

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Geodezija,
smer Geodezija

Kandidat:

Peter Hari

Sodobne tehnologije razmnoževanja kart

Diplomska naloga št.: 679

Mentor:

doc. dr. Dušan Petrovič

Ljubljana, 25. 4. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Peter Hari izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: **“SODOBNE
TEHNOLOGIJE RAZMNOŽEVANJA KART”**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatorke FGG.

Ljubljana,

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDC	528.9:655.1/3(043.2)
Avtor	Peter Hari
Mentor	doc. dr. Dušan Petrovič
Naslov	Sodobne tehnologije razmnoževanja kart
Obseg in oprema	93 str., 2 pregl., 42 sl., 25 en.
Ključne besede:	digitalni tisk, Xeikon, kartografija, karta, barve

Izveček

V diplomski nalogi je predstavljeno področje sodobnih tehnologij razmnoževanja kart. Opisane so analogne in digitalne tehnike tiska ter njihova uporabnost v kartografiji. Sodobna digitalna tehnika tiska Xeikon in konvencionalna analogna tehnika tiska ofset sta v nalogi podrobneje predstavljene in sta predmet raziskave, kjer smo primerjali tiskana izseka karte v obeh tehnikah. Preverjali smo grafično kakovost, katero smo določili z izračunom sporočilnega naboja, barvno odstopanje in kakovost kartografske vsebine. Nakazali smo prednosti, ki jih prinaša sodobna digitalna tehnika v kartografiji.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC	528.9:655.1/.3(043.2)
Author	Peter Hari
Supervisor	Assist. Prof. Dušan Petrovič
Title	Modern cartographic reproduction technologies
Notes	93 p., 2 tab., 42 fig., 25 eq.
Key Words	digital printing, Xeikon, cartography, map, colours

Abstract

In the diploma work the field of modern cartographic reproduction technologies are presented. The analogical and digital prints and their importance in the cartography are described. The special emphasis is given to the modern digital printing Xeikon and to the conventional analogical offset printing. Both techniques are taken part in the empirical research where the two map prints of the same area have been compared. Graphical quality, which is defined by the calculation of the informational value, colour deviation and the cartographic quality have been examined. Advantages of the modern digital techniques in the cartography are pointed out.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Dušanu Petroviču, ki mi je razširil obzorje razumevanja kartografije. S svojimi nasveti in vzpodbudami je dal pečat temu delu.

Zahvaljujem se še Helgi, Renatu, Zvonku in Ernestu za njihovo pomoč in prebiranje naloge ter vsem, ki so kakorkoli pripomogli k nastanku tega diplomskega dela.

Nazadnje se še zahvaljujem staršem, Marjeti in Ernestu, ki so mi ves čas študija stali ob strani in verjeli vame.

KAZALO VSEBINE

UVOD	1
1 TISK.....	3
1.1 Od začetkov tiska v kartografiji do tiska na zahtevo.....	3
1.2 Tiskarske tehnike	4
1.2.1 Analogne tehnike tiska	6
1.2.1.1 Visoki tisk.....	6
1.2.1.2 Globoki tisk	6
1.2.1.3 Ploski tisk	7
1.2.1.4 Propustni tisk	8
1.2.2 Analogna tehnika tiska v kartografiji	9
1.2.3 Digitalne tehnike tiska	12
1.2.3.1 Elektrofotografija.....	13
1.2.3.2 Elektrografija	15
1.2.3.3 Magnetografija.....	15
1.2.3.4 Kapljični tisk	16
1.2.3.5 Termografski tisk.....	18
1.2.3.6 Ionografski tisk.....	19
1.2.4 Pregled trenutnega stanja digitalnih tehnik tiska.....	20
1.2.5 Digitalna tehnika tiska v kartografiji	20
2 BARVE	22
2.1 Lastnosti barv	22
2.1.1 Proces zaznavanja barv in tonov	24
2.1.2 Barvno mešanje	26
2.1.2.1 Aditivno mešanje barv	26
2.1.2.2 Subtraktivno mešanje barv	27
2.1.2.3 Optično mešanje barv	29
2.1.3 Opis barv	30

2.1.4	Barvni modeli	32
2.1.4.1	CIE barvni model	32
2.1.5	Barvna območja	34
2.2	Reprodukcija in simuliranje barv	35
2.2.1	Reproduciranje barv na zaslonu (RGB).....	35
2.2.1.1	Reproduciranje barv na katodnem zaslonu (CRT)	35
2.2.1.2	Reproduciranje barv pri zaslonu na tekoče kristale (LCD)	36
2.2.2	Reproduciranje barv v tisku (CMYK).....	37
2.2.2.1	Reprodukcija tonov	38
2.2.2.2	Reprodukcija barvnih valenc	41
2.3	Barve v kartografiji.....	44
2.3.1	Sistem barvnega upravljanja.....	45
2.3.2	Barvni profili	46
3	SPOROČILNI NABOJ KARTE NA RAZLIČNIH MEDIJIH.....	48
3.1	Sporočilni naboj.....	48
3.1.1	Ločljivost.....	49
3.1.1.1	Optična ločljivost.....	50
3.1.1.2	Geometrična ločljivost snemalnega vezja	52
3.1.1.3	Snemalna ločljivost	52
3.1.1.4	Slikovna ločljivost digitalne slike	53
3.1.1.5	Upodobitvena ločljivost.....	53
3.1.1.6	Naslovna ločljivost	54
3.1.1.7	Reprodukcijska ločljivost	55
3.1.1.8	Tiskovna ločljivost	55
3.1.1.9	Zaslonska ločljivost	56
3.1.2	Tonski obseg.....	56
3.2	Izračun sporočilnega naboja karte na posameznih medijih.....	57
4	PRIMERJAVA KARTE	59
4.1	Priprava na tisk	59
4.1.1	Priprava na tisk pri ofsetnem tisku	60

4.1.2	Priprava na tisk pri digitalnem tisku (Xeikon)	60
4.2	Barve pri tisku	61
4.2.1	Usklajevanje barve pri digitalni tehniki tiska.....	63
4.3	Izračun sporočilnega naboja izseka karte na različnih medijih v procesu izdelave karte	63
4.3.1	Sporočilni naboj, ki ga lahko zazna oko.....	64
4.3.2	Sporočilni naboj zaslona.....	64
4.3.3	Sporočilni naboj karte tiskane z ofsetno tehnologijo.....	65
4.3.4	Sporočilni naboj karte tiskane z digitalno tehnologijo	65
4.3.5	Izračun sporočilnega naboja tiskanih kart pri krajši oddaljenosti opazovanja .	66
4.3.5.1	Izračun ločljivosti očesa ter najmanjšo upodobitveno ločljivost pri krajših oddaljenostih opazovanja	66
4.3.5.2	Izračun sporočilnega naboja očesa pri različnih oddaljenostih opazovanja .	68
4.4	Primerjava kartografske vsebine pri obeh izsekih karte.....	69
4.5	Primerjalna tabela	70
5	ZAKLJUČEK	74
VIRI	76

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razdelitev analognih in digitalnih tiskarskih tehnik.....	5
Preglednica 2: Delitev digitalnega upodabljanja po Ralfu Schlötzerju.....	12

KAZALO SLIK

Slika 1: Načelo visokega tiska.....	6
Slika 2: Načelo globokega tiska.....	7
Slika 3: Načelo mokrega ploskega tiska.....	8
Slika 4: Načelo suhega ploskega tiska.....	8
Slika 5: Načelo propustnega tiska.....	9
Slika 6: Ofsetni stroj s tremi valji.....	10
Slika 7: Enobarvni stroj za ofsetni tisk.....	10
Slika 8: Štiri barvni stroj za ofset tisk.....	11
Slika 9: Načelo elektrofotografskega tiskarskega tiska v šestih korakih.....	14
Slika 10: Celoten prikaz delovanja elektrofotografskega tiska.....	15
Slika 11: Načelo magnetografskega tiska.....	16
Slika 12: Načelo kontinuiranega kapljičnega tiska.....	17
Slika 13: Načelo diskontinuiranega kapljičnega tiska.....	17
Slika 14: Načelo termotransferskega tiska.....	18
Slika 15: Načelo termosublimacijskega tiska.....	19
Slika 16: Načelo ionografskega tiska.....	19
Slika 17: Relativni položaj digitalnih tiskarskih tehnik.....	20
Slika 18: Nastanek barve.....	23
Slika 19: Odnos dojemanja barve.....	23
Slika 20: Spektralna občutljivost barvnih receptorjev.....	24
Slika 21: Nastanek barvnih valenc v očesu.....	25
Slika 22: Pogojno enake ali metamere barve.....	26
Slika 23: Aditivno mešanje barv.....	27
Slika 24: Subtraktivno mešanje barv.....	28
Slika 25: Optično mešanje barv.....	30
Slika 26: Osnovno barvno telo s tremi dimenzijami: barvnost, čistost, svetlost.....	31
Slika 27: CIE XYZ.....	33
Slika 28: CIELAB.....	34
Slika 29: Barvno območje zaslona (RGB) in barvno območje tiska (CMYK).....	35
Slika 30: Levo: piksel sestavljen iz RGB, desno: piksel sestavljen iz RGBK.....	37

Slika 31: Rastrska reprodukcija.....	38
Slika 32: Elementarni rastrski kvadrat s stranico l in velikost rastrskih tonskih vrednosti - RTV v %.....	39
Slika 33: Rastrska pika v kapljičnem tisku in laserski elektrografiji.....	40
Slika 34: Leva stran slike je amplitudno rastrirana, desna frekvenčno.....	41
Slika 35: Trikromatska avtotipijska reprodukcija.....	42
Slika 36: Koti rastrov.....	43
Slika 37: Moiré.....	43
Slika 38: Preslikava barvnega območja $CMYK_1$ v barvno območje $CMYK_2$	47
Slika 39: Ločljivosti v reprodukcijskem procesu.....	50
Slika 40: Optična ločljivost človeškega očesa.....	51
Slika 41: Rastrski kvadrat, prikazan z matriko 6 x 6, 10 x 10 in 12 x 12 rastrskih točk.....	55
Slika 42: Tabela sporočilnega naboja.....	58

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CIE	mednarodna komisija za razsvetljavo (Commission Internationale d'Éclairage)
CMYK	cian, magenta, yellow, karbon (osnovne tiskarske barve)
CRT	katodni zaslonu (Cathode Ray Tube)
ICC	mednarodni konzorcij za barve (International Color Consortium)
ICC barvni profil	barvni profil, ki odgovarja specifikaciji ICC-ja
LCD	tekočokristalni zaslon (Liquid Crystal Display)
LED	dioda, ki oddaja svetlobo (Light Emitting Diode)
RAM	delovni spomin računalnika (Random Access memory)
RGB	red, green, blue
RIP	programska ali strojna oprema, ki omogoča pretvorbo elektronski podatkov, ki vsebujejo različne grafične elemente, v množico točk, ki jih je sposobna interpretirati izhodna naprava
RTV	rastrska tonska vrednost
Piksel	osnovni slikovni element digitalne slike
MPx	mega piksel
Sn	sporočilni naboj
bit	osnovna enota za količino informacij
Byte	osem bitov

»Nič na Svetu ni stalnega, stalne so spremembe«

UVOD

Človek je že davno poskušal zapisati in zarisati svoja ozemlja, določiti meje, načrtovati poti in zapisati imena krajev. Poznamo karte, ki so jih izdelovali pomorščaki na svojih poteh, ko so skušali odkriti nove poti in nova ozemlja. V teh primerih so bile karte največkrat ročno izdelane in velikokrat so predstavljale strateško informacijo pri kolonizaciji in vzpostavljanju trgovskih poti. Takratni življenjski tempo in tehnologije, ki so jih imeli na razpolago, so bile za takratni čas zadovoljive, čeprav ne smemo pozabiti, da si vedno prizadevamo, da bi bilo boljše. Število ljudi, ki so uporabljali karte je bilo omejeno, saj niso čutili potrebe po njih. Spremembe življenjskega sloga ter »manjšanje« razdalj med kraji in kontinenti so prinesli s sabo tudi široko uporabo kart v poslovne in zasebne namene. Že na potovanje na krajše razdalje vzamemo s sabo avtokarto oz. jih že imamo spravljene v predalu, v hribe vzamemo pohodniško karto, v tujih deželah, kjer se znajdemo kot turisti, uporabljamo turistične karte, ki vsebujejo vedno več informacij in zahtevajo njihovo ažurnost, saj so sicer manj uporabne.

Živimo v informacijski dobi, kjer so sveže informacije pomembna vrednota. Tako je tudi v sodobni kartografiji, kjer so sveže informacije ključnega pomena. S hitrim razvojem računalniške tehnologije se vedno več uporabnikov poslužuje digitalnih podatkov. Kljub temu pa širši krog uporabnikov še vedno uporablja tiskane karte, pri katerih je največji problem ažurnost podatkov.

V nalogi se bomo ukvarjali s primerjavo različnih tehnologij razmnoževanja kart in njihovimi prednostmi in slabostmi. Preden se bomo lotili primerjave se bomo najprej sprehodili med tehnikami tiska. Prvo poglavje bo tako namenjeno tisku, od njegovega začetka v kartografiji in vse do danes. Različne tehnike namreč omogočajo različno kakovost in ažurnost karte. Spoznali bomo analogne in digitalne tehnike tiska, ter njihovo umeščenost v kartografiji.

V drugem poglavju se bomo ukvarjali z barvami, ki igrajo v kartografiji pomembno vlogo, ker na primer ni vseeno kateri odtenek zelene barve vzamemo, saj lahko poruši celotno harmonijo karte, če ni v skladu z ostalimi izbranimi barvami. Spoznali bomo nekaj več o lastnostih barv na splošno, njihovem opisu in barvnih modelih ter barvnih območjih. Za kartografijo je pomembna reprodukcija in simuliranje barv, sistemi barvnega upravljanja in barvni profili, o čemer bo tudi govora v tem poglavju.

V tretjem poglavju se bomo ukvarjali s sporočilnim nabojem karte na različnih medijih. Sporočilni naboj določa kakovost karte na različnih medijih. Pri sporočilnem naboju ločimo ločljivost in tonski obseg. Spoznali bomo različne vrste ločljivosti od optične, geometrične, snemalne, slikovne, upodobitvene, naslovne, reprodukcijske, tiskovne do zaslonske ločljivosti. Predstavili bomo tudi izračun sporočilnega naboja karte na posameznih medijih.

Drugi del naloge je namenjen empiričnemu raziskovanju, kjer bomo primerjali karto, tiskano v različnih tehnikah tiska. Opisali bomo pripravo na tisk pri obeh tehnikah tiska in vlogo barv. Izračunali bomo sporočilni naboj izseka karte na različnih medijih v procesu izdelave karte in upoštevanju različnih oddaljenosti opazovanja karte. Izračunali bomo tudi ločljivost očesa in njegov sporočilni naboj pri različnih oddaljenosti opazovanja. Sledila bo primerjava kartografske vsebine in vrednotenje obeh kart ter predstavitev prednosti in slabosti obeh.

1 TISK

1.1 Od začetkov tiska v kartografiji do tiska na zahtevo

Področje v kartografiji, ki se ukvarja s tehnologijo in postopki izdelave kart se imenuje kartografska reprodukcija. Je izrazito praktično področje kartografske znanosti in je podvrženo večjim, globljim spremembam ob vsaki večji tehnološki spremembi in tehnološkem razvoju kot takemu, v našem primeru razvoju tiska (Petrovič, 2002). Prve karte so bile prersane. Kasneje se je pojavil lesorez. Lesorez je tehnika vrezovanja vsebine karte v les, kjer se nabarvajo izbočeni deli in se s pomočjo stiskalnic vsebina prenese na papir. Ta tehnika tiska se imenuje visoki tisk. Sledi ji bakrorez, ki močno dvigne kakovost tiska. Tu se vsebina prenaša z vboklin, zaradi česar se tovrstna tiskarska tehnika imenuje globoki tisk. Vsekakor pa ne smemo pozabiti na Johannesa Gensfleischa, imenovanega Gutenberg, ki je z iznajdbo svinčenih črk leta 1440 naredil knjige in druge tiskovine, ki so tako postale dostopne širši množici. Tehnika tiska z uporabo svinčenih črk se imenuje visoki tisk, ki je bil v uporabi več kot pol tisočletja. Leta 1899 iznajdejo litografijo, z izboljšavami jo danes poznamo pod imenom »ofset« tisk (posredni ploski tisk), ki ima še vedno vlogo konvencionalnega tiska. Litografija je tehnika tiska pri kateri se na poseben peščenjak (kamen) z masnim tušem nariše slika. Kamen se nato najprej navlaži z vodo, voda se oprime vseh nemastnih delov, sledi nabarvanje z barvo, katera se oprime samo mastnih delov, ter se nato odtisne na papir (Rojc, 2000/2001). V zadnjih letih se nahajamo na eni večji, morda največji spremembi v reprodukciji kart od 15. stol., ko so se karte sploh začele razmnoževati in odkar lahko govorimo o resnični reprodukciji kart. Z razvojem računalnikov, od 60-ega leta naprej, kartografska reprodukcija temelji na rešitvah, ki jih ponuja računalniška tehnologija (Petrovič, 2002). Konec 80-ih se pojavi digitalni tisk, ki konkurira konvencionalnemu analognemu ofsetnemu tisku. Ena od pglavitnih prednosti, inovacij, ki jo prinaša digitalni tisk, je tiskanje na zahtevo (ang. printing on demand), z razliko od ofsetnega tiska, kjer se tiska na zalogo. Kartografska reprodukcija postane s pojavom digitalnega tiska še bolj dinamična.

1.2 Tiskarske tehnike

Poznamo veliko različnih tiskarskih tehnik, ki jih v grobem delimo na analogne in digitalne (Preglednica 1). V nalogi se bomo podrobneje posvetili le ploskemu tisku - ofsetnemu tisku in elektrofotografskemu tisku - Xeikon, kjer bomo primerjali tiskani karti v obeh tehnikah. Glavna razlika med analogno in digitalno tiskarsko tehniko je, da imamo pri analogni tiskarski tehniki materialno prisotno tiskovno formo, pri digitalni tiskarski tehniki pa materialno prisotno tiskovno formo nadomešča delovni spomin računalnika (RAM – Random Access memory). Tako je, z razliko od analognih tiskarskih tehnik, kjer se podatki (v našem primeru vsebina karte) na tiskovno formo naložijo enkrat za celo naklado, potrebno pri digitalni tiskarski tehniki za vsak odtis posebej naložiti podatke. Na ta način lahko pri digitalni tiskarski tehniki tiskamo vsak odtis z drugimi podatki, to je nasprotno z analognimi tiskarskimi tehnikami, kjer se materialno prisotna tiskovna forma, in s tem »materialno prisotni podatki«, uporabi za celotno naklado (Kumar, 2000). Primer: pri digitalnih tiskarskih tehnikah, kjer je vsak odtis lahko drugačen, lahko tiskamo cel atlas po vrstnem redu strani, z razliko od analognih, kjer moramo za vsako stran atlasa menjati tiskovno formo (Kumar, 2000).

Preglednica 1: Razdelitev analognih in digitalnih tiskarskih tehnik

(Vir: Kumar, 2000, 6)

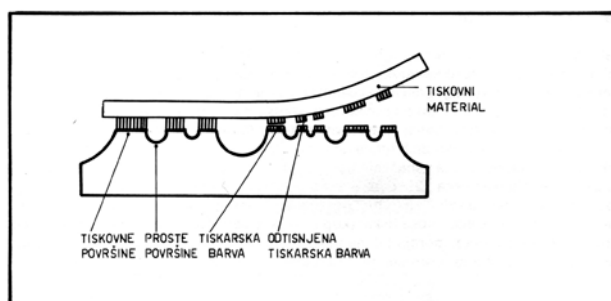
TISKARSKE TEHNIKE	
ANALOGNE S TISKOVNO FORMO	DIGITALNE Z RAM-om (DINAMIČNIM SPOMINOM)
VISOKI TISK	KSEROGRAFSKI TISK
FLEKSO TISK neposredni KNJIGOTISK neposredni posredni (letterset)	SUHI TONER neposredni posredni MOKRI TONER neposredni posredni ELEKTRO BARVA posredni – <i>digitalni ofsetni tisk</i>
GLOBOKI TISK	KAPLJIČNI TISK
LINIJSKI – ČRTNI neposredni RASTRSKI – BAKROTISK [di]neposredni [di]posredni	DISKONTINUIRANI – DoD termični piezoelektrični trdočrnilni KONTINUIRANI
PLOSKI TISK	TERMOGRAFSKI TISK
Z VLAŽENJEM neposredni [di]posredni – <i>ofsetni tisk</i> BREZ VLAŽENJA neposredni [di]posredni – <i>suhi ofsetni tisk</i>	TERMOTRANSFER TERMO-SUBLIMACIJA
PROPUSTNI TISK	IONOGRAFSKI TISK
SITOTISK [di]neposredni posredni CIKLOSTIL [di]neposredni posredni	SUHI TONER MOKRI TONER ELEKTROKOAGULACIJA Elkografija
	MAGNETOGRAFSKI TISK
TISKARSKE TEHNIKE, KI JIH OZNAČUJE [di], OBRATUJEJO TUDI Z DIGITALNIM UPODABLJANJEM TISKOVNE FORME.	
TISKARSKE TEHNIKE, KI JIH OZNAČUJE poudarjena tipografija , SO NAJBOLJ RAZŠIRJENE IN DOMINIRAJO V UPORABI.	

1.2.1 Analogne tehnike tiska

Analogne tiskarske tehnike se med sabo razlikujejo po obliki in lastnostih tiskovnih elementov ter načinu prenašanja tiskarske barve na tiskovni material. Glede na to, kako so tiskovni elementi na tiskovni formi zgrajeni in kakšne lastnosti imajo, razdelimo tiskarske tehnike na visoki, globoki, ploski in propustni tisk. Po načinu prenašanja tiskarske barve na tiskovni material pa na neposredne in posredne tehnike tiska (Kumar, 1993).

1.2.1.1 Visoki tisk

Pri visokem tisku so na tiskovni formi tiskovne površine izbočene, proste pa vbočene. Med tiskanjem se tiskarska barva prime samo na izbočene dele in se z njih prenese na polo tiskovnega materiala. Nanos tiskarske barve je na vseh tiskovnih površinah enako debel in je enak tudi na odtisu. Pri tisku ostane od 30% do 50% tiskarske barve na tiskovni formi, odvisno od lastnosti uporabljenih materialov (Kumar, 1993).



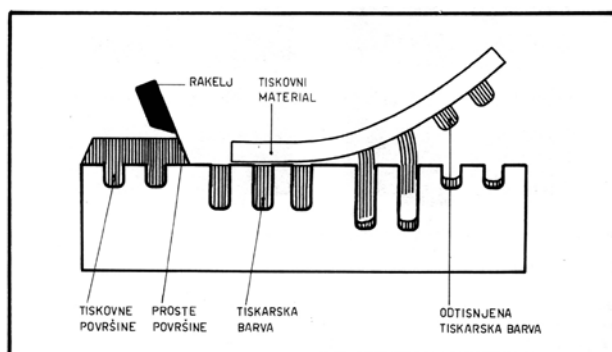
Slika 1: Načelo visokega tiska

(Vir: Kumar, 1993, 64)

1.2.1.2 Globoki tisk

Pri globokem tisku so na tiskovni formi tiskovne površine vbočene, proste pa izbočene. Tiskarska barva se nanese najprej po celi površini tiskovne forme in se pred odtisom na polo z vseh prostih površin odstrani z nožem, imenovanim rakelj. Debelina nanosa tiskarske barve na odtisu je odvisna od globine tiskovnih površin. Nanos tiskarske barve je tako lahko na

nekaterih mestih odtisa večji, na drugih pa manjši. Tudi pri tej tehniki tiska ostane nekaj tiskarske barve na tiskovni formi (Kumar, 1993).



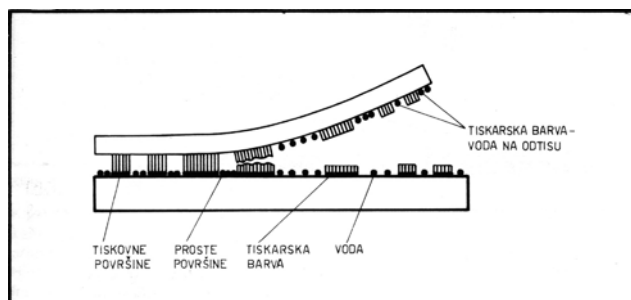
Slika 2: Načelo globokega tiska

(Vir: Kumar, 1993, 64)

1.2.1.3 Ploski tisk

Pri ploskem tisku so na tiskovni formi tiskovne in proste površine skoraj v istem nivoju. Razlika med njimi je le nekaj μm . Da se tiskarska barva prime samo na tiskovne in ne na proste površine, imajo zato le-te različne fizikalno-kemijske lastnosti. Obstajata dve tehniki nabarvanja, in sicer mokri in suhi ploski tisk.

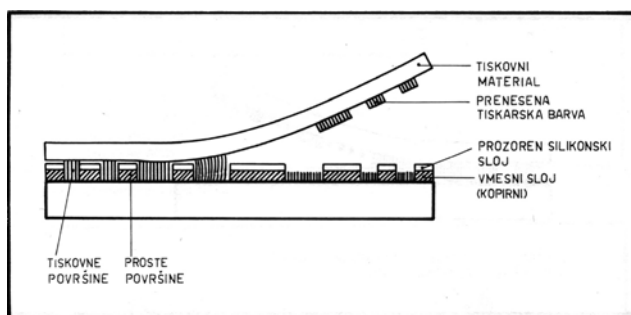
Mokri ploski tisk, bolj znan kot ofsetni tisk, je tehnika tiska, pri kateri se proste površine omočijo z vodo, tiskovne pa le s tiskarsko barvo. Pri nabarvanju tiskovne forme opravimo dve delovni operaciji, prva je navlaženje in šele potem nabarvanje. Voda se pri navlaženju prime na vse proste površine, medtem ko se na tiskovne ne more. Pri nabarvanju je ravno obratno. Navlažene proste površine se ne morejo omočiti z barvo, medtem ko jo suhe tiskovne površine sprejemajo. Tiskovno formo pred vsakim odtisom ponovno navlažimo in nabarvamo.



Slika 3: Načelo mokrega ploskega tiska

(Vir: Kumar, 1993, 65)

Pri suhem ploskem tisku so proste površine prevlečene s posebno silikonsko prevleko, ki ne sprejemajo barve. Nad aluminijastim osnovnim materialom je silikonski sloj, ki služi za formiranje tiskovnih površin, katere sprejemajo barvo.



Slika 4: Načelo suhega ploskega tiska

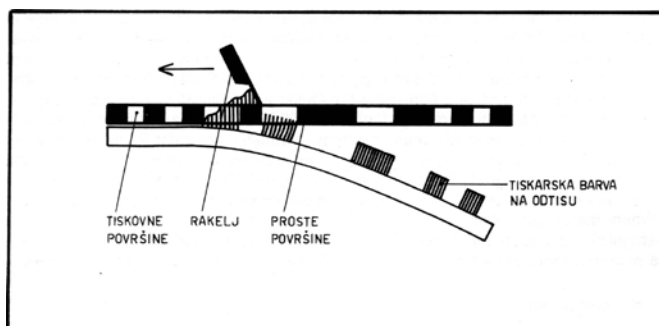
(Vir: Kumar, 1993, 66)

Nanos tiskarske barve je pri obeh tehnikah tiska po vsej površini enak. Prenesena količina barve je 50% do 70%. Pri mokrem ploskem tisku se poleg barve prenese še 5% do 20% vode (Kumar, 1993).

1.2.1.4 Propustni tisk

Propustni tisk, bolj znan kot sitotisk, je tehnika tiska pri čemer je tiskovna forma sito. Pri sitotisku so proste in tiskovne površine v istem nivoju. Tiskarsko barvo z rakljem ali valjem potiskamo skozi tiskovne površine na tiskovni material. Tiskovne površine so tu prazni prostori in jih v materialnem smislu ni, zato nimajo lastnosti, ki bi vplivale na prenašanje

tiskarske barve. Debelina nanosa tiskarske barve je odvisna od debeline tiskovne forme – sita. Nanos tiskarske barve na odtisu je enakomeren in znaša 100%, saj je tiskovna forma enakomerno debela (Kumar, 1993).



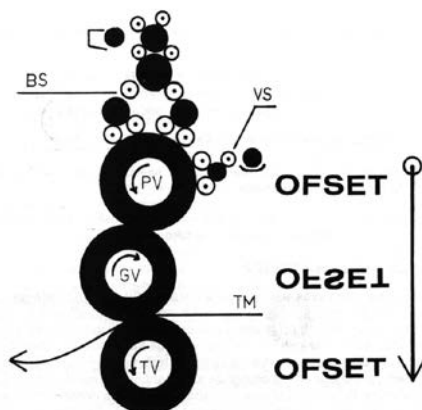
Slika 5: Načelo propustnega tiska

(Vir: Kumar, 1993, 67)

1.2.2 Analogna tehnika tiska v kartografiji

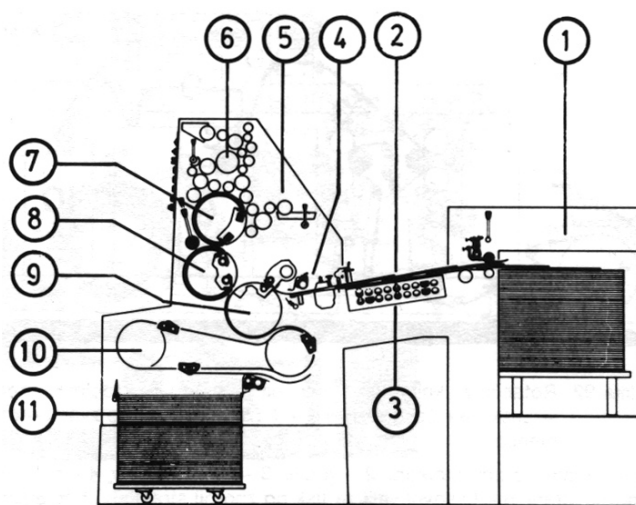
V kartografiji, pri tiskanju kart, prevladuje posredni ploski tisk (ofset tisk). Posredni ploski tisk imenovan ofsetni tisk je bil razvit leta 1904, in sicer z vpeljavo ofsetnega valja pri litografiji. Ofsetni tisk je danes dominantna, konvencionalna in edina standardizirana tiskarska tehnika (Eniko, 2004). V kartografiji, natančneje v kartografski reprodukciji, kjer se karte oblikujejo in pripravijo na tisk, prav tako prevladuje ofsetni tisk.

Odtisovanje s tiskovne forme se vrši posredno na papir. S tiskovne forme se odtis prenese na gumijast valj imenovan gumi valj ter iz njega na papir. Elastičnost gumijaste obloge na gumi valju omogoča dober prenos barve tudi na hrapave papirje, s čimer dobimo zelo dober odtis. Ploščni valj je tisti del tiskarskega stroja, ki nosi tiskovno formo. Slika, vsebina na tiskovni formi, je pravilno obrnjen pozitiv. Na gumi valju se slika obrne in dobimo zrcalno obrnjen pozitiv, nato se na tiskovnem valju, ki je nosilec tiskovnega materiala – papirja, odtisne kot pravilno obrnjen pozitiv. Postopek je ponazorjen na sliki 6 (Kumar, 1993).



Slika 6: Ofsetni stroj s tremi valji. Pomen okrajšav: TV – tiskovni valj, GV – gumi valj, PV – ploščni valj, TM – tiskovni material, VS – vlažilni sistem, BS – barvni sistem
(Vir: Kumar, 1993, 99)

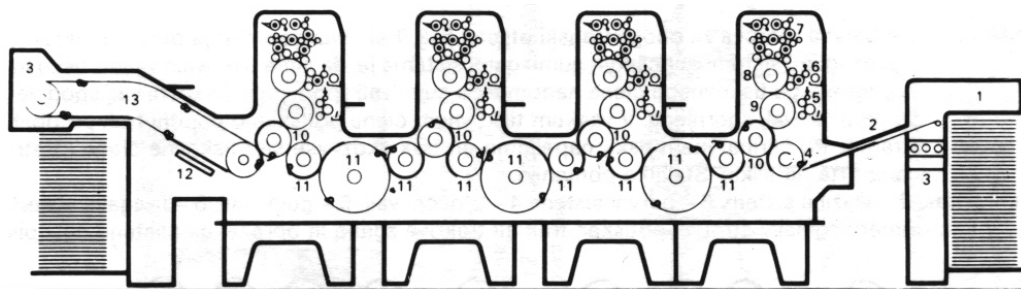
Tisk poteka tako, da se najprej tiskovna forma navlaži z vlažilnim sistemom, to je sistem vlažilnih valjev. Voda se prime samo na nemastne dele tiskovne forme, to je na proste površine. Barvni sistem, sistem barvnih valjev, barvo enakomerno in v zelo tankem sloju nanese na tiskovno formo, in sicer na mastne dele, to je na tiskovne površine. Nanos tiskarske barve se nato prek gumi valja prenese na tiskovni material – papir. Debelina nanosa tiskarske barve je na vsej površini odtisa enaka. Papir se transportira s pomočjo pnevmatskega sistema. Osnovni princip delovanja ofsetnega stroja je prikazan na sliki 7 (Kumar, 1993).



Slika 7: Enobarvni stroj za ofsetni tisk
(Vir: Kumar, 1993, 118)

Pomen števil: 1 - skladovnica tiskovnega materiala v vlagalnem sistemu, 2 - prenašalna miza za dovajanje pol k tiskovnemu členu, 3 - krmilna plošča, 4 - stranska naslonka in prednje naslonke polo poravnajo, nihajni prijemači pa jo predajo tiskovnemu valju, 5 - vlažilni sistem, 6 - barvni sistem, 7 - ploščni valj, 8 - gumi valj, 9 - tiskovni valj, 10 - verižni prijemači sprejemajo potiskano polo in jo odlagajo v skladovnico v izlagalnem sistemu, 11 - skladovnica pol v izlagalnem sistemu.

Ofsetni stroji omogočajo večbarvno in tudi obojestransko tiskanje. V primeru večbarvnega stroja imamo tako združenih več enot enobarvnega stroja. V primeru štirih barv je to štiribarvna rotacija.. Rotacijski stroji so namenjeni za tisk ene, dveh ali več barv istočasno in to v velikih nakladah. Stroji lahko tiskajo formate od A4 do A0 in od B3 do B0 z rotacijsko hitrostjo 4000 do 40 000 obratov na uro (Kumar, 1993).



Slika 8: Štiri barvni stroj za ofset tisk

(Vir: Kumar, 1993, 120)

Ofsetni tisk predstavlja kakovostni način reprodukcije, ki je ekonomsko povsem upravičen za večje število izvodov. Tovrstni tisk ima nekatere prednosti pred drugimi postopki, saj tiskovna forma omogoča izdelavo poljubnega števila odtisov na različnih materialih v eni ali več barvah (Kumar, 1993). Tisk v manjših nakladah, do 100 izvodov, je ekonomsko manj upravičen (Kumar, 2000).

Izdelava tiskovne forme poteka s pomočjo kontaktnih in kopirnih kamer, s katerimi se naredijo rastri ter se osvetli vsebina na tiskovno formo. Tiskovna forma je prevlečena s svetlo občutljivim slojem, ki ima iste lastnosti kot film. Podobno kot film razvijemo tudi tiskovno formo. V novejšem času pa imamo možnost digitaliziranega postopka izdelave tiskovne forme. V tem primeru ne gre za digitalne tehnike tiska in digitalne tiskarske stroje, ampak za

digitalizirane analogne tiskarske tehnike imenovane CTP. CTP - Computer-To-Plate ali CTPress - Computer-To-Press je digitalno upodabljanje, ki se nanaša na kakršno koli izdelavo tiskovne forme v tiskarskem stroju, neposredno pred tiskom. Gre za tehnologijo, kjer osvetljevalniki osvetlujejo neposredno na tiskovno formo, ki je pripeta na ploščni valj (Lovšin, Zalokar, 2005).

1.2.3 Digitalne tehnike tiska

Digitalne tiskarske tehnike so samo ena izmed oblik digitalnega upodabljanja. Digitalno upodabljanje je po Ralfu Schlötzerju razdeljeno na digitalno upodabljanje s stalno prisotno (permanentno) tiskovno formo in na variabilno (virtualno) tiskovno formo (Preglednica 2). Trenutno uveljavljene digitalne tehnike so: elektrofotografija, elektrografija, magnetografija, kapljični tisk, termografski tisk in ionografski tisk (Kumar, 2000).

DIGITALNO UPODABLJANJE	
S stalno tiskovno formo	Z variabilno tiskovno formo
NEOBNOVLJIVE TISKOVNE POVRŠINE	KSEROGRAFIJA, ELEKTROFOTOGRAFIJA
Adast Dainipon Screen Heidelberg KBA Karat Komori Sakurai	Canon Indigo NexPress OCE Xeikon Xerox
OBNOVLJIVE TISKOVNE POVRŠINE	KAPLJIČNI TISK
MAN Roland	Aprion Scitex Xaar
	MAGNETOGRAFIJA
	Nipson
	ELKOGRAFIJA
	Elcorsy

Preglednica 2: Delitev digitalnega upodabljanja po Ralfu Schlötzerju

(Vir: Kumar, 2000, 7)

1.2.3.1 Elektrofotografija

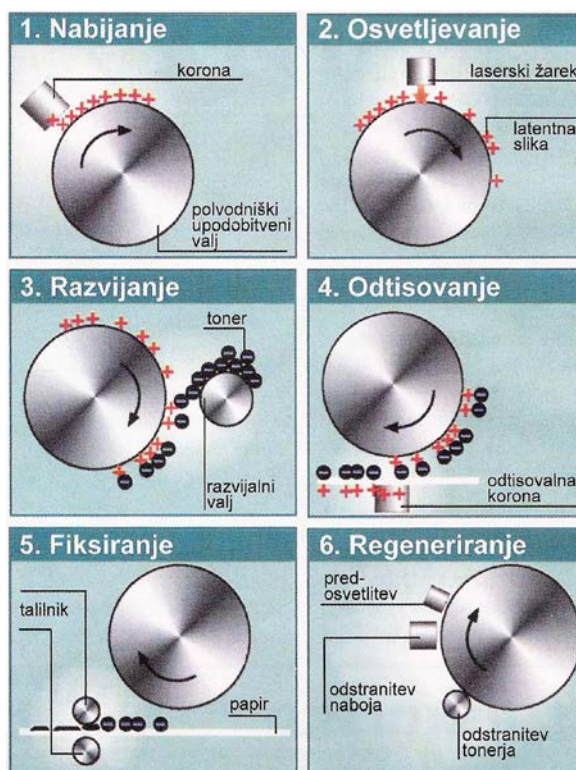
Elektrofotografija oziroma kserografija (*gr. Suho risanje*) se je razvila že pred letom 1970 in je osnova za fotokopiranje in laserski tisk. Pri elektrofotografiji se uporablja za tiskovno formo polprevodniški upodobitveni valj, imenovan fotopolprevodnik, ki v temi ne prevaja električnega toka, na svetlobi pa ima lastnost prevodnika. Za osvetljevanje elementarnih točk na upodobitvenem valju se uporabljajo tri metode, in sicer metoda:

- z laserskim žarkom He-Ne ali argon-ion;
- z lasersko diodo;
- s svetlečimi diodami LED (Light Emitting Diode).

Prvi dve metodi sta se uporabljali na začetku, ko še ni bilo svetlečih se diod LED. Ta tehnika se je imenovala laserski tisk, ker so za upodabljanje elementarnih točk uporabljali izključno laserske vire. Danes delujejo skoraj vsi laserski tiskalniki z letvami svetlečih se laserskih diod LED. Zato bi za to tehniko tiska bilo bolj smiselno ime kserografija. Postopek tiskanja poteka po sledečih šestih korakih (Kumar, 2000):

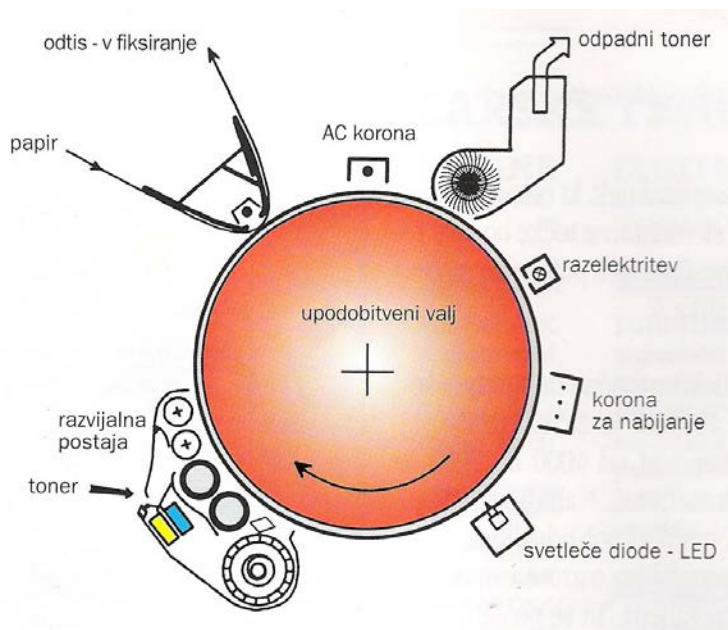
1. **Elektrostatično nabijanje s korono.** Polprevodniški upodobitveni valj se naelektri z elektrostatičnim nabojem s pomočjo generatorja nabojne korone. Polprevodniški upodobitveni valj se po celi površini nabije s pozitivnim statičnim nabojem ali z negativnim statičnim nabojem, odvisno od polprevodne snovi s katero je oslojen.
2. **Osvetljevanje.** Nabit polprevodnik točkovno osvetlimo s podobo, ki jo želimo reproducirati. Elektrofotografska snov se na vseh osvetljenih mestih razelektri, ker začne zaradi delovanja svetlobe prevajati električni tok. Pozitivni in negativni naboj se nevtralizirata. Na tej površini nastane latentna elektrostatična slika.
3. **Razvijanje.** Na območju razvijalne enote se na latentno elektrostatično sliko prime suh črn oziroma pigmentiran, predhodno elektrostatično nasprotno nabit prašek – toner. Latentna slika postane vidna.

4. **Odtisovanje.** S pomočjo generatorja odtisovalne, prenosne korone se spodnja stran tiskovnega materiala električno nabije z nabojem, ki je nasproten naboju tonerja. Na papir se prenese nasprotno nabit toner. Toner je sestavljen iz 80% do 90% smole ali voska, 5-10 % pigmenta in 1-3 % elektroprevodne snovi. Premer delca tonerja znaša 5 do 15 μm .
5. **Fiksiranje.** Neobstojeen prenesen toner na papirju se v enoti fiksiranja s pomočjo dveh ogrelih valjev za fiksiranje raztali. Rastaljena smola oblije pigment, ki se ob ohladitvi na površini utrdi.
6. **Regeneriranje.** Generator nevtralizatorske korone po vsakem odtisovanju odstrani ostanke tonerja in elektrostaticno latentno sliko z upodobitvenega valja. Z isto latentno sliko ni mogoče izdelati več odtisov, ker električni naboj hitro slabi. To nam onemogoča uporabo stalne, permanentne tiskovne forme, kar pomeni, da moramo za vsak odtis ponoviti celoten postopek.



Slika 9: Načelo elektrofotografskega tiskarskega tiska v šestih korakih

(Vir: Kumar, 2000, 7)



Slika 10: Celoten prikaz delovanja elektrofotografskega tiska

(Vir: Kumar, 2000, 8)

1.2.3.2 Elektrografija

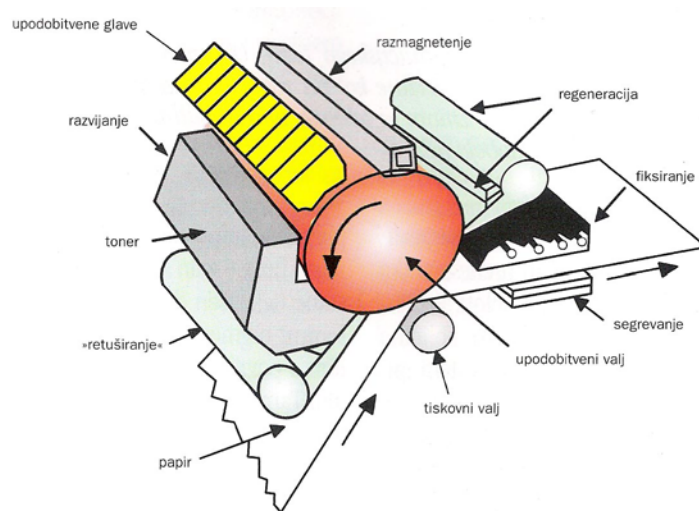
Pri elektrografskem postopku se na dielektrični sloj točkasto nanese elektrostatični naboj. Ostali koraki so enaki kot pri elektrofotografskem postopku. Dielektrični sloj je trši in bolj odporen od polprevodnih slojev, kar zmanjša probleme pri odtisovanju in regeneriranju (Kumar, 2000).

1.2.3.3 Magnetografija

Pri magnetnem postopku tiska latentno sliko upodobimo s pomočjo drobnih magnetnih glav, katere točkasto namagnetijo površinsko plast valja z magnetnimi lastnostmi. Magnetizirana mesta pritegnejo delčke tonerja, ki se od tu prenesejo na papir in s pomočjo temperature fiksirajo. Magnetografski postopek je precej podoben elektrofotografskemu, s tem da ima še nekaj prednosti, in sicer:

- za upodobitev latentne slike ne rabimo vira svetlobe in s tem odpade največkrat kompliciran optični sistem;
- sloj, ki ga namagnetimo, je trajnejši in obstojnejši od fotopolprevodnega sloja;
- namagnetenje na upodobitvenem valju ostane dalj časa, tako da ga ni potrebno za vsak odtis ponovno namagnetiti.

Pomanjkljivost tega postopka je v tem, da so magnetni delci v tonerju temni in tako ni primeren za uporabo svetlih in prosojnih barv in s tem za večbarvni tisk (Kumar, 2000).



Slika 11: Načelo magnetografskega tiska

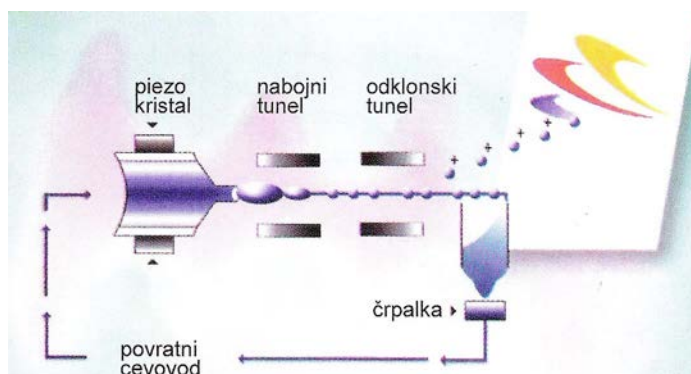
(Vir: Kumar, 2000, 14)

1.2.3.4 Kapljični tisk

Kapljični tisk (*ang. ink jet*) je postopek, kjer se tiskarska barva brizga na tiskovni material. Je najbolj neposredno izpeljan princip direktnega prenosa slike z računalnika na papir (*ang. computer to paper*). Tu ni nobenega vmesnega nosilca - tiskovne forme, namesto njega se uporablja notranji pomnilnik računalnika (RAM), ki krmili barvno brizgalko. Glede po načelu delovanja ločimo tiskalnike na dva postopka:

- kontinuiran postopek (*ang. continuous ink jet*);
- diskontinuirani postopek (*ang. drop on demand ink jet – DOD*).

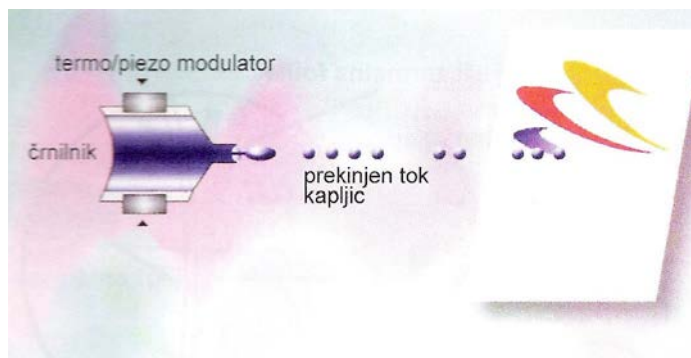
Pri kontinuiranem postopku se kapljice črnila z neprekinjenim tokom brizgajo na tiskovni material. Kapljice letijo najprej skozi nabojni tunel, kjer modulator nekaterim izmed njih dodeli ustrezen električni naboj, šele nato skozi odklonski tunel, kateri odkloni nabite kapljice na ustrezno mesto odtisa. Nevtralne, električno ne nabite kapljice se ne odklonijo in letijo naprej in se ujamejo v lovilnik, ki jih po povratnem cevovodu vrne nazaj v črnilnik (Kumar, 2000).



Slika 12: Načelo kontinuiranega kapljičnega tiska

(Vir: Kumar, 2000, 11)

Pri diskontinuiranem postopku se tiskalna glava najprej postavi na določeno lokacijo in šele nato pošlje kapljico črnila na tiskovni material (Kumar, 2000).



Slika 13: Načelo diskontinuiranega kapljičnega tiska

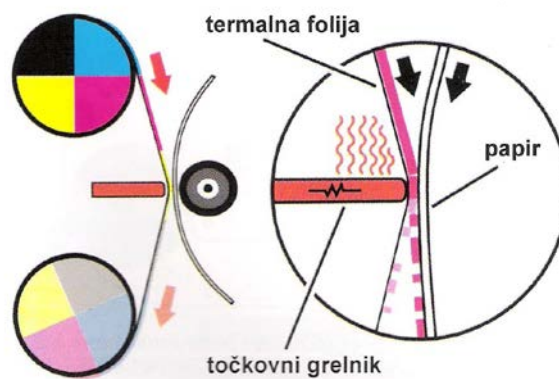
(Vir: Kumar, 2000, 11)

1.2.3.5 Termografski tisk

Termografski tisk je postopek pri katerem se za prenos barve uporablja toplota, natančneje točkovni grelnik. Glede na način delovanja ločimo dva postopka:

- termotransferski postopek (ang. thermal transfer direct);
- termosublimacijski postopek (dye sublimation, dye diffusion).

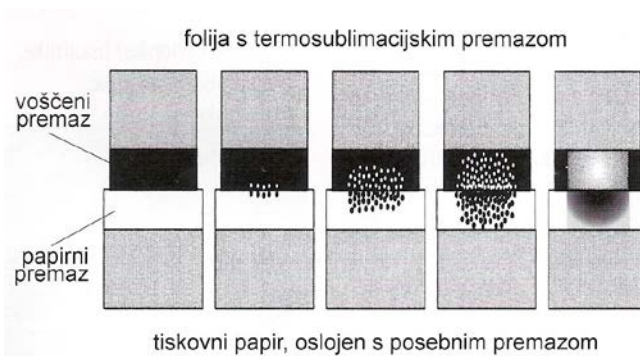
Pri termotransferskem postopku točkovni grelnik segreva z voščnim premazom oslojeno folijo. Vosek se tali in se v tiskovni črti z manjšim pritiskom obenem s pigmentom prenaša na papir. Na papirju se vosek s pigmentom v obliki elementarnih točk zopet zatali.



Slika 14: Načelo termotransferskega tiska

(Vir: Kumar, 2000, 12)

Termosublimacijski postopek deluje po istem načelu kot termotransferski. Razlika je le, da se tu vosek ne raztali, ampak preide iz trdne neposredno v plinasto fazo – zato sublimacija. Pri termotransferskem tisku se prenese vsaka elementarna točka v celoti. Termosublimacijski postopek pa omogoča, da se količina prenesenega voska in s tem pigmenta spreminja. Prenesena količina pigmentiranega voska je neodvisna od temperature. Tako se lahko na elementarnih točkah s spreminjajočo se temperaturo upodobijo različni toni. Ta tehnika tiska je skupaj s tehniko globokega tiska ena redkih tiskarskih tehnik, ki lahko brez rastriranja upodablja večtonske slike (Kumar, 2000).

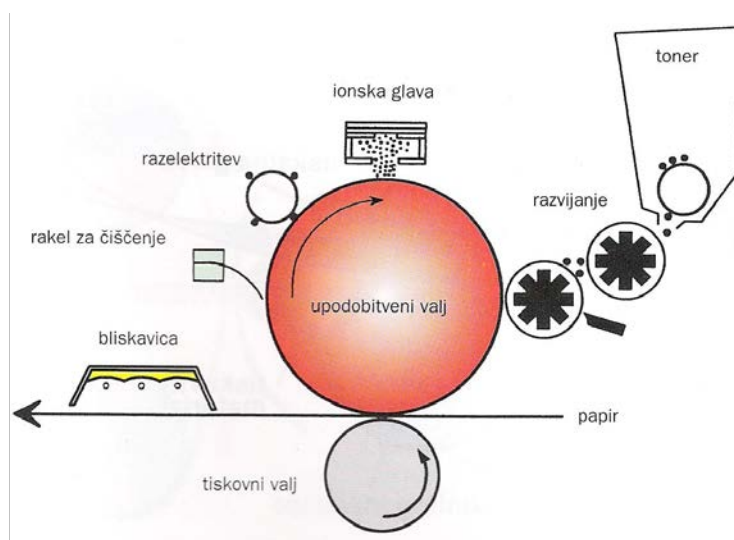


Slika 15: Načelo termosublimacijskega tiska

(Vir: Kumar, 2000, 13)

1.2.3.6 Ionografski tisk

Pri ionografiji, z razliko od kserografije, se uporablja ionska pisalna glava. Le-ta s pomočjo krmilne elektrode usmerja ione na dielektrično površino upodobitvenega valja, pri čemer nastane elektrostatična latentna slika. Sledi razvijanje s tonerjem, prenos in fiksiranje. Pri novem odtisu moramo s površine upodobitvenega valja odstraniti ostanke tonerja in papirnega prahu.

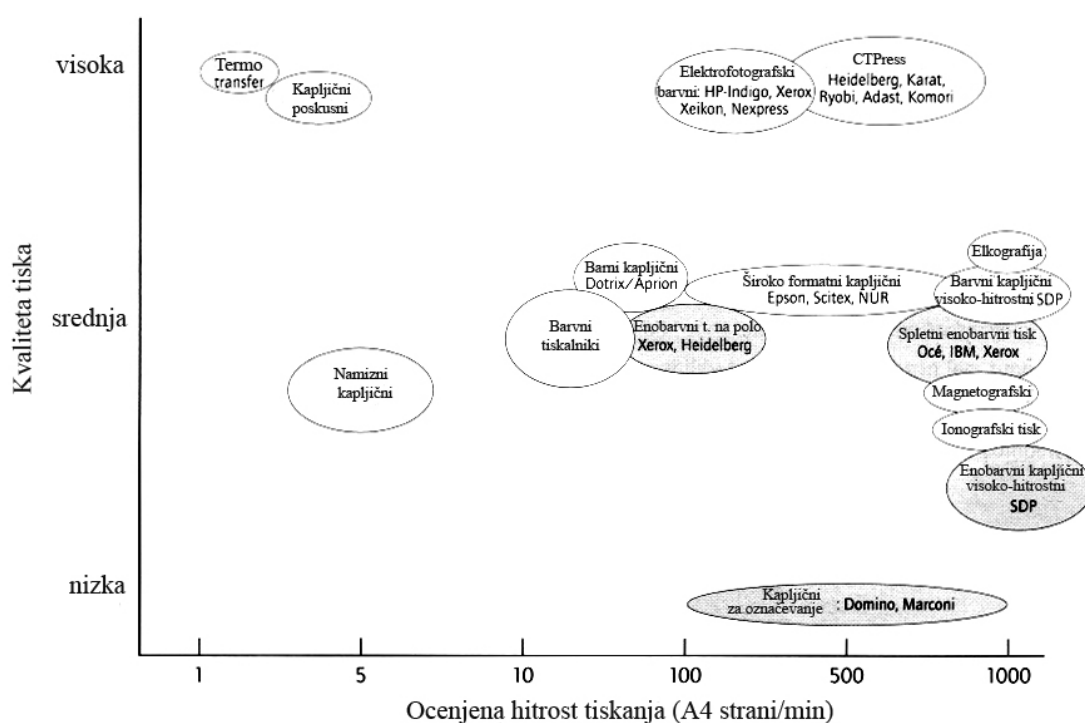


Slika 16: Načelo ionografskega tiska

(Vir: Kumar, 2000, 14)

Posebna oblika ionografskega tiska je elkografija. Elkografija temelji na fizikalno-kemijski pretvorbi pigmentiranega tiskarskega črnila v gel, tekočine v želatino. Ostali koraki so isti kot pri ionografiji (Kumar, 2000).

1.2.4 Pregled trenutnega stanja digitalnih tehnik tiska



Slika 17: Relativni položaj digitalnih tiskarskih tehnik
(Vir: Smyth, 2003, 47)

1.2.5 Digitalna tehnika tiska v kartografiji

Pri izbiri digitalnega tiska za našo primerjavo smo se odločili za elektrofotografijo proizvajalca Xeikon, ker ima trenutno največ prednosti pred ostalimi digitalnimi tiski pri tiskanju kart v kartografiji. Xeikon je podjetje, ki je bilo ustanovljeno v Belgiji leta 1988. Glavni namen podjetja je bil, da razvije rešitev, ki bo premostila tehnološko vrzel pri nizkonakladnem barvnem tisku. Xeikon DCP-1 je prvi elektrofotografski tiskarski stroj, zasnovan leta 1993, ki v enem prehodu skozi stroj tiska zvitek papirja obojestransko

štiribarvno (CMYK). Danes je njihov glavni adut digitalni tiskarski stroj Xeikon 5000, ki se lahko kosa z ofsetnim tiskom ter z ostalimi velikimi digitalnimi sistemi, kot so: Xerox, Nexpress, HP Indigo in drugi (Jesenko, 2004).

2 BARVE

Ker vse okoli nas zaznavamo z 83% vida, igra barva pomembno vlogo. Tako je tudi v kartografiji, natančneje pri kartah samih oz. v procesu izdelave kart, ki se odvija v kartografski reprodukciji. Barva je ena od šestih Bertinovih grafičnih spremenljivk in ima velik vpliv pri oblikovanju kart. Pri oblikovanju kart vodi pravilna izbira barv do barvne harmonije, kar je tudi želja vsakega kartografa. Ker se danes karte oblikujejo predvsem s pomočjo računalnika, je izbira barve pogojena z računalniškimi zmožnostmi prikaza barv, to je z barvnim območjem računalniškega zaslona¹, le ta pa je pogojen s fizičnimi zmožnostmi prikaza barv v tisku, to je z barvnim območjem tiska². V nalogi se bomo tako posvetili najprej osnovnim lastnostim barv, njihov prikaz v različnih medijih (zaslon računalnika, tisk) in na koncu barve v kartografiji.

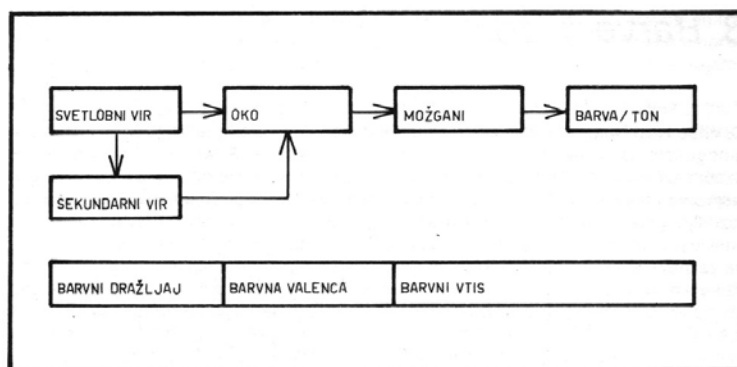
2.1 Lastnosti barv

»Barva je lastnost predmeta, ki jo posreduje očesu svetloba, ki jo telo seva, odbija ali prepušča.« (Rojc, B. 1979. Barve v tematski kartografiji, 5 str, definicija po: Splošni tehniški slovar, ZIT SRS, Ljubljana 1978).

Dojemanje barv je posledica fizikalnih, fizioloških in psiholoških učinkov »vidne svetlobe«. Vidna svetloba je svetloba vidnega dela spektra elektromagnetnega valovanja - EMV (400-750 nm). Svetloba, katera pride v oko in povzroči zaznavanje barv ali tonov, je *barvni dražljaj*. Posledica barvnega dražljaja v očesu je *barvna valenca*. Barvna valenca je informacija o barvnem dražljaju. *Barvni vtis* je barva ali ton, ki ga dojamemo v določenih razmerah opazovanja. Tako je barvni vtis miselna interpretacija informacije o barvnem dražljaju. Postopek je prikazan na sliki 18 (Kumar, 1993).

¹ Glej poglavje 2.1.5 Barvna območja.

² Glej poglavje 2.1.5 Barvna območja.



Slika 18: Nastanek barve

(Vir: Kumar, 1993, 28)

Barva je posledica ali produkt spektralne sestave svetlobe, spektralne občutljivosti sprejemnika (oko) in človekovih izkušenj za obdelavo informacij (možgani). Odnos dojemanja barve prikazuje blokovna shema na sliki 19 (Kumar, 1993):

POJEM	POMEN	KRAJ NASTANKA	VEDA
BARVNI DRAŽLJAJ	SVETLOBA	PRIMARNI ALI SEKUNDARNI SVETLOBNI VIR	FIZIKA
BARVNA VALENCA	REZULTAT ZAZNAVANJA	OKO	FIZIOLOGIJA
BARVNI VTIS	REZULTAT DOJEMANJA OBČUTEK BARVE ALI TONA	MOŽGANI	PSIHOLOGIJA

Slika 19: Odnos dojemanja barve

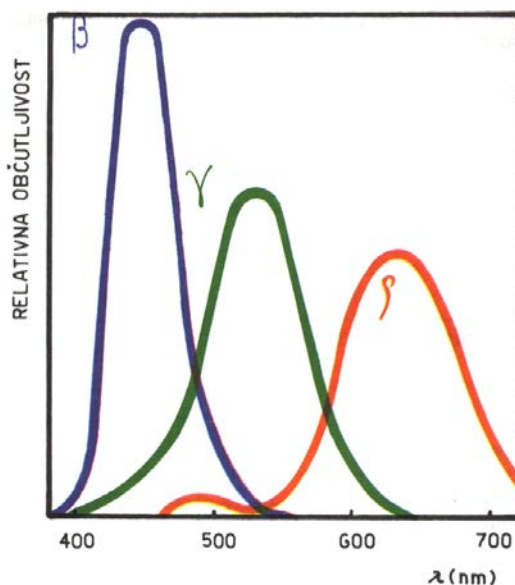
(Vir: Kumar, 1993, 28)

Barvni dražljaj je lahko primarni ali sekundarni svetlobni vir. Primarni svetlobni vir je predmet, ki pretvarja energijo v svetlobo in seva svetlobo (elektromagnetno valovanje - EMV vidne svetlobe, luč in drugi). Sekundarni svetlobni vir je predmet, ki sam ne oddaja svetlobe, ampak jo odbija ali prepušča določen del tiste svetlobe, s katero je bil osvetljen (Kumar, 1993). Barvo, ki jo vidimo po odboju te svetlobe od določenega predmeta, imenujemo odbojna barva. Odbojna barva je pigment, ki svetlobo odbija, vpija ali prepušča (Mueller et al., 1970).

2.1.1 Proces zaznavanja barv in tonov

Pri preučevanju tehnoloških procesov v grafični industriji so pomembne predvsem barvne valence, torej zaznavanje barv. Pri presojanju grafičnih izdelkov, v kartografiji kart (reproducirane na zaslonu računalnika ali v tisku), pa barvni vtisi, torej dojetanje barv.

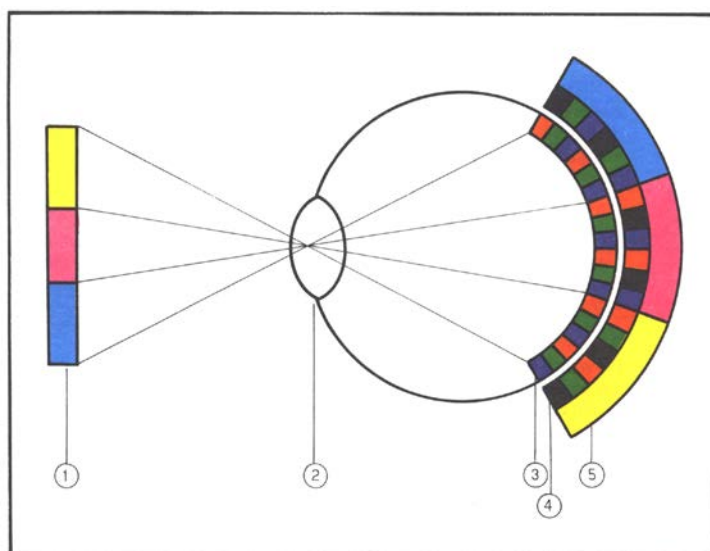
Barvna valenca nastane v retini očesa, ki je prepletena s fotoreceptorji. Fotoreceptorji so sestavljeni iz približno 110 milijonov paličk in 6 milijonov čepkov. Paličke so namenjene za opazovanje pri slabi osvetlitvi in z njimi ne moremo zaznati barvnih valenc in s tem tudi barvnih vtisov – barve, ampak zaznavamo samo svetlo temne tone. Barva nastane le s pomočjo čepkov pri dobri osvetlitvi. Po teoriji Younga in Helmholtza imamo v očesu tri vrste čepkov, imenovanih barvni receptorji, ki se ločijo po spektralni občutljivosti. Vsaka vrsta čepkov ni občutljiva samo na eno valovno dolžino, ampak na širše spektralno območje in ima največjo občutljivost v zelo ozkem pasu vidnega spektra. Spektralne občutljivosti čepkov se med sabo prekrivajo, kar pomeni, da barvni dražljaj ene same valovne dolžine (monokromatska svetloba) lahko aktivira eno, dve ali vse tri vrste barvnih receptorjev. Spektralna občutljivost barvnih receptorjev je prikazana na sliki 20 (Kumar, 1993).



Slika 20: Spektralna občutljivost barvnih receptorjev

(Vir: Kumar, 1993, 30)

Ko imamo barvni dražljaj sestavljen iz več valovnih dolžin (polikromatska svetloba), se čepki aktivirajo premo sorazmerno s sestavnimi deli barvnega dražljaja. Barvno valenco, ki jo zazna oko, dobimo z mešanjem osnovnih signalov v različnih razmerjih. Tako v vsakem receptorju, ki ga aktivira barvni dražljaj nastane modra, zelena ali rdeča osnovna valenca. Kombinacija osnovnih valenc sestavlja celotno informacijo, ki omogoča nastanek barvnega vtisa – barve. Proces je shematično prikazan na sliki 21 (Kumar, 1993).

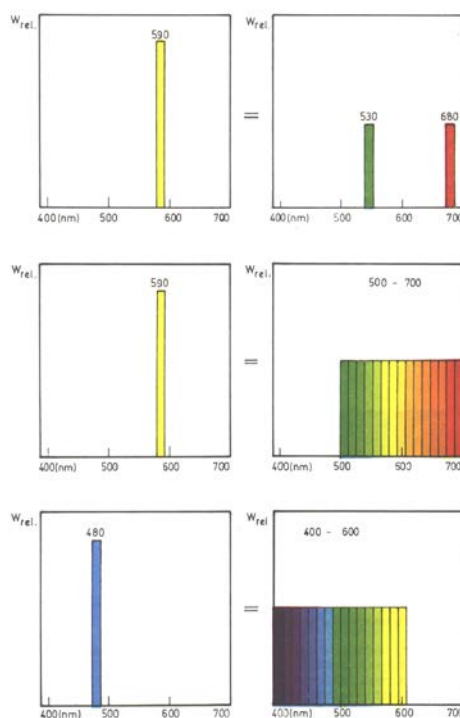


Slika 21: Nastanek barvnih valenc v očesu

Pomen števil: 1 – Telo, ki oddaja rumene, magenta in cian barvne dražljaje, 2 – leča, 3 – retina z rdečimi, zelenimi in modrimi barvnimi receptorji, 4 – aktivirani barvni receptorji, neaktivirani so sivi, 5 – zaznana barvna valenca oz. dojeti barvni vtis – barva.

(Vir: Kumar, 1993, 31)

Barvni receptorji ne ločijo monokromatskih in polikromatskih barvnih dražljajev, če prihajajo v oko hkrati ali v zelo kratkih časovnih presledkih iz istega mesta. Tako lahko povzročajo različni barvni dražljaji nastanek enakih barvnih valenc, ob primerno izbranem medsebojnem razmerju. Taki barvni dražljaji se imenujejo pogojno enaki ali metameri. Pogojno enake ali metamerne barve so prikazane na sliki 22 (Kumar, 1993).



Slika 22: Pogojno enake ali metamere barve

(Vir: Kumar, 1993, 33)

Metamerizem je pojav, ki ga uporabljajo vsi tehnološki postopki za barvno reprodukcijo (barvna fotografija, barvni tisk, barvna televizija ali barvni zaslon računalnika) (Kumar, 1993).

2.1.2 Barvno mešanje

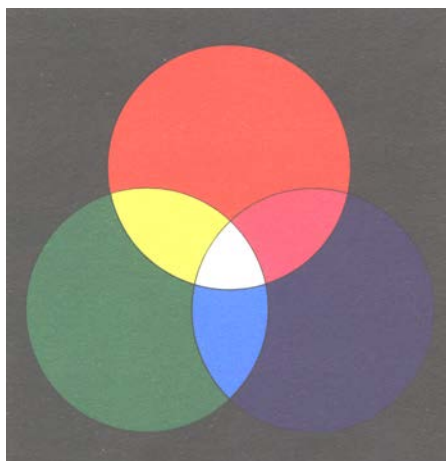
Poznamo tri vrste mešanja barv, in sicer aditivno, subtraktivno in optično mešanje barv. V kartografiji, natančneje v kartografski reprodukciji, ki zajema tehnologijo in postopke izdelave kart, so vsa tri barvna mešanja pomembna.

2.1.2.1 Aditivno mešanje barv

Aditivno mešanje je mešanje primarnih barvnih dražljajev (rdeča, zelena in modra barva - RGB), ki jih oddajajo primarni svetlobni viri. Barve modre, zelene in rdeče imenujemo tudi

aditivne osnovne barve. Načelo aditivnega mešanja je seštevanje oz. adiranje barvnih svetlob – aditivnih osnovnih barv. Pri aditivnem mešanju je osnova črna barva, to je prostor v katerem je popolna tema, s projektorji nato projiciramo zeleno, modro in rdečo barvo. S seštevkom vseh treh osnovnih barv dobimo kot rezultat belo svetlobo (Slika 23). Če seštevamo po dve aditivni osnovni barvi, dobimo vse tri subtraktivne osnovne barve (cian, magenta in rumena barva - CMY) (Kumar, 1993):

- modra + zelena = cian,
- rdeča + modra = magenta,
- zelena + rdeča = rumena.



Slika 23: Aditivno mešanje barv
(Vir: Kumar, 1993, 35)

Pri aditivnem mešanju lahko spreminjamo intenziteto vseh treh osnovnih barv od 100% do 0% in s tem dobimo mnogo barvnih nians. Aditivno mešanje je osnova pri reprodukciji skenerja, barvne televizije in računalniškega zaslona. Slednja, reprodukcija barv pri računalniškem zaslonu, je pomembna za kartografsko reprodukcijo.

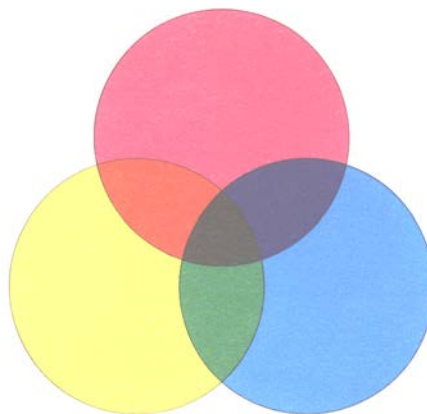
2.1.2.2 Subtraktivno mešanje barv

Subtraktivno mešanje je mešanje sekundarnih barvnih dražljajev (cian, magenta, rumena barva - CMY), ki jih oddajajo sekundarni svetlobni viri. Barve cian, magenta in rumena imenujemo subtraktivne osnovne barve. Osnova subtraktivnega mešanja je odštevanje barvnih

svetlob. Pri subtraktivnem mešanju je osnova bela svetloba ali bela površina (papir), ki remitira - odbija ves vidni spekter svetlobe. Barvila in pigmenti delujejo kot optični filtri. Optični filtri, ki se pojavijo med primarnim svetlobnim virom in belo površino, selektivno absorbirajo del vidnega spektra svetlobe. Tako odštevamo od bele svetlobe sestavne dele spektra. Subtraktivne osnovne barve, ki del svetlobe remitirajo, ostali del pa absorbirajo imenujemo pokritne ali neprozorne barve. Barve pa lahko del svetlobe tudi prepuščajo, take barve so transparentne ali prozorne in se uporabljajo pri tisku, saj v zelo tankih slojih delujejo kot optični filtri. Z mešanjem dveh subtraktivnih osnovnih barv dobimo kot rezultat aditivne osnovne barve:

- magenta + cian = modra,
- cian + rumena = zelena,
- rumena + magenta = rdeča.

Ko pa prekrijemo belo podlago, npr. papir, z vsemi tremi subtraktivnimi osnovnimi barvami (transparentnimi), pa nobeden vidni del spektra ne more prodreti skozi in s tem ga tudi bela površina ne more remitirati. Rezultat je črna barva (Slika 24).



Slika 24: Subtraktivno mešanje barv

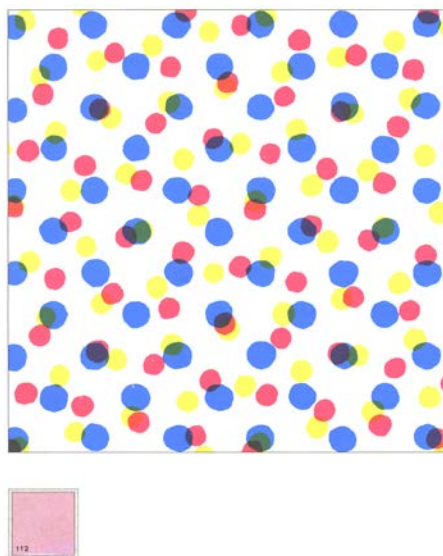
(Vir: Kumar, 1993, 41)

Na principu subtraktivnega mešanja barv delujeta barvna fotografija in tisk. Pri rastrskem tisku pa pride še do aditivnega mešanja barv. Mešanje barv, ko nastopi aditivno in subtraktivno mešanje barv, se imenuje optično mešanje barv (Kumar, 1993).

2.1.2.3 Optično mešanje barv

Optično mešanje nastane v očesu ali možganih v sledečih okoliščinah (Kumar, 1993):

- ko prihajajo različni barvni dražljaji na isto točko retine periodično. Tako se v zelo kratkih časovnih razmikih posamezne barvne valence zlijejo v nov barvni vtis. Do novega barvnega vtisa pride zaradi vztrajnosti zaznavanja in dožemanja. Primer: gledamo predmet, barvno valenco, ki nenadoma izgine, a je njegova slika delec sekunde še navzoča v možganih. Ker se v tem času pojavi naslednji predmet na istem mestu, se stari in novi predmet zlijeta v enega. To se dogaja pri zelo majhnih časovnih presledkih, s frekvenco že pri 25Hz do 50Hz (televizija, zaslon računalnika).
- ko prihajajo različni barvni dražljaji v oko pod tako majhnim zornim kotom, da oko ni sposobno ločiti več posameznih barvnih valenc, ki pripadajo primarnim in sekundarnim svetlobnim virom. Tako padejo vsi barvni dražljaji na isto točko retine in tam nastane samo ena barvna valenca. Primer: na beli podlagi, ki je pokrita s točkami aditivnih osnovnih barv ali subtraktivnih osnovnih barv nastane pri določeni razdalji, ko točk med samo ne ločimo več, vtis enobarvne ali sive površine.
- ko nove barvne valence nastanejo zaradi ločilne sposobnosti očesa. Le ta je odvisna od zornega kota in s tem od razdalje opazovanja. Ločilna sposobnost pri razdalji 40 cm je 10 linij/mm, pri najboljših razmerah pa okrog 50 linij/mm. Retina ima maksimalno ločilno sposobnost 200 linij/mm. Tako se pri isti ločljivosti, pri večji razdalji črte zlijejo v enobarvno ali sivo površino (Slika 25).



Slika 25: Optično mešanje barv
(Velik kvadrat je povečava majhnega kvadrata)

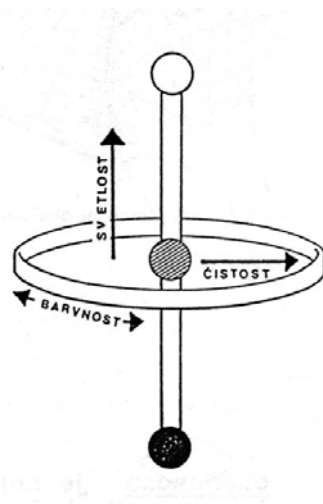
2.1.3 Opis barv

Najstarejši opis barv so njihova imena: modra, zelena, rdeča, rumena, cian in druga. Oko loči približno 2 milijona različnih barv in od tega imajo zanje v angleškem jeziku 3500 imen. Tako z imeni ne moremo natančno opisati vseh barv, to ugotovimo takoj, ko želimo barve prikazati v določenem sistemu. Barve razdelimo v dve skupini *kromatične* ali *pisane* in *akromatične barve* ali *nepisane* (*svetlo-tonske vrednosti*). Nepisane barve lahko razvrstimo samo po svetlosti. *Svetlost* je edina lastnost nepisanih barv, in sicer jih razvrstimo po svetlostni lestvici vse od bele, prek svetlo sive, temno sive in na koncu črne barve (Kumar, 1993).

Osnovna lastnost pisanih barv je *barvitost* (v literaturi tudi barvni ton, barvnost). Barvitost je lastnost na katero se nanašajo imena barv. Osnovna lastnost barvitosti je ločevanje pisanih barv od nepisanih. Barvitost je tudi lastnost, s katero lahko ločimo posamezne dele vidnega spektra. Pisane barve imajo poleg barvitosti in svetlosti še eno lastnost, in sicer *nasičenost*. Nasičenost je lastnost barve, ki pove kako in v kakšnem razmerju je kakšna barva razredčena z belo barvo, to določa delež bele barve pisani barvi. Barve, ki imajo majhno nasičenost so bolj blede, bele ali sive barve. Najbolj nasičene barve so monokromatske barve vidnega spektra, saj v njih ni prisotna bela barva (Kumar, 1993).

Barvitost in nasičenost pisane barve določata njeno kakovost, svetlost pa količino. Barvitost je lastnost, ki določa imena barv. Pri poimenovanju barv pa vlada zmešnjava, saj se nekatere barve z različno barvitostjo imenujejo z enakimi imeni ali pa se imenujejo barve z enako barvitostjo z različnimi imeni. Tako obstaja več vrst poimenovanj. V grafični industriji in v kartografiji, natančneje pri samem oblikovanju in reprodukciji kartografskih izdelkov, se za imena barv vzamejo poenoteni standardizirani sistemi ISO ali DIN. Le-ti omogočajo enoten jezik komunikacije z barvami pri nastajanju določenega izdelka, npr. karte (Kumar, 1993).

Barvitost, nasičenost in svetlost so lastnosti s katerimi so prikazani barvni sistemi za opisovanje barv. Barvni sistemi ali modeli se imenujejo tudi *barvne karte* ali *atlas*, najpogosteje pa kar *barvna telesa*. Barvna telesa so poimenovana zaradi razvrstitve barv v treh dimenzijah, to je v prostoru. Razni avtorji so barvna telesa razvili v različnih oblikah, na primer: kroglja, kombinacija dveh stožcev, drevo in drugo. Običajno je osnova vsakega barvnega telesa barvni krog, v katerem so razporejene barve po barvitosti, pravokotno na barvni krog je v središču položena lestvica tonov. V središču barvnega kroga in telesa so vedno nepisane barve, na robovih oboda barvnega kroga pa so nasičene, tako imamo v tej smeri lastnost nasičenosti - čistosti barv. V vertikalni smeri, kjer je lestvica tonov, se s premikom po vertikali spreminja svetlost vsem barvam v barvnem krogu. Po obodu barvnega kroga pa se spreminja barvitost barv (slika 26) (Šuštaršič, 1994).



Slika 26: Osnovno barvno telo s tremi dimenzijami: barvnost, čistost, svetlost

(Vir: Šuštaršič, 1994, 29)

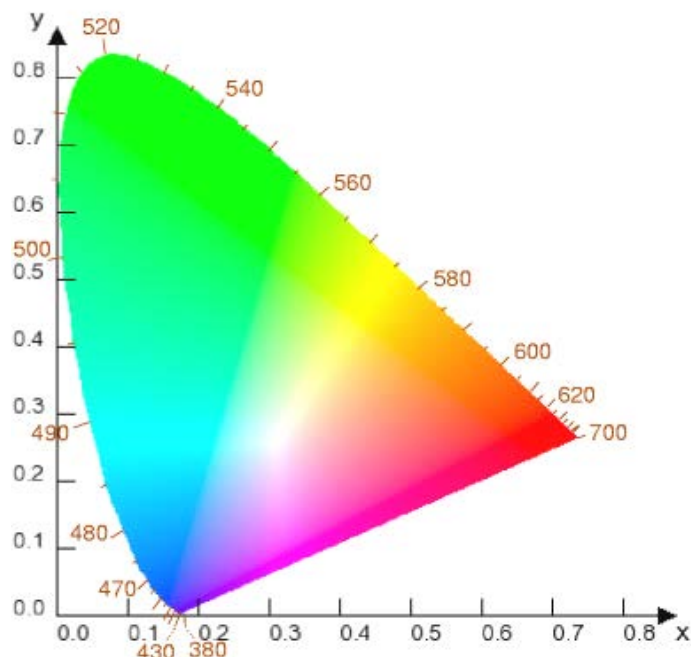
2.1.4 Barvni modeli

Barvnih modelov je mnogo, največkrat so poimenovani kar po avtorjih, naj jih naštejemo nekaj: Philip Otto Runge, Johansson, Ostwald, Alfred Hicethier, Harald Küppers, Albert Munsell in drugi. Barvni modeli so poimenovani tudi po različnih združbah, na primer CIE barvni model, ali po načinu delovanja neke naprave, in sicer RGB barvni model, ki se uporablja pri televiziji, računalniškem zaslonu in CMYK barvni model, ki se uporablja predvsem v tisku (Šuštaršič, 1994). Za reprodukcijo v kartografiji so pomembni predvsem zadnji trije barvni modeli: RGB, CMYK in CIE.

2.1.4.1 CIE barvni model

CIE barvni model je leta 1931 uvedla Mednarodna komisija za razsvetljavo (Commission Internationale de l'Éclairage). Komisija je objavila XYZ sistem za numerični opis barv imenovan CIE XYZ barvni model. Osnovna lastnost sistema je, da vse spektralne barve dobimo z aditivnim mešanjem treh primarnih svetlob: rdeče, zelene in modre. Poljubna monokromatska barva ima tako točno določeno valovno dolžino v vidnem delu spektra elektromagnetnih valov.

V CIE XYZ barvnem modelu je vzdolž *x* osi predstavljena rdečina v specifičnem barvnem tonu, vzdolž *y* osi pa zelenina. CIE XYZ barvni model, ki je podoben jadru, je prikazan na sliki 27.

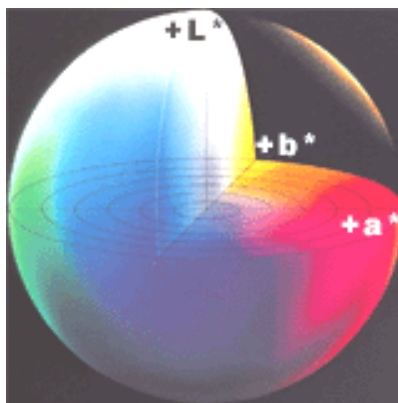


Slika 27: CIE XYZ

(Vir: URL: http://www.cmpg.org/cmpg/Graphics/Color_Management_Presentation/lab_color_space.jpg)

CIELAB barvni prostor (ali CIE $L^*a^*b^*$) je izpeljan iz CIE XYZ sistema. CIELAB barvni model je neodvisen od vrste in tipa vhodnih ali izhodnih naprav.. Osnovni barvni sistem, ki je od naprave neodvisen referenčni barvni prostor, predstavlja nek standard preko katerega se lahko izvršujejo transformacije med RGB in CMYK barvnimi modeli. Uporablja se kot referenčni barvni prostor v sistemu barvnega upravljanja ICC³. S transformacijo dosežemo uskladitev med »zaslonskimi« in »tiskanimi« barvami in to takrat ko je CMYK znotraj RGB barvnega območja, kar tudi vedno je. Sestavljen je iz treh kartezičnih koordinat: akromatična L^* in kromatični a^* in b^* , prikazane na sliki 28. Koordinatna os a^* opisuje rdeče – zelene lastnosti, os b^* rumeno – modre lastnosti in os L^* opisuje svetlost opazovane barve. Tudi tu ima vsaka barva v modelu svojo numerično vrednost.

³ Glej poglavje 2.3.1 Sistem barvnega upravljanja



Slika 28: CIELAB

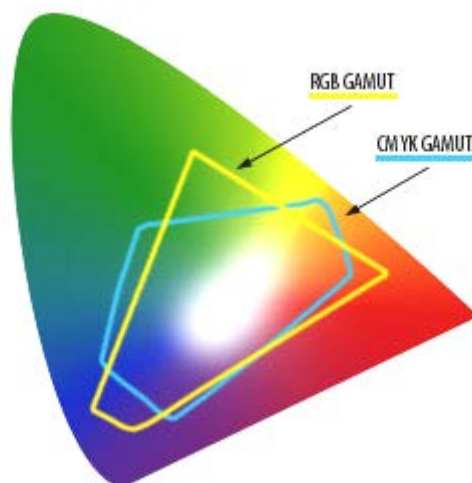
(Vir: URL: <http://www.green-sun.com/ph/cielab.gif>)

Koordinate L^* , a^* in b^* lahko pridobimo s preračunom iz standardnih barvnih vrednosti XYZ. CIELAB barvne vrednosti X_n , Y_n in Z_n določamo na absolutni ali relativni način, kar je odvisno od izbire idealne bele površine. Pri absolutnem načinu je določena kot svetla točka (podlaga) vrednost idealne bele površine: $L^* = 100$, $a^* = 0$, $b^* = 0$. Glede na idealno belo površino se izračunajo ostale CIELAB barvne koordinate. Pri relativnem načinu je svetla točka določena kot idealna bela površina (100, 0, 0). Ostale barvne vrednosti se določijo glede na belino podlage, to je papirja. Dve numerični vrednosti oz. dve barvi sta primerljivi le, ko sta izračunani glede na isto vrednost svetle točke (Mikuž, 2001).

V CIELAB barvnem prostoru lahko določimo barvno razliko (vizualno razliko v barvi), ki jo določa razdalja med dvema točkama v barvnem prostoru. Razliko med dvema primerjanima barvama geometrijsko opišemo kot razdaljo med dvema točkama v barvnem prostoru (Mikuž, 2001).

2.1.5 Barvna območja

Oko lahko zazna mnogo barv, vendar jih nobena vhodna ali izhodna naprava ni sposobna prikazati. Tako imajo naprave določeno svoje barvno območje (*ang.:* *Color Gamut*), ki opisuje vse tiste barve, ki jih je naprava sposobna prikazati. Barve, ki jih določena naprava ne more prikazati, so zunaj barvnega območja naprave. Posledica je spremenjen barvni prikaz, ker vseh barv ni možno ponazoriti znotraj določenega barvnega območja (Mikuž, 2001).



Slika 29: Barvno območje zaslona (RGB) in barvno območje tiska (CMYK)
(Vir: Hunt, 1999, 9)

2.2 Reprodukcija in simuliranje barv

Najpomembnejša in najbolj razširjena medija kartografskih prikazov sta računalniški zaslon in tisk (fizična karta). Tehnologija simuliranja, reprodukcije barv, ki ustvari upodobitev, je značilna za vsak medij posebej.

2.2.1 Reproduciranje barv na zaslonu (RGB)

Ločimo reproduciranje barv na katodnem zaslonu (CRT; Cathode Ray Tube) in reproduciranje barv pri zaslonu na tekoče kristale (LCD; Liquid Crystal Display). Pri obeh je osnova aditivno in optično mešanje primarnih osnovnih barv (RGB). Danes že v večini prevladujejo LCD zasloni in prav tako je tudi v kartografski reprodukciji.

2.2.1.1 Reproduciranje barv na katodnem zaslonu (CRT)

Reproduciranje barv na katodnem zaslonu-barvni televiziji deluje na osnovi aditivnega in optičnega mešanja primarnih osnovnih barv rdeče, zelene in modre (RGB; Red, Green, Blue).

V katodni cevi so trije elektronski topovi, ki hkrati projicirajo vse tri elektronske žarke na trikromatski fluorescenčni zaslon, ki je sestavljen iz rdečih, zelenih in modrih fluorescenčnih točk v obliki satovja oz. mozaika. Elektroni treh različnih žarkov (RGB) s pomočjo odklonskega sistema padajo vsak na svojo isto barvno točko na zaslonu. Vsi trije žarki skupaj ustvarijo na zaslonu belo barvo (belo svetlobo). Črna se pojavi tam, kjer nobeden žarek ne zadene točke. Različne barvne vtise oz. barve dobimo, ko primarne fluorescenčne točke zasvetijo premo sorazmerno z jakostjo elektronskih žarkov. Osnovni slikovni element na zaslonu (*piksel*) je formiran iz treh fluorescenčnih pik (RGB). Ločljivost prikaza je obratno sorazmerna s številom osnovnih slikovnih elementov na zaslonu. Ločljivost pri računalniških zaslonih variira med 350×640 do 1920×1200 *pikslov*. Pri ločljivosti pa je pomembno predvsem koliko *pikslov* ima naprava na dolžinsko enoto inch ali cm. Več ko ima *pikslov* na dolžinsko enoto, bolj kakovosten je zaslon. Kakovost slike pa je sorazmerna s frekvenco osveževanja, to je koliko slik na sekundo se projicira na zaslonu. Najmanjša priporočljiva frekvenca slike, ki jo oko ne zazna več, je 72 Hz. Zaželena je čim večja frekvenca 85 Hz, 100 Hz ali več, odvisno od zmogljivosti zaslona in seveda zmogljivosti grafične kartice računalnika in dinamičnega spomina (RAM) (Kuhar, 2004).

2.2.1.2 Reproduciranje barv pri zaslonu na tekoče kristale (LCD)

Reproduciranje barv pri teh zaslonih temelji na tehnologiji tekočih kristalov. Imenujemo jih LCD zasloni (Liquid Crystal Display). LCD zasloni so v osnovi sestavljeni iz dveh polarizacijskih plasti, med katerima je ujeta plast tekočih kristalov. Ti dve polarizacijski plasti, brez vmesne plasti tekočih kristalov, ne prepuščata svetlobe. Tekoči kristali so v LCD zaslonih v obliki vijačnih molekul, ki se zravnajo, ko skozi njih steče tok. Posledično takrat ne prepuščajo svetlobe.

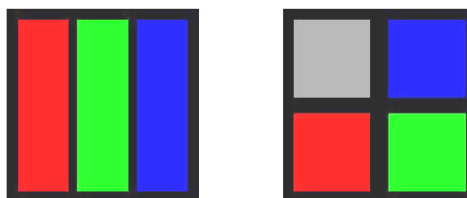
Po nastanku in tehnologiji delovanja ločimo dve vrsti LCD zaslonov, in sicer LCD zasloni:

- s pasivno matriko: so prvi zasnovani LCD zasloni, pri čemer mreža vodoravnih in navpičnih vodnikov služi za osvetljevanje *pikslov*. Ko spustimo tok skozi določeno

»križišče«, dotični *piksel* ne prepušča svetlobe. Ti zasloni imajo slab odzivni čas in puščajo sence;

- z aktivno matriko (TFT zasloni): so sodobnejši LCD zasloni, kjer vsak *piksel* na zaslonu sestavljajo tri pike (rdeča, zelena, modra), pri čemer ima vsaka pika svoj tranzistor, ki skrbi za njeno prižiganje in ugašanje.

LCD zasloni zagotavljajo ostro in kontrastno sliko. Slika se ne osvežuje, temveč je vseskozi prisotna (*piksel* je prižgan ali ugasnjen), kar nam omogoča prijaznejšo komunikacijo z računalnikom (oči po daljšem delu ne postanejo utrujene). TFT zasloni imajo samo eno optimalno ločljivost - resolucijo. Resolucija je ponavadi največja možna, in se giblje vse od 640×480 *pikslov* do 1920×1200 *pikslov*. V razvoju pa je že nova generacija LCD zaslonov, pri katerih bo poleg treh primarnih barv (RGB) dodana še četrta barva, in sicer črna (Slika 30). S tem se bo še bolj povečal kontrast LCD zaslonov. Zaradi velike resolucije in prijaznejšega načina delovanja so LCD zasloni idealni za uporabo pri izdelavi kart v kartografiji.



Slika 30: Levo: piksel sestavljen iz RGB, desno: piksel sestavljen iz RGBK

(Vir: URL: <http://moebius.physik.tu-berlin.de/lc/lcd.html>)

2.2.2 Reproduciranje barv v tisku (CMYK)

Opisane tiskarske tehnike same ne moremo uporabljati za reproduciranje barvnih valenc niti za reprodukcijo tonov (svetlo-tonskih vrednosti), ker je nanos tiskarske barve enako debel po vsej površini tiskovne forme in s tem na odtisu. Vsi tiskovni elementi so torej nabarvani z enako debelim nanosom tiskarske barve, s tem se tudi na odtis z vseh delov prenese prav tako enako debel nanos. To pomeni, da v teh tiskarskih tehnikah lahko hkrati simuliramo le eno

barvno valenco ali tonsko vrednost, zato reproduciramo samo enotonske ali enobarvne-enotonske predloge. Za izdelavo tiskovne forme pri analognih in digitalnih tehnikah tiska moramo spremeniti tone in barvne valence v take tiskovne elemente ali signale, da pri odtisu dobimo tonske vrednosti ustrezne svetlosti. Večtonsko ali večbarvno predlogo spremenimo v ustrezno enotonsko reprodukcijo s tehnologijo rastriranja (Kumar, 1993).

2.2.2.1 Reprodukcijska tonov

Pri črno-beli reprodukciji reproduciramo svetlost oz. svetlo-tonsko vrednost z rastrsko tehnologijo. Rastrska reprodukcija je sestavljena iz različno velikih, a enako gostih in nabarvanih rastrskih pik. Pri tem so vse rastrske pike enako nabarvane, vendar so na tistih delih reprodukcije, ki ustreza svetlim delom predloge, majhne, na delih reprodukcije, ki ustreza temnim delom, pa velike. Zaradi ločilne sposobnosti očesa nastane pri določeni razdalji opazovanja optično mešanje, in sicer namesto različno velikih pik zaznavamo svetlejše in temnejše tone. Namišljene tonske vrednosti so rastrske tonske vrednosti (RTV) in končna reprodukcija je rastrska reprodukcija imenovana tudi avtotipija (Slika 31) (Kumar, 1993).

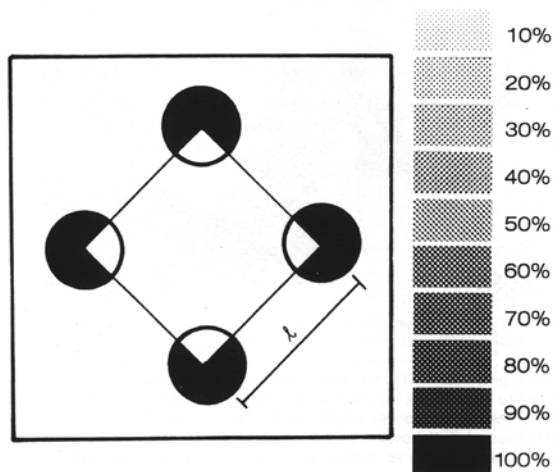


Slika 31: Rastrska reprodukcija

(Vir: Kumar, 1993, 71)

Tako moramo rastrsko reprodukcijo vedno opazovati z določene razdalje, drugače bomo videli le posamezne rastrske pike. Opazovana razdalja je odvisna od gostote rastrskih pik. Gostota rastrskih pik je liniatura rastra, ki jo merimo s številom linij (rastrskih črt) na cm. Rastrske pike so med seboj enako oddaljene. Štiri sosednje rastrske pike sestavljajo elementarni rastrski kvadrat s stranico l (Slika 32). Liniatura rastra je majhna, če je stranica dolga in so rastrske pike na reprodukciji redke in velike, nasprotno je pri kratki stranici in gostih in majhnih rastrskih pikah liniatura rastra velika. Liniatura rastra je podana z naslednjo enačbo (Kumar, 1993):

$$L(\text{lin} / \text{cm}) = \frac{10}{l(\text{mm})} \quad (1)$$



Slika 32: Elementarni rastrski kvadrat s stranico l in velikost rastrskih tonskih vrednosti - RTV v %

(Vir: Kumar, 1993, 72)

Velikost rastrskih pik ali rastrskih tonskih vrednosti RTV je določena z razmerjem med tiskovno površino elementarnega kvadrata, ki jo pokrivajo rastrske pike in njegovo skupno površino:

$$a = \frac{F_g}{F_o} \quad (2)$$

$$F_o = l^2 \quad (3)$$

$$RTV(\%) = \frac{F_g}{F_o} \cdot 100 = a \cdot 100 \quad (4)$$

a velikost rastrskih pik,

F_g površina elementarnega kvadrata, ki ga pokrivajo rastrske pike,

F_o površina celega elementarnega kvadrata,

l stranica elementarnega kvadrata,

RTV ...rastrska tonska vrednost.

Pri digitalnih tiskarskih tehnikah moramo večtonske in večbarvne predloge prav tako reproducirati z rastru. Tu je rastrska pika sestavljena iz več kapljic (kapljični tisk) ali nabojev (laserski tisk) - vsaka pika je sestavljena iz več manjših točk. Več ko je točk, bolj natančno so rastrske pike upodobljene, bolj natančna in fina je reprodukcija, v našem primeru karta (Slika 33). Velikost rastrske pike je zapisana v računalniškem pomnilniku (Kumar, 1993).



Slika 33: Rastrska pika v kapljičnem tisku in laserski elektrofotografiji

(Vir: Kumar, 1993, 73)

Opisano rastriranje, kjer so rastrske pike med sabo enako oddaljene in različno velike, imenujemo amplitudno rastriranje (AM – amplitude modulated). V novejšem času se je razvila tehnika imenovana frekvenčno rastriranje (FR – frequency modulated). Frekvenčno rastriranje uporablja pike enake velikosti, ki jih glede na želeni ton ali odtenek redči ali gosti. Pri frekvenčnem rastriranju imajo pike obliko kvadratov.

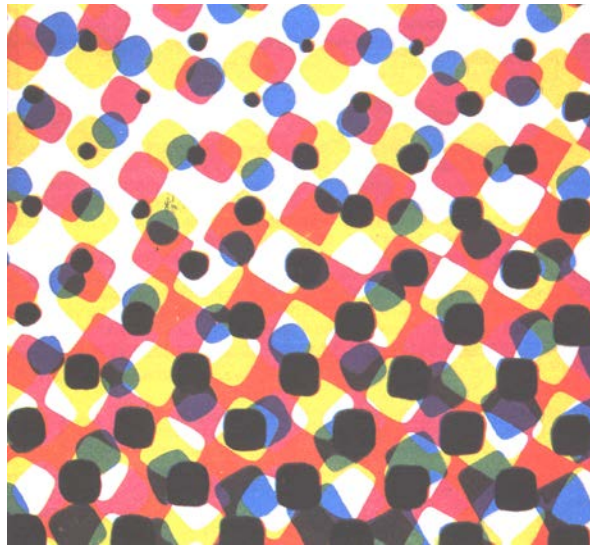


Slika 34: Leva stran slike je amplitudno rastrirana, desna frekvenčno

(Vir: Eniko, 2004, 22)

2.2.2.2 Reprodukcijska barvnih valenc

Medtem, ko pri črno-beli reprodukciji z rastrsko tehnologijo reproduciramo svetlost barv, moramo pri barvni reprodukciji reproducirati še njihovo barvitost in nasičenost. Pri tisku imamo tri rastrirane tiskovne forme za izdelavo barvnih odtisov na osnovi optičnega mešanja. Za odtis se uporabljajo primarne tiskarske barve cian, magenta in rumena (CMY). Optično mešanje treh primarnih barv imenujemo trikromatska rastrska reprodukcija. Trikromatsko rastrsko reprodukcijo sestavljajo rastrske pike cian, magenta in rumene barve, elementi modre, zelene, rdeče in črne barve in nepotiskani deli papirja. Pri optičnem mešanju teh barvnih dražljajev zaznamo samo eno barvno valenco. Elementi modre, zelene, rdeče in črne barve nastanejo s subtraktivnim mešanjem zelo velikih rastrskih pik, ki se deloma ali v celoti prekrivajo. Tako trikromatsko rastrsko reprodukcijo imenujemo trikromatska avtotipijska reprodukcija (Slika 35) (Kumar, 1993).

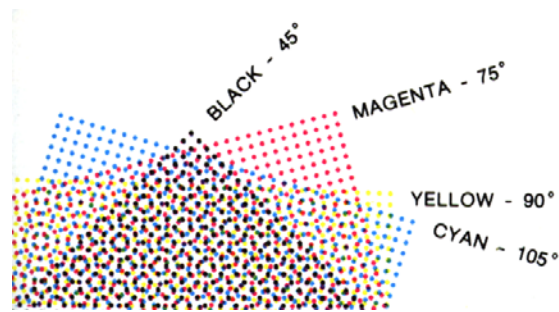


Slika 35: Trikromatska avtotipijska reprodukcija

(Vir: Kumar, 1993, 90)

Avtotipijsko mešanje primarnih barvnih valenc pridobimo tako, da vrtimo raster. S tem dosežemo, da ležijo rastrske pike v cian, magenti in rumeni barvi druga poleg druge in ne druga na drugi. Cian barvni izvleček naredimo tako, da je raster pod kotom 45° , magenta barvni izvleček pod kotom 75° in rumeni barvni izvleček pod kotom 15° .

Z optičnim in subtraktivnim mešanjem primarnih barv ne dobimo kot skupek vseh popolnoma črno barvo, ampak temno sivo barvo. Zato se pri tisku uporablja še črna barva. Črna barva poudari določene detajle in izboljša kontrast reprodukcije. Tehnika tiska v vseh štirih barvah se imenuje CMYK barvna tehnika tiska ali CMYK kratka barvna lestvica tiska. Tako so smeri rastrov cian barve pod kotom 105° , magenta 75° , rumena 90° in črne barve pod kotom 45° (slika 36). V primeru ko tiskamo več kot štiri barve (CMYK), pa smeri rastra postavljamo tako, da so temnejše, intenzivne barve blizu kota 45° , saj smeri pod kotom 45° najtežje zaznavamo (Robinson et al., 1995).



Slika 36: Koti rastrov

(Vir: Robinson. et al., 1995)

Napaka, ki lahko nastane pri nepravilni izbiri kotov rastrov se imenuje Moiré. Moiré-jev efekt je posledica interference dveh ali več rastrov, ki so med sabo pod različnim kotom (Slika 37). Moiré-jev efekt lahko odstranimo ali vsaj zmanjšamo z zamikom kotov rastrov ali s spremembo gostote, liniature rastra (Kumar, 1993).



Slika 37: Moiré

Barvne odtenke na karti lahko tako tiskamo v kratki barvni lestvici (CMYK) ali v dolgi barvni lestvici, kjer se pred tiskom že v naprej zmeša barvni odtenek. Slednji način je dražji in za karte, na katerih želimo uporabiti veliko barv, nepraktičen. Ekonomičen je samo v primeru, ko tiskamo s tremi ali manj barvami. Tiskanje v dolgi barvni lestvici in kratki barvni lestvici

CMYK je mogoče le pri analognih tehnikah tiska, v našem primeru ofsetni tisk, medtem ko pri digitalnih tehnikah tiska, proizvajalca Xeikon, lahko tiskamo samo v kratki barvni lestvici CMYK ter s še eno dodatno barvo. Danes se karte v večini tiskajo v CMYK kratki barvni lestvici (Rojc, 2000/2001) Tisk z dolgo barvno lestvico uporabimo, kadar želimo dobiti ostre linije točno določene barve, kar je z optičnim mešanjem težko dosegljivo. Tak primer so npr. rjave plastnice, pa oranžne ali vijoličaste ploskve (z mešanjem barvi težko nastaneta nasičeni in zažarita). Tako v Sloveniji še vedno topografske karte tiskamo v dolgi lestvici v osmih barvah, ponekod pa uporabimo celo več barv.

2.3 Barve v kartografiji

Uporaba barv v kartografiji, natančneje na kartah, izboljšuje njihovo berljivost, preglednost, ustvarja vidne pragove, olajšuje njihovo kvalifikacijo, skratka pripomore k boljšemu estetskemu videzu (Robinson et al., 1995). Izbira barv pri oblikovanju karte je zelo kompleksna, saj je potrebno pri barvni kompoziciji karte, predvsem pri tematskih kartah, poleg pravil harmonije upoštevati tudi pravila barvnih kontrastov. Pri oblikovanju karte moramo tako upoštevati kontrast barve proti barvi, svetlo-temni kontrast, hladno-topli kontrast, komplementarni kontrast, kontrast kvalitete in kvantitete ter simultani kontrast. Vsi ti kontrasti igrajo v kartografiji pomembno vlogo, saj na uporabnika karte podzavestno močno vplivajo. Tako s pravilno uporabo barv z upoštevanjem kontrastov dosežemo harmoničnost in umirjenost karte. Lahko pa s pomočjo kontrastov neko barvo poudarimo, takrat ta barva dominira, kar velja za tematsko kartografijo, kjer hočemo nek pojav poudariti. Za močan poudarek lahko uporabimo kombinacijo dveh kontrastov ali več, ki se medsebojno ojačujejo. Izbira barv, medsebojni odnosi in kompozicija, razpored barv, kvantitete in medsebojni kontrasti so pomembni faktorji kartografskega izražanja, pri čemer pa moramo upoštevati predvsem simultani kontrast, to je barvo, ki jo je potrebno obravnavati in opazovati glede na njen kontekst. Vsekakor pa ni splošno veljavnih pravil za uporabo barv v kartografiji, saj pri izbiranju barv igra nenazadnje precejšnjo vlogo tudi navajenost, izkušnje, stopnja izobrazbe, posluš za barve, trenutno psihično razpoloženje ter navsezadnje tudi večji ali manjši umetniški čut (Rojc, 1979).

Ker v kartografiji velja načelo interdisciplinarnosti različnih vej znanosti in tehnologije, v naši nalogi predvsem področja grafike, tiskarstva, računalništva in elektronike v povezavi z geodezijo, je pomembno, da bo računalniško podprta oblikovana karta tudi na koncu na papirju enaka kot prej na zaslonu. Ponavadi pa ni tako, saj so si postopki tehnološko različni. Predvsem je pomembno, da se barve na končnem izdelku, to je na tiskani karti, ujemajo z izbranimi barvami na računalniškem zaslonu. V primeru, ko ena barva ali celo več barv v tisku odstopa od izbrane barve na zaslonu, pride do kontrastov, ki jih nismo predvideli in podre harmoničnost in barvno kompozicijo zasnovane karte. Do tega lahko pride, ko barvno območje tiska ni v barvnem območju zaslona. Splošno znano je, da je barvno območje zaslona večje od barvnega območja v tisku. V tisku pa se barvna območja spet razlikujejo med različnimi tehnikami tiska, v našem primeru digitalni tisk (Xeikon), ki ima večje barvno območje od analognega ofsetnega tiska. Tako lahko ofsetni tisk simuliramo z digitalnim tiskom. Na zaslonu, ki ima največje barvno območje pa lahko simuliramo obe tehniki, in sicer tako, da izberemo barvno območje naprave s katero želimo tiskati. Da ne pride do barvnih odstopanj, moramo pred oblikovanjem karte izbrati za zaslon barvno območje naprave s katero bo karta tiskana. Seveda pa vse to velja, ko so vse naprave v tem procesu barvne reprodukcije kalibrirane. Potrebno je upoštevati še pravilno osvetljenost prostora, kjer se nahaja zaslon, saj če osvetljenost prostora ni pravilna (osvetljenost prostora naj bi bila enaka osvetljenosti zaslona) zaznamo druge barve in barvne odtenke kot pa na zaslonu dejansko so. Za najbolj natančno usklajevanje barv in barvnega območja med različnimi vhodno-izhodnimi sistemi (RGB, CMYK) uporabljamo sistem barvnega upravljanja ICC.

2.3.1 Sistem barvnega upravljanja

Cilj sistema barvnega upravljanja je vzpostavitev nadzora nad delom z barvami in kontrole nad napravami, ki so vključene v delovni proces. Mednarodni konzorcij ICC (ang.: International Color Consortium) je izdelal specifikacijo, s katero je sistem za barvno upravljanje ICC postal standardiziran. Vsaka vhodno - izhodna naprava, ki jo uporabimo v delovnem procesu, je zmožna reproducirati lastno karakteristično barvno območje. Tako v delovnem procesu, od digitalnega zajemanja, reprodukcije na zaslonu, poskusnem tisku in

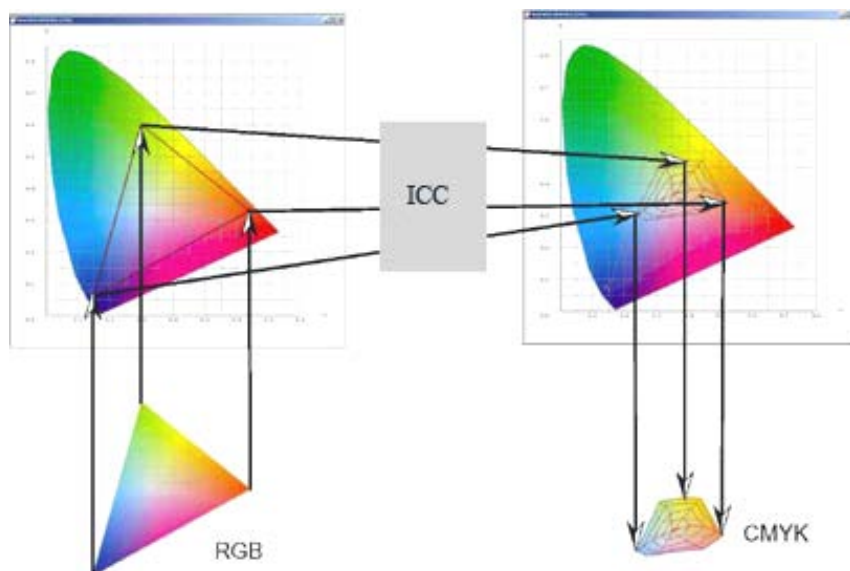
končnem tiskanju, opravi vsaka naprava karakteristično spremembo v barvah. Da bi prišlo v procesu do čim večje barvne usklajenosti in konsistentnosti, ponudniki programske ali strojne opreme predlagajo uporabo opreme, ki jo določajo sami. Taki sistemi se imenujejo *zaprti sistemi*. V primeru, ko nimamo vseh naprav od istega proizvajalca se taki sistemi imenujejo *odprti sistemi*, pri čemer nimamo več zagotovil proizvajalcev o barvni konsistenci v celotnem procesu, to je od vhodnih do izhodnih naprav. Prav v odprtem sistemu, je uporaba sistema za barvno upravljanje zaželeno. Princip odprtega sistema imamo tudi v kartografiji, natančneje v delovnem procesu reprodukcije na zaslonu in v tisku, in sicer v ofsetnem in digitalnem tisku.

2.3.2 Barvni profili

Barvni profil je opis barvnega obsega oz. območja naprave uporabljene v procesu barvne reprodukcije, ki je prikazan s kalorimetričnimi (barvometričnimi) vrednostmi, glede na referenčni standard (CIELAB barvni model). ICC barvni profil vključuje parametre za izvajanje matematičnih operacij, ki opisujejo razmerje med dvema barvnima območjema. ICC barvni profili so računalniške datoteke, ki opisujejo barvne lastnosti posameznih vhodno-izhodnih naprav v sistemu barvnega upravljanja ICC. Datoteke tako vsebujejo tekstovni zapis posamezne naprave in numerične podatke za izvedbo barvne pretvorbe. ICC specifikacija določa tri vrste profilov, za našo nalogo je najpomembnejši *povezovalni barvni profil*, ki neposredno povezuje barvne prostore dveh ali več naprav. Ti barvni profili omogočajo pretvorbo iz barvnih prostorov RGB_1 v RGB_2 , RGB v $CMYK$, $CMYK_1$ v $CMYK_2$.

Na računalniku je možna izdelava barvnih pretvorb iz RGB v $CMYK$ s sistemom za barvno upravljanje ICC na različnih stopnjah reprodukcijskega procesa, za našo nalogo bi bila najprimernejša nastavitev najprej na programu za obdelavo in oblikovanje karte (OCAD), potem je možna še pri programih za prelom strani in elektronsko montažo (Adobe), pri izdelavi PS in PDF datotek in pretvorbe barvnih podatkov na izhodnih napravah, npr. PostScript Raster Image Procesor – PS RIP. Vsem datotekam morajo biti pripeti ICC profili naprav. Taki profili se imenujejo pripeti barvni profili (ang.: Embedded Profiles), ki jih lahko shranimo z datotekami v sledečih formatih: Photoshop (*.pdf), TIFF (*.tif), PS (*.ps), EPS

(*eps), JPEG (*.jpg), PICT (*.pct) (Mikuž, 2001). Na sliki ponazarjamo primer, ko s pomočjo ICC barvnih profilov pretvorimo barvno območje zaslona računalnika (RGB) v barvno območje tiskarskega stroja (CMYK):



Slika 38: Pretvorba barvnega območja RGB v barvno območje CMYK

3 SPOROČILNI NABOJ KARTE NA RAZLIČNIH MEDIJIH

Osnovo za oblikovanje kartografskih znakov in oblikovanje celotne karte predstavlja 6 grafičnih spremenljivk, imenovanih Bertinove grafične spremenljivke po francoskem kartografu Jacquesu Bertinu. Bertinove grafične spremenljivke so barva, oblika, velikost, svetlo-tonska vrednost, vzorec in smer. Le-te grafične spremenljivke omogočajo izdelavo nešteto kartografskih znakov. Rezultat oblikovanja so točkovni, linijski in ploskovni kartografski znaki, ki se delijo po izraznosti in kompleksnosti na:

- *geometrične*: so najslabše izrazni in rabijo legendo,
- *nazorne*: so asociativni in večinoma ne potrebujejo legende,
- *alfanumerične*: so alfanumerični znaki, ki tudi rabijo legendo.

Kakovost prikaza kartografskih znakov je odvisna od kakovosti tiskane karte. Kakovost tiskane karte določa liniatura rastra, ki mora biti tako velika, da pri določeni oddaljenosti opazovanja karte ne zaznamo posameznih pik rastra, to pomeni, da se pri tej oddaljenosti točke rastra zlivajo v en ton, kar velja za optično mešanje barv. Kakovost tiskane karte pa je poleg prave izbire rastra odvisna še od števila možnih tonskih vrednosti barve, ki jo neka naprava lahko prikaže. Prav ta kakovost prikaza neke naprave v procesu izdelave karte določa sporočilni naboj.

3.1 Sporočilni naboj

»Slika pove več kot tisoč besed« pravi znani rek, a zastavlja se vprašanje kako velik je njihov sporočilni naboj, oziroma njihova informacijska zmogljivost? Vprašanje je tudi, ali je na primer sporočilni naboj tiskanih reprodukcij, v našem primeru tiskanih kart, večji od sporočilnega naboja zaslona?

Sporočilni naboj slik je odvisen od treh faktorjev:

- reprodukcijske ločljivosti, to je števila še ločljivih slikovnih elementov,
- tonskega obsega, to je števila razpoznavnih tonov (svetlo - tonskih vrednosti) med najtemnejšim in najsvetlejšim območjem slike,
- števila osnovnih barv, ki reproducirajo barvne učinke slike.

Na barvnih slikah, v kartografiji na kartah, obravnavamo tonski obseg za vsako osnovno barvo (barvni izvleček) posebej. Tonski obseg je največkrat enak v vseh barvnih izvlečkih. Pri barvnem tisku imamo na primer štiri procesne barve: cian, magenta, rumena in črna (CMYK), pri barvnem zaslonu in pri človeškem očesu pa imamo tri procesne barve: modra, zelena in rdeča (RGB), novejši LCD zasloni omogočajo tudi štiri osnovne barve, in sicer trem osnovnim primarnim barvam (RGB) je dodana še črna (Kumar, 2005).

3.1.1 Ločljivost

Ločljivost (*ang. splošno: resolution, bolj precizno: resolving power, resolution capability*) je merilo za jasnost, ostrino in podrobnosti, ki jih lahko posname analogna ali digitalna fotografija. Podobno je s človeškim očesom. Manjše detajle nek sestav prepozna, višja je njegova ločljivost. Kakovost točkovnega upodabljanja in nato reproduciranja slik je v tesni soodvisnosti z ločilnimi sposobnostmi tehnike in tehnologije. Tako ni vseeno, koliko slikovnih elementov (*pikslov*) zmore posneti digitalna kamera, ali koliko (elementarnih) rastrskih točk sestavlja rastrsko piko, ali koliko zaslonskih točk ima zaslon. V zvezi z ločljivostjo vlada v svetu digitalne reprodukcije, ter s tem posredno v kartografiji in kartografski reprodukciji, kopica zadreg. Da se temu izognemo je pomembno, da med sabo razlikujemo optično, geometrično, snemalno, slikovno, upodobitveno, naslovno, reprodukcijsko, tiskovno in zaslonsko ločljivost (Slika 39) (Kumar, 2005). V naši nalogi so pomembne vse ločljivosti, razen geometrične in snemalne. Slednji dve sta pomembni pri fotogrametriji, natančneje pri slikanju aeroposnetkov z digitalno kamero in pri skeniranju analognih aeroposnetkov.

Slika 39: Ločljivosti v reprodukcijskem procesu

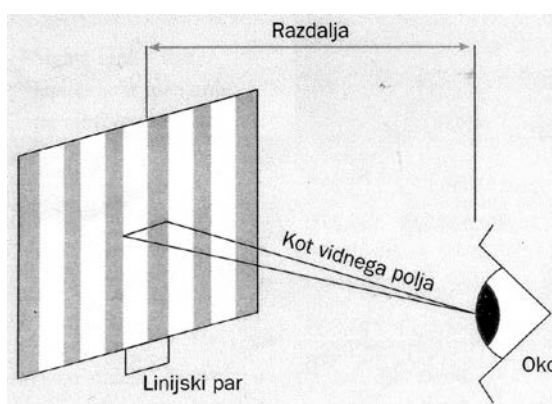
(Vir: Kumar, 2005, 27)

3.1.1.1 Optična ločljivost

Optična ločljivost je prisotna pri človeškem očesu, objektivih, foto materialih, snemalnih vezjih, fotografskih in televizijskih kamerah, skenerjih, skratka pri vseh napravah za snemanje motiva. Optična ločljivost je sposobnost naprave, ki prenaša podrobnosti z motiva na sliko. Podana je s številom še vidnih linijskih parov na centimeter (LP/cm), ali milimeter (LP/mm). Podrobneje bomo opisali optično ločljivost očesa, analogne in digitalne fotografije (Kumar, 2005).

Optična ločljivost očesa (ang. resolving power, spatial resolution): določa jo razdalja med barvnimi receptorji na mrežnici. Tako je povezan kot vidnega polja, pri katerem oko še ločuje dve vzporedni liniji motiva (Slika 40). Normalna opazovana razdalja slik in besedila je

približno 40 cm (karte opazujemo še pri krajši razdalji) in ločljivost pri tem je približno 29 LP/cm. Debelina linij je tu 0,175 mm, oko pri tej razdalji finejših linij ne razlikuje več. Večja ko je opazovana razdalja, manjša sta kot vidnega polja in ločljivost očesa. Ločljivost očesa se veča tudi z večanjem barvnega kontrasta v linijskem paru (največjo ločljivost dosežemo, ko imamo črno-beli par). Optična ločljivost očesa je odvisna tudi od osvetlejnosti prostora in osvetljenosti predloge, ki jo opazujemo. Pri idealnih pogojih lahko oko registrira do 40 LP/cm (Kumar, 2005).



Slika 40: Optična ločljivost človeškega očesa;
meri se z linijskimi pari na dolžinsko enoto cm – LP/cm

(Vir: Kumar, 2005, 22)

Optična ločljivost analogne fotografije: pri foto materialih je ločljivost omejena z velikostjo fotografskega zrna in z lomnim količnikom fotografske emulzije. Večje ko je fotografsko zrno, manj linijskih parov se upodobi na enoto cm.. Nizko občutljivi črno-beli foto materiali imajo ločljivost 250 LP/cm, srednje občutljivi imajo 500 LP/cm, visoko občutljivi pa 1000 LP/cm. Ekstremno ločljivi tehnični foto materiali imajo optično ločljivost od 2500 do 5000 LP/cm in barvni negativni in diapozitivi imajo okoli 500 LP/cm, kar je usklajeno z optično ločljivostjo objektivov. Optična kakovost objektivov je odvisna od njegovih napak, predvsem od aberacije (kromatične aberacije), ki povzročata »neostrino«. Kakovostni analogni objektivni imajo ločljivost največ od 400 do 500 LP/cm (Kumar, 2005).

Optična ločljivost digitalne fotografije: je soodvisna od geometrične ločljivosti snemalnega vezja in optične ločljivosti objektivov. Tako objektiv za digitalno kamero ne sme povzročati

večje »neostrine« kot je razdalja (*pitch*) med središči dveh fotoelementov na snemalnem vezju. Za visoko ločljiva snemalna vezja, ki imajo 8 in več megapikslov (MPx) geometrične ločljivosti, mora biti optična ločljivost objektiva najmanj 600 LP/cm. Za pridobitev optimalnih rezultatov mora biti optična ločljivost objektiva enaka ali višja od optične ločljivosti snemalnega vezja (Kumar, 2005).

3.1.1.2 Geometrična ločljivost snemalnega vezja

Geometrična ločljivost pove, koliko fotoelementov ima snemalno vezje. V digitalni fotografiji je podana s številom vseh fotoelementov na vezju, to je zmnožek njihovega števila na širino in višino snemalnega vezja, na primer:

$$2592 \times 1944 = 5.038\ 848 \quad (5)$$

5 MPx (*megapikslov*)

Fotoelementov načeloma ne smemo enačiti s *piksli*. Enačimo jih lahko samo pod določenimi pogoji, in sicer *piksel* lahko nastane s procesiranjem signalov, ki jih posname več fotoelementov, to velja pri trikromatski digitalni fotografiji. Pri črno-beli reprodukciji pa en fotoelement lahko določa en *piksel*. Takrat je geometrična ločljivost enaka *snemalni ločljivosti*. (Kumar, 2005).

3.1.1.3 Snemalna ločljivost

Snemalna ločljivost (ang. scanning rate, sampling rate) je ločljivost, s katero naprava (skener, digitalna kamera) snema predlogo ali motiv. Največja možna snemalna ločljivost naprave je njena geometrična ločljivost. Ponavadi se uporablja snemalna ločljivost, ki je manjša od geometrične. Snemalna ločljivost je podana s številom slikovnih elementov - pikslov, ki jih naprava lahko posname na dolžinsko enoto (ppc ali ppi - piksel/cm ali piksel/inch), ali s številom slikovnih elementov na širino in višino naslovne mreže - snemalnega vezja (MPx). (Kumar, 2005)

3.1.1.4 Slikovna ločljivost digitalne slike

Slikovna ločljivost digitalne slike je število slikovnih elementov - *pikslov* na dolžinsko enoto digitalne slike (ppc/ppi), pogosteje na stranico naslovne mreže (npr. 3027×2304 Px). Slikovna ločljivost mora biti višja od upodobitvene ločljivosti. Kompromis med njima zagotavlja upodobitveni faktor:

- Pri amplitudnem rastriranju je slikovna ločljivost (ppi) enaka $2 \times$ upodobitvena ločljivost (lpi) \times faktor povečave,
- Pri frekvenčnem rastriranju zadostuje slikovna ločljivost 120 ppc (300 ppi) \times faktor povečave,
- Pri zaslonskih upodobitvah pa je slikovna ločljivost enaka upodobitveni ločljivosti \times faktor merila.

Upodobitveni faktor določa, koliko pikslov – slikovnih elementov se pretvori v eno rastrsko piko oz. rastrski ton, na primer faktor 2 pri amplitudnem rastriranju tvori eno rastrsko piko iz štirih pikslov. Pri tisku karte formata A4 z amplitudnim rastrom od 40 do 70 L/cm, kjer je upodobitveni faktor 2, potrebujemo digitalno sliko, ki ima 9 MPx, za format A3 pa kar 18 MPx. Upodobitveni faktor pri frekvenčnem rastriranju je ena. Tako ima slika ločljivosti 120 ppc (300 ppi), ki jo reproducira amplitudni raster 60 L/cm, nižjo reprodukcijsko ločljivost kot ista slika ločljivosti 90 ppc (230 ppi), ki jo reproducira frekvenčni raster. To pomeni, da lahko za frekvenčni raster uporabljamo približno za 25 % nižjo slikovno ločljivost kot za amplitudni raster (Kumar, 2005).

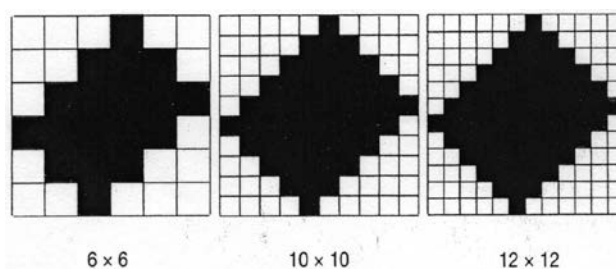
3.1.1.5 Upodobitvena ločljivost

Upodobitvena ločljivost pove, koliko rastrskih pik, slikovnih elementov (pikslov) in poslednično linijskih parov, kakšna izhodna naprava teoretično upodobi na dolžinsko enoto. Pri amplitudno moduliranih reprodukcijah je podana z liniaturo oz. gostoto rastrskih točk (L/cm, lpc/lpi), pri frekvenčno moduliranih z velikostjo elementarnih rastrskih točk v

mikrometrih ob definirani naslovni ločljivosti, to je gostoti rastrskih točk (dpc/dpi), pri zaslonskih pa z gostoto zaslonskih točk – pikslov (ppc/ppi). Pri računalniških zaslonih kakovost upodobitve določa največja naslovna oz. zaslonska ločljivost v slikovnih elementih – *pikslih*, in sicer glede na format zaslonov upodablajo vse od 800×600 do 2048×1536 pikslov, kakovostni zasloni najpogosteje 1600×1200 , vsekakor pa je odločilna ločljivost v številu pikslov na dolžinsko enoto. Na zaslonu se ne upodablajo niti rastrske pike niti točke, ampak piksli, to pomeni, da je število pikslov, ki jih lahko naprava prikaže, odvisno od razdalje med zaslonskimi točkami (pitch) in tudi od zmogljivosti računalnika (spomin). Ker ponavadi ni izgub, je upodobitvena ločljivost zaslona enaka reprodukcijski in zaslonski ločljivosti (Kumar, 2005).

3.1.1.6 Naslovna ločljivost

Naslovna ločljivost (resolution, addressable resolution, addressability) nam pove, koliko logičnih elementov lahko računalnik naslovi na mreži kakšne izhodne naprave. Pogosto jo imenujemo tudi kot izhodna ločljivost (output resolution). Določena je s številom vrstic v smeri y in kolon v smeri x. Meri pa se s številom naslovnih točk na dolžinsko enoto dpc (dots per cm) ali dpi (dots per inch). Naslovna ločljivost nam tudi pove, koliko podatkov potrebuje naprava za delovanje in koliko točk bo v idealnem primeru upodobila na izhodu. Velja pravilo, da lahko z rastrskim kvadratom, to je z eno rastrsko piko, upodobimo največ toliko tonov, kolikor ima elementarnih rastrskih točk. Oko v lestvici med nepotiskanimi in polno potiskanimi površinami ne loči kaj dosti več od sto tonov, zato zadostuje rastrski kvadrat v katerem je sto rastrskih točk (mreža 10×10 rastrskih točk, glej sliko 41). Tako imamo tonski obseg stotih različnih tonov, kjer vsak odstotek predstavlja po en ton. Pri 60-linijskem rastru mora biti naslovna ločljivost 600 dpc (1524 dpi), pri frekvenčnem z 20-mikrometrskimi točkami pa zadostuje 500 dpc (1270 dpi). Če pa želimo upodobiti tonski obseg 256 tonov, mora biti naslovna ločljivost pri 60-linijskem rastru 2438 dpi (Kumar, 2005).



Slika 41: Rastrski kvadrat, prikazan z matriko 6 x 6, 10 x 10 in 12 x 12 rastrskih točk

(Vir: Kumar, 2005, 25)

3.1.1.7 Reprodukcijska ločljivost

Reprodukcijska ločljivost nam pove, koliko razpoznavnih linijskih parov lahko kakšna naprava (npr. tiskarska tehnika, tiskalnik, zaslon in drugo) upodobi na izbrano dolžinsko enoto ali površino. Reprodukcijska ločljivost je vedno manjša od upodobitvene, praviloma pa mora biti mnogo večja kot je optična ločljivost očesa. To pa je vsekakor pogoj, da lahko rastrske reprodukcije sploh ustvarijo iluzijo tonov. Tako imamo pri 60-linijskem rastru reprodukcijsko ločljivost 30 parov na cm, pri 40- linijskem 20, pri frekvenčnem rastru s 40-mikrometrsko rastrsko točko 125, z 20- mikrometrsko pa kar 250 linijskih parov na cm (Kumar, 2005).

3.1.1.8 Tiskovna ločljivost

Tiskovna ločljivost je posebna oblika reprodukcijske ločljivosti. Pove nam, koliko točkovnih oz. linijskih parov tiskarska tehnika v določenih razmerah upodobi na dolžinsko enoto. Tiskovna ločljivost je praviloma dosti manjša od naslovne, le teoretično, to je v idealnem primeru je lahko enaka. Do tega prihaja, ker geometrijska podoba natisnjene rastrske točke ne ustreza geometriji naslovne točke na mreži (geometrija naslovne točke je ponavadi kvadrat, rastrske točke pa so okrogle, eliptične, skratka nepravilnih oblik in se med seboj prekrivajo) (Kumar, 2005).

3.1.1.9 Zaslonska ločljivost

Zaslonska ločljivost nam pove, koliko zaslonskih točk lahko upodobi zaslon. Izraža se s številom zaslonskih točk na dolžinsko enoto (dpc/dpi). Standardna je 72 dpi, boljše naprave pa lahko dosežejo 100 dpi ali več. V primeru, ko je slikovna ločljivost večja kot zaslonska, 216 ppi, računalnik mora iz treh slikovnih pikslov tvoriti eno zaslonsko točko, če hoče upodobiti celo sliko. Izražanje zaslonske ločljivosti je nedosledno, saj jo podajajo v nekaterih virih v enoti ppc/ppi ali v dpc/dpi, ali pa kar oboje in mešano. Tako je podajanje zaslonske ločljivosti s piksli (slikovnimi elementi digitalne slike) na dolžinsko enoto v primeru enobarvne večtonske slike korektno, pri trikromatskih, to je barvnih slikah pa postane zavajajoče. Razlika je tudi med barvnimi zasloni, in sicer pri katodnih CRT zaslonih imamo tri zaslonske točke, ki upodobijo en slikovni element – piksel, pri TFT LCD zaslonih pa je en piksel sestavljen iz ene zaslonske točke, le ta je sestavljena iz treh elementov (RGB) (Kumar, 2005).

3.1.2 Tonski obseg

Tonski obseg reprodukcije oz. števila prepoznavnih tonov v reprodukciji se ne da preprosto ugotoviti. S slikovno analizo je možno ugotoviti število tonov, na primer črna bela večtonska fotografija ima statistično zgolj 120 prepoznavnih tonov. Pri ofsetnem tisku v povprečju prepoznamo 80-90 tonov. Podatki veljajo za amplitudno rastriranje. Na zaslonu imamo vrednost gama, ki povezuje digitalne in tonske vrednosti z jakostjo elektronskih žarkov oz. svetilnostjo zaslonskih točk pri definirani tonski vrednosti. Odvisna je od dveh ločenih komponent, in sicer zaslona in grafične kartice, to je barvnih tablic v vmesnem pomnilniku računalnika. Pri upodabljanju slike na zaslonu sta pomembna poleg gama, še nastavljena svetlost in kontrast zaslona. Tonski obseg zaslona mora biti najmanj 8-bitni (256 tonov), tako je v spominu računalnika na voljo najmanj 1 byte za vsako zaslonsko točko. Najboljši zasloni pa lahko za vsako zaslonsko točko simulirajo ne le standardnih 256, ampak kar 1024 tonov, ter s tem omogočajo simulacijo odtisa v kateri koli tiskarski tehniki (Kumar, 2005).

3.2 Izračun sporočilnega naboja karte na posameznih medijih

Izračun sporočilnega naboja karte danega formata omogočata optična ali reprodukcijska ločljivost in tonski obseg. Enota sporočilnega naboja je bit. Če upodabljamo določeno število tonov med belo in črno, se njegov sporočilni naboj povečuje z binarnim logaritmom (ld) tonskega obsega, na primer pri štirih tonih se poveča za dvakrat, pri šestnajstih za štirikrat. Na splošno je sporočilni naboj S_n logaritem tonskega obsega n pri osnovi 2 (Kumar, 2005):

$$S_n = \text{ld } n \quad (6)$$

To velja za enobarvne slike. Za barvne upoštevamo razpoznavno število tonov v barvnih izvlečkih c :

$$S_n = c \times \text{ld } n \quad (7)$$

Če upoštevamo še reprodukcijsko ali optično ločljivost r pri dani površinski enoti, dobimo enačbo za izračun sporočilnega naboja:

$$S_n = r^2 \times c \times \text{ld } n \quad (8)$$

Pri upoštevanju formata končne reprodukcije, kjer dodamo njeno površino (širina- $w \times$ h-
višina) je sporočilni naboj:

$$S_n = r^2 \times c \times \text{ld } n \times w \times h \quad (9)$$

Tabela sporočilnega naboja na formatu A4 pri oddaljenosti opazovanja 40 cm ter na različnih medijih (Slika 42):

Vrsta reprodukcije	Ločljivost	Sporočilni naboj (MB)
amplitudni raster 60 L/cm, A4	rastrskih pik 2.268.000	5,3
amplitudni raster 40 L/cm, A4	rastrskih pik 1.008.000	1,9
amplitudni raster 34 L/cm, A4	rastrskih pik 728.280	1,4
frekvenčni raster 20 µm, A4	rastrskih točk 157.500.000	56,3
frekvenčni raster 40 µm, A4	rastrskih točk 39.375.000	14,1
heksakromija 20 µm, A4	rastrskih točk 157.500.000	93,9
kapljični tisk 20 µm, A4	rastrskih točk 157.500.000	93,9
kapljični tisk 10 µm, A4	rastrskih točk 630.000.000	375,5
analogna fotografija		
- diapozitiv ISO 100/21, A4	slikovnih točk 630.000.000	1577,1
- diapozitiv ISO 100/21, leica	slikovnih točk 8.640.000	21,6
digitalna fotografija		
- Canon EOS-1Ds Mark II	slikovnih točk 15.237.366	43,6
- Nikon D2X	slikovnih točk 10.451.919	29,9
- Sony DSC-W5	slikovnih točk 3.835.818	11,0
monitor 1600 x 1200 pikselov		
- tonski obseg 256	zaslonskih točk 1.920.000	5,5
- tonski obseg 1024	zaslonskih točk 1.920.000	6,9
televizija SDTV		
- mirujoča slika	zaslonskih točk 213.333	0,2
- gibljiva slika (25 Hz)	zaslonskih točk 389.376	3,9
televizija HDTV		
- mirujoča slika	zaslonskih točk 213.333	0,5
- gibljiva slika (25 Hz)	zaslonskih točk 389.376	12,5
človeško oko, A4	slikovnih točk 2.119.320	6,1

Slika 42: Tabela sporočilnega naboja

(Vir: Kumar, 2005, 21)

4 PRIMERJAVA KARTE

V tem delu se bomo posvetili primerjavi istega izseka karte, tiskanega z različnimi tehnikami tiska. Zanima nas kolikšen vpliv ima različna tehnika tiska na zaznavanje barv in posledično na kakovost karte, v smislu kakovostne rabe. Posvetili smo se tudi primerjavi različnih ločljivosti, ki posledično pomenijo boljšo kakovost in uporabnost karte. Grafično kakovost karte lahko določimo s sporočilnim nabojem. Poleg grafičnih parametrov smo primerjali tudi kartografske, kjer nas je zanimala predvsem kakovost njihove upodobitve. Sledi še primerjava največje možne velikosti formata kart, časovne priprave, velikost naklade, primerjava cen enega izpisa in večjih naklad, torej stroškovni parametri.

Kot je bilo povedano že uvodoma, smo naredili primerjavo izseka, ki je bil tiskan s konvencionalnim in sodobnim tiskom. Primerjavo smo izvedli tako, da smo izsek karte, ki je bila tiskana v ofsetnem tisku, tiskali v digitalnem tisku – Xeikon DCP 50D. Izsek za primerjavo je bil izbran iz Državne pregledne karte Republike Slovenije (DTK) v merilu 1 : 250 000. Velikost izseka je nekaj manj kot A4 format. V nadaljevanju bomo opisali potrebne postopke, to je posamezne tehnološke korake izdelave za oba načina tiskanja ter njihove prednosti in slabosti. Na koncu bomo obe tiskani karti ovrednotili in medsebojno primerjali tako v pogledu grafične kot kartografske stroke in ugotovitve podali v tabeli.

4.1 Priprava na tisk

Pred uveljavitvijo računalnikov v kartografiji so se za pripravo na tisk uporabljali reprodukcijski originali, kateri so bili iz prosojne ali polprosojne plastične folije. Reprodukcijski original se je izdeloval tako, da se je združila vsebina ene barve, ki je razdeljena na več slojev, to je na več založniških originalov (založniški original točk, linij ali ploskev), v en sloj. Zaradi tehnike tiska je moral biti en reprodukcijski original za eno barvo. Tako so bili pri kratki barvni lestvici CMYK štirje reprodukcijski originali, pri dolgi barvni lestvici pa toliko, kolikor je bilo tiskanih barv. Pri tem so rabili tehnologijo za združitev in

rastriranje. Reprodukcijski original se je nato s pomočjo kontaktnih kamer kopiral na tiskovno formo, to je tiskarsko ploščo, ki je osnova za tiskanje v ofsetnem tisku. Pri sodobni, računalniški kartografiji smo se v procesu priprave na tisk znebili določenih tehnoloških korakov. S tem smo se izognili morebitnim napakam, predvsem skrčkom in raztezkom filmov, ki lahko neposredno vplivajo na relativno in absolutno merilo karte.

4.1.1 Priprava na tisk pri ofsetnem tisku

Priprava na tisk vključuje tehnološke korake, in sicer od že izdelane karte na računalniku do izdelave tiskarske plošče za tisk. Karta je bila izdelana v vektorskem programu OCAD. Priprava tiskovne forme je bila izdelana s CTP metodo. CTP (Computer To Plate) je metoda, kjer se vsebina karte neposredno osvetli na tiskovno formo (tiskarsko ploščo). Ker je bila karta tiskana v CMYK kratki barvni lestvici, je bilo potrebno narediti štiri tiskarske plošče za vsako barvo posebej. Še pred osvetlitvijo na tiskarsko ploščo je bila vsebina karte rastrirana s pomočjo RIP programske opreme. Tu je program samodejno nastavil kote rastrov, in sicer raster cian barve pod kotom 105° , magenta 75° , rumena 90° in črne barve pod kotom 45° . V programu je bila nastavljena tudi liniatura rastra, ki znaša 70 L/cm. Štiri tiskarske plošče tu predstavljajo štiri reprodukcijske originale. Reprodukcijski originali so lahko tudi izhodne datoteke programa v katerem se je karta izdelovala (OCAD) ali izhodne datoteke raznih programov za urejanje slik (Photoshop).

4.1.2 Priprava na tisk pri digitalnem tisku (Xeikon)

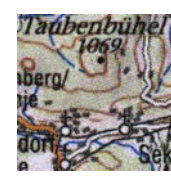
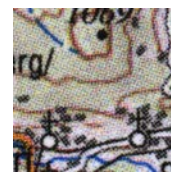
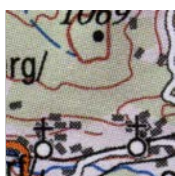
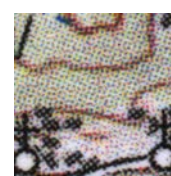
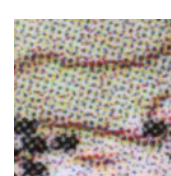
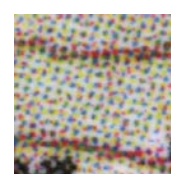
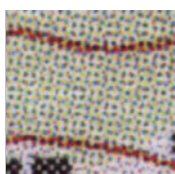
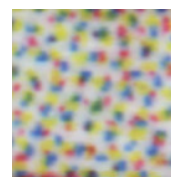
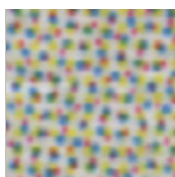
Za pripravo na digitalni tisk ni bilo treba izdelati tiskovne forme (tiskarske plošče), saj pri digitalnem tisku ni fizično prisotne tiskovne forme, ampak je to dinamični spomin računalnika (RAM). Izhodna datoteka izseka je bila v TIFF formatu in z naslovno ločljivostjo 600 dpi. Za pripravo na tisk smo v rastrskem programu Photoshop najprej spremenili naslovno ločljivost iz 600 dpi na 300 dpi, ker je bila največja možna upodobitvena ločljivost tiskanja 300 dpi. Nato smo v istem programu naredili vhodno datoteko za digitalni tisk - RIP datoteko. Koti rastrov so enaki kot pri ofsetni metodi, in sicer cian barva 105° , magenta 75° , rumena 90° in

črna barva pod kotom 45°. V programu smo nastavili tudi liniaturo rastra, in sicer smo vzeli največjo možno, ki je 60 L/cm, to je 10 L/cm manj kot pri ofsetni metodi tiska. Reprodukcijski originali so tu lahko samo izhodne datoteke programa v katerem se je karta izdelovala (OCAD) ali urejevalnih programov (Photoshop).

4.2 Barve pri tisku

Pri obeh tehnikah tiska je simulacija barv izvedena z njihovim optičnim mešanjem. Optično mešanje barv se doseže s pomočjo rastrov. V našem primeru imamo pri obeh tehnikah tiska štiri rastre, ki ležijo pod različnimi koti. S prekrivanjem rastrov, kjer so pike rastrov ena poleg druge, ali se med seboj delno prekrivajo, se tako doseže barvni odtenek (glej slike pod drobnogledom). Kakovost barvnega odtenka, barve dosežemo predvsem s čim večjo gostoto-liniaturo rastra, ki je omejena z reprodukcijsko ločljivostjo. Reprodukcijska ločljivost mora biti vedno manjša od upodobitvene, praviloma pa mora biti mnogo večja od optične ločljivosti očesa. To pa je vsekakor pogoj, da lahko rastrske reprodukcije sploh ustvarijo iluzijo tonov. Tako imamo pri karti tiskani z ofsetno tehniko tiska s 70-linijskim rastrom (70 L/cm) reprodukcijsko ločljivost enako 35 parov na enoto cm (35 LP/cm). Pri karti z digitalno tehniko tiska s 60-linijskim rastrom (60 L/cm) je reprodukcijska ločljivost 30 linijskih parov na enoto cm (30 LP/cm), kar je več kot je optična ločljivost očesa, ki je 29 linijskih parov na enoto cm (29 LP/cm) pri oddaljenosti opazovanja 40 cm.

Na naslednji strani so prikazane povečave posameznega manjšega izseka karte, ki smo jo primerjali. Povečava slik je narejena s pomočjo skenerja. Na slikah tiskanih z digitalno tehniko lahko zaznamo manjšo grafično kakovost, ki je posledica slabše upodobitvene ločljivosti (55-60 L/cm).



Povečave izseka (ofset tisk)

Povečave izseka (digitalni tisk)

4.2.1 Usklajevanje barve pri digitalni tehniki tiska

Liniatura rastra pri ofsetni tehnologiji je 70 L/cm, pri digitalni tehnologiji pa je 60 L/cm. Zaradi manjše liniature pri isti naslovni ločljivosti je bila rastrska tonska vrednost (RTV) večja, in sicer 25%. Tako smo pri digitalni tehnologiji dobili z večjo RTV bolj temno, kontrastno in nasičeno karto kot je bila karta na zaslonu (glej prilogo B). Do tega odstopanja pride, ker je bilo zaradi večjih rastrskih pik manj bele površine, ki skupaj s CMYK tvorijo iluzijo barvnega odtenka. Tako smo zmanjšali RTV na 16% in dobili svetle, manj intenzivne - nasičene barvne odtenke. S tem je bila karta manj kontrastna in vsebina bolj pregledna, kar je privedlo do večje harmonije med barvami (glej prilogo C). Na ta način smo se približali barvam, ki smo jih izbrali na zaslonu in barvam na karti, ki je bila tiskana z ofsetno tehniko tiska (glej prilogo A).

Zaradi tehnološke omejenosti nismo izvedli barvnega upravljanja, saj Xeikon DCP 50D še nima možnosti uporabe ICC profilov. Želeni barvni odtenek smo dosegli s kombinacijo liniature rastra in rastrsko tonsko vrednostjo RTV.

4.3 Izračun sporočilnega naboja izseka karte na različnih medijih v procesu izdelave karte

Sporočilni naboj je merilo grafične kakovosti prikaza karte na različnih medijih. Izračunali smo sporočilni naboj, ki ga lahko zazna oko, sporočilni naboj zaslona in tiskane karte v ofsetni in digitalni tehnologiji. Izračunali in primerjali smo sporočilni naboj izseka karte velikosti 20 cm × 28 cm, z oddaljenostjo opazovanja 40 cm. Sporočilni naboj medijev mora biti enak ali večji od sporočilnega naboja, ki ga lahko zazna oko, to je pogoj za optično mešanje barv, saj se pri tej liniaturi rastra pike ne ločijo med sabo in se zlijejo v barvni ton.

4.3.1 Sporočilni naboj, ki ga lahko zazna oko

Optična ločljivost očesa na razdalji 40 cm je 29 linijskih parov na enoto cm (29 LP/cm), to je enako 58 L/cm. Na našem izseku karte, velikosti 20 cm x 28 cm, razločimo 1160 linij po širini in 1624 linij po višini. V reprodukcijski praksi velja, da oko prepozna 16,7 milijona barv oz. 256 tonov z vsako vrsto barvnih receptorjev. Tako lahko izračunamo sporočilni naboj, ki ga še lahko zaznavamo:

$$S_n = 1160 \times 1624 \times 3 \times \text{ld } 256 = \mathbf{5.39 \text{ MB}} \quad (10)$$

Literatura pa navaja, da človek ne vidi kaj dosti več kot dober milijon barv, to je 100 tonov (Kumar 2005). Ponovni izračun za zgoraj omenjeni primer z upoštevanjem 100 tonov namesto 256 privede do rezultata **4.48 MB** sporočilnega naboja.

$$S_n = 1160 \times 1624 \times 3 \times \text{ld } 100 = \mathbf{4.48 \text{ MB}} \quad (11)$$

4.3.2 Sporočilni naboj zaslona

Sporočilni naboj zaslona pri reprodukcijski ločljivosti 1600×1200 pikslov, velikosti zaslona A4 (zaslon velikosti 15 inch-ev), tonska vrednost od 256 do 1024:

$$S_n = 1600 \times 1200 \times 3 \times \text{ld } 256 = \mathbf{5.49 \text{ MB}} \quad (12)$$

$$S_n = 1600 \times 1200 \times 3 \times \text{ld } 1024 = \mathbf{6.87 \text{ MB}} \quad (13)$$

Pri zaslonih, kjer je tonska vrednost 32 bit-ov, to je $2^{32} = 4294967296$ tonov, je sporočilni naboj enak:

$$S_n = 1600 \times 1200 \times 3 \times \text{ld } 4294967296 = \mathbf{21.97 \text{ MB}} \quad (14)$$

Sporočilni naboj zaslona je že pri upoštevanju 256 tonov večji od sporočilnega naboja, ki ga lahko zazna oko, kar zadostuje pogoju optičnega mešanja barv.

4.3.3 Sporočilni naboj karte tiskane z ofsetno tehnologijo

Tiskana karta z reprodukcijsko ločljivostjo, ki ustreza številu vseh rastrskih pik na cm^2 , tonski obseg ene rastrske pike je 100 tonov pri rastru 70 L/cm, ter štirih tiskovnih barv (CMYK), ima sporočilni naboj:

$$S70 = 70^2 \times 4 \times \text{ld } 100 = 130219.58 \text{ bit/cm}^2 = 15.86 \text{ KB/cm}^2 \quad (15)$$

Za velikost izseka 20 cm × 28 cm velja:

$$S70 = 70^2 \times 4 \times \text{ld } 100 \times 20 \text{ cm} \times 28 \text{ cm} = \mathbf{8.69 \text{ MB}} \quad (16)$$

Sporočilni naboj karte je večji od sporočilnega naboja, ki ga lahko zazna oko, kar zadostuje pogoju za optično mešanje barv.

4.3.4 Sporočilni naboj karte tiskane z digitalno tehnologijo

Izračunan je sporočilni naboj tiskane karte velikosti izseka 20 cm × 28 cm s tonskim obsegom 90 tonov ene rastrske pike, rastrom 60 L/cm in štirih tiskovnih barv (CMYK):

$$S60 = 60^2 \times 4 \times \text{ld } 90 \times 20 \text{ cm} \times 28 \text{ cm} = \mathbf{6.24 \text{ MB}} \quad (17)$$

Sporočilni naboj karte je tudi tu večji od sporočilnega naboja, ki ga lahko zazna oko, kar zadostuje pogoju za optično mešanje barv.

4.3.5 Izračun sporočilnega naboja tiskanih kart pri krajši oddaljenosti opazovanja

Različne karte imajo različen prag čitljivosti, to je oddaljenost opazovanja, ki je odvisna od velikosti kartografske vsebine. Tako tudi v našem primeru imamo zaradi detajlov krajšo oddaljenost opazovanja kot 40 cm. V nadaljevanju bomo izračunali koliko linijskih parov oko zazna pri oddaljenosti 30 cm in 20 cm ter kolikšna mora biti potem upodobitvena ločljivost, to je liniatura rastra, da ne prepoznamo linij - pik rastra, ampak ton. Na koncu bomo izračunali še sporočilni naboj izseka obeh kart pri oddaljenosti 30 cm in 20 cm. Krajša oddaljenost opazovanja namreč narekuje večjo upodobitveno ločljivost.

Izračun zornega kóta enega linijskega para:

Kót polovice dolžine 1 cm:

$$\tan \alpha = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)}{b} = \frac{\left(\frac{1\text{cm}}{2}\right)}{40\text{cm}} = 0.0125 \quad (18)$$

Kót enega linijskega para:

$$\alpha_{LP} = \frac{\tan \alpha}{\left(\frac{n_{LP}}{2}\right)} = \frac{0.0125}{\left(\frac{29}{2}\right)} = 0.000862(\text{rad}) \cong 3' \quad (19)$$

4.3.5.1 Izračun ločljivosti očesa ter najmanjšo upodobitveno ločljivost pri krajših oddaljenostih opazovanja

Ločljivost očesa na oddaljenosti 40 cm je 29 linijskih parov na enoto cm (29 LP/cm). Iz tega smo izpeljali najmanjši zorni kot enega para, ki ga oko še lahko zazna in je enak 3 minutam (3'). Upodobitvena ločljivost je pri karti, tiskani z ofsetno tehnologijo, enaka 70 L/cm, pri karti z digitalno tehnologijo pa 55-60 L/cm, za izračun smo vzeli 60 L/cm.

Izračun števila parov, ki jih oko lahko zazna pri oddaljenosti opazovanja b :

$b=30$ cm

Kót polovice dolžine 1 cm, pri oddaljenosti opazovanja 30 cm:

$$\tan \alpha_{30} = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)}{b} = \frac{\left(\frac{1\text{cm}}{2}\right)}{30\text{cm}} = 0.016667 \Rightarrow \alpha_{30} = 0.016665(\text{rad}) \quad (20)$$

Število linijskih parov na enoto dolžine 1 cm:

$$\frac{n_{LP}}{2} = \frac{\alpha_{30}}{\alpha_{LP}} = 19 \Rightarrow n_{LP} = 38 \quad (21)$$

Pri oddaljenosti opazovanja 30 cm zaznamo 38 LP/cm, kar je 76 linij na enoto cm (76 L/cm), pri čemer je pogojno samo ena upodobitvena ločljivost dovolj velika, in sicer pri karti tiskani z ofsetno tehnologijo (70 L/cm). Karta tiskana z digitalno tehnologijo pa nima dovolj velike upodobitvene ločljivosti.

$b=20$ cm

Kót polovice dolžine 1 cm, pri oddaljenosti opazovanja 20 cm:

$$\tan \alpha_{20} = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)}{b} = \frac{\left(\frac{1\text{cm}}{2}\right)}{20\text{cm}} = 0.025 \Rightarrow \alpha_{20} = 0.024995(\text{rad}) \quad (22)$$

Število linijskih parov na enoto dolžine 1 cm:

$$\frac{n_{LP}}{2} = \frac{\alpha_{20}}{\alpha_{LP}} = 29 \Rightarrow n_{LP} = 58 \quad (23)$$

Pri oddaljenosti opazovanja 20 cm zaznamo 58 LP/cm, kar je 116 L/cm, Žal nobena upodobitvena ločljivost kart ni dovolj velika. Tu oko že lahko zazna določene linije - pike rastra. Najmanjša upodobitvena ločljivost bi tako morala biti 120 L/cm. Vse to velja pri idealnih pogojih opazovanja, in sicer: primerna osvetlitev, raster pod kotom 0° , linijski par je pika rastra in ozadje, ki je bela podlaga – papir. Ker pa je raster tiskan pod kotom in imamo

štiri rastre, oko ni sposobno zaznati toliko linijskih parov na cm. Tako je zadostna upodobitvena ločljivost že 110 L/cm, ali manj.

4.3.5.2 *Izračun sporočilnega naboja očesa pri različnih oddaljenostih opazovanja*

Sporočilni naboj očesa pri oddaljenosti $b = 30$ cm, kjer je optična ločljivost 38 LP/cm, kar je 76 L/cm. Na izseku karte, velikosti $20\text{ cm} \times 28\text{ cm}$, tako razločimo 1520 linij po širini in 2128 linij po višini. Če upoštevamo, da zaznamo 100 tonov z vsakim barvnim receptorjem, je sporočilni naboj enak:

$$S_n = 1520 \times 2128 \times 3 \times \text{ld } 100 = 7.7 \text{ MB} \quad (24)$$

Pri tej oddaljenosti moramo imeti sporočilni naboj karte večji od izračunanega sporočilnega naboja očesa. Karta tiskana z ofsetnim tiskom izpolnjuje pogoje, izsek karte tiskane z digitalnim tiskom pa ne izpolnjuje pogojev in to zaradi upodobitvene ločljivosti, ki je 55-60 L/cm, morala pa bi biti vsaj 70 L/cm ali več.

Sporočilni naboj očesa pri oddaljenosti $b = 20$ cm, z optično ločljivostjo 58 LP/cm, kar je 116 L/cm, na izseku karte, velikosti $20\text{ cm} \times 28\text{ cm}$, z ločljivostjo 2320 linij po širini in 3248 linij po višini, ter 100 tonov je:

$$S_n = 2320 \times 3248 \times 3 \times \text{ld } 100 = 17.9 \text{ MB} \quad (25)$$

Pri tej oddaljenosti nobena karta nima dovolj velikega sporočilnega naboja. Pri obeh kartah mora biti upodobitvena ločljivost 120 L/cm, ali vsaj 110 L/cm če upoštevamo, da nimamo vseh idealnih pogojev.

4.4 Primerjava kartografske vsebine pri obeh izsekih karte

Kartografsko vsebino karte, tiskane z digitalno tehnologijo, smo primerjali z referenčno karto, tiskano z ofsetno tehnologijo. Primerjavo smo izvedli po vrstnem redu legende kartografskih znakov, ki smo jo imeli na karti tiskani z ofsetno tehnologijo.

Vsi elementi splošno-geografske osnove (relief, hidrografija, vegetacija, poselitev, komunikacije, napisi, meje) so bili z digitalno tehniko tiska kljub manjši upodobitveni ločljivosti prikazani. Težje čitljiva je vsebina reliefa, in sicer plastnice se na zelo strmih območjih, kjer so blizu skupaj, skoraj dotikajo. To pa je prav posledica te manjše naslovne ločljivosti (300 dpi) in s tem manjše upodobitvene ločljivosti (55-60 L/cm), zaradi česar so plastnice nekoliko debelejšje prikazane in prav tako napisi višini plastnic, kateri so tako težje čitljivi. Pri prikazu vegetacije je zaradi slabše liniature rastra težje ločiti meje med gozdom, ki je na karti upodobljena z zeleno barvo, in travnikom, ki je svetlejšje barve. K slabši ločitvi te meje pripomore še prikaz reliefa s senčenjem, ki je sive barve. Ostala vsebina karte je po kakovosti enaka kot karta tiskana v ofsetnem tisku, seveda ob upoštevanju oddaljenosti opazovanja 40 cm. Z zmanjšanjem oddaljenosti opazovanja na 30 cm se pri digitalni tehniki ponekod že zaznajo rastrske pike, ki poslabšajo čitljivost karte. Pri ofsetnem tisku ni opazne spremembe. Pri oddaljenosti opazovanja 20 cm se pri obeh tehnikah tiska zaznajo rastrske pike, pri digitalnem tisku bolj, s čimer se še poslabša čitljivost karte. Pri digitalnem tisku je tako z manjšanjem oddaljenosti opazovanja vse težje ločljiva vegetacijska meja med gozdom in travnikom.

4.5 Primerjalna tabela

Tabele grafičnih in kartografskih ter ostali parametrov primerjave izseka karte, tiskane v ofsetni in digitalni tehnologiji (pozitivne lastnosti so v kvadratih obarvane z modro barvo, negativne z oranžno):

GRAFIČNI PARAMETRI	Karta - Ofsetni tisk	Karta - Digitalni tisk
Izdelava tiskovne forme	Da	Ne
Barvna lestvica	Kratka (CMYK)	Kratka (CMYK)
Koti rastrov	C=105°, M=75°, Y=90°, K=45°	C=105°, M=75°, Y=90°, K=45°
Tonska vrednost	100 tonov	90 tonov
Naslovna ločljivost (max.)	600 dpi (1270 dpi)	300 dpi (300 dpi)
Upodobitvena ločljivost oz. liniatura rastra (max.)	70 L/cm (150 L/cm)	55-60 L/cm (60 L/cm)
Reprodukcijska ločljivost	35 LP/cm	30 LP/cm
Raster tonska vrednost - RTV	Ni podatka	RTV = 25 % RTV = 16 %
Barve (barvitost, svetlost nasičenost)	Ni razlike	Bolj nasičene, temne barve
Uporaba barvnega profila ICC	Ne	Ne
Sporočilni naboj (oddaljenost 40 cm, sporočilni naboj očesa je 4.48 MB)	8.69 MB	6.24 MB
Sporočilni naboj (oddaljenost 30 cm, sporočilni naboj očesa je 7.7 MB)	7.7 MB < 8.69 MB	7.7 MB > 6.24 MB (70 L/cm)
Sporočilni naboj (oddaljenost 20 cm, sporočilni naboj očesa je 17.9 MB)	17.9 MB > 8.69 MB (120 L/cm)	17.9 MB > 6.24 MB (120 L/cm)

KARTOGRAFSKI PARAMETRI (pri oddaljenosti opazovanja 40 cm)	Karta - Ofsetni tisk	Karta - Digitalni tisk
Relief	Ni razlike	Plastnice debelejšje upodobljene, ponekod se dotikajo, napisi višin plastnic težje čitljivi
Vegetacija	Ni razlike	Težje določljiva meja med gozdom in travnikom
Hidrografija	Ni razlike	Ni razlike
Poselitev	Ni razlike	Ni razlike
Komunikacije	Ni razlike	Ni razlike
Napisi	Ni razlike	Ni razlike
Meje	Ni razlike	Ni razlike
KARTOGRAFSKI PARAMETRI (pri oddaljenosti opazovanja 30 cm)	Ni razlike	Zaradi upodobitvene ločljivosti (60 LP/cm < 70 LP/cm) se že opazi raster
KARTOGRAFSKI PARAMETRI (pri oddaljenosti opazovanja 20 cm)	Zaradi upodobitvene ločljivosti (70 LP/cm < 110 LP/cm) se že opazi raster	Zaradi upodobitvene ločljivosti (60 LP/cm < 110 LP/cm) se že opazi raster

OSTALI PARAMETRI	Karta - Ofsetni tisk	Karta - Digitalni tisk
Možnost tiskanja z dolgo barvno lestvico	Da	Ne (samo CMYK in ena dodatna barva)
Največja velikost formata	B0	Širina 50 cm, dolžina neomejeno (papir v roli)
Personalizacija	Ni možna	Je možna. Vsak izvod je lahko drugačen
Skupni čas enega izpisa	Nekaj ur	5 min
Ekonomsko priporočljiva velikost naklade	Na zalogo (velike naklade)	Na zahtevo, oz. po potrebi (majhne naklade)
Cena enega izpisa	30 000 SIT	5 000 SIT
Cena enega izpisa pri nakladi 100-200	5 000 SIT	3 000 SIT
Cena enega izpisa pri nakladi večji od 200 in pri velikih nakladah	Cena enega izpisa zelo hitro pada z večanjem naklade	Cena enega izpisa je konstantna z večanjem naklade

Pri pripravi na tisk smo ugotovili, da pri digitalni tehniki tiska ni potrebno izdelovati tiskovne forme, ker za to služi dinamični spomin računalnika. S tem je priprava na tisk pri digitalni tehniki hitrejša.

Primerjava je pokazala, da so grafični parametri primerljivi in ni significantne razlike pri oddaljenosti opazovanja 40 cm. Do sprememb pride pri krajši oddaljenosti opazovanja, ko je sporočilni naboj karte, tiskane v digitalnem tisku, nekoliko manjši, kar je posledica manjše upodobitvene ločljivosti (60 L/cm). Pri oddaljenosti opazovanja 20 cm pa nobena od obeh kart ne zadošča merilom kakovosti oz. sporočilnemu naboju karte, saj bi upodobitvena ločljivost morala biti vsaj 120 L/cm, da bi karta še ohranila svojo kakovost. Ob danih pogojih ugotavljamo, da je karta tiskana v ofsetnem tisku kakovostnejša, kar je posledica tehnološke omejenosti pri digitalnem tisku, kjer smo uporabili Xeikon DCP 50D, ki je imel največjo

možno upodobitveno ločljivost 60 L/cm, medtem ko imajo najnovejši digitalni tiskarski stroji upodobitveno ločljivost tudi 120 L/cm, kar je primerljivo z ofsetnim tiskom.

Pri primerjavi barv smo ugotovili, da so barve pri digitalni tehniki tiska bolj nasičene in manj transparentne od barv, ki se uporabljajo pri ofsetnem tisku. Z večjim nasičenjem barv dosežemo večje kontraste, kar je posebej koristno pri tematskih kartah, predvsem pri avtokartah in ostalih, ki se uporabljajo ponavadi pri slabši osvetljenosti (ponoči v avtu). Zaradi bolj nasičenih barv in manjše upodobitvene ločljivosti smo pri digitalnem tisku dobili bolj temno, kontrastno in nasičeno karto. Z zmanjšanjem RTV na digitalnem tisku iz 25% na 16% smo se približali barvam na karti z ofsetnim tiskom.

Kartografski parametri primerjanih izsekov karte so dokaj primerljivi. Do razlik pri oddaljenosti opazovanja 40 cm prihaja pri upodobitvi reliefa in vegetacije. Relief je v digitalnem tisku upodobljen debelejšje. Plastnice se ponekod dotikajo in zmanjša se čitljivost napisov višin plastnic. Pri vegetaciji je meja med gozdom in travnikom v digitalnem tisku težje določljiva. Do opisanih razlik prihaja zaradi slabše upodobitvene ločljivosti digitalnega tiska. Pri krajši oddaljenosti opazovanja (30 in 20 cm) se pri digitalnem tisku prej opazi raster, ki je v ofsetnem tisku opazen komaj pri 20 cm oddaljenosti opazovanja. Največja razlika v primerjavi je pri opazovanju iz oddaljenosti 30 cm, ko je karta tiskana v ofsetnem tisku še zadovoljiva, medtem ko se pri digitalni karti že opazi raster. Tako pri primerjavi kartografskih parametrov ugotavljamo, da je karta tiskana v ofsetnem tisku kakovostnejša od digitalne.

Kar se tiče tiskanja velikosti formata karte med primerjanimi tehnikami tiska ima ofsetni tisk zaenkrat možnost tiska večjih formatov, vse do B0. Pri digitalnem pa smo omejeni na format širine 50 cm ter poljubne dolžine, saj se uporablja papir iz role. Prednost digitalnega tiska je v časovni komponenti, saj karto s to tehniko iztiskamo v petih minutah, medtem ko ofsetni tisk za to potrebuje nekaj ur. Tisk manjših naklad, do 200 izpisov, je z uporabo digitalne tehnike ekonomičen. Za tisk večjih naklad pa je ofsetni tisk z ekonomskega vidika primernejši, saj z večanjem naklade pri ofsetnem tisku cena enega izpisa eksponentno pada. Pri digitalnem tisku pa je cena enega izpisa konstantna in se ne spreminja kaj dosti tudi pri večjih nakladah.

5 ZAKLJUČEK

V nalogi smo predstavili različne tehnike tiska, vse od njegovega začetka v kartografiji do danes. Podrobneje smo se seznanili z analognimi in digitalnimi tehnikami tiska ter njihovo umeščenostjo v kartografiji. Opisali smo barve, njihove lastnosti, opis barv, barvne modele ter barvna območja, ki v kartografiji igrajo pomembno vlogo. Ker je pri barvni kompoziciji karte potrebno poleg pravil harmonije upoštevati tudi pravila barvnih kontrastov je pravilna izbira barv pri oblikovanju kart zelo pomembna. Seznanili smo se z reprodukcijo in simuliranjem barv na različnih medijih, ki se uporabljajo v procesu izdelave kart. Opisali smo sporočilni naboj karte na različnih medijih. Sporočilni naboj namreč določa pravo izbiro grafičnih parametrov (ločljivost in tonski obseg), ki so pomembni za kakovost tiskane karte in tako kakovost prikaza kartografskih znakov.

V empiričnem delu naloge smo primerjali karto tiskano v ofsetnem in digitalnem tisku. Opisali smo pripravo na tisk pri obeh tehnikah tiska in vlogo barv. Izračunali smo sporočilni naboj izseka karte na različnih medijih v procesu izdelave karte in upoštevajoč različno oddaljenost opazovanja, 40 cm, 30 cm in 20 cm. Izračunali smo tudi optično ločljivost in sporočilni naboj očesa pri različnih oddaljenosti opazovanja.

Primerjava karte tiskane v različnih tehnikah tiska je pokazala, da so grafični parametri primerljivi in ni signifikantne razlike pri oddaljenosti opazovanja 40 cm. Pri primerjavi kartografskih parametrov pa je moč opaziti majhne razlike pri upodabljanju reliefa in vegetacije. Večja razlika je opazna pri opazovanju iz oddaljenosti 30 cm, kjer je karta tiskana v ofsetnem tisku še zadovoljiva, medtem ko se pri digitalni karti že opazi raster. Tako smo pri primerjavi kartografskih parametrov ugotovili, da je karta tiskana v ofsetnem tisku kakovostnejša od digitalne.

Poglavitna prednost, ki jo prinaša digitalni tisk je tiskanje na zahtevo, kar pomeni, da tiskamo kar želimo, ko rabimo in kjer to naročnik želi. S temi prednostmi je digitalni tisk možno uporabiti kot mašilo v vrzeli med dvema izdajama karte, kjer velike naklade tiskamo z ofsetnim tiskom, manjše naklade, ki so potrebne, ko zmanjka samo nekaj izvodov pred

naslednjo izdajo, pa tiskamo z digitalnim tiskom. Ker je digitalni tisk manjših naklad ekonomičen, je primeren za tiskanje kart manjših naklad predvsem tematskih kart, npr. kart za orientacijski tek in druga tekmovanja, planskih kart, turističnih kart turistično manj obremenjenih območij, kart na območjih pogostih sprememb in podobnih. Glede na moje ugotovitve v empiričnem delu naloge, ofsetni tisk še vedno ostaja aktualen, predvsem za večje naklade. Čas in nenehno izboljševanje tehnologij bosta zagotovo prinesla nove spremembe ter večjo ekonomičnost in kakovost digitalnega tiska. Že čez nekaj let bodo morda take primerjave prinesle nove rezultate in se zavrtele v prid digitalnega tiska.

VIRI

Eniko, M. 2004. Frekvenčno rastriranje. Grafičar 2, 12-14.

Hunt, E. 1999. From design to distribution in the digital age. USA, Randolph : Agfa: 31 str.

Jesenko, J. 2004. Drupa 2004: Digitalni tisk. Grafičar 3, 13-21.

Kumar, M. 1993. Tehnologija grafičnih procesov. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 242 str.

Kumar, M. 2000. Drupa 2000: Digitalna evolucija, Drugič: Digitalne tehnike tiska. Grafičar 6, 6-8: 10-17: 20-33.

Kumar, M. 2005. Dekodifikacija sporočilnega naboja slik. Grafičar 2, 21-30.

Kuhar, M. 2004. Diplomsko delo: Spodbujanje vizualnega mišljenja s pomočjo alternativnega kartografskega prikaza (prostorsko-časovne kocke). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, oddelek za geodezijo: 116 str.

Lovšin J., Zalokar A. 2005. Digitalni tisk, Z vidika violetne tehnologije CTP. Grafičar 1, 12-14.

Mikuž, D. 2001. Diplomsko delo: Usklajevanje reprodukcije v štiribarvnem ofset in digitalnem tisku s sistemom za barvno upravljanje ICC. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška Fakulteta, oddelek za tekstilstvo: 61 str.

Mueller, C.G., Mae, R., Redakcija LIFA. 1970. Svetloba in vid. Ljubljana, Mladinska knjiga: 200 str.

Oman, I. 2004. 100 let ofsetnega tiska, Grafičar 2: 4.

Petrovič, D. 2002. Navodila pri izvajanju vaj pri predmetu Avtomatizirana kartografija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 18 str.

Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C. et al. 1995. Elements of Cartography. 6. izdaja, New York [etc.]: John Wiley & Sons: 674 str.

Rojc, B. 1979. Barve v tematski kartografiji. Ljubljana, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo: 93 str.

Rojc, B. 2000/2001. Zapiski predavanj: Kartografija II. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 43 str.

Smyth, S. 2003. Introduction to Digital Printing. UK, Pira International Ltd: 102 str.

Goldman G. 2004. The World of Printers. Germany, Océ Printing System GmbH: 394 str.

Šuštaršič, N. 1994. Likovna teorija. Ljubljana (Delovni osnutek za interno uporabo), Srednja šola za oblikovanje in fotografijo v Ljubljani: 166 str.

CIELAB

URL: <http://www.green-sun.com/ph/cielab.gif> (3. 4. 2006)

CIE XYZ

URL: http://www.cmpg.org/cmpg/Graphics/Color_Management_Presentation/lab_color_space.jpg (3. 4. 2006)

Levo: piksel sestavljen iz RGB, desno: piksel sestavljen iz RGBK

URL: <http://moebius.physik.tu-berlin.de/lc/lcd.html> (3. 4. 2006)

PRILOGA A: IZSEK KARTE TISKANE Z OFSETNO TEHNIKO TISKA

PRILOGA B: IZSEK KARTE TISKANE Z DIGITALNO TEHNIKO TISKA

(RTV = 25 %)

PRILOGA C: IZSEK KARTE TISKANE Z DIGITALNO TEHNIKO TISKA

(RTV = 16 %)