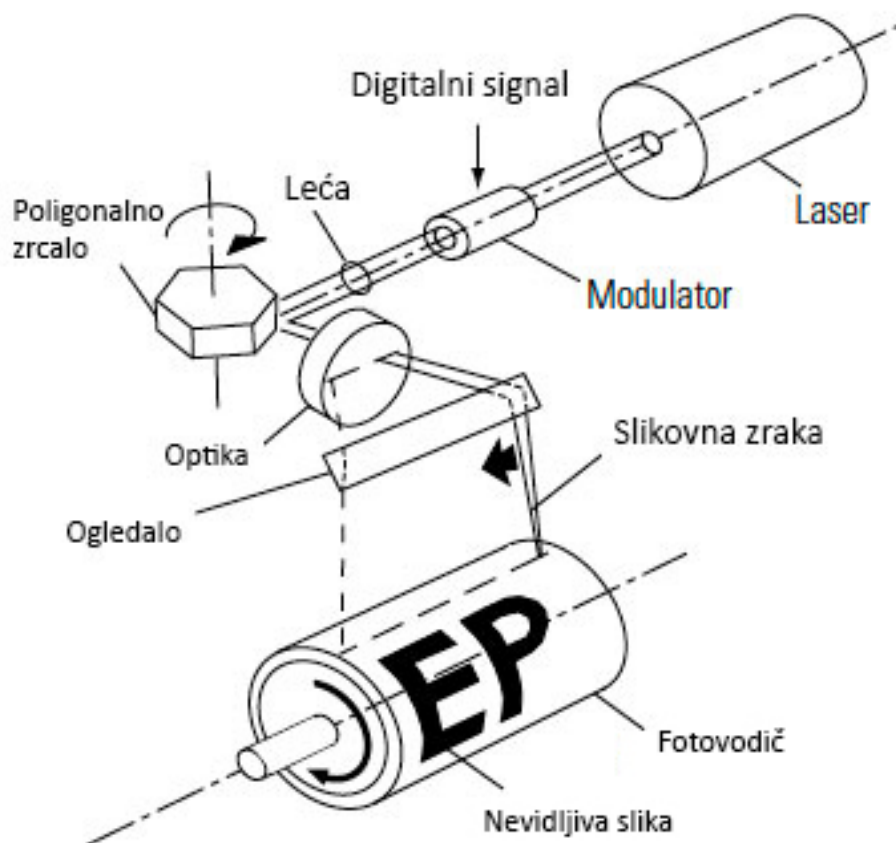


Slika 6. Princip stvaranja kontinuiranog laserskog svjetla

Tonersku sliku nakon razvijanja potrebno je prenijeti na tiskovnu podlogu. U elektrofotografiji to nazivamo transfer tonera koji je provediv na dva načina: direktnim transferom i indirektnim transferom.

Fuziranje tonera je vrlo složen proces. Pri otiskivanju u kontaktu se moraju naći čestice tonera i tiskovna podloga (najčešće papir). Pri tom srazu dolazi do međusobnog privlačenja elektrostatskim silama, ali i s međumolekularnim Wandervaalsovima silama. Pritom privlačenje čestica tonera i papirnih vlaknaca nije ujednačeno, i samo niži slojevi nanesenog tonera imaju privilegiju kvalitetnijeg vezivanja⁽²⁸⁾. Većina prenesenog tonera ostaje nestabilna i nije otporna na mehaničko otiranje. Zbog tog razloga potrebno je dodatno fiksiranje čestica tonera za tiskovnu podlogu. Za tu potrebu koriste se specijalni uređaji koji se nazivaju fuzeri. S razvojem elektrofotografskog procesa mijenjale su se i konfiguracije višebojnih tiskarskih strojeva.

Uočavanje i najmanje nepravilnosti u proizvedenoj seriji najčešće rezultira novom poboljšanom serijom. Vremenski promatrano to se zbiva skoro svake druge godine što je razlogom velikog broja proizvedenih modela, čija je kvaliteta u stalnom usponu.

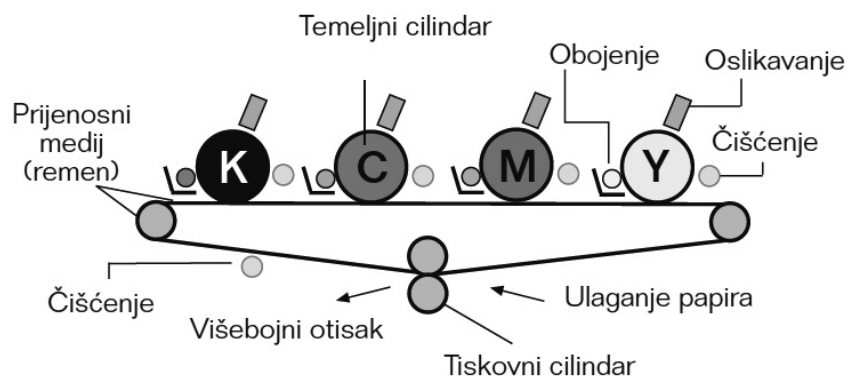


Slika 7. Prikaz stvaranja laserske slike

Načelno se razlikuju dva tipa konstrukcija elektrofotografskih višebojnih strojeva:

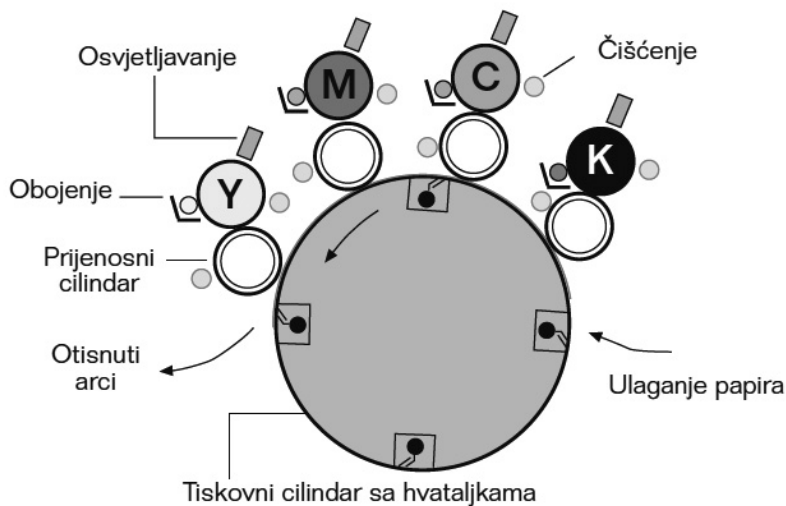
- jednoprolazni elektrofotografski strojevi te - višeprolazni elektrofotografski strojevi⁽²⁷⁾. Glavna razlika među njima je u konstrukciji tiskovne jedinice, odnosno u načinu provođenja otiskivanja (direktan ili indirektan tisak).

Jednoprolazni višebojni elektrofotografski strojevi imaju prostorno veći tiskarski sustav kod kojeg su tiskarske jedinice (žuta, magenta, cijan i crna) međusobno odvojene. Takav tiskarski sustav sadrži 4 temeljna i 4 tiskovna cilindra. Tiskarske jedinice odvojeno nanose bojilo, koje se direktno u jednom prolasku otiskuje na tiskovnu podlogu (direktno otiskivanje).



Slika 8. Princip jednoprolaznih višebojnih elektrografskih strojeva

Indirektno jednoprolazno elektrofotografsko otiskivanje konstrukcijom je vrlo slično direktnom načinu otiskivanja. Razlika je u dodatnom prijenosnom remenu između 4 temeljna cilindra i jednog tiskovnog cilindra. Na prijenosnom remenu se vrši nanos svih kolornih separacija (cmyk) koje se odjednom otiskuju na tiskovnu podlogu.



Slika 9. Princip više prolaznih višebojnih elektrografskih strojeva

Višeprolazni sistemi satelitske konstrukcije značajno su sporiji od jednoprolaznih sistema. Satelitski direktni više prolazni sistemi posjeduju jedan veliki temeljni cilindar oko kojega su poredane 4 tiskovne jedinice. Na

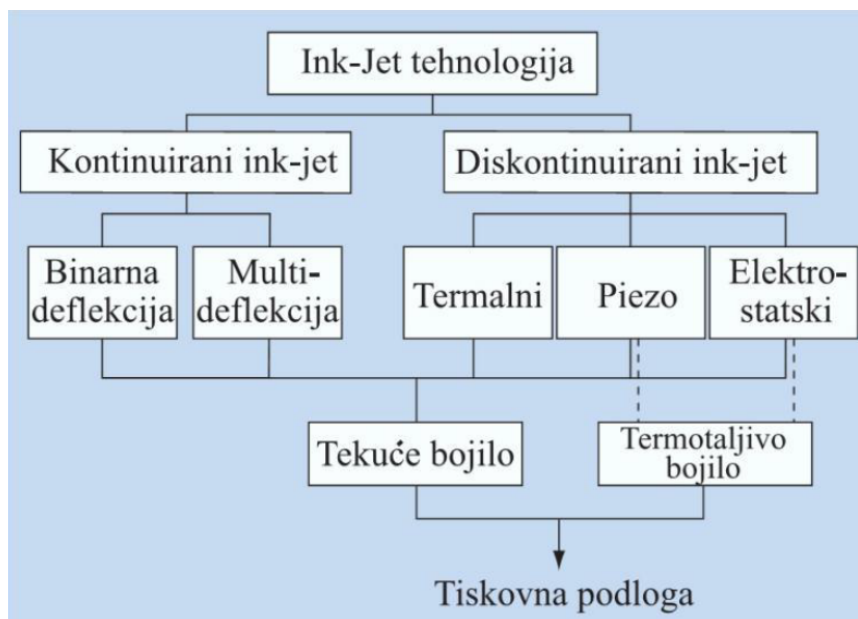
temeljnem cilindru se vrši nanašanje svih obojenih tonera počevši od najsvjetlije žute, magente, cijan do najtamnije crne. Između svakog procesa nanošanja tonera, izvodi se novo kondicioniranje koje je nužno potrebno za sljedeću fazu oslikavanja. Na kraju nastaje otisak direktnim pritiskom temeljnog cilindra o papir, koji se nalazi na tiskovnom cilindru

Neki indirektni višeprolazni satelitski sistemi posjeduju 4 puta veće tiskovni cilindre u odnosu na jednoprolazne. Takav tiskovni cilindar posjeduje 4 hvataljke tiskovnog cilindra koje za vrijeme otiskivanja pridržavaju tiskovne podloge. Između 4 temeljna i jednog tiskovnog cilindra nalaze se 4 prijenosna cilindra. Njihova je funkcija prenašanje obojenih tonera s fotokonduktora na tiskovnu podlogu.

Uslijed velikog izbora istraživačkih polja od istraživanja fotona svjetlosti pa sve do inženjerskih aplikacija, potreba za konstruiranjem trodimenzionalnih struktura u visokoj rezoluciji je postala sve veći imperativ. Sljedeći taj cilj, direktna laserska elektrografija s tehnologijom zapisa baziranom na multifotonskoj polimerizaciji, zbog svojih jedinstvenih svojstava i karakteristika je prema istraživanjima Aleksandrosa Selimisa et al., dokazano provjeren put velike preciznosti u strukturiranju pa je kao takva stavljena na mapu istraživanja u 3D tiskanju.

3.3. Inkjet digitalni tisak

Koncept printanja inkjetom potječe iz devetnaestog stoljeća. Tehnologija se isprva razvila u ranim 1950-ima. Počevši od 1970-ih, inkjet printeri koji su mogli reproducirati digitalne, kompjutorski proizvedene slike bili su razvijeni, uglavnom od strane Epsone, Hewlett-Packarda (HP) i Canon Inc.-a. Na svjetskom potrošačkom tržištu, četiri proizvođača zaslužna su za većinu prodaje inkjet printera: Canon, HP, Epson i Lexmark, nusprodukt IBM-a iz 1991. godine. Nadolazeće tržište *inkjet material depositiona* također koristi inkjet tehnologiju, uglavnom glave pisača koje koriste piezoelektrične kristale, kako bi položili materijal direktno na supstrat.



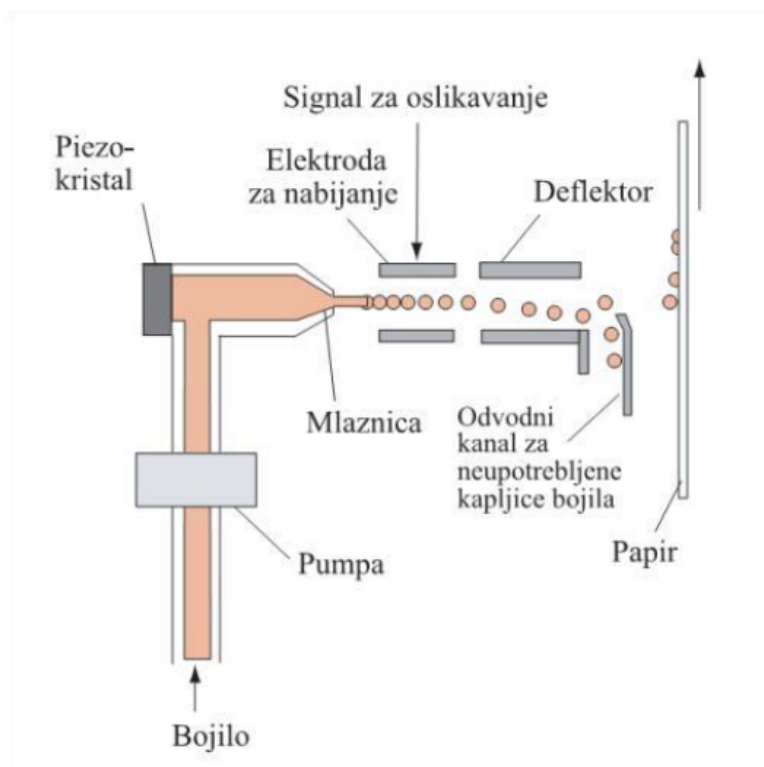
Slika 10. Shematski prikaz inkjet tehnika digitalnog tiska

Postoje dvije glavne tehnologije pri korištenju modernih inkjet printera: kontinuirana (CIJ) i „drop-on-demand“ (DOD) tehnologija. Još jedna print tehnologija u nastajanju je EHD. Tekućine mogu biti printane po nanostupnjevima pyro-EHD-om⁽³⁰⁾.

Kontinuirana inkjet (CIJ) metoda se koristi komercijalno za označavanje i kodiranje proizvoda i paketa. 1867. **Lord Kelvin** je patentirao sifon snimač, koji je usnimio telegrafske signale kao kontinuirani trag na papiru, koristeći pritom ink jet brizgalicu skrenutu magnetskom navojnicom. Prvi komercijalni proizvodi (medicinska traka «zabilježeni dijagram») bili su uvedeni 1951.

U CIJ tehnologiji, visokotlačna pumpa usmjeruje tekuću tintu iz spremnika kroz unutrašnjost trupa i mikroskopsku brizgalicu, stvarajući kontinuiranu bujicu kapljica tinte putem **Plateau-Rayleighove nestabilnosti**. Piezoelektrični kristal stvara akustični val dok vibrira kroz unutrašnjost trupa pravilnim intervalima: može se postići 64,000 pa sve do 165,000 kapljica u sekundi. Kapljice tinte podvrgavaju se elektrostatskom polju koje je stvoreno od elektrode koja se puni dok se stvara; polje varira s obzirom na željeni stupanj deformacije kapi. Rezultat ovoga je kontrolirani, varijabilni

elektrostatični naboj na svakoj kapi. Nabijene kapi se razdvajaju pomoću jedne ili više nenabijene „zaštitne kapi“ kako bi se minimiziralo elektrostatično odbijanje između susjednih kapi.



Slika 11. Princip rada kontinuiranog piezo elektrostatskog inkjet tiska

Nabijene kapi prolaze kroz još jedno elektrostatično polje i usmjeravaju se (skreću) od strane elektrostatičnih skretnih ploča kako bi se isprintale na materijalima receptorima (supstrat) ili kako bi im se dozvolilo da nastave dalje, neiskrenute, do kanala za sabiranje kako bi se ponovno upotrijebile (Slika 11.). Jače nabijene čestice se više zakreću. Samo mali djelić kapljica koristi se za printanje, dok se većina reciklira.

CIJ je jedna od najstarijih ink jet metoda u uporabi i prilično je usavršena. Glavne prednosti su joj vrlo visoka brzina (50m/s) kapljica tinte, koja dozvoljava relativno veliku udaljenost između glave pisača i supstrata, kao i vrlo visoku frekvenciju izbacivanja kapljica, dozvoljavajući time vrlo visoku brzinu pritiranja. Još jedna je prednost sloboda od slučajeva začepjenja brizgalice, budući da je jet uvijek u uporabi. Time se dopušta nepostojanim

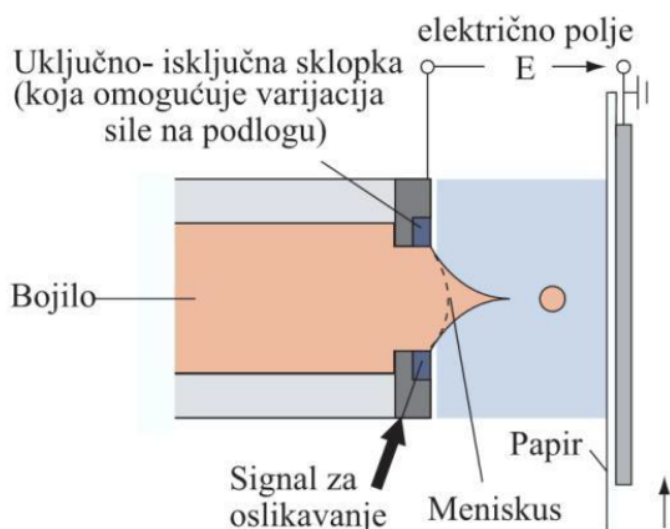
otapalima kao što su ketoni i alkoholi da budu uporabljeni, a tinti daje mogućnost da „zagriže“ u supstrate i brzo se osuši.

Sustav rada s tintom iziskuje aktivnu regulaciju otapala kako bi bila u suprotstvu isparavanju otapala za vrijeme preletavanja (vrijeme između izbačaja brizgalice i recikliranja u odvodnom kanalu), te kako bi se regulirao proces odzračivanja gdje zrak koji je uzet iz odvodnog kanala zajedno s neiskorištenim kapima bude odzračen iz rezervoara. Viskoznost se prati te se otapalo (ili mješavina otapala) dodaju kako bi se neutralizirao gubitak otapala.

Većina potrošača inkjet printera, uključujući one iz kompanija Canon, Hewlett-Packard i Lexmark, koriste termički inkjet process. Ideja korištenja termičke ekscitacije kako bi se pokrenule sitne kapi tinte razvijena je neovisno od dvije grupe u otprilike isto vrijeme: John Vaught i Hewlett-Packardov tim divizije Corvallis te Canonov inženjer **Ichiro Endo**. U početku, 1977. godine, Endov tip je pokušavao koristiti piezoelektrični efekt da pokrene tintu iz brizgalice, ali je primijetio da tinta štrca iz špricalice kada se slučajno zagrije s lemilom. Vaughtov rad započeo je kasne 1978. s projektom čiji je cilj bio razviti brzo, jeftino printanje. HP-ov tim je otkrio da tankoslojni otpornici mogu proizvesti dovoljno topline da ispale kapljicu tinte. Dvije godine kasnije HP-ovi i Canonovi timovi saznali su za rad jedni drugih. U termalnom inkjet procesu, patrone printera sastoje se od serije tankih odjeljaka, od kojih svaka sadržava grijač, a sve su sazdane od fotolithografije.

Da bi se kapljica izbacila iz svakog odjeljka, impuls strujanja prolazi kroz grijaći element, uzrokujući brzo isparavanje tinte iz odjeljaka i formirajući mjehurić, koji pak uzrokuje veliko povećanje u tlaku, dajući poticaj kapljici tinte kako bi završila na papiru⁽³⁴⁾ (stoga i Canonovo strukovno ime „Bubble Jet“). Površinska napetost tinte, kao i kondenzacija i kontrakcija isparavajućeg mjehurića, vuku daljnji naboj tinte u odjeljak kroz uski kanal priključen spremniku tinte. Tinte koje su uključene su obično bazirane na vodi i koriste ili pigmente ili boje kao bojilo. Tinte moraju imati nepredvidivu komponentu kako bi tvorile parni mjehurić, inače je ispaljivanje kapljica nemoguće. Kako nije

potreban nikakav posebni materijal, glavu pisača je obično jeftinije za proizvesti nego što su to ostale inkjet tehnologije.



Slika 12. Princip rada diskontinuiranog piezoelektrostatskog inkjet tiska

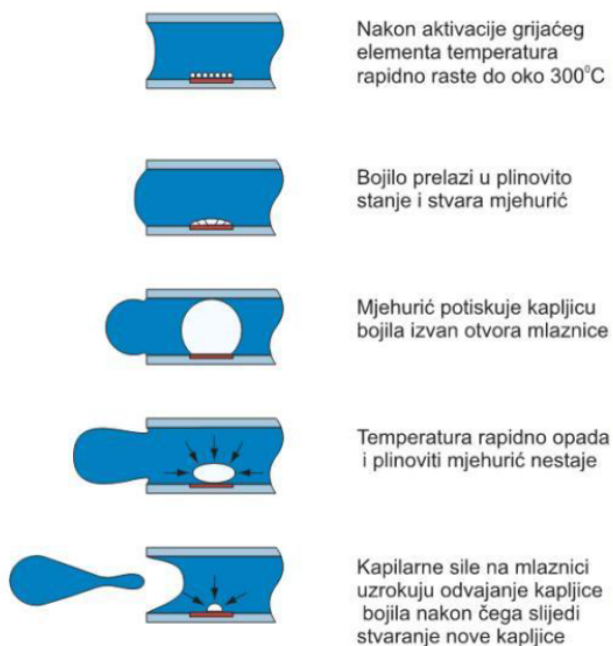
Većina komercijalnih i industrijskih inkjet printera i neki potrošački printeri (oni proizvedeni od strane Micro Piezo Epsona i Brother Industries) koriste piezoelekticitet i piezoelektrične materijale (Slika 12.) u odjeljcima punjenim tintom iza svake brizgalice umjesto korištenja zagrijavajućeg elementa. Kada se primijeni napon, piezoelektrični materijal promijeni oblik, generirajući pulsni pritisak u tekućini, koji prisiljava kapljice tinte iz brizgalice. Piezoelektrična (također zvana Piezo) inkjet dozvoljava širu varijaciju tinta nego termalna inkjet budući da nema uvjeta za nepostojane komponente, i nema problema sa kogacijom (nakupljanjem ostatka tinte). No, te glave pisača su skuplje za proizvesti zbog korištenja piezoelektričnih materijala, obično PZT (olovo cirkonij titanata). DOD proces koristi softver koji upućuje glave da nanese između nula i osam kapljica tinte po točki, samo kada je potrebno. Piezo inkjet tehnologija se često koristi za proizvodnju linija koje označuju proizvode. Na primjer, datumi za „rok trajanja“ se često nanose na proizvode ovom tehnikom; takvom primjenom glava je nepomična, dok se proizvod pomiče njome.

3.3.1. Formuliranje tinte

Osnovni problem s inkjet tintama su proturječni uvjeti za bojila koja će ostati na površini nasuprot brze disperzije nositelja tekućine. Desktop inkjet printeri, zato što se koriste u uredima i za kućnu uporabu, često koriste vodenu tintu koja se zasniva na mješavini vode, glikola i boje ili pigmenta. Ove tinte nisu skupe za proizvesti, ali teško ih je kontrolirati na površini medija, te često zahtijevaju posebno obložene medije. HP tinte sadrže sulfonirane polyazo crne boje (često korištene za bojanje kože), nitrata i druge mješavine. Vodene tinte se uglavnom koriste u printera s termalnim inkjet glavama, s obzirom da te glave iziskuju vodu da bi mogle raditi.

Dok vodene tinte često nude najširi raspon boja i najživopisnije boje, većinom nisu vodootporne bez specijalnog premaza ili laminata nakon printanja. Većina tinti baziranih na boji, dok su obično najmanje skupe, su podložne brzom izbljeđivanju kada su izložene svjetlu. Vodene boje koje se baziraju na pigmentu su obično skuplje, ali nude mnogo bolju dugoročnu trajnost i otpornost na ultraljubičaste zrake. Tinte koje se reklamiraju kao „Archival Kvaliteta” su obično bazirane na pigmentu.

Proučavani utjecaj dva učestalo korištena anorganska bojila za premaze visoko kvalitetnih inkjet papira - amorfna silika i taložni kalcijev karbonat (TKK), dok im je kao vezivno sredstvo služio polivinil alkohol. Više varijanti rezultata je potvrdilo da tip i proporcija pigmenta značajno utječu na nekoliko vrsta papira i tiskovnih karakteristika definiranih kao apsorpcija tinte, električna otpornost površine i topljenje. Također su utvrdili da karakteristike vodene apsorpcije papira nisu povezane sa kvalitetom inkjet tiska nego sa hidrofobnošću i hidrofilnošću samog papira. Rezultati njihova istraživanja su pokazali da je učinak težine premaza na tiskanu podlogu značajan samo u slučaju 100%-tnog korištenja silike ili silike sa taložnim kalcijevim karbonatom⁽³¹⁾.



Slika 13. Princip dobivanja inkjet kapljice kod termalnog inkjet tiska

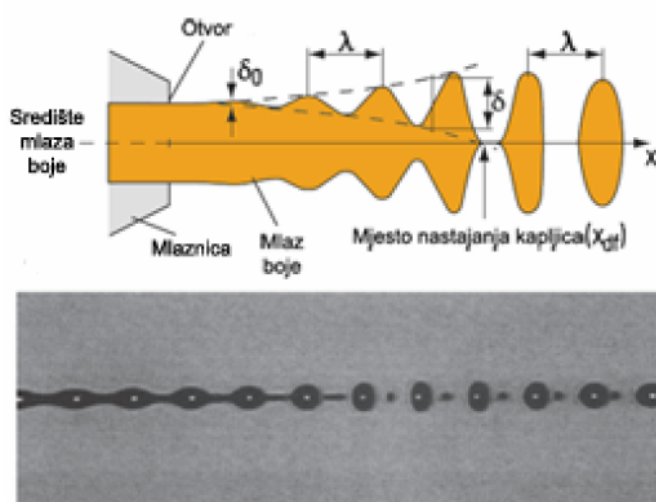
Analizirano je širenje i penetracija površinskih kapljica na tanku fiksiranu tiskovnu podlogu u korelaciji s inkjet tiskanjem. Dokazano je da interakcija čistih tekućina i površinskih smanjivača napetosti unutar procesa inkjet tiska. Rezultate su prikazali u tri studije utjecaja površinskog smanjivača napetosti unutar komercijalnog inkjet tiska na papirima visoke kvalitete.

Prva studija istražuje širenje i penetraciju profila za površinsku napetost preko cijelog spektra koncentracija bojila. Očekivano, ti profili ovise o koncentraciji površinke napetosti i kemijskih procesa na podlozi na koju se stavljaju. U puno slučajeva, djelomična vertikalna penetracija određenog područja direktno ispod mjesta pada dominira u niskim vremenima interakcije i bit će značajna u aplikacijama inkjet tiska.

Druga studija se sastoji od parametarskog istraživanja energetskog modela deriviranog hereina. Studija pokazuje da model može obuhvatiti sva zbivanja promatrana u prvoj studiji. U završnoj studiji je prikazano da model proizvodi dobro kvantitativno prijanjanje na visokim koncentracijama koje kao takvo može biti korisno za širenje po površini unutar inkjet bojila⁽³²⁾.

Inkjet tiskovne podloge koje bi trebale imati dobru brzinu sušenja tinte kako bi podloga imala dobra svojstva pri završnim postupcima i u daljnoj upotrebi. Da bi se to moglo postići potreban je, tvrde, kolorant tinte adekvatan određenoj tiskovnoj podlozi.

U slučaju premaznih tiskovnih inkjet podloga, površina je napravljena da generira dobre tiskovne parametre u porama mrežne strukture, površinske kemije premaznih pigmenata i polimernog aditiva. Ovim se rezultatima razjašnjava način i postupak distribucije ionskoga punjenja kao i distribucija na premazni sloj u kombinaciji s vezivom i udarom na fiksaciju bojila inkjet tintama⁽³³⁾.

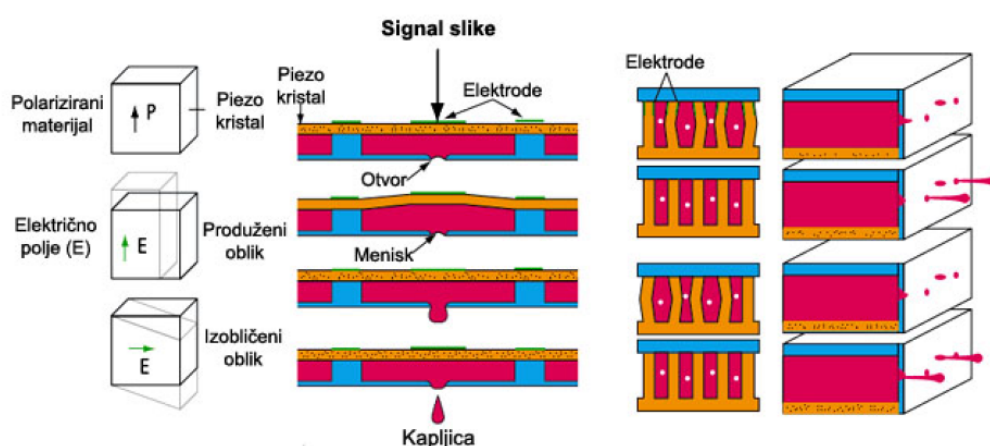


Slika 14. Matematički model nastajanja kapljica inkjet tiska

Filozofija “fiksirane-glave” omogućuje ugrađenu glavu za pisač (koja se često spominje kao „gaiter-head“), koja je dizajnirana da potraje tokom cijele duracije trajanja printera. Ideja je ta da, ako se glava ne mora mijenjati svaki puta kada ponestane tinte, mogu se smanjiti potrošni troškovi, a i sama glava može biti preciznija od jeftine potrošne glave – jer ju obično ne treba podešavati. S druge strane, ako se fiksirana glava ošteti, nabavljanje zamjenske glave može biti vrlo skupo, ako je uklanjanje i zamjenjivanje takve glave uopće moguće. U slučaju da se printerova glava ne može ukloniti, cijeli će printer trebati biti zamijenjen.

Dizajn fiksirane glave može se nabaviti kao potrošački proizvod, ali je više vjerojatno da će se naći kod industrijskih, sofisticiranih printera i plotera velikih formata. U području potrošačkih proizvoda, printeri fiksirane glave se proizvode prvotno od strane Epsona i Canona.

Filozofija “zamjenjive glave” koristi glavu pisača koja je priložena kao dio zamjenjive patrone tinte. Svaki puta kada se patrona potroši, cijela patrona i glava pisača se zamijene novom. To čini trošak većim i time se stvaraju poteškoće pri proizvodnji visoko-precizne glave po razumnoj cijeni, ali to također znači da je oštećena ili začepljena glava pisača samo manji problem: korisnici mogu jednostavno kupiti novu patronu. Ova vrsta konstrukcije također se može vidjeti kao pokušaj proizvođača printera da zaustave zamjenske dijelove drugih proizvođača patrona tinte, budući da ti proizvođači nemaju mogućnost proizvodnje specijaliziranih glava pisača.

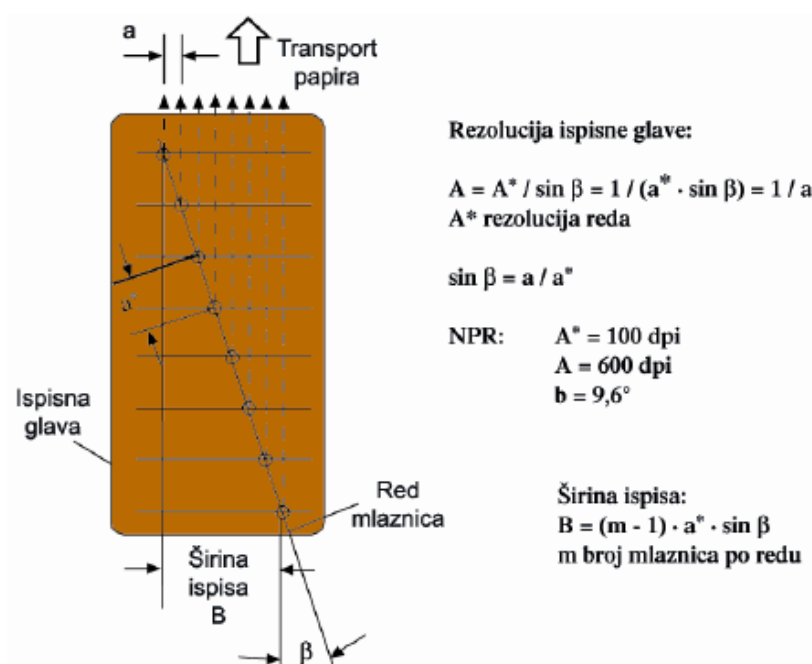


Slika 15. Princip stvaranja i regulacije tinte kod peizo kristalnog inkjet tiska

Prvotni uzrok problema pri inkjet printanju je vezan uz sušenje tinte na brizgalici glave pisača, što uzrokuje da se pigmenti i boje sasuše i stvore tvrdu masu koja začepljuje mikroskopske putove prolaznosti tinte. Većina printera pokušava spriječiti ovo sasušivanje time što pokriva brizgalice glave pisača gumenim čepom kada printer nije u uporabi.

Nagli gubitak struje, ili iskapčanje printera prije nego se čep stavio na glavu pisača, mogu dovesti do toga da je glava pisača ostavljena u nezačepljenom stanju. Čak i kada je glava zatvorena čepom, ta izolacija nije savršena, i

tokom vremena od nekoliko tjedana, vlaga (ili druga otapala) svejedno mogu procuriti u nju, uzrokujući da se tinta osuši i stvrdne. Jednom kada se tinta počne skupljati i stvrdnjivati, volumen kapi može biti ugrožen, putanja kapi može se promijeniti, ili brizgalica može u potpunosti prestati izbacivati tintu. Kako bi se ovom doskočilo, skoro svi inkjet printeri uključuju mehanizme ponovnog nanošenja vlage na glavu pisača. Uobičajeno je da nema odvojene opskrbe čiste otopine – bez tinte – koja bi mogla odraditi ovu ulogu, tako da se umjesto toga sama tinta koristi za vlaženje glave pisača.



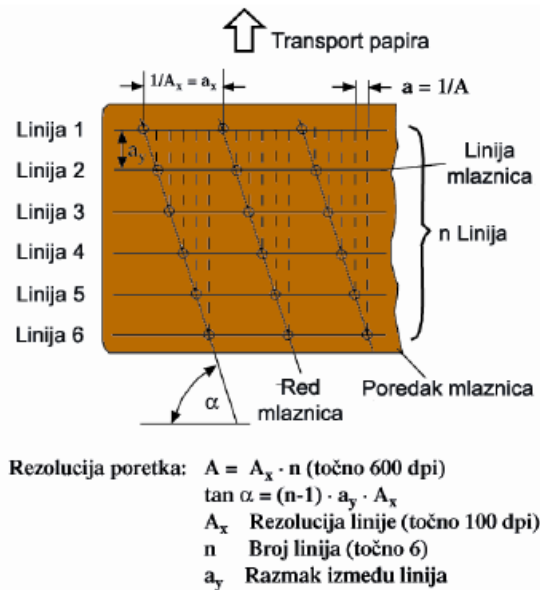
Slika 16. Princip inkjet tiskarske glave sa jednim redom mlaznica

Neki printeri koriste dodatnu pumpu isisavanja zraka, služeći se prostorom gumenog čepa kako bi isisali tintu kroz patronu koja je jače začepljena. Mehanizam pumpe za isisavanje se često zasniva na punjenju stranice putem pogonskog stroja: on je povezan s krajem osovine. Pumpa se uključuje samo onda kada se osovina okrene unatrag, pa se stoga i valjci okreću unatrag za vrijeme čišćenja glave. Zbog iznutra ugrađenog dizajna glave, pumpa koja isisava zrak također treba pripremiti kanale tinte unutar novog printera, te ponovno pripremiti kanale između promjena spremnika tinte.

Tinta koja se koristi pri procesu čišćenja mora biti sakupljena kako bi se spriječilo da tinta curi iz printera. Mjesto skupljanja tinte zove se inkjet „spittoon“ i kod Hewlett Packardovih printera to je otvoreno plastično korito ispod mjesta za čišćenje/brisanje. Kod Epsonovih printera, obično postoji veliki jastučić za apsorpciju u posudi ispod valjaka gdje se nalazi opskrba papirom. Za printere koji su nekoliko godina stari, uobičajeno je da osušena tinta na mjestu „spittoona“ tvori gomilu koja se slaže i dodiruje glavu pisača, blokirajući time rad printera⁽³⁸⁾. Neki veći profesionalni printeri koji koriste otapajuće tinte mogu koristiti zamjenjive plastične posude u kojima se drži suvišna tinta i otopina, koje se u tom slučaju moraju isprazniti i zamijeniti kada se napune.

Postoji i drugi tip sušenja tinte koji većina printera nije u stanju spriječiti. Da bi tinta špricala iz patrone, zrak mora ući da bi istisnuo uklonjenu tintu. Zrak ulazi kroz jako dugu, tanku labirintnu cijev, do 10 centimetara dugu, koja se ovija unaprijed i unatrag dužinom spremnika tinte. Kanal je dug i uzak kako bi se smanjilo isparavanje vlage kroz ventil cijevi, ali malo isparavanja se svejedno događa i na kraju se patrona tinte osuši i iz vana i iz unutra. Da bi se riješio ovaj problem, koji je osobito akutan kod profesionalnih, brzo-sušućih, otapajućih tinta, mnogi printeri širokog formata dizajna patrona sadrže tintu u zračno nepropusnoj, sklopivoj vrećici koja ne zahtjeva ventil. Vrećica se jednostavno smanjuje dok patrona nije prazna.

U usporedbi sa skupljim tehnologijama kao što su termalno transfer printanje/printanje termalnim voskom, printanje sublimacije bojom, i lasersko printanje, inkjetovi printeri imaju prednost toga što im ne treba gotovo nikakvo vrijeme za zagrijavanje i imaju nižu cijenu printanja po stranici.



Slika 17. Prikaz inkjet tiskarske glave sa 6 mlaznica

Za neke inkjet printere, monokromatski kompleti tinte su dostupni ili od proizvođača printera ili od neovisnih proizvođača. Oni omogućavaju inkjet printerima da budu kompetitivni, sa srebrnim fotografskim papirima koji se tradicionalno koriste u crno-bijelim fotografijama i pružaju isti asortiman tonova: neutralne, „tople“ i „hladne“. Kada se vrši zamjena između puno-bojnih i monokromskih kompleta tinte, nužno je baciti staru tintu iz glave pisača i očistiti spremnik. Poseban softver ili barem modificirani upravljački program je obično potreban, kako bi se mogao nositi sa drukčijim mapiranjem boja.

Vrlo uske inkjet brizgalice su sklone začepljenjima. Tinta koja se troši čisteći ih – ili tijekom čišćenja koje inicira korisnik, ili u mnogim slučajevima, izvršena automatski od strane printera kao rutinski zakazan postupak – može objasniti velik postotak tinte korištene u stroju. Inkjet brizgalice glave za pisač mogu biti očišćene korištenjem specijaliziranih otapala; ili natapanjem u toploj destiliranoj vodi na kratke vremenske periode, za vodo-topive tinte.

Stoga što je tinta koja se koristi u mnogim jeftinim potrošačkim inkjetima topiva u vodi, treba voditi računa sa dokumentima printanim inkjetom, kako bi se izbjegla makar i najmanja kapljica vlage, koja može uzrokovati snažno

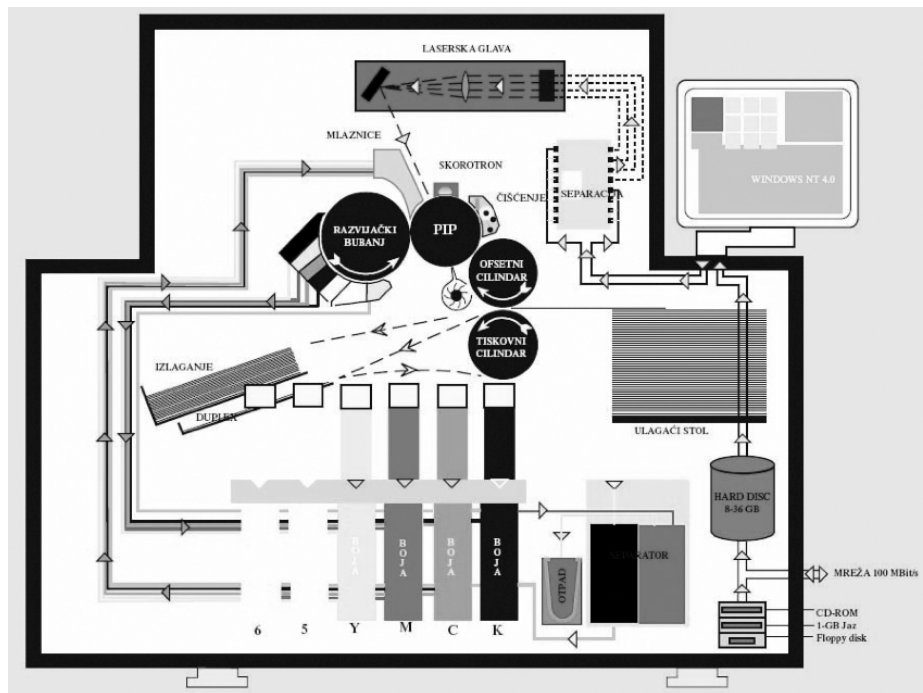
„curenje“. U ekstremnim slučajevima, čak i znojni vrškovi prstiju za vrijeme vrućeg i vlažnog vremena mogu uzrokovati lošu kvalitetu tinta koje se razmazuju. Slično, markeri za isticanje koji su topivi u vodi mogu zamutiti inkjet printane dokumente i uništiti vrh markera tako da boja više ne radi. Vijek trajanja inkjet printova proizvedenih koristeći vodene tinte je obično kraći (iako su UV-izlažuće tinte dostupne) nego onih koji su proizvedeni otapajućim inkjet tintama; no, takozvane „arhivske tinte“ proizvode se za strojeve s vodenom bazom koji nude duži rok trajanja.

3.4. Indigo digitalni tisak

Digitalni ofset je nova tiskarska tehnologija koja se većinom koristi u komercijalne svrhe, ali s naznakom na kvalitetu. Osnova čitavog procesa bazirana je na otkriću tekućeg bojila HP ElectroInk i organske fotoosjetljive poluvodičke tiskovne folije.

HP Indigo je jedinstven po tome što za razliku od većine drugih elektrofotografskih strojeva ne koristi praškasta bojila (tonere), već patentirano tekuće bojilo HP ElectroInk⁽³⁵⁾.

Kako su pigmenti tekućeg bojila znatno manji od onih iz praškastih tonera, postiže se bolja kvaliteta otiska i bolje prijanjanje uz različite tiskovne podloge. Razvoj tog bojila je započela izraelska tvrtka Indigo NV još početkom '80-ih godina prošlog stoljeća, a prvi tiskarski stroj, zasnovan na indirektnom elektrofotografskom postupku s tekućim bojilom, predstavljen je na tržištu 1993. pod nazivom E-Print 1000+ (4/0). 2002. godine tvrtku preuzima dugogodišnji partner Helwet-Packard Company, a 2005. na tržište je plasirana treća generacija uređaja pod imenom HP Indigo press 5000 (7/0) čija se svojstva i kvalitete približavaju razini klasičnog ofsetnog tiska. Iako klasični *off-set* postupak i dalje ostaje najzastupljenija tehnika tiska, razvoj Indigo sustava otvara nove mogućnosti i nova tržišta u oblasti grafičke djelatnosti.



Slika 18. Shematski prikaz indigo digitalnog tiska

Danas postoje tri osnovne kategorije HP Indigo strojeva za tisk⁽³⁶⁾: HP Indigo strojevi iz role i arka namijenjeni klasičnom komercijalnom tisku – marketinški materijali, materijali namijenjeni direktnom marketingu, fotoaplikacije, varijabilni tisk, transpromotivni materijali i slično.

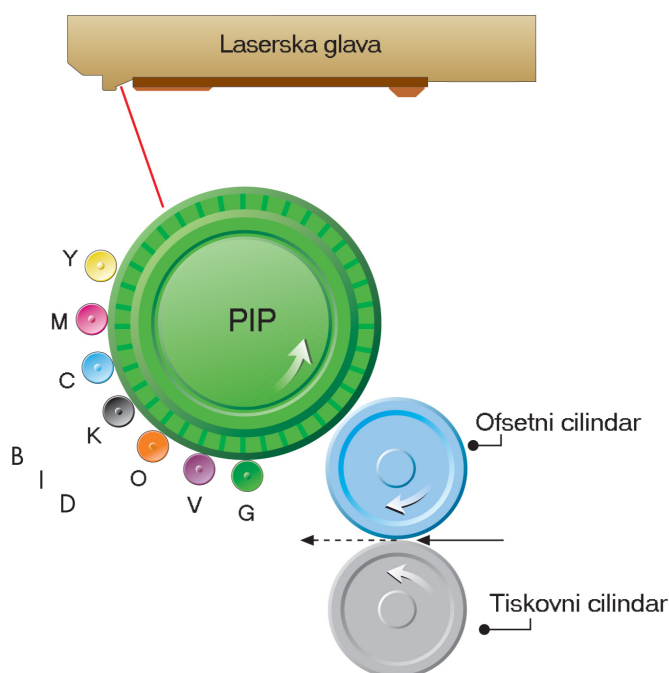
- HP Indigo strojevi iz arka namijenjeni sigurnosnom tisku, izradi kartica, promotivnih materijala od plastike i slično
- HP Indigo strojevi iz role namijenjeni tisku etiketa, fleksibilne ambalaže i termosku- pljajuće folije

Konstruktivski su riješeni po uzoru na vodeće proizvođače ofsetnih strojeva. Rezolucija tiska doseže 2,438x2,438 točaka po inču i 230 linija po inču. Osnovna prednost Indigo strojeva leži u vrhunskoj kvaliteti otiska – otisak ima ofsetni izgled i “osjećaj” – te u robusnosti strojeva, jer su koncipirani na isti način kao ofsetni strojevi.

3.4.1. Princip rada

Digitalni ofsetni tisk ili Indigo tisk je digitalna tehnika tiska koja se najviše približava klasičnom ofsetu, ali se i bitno razlikuje od ofseta, što u pripremi, što u samom tisku. Cjelokupna priprema se vrši online pomoću računala, što

isključuje korištenje filma i ofsetnih ploča, čime se postiže ušteda vremena i materijala. Stvaranje tiskovne forme je sličnije kserografiji nego mehaničkom postupku; kao tiskovna forma služi plašt temeljnog cilindra izrađen od fotovodljivog organskog materijala. Laserska zraka na njemu upisuje digitalizirane elemente slike, ali pritom ne dolazi do mehaničke destrukcije ili kemijske promjene već samo do raspodjele naboja koji će elektrostatičkim silama vezati molekule tekuće boje (Slika 19.).

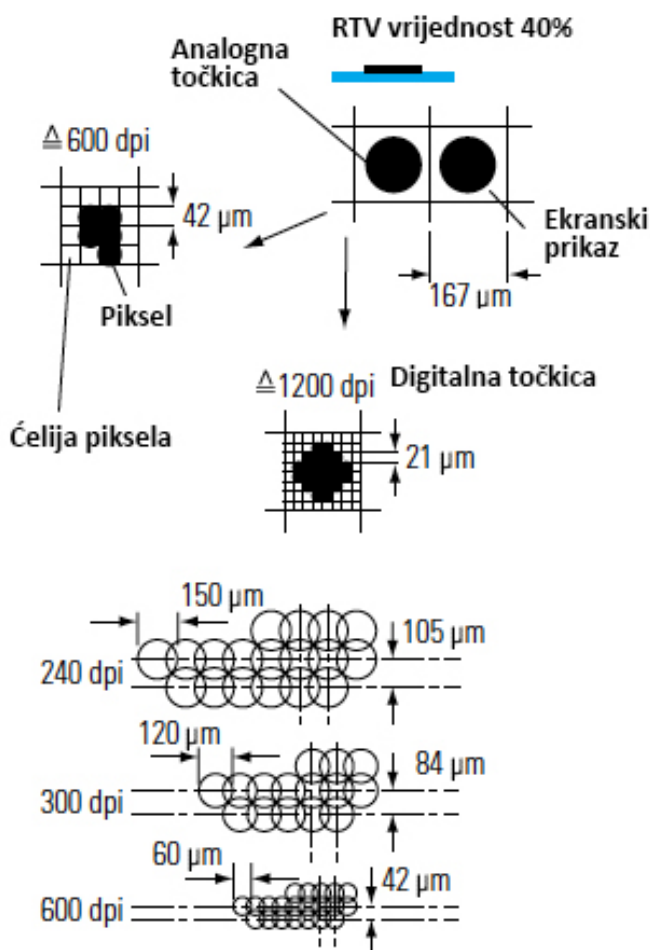


Slika 19. Osnovna princip rada indigo digitalnog tiska

Sam proces tiska je hladan i baziran na tekućoj boji koja je sastavljena od sitnih čestica pigmentacije veličine jednog mikrona, koje se za medij na kojem se tiska vezuju pritiskom i elektricitetom. Zbog toga Indigo ima mogućnost tiska na najširem spektru materijala – od 12 do 600 mikrona ovisno o modelu stroja – na običnim i reljefnim papirima, preko filmova, folija, plastike, metaliziranih i obojenih medija.

Uz to, Indigo strojevi, za razliku od drugih digitalnih tehnologija tiska, jedini mogu tiskati sa sedam boja istovremeno i na njima se može pokriti 97% Pantone skale. To je jako bitno ako tiskate za tvrtke koje imaju svoje korporativne standarde koji zahtijevaju da se njihove korporativne boje vjerno

prikažu u tisku. Moguće je tiskati i neke specijalne boje – digitalni parcijalni lak za postizanje dizajnerskih efekata, boje vidljive samo pod UV svjetlom za sigurnosni tisak, bijelu boju kao podlogu za tisak ambalaže na transparentnim medijima i *Light Cyan* i *Light Magenta* za tisak u fotokvaliteti kao i narančastu, ljubičastu i zelenu boju za proširenje gamuta.



Slika 20. Prikaz digitalizacije točkice kod indigo digitalnog tiska

Sam proces tiska na HP Indigo strojevima bazira se na 7 osnovnih koraka:

Učitavanje posla - Nakon što se dokument pošalje na stroj i učita u program on se pretvara u separacije (CMYK+XYZ); prilikom pritiska tipke *print* posao se pokreće i papir putuje iz ulagaćih ladica na cilindar.

Nabijanje „tiskovne forme“ - Tiskovnu formu predstavlja temeljni cilindar, „PIP- Photo Imaging Plate“, koji je izrađen od fotosjetljivog organskog materijala; on se elektronički nabija od strane Scorotrona.

Lasersko osvjetljavanje PIP-a - Tako nabijena tiskovna forma laserski se osvjetljava pomoću 12 laserskih glava, liniju po liniju, a rezultat je latentna slika jedne kolor separacije.

Nanošenje bojila - Svaka boja ima svoju mlaznicu i jedinicu koja se naziva „*BID - Binary Ink Developer*“. Mlaznica štrca boju HP ElectroInk koja je nabijena suprotnim nabojem između PIP-a i BID-a, a ona se zahvaljujući razlici u naboju prihvaća samo na osvjetljena mjesta, stvarajući tiskovne elemente. Neosvijetljena područja ostaju prazna i predstavljaju slobodne površine.

Primarni transfer na ofsetni cilindar - Temeljni cilindar s bojom rotira, kako bi došao u kontakt sa ofsetnim prijenosnim cilindrom koji je elektrostatički nabijen tako da preuzme sliku⁽¹⁷⁾.

Skidanje ostatka bojila - Kada je temeljni cilindar predao boju na ofsetni, dolazi do dijela za čišćenje koji skida ostatke bojila s temeljnog cilindra. U ovom trenutku je temeljni cilindar napravio puni krug i spreman je za preuzimanje sljedeće boje.

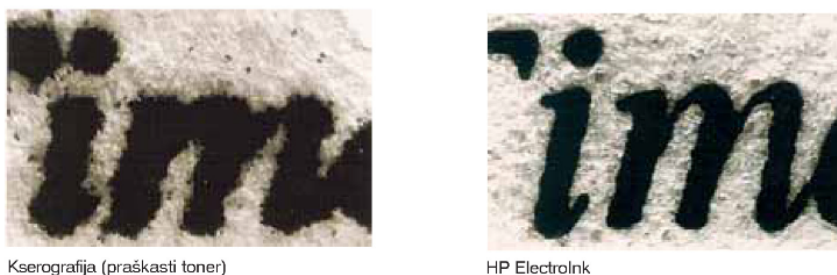
Sekundarni transfer na tiskovni cilindar - U međuvremenu, HP ElectroInk se zagrijava na rotirajućem ugrijanom ofsetnom cilindru. To dovodi do parcijalnog sljepljivanja i vezivanja čestica, čime se formira ljepljiva tekuća plastična masa. Kada bojilo dođe u kontakt s podlogom koja je temperaturno niža, ono se učvršćuje, prihvaća na podlogu i ostavlja ofsetni cilindar čistim. Na taj se način osigurava kompletan prijenos sa ofsetnog cilindra na podlogu, nakon čega je ofsetni cilindar spreman prihvatiti sljedeću boju. HP Indigo digitalni strojevi tiskaju višebojne reprodukcije s istog ofsetnog cilindra; ciklus se ponavlja za svaku boju separacije posebno, a jedina je razlika u boji koja se prihvaća i informaciji koju ta boja sadrži.

3.4.2. Bojila

Jedna od osnovnih značajki prema kojoj se digitalni ofsetni tisak razlikuje od svih drugih tehnika tiska jest patentirano HP ElectroInk bojilo, koje se u ovoj tehnici upotrebljava. Razvoj tog bojila započela je Izraelska tvrtka Indigo NV 80-ih godina prošlog stoljeća, a prvi tiskarski stroj, zasnovan na indirektnom

elektrofotografskom postupku s tekućim bojilom, predstavljen je na tržištu 1993.

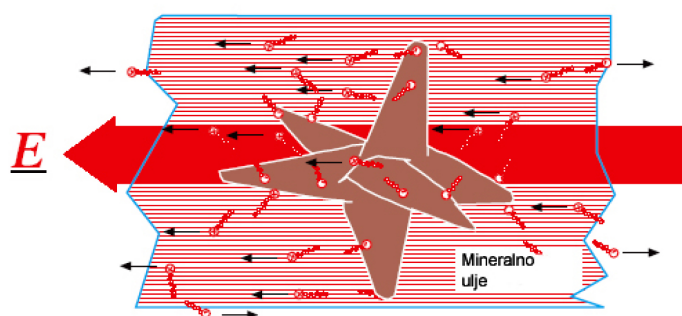
Kako su tiskovne i slobodne površine u elektrofotografiji definirane razlikom elektrostatskog potencijala ($-800V$ do $-100V$), potrebno je bilo primijeniti takvo bojilo čiji će elektrostatski potencijal biti takav da ga tiskovne površine privlače, a slobodne odbijaju.



Slika 21. Usporedni prikaz kserografskog i indigo bojila

ElectroInk bojilo (slobodna struktura ElectroInk bojila) sastoji se od triju vrsta tvari:

- pigmenti kao nosioci obojenja, u obliku zvjezdastih molekula veličine 1-2 μm
- agensi za povećanje električne provodljivosti
- mineralno ulje 15



Slika 22. Struktura ElectroInk bojila za indigo tisak

Uspoređujući ElectroInk bojilo s drugim bojilima možemo reći da za razliku od praškastog tonera koji ima veličinu čestica 7-9 mikrona, ono ima čestice koje su znatno manje, od 1- 2 mikrona. Ta mala veličina čestica omogućava stvaranje sjajnog premaza na papiru i brzo sušenje. Također, tekući toner, za

razliku od praškastog, ne privlači statični elektricitet pa je slika znatno kvalitetnija i oštija.

Potrošnja ElectroInka je uvijek ista i ne varira ovisno o podlozi, kao što je primjer u ofsetnom tisku; također, kemijski sastav ElectroInka je pogodan za tisak na svim vrstama papira.

3.4.3. Podloge

Indigo tehnologija tiska je prva digitalna tehnika tiska kojom se, zbog kemijskog sastava bojila i izvedbe stroja, može tiskati na podlogama debljim od 300 g. Također, osim preporučenih papira, na HP Indigo strojevima je također moguće tiskati na podlogama za ofsetni tisak. S više od 1200 odobrenih tiskovnih podloga HP Indigo serija tiskarskih strojeva može tiskati na najširem spektru tiskovnih podloga – od standardnih papira, preko prozirnih folija, naljepnica pa sve do plastičnih kartica.

Specijalne podloge za tisak uključuju vinil (PVC), polyester, polycarbonat, polythene, polypropylene (PP, OPP and BOPP) i polystyren.

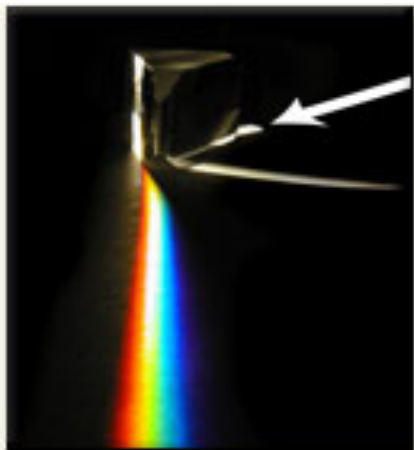
Ova široka ponuda omogućuje korisnicima digitalni tisak na materijalima na kojima je prije bilo nezamislivo tiskati. To se posebno odnosi na probne otiske i njihovu ulogu u standardizaciji menadžmenta boja i kvalitetu otisaka. Istraživanje je ustanovilo utjecaj digitalnog probnog otiska korištenog unutar menadžmenta boja na tiskovnu kvalitetu s umjetno generiranim neuralnim mrežama. Zaključci upućuju na to da neuralne mreže daju veću preciznost u izračunavanju rezultata za digitalni menadžment boja. Izvedeni rezultati mogu se koristiti za precizno predviđanje efekata digitalnih probnih otisaka korištenih unutar menadžmenta boja na tiskovnoj kvaliteti⁽³⁷⁾.

3.5. Boja

Boja je osjetilni doživljaj koji nastaje kao reakcija fotoosjetljivih čunjića u ljudskom oku na vanjski podražaj u obliku svjetlosne zrake. Boju također pripisujemo površinama objekata, materijalima, svjetlosnim izvorima, itd. ovisno o njihovim svojstvima apsorpcije, refleksije ili emisije svjetlosnog spektra⁽⁵⁰⁾. Doživljaj boje je proces koji se događa u mozgu i ovisi o tome kako mozak reagira na stimulaciju. Ulazni elektromagnetski impuls se iz

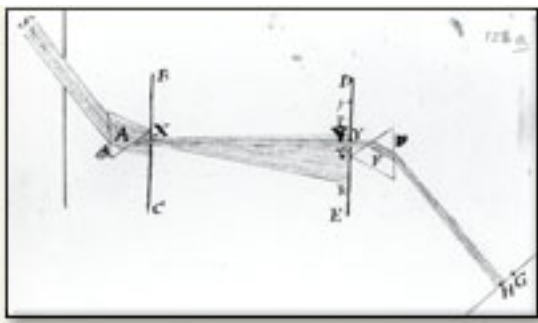
svjetlosti pretvara u živčane impulse, koji se zatim u zatiljku interpretiraju kao slika⁽³⁹⁾.

Zraka se, ulaskom u ljudsko oko, lomi kao u prizmi i raspršuje u *spektar*. Dok su sve boje spektra objedinjene, zraka je bijele boje, kao neboja, nešarena – kao akromatska boja. Akromatske su boje također i crna i siva.



Slika 23. Newtonov spektar boja

Spektar boja je otkrio **Isaac Newton** 1672. g. nakon višegodišnjeg eksperimentiranja, tako što je, razlomivši u trostranoj prizmi bijelu svjetlost, vidio kako su u njoj sakrivene sve postojeće boje. Beskonačan niz prelijevajućih boja, Newton je razlučio u sedam različitih boja: crvena, narančasta, žuta, zelena, cijan (svjetloplava), indigo (tamnoplava) i ljubičasta. Učinio je to baš tako ne bi li sedam boja odgovaralo sedam nota u muzičkoj ljestvici.



Slika 24. Newtonova prizmatična zraka svjetlosti

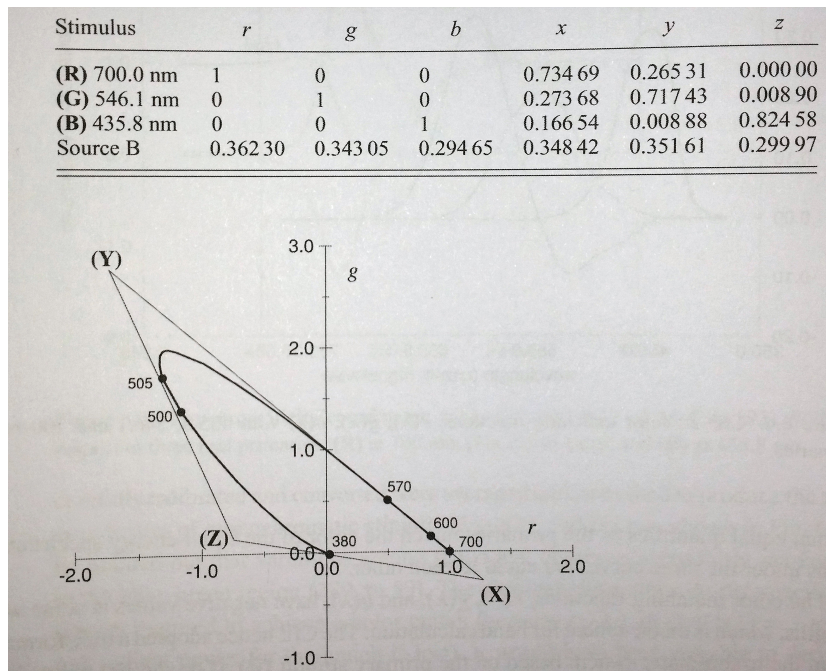
Dijagram najvažnijeg ispitivanja Sir Isaac Newtona, 1666-72. Zraka svjetlosti je podijeljena kroz prizmu, što kasnije rezultira osnovnim spektrom boja koji se ukrštava u bijelu svjetlost.

Boja	raspon valnih duljina	frekvencijski raspon
crvena	~ 625 – 740 nm	~ 480 – 405 THz
narančasta	~ 590 – 625 nm	~ 510 – 480 THz
žuta	~ 565 – 590 nm	~ 530 – 510 THz
zeleno	~ 500 – 565 nm	~ 600 – 530 THz
cijan	~ 485 – 500 nm	~ 620 – 600 THz
plava	~ 440 – 485 nm	~ 680 – 620 THz
ljubičasta	~ 380 – 440 nm	~ 790 – 680 THz

Slika 25. Slika karakteristika vidljivog spektra boja

3.5.1. Individualni doživljaj boje

Ustanovljeno je da se osjetljivost čunjića u srednjim i dugim valnim duljinama razlikuje i do 20nm. (Dartnall, Bowmaker i Mollon). Različitošć spektralne apsorpcije pojedinih vrsta čunjića se najčešće odigrava u mrežnici ljudskog oka, a uzrokovana je različitom koncentracijom vitamina A⁽⁴⁰⁾. Protok svjetlosti kroz oko uvjetovan je i različitom propusnošću svjetlosti koja je u direktnoj ovisnosti o drugačijim valnim duljinama ulazne spektralne energije kod vidljivog dijela spektra. Nadalje, individualni doživljaj boje je uvjetovan i apsorpcijom svjetlosti na oko 450nm, radi pigmenata u oku koji se nalaze u blizini fotoreceptora.



Slika 26. Prikaz kromatskih koordinata tristimulusnih vrijednosti

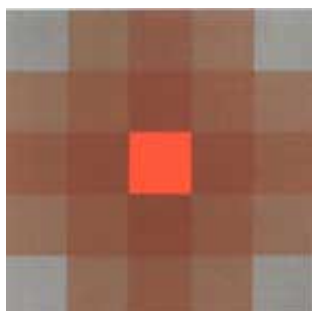
Napokon, oko svih šest boja može se opisati kružnica koja je zapravo spektar: iz nevidljive infracrvene ulazimo u krug sa crvenom, nastavljamo s narančastom, žutom, zelenom, plavom do ljubičaste koja izlazi iz vidljivog dijela kao ultraljubičasta. Zatim se ubacuju boje između već postojećih: između žute i narančaste umeće se žutonarančasta, pa narančastožuta; tako se tvori tzv. Ostwaldov krug boja.

Wilhelm Ostwald traku (niz) spektra zakrivljuje u kružnicu. Miješa susjedne boje i dobiva 100 čistih boja, koje naziva kromatske, šarene boje. Sve boje koje nisu u spektru naziva akromatske, nešarene boje (neboje).



Slika 27. Wilhelm Ostwaldova traka spektra boja

Dodavanjem akromatskih boja kromatskim bojama dobivaju se tonovi kromatskih boja. Ton je dodana količina svjetlosti u boji, dakle svijetloplava, tamnoplava, još tamnija plava i tako sve do crne. Također, dodavanjem sivih tonova nekoj kromatskoj boji ona, osim što se zatamnjuje u tonu, gubi i na čistoći. Tako dodavanjem sive boja blijedi, gubi na kvaliteti, čistoći, intenzitetu ili zasićenosti. To se naziva degradacija boje.



Slika 28. Primjer degradacije boje

Primjer degradacije boje: čistoj crvenoj boji se postepeno dodaje siva u sve većoj količini što rezultira gašenjem, izbljeđivanjem boje koja od čiste, jarke, intenzivne postaje zagasita, blijeda, degradirana.

Napokon, Ostwaldov krug boja može se podijeliti na dvije polovice; na jednoj će ostati nijanse (nijansa je svaka promijena u boji, kromatska, tonska ili intenzitetna) crvene, žute i narančaste, a na drugoj plave, zelene i ljubičaste.

Te dvije grupe boja među sobom su naglašeno različite ili suprotne, tj. kontrastne: nazivamo ih toplim i hladnim bojama.

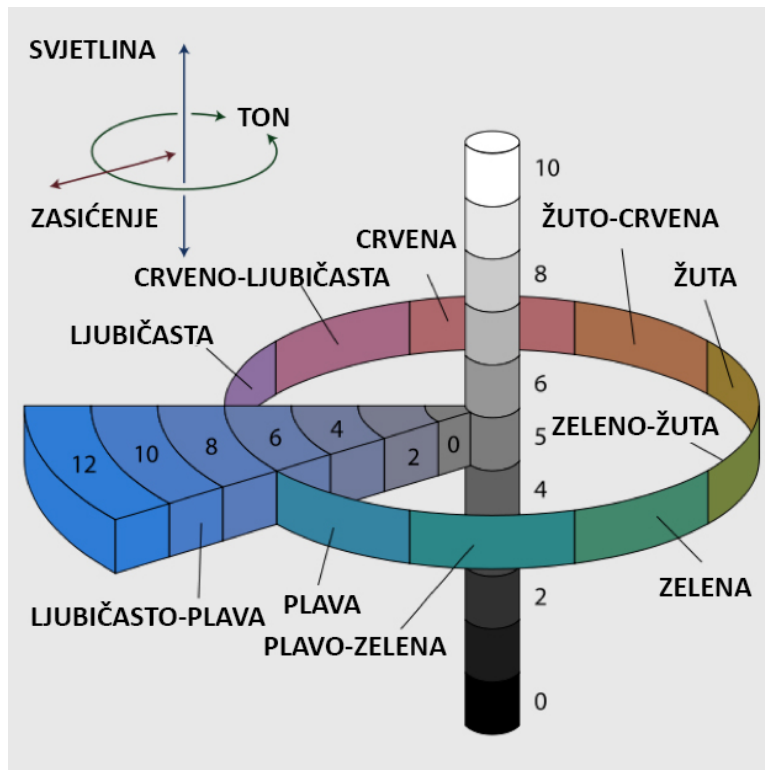
Na Ostwaldovom krugu možemo pratiti još jedan kontrast: onih boja na suprotnim stranama kruga. Ako neko vrijeme (pola minute, npr.) promatramo neku točku obojanu primarnom ili sekundarnom bojom, a zatim pogledamo u bijelu plohu, pojaviti će nam se pred očima njena suprotna boja, upravo ona s druge strane Ostwaldovog kruga. Za takve boje kažemo da su jedna prema drugoj u komplementarnom kontrastu.

Boja ima i svoju prirodnu količinu svjetlosti u sebi; tako je npr. žuta bez primjese bijele svijetlija od plave. Možemo ju provjeriti gledajući u boje kroz trepavice. Vidi se da čista crvena i zelena imaju otprilike jednaku svjetlinu. U povijesti umjetnosti karakteristična je upotreba čistih boja u tzv. ekspresionizmu početkom 20-og stoljeća, počevši od fovista; takva zamjena tonske modulacije čistim bojama naziva se modulacija.

3.5.2. Munsellov sustav boja

Munsell je početkom dvadesetog stoljeća "oprostorio" Ostwaldov krug u oblik kugle uspostavljajući razlikovanje triju dimenzija boja: kromatsku (hue), svjetlinu (value) i čistoću, zasićenost ili intenzitet (chroma ili saturation); time počinje tzv. kolorimetrija⁽⁴¹⁾.

Na donjem grafikonu možemo pratiti promijenu tona boje po visini, kromatsku promjenu po obodu kružnice i promjenu zasićenja od oboda prema centralnoj osovini (sivoj).



Slika 29. Munselov prikaz boja

Munselov sustav prikaza⁽⁴²⁾ boja je od dana predstavljanja javnosti 1905. godine do današnjih dana zapravo jedini intuitivni model prikaza percepcijskih atribucija boja koji se kontinuirano primjenjuje kod obojenih fizičkih uzoraka i koji je, što je najznačajnije, prihvaćen od brojnih nacionalnih standardizacijskih ustanova ili organizacija. Tako je Munselov atlas boja koji je predstavljen 1915. godine, unaprijeđen 1931. godine od strane Optical Society of America, i danas u punoj uporabi. Zapravo, Optičko udruženje Amerike (OSA) je kolorimetrijski specificiralo Munselov atlas boja s CIE standardnim C izvorom i kutom gledanja od 2 stupnja⁽³⁹⁾.

Napokon, termin nijansa odnosi se na bilo koju od tri moguće promjene karaktera boje - kromatsku, svjetlosnu i kvalitativnu. Dolje je primjer nijansi plave boje: u gornjem su redu nijanse boje prema vrsti, u srednjem nijanse prema tonu, a u donjem redu nijanse prema čistoći. Sve je to plava boja u petnaest svojih nijansi.

3.5.3. Color Management System (CMS)- sustav upravljanja bojama

Osnovu rada *Color Management* sustava čine tri povezane cjeline:

1. Referentni prostor boja (Profile Connection Space - PCS)
2. Modul s algoritmima za usklađivanje boja (*Color Management Module* - CMM)
3. ICC profili

Kolorni prostor - je model za prikazivanje boja u smislu vrijednosti koje se mogu mjeriti iz njihovih osnovnih (primarnih) komponenti. CMS koristi standardne kolorne prostore RGB (crvena, zelena, plava), CMYK (cijan, magenta, žuta, crna) i $L^*a^*b^*$ (L - lightness (osvijetljenost), a - sve boje između crvene i zelene i b - sve boje između plave i žute)

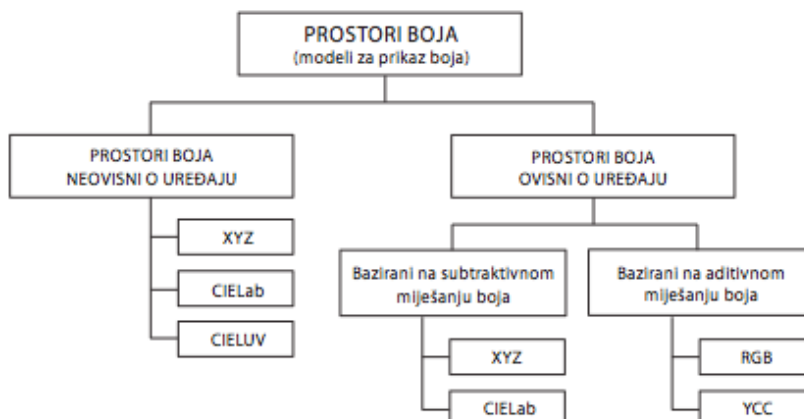
Kolorni gamut - predstavlja neprekinuti raspon boja koji opisuje ograničenost uređaja ili slike. Drugim riječima, to je sposobnost prikaza boja pojedinog ulazno/izlaznog uređaja u CMS-u, odnosno odgovor na pitanje ispravnog prevođenja boja pojedinog objekta iz njegovog trenutnog prostora boja u prostor trajnog ili privremenog reprodukcijskog sadržaja⁽⁴³⁾.

Kolorni gamut je izuzetno bitan prilikom reprodukcije boja. Vrlo važno je naglasiti da svaki uređaj, monitor, printer, digitalni/analogni fotografski aparat, tiskarski stroj, može proizvesti samo ograničen broj boja. Isto tako ne postoje dva uređaja ili procesa s potpuno istim gamutom, čak i dva printera ili offsetna tiskarska stroja, čak i da su od istog modela i proizvođača.

Prostori se dijele u dvije osnovne grupe:

- a) prostori boja ovisni o uređaju (device dependent)
- b) prostori boja neovisni o uređaju (device independent)

3.5.4. Prostori boja



Slika 30. Shematski prikaz boja u ovisnosti o uređajima

Uloga referentnog prostora boja unutar CMS-a je da predstavlja vezu između različitih uređaja koji sudjeluju u reprodukcijском procesu. PCS omogućuje konverziju boja iz prostora ovisnog o uređaju u CIE L*a*b* (skraćeno Lab) uz korištenje pripadajućih profila uređaja tzv. ICC profila. U praksi, do konverzije boja dolazi kad je vrijednosti originala potrebno prebaciti u vrijednosti određene izlazne jedinice – uređaja. Npr. RGB vrijednostima boja koje su nastale digitalizacijom originala pomoću skenera ili digitalnog fotoaparata, pridružuju se vrijednosti kojima je ista boja opisana u referentnom prostoru. Jednom kada se RGB ili CMYK vrijednosti pridruže Lab vrijednosti, boje postaju neovisne o uređaju.

Dio *Color Management* sustava koji doslovno vrši konverziju boja, tj. izračunava i prevodi vrijednosti boja između dva uređaja, je modul zvan *Color Management Module* (u nekoj literaturi pojavljuju se i dva sinonima: *Color Matching Engine* i *Color Matching Module*).

CMM je u osnovi softver koji obavlja sve matematičke operacije potrebne za konvertiranje RGB ili CMYK vrijednosti boja, koristeći CIELAB podatke o boji koji su sadržani u profilu. Numeričke vrijednosti boja iz izvornog prostora boja preračunavaju se u vrijednosti referentnog prostora boja (PCS), a odatle u vrijednosti boja bilo kojeg izlaznog prostora tj. uređaja. CMM može vršiti i

različite simulacije prevođenja boja u različite prostore boja s ciljem predviđanja mogućih pogrešaka u procesiranju boja.

3.5.5. Kalibracija boja

Kalibracija je proces usklađivanja prema apsolutnom ili referentnom standardu s ciljem osiguravanja dosljednosti između istovrsnih modela uređaja ovisno o njihovom radnom vijeku. U svojoj biti, kalibracija je pokušaj da se gamut boje i karakteristike fizičkog uređaja usklade s nekim empirijskim, matematički savršenim standardom. Kalibracija je neophodna ako se želi dobiti precizan izlaz, odnosno reprodukcija boje na izlaznom uređaju, monitoru ili printeru. Radni prostor (*working space*) - u softverima koji se bave pripremom za tisak i podržavaju CMS (npr. u Adobe aplikacijama) uključuje kolorne prostore RGB i CMYK. Radni prostor je skup svih dostupnih kolornih prostora prilikom uređivanja neke slike.

3.5.6. International Color Consortium (ICC)

1993. godine grupa vodećih firmi na polju elektronskog izdavaštva, razvoja softvera i pripreme za tisak (Adobe, Apple, Microsoft, itd.) formirala je vijeće za uspostavljanje standarda u elektronskom izdavaštvu. ICC je zasnovao kolorni standard na CIELAB kolornom prostoru i razvio profile uređaja koji su mogli lako prenijeti kolornu informaciju iz jednog uređaja u drugi, kao i iz jedne u drugu platformu. ICC rješava probleme različitog iscrtavanja (renderiranja) pojedinih ulazno-izlaznih veza.

3.5.7. ICC profili

ICC profili su najvažniji element upravljanja bojom. Budući da se nijedan uređaj ne može savršeno iskalibrirati i budući da ne postoje dva uređaja koji daju apsolutno isti izlaz, ICC profili opisuju otklon ili odstupanje od referentne vrijednosti – standarda. Adobe CMS koristi ICC standardne profile uređaja da bi osigurao pravilnu konverziju boja između njih. ICC profili su fileovi u kojima se nalaze informacije o nekom uređaju, uključujući kolorni prostor, sposobnosti i ograničenja⁽⁴⁴⁾. Svaki profil prikazuje odnos kolornog prostora uređaja RGB i CMYK u odnosu na Lab idealan kolorni prostor. Na taj način

profil dodjeljuje apsolutnu vrijednost svakoj boji koju uređaj može proizvesti (reproducirati).

3.5.8. Usklađivanje boja prilikom konverzije

Kod reprodukcijskog procesa u grafičkoj tehnologiji, opseg boja (dalje: gamut) ulaznih jedinica (skenera, digitalnih fotoaparata) koji koriste RGB model boja, u pravilu je veći od gamuta izlaznih uređaja (printera, tiskarskih strojeva) koji koriste CMYK model za prikaz boja. Smještanje i usklađivanje boja koje se prilikom konverzije nađu izvan gamuta izlaznog uređaja, naziva se mapiranje gamuta. Parametri profila koji određuju način na koji će CMS te boje smjestiti i uskladiti zovu se engl. *Rendering Intents*. Godine 2001. ICC je definirao i standardizirao četiri osnovna načina mapiranja gamuta, s obzirom na namjeru prikaza informacija o boji:

a) perceptualno usklađivanje (*Perceptual Rendering Intent*)

Sve boje ulaznog gamuta ravnomjerno komprimira, kako bi u potpunosti stale u gamut izlaznog uređaja. Metoda je pogodna za prilagodbu i ispis skeniranih ili digitalno snimljenih fotografija (RGB) čiji je raspon boja znatno veći od raspona boja bilo kojeg standardnog CMYK printera.

b) relativno kolorimetrijsko usklađivanje (*Relative Colorimetric Rendering Intent*)

Sve boje koje pripadaju gamutima i ulaznog i izlaznog uređaja, ostaju nepromijenjene. Boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja, mapiraju se u najbliže boje iste svjetline (ovisno o crnoj i bijeloj točki), ali različitog zasićenja. Metoda se koristi za općenite namjene, najčešće za skenirane fotografije i za konverzije boja između prostora boja koji imaju podjednake veličine, npr. CMYK u CMYK.

c) apsolutno kolorimetrijsko usklađivanje (*Absolute Colorimetric Rendering Intent*)

Sve boje koje pripadaju gamutima i ulaznog i izlaznog uređaja, ostaju nepromijenjene. Boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja mapiraju se u najbliže boje različitog zasićenja. Usklađivanje se koristi isključivo za ispis

probnih otisaka. Nikad se ne koristi prilikom konverzije u procesu reprodukcije originala.

d) saturacijsko usklađivanje (*Saturation Rendering Intent*)

Sve boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja preslikavaju se u najbliže korespondirajuće boje istog zasićenja, dok svjetlina i ton mogu biti promijenjeni. Kolorimetrijska točnost između originala i reprodukcije kod saturacijskog usklađivanja rijetko se postiže, jer ne predstavlja prioritet reprodukcije. Ova metoda je prikladna za grafove, logotipe ili tablice, gdje su žive, zasićene boje bitnije nego točan odnos među bojama (kao na primjer, na fotografiji).

3.5.9. CIE L*a*b* prostor boja

CIE (*Commision Internationale de l'Eclairage*) internacionalna je komisija za rasvjetu, koja je utemeljitelj znanosti o boji, razumijevanju nastanka boje, njenog instrumentalnog mjerenja i brojčanog vrednovanja. CIE L*a*b* prostor boja je prostor boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja i koristi se u grafičkoj tehnologiji prilikom definiranja boja za vrijeme tiska te je najbliži vizualnoj percepciji. Njime se definira tolerancija između originala i reprodukcije određivanjem pravokutnih koordinata koje se izražavaju formulom:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

[1(1.1)]

Ograničenja tolerancije su definirana kao $X/X_n, Y/Y_n, Z/Z_n > 0,01$.

Vrijednosti koje su manje od 0,01 pravokutne koordinate se određuju izrazom:

$$L_m^* = 903 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)$$

$$a_m^* = 500 \left[f \left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - f \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right]$$

$$b_m^* = 200 \left[f \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - f \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

[2(1.1)]

za:

$$f \left(\frac{X}{X_n} \right) = 7,787 \left(\frac{X}{X_n} \right) + \frac{16}{116} \quad \frac{X}{X_n} \leq 0,008856$$

$$f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) = 7,787 \left(\frac{Y}{Y_n} \right) + \frac{16}{116} \quad \frac{Y}{Y_n} \leq 0,008856$$

$$f \left(\frac{Z}{Z_n} \right) = 7,787 \left(\frac{Z}{Z_n} \right) + \frac{16}{116} \quad \frac{Z}{Z_n} \leq 0,008856$$

[3(1.1)]

X/X_n , Y/Y_n , Z/Z_n odnose se na stimulus bijelog objekta, određenog energijom zračenja standardne rasvjete (npr. D_{65}) ili A reflektirane s bijele površine. Prema ovakvim uvjetima $Y_n = 100$, pri čemu su X_n , Y_n , Z_n tristimulusne vrijednosti.

Zaokruživanjem jednađbe su dobivene vrijednosti iz prve jednađbe

$$L^* = 117,16 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 17,16$$

$$a^* = 509,393 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = 203,753 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

[4(1.1)]

na cijele brojeve i ona je nastala dijeljenjem Adams-Nickersonove jednađbe

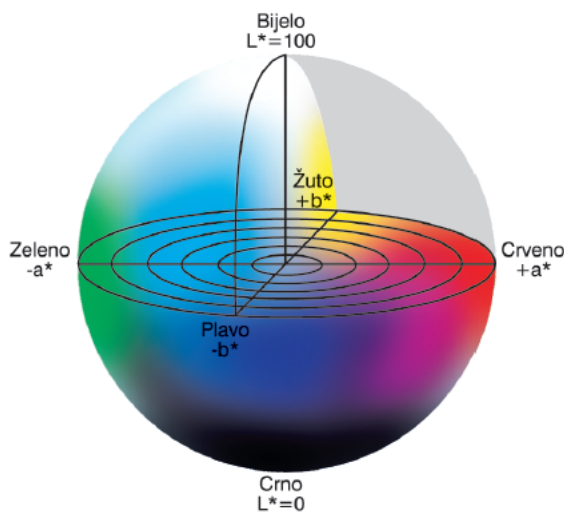
$$L = 106,76 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 15,64$$

$$a = 464 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right]$$

$$b = 185 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

[5(1.1)]

s 0,9112 kako bi L^* bila 100 kad je $Y=Y_n$.



Slika 31. CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja (različita područja sustava)

Iz tih odnosa, oznaka za razliku boja između dva stimulusa definira se kao ΔE^*_{ab} , a izračunava se iz formule:

$$\Delta E^*_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}} \quad [6(1.1)]$$

4. Eksperimentalni dio

Informatičko doba donijelo je nezaustavljiv rast tehnologije i mogućnosti reprodukcije različitih slikovnih i tekstualnih informacija. U današnje vrijeme kvaliteta i vrijeme izrade tiskovne reprodukcije su toliko napredovali, a time je i reprodukcija postala gotovo vjerodostojna originalu. Prikaz reprodukcije na otisku i na monitoru je pratio eksponencijalni razvoj tehnologije.

Problem se javlja kod upotrebe specifičnih boja u tisku i njihove reprodukcije na monitoru. Principi elektrografije i inkjet tiska su danas najzastupljenije digitalne tehnine otiskivanja. Njihove karakteristike tiskovne podloge (kemijska svojstva, način proizvodnje, sastav materijala i površinska obrada) imaju važnu ulogu u procesima reprodukcije. Nadalje, tehničke karakteristike digitalno-tiskarskih strojeva elektrografije i ink-jet također imaju važnu ulogu kod vjernosti reprodukcije.

4.1. Metodologija i plan istraživanja

Planiranje istraživanja se koncipirano tako da daje odgovore na problem graničnih područja digitalnih tehnika tiska, prvenstveno u cyan području. Shema istraživanja prikazana na slici 33. opisuje odabrane faze istraživanja, njihove vrijednosti i specifične varijable unutar samih gamuta obojenja.



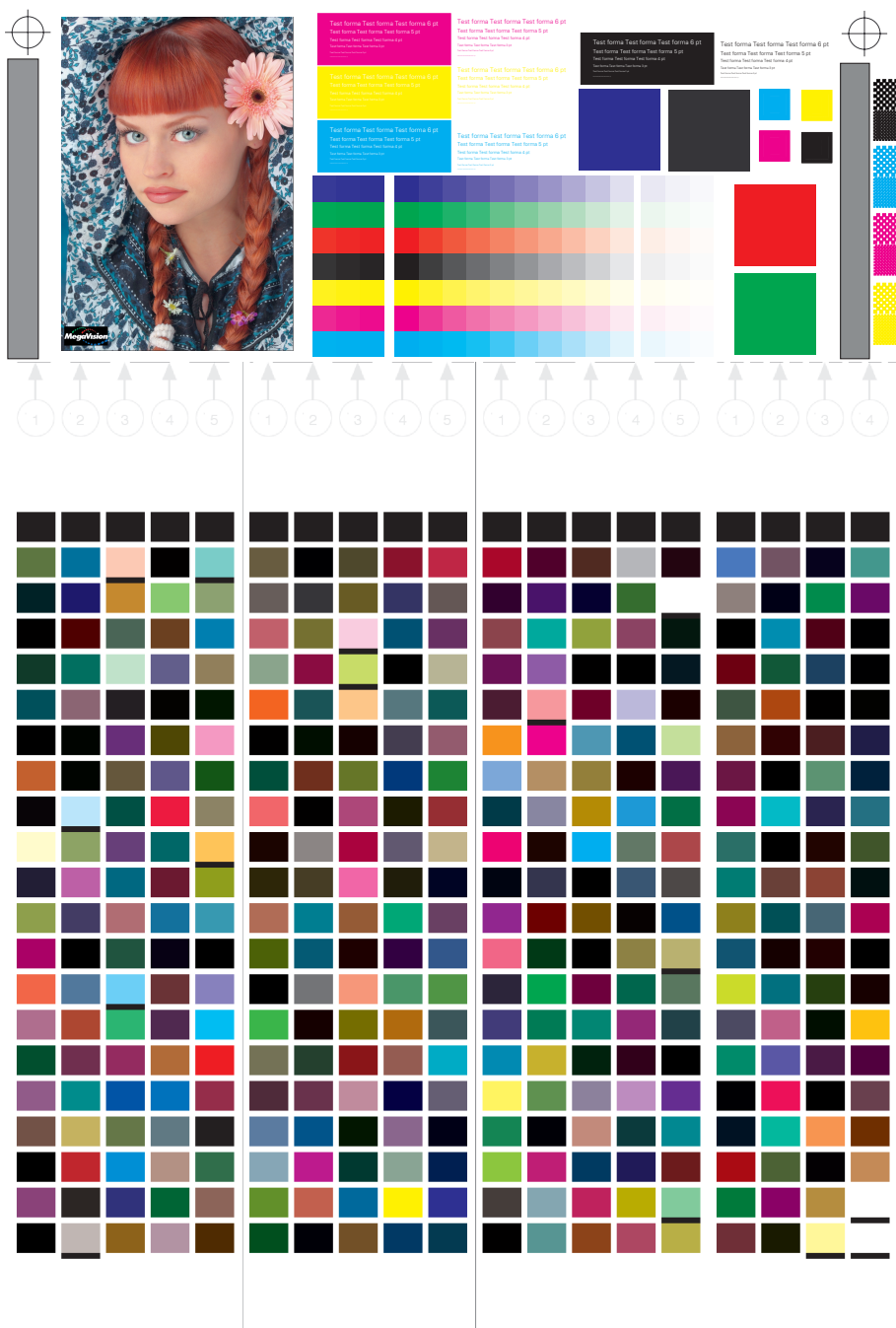
Slika 32. Proces istraživanja graničnih područja

U disertaciji će prvenstveno biti promatrane tri digitalne tiskarske tehnike; elektrografija, inkjet i indigo otiskivanje. Promatrati će se denzitometrijski i spektrofotometrijski parametri kvalitete unutar CIE L*a*b* prostora boja na punim tonovima. U istraživanju se biti konstruirana granična područja gamuta, poglavito cyan boje, kod koje su promjene najzapaženije. Nadalje, vrednovati će se analiza područja gamuta van sRGB prostora boja CIE L*a*b*.

Promatrat će se i prirast rastertonskih vrijednosti u gamutu. Kako bi se zadovoljili zahtjevi kvalitete na različitim tiskovnim podlogama, istraživanje će se bazirati na tri tiskovne podloge koje se najčešće koriste u digitalnom otiskivanju a to su: premazni papir mat, premazni papir sjajni, nepremazni papir. Sve tiskovne podloge su od istog proizvođača, te između njih ne postoji diferencijacija unutar osnovnog kemijskog sastava papirne sirovine. Razlika je postojana kod doradnih procesa u finalnoj fazi radi samog kemijskog sastava formiranog premaza.

Tablica 1. Prikaz kolorimetrijskih karakteristika tiskovnih podloga

Vrsta papira	L*	a*	b*	gramatura (gm ⁻²)
Nepremazni	89,5	0,2	-3	135
Premazni mat	93	-0.5	-2.5	135
Premazni sjajni	94	0	-1.5	135



Slika 33. Raspored tiskovnih elemenata i 378 mjernih polja na tiskovnoj formi

Za otiskivanje referentnih uzoraka tiskovne forme koristili su se digitalni tiskarski strojevi Canon imagePRESS C700 i Epson Stylus Pro 4880 i HP Indigo 5500. Prije početka tiska uređaji su kalibrirani prema standardima proizvođača na internim kalibracijskim formama.

Otisci su rađeni prema sljedećim mjernim faktorima: Referentni otisak, Povećanje RTV prirasta za +4%, +5% i +6%, Smanjenje RTV prirasta za -4% -5% i -6%. Povećanje i smanjenje gamuta za navedene vrijednosti je napravljeno u Adobe Photoshop CS6 programu za obradu slike prema modelu standardnog povećanja/smanjenja po cijelom prostoru boja.

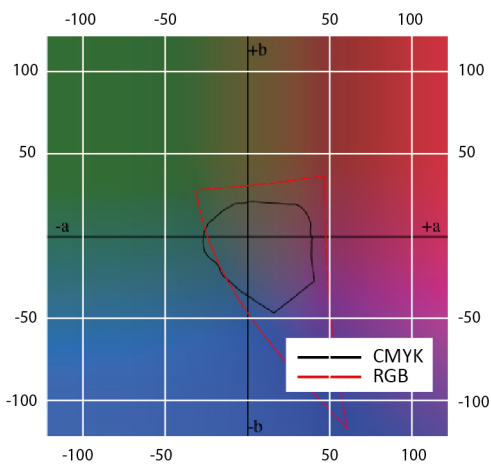
Nakon što su mjerni predlošci otisnuti, rezani su na format i pripremljeni za mjerni uređaj X-rite DTP 41 – kolorimetrijsko mjerenje. U istraživanju je izmjereno 378 različitih testnih polja punih tonova na cijeloj tiskovnoj formi.

Svaki od uzoraka je imao 3 otisaka, kako bi se mogla izračunati standardna devijacija mjernog uzorka. Svi prikupljeni podaci ovom metodom su obrađeni na Machintosh računalu u programu X color lite, kako bi se dobili izračuni ukupnog volumena gamuta potrebnog za mjerenje punih tonova unutar CIE L*a*b* sustava.

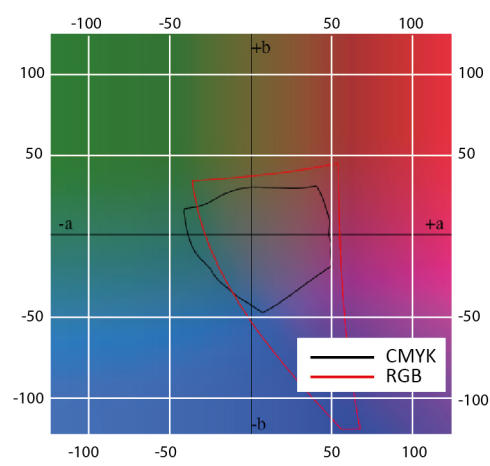
Nadalje svaki od mjernih predložaka je podvrgnut denzitometrijskoj analizi punih tonova u svrhu dobivanja mjernih točaka za granično područje cyan boje. Analiza je rađena preko cijele CIE L* osi unutar CIE L*a*b* sustava i zaključeno je da se najbolji rezultati mjerenja ostvaruju unutar 6 referentnih točaka kako slijedi: CIE L* 27, CIE L* 33, CIE L* 39, CIE L* 45, CIE L* 51, CIE L* 57.

Dobiveni rezultati su prikazani preko CIE L*a*b* grafova u 3D (prostorni gamut reprodukcija) i 2D prikazu (krivulje reprodukcije, delta E CIE L*a*b*) koji precizno utvrđuju promjene usljed povećanja i smanjenja rastertonskih vrijednosti za navedene postotke +4%,+5%,+6% i -4%,-5%, -6%.

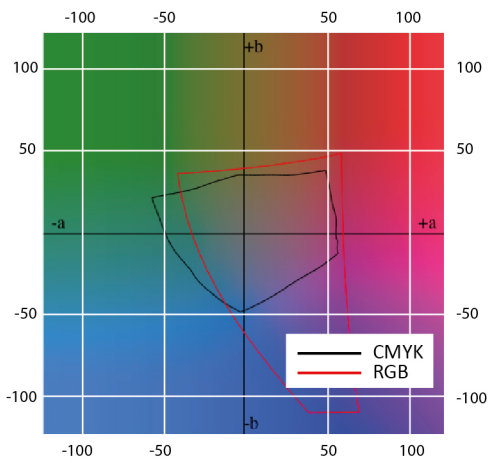
4.2. Rezultati spektrofotometrijskih mjerenja elektrografskog tiska



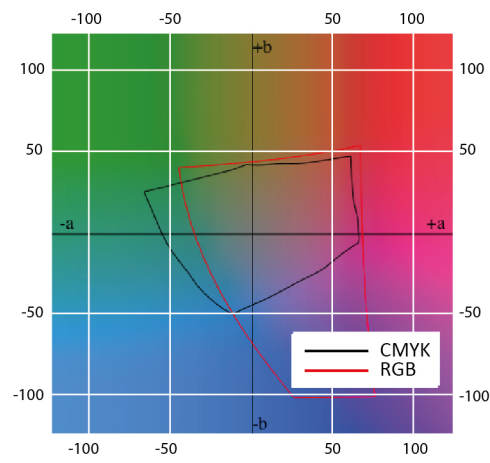
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



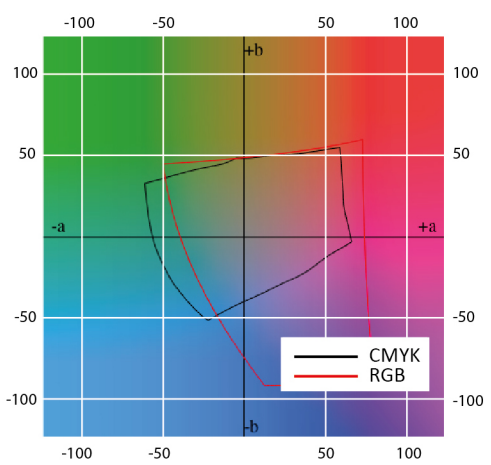
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



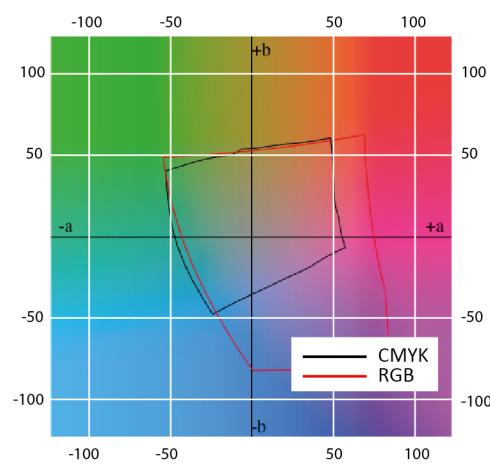
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

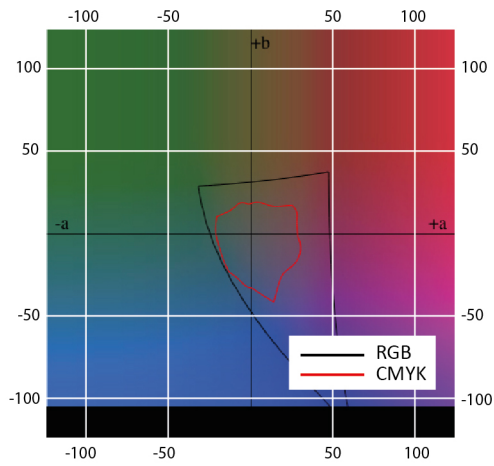


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

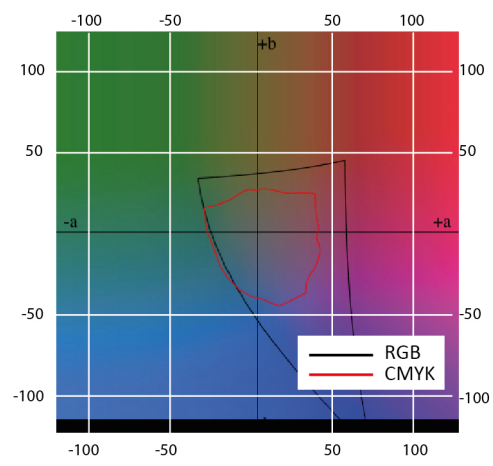


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

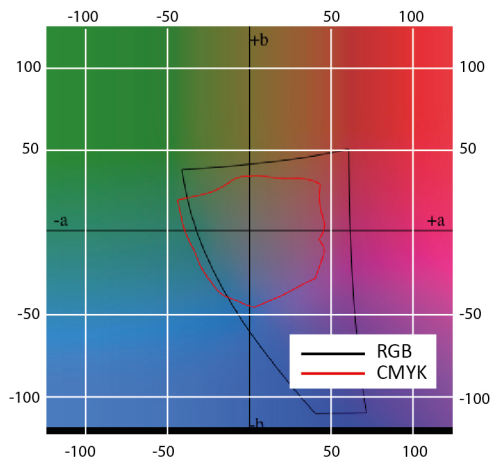
Slika 34. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru - referentne vrijednosti



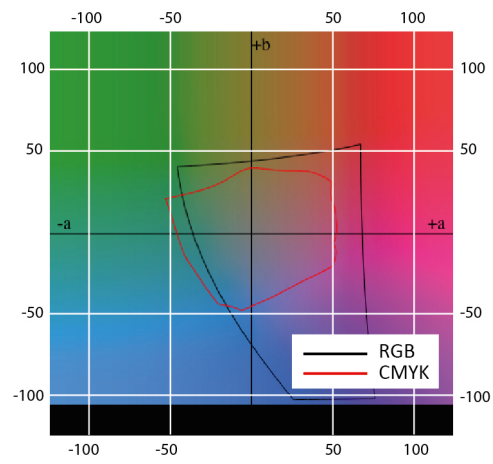
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



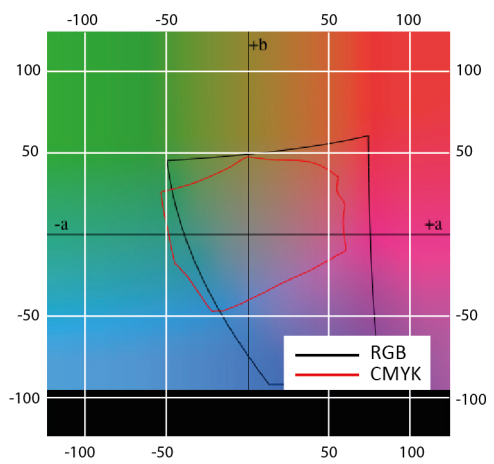
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



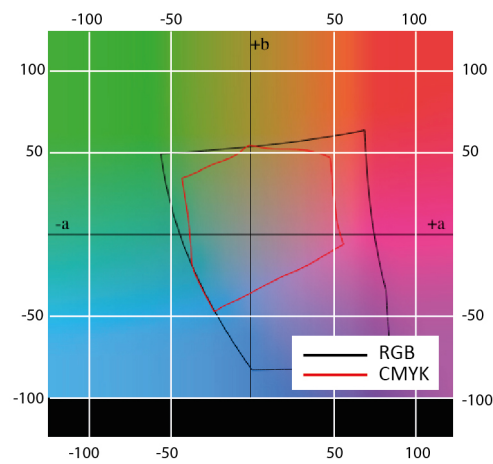
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

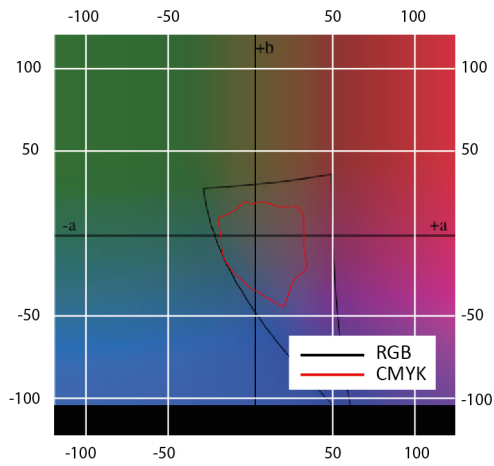


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

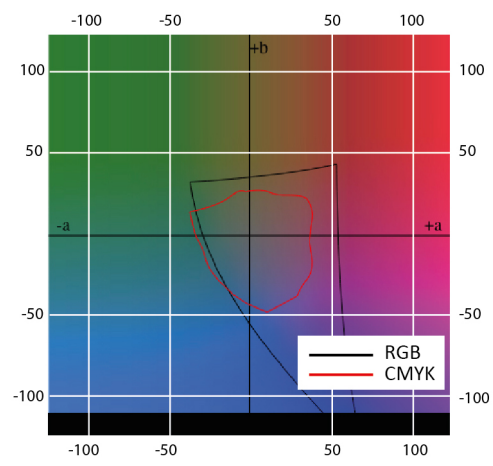


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

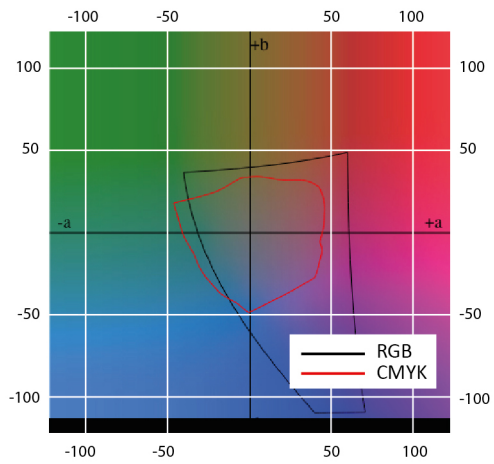
Slika 35. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od -4%



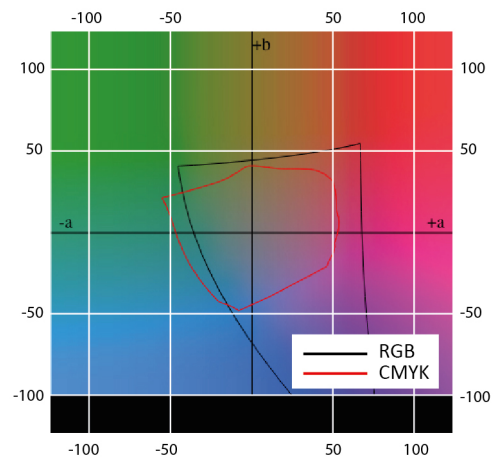
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



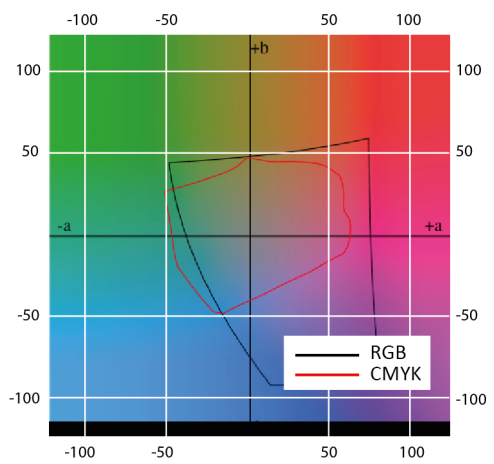
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



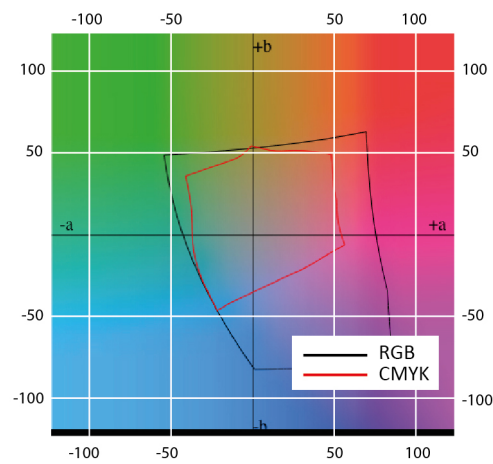
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

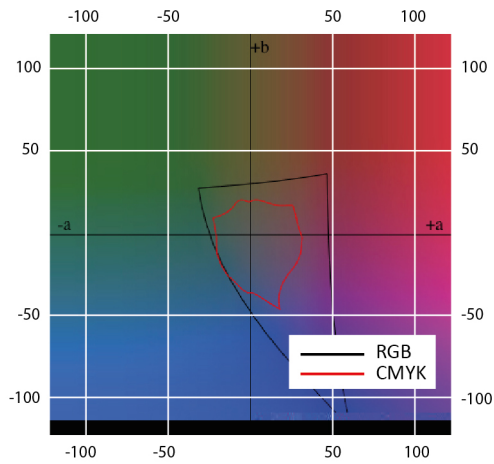


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

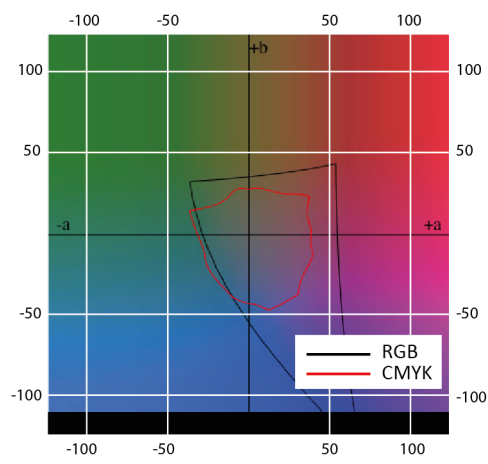


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

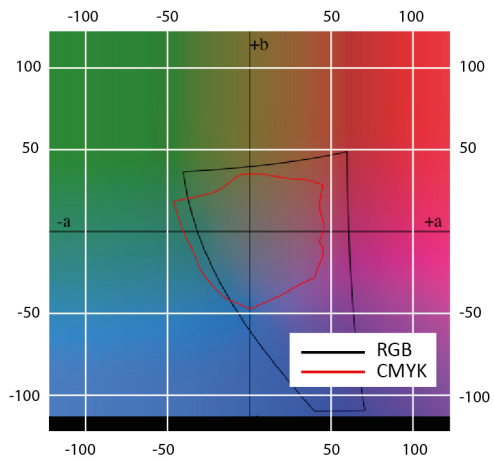
Slika 36. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od -5%



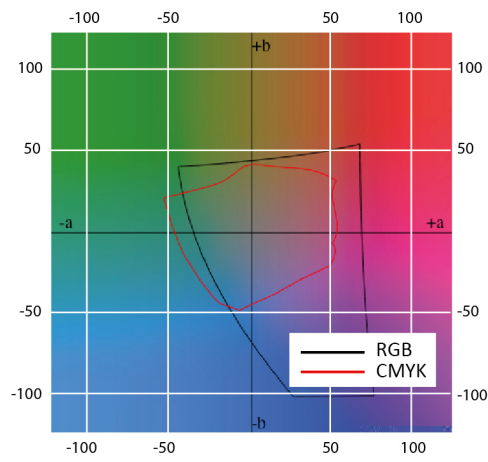
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



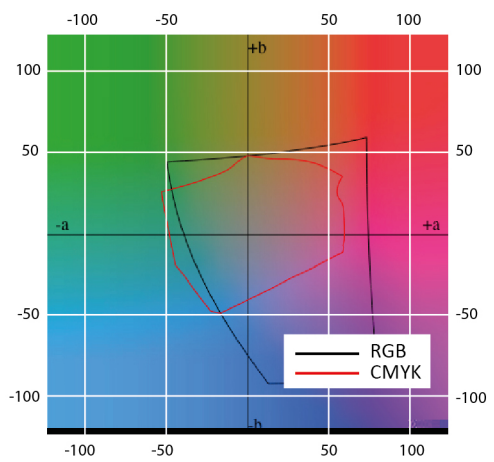
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



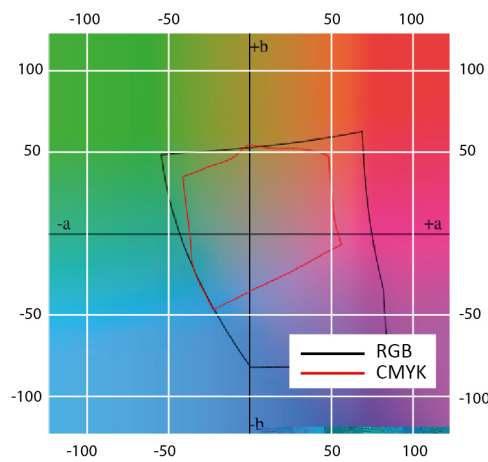
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

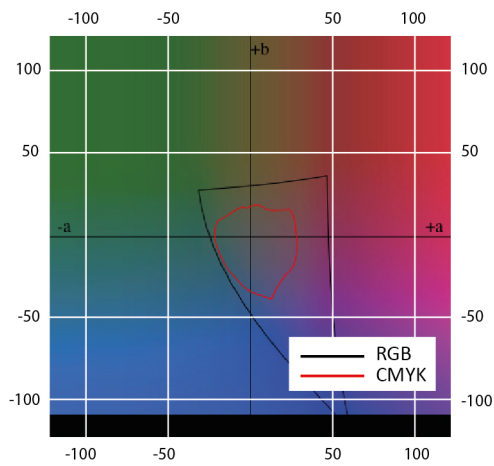


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

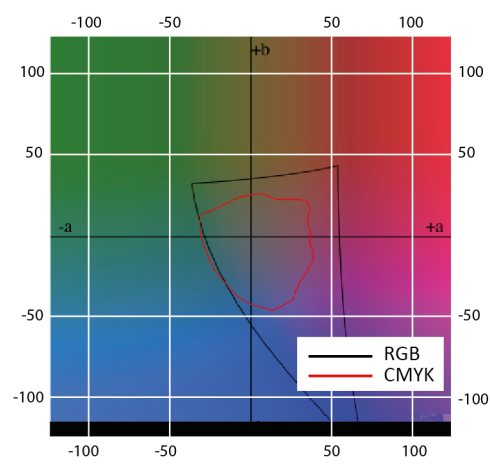


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

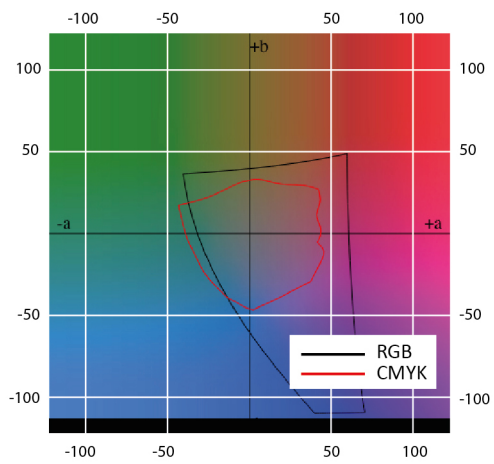
Slika 37. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od -6%



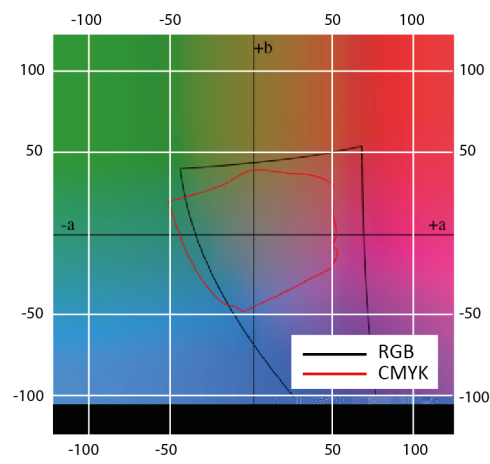
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



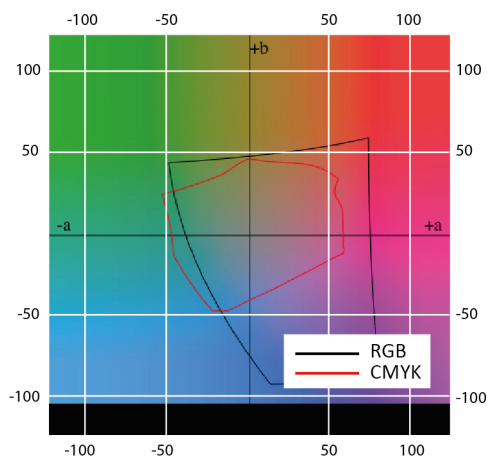
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



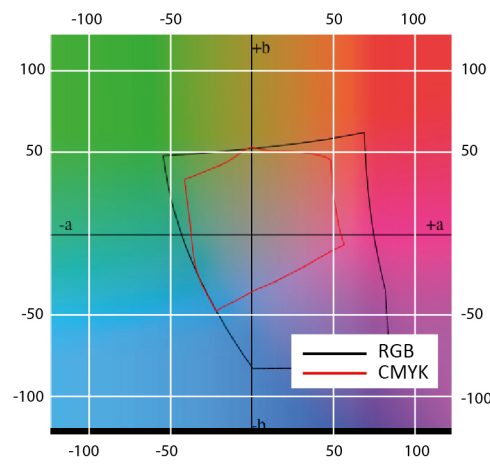
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

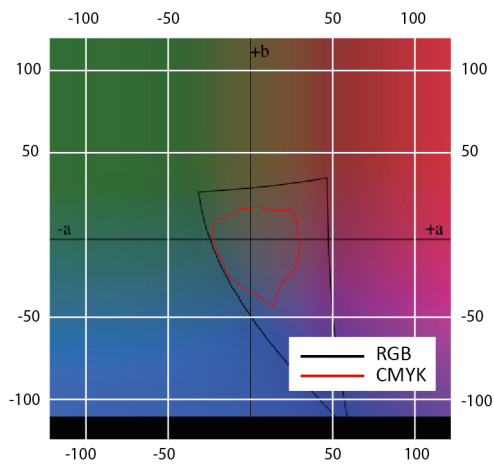


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

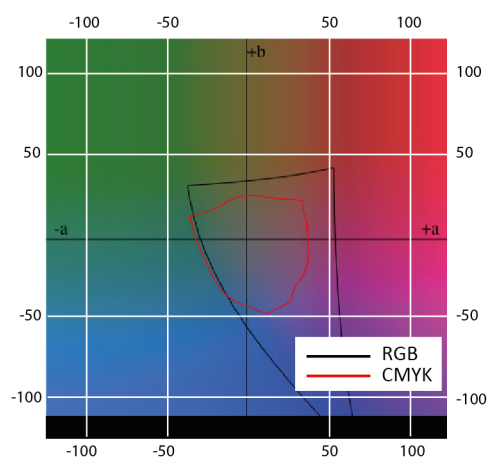


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

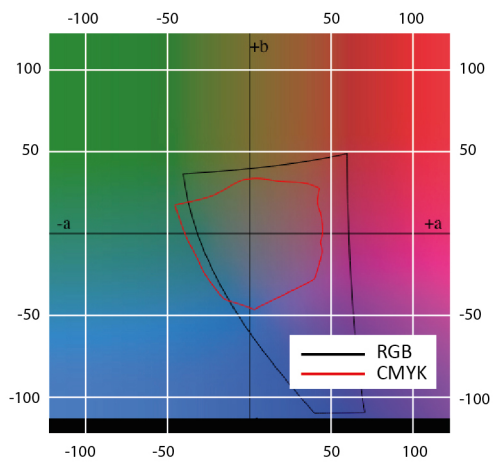
Slika 38. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od 4%



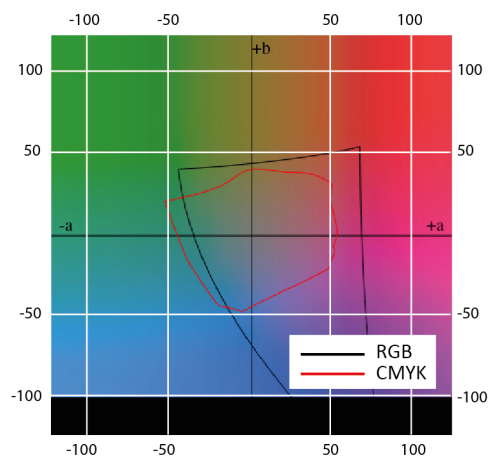
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



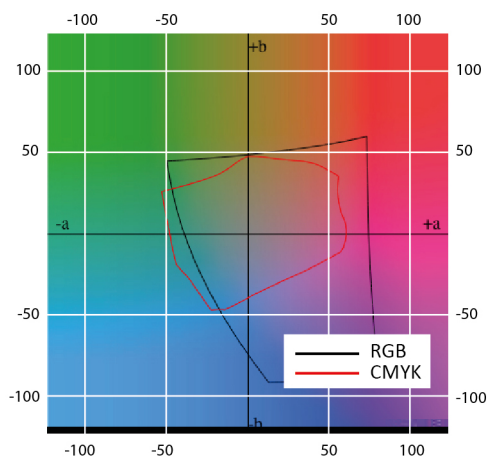
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



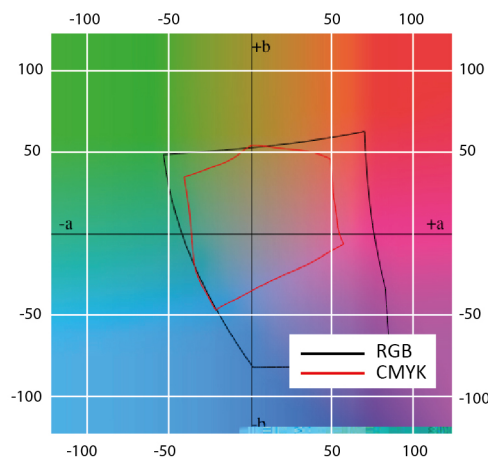
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

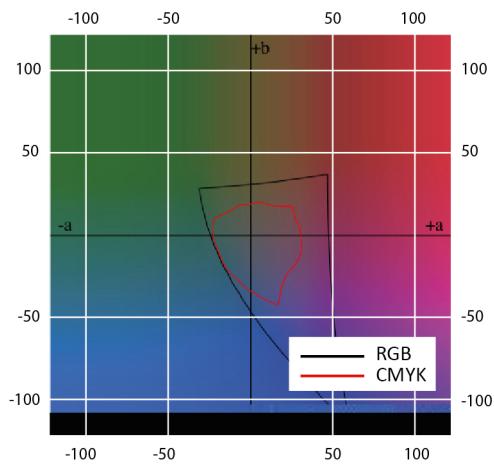


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

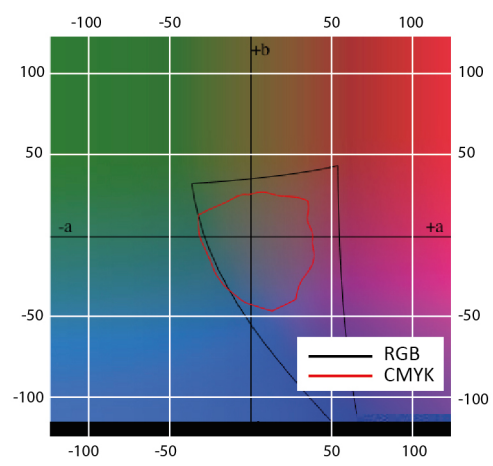


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

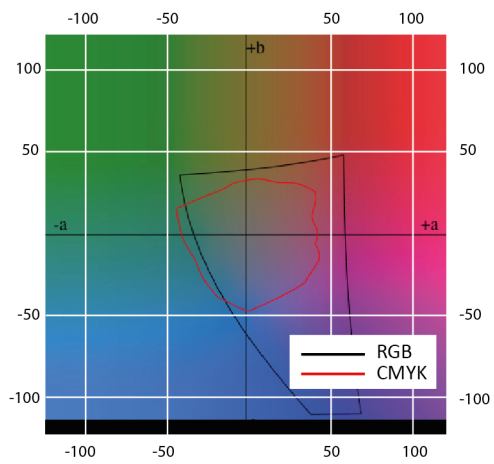
Slika 39. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od 5%



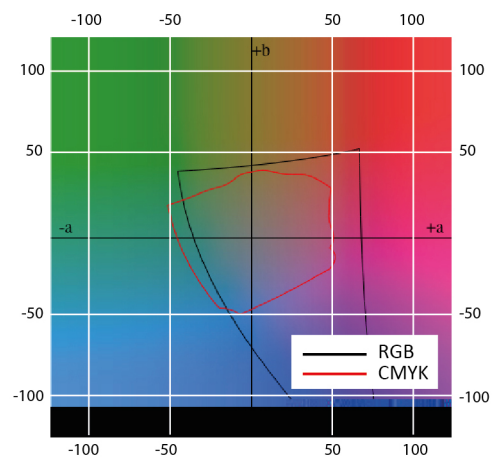
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



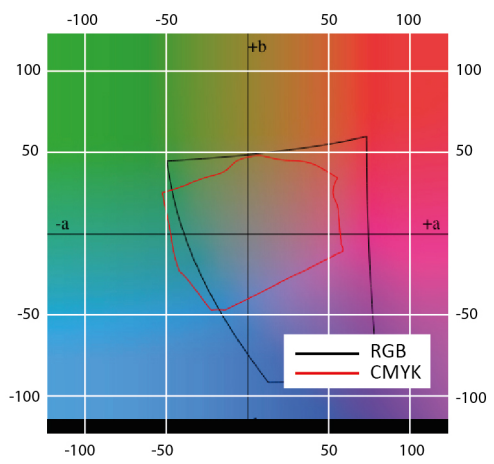
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



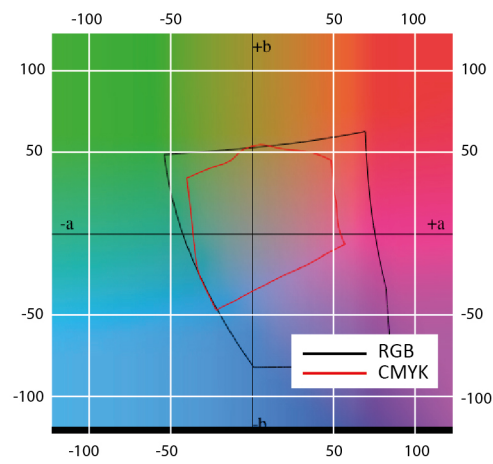
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

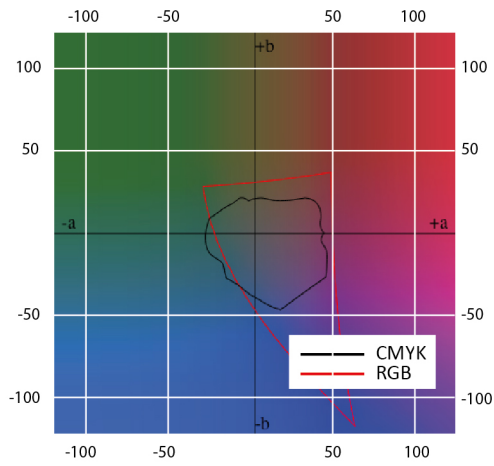


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

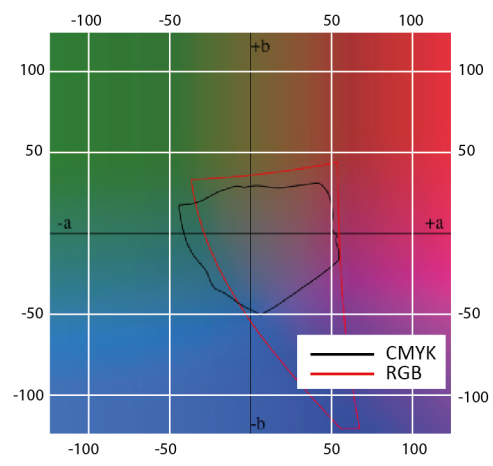


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

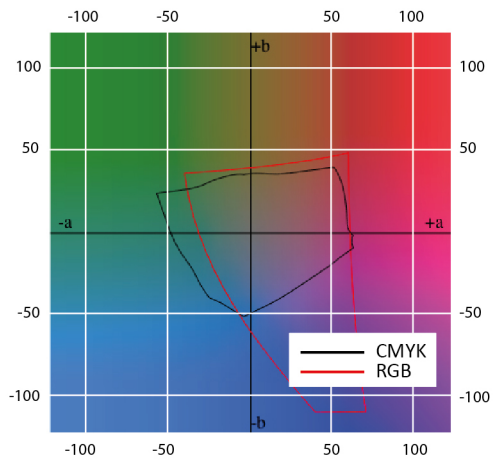
Slika 40. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od 6%



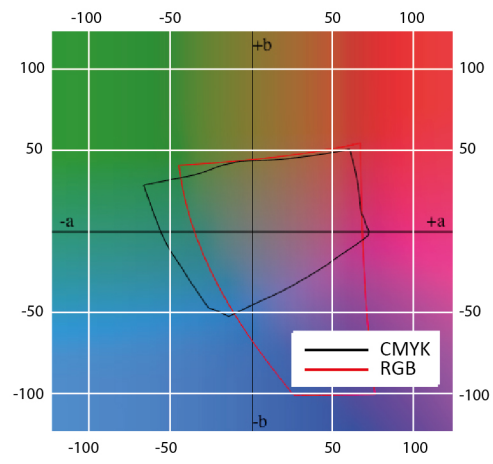
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



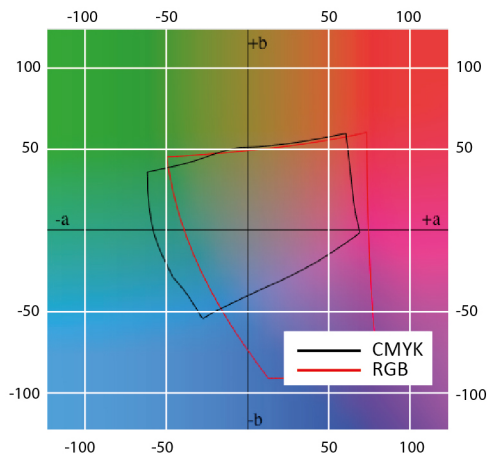
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



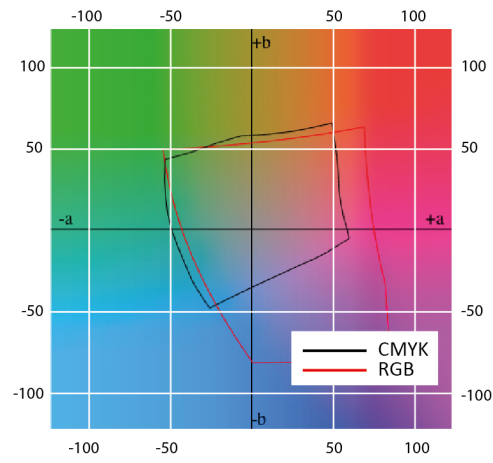
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

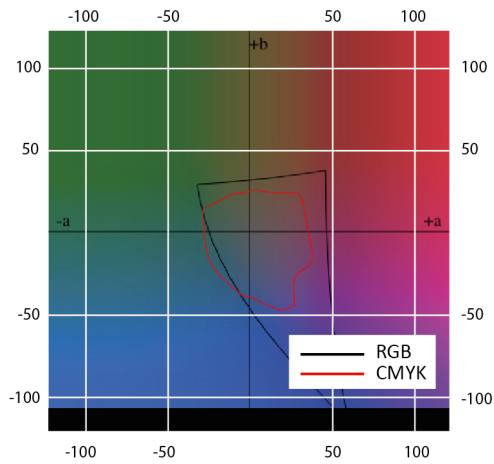


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

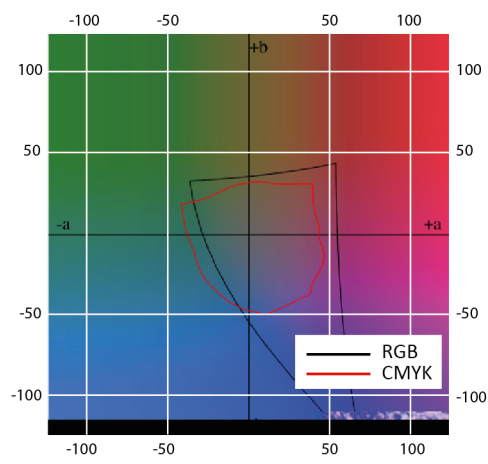


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

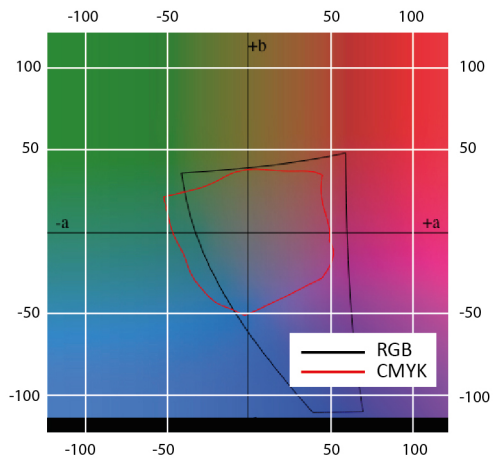
Slika 41. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru - referentne vrijednosti



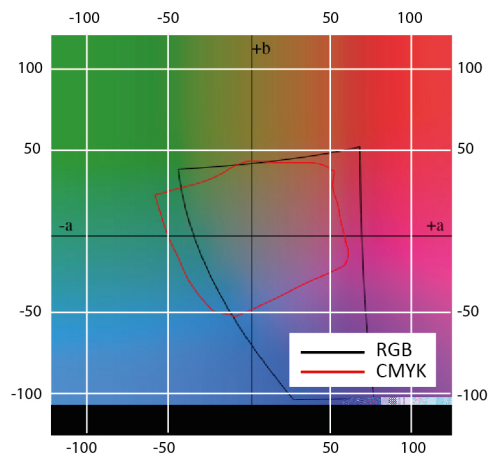
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



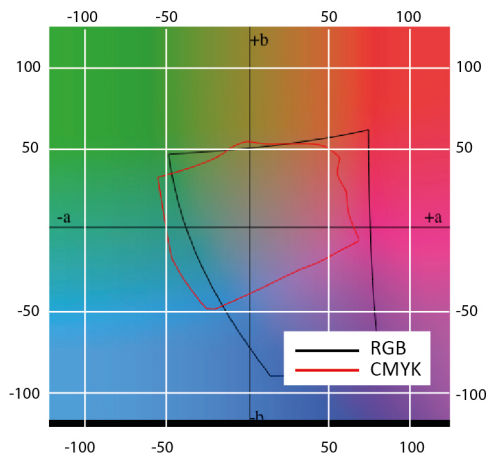
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



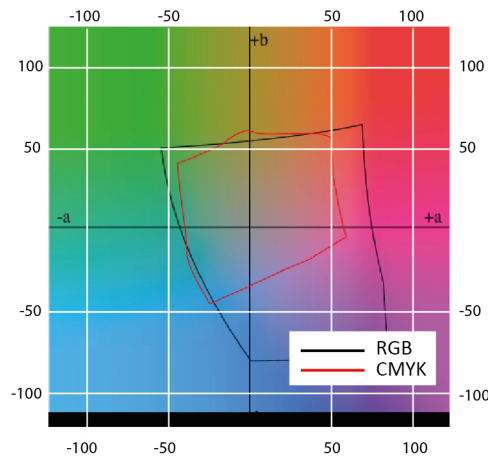
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

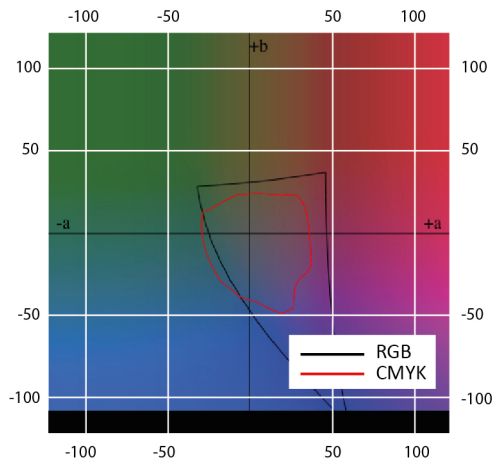


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

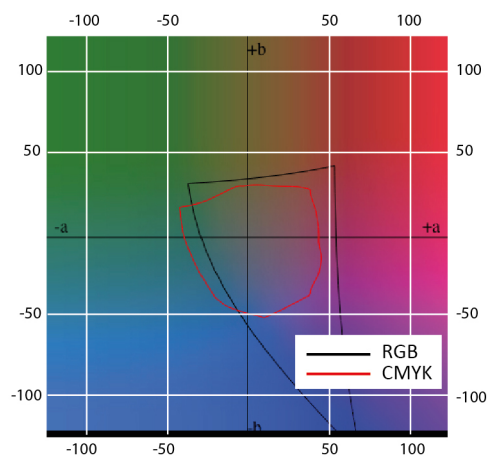


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

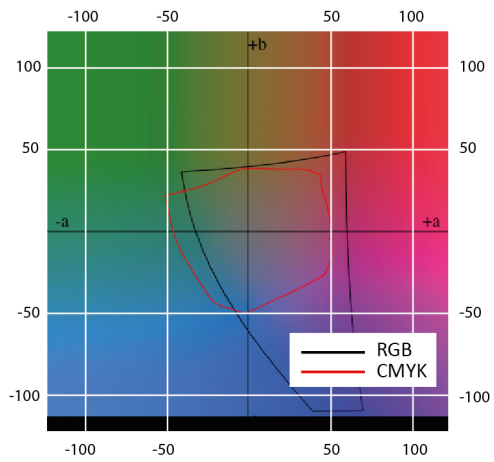
Slika 42. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od -4%



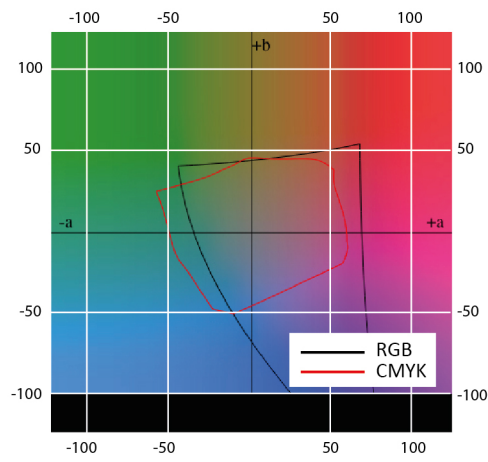
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



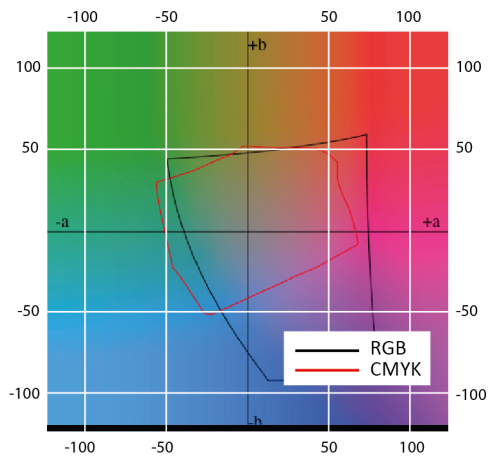
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



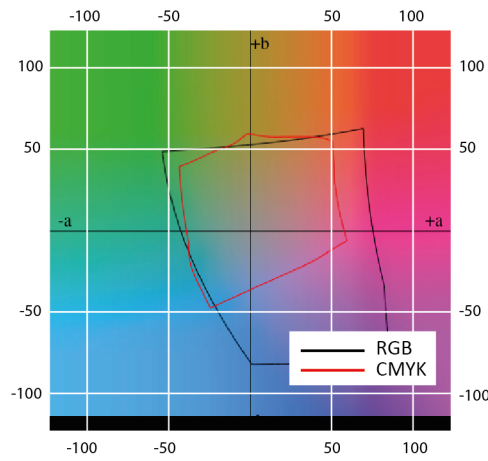
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

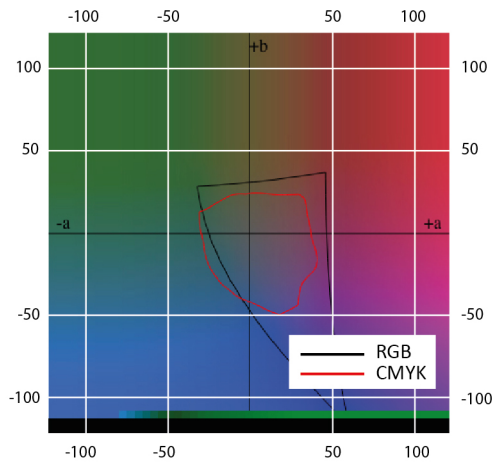


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

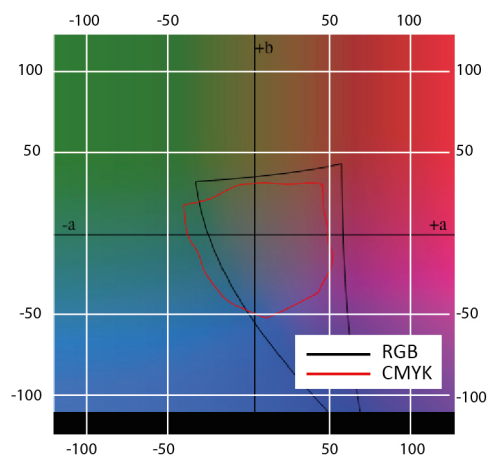


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

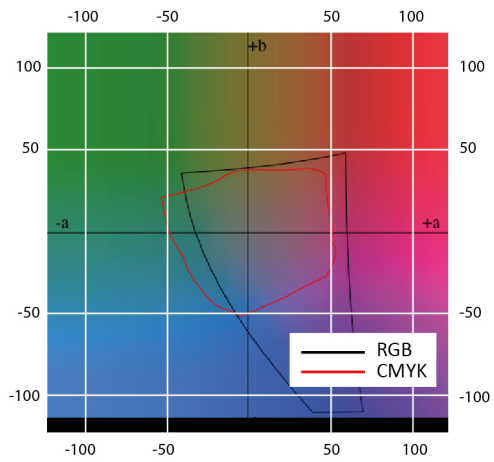
Slika 43. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od -5%



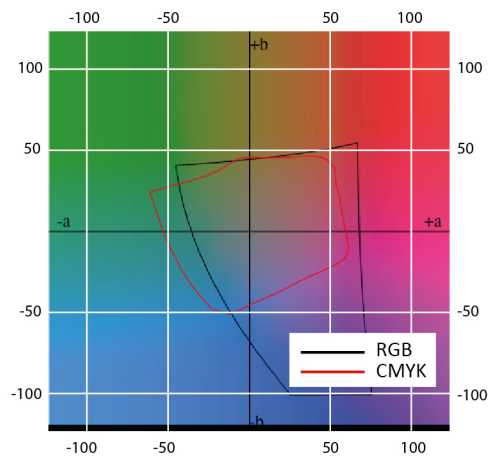
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



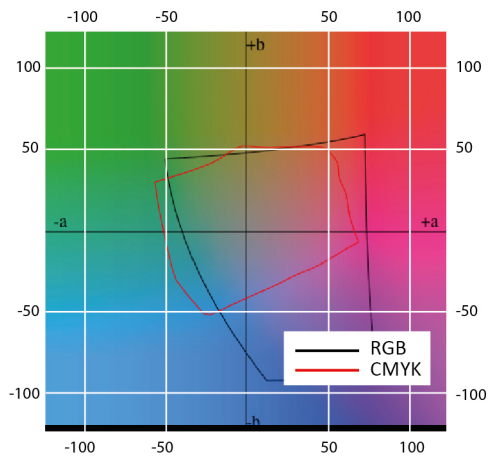
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



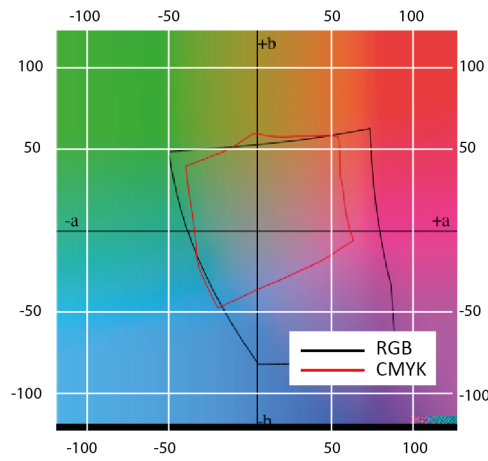
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

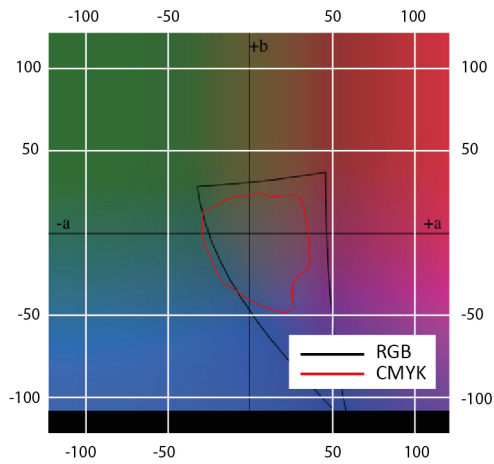


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

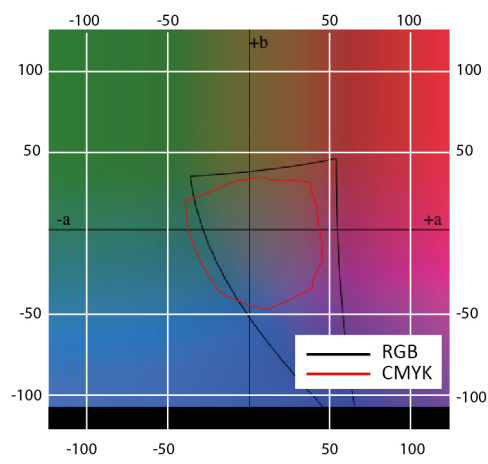


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

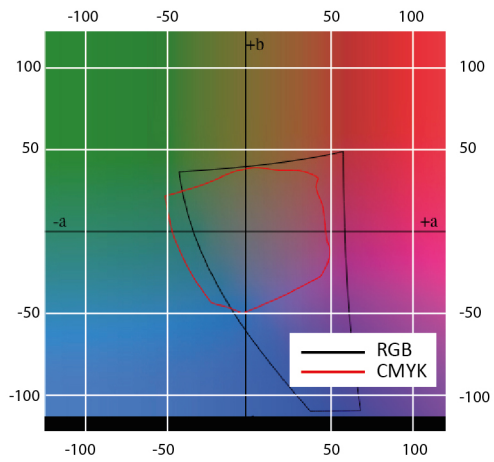
Slika 44. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od -6%



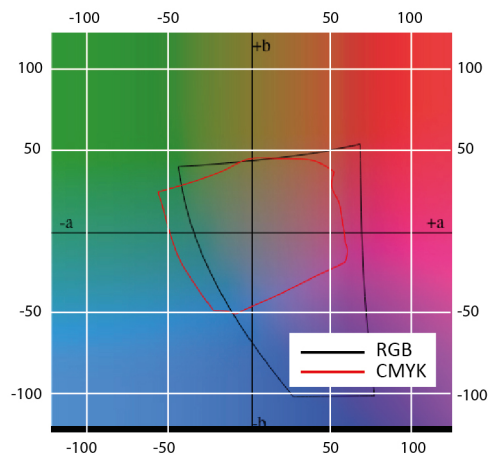
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



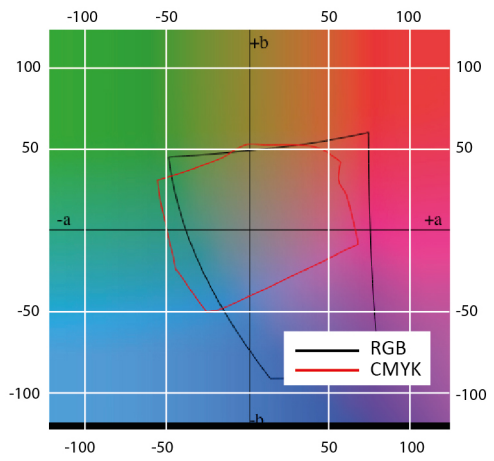
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



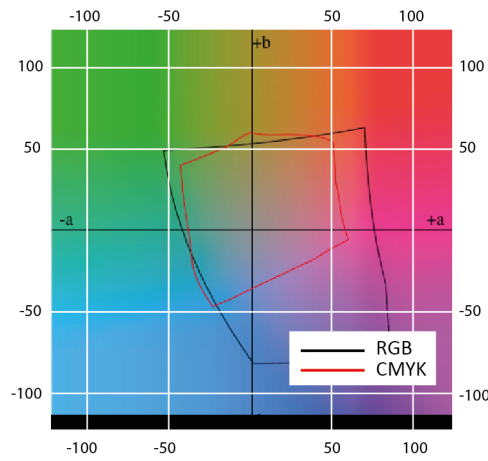
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

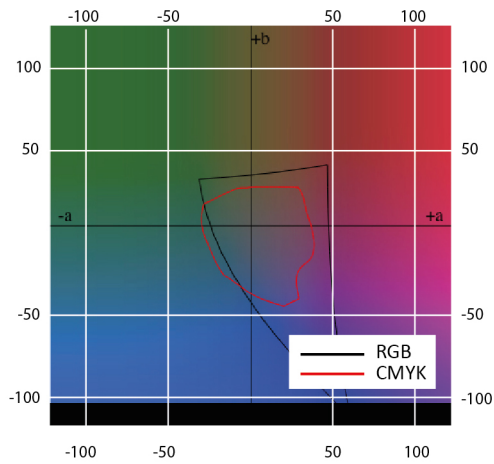


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

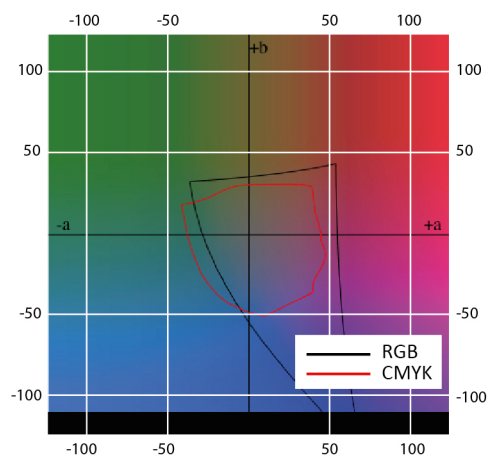


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

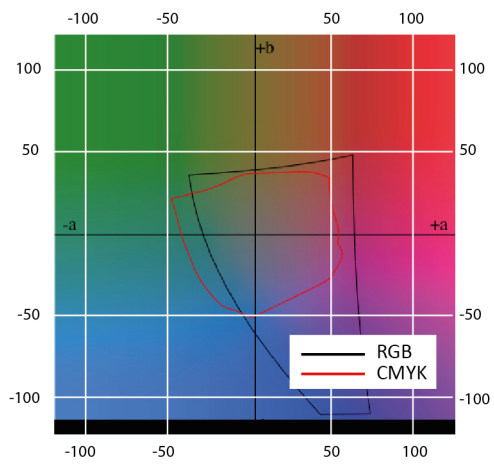
Slika 45. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od 4%



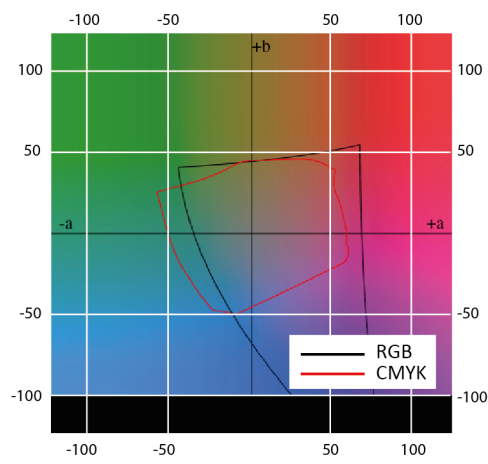
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



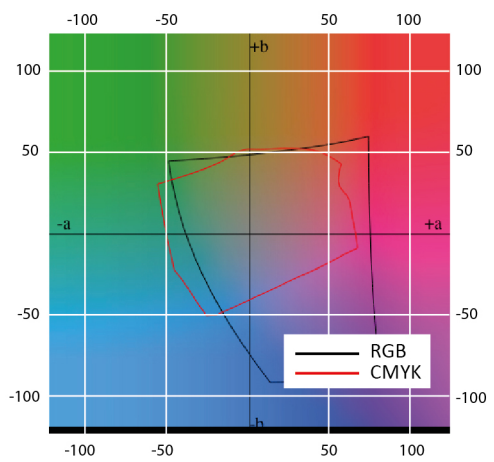
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



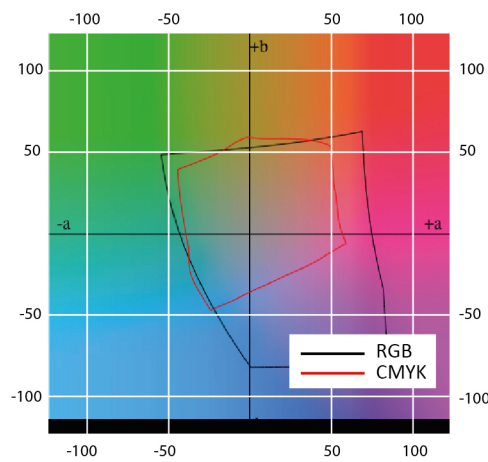
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

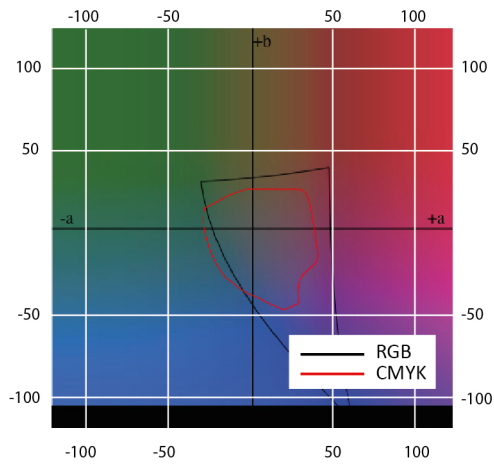


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

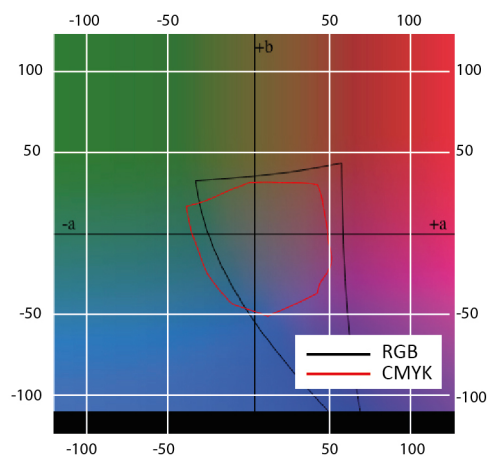


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

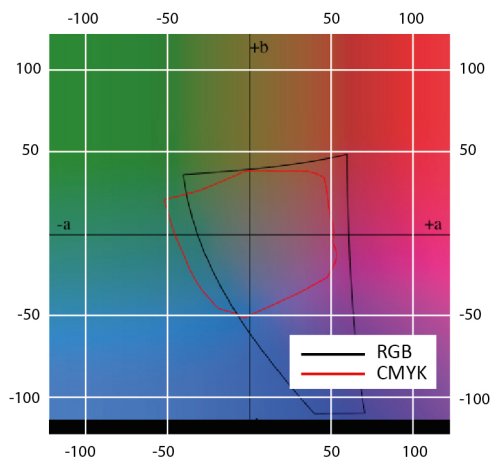
Slika 46. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od 5%



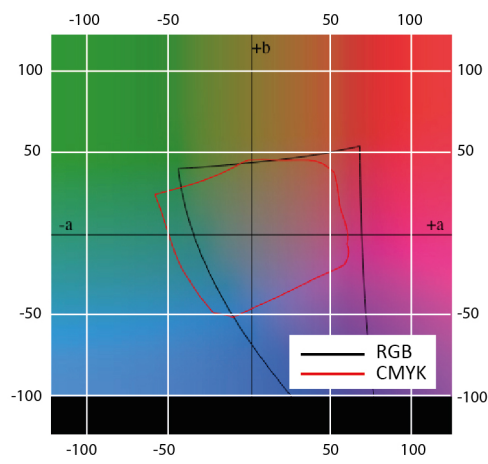
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



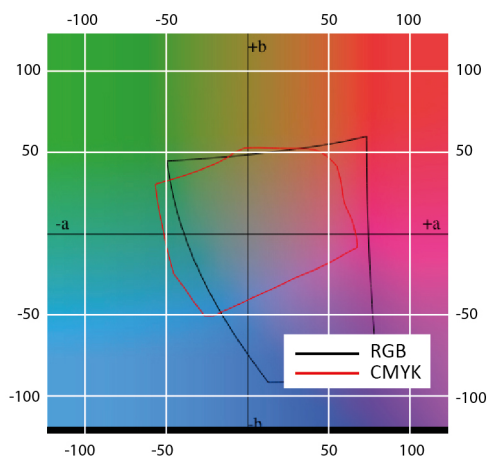
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



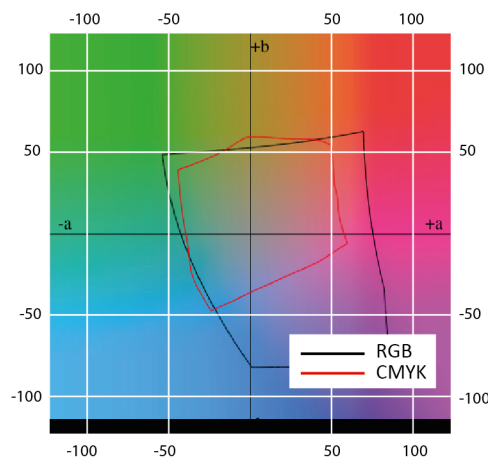
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

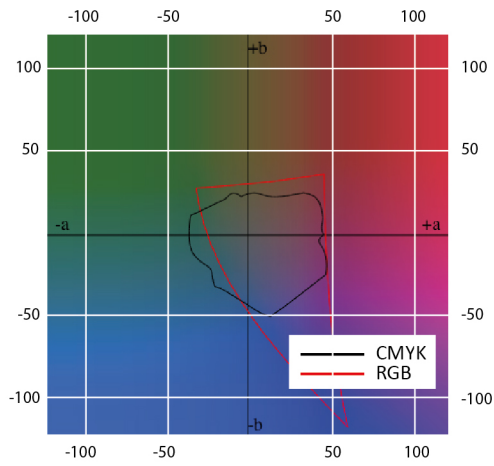


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

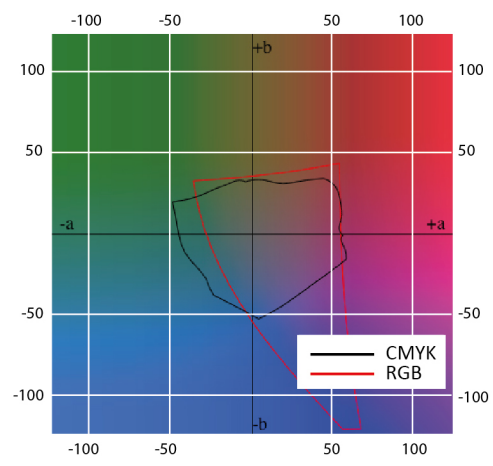


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

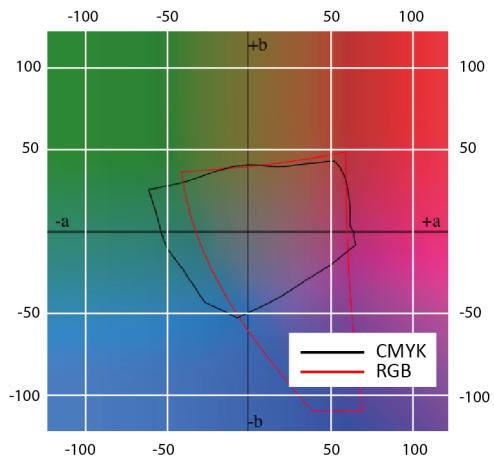
Slika 47. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od 6%



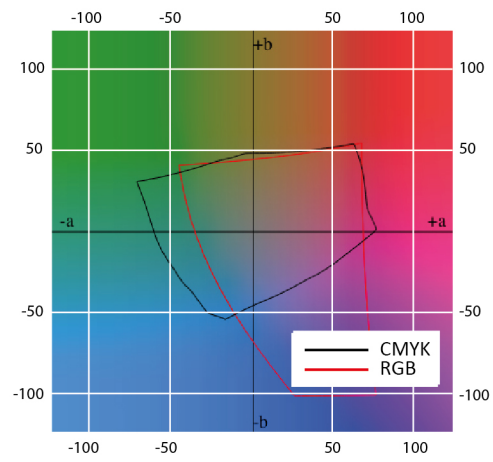
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



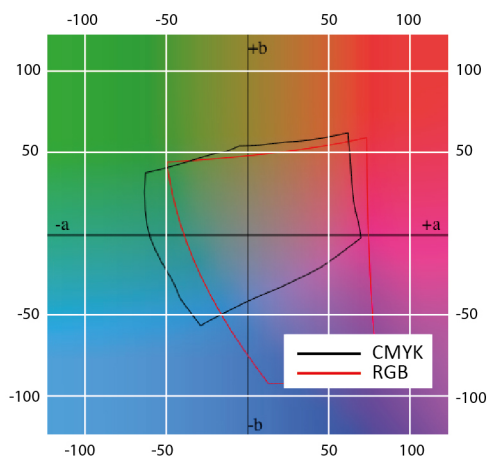
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



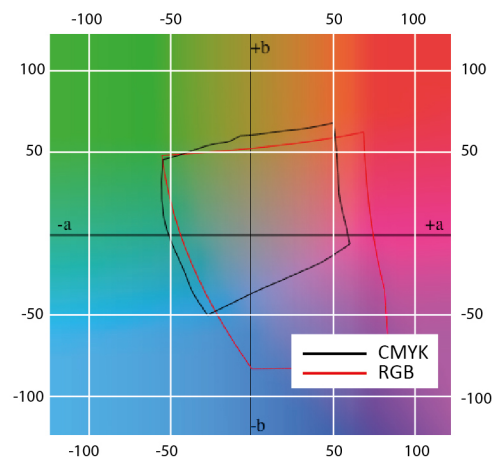
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

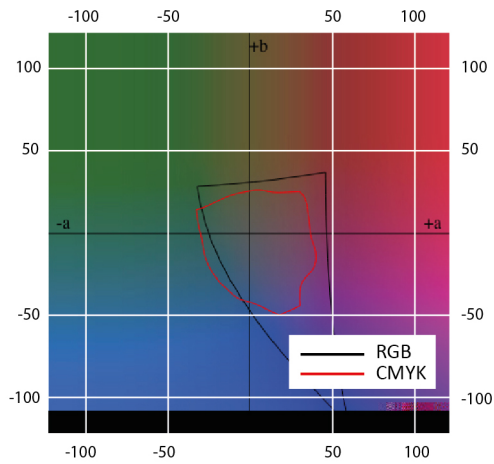


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

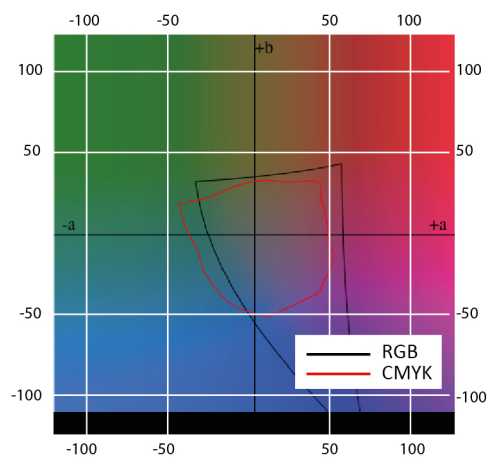


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

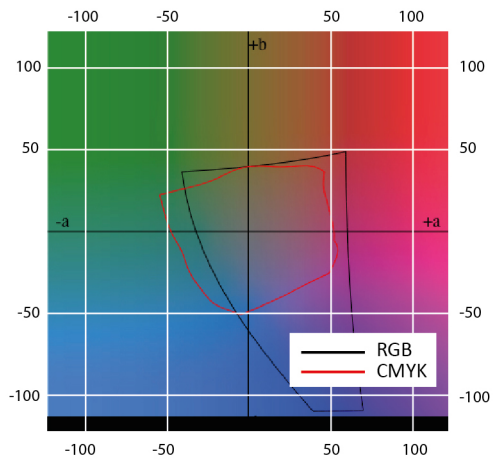
Slika 48. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru - referentne vrijednosti



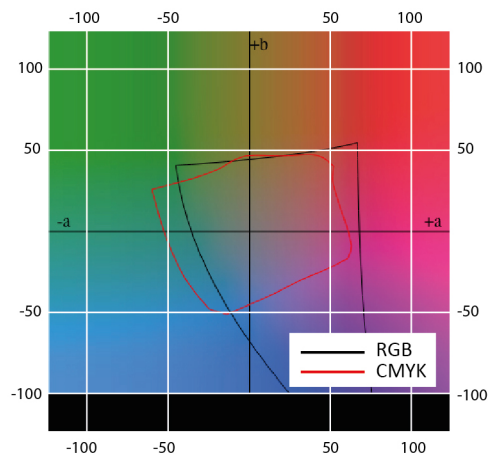
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



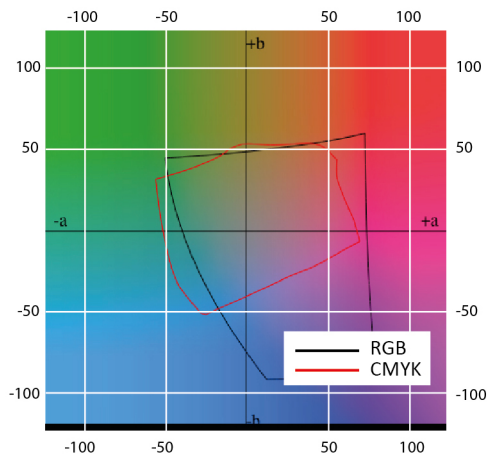
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



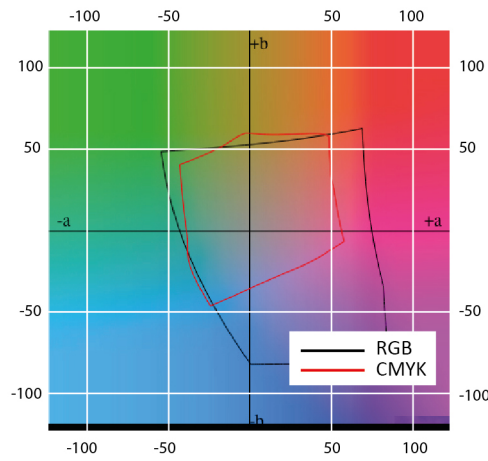
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

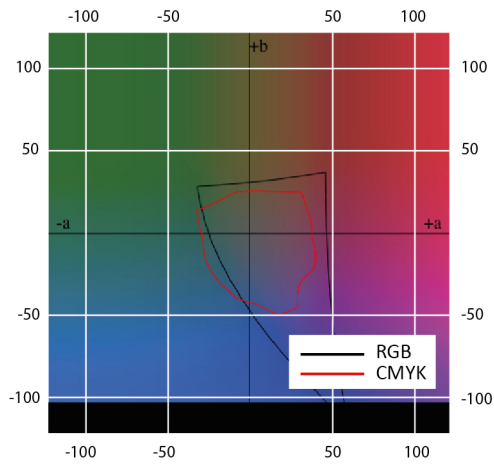


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

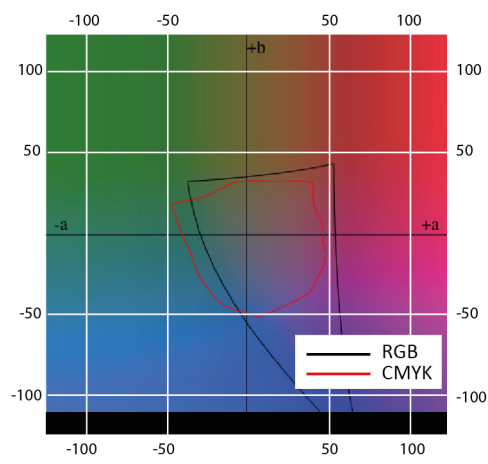


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

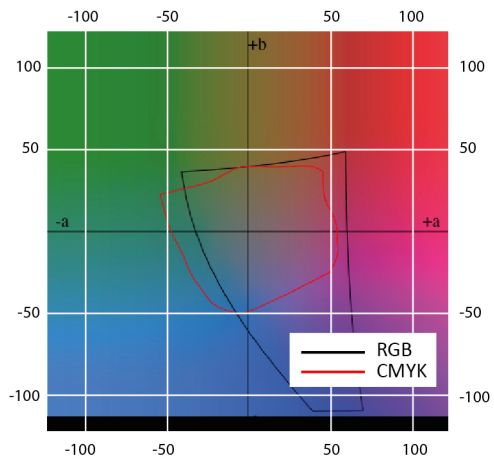
Slika 49. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od -4%



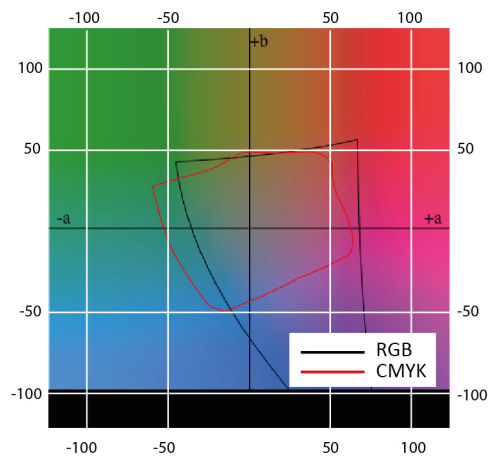
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



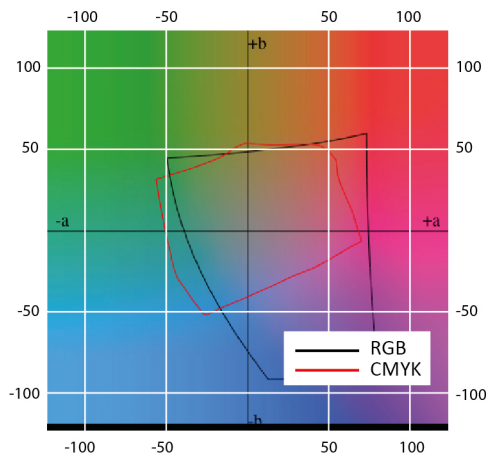
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



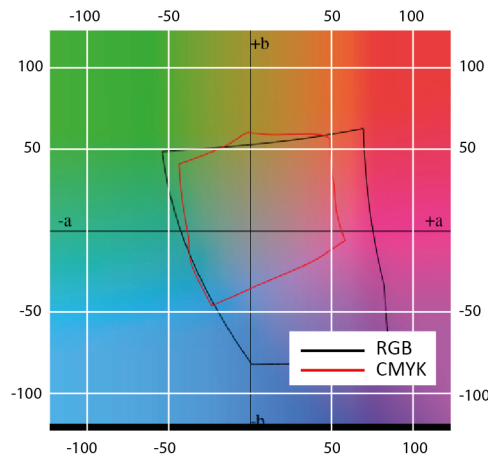
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

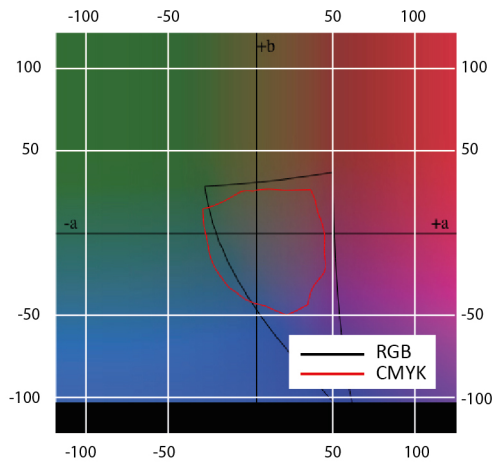


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

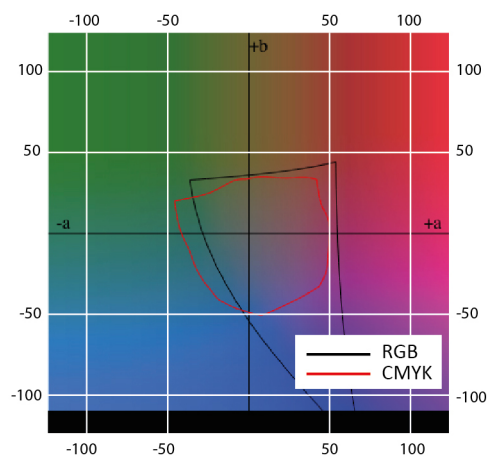


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

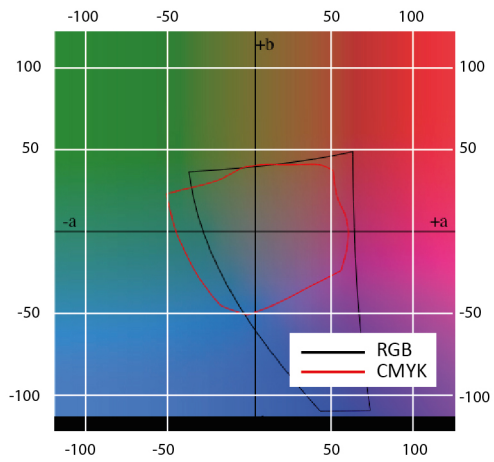
Slika 50. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od -5%



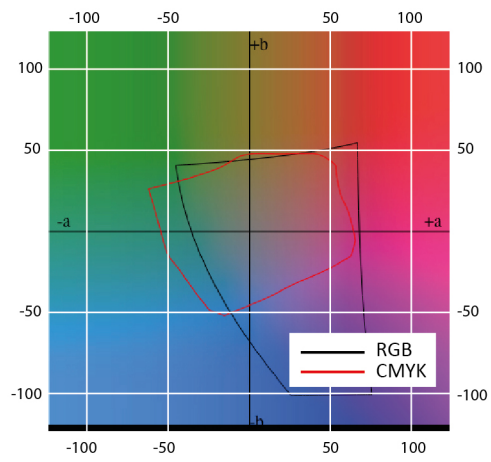
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



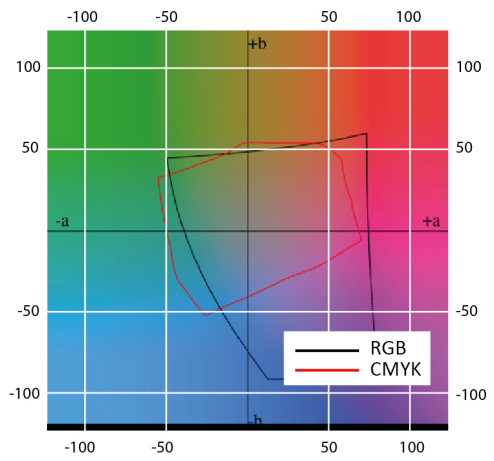
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



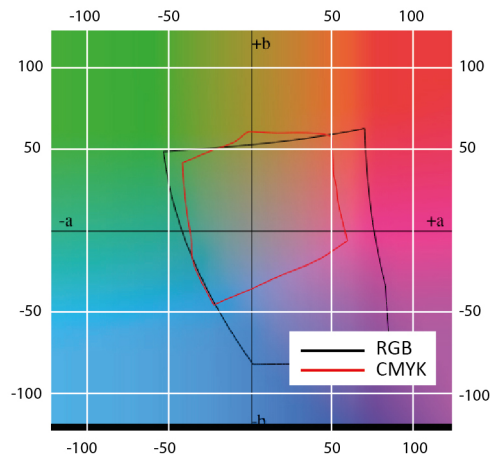
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

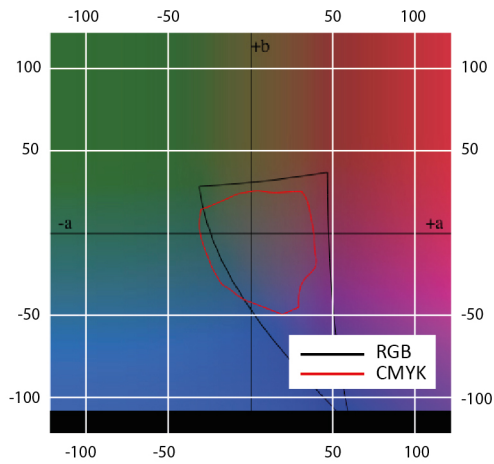


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

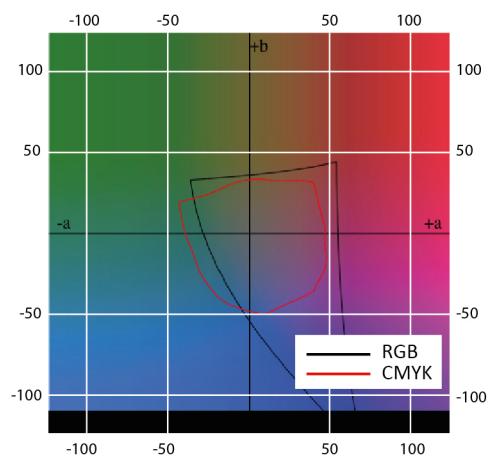


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

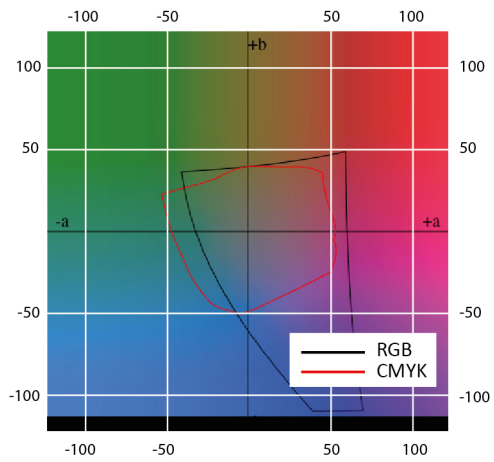
Slika 51. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od -6%



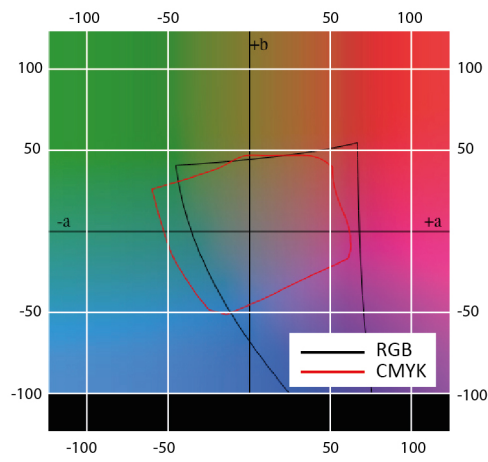
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



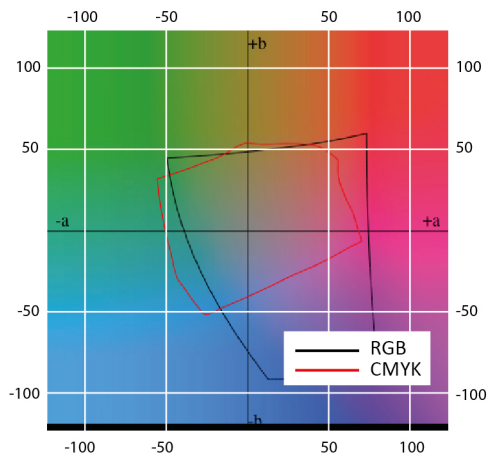
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



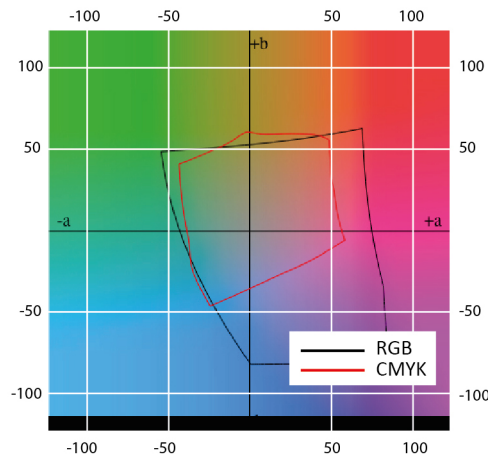
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

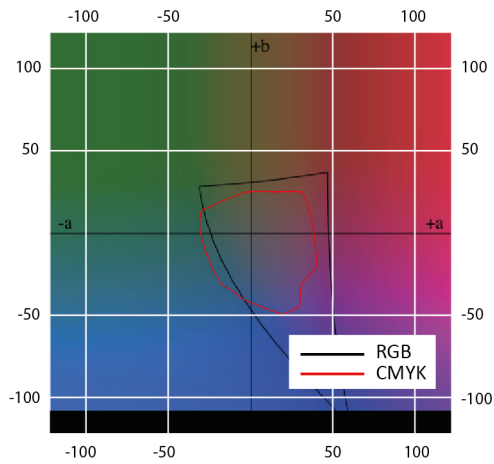


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

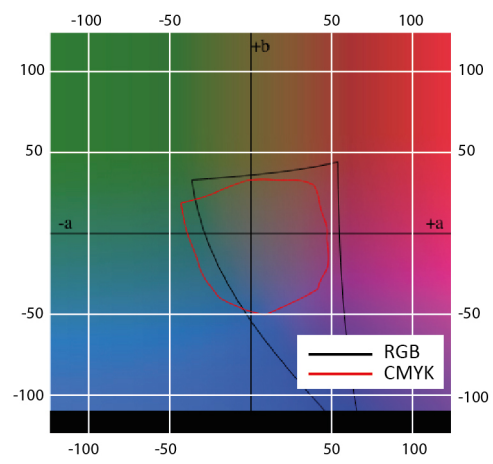


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

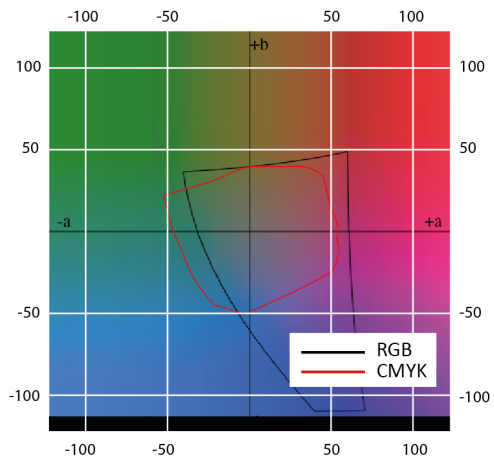
Slika 52. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od 4%



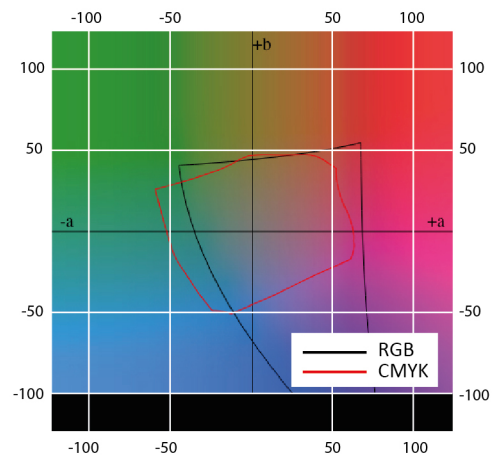
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



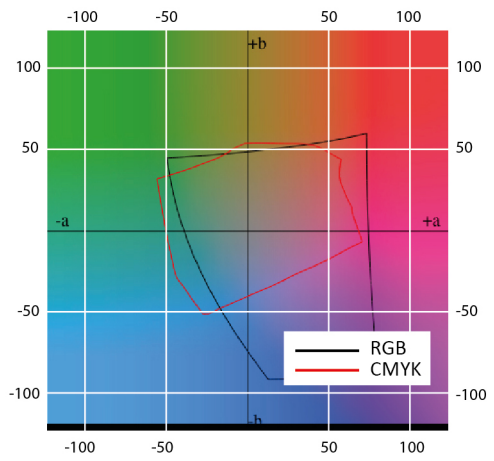
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



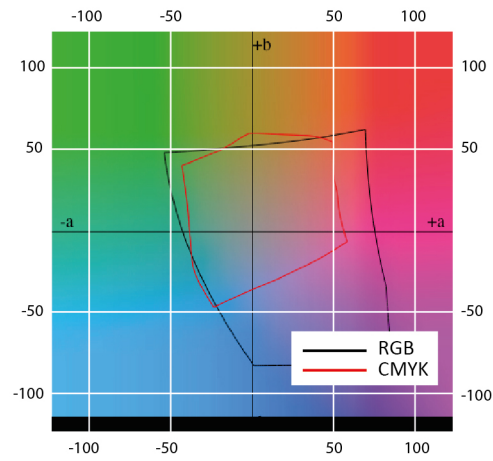
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

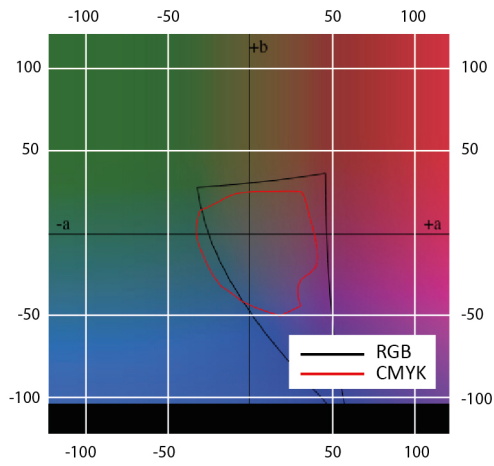


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

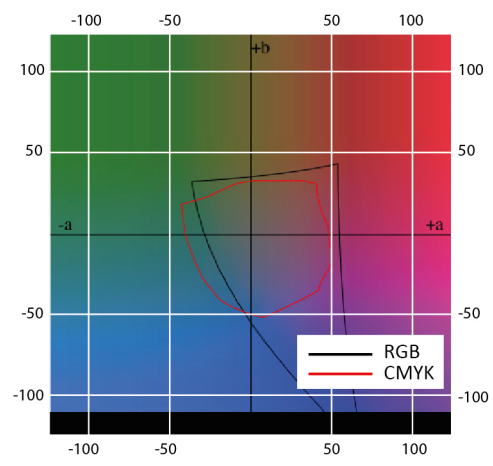


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

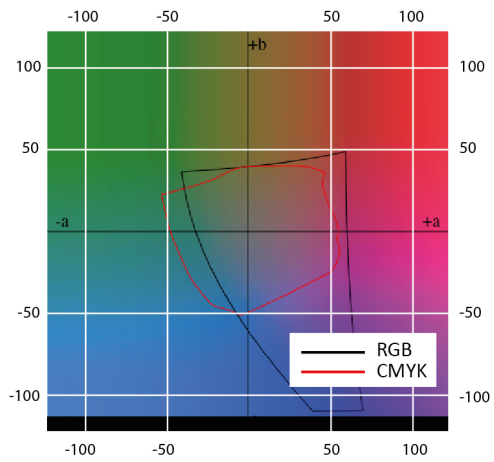
Slika 53. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od 5%



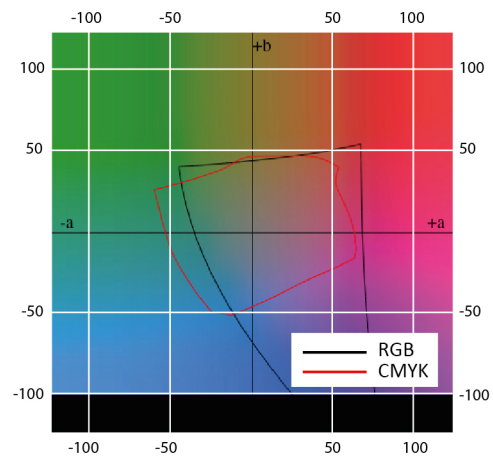
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



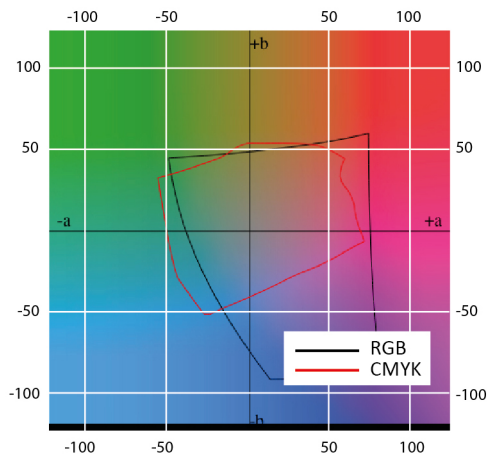
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



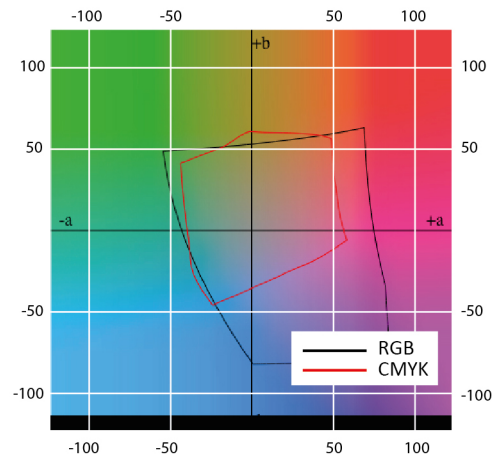
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45



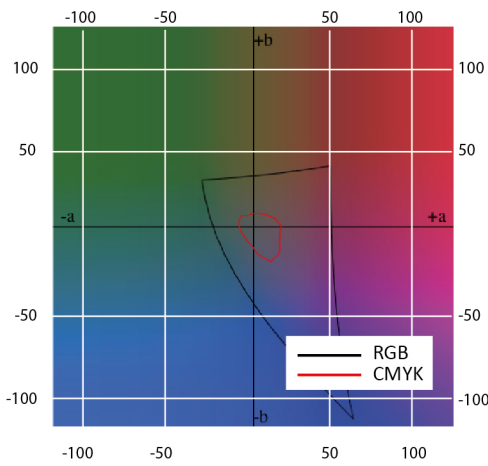
e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51



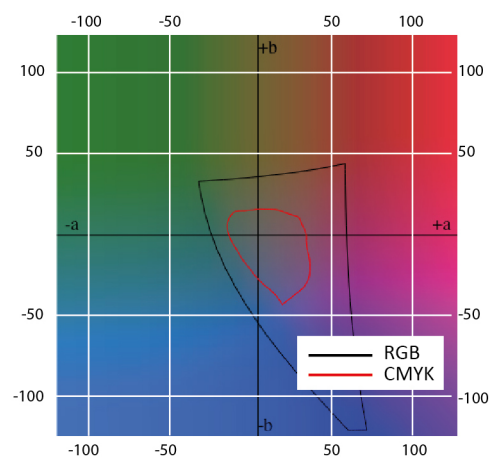
f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

Slika 54. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od 6%

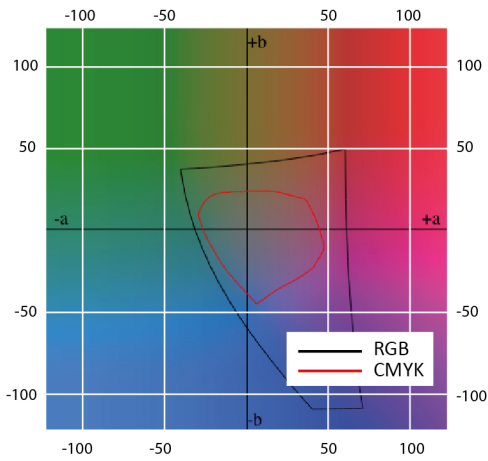
4.3. Rezultati spektrofotometrijskih mjerenja ink-jet digitalnog tiska



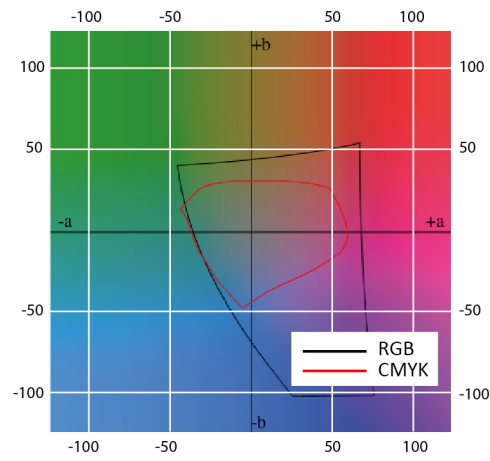
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



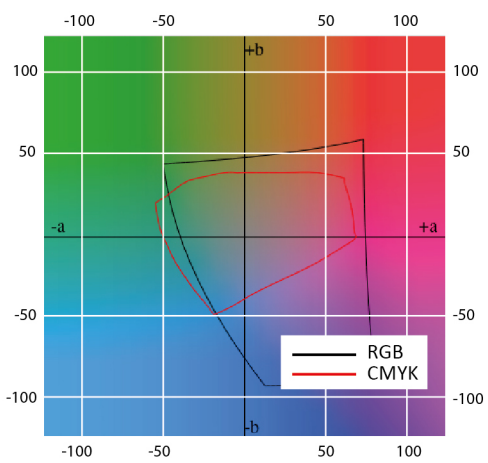
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



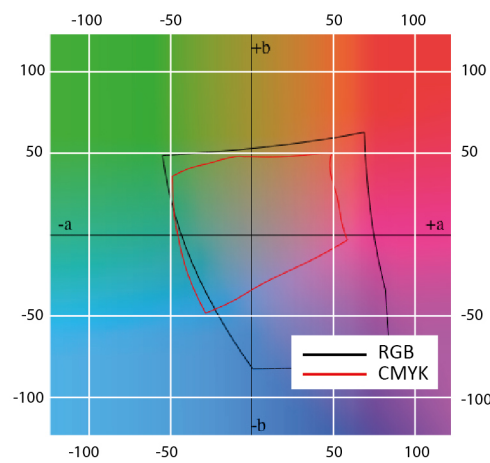
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

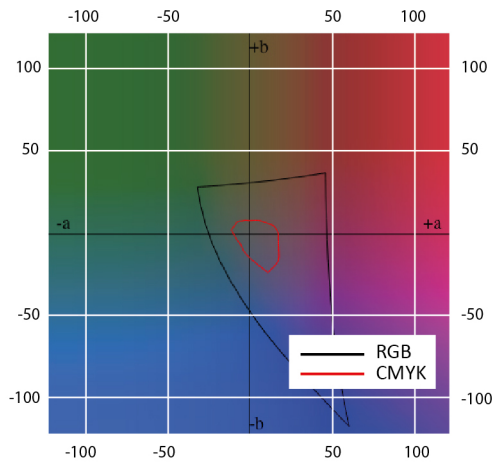


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

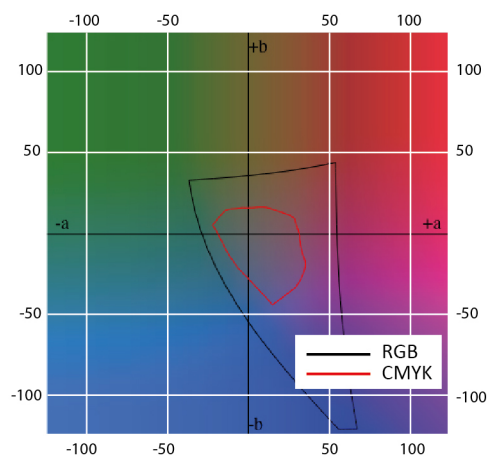


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

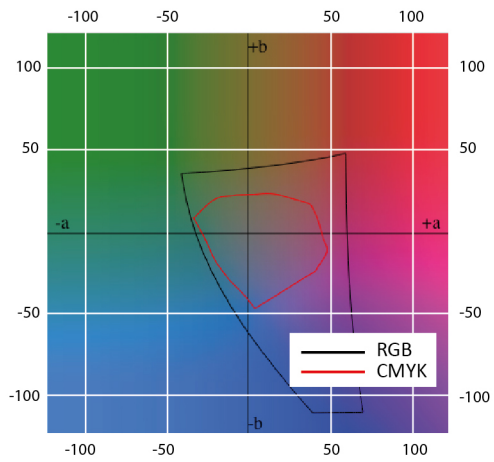
Slika 55. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru - referentne vrijednosti



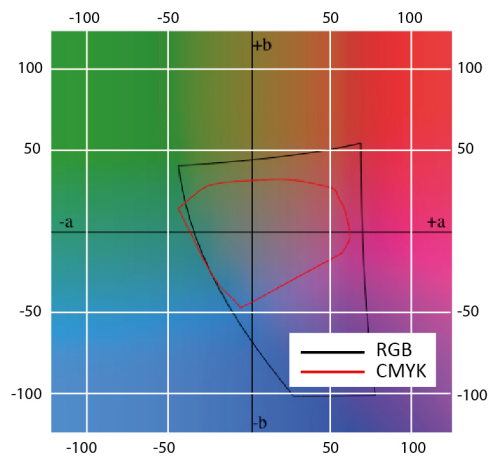
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



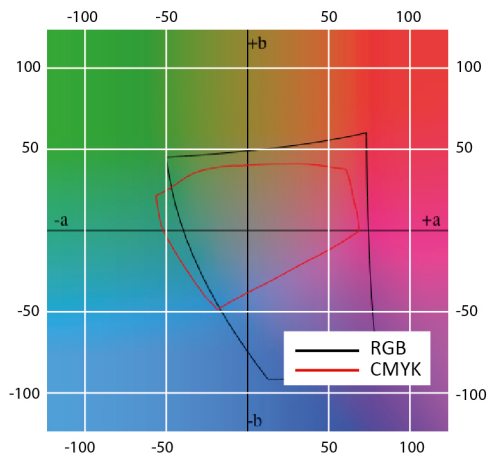
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



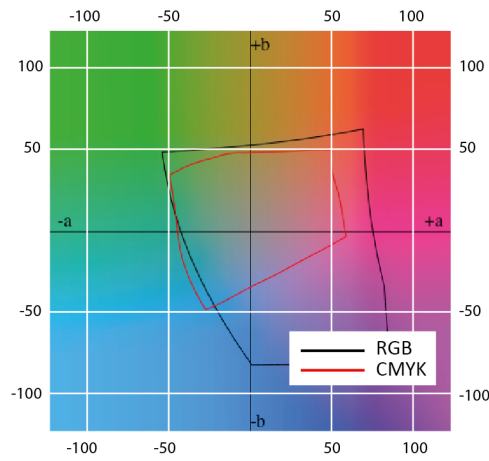
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

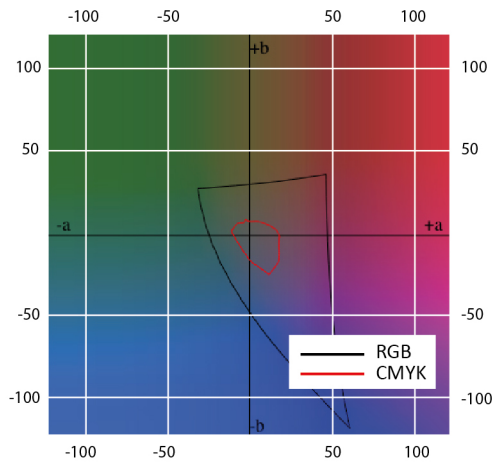


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

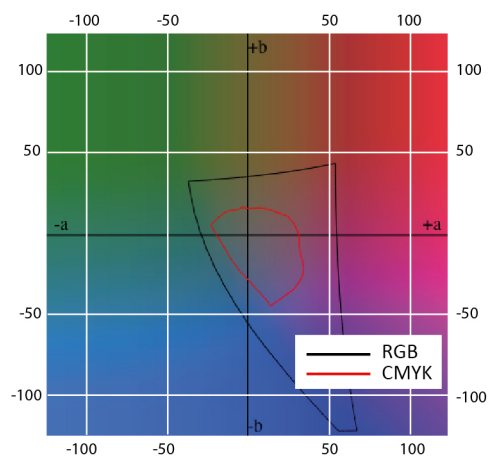


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

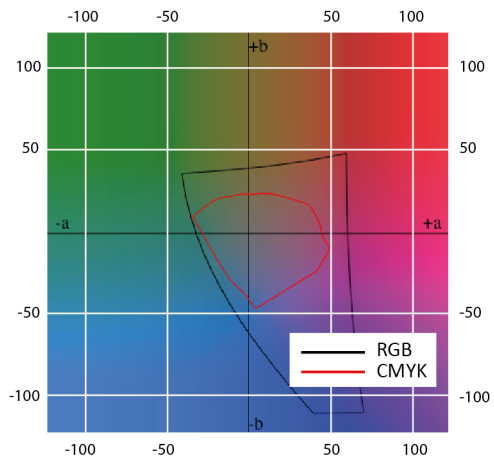
Slika 56. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -4%



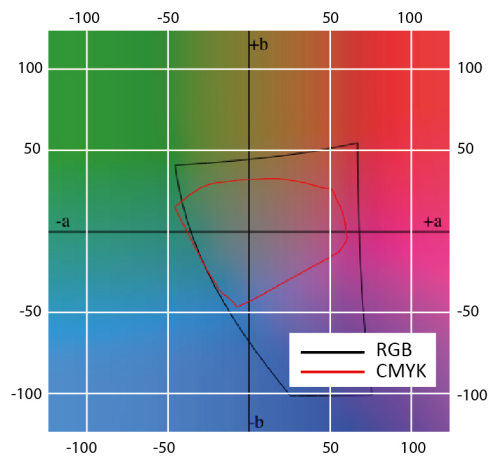
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



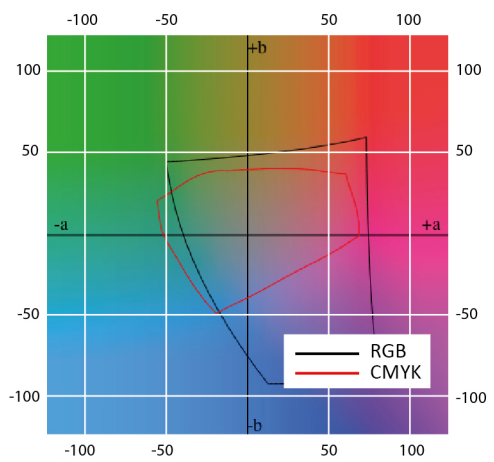
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



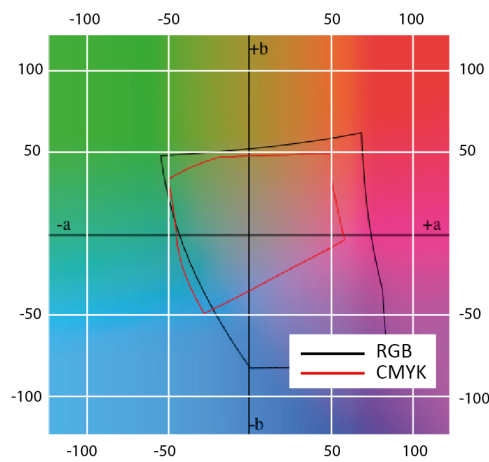
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

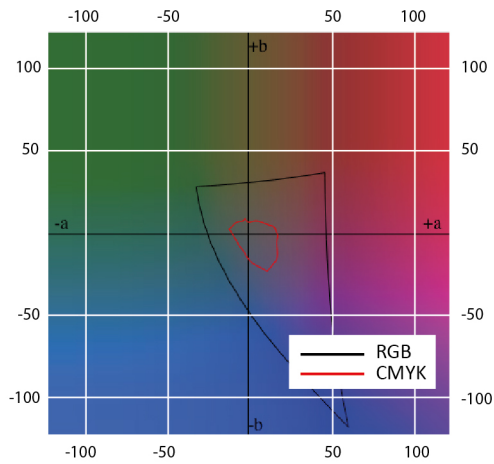


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

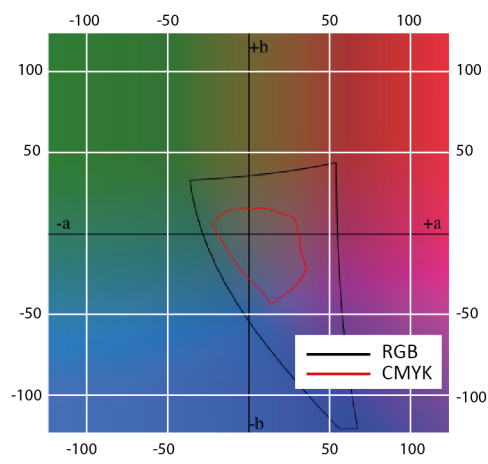


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

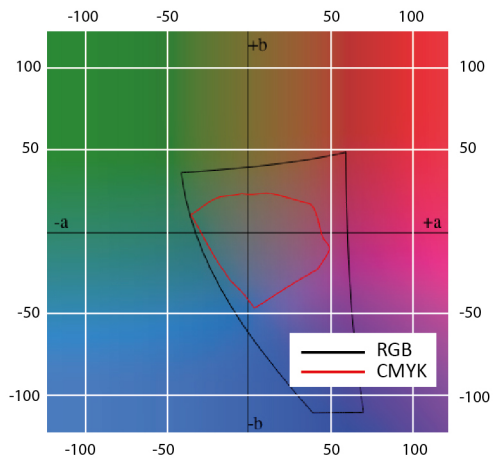
Slika 57. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -5%



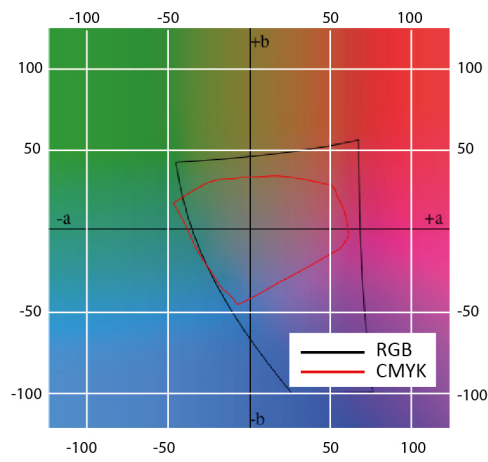
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



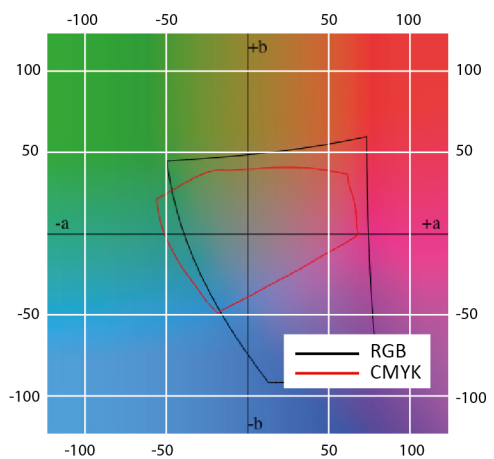
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



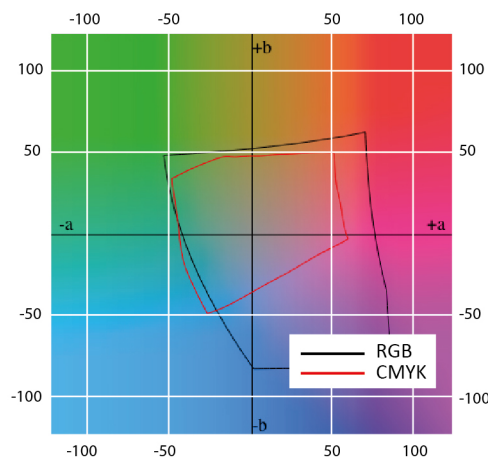
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

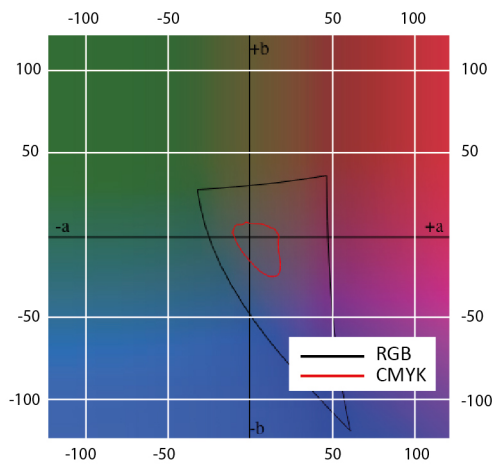


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

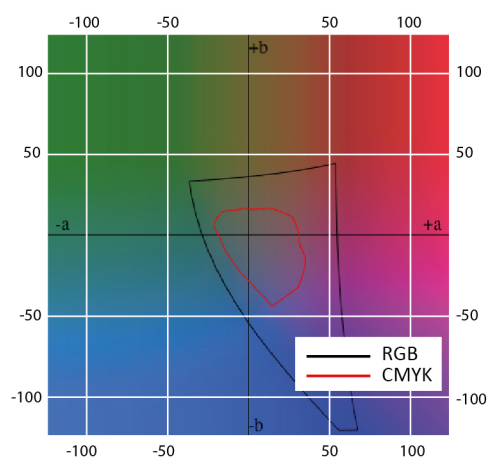


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

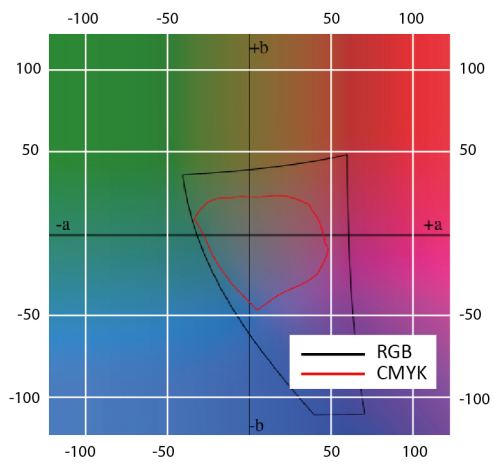
Slika 58. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -6%



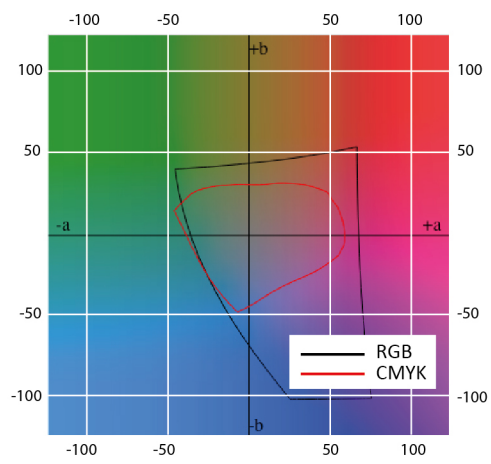
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



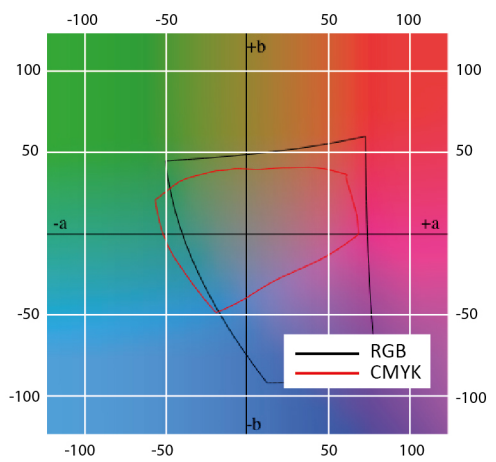
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



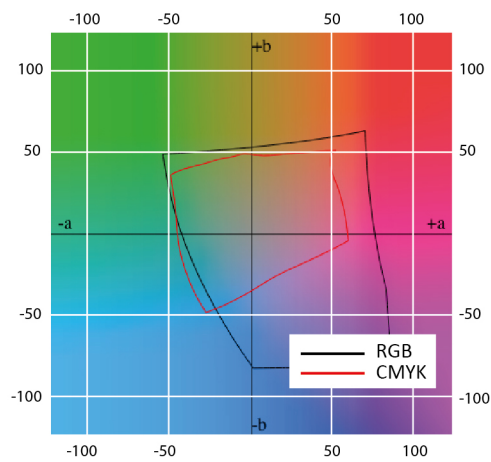
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

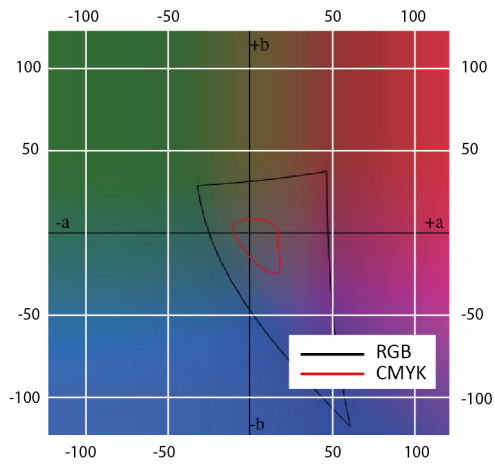


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

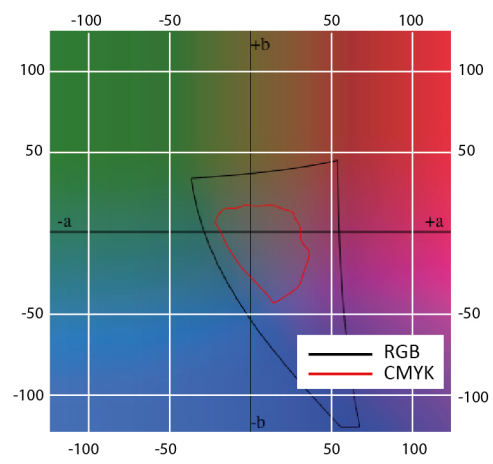


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

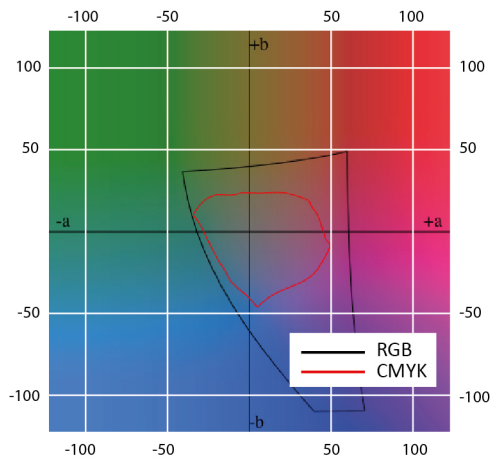
Slika 59. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 4%



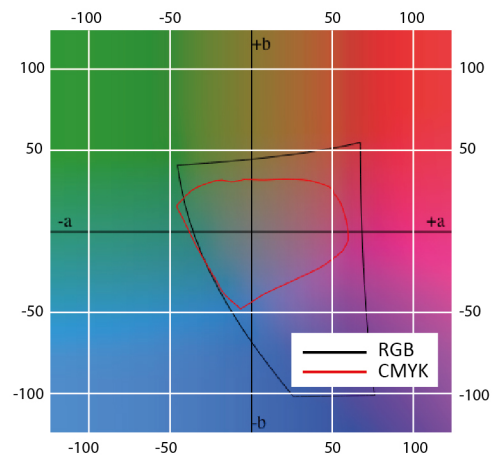
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



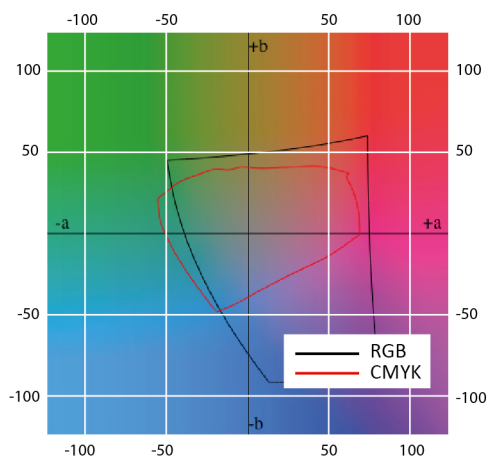
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



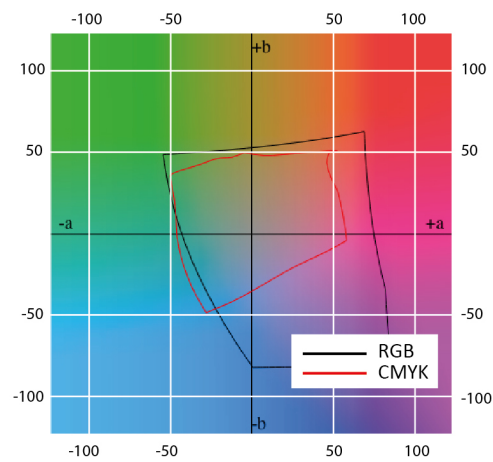
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

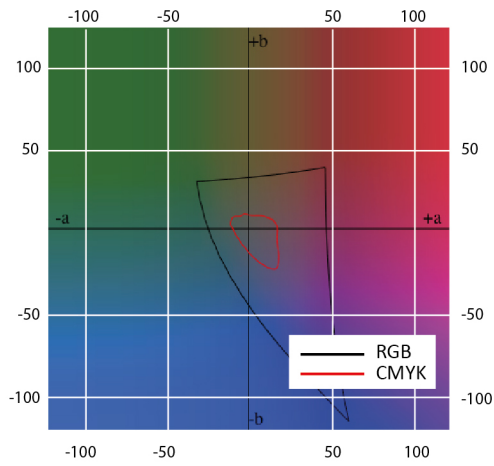


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

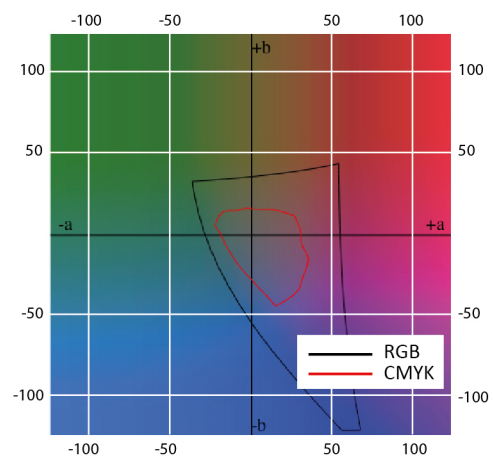


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

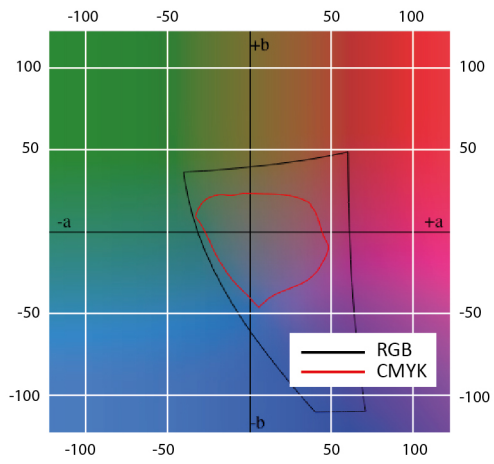
Slika 60. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 5%



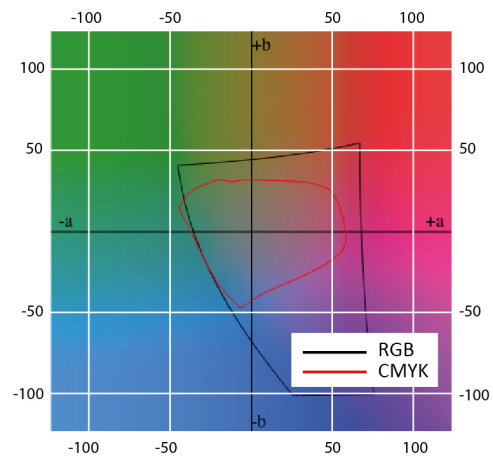
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



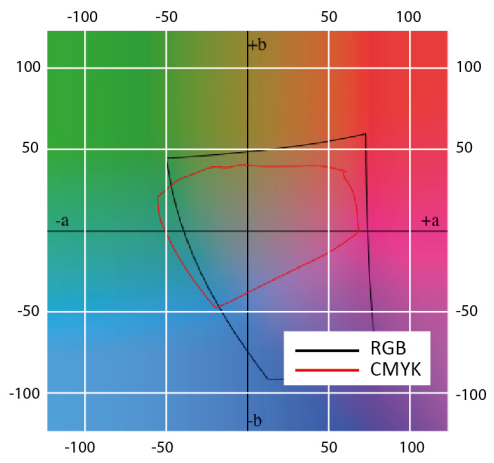
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



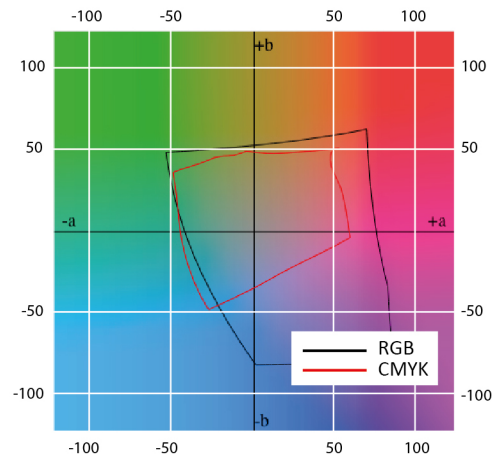
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

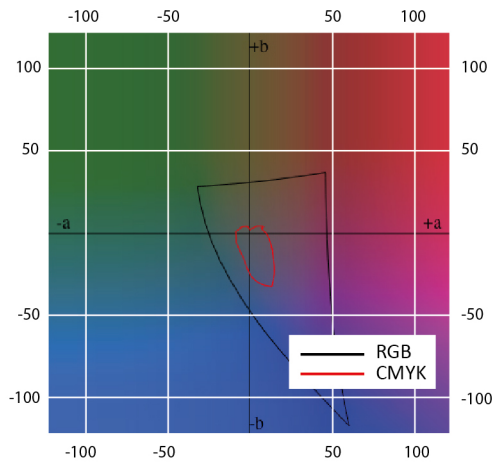


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

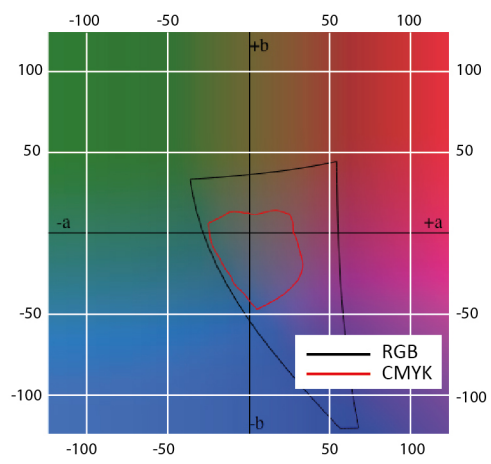


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

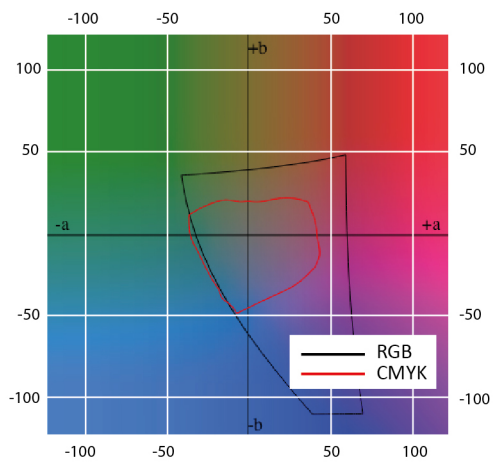
Slika 61. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 6%



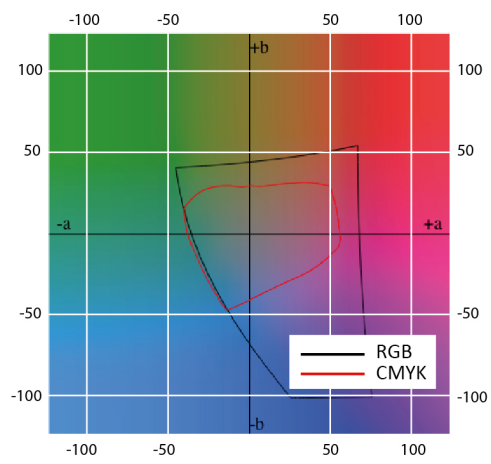
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



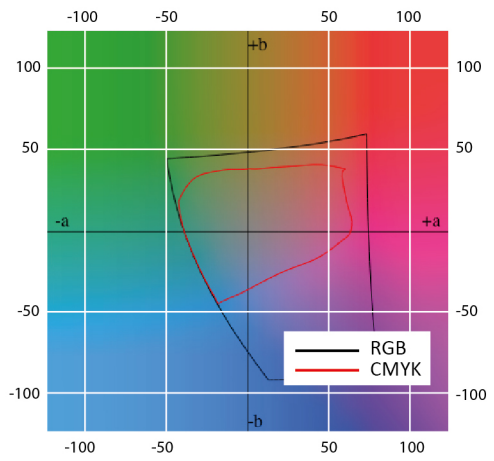
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



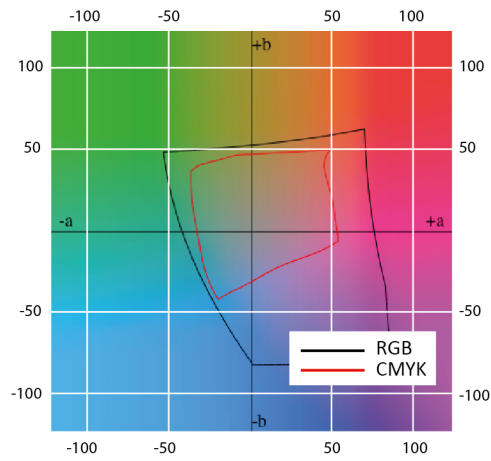
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

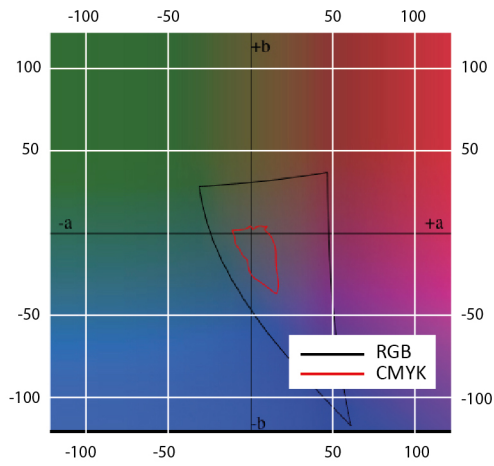


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

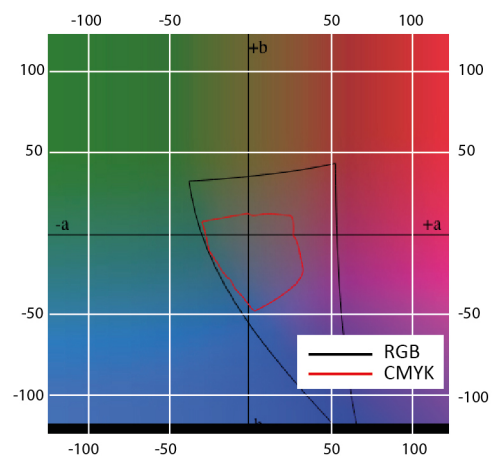


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

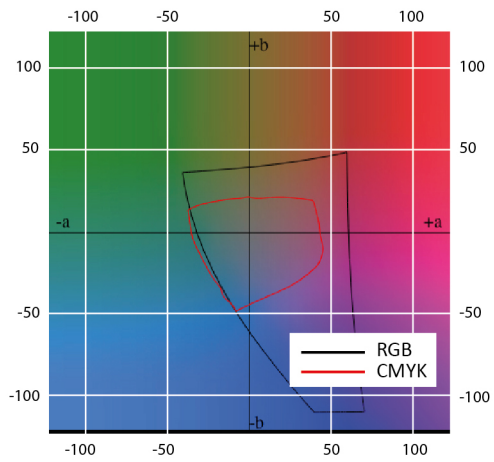
Slika 62. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru - referentne vrijednosti



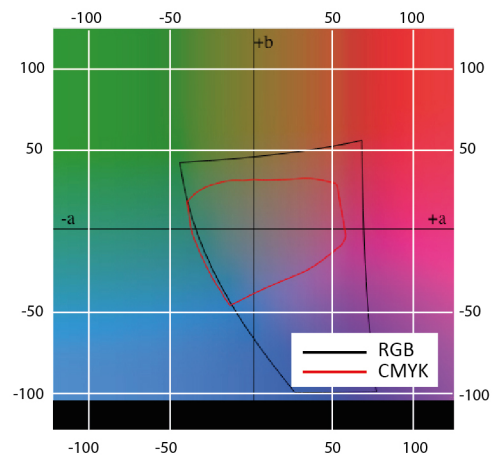
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



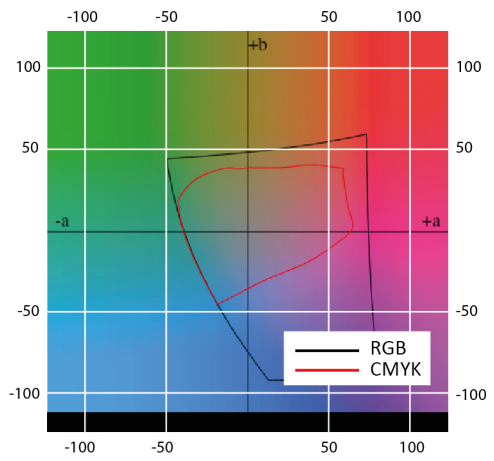
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



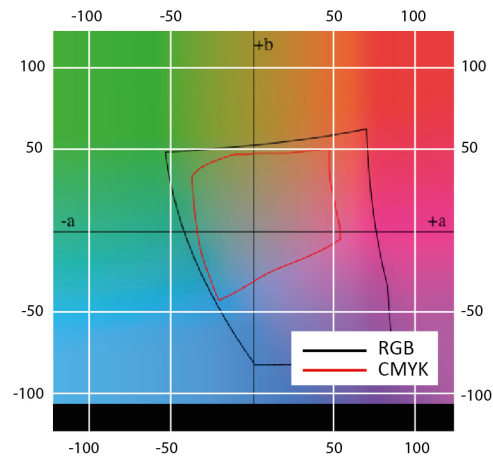
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

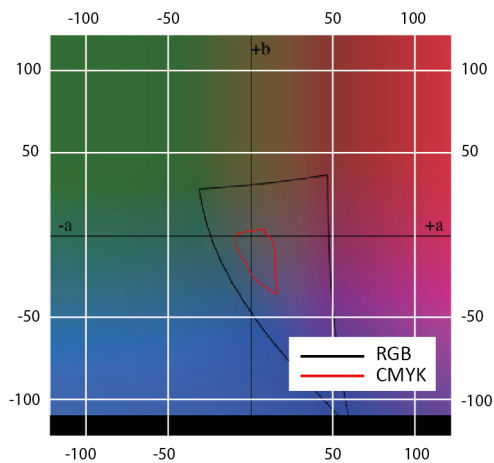


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

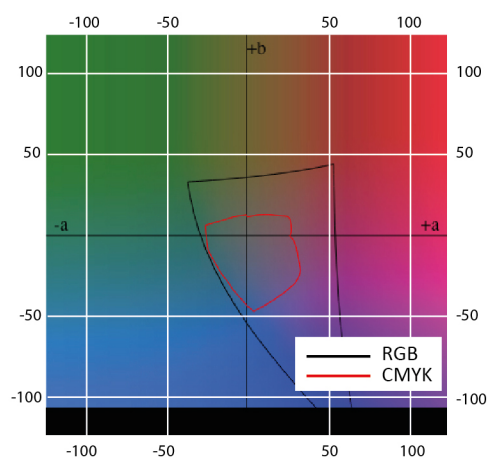


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

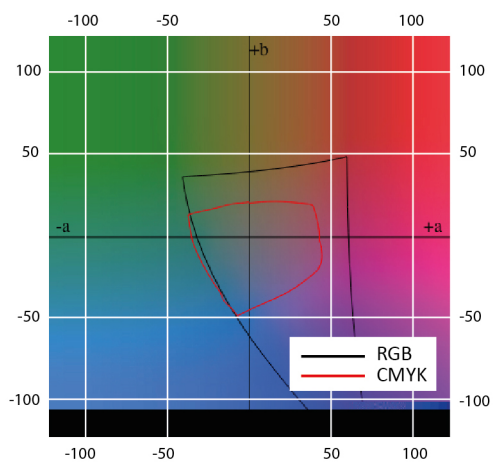
Slika 63. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -4%



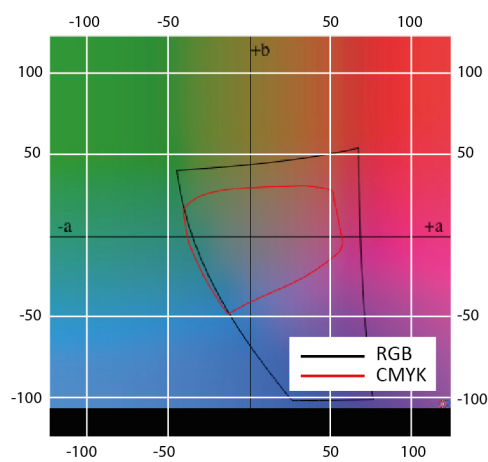
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



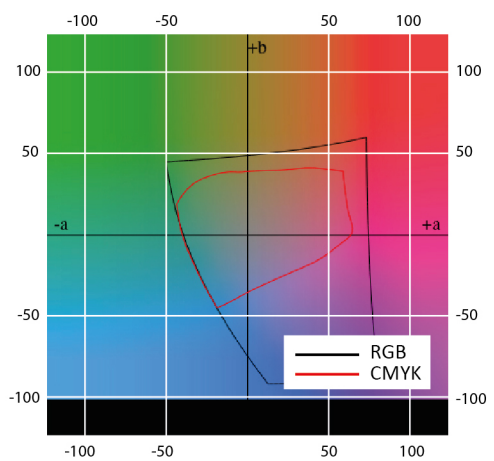
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



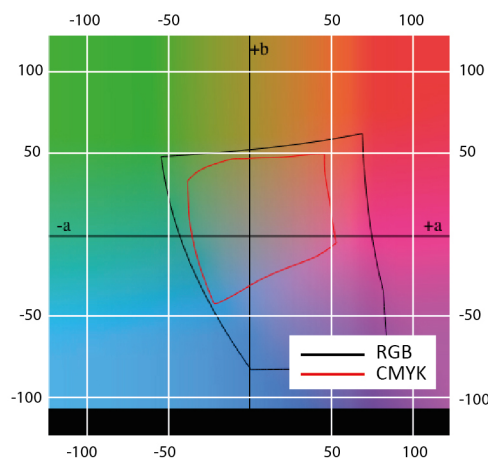
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

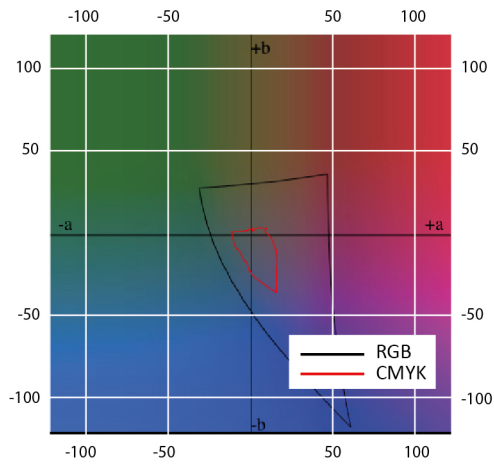


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

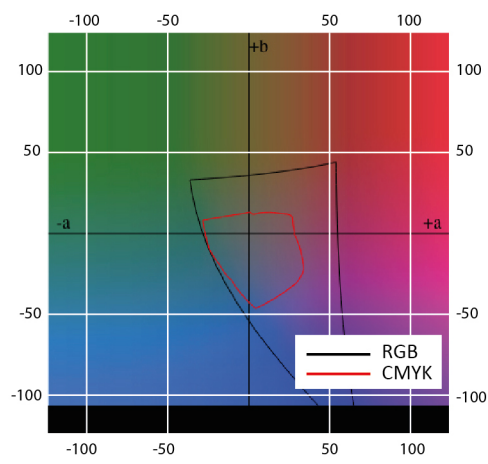


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

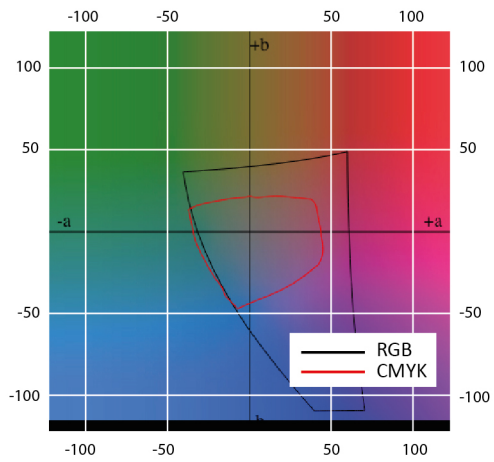
Slika 64. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -5%



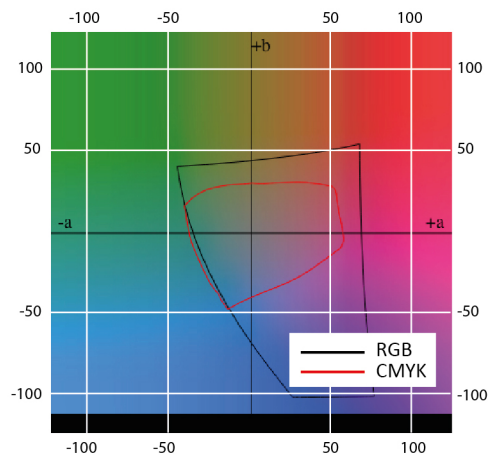
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



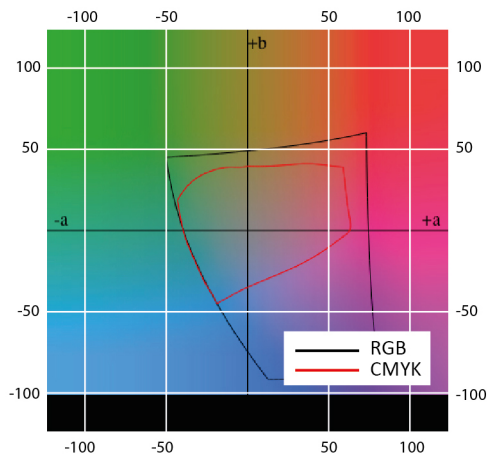
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



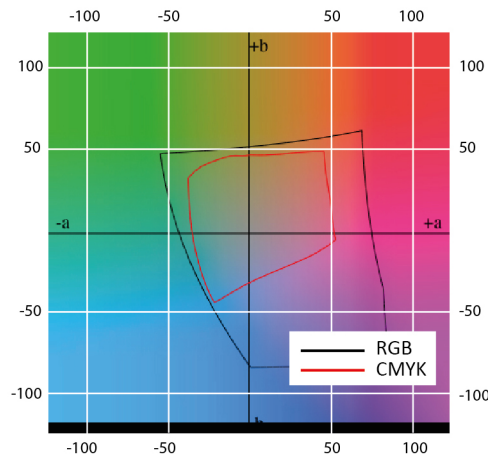
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

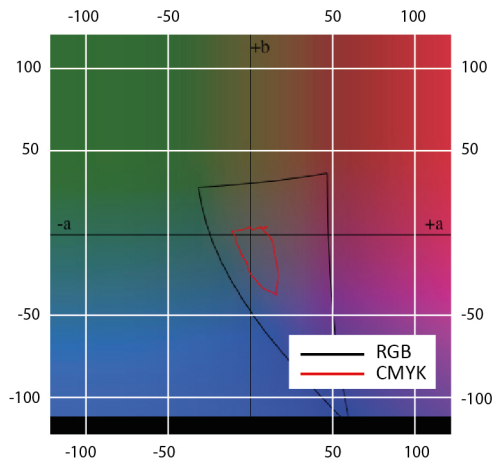


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

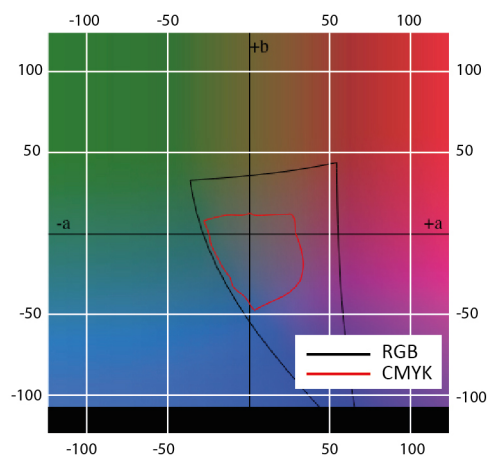


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

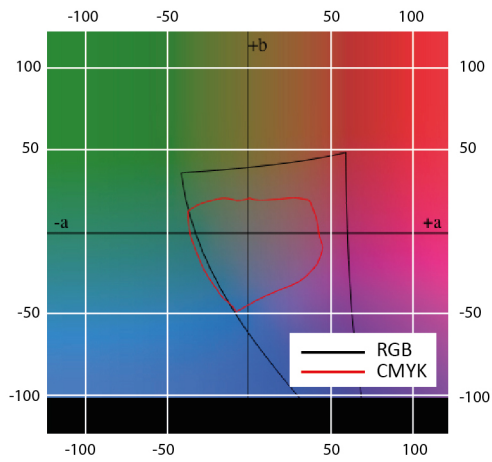
Slika 65. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -6%



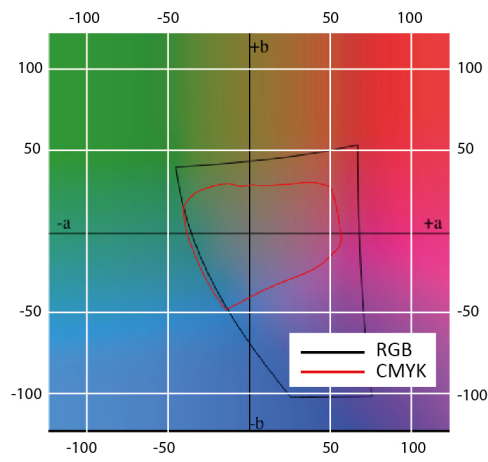
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



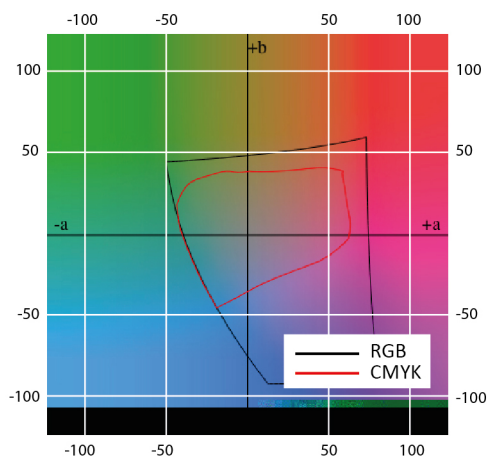
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



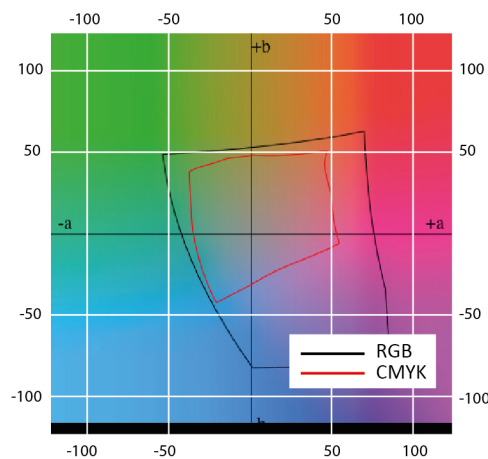
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

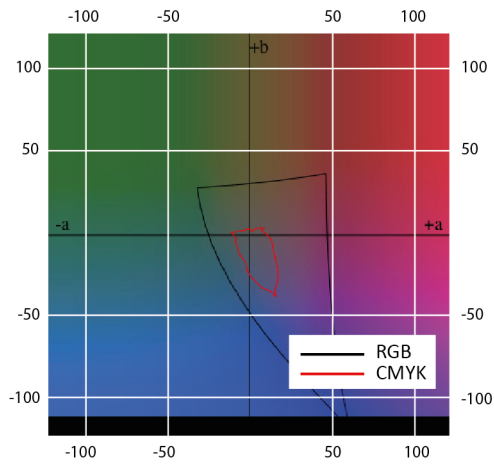


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

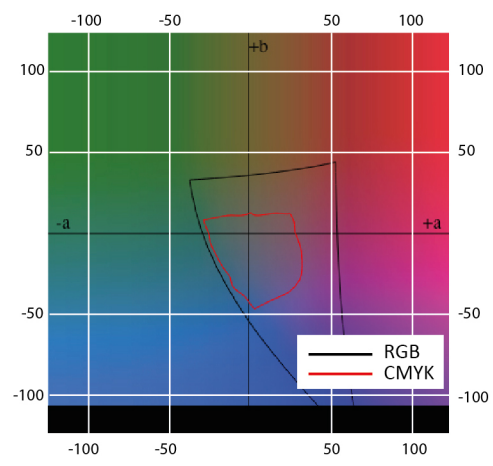


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

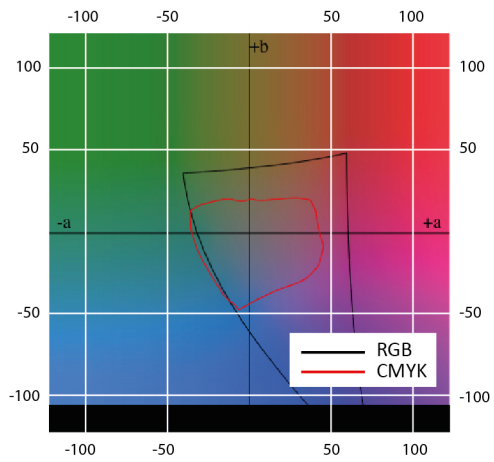
Slika 66. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 4%



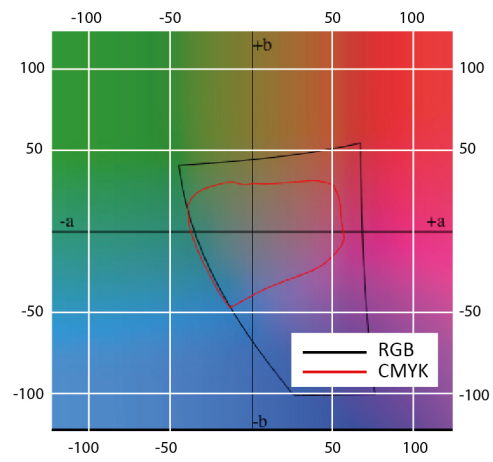
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



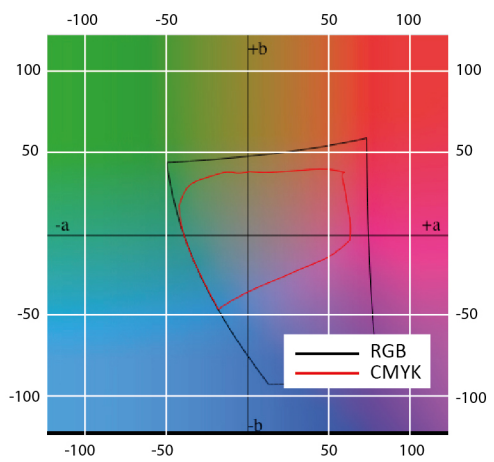
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



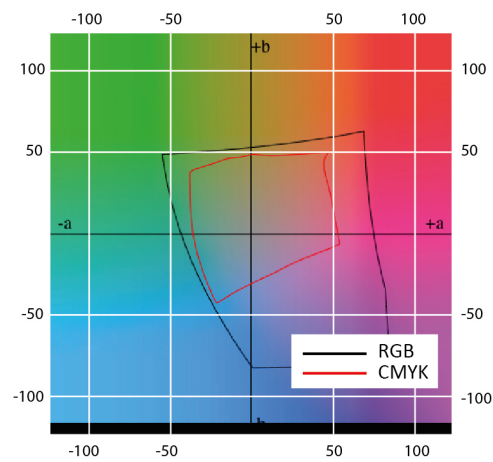
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

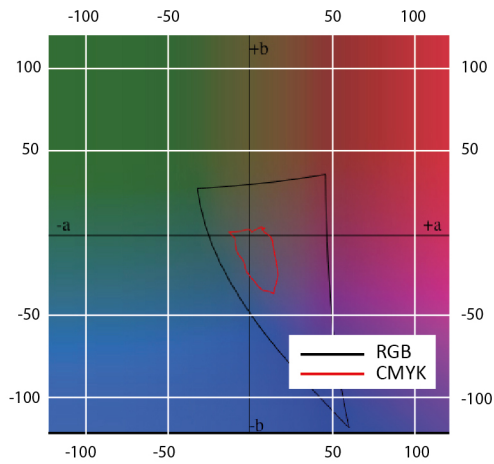


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

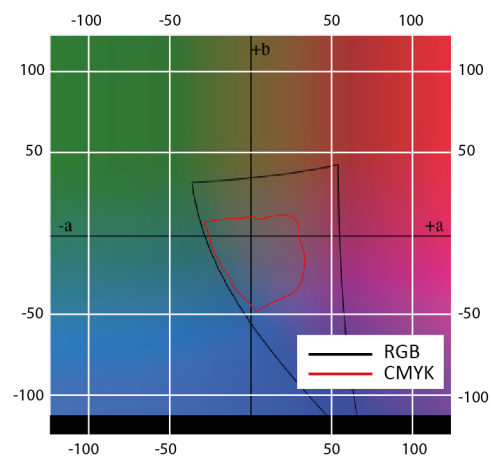


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

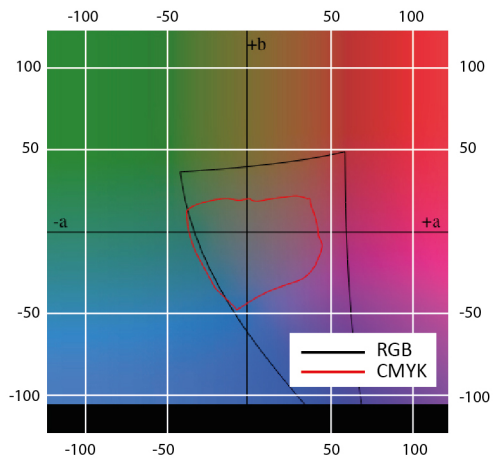
Slika 67. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 5%



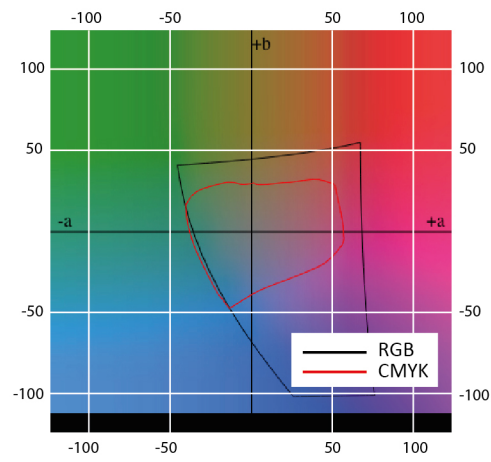
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



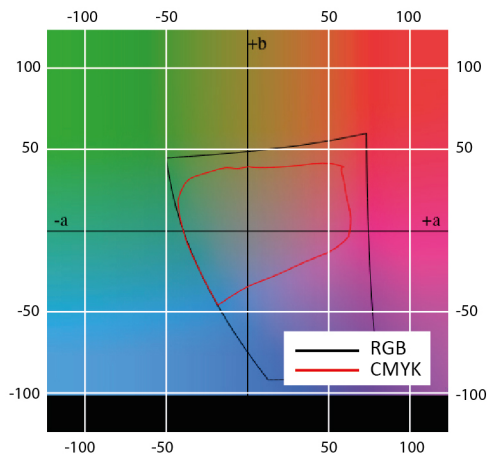
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



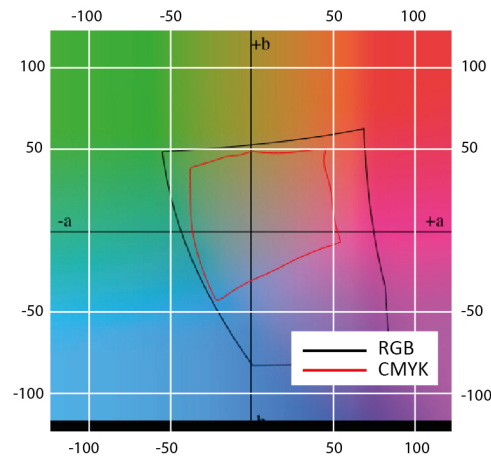
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

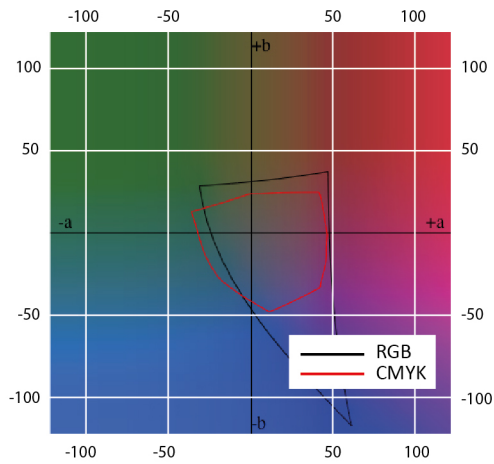


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

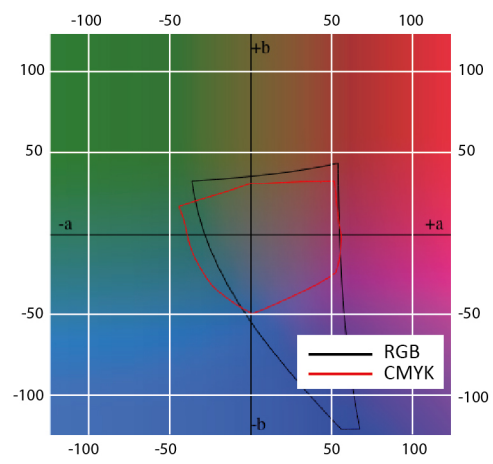


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

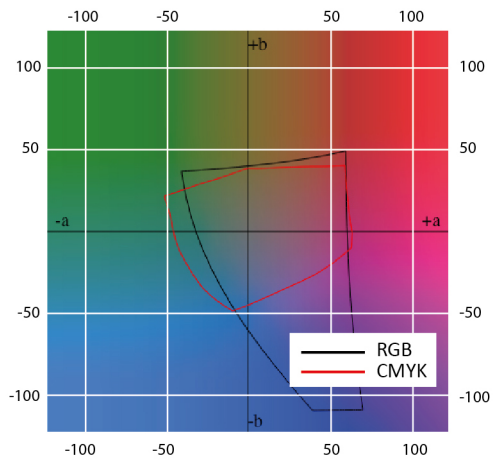
Slika 68. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 6%



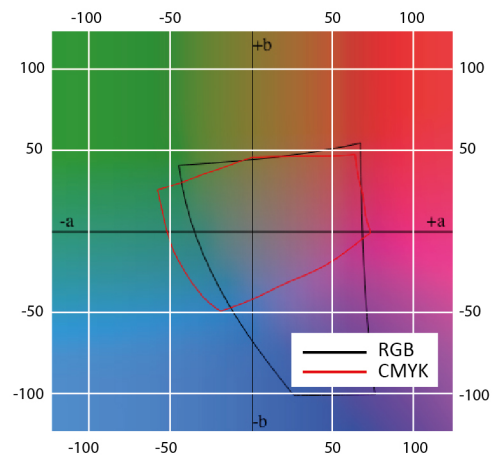
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



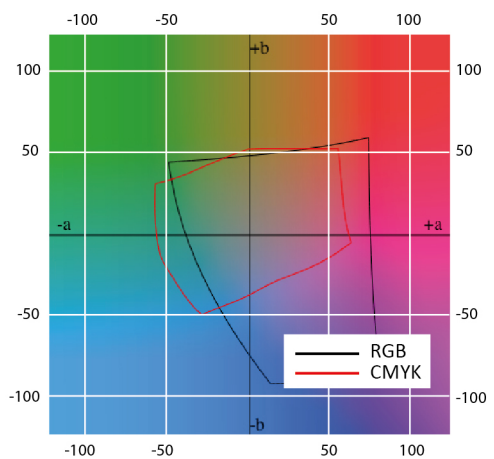
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



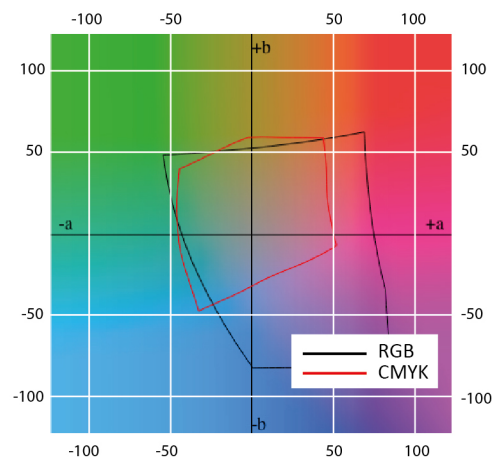
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

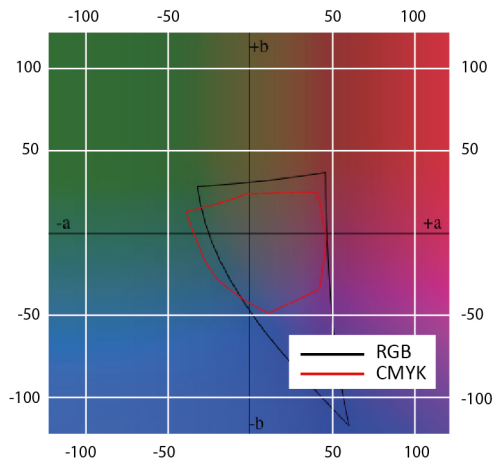


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

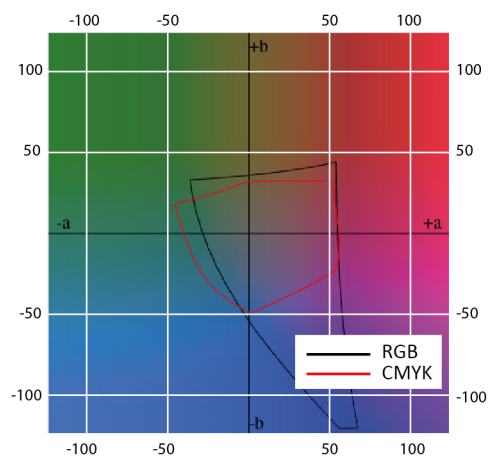


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

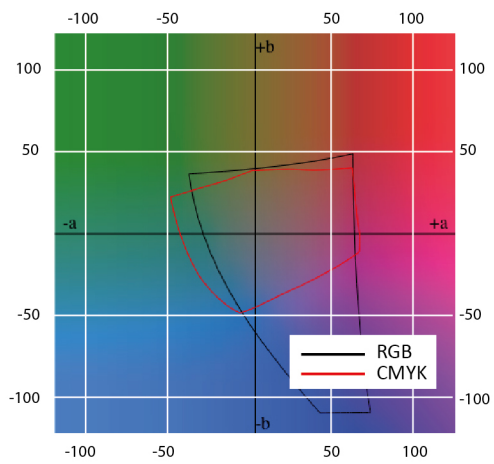
Slika 69. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru - referetne vrijednosti



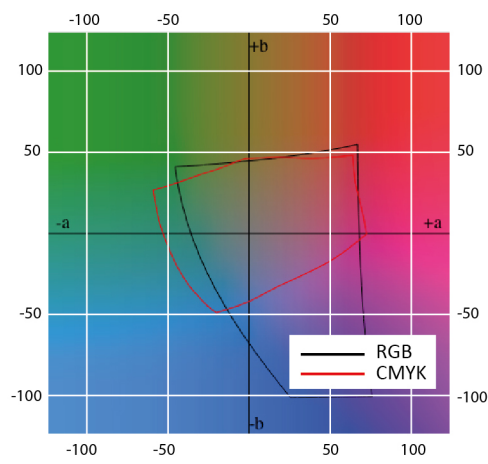
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



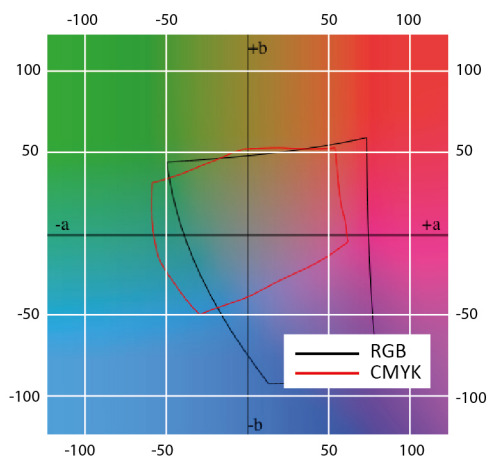
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



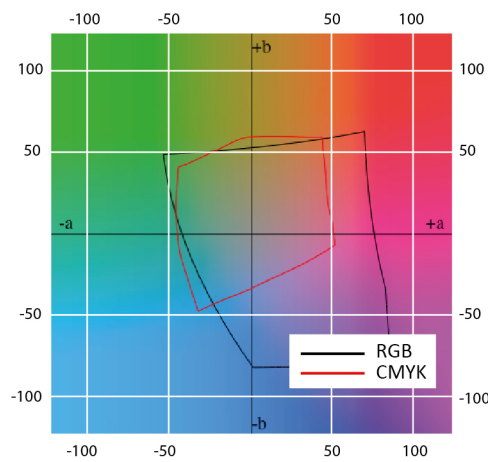
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

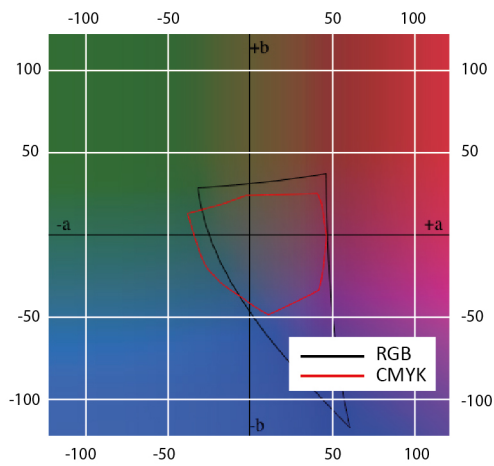


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

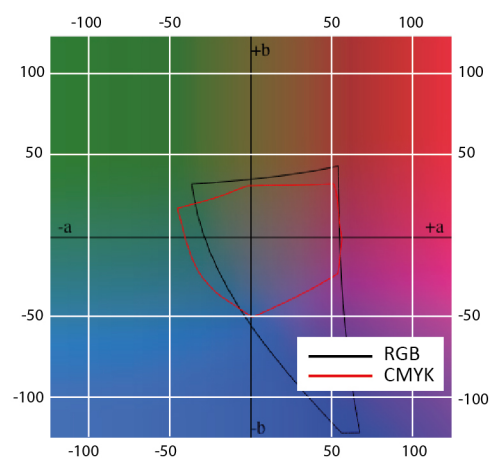


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

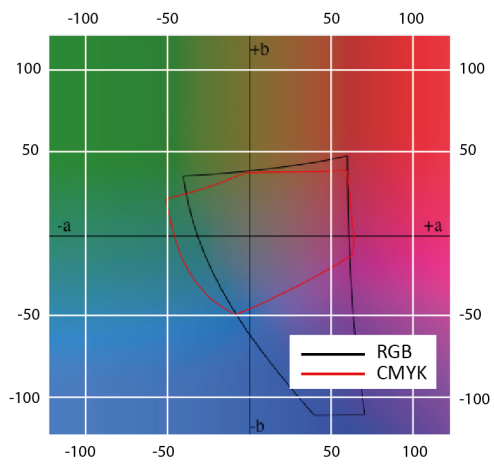
Slika 70. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -4%



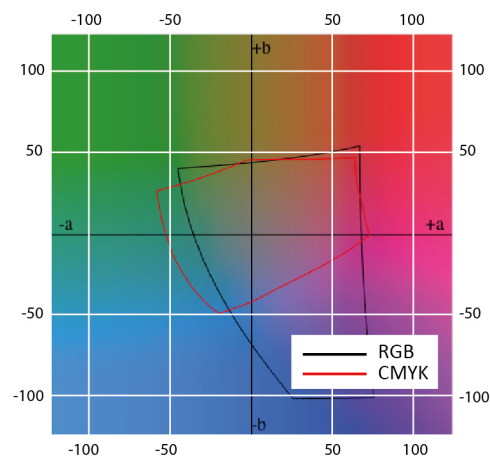
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



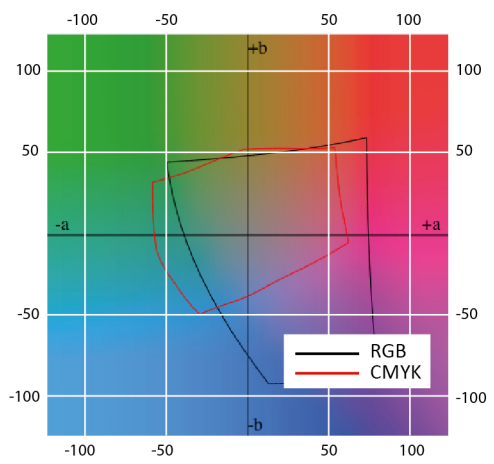
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



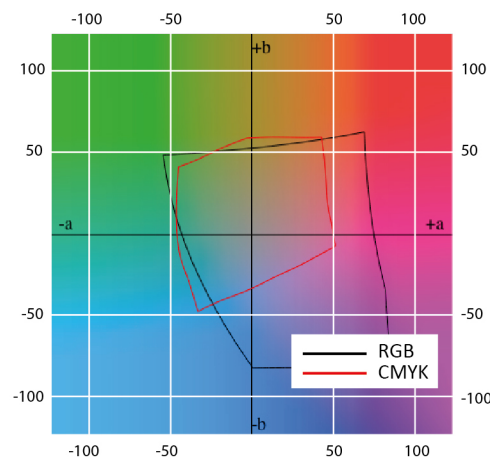
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

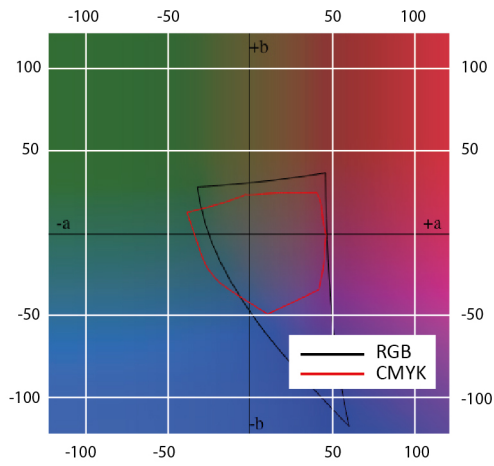


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

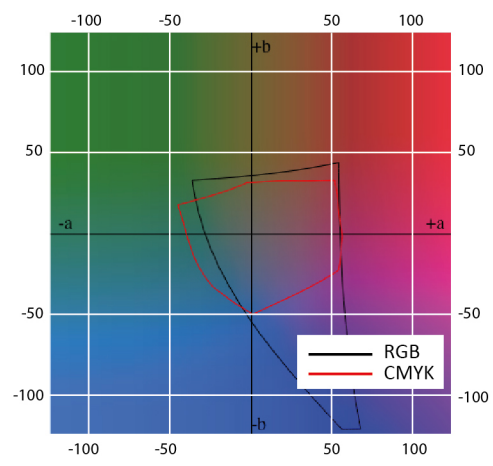


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

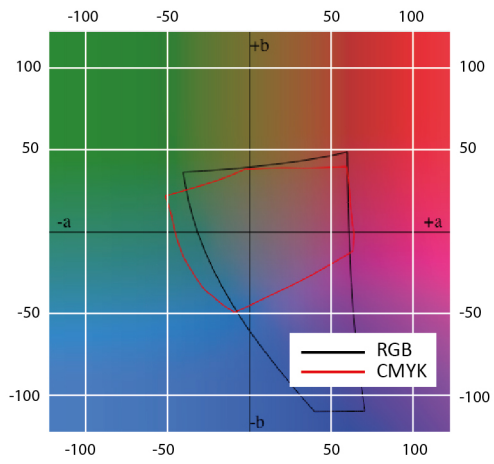
Slika 71. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -5%



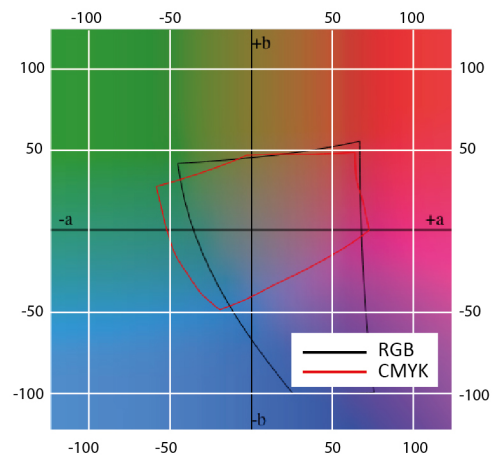
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



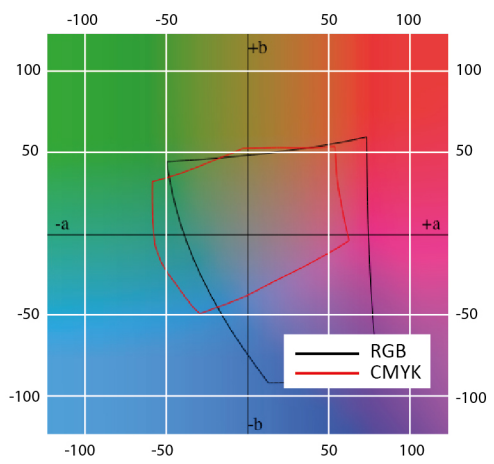
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



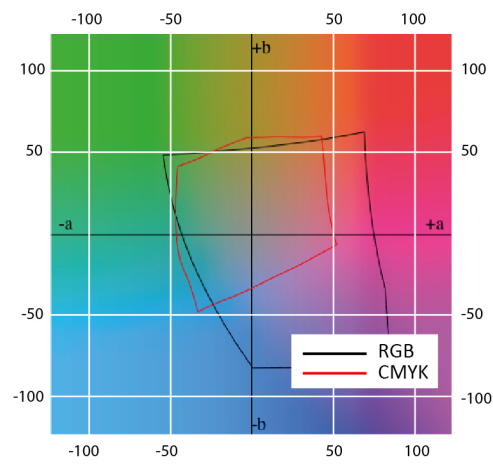
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

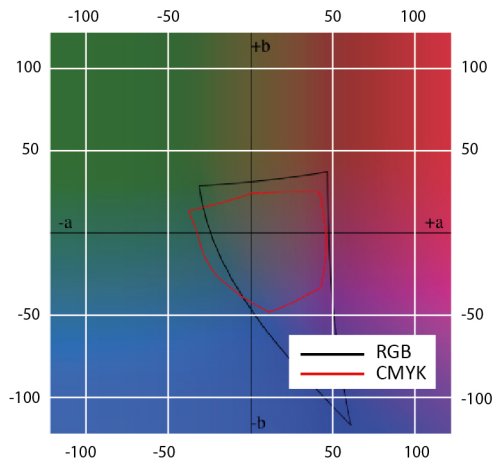


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

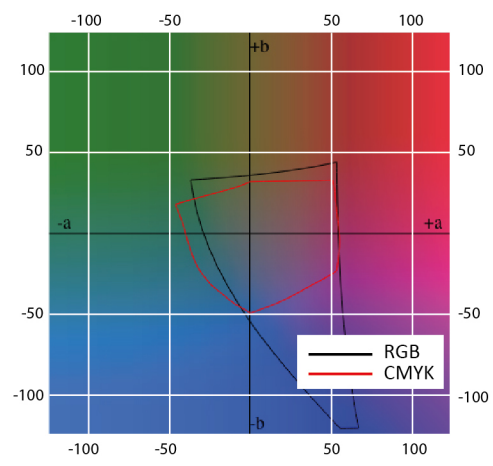


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

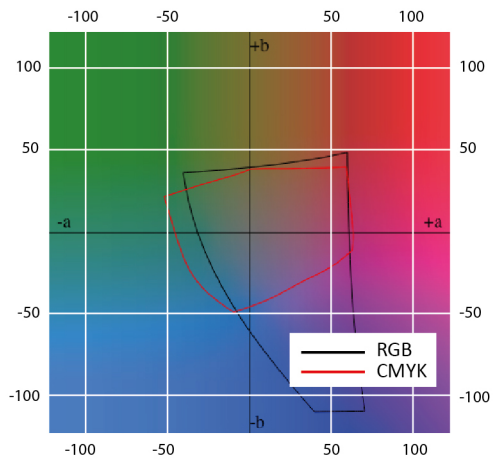
Slika 72. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -6%



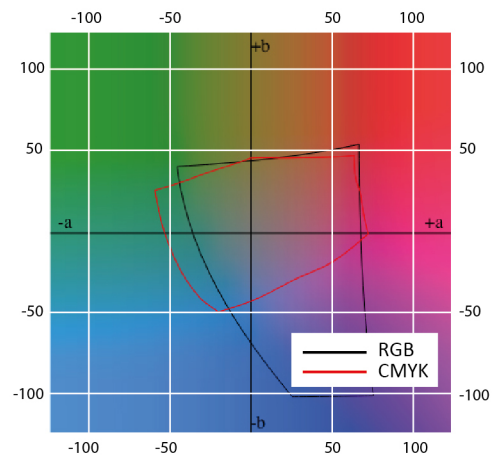
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



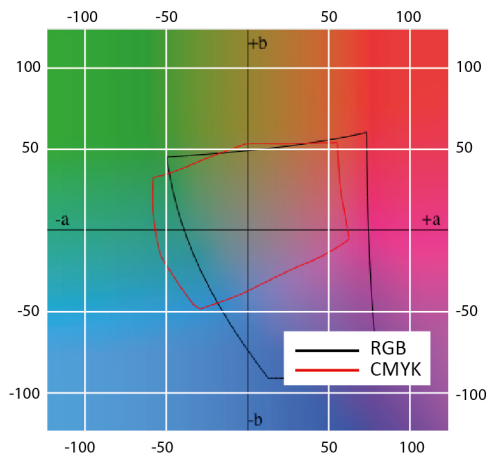
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



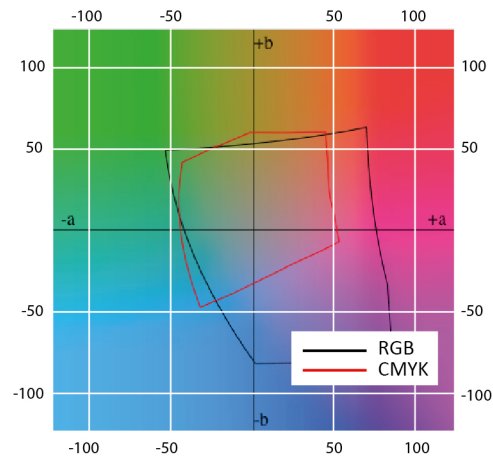
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

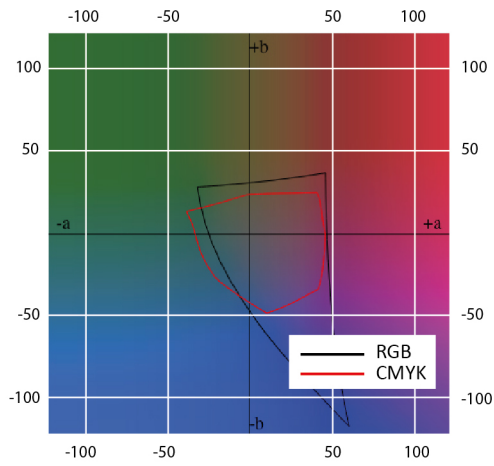


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

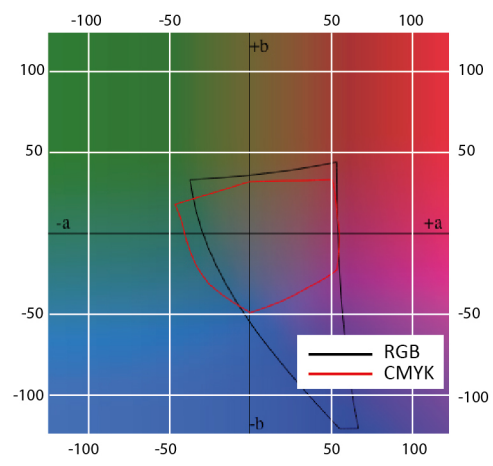


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

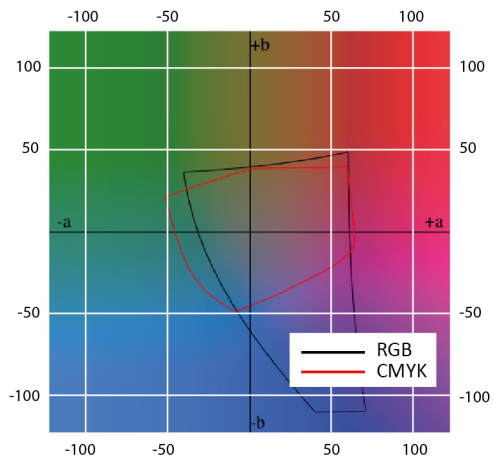
Slika 73. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 4%



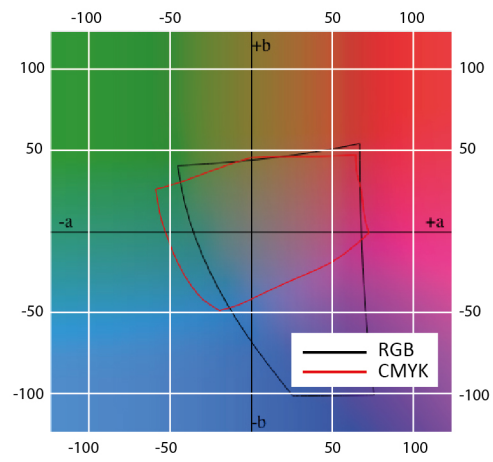
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



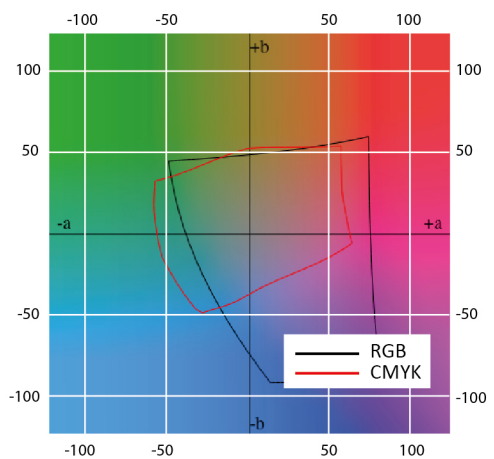
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



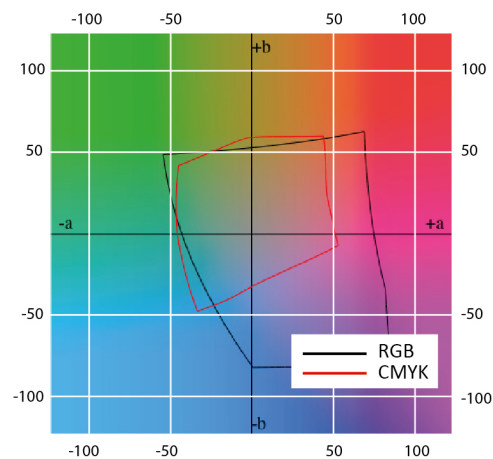
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

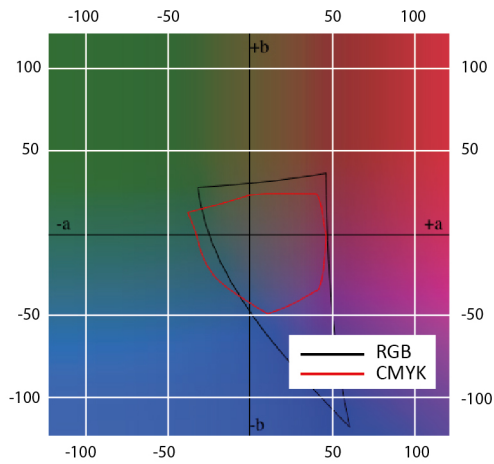


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

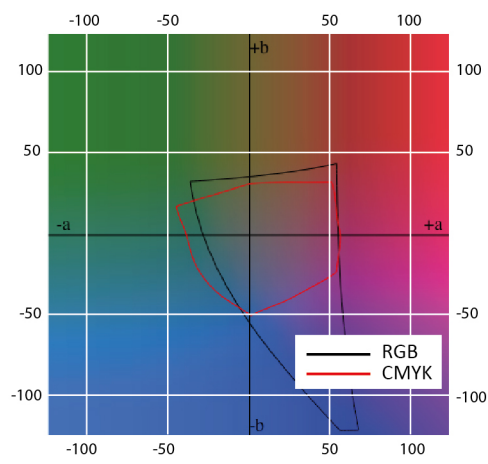


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

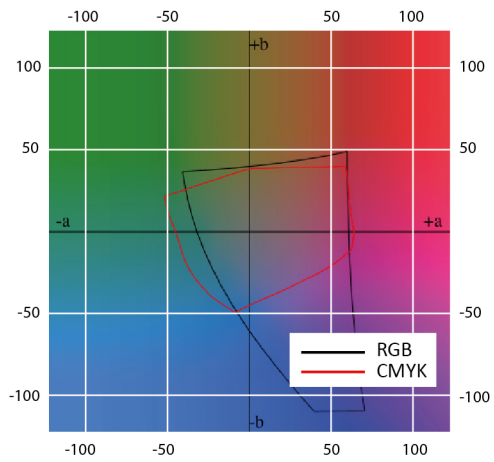
Slika 74. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 5%



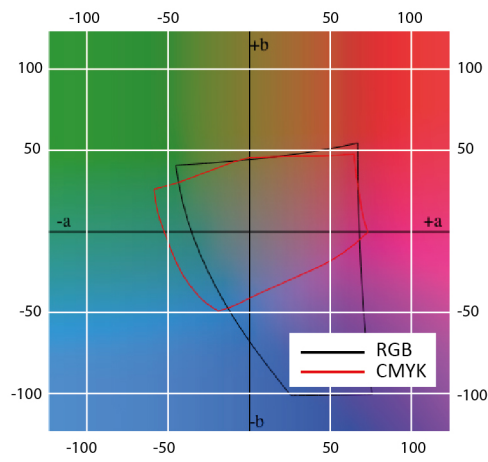
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



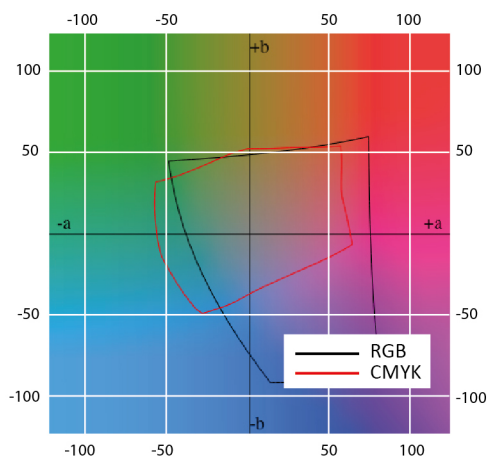
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



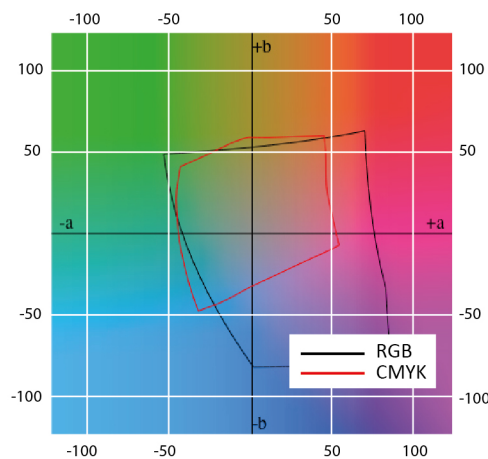
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45



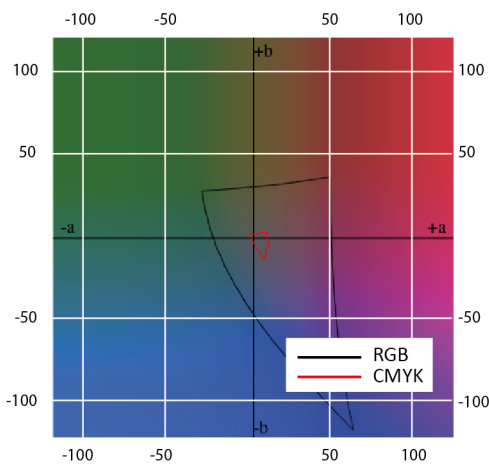
e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51



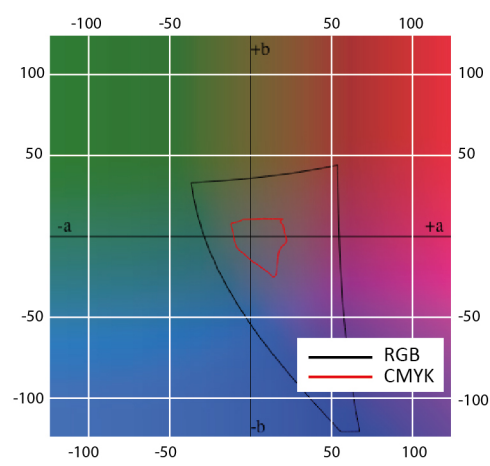
f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

Slika 75. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 6%

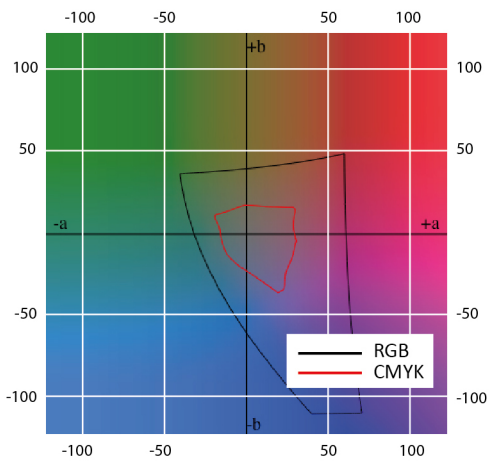
4.4. Rezultati spektrofotometrijskih mjerenja indigo digitalnog tiska



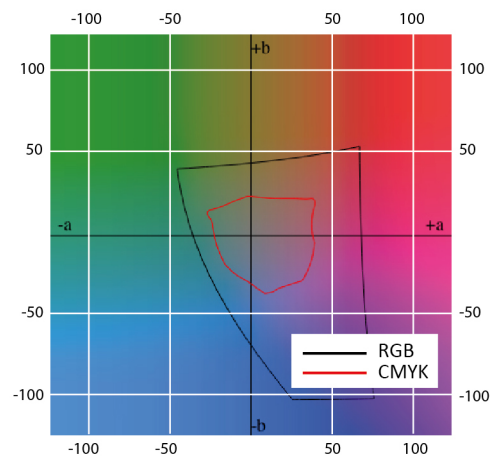
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



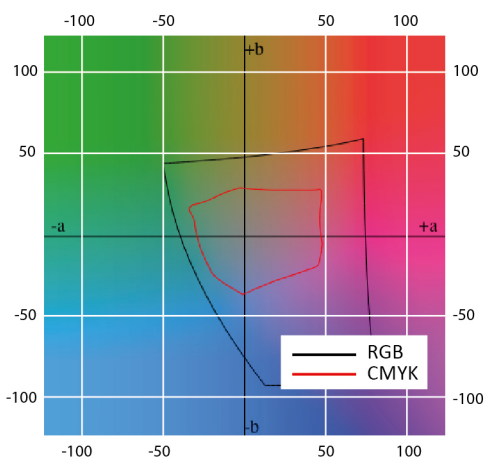
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



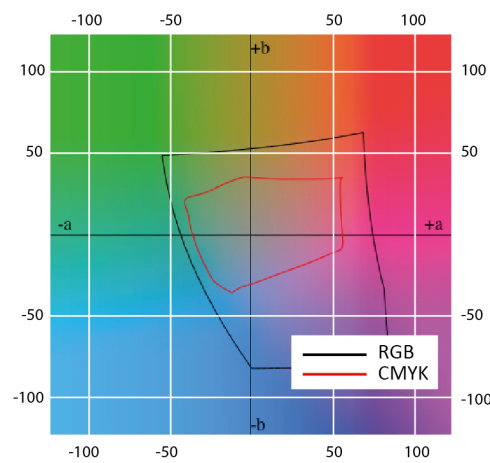
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

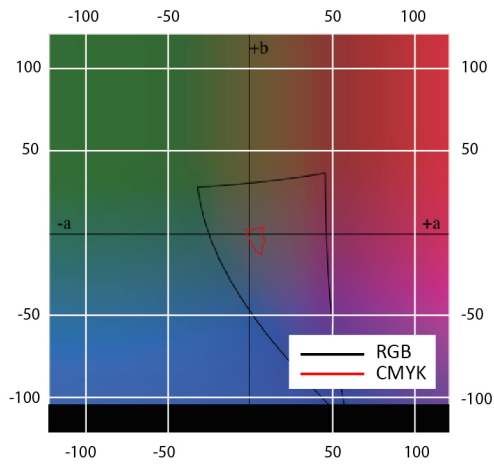


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

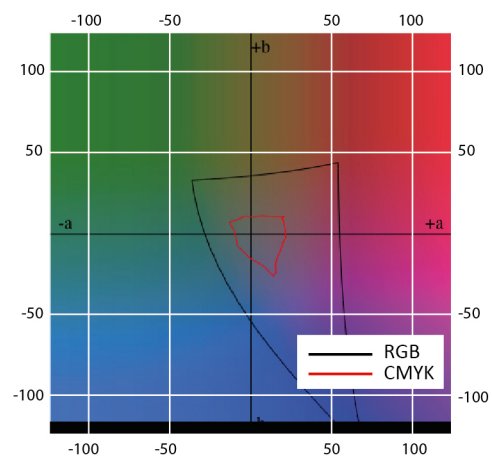


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

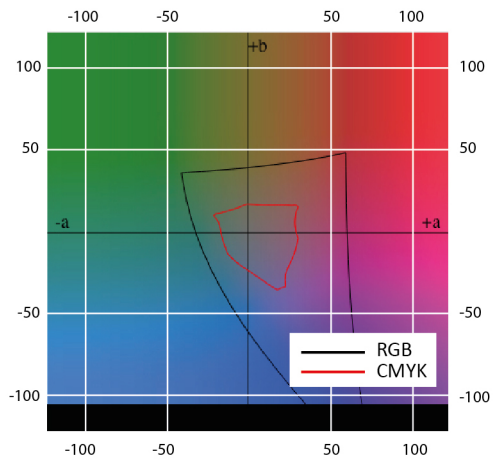
Slika 76. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru - referentne vrijednosti



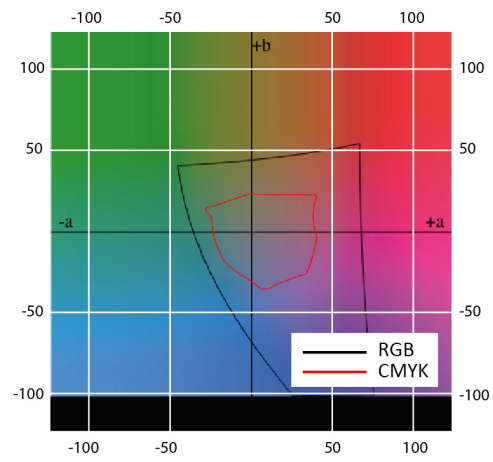
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



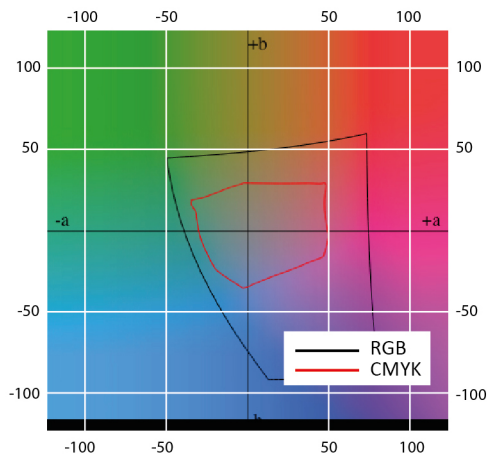
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



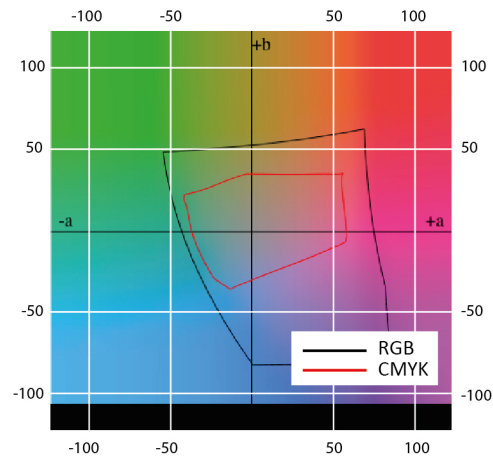
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

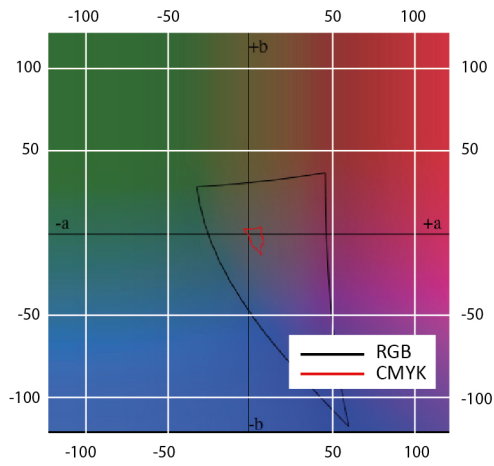


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

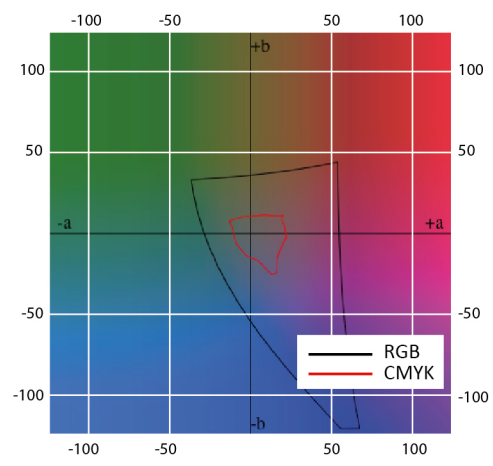


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

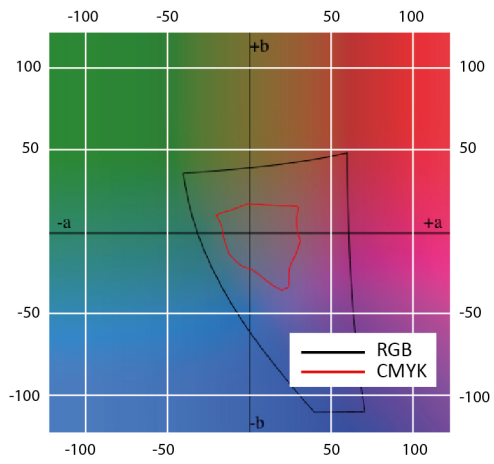
Slika 77. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -4%



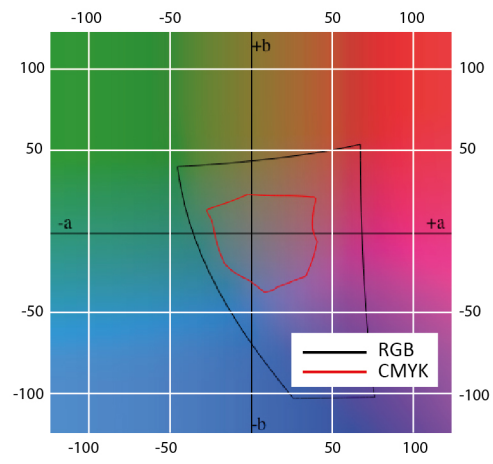
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



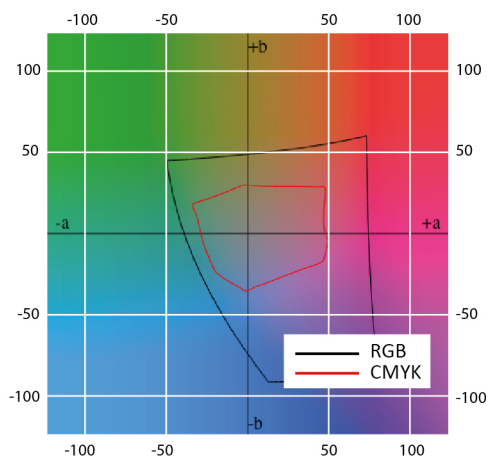
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



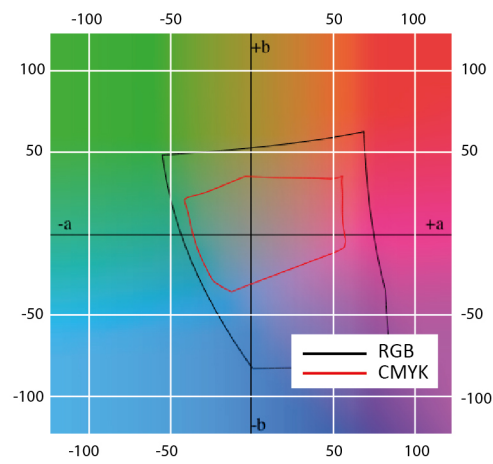
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

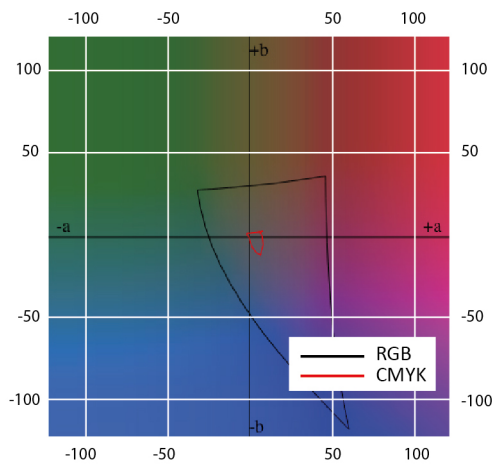


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

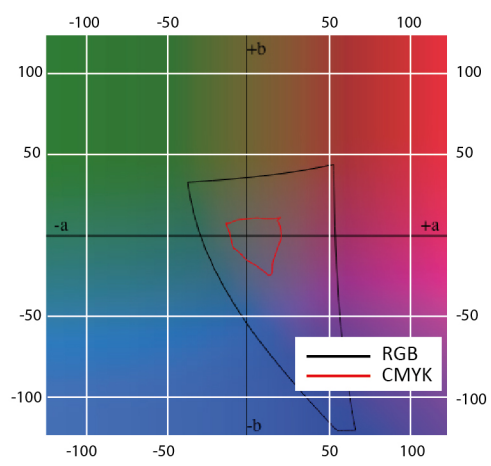


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

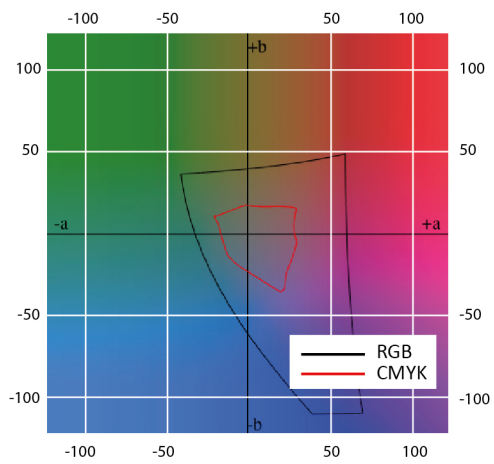
Slika 78. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -5%



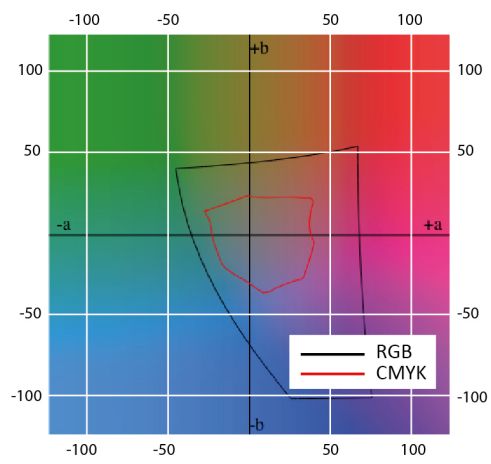
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



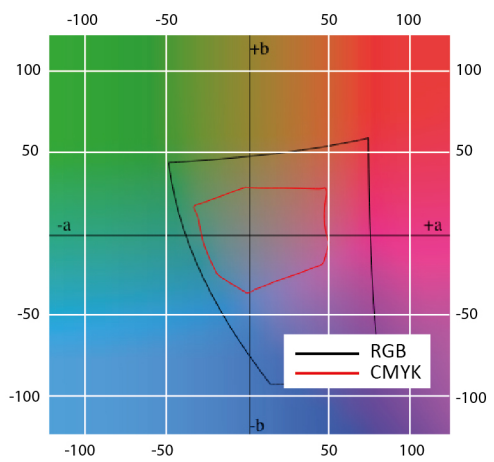
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



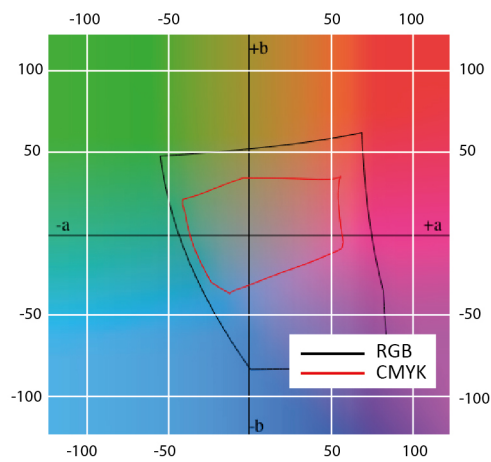
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

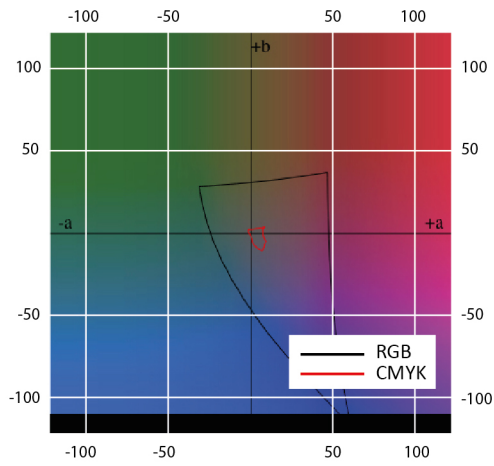


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

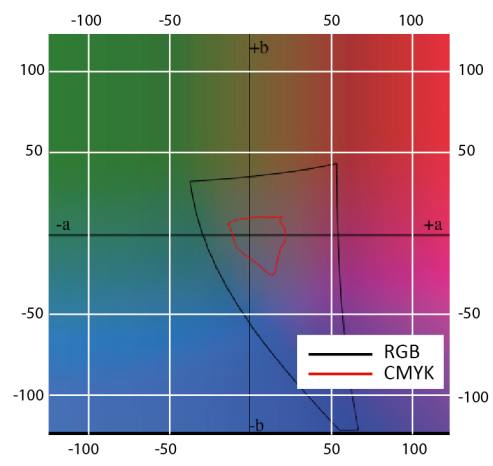


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

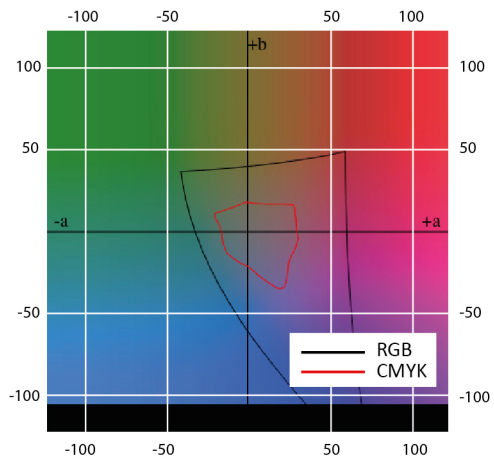
Slika 79. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -6%



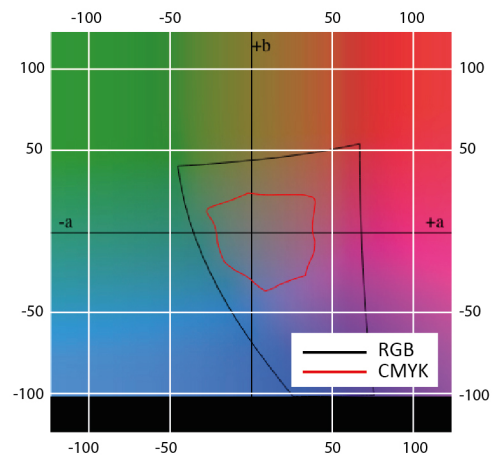
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



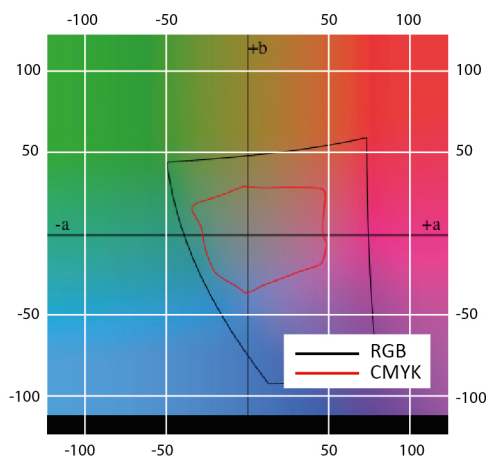
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



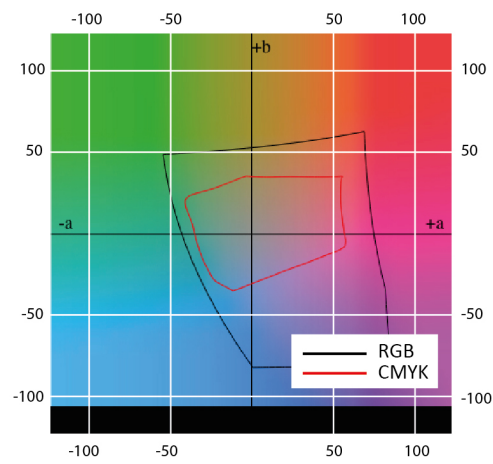
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

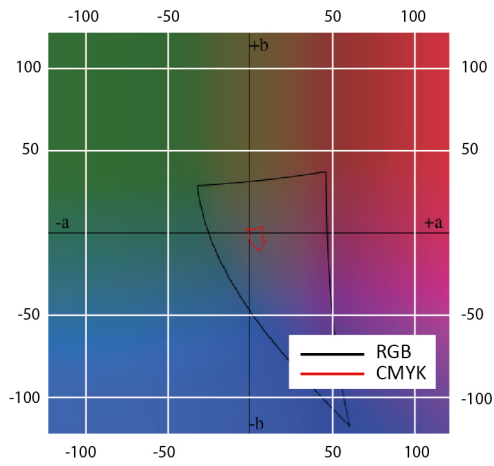


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

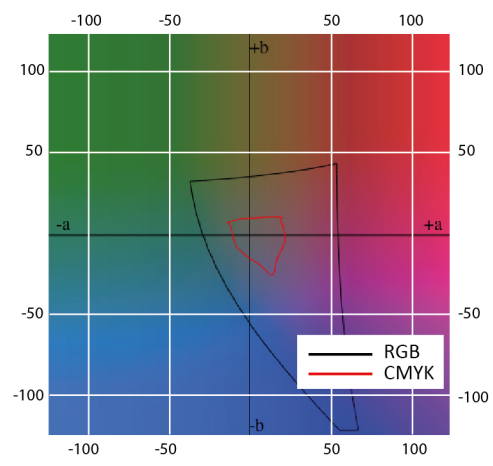


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

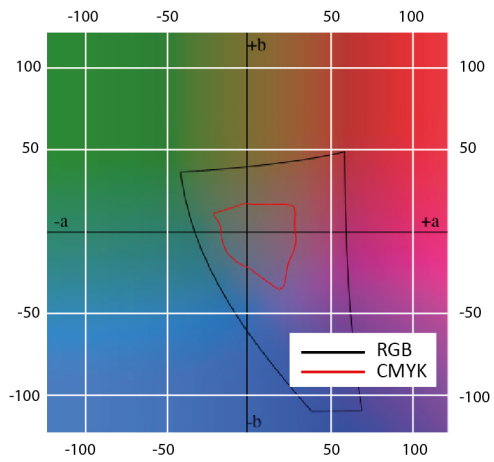
Slika 80. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 4%



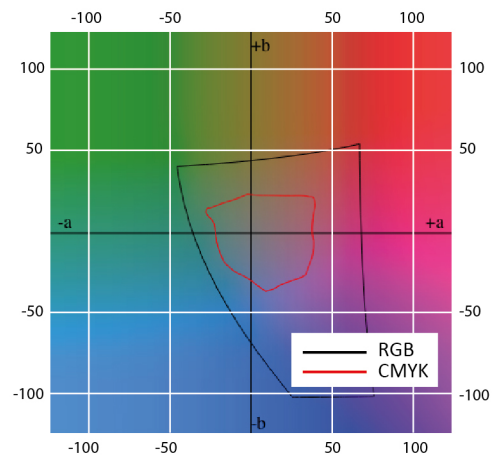
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



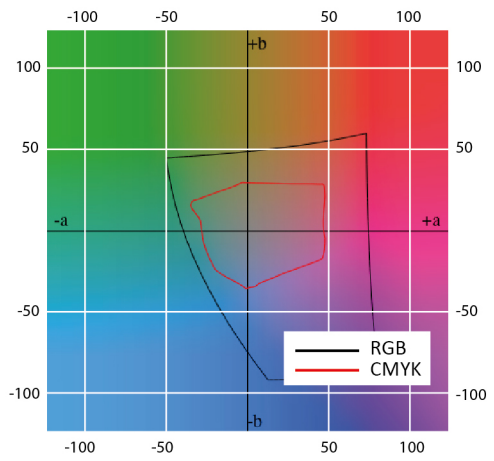
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



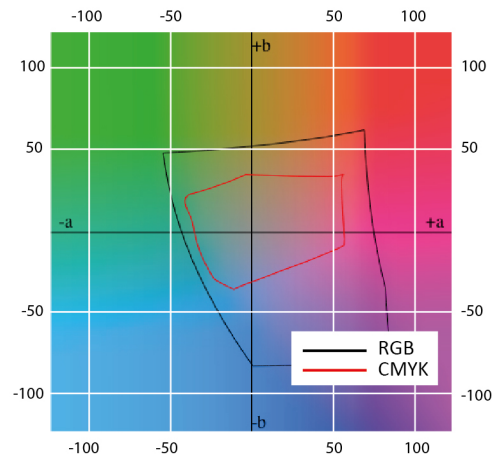
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

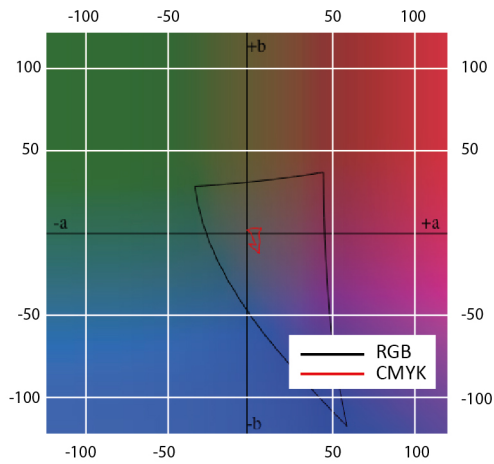


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

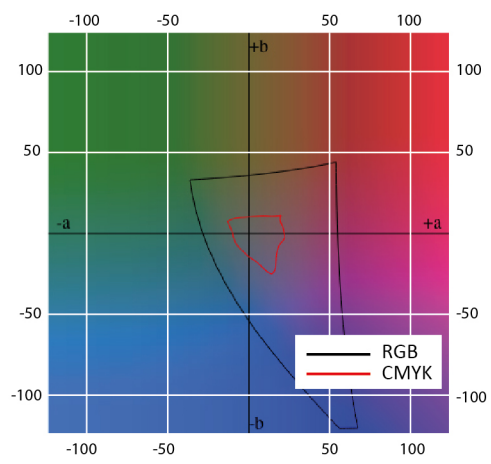


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

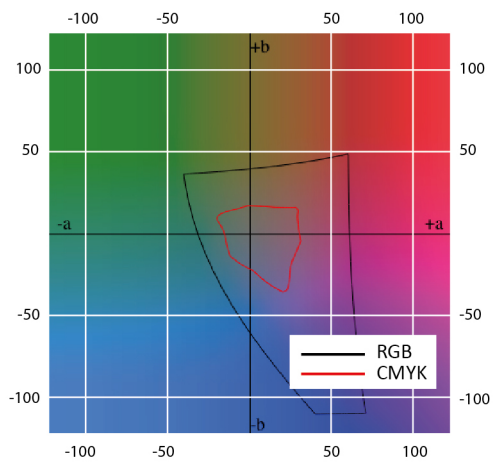
Slika 81. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 5%



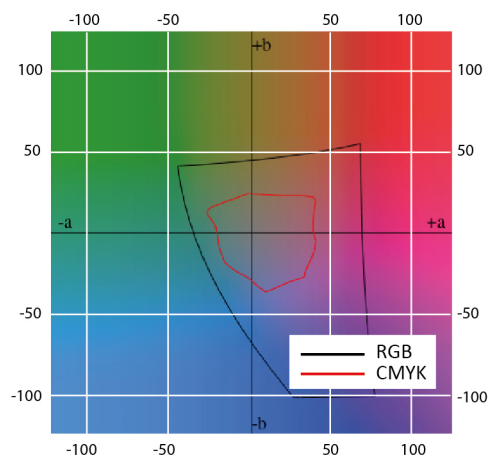
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



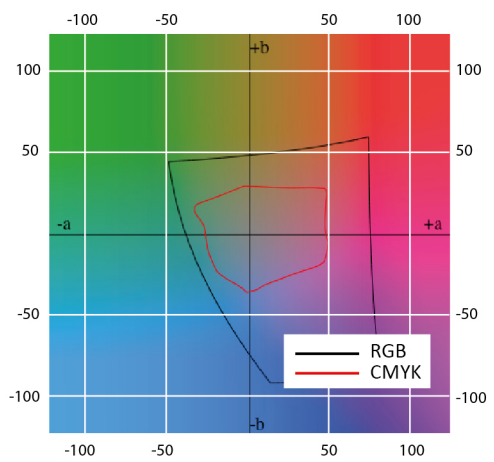
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



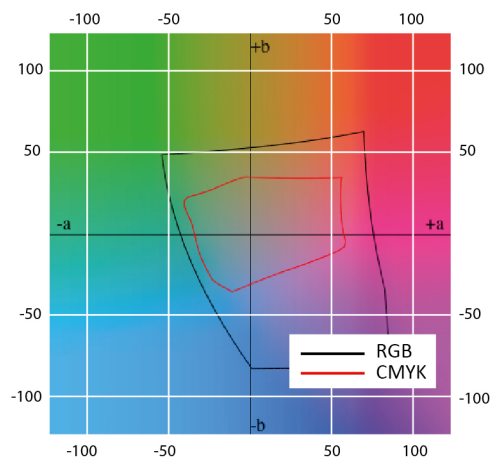
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

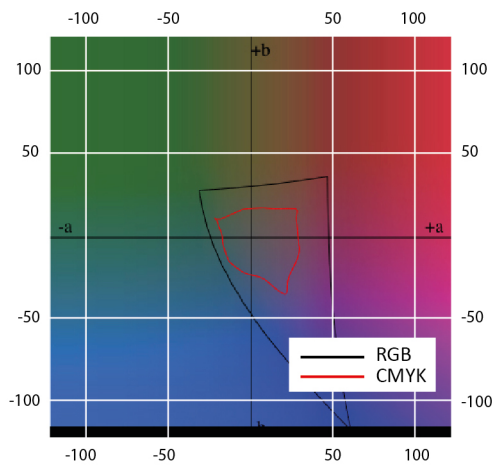


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

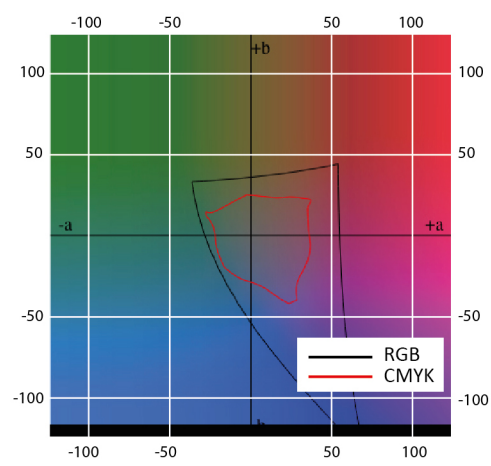


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

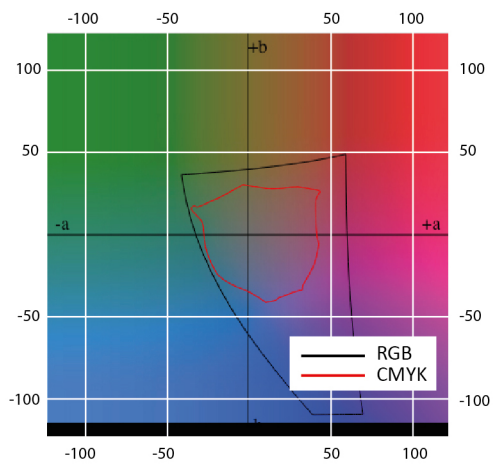
Slika 82. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 6%



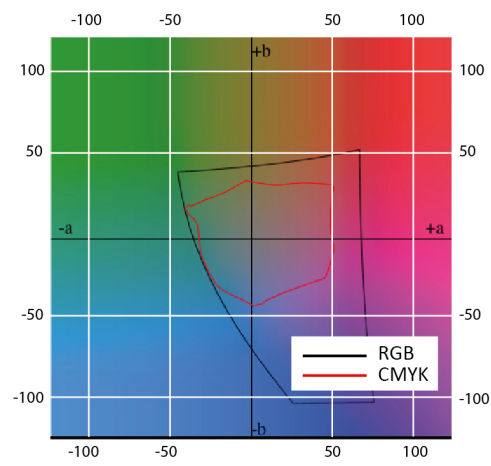
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



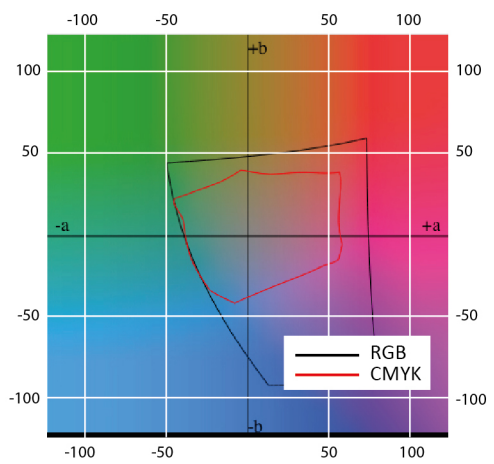
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



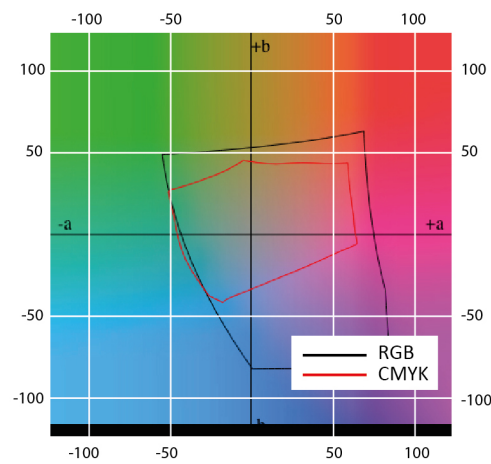
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

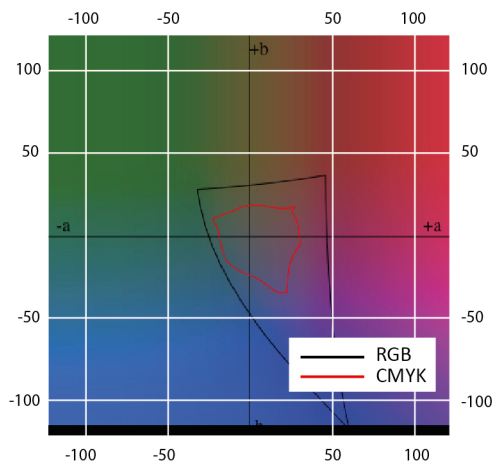


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

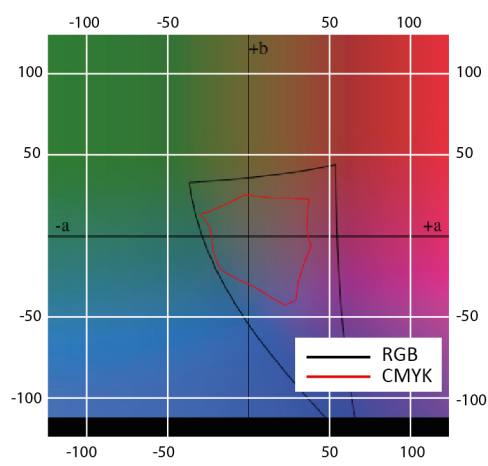


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

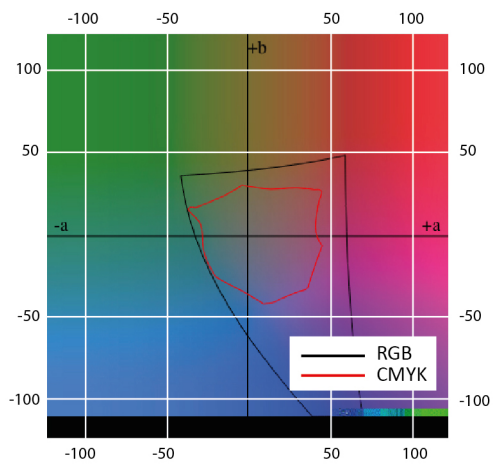
Slika 83. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru - referentne vrijednosti



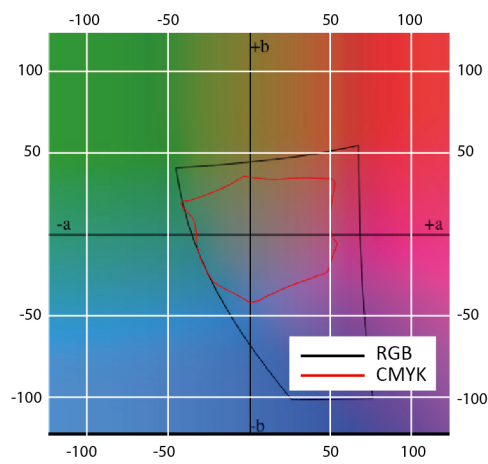
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



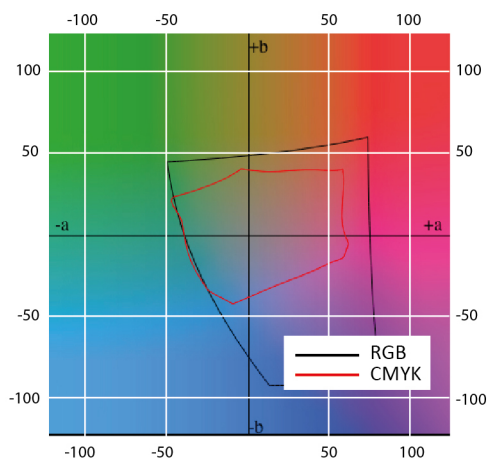
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



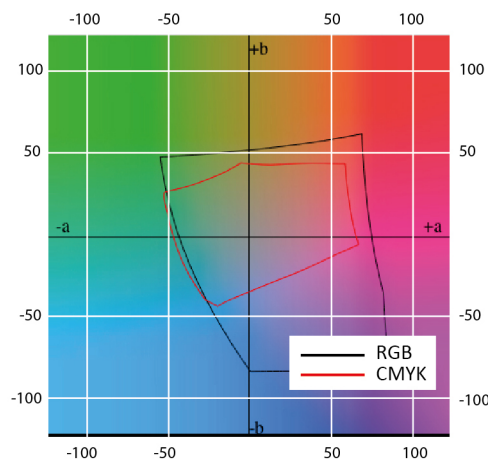
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

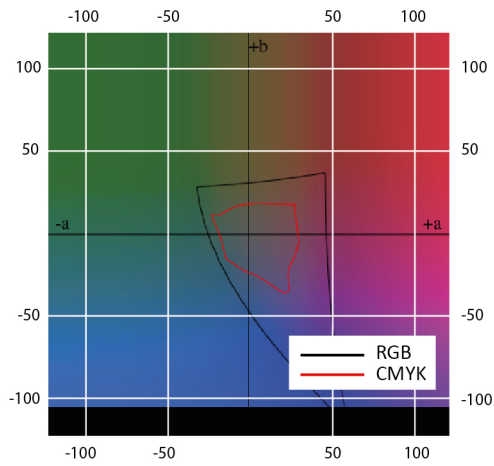


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

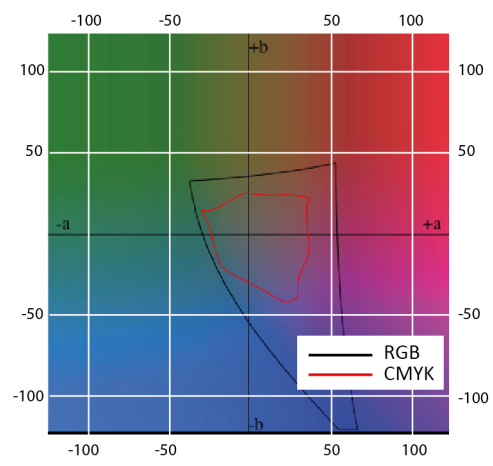


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

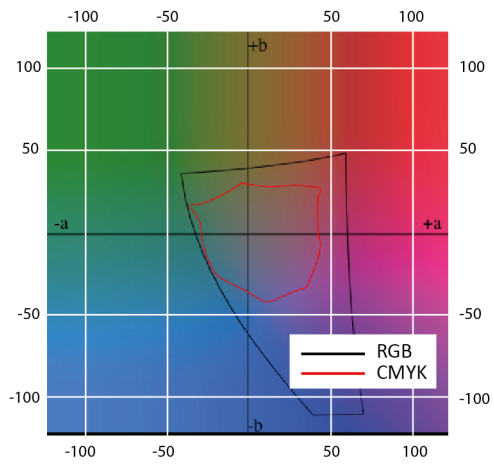
Slika 84. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -4%



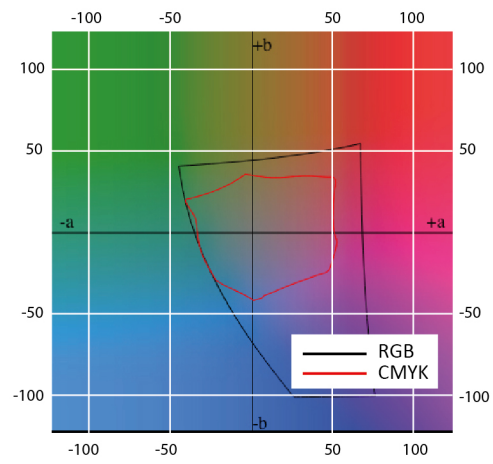
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



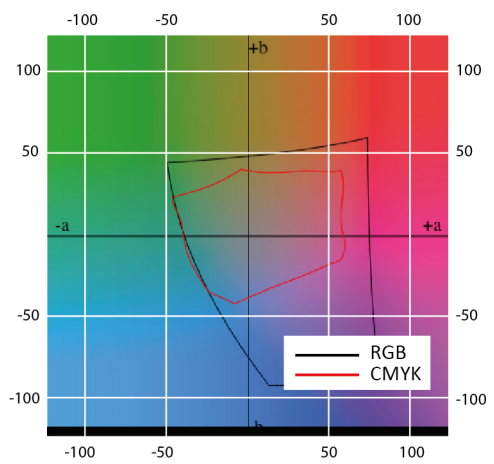
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



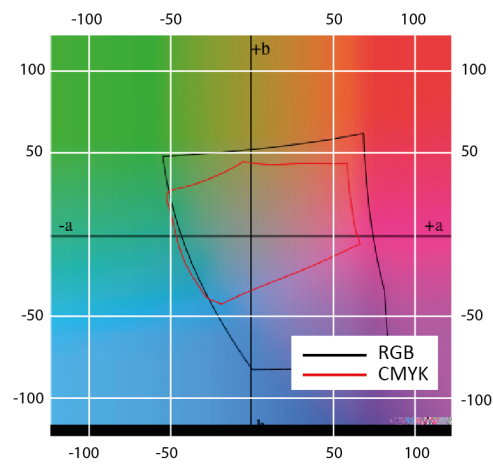
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

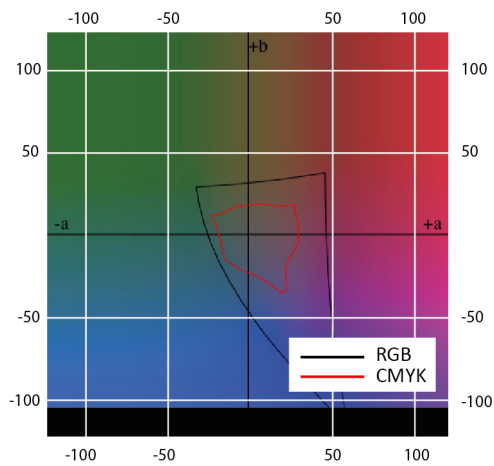


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

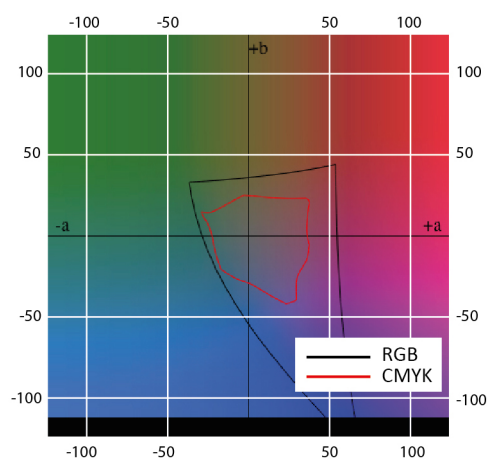


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

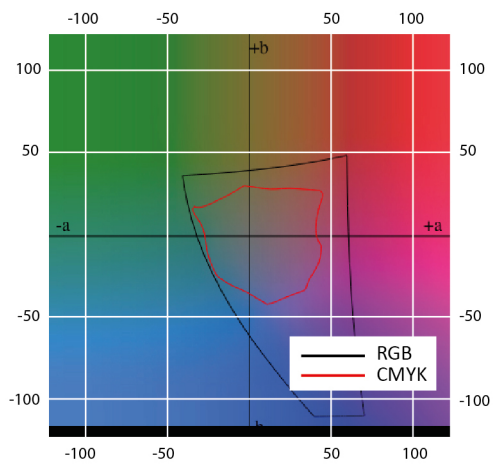
Slika 85. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -5%



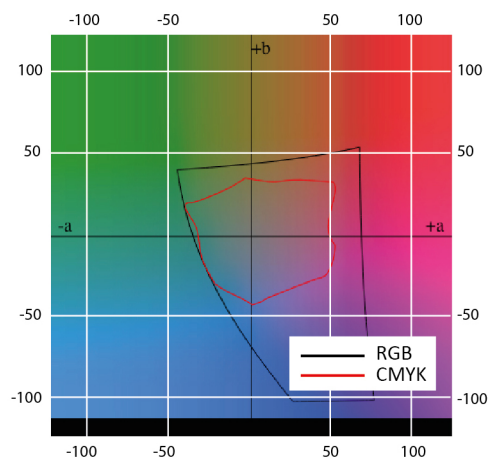
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



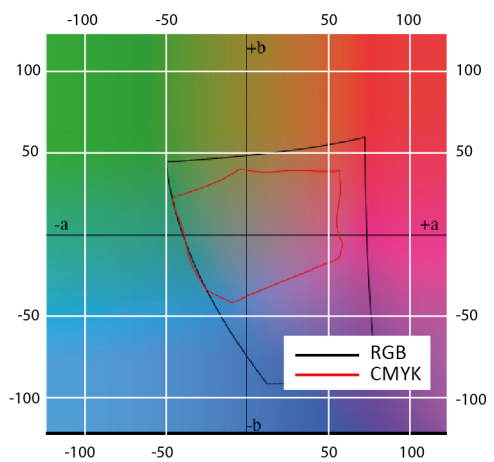
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



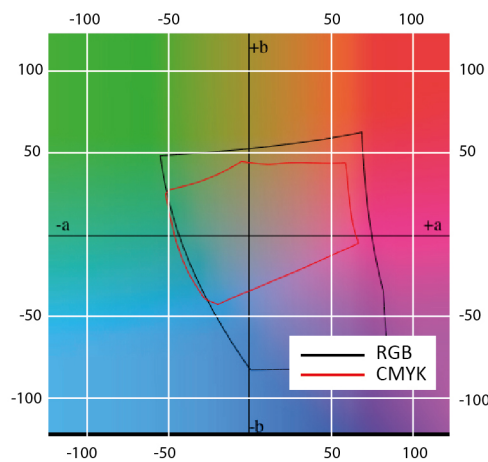
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

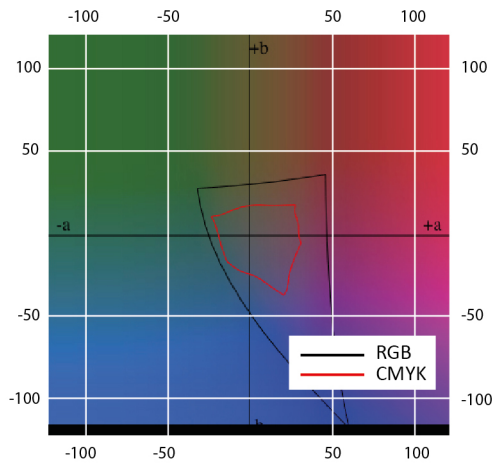


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

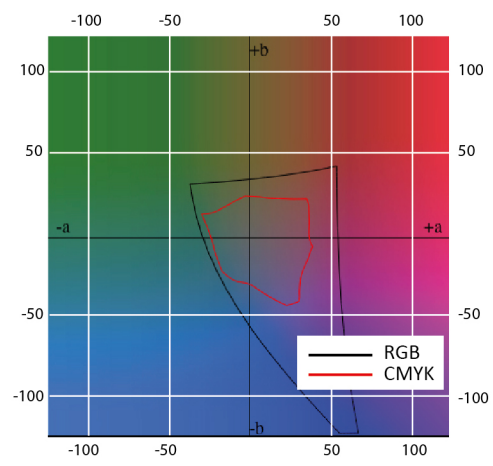


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

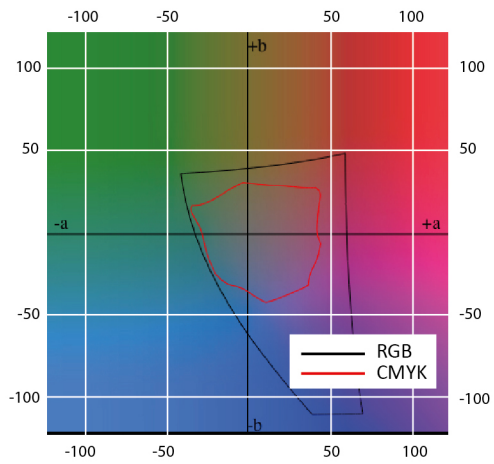
Slika 86. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -6%



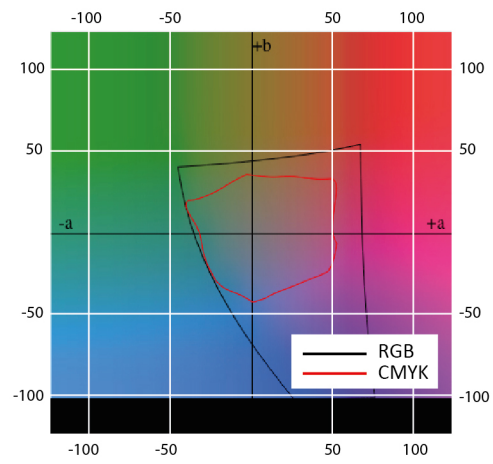
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



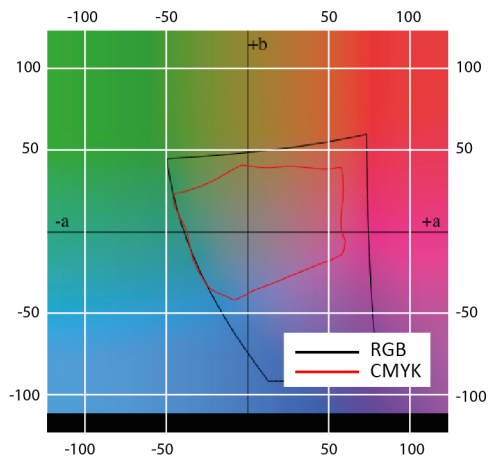
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



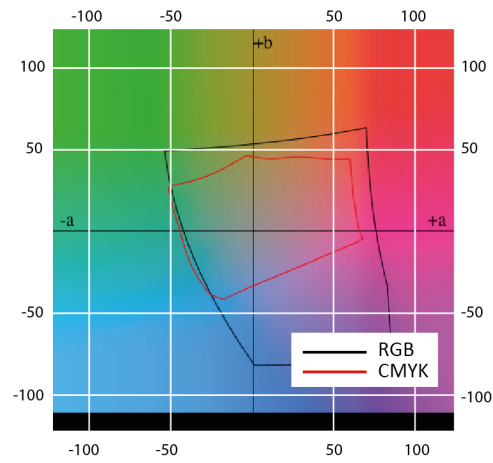
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

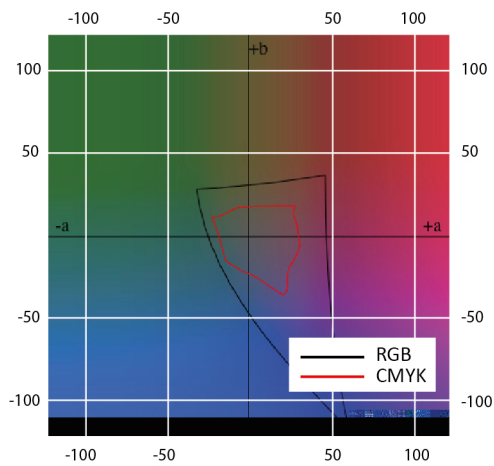


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

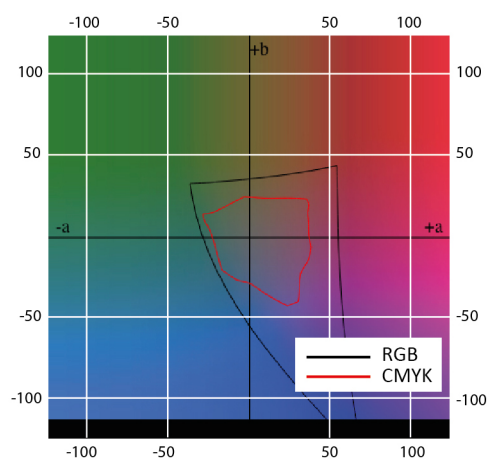


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

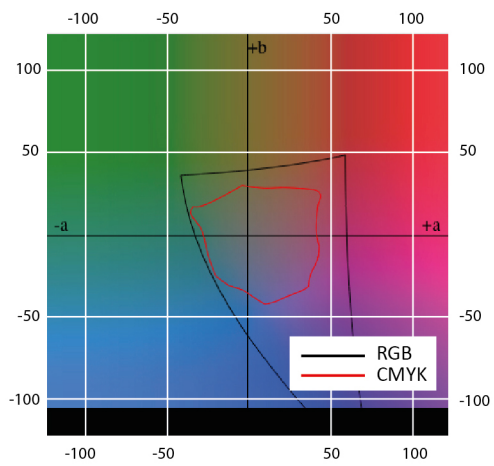
Slika 87. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 4%



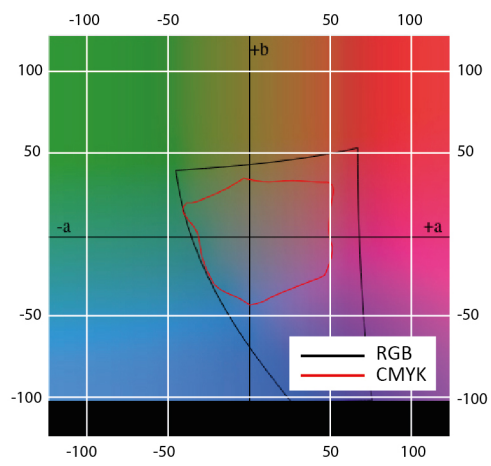
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



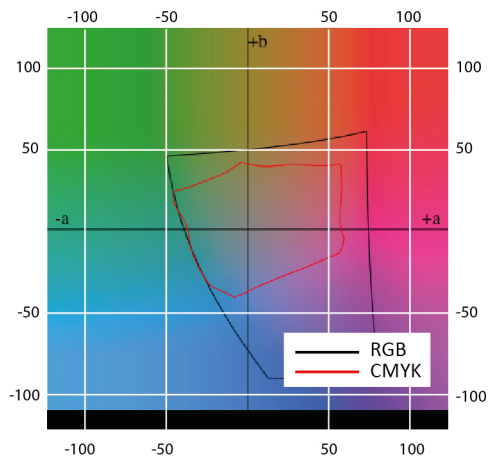
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



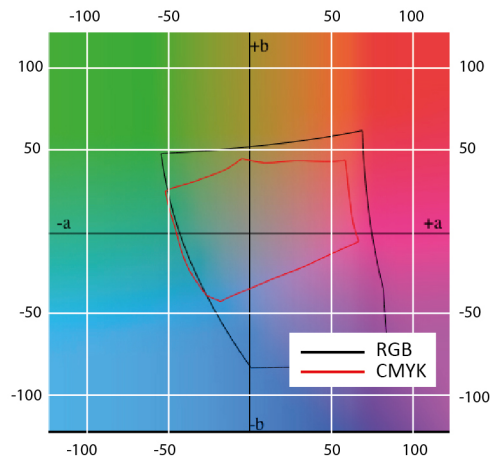
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

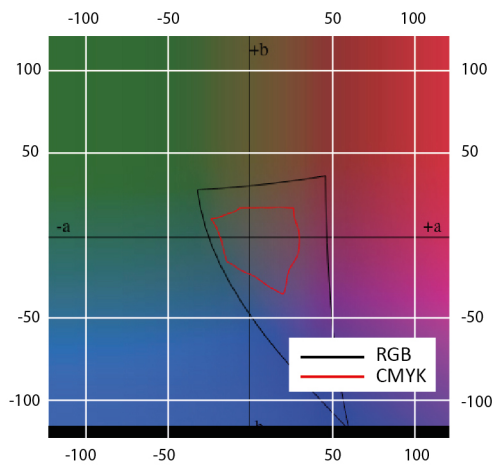


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

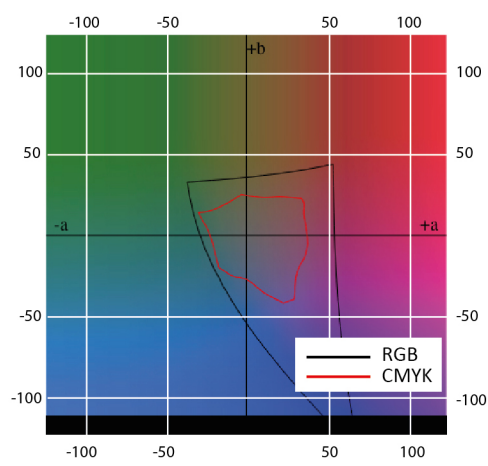


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

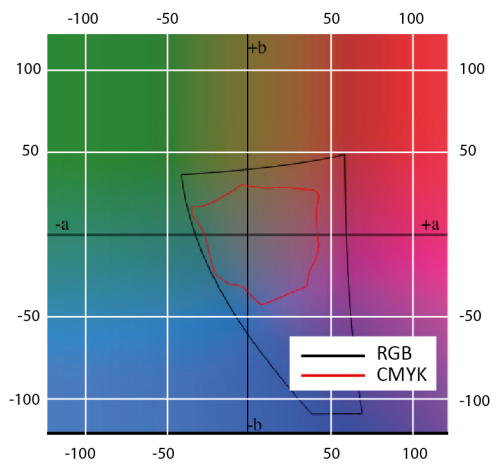
Slika 88. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 5%



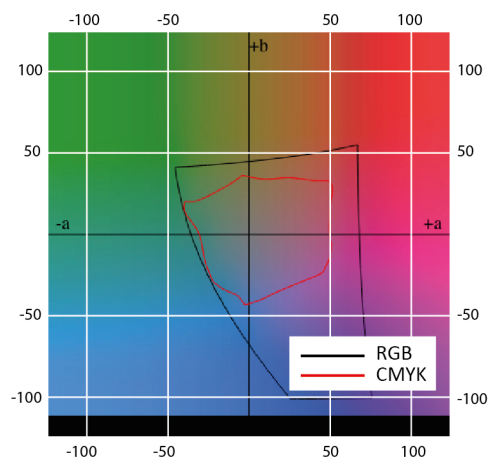
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



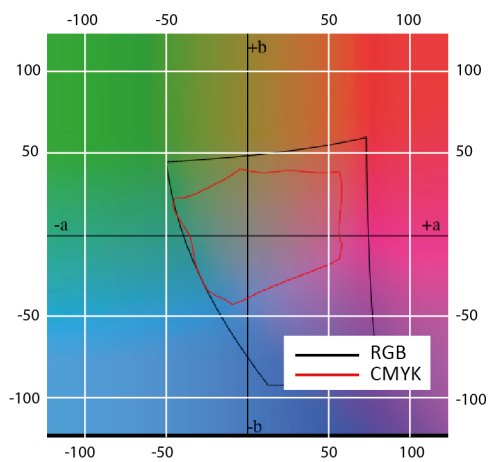
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



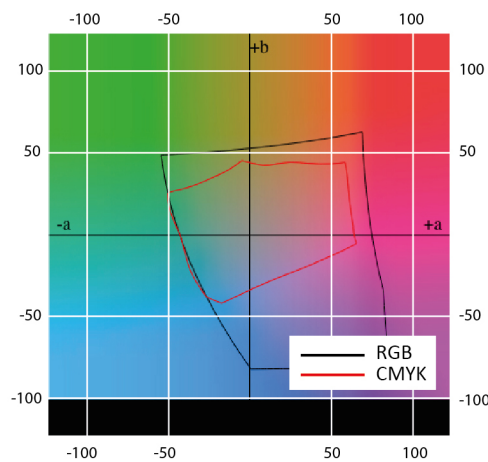
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

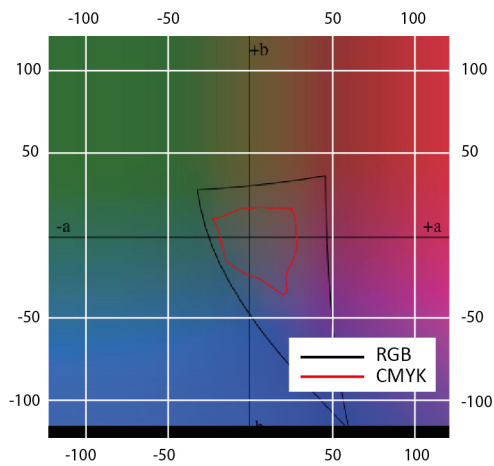


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

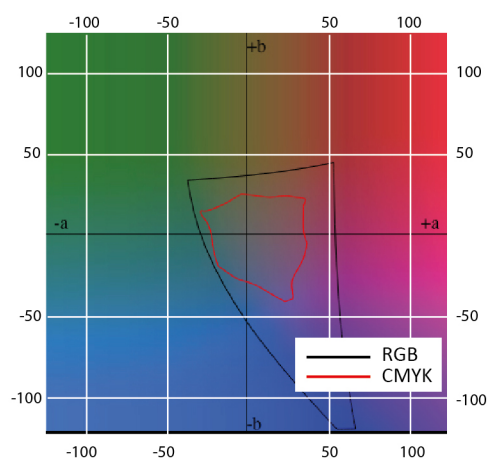


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

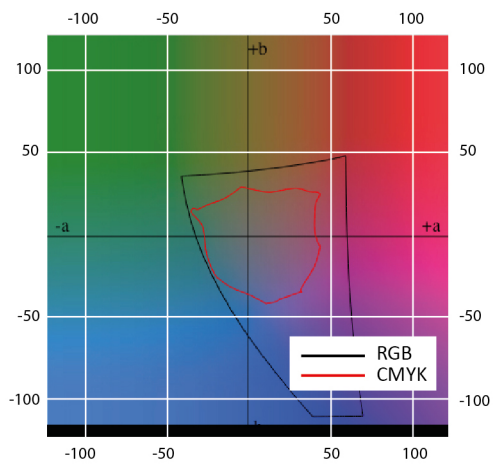
Slika 89. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 6%



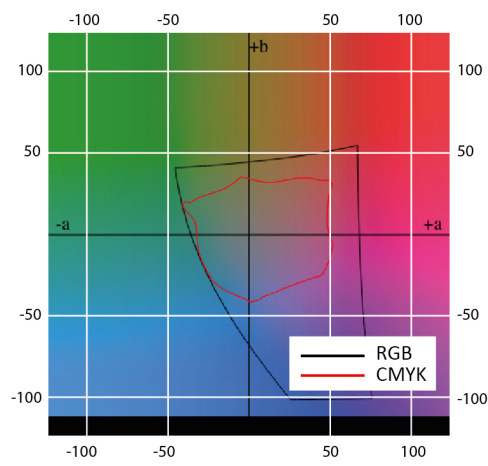
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



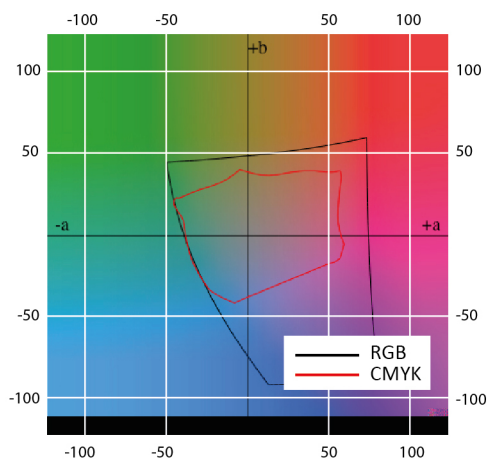
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



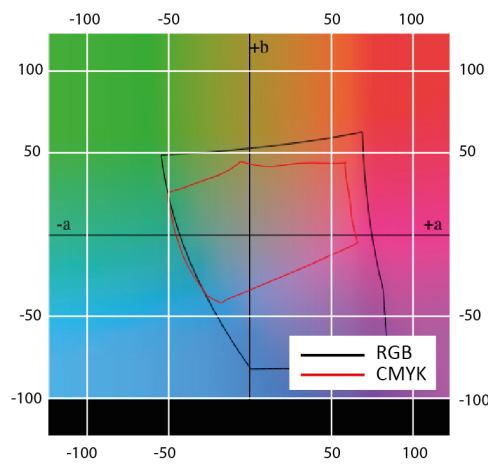
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

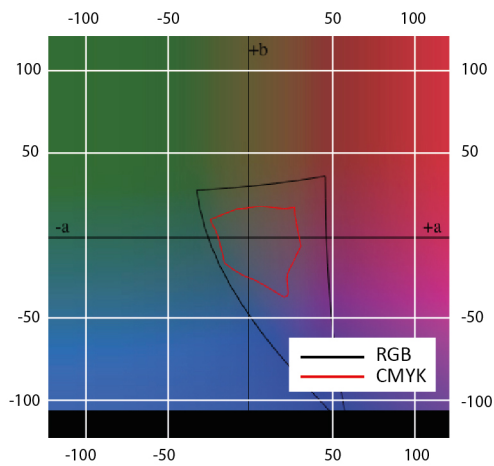


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

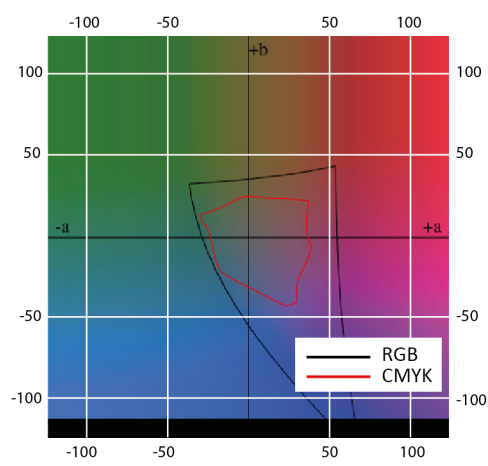


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

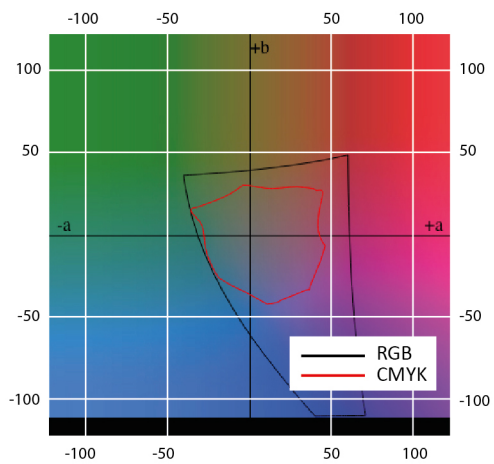
Slika 90. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru - referentne vrijednosti



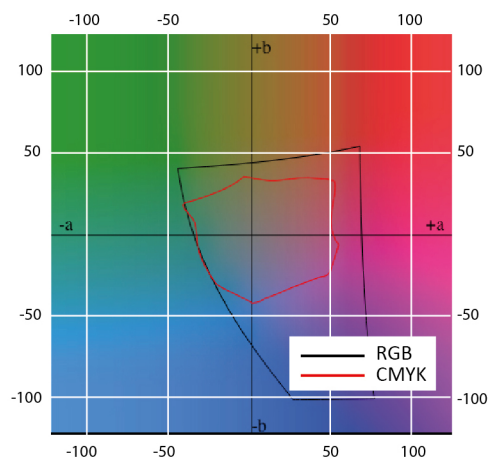
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



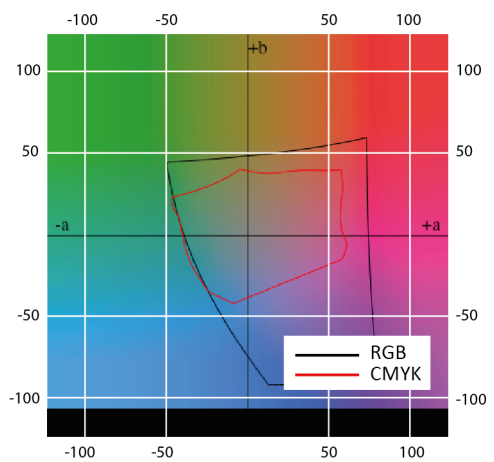
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



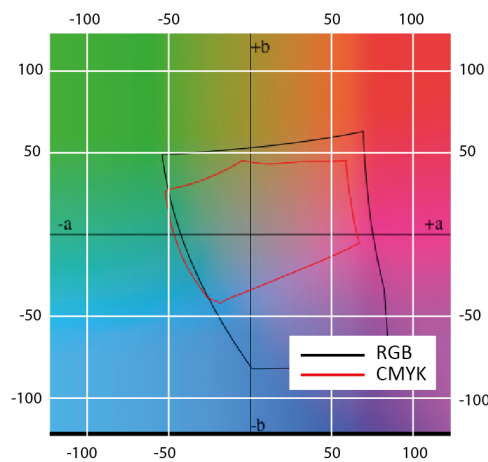
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

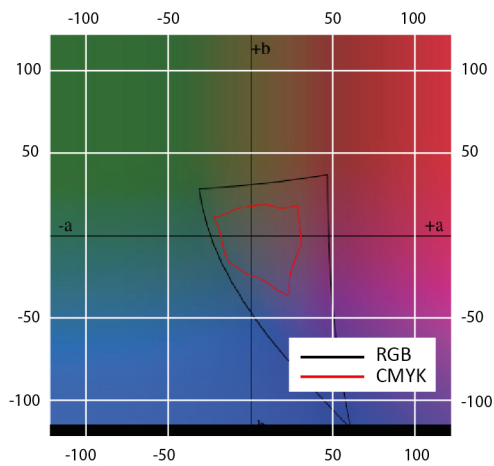


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

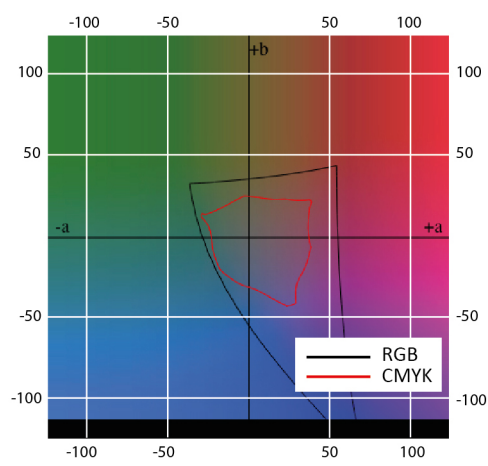


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

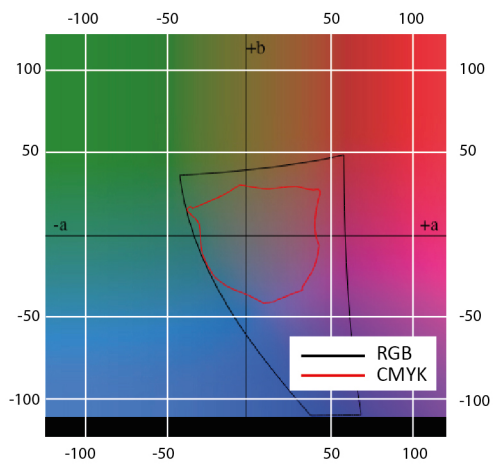
Slika 91. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -4%



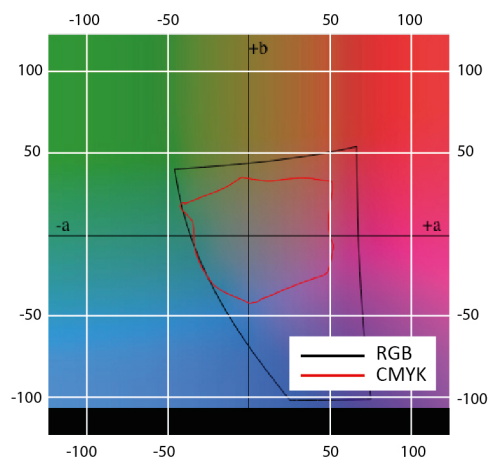
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



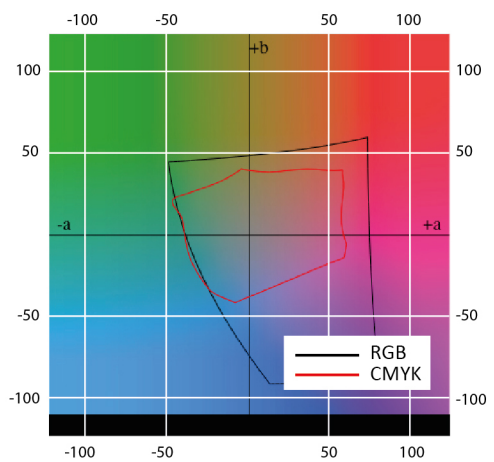
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



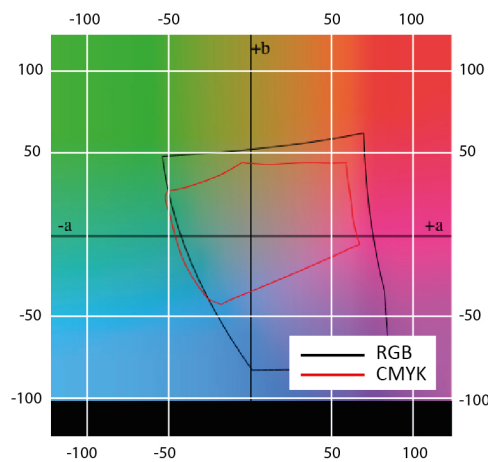
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

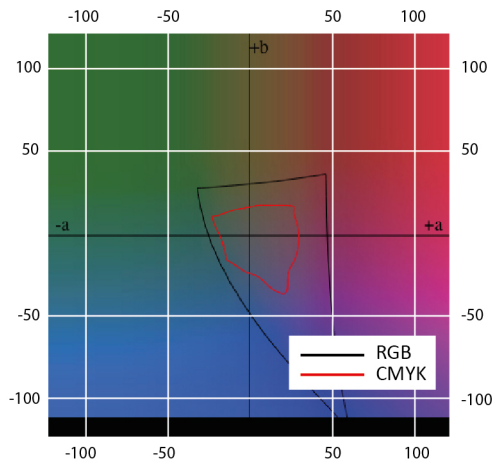


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

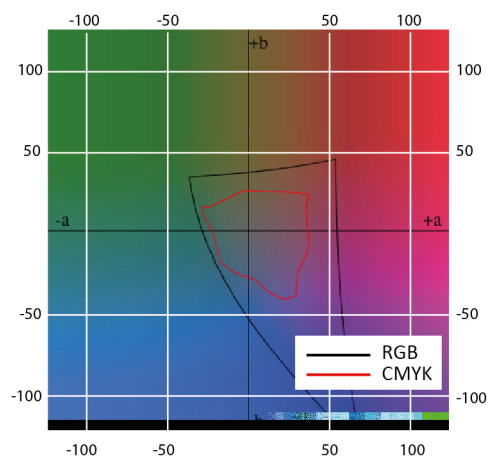


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

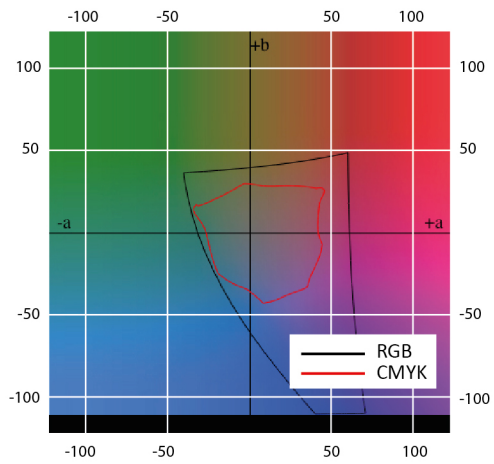
Slika 92. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -5%



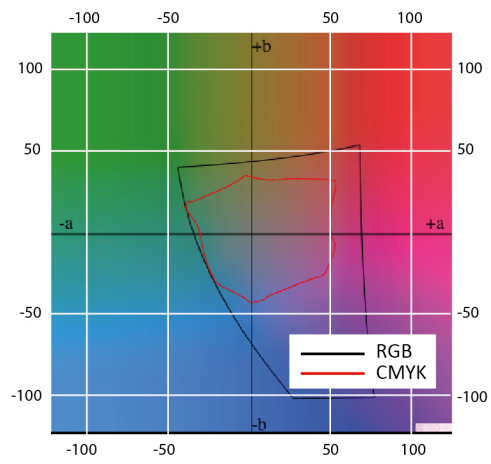
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



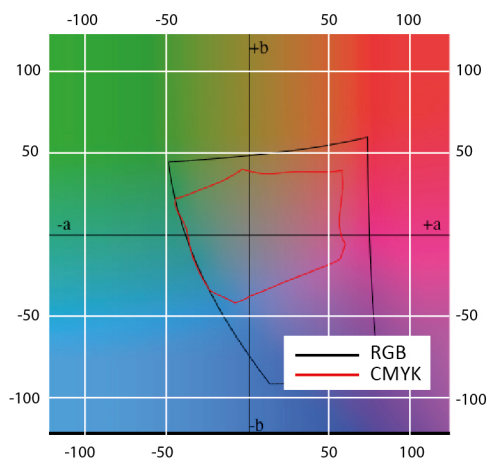
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



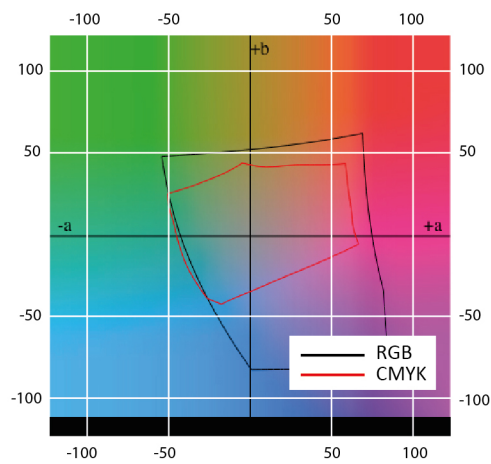
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

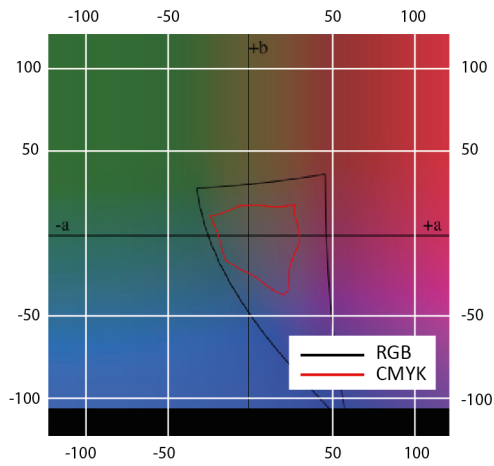


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

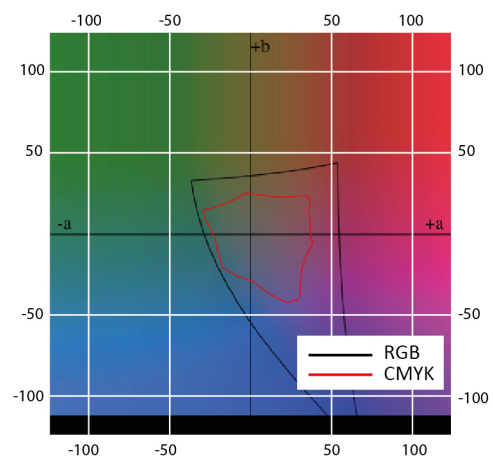


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

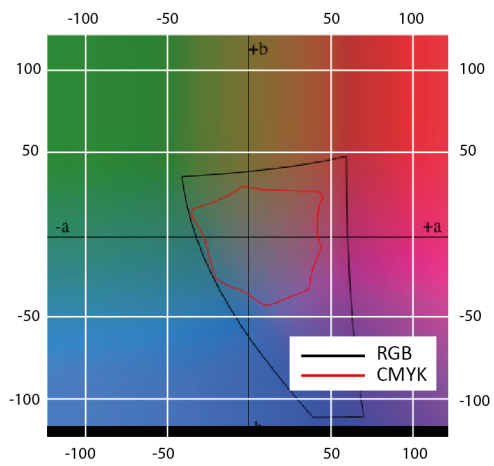
Slika 93. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -6%



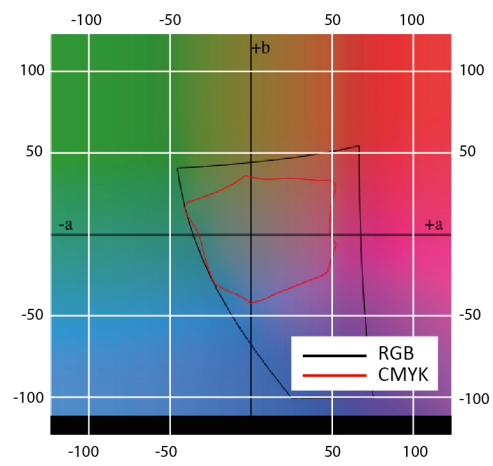
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



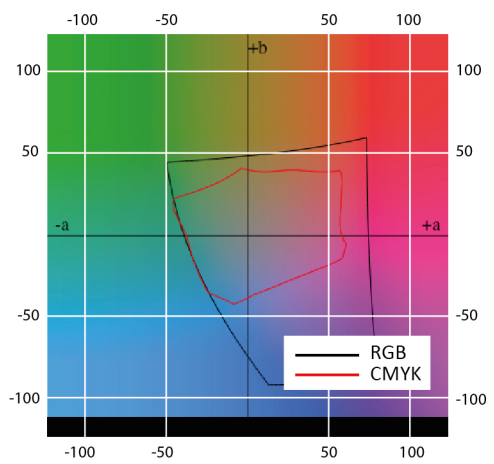
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



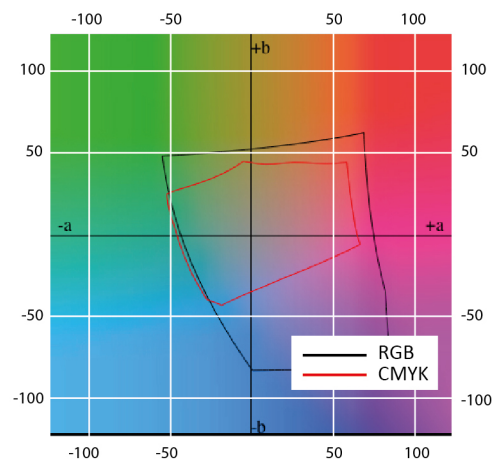
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

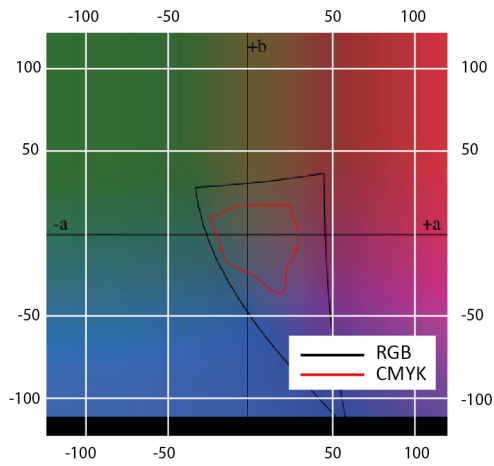


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

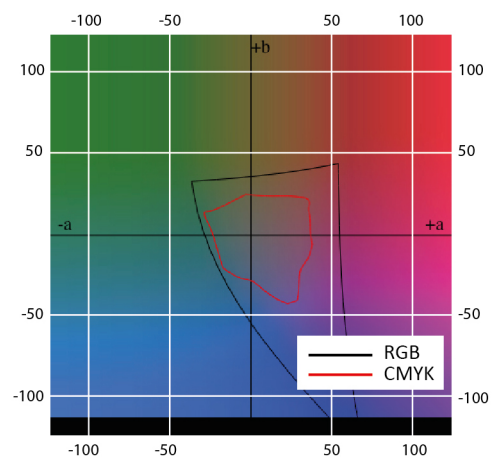


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

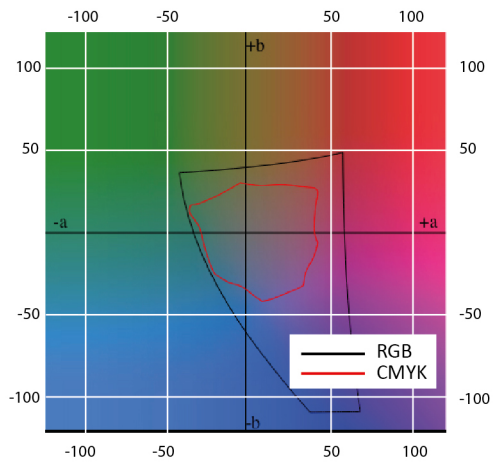
Slika 94. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 4%



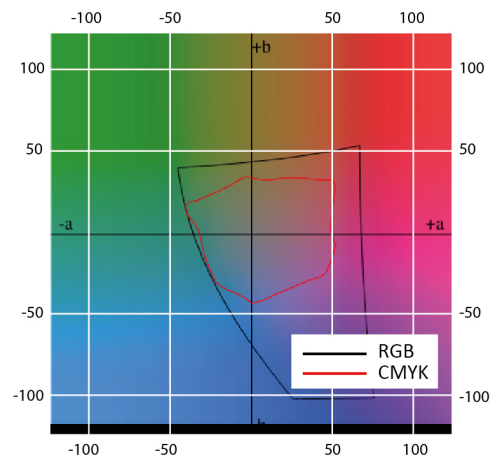
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



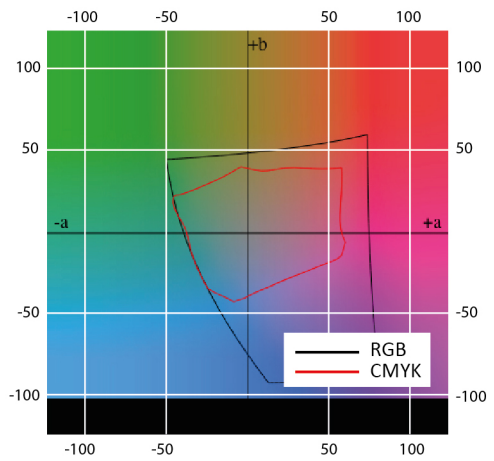
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



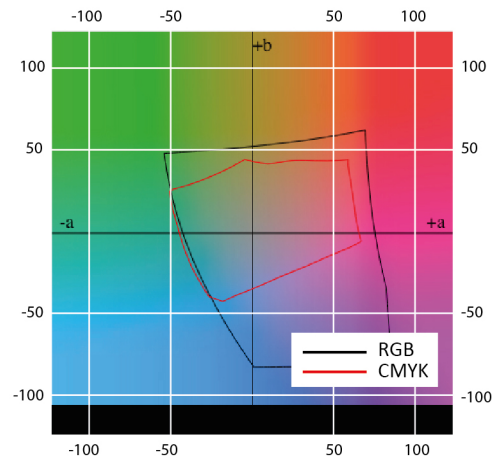
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45

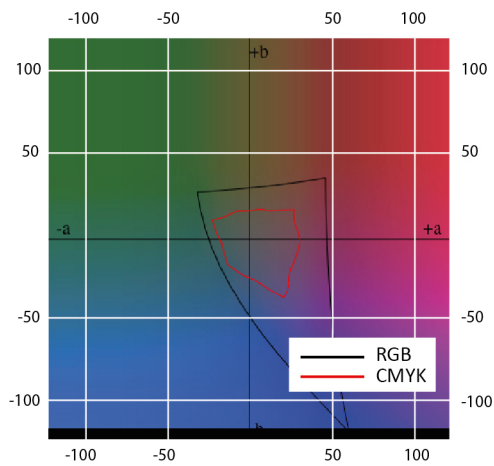


e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51

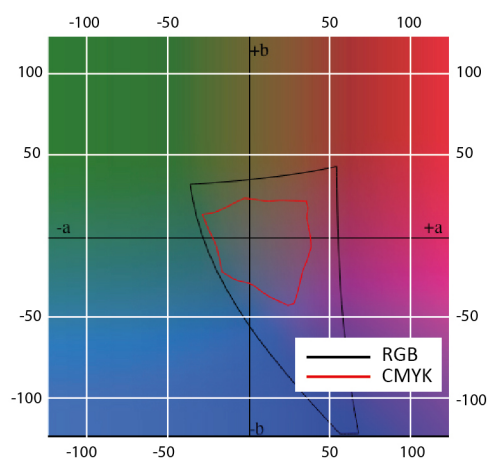


f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

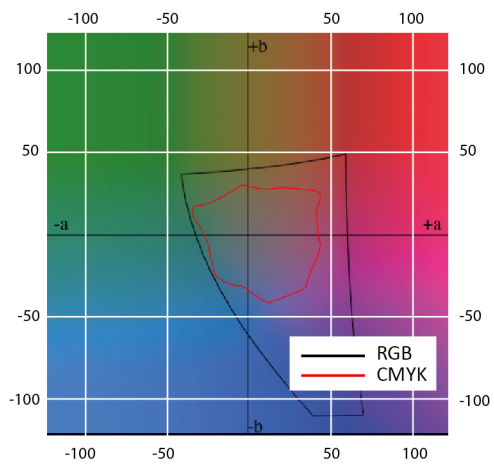
Slika 95. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 5%



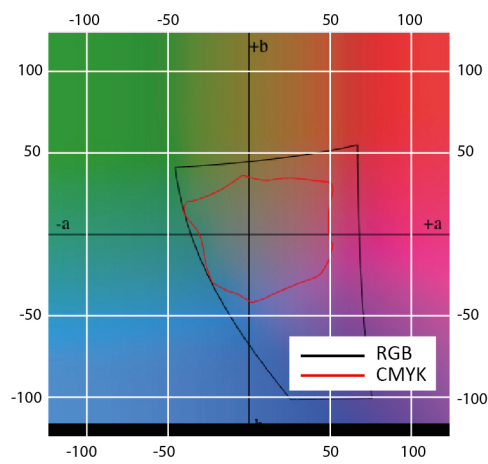
a) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=27



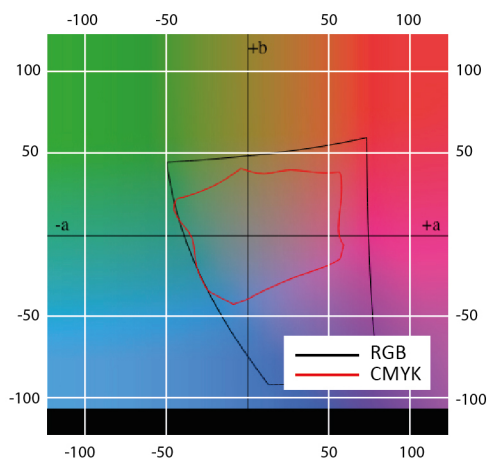
b) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=33



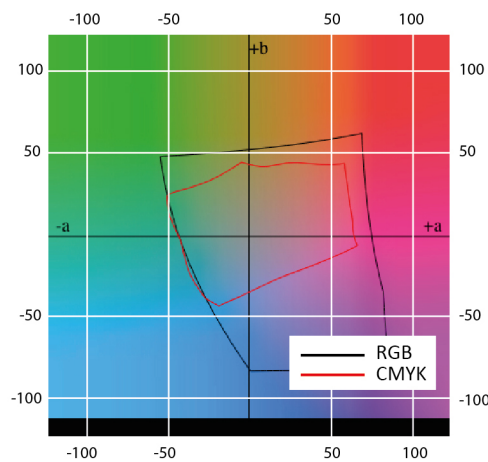
c) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=39



d) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=45



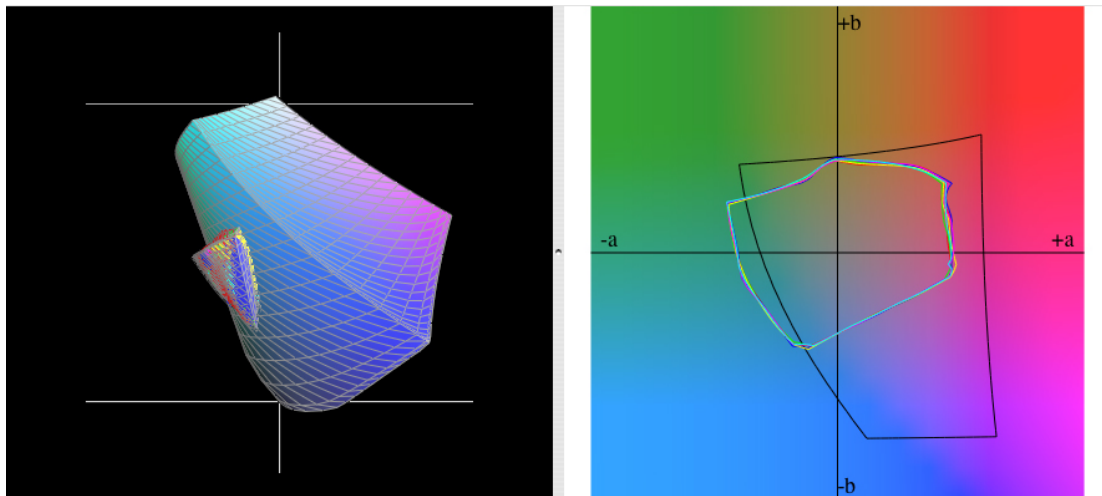
e) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=51



f) 2D gamuti pri svjetlini CIE L=57

Slika 96. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 6%

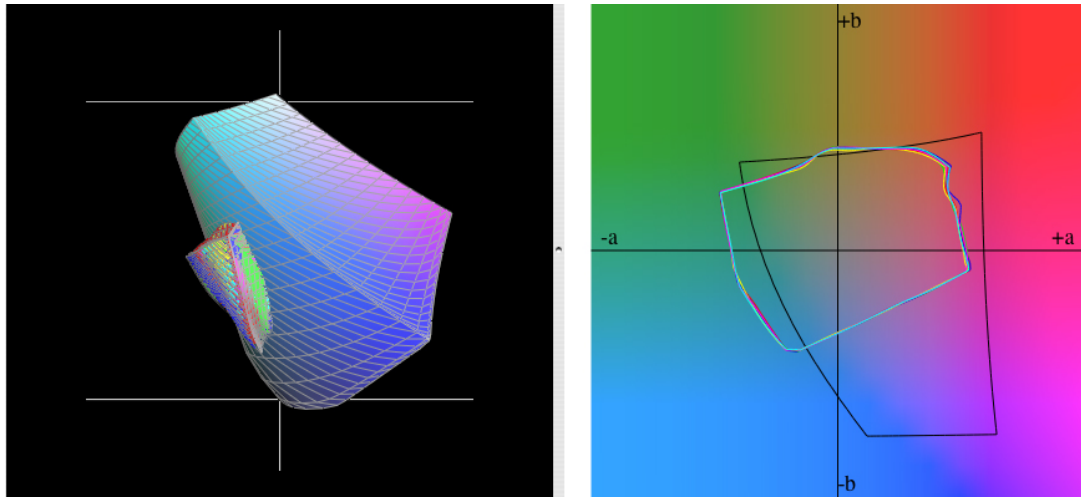
4.5. 3D prostorni prikazi i volumeni CMYK gamuta elektrografskog digitalnog tiska



Slika 97. 3D i 2D prikaz elektrografskog tiska na nepremaznom papiru

Tablica 2. Volumeni gamuta elektrografskog tiska na nepremaznom papiru

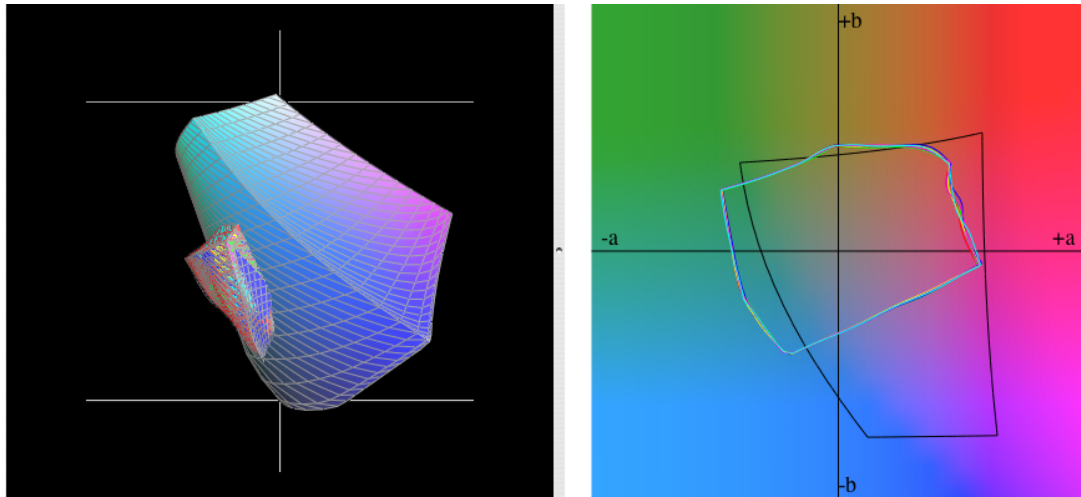
Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	nepremazni_4_2.icc	Printer	CMYK			610,252
✓	nepremazni_5_2.icc	Printer	CMYK			602,330
✓	nepremazni_6_2.icc	Printer	CMYK			628,017
✓	nepremazni_4_2.icc	Printer	CMYK			606,766
✓	nepremazni_5_2.icc	Printer	CMYK			619,210
✓	nepremazni_6_2.icc	Printer	CMYK			619,774



Slika 98. 3D i 2D prikaz elektrografskog tiska na premaznom mat papiru

Tablica 3. Volumeni gamuta elektrografskog tiska na premaznom mat papiru

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	premazni m-4_2.icc	Printer	CMYK			775,294
✓	premazni m-5_2.icc	Printer	CMYK			775,765
✓	premazni m-6_2.icc	Printer	CMYK			793,691
✓	premazni m4_2.icc	Printer	CMYK			769,430
✓	premazni m5_2.icc	Printer	CMYK			778,907
✓	premazni m6_2.icc	Printer	CMYK			785,033

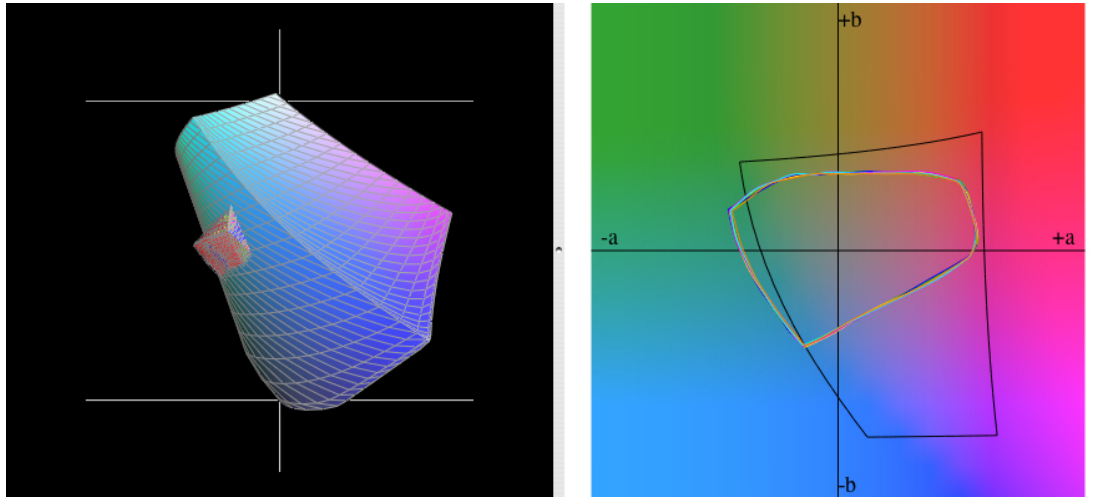


Slika 99. 3D i 2D prikaz elektrografskog tiska na premaznom sjajnom papiru

Tablica 4. Volumeni gamuta elektrografskog tiska na premaznom sjajnom papiru

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	premazni s-4_2.icc	Printer	CMYK			802,322
✓	premazni s-5_2.icc	Printer	CMYK			794,810
✓	premazni s-6_2.icc	Printer	CMYK			816,504
✓	premazni s4_2.icc	Printer	CMYK			795,332
✓	premazni s5_2.icc	Printer	CMYK			801,671
✓	premazni s6_2.icc	Printer	CMYK			812,350

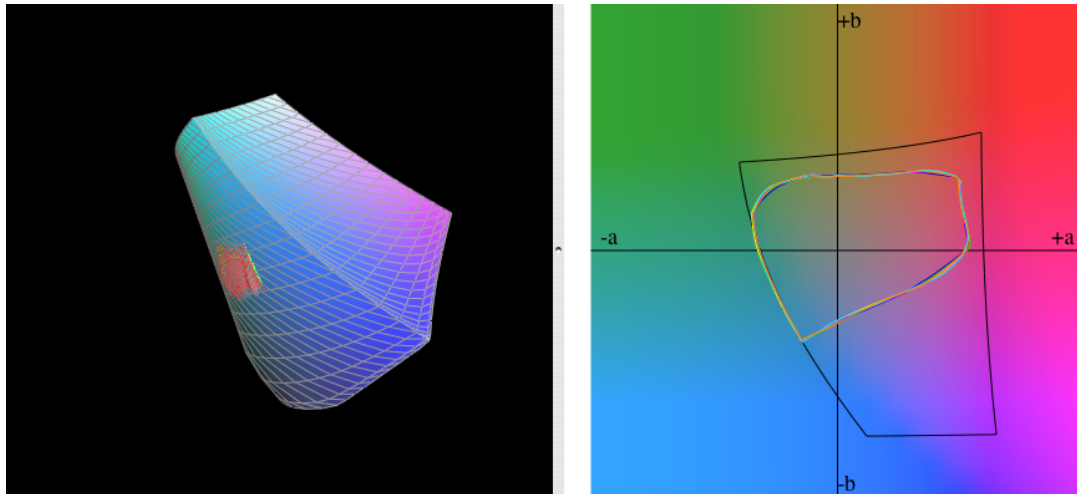
4.6. 3D prostorni prikazi i volumeni CMYK gamuta inkjet digitalnog tiska



Slika 100. 3D i 2D prikaz inkjet tiska na nepremaznom papiru

Tablica 5. Volumeni gamuta inkjet tiska na nepremaznom papiru

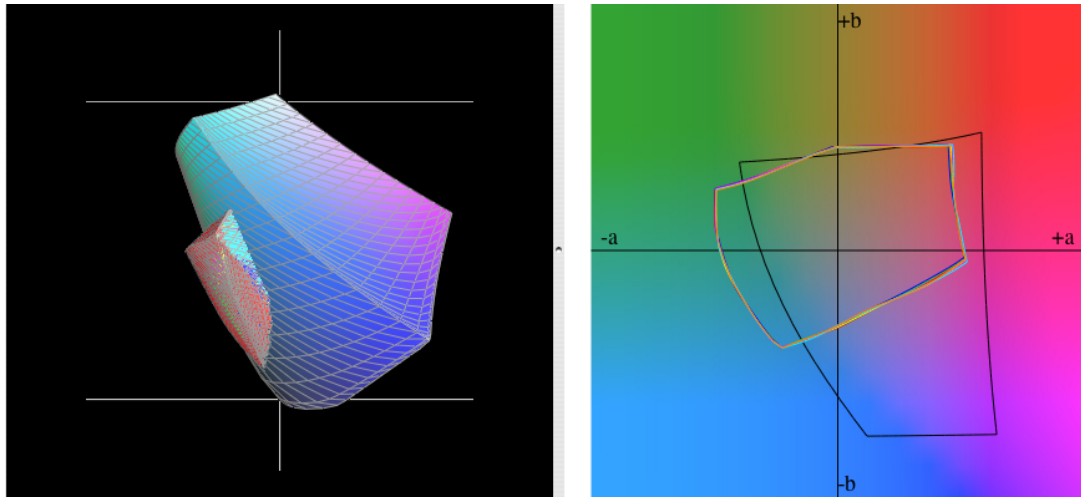
Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	Umjetnicki Fine Art -4.ic	Printer	CMYK			613,690
✓	Umjetnicki Fine Art -5.ic	Printer	CMYK			614,474
✓	Umjetnicki Fine Art -6.ic	Printer	CMYK			613,362
✓	Umjetnicki Fine Art +4.ic	Printer	CMYK			613,078
✓	Umjetnicki Fine Art +5.ic	Printer	CMYK			615,765
✓	Umjetnicki Fine Art +6.ic	Printer	CMYK			611,297
✓	Umjetnicki Fine Art ref.ic	Printer	CMYK			597,409



Slika 101. 3D i 2D prikaz inkjet tiska na premaznom mat papiru

















Tablica 6. Volumeni gamuta inkjet tiska na premaznom mat papiru

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	Premazni mat Fiery -4.ic	Printer	CMYK			513,858
✓	Premazni mat Fiery -5.ic	Printer	CMYK			510,825
✓	Premazni mat Fiery -6.ic	Printer	CMYK			514,957
✓	Premazni mat Fiery -4.ic	Printer	CMYK			511,732
✓	Premazni mat Fiery +5.ic	Printer	CMYK			511,784
✓	Premazni mat Fiery +6.ic	Printer	CMYK			513,096
✓	Premazni mat Fiery ref.ic	Printer	CMYK			502,548

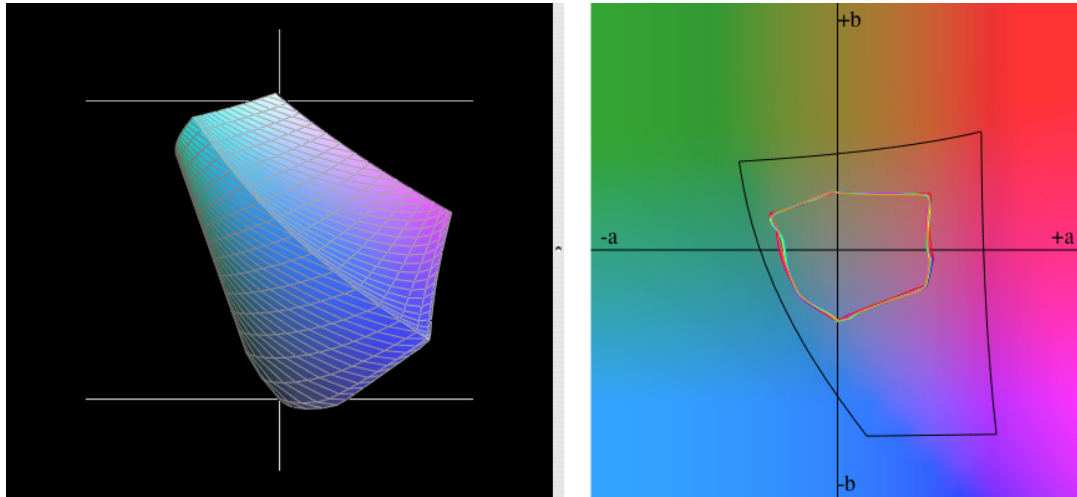


Slika 102. 3D i 2D prikaz inkjet tiska na premaznom sjajnom papiru

Tablica 7. Volumeni gamuta inkjet tiska na premaznom sjajnom papiru

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	premazni sjajni -4.icc	Printer	CMYK			826,620
✓	premazni sjajni -5.icc	Printer	CMYK			826,234
✓	premazni sjajni -6.icc	Printer	CMYK			827,731
✓	premazni sjajni +4.icc	Printer	CMYK			826,195
✓	premazni sjajni +5.icc	Printer	CMYK			831,004
✓	premazni sjajni +6.icc	Printer	CMYK			826,775
✓	premazni sjajni ref.icc	Printer	CMYK			814,525

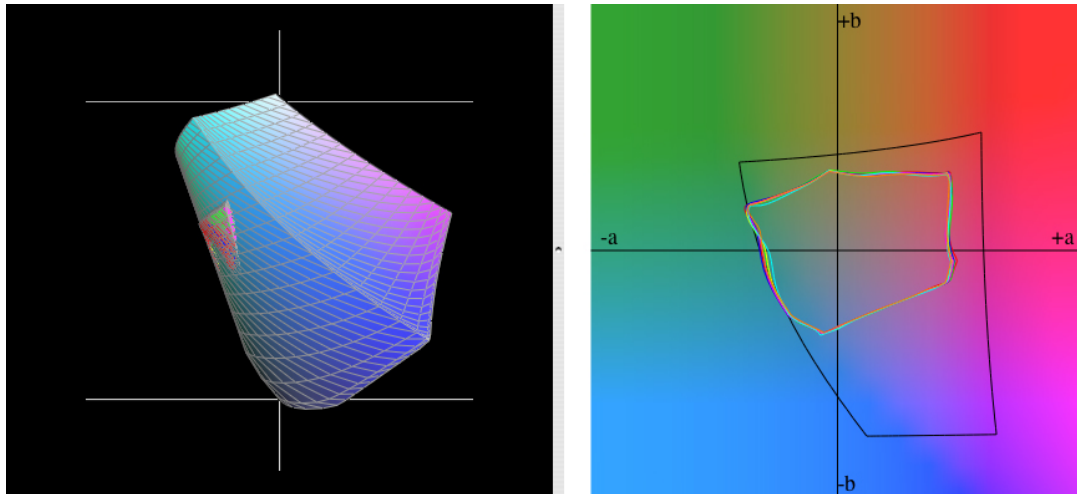
4.7. 3D prostorni prikazi i volumeni CMYK gamuta indigo digitalnog tiska



Slika 103. 3D i 2D prikaz indigo tiska na nepremaznom papiru

Tablica 8. Volumeni gamuta indigo tiska na nepremaznom papiru

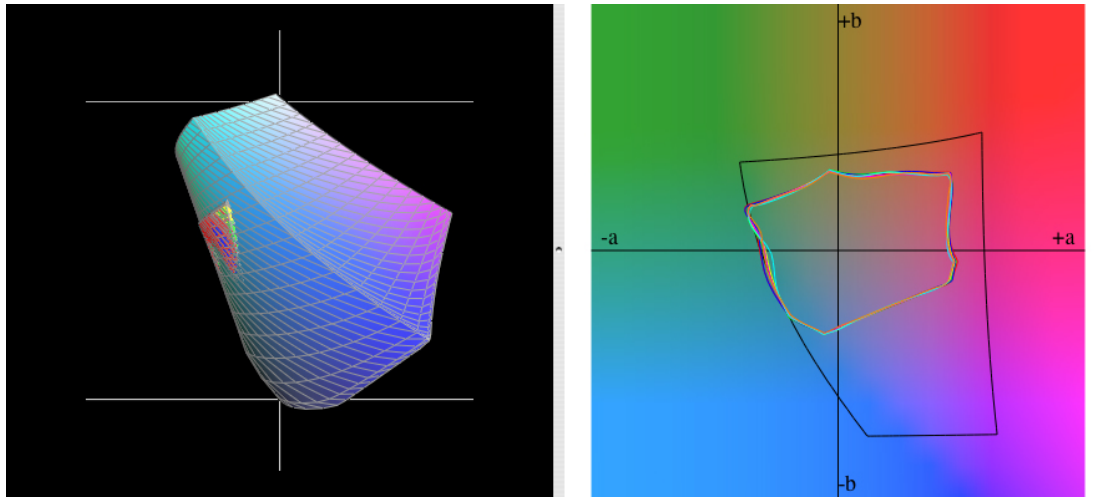
Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	nepremazni 1.icc	Printer	CMYK			421,211
✓	nepremazni 2.icc	Printer	CMYK			419,719
✓	nepremazni 3.icc	Printer	CMYK			418,513
✓	nepremazni 4.icc	Printer	CMYK			417,562
✓	nepremazni 5.icc	Printer	CMYK			417,474
✓	nepremazni 6.icc	Printer	CMYK			415,991
✓	nepremazni 7.icc	Printer	CMYK			416,827



Slika 104. 3D i 2D prikaz indigo tiska na premaznom mat papiru

Tablica 9. Volumeni gamuta indigo tiska na premaznom mat papiru

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	premazni m1.icc	Printer	CMYK			633,036
✓	premazni m2.icc	Printer	CMYK			635,785
✓	premazni m3.icc	Printer	CMYK			635,385
✓	premazni m4.icc	Printer	CMYK			629,801
✓	premazni m5.icc	Printer	CMYK			628,874
✓	premazni m6.icc	Printer	CMYK			621,708
✓	premazni m7.icc	Printer	CMYK			619,348



Slika 105. 3D i 2D prikaz indigo tiska na premaznom sjajnom papiru

Tablica 10. Volumeni gamuta indigo tiska na premaznom sjajnom papiru

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	sRGB Profile	Monitor	RGB			1,717,992
✓	premazni s1.icc	Printer	CMYK			640,787
✓	premazni s2.icc	Printer	CMYK			636,895
✓	premazni s3.icc	Printer	CMYK			637,602
✓	premazni s4.icc	Printer	CMYK			631,371
✓	premazni s5.icc	Printer	CMYK			625,814
✓	premazni s6.icc	Printer	CMYK			622,749
✓	premazni s7.icc	Printer	CMYK			616,304

Tablica 11. Prikaz graničnih područja vrijednosti elektrografskog digitalnog tiska

površina graničnog područja unutar RTV prirasta			
prirast RTV / svjetlina L	nepremazni	premazni mat	premazni sjajni
4 -27		2,797	4,683
4 -33	1,847	6,698	10,282
4 -39	5,951	11,087	14,005
4 -45	9,631	14,333	17,395
4 -51	10,663	13,73	14,342
4 -57		1,427	0,969
<hr/>			
-4 -27		2,99	4,278
-4 -33	2,652	7,706	10,224
-4 -39	5,647	11,637	13,952
-4 -45	9,1	15,119	17,294
-4 -51	10,2	13,802	14,005
-4 -57		1,596	1,292
<hr/>			
5 -27		3,516	4,466
5 -33	3,067	8,107	9,414
5 -39	6,8	12,167	13,855
5 -45	9,312	15,345	17,033
5 -51	10,557	13,807	13,85
5 -57	0,892	1,292	1,21
<hr/>			
-5 -27		3,246	4,538
-5 -33	3,332	8,179	10,031
-5 -39	7,345	11,55	14,453
-5 -45	10,754	15,037	16,565
-5 -51	10,566	12,924	13,981
-5 -57		1,182	0,911
<hr/>			
6 -27		3,926	5,131
6 -33	2,609	8,193	10,079
6 -39	5,922	12,712	14,516
6 -45	9,52	15,5	17,795
6 -51	9,785	14,258	14,791
6 -57		1,447	1,355
<hr/>			
-6 -27	0,521	4,075	5,927
-6 -33	4,176	9,385	10,841
-6 -39	7,914	13,633	15,506
-6 -45	10,561	16,045	18,446
-6 -51	10,224	13,527	13,088
-6 -57		1,003	0,637
<hr/>			
referentne vrijednosti površine (bez RTV prirasta)			
	nepremazni	premazni mat	premazni sjajni
27	1,018	2,498	6,776
33	5,527	8,058	12,254
39	10,846	13,667	18,793
45	16,657	19,454	24,749
51	16,122	19,391	22,675
57	3,807	5,686	7,026

Tablica 12. Prikaz graničnih područja vrijednosti inkjet digitalnog tiska

površina graničnog područja unutar RTV			
prirasta			
prirast RTV / svjetlina L	nepremazni	premazni mat	premazni sjajni
4 -27			5,686
4 -33			8,218
4 -39		2,397	11,974
4 -45	1,567	2,18	15,34
4 -51	8,941		16,151
4 -57	3,434		4,326
<hr/>			
-4 -27			5,671
-4 -33			8,439
-4 -39		2,691	11,632
-4 -45	1,49	1,934	14,858
-4 -51	8,377		17,096
-4 -57	3,482		4,615
<hr/>			
5 -27			4,692
5 -33			8,661
5 -39		2,079	11,627
5 -45	1,519	2,05	15,292
5 -51	7,841		16,416
5 -57	3,593		4,456
<hr/>			
-5 -27			5,536
-5 -33			8,454
-5 -39		2,498	11,55
-5 -45	1,182	2,508	14,593
-5 -51	8,083		16,594
-5 -57	3,535		4,34
<hr/>			
6 -27			5,001
6 -33			8,637
6 -39		2,016	11,405
6 -45	0,82	2,209	14,805
6 -51	8,362		16,262
6 -57	3,834		4,446
<hr/>			
-6 -27			6,057
-6 -33			8,734
-6 -39		2,059	11,439
-6 -45	1,717	2,305	15,051
-6 -51	9,274		16,541
-6 -57	4,118		4,292
<hr/>			
referentne vrijednosti površine (bez RTV prirasta)			
	nepremazni	premazni mat	premazni sjajni
27			5,478
33			8,362
39		1,741	11,347
45	0,675	2,344	15,003
51	7,378		16,681
57	3,318		3,887

Tablica 13. Prikaz graničnih područja vrijednosti indigo digitalnog tiska

površina graničnog područja unutar RTV prirasta			
prirast RTV / svjetlina L	nepremazni	premazni mat	premazni sjajni
4 -27			
4 -33			
4 -39			
4 -45			
4 -51		0,391	0,183
4 -57		2,701	2,508
<hr/>			
-4 -27			
-4 -33			
-4 -39			
-4 -45			
-4 -51		0,82	1,273
-4 -57		2,16	2,845
<hr/>			
5 -27			
5 -33			
5 -39			
5 -45			
5 -51		0,149	0,092
5 -57		2,247	2,141
<hr/>			
-5 -27			
-5 -33			
-5 -39			
-5 -45			
-5 -51		0,969	1,264
-5 -57		2,373	2,667
<hr/>			
6 -27			
6 -33			
6 -39			
6 -45			
6 -51			0,125
6 -57		0,844	1,157
<hr/>			
-6 -27			
-6 -33			
-6 -39			
-6 -45			
-6 -51		0,376	
-6 -57		2,31	2,132
<hr/>			
referentne vrijednosti površine (bez RTV prirasta)			
	nepremazni	premazni mat	premazni sjajni
27			
33			
39			
45			
51		0,309	0,222
57		1,611	1,871

5. Diskusija rezultata

Rezultati istraživanja u disertaciji su prikazani u dvije glavne kategorije. Dvodimenzionalni prikaz sRGB i CMYK gamuta i njihove granične vrijednosti preklapanja, te matematički postotni prikaz graničnih područja na mjestima gdje ista postoje.

Kod dvodimenzionalnog prikaza koristi se subjektivno binoklurno usaglašavanje i vrednovanje graničnih područja unutar sljedećih parametara:

- a) tehnike digitalnog tiska (elektrografija, inkjet i indigo),
- b) papirne tiskovne podloge (nepremazni papir, premazni sjajni i mat papir),
- c) različiti prirasti RTV uspoređeni sa referentnom vrijednošću (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) i
- d) točke mjernog raspona unutar koje se nalaze granično područje; CIE L* (svjetline) 27, 33, 39, 45, 51 i 57.

Kod rezultata spektrofotometrijskih mjerenja elektrografskog digitalnog tiska na nepremaznom papiru u referentnim vrijednostima je vidljivo da unutar svih točaka svjetline CIE L* postoji granično područje preklapanja gamuta sRGB i CMYK kod svih točaka CIE L*. Vrednovanjem različitih prirasta vidljiva je promjena u odnosu na referentne vrijednosti, gdje su volumeni gamuta sa RTV pomakom manji od referentnih. Pri manjim vrijednostima CIE L* 27 i L 33 vidljiva je razlika vrijednosti CMYK gamuta kod promjene RTV prirasta.

Kod rezultata na premaznom mat papiru, vidljivo je granično područje sRGB i CMYK spektra kod svih 6 točaka svjetline CIE L*. Vrednovanjem različitih prirasta vidljiva je promjena u odnosu na referentne vrijednosti, gdje su volumeni gamuta manji od referentnih. Pri najmanjoj vrijednosti CIE L* 27 vidljiva je razlika unutar CMYK gamuta kod promjene RTV prirasta.

Kod rezultata na premaznom sjajnom papiru, vidljivo je granično područje sRGB i CMYK spektra kod svih 6 točaka CIE L*. Vrednovanjem različitih prirasta vidljiva je promjena u odnosu na referentne vrijednosti, gdje su volumeni gamuta manji od referentnih. Pri vrijednostima CIE L* 27, L 33 i L 57 su vidljive promjene unutar CMYK gamuta kod promjena RTV prirasta.

Kod rezultata spektrofotometrijskih mjerenja inkjet digitalnog tiska na nepremaznom papiru, u referentnim vrijednostima je vidljivo da unutar svih točaka svjetline L ne postoji granično područje preklapanja gamuta sRGB i CMYK. Granično područje postoji kod točaka CIE L* 45, L 51 i L 57, za razliku od elektrografskog digitalnog tiska gdje sve točke imaju granično područje. Vrednovanjem različitih RTV prirasta postoji promjena u odnosu na referentne vrijednosti. Pri vrijednostima CIE L* 45 i L 57 vidljive su razlike unutar CMYK gamuta izazvane promjenama RTV prirasta.

Kod rezultata na premaznom mat papiru, vidljivo je granično područje sRGB i CMYK gamut kod točaka CIE L* 39, L 45 i L 51. Vrednovanjem različitih RTV prirasta postoji promjena u odnosu na referentne vrijednosti. Pri vrijednostima CIE L* 39 i L 45 vidljive su razlike unutar CMYK gamuta izazvane promjenama RTV prirasta.

Kod rezultata na premaznom sjajnom papiru, vidljivo je granično područje sRGB i CMYK gamuta, kod svih 6 točaka CIE L*. Vrednovanjem različitih RTV prirasta postoji promjena u odnosu na referentne vrijednosti. Pri vrijednostima CIE L* 33, L 51 i L 57 vidljive su razlike unutar CMYK gamuta izazvane promjenama RTV prirasta.

Kod rezultata spektrofotometrijskih mjerenja indigo digitalnog tiska na nepremaznom papiru u referentnim vrijednostima je vidljivo da unutar svih točaka svjetline CIE L* uopće ne postoji granično područje preklapanja gamuta RGB i CMYK. Vrednovanjem različitih RTV prirasta je potvrđeno da granično područje na nepremaznoj tiskovnoj podlozi ne postoji. Dakle, unutar svih vrijednosti svjetline L nema razlika unutar CMYK gamuta izazvanih promjenama RTV prirasta.

Kod rezultata na premaznom mat papiru, vidljivo je granično područje RGB i CMYK gamuta kod točaka CIE L* 51 i L 57. Točke CIE L* 27, 33, 39 i 45 nemaju granično područje. Vrednovanjem različitih RTV prirasta postoji promjena u odnosu na referentne vrijednosti. Pri vrijednostima CIE L* 51 i L

57 vidljive su razlike unutar CMYK gamuta izazvane promjenama RTV prirasta.

Kod rezultata na premaznom sjajnom papiru, vidljivo je granično područje RGB i CMYK gamuta u točkama CIE L* 51 i L 57. Točke CIE L* 27, 33, 39 i 45 nemaju granično područje. Vrednovanjem različitih RTV prirasta postoji promjena u odnosu na referentne vrijednosti. Pri vrijednostima CIE L* 51 i L 57 vidljive su razlike unutar CMYK gamuta izazvane promjenama RTV prirasta.

U dosadašnjim istraživanjima je potvrđeno da su promjene na premaznim sjajnim podlogama kod elektrografskog tiska najizraženije kod otisaka punog obojenja. Time je potvrđeno da nepremazna i premazna mat tiskovna podloga ima manja odstupanja uslijed promjene RTV prirasta u odnosu na premaznu sjajnu podlogu.

Nadalje, u istraživanjima inkjet digitalnog tiska je potvrđeno da premazna sjajna podloga daje najpunije tonove boja i rezultate otiska u odnosu na nepremaznu i premaznu mat tiskovnu podlogu.

U istraživanjima indigo digitalnog tiska dešava se određena suprotnost sukladno tehnološkim razlikama. Nema postojanog graničnog područja na nepremaznim tiskovnim podlogama, a rezultati premazne sjajne i mat tiskovne podloge su gotovo istovjetni.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u elektrografskom digitalnom tisku na nepremaznom papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da svi RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) imaju postojano granično područje. Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju manje razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa RGB gamutom.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 25.687 volumnih

jedinica. U odnosu na sRGB volumen, CMYK volumen je manji za 1.102.818 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u elektrografskom digitalnom tisku na premaznom mat papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da svi RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) imaju postojano granično područje. Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju manje razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa RGB gamutom. Uz postojano granično područje kod plavih tonova, postoji još jedno kod žutih tonova u jako malom području.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 18.397 volumnih jedinica. U odnosu na sRGB volumen, CMYK volumen je manji za 933.499 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u elektrografskom digitalnom tisku na premaznom sjajnom papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da svi RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) imaju postojano granično područje. Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju manje razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa sRGB gamutom. Uz postojano granično područje kod plavih tonova, postoji još jedno kod žutih tonova u manjem području, no izraženije u odnosu na premazni mat papir.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 21.694 volumnih jedinica. U odnosu na sRGB volumen, CMYK volumen je manji za 912.335 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u inkjet digitalnom tisku na nepremaznom papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da svi RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -

4%, -5%, -6%) imaju postojano granično područje. Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju manje razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa sRGB gamutom.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta je vidljivo u manjim razlikama i ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena u odnosu na referentne vrijednosti. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 18.356 volumnih jedinica. U odnosu na sRGB volumen, CMYK volumen je manji za 1.111.405 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u inkjet digitalnom tisku na premaznom mat papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da svi RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) imaju postojano granično područje koje se prikazuje u manjim razlikama. *U prijašnjem detaljnom istraživanju točaka CIE L (27, 33, 39, 45, 51, 57) je dokazano da samo točke CIE L* 39, 45 i 51 imaju granično područje. Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju vrlo male razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa RGB gamutom.*

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta je vidljivo u manjim razlikama i ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena u odnosu na referentne vrijednosti. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 12.409 volumnih jedinica. U odnosu na sRGB volumen, CMYK volumen je manji za 1.209.239 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u inkjet digitalnom tisku na premaznom sjajnom papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da svi RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) imaju postojano granično područje koje se prikazuje u manjim razlikama. Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju manje razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa

sRGB gamutom. Uz postojano granično područje kod plavih tonova, postoji još jedno kod žutih tonova u manjem području.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta je vidljivo u manjim razlikama i ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena u odnosu na referentne vrijednosti. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 16.479 volumnih jedinica. U odnosu na sRGB volumen, CMYK volumen je manji za 895.227 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u indigo digitalnom tisku na nepremaznom papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da svi RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) uopće nemaju postojano granično područje. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje vrlo male razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa sRGB gamutom.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta je vidljivo u manjim razlikama i ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena u odnosu na referentne vrijednosti. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 5220 volumnih jedinica. U odnosu na sRGB volumen, CMYK volumen je manji za 1.299.391 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u indigo digitalnom tisku na premaznom mat papiru pod svjetlinom CIE L 50, vidljivo je da RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) imaju postojano granično područje koje se prikazuje u manjim razlikama. *U prijašnjem detaljnom istraživanju točaka CIE L* (27, 33, 39, 45, 51, 57) je dokazano da samo točke CIE L* 51 i 57 imaju granično područje.* Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju veće razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa RGB gamutom.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta je vidljivo u manjim razlikama i ne utječe

proporcionalno i na porast CMYK volumena u odnosu na referentne vrijednosti. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 16.437 volumnih jedinica. U odnosu na RGB volumen, CMYK volumen je manji za 1.090.425 volumnih jedinica.

Kod 3D prikaza CMYK gamuta u indigo digitalnom tisku na premaznom sjajnom papiru pod svjetlinom CIE L* 50, vidljivo je da RTV pomaci (4%, 5%, 6%, -4%, -5%, -6%) imaju *postojano granično područje koje se prikazuje u manjim razlikama. U prijašnjem detaljnom istraživanju točaka CIE L* (27, 33, 39, 45, 51, 57) je dokazano da samo točke CIE L* 51 i 57 imaju granično područje.* Prirasti koji se nalaze na graničnom području imaju veće razlike spektrofotometrijskih karakteristika. U cjelokupnom CMYK gamutu postoje veće razlike unutar CMYK gamuta koji se nalazi sukladno sa RGB gamutom.

Volumeni CMYK gamuta su međusobno manje različiti, a povećanje ili smanjenje RTV prirasta je vidljivo u manjim razlikama i ne utječe proporcionalno i na porast CMYK volumena u odnosu na referentne vrijednosti. Metrički se volumeni nalaze u rasponu od 24.483 volumnih jedinica. U odnosu na RGB volumen, CMYK volumen je manji za 1.089.446 volumnih jedinica.

Kod subjektivnog binokularnog istraživanja 3D prikaza potvrđena su istraživanja iz preciznih svjetlina CIE L (27, 33, 39, 45, 51 i 57). Granična područja su postojana kod svih digitalnih tiskarskih tehnika i kod većine papirnih podloga s izuzetkom indigo digitalne tehnike i nepremaznog papira gdje jedino nije bilo graničnog područja. Nadalje, vidljive su razlike kod promjena RTV prirasta.

Kod elektrografskog tiska su promjene vidljive u svim RTV prirastima. Isto tako, kod inkjet tiska su promjene vidljive u svim RTV prirastima. Kod indigo digitalnog tiska promjene nisu vidljive unutar svih RTV prirasta, ali je iz prethodnog istraživanja dokazano da u svim točkama svjetline CIE L (27, 33, 39, 45, 51, 57) kod najviših svjetlina CIE L* 51 i 57 postoje promjene.*

Volumeni CMYK gamuta su međusobno različiti među digitalnim tehnikama i papirnim podlogama. Najveća odstupanja su vidljiva kod indigo digitalnog tiska na nepremaznom papiru (razlika u volumenima između RTV prirasta je najmanja kao i razlika CMYK gamuta u odnosu na RGB gamut). Nadalje, istraživanje je dokazalo da su razlike CMYK gamuta u odnosu na RGB gamut najveće na nepremaznim tiskovnim podlogama, dok su najmanje na premaznim sjajnim podlogama.

Metrički rezultati površina graničnog područja izvedeni su prema sljedećem principu; svaki 2D prikaz gamuta je pregledan da se utvrdi postoji li granično polje, nakon toga su pomoću programa za obradu slika (Adobe Photoshop) granična polja pretvorena u crno bijele informacije kako bi se mogle izračunati površine svakog pojedinog graničnog polja. Prikazani rezultati u tablicama (1 – 3) daju uvid o projekcijama graničnih polja za svaku pojedinu tehniku digitalnog tiska sa svim RTV prirastima.

Kod elektrografskog digitalnog tiska jedino nepremazni papir na pojedinim mjestima nema graničnih polja. Kod prirasta 4% i -4% granično polje ne postoji unutar svjetline CIE L* (na točkama 27 i 57). Kod prirasta -5% i 6% granično polje ne postoji unutar svjetline CIE L* (točke 27 i 57). Premazni mat i sjajni papiri imaju granična područja na svakom prirastu kao i u referentnim vrijednostima.

Kod inkjet digitalnog tiska premazni sjajni papir ima granična područja unutar svih istraženih točaka. Nepremazni i premazni mat papiri imaju veliki broj točaka koja nemaju granično područje, s naglaskom kod rezultata premaznog mat papira, graničnih područja je manje od nepremaznog papira. Unutar referentnih vrijednosti, kod nepremaznih i premaznog mat papira postoji manji broj točaka sa graničnim poljima.

Kod indigo digitalnog tiska na nepremaznom papiru uopće ne postoje granična područja, dok kod premaznog mat i sjajnog papira granična područja postoje samo kod većih svjetlina CIE L* (točke 51 i 57). Isto je istraženo i kod referentnih vrijednosti bez RTV prirasta.

Metrički rezultati površina graničnih područja potvrđuju subjektivna binokularna opažanja kod svih digitalnih tehnika tiska i papirnih podloga. Najviše graničnih područja se nalazi kod elektrografskog digitalnog tiska na svim papirnim podlogama što znači da su kod elektrografskog tiska korekcije boje najpotrebnije. Kod inkjet digitalnog tiska nepremazni i premazni mat papir imaju manje graničnih područja, dok na premaznom sjajnom papiru svaka točka svjetline CIE L i RTV prirast ima granična područja, pa su i samim time korekcije na premaznom sjajnom papiru najpotrebnije. Rezultati sa najmanje graničnih polja se prikazuju kod indigo digitalnog tiska gdje na nepremaznom papiru nema graničnih područja, dok premazni mat i sjajni imaju granična područja samo kod viših točaka svjetline CIE L* (51 i 57).*

6. Zaključci

Pojava graničnih područja reprodukcije boja unutar CIE L*a*b* sustava boja kod digitalnih tehnika tiska utvrđena je kolorimetrijskim karakteristikama. Dokazano je da kod graničnih vrijednosti, prvenstveno u plavom području CIE L*a*b* sustava, kada su otisnute u maksimalnoj gustoći obojenja kod koje ne dolazi do pada kvalitete tiska, ne dolazi do promjene relativnog tiskovnog kontrasta više od 5%, te da se dobivaju kolorimetrijski rezultati koji se ne mogu reproducirati na monitoru. Unutar kolorimetrijskog područja svjetline CIE L* od 27 do 57 postoji područje plave boje koje se ne može reproducirati na monitorima.

U ovom doktorskom radu utvrđeno je da je broj boja koje mogu prikazati ulazni uređaji veći od broja boja koje mogu reproducirati izlazni uređaji. U pojedinim dijelovima CIE L*a*b* sustava, broj boja sRGB monitora manji je od broja boja tiska. Transformacija boja ulaznih uređaja u boje izlaznih uređaja na otiscima dobivenim različitim tehnikama digitalnog tiska nije ista kod transformacije sRGB sustava u CMYK sustav. Dokazano je da je subjektivni doživljaj boja u korelaciji s promjenama na graničnom području boja CIE L*a*b* sustava otisnutih digitalnim tehnikama tiska.

Definiranjem graničnog područja boja u kojem je broj boja monitora manji od broja CMYK reprodukcije boja u istraživanim digitalnim tehnikama tiska mogu se predložiti standardi za kvalitetniju reprodukciju ali i subjektivni doživljaj plave boje. Na temelju istraživanja i mjerenja koja su se provela može se zaključiti da je vrednovanje subjektivnog binokularnog usuglašavanja dokazalo postojanost plavog graničnog područja koje izlazi iz sRGB prostora boja kod svih triju tiskovnih podloga.

U istraživanju je utvrđeno je da kod elektrografskog digitalnog tiska granična područja plave boje u kojima dolazi do kvalitetnije reprodukcije CMYK sustavom u odnosu na boje monitora postoje kod svih tiskovnih podloga, dok kod nepremaznog papira u najtamnijim i najsvjetlijim područjima svjetline to nije dokazano.

Istraživanja u ovome radu pokazuju da kod inkjet digitalnog tiska granična područja plave boje u kojima dolazi do kvalitetnije reprodukcije CMYK sustavom u odnosu na boje monitora postoje u potpunosti na premaznim sjajnom papiru, dok na premaznom mat papiru isto granično područje postoji jedino u srednjem području svjetline CIE L*. Također, na nepremaznom papiru tamna i srednja područja svjetline CIE L* imaju granična područja plave boje.

U indigo digitalnom tisku na nepremaznoj tiskovnoj podlozi istraživanja su pokazala da ne postoji granično područje plave boje u kojima dolazi do kvalitetnije reprodukcije CMYK sustavom u odnosu na boje monitora. Premazni sjajni i mat papiri imaju granično područje samo kod svjetlijih područja svjetline CIE L*.

Znanstvenim istraživanjem u ovoj doktorskoj disertaciji potvrđene su hipoteze o postojanju graničnog područja kod digitalnih tiskarskih tehnika u kojima dolazi do kvalitetnije reprodukcije CMYK sustavom u

odnosu na boje monitora, što kao posljedicu ima izravan doprinos razlikama monitorskog prikaza i otisnutih reprodukcija. Istraživanje u ovome radu otvara nove mogućnosti za kvalitetniju korelaciju sRGB i CMYK prostora boja kako u tehnološko-istraživačkom tako i u marketinškom smislu. Prilikom transformacije boja iz sRGB sustava u CMYK sustav u pripremnom dijelu proizvodnje preporučuje se potencijalnim korisnicima obratiti pažnju na probleme koji mogu nastati u reprodukciji plavih tonaliteta.

7. Literatura

1. Zjakić I., (2005) Optimalizacija sustava rasterske reprodukcije u tisku, doktorska disertacija, Grafički fakultet u Zagrebu
2. Oicherman B., (2007), Effects of colorimetric additivity failure and of observer metamerism on cross-media colour matching, Ph. D. Thesis, The University of Leeds Department of Colour Science
3. Foster David H., (2011), Color constancy, Vision research, Volume 51, Issue 7, Pages 674-700
4. Kurt S. & Osueke K. K., (2014), The Effects of Color on the Moods of College Students, SAGE Open, January - March
5. Madi A. & Ziou D., (2014), Color constancy for visual compensation of projector displayed image, Displays, Volume 35, Issue 1, Pages 6-17
6. Zjakić I., Parac-Osterman D. Bates I., (2011), New approach to metamerism measurement on halftone color images, Measurement, Volume 44, Issue 8, October 2011, Pages 1441-1447
7. Humar I., Gradišar M., Turk T., (2008), The impact of color combinations on the legibility of a Web page text presented on CRT displays, International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 38, Issues 11–12, Nov–Dec 2008, Pages 885-899
8. Siegenthaler E., Wurtz P., Bergamin P., Groner R., (2011), Comparing reading processes on e-ink displays and print, Displays, Volume 32, Issue 5, Dec 2011, Pages 268-273
9. Fong-Gong W., Cheih-Ying C., (2009), Effects of color display, color name, color formation and color alignment on the screen layout usability of customized product color combinations, International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 39, Issue 5, Sep 2009, Pages 655-666
10. Mohamed R.Sh., Yousif G.A., (2010), Input resolution and its effect of the printed image quality on digital toner printing systems (case study – Sinai, Egypt), The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 13, Issue 1, Jun 2010, Pages 75-80, Printing, Publishing and Packaging Department, Faculty of Applied Arts, Helwan University, Cairo, Egypt

11. Yamamoto S., (2009), Problems in color profiling from the Colorimetric point of view, Journal of printing science and technology, Vol.47, No5 Special review, Japan
12. Thompson B., (1998), Printing Materials: Science and Technology , 2nd edition, Pira International, Surrey
13. Zjakić I. (2013), Tehničko uređivanje u procesu izrade knjige, HSN, Zagreb
14. Zjakić, I. (2007) Upravljanje kvalitetom tiska, HSN, Zagreb
15. Leach R. H., Pierce R. J., (1993), The Printing Ink Manual , 5th edition, Society of British Printing Ink, London
16. Gustavson S., (1997), Dot Gain in Colour Halftones – Ph. D. Thesis, Linköping University, Linköping
17. Kipphan H., (2001), Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods , Springer, Berlin
18. Fahlcrantz C.-M., (2005), On the Evaluation of Print Mottle – Ph. D. Thesis, Stockholm University, Stockholm
19. Rick McCleary., (2009), CMYK 2.0: A Cooperative Workflow, 2nd edition, Peachpit press, Pearson education
20. Fenton H. M., Romano F, J.; On Demand Printing, The revolution in Digital and Customised Printing, Pretince Hall, PTR, New Jersey, 1998.
21. J. L. Johnson; Principles of Non-impact Printing, Palatino Press, Irvine (CA), 1998.
22. Romano F. J.; The Printing Industry in the Electronic Age, Understanding Graphic Communication, GATFPress, Pittsburgh, SAD, 215 - 221, 2000.
23. Z. He, C.A. Bouman; Clustered AM/FM Halftoning Algorithm, IS&T NIP 20, International Conference on Digital Printing Technologies, Salt Lake City, Utah, 1-6, 2004.
24. S. Lawrence; Is Error Diffusion FM Screening Becoming a Barrier to High Speed, High Quality, Image Printing, International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications, Amsterdam, 51 - 52, 2005.
25. Chatow C., Udi C.; The Fundamentals of Indigo's Digital Offset Colour

- Printing Process and How it Rivals Mechanical Offset Printing, Proceedings T's International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications, Antwerpen, Belgium, 21-25, 2001.
26. N. Nagayama, N. Nakamura, M. Yokoyama: Pixel Image Formation on a Multy-Layered Organic Film Installed with Pixel- Like Floating Electrodes, IS&T NIP 20, International Conference on Digital Printing Technologies, Salt Lake City, Utah, 543-546, 2004
 27. M. Schleusener; Océ VS 9000 - a New Platform for Digital Production Printing, IS&T NIP 20, International Conference on Digital Printing Technologies, Salt Lake City, Utah, 339-341, 2004.
 28. K. Kataoka, Y. Shibayama, S. Monma: High-Speed Laser Printer Using Multiple Beam from Optical Fiber Array Coupled with Violet Laser Diodes, International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications, Amsterdam, 49 - 50, 2005.
 29. N. J. Lee, H.R. Joo, K. Y. Yon: Development of Positive Charging Multi-Layered Organic Photoconductor for Liquid Electrophotographic Process, IS&T NIP 19, International Conference on Digital Printing Technologies, New Orleans, 670-673, 2003.
 30. P. Ferraro, S. Coppola, S. Grilli, M. Paturzo i V. Vespini: „Dijeljenje nanopico kapi i proizvodnje tekućih obrazaca piroelektrodinamičkim snimanjem», *Nature Nanotechnology* 5, 2010 (429-435).
 31. A. Hadnik, T. Muck: Characterization of pigments in coating formulations for high-end ink-jet papers, *Dyes and Pigments* Volume 54, Issue 3, September 2002, Pages 253–263
 32. Richard C. Daniel i John C. Berg: Spreading on and penetration into thin, permeable print media: Application to ink-jet printing, *Advances in Colloid and Interface Science*, Volumes 123–126, 16 November 2006, Pages 439–469
 33. T.T. Lamminmäkia, J.P. Kettlea, P.A.C. Ganeb: Absorption and adsorption of dye-based inkjet inks by coating layer components and the implications for print quality, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* Volume 380, Issues 1–3, 5 May 2011, Pages 79–88

34. M. Kaneko, K. Nakajima, H. Matsuda: High Speed High Image Quality Printing on Plain Paper Using Symmetrically Arranged Color Bubble Jet Print Head, International Conference on Digital Printing Technologies New Orleans, LA; September 2003; p. 354-358
35. Boaz Tagansky: HP-Indigo Technology and its Application to Photo Printing, Hewlett Packard Company; Rehovot, Israel 2012.
36. Hart Yoram and Tal Riesenfeld: HP Indigo Industrial Web Presses: Technology and Applications, 2005 International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications Amsterdam, May 2005
37. Erdoğan Kösea, Türkün Şahinbaşkanb, İnan Gülerc: The investigation of effects of digital proofing systems used in colour management on print quality with neural networks, Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 1, January 2009, Pages 745–754
38. J. Ha, J. Park, D. Kim, S. Chung, C. Lee, Y. Hong: Selectively modulated inkjet printing of highly conductive and transparent foldable polymer electrodes for flexible polymer light-emitting diode applications, Organic Electronics, Volume 19, April 2015, Pages 147–156
39. M. Milković, I. Zjakić, D. Vusić: Kolorimetrija u multimedijским komunikacijama, Veleučilište u Varaždinu, 2010.
40. I. Zjakić: Utjecaj metamerije u tisku, Magistarski rad, Grafički fakultet u Zagrebu, 2002.
41. A. H. Munsell: A color notation - a measured color system, Based on the, geo. H. Ellis co., Boston 1907.
42. The Project Gutenberg EBook of A Color Notation, by Albert H. Munsell
Release Date: July 14, 2008.
43. M. Milković, N. Mrvac, G. Kozina: Informacijski sustavi za upravljanje bojama, Veleučilište u Varaždinu, 2011.
44. Phil Green, Michael Kriss: Color Management: Understanding and Using ICC Profiles, Viley, 2010.
45. Ian M. Hutchings, Graham D. Martin: Inkjet Technology for Digital Fabrication, Viley, 2012
46. G. Goldmann; The World of Printers, Oce Printing Systems GmbH, Dusseldorf 2004.

47. Edward J. Giorgiani and Thomas E. Madden: Digital Color Management: Encoding Solutions, Second Edition, John Wiley & Sons, 2009.
48. Louis D. Silverstein: Color display technology: From pixels to perception, The Reporter, Vol. 21, 2006.
49. I. Zjakić, M. Milković: Psihologija boja, Veleučilište u Varaždinu 2010.
50. Hsien-Che Lee: Introduction to color imaging science, Cambridge university press, 2005.
51. Adnane Belmamouna, Mohammed El Hassounia, Ahmed Hammouchb: On Selection and Combination of Relevant Color Components for Edge Detection Procedia Technology, Volume 17, 2014, Pages 764–771, Conference on electronics, Telecommunications and Computers – CETC 2013.
52. Imtnan-UI-Haque Qazia, et all: Choice of a pertinent color space for color texture characterization using parametric spectral analysis, Pattern Recognition Volume 44, Issue 1, January 2011, Pages 16–31
53. Zoe Falomira, Lledó Muserosa, Luis Gonzalez-Abrilb, Ismael Sanza: A model for qualitative colour comparison using interval distances, Displays, Volume 34, Issue 4, October 2013, Pages 250–257
54. Neil Clymera, Shigeru Asabab: A new approach for understanding dominant design: The case of the ink-jet printer, Journal of Engineering and Technology Management, Volume 25, Issue 3, September 2008, Pages 137–156
55. Tim Daly: The Digital Printing Handbook: A Photographer's Guide to Creative Inkjet Printing Techniques, Argentum, 2002.
56. Amit Dhir: The Digital Consumer Technology Handbook: A Comprehensive Guide to Devices, Elsevier, 2004.
57. Concepts of Basic Xerography, Xerox Corporation, 1999.
58. Golubović A.; Tiskarske podloge i tiskarske boje koje se koriste u digitalnom tisku, Zbrnik radova 7. Znanstveno stručnog simpozija hrvatskih grafičara "Blaž Baromić", 11-20, Senj 2003.
59. Kumar M.; Drupa 2000: Digitalna evolucija: digitalne tehnike tiska, Grafičar 6 2000, 6-33, 2000.
60. Nikolina Bolčević, Damir Modrić, Snježana Ivančić Valenko, Damira

- Keček: Analiza otisaka kod pojave toniranja na različitim tiskovnim podlogama, International conference on materials, tribology, recycling – Matrib, Vela Luka, 2014.
61. Igor Majnarić, Gorazd Golob: Inkjet tisak i njegova mogućnost premazivanja na različite materijale, International conference on materials, tribology, recycling – Matrib, Vela Luka, 2014.
62. Nikola Mrvac, Korina Petrić, Mile Matijević: Utjecaj boj na optičku težinu portretne fotografije, International conference on materials, tribology, recycling – Matrib, Vela Luka, 2014.
63. Đurđica Parac-Osterman: Primjena bojene metrike u dizajnu, 14. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija “Blaž Baromić”, Senj, 2010.
64. Michal Vesely, Pert Dzik, Silvia Kačerova: Optical densities vs. gamut volumes for image lightfastness evaluation, 14. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija “Blaž Baromić”, Senj, 2010.
65. Siniša Bogdanović, Igor Zjakić, Irena Bates: Objektivnost doživljaja reprodukcije akromatskih boja, 14. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija “Blaž Baromić”, Senj, 2010.
66. Marjeta Černič: The evaluation of paper and board properties for printing of graphic product, 14. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija “Blaž Baromić”, Senj, 2010.
67. Siniša Bogdanović, Irena Bates: Ovisnost reprodukcije boje i tiskovne podloge kod inkjet tiska, 15. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija “Blaž Baromić”, Senj, 2011.
68. Natalia Gurieva, Irina Chebotareva: Digital image quality evaluation adapted to structure of the open printing system, 15. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija “Blaž Baromić”, Senj, 2011.
69. Maja Krašić, Nikola Mrvac, Mile Matijević, Damir Vusić: Evaluacija utjecaja komplementarnog i simultanog kontrasta na percepciju akromatske sive, 17. Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija “Blaž Baromić”, Senj, 2013
70. Vilko Žiljak: Grafika u spektru od 400 do 1000 nanometra, 17.

Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komuni. "Blaž Baromić", Senj, 2013.

71. Jason Simmons: The designer's desktop manual, Rotovision, 2007.
72. Frenkel M., »Inkjet technology revolutionises flexo Ctp«, Flexo & Gravure Global, svez. 18, br. 3, pp. 16-17, 2012.
73. Dean Valdec: Sustavi vrednovanja boje, Veleučilište u Varaždinu, 2011.
74. Kipphan H., Color measurement methods and systems in printing technology and graphic arts, Proceedings SPIE, The society of optical engineering, Bellingham, 1993.
75. Mesaroš F: Grafička enciklopedija, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
76. Morović J., Luo M., R: Calculating image and medium gamut boundaries for gamut mapping, Color & imaging institute, Darby, 2002.
77. Zjakić I., Bolanča S., Bolanča Z.: The colour characteristics of modern printing, First Conference on color in graphics, Image and vision, Poitiers, France, 2002.

Norme

78. ISO 2836 Graphic technology - Prints and printing inks - Assessment of resistance to various agents
79. ISO 12639 Graphic technology - Prepress digital data exchange - Tag image file format for image technology (TIFF/IT)
80. ISO 12640-1 Graphic technology - Prepress digital data exchange - Standard CMYK color image data (CMYK/SCID)
81. ISO 12640-2 Graphic technology - Prepress digital data exchange - Standard color image data, part 2, XYZ/sRGB encoded image data (XYZ/SCID)
82. ISO 12640-3 Graphic technology - Prepress digital data exchange - Standard color image data, part 3, CIELAB encoded image data (CIELAB/SCID)
83. ISO 13655 Graphic technology - Spectral measurements and colorimetric computation for graphic arts images
84. ISO 13656 Graphic technology - Application of reflection densitometry and colorimetry to process control of evaluation of prints and proofs

85. ISO 14981 Graphic technology - Process control - Optical, geometrical and metrological requirements for reflection densitometers for graphic arts use
86. IEC 100/PT 61966 (Stokes) 45, Extended precision RGB colour space
87. IEC 100/PT 61966 (PL) 99, Colour Measurement and Management in Multimedia Systems and Equipment
88. IEC 100/PT 61966 (PL) 16, Default RGB color space –sRGB
89. ICC.1:1989-09 Specifications: File Format for Color Profiles, ICC 1998.
90. ISO 12647-4:2014 Graphic technology -- Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 4: Publication gravure printing
91. ISO 12647-5:2001 Graphic technology -- Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 5: Screen printing

8. Popis slika i tablica

- Slika 1. Prikaz procesa modernog digitalnog otiskivanja
- Slika 2. Osnovni princip naboja elektrona kod xerografije
- Slika 3. Osnovni princip elektrografije
- Slika 4. Pincip nabijanja elektrona u elektrografskom tisku
- Slika 5. Prikaz smanjenog i povećanog napona na kvalitetu slike
- Slika 6. Princip stvaranja kontinuiranog laserskog svjetla
- Slika 7. Prikaz stvaranja laserske slike
- Slika 8. Princip jednoprolaznih višebojnih elektrografskih strojeva
- Slika 9. Princip višeprolaznih višebojnih elektrografskih strojeva
- Slika 10. Shematski prikaz inkjet tehnika digitalnog tiska
- Slika 11. Princip rada kontinuiranog peizo elektrostatskog inkjet tiska
- Slika 12. Princip rada diskontinuiranog piezoelektrostatskog inkjet tiska
- Slika 13. Princip dobivanja inkjet kapljice kod termalnog inkjet tiska
- Slika 14. Matematički model nastajanja kapljica inkjet tiska
- Slika 15. Princip stvaranja i regulacije tinte kod peizo kristalnog inkjet tiska
- Slika 16. Princip inkjet tiskarske glave sa jednim redom mlaznica
- Slika 17. Prikaz inkjet tiskarske glave sa 6 mlaznica
- Slika 18. Shematski prikaz indigo digitalnog tiska
- Slika 19. Osnovna princip rada indigo digitalnog tiska
- Slika 20. Prikaz digitalizacije točkice kod indigo digitalnog tiska
- Slika 21. Usporedni prikaz kserografskog i indigo bojila
- Slika 22. Struktura ElectroInk bojila za indigo tisak
- Slika 23. Newtonov spektar boja
- Slika 24. Newtonova prizmatična zraka svjetlosti
- Slika 25. Slika karakteristika vidljivog spektra boja
- Slika 26. Prikaz kromatskih koordinata tristimulusnih vrijednosti
- Slika 27. Wilhelm Ostwaldova traka spektra boja
- Slika 28. Primjer degradacije boje
- Slika 29. Munselov prikaz boja
- Slika 30. Shematski prikaz boja u ovisnosti o uređajima
- Slika 31. CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja (različita područja sustava)
- Slika 32. Proces istraživanja graničnih područja
- Slika 33. Raspored tiskovnih elemenata i 378 mjernih polja na tiskovnoj formi
- Slike grafova elektrografskog digitalnog tiska
- Slika 34. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru - referentne vrijednosti

Slika 35. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od -4%

Slika 36. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od -5%

Slika 37. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od -6%

Slika 38. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od 4%

Slika 39. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od 5%

Slika 40. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV pomakom od 6%

Slika 41. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru - referentne vrijednosti

Slika 42. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od -4%

Slika 43. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od -5%

Slika 44. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od -6%

Slika 45. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od 4%

Slika 46. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od 5%

Slika 47. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV pomakom od 6%

Slika 48. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru - referentne vrijednosti

Slika 49. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od -4%

Slika 50. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od -5%

Slika 51. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od -6%

Slika 52. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od 4%

Slika 53. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od 5%

Slika 54. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV pomakom od 6%

Slike grafova inkjet digitalnog tiska

Slika 55. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru - referentne vrijednosti

Slika 56. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -4%

Slika 57. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -5%

Slika 58. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -6%

Slika 59. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 4%

Slika 60. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 5%

Slika 61. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 6%

Slika 62. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru - referentne vrijednosti

Slika 63. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -4%

Slika 64. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -5%

Slika 65. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -6%

Slika 66. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 4%

Slika 67. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 5%

Slika 68. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 6%

Slika 69. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru - referentne vrijednosti

Slika 70. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -4%

Slika 71. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -5%

Slika 72. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -6%

Slika 73. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 4%

Slika 74. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 5%

Slika 75. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 6%

Slike grafova indigo digitalnog tiska

Slika 76. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru - referentne vrijednosti

Slika 77. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -4%

Slika 78. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -5%

Slika 79. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od -6%

Slika 80. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 4%

Slika 81. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 5%

Slika 82. Prikaz kalibriranih gamuta na nepremaznom papiru sa RTV prirastom od 6%

Slika 83. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru - referentne vrijednosti

Slika 84. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -4%

Slika 85. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -5%

Slika 86. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od -6%

Slika 87. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 4%

Slika 88. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 5%

Slika 89. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom mat papiru sa RTV prirastom od 6%

Slika 90. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru - referentne vrijednosti

Slika 91. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -4%

Slika 92. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -5%

Slika 93. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od -6%

Slika 94. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 4%

Slika 95. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 5%

Slika 96. Prikaz kalibriranih gamuta na premaznom sjajnom papiru sa RTV prirastom od 6%

Slika 97. 3D i 2D prikaz elektrografskog tiska na nepremaznom papiru

Slika 98. 3D i 2D prikaz elektrografskog tiska na premaznom mat papiru

Slika 99. 3D i 2D prikaz elektrografskog tiska na premaznom sjajnom papiru

Slika 100. 3D i 2D prikaz inkjet tiska na nepremaznom papiru

Slika 101. 3D i 2D prikaz inkjet tiska na premaznom mat papiru

Slika 102. 3D i 2D prikaz inkjet tiska na premaznom sjajnom papiru

Slika 103. 3D i 2D prikaz indigo tiska na nepremaznom papiru

Slika 104. 3D i 2D prikaz indigo tiska na premaznom mat papiru

Slika 105. 3D i 2D prikaz indigo tiska na premaznom sjajnom papiru

Tablica 1. Prikaz kolorimetrijskih karakteristika tiskovnih podloga

Tablica 2. Volumeni gamuta elektrografskog tiska na nepremaznom papiru

Tablica 3. Volumeni gamuta elektrografskog tiska na premaznom mat papiru

Tablica 4. Volumeni gamuta elektrografskog tiska na premaznom sjajnom papiru

Tablica 5. Volumeni gamuta inkjet tiska na nepremaznom papiru

Tablica 6. Volumeni gamuta inkjet tiska na premaznom mat papiru

Tablica 7. Volumeni gamuta inkjet tiska na premaznom sjajnom papiru

Tablica 8. Volumeni gamuta indigo tiska na nepremaznom papiru

Tablica 9. Volumeni gamuta indigo tiska na premaznom mat papiru

Tablica 10. Volumeni gamuta indigo tiska na premaznom sjajnom papiru

Tablica 11. Prikaz graničnih područja vrijednosti elektrografskog digitalnog tiska

Tablica 12. Prikaz graničnih područja vrijednosti inkjet digitalnog tiska

Tablica 13. Prikaz graničnih područja vrijednosti indigo digitalnog tiska

Tablica 14. Primjer referentnih CIE L*a*b* vrijednosti testnih polja elektrografskog tiska

Tablica 15. Primjer referentnih CIE L*a*b* vrijednosti testnih polja inkjet digitalnog tiska

Tablica 16. Primjer referentnih CIE L*a*b* vrijednosti testnih polja indigo digitalnog tiska

[1(1.1)] McDonald R., Colour physics for industry, Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1987, str. 89

[2(1.1)] McDonald R., Colour physics for industry, Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1987, str. 89

[3(1.1)] McDonald R., Colour physics for industry, Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1987, str. 89

[4(1.1)] McDonald R., Colour physics for industry, Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1987, str. 89

[5(1.1)] McDonald R., Colour physics for industry, Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1987, str. 89

[6(1.1)] Hisen-Che Lee: Introduction to Color Imaging Science, Cambridge university, 2005.

9. Prilozi

Tablica 14. Primjer referentnih CIE L*a*b* vrijednosti testnih polja elektrografskog digitalnog tiska

43.27 -16.11 21.19	32.04 29.42 -28.14	55.18 -18.56 -24.94
24.18 -3.24 -4.41	36.20 4.01 13.89	21.72 3.91 -1.37
22.75 5.21 -0.34	35.90 -20.86 -5.16	55.07 14.79 -28.66
24.98 -6.29 1.73	35.77 25.43 -22.90	65.25 -25.56 -43.26
36.61 -16.01 -17.12	43.94 -22.22 -26.54	51.26 62.87 37.65
22.22 2.12 -0.95	55.24 23.92 8.19	38.44 39.27 8.72
50.78 37.42 40.71	31.35 -15.99 2.87	22.07 0.65 0.03
22.87 0.31 0.78	76.37 -15.58 -30.03	40.80 -24.34 9.04
95.14 -1.86 17.47	60.28 -44.59 21.44	48.58 14.60 12.91
22.42 2.96 -5.24	38.31 43.55 -4.26	30.35 9.55 12.70
62.79 -9.98 41.97	36.80 9.26 -47.24	40.55 3.92 15.38
42.31 55.50 -5.49	50.01 -11.57 24.67	42.99 5.31 3.42
56.13 51.13 39.40	51.35 -20.71 -49.78	50.56 40.85 11.94
55.78 25.90 -5.52	30.31 16.20 -37.04	62.65 -10.13 8.54
35.94 -25.44 5.77	48.83 12.25 36.52	57.36 50.09 52.19
44.99 30.45 -14.64	22.02 3.91 0.04	21.84 2.93 0.74
40.56 8.78 6.20	71.18 -25.86 38.21	36.50 -24.10 -1.74
21.91 0.83 -0.98	35.50 14.31 17.60	57.37 53.31 24.10
41.05 34.65 -13.83	46.10 9.32 -20.40	22.94 -0.30 3.24
21.76 2.11 -2.59	22.76 0.29 1.69	24.35 -0.57 4.94
44.12 -15.46 -34.58	35.64 -2.15 19.11	53.48 21.81 20.80
30.05 16.38 -35.72	37.51 14.42 -27.35	41.00 -11.50 26.21
30.52 20.93 8.33	50.36 65.10 31.97	21.99 1.39 0.03
40.95 -28.99 -3.91	42.98 -28.25 -12.93	59.07 -47.48 41.56
50.52 16.09 0.05	33.48 28.89 5.61	47.66 -2.46 11.91
22.96 -3.33 0.01	45.91 -11.69 -30.54	28.40 14.86 -4.10
23.34 -3.30 -1.69	22.23 2.17 -2.25	51.97 -1.74 -21.30
87.63 -6.86 -16.47	29.37 17.69 7.14	66.14 -4.45 -12.10
61.91 -12.44 31.32	29.59 17.61 -14.69	54.01 -23.23 42.42
52.67 46.03 -15.23	51.21 20.10 34.15	37.33 -27.99 7.28
29.52 11.24 -23.77	45.56 -7.31 -48.73	21.59 0.81 -1.79
21.73 2.67 -2.19	51.41 -5.56 -9.59	23.83 0.68 -1.26
48.11 -4.70 -24.43	64.82 10.71 8.71	45.84 -3.75 25.51
44.06 34.59 26.37	41.90 -36.85 10.31	39.20 43.74 5.10
33.41 24.82 -7.26	65.41 12.57 -5.33	32.86 -12.74 -10.30
48.84 -38.67 -16.20	73.70 -20.05 -9.30	21.91 -1.66 0.03
71.44 2.91 46.29	64.05 -9.27 21.07	34.12 20.26 15.01
45.77 49.21 27.08	48.47 -23.79 -37.71	23.27 3.97 0.26
23.62 2.33 -0.23	51.78 3.33 23.73	58.49 4.20 0.23
74.37 5.01 0.54	23.70 -2.01 2.42	28.46 1.51 9.28
83.83 14.52 13.46	71.67 35.94 -6.09	48.12 -31.72 -25.58
60.00 17.10 51.13	35.38 -20.07 15.78	37.11 -12.07 -21.21
43.39 -7.57 2.51	56.52 1.48 16.10	49.39 -0.07 -0.89
85.33 -10.43 4.49	80.70 13.97 59.18	22.98 8.17 0.60
23.41 0.31 0.23	61.77 -12.15 55.63	27.60 -9.06 2.66

30.79	22.85	-5.01	43.88	27.70	0.22	55.12	-21.49	29.55
35.79	1.66	-36.72	45.85	-35.56	27.06	21.95	3.65	-3.86
45.80	57.97	-12.16	39.54	36.25	17.28	44.64	60.38	-3.51
48.31	37.05	25.68	72.75	2.72	23.62	64.72	-6.12	-12.43
21.68	3.38	-5.16	25.28	-2.37	-7.87	57.48	-15.66	-6.88
35.20	0.47	12.50	35.52	22.91	-13.22	28.72	11.09	8.13
41.98	0.91	26.32	36.67	2.72	-32.54	24.31	5.82	-12.19
85.62	17.15	-5.74	51.60	-32.21	32.18	61.29	-14.20	49.56
82.63	-12.66	55.31	35.70	-5.63	-9.61	23.44	7.71	-2.80
82.34	13.34	34.48	54.12	-40.91	-32.96	34.96	33.80	3.02
23.36	7.36	0.87	44.71	6.90	-9.74	59.11	-12.04	-21.90
48.76	-13.24	35.46	21.60	2.28	-4.74	51.52	2.94	37.84
45.68	42.11	-5.38	30.33	2.34	-25.39	61.85	6.05	56.23
43.07	51.17	13.46	30.71	18.18	-41.68	56.09	-29.79	-50.83
59.64	56.04	-4.43	30.62	-4.75	-18.45	21.89	3.39	-0.09
42.72	21.32	26.67	42.59	45.59	20.54	41.99	5.02	27.98
23.02	5.58	-0.35	24.81	12.00	-9.94	22.39	-1.15	1.49
70.35	32.35	28.73	39.07	29.46	6.88	35.68	36.74	-4.43
48.14	-5.04	36.20	34.14	34.36	-14.42	49.02	-29.81	0.74
40.59	38.53	19.05	25.62	13.99	-2.14	23.19	-3.54	1.47
63.34	22.55	-0.89	67.43	29.83	66.43	54.35	10.27	-14.15
22.70	-1.65	2.06	65.64	-2.11	-29.74	61.61	21.14	17.07
32.22	-15.54	-5.24	33.32	-11.98	-16.06	35.73	-7.94	-25.65
45.60	-16.80	-38.24	49.85	71.23	6.55	44.58	57.29	8.28
39.25	5.23	19.75	23.83	-2.84	-4.19	42.85	26.89	27.99
39.84	40.89	14.53	40.46	44.41	-22.74	73.79	1.03	-2.35
28.69	10.08	-26.69	58.08	54.75	8.78	41.75	-26.28	22.47
39.07	-14.86	-25.06	24.06	5.10	-9.61	40.70	32.88	-4.06
22.61	0.97	-0.05	29.76	14.50	-32.03	22.69	2.11	-1.82
46.85	-8.86	-7.99	50.21	-19.01	-31.00	75.90	8.31	-17.75
29.88	7.53	-13.29	90.65	-4.90	68.32	38.20	-10.51	-27.72
33.97	6.91	-37.15	46.07	-33.32	15.57	23.29	4.54	1.24
24.05	-0.97	3.20	69.74	-28.41	60.04	57.35	-12.40	-42.24
37.41	10.33	-14.31	27.50	3.79	-0.08	50.79	-8.63	7.18
23.51	-0.03	1.38	22.15	1.45	1.40	36.66	-1.32	-21.79
52.04	-57.17	6.31	29.90	24.09	-3.66	22.74	1.29	0.10
27.77	17.62	-20.29	29.65	23.56	-31.23	55.59	-1.06	34.38
53.04	-29.20	15.27	53.16	-51.29	-13.01	42.11	-33.04	0.33
53.78	21.59	44.62	45.09	32.78	-27.57	38.26	46.29	-15.94
41.88	22.90	13.15	70.93	33.88	9.53	23.91	9.64	-1.17
27.14	10.62	-23.02	51.49	70.03	-1.41	64.47	25.25	-17.07
50.43	17.62	-12.02	63.66	9.59	24.32	27.07	-6.17	-6.32
65.44	-6.37	2.59	59.22	5.35	-13.58	28.65	11.76	-28.64
90.94	-6.55	93.80	22.82	1.58	1.64	68.81	-5.42	66.69
33.24	0.96	-29.16	25.08	4.43	-11.75	44.97	40.55	4.30
44.05	51.49	20.62	35.82	29.56	14.79	22.43	3.33	-0.85
35.88	6.81	-0.06	31.15	-16.80	3.85	96.44	1.03	-2.31
31.41	25.98	-17.60	51.48	-58.10	21.78	22.64	-0.26	-0.02
72.14	-0.56	11.99	46.48	-42.76	4.21	22.00	0.92	-2.52
35.67	-16.71	-8.48	71.37	0.07	67.07	22.97	3.18	2.49

83.48	-11.95	28.70	23.11	-0.81	-5.66	27.41	9.06	-21.50
29.17	22.09	-24.51	43.30	44.40	25.39	22.50	2.69	0.53
40.08	-33.05	8.54	45.60	-46.72	15.13	39.28	25.88	18.86
43.12	36.58	14.61	32.36	21.40	3.02	44.54	-5.40	-8.60
35.42	1.43	-2.02	42.26	10.91	-4.30	22.64	6.49	-0.95
39.65	-4.83	-38.24	23.44	1.05	-6.97	30.18	-9.56	10.79
70.81	-2.31	30.08	50.45	-30.46	-33.81	23.16	-2.68	1.91
45.50	-12.50	9.35	35.38	-21.34	5.21	28.30	18.65	-13.41
30.93	-7.33	-10.63	47.91	36.16	35.66	22.21	-1.63	-0.08
21.14	-0.57	-0.98	23.95	8.64	3.09	68.69	31.97	50.58
33.16	28.94	-33.50	22.05	2.24	0.34	22.32	4.03	-3.15
48.96	-24.11	-16.38	63.69	-33.13	-23.75	61.85	8.55	43.93
33.78	27.94	11.64	22.25	0.09	-0.25	93.47	-3.99	42.05
72.47	-24.23	13.10	33.72	16.18	9.44	54.04	-25.23	-4.00
68.76	-1.30	50.30	38.41	-19.98	-15.03	34.35	35.53	-21.68
47.59	2.68	-40.41	23.46	9.24	-0.52	22.77	4.15	-4.37
53.33	7.15	4.81	42.55	-22.54	-20.38	22.68	3.63	-4.54
22.44	-0.56	0.17	51.81	42.73	-2.56	22.90	-0.73	2.40
34.93	30.76	10.00	37.75	19.80	-38.96	26.69	6.89	-19.12
32.97	-9.60	1.63	50.20	68.97	19.40	28.44	-1.78	-16.06
44.92	13.23	24.43	61.42	-39.28	-1.76	45.25	-14.94	-17.70
33.66	32.75	-4.09	38.79	-9.71	14.26	34.70	-11.39	15.42
38.22	45.35	-4.82	38.38	46.79	-13.16	22.50	-0.93	-2.38
43.53	-19.92	-2.04	23.73	-1.77	3.28	42.56	53.78	3.08
46.47	-38.09	-9.39	21.59	2.78	-3.25	22.16	0.59	1.00
55.16	-1.48	46.31	47.95	-50.53	16.83	23.16	6.00	1.70
33.88	-5.87	-23.82	29.68	21.01	4.13	80.26	10.86	82.23
81.79	-14.29	79.23	32.42	-2.45	-21.93	31.64	27.72	-11.76
36.17	4.88	-12.23	22.86	6.22	-0.67	34.81	19.84	-2.33
46.88	-44.50	2.33	26.47	12.48	4.76	36.32	17.49	19.42
22.63	-0.58	-4.62	55.89	-18.52	10.79	59.78	19.14	37.57

Tablica 15. Primjer referentnih CIE L*a*b* vrijednosti testnih polja inkjet digitalnog tiska

46.16 -16.80 26.01	36.57 2.90 16.23	59.05 13.98 -27.33
25.06 -4.22 -5.98	37.16 -23.60 -5.56	66.67 -23.78 -41.72
22.52 5.66 -0.48	38.29 27.08 -20.96	50.47 62.81 37.17
26.84 -9.86 2.48	44.74 -23.19 -29.39	38.67 42.28 9.67
38.21 -18.08 -18.92	58.02 23.06 6.23	22.19 0.48 -0.14
21.76 1.86 -1.47	32.23 -18.91 3.36	45.30 -23.96 11.83
51.90 36.28 43.44	78.34 -13.58 -27.67	52.27 14.17 12.97
22.48 0.04 0.74	61.72 -40.76 19.68	32.98 10.56 16.27
95.02 -2.57 14.59	38.81 46.49 -3.53	45.06 2.43 18.49
22.95 3.28 -7.68	37.18 7.48 -47.87	47.00 3.56 4.05
66.05 -9.04 41.40	52.85 -10.23 25.39	53.24 40.78 11.73
42.78 57.42 -4.37	52.06 -21.77 -50.93	66.94 -8.75 7.72
57.90 49.85 38.55	29.28 16.70 -37.59	58.71 48.42 54.64
59.46 24.41 -5.38	51.17 12.20 41.04	21.95 2.78 0.47
37.28 -28.00 6.34	21.66 4.12 -0.54	37.61 -25.74 -3.29
47.46 29.94 -13.81	73.45 -23.60 36.67	59.78 51.23 21.76
44.17 8.45 6.52	38.36 16.43 23.10	23.58 -0.72 3.50
21.60 0.67 -1.34	48.55 9.23 -21.35	27.38 -0.67 8.26
43.32 35.07 -12.18	22.67 0.05 1.61	57.70 21.71 18.41
21.13 1.89 -3.23	39.03 -2.95 24.30	44.21 -11.97 30.72
45.09 -17.55 -37.24	39.29 14.65 -27.39	22.20 1.36 -0.32
29.31 17.16 -36.78	50.19 66.25 30.44	60.87 -46.50 43.81
31.78 24.59 10.27	44.04 -29.85 -16.30	50.24 -0.86 9.72
42.11 -31.99 -4.65	35.24 34.64 6.31	30.93 16.72 -4.57
53.56 16.73 -1.24	48.29 -11.01 -31.70	55.78 -1.63 -22.06
22.56 -3.55 -0.15	21.53 2.24 -2.08	70.74 -3.58 -11.01
22.85 -3.36 -1.92	30.60 20.98 8.60	56.51 -22.26 46.54
88.37 -5.71 -14.45	31.25 18.56 -13.83	36.58 -30.06 7.60
65.05 -10.62 31.65	55.34 19.27 37.22	21.22 0.83 -2.04
55.02 43.40 -14.29	46.43 -10.88 -48.50	23.24 0.65 -1.40
31.40 12.37 -24.18	54.70 -4.53 -9.87	47.96 -3.70 26.58
21.46 2.91 -2.87	68.07 10.19 6.93	39.51 46.40 4.91
49.79 -4.07 -25.35	42.36 -39.63 11.14	33.58 -14.49 -11.05
44.09 34.93 25.16	68.11 12.47 -5.35	21.83 -1.79 -0.16
34.67 25.37 -7.06	76.22 -18.24 -9.54	35.54 20.42 16.57
49.16 -38.65 -19.53	67.60 -7.77 19.79	23.03 4.39 0.18
74.47 1.58 45.99	49.00 -25.16 -40.13	61.83 4.59 -0.38
45.84 51.14 28.04	55.21 4.56 24.35	29.81 1.84 11.03
24.29 1.88 -0.55	23.18 -2.36 3.07	48.57 -31.94 -28.42
76.97 4.93 -0.22	74.00 32.29 -7.24	38.45 -11.90 -21.27
85.51 13.27 11.85	37.76 -21.46 19.23	51.81 1.00 -0.98
62.37 16.30 57.00	60.73 1.58 15.04	22.70 8.38 0.34
45.85 -7.30 3.35	81.90 11.89 56.68	30.45 -11.15 1.70
86.93 -9.10 4.46	64.41 -11.76 59.87	31.26 26.33 -4.51
23.01 0.07 -0.11	58.27 -18.57 -25.01	36.24 0.65 -37.81
32.17 31.19 -26.81	21.74 4.34 -1.95	46.42 59.53 -10.95

50.40	36.95	26.80	75.85	2.24	21.47	68.18	-4.68	-11.53
21.13	3.22	-5.27	24.72	-2.33	-8.13	59.88	-14.33	-7.91
36.09	-0.08	11.02	37.80	24.44	-13.05	29.67	12.44	8.91
44.51	1.39	31.36	40.79	1.02	-31.28	24.22	7.21	-15.68
86.60	15.01	-6.34	54.13	-32.54	35.91	64.09	-13.26	53.91
83.07	-12.06	52.23	39.44	-6.17	-8.53	22.66	8.23	-2.20
83.76	12.37	31.70	54.40	-40.44	-35.18	35.59	37.07	2.79
23.01	7.53	0.94	47.56	6.66	-10.13	62.00	-11.45	-21.46
51.26	-12.89	39.36	21.80	2.12	-5.26	54.82	2.41	42.97
48.17	42.46	-4.85	31.17	1.88	-27.01	64.19	5.13	60.42
43.12	53.83	12.11	30.56	19.03	-42.52	55.78	-29.87	-51.12
61.37	53.25	-4.94	31.56	-5.92	-20.50	21.74	3.48	-0.29
44.74	22.07	31.01	42.61	47.96	20.60	44.91	4.50	32.64
22.34	5.33	-0.24	25.93	15.65	-12.27	22.05	-1.32	1.38
72.26	29.39	24.95	42.63	31.69	7.20	36.06	39.41	-3.99
49.99	-5.07	39.16	34.96	38.52	-14.10	50.73	-28.67	-1.31
41.21	41.13	20.91	26.85	17.54	-3.28	23.42	-5.21	2.25
66.02	21.92	-2.75	69.26	27.45	69.72	58.01	10.09	-13.08
22.45	-1.41	1.85	69.11	-2.13	-27.61	64.87	19.41	15.20
33.37	-17.91	-6.22	34.86	-13.57	-18.03	36.06	-8.95	-27.02
45.96	-18.12	-39.74	49.91	71.81	6.33	45.01	60.12	7.65
40.03	6.63	18.74	24.35	-2.57	-4.78	45.28	28.35	32.64
39.70	43.26	15.26	41.23	46.88	-21.07	76.34	1.22	-3.13
27.91	10.94	-28.19	60.47	52.21	7.49	43.62	-27.13	25.88
39.75	-15.71	-27.47	25.11	5.68	-11.93	43.32	34.55	-4.02
22.34	1.28	-0.09	31.30	15.55	-31.85	21.80	2.34	-2.12
48.70	-8.27	-9.96	53.12	-18.96	-31.86	78.19	7.08	-16.09
31.18	8.95	-13.62	91.75	-4.90	65.32	39.40	-12.43	-30.44
34.09	6.40	-38.80	48.87	-32.60	16.10	22.93	4.25	0.87
23.59	-1.16	3.27	72.85	-26.18	63.60	59.32	-13.28	-41.01
39.09	11.31	-14.71	30.57	4.99	-0.88	53.79	-7.80	6.98
22.58	-0.06	1.17	22.21	1.26	1.51	40.18	-2.50	-21.14
51.72	-57.13	3.19	31.25	28.84	-4.34	22.59	1.11	-0.13
27.86	20.08	-20.70	29.66	25.48	-29.66	59.51	0.12	35.58
55.27	-28.49	14.69	53.14	-50.46	-16.57	42.74	-35.11	-1.32
55.81	20.47	48.76	47.43	32.15	-25.09	38.67	48.21	-13.85
44.52	24.73	14.92	73.35	30.85	7.32	24.56	12.28	-1.82
26.81	11.08	-24.06	50.96	70.11	-0.85	67.24	23.57	-16.21
53.85	17.87	-11.80	66.56	8.62	24.04	29.43	-9.63	-9.27
69.03	-5.97	2.43	63.06	5.66	-13.18	28.19	13.30	-30.56
90.64	-6.59	93.39	22.42	1.48	1.39	70.99	-4.60	70.66
32.73	0.65	-30.59	25.17	5.16	-14.60	47.15	41.31	3.93
43.98	53.45	20.40	36.69	32.35	16.17	21.82	2.80	-0.94
37.33	7.08	0.86	33.29	-21.87	5.49	97.08	1.09	-2.59
31.94	29.20	-17.17	51.38	-59.23	22.23	22.19	-0.53	-0.17
75.24	-0.56	10.88	46.66	-44.54	2.39	20.94	1.11	-2.29
37.72	-17.10	-8.57	73.32	0.98	70.82	22.97	2.73	2.72
46.19	29.14	0.34	57.95	-19.68	29.50	85.36	-10.94	25.10
47.18	-35.43	29.50	21.30	3.60	-4.24	29.11	24.51	-24.84
40.46	39.62	19.00	44.99	62.04	-2.88	41.03	-37.00	9.58

45.78	38.54	13.93	38.64	49.17	-11.86
39.44	2.91	-0.36	23.21	-1.83	3.53
41.09	-6.79	-40.00	21.77	3.44	-5.14
73.77	-2.50	27.41	47.85	-53.35	17.33
47.50	-12.68	9.94	30.80	25.66	4.74
31.92	-6.33	-11.12	32.92	-2.63	-22.07
21.13	-0.57	-1.39	22.33	6.86	-0.93
33.74	32.03	-32.42	27.21	15.63	6.22
51.24	-23.84	-18.37	58.70	-17.51	9.18
35.67	32.08	13.87	27.27	9.28	-22.07
74.74	-21.56	11.35	21.99	2.63	0.36
71.70	-2.34	50.26	39.19	26.08	17.28
49.94	1.34	-39.79	46.89	-5.20	-8.43
57.07	7.71	4.50	22.37	6.23	-1.11
22.02	-0.48	-0.07	32.96	-11.66	14.84
35.61	34.62	10.79	22.64	-2.81	1.98
36.50	-10.19	2.79	28.59	22.19	-14.70
50.33	11.10	28.41	21.60	-1.46	-0.07
35.38	37.00	-3.81	70.72	29.69	48.02
39.47	48.38	-4.97	21.81	4.10	-2.82
46.29	-19.84	-3.17	65.03	7.19	43.61
47.73	-38.67	-13.83	93.70	-3.89	36.70
58.48	-2.00	50.76	56.14	-24.63	-6.67
34.52	-6.92	-25.78	34.16	38.38	-19.70
83.22	-13.63	80.84	21.80	4.82	-4.78
41.02	3.56	-10.40	21.67	4.09	-4.59
47.61	-46.50	0.09	22.89	-1.03	2.61
22.78	-0.73	-5.18	26.58	8.79	-22.47
23.11	-0.30	-5.85	29.36	-2.78	-19.08
44.26	47.12	26.98	47.43	-15.21	-19.48
45.72	-48.94	15.53	37.20	-13.27	19.03
33.67	22.08	2.55	22.18	-1.05	-2.59
44.90	9.27	-2.95	42.90	55.85	2.69
23.17	0.37	-7.32	22.28	0.05	1.08
50.65	-31.41	-36.00	23.01	6.33	1.47
35.91	-20.59	4.84	82.18	9.96	84.69
48.95	35.73	38.33	32.25	31.35	-11.01
25.02	11.20	3.88	37.08	21.26	-1.94
21.69	2.59	0.18	38.33	18.30	23.30
65.15	-31.53	-24.06	63.42	18.07	37.40
22.21	-0.29	-0.42			
34.45	16.15	9.13			
38.77	-20.99	-17.53			
23.11	9.41	-0.78			
43.44	-24.80	-22.10			
54.19	42.44	-2.73			
39.38	19.53	-38.24			
49.69	69.52	17.81			
63.29	-37.00	-3.88			
42.61	-8.56	17.23			

Tablica 16. Primjer referentnih CIE L*a*b* vrijednosti testnih polja indigo digitalnog tiska

45.22 -14.91 30.48	27.35 -25.92 -4.98	43.68 67.68 47.94
16.64 -9.26 -8.36	36.32 25.64 -22.18	31.86 46.52 12.20
8.47 6.91 -0.15	36.80 -30.66 -29.29	12.93 0.86 -1.36
21.83 -13.89 3.15	55.82 20.29 5.62	44.19 -24.23 16.50
27.97 -21.28 -20.03	25.70 -18.13 4.19	50.36 11.69 14.24
6.07 -0.20 -2.99	76.47 -15.14 -27.57	23.80 15.57 20.58
49.23 37.13 47.48	60.32 -42.31 23.59	44.73 2.31 23.24
12.20 0.25 0.30	32.46 48.60 -1.44	44.91 3.70 4.27
91.91 -1.89 12.30	29.92 6.52 -51.27	51.13 37.43 11.53
17.00 3.95 -11.37	51.07 -11.49 29.39	64.79 -12.01 9.10
64.39 -12.38 43.15	48.81 -27.56 -50.85	54.88 48.14 59.01
34.29 59.10 -1.20	18.49 19.55 -40.98	9.06 2.55 0.59
56.46 47.25 40.85	48.05 12.37 48.31	25.30 -32.68 -2.94
57.03 21.85 -6.55	8.72 4.43 -2.05	57.06 47.68 20.36
26.47 -30.37 8.08	71.39 -25.14 36.86	11.71 1.24 4.58
45.36 26.46 -15.92	32.22 19.18 25.08	20.68 2.70 12.13
42.33 7.06 9.37	46.67 7.81 -21.51	55.36 19.08 21.13
6.90 -2.32 -2.78	10.01 -0.38 1.21	39.42 -8.72 38.08
41.66 32.82 -14.14	31.39 1.79 28.28	6.13 -1.06 -1.86
5.96 -0.10 -6.39	38.56 13.73 -27.83	59.04 -43.04 45.36
39.78 -20.83 -37.53	43.55 68.81 34.55	49.15 -3.14 13.28
15.86 19.85 -39.22	35.75 -37.16 -14.99	26.60 17.19 -2.61
18.68 27.04 13.63	23.80 36.31 8.78	54.13 -4.78 -21.51
37.61 -36.04 -0.77	46.46 -13.85 -32.66	68.52 -5.91 -13.00
51.31 13.49 -2.32	10.32 2.45 -4.32	55.55 -21.34 52.17
9.96 -11.47 0.29	24.65 24.92 10.34	23.83 -36.27 10.94
8.79 -10.03 -2.97	27.20 18.86 -11.98	9.24 -2.44 -3.82
85.71 -6.72 -15.92	54.30 18.09 40.47	20.59 0.81 -1.24
63.50 -13.71 33.66	41.04 -14.03 -50.72	46.98 -4.87 30.78
52.31 40.89 -18.44	53.41 -7.90 -9.17	29.55 48.61 8.32
28.75 12.21 -22.87	65.91 6.91 5.99	26.15 -14.16 -11.51
6.10 1.65 -4.49	33.72 -43.90 15.92	10.32 -7.93 -0.09
48.44 -6.20 -26.24	66.60 8.46 -6.18	30.04 22.15 16.82
44.48 37.95 32.72	74.27 -19.33 -9.70	8.74 5.30 0.86
31.66 25.53 -4.51	65.90 -10.78 20.35	60.49 -0.22 -0.29
46.08 -46.46 -18.49	44.18 -31.71 -40.20	26.17 4.20 12.90
72.17 -1.26 45.72	53.82 3.41 26.68	42.37 -39.47 -27.85
37.30 57.12 37.50	11.78 -4.89 3.78	35.01 -13.87 -21.48
21.96 4.16 1.90	71.72 29.37 -9.65	49.96 -1.28 -1.14
74.21 2.42 -0.59	30.78 -20.29 23.14	9.17 11.93 0.68
82.26 10.53 7.86	58.25 -1.66 18.35	27.49 -8.97 4.89
60.10 16.55 61.06	78.69 7.93 55.39	24.93 27.70 -2.38
43.45 -8.75 5.82	62.05 -10.06 64.83	28.39 -1.23 -39.92
84.28 -9.34 1.99	56.98 -21.52 -23.44	38.83 65.35 -12.37
16.67 0.13 0.01	6.77 4.12 -3.05	50.16 35.80 31.33
25.59 36.30 -28.50	57.57 10.99 -29.00	5.78 1.17 -9.28
33.65 4.63 18.97	65.24 -25.38 -40.56	34.55 1.15 15.56

42.04 2.78 37.24	39.45 -0.33 -32.72	11.39 8.83 -17.90
83.69 13.18 -8.40	52.86 -31.39 39.87	61.98 -12.85 56.98
80.97 -13.33 51.52	36.24 -6.68 -7.77	8.11 11.10 -2.74
80.79 9.57 27.83	52.66 -47.04 -34.39	21.72 37.85 5.79
9.50 9.32 1.81	46.03 5.95 -10.30	61.16 -14.20 -21.18
49.93 -11.61 45.76	8.17 -1.20 -7.55	52.58 3.55 46.74
46.18 39.88 -6.42	16.37 0.79 -29.24	62.07 6.13 67.21
33.87 55.96 16.42	19.15 26.50 -50.62	55.01 -36.94 -51.80
58.42 50.14 -7.85	20.96 -6.00 -22.73	6.68 3.08 -1.82
42.26 22.92 34.43	33.15 53.88 25.43	37.45 8.50 38.43
9.50 6.28 0.32	15.51 21.10 -9.61	9.35 -4.49 1.12
69.60 26.87 24.52	40.26 30.33 9.57	21.36 39.25 -0.67
46.70 -2.94 49.18	24.76 41.00 -11.50	49.92 -32.09 0.39
28.31 43.99 25.11	20.29 22.47 -1.59	16.83 -12.22 3.99
64.18 18.46 -2.62	66.48 26.85 71.50	56.82 6.50 -12.69
11.41 -3.60 2.24	67.87 -4.39 -28.52	63.22 15.91 16.64
21.56 -22.85 -4.75	21.93 -18.35 -19.25	22.49 -11.99 -30.49
38.74 -24.51 -40.61	44.74 72.68 10.06	38.41 60.72 10.01
40.97 6.62 26.05	8.41 -8.97 -6.50	36.91 30.39 36.18
29.25 46.77 18.42	33.03 54.70 -23.51	74.59 -1.08 -3.70
18.62 12.97 -29.53	58.43 48.51 5.09	42.62 -24.68 31.81
27.96 -22.29 -29.15	22.25 6.92 -11.11	41.44 32.49 -2.70
7.11 -0.28 -1.81	29.51 15.16 -32.48	7.27 2.16 -4.70
46.97 -10.32 -9.73	52.21 -23.02 -32.24	76.57 5.38 -17.59
28.20 8.04 -11.96	88.31 -5.31 62.86	29.00 -14.78 -33.04
21.86 5.96 -42.18	49.10 -35.16 21.07	10.07 4.95 2.17
12.31 -1.28 3.29	70.07 -25.46 64.11	58.85 -15.63 -39.90
35.68 10.44 -14.91	26.84 5.55 2.06	52.91 -10.36 9.95
12.51 -0.37 1.66	9.38 1.22 2.00	37.97 -4.01 -21.81
50.17 -63.45 8.69	18.50 32.05 -0.42	9.95 0.18 -1.75
14.12 25.19 -18.27	19.66 33.43 -29.43	57.73 -2.24 38.93
54.57 -30.63 19.79	51.11 -57.07 -15.83	35.55 -42.18 4.10
53.13 20.93 57.44	45.98 30.01 -27.93	32.88 51.77 -13.12
43.98 23.58 20.68	70.30 27.80 6.09	15.17 18.26 -1.07
11.22 13.82 -26.44	44.88 74.27 -0.77	65.77 21.42 -18.84
52.39 14.69 -13.70	64.62 5.24 23.94	21.48 -11.49 -8.86
67.21 -9.21 2.78	61.75 2.29 -12.36	16.17 14.81 -32.27
86.80 -5.58 92.22	10.87 2.38 2.77	69.05 -3.68 74.69
21.47 -0.16 -33.78	19.79 4.71 -14.70	45.40 38.20 4.11
37.98 58.74 25.20	21.57 33.06 18.92	11.78 4.50 -1.95
34.57 7.16 3.83	20.95 -26.91 7.24	94.09 0.75 -4.95
25.77 32.18 -16.11	49.24 -65.97 30.20	11.81 -2.50 -0.30
73.20 -2.62 9.81	40.60 -52.95 8.84	11.42 -0.69 -4.91
34.05 -16.52 -6.89	71.01 -0.13 70.99	10.71 3.96 3.29
44.62 25.03 0.89	57.28 -22.11 34.06	82.25 -12.26 23.19
47.87 -34.86 38.76	6.76 3.67 -6.75	19.61 29.28 -22.65
31.16 44.14 24.41	38.60 63.22 -1.41	36.18 -38.91 15.59
73.67 0.18 18.58	66.23 -7.96 -11.78	45.77 37.99 17.80
8.32 -6.64 -10.97	59.63 -17.20 -6.70	35.69 2.30 0.11
35.67 23.84 -11.98	25.85 16.41 9.98	29.97 -8.95 -42.73

71.95 -4.24 27.47	42.95 8.35 -2.89	39.66 31.11 25.78
45.87 -13.95 13.57	7.19 -0.89 -10.80	44.49 -6.35 -8.04
27.90 -7.16 -11.08	47.45 -36.74 -36.17	9.65 7.74 -2.03
8.27 -6.69 -2.84	32.87 -19.34 9.30	25.82 -9.59 17.91
25.57 41.22 -38.75	41.82 37.45 43.52	10.56 -8.18 1.97
50.87 -28.29 -18.52	15.18 14.08 6.29	20.52 25.46 -13.00
23.00 33.44 16.59	7.11 1.47 -0.95	8.79 -8.70 -0.21
71.75 -23.34 10.97	63.44 -32.74 -21.93	68.16 25.11 49.15
69.20 -4.88 52.58	7.69 -3.84 -0.79	8.77 6.00 -4.36
49.07 -0.23 -41.07	34.20 20.09 14.87	62.53 4.78 46.56
55.44 4.23 4.42	26.42 -28.29 -16.94	88.35 -3.97 33.52
9.40 -4.41 -0.54	9.31 13.10 -0.55	55.96 -27.05 -5.79
21.61 35.82 12.92	39.02 -30.66 -20.54	25.00 43.83 -19.43
35.09 -9.31 8.58	51.90 38.30 -3.91	6.90 6.10 -5.33
49.33 10.54 32.35	39.34 17.17 -38.34	6.06 4.37 -7.33
24.25 37.58 -1.33	44.30 70.91 20.82	10.95 -0.51 3.15
29.89 50.37 -1.47	62.00 -38.25 -3.62	16.37 9.41 -22.17
45.08 -22.39 -1.91	42.41 -9.69 23.73	16.18 -3.93 -21.25
41.82 -47.53 -10.55	30.04 52.51 -9.40	45.88 -18.03 -19.03
56.57 -1.17 56.90	12.86 -2.50 6.70	33.98 -10.06 21.89
26.29 -7.16 -27.90	12.29 4.53 -8.58	9.97 -5.91 -3.91
79.35 -12.95 79.46	43.88 -54.37 23.88	33.94 57.26 6.32
37.42 4.06 -10.41	18.53 29.56 7.58	7.86 -1.24 -0.24
45.04 -51.84 6.31	28.21 -3.48 -23.43	9.92 7.50 2.81
7.14 -4.24 -7.27	7.72 9.54 -0.19	78.26 8.71 83.16
9.56 -4.44 -8.75	19.95 19.33 8.81	18.04 34.10 -8.60
32.72 51.87 33.23	58.46 -20.85 13.21	34.81 21.13 -0.30
38.96 -54.50 22.83	22.47 10.85 -20.54	26.99 22.51 25.70
30.63 23.43 4.66	11.34 2.95 0.26	61.28 16.10 39.62

Popis objavljenih radova

A. Znanstvena djelatnost

1. Siniša Bogdanović, Igor Zjakić, Eduard Galić: Study of usability of macadams ellipsoids in defining quality of printing dark colours, Tehnički vijesnik, Printing and publishing, TV-20140913151653, 2015.
2. Siniša Bogdanović, Igor Zjakić, Irena Bates: Objektivnost doživljaja akromatskih boja // 14. Međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija, Senj, Hrvatska, 2011.
3. Siniša Bogdanović, Irena Bates: Ovisnost reprodukcije boje i tiskovne podloge kod ink-jet tiska // 15. Međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija, Senj, Hrvatska, 2012.
4. Siniša Bogdanović, Ivana Pavlović: Pristupi oblikovanja sučelja web stranica // Međunarodno savjetovanje - MATRIB 2014, Vela Luka, Hrvatska, 2014.
5. Ivana Pavlović, Siniša Bogdanović, Željko Bosančić: Simulacija primjene obojenih filtera za crno-bijelu fotografiju // 18. Međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija, Senj, Hrvatska, 2012.
6. Siniša Bogdanović, Tibor Rogulja: Video spot u tržišnoj komunikaciji // 17. Međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija, Senj, Hrvatska, 2013.

B. Stručna djelatnost

1. Autor serije logotipa u projektu rebrandinga Grand hotela SAVA, Rogaška Slatina, 2006.
2. Autor vizualno-komunikacijskog projekta ISAT za potrebe Hrvatske zajednice pučkih otvorenih učilišta Hrvatske, Zagreb, 2006.

3. Izvršio stalni postav izložbe »UMJETNOST UVJERAVANJA - Oglašavanje u Hrvatskoj od 1838» na Visokoj školi tržišnih komunikacija AGORA, Zagreb, 2007.
4. Autor vizualnog oblikovanja Visoke škole tržišnih komunikacija AGORA za 2003. - 2015. akad. godinu;
5. Objavio stručni rad «Dizajn prezentacije informacija» u monografiji: «Tragovi prvoga desetljeća 2003-2013», Zagreb, 2013., 76-79, (ISBN 978.953-57787-0-7)

Životopis

Rođen 04. 02. 1980. u Zagrebu. Srednju grafički školu u Zagrebu - smjer Desk top publishing završio 1998. Diplomirao na Grafičkom fakultetu u Zagrebu - smjer oblikovanje grafičkih proizvoda 2005. 2006. upisuje poslijediplomski doktorski studij na Grafičkom fakultetu u Zagrebu. Od 2005. stalno zaposlen na Visokoj školi tržišnih komunikacija AGORA. 2008. godine imenovan u nastavno zvanje predavača. 2013. imenovan u nastavno zvanje višeg predavača.

Aktivno predaje na Visokoj školi tržišnih komunikacija AGORA od 2005. na dodiplomskim kolegijima: Desk top publishing 1,2,3; Tiskana produkcija, Praktikum i na diplomskom kolegiju Kreativni produkcijski alati 1,2,3. 2009. godine predavao na Grafičkom fakultetu u Zagrebu na kolegiju Web dizajn.

Tijekom karijere obavljao stručnu praksu i vodio stručne radionice u vodećim tiskarama u RH i to: Sveučilišna tiskara, Zagreb, Grafika Radin, Zagreb, Grafica Walter, Umag, Kerschoffset, Zagreb i Stega tisak, Zagreb.

Autor je više znanstevnih i stručnih radova. Od 2011. član je HDG - Hrvatskog društva grafičara.