

Marko Kumar

TEHNOLOGIJA GRAFIČNIH PROCESOV

Tretja, prenovljena in razširjena izdaja

Center
RS
za poklicno
izobraževanje



Evropski
Socialni
Sklad

Marko Kumar

TEHNOLOGIJA GRAFIČNIH PROCESOV

Tretja, prenovljena in razširjena izdaja

Ljubljana, junija 2008

Avtor priročnika: Marko Kumar

Rokopis je pregledala: dr. Klementina Možina

Lektorica: Marjeta Adrović

Slike in ilustracije: izbor, idejna zasnova in reprodukcija Marko Kumar, izris Staša Pihlar, Milan Kumar† (sliki 1.10 C, D), Rok Kumar (slika 1.10 A) Tone Ravnikar† (slika 1.10 B).

Založnik: Center RS za poklicno izobraževanje

Tehnični urednik: Andrej Čuček

Priprava za tisk in oblikovanje: Irena Gmajnar

Tisk in vezava: Tiskarna Pleško d.o.o., Ljubljana

Naklada: 500 izvodov

Priročnik Tehnologija grafičnih procesov je nastal na Centru RS za poklicno izobraževanje. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada EU in Ministrstva RS za šolstvo in šport.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

655.1/.3(075.3)

KUMAR, Marko, 1949-

Tehnologija grafičnih procesov / Marko Kumar ; [slike in ilustracije Marko Kumar ... et al.]. - 3., prenovljena in razširjena izd. - Ljubljana : Center RS za poklicno izobraževanje, 2008

ISBN 978-961-6246-65-1

240670464

URŠKI

Za vse skupno prejadrane valove.

PREDGOVOR

Pravzaprav Tehnologija grafičnih procesov ob svoji tretji izdaji praznuje 40-letnico. Njen zametek sega namreč v davno leto 1967, ko smo učenci tedanjega Šolskega centra tiska in papirja ob koncu šolanja pripravili dve diplomski nalogi: eno iz slovenskega jezika in drugo iz tehnologije. Moja druga je imela naslov *Od originala do reprodukcije v ofsetnem tisku*, pripravil pa sem jo po zgledu skript Tehnični postopki v grafični industriji, ki jih je napisal Maks Blejec. Obravnava nepovezan, danes mu pravimo linearen ali zaprt, tehnološki proces v ofsetnem tisku.

Druga prelomnica je članek *Reprodukcijska tehnika* v reviji *Papir*, ki je izšel decembra 1976. Tu so že objavljene nekatere vsebine, ki so ostale nespremenjene vse do danes. Ta članek in spomin na Blejčeve skripte sta bila ob prenovi učnih programov leta 1984 podlaga za nastanek novega predmeta z istoimenskim učbenikom: *Tehnologija grafičnih procesov – kratko TGP*; da bi učenci katere koli grafične smeri spoznali značilne tehnološke procese, si pridobili znanje o tiskarni kot celoti ter njenem odnosu do drugih komunikacijskih sredstev. Na novo in izvirno zasnovan, uradno potrjen učbenik je izšel leta 1986. Vsebina je bila navkljub nenehnim tehnično-tehnološkim spremembam aktualna vse do leta 1993, ko sem ga dopolnil, da smo lahko natisnili času primernejšo drugo izdajo. Na »grafični sceni« je vzdržala še dolgo potem, ko je bila okoli leta 1997 razprodana. To štejem za izjemen uspeh in priznanje ter težko verjamem, da ga bo ponovila tudi tretja izdaja. Korenite spremembe grafične tehnologije pa tokrat vseeno niso dovoljevale preproste »adaptacije«. Vsebino sem moral na novo zasnovati, mestoma močno razširiti ali dopolniti z znanjem, ki pred desetimi leti na tej ravni ni bilo nujno. Mnogo že napisanega sem moral kasneje tudi izločiti, in šele ko se je turbulentno medijsko dogajanje umirilo, so nastale razmere, da sem začeto dokončal.

Tehnologija grafičnih procesov je namenjena vsem, ki se bodo poklicno ali ljubiteljsko ukvarjali z medijsko, posebno še z grafično dejavnostjo. Vsebinsko obogatena s 111 ti-soč besedami ali 777 tisoč znaki besedila (okoli 1,5 megabajtov) in 400 slikami pa je zgolj minimum znanja, ki je pri tem potrebno. Minimum zato, ker papir res prenese vse,

internet pravzaprav še več, zaradi tehnološko slabo pripravljenih tiskovin, oglasov, sporočil ali spletnih strani se nikomur nič ne zgodi, zato pa neposredno ali posredno izgublamo živce, ugled in zaslužek. Ali drugače: vsebina te knjige je nujno potrebna splošna izobrazba za razumevanje opravil pri posameznih tehnoloških operacijah, delovnih postopkih, povezanih procesih, vloge tiskarne kot celote in njene vpetosti v medijsko dejavnost. Dobra splošna izobrazba pa pomeni še:

- razumevanje naravoslovnih zakonitosti v tehnoloških procesih,
- širšo razgledanost za prilagajanje nenehnim, vse pogostejše ekstremnim spremembam in izzivom, ki so posledica novih tehnologij,
- poznavanje enotne terminologije za boljše tehnološko sporazumevanje.

Problematična je zlasti terminologija. Grafična dejavnost v Sloveniji je bila tradicionalno navezana na nemško govorno območje, ki pa se je v zadnjem času celo samo naslonilo na anglo-ameriško. To je prevzelo pobudo na vseh področjih tudi zato, ker si po potrebi zlahka »izmišlja« nove izraze. Z njimi imamo največ zadreg tudi pri prevajanju v slovenski jezik, zato jih v mnogih primerih navajam ob slovenskem izrazu (zapisani so kurzivno). S tem ne bogatimo zgolj lastnega strokovnega izražanja, marveč spoznavamo tudi anglo-ameriškega, kar je nujno za študij tuje literature, uporabo grafičnih aplikacij in globalno sporazumevanje.

Zaradi množice pojmov je na koncu dodano slovensko-angleško kazalo strokovnih izrazov. S tem gradivo ni le bolj primerno za samoizobraževanje, temveč tudi kot priložnost za vse, ki so z grafično in medijsko dejavnostjo kakor koli povezani: oblikovalci, tehnični uredniki, uredniki, redaktorji, novinarji, fotografi, filmarji, papirničarji itn. Vsi ti bodo na enem mestu našli temeljne informacije o značilnih tehnoloških procesih in njihovih naravoslovnih zakonitostih. Vsega je dandanes veliko več kot prej, zato sem zaradi obsežnosti izpustil kronološki pregled razvoja grafične oziroma medijske dejavnosti. Svojega poslanstva ne izpolnjujeta s polizdelki, kot so stavek, kopirne predloge, tiskovne forme, platnice ali denimo izolirane prvine spletnih strani, ki nastajajo v posameznih oddelkih, pač pa z informacijami v dokončno oblikovanih grafičnih in medijskih izdelkih. Polizdelki, dela in opravila (tehnološke operacije) so zato opisani kot elementi sistema, kot celota pa so prikazani tehnološki procesi, ki vodijo h končnemu cilju.

Vsebina je razdeljena na deset zaporednih poglavij v štirih vsebinskih sklopih (peti sklop je spisek virov in literature, šesti pa kazalo pojmov). Vmes se pojavljajo označeni povzetki, ki v zgoščeni obliki pripomorejo k boljšemu razumevanju gradiva, v nekaterih primerih pa kratko pojasnjujejo vprašanja, ki z njim niso v neposredni zvezi. Pri spoznavanju tehnologije grafičnih procesov se je treba zavedati, da njena vsebina ni roman za konec tedna (weekend). Zato je koristno upoštevati nekaj osnovnih navodil:

- negativna naravnost, učenje brez volje ne rodi uspeha,
- pred prebiranjem gradiva razmišljaj o tem, kar o novi vsebini že veš,
- najprej si ustvari celotno podobo vsebine: preberi uvod, preglej kazalo, prelistaj knjigo, oglej si slike, ilustracije in kazalo pojmov,
- tako kot vso knjigo preglej tudi vsako posamezno poglavje, šele potem ga začni natančno prebirati,

- največ si zapomniš in kasneje uporabiš z aktivnim učenjem ob delu, s praktično uporabo pridobljenega znanja (vaja dela mojstra).

Vsem, ki so tretjo izdajo Tehnologije grafičnih procesov (pre)dolgo čakali, se zahvaljujem za potrpežljivost in razumevanje, prav tako tudi tistim, ki so mi pri pisanju kakor koli pomagali.

Posebno zahvalo sem dolžan dr. Klementini Možina za konstruktivno recenzijo, Marjeti Adrovič za korektno lektoriranje besedila, Staši Pihlar pa za skrben izris slik.

Marko Kumar

V Ljubljani, 5. avgusta 2007

I KOMUNICIRANJE ALI SPORAZUMEVANJE	13
1 ZVOČNO SPORAZUMEVANJE ALI AVDIOKOMUNICIRANJE	15
1.1 Jezik – neposredni govor	15
1.2 Telefonija – analogna, digitalna in mobilna	16
1.3 Radio	18
2 SVETLOBNO SPORAZUMEVANJE, VIZUALNO ALI VIDEOKOMUNICIRANJE	20
2.1 Risbe in slike	20
2.2 Pisava	21
2.3 Fotografija in holografija	26
2.4 Telegrafija telegraf, telefoto, telefaks, elektronska pošta	31
2.5. Tisk	32
3 KOMBINIRANO KOMUNICIRANJE	39
3.1 Televizija	39
3.2 Videoskopija	44
3.3 Optične plošče	45
3.4 Telematika	54
3.4.1 Teletekst	54
3.4.2 Teledata	56
3.4.4 Multimedij	63
4 MISLI IN DELAJ Z GLAVO – PSIHOFIZIKA SPORAZUMEVANJA	66
II NARAVOSLOVJE TEHNOLOŠKIH PROCESOV	71
5 BARVE IN TONI, BARVNI UČINKI IN OBČUTKI	72
5.1 Zaznavanje barv in tonov (psihofizika)	74
5.2 Aditivno mešanje barvnih dražljajev	79

5.3	Subtraktivno mešanje barvnih dražljajev	82
5.4	Optično mešanje barvnih učinkov	87
5.5	Opisovanje barv – barvni atlasi, barvne karte in zbirke	90
5.6	Svetloba in razmere za primerjanje barv	98
5.7	Barvna metrika (kolorimetrija)	103
5.8	Dojemanje in doživljanje barv	111
5.9	Sijaj	116
6	ČRNO-BELA REPRODUKCIJA BARV	121
6.1	Fotografska tehnologija	123
6.1.1	Analogna fotografija (fotokemija in fotomehanika)	123
6.1.2	Digitalna fotografija	132
6.1.3	Simuliranje barv in upodabljanje tonov v fotografiji	144
6.2	Kopirne tehnike – fotokopiranje	148
6.2.1	Kserografija	149
6.2.2	Simuliranje barv in upodabljanje tonov pri fotokopiranju	151
6.3	Tiskarske tehnike	151
6.3.1	Analogne tiskarske tehnike	153
6.3.1.1	Visoki tisk	155
6.3.1.2	Globoki tisk	155
6.3.1.3	Ploski tisk	156
6.3.1.4	Prepustni tisk	158
6.3.2	Digitalne tiskarske tehnike	159
6.3.2.1	Elektrostatični tisk	161
6.3.2.2	Kapljični tisk	166
6.3.2.3	Termomehanični tisk	169
6.3.3	Simuliranje barv in upodabljanje tonov v tisku	172
6.3.3.1	Analogno (fotomehanično) rastriranje	172
6.3.3.2	Digitalno (elektronsko) rastriranje	179

6.4	Televizijska tehnologija	185
6.4.1	Analogna televizija	185
6.4.2	Monitorji	189
6.5	Ločljivost	191
6.5.1	Optična ločljivost	191
6.5.2	Geometrična ločljivost (snemalnega vezja)	193
6.5.3	Snemalna ločljivost (digitalne kamere, tudi skenerja)	193
6.5.4	Slikovna ločljivost (ločljivost digitalne slike)	194
6.5.5	Upodobitvena ločljivost	194
6.5.6	Naslovna ločljivost	195
6.5.7	Reprodukcijska ločljivost	195
6.5.8	Tiskovna ločljivost	196
6.5.9	Zaslonska ločljivost	196
7	TRIKROMATSKA REPRODUKCIJA BARV	198
7.1	Trikromatska fotografska tehnologija	200
7.1.1	Analogna barvna fotografija	200
7.1.1.1	Izdelava barvnih diazitivov	202
7.1.1.2	Izdelava barvnih fotografij	204
7.1.2	Digitalna barvna fotografija	206
7.1.2.1	Trikromatska snemalna vezja	208
7.1.2.2	Slikovni procesorji	210
7.1.3	Simuliranje in upodabljanje barv v fotografiji	211
7.1.4	Trikromatske digitalne kamere	215
7.1.5	Digitaliziranje fotografij (slik)	222
7.1.6	Digitalni slikovni formati	229
7.2	Barvna televizija in monitorji	234
7.2.1	Visokoločljiva televizija HDTV	237
7.2.2	Monitorji s trikromatski slikovnimi zasloni	239

7.2.2.1	Zaslони LCD	240
7.2.2.2	Plazemski zaslони PDP	245
7.2.2.3	Zaslони OLEDs	247
7.2.2.4	Zaslони LEP	250
7.2.2.5	Zaslони FED	251
7.2.2.6	LCD IN PLAZMA, CRT PA V ZGODOVINO	252
7.2.3	Simuliranje barvnih učinkov in kalibriranje	255
7.3	Barvni tisk	257
7.3.1	Analogna tehnologija	259
7.3.1.1	Trikromija in črna barva	261
7.3.1.2	Sukanje rastra in moare	262
7.3.1.3	Trikromatski globoki tisk	263
7.3.2	Digitalna tehnologija	265
7.3.2.1	Analogno in digitalno skeniranje	267
7.3.2.2	Digitalno sukanje rastrskih struktur	269
7.3.2.3	Kromatično in akromatično nadomeščanje	272
7.3.3	Frekvenčno rastriranje in HI-FI reprodukcija	276
III	TISKANJE – IZDELAVA ODTISOV	279
8	TISKARSKI STROJI IN ROTACIJE	280
8.1	Neposredno in posredno tiskanje	283
8.2	Tiskovna geometrija in tiskovni tlak	285
8.2.1	Analogne tiskarske tehnike	285
8.2.2	Digitalne tiskarske tehnike	288
8.3	Stroji za visoki tisk	290
8.3.1	Stroji za knjigotisk	290
8.3.2	Stroji za fleksotisk	294
8.4	Stroji za globoki tisk	298

8.5	Stroji za ofsetni tisk	299
8.6	Stroji za prepustni tisk	310
8.7	Stroji za digitalni tisk	311
8.7.1	Stroji za elektrofotografski tisk	312
8.7.2	Stroji za kapljični tisk	318
8.8	Tiskarski stroji za posebne namene	323
8.9	Tiskovna kakovost odtisa	328
8.9.1	Vizualna kakovost	332
8.9.2	Sušenje odtisov (tiskarskih barv in črnih)	336

IV GRAFIČNI POSTOPKI IN PROCESI 339

9 TEHNOLOGIJA DODELAVE 340

9.1	Grafični izdelki	341
9.1.1	Plakati in posterji	341
9.1.2	Razglednice	343
9.1.3	Etikete	343
9.1.4	Časopisi	344
9.1.5	Prospekti	345
9.1.6	Obrazci	346
9.1.7	Koledarji	346
9.1.8	Revije	347
9.1.9	Brošure in knjige	347
9.1.10	Embalaža	349
9.1.11	Vrednostne tiskovine	352
9.1.12	Zemljevidi	352
9.1.13	Optične plošče (CD/DVD) in tiskana elektronika	352
9.1.14	Standardni formati	353
9.2	Tehnološke operacije v dodelavi	355

9.2.1	Rezanje	356
9.2.2	Izrezovanje	358
9.2.3	Žlebljenje	358
9.2.4	Izrezovalna forma in izrezovalni stroji	358
9.2.5	Zgibanje	366
9.2.6	Perforiranje in luknjanje	369
9.2.7	Znašanje	372
9.2.8	Lipljenje	373
9.2.9	Šivanje	376
9.2.10	Zgibanje in lepljenje zloženk	378
9.3	Tehnološki procesi v dodelavi	379
9.4	Oplemenitenje tiskovin	384
10	TEHNOLOŠKI PROCESI V GRAFIČNI PRIPRAVI	385
10.1	Fotomehانيčni reprografski procesi	390
10.1.1	Kemigrafski procesi	390
10.1.2	Stavek	394
10.1.3	Reprofotografija	400
10.1.4	Prelom in izdelava kopirne predloge	402
10.2	Analogni reprografski procesi	405
10.2.1	Svetlobni in digitalni stavek	405
10.2.2	Skenerji in klišegrafi	407
10.3	Digitalni reprografski procesi	409
10.3.1	Digitalna avtorska reprografija	412
10.3.2	Digitalna pisarniška reprografija	413
10.3.3	Digitalna studijska reprografija	414
10.3.4	Digitalna industrijska reprografija	418
10.4	Formati digitalnih dokumentov	421
10.5	Digitalne pisave in fonti	424

10.6 Barvno upravljanje	427
10.7 CIP3/4 in JDF	434
10.8 Prekrivanje in pokrivanje barvnih izvlečkov	436
10.9 Digitalno kopiranje tiskovnih form	438

V VIRI IN LITERATURA 443

VI KAZALO POJMOV 461



KOMUNICIRANJE

ALI SPORAZUMEVANJE

Komuniciranje je **shranjevanje, urejanje, razširjanje in izmenjava** sporočil ali informacij. O komuniciranju govorimo tudi, kadar sporočila samo hranimo, samo urejamo, samo razširjamo ali samo izmenjujemo. Sporazumevamo se lahko brez tehničnih pripomočkov (pogled, dotik, vonj, intuicija), najpogosteje pa s pomočjo komunikacijskih sredstev ali občil, ki jih po novem imenujemo komunikacijski mediji. Tudi pri njih igrajo odločilno vlogo čutila: vid, sluh ali oboje. Glede na čutila, ki jih pri sporazumevanju uporablja zdrav človek, delimo komunikacijske medije v tri temeljne skupine: za zvočno, vizualno in kombinirano hranjenje, urejanje, razširjanje ali izmenjavo sporočil. Sredstva za kombinirano sporazumevanje se z eno besedo imenujejo **multimedij**.

Komuniciranje je za obstoj družbe in posameznika najmanj tako pomembno kot sta hrana in energija, zato človeštvo nenehno izpopolnjuje sedanje in razvija nove komunikacijske medije. V okviru teh prizadevanj so razvili **informatiko**, svetovni računalniški splet **internet**, pred vrati pa so nizko- in srednjeorbitalni telekomunikacijski sateliti za mobilno **globalno komuniciranje**.

Informatika je veda, ki preučuje zlasti računalniško podprte metode za shranjevanje, urejanje in izmenjavo **podatkov**. Informacijski sistemi podatke predvsem hranijo, iščejo in preurejajo, po potrebi tudi izmenjujejo, da bi na koncu dobili želeno informacijo, sporočilo ali spoznanje. *Komuniciranje pomeni sporazumevanje, informatika pa pomeni sporočanje*. Vsebina prvega pojma je precej širša od vsebine drugega.

Svetovni splet (internet) je globalna računalniška mreža za multimedijsko sporočanje in sporazumevanje. Njegova zasnova sodi med že dolgo znane medije za kombinirano sporazumevanje, po uporabnosti in učinkovitost pa zaradi računalniške in telekomunikacijske podpore prekaša vse druge.

Prav posebna in izjemno pomembna oblika komuniciranja je **telekomuniciranje**: sporazumevanje na daljavo. Vedno kadar imamo pri sporočanju ali sporazumevanju opraviti s prenosom kakšnih signalov na daljavo, imamo opraviti s telekomuniciranjem in s telekomunikacijskimi sredstvi. Pri tem ni nujno, da gre za prenašanje električnih signalov. Naši predniki so s kresovi opozarjali na turške vpade, Indijanci so izpopolnili telekomuniciranje z dimnimi signali, pomorščaki pa se še vedno sporazumevajo s signalnimi zastavicami.

1 ZVOČNO SPORAZUMEVANJE ALI AVDIOKOMUNICIRANJE

Zvočno sporazumevanje smemo imenovati tudi avdiokomuniciranje oziroma slušno sporazumevanje, kajti sporočila sprejemamo s sluhom, prenaša in širi pa jih zvok. Najpomembnejši predstavniki so: neposredni govor, telefonija in radio.

1.1 Jezik – neposredni govor

Jezik je komunikacijski medij za izražanje misli z zavestnim povezovanjem glasov v zloge, besede in teh v stavke. Ljudje govorijo različne jezike; jezik je osebna izkaznica vsakega naroda. Jeziki so nastajali tisočletja, medtem ko se zdaj naučimo govoriti že v prvih letih življenja. Kdor zna govoriti, z osebami, ki govore ali vsaj razumejo isti jezik, pri komuniciranju nima težav in ne potrebuje aparatov. »Naprave« za govorjenje, poslušanje in razumevanje so del človeka, torej vedno in povsod uporabne. Informacije, ki jih posredujemo z jezikom, so trenutne. Ohranjamo jih le z ustnim izročilom. Edino ustno izročilo je pred nastankom pisave omogočalo komuniciranje med rodovi. Znana so afriška plemena, ki so urila svoje izbrane pripadnike, da so lastno zgodovino ohranjali z ustnim izročilom.



Slika 1.1 Neposredni govor je najbolj pristna oblika sporazumevanja.

1.2 Telefonija – analogna, digitalna in mobilna

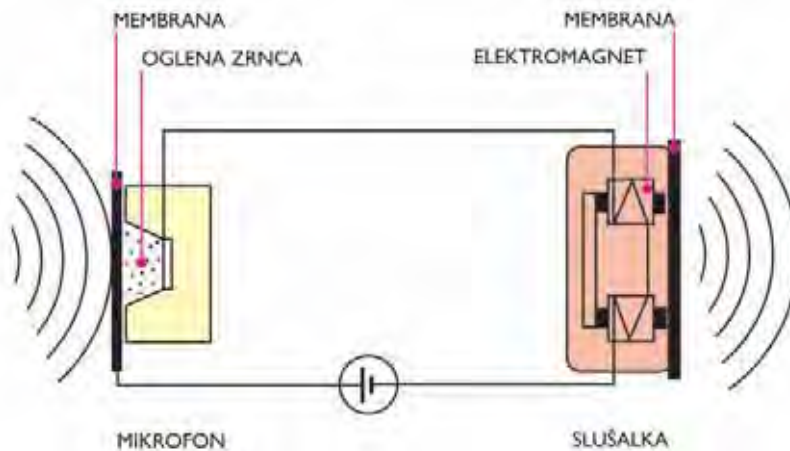
Telefonija omogoča izmenjavo in razširjanje sporočil na velike razdalje. Pogoj je, da uporabnika govorita enak jezik ali vsaj razumeta jezik sogovornika (npr. Slovenec hrvaško in Hrvat slovensko). Komuniciranje po telefonu je omejeno na dve osebi, zato je bolj uporabno za izmenjavo, manj pa za razširjanje informacij.



Slika 1.2 Telefonski aparat iz leta 1908 je že imel številčnico in slušalko. To je bila po prvem aparatu, ki ga je Aleksander G. Bell patentiral leta 1876 v Ameriki, vrhunska izboljšava uporabnosti in oblike.

Osnova telefonije je spreminjanje zvoka oziroma valovanja zraka v električne signale in obratno. Zvok spremenimo v električne signale z oglenim mikrofonom. Kadar vanj kdo govori, pritiska zrak na kovinsko membrano (tanka kovinska ploščica), ta pa na oglena zrnca. Pri tem se spreminja njihova električna prevodnost (električna upornost), s tem pa jakost električnega toka, ki teče skozi. Mikrofon **modulira** električni tok, ki se spremeni v električne signale.

Moduliran električni tok, signali torej, tečejo na drugi strani skozi elektromagnet v slušalki. Zaradi sprememb električnega toka ta v ritmu signalov spreminja svoje elektromagnetno polje, s tem pa bolj ali manj privlači membrano, ki začne nihati in **reproducirati** (znova proizvajati, ponavljati, ponazarjati) nihanje zraka na drugi strani; slika 1.3.



Slika 1.3 Delovanje analognega telefona.

Pri digitalni telefoniji je v telefon vgrajen analogno/digitalni (A/D) pretvornik, ki neskončno množico električnih signalov iz mikrofona vzorči in spremeni v natančno določeno, še potrebno, a končno število signalov za reproduciranje zvoka v slušalki. S tem se izločijo vsi neželeni šumi, prenos signalov je hitrejši in manj občutljiv, ker jih je na poti mogoče tudi ojačiti, so zlasti primerni za brezžično telefonijo oziroma za prenašanje po radijskih valovih in prek satelitov. Digitalni telefonski signali so primerni za neposredno računalniško obdelavo.

- Telefonija je najbolj vsestranska, zato pa razširjena oblika telekomuniciranja. Telefonske zveze za prenos svojih signalov uporabljajo drugi mediji: teleks, telefaks, televizija, omogočajo pa tudi komuniciranje računalnikov na velike razdalje (elektronska pošta, internet). Telefonski sistemi so nepogrešljivi sestavnidel sodobnih telekomunikacij.
- Modulacija; premena glasu, prehajanje od enega glasu k drugemu, od ene lestvice k drugi; modulacija besed, stavka, barvne modulacije v slikarstvu, zvočne modulacije v skladbah, torej tudi preoblikovanje zvočnih ali katerih drugih sporočil.
- Mobilna telefonija omogoča uporabo prenosnega tj. mobilnega telefona na različnih lokacijah in med gibanjem. Območje, ki ga obsega mobilno telefonsko omrežje, je razdeljeno na celice s premerom 2–13 km. V vsaki celici za prenašanje telefonskih signalov služi druga frekvenca. Mobilni telefon je v mrežo in s telefonsko centralo povezan z radijsko zvezo. Pri prehodu iz ene v drugo celico omrežja sam preklaplja frekvence.

Mobilna telefonija je bila sprva analogna, druga generacija pa se začne z dandanes najbolj razširjenim digitalnim sistemom GSM (*Global System for Mobile Communications*). Tehnološko je tudi ta na omrežju ISDN temelječ sistem že zastarel. Vsi veliki proizvajalci in dobavitelji telefonije (Alcatel, Erickson, ITT, Nokia, Philips, Siemens idr.) namreč skupno uvajajo nova globalna mobilna omrežja, kot sta GPRS (*Global Packed Radio Service*) in UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Prvo prenaša podatke s hitrostjo do 236 kbit/s, drugo je še hitrejša in omogoča celo do 1920 kbit/s. Ponuja nove, za zdaj neslutene možnosti in ni zamišljeno kot konkurenca, marveč kot dopolnilo mobilne telefonije GSM.

Značilnosti mobilne telefonije GPRS/UMTS so:

- omogoča hitro in ceneno prenašanje velikih količin digitalnih podatkov;
- uporabnikom ne obračunavajo časa za prenos, marveč količino prenešenih podatkov;
- vsak uporabnik je z isto klicno številko 24 ur dnevno dosegljiv po vsem svetu (globalna telefonija, globalna komunikacija);
- omrežje uporablja isti komunikacijski protokol kot internet, podpira aplikacije v programskem jeziku Java, omogoča prenašanje elektronske pošte (e-mail) in podpira multimedijško komunikacijo;
- omrežje tvori največjo brezžično računalniško mrežo, v katero so lahko povezani računalniki vsega sveta; zlasti mobilni notesniki, a tudi osebni namizni računalniki;

- dostopno je s povsem novimi telefonskimi aparati, s telefonskimi aparati v notesnikih ali z dodatki za obstoječe mobilne telefone GSM;
- globalno omrežje za prenašanje digitalnih podatkov uporablja lastne satelitske zmogljivosti (LEO), po potrebi pa tudi že obstoječe mobilno omrežje.

Glede na globalno zasnovano mobilnih telefonskih omrežij je taka tudi njihova uporaba: za mobilno obveščanje in administracijo, za daljinski nadzor železniškega in cestnega prometa, za daljinsko varovanje in bančništvo, a tudi za daljinsko razvedrilo (mobilne igrice, mobilni šah). Ljubiteljski uporabnik omrežja lahko na primer z digitalno kamero posname kraj svojega oddiha, digitalno sliko na notesniku opremi s primernim besedilom in vse skupaj namesto razglednice odpošlje po elektronski pošti. Seveda le, če tudi babica doma uporablja računalnik z internetom.



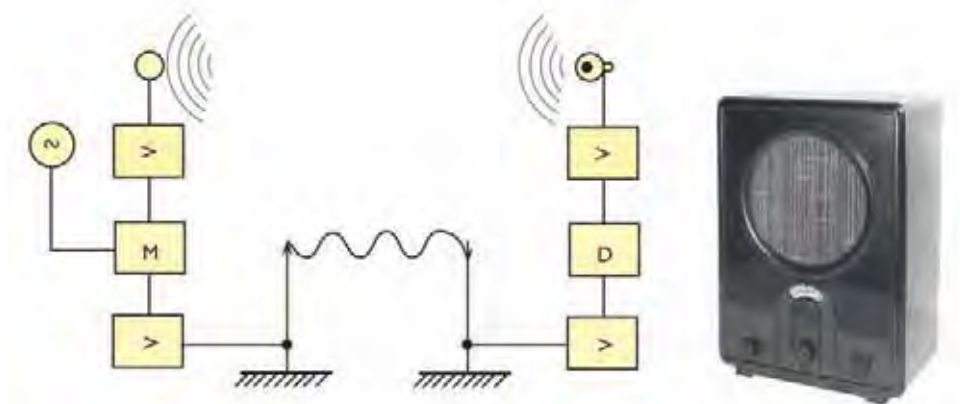
*Slika 1.4 Prvi tržno dostopni mobilni telefonski aparat za globalno (satelitsko) komuniciranje so bili prirejeni za komuniciranje prek nizkoorbitalnega satelita (LEO) **Iridium**. Satelitski sistem Iridium je bil kot prvi operativen oktobra 1998, kasneje pa je razvoj zaradi uspešnejše mobilne telefonije zastal.*

1.3 Radio

Uporabljamo ga predvsem za razširjanje, pogosto pa tudi za izmenjavo sporočil na velike razdalje: radioamaterji, ladje, letala, policija, vojska in podobno. Informacija je trenutna, izmenjava mogoča le, če ima uporabnik radijsko oddajno in sprejemno postajo. V vsakdanjem življenju uporabljamo klasični radio predvsem za razširjanje informacij. Z njimi je v zelo kratkem času seznanjena množica ljudi. Pogoji je, da razumejo jezik, s katerim oddaja radijska postaja. Informacije se širijo s pomočjo elektromagnetnih valov.

Tako kot pri telefoniji, morajo zvočne valove, to je zvočne signale najprej spremeniti v električne, jih primerno ojačati in »naložiti« na transportno elektromagnetno valovanje visoke frekvence. Ko slednje prinese signale do radijskega sprejemnika, jih ta loči od nosilnega, visokofrekvenčnega valovanja, ojača in spremeni nazaj v zvočno valovanje. Niz-

kofrekvenčni signali so informacijski, visokofrekvenčni pa nosilni in jih proizvaja radijski oddajnik. Blokovno shemo radijskega oddajnika in sprejemnika prikazuje slika 1.5.



Slika 1.5 Blokovna shema radijskega oddajnika in sprejemnika. Ob njej eden prvih radijskih sprejemnikov za široko potrošnjo iz leta 1928.

- Vse oblike zvočnega komuniciranja služijo predvsem za izmenjavo ali razširjanje sporočil, medtem ko je za njihovo shranjevanje slabše poskrbljeno. Informacije so trenutne, nihče si ne zapomni vsega, kar sliši, zato jih pogosto pomeša in popačene širi naprej. Shranjevanje zvočnih informacij sta najprej omogočala gramofonska plošča in magnetofonski trak, dandanes pa so uporabne tudi magnetne diskete, diski in optične plošče. Vseeno pa so vse te možnosti povezane z razmeroma komplicirano in drago tehnično opremo (analogni in digitalni magnetofoni, snemalniki – rekorderji, računalniki), trajnost posnetkov pa ni neomejena. Prednost zvočnih komunikacijskih sredstev je nedvomno hitra in preprosta izmenjava ali pa razširjanje sporočil na velike razdalje. Slušno in govorno prizadeti ljudje sredstev za zvočno komuniciranje ne morejo uporabljati ali jih uporabljajo s težavo.

2 SVETLOBNO SPORAZUMEVANJE, VIZUALNO ALI VIDEOKOMUNICIRANJE

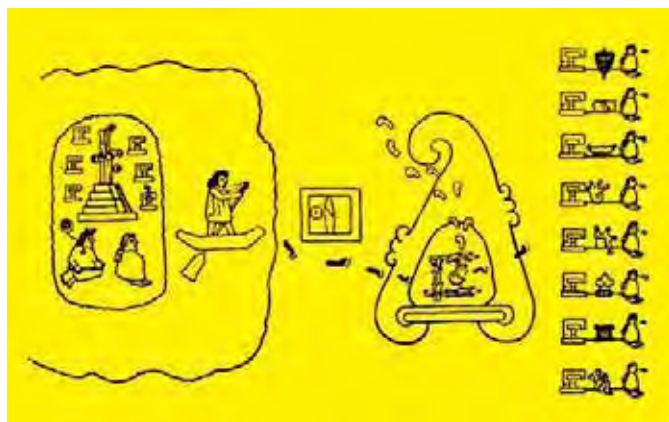
Pri vizualnem komuniciranju sprejemamo sporočila z vidom, prenaša jih svetloba. Najpomembnejše oblike so: pisava, fotografija, film in tisk.

Z govorjenjem ljudje predvsem izmenjujejo in razširjajo sporočila, brez tehničnih pripomočkov pa jih ne morejo hraniti. Ker so jih že v davni preteklosti želeli tudi ohraniti (zase in za prihodnje rodove), je med tisočletnim razvojem nastala ena največjih pridobitev vsake civilizacije – pisava. Zgodovina pisave je prav tako dolga kot zgodovina človeštva; začela se je z jamskimi risbami.

2.1 Risbe in slike

Risbe so bile prvo komunikacijsko sredstvo, ki so ga uporabljali za shranjevanje informacij. Izmenjevanje in razširjanje sta bila nerešena vse do nastanka tiska. Sporazumevanje z risbami je še danes izjemno pomembno, kajti risba daje opazovalcu hitro in pregledno orientacijo (prometni znaki, zemljevidi, sheme, diagrami, simboli). Risbe imajo še eno prednost: razumejo jih vsi, ne glede na to, kakšen jezik uporabljajo. Simbolni pomen risb odkriva semantika, veda, ki preučuje, kako spreminjati risbe ali slike v simbole, dabodo čimbolj razumljivi in bodo omogočili kar najpopolnejšo informacijo.

- Risba; upodobitev motiva ali sporočila s črtami. Lahko so črno-bele, barvne, prostoročne, shematične. Likovna tehnika, pri kateri upodabljamo zlasti črte, ki jih rišemo s svinčnikom, peresom (perorisba), ogljem, kredo idr.
- Slika; likovna upodobitev motiva ali sporočila z barvami. Upodobitev česa, na primer v knjigi, časopisu, upodobitev, nastala s pomočjo kakega tehničnega sredstva. Likovne tehnike so različne: olje, akvarel, tempera ipd.



Slika 1.6 Indijanska risba; sporočilo o lovu.

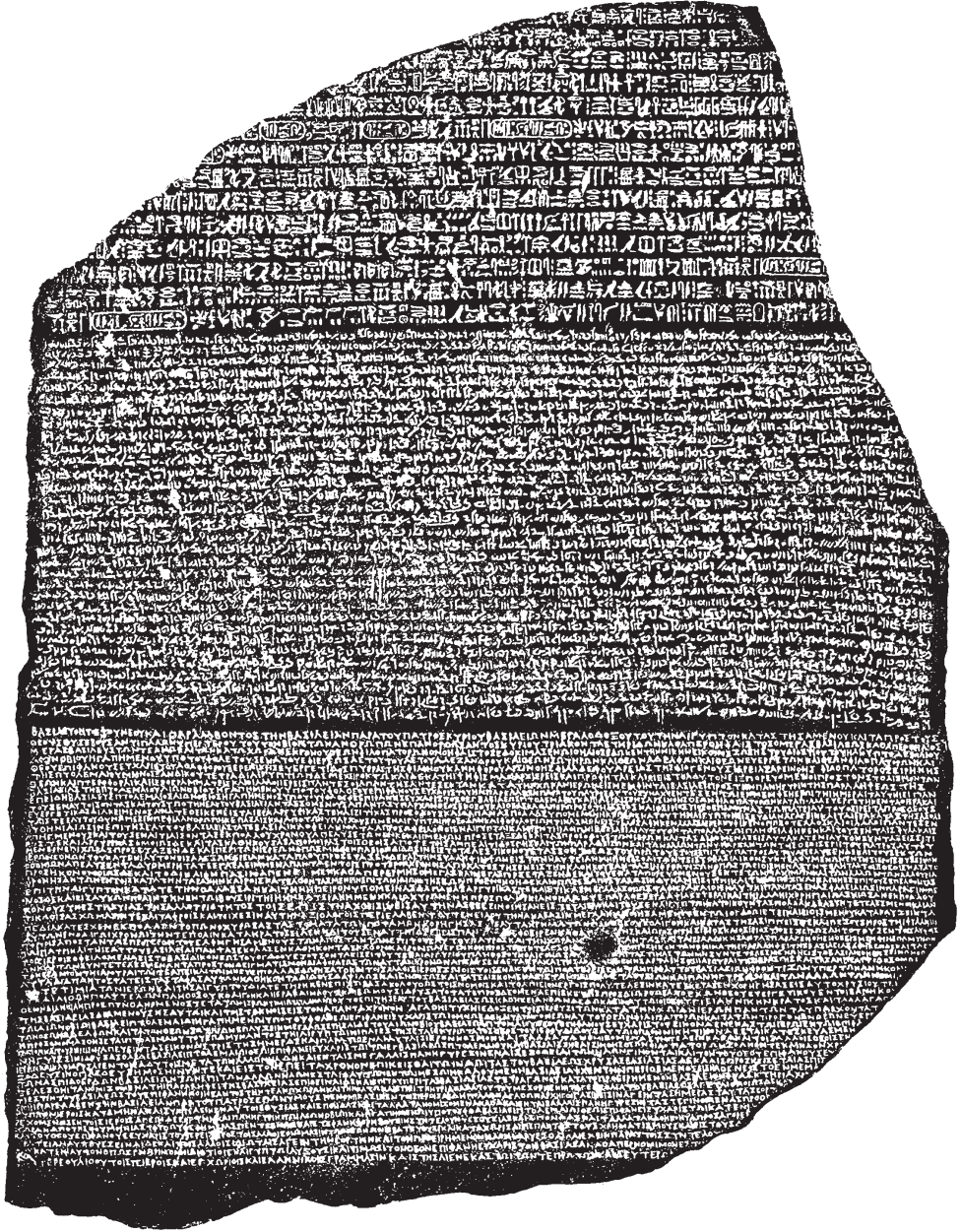


Slika 1.7 Jamske slike v Altamiri.

2.2 Pisava

Slabo šolsko leto potrebuje otrok, da se nauči pisati. Skoraj nihče pa se pri učenju branja in pisanja ne zaveda, da z vsako novo črko preskakuje stoletja. Več kot 5000 let je minilo, odkar so se začele razvijati prve pisave. Najstarejše namreč pripisujejo narodom, ki so živeli okoli 2000 let pred našim štetjem.

Pisava ohranja informacije, ki jih posredujemo z govorom. Različni narodi so in še vedno uporabljajo zelo različne pisave: znani so egipčanski hieroglifi, pa klinopis, hebrejska in arabska pisava, kitajska in japonska pisava ter tudi grški alfabet. Alfabet ali **abeceda** je najbolj izpopolnjena pisava. Abeceda je vsaka pisava, kjer en grafični znak (ne glede na svojo obliko) označuje le en glas. Tudi abeced je več vrst; najbolj razširjeni sta latinica in cirilica, medtem ko je nemška gotica skoraj že pozabljena. Znaki oziroma simboli za glasove v abecedi so **črke**. Oblika črk se je v zgodovini spreminjala (zaradi ter z razvojem pisanja in tiskanja); pravzaprav so prvotnim oblikam dodajali vedno nove. Vseskozi so skušali oblikovati kar najbolj berljivo pisavo. V latinici je dandanes nepregledna množica **črkovnih slogov**, zgodovinsko najbolj pomembne pa ilustrira slika 1.9.

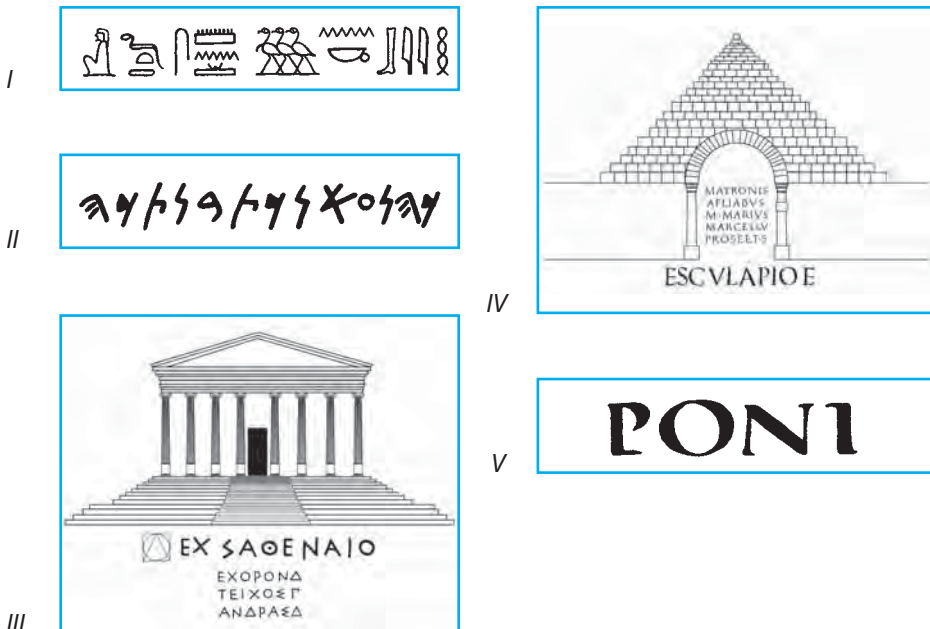


Slika 1.8 Kamen iz Rosette (pristaniško mesto v Egiptu) so našli leta 1799. Na njem je isto besedilo izpisano v treh jezikih in v treh pisavah: navrhu so egipčanski hieroglifi, spodaj grški alfabet v sredini pa demotična pisava. Šele s primerjavo teh treh besedil je Francoz J. F. Champollion (1790–1832) dokončno razvozljal pomen egipčanskih hieroglifov. Ti so povzročali zadrege zlasti zato, ker so sličice sprva predstavljale cele besede, nato zloge in končno samo glasove.

- Pisava je **sistem** znakov za pisno sporazumevanje. Ne smemo je zamenjevati z obliko črk oziroma s črkovnim slogom, črkovnim rezom oziroma s tipografsko pisavo.
- Črka je znak za glas. Abeceda je ustaljeno zaporedje črk v pisavi, zlasti v latinici.

Latinica je pisava starih Rimljanov, in vsaka pisava, ki se je razvila iz nje; ima največ črkovnih slogov.

Slika 1.9 Medtem ko so bili egipčanski hieroglifi (I) samostojna pisava, se je rimska latinica razvila iz feničanske pisave (II) in grške abecede (III). Slednja je kot prva vsebovala tudi znamenja za samoglasnike, zato je »mati« vseh pisav, praabeceda, izraz pa se uporablja tudi za feničansko pisavo. Rimljani so grško abecedo prevzeli nespremenjeno, sčasoma pa izboljšali obliko črk: razmerja med potezami z dodanimi **serifi** (IV). Serifi so končni nastavki na vrhu in na dnu potez. Prvazprav so bili serifi sprva poteze dleta, v kaligrafiji pa peresa. Rimljani so črke klesali v kamen, in to je tudi vzrok, da se ta monumentalni črkovni slog imenuje rimska **kapitala**. Kapitala je prva pisava za velike črke. Razen z dletom na kamen so Rimljani pisali tudi s peresom na papirus ali pergament; nastal je novi črkovni slog: **kvadratična kapitala** (V).



VI

LARGO II

a der König sich her wandt
eius Abrahā. Deus M̄saa

XI

VII

INMONTE



XII

VIII

emofyna. fide

emofyna. fide

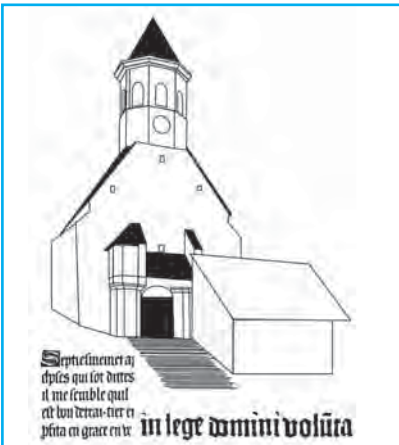
XIII



IX



XIV



X



XV

Nanj je vplivala zlasti drža peresa pri pisanju. Da bi si pisanje olajšali, so držo peresa prilagajali razmeram, kar se je seveda odrazilo na videzu črk. Nastal je še en rimljanski črkovni slog: **rustikalna kapitala** (VI). Kasneje so se črkovni slogi s tehniko pisanja še bolj spreminjali. V četrtem stoletju ima **uniciala** (VII) že zgornje in spodnje podaljške pri črkah, kot sta D in P, in pomeni uvod v nastanek malih črk – minuskul. To še bolj velja za **polunicialo** (VIII), pri kateri so v stoletju kasneje velike črke skoraj opustili. Po vzorcu poluniciale so v osmem stoletju za prepisovanje knjig razvili **karolinško minuskulo** (IX). Pri tem črkovnem slogu se prvič pojavijo povečani presledki med besedami. Izjemno hitro se je razširila in postala vodilna pisava na zahodu. V gotiki so od 12. stoletjatudi pri pisanju posnemali arhitekturni slog visokih in šiljastih zgradb; nastala je **gotska minuskula**. Do konca 13. stoletja se je razvila še gotska **tekstura** (X), (lat. *textura* – tkanje), ki jo je v 15. stoletju za izdelavo premičnih svinčenih črk (tip) prevzel Gutenberg. Ta črkovni slog je torej prva **tipografska pisava** (glej 2.5 – premične svinčene črke). Kasneje se je še spreminjala; v Italiji je nastala **rotunda**, v Nemčiji pa **schwabacher** (XI; zgornja vrsta) in **fraktura** (XI; spodnja vrsta), prvič se je uveljavila tudi hkratna uporabavelikih in malih črk. Rotunda je prevladala vrenesansi (16. stoletje), medtem ko se je fraktura (spodnji dve vrsti na sliki XII) obdržala celo v baroku (17. stoletje; XIII). Fraktura je prepoznavna po nekaterih značilnih črkah (s) in po »slonjih rilcih« na začetku črk. Humanisti so ob koncu 15. stoletja pripomogli k nastanku še ene tipografske pisave. To je bila **humanistična minuskula** (slika XII desno spodaj, zgornje tri vrstice). Male črke te pisave so se razvile iz karolinške minuskule, velike pa so nastale po zgledu rimske kapitale. Ker je bila povzeta po starinskih črkah, so jo imenovali »*littera antiqua*«, kar je privedlo do poenostavljenega, a napačnega imena **antikva** (XIV). Vsi drugi črkovni slogi ali tipografske pisave od tod naprej so zgolj modulirana, preoblikovana humanistična minuskula. To velja tudi za antikve, ki so nastale v klasicizmu (18. stoletje) ali kasneje. Skoraj vse današnje tipografske pisave so antikva, pa čeprav so poteze črk bodisi »klasične« (tanke in podebeljene), bodisi so vse enako debele (tehnični slog), s serifi (egipčanske) ali brez njih (linearne), (slika XV). Izjema so le pisane črke, lomljene črke, ki spominjajo na gotico, ali prav s posebnim namenom oblikovani črkovni slogi (npr. akcidenčne oziroma dekorativne pisave). Da bi se med seboj vseeno ločile, imajo specifična imena.

Klasifikacija pisav, črkovnih slogov in tipografskih pisav nikoli ni nedvoumna, ker je ni mogoče opraviti po vnaprej trdno določenih pravilih. Vedno so izjeme in izvedenke, razlikujejo se gledišča anglo-ameriških, nemških, italijansko-francoskih pa tudi slovenskih avtorjev. Nedvoumno smemo latinico razdeliti v tri temeljne vrste:

1. pisave s tankimi in podebeljenimi potezami (renesančni, predklasicistični oziroma baročni in klasicistični slog);
2. pisave s skoraj enako debelimi potezami (tehnične pisave, so egipčanskega (pozno-klasicističnega) ali linearne sloga);
3. samostojne pisave posebnih slogov (pisane, votle, osenčene, podvojene črke).

Razen pojmov pisava, tipografska pisava in črkovni slog moramo razlikovati še pojma **črkovna družina** in **font**. Črkovna družina predstavlja vrsto pisave, tj. **vse tipografske različice** pisave enega imena (angleško *typeface family*, *font family*), denimo times new roman navadne, kurzivne (poševne), krepke (podebeljene), kurzivne krepke črke, zožane črke, črke različnih velikosti ipd. Ob koncu tisočletja ponuja trg nepregledno množico, več tisoč različnih črkovnih družin, ki pripadajo različnim črkovnim slogom. To so

digitalne pisave v obliki fontov za uporabo na računalnikih. Font (angleško *fount, font*) je kodiran računalniški zapis vseh znakov (črk, števil, ločil ipd.) **ene tipografske različice** določene pisave določene velikosti, na primer times new roman kurzivna, polkrepka, velikost 12 tipografskih enot. Potemtakem je vizualna upodobitev fonta ena izmed tipografskih različic črkovne družine, angleško *typeface* ali samo *face*.

- Tipografija je veda o oblikovanju črk, pisav, besedil. *Graphien* polatinsko pomeni pisati, včrtati, risati in ima ta pomen v vseh sestavljenkah, ki se končujejo z -graf, -grafičen, -grafija (-graphos, -graphia). Po drugi strani je *tipa* ime za ulito tiskarsko črko, tudi črko na pisalnem stroju. Izhaja iz latinske besede *typus*: vzorec, prvotna osnovna oblika.
- Največ črkovnih slogov pozna latinična pisava. Sprva so nastajali zato, da bi sporočilo kar najlaže in najlepše (najbolj berljivo) zapisali (z dletom, gosjim peresom, iglo idr.), kasneje, da bi ga tako tudi natiskali. Pri ulivanju svinčenih črk so se črkovni slogi začeli spreminjati zaradi tehnoloških možnosti ulivanja in tiskanja, zato so govorili o *črkovnih rezih* (kalupe za posamezne črke so gravirali – urezovali) ali o *tipografskih pisavah* (glej poglavje 2.5 Tisk).
- Vsak črkovni slog ima več vrst pisav ali črkovnih družin, vsaka družina pa več tipografskih različic istih oblikovnih značilnosti in različnih velikosti. Vsaka različica ene vrste pisave je v računalniku kodirana z enim fontom.

2.3 Fotografija in holografija

Risbe in slike so bile in so še vedno **ročno** delo. Vseeno je, ali jih ustvarjamo s tradicionalnimi risarskimi orodji ali pa digitalno z računalniškimi orodji. Vsebina risbe je odvisna predvsem od risarjevih psihofizičnih sposobnosti: spretnosti, natančnosti, izobrazbe, razpoloženja, starosti, spola ipd. Seveda tudi od tega, kaj je želel z risbo ali sliko sporočiti. Na videz risbe ali slike vplivajo še risarska ali slikarska tehnika, čas nastanka in značilno zgodovinsko obdobje – umetniški slog (gotika, renesansa, barok, klasicizem, impresionizem ...). Zato risba ali slika nikoli nista dovolj natančna upodobitev stanja, to je posnetek izvirnega motiva ali scene. Risba ali slika je vedno **subjektivna** upodobitev. Zelo natančen ali **objektiven** posnetek kakšnega motiva je **fotografija**.

Fotografije so slike, ki nastanejo z uporabo tehničnih in elektro-kemičnih sredstev. Tehnologija, ki uči, kako izdelamo sliko s temi sredstvi, je **fotografija**: risanje s svetlobo, nastanek slike z delovanjem svetlobe na svetločutne snovi. Fotografija se imenuje tudi slika, ki jo dobimo s temi sredstvi; po slovensko ji lahko rečemo, tako kot je predlagal naš prvi mojster fotografije Janez Puhar, **svetlopis**.

- Tehnologija in tehnika sta pojma, katerih pomen ni enak!
- Tehnologija je veda, ki uči in raziskuje, kako in katere stroje, naprave, aparate ali sisteme in katere materiale moramo uporabljati, da izdelamo želeni izdelek. Tehnologija je nauk o sredstvih in načinih predelave surovin v izdelke.

- Tehnika zaznamuje delovna sredstva (stroje, naprave, aparate, sestave, orodje in opremo), lahko pa tudi metode, ki jih na določeni stopnji razvoja uporabljamo v proizvodnji oziroma produkciji; tehnika je opredmeteno minulo delo.
- Delovno sredstvo, naprava za »slikanje« s svetlobo, fotografiranje torej, je fotografska kamera, kratko **fotoparat**. V slovenščini ta pojem navadno označuje napravo, ki jo tvorita ohišje in objektiv (lečje).
- Glede na format upodobljene slike so fotografske kamere maloslikovne oz. maloformatne (24 x 36 mm), tudi 35-milimetrske (ker so sličice posnete na filmski trak širine 35 mm) ali leica (po imenu podjetja Leica, ki je tako kamero prvo izdelalo), srednjeformatne (velikost slike 60 x 45 ali 60 x 60 milimetrov) ter velikoformatne (velikost upodobljene slike lahko ustreza tudi formatu A4).
- **Objektiv** je sestav leč, ki prikaže sliko motiva oziroma jo projicira na slikovno ravnino kamere; tam je svetlobno občutljiva snov, ki lahko shrani projicirano sliko.



Slika 1.10 Subjektivni prikaz motiva, kot ga doživlja osemleten otrok (A), subjektivni prikaz, kot ga je doživljal šestdesetletni ljubiteljski slikar (B), črno-bela fotografija motiva (C) barve upodablja s toni, zato še vedno ni dovolj objektivni prikaz; temu se najbolj približa šele barvna fotografija (D).

Ker izdelujemo fotografije s pomočjo tehnike, so lahko zelo natančen posnetek, kopija ali reprodukcija (ponazoritev) motiva. Od uporabljene tehnologije je odvisno, kako natančna ali objektivna je reprodukcija. Na sliki 1.10 so štiri slike istega motiva: dve risbi in dve fotografiji. Narisala sta jih osemletni otrok in šestdesetletni slikar, medtem ko sta fotografiji izdelani z enakimi tehničnimi sredstvi, vendar z različno tehnologijo.

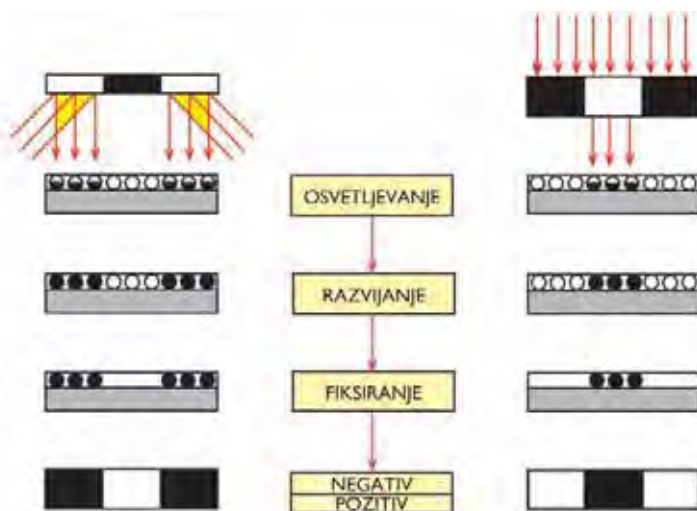


Slika 1.11 Fotografška tehnika in tehnologija iz obdobja okoli leta 1870 (mokri kolodijev postopek).

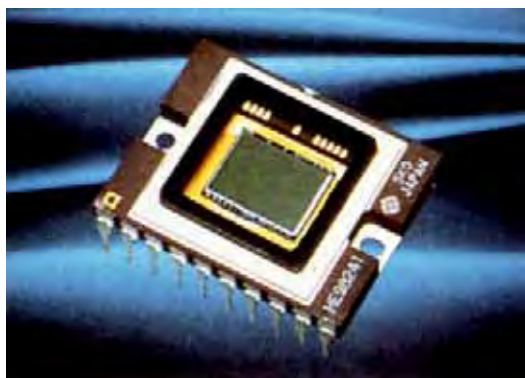
Fotografija, tehnologija kot tudi izdelek se danes deli na fotomehanično ali **analogno** in na **digitalno fotografijo**.

Analogna fotografija nastane zaradi **fotokemičnih** sprememb v fotomaterialu. Te so na začetku nevidne, s primerno kemično obdelavo pa nevidno **latentno sliko** spremenimo v vidno podobo. Učinek svetlobe na fotomaterial je obratno sorazmeren s svetlostjo objekta: tisti deli, ki so na motivu svetli, bodo na fotomaterialu temni, tisti, ki so temni, pa svetli. To pomeni, da dobimo objektivno upodobitev scene le, če postopek ponovimo. Najprej izdelamo fotografijo z obrnjenim razmerjem svetlosti ali **negativ**, nato pa še **pozitiv** z objektivnim razmerjem svetlosti. **Tehnologijo negativ-pozitiv** prikazuje blokovna shema na sliki 1.12.

Digitalna fotografija nastane brez fotomateriala, brez fotokemičnih sprememb in brez kemične obdelave latentne slike. Namesto tega so prisotne fotoelektronske spremembe polvodniških slojev v snemalnih vezjih CCD (*charge-coupled device*: vezje s sklopljenim nabojem) ali CMOS. Vezja CCD tvori množica triplastnih tranzistorjev. Povezani so v obliki šahovskega polja (slika 1.13) ali letve, tako da nastane mreža celic (silicijevih fotodiod), ki lahko shranijo električni naboj. Naboj v celici je sorazmeren s svetlostjo motiva na tem mestu; jakost vpadne svetlobe se premosorazmerno pretvarja v analogne električne signale. Te odčita analogno-digitalni pretvornik v kameri in jih v obliki digitalnih signalov shrani na primerno spominsko enoto (disk, kartico); glej tudi poglavje digitalizacija v nadaljevanju. Digitalni slikovni zapis po potrebi obdelamo na računalniku, z barvnim digitalnim tiskalnikom pa izrišemo na papir ali karton.



Slika 1.12 Tehnologija negativ-pozitiv. Izumil jo je Janez Puhar. Svoje fotografske slike je imenoval za **svetlopise** in jih prikazal na svetovni razstavi leta 1851 v Londonu, kjer so ga odlikovali s srebrno medaljo. Žal je v svetovni fotografski literaturi prezrt zato, ker je svoj postopek predolgo ljubosumno skrival, pa tudi zato, ker ga Slovenci sami ne cenimo dovolj. Izum tega postopka uradno pripada Angležu Scottu Archerju (kolodijev postopek).



Slika 1.13 Snemalno vezje v obliki polja najpogosteje zamenjuje fotografski film v digitalnih kamerah.

- **CCD, charged coupled device**, je fotonapetostni optoelektronski element iz polvodniškega tiskanega vezja; v digitalnih kamerah se najpogosteje uporablja kot slikovni senzor, ki omogoča nastanek stabilne digitalne slike.
- **CMOS, complementary metal-oxide semiconductor**, je tudi uporaben fotonapetostni optoelektronski element iz polvodniškega tiskanega vezja; je cenejše od CCD, porabi manj energije, ustvarja pa več slikovnega šuma, ki povzroča manj kakovostne upodobitve.

Analogne in digitalne fotografije uporabljamo predvsem za hranjenje informacij (dokumentiranje slikovnega gradiva). Ker je negativ **pomnilnik** vizualnih informacij, jih lahko z njim v omejenem obsegu tudi fotomehanično razmnožujemo in razširjamo; z digitalno tehnologijo pri razmnoževanju ni nikakršnih zadreg, ker slike po potrebi preprosto izpišemo na tiskalniku ali pa prekopiramo na kakšen drug prikladen medij. Ker so fotografije kar najbolj objektivni posnetki scene, jih uporabljamo kot osnovo za razmnoževanje z drugimi komunikacijskimi sredstvi (televizija, tisk).

Vsaka fotografija je resnično objektivna, vendar tudi trenuten posnetek stanja. Če napravimo v določeni, dovolj majhni časovni enoti več fotografij zaporedoma, dobimo posnetek, ki ustreza dogajanju. Ta posnetek je **film**. V filmu slede fotografije druga drugi tako, da nastane na platnu iluzija žive slike ali vsega, kar se je med snemanjem zgodilo na sceni. Film **reproducira** (ponazarja) ne le motiv, marveč tudi dogajanje.

Holografija

Holografija po grško pomeni popolna slika, dandanes pa se izraz nanaša na tehnologijo za tridimenzionalno snemanje predmetov oziroma za izdelavo fotografij, ki upodabljajo tudi tretjo dimenzijo – hologramov. Postopek temelji na interferenci med koherentnimi snopi svetlobe (razlaga interference in koherence presega namen tega gradiva, zato glej druge vire). Kot izvor svetlobe potrebuje laser, ki edini seva enobarvno (monokromatsko) koherentno svetlobo.

Holografijo je leta 1947 prvi opisal Dennis Gabor, britanski fizik madžarskega rodu, ki je za svoj izum leta 1971 prejel Nobelovo nagrado za fiziko. Prvi hologrami so bili slabe kakovosti, kar pa se je spremenilo z razvojem laserjev od leta 1960 naprej. Ne smemo pa prezreti, da hologram lahko napravijo tudi s kakšnim drugim koherentnim valovanjem, na primer z radijskimi valovi.

- Hologram lahko razlomimo na več koščkov, pa vendar v vsakem opazimo celoten predmet. To je mogoče zato, ker vsaka točka holograma vsebuje informacijo o vseh točkah posnetega predmeta.
- Hologrami so bili sprva le črno-beli, sedaj pa so lahko tudi barvni. Uporaba holografije je vsestranska. V grafični dejavnosti največ uporabljamo vroče tiskane holograme: za trženje tiskovin, predvsem pa za zaščito vrednostnih papirjev, kot so denar, potne listine, kreditne kartice, garancijski listi (na primer Microsoftova programska oprema) in podobno.

2.4 Telegrafija telegraf, telefoto, telefaks, elektronska pošta

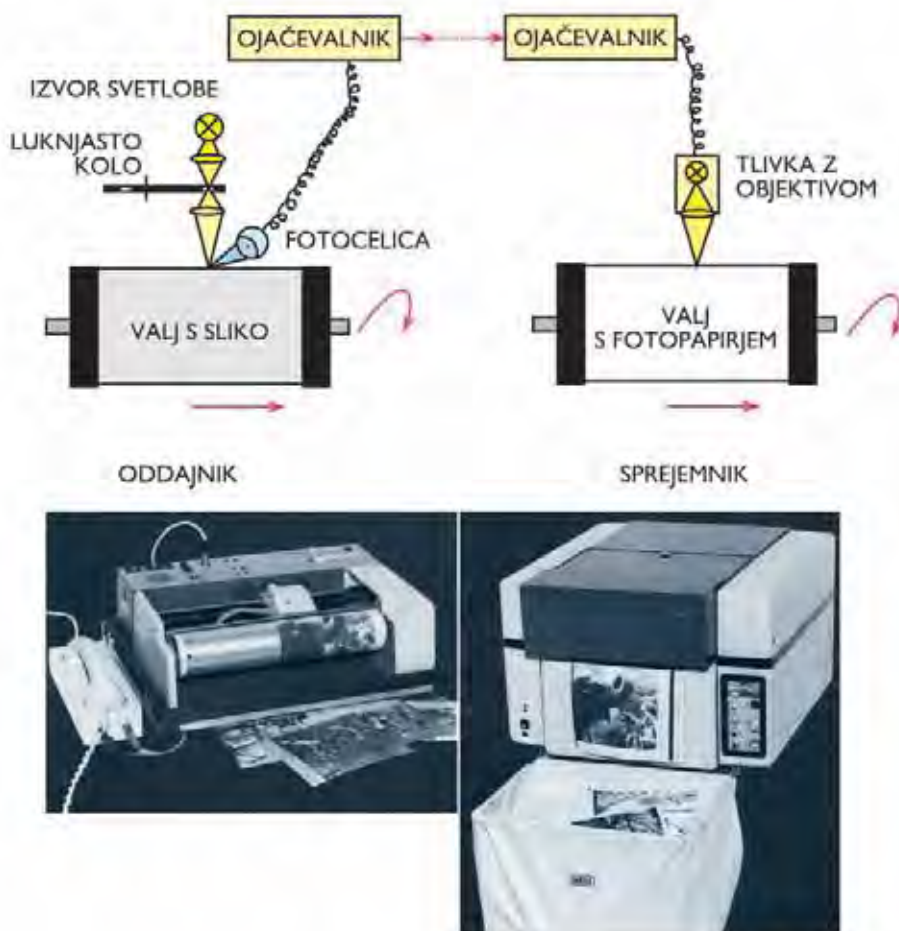
Telegrafija omogoča izmenjavo, v povezavi s tiskom in televizijo pa tudi razširjanje informacij v obliki besedil in slik ali fotografij. Izmenjava informacij poteka prek velikih razdalj. Podobno kot pri telefoniji gre tudi pri tem za spreminjanje signalov, tokrat vizualnih v električne in teh znova v vizualne. Temeljni naravoslovni pojavi, ki jih pri tem izkoriščajo, slone na elektromagnetizmu in fotoefektu.

Elektromagnetizem so uporabljali za pogon posebnih električnih pisalnih strojev, *teleprinterjev*. Namenjeni so bili za oddajanje in sprejemanje signalov. Ko operater pritisne tipko z izbrano črko, pošlje naprava v omrežje določeno kombinacijo električnih signalov, navadno daljše in krajše prekinitve električnega toka. Signale razbere sprejemnik, ki sproži elektromagnet pod tipko s tisto črko, ki jo je pritisnil operater na oddajniku. Tako prenesejo drugo za drugo vse črke sporočila, sprejemnik pa ga natipka na papir – *telegram*.

Fotoefekt so uporabljali v napravi za prenos fotografij z imenom **telefoto**. Blokovno shemo naprave kaže slika 1.14. Naprava deluje tako, da na valj pritrjeno fotografijo odčituje svetlobni žarek. Ker se valj vrti in se premika svetlobni vir, jo žarek odčitava v obliki spirale, in sicer točko za točko slike. V točki, ki jo svetlobni žarek osvetljuje, se njegova jakost **modulira** (preoblikuje, spreminja) premo sorazmerno s svetlostjo točke. Žarek se nato odbije v fotocelico, kjer pride zaradi tega do ustrezne tokovne spremembe. Električni signali različnih jakosti potujejo v sprejemnik in povzročijo, da žarnica nekatere točke fotografskega papirja osvetli bolj, druge pa manj. Fotografski papir je napet na podoben valj kot fotografija v oddajniku, obe napravi pa sta sinhronizirani. Latentno sliko, ki nastane na fotografskem papirju, spremenijo v vidno s fotografsko obdelavo. Sprejemnik in oddajnik naprave sta, kot pri teleprinterju, oddaljena nekaj deset ali sto kilometrov. Tako teleprinter kot telefoto sta zastareli napravi, vendar je slednji pomemben zaradi tehnološke zasnove **skeniranja**, ki je še vedno v rabi za vsakršno prenašanje slik na velike razdalje.

- Skeniranje pomeni odčitavanje predloge (slike, lahko pa tudi besedila) po točkah. S skeniranjem se v napravi telefoto prostorsko razporejena slika spremeni v časovno razporejene elektronske signale. Pri tem se slika razdeli v zelo veliko, vendar določeno število točk, ki se prenašajo skozi prostor in čas. Točke drugo za drugo skenira, odčituje torej, svetlobni žarek, ki sliko na valju preletava v obliki spirale.

Skeniranje je temeljni princip tudi pri **telefaksu** in pri **elektronski pošti**, ki sta sodobna naslednika teleprinterja in telefota. Pri telefaksu pošiljamo kodirana besedila in slike po telefonskih zvezah. Pri prejemniku se upodobijo na papirju ali kar na računalniškem zaslonu. Tehnologija ni tako mlada, kot marsikdo misli. Prva oblika je znana iz leta 1843. Prve slike so prenašali leta 1902, za splošno uporabo pa je postala primerna šele, ko so razvili dovolj učinkovito telefonsko omrežje (konec osemdesetih let). Današnje telefaks naprave uporabljajo za skeniranje slike linearno polje svetlobno občutljivih diod (CCD ali CMOS), na sprejemniku pa jo upodobijo z eno od digitalnih tehnik tiskanja.



Slika 1.14 Blokovna shema naprave telefoto s sliko oddajnika in sprejemnika.

Pri elektronski pošti so po telefonskih zvezah med seboj povezani digitalni računalniki – posamični ali omreženi. Mreže so bodisi lokalne bodisi globalne (internet). Več ko je omreženih računalnikov, in bolj ko je razvejena mreža, več uporabnikov si lahko pošilja sporočila. Pogoji je, da so ta digitalizirana, v računalnike pa so nameščeni modemi (modulator-demodulator) za kodiranje in dekodiranje sporočil. Medtem ko pri telefaksu uporabljamo za naslavljanje običajne telefonske številke (isto kot za telefoniranje ali pa posebno), pa ima vsak uporabnik elektronske pošte svoj pravi naslov. Po elektronski pošti brez večjih zadreg lahko pošiljamo besedila in slike.

2.5 Tisk

Opisane medije za vizualno komuniciranje uporabljamo predvsem za hranjenje, delno ali v omejenem obsegu tudi za razširjanje informacij. Dvostranska izmenjava jebila nek-daj omejena (pisma); danes to rešujeta telefaks in elektronska pošta. Vseeno pa je še

vedno najbolj vsestransko **tiskano** sporočilo. **Tiskovine** hranijo in razširjajo informacije, celo izmenjava ne povzroča zadreg, saj so razmnožene oziroma natisnjene v primerni nakladi.

- Razmnoževanje je vsebinsko širši pojem kot tiskanje. Razmnožujemo tudi predmete, celo živa bitja (kloniranje), ne le sporočil! Tehnološko razmnoževanje pomeni izdelavo dvojnikov izvornika (predloge), tako da so njen natančen posnetek – kopija, ponazoritev, **reprodukcija**. Bolj strokovno: izdelava dvojnikov po predlogi s tehnologijo dovolj velike ponovljivosti in primerljivosti ali **reproducibilnosti**.
- Tisk; komunikacijsko sredstvo za razmnoževanje, izmenjavo in shranjevanje (arhiviranje) grafično oblikovanih sporočil (informacij).
- Tiskanje; razmnoževanje sporočil (besedila in slik) s tiskarsko barvo ali tiskarskim črnilom, ki ga na tiskovni material nanese ali tam že prisotnega aktivira – izbarva – **tiskovna forma**. Ta hrani podatke o tiskovini in skrbi, da se na tiskovnem materialu v zeleni **grafični obliki** upodobi **vsebinski dvojniki** izvornega sporočila. Tiskovna forma krmili (upravlja) tiskanje.
- Pri razmnoževanju gre za izdelavo vsebinskega in oblikovnega dvojnika, pri tiskanju besedil za izdelavo vsebinskega dvojnika, pri tiskanju slik pa za izdelavo čimbolj objektivne reprodukcije izvornega motiva ali predloge. Oblikovno tiskane informacije niso dvojniki. Tiskane informacije so **tipografsko** in/ali **grafično oblikovane**.

Tiskovna forma je **analogna** ali **digitalna**. Analogna je mehanično orodje za tiskanje, digitalna so numerični podatki v dinamičnem spominu procesnega računalnika, s katerimi se upravlja tiskanje.

Analogno tiskovno formo izdelamo tako, da besedilo in slike spremenimo v materialno obliko, kos svinca, lesa, kamna, aluminija, linoleja. Ta je sposobna sprejemati in oddajati tiskarsko barvo. Materialna oblika tiskovne forme je odvisna od *analogne tiskarske tehnike*, ki jo uporabljamo za razmnoževanje in je le tam tudi uporabna.

Digitalno tiskovno formo izdelamo tako, da besedilo in slike spremenimo v prikladne binarne podatke, tj. digitalni dokument iz ničel in enic, ki določajo, na katera mesta od tisa bo tiskalnik nanese tiskarsko barvo ali črnilo, oziroma kje bo aktiviral barvila, ki so že v tiskovnem materialu. Načeloma lahko isto digitalno tiskovno formo uporabimo v kateri koli *digitalni tehniki tiskanja*. Vendar tega ne smemo storiti, ker je treba numerične podatke prilagoditi specifičnim zahtevam tiskarske tehnike.

V vseh primerih pa tiskovno formo vedno tvorijo **tiskovni elementi**: posamezne črke, znaki, slikovne prvine. Tiskovni elementi morajo biti v tiskovni formi smiselno razporejeni. Niti analogna niti digitalna tiskovna forma namreč ne more biti zgolj orodje za tiskanje (sprejemanje in oddajanje tiskarske barve ali za upravljanje nabarvanja in izbarvanja), temveč je smiselna, grafično in tipografsko urejena množica tiskovnih elementov.

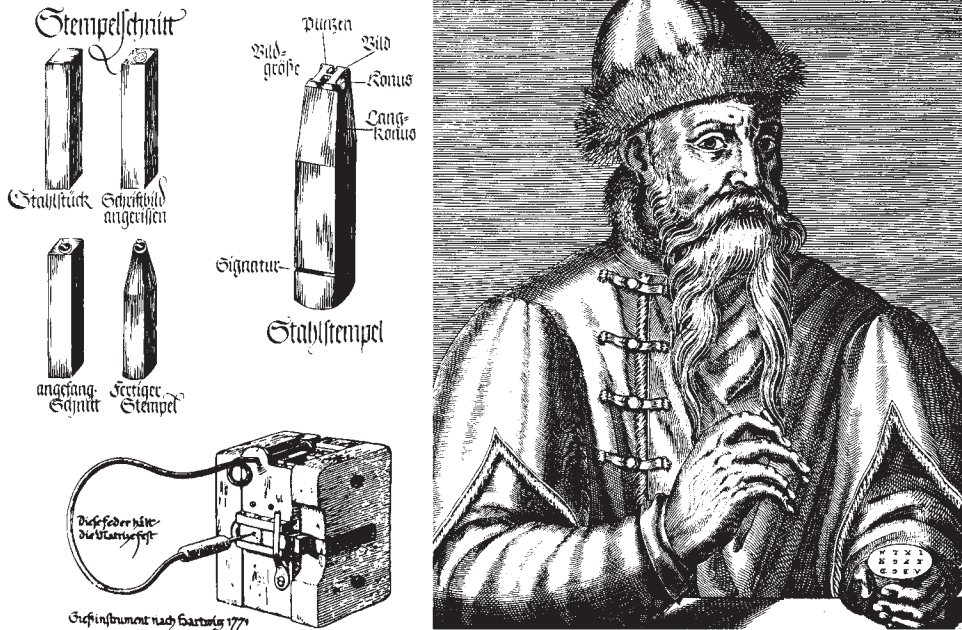
- Tiskovni element je grafično oblikovana tiskovna površina: delec besedila (črka, črta, ločilo, akcent) risbe ali slike (črta, točka), ki se pri tiskanju upodobi na tiskovnem materialu.
- Tiskovna forma: smiselno in oblikovno urejen analogni (mehanični) ali digitalni (računalniški, numerični) pomnilnik sporočila, ki pri tiskanju služi za nabarvanje ali izbarvanje tiskovnega materiala, tako da nastane vsebinski dvojnik sporočila v spominu. Analogna tiskovna forma ima različne materialne oblike, tvori jo več prvin ali pa le en sam kos; digitalna tiskovna forma je numerični zapis (računalniška koda, bitmapa) v dinamičnem spominu procesnega računalnika.

Prve analogne tiskovne forme so bili lesorezi, pečati in pečatni valji, vedno izdelani v enem kosu. Po uporabi jih niso mogli razstaviti in tiskovne elemente uporabiti za izdelavo nove tiskovne forme z novo vsebino. Sestavljive tiskovne elemente za večkratno uporabo je izdelal šele Nемеc Johannes Gutenberg v letih 1452 do 1455 za tisk 42-vrstične biblije. Bili so iz svinčene zlitine. Vsaki črki abecede ustreza en Gutenbergov tiskovni element, zato se imenujejo **svinčene črke**. Njihov vrstni red v tiskovni formi lahko poljubno spreminjamo in isto informacijo natisnemo v katerem koli jeziku z abecedno zasnovo. Gutenbergove svinčene črke lahko uporabljajo vsi narodi, ki pišejo po **abecednem načelu**: en glas – ena črka – ena svinčena črka.



Slika 1.15 Sumerski pečatni valj spodaj je star 4500 let, babilonski zgoraj pa 3700 let. Odtise so izdelali v glinaste ploščice.

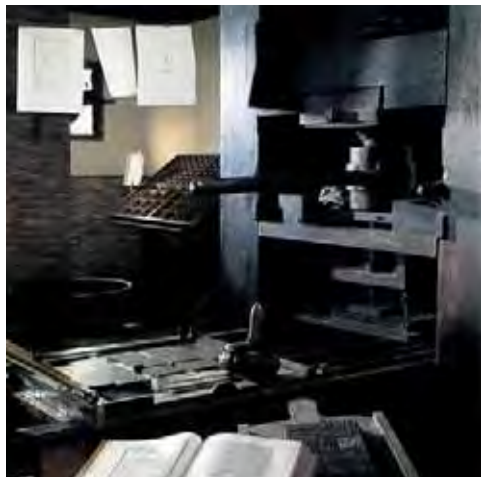
Slika 1.16 Pečatni valj z babilonskim klinopisom je izdelan iz enega kosa, zato ni primeren za večkratno uporabo. Po tisku ga ne moremo razstaviti na posamične tiskovne elemente, ki bi jih lahko znova uporabili.



Slika 1.17 Premične Gutenbergove črke z ročnim ulivalnikom. Najstarejši znan Gutenbergov portret je bakrorez iz leta 1584. Izdelali so ga za neko publikacijo, ki so jo takrat izdali v Parizu. Slike so morali takrat izdelati v enem kosu, kot lesoreze, in jih »vložiti« med stavek iz posamičnih črk.

Če je tiskovna forma analogna, jo mora tiskarski stroj pred vsakim odtisom na novo namazati s tiskarsko barvo ali črnilom: strokovno **nabarvati**, **obarvati**. Tiskarsko barvo sprejmejo le tiskovni elementi, z njih pa se prenese na tiskovni material. Analogno tiskovno formo namreč tvorijo površine različnih značilnosti: tiskovni elementi, ki tiskarsko barvo sprejemajo, in taki, ki je ne sprejemajo. Prvi so zato **tiskovne površine**, drugi pa **proste površine** tiskovne forme. Prehod tiskarske barve z analogne tiskovne forme na tiskovni material dosežemo tako, da tiskarski stroj polo, to je list tiskovnega materiala, pritisne ob njeno površino. Pri tem nastane viden, otipljiv in trajen vsebinski dvojniki sporočila – **odtis**. Odtise izdelujemo v tiskarskih strojih tako dolgo, dokler sporočilo ni razmnoženo v želenem številu dvojnikov. Dvojniki, odtisi torej, se imenujejo **izvodi**, njihovo skupno število pa je **naklada**.

Tiskovni material, ki nosi tiskarsko barvo in s tem ohranja sporočilo, pogosto uporabljamo za shranjevanje ali zaščito drugih izdelkov. Odtisi te vrste so **embalaža**. Tiskovine po končanem tiskanju pogosto dodelamo in oplemenitimo, tiste, ki so namenjene predvsem za komuniciranje, pa spremenimo v knjige, revije, kataloge, prospekte in druge grafične izdelke. To pomeni, da je tiskanje le del **grafičnega procesa**; tega zmotno imenujejo tisk, včasih tiskarski proces. Grafični proces obsega tri tehnološka področja: grafično pripravo, tiskanje in grafično dodelavo.



Slika 1.18 Srednjeveška tiskarna v Gutenbergovem času (rekonstrukcija v Gutenbergovem muzeju, Mainz, Nemčija). Na vrvici se tako kot perilo suše odtisi. V ozadju se vidi črkovnjak s predalčki, v katerih so shranjene svinčene črke, povsem spredaj so na lesenem čolnu že sestavljene v tiskovno formo. Tiskovna forma za tisk neke druge strani je pravkar nameščena na tiskalu tiskarske preše, nad njo pa je tampon, s katerim so jo namazali, nabarvali s tiskarsko barvo. Povsem na desni je tiskovna ploščica, ki list papirja pritisne ob tiskovno formo, da bi se z nje prenesla tiskarska barva.

1. S pripravo tipografsko in grafično oblikovanih sporočil ter z izdelavo analogne ali digitalne tiskovne forme se ukvarja *grafična priprava* (angleško *prepress*).
2. Tiskovna forma služi pri *tiskanju* (angleško *printing*) – hkrati s tiskovnim materialom in tiskarsko barvo – za izdelavo vidnih, otipljivih in trajnih odtisov.
3. *Grafična dodelava* (angleško *postpress*) poskrbi za dodelavo, oplemenitenje in predelavo odtisov v končne grafične izdelke, ukvarja pa se tudi z njihovo distribucijo.

Čas, ki je potreben, da nastane grafični izdelek, narekuje tehnologija grafičnega procesa. Najhitrejši so procesi za tiskanje časopisov: le 4 do 8 ur je potrebno, da so sporočila na voljo uporabnikom. Pri današnji stopnji razvoja »elektronskih« medijev je tudi to zelo dolgotrajen proces.

- Tiskarska barva in/ali črnilo: substanca, s katero se pri tiskanju neposredno ali posredno nabarvajo ali izbarvajo podobe na tiskovnem materialu.
- Tiskovni material: substanca ali substrat (podloga, podstava, materialna podlaga procesov ali pojavov), ki nosi tiskarsko barvo in/ali črnilo; papir, karton, plastika, les, pločevina, steklo, tudi fotografski ali termični papir idr.
- Tiskarski stroj: mehanizem, ki v odtisu združi temeljne prvine tiska: tiskovno formo, tiskarsko barvo in tiskovni material. Mehanizem za izdelavo odtisov.
- Odtis: vidna, otipljiva in trajna združba tiskarske barve in tiskovnega materiala, ki ohranja sporočila.
- Izvod: odtis časopisa, knjige, revije ipd. Eden izmed dvojnikov, ki sestavljajo naklado
- Naklada: večje, vendar določeno število izvodov ali dvojnikov.

- Tiskovne površine: tiste površine tiskovne forme, ki pri tiskanju sprejemajo in oddajajo tiskarsko barvo ali poskrbijo, da ta obarva ustrezna mesta tiskovnega materiala.
- Proste površine: tiste površine tiskovne forme, ki pri tiskanju niti ne sprejemajo niti ne oddajajo tiskarske barve ali poskrbijo, da se ta ne nanese na tiskovni material.
- Grafika: črkopisje, pisalna, risalna in tiskarska dejavnost (pogosto bolj umetnost kot industrijska proizvodnja).

V Slovarju slovenskega knjižnega jezika iz leta 1994 najdemo v zvezi s tiskom in tiskanjem obsežno razlago. Oglejmo si le nekatere izvlečke, ki so bolj ali manj v neposredni zvezi z vsem navedenim.

- Tisk; pod točko 2 dejavnost, ki se ukvarja s tiskanjem knjig, časopisov, obrazcev in drugih javnosti namenjenih del: mladinski, športni, verski tisk; časopisi, knjige, obrazci in drugi tiski. Pod točko 3 sredstvo za javnosti namenjeno objavljanje sporočil, besedil v tiskani obliki, navadno časopisi, revije: tisk je o dogodku obširno poročal, mnenje, pisanje tiska, izjava za tisk; radio, televizija in tisk; domači in tuji tisk ipd.
- Tiskarstvo; dejavnost, ki se ukvarja s tiskanjem knjig, časopisov, obrazcev in drugih javnosti namenjenih del.

Tiskarski; nanašajoč se na tiskarstvo ali tisk: tiskarski izdelki, tiskarski stroj, tiskarske barve, tipi tiskarskih črk, tiskarska tehnika, tiskarski delavec, tiskarski škrat (*je tiskarska napaka, so tiskarske napake*), tiskarski stavek, tiskarski znaki, tiskarska mera.

- Tiskoven; nanašajoč se na tiskanje: tiskovni stroški, tiskovna naročila, tiskovni predstavnik, tiskovna agencija (Reuter, EPA), tiskovna konferenca, tiskovno središče, tiskovni papir (papir za tiskanje), tiskovni material (papir, plastična kovinska folija, na katero tiskamo), tiskovna forma, tiskovna pola, tiskovni znak ipd.
- Tiskovina; tiskan izdelek: navadne in večbarvne tiskovine, propagandna, reklamna tiskovina, izpolniti tiskovino (obrazec), tiskovine za pisarniško poslovanje, poštne, šolske tiskovine ipd.
- Tiskarna; podjetje, obrat za tiskanje, stavba ali prostor, kjer se tiska.
- Tiskar, tiskarka; kdor se poklicno ukvarja s tiskanjem, tudi lastnik tiskarne (bil je založnik in tiskar, bila je založnica in tiskarka).

Tisk je očitno izjemno širok pojem. Kogar zanima, si mora podrobno razlago ogledati v Slovarju slovenskega knjižnega jezika, tehnologija grafičnih procesov pa tisk in tiskanje razume in uporablja tako, kot je navedeno na začetku tega poglavja. Tam so pojmi in izrazi tudi kar najbolje usklajeni s terminološkim standardom *ISO 12637-1 Graphic technology – Vocabulary – Part 1: Fundamental terms, First edition 2006-02-01*. Besednjak

standarda mestoma zanemarja tradicionalno in uveljavljeno grafično izrazje, zato je v vednost in ravnanje nujno naslednje pojasnilo:

Standard ne pozna izrazov tiskovna forma, analogna in digitalna tiskovna forma, marveč samo forma (*forme*). To definira kot fizični slikovni nosilec (*image carrier*), ki je na tiskovnem materialu sposoben reproducirati samo slikovne površine predloge, tako da se samo tam neposredno ali posredno prenaša tiskarska barva. Tiskanje s formami po tej definiciji šteje za *forme-based printing*, medtem ko je tiskanje z digitalnimi *formless printing*; tiskanje s tiskovno formo in brez nje, torej. Ob tem razlikuje še tiskanje brez tiskarske barve (*inkless printing*). To je tehnologija, pri kateri se odtis ne upodobi z nanašanjem tiskarske barve ali črnila, marveč z izbarvanjem barvil, ki so že prej prisotna v specialnem tiskovnem materialu. Izbarvanje tiskovnih površin nastane zaradi fizikalnih ali kemijskih reakcij, ki jih v tiskovnem materialu povzročajo svetloba, toplota ali elektrika.

3 KOMBINIRANO KOMUNICIRANJE

Pri tej vrsti komuniciranja gre za hkratno uporabo sluha, vida, včasih tudi drugih čutil. V skupino kombiniranih komunikacijskih sredstev uvrščajo predvsem elektronska in telekomunikacijska sredstva: televizija, videoskopija, multimedij in telematika – internet.

3.1 Televizija

Analogna televizija

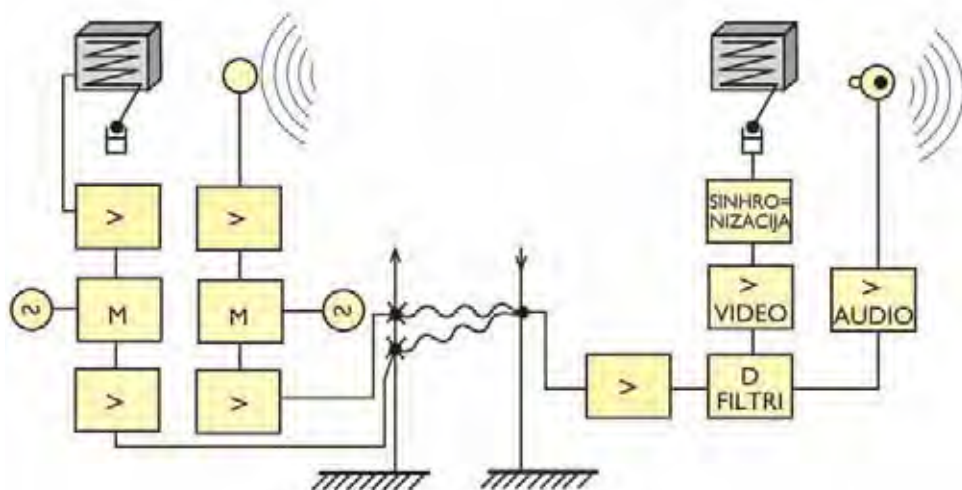
Klasična, analogna televizija služi predvsem za razširjanje slik na velike daljave. Te spremlja in dopolnjuje zvok. Televizijsko sporočilo je trenutno, a tudi izmenjava ni mogoča. Slike razširjajo z elektromagnetnimi valovi ali s kablji (kabelska televizija, televizija zaprtega kroga).

Televizija deluje podobno kot radio, le da morajo v električne signale spremeniti sliko in (ne) zvok. Informacije v obliki glasov so vedno časovno razporejene, tiste v obliki slik pa prostorsko ali prostorsko in časovno. Zato jih morajo spremeniti ne le v drugo energijsko, temveč tudi v drugo informacijsko obliko; slednje povzročata težave pri prenosu, predvsem pa pri shranjevanju prostorsko razvrščenih informacij. V mislih so mirujoče slike, medtem ko pri »živih« (gibljivih) ni večjih zadreg.

Prostorsko razporejene slikovne informacije se v televizijski kameri spremenijo v časovno razporejene električne signale. Te v oddajniku »naložijo« na nosilno elektromagnetno valovanje visoke frekvence, električne signale za zvok pa na nosilno valovanje druge frekvence.

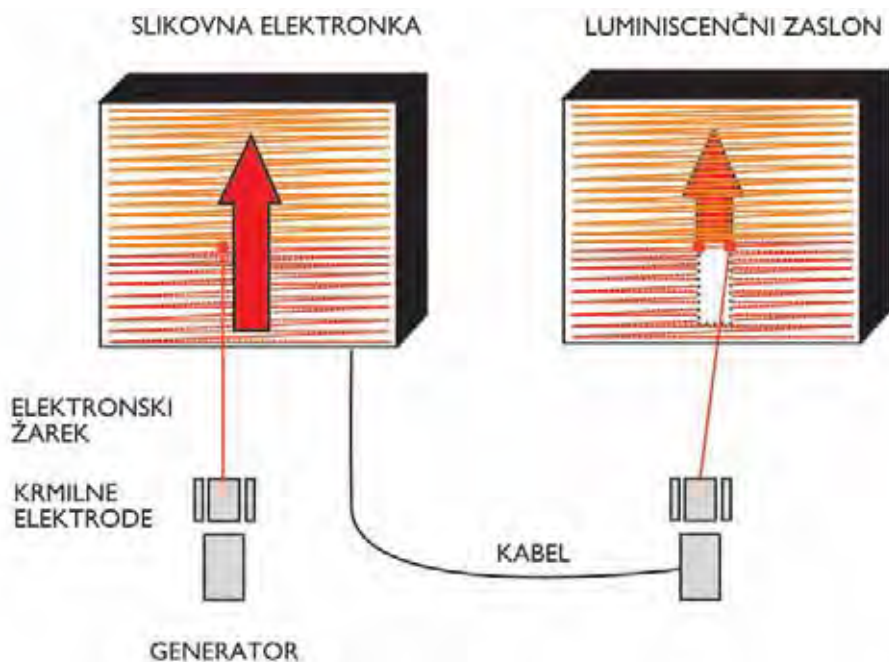
Antena televizijskega sprejemnika sprejema električne signale, ki *simulirajo* sliko in tiste, ki *simulirajo* zvok hkrati. Naprave v sprejemniku jih ločijo in reproducirajo v prvotni obliki. Pri reproduciranju slik gre za spreminjanje energetske in informacijske oblike signalov: časovno razporejeni signali se spreminjajo v prostorsko razporejeno, nevidno elektromagnetno valovanje, električni signali pa v svetlobo. Blokovno shemo analogne televizije prikazuje slika 1.19.

V televizijski kameri se slika spremeni v časovno razporejene signale s pomočjo **skeniranja** (odčitovanja, glej 2.4 Telefoto). Slike spremenijo v zelo veliko, vendar določeno število točk, ki jih drugo za drugo v obliki električnih signalov prenašajo skozi prostor in čas. Televizijska kamera spremeni posneti motiv v približno 400.000 točk, vsako pa predstavlja, oponaša električni signal. Njihova jakost je odvisna od tega, kako svetla je točka. Eno za drugo skenira, odčituje torej, elektronski žarek, ki se giblje po zaslonu od zgoraj navzdol in od leve proti desni. Pravzaprav je elektronski žarek tisti, ki se pri odčitovanju točkovno premika. Vsaka odčitana točka se spremeni v ustrezen električni signal, tega pa visokofrekvenčni valovi ali kabel prenesejo v televizijski sprejemnik.



Slika 1.19 Blokovna shema analogne televizije.

Tam drugi elektronski žarek riše sliko na enak način: točko za točko prenaša na luminiscenčni zaslon. Njegova jakost je sorazmerna s svetlostjo točke v kameri ali z jakostjo električnega signala. Tako nastanejo na zaslonu svetlejšje in temnejše točke, ki upodobijo sliko – reprodukcijo originalnega motiva ali scene. Če elektronski žarek preneha odčitovati (snemati) ali risati (upodabljati) sliko, ta izgine. Televizijska slika je trenutna.



Slika 1.20 Tehnologija skeniranja pri analogni televiziji.



Slika 1.21 Eden od prvih televizijskih sprejemnikov. Leta 1928 je sprejemal program studia WGY Schenectady, ZDA. V Evropi je program prva oddajala britanska BBC leta 1932, tri leta kasneje pa Nemci. V Berlinu in Potstamu so za spremljanje programa uredili »televizijske gostilnice«.

- S televizijo je mogoče prenašati in razširjati sporočila le, če spremenimo njihovo energetske in informacijsko obliko.
- Skeniranje ali odčitovanje je tehnologija, pri kateri prenašamo in razširjamo slike tako, da jih razdelimo v zelo veliko točk, naprave pa jih snemajo in upodabljajo eno za drugo. Ker gre za upodabljanje na luminiscenčnih zaslonih, slika kmalu izgine. Elektronski žarek potrebuje le 0,04 s, da odčita vse točke na zaslonu v televizijski kameri. Če želimo dobiti stalno sliko, moramo motiv nenehno skenirati (snemati in upodabljati).
- Skeniranje so prvič uporabili v telefoto napravah, kjer namesto elektronskega žarka in luminiscenčnega zaslona uporabljamo svetlobni žarek in fotomaterial.

Začetki televizije so bili črno-beli, danes je samoumevna barvna televizija. Pri slednji se srečamo z različnimi sistemi za prenašanje signalov: PAL, SECAM, NTSC in drugimi. NTSC uporabljajo v ZDA in na Japonskem, v Franciji in Rusiji se je udomačil SECAM, drugod, tudi pri nas, pa večinoma PAL. Sprva je šlo pri uvajanju različnih sistemov za prevlado, nazadnje so morali razviti učinkovite naprave za pretvarjanje signalov iz enega v kateri koli drug sistem, zato je danes vseeno, kako oddaja posamezna postaja.

Digitalna televizija

Ločljivost televizijskega posnetka in ustrezne vizualne upodobitve je slaba. Slika tvori približno 400.000 slikovnih točk, ki so na zaslonu razporejene v 625 linijah. To je sprejemljivo samo zaradi gibajočih se slik, ki se prelivajo ena v drugo, vseeno pa močno trpi upodabljanje podrobnosti. Da bi se izognili slabi vizualni kakovosti so začeli razvijati visokoločljivo televizijo HDTV (*high definition television*; prve sprejemnike te vrste so Japonci izdelali leta 1990), ki ima več kot 1000 črt. Slikovni signali so tako gosti, da jih ni več mogoče prenašati v klasični analogni, marveč edinole v digitalni obliki. Digitalizacija slike v televiziji pa ne pomeni zgolj boljše upodobitve, pač pa ji ponuja še

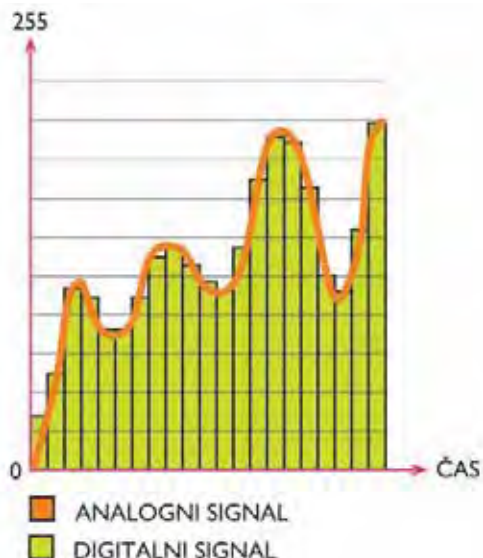
številne možnosti. Po digitalnem televizijskem omrežju (oddajniki, sprejemniki, sateliti, kabli) je namreč mogoče prenašati vsakršne digitalne signale: tudi teletekst in internet (glej 3.4).

Digitalizacija

Temeljna prvina vsakega digitalnega procesa ali postopka so digitalizirani podatki oziroma signali; dobimo jih z **analogno/digitalnim pretvornikom (pretvornik A/D)**.

To je že vsaka navadna tipkovnica za vnašanje besedila, računalniška miška, digitalni snemalnik, digitalna kamera ipd. V vseh navedenih primerih moramo analogna vizualna sporočila spremeniti v digitalne signale, kar ponazarja slika 1.22. Analogna je vsaka veličina, ki je zmožna zveznih sprememb, medtem ko digitalna zavzame le končno število vrednosti v izbranem območju. Pretvornik A/D spremeni torej neskončno veliko realizacij analognega signala v določeno število realizacij digitalnega signala. Digitalni računalniki lahko procesirajo le digitalno obliko signalov.

Razliko med analognimi in digitalnimi signali dokaj nazorno ponazarja merilnik hitrosti v avtomobilu. Signali so fizikalne veličine, ki predstavljajo kakšen podatek ali informacijo. Na klasičnem (analognem) merilniku hitrosti je to odklon kazalca. Glede na hitrost zavzame na skali katero koli pozicijo. Oceni jo voznik in s tem opredeli hitrost vožnje. Preciznost se ravna po natančnosti skale in po sposobnosti voznika, da oceni vmesne pozicije. Opravljeno pot meri števec. Kolesni mehanizem se premika v enakomernih korakih: prva cifra meri na primer deset tisoče kilometrov, druga tisoče, tretja stotine, četrta desetine kilometrov in zadnja vsak kilometer posebej. Če obstane zadnja številka na vmesnem položaju, odčitek ni mogoč, ker števec »digitalizira« opravljeno pot le na kilometer natančno. Vsekakor pa to pomeni, da tudi napaka ne more biti nič večja, ne glede na sposobnosti opazovalca. In če dodamo še eno kolesce za desetinke kilometra, se ne moremo ušteti za več kot 100 m. To je eden od osnovnih vzrokov, zakaj so se na primer uveljavili digitalni instrumenti (od termometra do denzitometra in merilnika hitrosti). Digitalna številčnica povsem odpravi napake zaradi odčitavanja.



Slika 1.22 Analogni in digitalni signali.



Slika 1.23 Športni avtomobili so večinoma opremljeni z analognim merilnikom hitrosti, eden prvih avtomobilov z digitalnim pa je bil Renault Twingo.

Zaporedje števil na števcu avtomobilskega merilnika hitrosti ni nič drugega kakor digitalni signal; digitalni zato, ker se številka v angleščini imenuje **digit**, v latinščini pa **digitus**. Digitus pomeni »prst«. Prstov imamo deset, zato se je med prvimi uveljavil digitalni desetiški (decimalni) sistem. Elektronsko ga opisuje deset različnih signalov. Te je lažje prenašati, pretvarjati, a tudi zanesljivo računalniško opremo za obdelavo, hranjenje in izmenjavo podatkov je lažje izdelati, če je v digitalnem signalu manj števil. To zahtevo izpolnjuje binarni, dvojiški sestav; signale ali podatke zapisujemo samo z dvema številka: 0 in 1. Tej spremenljivki pravimo BIT (Binary digit).

Vsaka od poprejšnjih naprav spremeni slikovne točke ali črke v zaporedje ničel in enic. Zaporedje mora biti toliko daljše, kolikor več je stopenj, v katere spremenimo analogni signal. Če ima zaporedje samo eno cifro, 0 ali 1, spremenimo analogni signal le v dve digitalni vrednosti. V takem primeru bi dobili z digitaliziranjem večtonske fotografije enotonsko črtno sliko. Televizijska kamera analizira eno slikovno točko motiva za drugo, »izmeri« njeno svetlost in jo spremeni v analogni električni signal. Svetlost se v območju od 0 % (popolnoma neprozorno ali črno) do 100 % (popolnoma prozorno ali belo) zvezno, torej analogno spreminja. Ker spreminjamo vrednosti analognega signala le v dve vrednosti digitalnega signala pomeni, da svetlosti pod 50 % ustreza cifra 0, svetlosti nad 50 % pa cifra 1. Vsaka slikovna točka je kodirana z enim bitom. V obliki električnega signala potuje v televizijski sprejemnik, kjer elektronski žarek upodablja sliko na luminiscenčnem zaslonu. Ko procesni računalnik v televizijskem sprejemniku – dekode – odčita signal 1, dovoli, da elektronski žarek osvetli zaslon. Ko pa odčita signal 0, elektronski žarek prekine, ta slikovna točka pa ostane temna. Na zaslonu nastanejo bele in črne slikovne točke, ki upodobijo risbo brez tonov (sivin) med belo in črno barvo.

Če želimo z digitaliziranimi signali na zaslonu upodobiti večtonsko sliko, moramo območje svetlosti razdeliti v več in ne le v dva razreda. Vsak razred mora biti kodiran z lastnim signalom; za osem razredov (tonov) potrebujemo osem različnih signalov. Dobimo jih, če med seboj kombiniramo tri bite: 000 je prekinjen elektronski žarek, 111 je signal, kadar sveti s svojo polno močjo, 001, 010, 011, 100, 101, 110 pa so kode, kadar elektronski žarek sveti z eno od šestih različnih jakosti. Vsaka točka zaslona lahko upodobi osem tonov. Seveda tudi taka digitalna slika še zdaleč ne doseže kakovosti analogne televizijske slike.

Da bi zagotovili bolj natančno upodabljanje svetlosti z motiva, moramo njegov tonski obseg razdeliti najmanj v 256 in še boljše v 1024 razredov in v prav toliko tonov, ki jih televizijski sprejemnik lahko upodobi na zaslonu. V prvem primeru kodiramo odčitane in digitalizirane slikovne točke z osembitno kodo 0000 0000 ($2^8 = 256$), v drugem pa z desetbitno kodo ($2^{10} = 1024$). Koda 256 na primer pomeni, da elektronski žarek zaslon osvetli s polno močjo, koda 128, da sveti s polovično močjo in koda 0, da ga sploh ne osvetli. Podobno je tudi pri desetbitni kodi.

Prenašanje tako gostih, četudi digitalnih signalov, bi pri visokoločljivi televiziji HDTV spet povzročalo težave (motnje). Rešitev je zgoščevanje ali komprimiranje, ki pa ga z analognimi signali ni mogoče opraviti. Splošno sprejeti standard za zgoščevanje digitalnih televizijskih signalov je MPEG-2 (*Moving Picture Experts Group*). Po tem standardu se po 1504 bitov izvirnega signala »stlači« v paketek z zmogljivostjo komaj 1 bit. Dekoder v televizijskem sprejemniku mora torej najprej »razpakirati« komprimirane signale, šele nato jih lahko uporabi za upodabljanje slike.

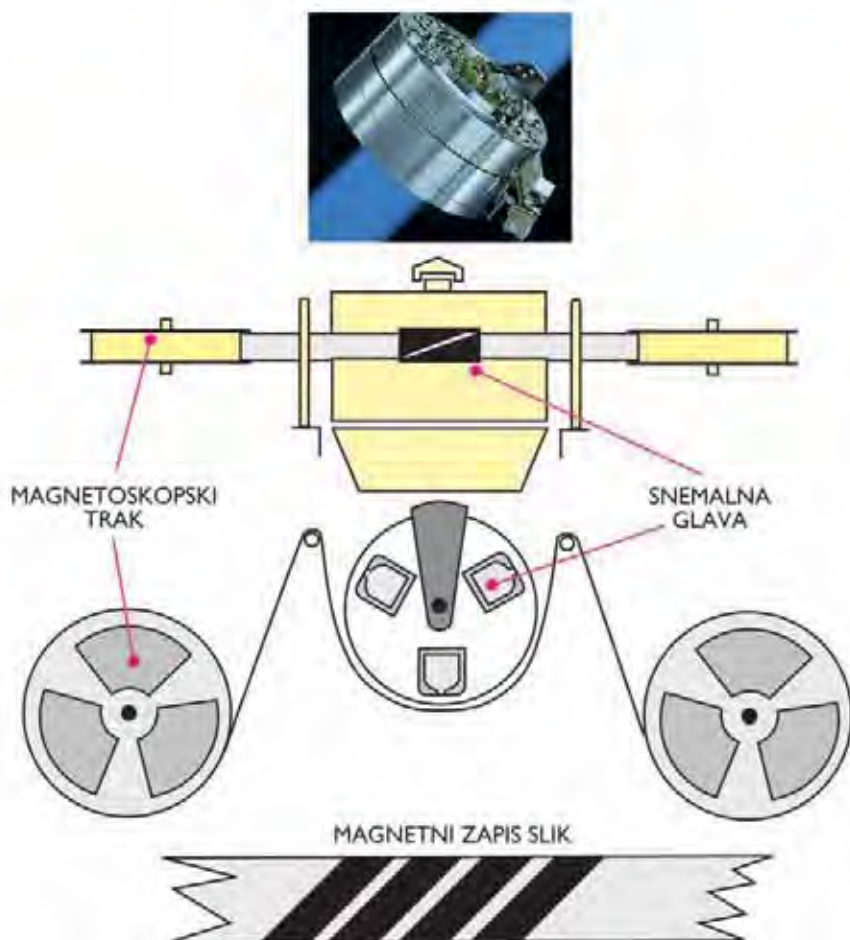
3.2 Videoskopija

Pri televiziji uporabljamo za nastanek vidne slike televizijsko kamero in televizijski sprejemnik. Če delujeta oba hkrati, nastane trenutna vidna slika, zato je televizija primerna zgolj za razširjanje sporočil (video in avdio). Tehnologija, ki omogoča shranjevanje televizijske slike, je videoskopija. Informacije shrani na magnetoskopski trak in/ali slikovne plošče.

Magnetoskopski trak je v kolutih ali v kasetah (za poklicno in amatersko rabo). Nanj lahko posnamejo le časovno razporejeno informacijo, zato se pri snemanju giblje z določeno hitrostjo. Profesionalna naprava za snemanje na magnetoskopski trak je **magnetoskop**, polprofesionalna ali amaterska pa **videorekorder**; ta posname sliko neposredno s televizijsko kamero ali posredno s televizijsko anteno.

Ne glede na način snemanja in uporabljeno tehniko so informacije vedno shranjene v obliki časovno razporejenega nihanja magnetnega polja (spreminja se njegova jakost) na magnetoskopskem traku. V tem primeru se v energijskem smislu informacije najprej spremene v električne in nato v magnetne signale; pri predvajanju je nasprotno.

V magnetoskopu ali videorekorderju teče magnetoskopski trak mimo snemalnega bobna, v katerem je nameščenih več snemalnih (magnetnih) glav – od dve do osem. Nameščene so poševno, tako da nastane na traku, ki teče ob bobnu v nasprotni smeri, poševni magnetni zapis (slika 1.24). Ena poševna sled zapiše eno sliko oziroma ustreza enemu preletu elektronskega žarka in traja 0,04 s. Če želijo gledati samo to sliko, ustavijo gibanje magnetoskopskega traku, medtem ko se bobnen s snemalnimi glavami vrti naprej in odčituje vedno isti zapis. Na zaslonu se pojavi navidezno mirujoča slika.



Slika 1.24 Shema magnetoskopa in magnetoskopskega zapisa. Fotografija snemalne glave.

3.3 Optične plošče

Optične plošče so podobne gramofonskim in so imele na začetku tudi podoben namen: hraniti zvočne informacije. Optične plošče za široko porabo imajo tak namen še danes. Izdelujejo jih v specializiranih tovarnah, najpogosteje za vrhunsko reprodukcijo zvoka. Sedaj te plošče nadomeščajo fotokopirne aparate, mikrofilm, vse oblike magnetnih medijev, kot so trakovi, diskete, prenosni diski, magnetno optični diski, vendar tudi vse tiste medije za arhiviranje sporočil, ki jih uporabljajo veliki računalniški sistemi: magnetne trakove, magnetne in magneto-optične plošče. Za ta namen so razvili snemalnike (rekorderje), s katerimi si lahko vsakdo sam izdelava svojo optično ploščo z digitalnimi informacijami v obliki besedil, slik, glasbe, filmov ipd. Z optičnimi ploščami lahko hranimo in izmenjujemo vse vrste digitalnih sporočil, zato so medij sedanosti in prihodnosti.

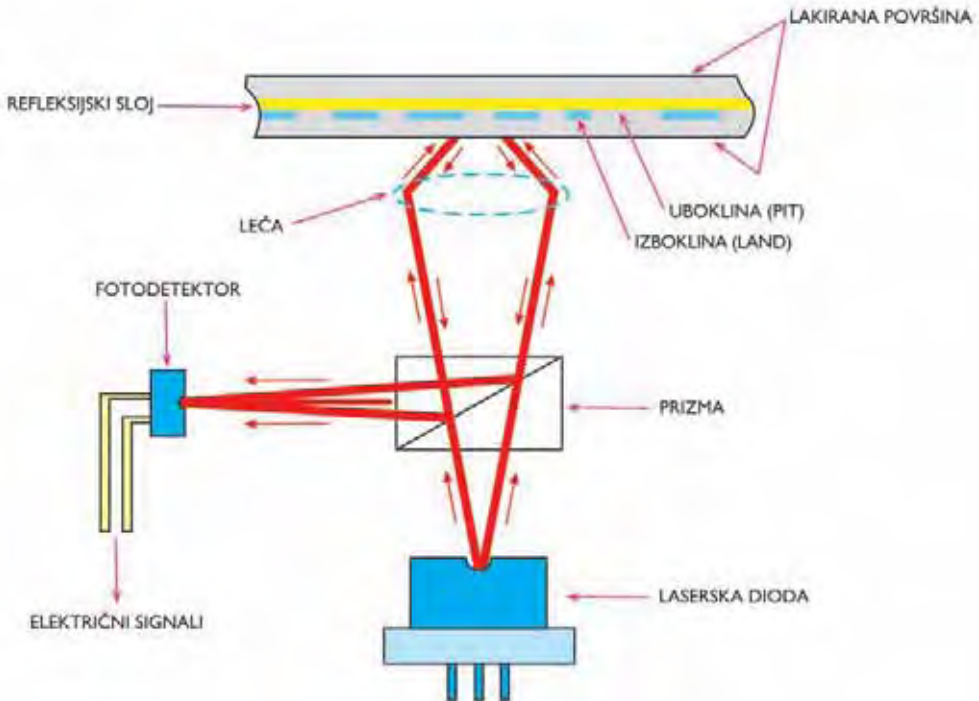


Slika 1.25 Laserska plošča, kompaktna plošča, slikovna plošča, zgoščenska, fotodisk, videodisk, vse to so imena za isti fizični izdelek različnega sporočilnega naboja, ki nosi vsem razumljivo oznako CD – compact disk. Na desni sliki je njena povečana površina.

Načeloma je optična plošča večja ali manjša okrogla plošča, na katero je z laserskim žarkom mogoče snemati podatke, avdio - in videosignale v digitalni obliki. To je svetleča, zelo tenka aluminijasta ali zlata plošča, prekrita s plastjo prozorne zaščitne plastike. Laserski žarek gravira kovinski sloj in v obliki *spiralne sledi* naredi 1/10.000 mm globoke zareze. Razmak sledi je 1,6 μm . Zareze na plošči so v digitalnem smislu enice, gladka plastika pa ničle (binarni signali). Pri predvajanju laserska dioda z zmanjšano močjo odčituje spiralno sled, ki poteka od znotraj navzven. S plošče se odbija v fotodetektor, ki vizualne signale pretvarja v digitalne električne signale. Industrijsko posnete optične plošče so najpogostejše v formatu CD in so premera 12 cm. Graviranje kovinskega sloja in spiralne sledi je zahteven postopek, neprimeren za pisarniško ali osebno uporabo. Prav zato so razvili druge oblike optičnih plošč, ob predvajalnikih pa tudi snemalnike z ustrežno programsko podporo: CD-R (*recordable*) ali CD-RW (*rewritable*).

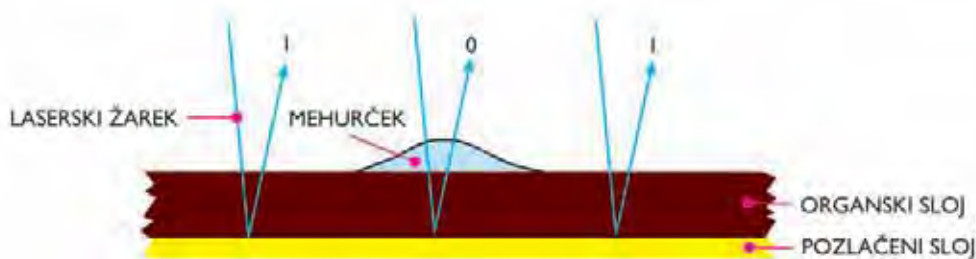
Delovanje predvajalnika za CD-plošče ponazarja slika 1.26. Optične plošče tega tipa sta v začetku osemdesetih let (1982) razvila Philips in Sony. Do začetka devetdesetih let so se dokončno uveljavile za zvočne posnetke, medtem ko so se za slikovne tedaj šele začele uveljavljati. Uporabne so za shranjevanje digitalnih računalniških podatkov in fotografij (fotodisk) za shranjevanje videoposnetkov (videodisk) pa zaradi svoje datotečne zmogljivosti le v omejenem obsegu.

Računalniški snemalniki za CD-R optične plošče niso tako natančni kot tisti za industrijsko proizvodnjo plošč v formatu CD. Laser v snemalniku spiralne sledi ni sposoben dovolj precizno zapisovati. V ta namen ima plošča CD-R pod upodobitvenim slojem vnaprej gravirano spiralno vodilo (*PreGroove*), ki ga laserska dioda lahko sledi in natančno zapisuje podatke. Neposredno nad vodilom je navadno zelen, vseeno pa dovolj prozoren upodobitveni sloj z organskim barvilom, ki mu sledita še kot dih tanek sloj zlata in zaščitni sloj. Nosilni in zaščitni sloj sta tako debela, da so morebitne praske in druge površinske poškodbe zunaj globinske ostrine laserja in zato ne morejo povzročati motenj pri snemanju ali predvajanju. Snemalni laser vpiše podatke tako, da segreje, po domače »zapeče« organski sloj na vseh tistih delih sledi, ki morajo ustrezati ničli.



Slika 1.26 Predvajalnik za CD-plošče. Laserski žarek skozi leče in polprepustno prizmo osvetljuje reliefno spiralo. Fokusan je na poglobljene dele (pits), zato se od njih odbija bolj kot od izbočenih delov (land); v digitalnem smislu prvi predstavljajo enice, drugi pa ničle. Ko se laserski žarek odbije od vbokline, je svetlobni signal dovolj močan, da ga polprepustna prizma usmeri do fotodetektorja, ta pa spremeni v električni signal za dekodiranje in preobrazbo v ustrezno sporočilo.

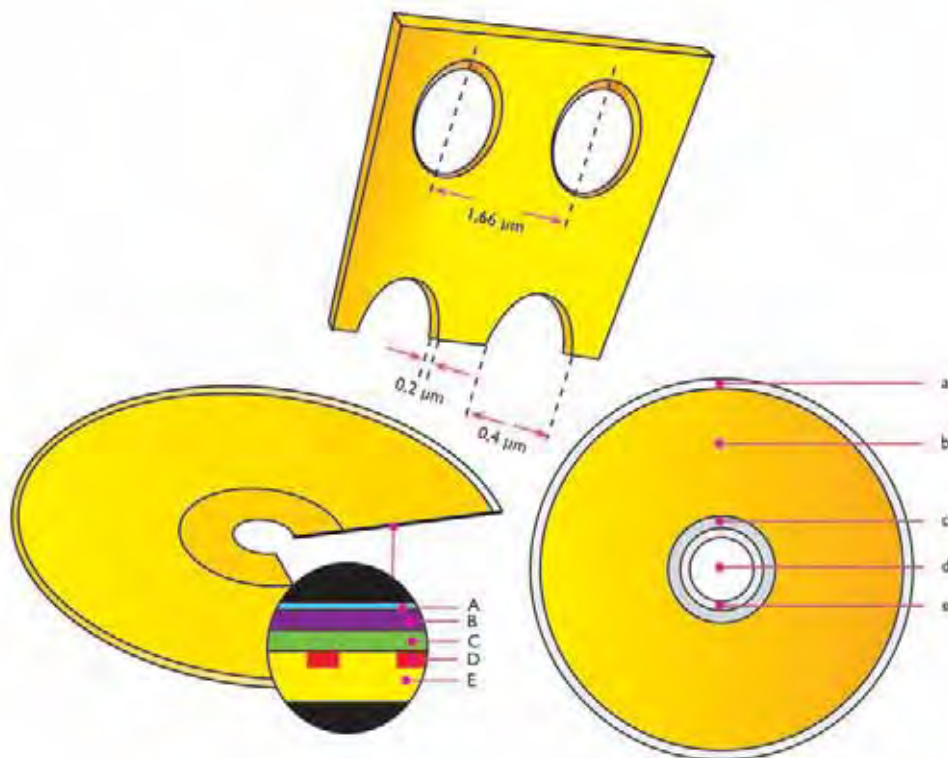
Pri tem se v upodobitvenem sloju tvorijo mehurčki. Mehurčki pri predvajanju zmanjšujejo refleksijo laserskega žarka, ki se mnogo bolje odbija od sloja naporjenega zlata (slika 1.27). Ta tehnologija je nujna zato, ker laserska naprava, ki bi v resnici gravirala (izžigala) površino optične plošče, za interno uporabo nikakor ni primerna. Ne le, da bi bila predraga, tudi preveč okorna bi bila in proizvajala bi preveč toplote. Pravzaprav pa je tehnologija izdelave nepomembna, kajti predvajalniki ne morejo razlikovati klasično izdelanih CD od »zapečenih« CD-R plošč. Žal je upodobitveni sloj z organskim barvilom razmeroma občutljiv in ga toplota ne sme obsevati. Pri tem bi lahko nenadzorovano nastali novi mehurčki in pokvarili obstoječ digitalni zapis.



Slika 1.27 Snemanje plošč CD-R temelji na optičnih in termičnih pojavih. Laserski žarek točkovno segreva sloj z organsko substanco, ki na osvetljenih mestih tvori mehurčke. Ti zmanjšujejo prozornost (transparentnost) organskega sloja, tako da se laserski žarek pri predvajanju ne odbija ali se veliko manj odbija kot od sloja naporjenega zlata pod njim. V digitalnem smislu temu signalu ustreza cifra 0.

Snemalnik torej zapisuje podatke v spirali od znotraj navzven. Sloj z vodilom začneja že nekoliko prej kot datotečna spirala. Za delovanje pa sta potrebni še dve dodatni območji: PCA (Program Calibration Area) in PMA (Program Memory Area); glej sliko 1.28. Območje PCA je namenjeno za preskusne zapise. Z njimi snemalnik v vsakem primeru posebej določi potrebno energijo laserskega žarka (kalibracija laserja). PMA vsebuje časovno kazalo datotek na ploščku, to je številke datotečnih sledi s časovno omejenim začetkom in koncem posnetka. Temu območju slede še območja LI (Lead In), datotečno območje in LO (Lead Out). Območje LI je na točno določenem premeru in pri dokončno posnetih ploščah vsebuje prepoznavno številko (ID) z vsebinskim kazalom TOC (Table of Contents). Območje LO označuje konec zapisa v eni sekciji. S tem je na optično ploščo mogoče snemati večkrat, in ne kot na začetku, ko je bila za snemanje ne glede na količino podatkov le enkrat uporabna. Žal pa tako posnete plošče z navadnimi (starejšimi) CD-predvajalniki ne moremo pregledovati, ker vse potrebne podatke za delovanje iščejo le v območju LI.

Pri snemanju moramo določiti tudi datotečni format zapisa. S tem določimo, na katerih predvajalnikih in s katerimi programi bo mogoče posnetke predvajati oziroma pregledovati. Običajno izbiramo med formati CD-Audio, CD-Photo, CD-XA, CD-I ali CD-ROM.



Slika 1.28 Ustroj plošče CD-R, presek in tloris.

Presek:

- A – zaščitni sloj,
- B – odsevni (refleksijski) sloj,
- C – upodobitveni sloj,
- D – laserska vodila,
- E – nosilni sloj (substrat) je prozoren polikarbonat.

Tloris:

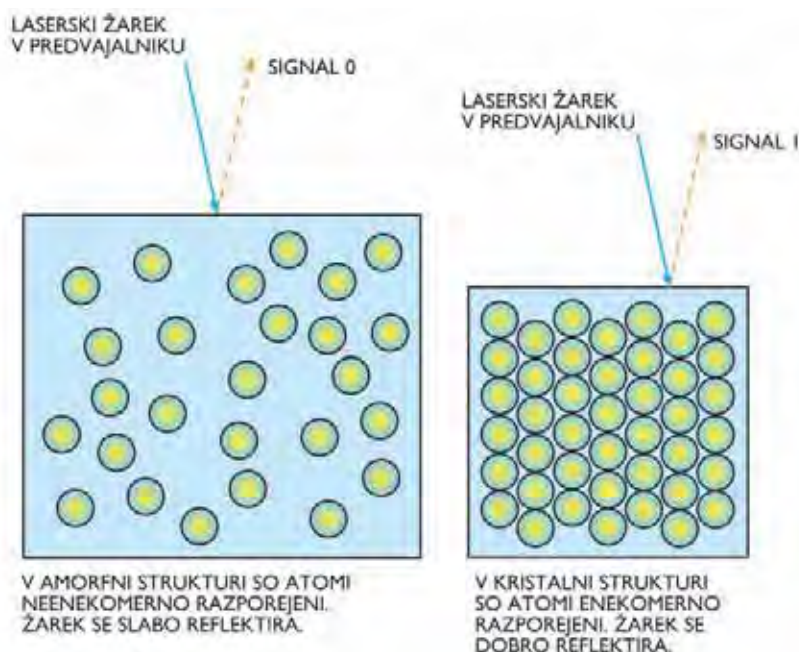
- a – izhod spirale (Lead Out),
- b – datotečno območje,
- c – vhod spirale (Lead In),
- d – luknja,
- e – dodatno območje za PCA in PMA.

Optične plošče CD-RW so namenjene za večkratno snemanje, torej za presnemavanje poprej posnetih podatkov z novimi. Tako optično ploščo je mogoče presneti do 1000-krat, uporabna pa je povsod tam, kjer sporočila v procesu nenehno spreminjamo ali dopolnjujemo. Delujejo po načelu fazne spremembe v kristalni (molekularni) strukturi snemalnega sloja. Na sloj neparjenega aluminija, ta reflektira lasersko svetlobo, je nanesen telurijev oksid. Telurijev oksid je datotečni, pomnilniški sloj s prav posebnimi značilnostmi.

Notranja struktura te snovi je bodisi amorfna bodisi kristalinična. V amorfni snovi se atomi ali molekule povezujejo naključno, brez smiselne ureditve. V kristalinični strukturi pa atomi in molekule najprej tvorijo urejene kristale, ki se, kakor zidaki v zidu, povezujejo po vnaprej določeni in urejeni shemi. Telurijev oksid je snov, ki se lahko pojavlja v obeh oblikah: v amorfni in v kristalinični stanju – fazi, odvisno od temperature. V bistvu je njegova struktura kristalinična. Če ga z močnim laserjem

zelo na kratko osvetlimo in segrejemo (milisekundni osvetlitveni časi), se na tistem mestu spremeni v amorfno fazo. Amorfen telurijev oksid pa lahko s šibkejšim laserjem dlje osvetljujemo, da bi se znova pretvoril v njemu lastno kristalinično strukturo. Prav te značilnosti izrabljamo v snemalnikih CD-RW za presnemavanje podatkov. Pri snemanju podatkov se stabilna kristalinična struktura telurjevega oksida točkovno spreminja v metastabilno amorfno strukturo. Na vseh mestih z amorfno strukturo se refleksijska sposobnost aluminijastega sloja pod oksidom zmanjša; ta mesta odsevajo manj svetlobe kot tista, kjer je oksid še v kristaliničnem stanju – fazi. Povedano bolj strokovno: refleksijski faktor aluminijaste osnove pod amorfni mesti telurijevega oksida je manjši od refleksijskega faktorja osnove pod kristaliničnimi mesti. Pravzaprav je ta tako velik, da odbiti laserski žarek lahko prehaja skozi razmeroma kompliciran optični sestav, na koncu pa ga električni senzor z elektronsko podporo spremeni v binarni električni signal. Kot običajno ga tvorijo zgolj ničle in enice: ko se laserski žarek odbije od kristalinične strukture, dobimo **1**, ko se odbije od amorfne strukture pa **0**.

Da bi že obstoječe podatke presneli, mora pri drugem snemanju laserski žarek zmanjšane jakosti telurijev oksid najprej pretvoriti v kristalinično strukturo in na isto mesto z večjo močjo zapisati nove. To je na optičnih ploščah CD-RW mestoma izvedljivo, kar pomeni, da je mogoče presneti le želene, in ne vseh shranjenih datotek.



Slika 1.29 Načelo snemanja na snemalnikih CD-RW. Snemalnik CD-RW je sposoben snemati tudi na običajno ploščo CD-R, predvaja pa lahko vse druge vrste. Optična plošča CD-RW je dražja od CD-R, zato pa jo je mogoče do 1000-krat presneti. Zagotovljena trajnost posnetih sporočil je 30 let. Ker plošče CD-RW niso občutljive niti na toploto niti na magnetna polja ali mehanske poškodbe, zagotavljajo pri shranjevanju sporočil veliko večjo zanesljivost kot CD-R.

Datotečna zmogljivost optičnih plošč CD je 650–800 MB. Na začetku je bilo videti, da je brezmejna, kmalu pa se je izkazalo nasprotno. Za snemanje in reprodukcijo glasbe zadošča, zato so se optične plošče v tem primeru dokončno uveljavile. Zelo uporabne so tudi za shranjevanje besedila in slik. Pri navedeni zmogljivosti lahko hranijo kar 190.000 strani besedila, vendar le okoli 30 nekomprimiranih visokoločljivih slik formata A4 (če so komprimirane v formatu JPEG, se zmogljivost najmanj podvoji). To pogojno zadošča. Drugače pa je pri shranjevanju »gibljivih« slik. Pri navadni televizijski ločljivosti in komprimiranju podatkov v formatu MPEG-2 zmora CD-plošča shraniti le 20-minutno dogajanje, to pa je veliko premalo za učinkovito arhiviranje igranih filmov ali koncertnih posnetkov.

Zaradi te zadrege sta leta 1995 dve neodvisni združenji svetovno znanih proizvajalcev razvili novi obliki optičnih plošč: *High Density CD* in *Super Density CD*. K sreči sta kasneje svoja prizadevanja združili, poenoten proizvod pa imenovali DVD (*Digital Video Disk*). Ker pa se pojem »video« nanaša zgolj na zapisovanje »gibljivih« slik, namen nove optične plošče pa je multimedijaska in interaktivna uporabnost, so kratico obdržali, ime pa spremenili: *Digital Versatile Disk* (digitalno vsestranska –mногоstransko prilagodljiva plošča); slika 1.30.



Slika 1.30 Ustroj enostransko oslojene, dvoslojne optične plošče DVD s hišnim predvajalnikom (za glasbo in filme).

DVD-plošče odlikujejo:

- ✓ zaradi nižje valovne dolžine laserskega žarka višja datotečna zmogljivost; namesto 800 MB shranimo kar 4,7 GB;
- ✓ dvoslojna optična plošča DVD poveča zmogljivost na 8,5 GB. To ni natančno podvojena zmogljivost, kajti spodnji snemalni sloj ima zaradi predvajanja skozi polpresevani zgornji sloj malo manjšo gostoto zapisa;
- ✓ obojestransko snemanje omogoča zlepljenje dveh eno- ali dvoslojnih DVD-plošč. Tako se zmogljivost poveča na 9,4 oziroma na 17 GB. Seveda je take plošče mogoče uporabljati samo na predvajalnikih z obojestranskimi snemalnimi glavami.

Že navadna enoslojna in enostranska plošča DVD zmogljivosti 4,7 GB lahko pri zasloni ločljivosti 576 x 720 slikovnih točk shrani celovečerni film (133 minut). To omogoča standard MPEG-2, ki vsako sekundo filma opiše s 4,7 Mbita. Hkrati z »gibljivimi« slikami shrani tudi še do osem govornih kanalov in podnapise v 32 jezikih. Pri največji zmogljivosti 17 GB traja predvajanje osem ur ali celo televizijsko nadaljevanko.

Digitalni zapis na ploščah DVD pa ni namenjen niti standardiziran le za shranjevanje (arhiviranje) in predvajanje igranih filmov, marveč tudi za druge oblike video-, avdio-, računalniške in multimedijske uporabe. V tem smislu moramo razlikovati:

- ✓ DVD-avdio za glasbo
- ✓ DVD-video za igrane filme in
- ✓ DVD-ROM za multimedijsko uporabo

DVD-avdio omogoča bistveno boljšo digitalizacijo zvočnih signalov: tonski obseg 2 x 24 bitov namesto 2 x 16 bitov. S tem dosežemo tako popoln digitalni zapis zvočnih signalov, ki prepriča še tako vnetega ljubitelja klasičnih, analognih gramofonskih plošč. Navedeni trije tipi DVD-plošč omogočajo zgolj predvajanje posnetih in shranjenih informacij. Za vse vrste poklicnih dejavnosti sta namenjena še dva tipa:

- ✓ DVD-R, DVD+R sta snemalni (R - recordable) plošči zmogljivosti 3,95–4,7 GB za enkratno uporabo. Format je skladen je z DVD-video in DVD-ROM-formati.
- ✓ DVD-RAM je oznaka snemalne plošče za večkratno uporabo, torej za presnemavanje, vendar z manjšo zmogljivostjo, in sicer 2,6 GB.

Zmogljivosti teh plošč so manjše, ker imajo samo eno snemalno plast in ker pri osebnih snemalnikih DVD tehnično še ni mogoče zagotoviti bolj gostega zapisa (nižja valovna dolžina, premer laserskega žarka). To se odraža tudi pri hitrosti: snemanje poteka počasneje kot predvajanje.

Predvajalniki in snemalniki DVD lahko obratujejo tudi z »navadnimi« ploščami v formatih CD. Na računalniku omogočajo predvajanje glasbenih zgoščenk in so nedvomno standardna spominska komponenta sedanjosti in prihodnosti.

- **Optična plošča** je splošen in vsekakor pravilen izraz za vse oblike tega medija; bodisi da gre za znamenite plošče CD za reprodukcijo glasbe, vizualnih sporočil ali obojega hkrati, bodisi da gre za druge formate plošč, na katere laserski žarek naredi digitalni zapis. Vsi drugi izrazi imajo predvsem tržne korenine, zato so pogosto oporečni, ali pa izhajajo iz namena uporabe, kot na primer *slikovne plošče*, *fotodisk*, *videodisk* ipd.
- Optične plošče so v industriji uporabne le tedaj, če z njimi sporočila lahko beležimo, hranimo in predvajamo – prebiramo. Optične plošče, ki jih sami izdelamo in imajo opisano funkcijo, so **optični pomnilniki** (*optical disc memory*). Imajo veliko zmogljivost in trajnost (najmanj 30 let).

- **CD**; kratica za *compact disk* oziroma optično ploščo premera 12, redkeje 8 cm. Skratice CD-ROM so dandanes na splošno označene vse optične plošče, ki so namenjene za predvajanje, torej tudi za razširjanje vnaprej posnetih obsežnih datotek, bodisi zvočnih, zvočnih in vizualnih ali interaktivnih multimedijskih sporočil. Kratice, ki označujejo vrsto sporočila (CD-avdio ali CD-DA, CD-video, CD-video-EP, CD-video-LP, CD-XA, CD-I), se nanašajo zgolj na format zapisa. Kratica CD-R (recordable) označuje optične plošče, ki jih je mogoče enkrat posneti in poljubno predvajati, CD-RW (rewritable) pa tiste, ki jih lahko večkrat (tudi do 1000-krat) presnamemo. Kratica CD-E (erasable) označuje enak izdelek, vendar se ni uveljavila.
- CD-XA označuje razširjeno arhitekturo zapisa, kar pa ne pomeni nič drugega, kot da so v **istih sledih in sektorjih spirale** pomešani podatki različnih tipov. Najpogosteje pomešajo zvočne in vizualne zapise, za multimedijsko uporabo pa jim pogosto dodajo še računalniške datoteke. Ustroj optičnih plošč za shranjevanje izvorno različnih podatkov predpisuje standard ISO 9660. Formata CD-XA ne smemo zamenjevati s tako imenovano ploščo *Mixed-Mode-CD*, na kateri so sicer shranjene različne datoteke, vendar ne v istih, marveč v različnih sledih in sektorjih.
- Delovanje optičnih plošč CD-RW temelji na fazni spremembi kristalinične strukture v sloju telurjevega oksida. Tako spremembo le težka povzročijo zunanji dejavniki, zato so sporočila na tem mediju varneje shranjena (arhivirana) kot na primer na ploščah CD-R ali magneto-optičnih (MO). Format ustreza CD-ROM-ploščam po ISO 9660.
- DVD; kratica za *digital versatile disk*, mnogostransko optično ploščo visokih zmogljivosti. Kratice DVD-ROM, DVD-R in DVD-RW imajo enak pomen kot pri CD-ploščah (glej zgoraj). Vsi pomembni proizvajalci na svetu so se zavezali, da mora biti DVD standardni, splošno uporabni medij za shranjevanje (arhiviranje) digitalnih podatkov. Delovanje DVD temelji na enaki tehnologiji kot CD-RW. Laserski žarek spreminja molekularno strukturo telurjevega oksida (amorfno v kristalinično in nasprotno).
- DVD-RAM ima zmogljivost 2,6 GB in ga smemo milijonkrat presneti. DVD-RAM-1.0 je standardiziran format te plošče.
- Višjo spominsko zmogljivost pri katerem koli mediju, torej tudi pri optičnih ploščah, dosežemo po ključu: *višja gostota zapisa* × *višja gostota sledi (spirale)* × *optimalna izraba površine*.
- *Tabelirana skladnost optičnih plošč različnih formatov. Glej stran 54.*

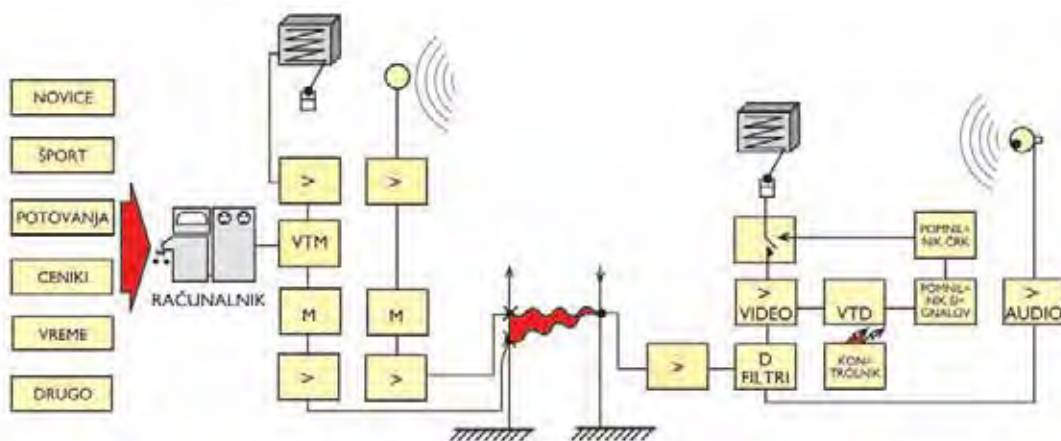
FORMAT	DVD-RAM	DVD+RW	DVD/RW	MMVF
predvaja CD-ROM	da	da	da	da
predvaja CD-R	da	da	da	da
predvaja CD-RW	da	da	da	da
predvaja DVD-ROM	da	da	da	da
predvaja DVD-Video	da	da	da	da
predvaja DVD-RAM	da	da	da	da
predvaja PD-CD	da	ne	ne	da
snema CD-R	da	?	ne	ne
snema CD-RW	da	?	ne	ne
snema DVD-RAM	da	da	da	da
snema PD-CD	Panasonic	ne	ne	?

3.4 Telematika

Telematika je skupno ime za tista komunikacijska sredstva, pri katerih za prenos in razširjanje sporočil uporabljajo televizijske in telefonske zveze, za izmenjavo in shranjevanje pa večje ali manjše računalnike. Njihova skupna značilnost je, da so informacije zelo aktualne, veliko bolj kot v časopisu. Seveda je po drugi strani res, da je branje časopisa na televizijskem ali računalniškem zaslonu utrudljivo, morda celo zdravju škodljivo. Glavni predstavniki telematike so **teletekst** (videotekst), **teledata** (videodata) in **internet**.

3.4.1 Teletekst

Signale teleteksta prenašajo visokofrekvenčni elektromagnetni valovi hkrati s slikovnimi signali rednega televizijskega programa; enako velja za prenašanje po kabljih. To pomeni, da za razširjanje informacij ne potrebujemo novih naprav ali sistemov, temveč obstoječe. Signale teleteksta vključijo na nosilni val v posebnem modulatorju, da so znotraj prvih 40 linij, ki jih pri skeniranju izpiše elektronski žarek. Teh 40 linij zaradi steklene zaščite katodne cevi na zaslonu namreč ne vidimo. Če sliko znižamo s kontrolo za višino, zagledamo signale videoteksta, ki so zelo podobni Morsovim znakom. Vidimo jih na dveh linijah; vsaka nosi kodirane podatke za eno stran videoteksta. Vrste oddajajo drugo za drugo, dokler stran ni kompletna. Nato sledijo kodirani signali za naslednjo stran, dokler ne pridejo na vrsto vse strani. Če obsegajo sporočila 100 polnih strani, pride ista stran na vrsto vsakih 24 sekund.



Slika 1.31 Tehnologija teletekst. Leta 1973 je storitve teleteksta prva uvedla BBC.



Slika 1.32 Na začetku osemdesetih let je imel teletekst še različna tržna imena, televizijske sprejemnike pa smo morali za sprejemanje dograditi z dekodirjem za videotekst, spominom kodiranih signalov in spominom črkovnega nabora. S temi in s še bolj izpopolnjenimi napravami za sprejemanje in preurejanje signalov teleteksta je dandanes standardno opremljen vsak televizijski sprejemnik.

Blokovna shema na sliki 1.31 prikazuje tehnologijo teletekst. Televizijska postaja oddaja signale teleteksta s pomočjo računalnika, ki neprenehoma prelistava kodirane informacije v spominu. Nova sporočila vnašajo z videoterminalom. V modulatorju videoteksta VTM združujejo informacijske in slikovne signale, tako da prvi obsegajo nekatere od nevidnih vrstic na začetku televizijske slike. Tehnološki proces, ki sledi, je enak kot pri televiziji. V televizijskem sprejemniku so za sprejemanje teleteksta vgrajene naprave za prepoznavanje in ločevanje signalov teleteksta (videotekst dekodeur VTD), pomnilnik

kodiranih signalov in pomnilnik črkovnega nabora. V črkovnem naboru vsakemu signalu ustreza ena črka, ki se upodobi na zaslonu.

Ko uporabnik pritisne tipko za komuniciranje s teletekstom, naprava za prepoznavanje izloči kazalo, pomnilnik shrani ustrezne signale in z njimi kontinuirano krmili črkovni nabor, da elektronski žarek v katodni cevi lahko upodobi sporočilo na zaslonu. Uporabnik si izbere zeleno stran in jo odtipka na krmilniku (pilotku). Dekoder videoteksta si jo zapomni, počaka, da je v ciklusu na vrsti, jo izloči in shrani v pomnilnik signalov. Proces, ki sledi, poteka kot v prvem primeru.

3.4.2 Teledata

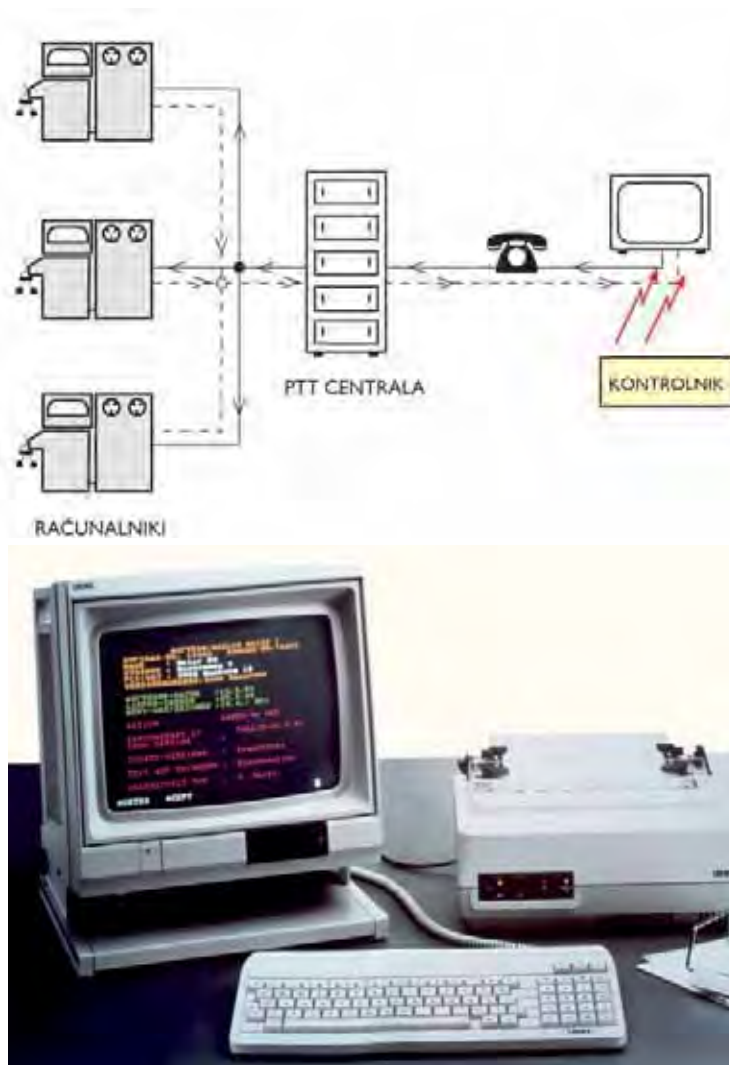
Teledata ali tudi *viewdata* je bilo komunikacijsko sredstvo, ki povezuje dva standardna medija: televizijo in telefonijo z informatiko in računalništvom. Tehnologija teledata je učinkovita le, če so izpolnjene naslednje zahteve:

- ✓ telefonske zveze morajo biti dobre in zanesljive,
- ✓ televizijski sprejemniki morajo biti prirejeni tako kot za tehnologijo teletekst,
- ✓ obstajati mora razvita informacijska dejavnost z močno in razvejeno računalniško mrežo.

Namesto navadnih televizijskih sprejemnikov je mogoče uporabljati posebej prirejene monitorje (videoterminalne), s katerimi lahko informacije tudi izmenjujejo in shranjujejo.

Sistem teledata ponazarja blokovna shema na sliki 1.33. Zaradi močnejše računalniške podpore so informacije lahko obsežnejše, zlasti pa bolj strokovne kot pri teletekstu. Mogoča je neposredna povezava med uporabniki, kajti namesto televizijskega uporablajo za izmenjavo in razširjanje informacij telefonsko omrežje (žično in/ali brezžično). Informacije, ki jih ponuja sistem, izbira uporabnik sam. Po telefonu se poveže z izbranim računskim centrom, nato pa postopek ustreza tistemu pri teletekstu.

- Skupni imenovalec vseh sredstev za kombinirano komuniciranje je sorazmerno zapletena in draga oprema, ki ne deluje brez električne energije. Informacije so pravzaprav trenutne, za njihovo shranjevanje pa je potrebna dodatna oprema.
- Informacije, ki jih posreduje teletekst in teledata, so predvsem vsebinski dvojniki; pri teletekstu je grafična oblika strani na izjemno nizki ravni, medtem ko pri sliki ni mogoča objektivna reprodukcija motiva. Vzrok je premajhna zmogljivost procesnih računalnikov in pomnilnikov v sprejemnikih.
- Skupno ime za tehnologiji teletekst in teledata je **videoteks**. To je splošni izraz za vse informacijske sisteme, ki imajo za osnovo televizijo in dostop do računalnika z odprto zbirko podatkov. Vsi sistemi videoteks so hibridni (mešani, križani) sistemi, vključujejo dve ali več različnih, med seboj neskladnih tehnologij, in se zato nikoli niso mogli vsesplošno uveljaviti.
- Telematika = TELEkomuniciranje + inforMATIKA



Slika 1.33 Tehnologija teledata. To je interaktivni sistem, ki je z modемом (modulator-de-modulator), mikroračunalnikom in telefonsko povezavo omogoča dialog z nekim drugim oddaljenim računalnikom. Teledata je uporaben pri poslovanju in za vsakdanje potrebe, vključuje tudi nakupovanje, rezervacije, plačevanje računov, dviganje gotovine in podobno. Tehnologijo teledata so na začetku uporabljali s kombinacijo televizije, teleteksta in telefonije, kasneje na računalniško podprtih videoterminalih, sedaj pa jo je v celoti izpodrinil internet.

3.4.3 Internet – svetovni splet

Internet je računalniško omrežje ločenih računalniških sistemov, ki omogoča, da si lahko po vsem svetu med seboj izmenjujemo podatke ali sporočila. Dogovorno komuniciranje temelji na protokolu TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Ta dogovor razumejo računalniki vseh proizvajalcev, kar pomeni, da je sistemsko neodvisen.

Internet izvira iz ameriških vojaških struktur; tam so konec šestdesetih let v mrežo povezali ŠTIRI (!) računalnike. Mreži so nadeli ime ARPANET (Advanced Research Projects Agency Net). Kasneje jo je prevzela ameriška vladna administracija, ko pa so prepoznali njeno uporabnost, so se v to mrežo s svojimi računalniki vključile tudi univerze in raziskovalni inštituti. V razvoju interneta sta bila dva prelomna trenutka. Na začetku osemdesetih let, ko so dokončno standardizirali protokol TCP/IP za izmenjavo datotek, in konec istega desetletja, ko so uvedli uporabniško prijazen svetovni splet *www* (*World Wide Web*); to je dejansko omrežni operacijski sistem. Internet ni homogena struktura in se nenehno spreminja. Pravzaprav je postal svetovno omrežje lokalnih računalniških omrežij, ki jih vzdržujejo različna podjetja in institucije. Na svetovno omrežje se povezujejo po vozliščih (*Gateways*). Internet nima ne vodstva, ne uprave in ne administracije. Razvija in širi se s tem, ko se nanj vključujejo vedno nova lokalna omrežja. Julija leta 1995 je bilo v omrežju 6,5 milijona računalnikov, številka pa se je podvojila vsakih sedem mesecev. Po tej oceni je bilo julija 1998 v omrežju okoli 35 milijonov računalnikov; sedaj jih je na stotine milijonov.

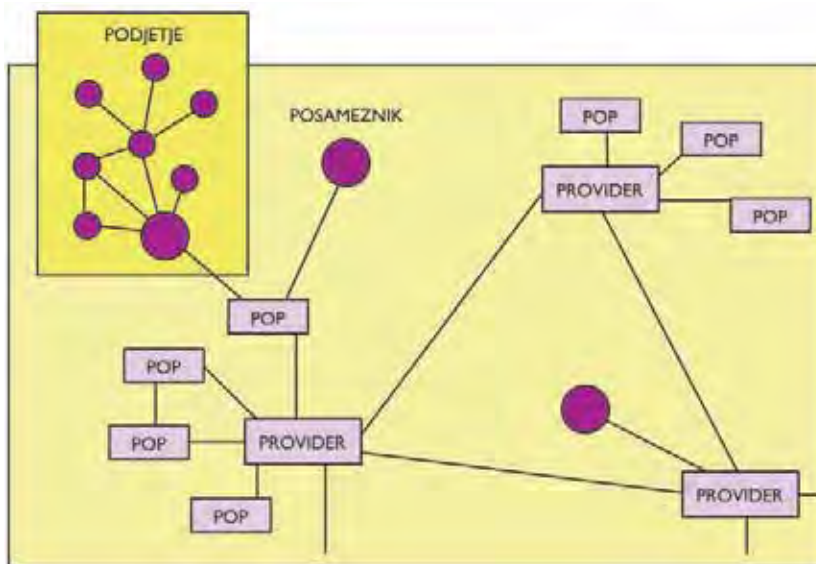
Računalniški sistemi ali posamezni računalniki se v omrežje vključujejo v vozliščih. Obstajata dve glavni vrsti omrežij: lokalna omrežja (*LAN; local area network*) in daljnosežna omrežja (*WAN; wide area network*). Vozlišča daljnosežnih omrežij so med seboj geografsko precej oddaljena. Za povezave med računalniki uporabljajo telekomunikacijske kanale (satelite).

Internet je svetovno najbolj razširjeno računalniško omrežje (so pa še nekatera druga). Po vsem svetu so nameščeni usmerjevalniki, ki omogočajo uporabnikom razmeroma cenen dostop do datotek, storitev, obvestil in predstavitev, ki jih omrežje ponuja. Lokalna omrežja običajno povezujejo računalnike ali delovne postaje ožjega območja s telefonskimi kablji, koaksialnimi kablji ali optičnimi vlakni. Pretočna zmogljivost te infrastrukture se nenehno veča in ni več ovira za prenašanje obsežnih datotek (barvne slike, bitmape po nekaj 100 MB). Datoteke se ne prenašajo v celoti, marveč v paketih, ki jih računalnik odjemalec nadzira in s komunikacijskim protokolom TCP/IP znova sestavi v prvotno celoto.

Normalen dostop do interneta vodi prek **lokalnega vozlišča** (*PoP: Points of Presence*) oziroma predstavnika velikega **območnega vozlišča** (*Provider: XLINK, MAZ, EUNET* idr.). Z lokalnim vozliščem se običajno povežemo telefonsko (modem s komunikacijskimi programi po določenih protokolih). Bistveno boljše in perspektivnejše je, če se povežemo po precej hitrejši mreži ISDN alitelekomunikacijski mreži. V vsakem primeru mora prihodnji uporabnik z lokalnim vozliščem razrešiti tudi nekatera pravna vprašanja in si pridobiti licenčni dostop. Lokalno vozlišče PoP je odgovorno za pretok podatkov od računalnika strežnika do računalnika uporabnika. Z območnim vozliščem ga povezuje ustrezna pretočna zmogljivost. Od nje in od števila lokalnih uporabnikov je odvisno, kakšni so odzivni časi v mreži; vsekakor naj bi bili čim krajši.

Vsak lokalni uporabnik ima v svetovnem spletu svoj »hišni naslov«; najmanj tako dolgo, dokler je v omrežju aktiven. Hišni naslov je pravzaprav številka, ki jo tvorijo štirištevlične skupine. Če se z lokalnim vozliščem poveže podjetje z lastno interno mrežo, za uporabo rezervirajo določeno število hišnih števil, ki se razlikujejo le po zadnji cifri. S tem si interna mreža pridobi **lokalno domeno**, ki jo prepoznamo po končnici v naslovu. Naslovi

nacionalnih domen imajo na koncu naslova oznako *.si*, nemških *.de*, švicarskih *.ch* ipd. Pred oznako domene je naslov podjetja z interno računalniško mrežo, na primer *delo.si*. Posamezni računalniki v interni mreži se z lokalnim vozliščem povežejo po internem vozlišču (posebni računalniki, ki so znani pod imeni *Gateway* ali *Router*). Vsak računalnik v mreži ima lastno ime, ki ga dodajo pred domeno, na primer *irs1.delo.si*.



Slika 1.34 Komunikacijske poti v omrežju Internet. Delujejo po natančno določeni razvrstitvi pristojnosti – hierarhiji. Prav na vrhu so **območna vozlišča** (Provider), na katera se povezujejo lokalni predstavniki oziroma **lokalna vozlišča** (PoP – points of presence). Na lokalna vozlišča se vežejo podjetniške mreže ali posamezniki.

Internet najpogosteje uporabljamo z domenami; te si pač lažje zapomnimo kot skupine števil, ki jih predstavljajo. Vpisano domeno išče **klient** (brskalnik). To je program za preiskovanje interneta (program, s katerim »deskamo« po omrežju, kot na primer Omniweb, Internet Explorer, Netscape, Safari, Mozilla, Google); najprej v datoteki na internem strežniku, nato na strežniku v lokalnem vozlišču in, če je tudi tam ne najde (v najslabšem primeru), še na strežniku v območnem vozlišču. Opisano preusmerjanje (*routing*) pri preiskovanju je bistvo interneta. Omogoča, da preiskovalec najde tudi vsako datoteko z zelenim imenom, ki je trenutno nekje v omrežju, in ne le tiste, ki so locirane na izbranem naslovu. Vsak računalnik, ki je v mreži trenutno aktiven, tudi ve, kako naj ravna z datotekami, ki niso v njegovi pristojnosti: preprosto jih odpošlje naprej. So številne poti, po katerih je dostopna kakšna datoteka na izbranem naslovu, kar je uporabno v primerih, ko pride do motnje na zvezah ali so običajne zveze celo prekinjene. Datoteka je še vedno dostopna, le pot je daljša (obvoz).

Internet ni brezplačen. Lokalnemu vozlišču plačujemo članarino, prišteti pa ji je treba še stroške za telekomunikacijske povezave z lokalnim vozliščem. To je ugodno, saj tudi pri

dolgotrajnem komuniciranju z ZDA ali Avstralijo plačujemo le lokalne stroške. Nedvomno pa se bodo storitve na omrežju internet v prihodnje še pocenile. Internet ponuja tri temeljne storitve:

- ✓ elektronsko pošto (e-mail),
- ✓ prenos datotek (FTP) in
- ✓ multimedijško platformo (www)

Elektronska pošta

V vsakem računalniškem omrežju si lahko uporabniki izmenjajo sporočila z elektronsko pošto (e-mail), ki je najbolj preprosta uporaba interneta. V elektronskem pismu lahko pošljemo navadno besedilo in tudi druge digitalne datoteke, kot so slike, grafi, razpredelnice, zvok in celo video, ki dopolnjujejo besedilo. Elektronska pošta je nadomestek za pravo, le da namesto papirnatih pošiljamo elektronske dokumente, naslovnik pa sporočilo prejme v nekaj minutah in ne v nekaj dnevih. Uporabna je celo namesto telefonije, zlasti, če sta uporabnika v nenehni časovni stiski.

Prenos datotek

Prenos datotek in/ali programov je storitev, ki se je najprej uveljavila za razširjanje prostodostopne (brezplačne) programske opreme in izmenjavo raziskovalno-razvojnih podatkov. Računalniška podjetja postavijo na svoj internetni strežnik najnovejše programe, najpogosteje gonilnike, uporabniki njihove strojne opreme pa si jih od tam prenesejo (kopirajo) na svoj računalnik. Enako je z raziskovalnimi rezultati, seveda le, če je kakšna institucija pripravljena, da se brezplačno razširijo.

Multimedijška platforma www

Tej storitvi gre zasluga, da je postal internet splošno uporaben in priljubljen. Poprej je bil dostop do interneta zamotan, razumljiv le računalničarjem in peščici raziskovalcev, ki so ga uporabljali za izmenjavo raziskovalnih podatkov. Drugi se v tem omrežju niso znašli; ni bilo smernikov (kam iti, na kateri strežnik pogledati, katero storitev uporabiti), tudi spiska strežnikov ni bilo. Pri multimedijški platformi www gre za hipertekstovno predstavitev podatkov, kar pomeni, da so strežniki predstavljeni grafično, z ikonami in daje mogoče vgraditi smernike za interaktivno iskanje po različnih strežnikih. Pojavili so se tudi strežniki s kazali (spiski) vsebine na drugih strežnikih, tako da se je informacijski pragozd spremenil v urejeno velemesto s cestami in kažipotmi; nekateri mu pravijo kar globalna vas. V tako urejenem omrežju pri iskanju zelenih informacij zadostuje klikanje ikon na zaslonu; ker je postal tako preprost, so ga poslovneži izkoristili kot izjemen pripomoček pri trženju industrijskih izdelkov.

Internet je uporabnikom po vsem svetu na voljo 24 ur dnevno:

- za iskanje in izmenjavo informacij,
- za ponujanje storitev in
- celo za uporabo tujih računalnikov.

Informacije iščemo in izmenjujemo z različnimi metodami.

1. Leksikonske strežnike s spiski in kazalkami (*listserver*) smo že omenili. Gesla navadno obsegajo izbrano tematsko območje. Ko se prijavimo na tak strežnik, vpišemo tista, ki nas zanimajo, gradivo pa nam strežnik posreduje po elektronski pošti. To stori avtomatično tudiz vsem novim gradivom o izbranih temah. Tako smo z znanjem vedno na tekočem.
2. Po geslu vsi ljudje vse vedo delujejo na svetovnem spletu »časopisni krožki« (*news-groups*) in forumi. Kadar na vprašanje nikakor ne najdemo odgovora, ga preprosto deponiramo na določen strežnik. Tam ga vidijo drugi uporabniki in tisti, ki ve odgovor ali rešitev, to sporoči po elektronski pošti.
3. Najbolje je, da poznamo naslov strežnika z vsebino, ki nas zanima. Od tam naprej preprosto sledimo napotkom s strežnika.
4. Zelo uporabni, če že ne najbolj, pa so brskalniki (*browser*), s katerimi iščemo želeno vsebino po geslih, npr. Google, Yahoo.

Storitve ali izdelke ponujamo na internetnih strežnikih po tako imenovani domači strani (*HomePage, FrontPage*), ki je vsebinsko primerljiva s kazalom v knjigi. Navadno vsebuje kazalke v nekaj svetovnih jezikih; te nas usmerjajo na druge strani z želeno vsebino. Domača stran je izkaznica podjetja, zato ni vseeno, kako je grafično oblikovana.

Grafična dejavnost uporablja internet na dva načina: zgolj kot računalniško mrežo, ki pomaga učinkoviteje tržiti in izdelovati tradicionalne tiskovine, ali kot medij, ki ponuja številne nove možnosti za zaslužek.

Pri izdelavi tiskovin je koristna elektronska pošta, ki olajša sporazumevanje med založniki, avtorji in izvajalci (korekture, dopisništva, pisma bralcev, oglasi in drugo). Prenos datotek (FTP) lahko dopolnjuje tiskana sporočila v primerih, ko v kateri od publikacij ni dovolj prostora, ali ni primerno, da bi gradivo v celoti objavili. Bralca lahko usmerimo na strežnik, kjer bo našel vse manjkajoče podatke ali sporočila. Prenasjanje datotek omogoča tudi tiskanje na daljavo in po potrebi. Grafična dejavnost ima pri tem vodilno vlogo na svetu, saj kar 72 odstotkov družb s svojimi strankami komunicira (tudi) po internetu.

Nova možnost, ki jo ponuja svetovni splet, je elektronsko založništvo s produkcijo elektronskih publikacij, ki jih po potrebi seveda lahko tudi natisnemo. Te publikacije pa ne smemo snovati in oblikovati po starih načelih; zakonitosti medija moramo na novo odkrivati. Ni dovolj, da so ta sporočila zgolj lepo grafično oblikovana. Le zakaj bi na internetu ponujali natanko tak časopis kot na papirju? To je nesmiselno, saj prvemu prav nič ne manjka. Tudi ponujanje televizijskih programov, kar je tehnično sicer izvedljivo, je nesmiselno. Še zlasti televizijska sporočila niso le enosmerna (od producenta do uporabnika), ampak tudi nevzajemna (neinteraktivna). Preskakovanje ali listanje po vsebini je docela nemogoče. In prav v tem je prednost elektronskega založništva na internetu. Svetovni splet ne le omogoča, ampak celo spodbuja aktivno sodelovanje uporabnika, zato zahteva tudi nov, svež pristop pri kreaciji in posredovanju sporočilnega naboja. To

področje je neraziskano in tod je prihodnost grafične dejavnosti, točneje agencij za grafično pripravo in oglaševanje. Spomnimo se, da so minila stoletja, preden so glede na dane tehnične možnosti izoblikovali optimalno čitljivo pisavo za časopise (garamond).

Internet pa ima tudi slabosti. Za zdaj povečuje socialne razlike, ker je pri osebni rabi (še vedno) privilegirano komunikacijsko sredstvo ljudi z nadpovprečnimi dohodki; ne le v Sloveniji, tudi drugje po svetu. Deluje le na dovolj zmogljivem računalniku, vanj mora biti vgrajen modem ali ISDN-kartica, pomeni, da mora biti tudi gospodinjstvo povezano v ISDN omrežje, kar pa stane. Stroški so še toliko večji in pogosto nepotrebni, ker internet pospešuje komuniciranje zaradi komuniciranja. Internet je uspel zaradi pospeševanja prodaje, zato datoteke na strežnikih vsebujejo pretežno poslovne informacije (propagandna sporočila). Zavedati se je treba, da na svetovno odprti računalniški mreži pač ne moremo najti dragocenih ali strogo zaupnih sporočil. Največ od tega so gonilniki ali vmesniki za različne računalniške naprave (snemalnike, tiskalnike), ki si jih lahko prekopiramo in uporabljamo, ker je to interes proizvajalca. Če pa kupujemo avtomobil, motorno kolo, jadrnico ali če iščemo prijazen kraj za počitnice, so lahko sporočila na internetu še bolj koristna. Poiščemo jih z geslovnikom, kar pomeni, da ni nujno vnaprej poznati ustreznih domen. Če na primer iščemo z geslom renoalt, kaj hitro izvemo, kje in kakšne avtomobile te znamke lahko kupimo ali si jih sposodimo. V interesu ponudnika je, da izdelek plačamo s kreditno kartico po elektronski pošti, kar pa na svetovnem spletu omogoča naraščanje kriminala (goljufije, zlorabe, pranje denarja idr.); žal je malo verjetno, da ga bodo v prihodnje zajezili.

V zvezi z omrežjem internet uporabljamo nekatere značilne, seveda anglo-ameriške izraze, ki jih je težko prevajati v druge jezike:

- *Internet*; rahlo povezano omrežje milijonov računalnikov po vsem svetu. Sredi devetdesetih let je veljalo docela zmotno prepričanje, da je to nekaj novega. Internet je leta 2005 praznoval že svoj 45. rojstni dan.
- *Client*; to je program za preiskovanje datotek na omrežju oziroma na trenutno aktivnih strežnikih. Po domače jim pravimo kar *www-brskalnik*.
- *Domain*; domena je oznaka za interno omrežje (skupino) računalnikov, ki so v omrežje povezani kot ena sama enota z enotnim naslovom. Domena je hkrati lahko oznaka vsakega posameznega računalnika v mreži. Praviloma izbrano lastno ime, na primer *delo.si*. Če označuje interno omrežje, ima vsak računalnik dodano še svojo oznako, na primer *pc1.delo.si*.
- *FTP*: File Transporter Protocol; to je standardiziran postopek, s katerim v omrežju izmenjujejo podatke. Na FTP- strežnikih so obsežne datoteke, ki jih s klienti kopiramo na disk lastnega računalnika, potem pa preiskujemo. FTP-storitve omogoča tudi prenašanje računalniških programov – gonilnikov, ki jih proizvajalec postavi na strežnik, odjemalci pa ga prenašajo (kopirajo) na svoje računalnike.

- *Gateway*; interno vozlišče, računalnik podoben strežniku, ki zagotavlja povezavo interne mreže z lokalnim vozliščem ali z drugim internim omrežjem.
- IP-naslov; to je nedvoumna hišna številka vsakega aktivnega računalnika v omrežju internet. Pravzaprav je 32-bitna številka, ki jo pišemo s štirimi skupinami števil: 172.147.73.110. Prvi dve ali prve tri skupine so domena, to je naslov interne mreže, zadnje tri pa nedvoumno označujejo vsak aktiven računalnik v mreži.
- e-mail, kratko mail; elektronska pošta za sporočanje po računalniških omrežjih. Vsak udeleženec ima svoj naslov. V internetu ima vsak uporabnik ime s končnico domene, ki jo »afna« @ povezuje z lastnim imenom pred njo: <marko.kumar@delo.si>.
- RFC: *Request For Comments*; datoteke oziroma dokumenti, ki opisujejo internetne protokole in standarde ali z njimi tesno povezane teme.
- *Router*; ruter je program, ki usmerja IP-datoteke (najmanjša podatkovna enota na internetu) od izvora do prejemnika.
- *Server*; strežnik je program oziroma zmogljiv disk na računalniku, na katerem so shranjene vse dostopne datoteke za izmenjavo.
- *www: World Wide Web*; svetovni splet ali multimedijška platforma za izmenjavo sporočil na internetu. Svetovni splet je odgovoren za prodornost omrežja internet. Vsa zvočna in vizualna sporočila (besedilo, slike, govor, glasba, gibljive slike) so standardizirana, tako da jih lahko vsakdo uporablja ne glede na lastno računalniško platformo. V vsakem operacijskem sistemu potrebujemo le ustrezen program, tako imenovani *www-brskalnik (www-Client, www-Browser)*.
- So tudi druga računalniška omrežja, na primer Compuserve, ki se brez večjih zadreg povezujejo z internetom.
- Kot tolikokrat doslej, se je tudi tokrat izkazalo, da svetovni splet ne more biti nadomestilo, marveč je lahko edinole sinergično dopolnilo tiskanih sporočil.
- Internet se razvija tako, da uporabnik v prihodnje ne bo zgolj pasivni iskalec informacij, marveč tudi aktivni udeleženec pri njihovem oblikovanju.

3.4.4 Multimedij

Na temelju digitalne tehnologije, ki jo je v svet sporazumevanja prineslo računalništvo, se vse vrste sporočil, besedila, slike, gibljive slike govor in glasba shranjujejo (arhivirajo) in procesirajo tako kot vsak drug, običajen računalniški zapis. To pomeni, da lahko ista naprava, ista univerzalna tehnologija tudi reproducira vse prvine sporočila sočasno. Temu pravimo multimedij, multimedijško sporočanje (multimedijalnost - večpredstavnost).

Multimedij v praksi podpirajo trije producenti:

- ✓ založniki, oblikovalci, režiserji in avtorji ustvarjajo multimedijske vsebine,
- ✓ telekomunikacijske mreže izvajajo prenos multimedijskih vsebin,
- ✓ računalništvo skrbi za primerne, multimedijsko opremljene računalnike, ki so
- ✓ sposobni reproducirati avdio- in videoinformacije.

Tudi multimedij se pojavlja v treh oblikah:

- ✓ arhiviran je na optičnih ploščah, najpogosteje CD-ROM-u; gre za posredno (off-line) uporabo;
- ✓ za neposredno (on-line) interaktivno uporabo prihajajo multimedijske vsebine do računalnika po telekomunikacijskih zvezah, najpogosteje z interneta;
- ✓ za neposredno interaktivno uporabo multimedija se bo kot konkurenčna ali dopolnilna možnost vse bolj uveljavljala interaktivna kabelska oziroma satelitska televizija.

Pričakovati smemo, da bodo v prihodnje razvili posebne, kombinirane naprave, nekakšen računalniško podprt televizor za multimedijsko sporazumevanje. Ta bo pri neposredni multimedijski uporabi nadomestil oba, osebni oziroma hišni računalnik in televizor.



Slika 1.35 Dejavniki multimedijske produkcije.

Multimedij je zlasti primeren in se uveljavlja za:

- ✓ leksiko in imenike (enciklopedije, priročniki, telefonski imenik z zemljevidom, fototeke),
- ✓ za avdiovizualno učenje s simulacijami,
- ✓ za razvedrilo (filmi, koncerti, interaktivne igrice),
- ✓ za trženje (oglaševanje) izdelkov in storitev.

Trenutno je večina multimedijskih publikacij le nekaj več kot knjiga, nadgrajena z zvokom in gibljivo sliko, slab hibrid tiska in televizije. Tako kot je bilo na začetku s televizijo: razumeli so jo samo kot radio z gibljivo sliko, zato njenih resničnih potencialov sploh niso izrabili. Tiskana beseda je povsem linearen zapis, multimedij pa omogoča dinamično povezavo vizualnih in zvočnih sporočil. Medtem ko je tiskovina »zgolj« grafično oblikovana, mora biti multimedijsko sporočilo ne le oblikovano, ampak režirano, vključno z odlično zasnovanimi in dobro premišljenimi okni za interaktivno uporabo. Tu se grafično oblikovanje podreja režiji. Multimedij mora uporabnika pritegniti, da je nenehno v napetosti in pričakovanju; če ga začne dolgočasiti ali celo utrujati, je slabši kot druge oblike vizualnega sporočila.

4 MISLI IN DELAJ Z GLAVO – PSIHOFIZIKA SPORAZUMEVANJA

Tudi najvišje razvite oblike nematerialnega sporazumevanja se bodo le stežka odpovedale papirju oziroma natisnjenemu sporočilu. Glavni vzrok so fiziološke sposobnosti človeškega očesa, ki ne ločuje več kot tri do pet bitov informacij na sekundo. Hitrost, s katero posredujejo informacije kombinirani mediji, je mnogo večja; takšna tudi mora biti, če želimo, da delujejo gospodarno. Druga omejitev je človekov spomin oziroma njegove umske sposobnosti. Dnevno si človek namreč lahko zapomni do 3000 besed, zato je velika zmogljivost kombiniranih medijev znova neizkoriščena; prav zato so tudi spodbudili zanimanje in povpraševanje po drugotnih virih v obliki knjig, revij, časopisov itn. To pomeni, da je njihova uporaba smotrna pri hitrem iskanju, priklicu, prenosu, grupiranju, preurejanju podatkov ali informacij, vedno kadar dopolnjujejo tiskovine in izpolnjujejo tiste potrebe, ki jih tiskovine ne morejo.

Po drugi strani so tiskana sporočila preizkušeno trajna in najprimernejša za dolgoročno shranjevanje. Delujejo vedno in povsod:

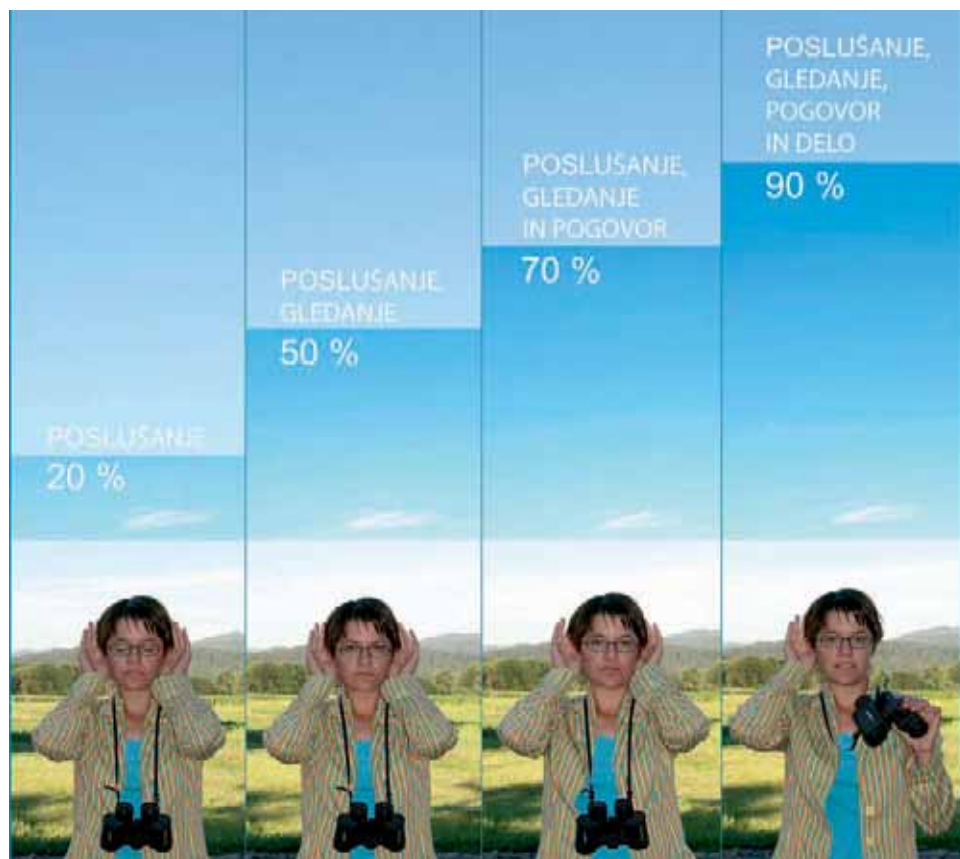
- ✓ brez drage opreme in energije,
- ✓ obseg in zaporedje sporočanja vsakdo prilagodi svojim potrebam in sposobnosti,
- ✓ preprosto je povratno in predinformiranje,
- ✓ pri reproduciranju znanstvenih, literarnih, umetniških, tehničnih in drugih del skoraj ni omejitev,
- ✓ uporabnik razvija miselno večpredstavnost ter intuicijo (to multimedij popolnoma onemogoča, ker je večpredstaven sam po sebi),
- ✓ tiskovine (knjige) omogočajo svobodno, neobvezno komunikacijo med bralcem in avtorjem, neodvisno od časa in prostora; bralec si lahko sam izbira knjigo kot posrednika, ki prinaša misli, zato je knjiga privilegirano orodje znanja, izražanja in razmišljanja ter nujen instrument za nenehno izobraževanje,
- ✓ tiskovine dobro prenašajo mehanske, atmosferske, magnetne in druge vplive.

Mediji kombiniranega sporazumevanja so krmilnica informacij, pitališče kjer je vse vnaprej programirano, kjer pri uporabi ni potrebno nikakršno posebno znanje (sistem pritisni – en sam – gumb) celo pismenost ne (kombinirana komunikacija rešuje problem nepismenosti tako, da z ozvočenjem preprosto ukinja opismenjevanje in se s tem celo hvali), zato v kali zatirajo domišljijo in ustvarjalnost. Prihodnost knjige in drugih tiskovin je zato v sožitju, v povezavi z drugimi mediji, ob nenehni vzgoji uporabnikov, da jih bodo sploh znali uporabljati. Dejstvo je tudi, da noben novi komunikacijski medij še nikoli ni izkoreninil kakšnega od poprej obstoječih: fotografija še zdaleč ni uničila likovne umetnosti, niti gramofonska plošča koncertne umetnosti ali televizija kinematografije in časopisov. Učinki so bili vedno prav nasprotni. Vsekakor pa morajo biti tiskovine tako grafično oblikovane, da kar najbolje izrabljajo človekove umske sposobnosti.

Izkoristek človekovega uma je vsega 10 odstotkov. S primernimi metodami in treningom ga je mogoče bistveno povečati. Komunikacijski medij mora pri tem po eni strani olajšati posredovanje in sprejem informacij, po drugi pa povečati učinkovitost priklica iz spomina. To dosežemo, če aktiviramo možganske centre v levi in desni možganski polobli in s tem spodbudimo sinergijo med njima. Leva možganska polovica služi za linearno, desna za simultano procesiranje informacij. Proces v levi polovici niso kreativni, ker ne obravnavajo celote, ampak le njene dele. To so racionalni, logični in analitični miselni procesi. Emocionalno procesiranje informacij se odvija v desni polovici. V vsakdanjem življenju je ta bolj zaposlena kot leva, kajti informacije niso tu skoraj nikoli oblikovane linearno. Zaradi te naravnosti mnogo lažje sprejemamo, procesiramo, si zapomnimo in prikličemo simultane informacije. Tudi pri procesiranju linearnih informacij (govor, pisano ali tiskano besedilo) namreč ne deluje samo leva polobla, pač pa tudi desna, ki pomaga pri zbiranju, razvrščanju, izločanju in sintetiziranju celote – bistva. V linearnem besedilu je navadno le 10 do 20 odstotkov pomembnih informacij. Sprejem, procesiranje, pomnjenje in priklic informacij so zato še posebej učinkoviti, kadar informacije niso posredovane linearno, ampak simultano, to je v obliki, ki sledi miselne procese.

- Kombinirana komunikacijska sredstva informacije že po naravi posredujejo simultano in zato spodbujajo emocionalne miselne procese. Prvine, s katerimi to dosežejo, so: vizualno posredovanje informacij, barve, gibanje, tridimenzionalnost.
- Govor, pisana ali tiskana beseda posredujejo informacije linearno (zaporedno, eno za drugo), zato spodbujajo pretežno racionalne miselne procese in le delno tudi emocionalne.
- Informacije, ki smo jih z lahkoto sprejeli in procesirali, si pa lažje zapomnimo in se jih lažje spominjamo kot tiste, pri katerih smo imeli zadrege. Pomembno je, da vemo, s katerimi prvini tudi tiskovine spodbujajo emocionalne miselne procese. Ena je že omenjeni ritem, ki si ga vsakdo poljubno prilagaja, druge so še:
 - ✓ sporočanje lahko temelji na prepoznavanju (vzorčenju),
 - ✓ informacije so vizualne in v barvah, tridimenzionalni pa so grafični izdelki sami po sebi,
 - ✓ z listanjem je mogoče povratno in predinformiranje, torej paralelno in simultano sporočanje,
 - ✓ tiskovine, predvsem pa knjige omogočajo analizo in sintezo sporočil,
 - ✓ tiskovine omogočajo posredovanje sporočila z delom, če so le prav zasnovane in oblikovane,
 - ✓ linearni zapis besedila v tiskovinah spodbuja asociativne miselne procese in logično mišljenje.

Vse navedeno so potencialne prvine, ki se sprostijo le, če avtor in grafični oblikovalec poskrbita, da tiskovina v resnici »komunicira« s svojim uporabnikom, pedagog pa ga pouči o primerni rabi in mu privzgoji bralne navade.



Slika 1.36 Spominjanje informacij po H. J. Bullingerju. Izkoristek vizualnega spomina je okoli 90-, verbalnega pa pod 60-odstoten.

Desna stran slika 1.37 Menih prepisovalec in rotacija, mi in ...? Vsaki generaciji je domače in samoumevno tisto, kar izvira iz otroštva, tisto, kar preprosto je, tisto, kar je že od nekdaj bilo, tisto, s čimer je odrasla. Vsaka generacija želi v svoji mladostni zagnanosti nekaj spremeniti, izpopolniti, nadomestiti ... Rojeva se novo, revolucionarno, starejšim tuje, odtujeno in nepotrebno. Tako se rojevajo in izumirajo besede, tako se spreminja jezik, tako nihče izmed nas ni pisal z gosjim peresom, menih na slikipa nima pojma o kemičnem svinčniku; tako so moji starši potrebovali le skromen monoradijski sprejemnik z dvema gumboma: vklop-izklop, postaje in nič več, medtem ko sem se sam navduševal nad stereo HI-FI-napravami; tako se spreminja ves svet, pravzaprav običaji sporazumevanja. Generacija, ki je razvijala, soustvarjala elektronske oblike sporazumevanja, se papirju in tiskovinam nikoli ni mogla niti znala odreči. Sčasoma pa bodo to morda zmogli mlajši rodovi, kajti sporazumevanje z internetom bo zanje nekaj samoumevnega. Pa kaj, nekoč bo nekdo zavrgel tudi to. Posredi so demografske spremembe, zaradi katerih upada zanimanje za en in se povečuje zanimanje za kakšen drug medij. Komu pa se sploh še ljubi brati knjige, če zadostuje, da bulji na zaslon, kjer se ob zvočni spremljavi vse odvija samo po sebi?





Slika 1.38 Družina, vsemu navkljub temeljna naravna vrednota vsake družbene ureditve in človeške civilizacije. Tiskovine omogočajo, da na novo odkrivamo in oblikujemo odnose v družini ali širši skupnosti. Tiskovine spodbujajo pogovor in skupno razmišljanje o vsebini. Dovolj je priložnosti za družabnost in pogovor, ki olajšujeta doživetega in naučenega. Družinski krog je prav posebna oblika sinergije. Tiskane informacije zvečine ne pospešujejo slabih navad: nasilja, alkoholizma, drogiranja predvsem zato, ker imamo ob prebiranju gradiva dovolj priložnosti, da vsebino »prespimo«, o njej razmislimo in se o vsem pogovorimo. Vsega tega ni mogoče trditi za medije kombinirane komunikacije.



***NARAVOSLOVJE
TEHNOLOŠKIH PROCESOV***

5 BARVE IN TONI, BARVNI UČINKI IN OBČUTKI

Okolico dojemamo in spoznavamo s čutili; ti hkrati z živčnim sistemom in možgani omogočajo nastanek občutkov: vida, sluha, vonja, okusa in tipa. S pomočjo čutil se človek že v otroštvu nauči zaznavati in obdelovati informacije (torej tudi komunicirati) na podlagi izkušenj. Najpomembnejši občutek je vid. Z njim zaznavamo in ocenjujemo: obliko, velikost, razdaljo, gibanje, **svetlost** in **barve**. Vid deluje le v navzočnosti svetlobe. V tem smislu je svetloba dražljaj, ki aktivira človeško oko tako, da posreduje možganom vidne zaznave, tudi tiste, ki povzročajo dojetje barv. Slednje je posledica fizikalnih, fizioloških (psihofizikalnih) in psiholoških učinkov svetlobe. Fizika proučuje energijsko naravo svetlobe, fiziologija čutne procese, ki so pri gledanju potrebni, psihologija pa dojetje, doživljanje tistega, kar vidimo. Fizika, fiziologija in psihologija proučujejo barve z različnih vidikov; marsikje se njihovi pogledi razhajajo, zlasti pa niso enotna imena barv. Vseeno so postavili nekaj pravil, ki olajšujejo proučevanje in pogovor o barvah s katerega koli zornega kota.

- Barva ni fizikalna lastnost, kot sta na primer dolžina ali masa. Izraz barva se vedno nanaša na določeno vizualno izkušnjo ali doživetje. Barva je občutek, tako kot na primer vonj ali okus.
- Pri zaznavanju barv je nujna navzočnost svetlobe. Dokler predmeti niso osvetljeni, jih ne vidimo. Če so slabo osvetljeni, zaznamo le obliko in **razlike v svetlosti**, to je **tone**; le če so dovolj osvetljeni, zaznamo tudi njihove barve.
- Svetloba je nevidna, kajti če bi jo videli, bi sama zaslepila oči, in ne bi ničesar videli. Svetlobo vidimo le, če jo absorbirajo, odsevajo ali presevajo druge snovi.
- Najpomembnejši sistem za dojetje barv je sistem oko – živčevje – možgani. Oko je čutilo (optični senzor), ki zaznava svetlobo, barvni občutek oziroma barvno doživetje pa nastane šele, ko živčevje prenese ustrezne signale v možgane.
- Tam, kjer ni ljudi, tudi ni barv. Dojetje barv je popolnoma osebno, individualno vizualno doživetje, kajti vsakdo vidi okolico nekoliko po svoje.

Svetloba, ki pride v oko in povzroči neposredno zaznavanje barv, je **barvni dražljaj**. V očesu povzroči nastanek **barvnega učinka** (imenuje se tudi barvna valenca), poenostavljeno rečeno vrsta kodiranega signala v obliki živčnih impulzov, ki jih možgani razumejo in pretvorijo v barvno dojetje. Barvne dražljaje lahko merimo v fizikalnem smislu (spektralna porazdelitev sevanja, prepuščene ali odbite svetlobe), barvnih učinkov pa ne moremo. Ker so »kodirani signali«, jih lahko številčno opišemo, seveda le, če je objektivna zveza med sistemom za zaznavanje in sistemom za opisovanje.

Niti barvni dražljaji niti barvni učinki najpogosteje ne predstavljajo barv, ki jih vidimo, dojemamo. Primeri, ko opisan barvni učinek ustreza doživetju barvi, so izjema in ne pravilo. Prav zato moramo pri razmišljanju o barvah uporabljati še tretji pojem; to je **barvni vtis**, tudi barvni občutek ali barvno doživetje. Barvni vtis pomeni dojetje barve in

definira končno doživetje, občutje. Enaki barvni učinki, ki se pojavijo v očesu, še ne pomenijo nastanka enakih barvnih vtisov, še manj enaki barvni dražljaji. Po drugi strani lahko v določenih razmerah iz različnih barvnih dražljajev nastanejo enaki barvni učinki in iz različnih barvnih učinkov enaki barvni vtisi.

Barva je posledica ali produkt spektralne porazdelitve svetlobe, spektralne občutljivosti sprejemnika (oko, čutilo) in izkušenj računalnika za obdelavo signalov (možgani). To zvezo prikazuje blokovna shema na sliki 5.1.



Slika 5.1 Nastanek barve.

Dojemanje barvnih vtisov je barvni vid. Najpomembnejši dejavniki tega so vrsta svetlobe in odsevnost snovi (fizikalni dejavniki), a tudi biološki in psihološki, ki so pri vsakem človeku drugačni imajo nezanemarljiv vpliv. Naše zdravje, razpoloženje, izkušnje in spomini, vse igra vlogo pri dojemljanju barvnih vtisov in doživljanju barv. Kadar smo bolni ali nerazpoloženi, se to pozna tudi na očeh, pa tudi možgani vsakega posameznika so nekaj enkratnega; živčne signale obravnavajo le na sebi lasten način, torej subjektivno. Dva, ki opazujeta isti objekt, vidita na njem le približno enake barve.

- Barvni dražljaj je svetloba določene jakosti in spektralne porazdelitve. Ta pride v oko in povzroči nastanek barvnih učinkov, to je zaznavanje barv ali tonov. Barvni dražljaj je lastnost snovi. Očesu jo posreduje svetloba, ki jo predmet seva, prepušča ali odbija.

- Barvni učinek (barvna valenca) je posledica zaznavanja oziroma sprememba, ki jo v očesu povzroči barvni dražljaj. Odraža se v obliki živčnih impulzov, kot kodiran signal, ki predstavlja sporočilo o barvnem dražljaju.
- Barvni vtis je barva, kot jo dojamemo v določenih razmerah opazovanja in ko se v možganih pojavita najmanj dva barvna učinka sočasno. Če se pojavi en sam, med barvnim vtisom in učinkom praviloma ni razlike.
- Barva je najširši pojem, ki označuje vse mogoče pojavne oblike videnja: barvne dražljaje, barvne učinke in barvne vtise. Če govorimo samo o enem od treh, se lahko motimo, če govorimo o barvah v najširšem smislu, zaobjamemo vse ali katerega koli od teh pojmov.
- Če odpravimo vpliv barvnih učinkov iz okolice, barvni vtis opisno ustreza barvnemu učinku. Barvni vtis je miselna interpretacija sporočila o barvnem dražljaju.
- Primarni svetlobni vir ali kratko svetlobni vir je predmet, ki pretvarja energijo in seva svetlobo.
- Sekundarni svetlobni vir je predmet ali ploskev, ki sam ne oddaja svetlobe, pač pa odbija ali prepušča določen del tiste svetlobe, s katero ga osvetlimo. Kot tak je vir spektralno moduliranih barvnih dražljajev.
- Da bi nastal barvni učinek ali barvni vtis, so potrebni trije dejavniki: svetlobni vir, objekt, ki ga opazujemo in svetlobni sprejemnik – oko z vidnim živcem in možgani. Vse tri dejavnike opisujemo s pomočjo spektralnih značilnosti, ki jih ponazarja spektralna porazdelitev (spektrofotometrična krivulja), kot jo pozna fizika. Vendar barva v fiziki ne obstaja. Z barvami ima opravka le vid, torej fiziologija (psihofizika) in psihologija.

5.1 Zaznavanje barv in tonov (psihofizika)

Pri preučevanju tehnoloških procesov v grafični dejavnosti so pomembni predvsem barvni učinki, torej **zaznavanje** barv, pri presojanju grafičnih izdelkov pa barvni vtisi, torej **dojemanje** oziroma doživljanje barv.

Barvni učinek nastane na mrežnici (retini) očesa zaradi barvnega dražljaja. Mrežnica je tanka, prozorna plast živcev, ki prepletajo na milijone svetlobno občutljivih celic – fotoreceptorjev. Ti so na njeni notranji strani, tako da jih svetloba doseže le posredno. Barvni učinek se pojavi, ko so fotoreceptorji aktivirani: barvni dražljaj povzroči nastanek kemijskih reakcij, ki so podlaga za nastanek živčnih impulzov – elektrokemičnih signalov. Elektrokemični signali tvorijo informacijo o barvni zaznavi, torej barvni učinek. Po vidnem živcu potujejo v vidni center možganov, ki jih obdela, primerja z vsemi že shranjenimi podatki in pretvori v ustrezen barvni vtis.

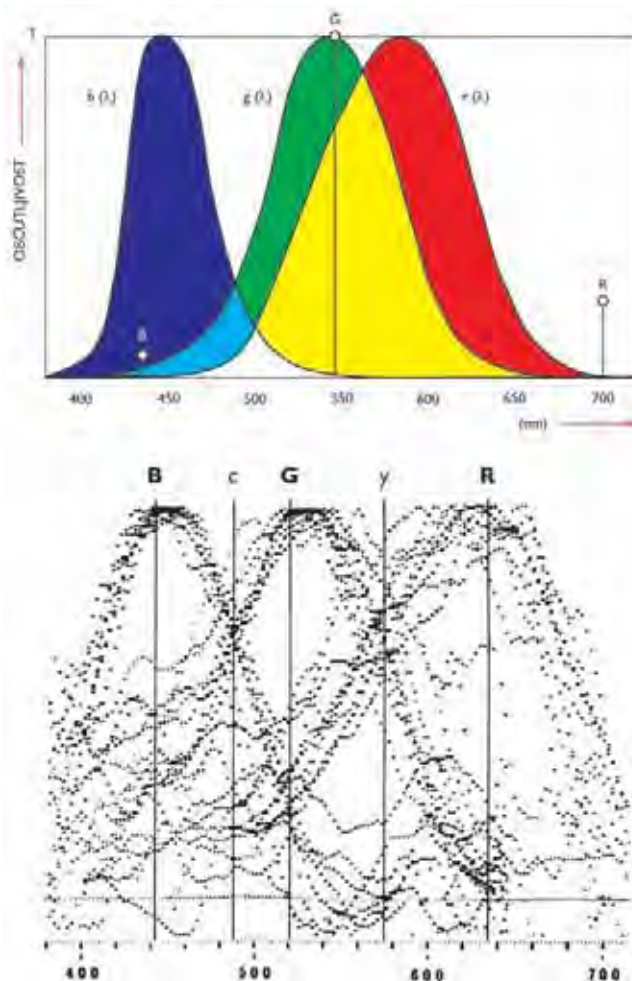
Fotoreceptorji so paličke in čepki. Delitev fotoreceptorjev na paličke in čepke izvira iz njihove značilne oblike in vloge, ki jo igrajo pri zaznavanju barvnih dražljajev. V retini

(mrežnici) je približno 110–120 milijonov paličk in okoli šest milijonov čepkov. Paličke so namenjene za gledanje pri slabi osvetlitvi, zato so na svetlobne spremembe zelo občutljive. Z njimi pa ne moremo zaznati kakovosti (spektralne porazdelitve) barvnih dražljajev, torej barv. Barvni učinek ne more nastati s pomočjo paličk, zato tudi barvni vtis ne. Pri slabi osvetlitvi ne vidimo barv, čeprav se lastnosti predmetov in snovi, ki jih opazujemo, niso prav nič spremenile.

Barvni učinek nastane le pri zadostni osvetlitvi s pomočjo čepkov: podnevi ali v dobro osvetljenih prostorih. Pri zadostni osvetlitvi sta sicer aktivirani obe vrsti fotoreceptorjev, paličke in čepki, vendar prevladuje vloga čepkov. Čepki so na majhnem osrednjem delu mrežnice, imenovani fovea; po vidnem živcu so povezani z možgani. Čepki vsebujejo svetlobno občutljive kemikalije – fotopigmente. Ti določajo njihovo spektralno (barvno) občutljivost, vendar je fovea vseeno najbolj občutljiva na rumeno-zeleno svetlobo.

Po teoriji Younga in Helmholtza so v očesu tri vrste čepkov. Ločijo se po spektralni občutljivosti, imenujejo pa se tudi **barvni receptorji**. Vsaka vrsta čepkov ni občutljiva le

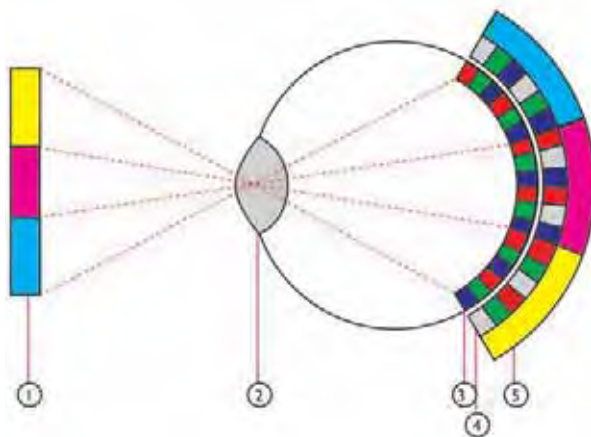
na eno valovno dolžino ali le na ozko spektralno območje. Občutljiva je pravzaprav na barvne dražljaje iz celega spektra, največjo občutljivost pa ima v razmeroma ozkem spektralnem pasu. Nekateri čepki so najbolj občutljivi na modro območje spektra od 400 do 500 nm, z maksimumom pri 460 nm, drugi na zeleno območje od 460 do 650 nm, z maksimumom pri 560 nm, tretji pa na rdeče območje od 450 do 700 nm, z maksimumom pri 600 nm. Spektralne občutljivosti čepkov se prekrivajo; to pomeni, da celo barvni dražljaj ene same valovne dolžine (monokromatska svetloba) aktivira dve ali celo vse tri vrste barvnih receptorjev; slika 5.2. Izjema so le nekateri barvni dražljaji na zgornjem in spodnjem robu spektra.



Slika 5.2 Spektralna občutljivost barvnih receptorjev.

Če barvni dražljaj tvori več valovnih dolžin (polikromatska svetloba), se aktivirajo vsi čepki, nekateri bolj kot drugi, pač glede na spektralno porazdelitev in sorazmerno z njihovo jakostjo. To pomeni, da so barvni učinki v očesu posledica treh temeljnih signalov v različnih razmerjih. V receptorjih, ki jih aktivira barvni dražljaj, nastane modri, zeleni ali rdeči **temeljni učinek**; šele njihova kombinacija tvori celovito informacijo o barvni zaznavi, to je barvni učinek v očesu in barvni vtis v možganih. Shematično je ta proces prikazan na sliki 5.3.

Slika 5.3 Nastanek barvnih učinkov v očesu. (1) objekt, ki oddaja rumene, modro-rdeče in zeleno-modre barvne dražljaje; (2) leča, (3) retina z modrimi, zelenimi in rdečimi barvnimi receptorji; (4) aktivirani barvni receptorji – neaktivirani so sivi – v katerih nastajajo temeljni barvni učinki; (5) zaznan barvni učinek je kombinacija vseh treh temeljnih učinkov.

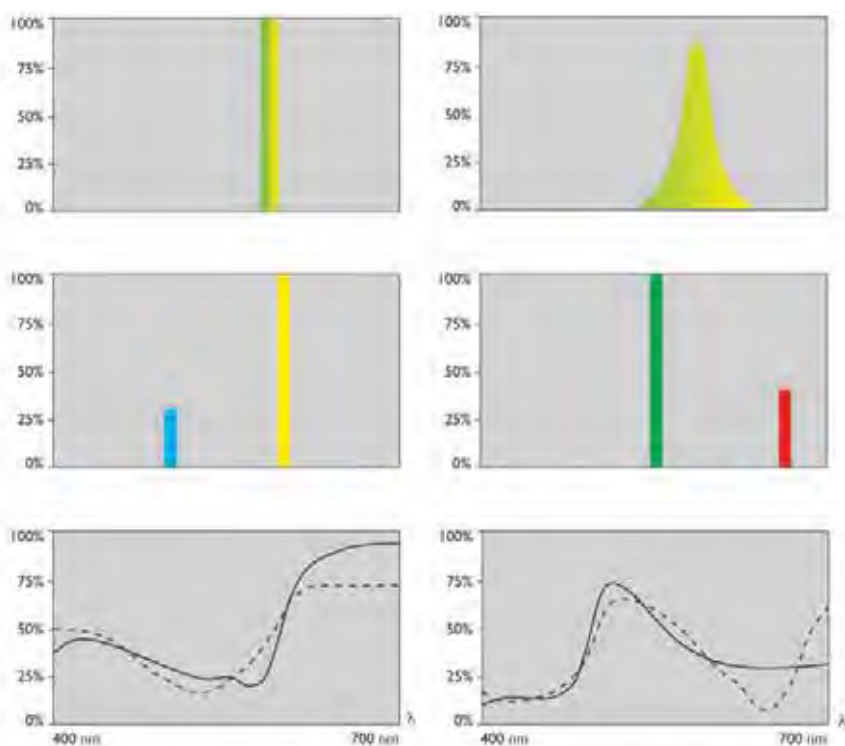


Barvni dražljaj aktivira barvne receptorje v očesu glede na svojo spektralno porazdelitev in njihovo spektralno občutljivost. Od tega sta odvisni jakost temeljnih signalov in končno barvni učinek, ki ga zazna oko. Barvni učinek, ki povzroči rumen barvni vtis (vidimo rumeno barvo), nastane na primer z mešanjem monokromatskih barvnih dražljajev $\lambda = 680$ nm, ki sicer povzročajo le rdeč barvni vtis, in barvnih dražljajev $\lambda = 530$ nm, ki sicer povzročajo le zelen barvni vtis. S pomočjo diagrama na sliki 5.2 ugotovimo, da se pri tem aktivirajo rdeči, zeleni in celo modri barvni receptorji. Vendar barvni učinek rumene barve povzroči tudi barvni dražljaj $\lambda = 590$ nm, ki aktivira predvsem zelene in rdeče barvne receptorje. To pomeni, da lahko zaznamo enak barvni učinek in dojamemo enak barvni vtis ne glede na spektralno porazdelitev barvnega dražljaja, ki ju povzroča. Ali: **različni barvni dražljaji lahko povzročijo nastanek enakih barvnih učinkov in enakih barvnih vtisov – barv.** Do tega pride zato, ker oko ne more zaznati posameznih komponent barvnega dražljaja, če prihajajo vanj hkrati. V vidnem območju elektromagnetnega spektra od 400 do 700 nm zazna oko okoli 128 barvnih dražljajev in prav toliko barv. To pomeni, da ne ločimo sevanja posameznih valovnih dolžin, marveč le valovna območja, široka 2–4 nm.

V spektru lahko izberemo monokromatske barvne dražljaje (na primer tiste valovne dolžine, kjer so barvni receptorji najbolj občutljivi v modrem, zelenem in rdečem območju) in z njihovim mešanjem v različnih razmerjih ustvarjamo milijone novih polikromatskih barvnih dražljajev. Tako dobimo barvne učinke, ki ustrezajo vsem spektralnim barvam. Lahko dobimo tudi množico barvnih učinkov, ki jih v spektru ni. Izbrani monokromatski barvni dražljaji, ki to omogočajo, so **primarni barvni dražljaji**. Ustrezajo jim **primarni barvni učinki** in primarni barvni vtisi, na kratko **primarne barve**. Primarni barvni učinki so modri, zeleni in rdeči. Pri določeni kombinaciji in jakosti treh primarnih dražljajev

nastane barvni učinek bele barve. Če je razmerje primarnih barvnih dražljajev enako kot pri beli barvi, njihova jakost pa manjša, nastane barvni učinek nevtralno sive barve. To je nepisana, akromatska barva določene svetlosti brez kakršnega koli barvnega odtenka; imenuje se tudi tonska vrednost ali ton. In končno, kadar je jakost primarnih barvnih dražljajev premajhna, da bi dobila aktivirali katerega koli od barvnih receptorjev, nastane barvni učinek črne barve.

V spektru lahko izberemo več trojk monokromatskih barvnih dražljajev, s katerimi dobimo barvne učinke spektralnih barv, nepisane barve ali tone, črno in seveda barvni učinek bele barve. Edini pogoj, ki ga je treba upoštevati pri izbiri, je, da z dvema primarnima dražljajema ne smemo dobiti barvnega učinka tretjega, in da mora biti njihova svetlost kar najbolj izenačena. Primarni barvni dražljaji smejo biti tudi širša spektralna območja, polikromatske svetlobe modre, zelene in rdeče barve, le da je izpolnjen navedeni pogoj.

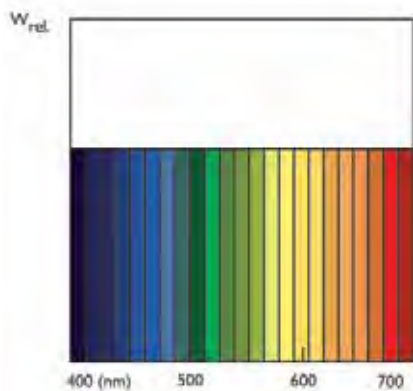


Slika 5.4 Pogojno enaki ali metameri barvni dražljaji povzročajo nastanek enakih barvnih učinkov, v določenih okoliščinah tudi dojemanje enakih barvnih vtisov.

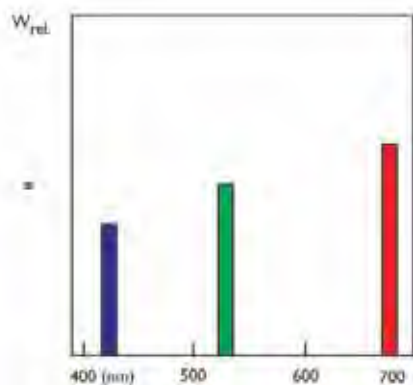
- Barvni receptorji ne ločijo monokromatskih in polikromatskih barvnih dražljajev, če prihajajo v oko hkrati, v zelo kratkih časovnih presledkih ali skoraj z istega mesta. Zato različni barvni dražljaji povzročajo nastanek enakih barvnih učinkov, če je le njihovo razmerje primerno izbrano; slika 5.4.
- Barvni učinek v očesu tvorijo trije temeljni signali, trije temeljni barvni učinki – moder, zelen in rdeč, ki so v določenem razmerju.

- Barvni učinek bele ali sive barve dobimo z mešanjem treh mono- ali polikromatskih barvnih dražljajev, ki so izbrani tako, da z dvema ne moremo dobiti tretjega, z vsemi tremi pa vsaj tiste barvne učinke, ki ustrezajo spektralnim barvam. To so primarni barvni dražljaji.
- Primarni barvni dražljaji in primarni barvni učinki so vedno le modre, zelene in rdeče barve; drugih ni.
- Barvni dražljaji, ki kljub različni spektralni porazdelitvi povzročé nastanek enakih barvnih učinkov, so **pogojno enaki** ali **metameri** (slika 5.4). Pri materialnih barvah se pogojna enakost ravna tudi po spektralni porazdelitvi svetlobe, s katero sta predmet ali površina osvetljena. To je zato, ker površinane more odbijati tiste vrste svetlobe, s katero sploh ni osvetljena. Avtomobila, ki sta pri dnevni svetlobi, denimo rumene in rdeče barve, sta pri osvetlitvi z rdečo svetlobo pogojno enaka ali metamera: oba sta rdeča. Rdeč avtomobil oddaja barvne dražljaje, ki aktivirajo rdeče čepke, rumeni pa barvne dražljaje, ki aktivirajo rdeče in zelene čepke. Ta barvni učinek v očesu povzročá v možganih rumen barvni vtis. Pri osvetlitvi z rdečo svetlobo tudi rumen avtomobil oddaja barvne dražljaje, ki aktivirajo samo rdeče čepke, kajti zeleni del spektra v svetlobi ni prisoten. Oba avtomobila sta pogojno enake barve tudi v modri svetlobi: oba sta črna.
- Metamerizem je pojav, ki ga izrabljajo vsi tehnološki procesi za barvno reprodukcijo: barvna fotografija, barvna televizija in barvni tisk. Odtisnjena barvna slika ali slika na televizijskem zaslonu mora v določenih okoliščinah opazovanja povzročiti enake barvne učinke, kot jih zazna oko pri gledanju predloge, originalne slike, motiva ali scene.
- Spektralna občutljivost modrih, zelenih in rdečih barvnih receptorjev se prekriva. Zato večina monokromatskih barvnih dražljajev aktivira več vrst čepkov, medtem ko polikromatskih barvnih dražljajev, ki bi aktivirali le eno, sploh ni. To je vzrok za težave pri reprodukciji barv v fotografiji, tisku in televiziji.
- Kadar barvni dražljaj selektivno aktivira barvne receptorje, enega bolj kot druge ali vse tri različno, zazna oko tri različne temeljne učinke; dojamemo **pester (kromatični) barvni vtis**. Če so temeljni barvni učinki (signali) enaki, dojamemo **nepester (akromatični) barvni vtis, tonsko vrednost** ali **ton**. Tonske vrednosti obsegajo nepisane barve: od bele prek bolj ali manj svetlih nevtralnó sivih barv do črne. Črno barvo zaznavamo takrat, kadar ni aktiviran noben barvni receptor, kadar primarni ali sekundarni svetlobni vir ne oddaja nikakršnih barvnih dražljajev.
- Nevtralnó sive, kratko **nevtralne barve**, niso isto kot sive. Nevtralne barve ali toni nimajo nikakršnega barvnega odtenka, medtem ko so lahko navadne sive barve rumenkaste, rdečkaste, modrikaste, tudi rjavkaste, a še vedno med belo in črno.

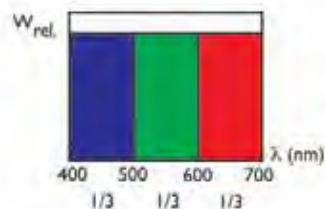
5.2 Aditivno mešanje barvnih dražljajev



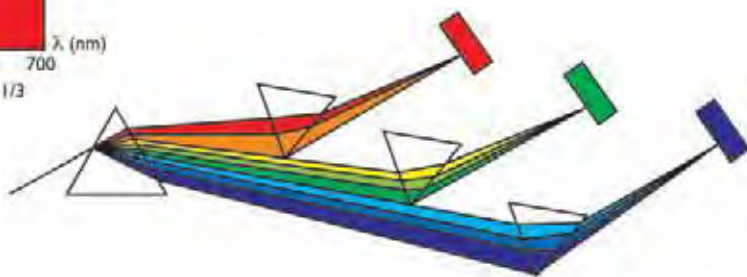
Pri prehodu skozi optično prizmo ali optično mrežico se bela svetloba razkloni v spekter barv od vijoličaste do rdeče. Z uporabo druge prizme ga lahko znova sestavimo v belo svetlobo. Učinek je enak kot s primarnimi barvnimi dražljaji. Ti so namreč pogojno enaki ali metameri spektralni porazdelitvi bele svetlobe (slika 5.5). To pomeni, da dobimo primarne dražljaje tudi takrat, ko belo svetlobo razdelimo na enake dele: modro, zeleno in rdečo (slika 5.6). Vsak od tako pridobljenih polikromatskih dražljajev ima lastnosti primarnega barvnega dražljaja: vsi trije so skoraj enako svetli, iz dveh ne moremo dobiti barve tretjega, barvni vtis bele svetlobe nastane iz približno enakih delov vsakega med njimi. To ni naključje pri kateri koli primarni trojki! Z mešanjem opisanih barvnih dražljajev v enakih razmerjih nastane na belem zaslonu v temni sobi slika 5.7.



Slika 5.5 Pogojno enaki barvni dražljaji bele svetlobe.

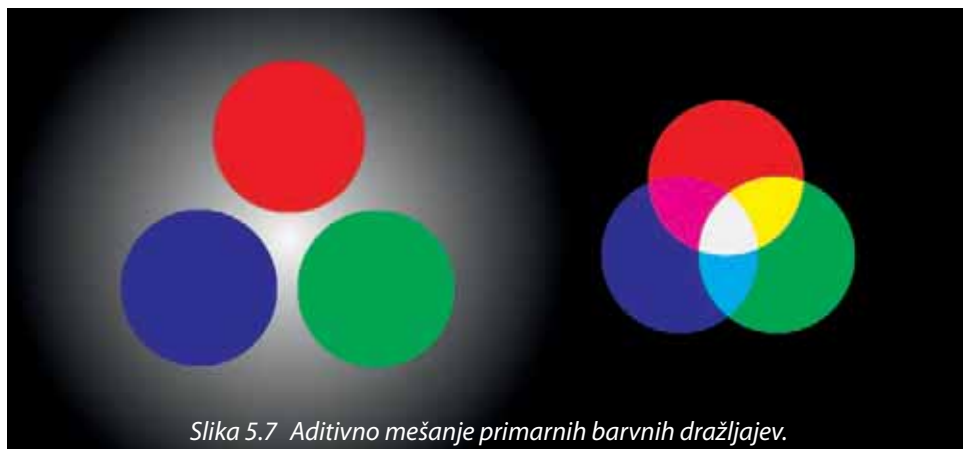


Slika 5.6 S tremi prizmami razdelimo spekter bele svetlobe v modro, zeleno in rdečo komponento. Dobimo polikromatske primarne dražljaje.



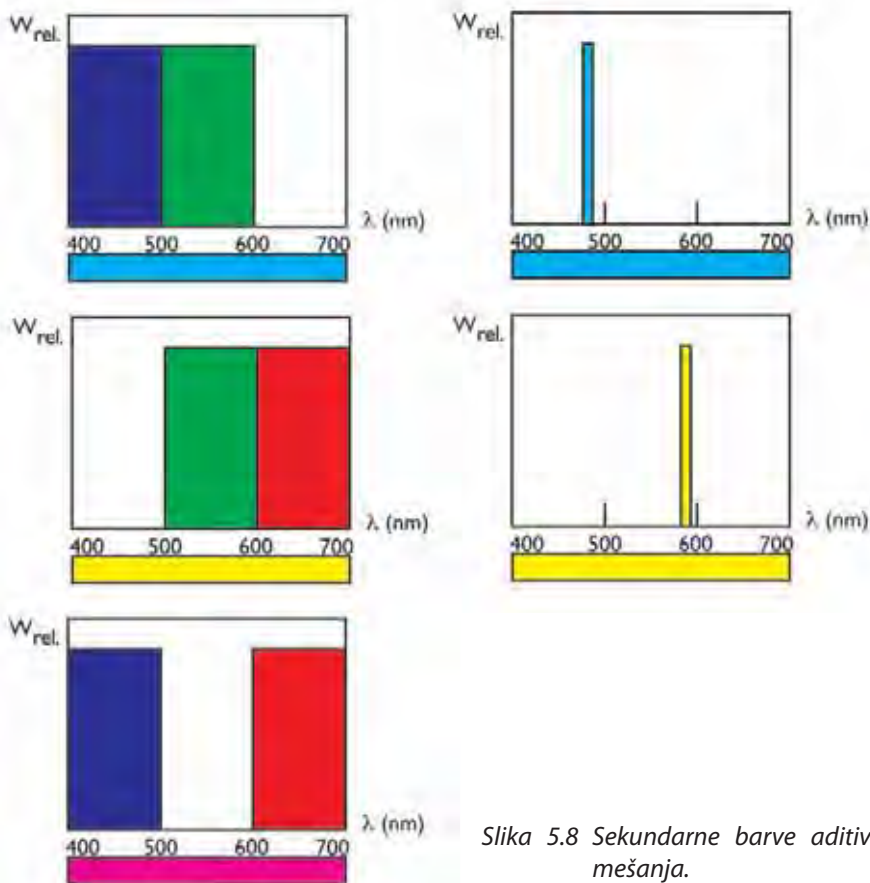
Kjer se na zaslonu sekajo vsi trije primarni dražljaji, nastane barvni učinek bele barve. Pri njihovem delnem prekrivanju nastanejo še barvni učinki drugih barv.

- Iz enakih delov modrega in zelenega dražljaja nastane barvni učinek zeleno-modre cian barve. Pogojno enak barvni učinek povzorca tudi dražljaj z valovno dolžino 520 nm; slika 5.8.



Slika 5.7 Aditivno mešanje primarnih barvnih dražljajev.

- Iz enakih delov zelenega in rdečega dražljaja nastane barvni učinek rumene barve; ta je pogojno enak barvnemu učinku, ki nastane zaradi monokromatskega barvnega dražljaja z valovno dolžino 580 nm; slika 5.8.

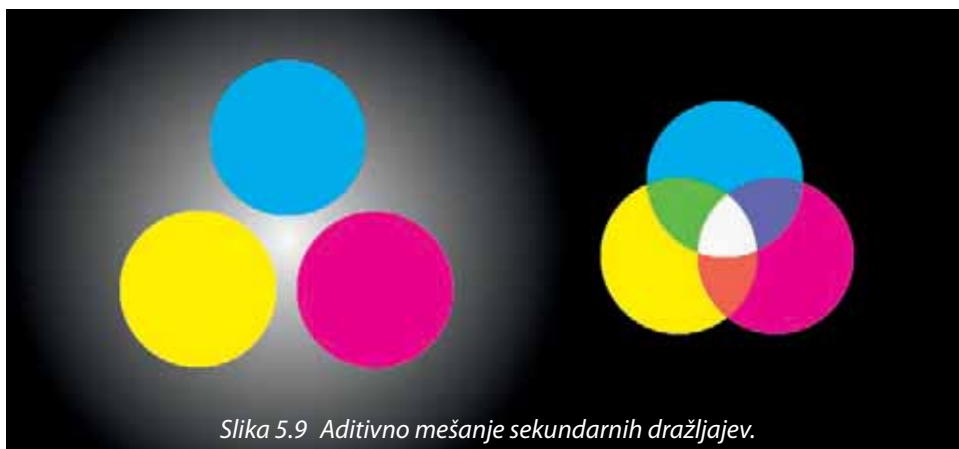


Slika 5.8 Sekundarne barve aditivnega mešanja.

- Enaka dela modrega in rdečega barvnega dražljaja dajeta barvni učinek modro-rdeče magenta barve. Ta barvni dražljaj v spektru bele svetlobe nima pogojno enake valovne dolžine, in sicer zato, ker se modri in rdeči del spektra ne prekrivata.

Moder, zelen in rdeč so že znani primarni učinki, rumena, magenta in cian pa so sekundarni barvni dražljaji in učinki. Z mešanjem modrih, zelenih in rdečih dražljajev v drugih razmerjih nastanejo še drugi sekundarni učinki.

Ko na zaslon namesto primarnih projiciramo sekundarne dražljaje, dobimo v sečišču vseh treh znova barvni učinek bele barve. Tam, kjer se sekajo njihovi enaki deli, pa dobimo primarne barvne učinke: svetlo moder, svetlo zelen in svetlo rdeč; slika 5.9. Barve, ki nastanejo iz sekundarnih dražljajev, so svetlejšje, manj čiste in bolj blede kot barve izvirnih primarnih dražljajev. Dajejo vtis, kot da smo jim primešali belo barvo. Strokovno pravimo, da so manj **nasičene**.

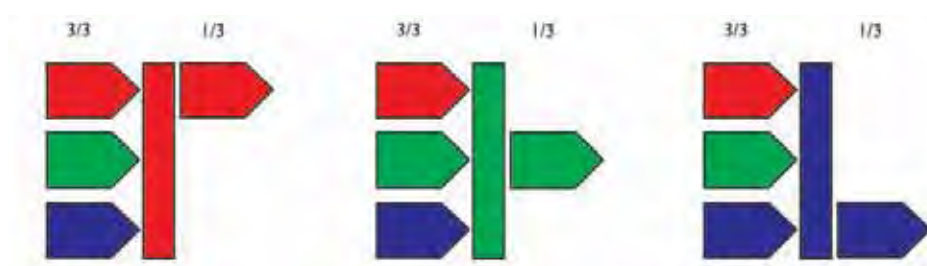


Slika 5.9 Aditivno mešanje sekundarnih dražljajev.

- Aditivno mešanje je mešanje primarnih barvnih dražljajev. Oddajajo jih primarni svetlobni viri. Na zaslonu nastanejo novi barvni dražljaji, v očesu pa novi barvni učinki. Novim barvnim učinkom ustrezajo novi barvni vtisi; pogosto se imenujejo kar aditivne barve.
- Izhodišče aditivnega mešanja barvnih dražljajev je bel zaslon v temni sobi, popolno brezbarvje, končni produkt pa barvni učinek bele ali nevtralne barve. Pogoje je, da vsi primarni dražljaji sočasno osvetljujejo isto mesto zaslona in se z njega tudi hkrati odbijajo v oko.
- Kakovost barvnega vtisa določimo pri aditivnem mešanju z razmerjem barvnih dražljajev: z jakostjo modre, zelene in rdeče svetlobe, ki jih projiciramo na zaslon.
- Aditivni barvni učinki, aditivne barve torej, so primarni in sekundarni. Primarni so rdeča (R), zelena (G) in modra (B), sekundarni pa cian (C), magenta (M) in rumena (Y). Primarni barvni dražljaji, s katerimi jih dobimo, so samo trije: rdeč, zelen in moder.

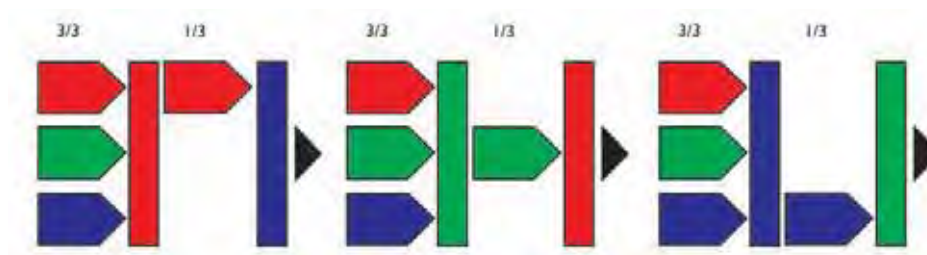
5.3 Subtraktivno mešanje barvnih dražljajev

Barvnih dražljajev za aditivno mešanje navadno ne dobivamo z optičnimi prizdami, pač pa s pomočjo prozornih barvnih stekel ali folij. To so optični filtri, ki nekatera spektralna območja bele svetlobe zadržujejo, druga pa prepuščajo. Rdeč optični filter prepušča dražljaje, ki povzročajo barvne učinke rdeče barve, absorbira pa dražljaje za modre in zelene barve. Zelen optični filter prepušča dražljaje za barvne učinke zelene barve, absorbira tiste za modre in rdeče. Moder filter torej prepušča dražljaje, ki povzročajo barvne učinke modre barve, absorbira pa barvne dražljaje, ki povzročajo nastanek rdečih in zelenih barv; slika 5.10.

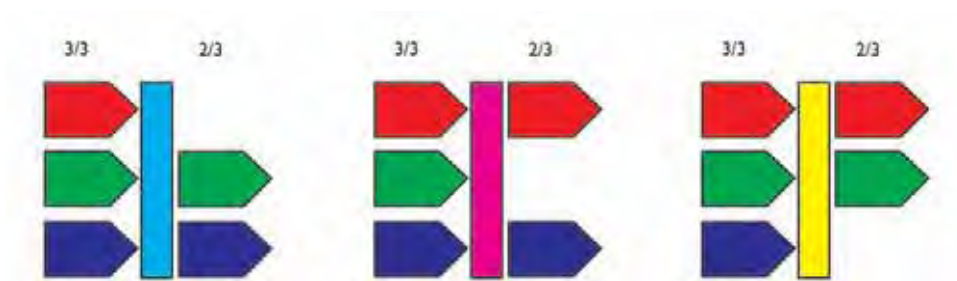


Slika 5.10 Selektivna absorpcija primarnih območij bele svetlobe z optičnimi filtri. Z njimi dobimo aditivno primarne barvne dražljaje: modre, zelene in rdeče.

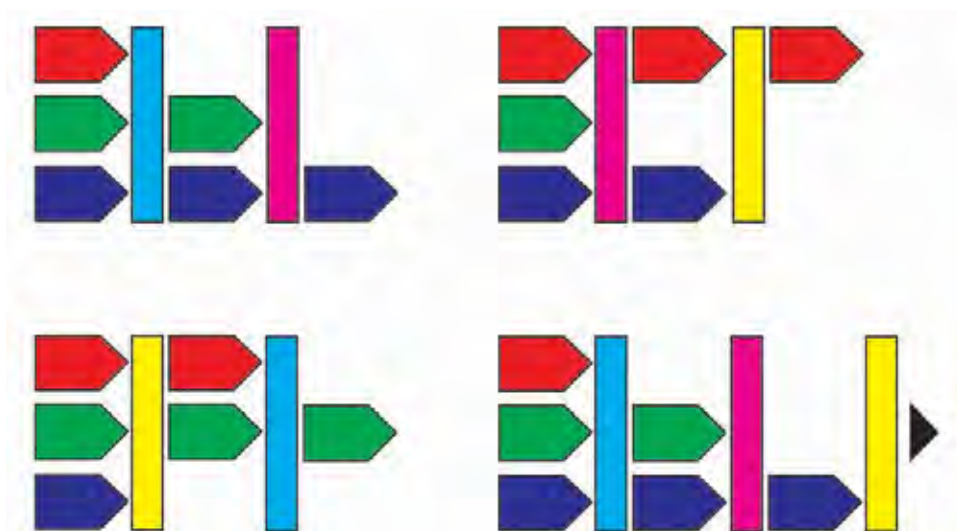
Če s katero koli dvojico aditivno primarnih filtrov prestrežemo belo svetlobo, nastane brezbarvje, kajti vsak filter prepušča le tretjino. To pomeni: aditivno primarnih optičnih filtrov ne moremo uporabljati za nastanek novih barvnih učinkov tako, da bi iz bele svetlobe izločali posamezne komponente; slika 5.11. Namesto optičnih filtrov, ki prepuščajo le primarne dražljaje, uporabimo tiste, ki prepuščajo sekundarne. Vsak med njimi ne prepušča zgolj tretjino, marveč dve tretjini bele svetlobe. Cian, magenta in rumene barve so takšne zato, ker nastane aditivna cian barva takrat, ko pridejo v oko hkrati modri in zeleni dražljaji, barvni učinek magenta barve nastane iz modrih in rdečih dražljajev, rumeni pa iz zelenih in rdečih; slika 5.12. S kombinacijo optičnih filtrov cian, magenta in rumene barve dobimo dražljaje za nastanek rdečih, zelenih in modrih učinkov. Šele s kombinacijo vseh treh nastane brezbarvje ali črna barva; slika 5.13.



Slika 5.11 Selektivna absorpcija s pari aditivno primarnih optičnih filtrov.



Slika 5.12 Selektivna absorpcija s sekundarnimi optičnimi filtri.



Slika 5.13 Selektivna absorpcija bele svetlobe s pari sekundarnih filtrov je podlaga za subtraktivno mešanje barvnih dražljajev.

Če belo svetlobo filtriramo z optičnimi filtri, ki prepuščajo sekundarne barvne dražljaje (po dve tretjini bele svetlobe), primarne barvne dražljaje (tretjino bele svetlobe) pa zadržujejo, lahko s primerno kombinacijo dobimo nove barvne dražljaje in učinke: rdeče, zelene in modre. Če z vsakim sekundarnim filtrom uravnamo tudi jakost svetlobe, ki jo prepušča, je število novih barvnih učinkov še mnogo večje. Ker nastanejo ustrezni barvni dražljaji z izločanjem (filtriranjem) in ne z dodajanjem primarnih dražljajev (kot vemo, so ti vedno in edino rdeče, zelene in modre barve), definiramo novo vrsto mešanja: **subtraktivno mešanje barvnih dražljajev**.

Izhodišče subtraktivnega mešanja je bela svetloba in optični filtri, s katerimi lahko moduliramo njene primarne komponente: s filtrom cian barve izločamo rdeče, s filtrom magenta zelene in z rumenim filtrom modre primarne dražljaje. Medtem ko nastanejo novi barvni dražljaji pri aditivnem mešanju z dodajanjem primarnih komponent bele svetlobe, nastanejo pri subtraktivnem mešanju z odvzemanjem primarnih komponent bele svetlobe.

- Optični filtri so prozorni sekundarni svetlobni viri, ki del vpadne svetlobe zadržijo ali absorbirajo, drugega pa prepuste. Ta pojav se imenuje **selektivna absorpcija** svetlobe. Prisotna je skoraj vedno, kadar telo ali snov (sekundarni svetlobni vir) prepušča ali odbija svetlobo.
- Subtraktivno mešanje barv je tisto, pri katerem dobimo nove barvne učinke s selektivno absorpcijo primarnih barvnih dražljajev, to je z odvzemanjem primarnih komponent iz bele svetlobe. Kakovost (barvo) barvnega učinka oziroma barvnega vtisa dosežemo z razmerjem rdečega, zelenega in modrega dražljaja, ki hkrati prihajajo v naše oko. Jakost rdečega dražljaja določamo s filtrom cian barve, zelenega z magenta in modrega z rumenim optičnim filtrom.
- Izhodišče subtraktivnega mešanja je barvni dražljaj bele barve. Oddaja ga primarni ali sekundarni svetlobni vir, končni barvni vtis pa je črna barva. Tudi pri subtraktivnem mešanju tvorijo nove barvne učinke primarni dražljaji (rdeč, zelen, moder), vendar tako, da jih iz mešanice odvezemo in ne dodajamo.
- Medtem ko primarni barvni dražljaji dajejo vedno le rdeč, zelen in moder barvni vtis, pa se primarni in sekundarni barvni učinki, poenostavljeno primarne in sekundarne barve, ravnajo po vrsti mešanja: aditivno primarni učinki so rdeče, zelene in modre barve, aditivno sekundarni pa cian, magenta in rumene barve. Pri subtraktivnem mešanju je nasprotno: subtraktivno primarni učinki so cian, magenta in rumene barve, subtraktivno sekundarni pa rdeče, zelene in modre barve. Označujemo jih z začetnicami angleških imen: rdeča R_ed, zelena G_reen, modra B_lue, cian C_yan, magenta M_agenta in rumena Y_ellow.

MEŠANJE BARVNIH DRAŽLJAJEV

Barvni učinki – barve	Aditivni	Subtraktivni
Primarni	RGB	CMY
Sekundarni	CMY	RGB




- Vsak subtraktivno primarni optični filter odvzame beli svetlobi tretjino barvnih dražljajev, medtem ko jiaditivno primarni optični filter odvzame dve tretjini. Ta filter prepušča le primarne barvne dražljaje (tretjino), ki jih na belem zaslonu mešamo kot

projicirane svetlobe. Aditivno primarni filtri prepuščajo primarne barvne dražljaje, subtraktivno primarni filtri pa jih zadržujejo.

Optični filtri vsebujejo snovi, ki belo svetlobo selektivno absorbirajo. To so koloranti (barvila in pigmenti). **Koloranti so substance, ki selektivno absorbirajo vidni del elektromagnetnega spektra.** Z njihovo koncentracijo ali nanosom določimo jakost modrega, zelenega in rdečega dražljaja. Koloranti so tudi v slikarskih (oljne, tempera, akvarel) barvah, v pleskarskih, tiskarskih in drugih barvah, pa tudi v vseh tistih sekundarnih svetlobnih virih, ki selektivno absorbirajo svetlobo.

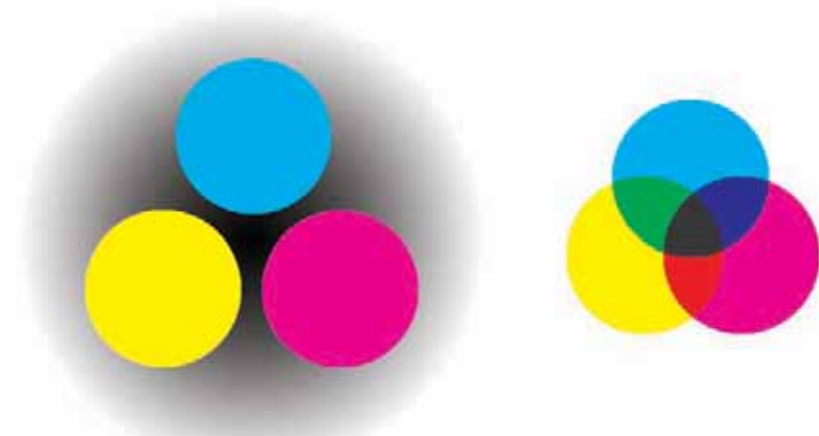
Tiskarske in druge kolorante delimo na dve veliki skupini: neprozorne ali **pokritne** in v prozorne ali **transparentne**. Pri pokritnih barvah nastaja selektivna absorpcija in odboj svetlobe na površini barvnega sloja, pri transparentnih pa se barvni dražljaji selektivno absorbirajo v njegovi notranjosti, še preden in potem ko se že odbijejo na podlagi; slika 5.14.



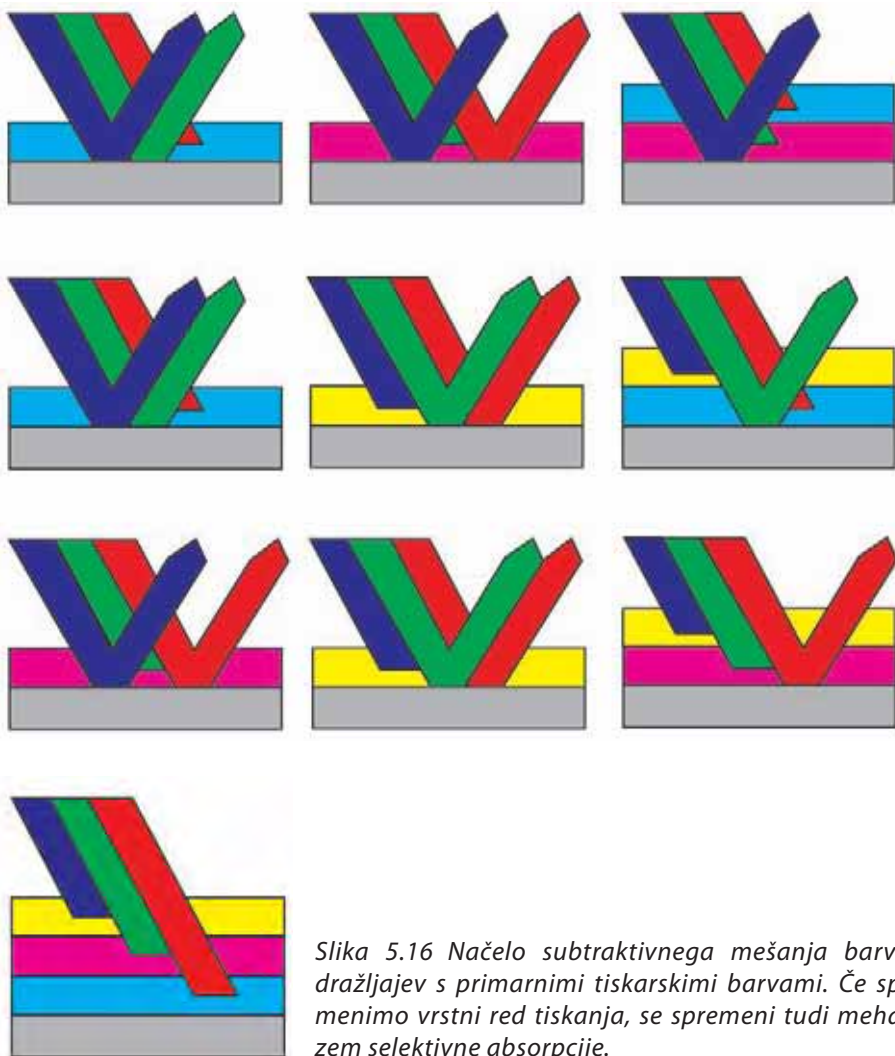
Slika 5.14 Pokritna in transparentna modra barva.

Če so tiskarske barve dovolj transparentne in deluje tiskovni material (papir) kot sekundarni svetlobni vir, ki skoraj ničesar ne absorbira, učinkujejo tudi nanese tiskarske barve (v zelo tankih slojih) kot optični filtri. S tiskanjem tiskarskih barv cian, magenta in rumene na belo podlago lahko jakost rdečih, zelenih in modrih dražljajev tako uravnamo, da dobimo več novih barvnih učinkov. Če namreč nanašamo subtraktivno primarne tiskarske barve na podlago tako, da se prekrivajo, nastanejo barvni učinki rdeče, zelene in modre barve; tam kjer se prekrivajo vse tri, nastane črna; v oko ne pride nikakršen barvni dražljaj.

Transparentne tiskarske barve cian, magenta in rumena, ki delujejo kot optični filtri, so **primarne tiskarske barve**; z njimi uravnavamo razmerje med primarnimi barvnimi dražljaji, da bi v očesu nastali novi barvni učinki. Razmerje moramo uravnati tako, da dobimo podobne ali enake barvne dražljaje kot pri subtraktivnem mešanju z optičnimi filtri ali kot pri aditivnem mešanju; slika 5.15 (primerjaj sliki v tabeli zgoraj).



Slika 5.15 Subtraktivno mešanje primarnih tiskarskih barv.



Slika 5.16 Načelo subtraktivnega mešanja barvnih dražljajev s primarnimi tiskarskimi barvami. Če spremenimo vrstni red tiskanja, se spremeni tudi mehанизem selektivne absorpcije.

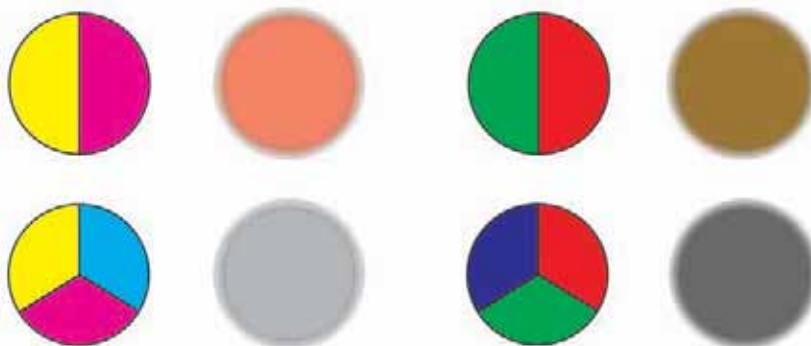
Tiskarski barvi cian in magenta dajeta barvni učinek modre barve, magenta in rumena rdeče, rumena in cian zelen barvni učinek. Vse tri primarne tiskarske barve, odtisnjene ena na drugo, tvorijo brezbarvje, to je črno. Kako nastanejo barvni učinki rdeče, zelene in modre barve, bolj natančno ponazarja slika 5.16 (primerjaj s sliko 5.13).

S proučevanjem primarnih in sekundarnih barvnih učinkov ugotovimo, da obstajajo pari, ki se pri aditivnem mešanju dopolnjujejo v barvni učinek bele, pri subtraktivnem mešanju pa v barvni učinek črne barve. Belo ali črno pa tudi nevtralne barve med njima dajeta na primer barvna učinka rdeče in cian barve; cian tvorijo modri in zeleni dražljaji, ki skupaj z rdečo dajejo belo. Podobna para sta še magenta in zelena ter rumena in modra. Opisani pari so **komplementarni barvni dražljaji** oziroma učinki: drug drugega dopolnjujejo v eno od akromatskih barv, pač glede na vrsto mešanja.

5.4 Optično mešanje barvnih učinkov

Optično mešanje pomeni zlivanje barvnih učinkov; v očesu ali možganih se pojavi v naslednjih okoliščinah:

- Če prihajajo različni barvni dražljaji na isto mesto mrežnice v zelo kratkih časovnih razmikih, se posamezni barvni učinki prekrivajo in zlijejo v nov, enovit barvni vtis. Z vrtenjem okrogle plošče, na kateri so posamezni deli različno pobarvani, pride do zlivanja v novi barvni vtis; slika 5.17. Zakonitosti so podobne kot pri aditivnem mešanju. Različne barvne vtise dobimo s spreminjanjem površin primarnih in sekundarnih barv, iz njihovih enakih delov pa dobimo sive barve. Novi barvni vtisi nastajajo zaradi **vztrajnosti zaznavanja in dojemanja** (persistenca). Če namreč gledamo predmet, ki nenadoma izgine, ostane njegova upodobitev delec sekunde še navzoča v možganih. Predmet še vedno »vidimo«, čeprav je že izginil. Ker se v tem času na istem mestu mrežnice pojavi slika drugega predmeta ali drug barvni učinek, se stari in novi barvni vtis zlijeta v enega. To se zgodi le pri dovolj kratkih časovnih presledkih, ki jim ustrezajo frekvence od 25 do 50 Hz.



Slika 5.17 Optično mešanje z barvnim kolesom oziroma barvno vrtavko; osnova je vztrajnost dojemanja – persistenca.

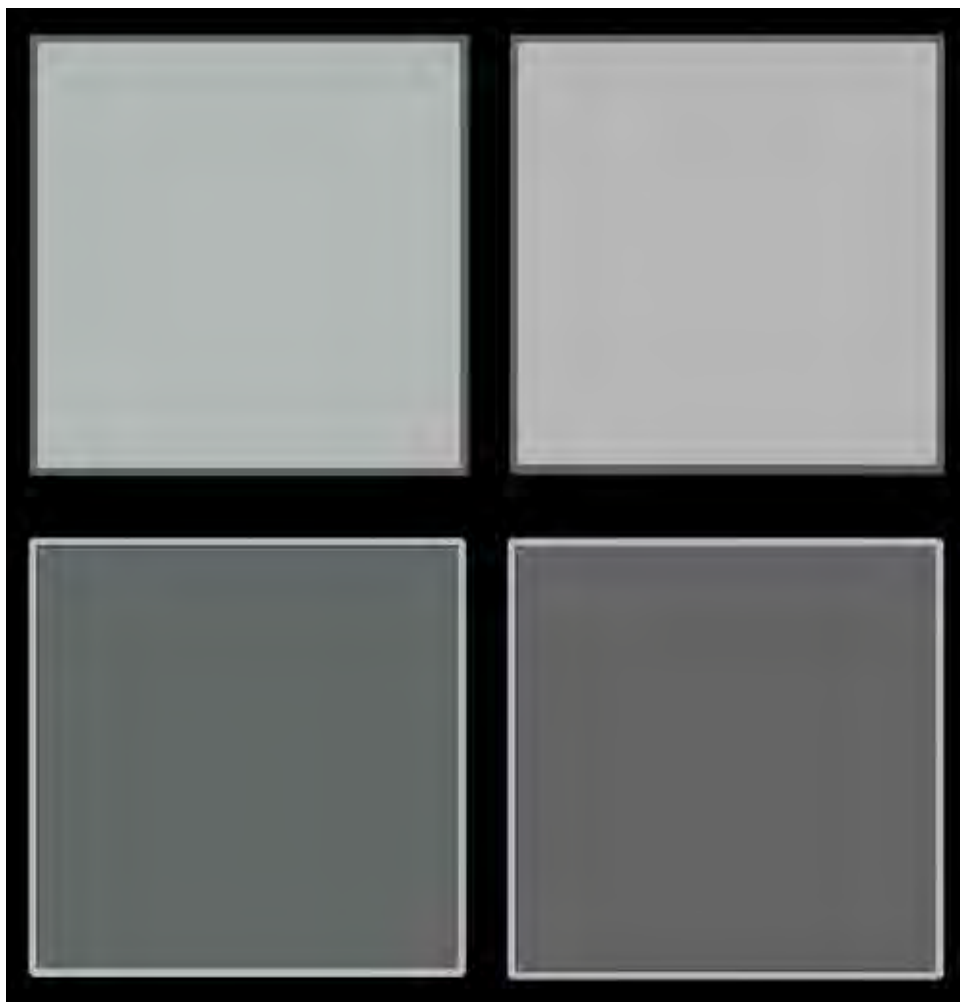
- Če prihajajo različni barvni dražljaji v oko pod tako majhnimi zornimi koti, da se projicirajo skoraj na isto mesto retine, oko ne loči več posameznih barvnih učinkov, ampak nastane en sam barvni vtis. Pri opazovanju bele ploskve, ki je v obliki mozaika prekrita s pikicami cian, magenta in rumene barve ali s pikicami rdeče, zelene in modre barve, nastane pri razdalji, ko pikic ne razlikujemo več, vtis enobarvne sive površine. Iz aditivnih primarnih barv nastane temno siva, kajti rdeče, zelene in rumene pikice odbijajo samo tretjino vpadne svetlobe, dve tretjini jo absorbirajo. Iz subtraktivnih primarnih barv pa nastane vtis svetlo sive barve, saj cian, magenta in rumene pikice odbijajo dve tretjini svetlobe, tretjino pa absorbirajo. Če so na ploskvi le pikice dveh primarnih barv, nastane vtis njune mešanice po aditivnem načelu; slika 5.18.

Novi barvni učinki nastanejo zaradi ločilne sposobnosti očesa; ta je odvisna od zornega kota in od razdalje opazovanja. Ločilna sposobnost je pri oddaljenosti 40 centimetrov okoli 6 črt/mm, pri najboljših razmerah opazovanja povprečno 10 črt/mm. Sama mrežnica ima precej večjo ločljivost, in sicer 200 črt/mm, vendar se s starostjo poslabšuje.

Barvni učinki in vtisi v prejšnjih primerih so nastali zaradi zlivanja barvnih dražljajev na mrežnici ali barvnih vtisov v možganih. Barvni dražljaji so bili v vseh primerih posledica selektivne absorpcije in so jih oddajali sekundarni svetlobni viri. Namesto tega bi lahko uporabili tudi zelo majhne primarne svetlobne vire, ki sevajo primarne dražljaje.

- O optičnem mešanju barv govorimo, ker barvni učinek ali vtis nastane šele kot posledica zaznavanja ali dojetanja posameznih barvnih dražljajev, ki se »nerazpoznavno« pojavljajo na istem mestu mrežnice. Optično mešanje nastane izključno zaradi psihofizikalnih značilnosti očesa in psiholoških pojavov v živcih in možganih.
- Barvne mešanice, ki jih dobimo pri optičnem mešanju, so podobne tistim pri aditivnem; ker tudi nastanejo po enakih zakonitostih, literatura optično mešanje preprosto uvršča kot eno od oblik aditivnega mešanja. Najlepši dokaz, da to ne drži, je dejstvo, da pri mešanju z barvno vrtavko iz barvnih učinkov bele in črne barve (akromatične barve) lahko dobimo barvne učinke rdeče in cian barve (kromatične barve). Aditivno mešanje barvnih dražljajev tega nikoli ne omogoča.
- Pri aditivnem in subtraktivnem mešanju je barvni učinek posledica enega samega monokromatskega ali polikromatskega dražljaja, ki nastane zunaj vizualnega sistema. Pri optičnem mešanju se barvni učinek ali barvni vtis oblikuje iz različnih mono- ali polikromatskih barvnih dražljajev šele v sistemu, in sicer zaradi njegovih sposobnosti in/ali pomanjkljivosti.
- V literaturi večina avtorjev navaja televizijo kot značilen primer aditivnega in tisk kot primer subtraktivnega mešanja. To preprosto ne drži, kajti v obeh primerih gre za optično mešanje. Slikovni elementi na zaslonu so ločene slikovne točke, ki resda modulirajo primarne barvne dražljaje, da v očesu povzročajo nastanek modrih, zelenih in rdečih barvnih učinkov, vendar se ti med seboj mešajo šele na mrežnici, to pa je optično mešanje po aditivnem načelu. Natisnjeno barvno sliko po drugi strani tvorijo

rastrske pike cian, magenta in rumene barve; te subtraktivno modulirajo primarne dražljaje (modre, zelene in rdeče), ki se v očesu mešajo optično po aditivnem načelu. V tem primeru so prisotne kar vse tri oblike mešanja, zato govorimo o rastrskem (avtotipijskem) mešanju barvnih učinkov (glej tudi poglavje 7). Pravo aditivno mešanje je značilno samo za mešanje barvnih svetlob v gledališču ali diskoteki, subtraktivno samo za barvno fotografijo. Celo v kinematografiji se zaradi gibljivih slik pojavlja tudi optično mešanje, ki povzroča številne psiho-fizikalne zaznave in doživetja.



Slika 5.18 Optično mešanje na podlagi ločilne sposobnosti očesa. Sivi barvni učinki na levi polovici nastanejo zaradi barvastih pikic, tisti na desni strani slike pa zaradi črnih na beli podlagi. Tudi tokrat nastane zaradi ločljivosti očesa enovit barvni vtis, ki pa je bolj nevtralen kot tisti na levi strani. Svetlost površine moduliramo z velikostjo pikic. Ker zgornje sivo polje na levi strani absorbira približno tretjino svetlobe, so črno-bele pikice na desnem polju manjše kot na spodnjem. Da bi dosegli enako svetlost obeh polj, morajo biti tu večje, kajti levo sivo polje absorbira približno dve tretjini svetlobe.

5.5 Opisovanje barv – barvni atlasi, barvne karte in zbirke

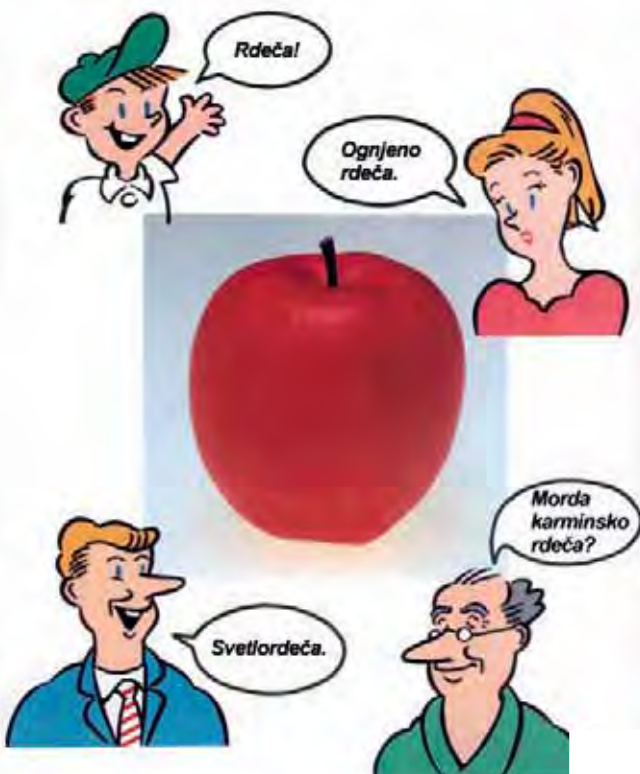
»Modro morje« in »modro nebo«. Vsak posameznik, ki sliši ti besedni zvezi, si predstavlja različni modri barvi, kajti vsakdo po svoje zaznava in doživlja barve, vsakdo ima pri tem drugačne izkušnje. Barva je stvar osebnega dožemanja in doživljanja (interpretacije).

Pri dožemanju in doživljanju barv vloga možganov ni samo ta, da signale, ki jih posreduje oko, spremenijo v primerno vizualno predstavitev. Če bi bilo tako, ne bi bilo razlike med barvnim učinkom in barvnim vtisom. Možgani imajo vlogo vsestransko programiranega računalnika, ki sporočila očesa ne le razbira, temveč jih tudi dodatno kombinira ali primerja z že shranjenimi (izkušnje). Oko zazna predvsem razmerje, v katerem so aktivirani barvni receptorji, zato barvne učinke razmeroma zlahka opišemo. Povsem drugače je z barvnimi vtisi, barvami, ki jih dojemamo in doživljamo.



Slika 5.19 Kako bi opisali barvo te vrtnice? Rumena, limonasto rumena, morda svetlo kanarčkasto rumena? Opisovanje barv se razlikuje od posameznika do posameznika; pogoje no je s številnimi fiziološkimi dejavniki, kot so vzgoja, izobrazba, rasa, spol, starost idr. Vsak opazovalec interpretira barvno doživetje (barvo) po svoje, opis pa se ravna tudi po njegovem besednem zakladu; zato se o barvah zelo težko sporazumevamo med seboj. To zadre go smo presegli s standardiziranim numeričnim opisovanjem barv, ki ga izvajamo z dovolj ponovljivimi in primerljivimi instrumentalnimi meritvami.

Opisovanje barv z imeni je najstarejše in splošno uveljavljeno: modra, zelena, rdeča, oranžna, purpurna, tirkizna, karmin, peščena, puščavska, siva, črna, bela, slonokoščena ipd. Na žalost je imen premalo, o barvah pa tudi premalo in nezanesljivo povedo (na primer: puščavska – peščena, kakšna rdeča?). Človek vidi najmanj 16,7 milijona barv, v angleščini pa je zanje le 3500 imen. Imena barv se spreminjajo tudi z »razvojem« jezika. Danes rdeča ni ista kot je bila v Prešernovih časih. Če se ozremo na rdečo barvo jabolka s slike 5.19, najdemo zanjo v angleščini naslednja splošna imena: vermilion (*cinober, živo rdeča barva, živo rdeč*), cinnabar (*cinober*), crimson (*temno rdeč, temno rdeče barvati*), rose (*rožnata barva, rožnat*), strawberry (*jagodno rdeča*), scarlet (*škrlatna*). S pridevniki bright (*svetel, jasen*), dull (*temen, medel*) in deep (*globok*) jo lahko malo natančneje opišemo. Izrazi, kot je na primer bright red (svetlo rdeča), veljajo kot sistematična imena barv.



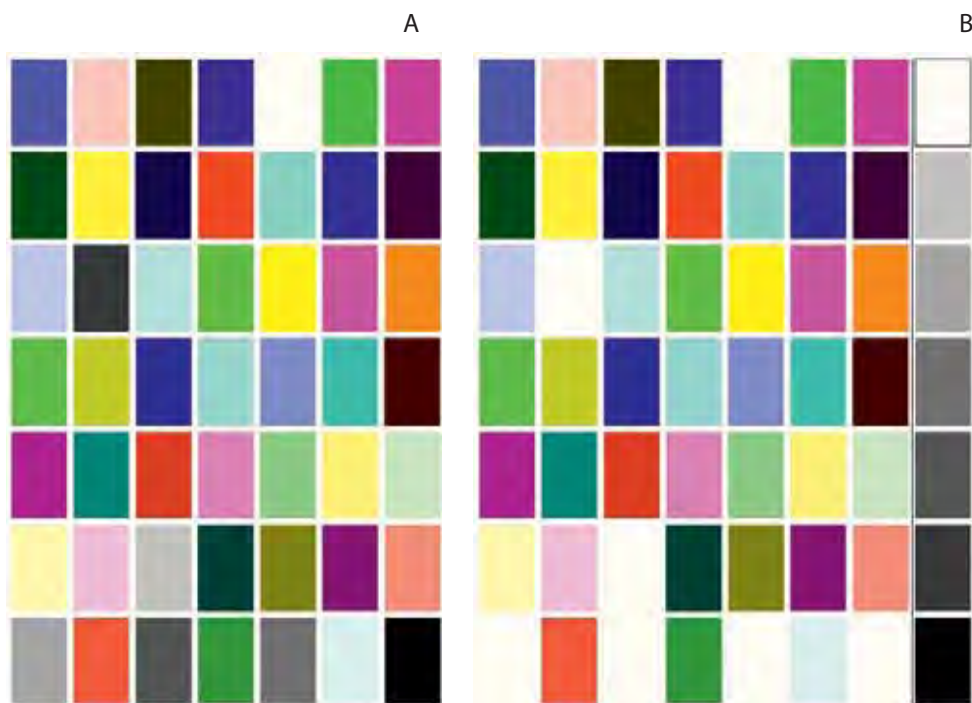
Slika 5.20 Če pokažemo isto jabolko štirim različnim ljudem, bomo zelo verjetno dobili štiri različne opise njegove barve. Četudi ljudje v enakih razmerah opazujejo isti predmet (v tem primeru jabolko), jih spomni na različne izkušnje in primerjave, zato isto barvo vsakdo opiše s svojimi (drugimi) besedami. In drugače: če pravimo, da je barva jabolka »ognjeno« rdeča, si vsakdo predstavlja drugačno barvo; spektralna občutljivost fotoreceptorjev namreč priljudih ni enaka. Tudi nekateri ljudje z »normalnim« vidom imajo oči bolj občutljive za modro ali rdeče območje kot drugi, kar pa se z leti spreminja. Isti predmet doma ima v naši mladosti drugačno barvo, kot jo bo imel na stara leta. Opisovanje barv z besedami je očitno preveč nezanesljivo in zapleteno. Zato nujno potrebujemo standardne, ponovljive in natančne metode ter tako preprost barvni opis, da ga vsakdo razume.

Slika 5.21 Medtem ko segajo začetki numeričnega opisovanja barv v prvo četrtino 19. stoletja, je šele v osemdesetih letih 20. stoletja računalniška tehnologija omogočila razvoj triobmočnih fotometrov in spektrofotometrov za opisovanje barvnih učinkov. Kljub vsemu barv, barvnih vtisov in doživetij še vedno ne znamo prav opisati (vzroki so bolj natančno opisani v poglavju 5.8 Dojemanje in doživljanje barv). Obe vrsti instrumentov merita svetlobo, ki jo objekt odbija ali prepušča. Razlika je v tem, da triobmočni fotometer analizira barvni dražljaj podobno kot človeško oko (ima tri fotoelemente, po enega za modri, zeleni in rdeči del spektra), spektrofotometer pa pri izbranem koraku analizira njegov spektralni ustroj najpogosteje v območju od 360 do 740 nm na vsakih 10–20 nm. S tem dobimo spektrofotometrično krivuljo, ki je uporabna za vsakršne barvometrične preračune. O tem bolj podrobno v poglavju 5.7 Barvna metrika.



Barv vseeno ne moremo dovolj natančno opisati samo z imeni. Tudi zato ne, ker se nanašajo samo na eno značilnost, samo na eno barvno dimenzijo. Do take ugotovitve pri-
demo, če želimo barve zaradi opisovanja z imeni razvrstiti po določenem sistemu.

Množico barv vsakdo razdeli najprej v dve skupini: v podmnožico sivih, bolj ali manj akromatičnih (nepestrih) barv in v podmnožico kromatičnih (pestrih) barv. Izločene sive barve lahko razvrstimo po **svetlosti**. Najsvetlejša je bela, sledijo svetlo sive, temno sive in na koncu črna. Svetlost je edina lastnost, po kateri se razlikujejo akromatične, nevtralne barve in toni; slika 5.22.



Slika 5.22 Množica barv (A), iz katere smo izbrali samo akromatične in jih razvrstili po svetlosti/temosti (B).

Množico pestrih barv razdelimo v podmnožice na več načinov, ne le po njihovi svetlosti. Čeprav so nekatere svetlejše od drugih, na primer rumena je svetlejša od rdeče ali modre, pa jih najlažje razvrstimo prav s pomočjo njihovih imen. Ta se nanašajo na njihovo osnovno lastnost, to je **barvitost**. Pove, za kakšno vrsto barve gre in je določena z njenim imenom. Nasprotno je barvitost tista lastnost, na katero se nanašajo imena barv. Barvitost je tudi lastnost, s katero ločimo posamezne dele spektra, in osnovna lastnost, s katero se ločijo kromatične in akromatične barve, sive pa od nevtralnih; slika 5.23.

Z opazovanjem množic, ki smo jih izločili na podlagi barvitosti, barve razdelimo v še manjše podmnožice. Lastnost, ki je že znana, je svetlost. Množico rumenih barv uredimo po svetlosti od najtemnejših do najsvetlejših tako, da jih primerjamo z enako sve-

tlimi nevtralnimi barvami na lestvici od bele do črne. Ko so urejene, imamo vtis, kot da smo kakšni barvi primešali črno; tako kot pri tonih, ki jih dobimo z mešanjem bele in črne (slika 5.24). Podobno storimo z vsemi drugimi.



Slika 5.23 Razvrstitev barv po barvitosti.

Poleg barvitosti in svetlosti pa imajo pisane barve še eno lastnost: to je **nasičenost**. Nasičenost pove, kako se kakšna barva razlikuje od enako svetle sive barve. Zdi se, kot da smo jo »razredčili« z večjim ali manjšim deležem bele oziroma sive barve. Barve, ki jim zmanjšamo nasičenost, so bolj blede, belkaste ali sivkaste; slika 5.24.

Kromatične barve se torej od akromatičnih razlikujejo po barvitosti in nasičenosti. Barvitost in nasičenost določata njihovo kakovost, svetlost pa količino. Kakovost določa tudi njihova **kromatičnost – pestrost**. To je lastnost, ki pove, kako se kakšna barva razlikuje od popolnoma bele barve. Kromatične barve se razlikujejo po barvitosti, tiste ene same barvitosti pa po svetlosti in nasičenosti. To so barvni odtenki; slika 5.24.



Slika 5.24 Razvrstitev zelenih barv po svetlosti vidimo od zgoraj navzdol, po nasičenosti pa od leve proti desni. Sprememba nasičenosti in svetlosti pri enaki barvitosti določa **barvni odtenek**.

- Izrazi za opisovanje barv (barvnih učinkov in barvnih vtisov) so: barvitost, nasičenost in svetlost.
- **Barvitost** (v literaturi tudi barvni ton, barvnost) določa vrsto barve (zeleni, modri, rdeči, magenta, ipd). To je lastnost, ki kaže, kakšna je selektivna absorpcija svetlobe; občutek, s katerim najlaže razlikujemo barvo od barve in ki se odraža v njenem imenu.
- **Nasičenost** določa delež sive ali bele barve v poljubni kromatični barvi. Najbolj nasičene so spektralne barve, ki jih povzročajo monokromatski barvni dražljaji. V njih ni bele barve ali svetlobe. Zato nasičenost razumejo tudi kot delež čiste spektralne barve v določeni barvi. Nasičenost pove, kako blizu

sive je poljubna barva. Nasičene barve so od sivih zelo oddaljene, zato so »čiste« in »žive«; nenasičene so zelo blizu akromatičnih, zato so »umazane« (motne) in »mrtve«.

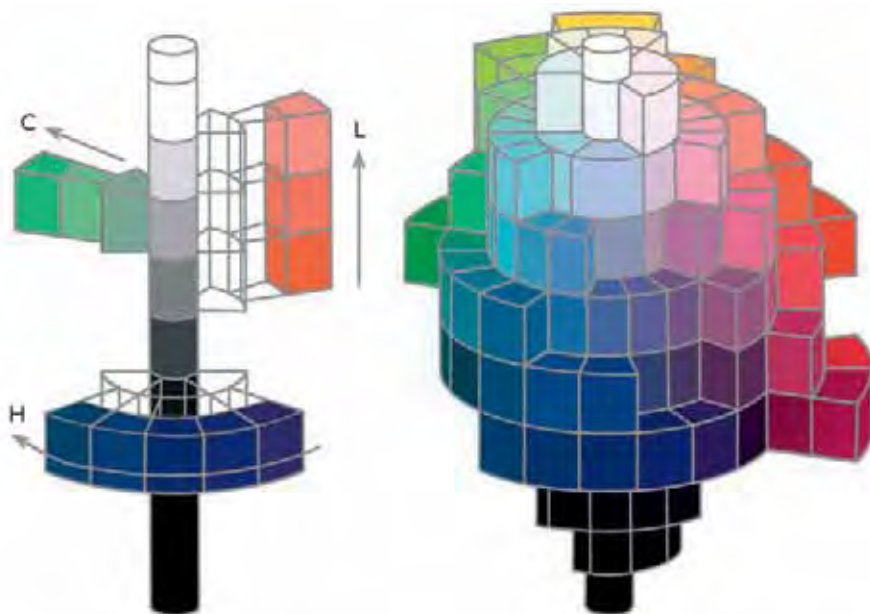
- **Svetlost** je lastnost, ki določa, koliko svetlobe odbija ali prepušča barva. Nanaša se na delež popolnoma črne barve. V tem smislu so barve svetle in temne.
- Kromatične barve imajo vse tri lastnosti: barvitost, nasičenost in svetlost. Akromatične, nevtralne barve in toni imajo eno samo lastnost: svetlost. Sive barve so skoraj nenasičene kromatične (pestre) barve. Zdiyo se kot nevtralne barve, kar pa v resnici niso. Vsaka siva barva ima rahel, prevladujoč barvni odtenek.
- Barvitost je tista lastnost kromatičnih barv, na katero se nanašajo njihova imena. Pri poimenovanju barv vlada zmešnjava, ker z enakimi imeni poimenujemo barve različnih barvitosti, še pogosteje pa barve enake barvitosti z različnimi imeni. Tudi imena primarnih in sekundarnih barvnih učinkov so različna.

PREDLOG IMENA								
Eggert	<i>rdeča</i>	<i>zelena</i>	<i>modra</i>	<i>modro-zelena</i>	<i>purpurna</i>	<i>rumena</i>		
Küppers	<i>oranžna</i>	<i>zelena</i>	<i>vijoličasta</i>	<i>cian</i>	<i>rdeča</i>	<i>rumena</i>		
Schauer	<i>oranžno-rdeča</i>	<i>zelena</i>	<i>vijoličasta</i>	<i>cian-modra</i>	<i>magenta-rdeča</i>	<i>rumena</i>		
NAGRA	<i>rdeča</i>	<i>zelena</i>	<i>modra</i>	<i>cian</i>	<i>purpurna</i>	<i>rumena</i>		
KODAK in AGFA	<i>rdeča</i>	<i>zelena</i>	<i>modra</i>	<i>cian</i>	<i>magenta</i>	<i>rumena</i>		
SIST ISO	<i>rdeča</i>	<i>zelena</i>	<i>modra</i>	<i>cian</i>	<i>magenta</i>	<i>rumena</i>	<i>bela</i>	<i>črna</i>
angleško	<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>	<i>Cyan</i>	<i>Magenta</i>	<i>Yellow</i>	<i>White</i>	<i>black</i>
kratica	R	G	B	C	M	Y	W	K

- V grafični dejavnost upoštevamo nomenklaturu po standardih SIST ISO, zato uporabljamo tudi kratice, ki izvirajo iz angleških imen – tako kot v sistemu SI enot za fizikalne veličine.
- Svetlost pisanih barv je različna. Rumene in zelene so zelo svetle, modre in rdeče pa zelo temne.

S pomočjo barvitosti, nasičenosti in svetlosti lahko izdelamo sistem za opisovanje barv. Taki sistemi se imenujejo **barvni atlasi** ali **barvna telesa**. Barvna telesa zato, ker tri

lastnosti barv lahko opišemo s tremi prostorskimi dimenzijami. Osnova barvnega telesa je **barvni krog**, v katerem so barve razvrščene po barvitosti, in **lestvica tonov**, od bele do črne. Če položimo lestvico tonov pravokotno na barvni krog in skozi njegovo središče nastane tridimenzionalno barvno telo; slika 5.25. V središču barvnega kroga in telesa so vedno akromatične, na njegovem obodu pa najbolj nasičene kromatične barve. S premikanjem po vertikali se spreminja svetlost vsake od barv na krogu.



Slika 5.25 Barvni krog z lestvico tonov (siva skala, sivi klin, nevtralna skala) v sredini tvorita tridimenzionalni sistem za opisovanje barv. Prostorske dimenzije, kot so širina, višina in globina ustrezajo barvitosti, nasičenosti in svetlosti. Na vrhu barvnega prostora je popolnoma bela barva, na dnu pa je popolnoma črna. Barvitost se spreminja, če se premikamo po obodu barvnega kroga, in sicer pri kateri koli svetlosti. Nasičenost pri izbrani barvitosti se spreminja, če se premikamo z oboda v notranjost proti nevtralni osi, ali nasprotno. Razumljivo je, da je barvni krog pri nižji svetlosti temnejši in pri višji svetlejši, ni pa nujno, da je tudi manjši, kot prikazuje slika.

V najpopolnejših barvnih atlasih je do 70.000 vzorcev; so primerno označeni in jih uporabljamo za opisovanje barvnih vtisov. To so materialni barvni vzorci, ki morajo biti vizualno enakomerno razporejeni. Barvni atlas teoretično zaobjema vse vidne barve, ne glede na to, ali jih je mogoče fizično izdelati. Izpolnjevati mora naslednje pogoje:

1. Barve morajo biti v barvnem prostoru razporejene vizualno enakomerno, kar velja za vse tri značilnosti: barvitost, nasičenost in svetlost.
2. Materialno mora biti v atlasu kar največ barvnih vzorcev. Atlas mora minimalno obsegati vzorce za 20 do 40 barvitosti, za 5 do 10 svetlosti in nasičenosti, kar zneso najmanj 500 do 4000 vzorcev; najpogosteje je v barvnem atlasu od 550 do 1700 vzorcev.
3. Barvni vzorci morajo biti definirani tudi s primernim triobmočnim opisom CIE.

Po drugi strani so **barvne karte** praviloma utemeljene na izbrani metodi barvnega mešanja. Zato nikoli ne ponazarjajo vseh barv, le tiste, ki jih je v danih razmerah mogoče upodobiti. Značilne so na primer barvne karte za rastrsko mešanje v ofsetnem tisku; s procesnimi barvami (cian C, magenta M, rumena Y in črna K) so natisnjene na izbrani papir (sijajno, motno premazan, naravni, časopisni) in seveda prikazujejo le tiste barve, ki jih je tam mogoče dobiti. Na robovih barvnega prostora, ki ga zaobjema barvna karta, so primarne in sekundarne barve; te tvorijo izhodišče za mešanje vseh drugih.

- Barvna karta vizualno ponazarja barvne učinke, ki jih v standardiziranih razmerah dobimo z značilnimi razmerji (recepturami) primarnih tiskarskih barv (standardiziran komplet procesnih barv po SIST ISO itn.).
- Isti recept iz poljubne barvne karte tvori v spremenjenih razmerah popolnoma druge barvne učinke. Enako velja za upodobitve na neumerjenih zaslonih računalniških monitorjev, kjer programska oprema ne more simulirati upodobitev v tisku.

Barvne zbirke, kot so na primer Pantone, HKS, RAL in druge, nimajo nič skupnega z barvnimi atlasi in kartami. Barvni vzorci tam niso vizualno enakomerno razporejeni, pogosto tudi ne sistematično, na podlagi barvitosti, nasičenosti in svetlosti. Zato barvne zbirke ne moremo uporabiti za opisovanje in urejanje barv, pač pa najpogosteje le za receptiranje. Po drugi strani so v zbirkah tudi vzorci specialnih barv, kot so zlate, kovinske, refleksno modre, pokritne in take, ki jih ni mogoče dobiti z mešanjem osnovnih tiskarskih barv ipd. Še pogostje so iste tiskarske barve (recepti) natisnjene na različne tiskovne materiale in vzorci neprimerljivi z drugimi.

- **Barvni atlas** omogoča, da sistematično opišemo in uredimo vse barve, ki jih človek vidi, ne glede na to, ali je take vzorčke mogoče tudi materialno pripraviti. V Ameriki je najbolj razširjen barvni atlas The Munsell Book of Color, v Evropi pa DIN 6164 in NCS (Natural Colour Systems).
- **Barvna karta** materialno ponazarja barvne učinke, ki jih je mogoče z danimi tiskarskimi barvami dobiti v izbranih razmerah tiskanja, na primer v ofsetnem tisku, sitotisku, s kapljičnim tiskalnikom ipd. Barvni učinki so sicer sistematično urejeni, vendar ne vizualno, marveč na podlagi receptur, s katerimi jih upodobimo. Recepture so vedno enake, ne glede na to, kako je barvna karta natisnjena, zato se upodobljeni barvni učinki od enih do drugih razmer bistveno spreminjajo. Splošno uporabne barvne karte, ki veljajo za tako ali drugače standardizirane razmere tiskanja, so: Focoltone, Trumatch in VierFarbSelector, v Sloveniji pa Barvna karta Gorenjski tisk in UNI-COLOR 2005, Delo.
- **Barvna zbirka** vsebuje materialne vzorce barv s pripadajočimi recepti. Tudi ti veljajo samo v določenih razmerah, navadno brez kakršne koli poglobljene sistematične ureditve. Najbolj razširjeni barvni zbirki sta Pantone in HKS, slednja skoraj samo v Evropi.



Slika 5.26 Leta 1905 je ameriški umetnik Albert H. Munsell razvil sistem za opisovanje barv, tedaj so govorili o razvrščanju barv, ki je v izpopolnjeni obliki še danes v rabi (Munsell Renotation System). Munsellov sistem je pomemben tudi zgodovinsko, kajti kot prvi je bil utemeljen na vizualnem dojetanju barv. To je bila tedaj edina razumna rešitev, saj ni bilo na voljo nobene druge instrumentacije za numerično opisovanje barv.

V Munsellovem sistemu barvo opisuje kombinacija črk in števil (H V/C). Črke se nanašajo na tri značilnosti: HUE ustreza barvitosti, VALUE svetlosti, CHROMA pa nasičenosti barve. To so tudi tri prostorske dimenzije, s katerimi je Munsell izdelal »barvno drevo«, na katerem so vsi sosednji vzorci **vizualno in numerično** enakomerno oddaljeni. Na zgornji sliki vidimo fotografijo in dve shemi Munsellovega barvnega drevesa. Navpična os v sredini predstavlja svetlost. Na dnu je črna barva, ki ima VALUE 0, povsem na vrhu je bela, VALUE 10; med njima so vizualno enakomerno razporejene nevtralne barve (sive barve brez odtenka). Po obodu so barve razdeljene v 10 osnovnih barvitosti z oznakami HUE H1 do HUE H10. Vsako barvitost predstavlja »rezina« oziroma polovični presek skozi barvno telo. Ta obsega nevtralno os v sredini in najbolj nasičene barve na obodu. Premica med osjo in obodom predstavlja nasičenost oziroma CHROMO od C0 do C10. Najbolj nasičene barve s CHROMO 10 so na obodu barvnega telesa.

5.6 Svetloba in razmere za primerjanje barv

Na doživljanje in opisovanje barv učinkujejo številni dejavniki; ista oseba iste barve ne vidi vedno (dvakrat) enako. Staranje smo že omenili, veliko pomebnejši pa so:

Velikost vzorca in vidno polje. Pogosto se zgodi, da smo nad barvo, ki smo jo izbrali na podlagi majhnih vzorcev, razočarani (ko z njo prepleskamo stene). V primerjavi z majhnim vzorcem je navadno svetlejša, enako pa velja tudi za vzorčaste tapete. Barve na večjih površinah so praviloma svetlejša in bolj žive kot enake barve na manjših površinah. To je površinski učinek in pomeni, da barv, ki bodo na velikih površinah, ne smemo izbirati na podlagi majhnih vzorcev; velja tudi nasprotno.

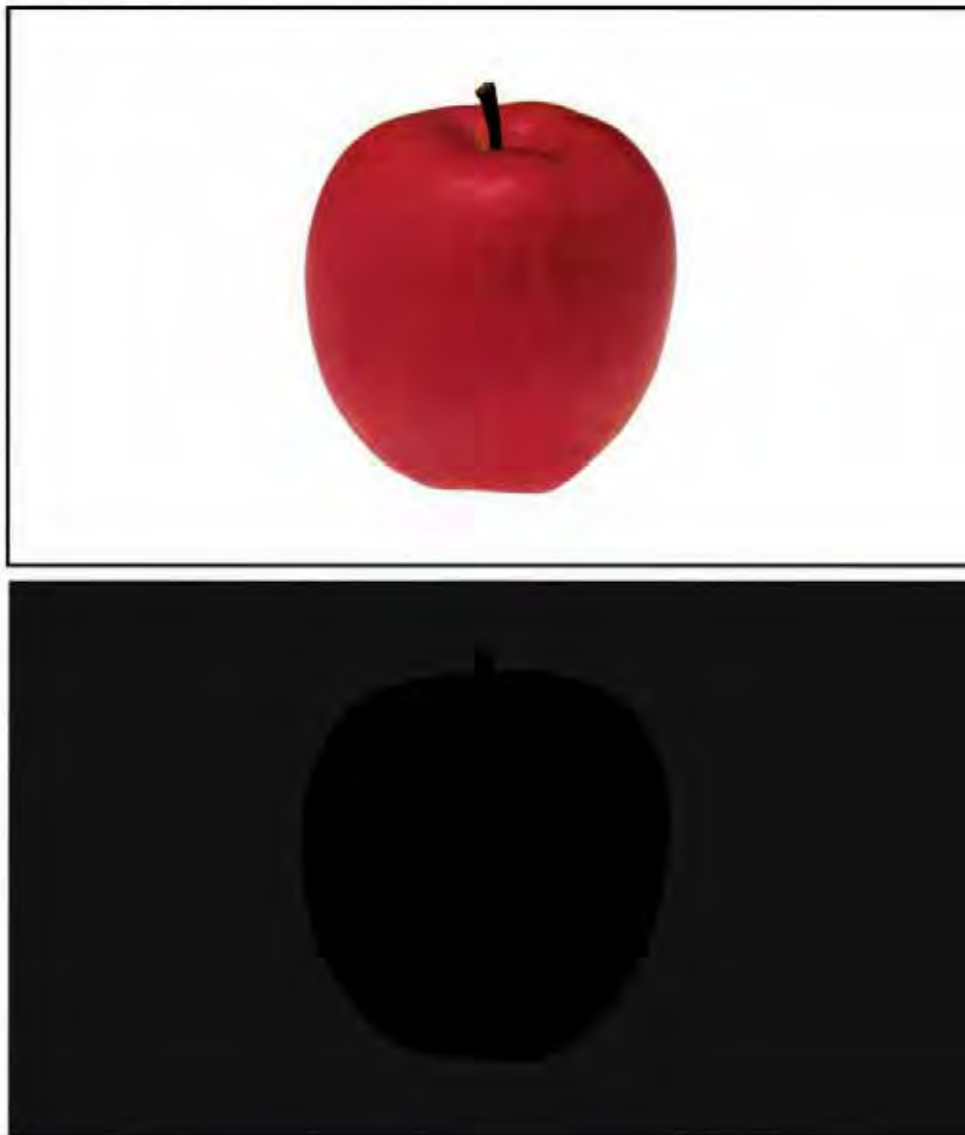
Veliko natančneje kot barvne vtise je mogoče opisovati barvne učinke. Opisovanje ne temelji na subjektivni oceni, marveč na objektivnih meroslovnih primerjavah. Z njimi vrednotimo lastnosti, ki ustrezajo barvitosti, nasičenosti in svetlosti. Barvne učinke uporabljamo pri vodenju tehnoloških procesov, opisovanje barvnih vtisov pa je pomembnejše pri vrednotenju, načrtovanju in grafični podobi izdelkov.

Barva okolice – zunanje polje. Če jabolko na sliki 5.27 postavimo pred svetlo ozadje, je njegova barva temnejša (bolj motna - duller), kot če ga postavimo pred temno. To je vzajemni ali simultani kontrast, ki ga bolj natančno opisuje poglavje 5.8. Ozadje za opazovanje barv mora biti nevtralnno, enako pa velja tudi za računalniške zaslone, na katerih imamo opravka z barvami.

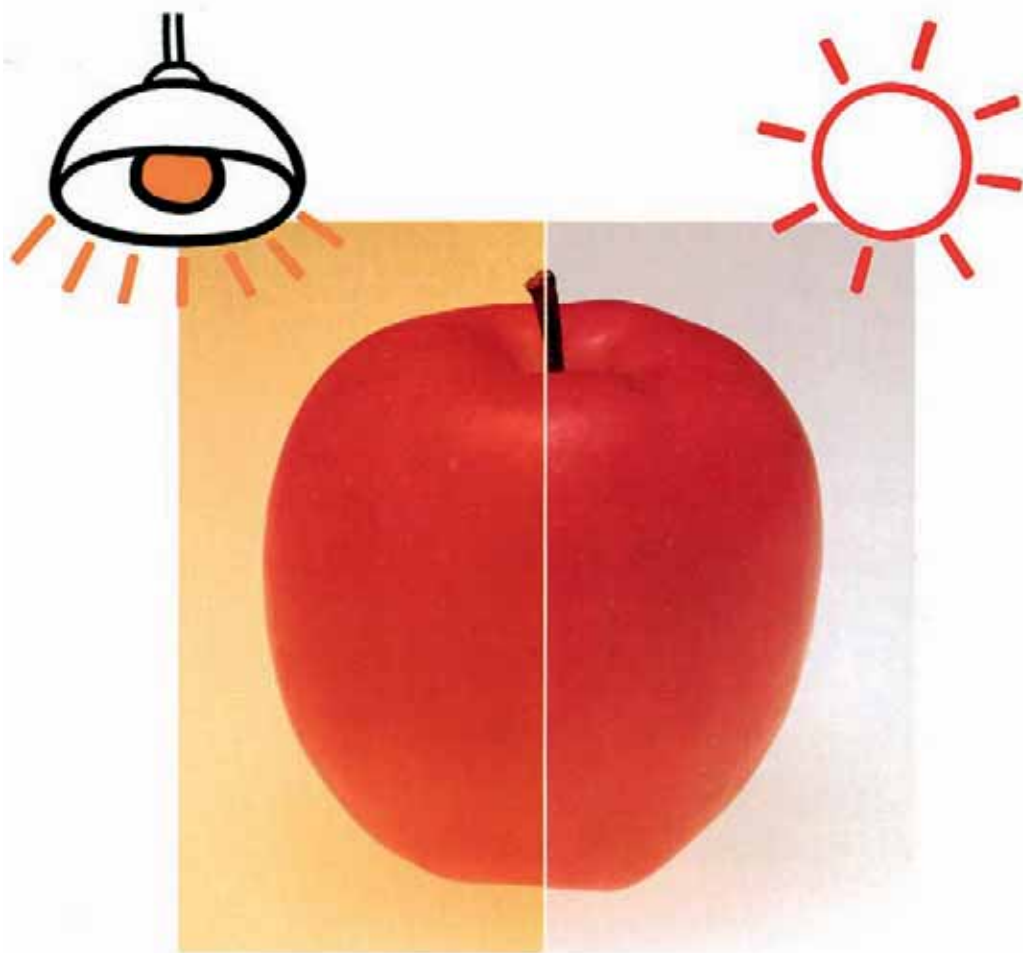
Zorni in osvetlitveni kot. Pri opazovanju avtomobila kaj hitro ugotovimo, da se njegova barva spreminja, če spreminjamo položaj opazovanja. Ne le, da postaja svetlejša ali temnejša, spreminja se tudi njena barvitost, zlasti pri kovinskih barvah in lakih. Včasih se zdi, da so blatniki drugačne barve kot vrata. Takšen vtis dobimo zato, ker določene snovi v različnih smereh odsevajo različne barvne dražljaje, kar pa se spreminja tudi s kotom, pod katerim so osvetljeni (zorni in osvetlitveni kot – *viewing angle, illumination angle*). Oba kota morata biti pri opazovanju barv standardizirana, najmanj pa vedno enaka, če želimo, da bo opis barve neoporečen.

Svetloba. Jabolko, ki je v dnevni sončni svetlobi zelo slastno, nekako ne daje enakega vtisa v fluorescenčni svetlobi trgovine. V vsaki svetlobi, sončni, fluorescenčni, navadni (žarnica) daje isti predmet drugačen barvni vtis; če daje enakega, sta svetlobi v tem primeru pogojno enaki. Vendar je trditev resnična le tako dolgo, dokler se ne navadimo na videz jabolka, in njegove trenutne barve ne primerjamo s tisto, ki smo si jo zapomnili.

V grafični dejavnosti in fotografiji sodi med temeljna znanja dejstvo, da lahko skladnost med predlogo in natisnjeno reprodukcijo zagotovimo le v natančno določenih razmerah osvetljevanja in opazovanja. Če uporabljamo v tehnološkem procesu drugačne razmere opazovanja kot kasneje pri uporabi tiskovine, se zaradi metamerizma pojavijo velika in neželena odstopanja, posledica pa so neupravičene reklamacije. Vse značilne razmere za opazovanje (presojanje) barv in slik v grafični dejavnosti (grafična priprava, tisk, uporaba tiskovin) zelo precizno predpisuje standard *SIST ISO 3664 Razmere za opazovanje – tiskovine, diapozitivi (prosojnice) in substrati za grafično tehnologijo in fotografijo*.



Slika 5.27 Jabolko v beli svetlobi in brez svetlobe. Vemo, da brez svetlobe ni barv. Tudi če zapremo oči, jih ne vidimo. In če v prostoru ni nobenega predmeta ali snovi, tudi ni barv. Vse tri komponente, svetloba, vid in snov, morajo biti prisotne, da bi videli barve. Barve, ki jih vidimo in doživimo, pa so odvisne od razmer, v katerih predmete opazujemo, najbolj od »bele barve« svetlobe.

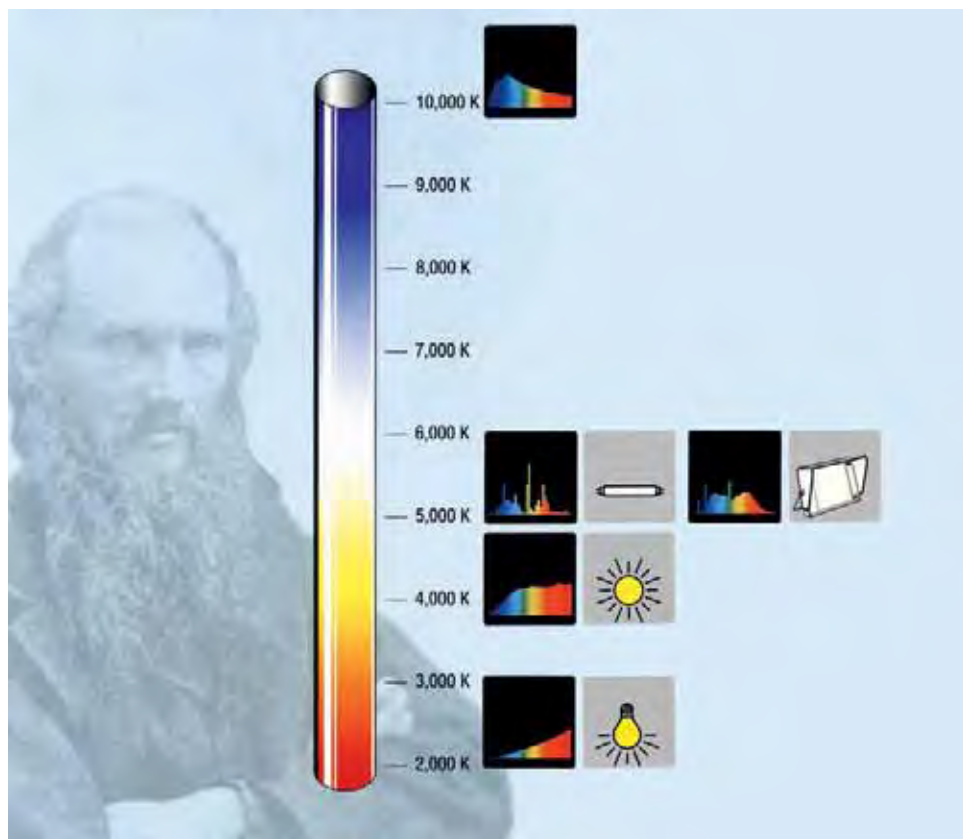


Slika 5.28 Jabolko v svetlobi navadne žarnice in v dnevni, sončni svetlobi. Isti predmet ni enake barve. Dokler se ne privadimo.

Desno zgoraj slika 5.29 Razmere, v katerih opazujemo odtise, odsevne in presevne predloge v grafični dejavnosti, odločilno učinkujejo na njihov videz. Dnevne svetlobe ne smemo uporabljati, ker se preveč spreminja z vremenskimi razmerami. Svetloba navadne žarnice preveč potencira rumeno rdeče barve; fluorescenčna svetloba je bodisi preveč rumena, zelena ali modra. Po standardih SIST ISO 12647-1,2,3 je zato predpisana svetloba z barvno temperaturo 5000 K. To je povprečna »bela« svetloba, ki jo je mogoče doseči s precizno izdelanimi in umerjenimi fluorescenčnimi viri svetlobe (kalibrirane in atestirane žarnice). Zorni kot pri opazovanju mora biti 45 stopinj; le tako se sijajni odtisi ne bleščijo.



Slika 5.30 Svetlobna komora, omara, kabina. S standardi predpisane razmere za opazovanje barv lahko najbolj učinkovito zagotovimo le s svetlobno kabino. Z njo lahko predmet osvetlimo s svetlobo različne barvne temperature, z ali brez vključene UV-komponente. Slika ponazarja osvetlitev s povprečno dnevno svetlobo (6500 K, standardizirana svetloba CIE D65), z vzhodno oziroma zahodno sončno svetlobo (2300 K), s hladno fluorescenčno svetlobo (4150 K) in s svetlobo navadne volframove žarnice (2856K, standardizirana svetloba CIE A). Komora omogoča tudi opazovanje s standardizirano svetlobo po standardu SIST ISO 3664 (CIE D50 – 5000 K), ki je predpisana v grafični dejavnosti. Z naštetimi svetlobami lahko razmeroma preprosto opazujemo tudi metamerizem oziroma pogojno enakost barvnih učinkov. Stene v komori morajo biti nevtralno sive, tako da odsevajo od 10 do 60 odstotkov vpadne svetlobe.



Slika 5.31 Barvna temperatura (svetlobe). Barvo svetlobe vrednotimo z barvno temperaturo v **kelvinih** (K). Kelvinova temperaturna lestvica je absolutna in se začneja pri $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, teoretično najnižji temperaturi. Če neko telo, denimo kos kovine, segrevamo, začne počasi žareti: najprej oddaja »zamolklo« rdečo svetlobo, nato oranžno in rumeno, pri višjih temperaturah pa belo svetlo modro in končno modro svetlobo (pri segrevanju ne smejo nastati fizikalno-kemične spremembe snovi). Barvo svetlobe, ki jo snov oddaja, smemo zatorej opisati kar z absolutno temperaturo, pri kateri se to zgodi: 1500 K označuje na primer rdečo svetlobo, 2500 K rumeno, 15000 K modro. Svetlobo podobnih barv oddajajo tudi druga telesa, pri čemer jih ni treba segrevati na tako visoke temperature. Kljub temu pravimo, da ima plamen sveče barvno temperaturo 2000 K, dnevna svetloba zjutraj in zvečer okoli 5000 K, opoldanska sončna svetloba 5400 K, oblačno nebo 6250 K, modro nebo pa barvno temperaturo med 12000 in 18000 K. Te barvne temperature ne pomenijo, da svetila tudi v resnici žarijo pri enakih absolutnih temperaturah. Ali si lahko predstavljate svetlobno komoro, ki vzorec osvetljuje s svetlobo 2300 K in je tudi v resnici segreta do te temperature? Barvna temperatura v vseh opisanih primerih označuje zgolj temperaturo, pri kateri bi popolnoma črno, žareče telo oddajalo svetlobo enake barve. Zato moramo namesto izraza barvna temperatura uporabljati primernejši izraz: **najpodobnejša barvna temperatura**.

Mednarodna komisija za razsvetljavo CIE barvne temperature definira takole:

Barvna temperatura (*colour temperature*) je temperatura Planckovega sevalnika (popolnoma črnega telesa), pri kateri oddaja svetlobo enake kromatičnosti, kot jo ima dani barvni dražljaj.

Najpodobnejša ali vzajemna barvna temperatura (*correlated colour temperature*) je temperatura Planckovega sevalnika, pri kateri se barva njegove svetlobe pri enaki svetlosti najbolj ujema z barvo danega barvnega dražljaja pri enakih razmerah opazovanja.

Stolpičasti diagrami v sredini slike ponazarjajo relativno razmerje primarnih barvnih dražljajev, ki jih ima posamezna vrsta svetlobe. Pri umetnih svetlobah prevladujejo (dominirajo) rdeči dražljaji, v naravi pa modri. Ne glede na to pa je list papirja v kakršni koli svetlobi vedno le bel (glej poglavje 5.8 Barvna konstanca).

5.7 Barvna metrika (kolorimetrija)

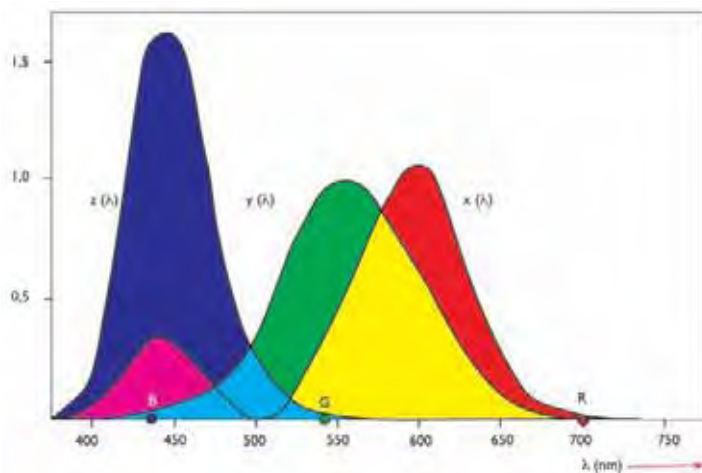
Barvne učinke opisujemo sedaj predvsem meroslovno, na podlagi matematično numeričnih metod, materialni vzorci barvnih atlasov in barvnih kart pa služijo zgolj za vizualno ponazarjanje meritev. Barvnometrično vrednotenje temelji na vseh doslej opisanih spoznanjih. Leta 1931 je namreč Mednarodna komisija za razsvetljavo CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) znanstveno utemeljila sistem za opisovanje barvnih učinkov.

- Izbrali so primarne barvne dražljaje, s katerimi lahko večina ljudi z normalnim vidom aditivno upodobi vse spektralne barvne učinke. Njihovi enaki deleži dajejo barvni učinek popolnoma bele barve.
- Standardizirali so spektralno porazdelitev »bele« svetlobe za opazovanje barv.
- Standardizirali so spektralno občutljivost kolorimetričnega opazovalca; najprej pri vidnem polju 2°, leta 1964 pa še pri vidnem polju 10°.
- Razvili so numerične metode, s katerimi iz spektralne porazdelitve barvnega dražljaja, spektralne porazdelitve svetlobe in spektralne občutljivosti opazovalca izračunamo triobmočne komponente XYZ, in določen barvni učinek nedvoumno opišemo.

V kolorimetriji CIE barvnih učinkov ne opisujemo z barvitostjo, nasičenostjo in svetlostjo, marveč s tako imenovanimi triobmočnimi, trikromatskimi komponentami XYZ. To so numerične vrednosti, ki se nanašajo na delež primarnih barvnih dražljajev v barvnem učinku. X pove, koliko je rdečih, Y koliko je zelenih, Z pa pove, koliko je modrih. Medtem ko se triobmočna komponenta Y nanaša tudi na svetlost barve, pa se triobmočni komponenti X in Z ne našata na barvitost in kromatičnost barvnega učinka. To je glavna pomanjkljivost sistema; barve sicer lahko predstavimo kot točke v prostoru, le stežka pa

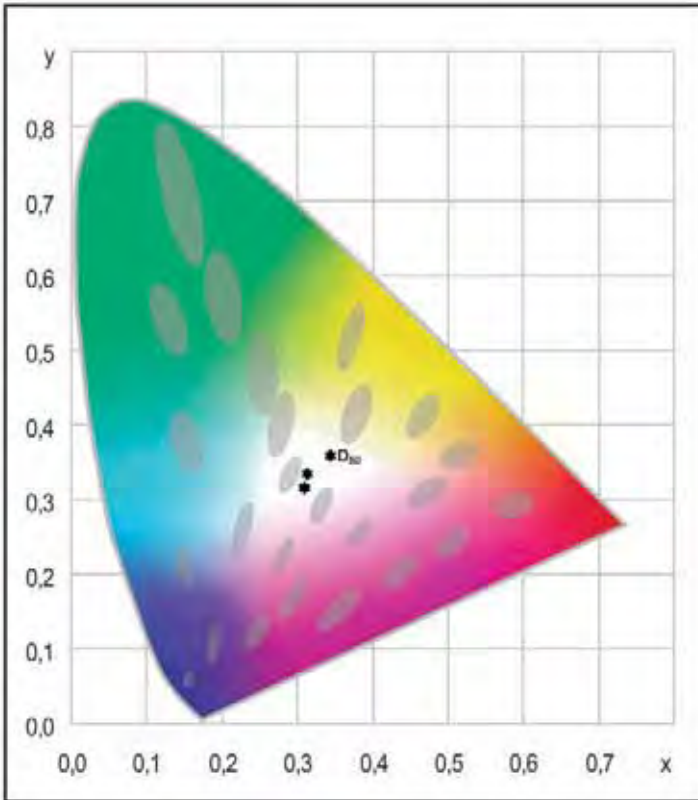
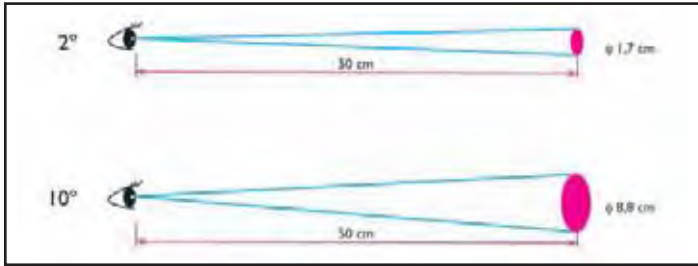
si jih predstavljamo tudi vizualno. V izogib temu so razvili barvni prostor Yxy oziroma kromatični diagram xy na sliki 5.34. Četudi poznamo številčne vrednosti teh koordinat, si barvo le stežka vizualno predstavljamo. Po drugi strani enaka geometrična razlika (razdalja) med točkama, ki v različnih območjih tega diagrama predstavljata dva barvna učinka, ne ustreza enakim vizualnim razlikam. V modrem območju neka razdalja ponazarja približno petkrat večjo vizualno razliko kot v zelenem.

- Opisovanje barv s triobmočnimi komponentami XYZ temelji neposredno na trikromatski teoriji barvnega vida, kajti tudi oko ima tri vrste barvnih receptorjev, ki so bolj ali manj občutljivi na tri spektralna območja: modro, zeleno in rdeče.
- Barvni prostor je navidezni prostor, v katerem lahko numerično opisan barvni učinek grafično ponazorimo s točko. Taka barvna prostora sta Yxy (CIE 1931) in $L^*a^*b^*$ (CIE 1976). To sta zdaj v svetovnem merilu najbolj razširjeni metodi za barvno sporazumevanje.



Slika 5.32 Standardni kolorimetrični opazovalec CIE oziroma njegova spektralna občutljivost je definirana z barvnometričnimi krivuljami. Te povedo, koliko kakšnega primarnega dražljaja potrebuje oseba z normalnim vidom, da aditivno upodobi barvni dražljaj poljubne spektralne barve dane valovne dolžine. Po drugi strani pove, kako so primarni barvni dražljaji zastopani danem barvnem učinku. Barvnometrične krivulje so v resnici statistično povprečje vrednosti, ki jih za aditivno mešanje potrebuje množica ljudi z normalnim vidom.

Desno zgoraj slika 5.33 Standardni kolorimetrični opazovalec CIE je definiran z dvema nizoma barvnometričnih krivulj: za vidno polje 2° in 10°. CIE je leta 1931 najprej definirala opazovalca za vidno polje 2° (2°Standard Observer), leta 1964 pa še dopolnilnega opazovalca pri vidnem polju 10° (10°Supplementary Standard Observer). Da bi si predstavljali enega in drugega, nam pomaga pričujoča slika. Vidno polje 2° je primerno vedno, kadar opazujemo barve, ki se razprostirajo na manjših površinah, torej tudi na tiskovinah. Vidno polje 10° je bolj primerno za vrednotenje barvnih učinkov na velikih površinah, na primer na avtomobilih, zgradbah, strojih.



Slika 5.34 Standardni kromatični diagram CIE Yxy. Kromatični koordinati x in y dobimo iz triobmočnih komponent z zelo enostavnim obrazcem, svetlost pa ostane nespremenjena:

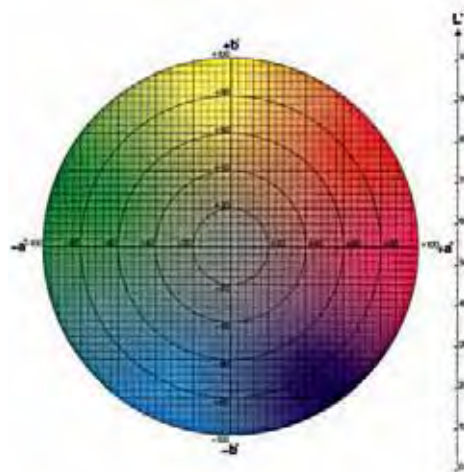
$$x = X/(X+Y+Z)$$

$$y = Y/(X+Y+Z)$$

$$Y = Y$$

Prostorska koordinata Y , svetlost torej, poteka navpično na ravnino xy . Po obodu značilnega spektralnega loka se spreminja barvitost, nasičenost pa od osrednjega belo-nevtralnega območja navzven. Barvni učinki na loku so najbolj nasičene spektralne barve. Še bolj nasičenih barvnih učinkov ni. V diagramu so z elipsami označene vizualno enake razdalje, z zvezdicami pa standardizirane svetlobe CIE.

Da bi presegla opisane pomanjkljivosti, je komisija CIE razvila in še razvija številne nove barvnometrične sisteme (vsi so matematične pretvorbe triobmočnih komponent XYZ). Najbolj se je uveljavil in razširil barvnometrični sistem CIELAB iz leta 1976. Matematični preračun temelji na teoriji nasprotnih barv (opponent colors), ki pravi: barvni učinek ne more biti sočasno zelen in rdeč niti moder in rumen. To hkrati pomeni, da štiri skrajne točke tvorijo v barvnem prostoru zeleno/rdečo in modro/rumeno koordinatno os, na kateri položaj barve lahko opišemo z eno samo številko. Bolj podroben opis je ob sliki 5.35.



Slika 5.35 Opisovanje barvnih učinkov v sistemu CIELAB. Ta sistem tvori klasično ustrojen barvni prostor. Zelo je podoben Munsellovemu barvnemu drevesu, kajti v sredini od črne na dnu do bele na vrhu je nevtralna os. Nevtralne barve med obema skrajnima točkama se ločijo po svetlosti. Ta koordinata ima zato oznako L^* (beri »el zvezdica«), ki seveda izvira iz angleščine: L – lightness – svetlost. Popolnoma črna barva ima $L^* = 0$, popolnoma bela $L^* = 100$. Ravnine, ki sekajo nevtralno os, so kromatični diagrami s koordinatama a^* in b^* (beri »a zvezdica«, »b zvezdica«). a^* označuje zeleno/rdečo, b^* pa modro/rumeno koordinatno os. Sekata se natančno v nevtralni osi, ki poteka pravokotno nanju.

Koordinatna os a^* poteka od leve proti desni, od zelene proti rdeči. Od zelenega do nevtralnega območja ima predznak $-a^*$, ki pomeni, da imajo vsi barvni učinki na tej strani bolj ali manj izražen zeleni odtенок. Če je koordinata pozitivna $+a^*$, imajo barvni učinki bolj ali manj izražen rdeči odtенок in so geometrično na desni strani nevtralnega območja.

Koordinatna os b^* poteka od modre proti rumeni, od spodaj navzgor, če kromatični diagram gledamo v smeri nevtralne osi L^* . Od modrega do nevtralnega območja ima predznak $-b^*$, ki pomeni, da so vsi barvni učinki bolj ali manj modrikasti, od nevtralnega proti rumenemu območju pa je pozitivna $+b^*$, kar pomeni, da so na tej strani vsi barvni učinki bolj ali manj rumenkasti.

Barvnometrični opis L^* , a^* , b^* omogoča, da si številčne vrednosti tudi vizualno predstavljamo. Imenuj torej barvo, ki ima kromatični koordinati $a^* = -60$, $b^* = -70$.



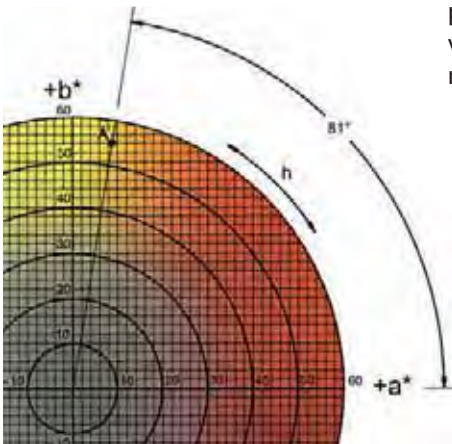
Slika 5.36 Rumena in rdeča vrtnica ponazarjata, kako si je moč barvne učinke vizualno predstavljati na podlagi kromatičnih koordinat. Rumeno vrtnico opisujejo koordinate $L^*=53$, $a^*=9$, $b^*=55$, rdečo pa $L^*=29$, $a^*=52$, $b^*=18$. Ker so vse kromatične koordinate pozitivne, obe barvi geometrično predstavljata točki v prvem kvadrantu, nekje na območju med rdečo in rumeno. Nizka vrednost koordinate a^* in visoka vrednost koordinate b^* pomeni, da je barva močno premaknjena v smeri rumene, v drugem primeru pa visoka vrednost koordinate a^* in nizka vrednost b^* pomeni, da je premaknjena v smeri rdeče. To si zlahka predstavljamo. Če bi bila vrednost a^* v drugem primeru negativna, $a^*=-52$, bi imeli opravka z zeleno in ne z rdečo barvo, z listom namesto s cvetom. Glede svetlosti ni zadreg. Jasno je, da je rumena barva svetlejša od rdeče.

Barvnometrični sistem CIELAB s koordinatami L^* , a^* , b^* omogoča, da si številčne vrednosti lahko vizualno predstavljamo, poleg tega pa je vizualno tudi mnogo bolj enoličen, kar pomeni, da enakim vizualnim razlikam med barvami v različnih barvnih območjih ustrezajo enake geometrične razdalje, tako imenovani barvni razmiki. Barvni razmik je premica med dvema točkama, ki v prostoru predstavljata dve barvi. Označujemo ga z ΔE^*ab . Večji ko je ΔE^*ab , večja je vidna razlika med barvama. Če nas zanima, zakaj se barvi razlikujeta, je mogoče izračunati tudi delne razmike ΔL^* , Δa^* , in Δb^* in celo razlike po barvitosti ΔH (hue) in nasičenosti ΔC^* (chroma). Barvnometrični sistem CIELAB omogoča, da kartezične, pravokotne koordinate a^* , b^* pretvorimo v polarne koordinate C^* in h° . Nasičenost C^* je daljica med izhodiščem koordinatnega sistema (sečišče kromatičnih osi a^* in b^*) in točko, ki v kromatičnem diagramu predstavlja določen barvni učinek. Barvitost merimo s kotom h° od 0 do 360 pri rdeči barvi na osi a^* (rumeno barvo označuje $h^\circ = 90$, zeleno $h^\circ = 180$, modro pa $h^\circ = 270$). Prednost barvnometričnega opisa CIELCH je zlasti v tem, da je zelo podoben opisovanju barvnih učinkov z barvnimi atlasi in kartami, kjer so se barvitost, nasičenost in svetlost dodobra vgnezdile, in smo jih vajeni.

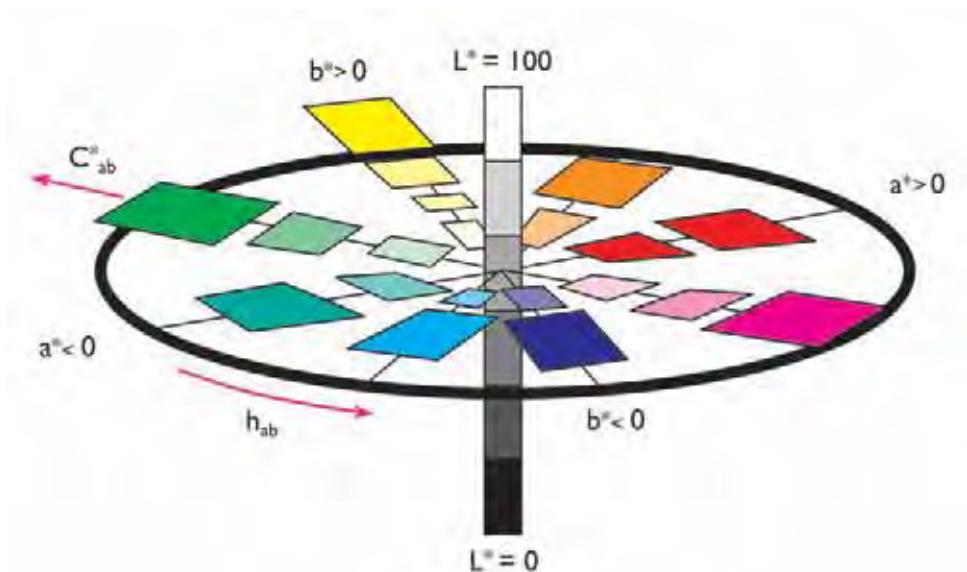
- Barvni razmik ΔE^*_{ab} ima vizualno približno naslednji pomen:

$\Delta E^*_{ab} < 0,2$	BARVNA RAZLIKA NI VIDNA
$\Delta E^*_{ab} < 0,5$	<i>preciznost instrumentov, zanemarljiva razlika</i>
$\Delta E^*_{ab} 0,2-1,0$	BARVNA RAZLIKA JE OPAZNA, ZELO MAJHNA RAZLIKA
$\Delta E^*_{ab} 1,0-3,0$	BARVNA RAZLIKA JE VIDNA, MAJHNA RAZLIKA
$\Delta E^*_{ab} 3,0-6,0$	BARVNA RAZLIKA JE DOBRO VIDNA, OČITNA RAZLIKA
$\Delta E^*_{ab} 6,0-12,0$	BARVNA RAZLIKA JE ZELO DOBRO VIDNA, IZJEMNO VELIKA RAZLIKA
$\Delta E^*_{ab} > 12,0$	BARVNA RAZLIKA JE MOTEČA, NEDOPUSTNA RAZLIKA

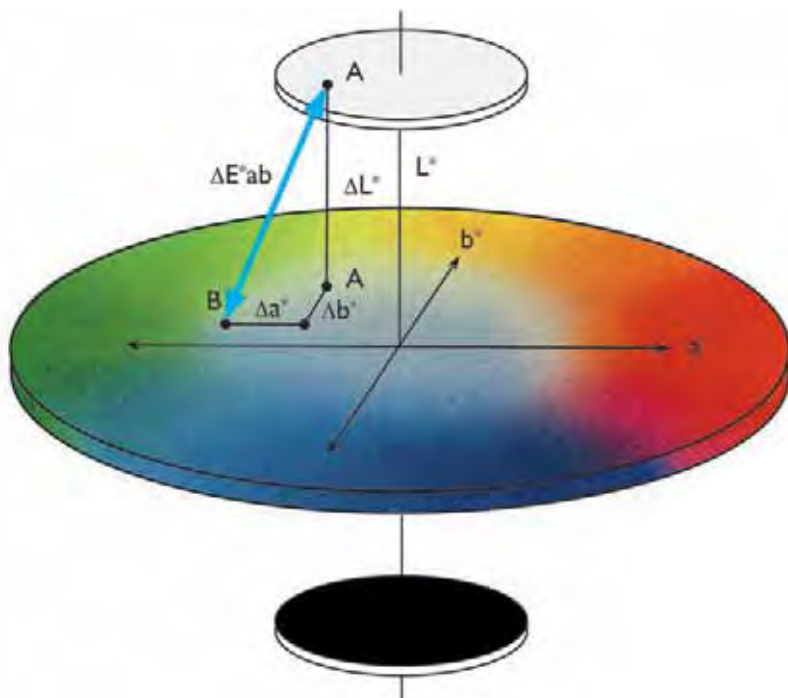
- Barvni razmik $\Delta E^*_{ab} = 0$, če imata dve barvi pri enaki svetlobi tudi enake triobmočne komponente CIEXYZ. To pa še ne pomeni, da sta ti dve barvi tudi absolutno enaki. Pri spremenjeni svetlobi se lahko njune triobmočne komponente spremenijo in barvni razmik je $\Delta E^*_{ab} \neq 0$. Barvi sta torej le pogojno enaki ali metameri, ker nimata tudi enake spektralne porazdelitve.
- Absolutno enaki sta le barvi s popolnoma enako spektralno porazdelitvijo. Ne glede na svetlobo so njune triobmočne komponente CIEXYZ vedno enake, kar je običajno dosegljivo le, če sta barvi tudi fizikalno-kemijsko enaki (enak snovni ustroj).
- Metamerija ali pogojna enakost je neposredna posledica trikromatskega zaznavanja in opisovanja barvnih učinkov. Pravzaprav nastaja tudi zaradi informacijske spremembe pri pretvarjanju spektralne porazdelitve barvnega dražljaja (spektrofotometrična krivulja) v trištevilčni barvni opis X, Y, Z. V naravnem okolju je neskončno veliko barvnih dražljajev (spektralnih porazdelitev), ki jih oko in kolorimetrija spremenita le v nekaj milijonov barvnih učinkov, torej v nekaj milijonov vidnih barv.
- Metamerija po eni strani povzroča zadrege pri upodabljanju barv z različnimi svetlobami, po drugi pa brez tega pojava ne bi mogli reproducirati slik niti na odtisu niti na zaslonu (televizija, monitor) niti v fotografiji. Da bi upodobili neko naravno barvo, ni nujno, da dosežemo enako spektralno porazdelitev, enak barvni dražljaj torej, marveč zadostuje, da dosežemo tako kombinacijo primarnih barvnih dražljajev, ki povzročajo enak barvni učinek. Prav zaradi tega zadostujejo pri televiziji le trije primarni luminiforji (rdeč, zelen in moder), v tisku pa tri primarne tiskarske barve (cian, magenta in rumena).



Slika 5.37 Rumeno barvo v izrezu kromatičnega diagrama CIELAB opisujejo kartezične koordinate $L^*= 53$, $a^*= 9$, $b^*= 55$ ali polarne koordinate $L^*= 53$, $C^*= 55$, $h^\circ= 81$.

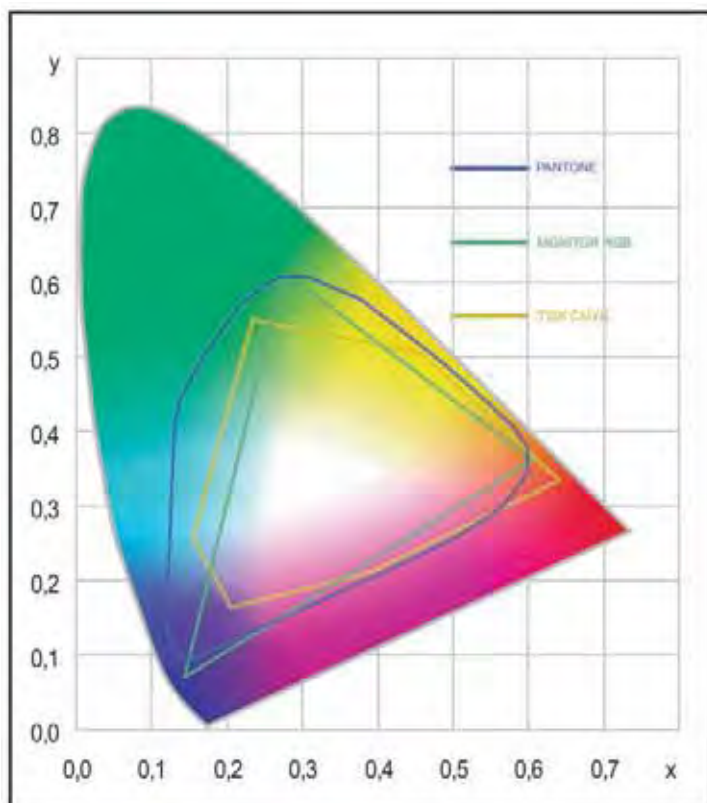


Slika 5.38 Barvni prostor CIE LCH s polarnimi koordinatami $L^*C^*h^\circ$ je preračunan iz barvnega prostora CIELAB s koordinatami $L^*a^*b^*$, zato je grafično enak.



Slika 5.39 Barvni prostor CIELAB in barvni razmik ΔE^*ab med rumeno in zeleno barvo. (A) je na primer mešana barva, (B) je barva vzorca, (A') je mešana barva enake svetlosti kot vzorec.

Podrobnosti v zvezi z uporabo barvne metrike v grafični dejavnosti pri nas opisuje in predpisuje standard SIST ISO 13655. Spektralne meritve in kolorimetrični izračuni za grafične upodobitve seveda presegajo zasnovo, namen in okvir tega gradiva.



*Slika 5.40 Barvni obseg. V vsakem od opisanih barvnih prostorov razmeroma preprosto ponazorimo območje vseh tistih barv, ki jih je mogoče dobiti pri aditivnem, subtraktivnem ali optičnem mešanju. V dvodimenzionalnem kromatičnem diagramu se imenuje barvni obseg. Grafično ga ponazarjajo primarni barvni učinki v ogliščih in sekundarni na daljicah med njimi. Pri subtraktivnem in optičnem mešanju so zaradi drugačnih načel mešanja tudi to oglišča. Na sliki je kromatični diagram CIE xy, v katerem so grafično upodobljeni barvni obsegi zaslona RGB, standardiziranega ofsetnega tiska na sijajno premazanem papirju s procesnimi tiskarskimi barvami CMYK in barvni obseg barvnega kataloga Pantone, ki tudi velja za ofsetni tisk sijajno premazanih papirjev. Kakor je videti, ofsetni tisk nekaterih učinkov zaslona ne more upodobiti, velja pa tudi nasprotno: nekaterih barvnih učinkov z odtisa ni na zaslonu monitorja. V barvnih prostorih Yxy in $L^*a^*b^*$ lahko ponazorimo kateri koli drug barvni obseg oziroma barvni prostor.*

- Barvni obseg je omejeno območje barvnih učinkov, ki jih je mogoče dobiti z določeno metodo mešanja ali barvnega upodabljanja, na primer na monitorju ali v tisku, a tudi obseg barvnih učinkov, ki ga vidi človek, fotomaterial, digitalna kamera, snemalnik.

- Barvnih učinkov nikoli ne smemo opisovati tako, kot omogoča neka reprodukcijska tehnologija (na primer tako kot je »prav« za monitor, snemalnik, tiskanje, torej za eno od upodobitvenih tehnik). Metoda za opisovanje barv mora biti univerzalna in neodvisna, takšna, da z njo lahko opišemo katero koli barvo, ki jo vidimo.
- Triobmočne komponente CIE XYZ barvnemu učinku (zaznanemu barvnemu dražljaju) najbolj ustrezajo tedaj, ko je objekt izoliran in je na nevtralno sivem ozadju ali pred njim. Tudi to je vzrok, da moramo pri vizualnem presojanju barv vedno uporabljati svetlobne kabine. Na splošno je sistem CIE primeren zlasti za vrednotenje skladnosti med izoliranimi barvami v strogo standardiziranih razmerah. Temu realne scene in motivi skoraj nikoli ne ustrezajo; vedno se pojavljajo vzajemni učinki, ki jih povzročajo več barvnih dražljajev hkrati. Matematični model za opisovanje zlivanja in ločevanja barvnih vtisov bi moral biti precej bolj zapleten; vprašanje je, ali je sploh izvedljiv.

5.8 Dojemanje in doživljanje barv

Naučili smo se, da različni barvni dražljaji po eni strani povzročajo nastanek enakih barvnih vtisov, po drugi pa isti predmet ali snov vidimo pri različni svetlobi v različni barvi. Kolorimetrija obravnava opisovanje barvnih učinkov, zato si oglejmo, kako bi bilo mogoče opisovati tudi barvne vtise.

To poglavje obravnava nekatere najbolj značilne pojave, ki pa dokazujejo, da barvnih vtisov nikakor ni mogoče opisovati, ampak samo doživljati. Ne smemo pozabiti, da je naše oko izjemno občutljivo in se mora zato nenehno prilagajati svetlobnim razmeram. In prilagaja se brezmejnemu območju svetlobne jakosti – od zvezdnega neba do slepeče beline snega. Zenica, ki je nekakšna zaslonka, uravnava količino svetlobe, ki projicira sliko na mrežnico. Temu se s fotokemičnimi spremembami prilagaja svetlobna občutljivost paličk in čepkov. Zato pri opazovanju dveh zelo podobnih barvastih predmetov takoj opazimo tudi najmanjše razlike. Po drugi strani zelo težko definiramo barvo, saj jo vedno doživljamo hkrati z drugimi barvami iz okolice, ki se ji možgani nenehno prilagajajo. List papirja na mizi vidimo vedno enako bel ne glede na to, kako je osvetljen: z rumenkasto svetlobo volframove žarnice ali pa z dnevno sončno svetlobo.

Barvna konstanca (barvna stalnost ali kromatična adaptacija)

To je pojav, pri katerem isti motiv vidimo venomer v enakih barvah ne glede na vrsto svetlobe, s katero je osvetljen. Ta vizualni fenomen je tako vsakdanji, da ga sploh ne opazimo: stene v sobi so vedno in povsod bele, čeprav je očitno, da so v kotih osenčene, temne, skoraj črne. Tudi premog je vedno črn, čeprav ga opoldansko sonce tako močno osvetljuje, da je skoraj svetlo siv. In končno: če objekt iz prostora, ki ga osvetljuje volframova žarnica, prenesemo v dnevno svetlobo, ne opazimo sprememb njegove barve. Če pa objekt snemamo tudi s fotoaparatom, opazimo, da se obe sliki močno razlikujeta. Do razlik prihaja zato, ker se človekov »aparatus« za doživljanje barv takoj prilagodi nastalim razmeram, barvni film v fotoaparatu (ali digitalni posnetek v surovem formatu RAW) pa barve neoporečno upodablja samo pri eni vrsti svetlobe, najpogosteje pri dnevni (metamerizem). V grafični dejavnosti ima barvna konstanca izjemno pomembno vlogo.

Belo barvo na zaslonu in belo barvo papirja vidimo bolj ali manj belo, še zlasti, ko se ju »navadimo«. V izoliranih razmerah se med seboj močno razlikujeta in ju zato seveda ne smemo videti skupaj, eno poleg druge; v takem primeru razliko takoj opazimo.

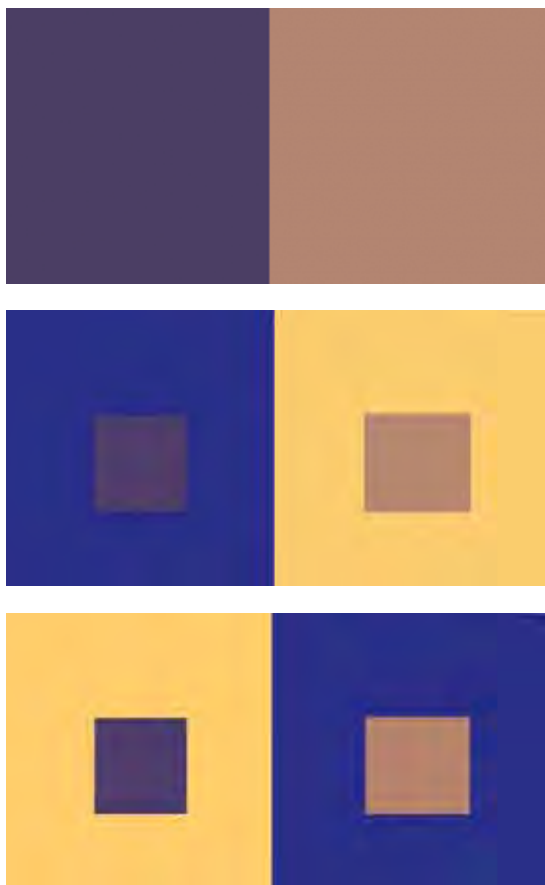


Slika 5.41 Vazico na omarici v stanovanju vidimo vseskozi v enakih barvah, ne glede na to, kako se spreminja svetloba v prostoru. To pomeni, da smo predmete navajeni gledati v njihovi stalni, konstantni barvi, ne glede na razmere pri opazovanju. To pa ne velja za fotografske upodobitve. Na sliki levo so posnetki z nefiltrirano svetlobo, na desni pa s filtrirano; njeno spektralno porazdelitev optični filter prilagodi spektralni občutljivosti barvnega filma. Zgornji sliki sta posneti zjutraj, srednja opoldan in spodnja zvečer. Zadnja slika je posneta pri svetlobi volframove žarnice.

Simultani kontrast

To je vzajemni učinek barv v notranjem in zunanjem polju. Barvni vtis notranjega polja se spreminja, če spreminjamo barvo v zunanjem, torej v okolici. Seveda je barvnometrično notranje polje vseskozi enako. Simultani kontrast se ne neutralizira le, če sta barvi v notranjem in zunanjem polju psihološko nasprotni (pogojno komplementarni), kot sta na primer rumena in modro-vijoličasta, oranžna in zeleno-modra. Do tega pride zato,

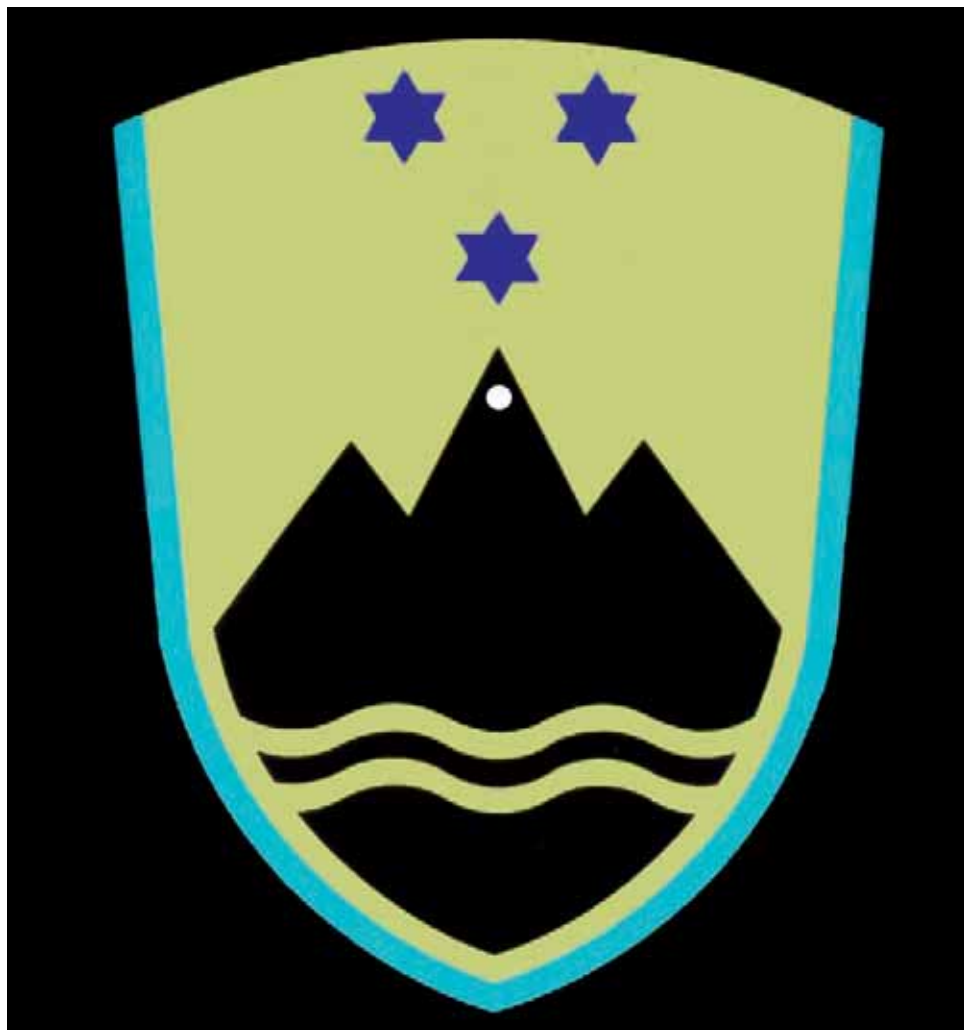
ker se ob vsaki vidni barvi podzavestno razvije tudi njena (psihološka) protibarva. Če je zunanje polje pobarvano z nasprotno barvo, se barva notranjega polja prav nič ne spremeni, pravzaprav jo le v takih razmerah prav vidimo. Če pa je zunanje polje drugačne barve, se barva notranjega polja spremeni toliko bolj, kolikor večja je razlika.



Slika 5.42 Simultani kontrast lahko skoraj docela izenači dva popolnoma različna barvna učinka ali pa razlike med njima še poveča. Vse je odvisno od barve zunanjega polja, ki je okoli rjave ali rumene barve na prvi sliki.

Sukcesivni kontrast (persistenca)

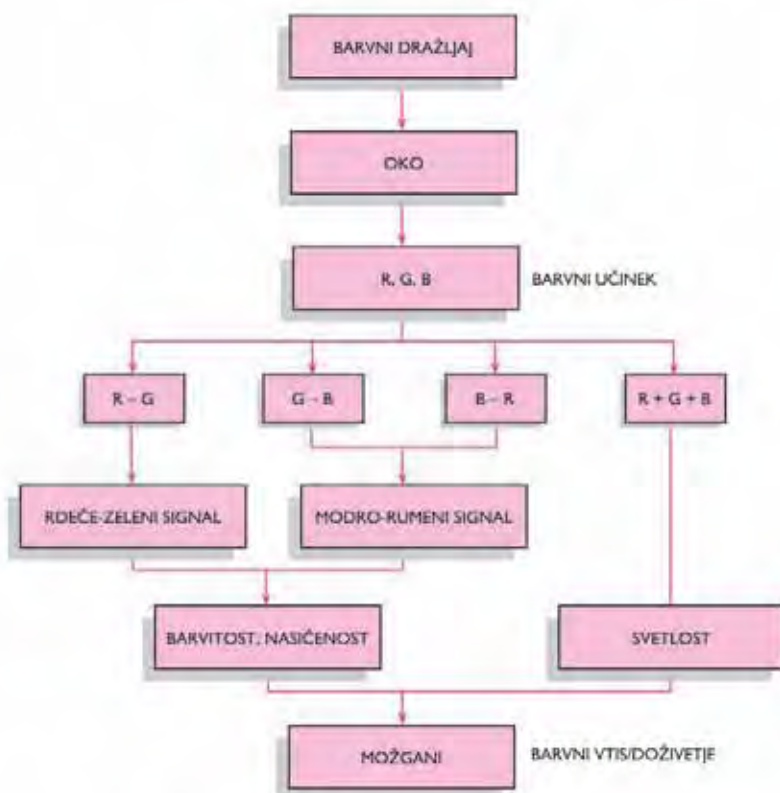
Ker se oko prilagaja trenutnemu barvnemu učinku, to učinkuje tudi na zaznavanje barvnega učinka, ki ga zamenja na isti lokaciji. Če nekaj sekund opazujemo barvno pego na belem papirju, nato pa jo hitro prekrijemo s popolnoma belim papirjem, se na mestu pege pojavi njena poupodobitev v psihološko nasprotni (komplementarni) barvi (če je bila pega rdeča, je poupodobitev cian). Sukcesivni kontrast igra pomembno vlogo pri modeliranju in doživljanju kompleksnih scen. Vsakič, ko oko zazna v sceni novi barvni učinek, se ta »meša« s poupodobitvijo barve, ki je bila prej na tem mestu. To je zlasti opazno pri gibljivih televizijskih in filmskih kinematografskih slikah.



Slika.5.43 Sukcesivni kontrast. V belo točko na sliki glej tako dolgo, dokler se oko ne utruji. Medtem ko še vedno strmiš na isto mesto, sliko hitro prekrij z belim papirjem; na njem se pojavi slovenski grb v pravih barvah.

Barvni spomin

Če je na sliki upodobljen kak zelo znan objekt, opazovalec njegovo barvo doživlja tako, kot se je spominja, kot jo je že videl. To velja na primer za zeleno travo, modro nebo, predvsem pa za barvo kože in sivega betona. Te barve so pri reprodukciji motiva najpomembnejše, ker jih nenehno primerjamo s tistimi v spominu. Če so neoporečno upodobljene, avtomatično menimo, da so tako upodobljene tudi vse druge, četudi ni tako. Seveda velja tudi nasprotno: če so upodobljene slabo, menimo, da so oporečne tudi vse druge barve na sliki, čeprav so upodobljene neoporečno; to vidimo, če vse naštetje kritične barve prekrijemo z nevtralno sivo barvo.



Slika 5.44 Vsi prej na kratko opisani pojavi dokazujejo razlike med barvnim učinkom in barvnim vtisom oziroma doživetjem in seveda triplastno naravo barve. Po drugi strani vsi ti pojavi spodbijajo Young-Helmholtzovo trikromatsko teorijo barvnega vida in dokazujejo teorijo nemškega fiziologa Ewalda Heringa. To je teorija nasprotnih barv oziroma treh nasprotnih signalov (zeleno-rdeči, modro-rumeni in črno-beli), ki znova potrjujejo trikromatsko naravo barvnega vida. Danes menimo, da veljata obe teoriji barvnega vida. V barvnih receptorjih nastanejo signali RGB, barvni učinek torej, ki se najprej pretvorijo v nasprotni rdeče-zelene in modro-rumene deleže, da jih možgani lahko preoblikujejo v dokončni barvni vtis oziroma barvo, ki jo vsakdo intuitivno opiše z barvitostjo, nasičenostjo in svetlostjo.

Drugi pojavi, ki tudi dokazujejo, kako doživljamo barve, so še: »toplo-hladni« kontrast (v barvnem krogu so »tople« barve na desni, »hladne« pa na levi polovici), »bistro-motni« kontrast obravnava »čiste« in »umazane barve«, kromatično-akromatični kontrast, svetlo-temni kontrast (v grafični dejavnosti je nenehno prisoten, kajti bele črke na črni podlagi se zdijo večje kot črne črke na beli podlagi, ne da bi spremenili njihovo velikost ali obliko), količinski (kvantitativni) kontrast (da bi bili modro-vijoličasta in rumena površina v barvnem ravnovesju, da bi bili barvno ubrani, mora prva prekrivati približno štirikrat večjo površino).

- Barve kot psihični proces imenujemo z običajno besedo »gledanje«, bolj učeno pa vizualno zaznavanje. Pojavov pri doživljanju barv nikakor ne moremo docela osamiti, kajti vedno imamo opravka s takšnim ali drugačnim zlivanjem in ločevanjem

barvnih vtisov. In prav zato so barve, ki jih gledamo v določenih razmerah stalne (barvna stalnost), v drugih razmerah pa se ravnaajo po svetlobnih razmerah v okolici (narava svetlobe, vzajemni kontrast). Pravzaprav »prave« barve nikoli ne moremo videti. Procesi barvnega doživljanja so zajeti v neskončno igro izmeničnih procesov gledanja.

- Psihologija pozna glede na predmet ali material površinske in ploskovne barve. Površinske so znane tudi kot predmetne barve. Predstavljajo trden sestav z bolj ali manj motno površino in se kažejo kot površina sama. Ploskovne barve niso vezane na površino telesa, zato imamo vtis, da bi lahko s pogledom poljubno globoko prodrli v njihovo notranjost. Primer ploskovnih barv so mavrične barve, ki sploh niso vezane na nobeno površino. To je tudi enakomerna barva goste megle v naravi, ki ne sodi k nikakršni realni površini. Površinske barve imajo vselej bolj ali manj izraženo strukturo, ploskovne pa ne izražajo nikakršne podrobne površinske strukture.

5.9 Sijaj

Kakor barva je tudi sijaj vizualni vtis, vidno doživetje, zatorej psihološki pojav, ki ga povzročajo ustrezni svetlobni dražljaji. Pa vendar se barv zavedamo dosti bolj kot sijaja. Zdi se, da je sijaj tako zelo vsakdanji, da se vedno na novo pozabimo spomniti, kako ga doživljamo: zaradi sijaja je narava lepša, sijaj nam vedno znova polepša počitnice, zaradi sijaja (leska) v očeh so otroci bolj ljubki in navihani, avtomobili pa bolj elegantni; v fotografiji povzroča sijaj prav posebne učinke. Na žalost nas sijaj (blesk) lahko tudi moti. Vidnost računalniških in televizijskih zaslonov se zmanjša, površinski blesk stekla in vodne gladine preprečuje, da bi videli tisto, kar je za njima. Površinski lesk tudi spremeni zaznavanje barv; zvečine se zaradi tega močno zmanjša njihova nasičenost.

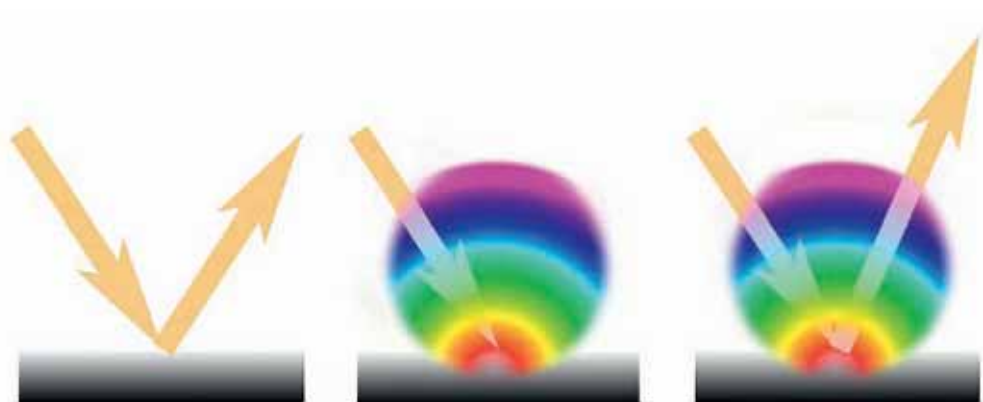
Sijaj v vseh oblikah in z vsemi svojimi učinki pa vselej daje občutek kakovosti, zato pospešuje trženje. Vse, kar se sveti, se namreč zdi kakovostno, vredno in čisto. Stari raziskovalci in pustolovci s Krištofom Kolumbom na čelu so prav dobro vedeli, da so za domorodce bolj zanimivi in bolj privlačni svetleči predmeti. Še danes je tako, pa naj gre za avtomobile, porcelan, kristal, nakit, jedilni pribor, kozmetiko ali grafične izdelke. V tem smislu smemo sijaj opredeliti kot **fizikalni, fiziološki in psihološki pojav**, ki posredno ali neposredno povzroča tržne in gmotne učinke. V tisku, predvsem priložnostnem (akcidenčnem), ga želimo kar najbolj nepristransko ponazoriti (reproducirati), grafične izdelke pa v dodelavi tako oplemenititi, da se svetijo tudi sami. Sprva so odtise samo scela plastificirali in lakirali, vse bolj pa se uveljavljata lakiranje potiskanih površin (spot lakiranje) in vroči tisk s folijami, pa tudi bronžiranje še ni povsem pozabljeno.



Slika 5.45 Prav posebne vizualne učinke povzročajo sijaj grafičnih izdelkov. Znano je, da jih tiskamo na različni papir in karton: naravni, mat ali sijajno premazan, kar pomeni, da se njihova površina bolj ali manj svetli. Pogosto se svetli tako močno, da izniči čitljivost natisnjene sporočila in barvitost natisnjenih barv; teh nič več ne vidimo ali pa imajo močno zmanjšani nasičenost in barvitost. Treba je le spremeniti zorni kot ali način osvetljevanja, da bi dosegli prav nasprotno: odtisi na sijajnih papirjih postanejo bolj čitljivi, bolj barviti in še zlasti bolj nasičeni kot tisti na motno premazanem ali naravnem papirju. Na sijajnem papirju z gladko površino doseže tiskar z enakim nanosom tiskarske barve enak ali večji kontrastni in barvni obseg zato, ker odtise opazujemo tako, da bela, to je zrcalno reflektirana komponenta, ne pride v oko in ne more zmanjšati kromatičnosti odtisa. Slednje določa le še selektivno absorbirana in difuzno reflektirana komponenta. Pri motno premazanem ali naravnem papirju zrcalna komponenta ni tako izrazita, ker vsa, selektivno in neabsorbirana bela svetloba, sipa. Ne glede na zorni kot pride v oko vedno tudi ustrezen delež bele svetlobe in zmanjša kromatičnost odtisa.

1 Fizikalni sijaj

Nanaša se na pojave v zvezi z refleksijo svetlobe na površinah ali pod njimi. Proučuje jih geometrijska optika. Svetloba se s površine lahko odbija na tri načine: docela usmerjeno ali zrcalno, docela difuzno ali razpršeno in oboje; sočasno zrcalno in difuzno. Pri zrcalni refleksiji se vsa vpadna svetloba odbija v isti smeri (vpadni in odbojni kot sta enaka), zato se v tej smeri površina močno svetli in ji ustreza ploskovna barva vpadne svetlobe. Pri popolni difuzni refleksiji površina svetlobo razprši v obliki krogle, zato je motna in ji ustreza površinska barva vpadne svetlobe (ta je navadno bela, zato sta tudi obe omenjeni barvi beli). Vse drugače je pri mešani refleksiji, ko se del vpadne svetlobe odbija zrcalno, drugi pa difuzno. Poenostavljeno pravimo, da se svetloba z naravnih površin odbija v obliki zrcalne in difuzne komponente. Bolj ko je izražena zrcalna komponenta, bolj se



Slika 5.46 Poenostavljen prikaz zrcalne, difuzne in mešane refleksije svetlobe na površini. Pri mešani refleksiji je difuzno odbita komponenta barvni, zrcalno odbita komponenta pa sijajni dražljaj. Zrcalna komponenta se odbija že takoj na površini, zato je bela oziroma enake barve kot vpadna svetloba. Difuzna komponenta se odbija iz notranjosti površine, zato je selektivno absorbirana in obarvana. Sijaj seveda zaznamo le, če opazujemo predmet prav v smeri zrcalno odbite komponente.



Slika 5.47 Učinek zrcalne komponente pri opazovanju predmeta. Barve na desni sliki bolje vidimo oziroma bolje ločujemo, ker predmet opazujemo tako, da se zrcalna komponenta odbija mimo. Na levi sliki svinčniki bolj »žarijo«, kar povzroča bela zrcalno odbita komponenta svetlobe.

2 Psihološki sijaj

To je doživljanje optičnih pojavov, vizualni vtis, ki ga povzroči fizikalni sijaj, zato je tudi docela osebno doživetje in izkušnja opazovalca. Sijaj (psihološki) je viden pojav, ki ga povzročajo svetlobne konice na površini ali objektu. Zdi se, kot da so zaradi njene geometrične selektivnosti dodani na površini. Svetloba, ki ta pojav povzroča, je praviloma razbarvana, akromatična. Najbolj izrazita oblika te vrste sijaja je lesketajoča vodna površina. Ločimo osem vrst psihološkega sijaja, ki jih brez težav tudi ponazorimo v laboratoriju: sijaj (*gloss*), zrcalni sijaj (*specular gloss*), oplazni sijaj (*sheen, shininess*), kontrastni sijaj (*contrast gloss*), motni sijaj (*reflection haze*), upodobitveni sijaj (*distinctness of image*)

gloss), vidno strukturo (*perceived surface*) in vidno usmerjenost (*perceived directionality*). K temu je treba dodati še tiskovni sijaj (*print gloss*), ki je tudi ena izmed oblik psihološkega sijaja.



Slika 5.48 Voda se v soncuzalesketa takrat, ko se vsi sončni žarki z njene površine odbijejo neposredno v naše oko, modra pa je takrat, ko se zrcalna komponenta odbija mimo opazovalca. V megli je osvetljena z difuzno svetlobo, zato ni zrcalno odbite komponente in tudi sijaja ne.

3 Tiskovni sijaj

Da bi izboljšali površinsko trdnost odtisov, jih v celoti ali mestoma (samo tiskovne površine na primer) lakiramo z različnimi laki: sijajnimi, porsijajnimi, motnimi. Tudi zato, da bi ob neoporečnem upodabljanju barv dosegli ubran videz odtisa v celoti, da bi bil neovirano čitljiv in da bi pritegnil pozornost bralca oziroma kupca. Odtise praviloma opazujemo v normalni, to je tako, da se zrcalna komponenta odbija mimo oči, ki vidijo le difuzno komponento, to je barvni dražljaj. S tem dosežemo največjo možno barvnost in nasičenost, pa tudi čitljivost odtisa. Še zlasti pri odtisih na sijajnem papirju ali takem, ki je v celoti lakiran, ta trditev drži samo tako dolgo, dokler se zorni kot ne spremeni. Če se opazovalec le malo premakne, se zasveti ves odtis, tako da nič več prav ne vidi. Ta učinek je na mat odtisih bistveno manjši, zato pa tudi barve tam niso tako »žive«. Vsemu temu se lahko izognemo, če je razlika v sijaju tiskovnih in prostih površin; ko so tiskovne površine sijajne, proste površine pa motne, ali nasprotno. Sijajno notranje polje (tiskovne površine) ob motnem in belem zunanem polju (proste površine papirja) zagotavlja najbolj kakovostno upodabljanje barv in neoporečno čitljivost besedila.

Tiskovni sijaj je relativna razlika v zrcalnem sijaju potiskanih in nepotiskanih površin na odtisu. Večja ko je, boljše so upodobitvene značilnosti odtisa.

Primeren tiskovni sijaj je mogoče doseči ne le z lakiranjem, marveč tudi s tiskanjem sijajnih tiskarskih barv na motni papir ali motnih tiskarskih barv na sijajni papir.

- Dva odtisa istega motiva (preskusni tisk – proizvodni tisk) sta med seboj objektivno primerljivama le, če sta si podobna po barvnem obsegu in tiskovnem sijaju. Nikakor ne smemo primerjati odtisov na sijajnem in motnem papirju, lakiranih in nelakiranih odtisov ter podobno.

6 ČRNO-BELA REPRODUKCIJA BARV

V predhodnih poglavjih smo večkrat naleteli na pojem reprodukcija, reproducirati, pojavljata pa se tudi pojma simuliranje in repromodulacija, ki jih bomo v naslednjem poglavju podrobneje spoznali.

- Reprodukcijska je zelo natančen posnetek oziroma ponazoritev stanja, motiva, scene, originalnega objekta, tudi glasbe, v našem primeru pa predvsem posnetek barv in tonov, ki jih vidimo.
- Reprodukcijska barv in tonov ne upodablja z enakimi koloranti kot originalni objekt ali motiv. Kljub temu zaznamo enake barvne učinke kot pri opazovanju tega. Katera koli reprodukcijska torej nujno temelji na pojavih pogojne enakosti barv – metamerizma, na upodabljanju spominskih barv in barvnih kontrastov.
- Reproducirati pomeni kaj na novo izdelati. Beseda je latinskega izvora. *Re-* pomeni znova, *producere* pa izdelati, proizvajati.
- Da bi izdelali reprodukcijsko, primerljivo z izvornikom, moramo barvne učinke originala v tehnološkem procesu tako preoblikovati (modulirati), da z njimi določimo »recept«, ki z novimi koloranti na posnetku upodobi kar najboljši približek. Barvni učinki s predloge pri tem nenehno spreminjajo svojo informacijsko naravo, zato pravimo, da jih **(repro)moduliramo**.
- Tudi izraza modulirati, modulacija sta latinskega izvora (*modulatio*). Modulacija izvorno pomeni spreminjanje višine in barve glasu, spreminjanje hitrosti govora, tudi prelivanje barv (npr.: pri tem slikarju so zlasti izrazite barvne modulacije), v glasbi harmonski prehod iz ene tonalitet v drugo, v tehnologiji pa vpliv nižjefrekvenčnega signala na višjefrekvenčnega.
- Simuliranje (ponarejanje, oponašanje) barv in tonov pomeni: barvni dražljaji nastanejo na reprodukcijski zaradi sekundarnih ali primarnih svetlobnih virov, ki imajo povsem drugačno strukturo kot tisti na izvorniku. Ta mora zagotavljati ne le neoporečno upodabljanje barvnih učinkov, marveč tudi podrobnosti in sijaja.
- Tehnike in metode simuliranja so različne. Če je reprodukcijska potrebna le za shranjevanje informacij, uporabljamo veliko bolj preproste metode, kot če moramo reprodukcijsko tudi razmnožiti v ustrezni nakladi.
- Barve in tone reproduciramo z mediji (občili) za vizualno in kombinirano komuniciranje, zvok pa z mediji za zvočno in kombinirano komuniciranje. Vsak medij simulira barvne učinke s sebi lastno tehnologijo in strukturo reprodukcijske.

Simuliranje pri reproduciranju ne bi bilo potrebno, če bi uporabljali kolorante, ki so na originalnem objektu. V nekaterih primerih je to mogoče, v večini pa ne. Avtomobili iste serije so na primer reprodukcija prototipa. Ker so pobarvani z enakimi koloranti, simuliranje ni potrebno. Povsem drugače pa je pri reprodukciji naravnih motivov in scen (rastline, živali, hribi, morje idr.). Reproduciramo jih lahko le s slikami in fotografijami. Barvne učinke, ki jih zaznavamo pri opazovanju naravne scene, moramo na reprodukciji simulirati (oponašati), saj jih ne moremo upodobiti niti iz enakih surovin niti iz enakih struktur. Poleg tega gre še za dojetanje različnih optičnih učinkov, ki izginejo ali se spremenijo, takoj ko se spremenijo tudi razmere opazovanja. Reprodukcijska mora torej upodobiti tudi barvne vtise, ki jih doživljamo pri opazovanju naravne scene ali motiva. To velja za vse slike in pomeni, da so tudi fotografije ali televizijske slike le bolj ali manj objektivni posnetek stanja (glej poglavje 2.2.3).

Po drugi strani pa risbe in vsa slikarska dela štejemo za izvirnike, originalne objekte ali **predloge**. Zlasti slikarska dela v različnih slikarskih tehnikah nikoli niso zgolj reprodukcija določenega motiva ali scene. Tako ali drugače venomer izpričujejo osebna slikarjeva doživetja ali vsebujejo skrivna sporočila. Seveda pa je reprodukcija vsak ponaredek originalnega slikarskega dela. Če je izdelan z enakimi koloranti in z enako tiskarsko tehniko kot izvirnik, simuliranje ni potrebno. Brž ko pa se spremeni le ena od teh prvin, moramo uporabiti ustrezno tehniko simuliranja in izbrati metamerične pojave, da bi dosegli pogojno enake barvne učinke.

Tipičen primer je barvni katalog z reprodukcijami umetniških del, ki jih na primer hrani muzej ali jih je izdelal neki umetnik. Slike v katalogu, reprodukcije torej, so izdelane s povsem drugačnimi surovinami in metodami kot predloge. Kljub temu pri določenih okoliščinah opazovanja povzročajo enake barvne učinke in celo barvne vtise: predloga je naslikana s tempera barvicami, medtem ko so tiskarske barve transparentne, vseeno pa vidimo enake barve. To se zgodi zato, ker s simuliranjem dosežemo enake barvne učinke, medtem ko so barvni dražljaji, ki jih na istih mestih povzročata predloga in reprodukcija, precej različni. Pri reprodukciji gre večinoma le za tri osnovne, primarne barvne dražljaje, s katerimi dobimo še vse druge barvne učinke.

Slike v prej omenjenem katalogu so lahko tudi črno-bele. V tem primeru govorimo o črno-beli (ČB, angleško BW: *black & white*) reprodukciji barvnih učinkov. Primeri črno-bele reprodukcije sta še črno-bela fotografija in zdaj že skoraj popolnoma pozabljena črno-bela televizija.

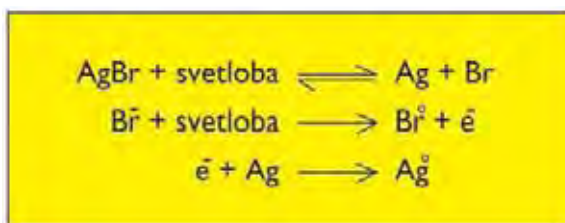
Bistvo črno-bele reprodukcije je sprememba kromatičnih (pisanih) barvnih učinkov v akromatične (nepisane) tonske vrednosti. To pomeni, da vsakemu barvnemu učinku originalnega motiva ustreza bolj ali manj svetla akromatična barva – ton. Rumeno barvo na primer ponazarja zelo svetel ton, oranžno temnejši, rdečo pa zelo temen ton. Če želimo, da bo črno-bela reprodukcija objektivna, morajo različne barve ponazarjati toni ustrezne svetlosti. Črno-bel reprodukcijski proces mora zaznavati svetlost kromatskih barvnih učinkov tako kot človeško oko, kar dosežemo z ustrezno modulacijo slikovnih signalov znotraj reprodukcijskega procesa.

- Pri črno-beli reprodukciji spreminjamo barve v tone. Reproduciramo eno samo lastnost barv, to je svetlost. Svetlost tona na reprodukciji mora biti vizualno enaka svetlosti barve na originalu.
- Čeprav upodabljammo samo svetlost pisanih (kromatskih) barv, se simuliranju pri črno-beli reprodukciji ne moremo izogniti, vendar so postopki in metode bolj preprosti kot pri barvni (trikromatski) reprodukciji.
- Črno-bela reprodukcija je nekdanj prevladovala v vseh medijih za vizualno komuniciranje. Pravzaprav se je vsak od njih začel razvijati prav na podlagi črno-bele reprodukcije. Kasneje jo je spodrinila barvna reprodukcija, tako da je zdaj bolj izjema kot pravilo. Uporabljamo jo kot posebno izrazno sredstvo v fotografiji in filmu, za tiskovine posebnega značaja (resne in poglobljene monografije, revije, tudi prospekte idr.) in seveda takrat, ko tehnika ne omogoča barvnega reproduciranja ali je to negospodarno (črno-bele fotokopije ali tiskalniški izpisi so bistveno cenejši kot barvni). V vseh primerih pa velja, da bi morali pri reprodukciji istega motiva ali predloge vedno dobiti enak vizualni (tonski) vtis, čeprav pri vsakem komunikacijskem mediju uporabljamo drugo metodo simuliranja in upodabljanja barvnih učinkov.

6.1 Fotografska tehnologija

6.1.1 Analogna fotografija (fotokemija in fotomehanika)

Načelo klasične fotografske tehnologije prikazuje slika 6.1. Zaradi osvetljevanja fotografskega materiala nastane v njegovem svetločutnem sloju fotokemična sprememba. Pri dovolj dolgem učinkovanju svetlobe se namreč vidno spremeni tonska vrednost; fotografski material počrni. Počrnitev je posledica izločenega elementarnega srebra (Ag), ki je črno. Svetločutna substanca v fotografskem materialu so srebrovi halogenidi. Med njimi je največ srebrovega bromida (AgBr). Zaradi delovanja svetlobe se atom broma osvobodi elektrona, ta pa nevtralizira pozitivno nabit srebrov ion. Molekula srebrovega bromida razpade na sestavne dele: zaradi osvetljevanja nastaja elementarno srebro, vsi osvetljeni deli fotografskega materiala pa počrnijo.



*Slika 6.1 Razpad srebrovega bromida zaradi učinkovanja svetlobe. Ta kemijska reakcija poteka le zaradi zelo močnega ali dolgotrajnega osvetljevanja. Pomembna sta torej jakost svetlobe in čas. Njun produkt je količina svetlobe, s katero je bil osvetljen fotomaterial; imenuje se **ekspozicija**.*

Zaradi manjše (zelo majhne) ekspozicije nastane v fotomaterialu nevidna kemična sprememba – **latentna slika**. Vidna postane šele zaradi primerne kemične obdelave osvetljenega fotomateriala. Atomi elementarnega srebra se tvorijo v tako majhnih količinah, da ni vidna niti z elektronskim mikroskopom. Kemična reakcija, s katero nevidno, latentno sliko spremenimo v vidno količino elementarnega srebra, je razvijanje. Razvijalec je kemikalija, ki vsebuje organsko redukcijsko sredstvo. Ta ima lastnost, da osvetljene dele razvije hitro, neosvetljene pa počasi. Že izločeno elementarno srebro, ki tvori latentno sliko, deluje kot katalizator. Na manj osvetljenih delih fotomateriala je namreč izločenih manj, na bolj osvetljenih pa več atomov elementarnega srebra. Zato se pri razvijanju na manj osvetljenih mestih novi atomi srebra izločajo počasneje, na bolj osvetljenih hitreje, v glavnem pa sorazmerno s količino srebrovih atomov v latentni sliki. Tako se upodobijo svetlejši in temnejši toni. Če so vsa mesta fotomateriala enako eksponirana, so tam tudi enako svetli toni. Skupna količina izločenega elementarnega srebra je odvisna od svetlosti tonov na motivu ali predlogi; če so svetlejši, se izloči več srebra, kot če so temni.

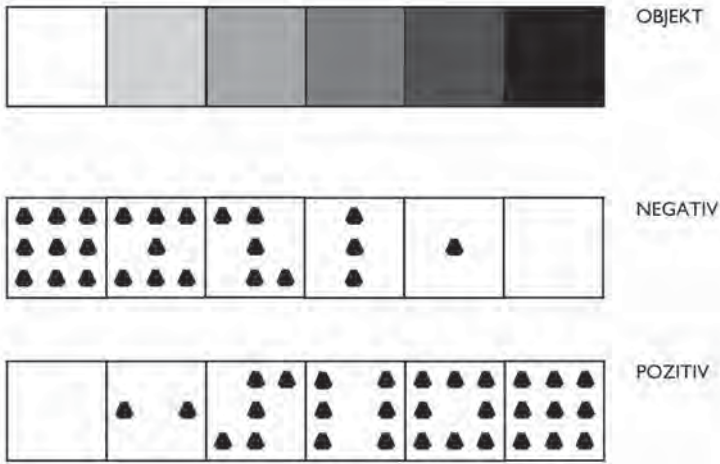
Nerazvite, to je neosvetljene kristale srebrovega bromida, ki so še navzoči v sicer razviti fotografski sliki, moramo odstraniti s posebno tehnološko operacijo. To je **fiksiranje**, s katerim neosvetljen srebrov bromid spremenimo v tako kemično spojino, ki ni več občutljiva na delovanje svetlobe in jo z vodo zlahka odstranimo z razvite fotografije.

- Zaradi dolgotrajnega delovanja svetlobe oziroma zelo velike ekspozicije nastane v fotografskem materialu vidna sprememba; to je počrnitev ustrezne tonske vrednosti.
- Pri majhni ekspoziciji nastanejo v fotomaterialu nevidne spremembe ali latentna slika; ta je katalizator razvijanja. Na mestih, kjer jo tvori več srebrovih atomov, se upodobi temnejši ton, tam, kjer jo tvori manj srebrovih atomov, pa svetlejši, če je le čas razvijanja v obeh primerih enak.
- Ekspozicija ali osvetlitev je operacija, s katero fotografski material oziroma kakršno koli svetločutno snov (tudi snemalno vezje v digitalni kameri) za določen čas izpostavimo učinkovanju svetlobe, da bi prišlo do ustrezne fotografske upodobitve. Učinek ekspozicije z zakonito oznako H_v in enoto lukssekunda ($lx \cdot s$) določata jakost osvetljenosti v točki površine E_v (lx) in čas osvetljevanja t (s):

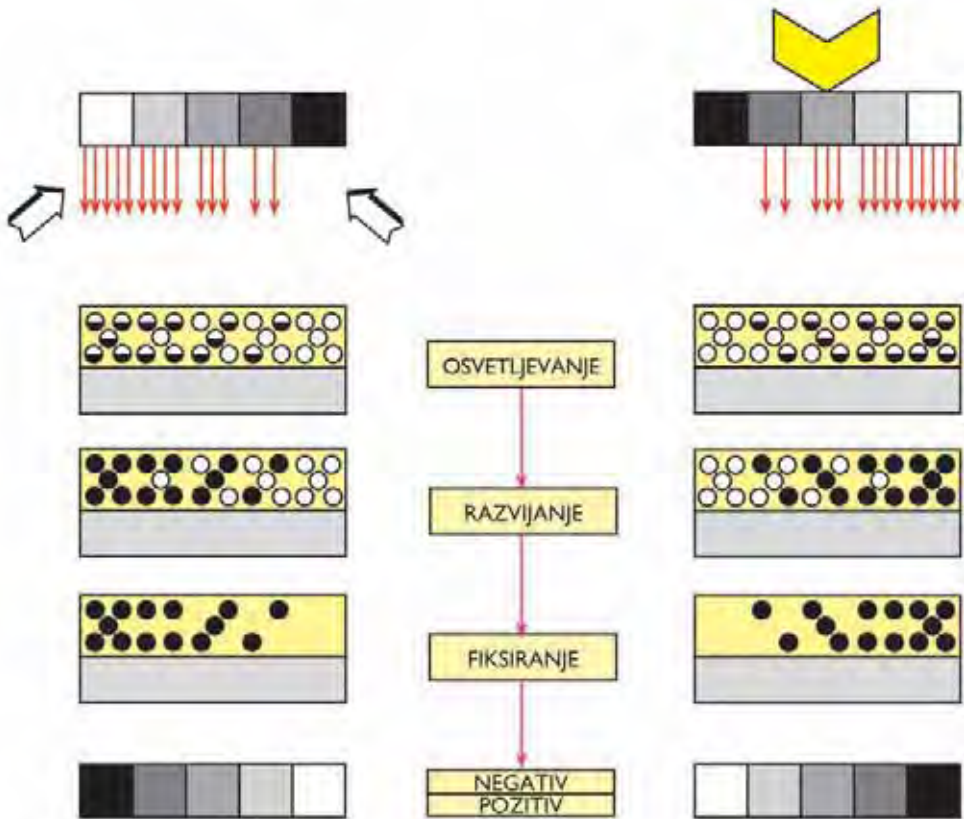
$$H_v(lx \cdot s) = E_v(lx) \times t(s)$$

Glej tudi odstavek Zaslonka in zaklop.

- V črno-beli fotografiji upodablajo barve predloge toni različne svetlosti, ki jih tvorijo črni atomi elementarnega srebra. Svetlejše in temnejše barvne učinke simuliramo s količino srebra, ki je obratno sorazmerna s svetlostjo objekta; slika 6.2. To pomeni, da negativ ni objektivna reprodukcija, zato je nujno, da ga z enakim tehnološkim postopkom spremenimo v pozitiv; slika 6.3.



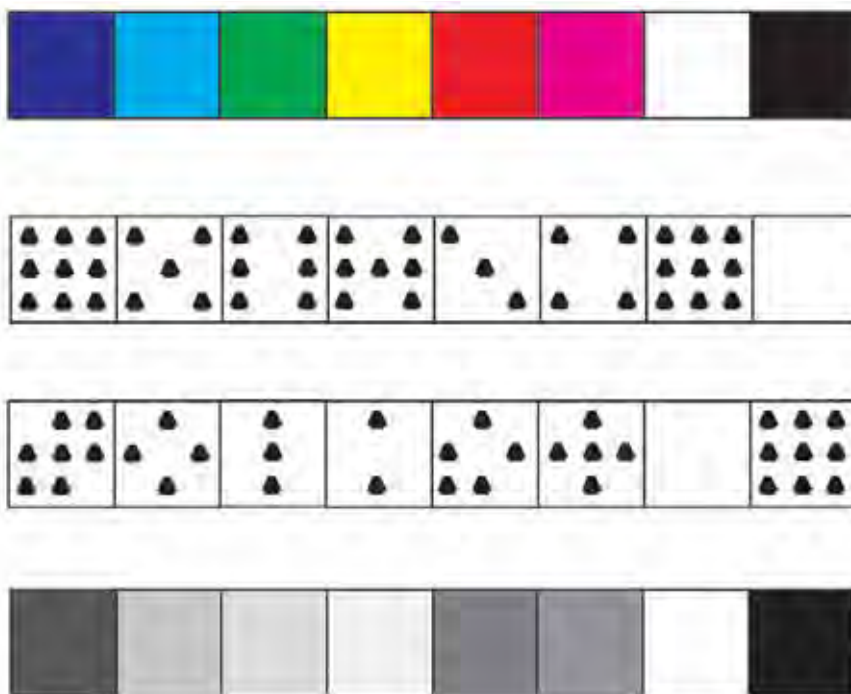
Slika 6.2 Količina elementarnega srebra v fotografski sliki glede na svetlost tonov s predloge. Srebro predstavljajo črni trikotniki.



Slika 6.3 Fotografska reprodukcija črno-belega objekta, predloge z večjim številom tonskih vrednosti.

S primerjavo slik 2.8 (glej poglavje 2.3 Fotografija in holografija) in 6.3 lahko opazimo, da gre v obeh primerih za fotografsko reprodukcijo črno-belih objektov. Kljub temu je razlika očitna. Objekt na sliki 2.8 ima le dve tonski vrednosti, tisti na sliki 6.3 pa več. Prvega simuliramo tako, da je na fotografiji povsod izločena enaka količina elementarnega srebra, drugega pa tako, da so količine različne. Na pozitivu mora biti izločeno toliko srebra, da imajo reproducirani toni enake svetlosti kot tisti na originalu.

Če reproduciramo barvni objekt, mora biti količina elementarnega srebra na posameznih mestih tolikšna, da dosežemo tone enake svetlosti, kot so svetlosti barvnih učinkov na originalu. To vrsto reprodukcije prikazuje slika 6.4.



Slika 6.4 Fotografjska reprodukcija večbarvnega objekta. Negativ, pozitiv in končni vizualni učinek.

- Objekti in predloge, ki jih moramo posneti ali reproducirati, so najpogosteje enotonski, večtotski ali večbarvni.
- Enotonski objekti so tisti, pri katerih poleg bele barve vidimo še en ton, navadno črno barvo.
- Večtotski objekti so tisti, pri katerih poleg bele barve vidimo še več drugih tonov oziroma črno in sive barve.
- Večbarvni objekti so tisti, pri katerih poleg bele in črne vidimo še več drugih barv in tonov.

Črno-bela reprodukcija večbarvnega objekta na sliki 6.4 je v smislu tonskih vrednosti objektivna. Toni imajo svetlost, ki ustreza svetlosti posameznih barvnih učinkov, kot jih zaznava človeško oko. V resnici črno-bela fotografija ne daje objektivnih rezultatov, kajti spektralna občutljivost fotomaterialov ni enaka spektralni občutljivosti očesa; slednje je mogoče izboljšati z barvnimi filtri.

Zaslonka in zaklop

Pri fotografiranju mora biti ekspozicija izbrana tako, da nastane latentna slika, s katero lahko kar najbolj objektivno upodobimo barve in tone motiva. Osvetljenost E_v določa **zaslonka**, čas t pa **zaklop**: prva je vgrajena v objektivu, drugi v objektivu ali v ohišju fotoaparata.

Osvetljenost fotomateriala upravlja odprtina zaslonke. Večja ko je, večja je osvetljenost; ne more pa biti večja od premera objektivu, v katerega je vgrajena. Največja zaslonka ustreza odprtini objektivu, vse druge so relativno manjše. Zato se velikost zaslonke, odprtine in osvetljenosti torej, označuje z relativnimi števili. Nanašajo se na razmerje med premerom zaslonke in goriščno razdaljo objektivu: zaslonsko število 2 pomeni, da je njen premer dvakrat manjši od goriščne razdalje, 16, da je kar šestnajstkrat manjši. Realen premer zaslonke dobimo, če goriščno razdaljo objektivu delimo z zaslonskim številom. Pri zaslonskem številu 2 na objektivu 50 mm je premer zaslonke 25 mm, pri zaslonskem številu 16 pa samo 3,125 mm. Pri objektivu 135 mm je premer zaslonke 67,5 mm v prvem primeru in 8,4375 mm v drugem. Kar samo se zastavlja vprašanje, ali je osvetljenost pri enaki zaslonki v obeh primerih enaka.

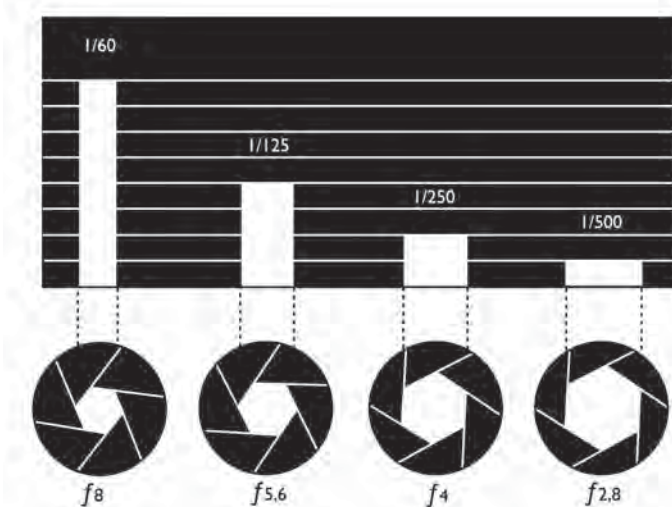
Optika uči, da osvetljenost ravnine upada s kvadratom razdalje, to je s kvadratom oddaljenosti med ravnino in svetilom. Zaradi tega bi bila pri enaki zaslonki na objektivu 135 mm osvetljenost 7,3-krat manjša kot pri objektivu 50 mm. Ker je velikost zaslonke relativna, je pripadajoča površina odprtine v drugem primeru pri istem zaslonskem številu (v našem primeru 2) prav 7,3-krat večja; osvetljenost površine pri isti zaslonki se ne spremeni ne glede na gorišnico objektivu.

V praksi pa to ni tako preprosto. Da bi zagotovili ustrezno osvetljenost slikovne ravnine morajo konstruktorji poleg geometričnih dejavnikov upoštevati še svetlobno prepustnost leč, lomni količnik stekla, ukrivljenost leč, optične posebnosti in napake pri projiciranju slike z danim objektivom. Za želeno osvetljenost morajo velikost zaslonke v vsakem objektivu posebej prilagoditi; pri istem zaslonskem številu in isti goriščni razdalji se realne površine odprtine nekoliko razlikujejo, da bi osvetljenost ostala enaka. Zaslonska števila se torej ne nanašajo na geometrično, temveč na učinkovito velikost zaslonke; to je **efektivna zaslonka**.

Efektivne zaslonke so razporedili v standardni niz tako, da vsako naslednje zaslonsko število pomeni dvakrat manjšo osvetljenost fotomateriala: 1 – 1,4 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – 22 – 32 – 64. Z vsako stopnjo je zaslonka bolj zastrta, njen premer je dvakrat manjši, zato razpolovi vpadno svetlobo. To se zgodi zato, ker se površina kroga podvoji, če premer množimo s kvadratnim korenem iz 2 (1,4142). Vendar oznake pomenijo prav nasprotno: višje zaslonsko število pomeni manjšo in ne večjo odprtino. Večina objektivov

ima zaradi konstrukcijsko tehničnih vzrokov samo del tega nabora. Najmanjša stopnja skoraj nikoli ni 1 (premer odprtine je največji in enak goriščni razdalji objektiva) in navadno začnemo niz z nestandardnim številom, na primer 1,4, 3,6 itn. Tudi največje zaslonko število (premer odprtine je najmanjši) je izjemno redko 32 ali 64, saj je izdelava takih objektivov negospodarna. Na sodobnih fotografskih kamerah se lahko nastavi katero koli vrednost v območju, ki ga dopuščata minimum in maksimum.

Tudi časi osvetljevanja, ki jih določa zaklop, so razporejeni v standardni niz tako, da vsak naslednji pomeni dvakrat večjo oziroma dvakrat manjšo osvetlitev. Izražajo se v sekundah, na kameri pa označujejo s specifičnimi oznakami, in sicer: 4s, 2s, 1s, 2 (pol sekunde), 25 (petindvajsetinka sekunde), 50 (petdesetinka sekunde), 100 (stotinka sekunde) ... 2000 (dvatisočinka sekunde). Bolj pogost je korigiran nabor 1, 2, 30, 60, 125, 250, 500, 1000 itn. Na sodobnih kamerah seveda lahko nastavimo vsako poljubno vrednost. Ne glede na to pa zakonita zveza med zaslonko in zaklopom ostaja nespremenjena: če zaslonko za eno stopnjo zmanjšamo (razpolovimo osvetljenost, višje zaslonko število), zaklopni čas pa za eno stopnjo podaljšamo (podvojimo osvetljenost, nižja oznaka), se ekspozicija ne spremeni: fotomaterial osvetli ista količina svetlobe. To bolj nazorno ponazarja slika 6.5.



Slika 6.5 Če zaslonko povečamo za eno stopnjo (manjše zaslonko število), se osvetljenost podvoji. Če hkrati za eno stopnjo skrajšamo zaklopni čas, ostane ekspozicija enaka.

Nabor zaslonk in zaklopnih časov na fotoaparatu mora biti tako velik, da lahko fotomaterial dane splošne občutljivosti (glej naslednji odstavek) v vseh svetlobnih razmerah pravilno osvetlimo. Ekspozicijo je treba izbrati tako, da se na fotografski sliki upodobijo vsi toni in vse barve motiva, vključno z najsvetlejšimi in najtemnejšimi. Če je ekspozicija prevelika, se slabo ali pa sploh ne upodobijo svetle barve in toni; če je premajhna, se slabo ali sploh ne upodobijo temne barve in toni. To je zelo poenostavljen primer, kajti na pravilno ekspozicijo vplivajo številni dejavniki. Najsvetlejše in najbolj nasičene barve ali toni se pogosto slabo upodobijo. To se dogaja še zlasti pri fotografiranju naravnih motivov, kjer je razmerje med najsvetlejšimi (svetlobne konice) in najtemnejšimi mesti

(svetlobne globine, temine) izjemno velik: od 1 : 40 do 1 : 1000, včasih celo do 1 : 100000. Objekti v naravi pri enakomerni difuzni osvetlitvi reflektirajo od 2 do 85 odstotkov vpadne svetlobe, to je približno razmerje 1 : 40. Pri močni sončni in difuzni svetlobi neba se razmerje spremeni na 1 : 200, če je teman objekt v senci, pa celo na 1 : 1000. Ker se kontrastni obseg motiva s svetlobnimi razmerami spreminja, se imenuje **dinamični (kontrastni) obseg**.



Slika 6.6 Diagram prikazuje primerjavo med dinamičnimi obsegi, ki jih zaobjemajo oz. reproducirajo različni mediji: linearno snemalno vezje CCD, negativ film, matrično snemalno vezje CCD, fotografija, diapositiv, tisk idr. Le vid se lahko brez omejitev dinamično prilagaja svetlobnim razmeram, zato vidimo vseh 10 tonov motiva. Kontrastni obseg vseh drugih medijev je manjši; diagram označuje, katere tone motiva kateri od njih še lahko neoporečno reproducira. Dinamični obseg barvnih negativov je večji (približno 700 : 1) od barvnih dia-

pozitivov (približno 350 : 1). To ne pomeni le, da diapozitivi reproducirajo manj tonov in barv motiva, marveč tudi, da mora biti ekspozicija veliko precizneje izbrana, da bi dosegli njihovo optimalno krčenje, in da bi se razmerja med barvami ohranila.

Tudi oko oziroma vid se svetlobnim razmeram dinamično prilagaja: zenico in svetlobno občutljivost retine uravnava tako, da vedno vidimo vse barve in tone na motivu, ne glede na njegov dinamični obseg. Vseeno je, ali opazujemo svetla ali temna mesta motiva. Fotografski materiali so »togi« in takih prilagoditev ne zmorejo. Tudi zato ne, ker je njihov dinamični obseg le okoli 1 : 30; gre za krčenje tonskega obsega. Ekspozicija mora biti izbrana tako, da se svetlost reproduciranih barv in tonov sicer močno spremeni, ohranijo pa se razmerja med njimi, tako da so na reprodukciji še vedno vsi vidni. V ta namen moramo imeti na voljo dovolj zaslonk in zaklopnih časov. Razmerju 1 : 40 nekako ustreza 5,5 zaslonke, za razmerje 1 : 1000 potrebujemo najmanj 10 zaslonk.

Pojem dinamični obseg v zvezi z določenim medijem (film, fotografski material, slikovni senzor, tisk) nam pove, kolikšno je največje razmerje med najsvetlejšimi in najtemnejšimi toni motiva, ki jih medij še lahko upodobi. Toni, ki so zunaj tega območja, se ne upodobijo oziroma se upodobijo kot povsem črni ali kot povsem beli, brez risbe in detaljev. V klasični (analogni) fotografiji in tisku se dinamični obseg imenuje **kontrastni obseg**, kajti nanaša se na razliko (kontrast) med najsvetlejším in najtemnejšim tonom, ki ga medij še lahko posname oz. upodobi.

Splošna in spektralna občutljivost

Splošna občutljivost fotomateriala pove, kako hitro fotomaterial reagira na svetlobo: manjša ko je ekspozicija, potrebna za nastanek slike, bolj občutljiv je fotomaterial. Splošna občutljivost je obratno sorazmerna z ekspozicijo. Za primerjanje splošne občutljivosti so razvili številne metode, sedaj pa je v rabi metoda po standardu SIST ISO 6:1996 *Fotografija – Črno-beli negativni procesni sistemi za fotografske kamere z upodabljanjem slik na mirujočem filmu – Določanje splošne občutljivosti ISO*. To je kombinacija splošne občutljivosti po nekdanjih ameriških standardih ASA (American Standard Assosiation) in nemških DIN (Deutsche Institut für Normung).

Pri občutljivost ISO 400/25 prvi del oznake pomeni občutljivost po ameriškem standardu ANSI, drugi po nemškem DIN. Skala ASA je linearna; dvakrat večja številka pomeni tudi dvakrat (še enkrat) večjo občutljivost. Skala DIN je logaritmčno zaporedje, zato dvakrat večja občutljivost pomeni številčna razlika 3. Fotomaterial, ki ima še enkrat večjo oznako ASA, potrebuje torej še enkrat manjšo ekspozicijo. V drugem primeru to velja takrat, ko se oznaka razlikuje za konstanto 3: fotomaterial DIN 27 je še enkrat bolj občutljiv in potrebuje dvakrat manjšo ekspozicijo kot fotomaterial DIN 24.

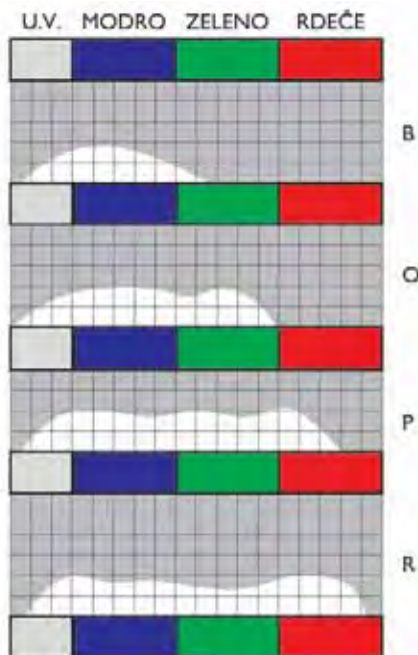
Zveza splošne občutljivosti ASA/DIN

ISO = ASA	25	50	64	100	125	200	400
DIN	15	18	19	21	22	24	27

Fotomaterial z visoko splošno občutljivostjo je namenjen za snemanje s kratkimi osvetlitvenimi časi (npr. hitrogibajoči se športni motivi), z močno zastrtimi zaslonkami (visoko zaslonsko število, velika globinska ostrina) oziroma za snemanje pri slabši svetlobi. A ne pozabimo: brez svetlobe ni barv, v slabih svetlobnih razmerah vidimo samo tone, kar velja tudi za fotomaterialne in snemalna vezja. Razen tega se z višanjem splošne občutljivosti povečuje zrnatost slike, zato je znižuje ločljivost, ostrina in upodabljanje podrobnosti. Groba zrnatost visokoobčutljivih filmov povzroča strukturirane učinke.

Spektralna oziroma **barvna občutljivost** pove, kako je fotomaterial občutljiv na različna spektralna območja oziroma na svetlobo različnih barv. Po svoji naravi so vsi črno-beli fotomateriali občutljivi le na modri del spektra. To so tako imenovani *nesenzibilizirani*, »navadni« fotomateriali. Z njimi se vse druge barve objekta upodobijo kot črna. V pionirskih časih fotografije so kot povsem naravno sprejemali dejstvo, da se na fotografijah modro nebo reproducira kot bela, zelena trava in rdeče rože pa skoraj kot črna. Fotografska emulzija je namreč po naravi rumene barve in absorbira samo modro svetlobo, samo absorbirana svetloba pa je tista, ki lahko povzroči nastanek latentne slike. Da bi se absorbirala tudi svetloba drugih barv, morajo fotografsko emulzijo senzibilizirati. Nastali so **ortokromatski** in **pankromatski** fotomateriali.

Ortokromatski fotomateriali so razen na modri občutljivi tudi na zeleni del spektra. Rdeče barve še vedno upodabljajo kot črna. Edino *pankromatski* fotomateriali so tako senzibilizirani, da so občutljivi na vse spektralne barve, najmanj pa prav na tiste z zelenega območja; slika 6.7. To pomeni, da se zelene barve reproducirajo malo temneje kot modre in rdeče. V splošni rabi so predvsem pankromatski fotomateriali, ortokromatski in nesenzibilizirani pa so namenjeni za tehnično fotografijo.



Slika 6.7 Spektralna občutljivost fotomaterialov: nesenzibiliziran B, ortokromatski O, pankromatski P in tisti občutljiv tudi na infrardeče sevanje R.

6.1.2 Digitalna fotografija

Korenine digitalne fotografije segajo v digitalizacijo analognega televizijskega (video) signala (glej sliko 3.6 in poglavje 3.1 Televizija – Digitalizacija – Digitalna televizija). Analogni signal so dobili bodisi s pomočjo elektronske snemalne cevi bodisi s pomočjo snemalnega vezja s sklopljenim nabojem CCD (slika 6.9) v videokameri, za digitalizacijo in shranjevanje pa so uporabili analogno digitalni pretvornik ter dovolj zmogljiv, takrat praviloma črno-bel računalnik z ustrezno programsko opremo. Seveda so bili uporabni tudi standardni televizijski signali, digitalne kamere, ki bi sameproizvedle in na primeren medij shranile digitalno sliko, pa so bile na začetku še izjemno draga redkost. Težave je povzročalo tudi upodabljanje digitalnih slik; standardni monitorji in tiskalniki so imeli zelo nizko ločljivost, upodabljali so samo enotonske slike. Tisti, ki so zmogli upodobiti okoli 38 tonov (vemo, da mora biti tonski obseg za kakovostno reprodukcijo najmanj 256), so bili za množično uporabo take tehnologije predragi.

Gospodarnost je temeljni vzrok, da se tudi Sony Mavica, prva digitalna videokamera za profesionalno oziroma polprofesionalno uporabo iz leta 1981, ni uveljavila; slika 6.8. Lastniki računalnikov Macintosh so tedaj lahko bolj za zabavo kot zares eksperimentirali z različnimi videodigitalniki, resnejša pa je bila tehnologija *Still-Video* (*Video Still Camera*, *Stehbild Video*); to je tehnologija mirujočega videozapisa s preciznimi videokamerami; te so imele ločljivost tudi do 10,000.000 slikovnih elementov. Tedaj izraz digitalna fotografija še ni bil uveljavljen, s *Still-Video* pa so označevali tudi nekatere prave digitalne kamere. Tudi zato, kersnemalna vezja niso bila dovolj svetlobno občutljiva in ker so bile prave digitalne kamere (*Electronic Digital Camera EDC*) zelo okorne, primerne zgolj za laboratorijsko uporabo.



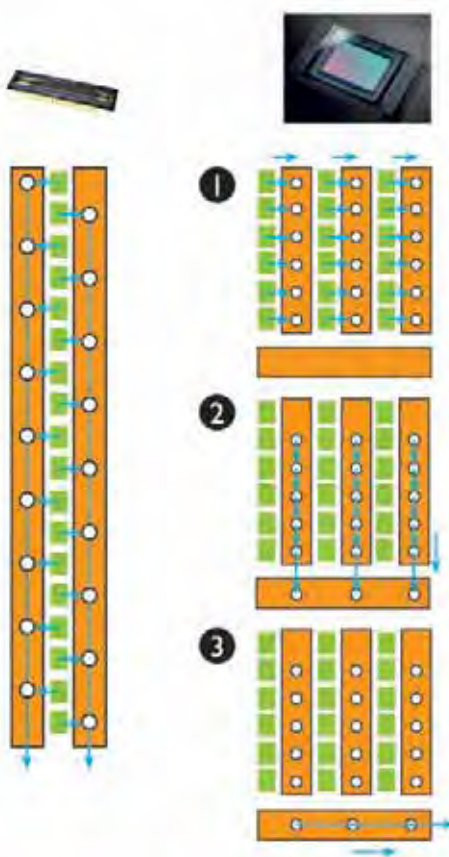
Slika 6.8 Konec avgusta leta 1981 (24. 8. 1981) se je začelo dolgotrajno poslavljanje od fotokemične, danes pravimo analogne fotografije. Podjetje Sony je tedaj namreč predstavilo videokamero z magnetnim zapisom mirujočih slik z imenom MAVICA. Čeprav je lahko posnela slike z 279.300 slikovnimi elementi (piksli), pa to ni bila prava digitalna kamera, ker je na mini magnetno disketo shranjevala barvne vrednosti RGB dane slike v analogni obliki.

Desno zgoraj slika 6.9 Delovanje snemalnega vezja s sklopljenim nabojem CCD (Charge-coupled device). Bodisi linearno (levo) bodisi matrično vezje CCD (desno) tvori množica izjemno majhnih silicijevih celic kvadratne oblike – mikrofotodiod, ki jih bomo imenovali fotoelementi. Svetloba, ki v obliki majhnih energijskih paketkov (fotonov) prodre v fotoelement, povzroči, da se silicijevi atomi osvobodijo svojih negativno nabitih elektronov. S tem nastane električni tok, in na mini sponkah se pojavi napetost. Vse fotoelemente v vezju CCD namreč povezujejo miniaturni električni vodniki, tako imenovana »vratca« (gate). Če so priključeni na pozitivni pol električne napetosti, deluje silicijeva površina pod njimi kot zbiralnik sproščenih elektronov. Nega-tiven naboj v celici vezja je sorazmeren z jakostjo vpadne

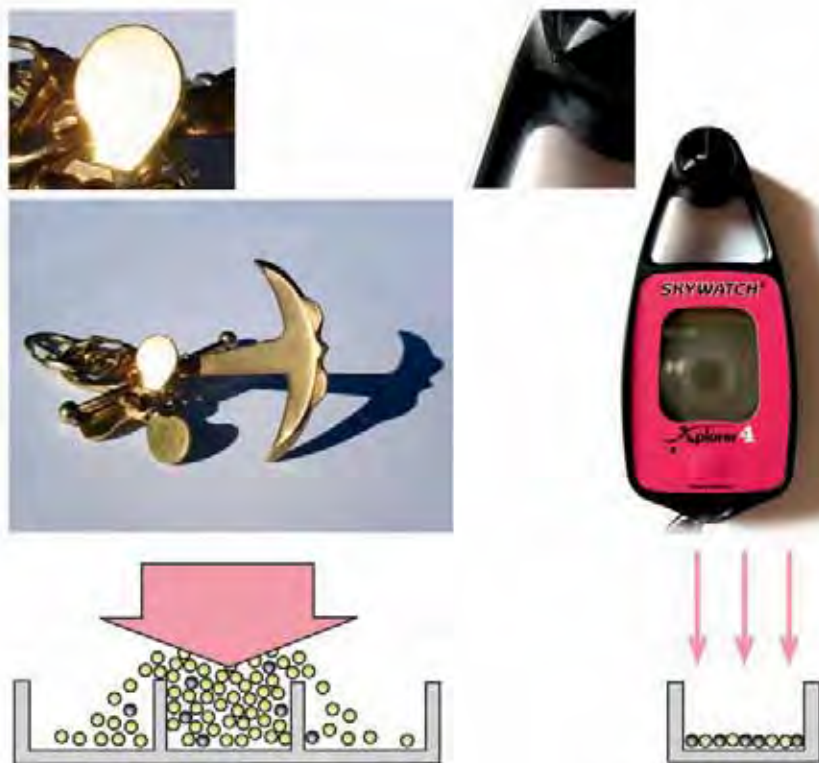
svetlobe; v digitalne signale ga pretvori analogno digitalni pretvornik.

Linearno snemalno vezje CCD: pred osvetlitvijo se vsi fotoelementi vezja »resetirajo« oziroma razelektrijo, tako da ne vsebujejo električnega naboja. Svetlobni dražljaj nato v vsakem elementu povzroči nastanek električnega naboja – signala. Signale zbira integracijsko vezje, ki ga tvorijo elementi CCD, ki pa niso svetlobno občutljivi. Po vezju potujejo do letvenih sponk, kjer se prestrežejo kot časovno razporejeni električni signali. Ti so sora-zmerni z ekspozicijo vsakega foto-elementa.

Matrično snemalno vezje CCD: slika ponazarja tri stolpce fotoelementov. Po ekspoziciji se vsi električni naboji sočasno prenesejo na sosednje integracijsko vezje (1). Ta jih v obliki časovno razporejenih električnih signalov drugoga drugim prenese na letvene spojke (2), kjer jih odčita in izniči A/D-pretvornik; šele potem se tja prenese naslednja vrsta signalov, vse dokler niso odvedeni vsi naboji iz matrice oziroma njenih fotoelementov.



- Digitalne kamere imajo v slikovni ravnini namesto filma nameščeno **snemalno vezje** s **fotoelementi**. V strokovni literaturi se uporabljajo številni drugi izrazi: slikovni senzor, optični senzor, senzor, optično tipalo, tipalo idr. Anglo-ameriška literatura je enotna; dosledno uporablja izraz *senzor*, *image sensor*. Slovenska leksika ga prevaja kot tipalo, svetlobni senzor, zaznavalo. Najbolj sporen izraz je tipalo, kajti svetlobe ne tipamo s prsti, ampak jo gledamo z očmi; glej poglavje 5 Barve in toni.
- Senzor: priprava, ki merjeno količino spreminja v električne signale; tipalo: kontrolirati temperaturo, tlak s senzorjem; letalo je opremljeno z različnimi senzori. SSKJ, 2003.
- Senzor: skrajšano sensory iz latinskega sensorium – čutilo, čutni organ. 1. Naprava, ki sprejme dražljaj in ga pretvori v impulz; 2. (merilno) tipalo, ki omogoča merjenje fizikalnih veličin (npr. gostote, pritiska, temperature). Veliki slovar tujk, CZ, 2002.
- Senzor – zaznavalo: naprava, ki meri spreminjajoče se količine v fizikalnem procesu (mehansko silo, svetlobni tok, temperaturo idr.) in jih pretvarja v električni analogni signal ali celo v digitalni signal, ki je že primeren za obdelavo podatkov v računalniku. Leksikon računalništva, Pasadena, 2002



Slika 6.10 Preosvetlitev (blooming – levo) in podosvetlitev (noise, slikovni šum -desno) snemalnega vezja. Premočna osvetlitev fotoelementa povzroči nastanek tako velikega naboja, da se »prelije« v sosednje elemente. Nastanejo popačeni signali, ki jih ni več mogoče neoporečno digitalizirati. Svetlobne konice se na fotografiji upodobijo brez risb. Pri snemalnih vezjih CMOS je preosvetlitev manj pogosta kot pri vezjih CCD. Preosvetlitev oziroma. blooming, »cvetenje podobe«, nastane tudi zaradi tehničnih omejitev snemalnih vezij. Preosvetljena svetla območja motiva doživijo običajno korenite barvne spremembe, navadno v smeri proti rdečemu območju spektra.

Prešibka osvetlitev ali podosvetlitev povzroča tako majhen naboj, da je informacijski signal danega fotoelementa v primerjavi s signalom, ki ga povzroča njegov lastni naboj, in ki obstaja tudi takrat, ko ni osvetljen (signal zatemnitve, šum), prešibek. Pri kalibraciji naprave se signal zatemnitve avtomatično odšteje od vseh drugih informacijskih signalov, ki nastanejo v vezju. Pri slabi svetlobi pa se vseeno lahko zgodi, da je razlika med zatemnitvenimi in informacijskimi signali premajhna in onemogoča natančna merjenja. Podrobnosti se ne upodobijo zlasti v temnih delih fotografije; tam nastanejo proge, pojavi se močna »zrna-tost« in druge napake, ki jim pravimo slikovni šum. Ta se pojavi tudi tedaj, ko je svetlobna občutljivost slikovnega vezja prenizka, kontrastni in tonski obseg pa premajhna.

Snemalno vezje CCD: *charged coupled device* – fotonapetostni optoelektronski element iz polprevodniškega tiskanega vezja, nekakšna filigranska šahovnica iz množice drobnih silicijevih fotodiod. Vpadna svetloba se v fotodiodi sorazmerno s svojo jakostjo analogni pretvarja v električni tok, ki preide v izolirano shranjevalno elektrodo. Pretvornik

nato analogni signal spremeni v digitalni, da nastane stabilna digitalna slika, ki se shrani na pomnilniški kartici. Vsako snemalno vezje CCD ima svojo splošno svetlobno občutljivost, ki jo je mogoče spreminjati. Delo Znanost, 7. oktober 2002.

Charge-coupled devices (naprave s sklopljenim nabojem). CCD-je tvorijo vrste malih fotodiod, ki so tesno skupaj nameščene na sloju silikona. Ko foton svetlobe zadane ob tako elektrodo, ta iz silikonskega sloja emitira elektron. Elektroni so označeni glede na lokacijo in potujejo do AD-pretvornika, kjer se vsakemu izmeri napetost in pretvori v digitalno vrednost. Označevanje (*tagging*) elektronov glede na lokacijo, na kateri so nastali, se imenuje *charge-coupling*.

CCD: kratica za *Charge Coupled Device* (nabojna naprava za sliko). Pomnilno elektronsko vezje, ki podatke hrani kot naboj v sklopljeni matriki kondenzatorjev. Ker je občutljivo na svetlobo, omogoča poceni snemanje (v orig. zajemanje) podobe, sestavljene iz barvnih slikovnih pik. Leksikon računalništva, Pasadena 2002.

- Snemalno vezje CMOS: *complementary metal-oxide semiconductor*. Polprevodniško tiskano vezje, ki je cenejše kot CCD in ki porabi tudi manj energije, vendar ustvarja več slikovnega šuma. Delo Znanost, 7. oktober 2002. Vrsta tehnologije za izdelavo polprevodniških integriranih vezij. Leksikon računalništva, Pasadena 2002.
- Fotoelement: fotoelektrični člen, naprava, ki spreminja električne lastnosti pod vplivom svetlobe. Fotoelementom na snemalnem vezju pravijo tudi slikovne celice (*picture cells, sensor elements, scanner spots*), najpogosteje pa slikovni elementi oz. piksli (*pixel – picture element*). V nadaljevanju bomo spoznali, kaj natančno je piksel in v kakšnem razmerju je s fotoelementom na snemalnem vezju. V nekaterih primerih bi tudi zanj smeli uporabiti izraz slikovni element, v večini pa ne.

Snemalno vezje CCD je imelo v primerjavi s svojimi konkurenti, tudi vezji CMOS, toliko prednosti, da je postalo najbolj razširjen svetlobni senzor v številnih elektronskih napravah, predvsem v digitalnih kamerah in digitalnih snemalnikih (skenerjih).

V digitalnih kamerah se snemalna vezja uporabljajo v dveh oblikah: v **matrični** (*matrix array*) in **linearni**, vrstični ali letveni razvrstitvi (*linear array*). Vezje v matrični obliki ima fotoelemente razvrščene v obliki tabele: v vrstah in stolpcih, vezje v linearni obliki pa samo v eni vrsti – letvici. Matrično vezje se imenuje tudi **statično** vezje (*static array*) in posname sliko z eno samo, sorazmerno hitro ekspozicijo. Število elementov v matriki je najpomembnejši dejavnik, ki določa snemalno ločljivost digitalne kamere, v kateri je vgrajeno. Linearno vezje je po drugi strani premično; predlogo ali motiv skenira razmerno počasi (*scanning array*). Vgrajujejo ga predvsem v snemalnike (skenerje) in pa v studijske digitalne kamere za izjemno kakovostno snemanje mirujočih studijskih motivov. Linearno vezje omogoča večjo snemalno ločljivost, ker se pri snemanju stopnjasto premika po slikovni ravnini.

Načeloma so snemalna vezja negativno občutljiva na toploto, zato digitalne kamere pri visokih temperaturah ne delujejo docela neoporečno. Omeniti moramo tudi, da je izdelava slikovnega vezja, predvsem matričnega, izjemno zahtevna, zato je slikovni format veliko manjši kot pri maloslikovnem fotoaparatu formata leica (36 × 24 mm). Po drugi strani pa ustroj vezja mnogo bolj spominja na ustroj človeškega očesa. Fotoelementi v

matrici so primerljivi s svetlobnimi receptorji na mrežnici očesa (paličkami in čepki): eni in drugi svetlobne signale spreminjajo v električne oziroma elektrokemične signale, kar je ustrezen opis svetlobnega dražljaja.

V digitalnih kamerah so najbolj pogosta matrična vezja, ki imajo pet temeljnih značilnosti: geometrijo (format, velikost), ločljivost, splošno občutljivost, tonski in dinamični (kontrastni) obseg, medtem ko je barvni obseg domena matričnih vezij za snemanje trikromatskih digitalnih fotografij.

Geometrija snemalnega vezja in goriščna razdalja

Zaradi visokih proizvodnih stroškov, komplicirane izdelave in tehnično-tehnoloških možnosti so matrična snemalna vezja praviloma zelo majhna. Čeprav je mogoče vezje izdelati s poljubnim razmerjem stranic, se proizvajalci zgledujejo po uveljavljenih razmerjih v analogni fotografiji in televiziji.

Maloslikovni format leica je 36×24 mm, z razmerjem stranic 3 : 2. Analogne kamere srednjega formata 645 posnamejo fotografije formata $56 \times 41,5$ mm pri razmerju stranic 4 : 3, v enakem razmerju pa sta tudi stranici televizijskega ali računalniškega zaslona. Format snemalnega vezja pove, v kakšnem razmerju sta njegovi stranici, nič pa o njihnih absolutnih dimenzijah in še manj o informacijski zmogljivosti (sporočilnem naboju, velikosti datoteke, množini informacij) posnetka.

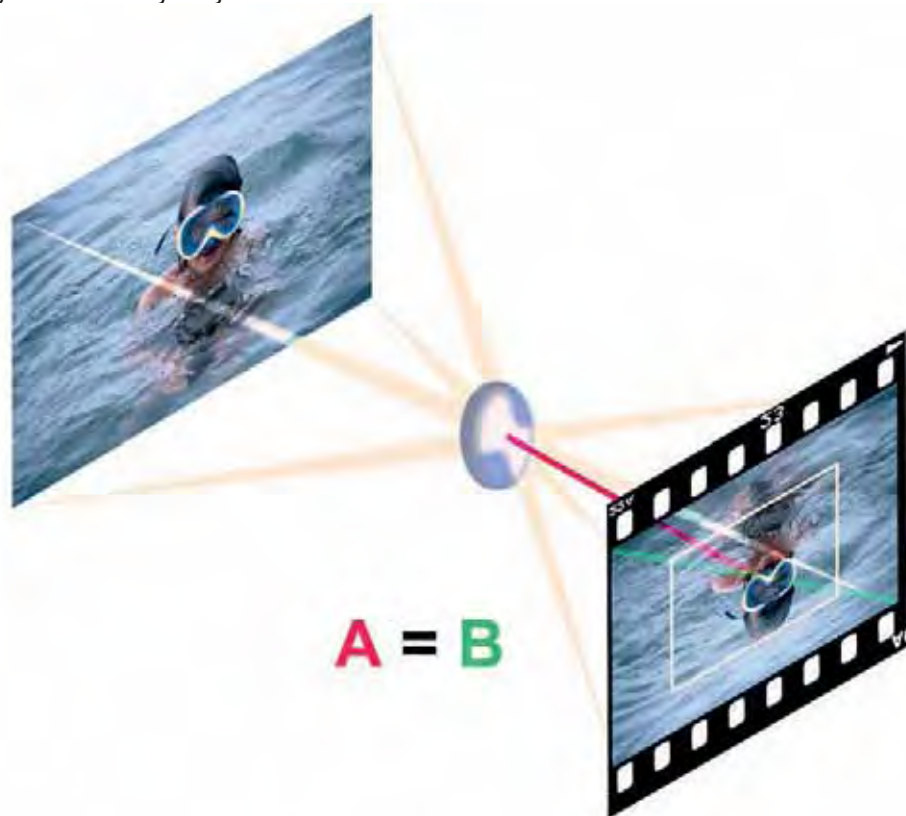
Digitalne kamere s formatom 3 : 2 imajo snemalno vezje veliko približno $23,5 \times 15,7$ mm, nekatere pa tudi 36×24 mm, toliko kot maloslikovne. Digitalne kamere s formatom 4 : 3 (*FourThirds*) imajo trenutno presenetljivo majhna snemalna vezja z dimenzijami približno $17,3 \times 13,0$ mm, $8,8 \times 6,6$ mm, celo samo $7,3 \times 5,5$ mm. Ker ta format temelji na razmerju stranic pri televiziji in monitorjih, ima prednost pri posnetkih, namenjenih za multimedijsko produkcijo in internet.

Informacijsko zmogljivost (sporočilni naboj) posnetka določa ob geometrični velikosti snemalnega vezja še njegova snemalna ločljivost. Snemalno vezje z razmerjem stranic 3 : 2 ima lahko $756 \times 504 = 0,36$ milijona, a tudi $3060 \times 2036 = 5,9$ milijona fotoelementov. V tem preprostem primeru črno-belega posnetka bi bila enaka tudi slikovna ločljivost (ločljivost digitalne slike), okoli 6 MPx (6 milijonov slikovnih elementov – pikslov), v primeru barvnega posnetka pa zveza med množico fotoelementov na snemalnem vezju in množico slikovnih elementov (pikslov) v digitalni sliki ni več tako premočrtna. Slikovno ločljivost določa namreč tudi slikovni procesor.

Malo- in srednjeformatne analogne kamere so najpogosteje opremljene s tako imenovanim »normalnim« objektivom. Upodobitvena perspektiva tega objektiva najbolj ustreza perspektivi človeškega vida. Njegova goriščna razdalja je približno enaka diagonali slikovnega formata. »Normalni« objektiv za maloformatno kamero formata leica (24×36 mm, diagonala 46 mm) je tisti z goriščno razdaljo 50 mm, za srednjeformatno kamero 40×50 mm (diagonala 163 mm) pa tisti z goriščno razdaljo 150 mm.

Objektivi, ki imajo goriščno razdaljo daljšo od »normalnih«, so teleobjektivi. Pri ožjem vidnem polju povečajo (približajo) motiv. Objektivi, ki imajo goriščno razdaljo krajšo od »normalnih« so širokokotni. Pri večjem vidnem polju pomanjšajo motiv, zato pa zaobjamejo večji del scene.

Če v maloslikovni kameri film nadomestimo z manjšim snemalnim vezjem, mora objektiv projicirati motiv na manjšo površino; ta zaobjame le osrednji del slike in nastane vtis, da fotografiramo z objektivom daljše goriščnice. Zaradi tega se je uveljavil sporen strokovni izraz *podaljšanje goriščne razdalje*. Sporen je zato, ker se goriščna razdalja objektiva prav nič ne spremeni; spremeni oz. zoži se zgolj vidno polje kamere: v različnih razmerjih, odvisno od konstrukcije digitalne kamere, od 2 : 1, 1,6 : 1, 1,4 : 1, kar pomeni, da se v teh razmerjih navidezno podaljša tudi goriščna razdalja, bolj pravilno zoži vidno polje. Seveda pa navidezno podaljšanje goriščne razdalje izgine, če je velikost snemalnega vezja enaka formatu in geometriji formata leica. Vidno polje ostane tu v razmerju 1 : 1. V tem razmerju seveda ostane tudi, če diagonali snemalnega vezja prilagodimo goriščno razdaljo objektiva.



Slika 6.11 Definicija »normalnega« objektiva: njegova goriščna razdalja približno ustreza diagonali upodobljene slike. Zaradi manjšega formata snemalnega vezja se navidezno podaljša goriščna razdalja na objektivu. Pojavi se ožje vidno polje, »normalni« objektiv se spremeni v teleobjektiv, širokokotni pa v »normalni«. V resnici gre zaradi ožjega vidnega polja le za manjši izrez istega motiva.

Prva rešitev je primerna le, če je v formatu 24×36 mm mogoča ne le tehnično-tehno-loška, marveč tudi gospodarna izdelava vezja CCD in če je na voljo dovolj cenenih spominskih komponent za shranjevanje digitalnih fotografij. Večja snemalna vezja imajo namreč tudi več fotoelementov in dajejo bistveno več podatkov, ki jih moramo zapisati na ustrezen medij. Glavna prednost takih digitalnih kamer je uporaba enakih sistemskih komponent kot pri analogni maloslikovni kameri (dragi objektiv, pribor, dodatki, ki smo jih uporabljali že prej). Žal to ne drži povsem, saj morajo biti objektiv za digitalno kamero izdelani veliko bolj precizno kot tisti za analogno.

Druga rešitev se je uveljavila pri kompaktnih digitalnih kamerah. Diagonale prej navedenih formatov snemalnih vezij so od 22 do 28 mm in jim ustrezajo goriščne razdalje »normalnih« objektivov. Zato so te kamere običajno opremljene z zoom objektivom z goriščno razdaljo, denimo 7 do 21 mm, kar približno ustreza objektivu 33 do 100 mm pri klasični maloformatni (leica) kameri.

Geometrijska, snemalna in slikovna ločljivost

Geoometrijsko ločljivost snemalnega vezja določa gostota fotoelementov na dolžinsko enoto. Ker pri črno-beli digitalni fotografiji vsak fotoelement posname en slikovni element digitalne fotografije, jo izražamo kar s številom pikslov na dolžinsko enoto: ppc – pixel per cm, ppi – pixel per inch (pojme slikovni element, pika, pikica, točka, piksel podrobno razlaga poglavje 6.1.3). Bolj praktično je izražanje geometrijske ločljivosti s številom vseh fotoelementov: snemalno vezje, ki ima 1152×1728 pikslov velikosti 13×13 mikrometrov ($0,0013 \times 0,0013$ mm), je veliko približno $15,5 \times 22,8$ in vsebuje skupaj 1,990.656 – na okroglo 2 MPx. Enota megapiksel (MPx) imamilijon slikovnih elementov. Kamera s snemalnim vezjem 2304×1758 pikslov ima skupaj 4,050.432 pikslov, zaokrogljeno 4 MPx.

Najzmogljivejše digitalne kamere imajo geometrijsko ločljivost od 12 do 16 MPx. Slike lahko v teh primerih snemamo tudi pri zmanjšani ločljivosti: pri snemalni ločljivosti 150 ppi kamera posname vsako stopetdesetinko palca, pri 72 ppi pa zgolj vsako dvainšesetdesetinko. Ker število fotoelementov na vezju določa venomer enaka geometrijska ločljivost, slikovni procesor signale procesira tako, da se »velikost« pikslov spreminja: pri snemanju z nizko ločljivostjo piksli predstavljajo večje dele motiva (kar se odraža v slabšem upodabljanju podrobnosti, manjšem obsegu barv in tonov ter splošni degradaciji reprodukcije), pri višji snemalni ločljivosti pa predstavljajo manjše dele motiva. Največja snemalna ločljivost pri črno-beli fotografiji je enaka geometrijski ločljivosti snemalnega vezja.

Slikovna ločljivost pove, koliko slikovnih elementov vsebuje digitalna slika. Njen geometrijski format dobimo tako, da digitalni format v slikovnih elementih delimo z ločljivostjo, tj. številom slikovnih elementov na dolžinsko enoto. Če je velikost digitalne slike 2400×1200 slikovnih elementov ali pikslov, ločljivost pa 300 ppc, dobimo geometrično velikost digitalne slike 8×4 centimetrov.

Ni nujno, da visoka ločljivost zagotavlja visoko ostrino in dobro upodabljanje podrobnosti; razlikovati moramo namreč med geometrijsko ločljivostjo snemalnega vezja,

slikovno ločljivostjo, tj. ločljivost digitalne fotografije in **optično ločljivostjo**, ki edina pove, kako dobro digitalna kamera razlikuje podrobnosti na motivu oz. predlogi. Optična ločljivost ni odvisna le od kakovosti vezja, marveč tudi od kakovosti objektiva, digitaliziranja in procesiranja signalov ter seveda od krčenja (kompresije) digitalnih podatkov pri shranjevanju v pomnilnik. Samo visoka optična ločljivost zagotavlja, da na sliki ne vidimo posameznih slikovnih elementov (posteriziranje), nazobčanih diagonalnih črt, robov in obrisov.

- Najpomembnejši podatek o kakovost digitalne kamere je največja velikost slike v slikovnih elementih (pikslih), ki je neposredno odvisna od geometrijske ločljivosti snemalnega vezja. Ker je slikovnih elementov v digitalni sliki praviloma zelo veliko, uporabljamo enoto megapiksel MPx, ki znaša milijon slikovnih elementov (pikslov).
- Geometrijska, slikovna in optična ločljivost so različne, a soodvisne značilnosti digitalne kamere. Geometrijska ločljivost je fizikalna ločljivost snemalnega vezja, slikovna ločljivost je ločljivost shranjene digitalne fotografije (enaka je snemalni ločljivosti). Če je fotografija črno-bela, pri največji snemalni ločljivosti vsakemu fotoelementu ustreza en slikovni element oz. piksel, zato sta ločljivosti enaki. V digitalni barvni (trikromatski) fotografiji z matričnimi vezji to ni več nujno.
- Snemalna ločljivost je tista, s katero snemamo motiv. Geometrijske ločljivosti ne more preseči, lahko pa je manjša. Nižje snemalne ločljivosti potrebujemo za snemanje hitrogibajočih se motivov ali takrat, ko ni na voljo dovolj spominskih zmogljivosti. V vsakem primeru znižujejo kakovost posnetka.
- Literatura geometrijsko ločljivost navaja tudi kot snemalno, nazivno, vhodno ločljivost, ločljivost vzorčenja ipd.
- Geometrijska ločljivost ni neomejena. Velikost fotoelementov je od 3 do 7 mikrometrov in se počasi zmanjšuje proti 2 mikrometroma. Vendar se s tem manjšata splošna občutljivost in kontrastni obseg vezja, večja pa tok zatemnitve oziroma slikovni šum. Rešitev je večje snemalno vezje, kar pa je tehnološko in cenovno zahtevno.

Slikovni šum je parazitski signal, ki nastane tudi v neosvetljenem snemalnem vezju in povzroča temni tok – tok zatemnitve (*dark current*). Slikovni šum je sorazmeren s temperaturo in se vsakih 10 °C podvoji, večji pa je tudi pri daljših časih ekspozicije. Uporabnost digitalnih kamer v prisotnosti močnih toplotnih virov (studijske svetilke, sonce) je omejena.

Splošna občutljivost snemalnega vezja

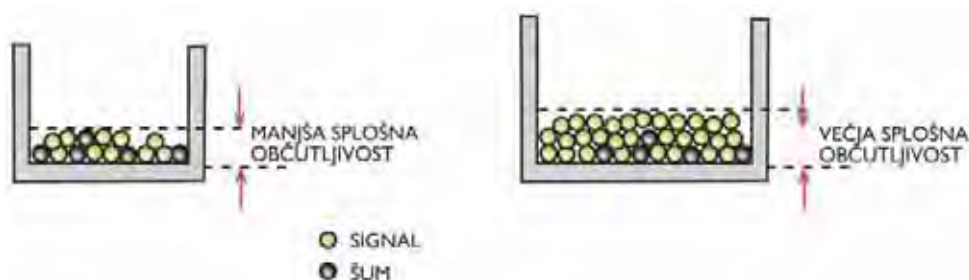
Tako kot vsak fotomaterial ima tudi vsako snemalno vezje svojo splošno svetlobno občutljivost, ki jo izražamo po standardih SIST ISO, s kombinacijo splošne občutljivosti ASA in DIN. Vezja in s tem digitalne kamere imajo eno samo splošno občutljivost, ki jo je mogoče glede na svetlobne razmere in zeleno ekspozicijo stopnjasto spreminjati (od najnižje navzgor): 50, 100, 200, 400 ... ASA. Pri boljših kamerah je najvišja občutljivost do 1600 ASA, korak med stopnjami pa manjši (npr. 25 ASA).

Splošno občutljivost določa jakost električnega naboja, ki nastane v posameznih elementih zaradi učinkovanja svetlobe. Višje občutljivosti dosežejo tudi z umetnim ojačevanjem signalov iz posamičnih elementov. Ojačevati pa morajo prvinske analogne signale in ne digitalizirane podatke, ki nastanejo v analogno-digitalnem pretvorniku. Kamera, ki pri višji splošni občutljivosti »ojačuje« digitalno sliko, zmanjša njen tonski obseg (glej naslednje poglavje). Snemalna vezja v primerjavi z zelo občutljivimi filmi zaradi ojačevanja analognih signalov in posledično visoke splošne občutljivosti ne povzročajo zrnatosti, pa tudi upodabljanje barv in tonov se zaradi tega ne poslabša; povečuje pa se slikovni šum, ki omejuje še dosegljivo splošno občutljivost.

Električni naboj v elementih vezja je linearen: večja ko je ekspozicija, večji je naboj. V popolnoma nabitem elementu je okoli 110.000 elektronov. Četudi ekspozicijo povečamo, senzor ne reagira in ne zazna nikakršne spremembe: risba in detajli v najsvetlejših delih motiva izginejo. To je naboj nasičenja. Da bi se temu izognili, je vezje izvedeno tako, da se ne more popolnoma električno nabit, marveč naboj ne presega 90 odstotkov nasičenja: približno 100.000 elektronov v vsaki celici. Temu navadno ustreza splošna občutljivost ISO 100/21. Navkljub opisanim omejitvam ekstremna preosvetlitev povzroča neželjeno »cvetenje« podobe (*blooming*).

Pri višje nastavljeni splošni občutljivosti na digitalni kameri se zmanjša število elektronov, ki tvorijo želeni naboj oziroma informacijski signal, zato se lahko zmanjša tudi ekspozicija. Informacijski signali, ki prihajajo iz posameznih fotoelementov, so šibkejši in jih moramo ojačati. To je mogoče le tako dolgo, dokler se še dovolj razlikujejo od slikovnega šuma, torej signalov, ki nastajajo v vezju tudi brez ekspozicije (tok zatemnitve). Največjo možno splošno občutljivost določa torej še sprejemljiv prag med slikovnim signalom in slikovnim šumom. Pri stalni temperaturi slikovni šum narašča z ekspozicijo.

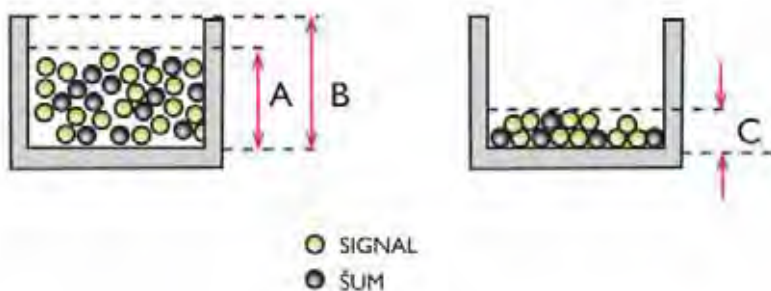
- Večji ko so fotoelementi, večja je splošna občutljivost snemalnega vezja in manjši je slikovni šum, vendar je pri enaki velikosti vezja slabša ločljivost. Da bi jo obdržali, moramo povečati format vezja. Splošna občutljivost in slikovni šum sta z ločljivostjo obratno sorazmerna.



Slika 6.12 Vsak fotoelement na snemalnem vezju si lahko predstavljamo kot nekakšno vedro, sestavljeno po načelih polvodniških konstrukcijskih metod. Jakost naboja, ki se tvori v njem, ne more preseči maksimuma, ki ga diktira njegova geometrična velikost. V vedru, ki ga napolnimo s prodom, je vsak kamenček kot elektron, enota električnega naboja. Vedro se lahko napolni samo z določenim, končnim številom kamenčkov; če jih je več, izpadejo in se izgubijo, še slabše, preskočijo v sosednje vedro. Naboj, ki ga v fotoelementu povzroči

ekspozicija, ta odda elektronskemu vezju, ki ga spremeni v uporabne električne signale, saj so sorazmerni z jakostjo nastalega naboja v celici.

Ne smemo pozabiti, da so vsi elektroni enake velikosti, torej lahko v vedro določene velikosti shranimo le določeno število kamenčkov; če jih želimo shraniti več, moramo vzeti večje vedro, torej povečati celico, da bi bila splošna občutljivost večja (in dinamični obseg). Večje celice seveda zmanjšajo geometrično ločljivost slikovnega vezja.



Slika 6.13 Najmanjšo splošno občutljivost vezja določa največji električni naboj nekega fotoelementa (B). Da bi se izognili nasičenju, je najnižja splošna občutljivost izbrana malo nižje (A). Največjo splošno občutljivost določa električni naboj, ko se informacijski signal fotoelementa še dovolj loči od slikovnega šuma, ki ga določa naboj zatemnitve (C).

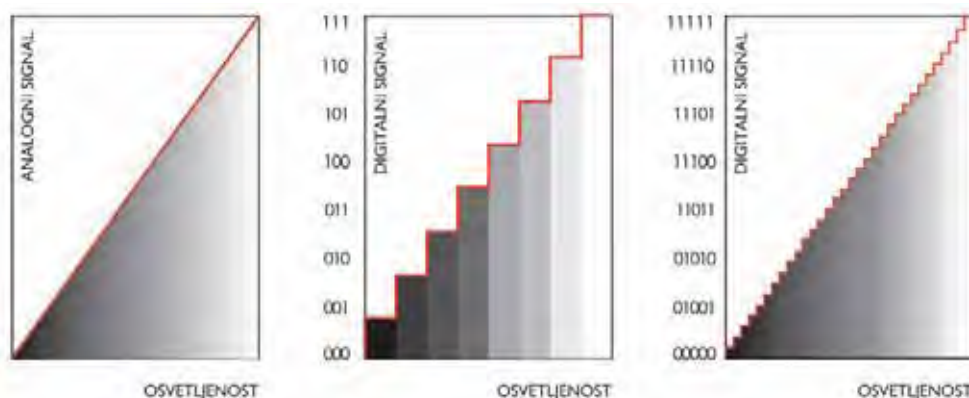
Tonski obseg snemalnega vezja

Katero koli vezje s sklopljenim nabojem je analogna naprava in oddaja le **analogne signale**. Da bi jih lahko modularili in z računalnikom izdelali večtonsko sliko, jih moramo digitalizirati v končno število (glej poglavje 3.1 Televizija – Digitalizacija). Digitalne kamere imajo vgrajene lastne analogno-digitalne pretvornike, ki analogne signale digitalizirajo z 10-(1024 tonov), 12-(4096 tonov) ali celo 14-bitno kodo (16.384 tonov). Večina tiskarskih tehnik med belo barvo papirja in 100-odstotno potiskano površino ne more upodobiti niti 256 tonov (8-bitna koda); tudi programi za repromodulacijo slik le izjemoma podpirajo višji tonski obseg (najmanj 256 tonov zagotavlja, da niso vidni preskoki med posameznimi toni - posteriziranje). Kljub temu je kakovost digitalne slike boljša, če je prvotno posnet tonski obseg veliko večji od tistega, ki ga potrebujemo. To z drugimi besedami pomeni, da je izvorna digitalna slika z 256 toni slabša od tiste, ki je izvorno posneta s 1024 toni, kasneje pa skrčena na enak tonski obseg. Ta postopek se imenuje supervzorčenje (*supersampling*) in je za kakovostno digitalno sliko nujen. Vzrok je svetlostna občutljivost snemalnega vezja, ki ne ustreza svetlostni občutljivosti očesa.

Svetlostna občutljivost vezja je linearna, kar pomeni, da med svetlimi toni zazna enake razlike kot med temnimi. Po drugi strani je svetlostna občutljivost očesa logaritmčna, zato svetle tone bolje ločuje od temnih. Ali: vizualna razlika med dvema svetlima tonoma je večja od objektivno enake razlike med dvema temnima. Da bi svetlostno občutljivost vezja uskladili z vizualnim vtisom, kamera najprej posname sliko z razširjenim tonskim obsegom (npr. 4096 tonov), potem pa ga skrči na 256 tonov tako, da digitalna slika

ustreza vizualnemu vtisu (v temnih delih slike izpusti nekatere tone, da med njimi nastanejo sorazmerno večje vizualne razlike). Ker pa z nekaterimi programi obdelujemo tudi digitalne slike z 10-bitno kodo, in takih programov bo v prihodnje vse več, je nujno, da so tako posnete in kodirane tudi digitalne slike. Po drugi strani nastajajo tonska popačenja tudi pri modulaciji osembitnih slik vsakič, ko spremenimo gradacijo ali kontrast: nekateri od 256 tonov postanejo povsem beli, drugi pa črni (*clipping*).

Računalniški viri imenujejo tonski obseg bitna globina (*bit depth*). Enobitne slike so črno-bele, dvobitne slike imajo štiri tone, ki so binarno opisani z eno od štirih kombinacij 00 01 10 11, pri čemer je 00 povsem belo, 11 pa povsem črno. Tonski obseg osembitne slike je 256 kombinacij.



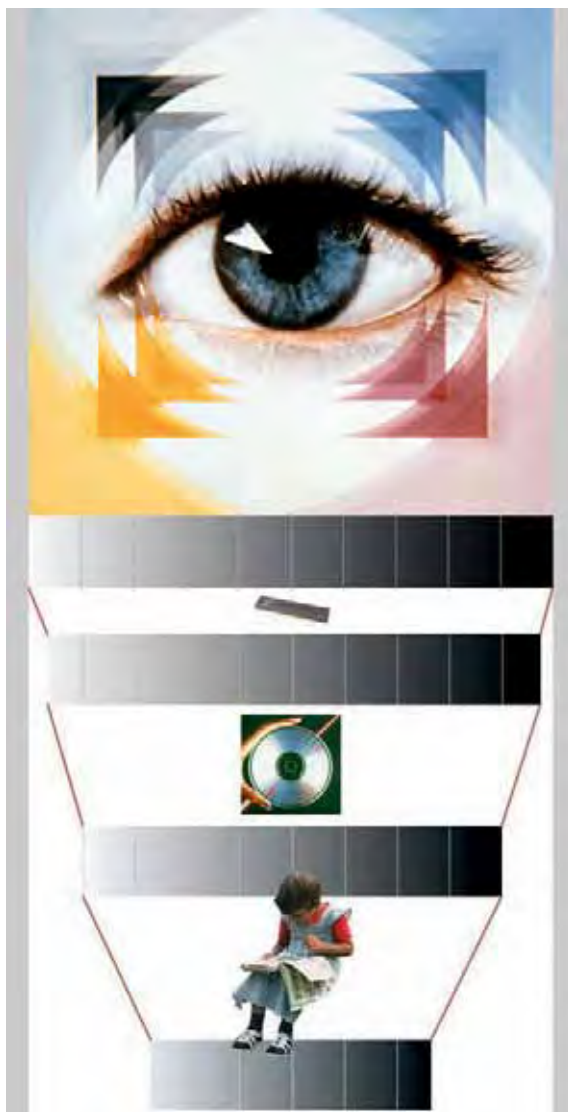
Slika 6.14 Digitalizacija sivega klina s tri- in petbitnokodo (8 in 32 tonov). Osvetlitev snemalnega vezja s sivim klinom, z zvezno menjajočo se ekspozicijo torej, povzroči linearno naraščanje električnega naboja v ustreznih fotoelementih. Neskončno množico zveznih električnih signalov A/D-pretvornik spremeni v točno določeno število digitalnih signalov, to je v končno zaporedje digitalnih tonov – digitalni tonski obseg. Digitalni tonski obseg določa kakovost oziroma izvedba analogno-digitalnega pretvornika. V primeru na sliki je zaradi boljše nazornosti omejen na osem in 32 tonov, ki so kodirani s tri- oziroma petbitno kodo. Osembitni A/D-pretvornik daje 256 tonov, 10-bitni 1024, 12-bitni pa 4096 tonov. S 14-bitnim pretvornikom dobimo 16.384, s 16-bitnim pa 65.536 tonov. Večina računalniških programov za obdelavo slik podpira zgolj moduliranje osembitnih slik, zato moramo posneti tonski obseg skrčiti tako, da digitalna slika ustreza vizualnemu vtisu. Premajhen tonski obseg povzroča posterizacijo reprodukcije, tj. opazne preskoke med toni in barvami.

Dinamični obseg snemalnega vezja

Definicija je enaka kot pri klasični fotografiji. Na splošno velja, da je dinamični obseg snemalnih vezij primerljiv z dinamičnim obsegom negativnih fotomaterialov, torej okoli deset zaslonkinih števil (700 : 1). Prednost je, da digitalna kamera upodablja pozitivne slike, ki jih zlahka vizualno presojamo.

Dinamični obseg digitalne kamere ni odvisen le od značilnosti snemalnega vezja, marveč tudi od analogno-digitalnega pretvornika. Velik dinamični obseg vezja nič ne koristi, če pretvornik posnete tone pretvori zgolj v 256 tonov. Da bi se izognili izgubi tonov pri pretvarjanju, morata imeti enak dinamični obseg. Če je dinamični obseg sensorja devet zaslonkinih števil, mora biti tonski obseg pretvornika najmanj 10 bitov (1024 tonov).

Dinamični oz. kontrastni obseg je območje svetlosti (*illumination*), v katerem dajejo fotoelementi bolj ali manj linearen izhodni signal brez pretiranega električnega šuma. Ker je kontrastni obseg diapozitivov lahko 1 : 100.000, mora občutljivost sensorja, ki želi posneti vse njegove tone – od najsvetlejših do najtemnejših območij – ustrezati temu kontrastnemu obsegu ali ga presežati.



Slika 6.15 Linearno snemalno vezje reproducira dinamični tonski obseg desetih zaslonkinih števil (700 : 1). Računalniške aplikacije za grafično pripravo prenesejo zgolj osem zaslonkinih števil, tisk sam pa zgolj pet. Zato moramo pri repromodulaciji slike nenehno skrbeti za optimalno prilagajanje tonov: med temnimi toni razlike povečujemo, da postanejo bolj vidni, med svetlimi jih zmanjšujemo, da niso preveč vidni. Vizualni vtis reprodukcije mora čimbolj ustrezati originalni sceni.

Digitalna fotografija se je začela uveljavljati na začetku devetdesetih let in je že od svojega nastanka namenjena predvsem za fotografiranje v barvah. Črno-bela digitalna fotografija je pomembna zgolj zaradi razumevanja temeljnih pojmov. Digitalno fotografijo v barvah opisuje poglavje 7.1.2.

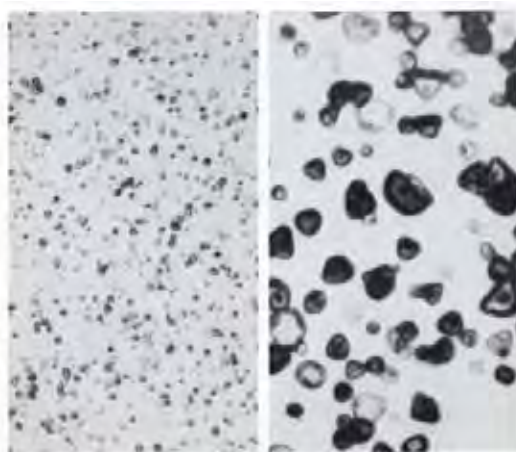
6.1.3 Simuliranje barv in upodabljanje tonov v fotografiji

Analogna fotografija

Črno-bela fotografija v obliki negativa, diapozitiva ali fotografske slike je strukturiran »mozaik« zrnca elementarnega srebra. Na videz je homogena in pri običajnih razmerah gledanja njena struktura ni opazna. Že pri manjših povečavah (50-krat) postane viden njen zrnati ustroj, pri večjih povečavah pa postane zelo dobro vidna narava slike; dobro so vidna posamezna zrnca elementarnega srebra; slika 6.16. Velikost zrnca se spreminja z ekspozicijo in razvijanjem: daljša je ekspozicija in daljši je čas razvijanja, bolj zrnata je fotografska slika, večja so torej najmanjša zrnca elementarnega srebra – slikovni elementi.

Pri manjših ekspozicijah se razvijejo samo najbolj občutljivi kristali fotografske emulzije, pri večjih prav vsi, ki so na površini. Srebrovi halogenidi pod površino emulzije prejmejo manj energije in se ne razvijejo; če pa se ekspozicija še povečuje, se razvije vse več kristalov tudi v globini sloja. Do tja prodre manj energije, ki lahko aktivira le najbolj občutljive kristale. Bolj občutljivi kristali, ki potrebujejo manj energije, so praviloma tudi večji, zato se zrnatost fotografske slike z večjo ekspozicijo povečuje – zrna elementarnega srebra so vse bolj vidna. Podobno se dogaja tudi zaradi razvijanja: daljše razvijanje aktivira vse večje kristale latentne slike.

Višja splošna občutljivost fotografskih materialov temelji prav na velikosti srebrohalogenidnih kristalov: večji so, večja je splošna občutljivost fotomateriala. Žal je zaradi tega večja tudi zrnatost, saj se razvijejo vedno večja zrna elementarnega srebra; slika 6.16. Zrnatost je še posebej opazna pri večjih povečavah, in sicer v območjih motiva, kot so nebo, obrazi in skoraj vsi svetli toni. Manj opazna je v strukturiranih območjih.



Slika 6.16 Zrnca – slikovni elementi elementarnega srebra: levo v nizkoobčutljivem fotografskem materialu, desno v visokoobčutljivem pri enaki povečavi. Zaradi zrnate narave fotografske slike lahko njeno naravo izrazimo tudi digitalno, z množico najmanjših slikovnih elementov.

- Zrnatost je subjektivni učinek zaradi nehomogenosti fotografskih emulzij in pri večjih povečavah postane vidna s prostim očesom. Zrnatost je odvisna od faktorja povečave, razdalje opazovanja, splošne občutljivosti fotomateriala, ekspozicije in razvijanja.
- Glede na zrnatost so fotografski materiali grobo-, srednje-, fino- in zelo fino- zrnati. Visokoobčutljivi so praviloma grobo-, nizkoobčutljivi pa fino- zrnati.
- Velika ekspozicija povzroča grobozrnatostne učinke, zato se zrnatost še zlasti močno odraža pri fotografiranju temnih motivov.
- Zrnatost vizualno izgine, če je le opazovalna razdalja dovolj velika. To je hkrati tudi merilo sprejemljive zrnatosti: pri normalni razdalji opazovanja (za fotografije približno 40 cm, za projekcije približno 4 m) ne sme biti opazna.
- Zrnatost in optična ločljivost analogne fotografije nista brezpogojno linearno soodvisni. Manjša zrnatost ne pomeni nujno večje optične ločljivosti in s tem ostrine detajlov. Fotomateriali večje zrnatosti imajo lahko tudi večjo optično ločljivost in nasprotno.
- Zaradi zrnate narave fotografske slike lahko njeno strukturo izrazimo digitalno, z množico najmanjših slikovnih elementov. Črno-bel večtonski negativ formata leica (24 x 36 mm) na srednje občutljivem fotomaterialu (ISO 100/21, optična ločljivost 500 linijskih parov/cm, tonski obseg $\log_2 128 = 7$) ima 8,64 milijona slikovnih elementov ali 57,7 megabitov ali 7,2 megabytov.

Analogna fotografija upodablja tone motiva z manjšimi/redkejšimi oz. večjimi/gostejšimi zrni elementarnega srebra. S tem bi lahko simulirali katero koli svetlost in na fotografiji upodobili poljubno število tonov. Žal je treba upoštevati tudi ponovljivost upodabljanja: ista svetlost motiva na sliki ni vedno isti, pač pa včasih svetlejši, drugič temnejši ton. Če je raztros tonov znan in v vsej lestvici od najsvetlejših do najtemnejših enak, lahko določimo tonski obseg med najsvetlejšim in najtemnejšim tonom slike, tako da kontrastni obseg delimo z raztrosom. Tako ugotovimo, da v črno-beli fotografiji lahko upodobimo največ okoli 128 tonov, ki se vizualno dovolj razlikujejo.

Digitalna fotografija

Digitalna fotografija nastane z vzorčenjem motiva ali predloge na podlagi dvodimenzionalne naslovne mreže (*grid*), matrice posamičnih slikovnih elementov, reproducira pa se z upodabljanjem na računalniškem zaslonu, fotografskem materialu ali odtisu. Simuliranje tonov se torej ravna po tehniki upodabljanja in je od primera do primera različno. Opisano je v poglavjih 6.3 Tiskarske tehnike, 6.4 Televizija in v poglavju 7. Trikromatska reprodukcija barv. V tem poglavju obravnavamo zgolj simuliranje tonov digitalne fotografske slike v računalniškem spominu.

Digitalno fotografsko sliko tvori končno število ravninsko (prostorsko) razporejenih slikovnih elementov – pikslav s podatki o svetlosti (glej tonski obseg) ustreznega mesta na motivu. Digitalna slika je pravzaprav zaporedje ničel in enic, ki predstavljajo tonsko vrednost posameznega slikovnega elementa. Geometrično so slikovni elementi razporejeni v mreži (matrici) vzdolž vodoravne in navpične osi. Tako tabelirani tvorijo digitalno sliko, ki ji pravijo tudi bitna slika ali kar **bitmapa**. Če so slikovni elementi, pikslav torej, v bitmapi definirani le z enim bitom (0 ali 1), ponazarjajo dva tona, popolnoma bel ali popolnoma črn ton. Taka bitmapa ustreza črtežu oz. risbi. Da bi slikovni elementi ustrezali različnim tonom, morajo biti definirani najmanj z osmimi biti, ki simulirajo 256 tonskih vrednosti (kar pa še ne pomeni, da se bo toliko tonov upodobilo tudi na izbrani izhodni napravi!).

- V digitalni fotografiji tone simulira zaporedje ničel in enic ravninsko razporejenih slikovnih elementov – pikslav. Vsakemu pikslu ustreza en kvadrata geometrijske mreže, ki tvori sliko. Vse drugo je odvisno od izhodnih naprav in postopkov za fizično upodabljanje tonov.

Visokoločljive digitalne slike imajo več milijonov pikslav, zato zelo dobro simulirajo podrobnosti in geometrijske oblike, nizkoločljive slike imajo malo pikslav, zato podrobnosti in oblike slabo simulirajo. Ločljivost digitalne slike je *slikovna ločljivost* in je ne smemo zamenjevati s *snemalno*, še manj z *geometrijsko ločljivostjo*. Pove nam, koliko slikovnih elementov je v sliki, prav nič pa o tem, kako so nastali. Pri črno-beli digitalni fotografiji lahko vsak slikovni element (piksel) posname ustrezen fotoelement na snemalnem vezju, kar pa nikakor ni nujno pri trikromatski; glej tam.

- **Piksel** angl. **pixel** je najmanjši element posnete, torej digitalne slike v računalniškem spominu; pixel je splošno uveljavljena skovanka iz angleških besed **P**icture in **E**lement, z iksom (**x**) med njima. *Uporabljali jo bomo izključno v zvezi z digitalnimi slikami v računalniku.*
- *Piksel je najmajša enota digitalne slike, ki jo je še moč posamič procesirati.* Vsak piksel v mreži digitalne slike ima svoj naslov in digitalno tonsko vrednost (navadno eno-in/ali osembitno), nima pa niti velikosti niti oblike. Dobi ju šele pri upodabljanju na dani izhodni napravi.
- Piksel – slikovni element digitalne fotografije igra podobno vlogo kot zrnca elementarnega srebra v latentni sliki analogne fotografije. Več pikslav ima digitalna slika (fotografija), bolj kakovostno se upodobijo toni (barve), podrobnosti in ostrina.

Zgornji motiv lahko digitalno upodobimo tako, da ga razdelimo v le štiri slikovne elemente – pikslav. Vsak element predstavlja en sam, prevladujoč ton. Ker tvorijo to digitalno sliko štirje pikslav, opazovalec ne more dojeti vsebine originalne scene. Da bi to dosegli, bi jo morali razdeliti, digitalizirati torej, z več pikslav in večjim tonskim obsegom; sliki 6.17 in 6.18



Slika 6.17 Digitalizacija je vedno povezana z izgubo izvernih analognih informacij; zmanjšata se predvsem obseg upodobljenih tonov in podrobnosti – detaljev.



Slika 6.18 Digitaliziranje motiva z mrežo matrice 50 × 50 pikslov daje grobe obrise motiva, a vseeno premalo, da bi si ga opazovalec lahko predstavljal. To se zgodi, če število slikovnih točk še povečamo: v matrici 100 × 100 pikslov se upodobi toliko podrobnosti, da ni več dvoma, kakšna je originalna scena; če sliko opazujemo z dovolj velike razdalje (1–2 metra), se piksli optično zlijejo, tako da nastane še bolj realna upodobitev.

Slikovna ločljivost

Slikovno ločljivost digitalne slike, tudi slike, ki jo posname digitalna kamera, izražamo s številom pikslov na dolžinsko enoto (ppi: pixels per inch, ppc: pixels per cm), pogosteje pa na stranico mreže (4992 × 3328, 3027 × 2304, 2562 × 1920 itn. pikslov) ali s skupnim številom vseh pikslov v sliki. Glede na slikovno ločljivost se digitalne kamere delijo v

razrede: nizkoločljive, ki posnamejo do štiri milijone pikslov (štiri mega piklse; MPx), srednjeločljive, ki posnamejo od pet do osem MPx in visokoločljive, ki posnamejo od 16 do 20 MPx.

Koliko velja ta podatek, lahko presodimo šele, če ga primerjamo s številom slikovnih elementov v analogni črno-beli fotografiji. Najbolj ločljivi večtonski črno-beli filmi splošne občutljivosti ISO 25 imajo pri formatu leica $7200 \times 4800 = 33,0$ MPx, pri splošni občutljivosti ISO 100/21 okoli $3600 \times 2400 = 8,2$ Mpx in pri ISO 400/27 imajo okoli 1800×1200 Mpx = 2,1 Mpx.

- Velikost digitalne slike se nanaša na geometrijske mere (širino, višino), ki se izražajo bodisi s piksli, palci, centimetri, milimetri; po drugi strani se lahko nanaša tudi na velikost datoteke v megapikslih, bytih ali megabytih pri danem geometrijskem formatu, slikovni ločljivosti in tonskem obsegu vsakega slikovnega elementa.

6.2 Kopirne tehnike – fotokopiranje

V poglavju 2.2.5 ločimo med tiskanjem in razmnoževanjem. Razmnoževanje vizualnih informacij, to je besedila in/ali slik, se imenuje **kopiranje**. Razlika med tiskanjem in kopiranjem ni le vsebinska, marveč še zlasti tehnološka. Kopirne tehnike in postopki (kopirna tehnologija) se od tiskarske ločijo predvsem po tem, da pri razmnoževanju ne potrebujemo stalne, vedno enake tiskovne forme ali pomnilnika, temveč pri izdelavi vsakega izvoda izdelamo novo; kopija je **vsebinski** in **oblikovni** dvojniki predloge. Zato pri kopiranju ne potrebujemo tiskovne forme, pa tudi koloranti se na odtis ne prenašajo le zaradi mehaničnih sil.

- Kopiranje je razmnoževanje informacij, to je slik in/ali besedila brez stalne tiskovne forme ali kakšnega drugega pomnilnika. Kopije so vsebinski in oblikovni dvojniki predloge. Kopirne tehnike so metode za izdelavo kopij. Kopirne tehnike delujejo brez mehničnega prenašanja tiskarske barve ali kakšne podobne substance s tiskovne forme na tiskovni material; to ne pomeni, da taka substanca sploh ni potrebna.

Najpomembnejši predstavnik kopirnih tehnik je fotokopiranje, znano tudi kot elektro-fotografija ali kserografija. Beseda kserografija je grškega izvora in pomeni suho risanje. Elektrofotografija temelji na elektrostatičnih pojavih v polprevodnikih in na elektromagnetizmu. Tanki, polprevodni sloji imajo namreč lastnost, da v temi ne prevajajo električnega toka, osvetljeni pa postanejo prevodni. Če je v polprevodniku električni naboj, ga elektromagnetno sevanje (svetloba) uniči, v vsakem primeru pa nastane latentna slika iz električnih nabojev. S primernim postopkom jo obdelamo, da postane vidna.

- Slika iz električnih nabojev, ki nastane v polprevodniku, je elektrostatična latentna slika.

6.2.1 Kserografija

Kovinsko ploščo ali folijo najprej prevlečemo s tanko plastjo polprevodnika: selen, antracen, kadmijev sulfid (CdS), cinkov oksid (ZnO). Tako nastane svetlobno občutljiva **elektrofotografska plošča**. Za podlago najpogosteje uporabimo aluminij. Kopijo predloge izdelamo kot prikazuje slika 6.19.

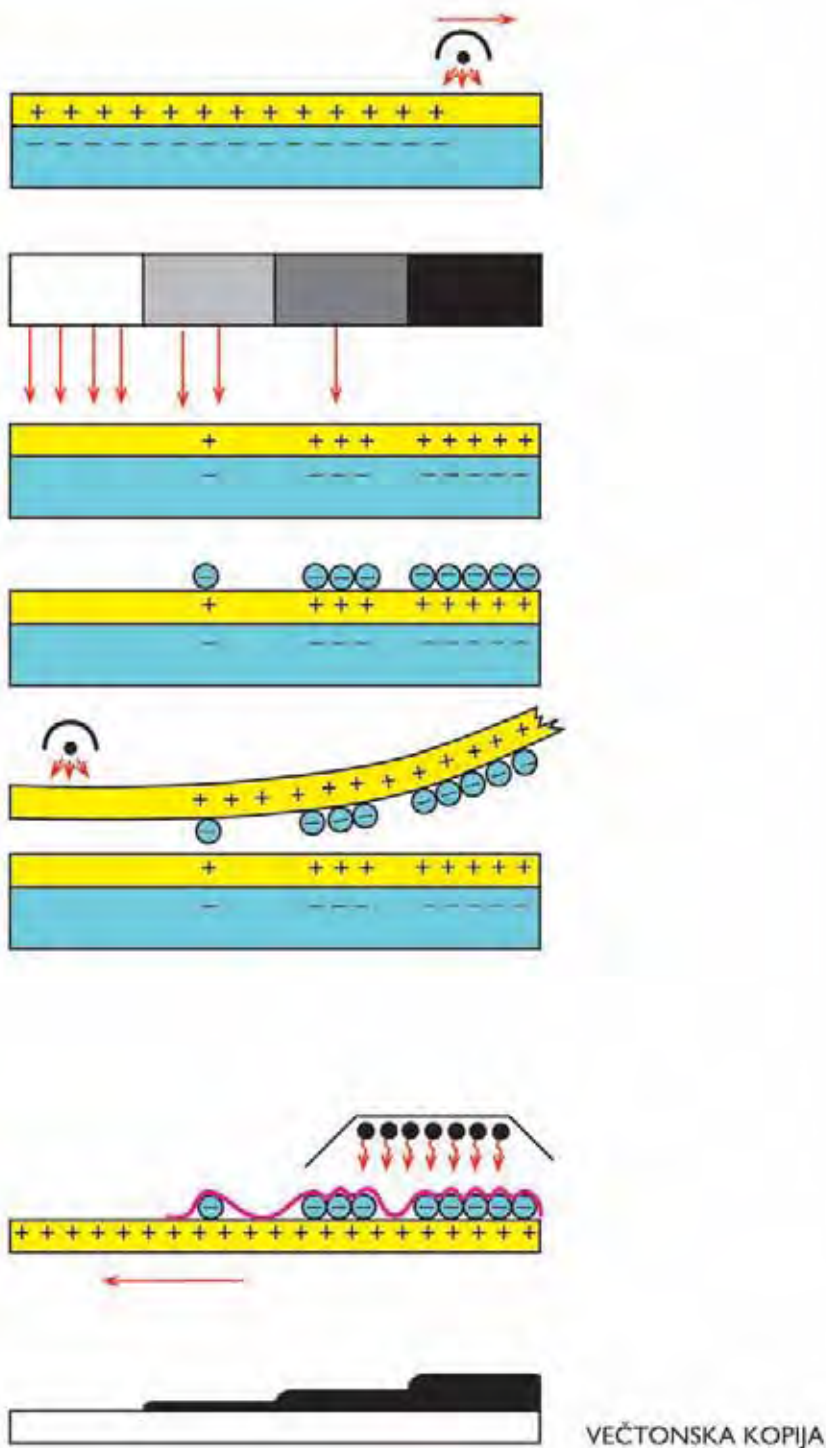
Polprevodni sloj na elektrofotografski plošči nabijemo s statično elektriko. Pri tem potrebujemo **korono**. To je žično navitje, ki ima napetost od 4000 do 7000 V, včasih tudi več; premika se približno centimeter nad elektrofotografsko ploščo. Selen se pri tem nabije pozitivno, če pa je polprevodnik cinkov oksid, pa negativno.

Na enolično nabito elektrofotografsko ploščo projiciramo podobo predloge, ki jo želimo reproducirati in razmnožiti. Vsa osvetljena mesta plošče se razelektrijo, kajti polprevodnik začne zaradi učinkovanja svetlobe prevajati električni tok. Pozitivni naboj v polprevodniku in negativni v podlagi se tamnevtralizirata; pravimo, da naboj »odteče«. Tako nastane latentna elektrostatična slika, na katero se pri razvijanju zlahka prime suh, črn, negativno nabit prašek – toner. Latentna elektrostatična slika postane vidna.

Vidna slika na elektrofotografski plošči je reprodukcija, ki še ni razmnožena; zato nanjo položimo polo papirja, ki smo jo pred tem naelektrili s korono. Zaradi močnega pozitivnega naboja se na papir prenese negativno nabit toner z elektrofotografske plošče. Toner iz pigmenta in smole na papirju še ni obstojen. S segrevanjem se smola stopi in fiksira pigment na papirju; tako nastane kopija.

Zdi se, da bi latentno elektrostatično sliko lahko uporabljali za tiskovno formo in z njo izdelali več kopij, vendar elektrostatični naboj prehitro slabi, zato moramo za vsako kopijo postopek v celoti ponoviti.

- Elektrostatična latentna slika služi kot katalizator razvijanja. Glede na vrsto polprevodnika je pozitivna ali negativna.
- Toner spremeni nevidno elektrostatično sliko v vidno reprodukcijo in je sestavljen iz pigmenta črne barve in smole. Delci tonerja imajo premer okoli 6–8 mikrometrov.
- Elektrostatična latentna slika zaradi nanašanja tonerja na papir slabi, zato je ne moremo uporabljati kot pomnilnik informacij oziroma tiskovno formo.
- Če odštejemo naboj, so delovne operacije pri elektrofotografskem postopku enake kot v fotografiji: osvetljevanje, razvijanje in fiksiranje.
- Fotokopiranje je izraz, ki se nanaša zgolj na postopke, pri katerih se podoba s predloge neposredno projicira na elektrofotografsko ploščo ali boben oziroma se tam analogno upodobi. Naprave za fotokopiranje so **fotokopirni stroji**.
- Naprave za posredno razmnoževanje oz. kopiranje, ki predlogo najprej skenirajo, digitalizirajo, v binarni obliki shranijo v spomin, nato pa digitalno osvetlijo elektrofotografski boben, niso fotokopirni, temveč **digitalni kopirni stroji**.



VEČTONSKA KOPIJA

Slika 6.19 Kserografija; suhi postopek.

6.2.2 Simuliranje barv in upodabljanje tonov pri fotokopiranju

Pri kopiranju enotonskega predmeta ali predloge nastane v polprevodniku elektrostatična latentna slika. Količina nabojev na površinsko enoto je povsod enaka. Kadar pa namesto enotonskega kopiramo večtonski objekt, tvori latentno sliko na različnih mestih različna količina nabojev na površinsko enoto. Svetloba, ki se odbija od svetlih delov, povečuje elektroprevodnost polprevodnika bolj kot tista, ki se odbija od temnih.

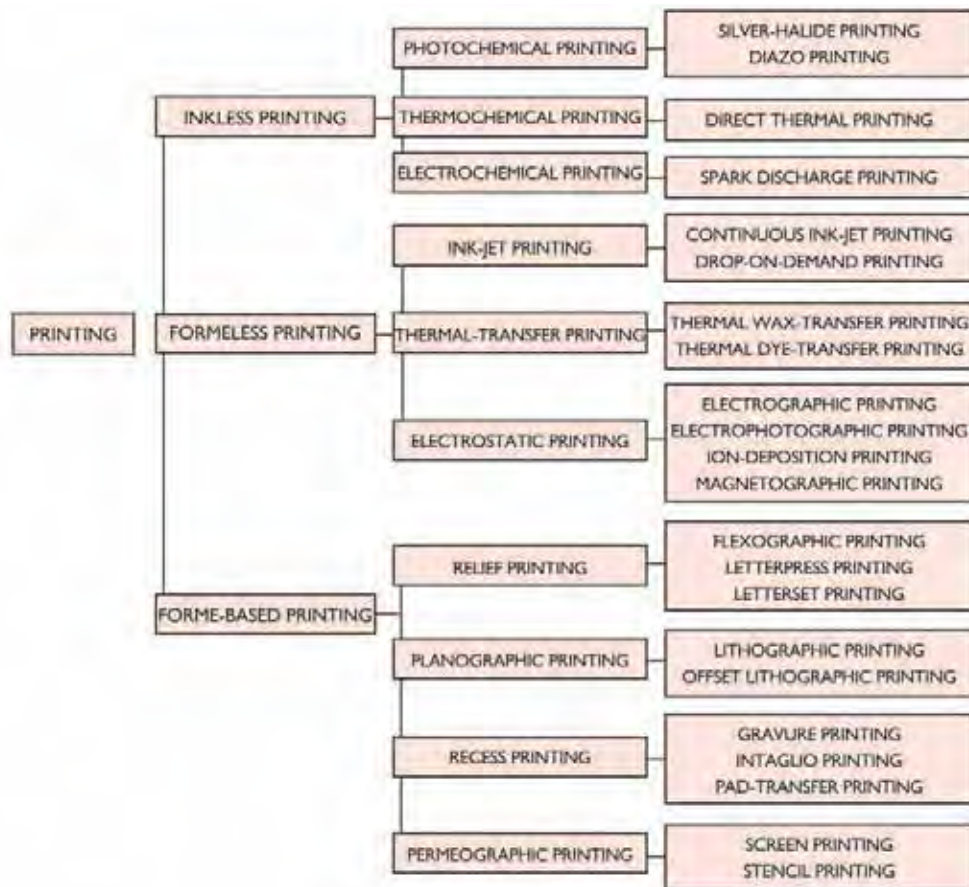
Zato se na mestih elektrofotografske plošče (bobna), ki reproducirajo najsvetlejšje dele predloge, nevtralizirajo vsi naboji; na tistih, ki reproducirajo najtemnejše dele, nobeden, povsod drugje pa sorazmerno s svetlostjo tonskih vrednosti na predlogi. Elektrostatična latentna slika zelo dobro reproducira tone. Kljub temu zaradi pomanjkljivosti pri razvijanju ne dobimo kopije, ki bi dovolj objektivno ponazarjala predlogo. Toner se sicer izloča sorazmerno, a ne premosorazmerno (linearno) z nabojem, kar sicer prikazuje slika. Tudi črno-bela reprodukcija barvnih predlog je v elektrofotografiji problematična. Polprevodniki namreč ne zaznavajo svetlosti barv tako kot človeško oko, nekateri barvni dražljaji pa imajo celo enak učinek kot bela svetloba. To so predvsem tisti iz modre tretjine vidnega spektra, zato fotokopirni stroji ne zaznavajo modrih, cian in celo nekaterih zelenih barvnih dražljajev. Te zadrege rešuje digitalno kopiranje s skeniranjem in digitaliziranjem predlog, zato že nekaj časa prevladuje na vseh področjih.

- Elektrostatična latentna slika v polprevodniku objektivno reproducira tonske vrednosti predloge.
- Kopija ali fotokopija zaradi pomanjkljivosti pri razvijanju ne reproducira objektivno tonskih vrednosti s predloge.
- Le nekatere kopirne tehnike reproducirajo, bolje rečeno zaznajo tudi barve. Reprodukcijska pa ni nikoli objektivna, ker polprevodniki ne zaznavajo svetlosti kromatičnih barvnih dražljajev tako kot človeško oko. Te zadrege uspešno rešuje digitalno kopiranje predlog. Digitalni kopirni stroji na podlagi elektrofotografije vseeno ne morejo upodobiti veliko več kot 50 prepoznavnih tonov.

6.3 Tiskarske tehnike

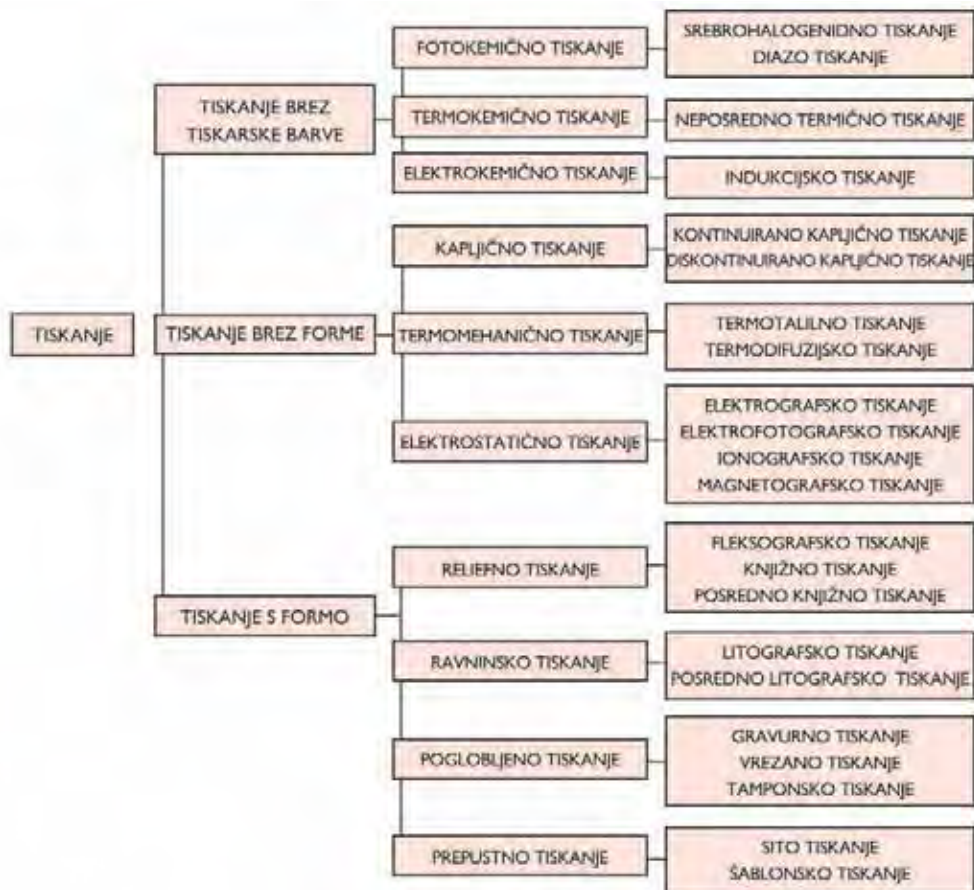
Osnovne prvine tiskarskega procesa so: tiskarska barva, tiskovni material, tiskarski stroj in tiskovna forma (glej poglavje 2.5 Tisk). Tehnologija, metode in postopki, ki jih uporabljamo, da bi iz tiskarskih prvin nastal odtis, so **tiskarske tehnike**.

- Tiskarska tehnika je metoda ali postopek pri izdelavi odtisov.
- Različne tiskarske tehnike uporabljajo različne tiskarske prvine; značilnosti tiskarskih barv, tiskovnih materialov in tiskovnih form se zelo razlikujejo. Tudi konstrukcije tiskarskih strojev so različne. Prilagojene morajo biti tiskarski tehniki.



Levo in desno slika 6.20 Delitev tiskanja po standardu ISO 12637-1 *Graphic technology – Vocabulary – Part 1: Fundamental terms, First edition 2006-02-01*.

Ker so tiskovne forme analogne (mehanične) ali digitalne (numerične), tudi tiskarske tehnike delimo na ti dve veliki skupini, vendar delitev ni skladna s standardom ISO 12637-1 (glej poglavje 2.5 Tisk). Standard uradno ne pozna izraza tiskarska tehnika (čeprav v besedilu omenja *printing process/method*), marveč govori zgolj o delitvi tiskanja: tiskanje s formami (*forme-based printing*), tiskanje brez form (*formless printing*), tiskanje brez tiskarskih barv (*inkless printing*), kamor sodi na primer fotografski tisk, tj. razmnoževanje fotografij. Delitev temelji na izrazu forma (*forme*), ki je rezerviran zgolj za mehanično orodje, in ne označuje numeričnih podatkov v spominu procesnega računalnika, ki tudi omogočajo tiskanje. Delitev tiskanja po standardu ISO 12637-1 ponazarja slika 6.20. Izrazoslovje je v primeru digitalnega tiskanja zelo sodobno, v primeru analognega pa zastarelo bolj kot bi smelo biti, zato ga v celoti ne moremo in ne smemo privzeti brez pomislekov.



6.3.1 Analogne tiskarske tehnike

Razlikujejo se po obliki in značilnosti tiskovnih površin in po tem, kako se tiskarska barva z njih prenaša na tiskovni material.

Glede na to, kako so na tiskovni formi zgrajene tiskovne površine in kakšne lastnosti imajo, ločimo: visoki, globoki, ploski in prepustni tisk. Po izrazoslovju ISO jim ustrezajo *relief*, *planographic*, *recess* in *permeographic printing*.

Glede na to, kako se tiskarska barva s tiskovnih površin prenaša na tiskovni material, ločimo **neposredne** in **posredne** tehnike tiska. Če se tiskarska barva prenaša tako, da se tiskovna forma pri tem dotika tiskovnega materiala, govorimo o neposrednih tehnikah tiska. Če pa tiskovna forma s tiskovnim materialom ne pride v stik, in se prenaša nanj s kakšnim posrednikom, govorimo o posrednih tehnikah tiska. Blokovna shema na sliki 6.21 kaže, da so lahko vse neposredne tiskarske tehnike načeloma tudi posredne. Pri tem se bistveno spremeni pot tiskarske barve, torej konstrukcija tiskarskega stroja, prilagoditi pa moramo tudi tiskovno formo: tiskovne površine morajo biti pri neposrednem tiskanju obrnjene stransko nepravilno (zrcalno), pri posrednem pa stransko pravilno; slika 6.22.

ANALOGNE TISKARSKÉ TEHNIKE		
VISOKI TISK	FLEKSOTISK	Neposredni

	KNJIGOTISK	Neposredni
		Posredni (letterset)
GLOBOKI TISK	RASTRSKI (gravure)	Neposredni
		Posredni
	LINIJSKI – ČRTNI (intaglio)	Neposredni
		Posredni (pad transfer,
		tamponski tisk)
PLOSKI TISK	Z VLAŽENJEM	Posredni – ofsetni tisk
		Neposredni
	BREZ VLAŽENJA	Posredni – suhi ofsetni tisk
		Neposredni
PREPUSTNI TISK	SITOTISK	Neposredni
		Posredni
	CIKLOSTIL	Neposredni
		Posredni

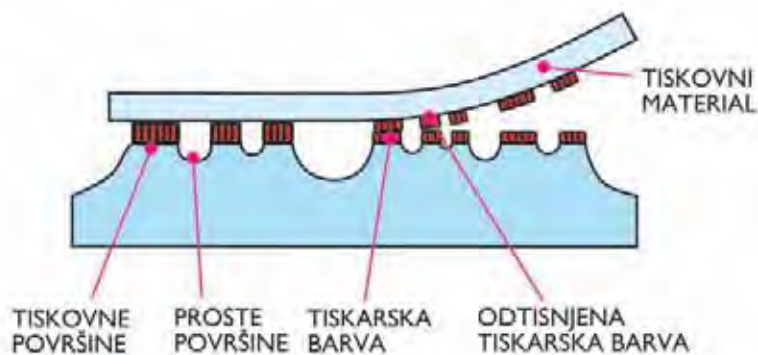
Slika 6.21 Delitev analognih tiskarskih tehnik. Načeloma je lahko vsaka od njih posredna ali neposredna. Poudarjeno označene so najbolj razširjene in prevladujejo pri uporabi.



Slika 6.22 Stransko pravilno in stransko nepravilno (zrcalno) obrnjena podoba.

6.3.1.1 Visoki tisk

Na tiskovni formi za visoki tisk so tiskovne površine izbočene, proste pa vbočene. Zaradi višinske razlike setiskarska barva med tiskanjem prijema samo na izbočene dele in se z njih prenaša na pole tiskovnega materiala. Na vseh tiskovnih površinah je nanos tiskarske barve približno enako debel, zato je enako debel tudi po vsej površini odtisa. Na sliki 6.23 vidimo, da nekaj tiskarske barve po tisku še vedno ostane na tiskovni formi. Količina prenesene tiskarske barve je odvisna od lastnosti uporabljenih materialov in je približno od 50 do 70 odstotkov. Temeljni obliki visokega tiska sta flekso- in knjigotisk.



Slika 6.23 Mehanizem visokega tiska.

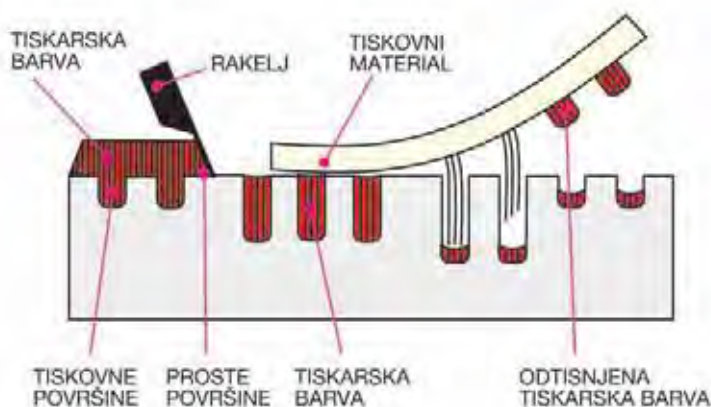
Fleksotisk (*flexographic printing*) je tiskarska tehnika s prožnimi, fleksibilnimi tiskovnimi formami iz gume ali umetnih mas, ki izbočene tiskovne površine na tiskovnem materialu reproducirajo z visoko- ali nizkoviskozno tiskarsko barvo na podlagi organskih topil ali vode.

Knjigotisk (*letterpress printing*) je tiskarska tehnika s togimi tiskovnimi formami, ki izbočene tiskovne površine reproducira na tiskovnem materialu z neposrednim prenašanjem tiskarske barve. Leterset (*letterset printing*) je posredni knjigotisk.

6.3.1.2 Globoki tisk

Na tiskovni formi za globoki tisk so tiskovne površine vbočene, proste pa izbočene. Tiskovno formo nabarvamo tako, da tiskarsko barvo najprej nanesimo po vsej površini; preden se odtisne na polo tiskovnega materiala, pa jo z vseh prostih površin odstrani nož oziroma strgalo, ki ga imenujemo **rakelj**. Debelina nanosa tiskarske barve na odtisu je odvisna od globine tiskovnih površin; nanos na nekaterih mestih odtisa je torej lahko večji, na drugih pa manjši. Na tiskovni material se ne prenese vsa tiskarska barva, pač pa le večji del prvotne količine; slika 6.24.

Rastrski globoki tisk (*gravure printing*) uporablja tiskovne forme v obliki valjev ali cevastih prevlek s poglobljenimi tiskovnimi površinami v obliki mikroskopskih celic (alveol), iz katerih se tiskarska barva prenaša neposredno na tiskovni material. Celice imajo lahko različno globino, širino in gostoto. Zastarelo ime za to tehniko je bakrotisk; tiskovne forme so namreč prvotno izdelovali zgolj na pobakreni površini valjev.



Slika 6.24 Mehanizem globokega tiska.

Linijski globoki tisk (*intaglio printing*) uporablja toge tiskovne forme v obliki plošč ali cevastih prevlek z jedkanimi ali graviranimi tiskovnimi površinami v obliki linij (črt), iz katerih se tiskarska barva prenaša neposredno na tiskovni material. Zastarelo ime za to tehniko je jeklotisk; tiskovne forme so namreč prvotno izdelovali z ročnim graviranjem bakrenih ali jeklenih plošč – bakrorezi, jeklorezi.

Posredni linijski globoki tisk je tamponski tisk (*pad-transfer printing*); tiskarska barva se s tiskovne forme prenese najprej na prožen tampon in od tod na tiskovni material. Tampon se lahko prilagodi kakršni koli površini in obliki, zato se ta tehnika uporablja za tiskanje na predmete.

6.3.1.3 Ploski tisk

Na tiskovni formi za ploski tisk leže tiskovne in proste površine skoraj v isti ravnini; razlika med njimi je le nekaj mikrometrov. Pri tem je težava, kako tiskarsko barvo nanašati na tiskovne površine, ne da bi se nanese tudi na proste. Tiskovne in proste površine se zato razlikujejo po svoji fizikalno-kemijski naravi. Razvili sta se dve tehniki nabarvanja, zato ploski tisk delimo na mokri in suhi: prvi deluje z vlaženjem tiskovne forme, drugi pa brez.

Na tiskovni formi za mokri ploski tisk se proste površine lahko omočijo z vodo in tiskarsko barvo, tiskovne pa zgolj s tiskarsko barvo, ker vodo odbijajo. Zato tiskovno formo najprej omočimo (navlažimo) z vodo, točneje z vlažilnim sredstvom, ki se prime na proste površine, na tiskovne pa se zaradi njihove fizikalno-kemijske narave ne more; pri nabarvanju je obrnjeno. Navlažene proste površine se s tiskarsko barvo ne morejo omočiti, medtem ko se je še suhe tiskovne površine dobro navzamejo. Voda, s katero so proste površine omočene, preprečuje njihovo nabarvanje. Da bi nabarvali tiskovno formo za ploski tisk z vlaženjem, sta torej potrebni dve delovni operaciji: navlaženje in nabarvanje; vedno najprej navlaženje, ki mu sledi nabarvanje.

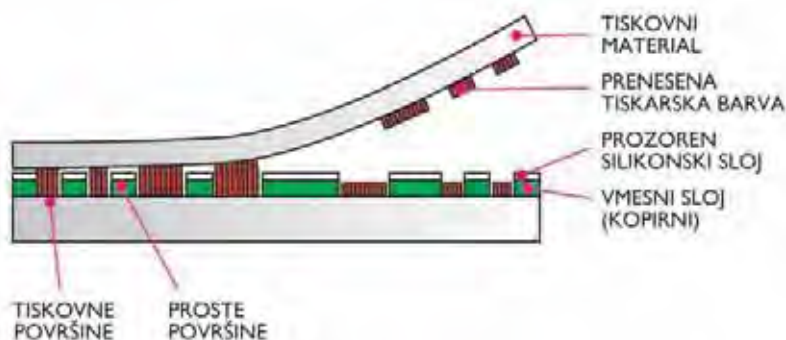
Tiskovno formo moramo pred vsakim novim odtisom znova navlažiti in nabarvati; slika 6.25. Proste in tiskovne površine se z vodo ali s tiskarsko barvo omočijo zaradi različne površinske obdelave, ali pa zato, ker imajo materiali različne površinske značilnosti.



Slika 6.25 Mehanizem mokrega ploskega tiska.

- Tiskovne površine na tiskovni formi za mokri ploski tisk se ne omočijo z vodo, zato so **hidrofobne**. Proste površine morajo biti v navzočnosti tiskarske barve z vodo dobro omočljive, zato so **hidrofilne**.
- Tiskovne površine morajo biti v navzočnosti vode s tiskarsko barvo dobro omočljive, zato so **oleofilne**. Proste površine, ki so navlažene, se s tiskarsko barvo ne morejo omočiti, zato so **oleofobne**.
- Hidrofilnost in hidrofobnost govorita o tem, kako se v določenih okoliščinah kakšna površina omoči z vodo, oleofilnost in oleofobnost pa o tem, kako se omoči z oljem ali tiskarsko barvo.
- Suhe, neovlažene proste površine na tiskovni formi za mokri ploski tisk so hidrofilne in oleofilne, medtem ko so tiskovne površine hidrofobne in oleofilne. Šele navlažene proste površine so hidrofilne in oleofobne, zato je nujno, da tiskovno formo vedno najprej navlažimo in šele nato nabarvamo.

Pri suhem ploskem tisku leže tiskovne in proste površine prav tako v skoraj isti površinski ravnini. Prve so oleofilne, druge oleofobne, zato vlaženje ni potrebno. Oleofobnost prostih površin dosežemo s posebno silikonsko prevleko, kar pomeni, da je tiskovna forma sestavljena iz dveh materialov; slika 6.26. Oleofobna prevleka je nad materialom za formiranje oleofilnih tiskovnih površin. To je navadno aluminij, višinska razlika pa je zanemarljivo majhna.



Slika 6.26 Mehanizem suhega ploskega tiska.

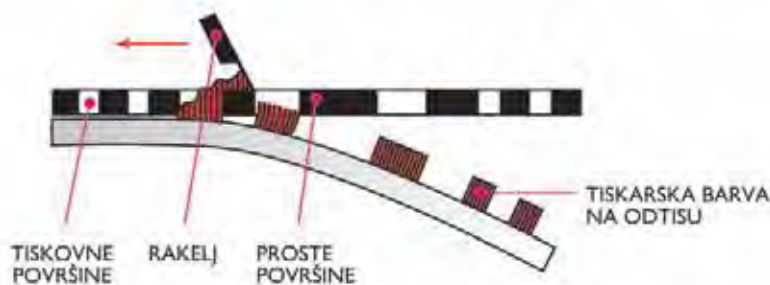
Tako kot pri visokem tisku je tudi pri mokrem in suhem ploskem tisku nanos tiskarske barve po vsej površini enak. Prenesena količina je prav tako od 50 do 70 odstotkov. Pri mokrem ploskem tisku se na tiskovni material ne prenese le tiskarska barva, marveč tudi od 5 do 20 odstotkov vode.

Ploski tisk z vlaženjem (mokri ploski tisk) standard ISO 12637-1 definira kot litografski tisk (*lithographic printing*) s tiskovno formo, na kateri so oleofilne tiskovne površine, ki sprejemajo tiskarsko barvo, in oleofobne, ki jo odbijajo in s tem na tiskovnem materialu reproducirajo podobe. Definicija in ime sta, žal, popolnoma zastarela. Definicija glede na vse prej navedeno, ime pa zato, ker je litografija ploski tisk s kamnitimi tiskovnimi formami. V grščini lithos pomeni kamen. Litografija se danes uporablja izključno v ume-tniški grafiki.

Posredni ploski tisk z vlaženjem ali brez njega obravnava poglavje 8. Tiskarski stroji in rotacije. Standard ISO ga definira kot ofset litografski tisk (*offset lithographic printing*), kjer se podobe na tiskovni material reproducirajo posredno. Tudi ta pojem je sporen in zastarel.

6.3.1.4 Prepustni tisk

Tudi pri tej tiskarski tehniki so proste in tiskovne površine v isti ravnini. Tiskovne površine tiskarsko barvo prepuščajo, proste pa ne. Tiskarsko barvo nanašamo po vsej tiskovni formi in jo z rakljem ali valjem potiskamo skozi tiskovne površine na tiskovni material; slika 6.27. Ker so tiskovne površine pri tej tehniki prazni prostori, jih v materialnem smislu ni, tudi nimajo značilnosti, ki bi vplivale na prenašanje tiskarske barve. Nanos je zato na odtisu velik in praktično stoodstoten. Seveda vpliva na debelino nanosa tiskarske barve debelina tiskovne forme. Ta je enakomerno debela, zato je tudi nanos na odtisu enakomeren.



Slika 6.27 Mehanizem prepustnega tiska.

- Sitotisk (*screen printing*) je propustni tisk s tiskovnimi formami iz tekstilne ali jeklene mrežice (sita), ki je napeta na primernem okvirju. Tiskovne površine imajo okenca mrežice odprta, da zaradi pritiska skozi njih lahko prehaja tiskarska barva in na tiskovnem materialu reproducira njihovo podobo.

- Ciklostil (*stencil printing*) ima tiskovno formo izdelano kot šablono z odprtimi tiskovnimi površinami v obliki podobe, ki jo mora tiskarska barva pod pritiskom reproducirati na tiskovnem materialu.

6.3.2 Digitalne tiskarske tehnike

Visoki, globoki, ploski in propustni tisk so tiskarske tehnike, ki vse od nastanka uporabljajo mehanično orodje za tiskanje, materialno, zato analogno tiskovno formo. V sedemdesetih letih 20. stoletja so se hkrati z informatiko in računalništvom začele razvijati tudi tiskarske tehnike, ki tiskajo z numeričnimi podatki v dinamičnem spominu procesnega računalnika; z njimi neposredno upravljajo izdelavo odtisa, tj. nanašanje tiskarske barve ali črnila na tiskovni material. Podatke v spominu zato odčitajo za vsak odtis na novo, tolikokrat, kolikor določa želena naklada. Podatki se lahko tudi spreminjajo, kar pomeni, da odtisi naklade niso več nujno enaki.

- Tako kot mora analogni tiskarski stroj pred vsakim odtisom tiskovno formo nabarvati s tiskarsko barvo, mora digitalni odčitati podatke (bitmapo) v dinamičnem spominu, da bi z njimi neposredno ali posredno upravljal nabarvanje odtisa.



Slika 6.28 Delovanje matričnega in marjetičnega pisalnika temelji na udarjanju iglic oz. matric s črkami ob pisalni trak.

Ko govorimo digitalnih tiskarskih tehnikah, moramo vedeti, da matričnih in marjetičnih tiskalnikov (bolje pisalnikov) ne štejemo sem; slika 6.28. Pisalnike so uporabljali predvsem za boljše komuniciranje z računalnikom in so pravzaprav digitalizirani pisalni stroji. Značke na papirju oblikujejo v pravokotni matrici razporejene iglice, ki glede na želeni znak in numerično kodo udarijo ob načrtnjen pisalni trak, tako da se na papir preslika njihova trenutna razporeditev. Matrične tiskalnike so večinoma nadomestili tiskalniki na podlagi elektrofotografije. Tu se podobe znakov na papir prenašajo brez udarjanja po kakršnih koli tiskovnih elementih, zato se jih je v anglo-ameriškem govornem prostoru prijela kratica NIP: *non impact printing technologies*, v dobesednem prevodu tiskarske tehnologije brez udarjanja (tudi trčenja, trkanja). Literatura razlaga NIP kot

tiskarsko tehnologijo brez tiskarske plošče (ta je sicer podlaga za izdelavo analogne tiskovne forme), kar je sprejemljivo, napačno pa je mnenje, da so to tiskarske tehnike brez tiskovne forme. Nobena tiskarska tehnika ne more delovati brez tiskovne forme, lahko pa je nevidna oziroma digitalna. Razvrstitev digitalnih tehnik tiskanja ponazarja slika 6.29.

DIGITALNE TISKARSKE TEHNIKE		
ELEKTROSTATIČNI TISK	ELEKTROFOTOGRAFSKI	Suhi toner
		Mokri toner
		Posredni z elektrobarvo,
		tj. digitalni ofsetni tisk
	IONOGRAFSKI	Suhi toner
		Mokri toner
		Elektrokoagulacija
	MAGNETOGRAFSKI	–
	ELEKTROGRAFSKI	Elkografija
	TERMOMEHANIČNI	TERMOTALILNI
TERMODIFUZIONI		S sublimacijo barvil
KAPLJIČNI	KONTINUIRANI	
	DISKONTINUIRANI DoD	termični
		Piezo-električni
	Trdočrnilni	
ELEKTROKEMIČNI	INDUKCIJSKI	Elektrografski
TERMOKEMIČNI	TERMIČNI	Neposredni
FOTOKEMIČNI	SREBROHALOGENIDNI	Fotografski
	DIAZO	–

Slika 6.29 Digitalne tehnike tiska imajo tiskovno formo v obliki numeričnih podatkov v spominu računalnika, s katerimi stroj vodi nanašanje tiskarske barve ali črnila na tiskovni material. Tudi digitalne tiskarske tehnike so bodisi neposredne bodisi posredne. Najbolj razširjene so izpisane s poudarjenim besedilom.

6.3.2.1 Elektrostatični tisk

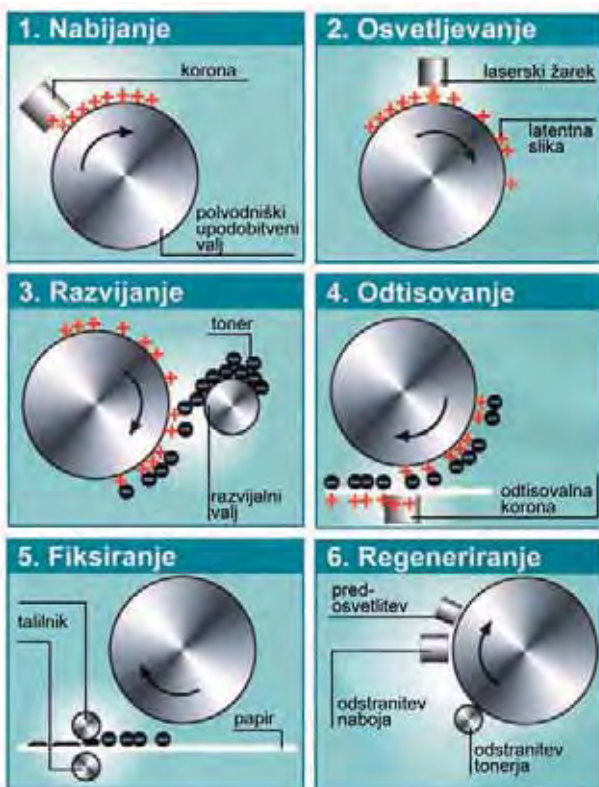
Elektrostatične tehnike tiska temeljijo na elektrostatično nabitih upodobitvenih nosilcih ali posebej premazanih tiskovnih materialih, na katerih nastane najprej elektrostatična latentna slika, ki postane vidna zaradi primernega elektrofotografskega, ionografskega ali magnetografskega procesiranja.

Upodobitveni nosilec (*image carrier*) je fizični medij za prenašanje vizualnih sporočil, ki jih je treba natisniti. V tem smislu so upodobitveni nosilci tiskovne forme, elektrofotografske plošče, filmi, skratka vsi mehanski in elektronski mediji, ki jih uporabljamo za upodabljanje, da bi na koncu nastal odtis.

Elektrofotografski tisk

Elektrofotografski tisk uporablja fotoprevodne, elektrostatično nabite upodobitvene nosilce, v katerih nastane latentna slika analogno projiciranih ali digitalno eksponiranih tiskovnih elementov. Latentna slika postane vidna po obdelavi z elektrofotografsko barvo (tonerjem), ki se prenese in zatali na tiskovnem materialu. Glej poglavje 6.2.1 Kserografija.

Namesto da površino polvodniškega valja razelektri projicirana fotografska slika (to se dogaja pri fotomehničnem fotokopiranju, zato ime elektrofotografija), se uporablja računalniško voden laserski žarek, ki na njem osvetljuje (elementarne) rastrske točke tiskovine; slika 6.30.



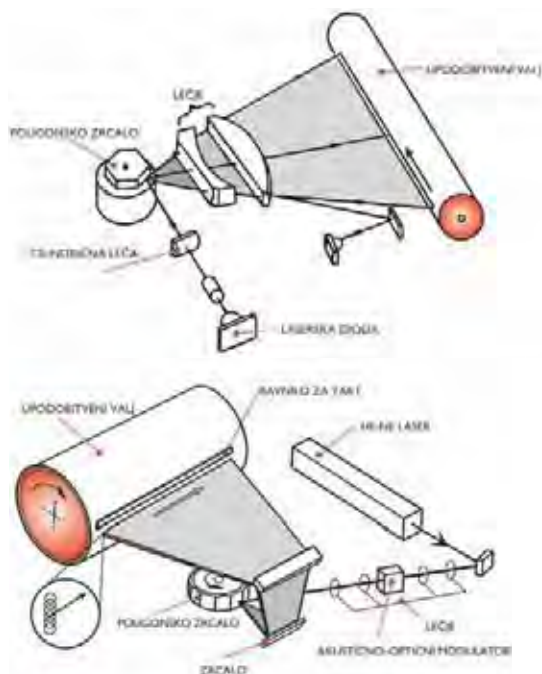
Slika 6.30 Načela elektrofotografije oziroma kserografije sodijo v trideseta leta 20. stoletja. Sprva so bila osnova fotokopiranja, sedaj tudi elektrofotografskega tiska.

1. Elektrostatično nabijanje s korono. Korona je žično navitje, ki ima napetost od 4000 do 7000 V, včasih tudi več in je približno centimeter nad polvodniškim, elektrofotografskim valjem. Ta se po vsej površini nabije bodisi s pozitivnim bodisi negativnim statičnim nabojem; pač glede na vrsto polprevodne snovi, s katero je oslojen.
2. Osvetljevanje. Nabiti polprevodnik točkovno osvetlimo s podobo, ki jo želimo reproducirati in razmno-

žiti. Na vseh osvetljenih mestih se elektrofotografska snov razelektri, ker začne zaradi delovanja svetlobe prevajati električni tok. Pozitivni in negativni naboj se nevtralizirata; pravimo, da naboj odteče. Električna upornost polvodniškega valja po osvetljevanju pade s približno 1000 na vsega 100 omov. Na njegovi površini nastane **latentna elektrostatična slika**.

3. **Razvijanje.** Pri razvijanju se na latentno elektrostatično sliko prime suh, črn oziroma pigmentiran, elektrostatično nabit prašek – toner. Njegov elektrostatični naboj je nasproten naboju v latentni sliki, zato postane vidna.
4. **Odtisovanje.** Ob upodobitvenem valju se vrti pola tiskovnega materiala, ki jo »odtisolvalna« korona naelektri z močnim nasprotnim nabojem. Zaradi tega se na papir prenese nasprotno, v tem primeru negativno nabit toner; Sestavlja ga 80–90 odstotkov smole ali voska, 5–10 odstotkov pigmenta in 1–3 odstotke elektroprevodne snovi. Delci tonerja imajo premer 5–15 mikrometrov. Toner se prime na vse površine nasprotnega elektrostatičnega naboja; glede na tehnologijo upodabljanja na tiste, ki so bile (As_2Se_3), ali tiste, ki niso bile osvetljene (OPC: Organic Photo Conductor).
5. **Fiksiranje.** Toner na poli je neobstoje. Poleg pigmenta je v njem tudi smola, ki jo lahko zelo ogreta fiksirna valja raztalita. Raztaljena smola oblije pigment, ko pa se ohladi, ga fiksira na površini.
6. **Regeneriranje.** Po odtisovanju je treba z upodobitvenega valja odstraniti morebitne ostanke tonerja in elektrostatično latentno sliko. Z isto latentno sliko namreč ni mogoče izdelati več odtisov; ker električni naboj prehitro slabi, ga ni mogoče uporabljati kot stalno, permanentno tiskovno formo. Opisani proces je treba ponoviti za izdelavo vsakega odtisa.

Za osvetljevanje elementarnih točk na polvodniškem valju (so) se uporabljajo tri metode: z laserskim žarkom helij-neon (633 nm) ali argon-ion, z lasersko diodo in s svetlečimi se diodami LED (Light Emitting Diode), sliki 6.31 in 6.32.



Slika 6.31 Kserografski tiskalnik z laserskim žarkom za osvetljevanje polvodniškega valja. Laserski vir sveti kontinuirano, zato se žareknajprej odbije od zrcala, pri prehodu skozi akusto-optični modulator pa se prekinja. Ko ni prekinjen, potuje do vrtečega se poligonskega zrcala, ki ga odklanja po širini vrtečega se polvodniškega valja, kjer drugo za drugo osvetli (**elementarne**) rastrske točke odtisa. Vertikalno ločljivost do-loča pomik polvodniškega bobna, horizontalno pa frekvenca izklapljanja laserskih žarkov.

Slika 6.32 Dandanes delujejo skoraj vsi elektrofotografski tiskalniki z letvami svetlečih se laserskih diod LED. Te diode so polvodniški elektronski elementi v vrstah. V eni vrsti je glede na izvedbo in ločljivost tiskalnika oziroma tiskarskega stroja od 64 do 128 diod. To zadošča za tipično **naslovno ločljivost** 235 dpc (600 dpi) pri hitrosti tiskanja 100 m/min.



Ko še ni bilo svetlečih diod LED in so za upodabljanje uporabljali izključno laserski žarek, se je ta tehnika imenovala laserski tisk. Ker se zdaj uporabljajo predvsem svetleče diode LED, razvijajo pa tudi nove metode, je bolj smiselno ime elektrofotografija; bistveno je namreč točkovno upodabljanje slike na polvodniškem elektrofotografskem bobnu. Prvi laserski tiskalnik je leta 1973 zgradil Xerox. Zasnovali so ga na patentiranem in tedaj najbolj uveljavljenem postopku za suho fotokopiranje – kserografiji.

Pri razlagi elektrofotografskega tiska smo naleteli na dva pojma, ki ju je treba še posebej dobro razumeti. To sta (*elementarna*) *rastrska točka* in *naslovna ločljivost*. Zaradi vsesplošne zmede s tem izrazjem naj za zdaj zadostuje spodnji povzetek, več o točkovnem upodabljanju tiskovine pa pove poglavje 6.3.3 Simuliranje barv in upodabljanje tonov.

- Angleški izraz POINT pomeni: konica, bodica, ost (svinčnika); angleški izraz DOT pa pomeni: pika, pikica, madež, točka.
- Slovenski izraz TOČKA prevajamo v angleščino kot point, dot, item. Definira ga tudi SSKJ: 1) manjše mesto na površini česa, določeno s svojo funkcijo, lastnostjo; majhno, navadno okroglo mesto na površini česa, narejeno s pritiskom, z dotikom česa ostrega; narisati, vtisniti točko ... 2) Geometrijsko osnovni element premic, daljic, ravnin ...
- Slovenski izraz PIKA prevajamo v angleščino kot full stop, period; dot, point; decimalna pika je decimal point. SSKJ o piki pravi: 1) majhno okroglo mesto, ki ima drugačno barvo ali videz kot druga površina ... 2) grafično znamenje kot sestavina nekaterih črk, števil ... ločilo ...
- Piko, ki je ločilo v besedilu, laserski tiskalnik natisne tako, da jo sestavi v programirani kvadratni mreži in na odtisu upodobi iz drobcenih (*elementarnih*) *rastrskih točk* (angl. *dots, spots*, pogosto tudi *device pixels*). Kvadratna mreža ima karirasto obliko; vsak kvadrataček v njej ima svoj naslov, zato je *naslovna točka*, mreža pa se imenuje *naslovna mreža*. Tisti del mreže, ki se uporabi za upodabljanje enega znaka – v tem primeru pike – je *elementarni rastrski kvadrat*; vsakemu kvadratku v njem na odtisu ustreza ena (*elementarna*) *rastrska točka*. Izraz *rastrska točka* moramo razlikovati od izraza *rastrska pika*! Eno rastrsko piko tvori več rastrskih točk.

- Gostota naslovnih točk v mreži določa ločljivost tiskalnika: bolj drobna je karirasta struktura, manjše so naslovne točke, več elementarnih rastrskih točk se natisne na dolžinsko enoto, višja je **naslovna ločljivost** naprave. Meri se s številom naslovnih točk na dolžinsko enoto **dpc** (*dots per cm*) ali **dpi** (*dots per inch*). Naslovna ločljivost zato, ker ni nujno, da tiskalnik ločljivosti 600 dpi lahko natisne 2,54 centimetra (1 palec) dolgo točkasto črto, na kateri je 300 črnih točk in 300 belih presledkov, torej 300 točkovnih parov. To določa njegova **tiskovna ločljivost**, ki je odvisna tudi od kakovosti materialov in razmer pri tiskanju. Navadno je tiskovna ločljivost veliko manjša od naslovne; v našem primeru okoli 250 točkovnih parov na palec (98 na centimeter). Samo v idealnem primeru je tiskovna ločljivost lahko enaka naslovni.
- Laserski žarek skrbi predvsem za zelo natančno in točkovno programirano osvetljevanje elektrofotografskega valja.

Ionografski tisk – ionografija

Pri ionografskem tisku digitalni podatki, digitalna tiskovna forma torej, upravljajo z roji elektronov, da na površini dielektričnega upodobitvenega valja tvorijo latentne tiskovne površine. Te postanejo vidne, ko se na tiskovni material prenese in fiksira toner (s hladno fuzijo).

V primerjavi s kserografijo se pri ionografiji latentna elektrostaticna slika upodobi neposredno, ne da bi upodobitveni valj najprej elektrostaticno nabili, potem pa naboj na mestih prostih površin z osvetljevanjem odstranjevali. Za upodabljanje se uporablja ionska tiskalna glava, za razvijanje ali nabarvanje pa enaki tonerji kot v elektrofotografiji. V tiskalni glavi nastajajo ioni, ki jih krmilna elektroda usmerja na dielektrično (polprevodno) površino ogretega upodobitvenega valja, kjer elektrostaticna latentna slika nastane neposredno. Sledi razvijanje s tonerjem, podobno kot pri kserografiji, prenos in fiksiranje pa potekata sočasno; ogret tiskovni valj poskrbi, da se toner prenese in deloma stali na tiskovnem materialu. Ta operacija se imenuje transfiksiranje (*transfixing*), zaključno fiksiranje odtisa opravi ksenonska bliskavica. Pred upodabljanjem novega odtisa je treba z dielektričnega upodobitvenega valja odstraniti ostanke tonerja in papirnega prahu ter »izrabljeno« elektrostaticno latentno sliko. To storita rakel in izbrisovalnik.



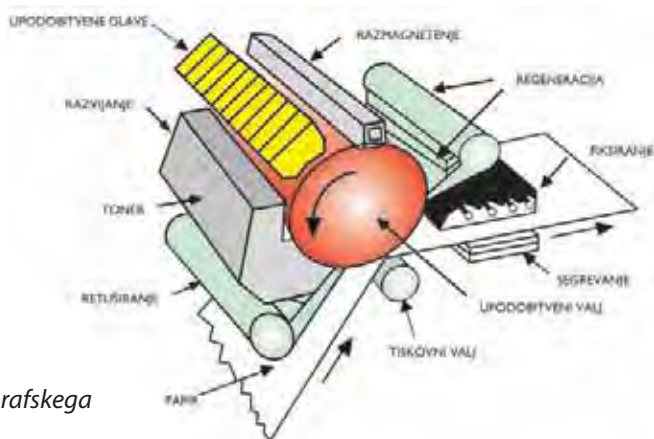
Slika 6.33 Načelo ionografskega tiska – ionografije.

Magnetografski tisk – magnetografija

Pri magnetografiji digitalni podatki upravljajo tiskovne (snemalne) glave; tako na magnetnem bobnu nastanejo latentne tiskovne površine, ki postanejo vidne, ko se z njih na tiskovni material prenese in zatali magnetni toner.

Latentno sliko upodobi na magnetni površini nemagnetnega valja (aluminij ali bron) magnetna pisalna glava. Površina valja je prevlečena s 50-mikrometrskim, mehkim magnetnim slojem iz FeNi, nad njim je 25-mikrometrski trdi magnetni sloj iz CoNiP in prav na vrhu še 1-mikrometrski zaščitni sloj iz CrC ali MoC. Upodobitveno glavo tvori več (do 10) modulov; vsak vsebuje 366 elektromagnetov, da bi dosegli ločljivost okoli 240 dpi. Module ob površino valja pritiskajo vzmeti, torej je tiskalna glava v mehničnem stiku s površino upodobitvenega valja. Za razvijanje latentne slike se uporablja magnetni toner, odvečni toner pa odstrani naprava za retuširanje. Toner se na papir prenaša mehansko. Ker je prenos vsega 60- do 80-odstoten, je treba magnetni valj pred vsakim odtisom očistiti, za kar poskrbi strgalo s filcem in magnetnim valjem ali sesalnikom. Latentno magnetno podobo, ki ni več primerna za tiskanje, odstrani posebna glava, ki generira izmenično magnetno polje. Odtis se fiksira s segrevanjem hrbtni strani in IR-obsevanjem tiskovnih površin. Upodobitvena ločljivost magnetografskega tiska je za zdaj od 480 dpi do 2400 dpi.

Magnetografski tisk je trenutno najhitrejša tiskarska tehnika s suhim tonerjem. Ker je magnetna latentna slika dokaj stabilna, tiskovnih površin na upodobitvenem valju ni treba obnavljati za vsak odtis; le občasno, ko preveč oslabijo, kar omogoča zelo hitro tiskanje. Vendar je tisk s procesnimi barvami bolj zapleten, zato tudi precej počasnejši, okoli 2000 odtisov na uro.



Slika 6.34 Načelo magnetografskega tiska – magnetografije.

Elektrografski tisk – elkografija

Digitalni podatki upravljajo elektrolitični postopek, da pride na upodobitvenem valju do koagulacije polimernih tiskarskih barv, ki se nato zaradi pritiska v podobi tiskovnih elementov prenesejo na tiskovni material.

Elkografija je tako zapletena tiskarska tehnika, da podrobna razlaga presega okvir tega gradiva, sicer pa v grafični dejavnosti še nima vidnejše vloge.

6.3.2.2 Kapljični tisk

Pri kapljičnem tisku (*Ink-jet printing*) digitalni podatki (digitalna tiskovna forma) upravljajo tok mikroskopsko majhnih kapljic tiskarskega črnila; tiskovne površine se neposredno upodobijo na tiskovnem materialu. Digitalni podatki upravljajo bodisi neprekinjeni (*continuous*) bodisi prekinjeni tok kapljic (*drop-on demand*) s termično ali piezoelektrično tehnologijo.

Kapljični tisk so uporabljali že v petdesetih letih 20. stoletja; zlasti za enostavne sisteme za označevanje, naslavljanje in etiketiranje. Šele konec osemdesetih let so razvili bolj vsestranske tiskalnike (osebna in pisarniška uporaba), velikoformatne in proizvodne tiskarske stroje. Tiskalniki delujejo večinoma po načelu prekinjenega, diskontinuiranega toka kapljic (*drop on demand ink jet – DOD*), tiskarski stroji pa po načelu neprekinjenega, kontinuiranega toka kapljic (neprekinjeni tok kapljic – *continuous ink jet*). V okviru teh dveh načel so razvili različne tehnike tiskanja; pregled najpomembnejših prikazuje blokovna shema na sliki 6.35.

TEHNIKE KAPLJIČNEGA TISKA		
NEPREKINJENI TOK	BINARNI ODKLON	Tiskarsko črnilo
	VARIABILNI ODKLON	Tiskarsko črnilo
PREKINJENI TOK (DoD)	TERMIČNI	Tiskarsko črnilo
	PIEZOELEKTRIČNI	Tiskarsko črnilo
		Tiskarski vosek
	ELEKTROSTATIČNI	Tiskarsko črnilo
		Tiskarski vosek

Slika 6.35 Tehnike kapljičnega tiska.

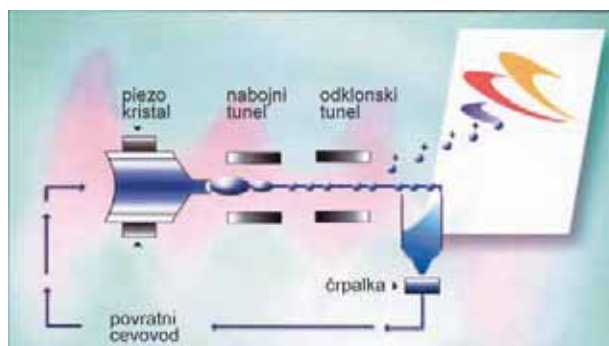
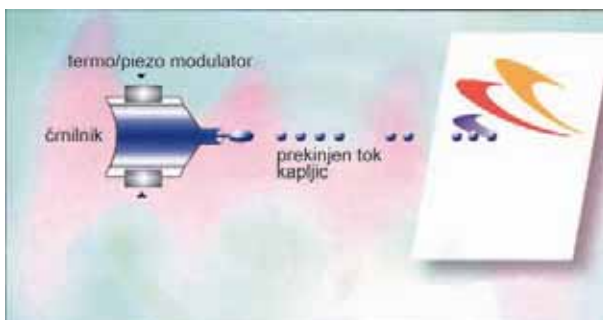
Načelo kapljičnega tiska s prekinjenim (diskontinuiranim, *drop-on-demand*) tokom kapljic ponazarja slika 6.36, z neprekinjenim (kontinuiranim) pa slika 6.37.

Pri tisku s prekinjenim tokom se kapljice proizvedejo takrat, ko so potrebne za upodobljanje (tiskalna glava nad prostimi površinami ne obratuje), pri tisku z neprekinjenim tokom pa tiskalna glava kapljice proizvaja s stalno časovno frekvenco, a se le nekatere odklonijo tako, da na papirju upodobijo želeno sporočilo.

Tehnike kapljičnega tiska s prekinjenim tokom kapljic delimo glede na to, kako tiskalna glava proizvaja kapljice. Pri termičnem načelu jih proizvaja toplota, pri piezoelektričnem krčenje šobe, pri elektrostatičnem pa električno polje med tiskalno šobo in tiskovnim materialom oz. površinske napetosti materialov; slika 6.38.

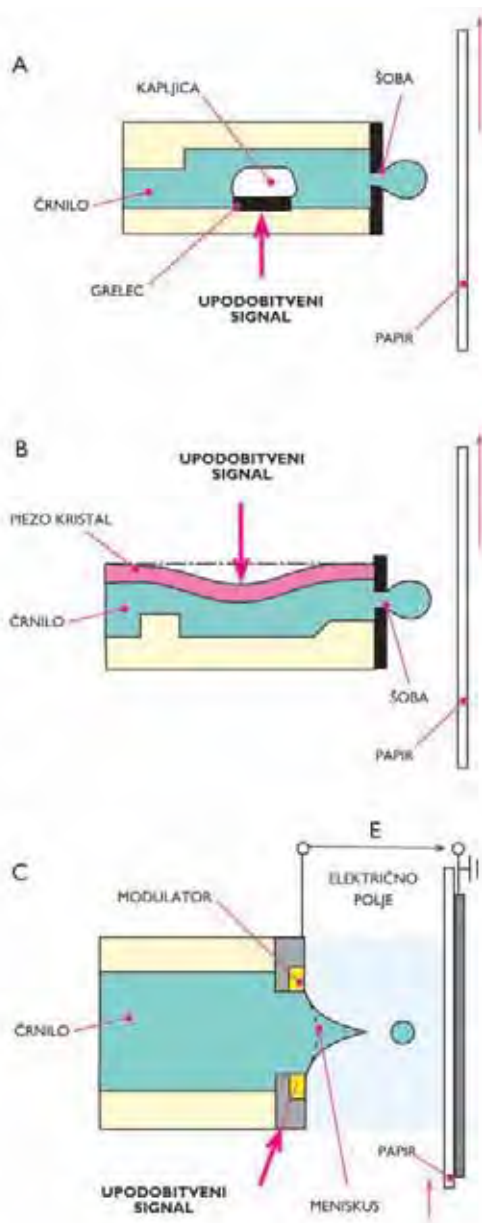
Kapljični tisk z neprekinjenim tokom kapljic temelji bodisi na binarnem bodisi na variabilnem odklanjanju. Pri binarnem odklonu kapljice brez naboja prispejo do tiskovnega materiala, kapljice z nabojem pa se zaradi odklona v električnem polju vrnejo v črnilnik. Pri variabilnem odklonu se kapljice v nabojnem tunelu opremijo z različnimi naboji, v električnem polju pa odklanjajo v različnih smereh, tako da obarvajo različna mesta tiskovnega materiala.

Slika 6.36 Kapljični tisk s prekinjenim tokom kapljic. Diskontinuirani kapljični tisk s prekinjenim tokom kapljic po termičnem in piezoelektričnem načelu. V obeh primerih se tiskalna glava najprej postavi na določeno lokacijo in šele nato na tiskovni material »izstrelji« kapljico črnila. Ena kapljica ustreza elementarni točki, najmanjši tiskovni površini, ki jo je treba pri tisku dovolj natančno upravljati in nadzirati. Velikost kapljice po drugi strani določa ločljivost tiskalnika. S termičnim načelom so doslej dosegli najslovnost 1200 dpi, s piezo pa 1440 dpi.



Slika 6.37 Kapljični tisk z neprekinjenim tokom kapljic. Kontinuirani kapljični tisk z neprekinjenim tokom kapljic. Tiskarsko črnilo je v črnilniku. Od tam ga v tiskalno glavo črpa visokotlačna črpalka. Tlak v tiskalni glavi znaša do 30 barov; zaradi delovanja piezoelektričnega modulatorja (kristala) se periodično spreminja (1 Mhz, kar je stokrat več kot pri tiskal-

nikih s prekinjenim tokom) tako, da skozi šobo izhaja neprekinjen curek enako velikih, enakomerno oddaljenih kapljic definirane prostornine. Kapljice so po izhodu iz šobe električno nevtralne, ko letijo skozi nabojni tunel pa seopremijo z električnim nabojem. Pri **binarnem odklonu** modulator dodeli ustrezen naboj samo nekaterim od njih. Tiste, ki niso nabite, ne spremenijo smeri in potiskajo ustrezno mesto na odtisu, nabite pa se v odklonskem tunelu odklonijo in ujamejo v lovilnik. Ta jih po povratnem cevovodu vrne v črnilnik, medtem ko ostane ustrezno mesto na tiskovnem materialu nepotiskano. Pri **variabilnem odklonu** se kapljice opremijo z različnimi (16 do 32) naboji, zato lahko ponovljivo potiskajo 16 do 32 različnih mest odtisa; tiste brez naboja se vrnejo v črnilnik. Tiskarska črnila za kontinuirani kapljični tisk temeljijo bodisi na vodni bodisi na organski osnovi, zato morajo biti izbrani tudi temu primerni tiskovni materiali. Ta tehnika je bolj natančna in hitrejša kot kapljični tisk s prekinjenim tokom, zato pa je gospodarnost precej manjša.



Slika 6.38 Načela kapljičnega tiska s prekinjenim tokom kapljic: a) termično, b) piezoelektrično, c) elektrostatično. Pri termičnem načelu kapljico skozi šobo »izstrelijo« toplota, ki črnilo v tiskalni glavi segreje do 300 °C. Zaradi trenutne termične (10 do 20 mikrosekund) spremembe najprej nastane zračnih mehurček (bubble), ki močno poveča tlak v šobi. Ko ta preseže določeno raven (zračni tlak zunaj šobe), se mora delež črnila iz šobe izstreliti v obliki kapljice. Hitrost kapljice, ki zapusti šobo, je več kot 700 km/h! Tisti hip, ko kapljica zapusti šobo, nastane tam podtlak, ki v šobo posrka novo črnilo iz črnilnika. Zdaj se vse lahko začne znova. Grelec je nameščen pod šobo ali nad njo, uporabna so samo črnila na vodni osnovi, na tiskovni material pa prileti segreta kapljica. Najbolj zmogljivi tiskalniki po termičnem načelu lahko »izstrelijo« do 8000 kapljic na sekundo (8000 kHz). Ta frekvenca določa tiskovno hitrost.

Pri piezoelektričnem načelu kapljičnega tiska je v tiskalni glavi tik pred šobo vgrajen piezo kristal, ki se zaradi električne napetosti deformira (izboči), podobno kot membrana v zvočniku. Izbočen piezo kristal močno poveča tlak v kapilari, tako da šoba »izstrelijo« kapljico črnila. Glede na namestitvev in raztezanje piezokeramičnih elementov ločimo upogibne, strižne in tlačne tiskalne glave. Na tiskovni material prileti hladna kapljica črnila na oljni, polimerizacijski, redkeje na vodni osnovi. Njegova vpojnost mora biti precizno prilagojena reologiji črnila, sicer se odtis ne posuši ali pa nastanejo madeži (motling).

Pri elektrostatičnem načelu se med tiskovnimi šobami in tiskovnim materialom tvori električno polje, ki ga modulira upodobitveni signal tako, da kapljico dobesedno »posesa« iz šobe. Obstaja več izvedb, tehnologija pa se še razvija. Poročajo tudi o ultrazvočnih tehnologijah za proizvodnjo kapljic.

Za upodabljanje tiskovnih površin uporablja termični kapljični tisk tiskarska črnila z barvili na vodni osnovi, piezo, tisti z neprekinjenim curkom pa tiskarska črnila na osnovi drugih (organskih) topil. Naravi tiskarskega črnila mora biti prilagojena narava tiskovnega materiala. Če gre za črnila na vodni osnovi (termični kapljični tisk), mora biti njihova

površina hidrofilna/oleofobna in ne preveč porozna, da se kapljice ne razlivajo in da nastane oster, jasen odtis. Prav nasprotno je pri piezo črnilih, ki so izdelana na osnovi organskih snovi (dietilen glikol). Površina tiskovnega materiala mora biti tu oleofilna/hidrofobna. To je vzrok, da tiskovnih materialov, ki so pripravljene za termično tehnologijo kapljičnega tiska, ne moremo tiskati s piezo tehnologijo (ali pa so rezultati zelo slabi). To še zlasti velja za sijajno premazane papirje (kapljice se na površini razlivajo, še preden penetrirajo v notranjost), manj zadreg pa je pri motno premazanih papirjih; njihova površina je ravna in mikro hrapava, kolikor toliko kapilarna, zato se kapljice tam ne morejo razlivati.

Vse bolj pogosti so primeri tiskanja s pigmentiranimi tiskarskimi črnili, kjer neobstoja barvila nadomeščajo pigmenti. Ta tiskarska črnila so po svoji naravi podobna tiskarskim barvam za flekso in globoki tisk. Delci pigmenta v tiskarskem črnilu za kapljični tisk ne smejo biti večji od mikrometra, ker se sicer zamašijo šobe v tiskalni glavi. Pigmentirana črnila se veliko manj ali skoraj ne vpijajo v papir, zato lahko tiskamo skoraj na vsak tiskovni material (po zagotovilih proizvajalcev), vendar morajo biti pa tiskovne šobe v glavi prilagojene velikosti pigmentnih delcev, ki je lahko različna. Pigmentirana tiskarska črnila za kapljični tisk zaradi svoje narave zagotavljajo večjo obstojnost odtisov.

Tretja vrsta tiskarskih barv za kapljični tisk so tiskarski voski oziroma taljiva črnila. Uporabljajo se predvsem pri kapljičnem tisku s prekinjenim tokom. Čeprav se pri tem tisku bistveno razlikuje le vrsta tiskarske barve, se je postopka oprijelo ime *trdočrnilni kapljični tisk* (*hot-melt ink jet*); ta je neposredni ali posredni in se uporablja predvsem za tiskanje velikih plakatov.

- Kapljični tisk z neprekinjenim tokom kapljic (*continuous ink-jet printing*) temelji na visokofrekvenčnih vibracijah, ki prekinjajo tok tiskarskega črnila, da nastanejo elektrostatično nabite kapljice, ki jih odklanja električno polje, tega pa upravljajo digitalni podatki. Tiskovne površine se na tiskovnem materialu reproducirajo neposredno.
- Kapljični tisk s prekinjenim tokom kapljic (*drop-on-demand*) temelji na mehanizmih, ki jih upravljajo digitalni podatki, da uporabijo samo tiste kapljice črnila, ki so potrebne, da se na tiskovnem materialu reproducirajo tiskovne površine.
- Naslovno ločljivost kapljičnega tiskalnika določa prostornina (velikost) kapljice, to pa premer šobe. Za 14-pikolitrsko kapljico imajo šobe premer 30 mikrometrov, za 10 pl 20, za 2 pl pa okoli 10 mikrometrov. Naslovna ločljivost pri 10-pikolitrski kapljici je 2450 dpi oz. ravno 100 na milimeter (1000 dpc). Tiskalnik seveda nikakor ne more natisniti 50 linijskih parov na milimeter, zato je pomembna njegova upodobitvena oz. tiskovna ločljivost; ta je odvisna tudi od kakovosti tiskovnega materiala.

6.3.2.3 Termomehanični tisk

Imenuje se tudi termografija in se deli na termotalilni in termodifuzijski tisk. Prvi uporabljata nabarvan tiskovni trak, s katerega se tiskarska barva zaradi učinkovanja toplote in pritiska prenaša na tiskovni material, pri drugi prenašanje temelji na elektrokemičnih

pojavih, kot sta sublimacija in/ali ablacija. Delovanje termotalilnega tiska ilustrira slika 6.40, termodifuzijskega pa 6.41.

Termotalilni tisk temelji na taljivi tiskarski barvi, ki jo nosi tiskovna folija v obliki traku ali formata (zgled je delovanje pisalnega stroja). Ko toplota stali tiskarsko barvo, se ta utekočini in zaradi tiskovnega tlaka prenese na tiskovni material pod njim; tiskovni trak mora biti v stiku s tiskovnim materialom. Izvirno je tehnika binarna, kar pomeni, da se tiskarska barva na foliji tali točkovno in tako tudi prenaša na podlago. Vse elementarne točke na odtisu so enako obarvane in enako velike. Kasneje so razvili tiskalne glave, ki tiskarsko barvo lahko talijo z različnimi temperaturami, tako da se na tiskovni material prenašajo rastrske točke različnih, vsekakor digitalno definiranih velikosti. To je termotalilni tisk z variabilnimi rastrskimi točkami VDT (*variable dot thermal transfer*); vsekakor eni točki ustreza en grelni element v tiskalni glavi. Navadno so razporejeni v vrsti, tiskalna glava pa ima obliko letve; nameščena je nad vso širino tiskovnega traku.

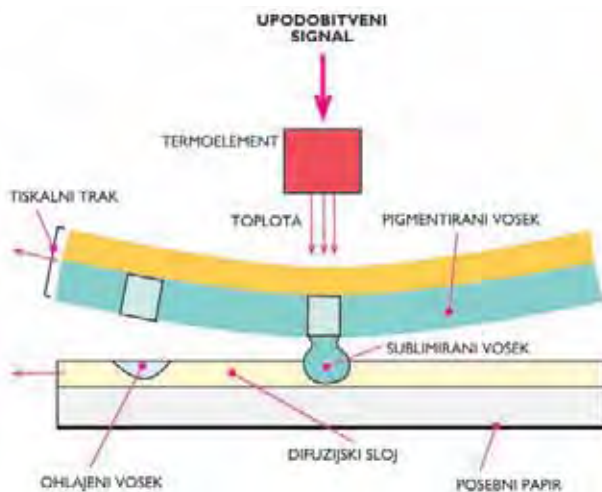
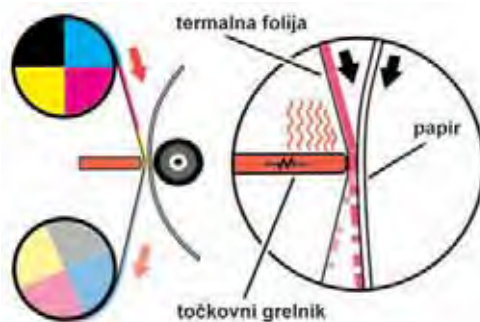
TEHNIKE TERMOMEHANIČNEGA TISKA

TERMOTALILNI	BINARNI	Konstantna velikost točk
		Tiskarski vosek
	VARIABILNI	Variabilna velikost točk
		Tiskarski vosek
TERMODIFUZIJSKI	TERMOSUBLIMACIJSKI	Tiskarsko barvilo
	TERMOABLACIJSKI	Tiskarsko barvilo

Slika 6.39 Pregled termomehaničnih tiskarskih tehnik.

Najpogostejša oblika termodifuzijskega tiska je termosublimacijski tisk. Pri tem zaradi točkovnega segrevanja tiskarska barva usmerjeno sublimira s tiskovnega traku in prehaja na tiskovni material. Spomnimo se, da je sublimacija izparevanje trdne snovi brez vmesnega utekočinjenja. Ta pojav pri termosublimacijskem tisku ni nujno prisoten, zato je bolj pravilen splošni izraz termodifuzijski tisk. Tiskovna glava je podobna tisti pri termomehničnem tisku, le da se grelni elementi segrevajo na različne temperature, na tiskovni material pa sublimirajo različne količine tiskarske barve oz. črnila. Zato mora biti tiskovni material posebej pripravljen, premazan s slojem, v katerega lahko prodira (difundira) barvilo ali pigment. Glede na temperaturo grelnega elementa lahko s traku sublimirajo in difundirajo različne količine tiskarske barve in točkovno upodobijo različne tone. Namesto temperature grelnih elementov se pogosto modulira trajanje segrevanja; dlje ko je element segret, več tiskarske barve v neki točki sublimira, temnejši je njen ton na odtisu. Ne spreminja se velikost elementarnih točk na odtisu, marveč obarvanje, medtem ko je velikost razmeroma konstantna.

Slika 6.40. Načela termotalilnega tiskanja. Termalna tiskalna glava točkovno segreva folijo s pigmentiranim voščenim premazom. Tiskovni material se vrti na tiskovnem valju, zato se v uščipu pod tiskovno glavo raztaljene elementarne točke prenašajo na njegovo površino. Takoj po tisku se tam znovazatalijo. Na hrapavem papirju se termalna folija ne prilega popolnoma površini. Če so vbokline večje od elementarnih točk, nastane močno pikast odtis. Glede tega je ta tehnika zelo podobna klasičnemu knjigotisku. Vrhunsko kakovost lahko dosežemo le na zelo gladkih površinah nizke hrapavosti.



sublimacija. Nastane nekakšen aerosol, plin z razpršenimi pigmentnimi delci, ki kot dim prodira v površino tiskovnega materiala. Tam zaradi ohlajanja znova preide v trdno fazo, ki veže pigment. Na lokaciji iste elementarne točke se lahko s spreminjajočo se temperaturo upodobijo različna obarvanja, torej tudi različni toni; velikost elementarne točke je medtem konstantna. Termosublimacijski tisk spominja na globoki tisk in je ena redkih tiskarskih tehnik, ki lahko upodablja večtonske slike. Tiskalna glava termosublimacijskega tiskalnika je načeloma prav taka kot tista pri termotalilnem tiskalniku, omogočati pa mora precizno regulacijo temperature vse do 400 °C, da bi lahko dosegli zadostno število različnih temperaturnih območij.

- Termomehانيčni tisk (*thermal-transfer printing*) temelji na trakovih ali listih (navadno iz umetnih mas), ki so premazani s tiskarskimi barvamiv obliki voskov ali barvil. Zaradi toplote in pritiska tiskalnih glav se tiskarski vosek ali tiskarsko barvilo prenese na tiskovni material, kjer reproducira tiskovne površine.
- Termotalilni tisk (*thermal wax-transfer printing*) z digitalnimi podatki upravlja tiskovne glave, ki s toploto in pritiskom povzročijo, da se tiskarski vosek na premazanem

traku ali listu stali in prenese na tiskovni material, kjer reproducira podobo tiskovnih površin.

- Termodifuzijski tisk (*thermal dye-transfer printing*) z digitalnimi podatki upravlja tiskovne glave, ki s toploto povzročijo, da tiskarsko barvilo (kolorant) s premazanega traku ali lista sublimira na tiskovni material, kjer reproducira podobo tiskovnih površin.

6.3.3 Simuliranje barv in upodabljanje tonov v tisku

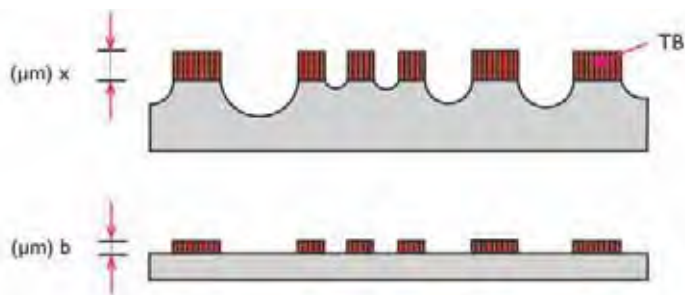
Večina tiskarskih tehnik lahko na odtisu upodobi samo en ton: potiskan (črn), ob nepotiskanem (belem) papirju. V tem smislu je njihova narava binarna. Izjeme so globoki, termodifuzijski in fotografski tisk ter nekatere izvedbe kapljičnega tiska. Pri vseh drugih moramo tone na odtisu upodabljati posredno, s tehnologijami, ki omogočajo simuliranje barv. V ta namenspremenimo barve s predloge v »mozaik« oz. vzorec tiskovnih elementov ali upodobitvenih signalov, da se na odtisu upodobijo navidezni toni različne svetlosti. Struktura mozaika je odvisna od tehnologije, s katero poljubna tiskarska tehnika lahko simulira tonske vrednosti.

6.3.3.1 Analogno (fotomehanično) rastriranje

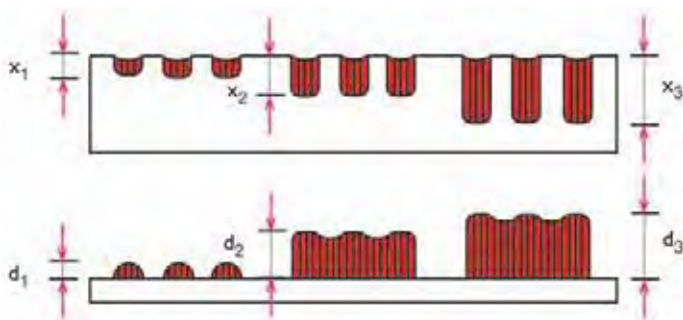
Pri visokem, ploskem in prepustnem tisku so vse tiskovne površine na tiskovni formi, torej tudi na odtisu, enakomerno obarvane. Nanos tiskarske barve je povsod enak; slika 6.42. Če tiskovno formo nabarvamo z manj tiskarske barve, je nanos sicer tanjši, vendar še vedno enakomeren po vsej površini. To pomeni, da v visokem, ploskem in prepustnem tisku lahko hkrati upodobimo samo eno tonsko vrednost in zato reproduciramo le enotonske ali enobarvne predloge. Tudi reprodukcija je pri teh tehnikah vedno le enotonska – risba ali črtež.

Le pri globokem tisku lahko z globino tiskovnih elementov dobimo na različnih mestih odtisa različne nanose tiskarske barve. Učinek je podoben kot pri fotografiji, pri kateri barve in tone s predloge simuliramo z različnimi količinami elementarnega srebra: na tistih mestih odtisa, kjer je nanos tiskarske barve debelejši, zaznamo temnejši ton, tam, kjer je tanjši, pa svetlejšega; slika 6.43. Temne tone dobimo z globokimi tiskovnimi površinami, svetle pa s plitvimi. Globoki tisk je edina analogna tiskarska tehnika, ki zmora reprodukcijo večtonskih in večbarvnih predlog.

Večtonske in večbarvne motive pa vseeno reproduciramo tudi v drugih tiskarskih tehnikah, tako da jih spremenimo v strukturirano enotonsko reprodukcijo (to moramo storiti že pri izdelavi tiskovne forme). Enotonska reprodukcija, ki ustreza večtonski ali barvni predlogi, je sestavljena iz sorazmerno majhnih, različno velikih, a enako gostih pik. Vse so enako nabarvane, vendar so na tistih mestih reprodukcije, ki ustrezajo svetlim delom predloge, majhne, na mestih reprodukcije, ki ustrezajo temnim delom, pa velike. Zaradi ločilne sposobnosti očesa nastane pri določeni razdalji opazovanja optično mešanje: namesto različno velikih pik zaznavamosvetlejšje in temnejše, zvezno prelivajoče se tone.



Slika 6.42 Enakomeren nanos tiskarske barve na tiskovni formi in na odtisu visokega tiska. Enako velja tudi za ploski in propustni tisk.



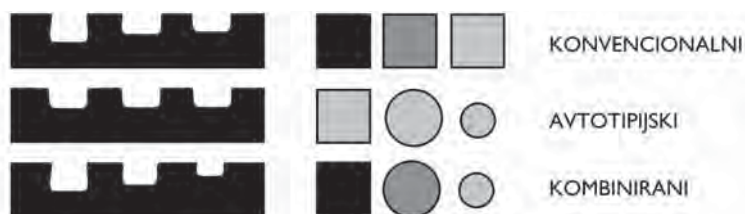
Slika 6.43 Različno debel nanos tiskarske barve v globokem tisku. Tam, kjer so alveole globoke, se na odtisu zlije v celoto; kjer so plitve, vidimo odtis posamičnih celic.

Večtensko ali večbarvno predlogo spremenimo v ustrezno enotonsko reprodukcijo s posebno optično mrežico, ki se imenuje **raster**. Pike, ki upodabljajo tonske vrednosti, so **rastrske pike**, namišljene tonske vrednosti so rastrske tonske vrednosti ali **rastrski toni**, upodobljena reprodukcija pa je **rastrska reprodukcija** ali **avtotipija**; slika 6.44.

Navidezne rastrske pike vidimo tudi na reprodukcijah, ki so bile natisnjene v globokem tisku. Če jih dobro opazujemo, hitro ugotovimo, da so vse enako velike, a različno obarvane. Na odtisu nastanejo zato, ker je tiskovna forma za globoki tisk razdeljena na zelo veliko majhnih, kvadratnih tiskovnih celic v obliki različno globokih posodic. Te posodice so **alveole**. Če so dovolj globoke, se tiskarska barva na odtisu zlije v celoto; če so plitve, jih lahko opazujemo kot že opisane »rastrske pike«; sliki 6.43 in 6.45. Alveole enake površine, vendar različne globine, so značilnost t. i. *klasičnega* globokega tiska. Podobne učinke dosežemo tudi z enako globino, vendar večjo ali manjšo površino alveol. To je *avtotipijski* globoki tisk. Največ upodobitvenih prednosti pa ima tretja oblika, *kombinirani* ali *hibridni* globoki tisk, pri katerem se spreminjata globina in površina alveol; slika 6.45.



Slika 6.44 Analogno (fotomehانیčno) modulirana rastrska reprodukcija (avtotipija). Rastrske pike so različno velike, vendar povsod enako goste.

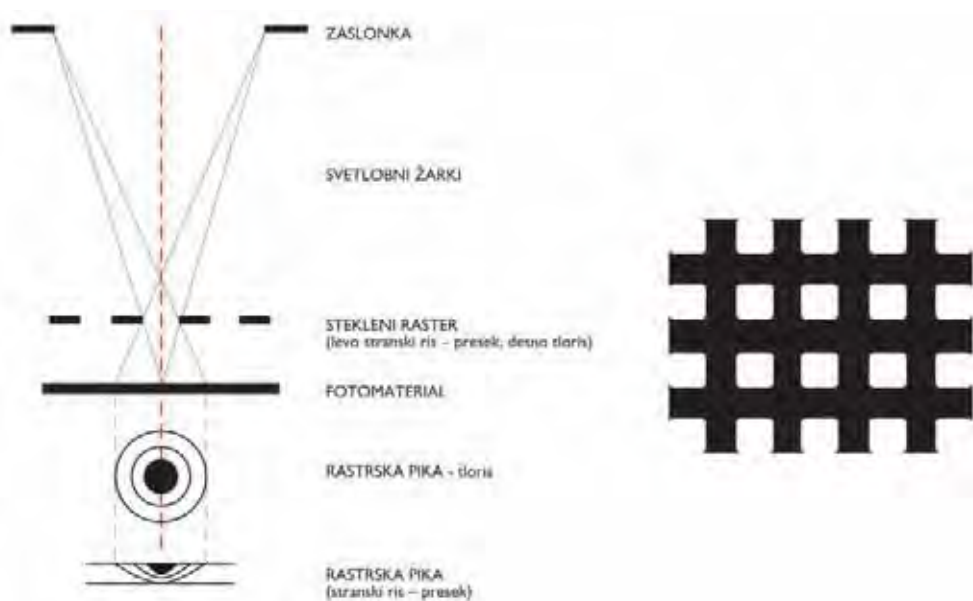


Slika 6.45 Alveole v klasičnem, avtotipijskem in kombiniranem globokem tisku niso rastrske pike v pravem pomenu besede. Le v prvem primeru imajo vse enako površino in različno globino.

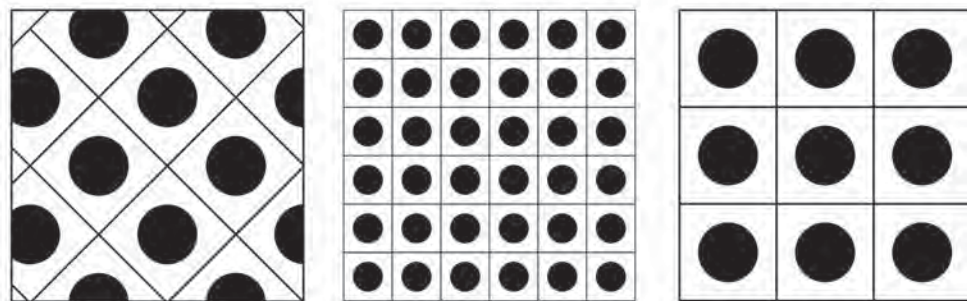
- Rastriranje je tehnologija, s katero simuliramo tonske vrednosti predloge pri tiskarskih tehnikah z enotonskim nabarvanjem tiskovne forme oz. odtisa. S tem preslepimo opazovalca tako, da vidi tone tam, kjer jih v resnici ni. Na angleško-ameriškem govornem področju se imenuje *halftoning*, *screening*, tudi *autotype screening*.
- Raster izvira iz latinske besede *rasrum*, pomeni pa grablje ali motika (z njima na gredici naredimo nekakšno strukturo). Raster je v grafični tehnologiji nujno potrebna struktura, pravzaprav vzorec, s katerim tone s predloge spremenimo v ustrezne tiskovne elemente. Anglo-ameriški izraz je *screen*, *halftone screen*.
- V globokem tisku upodabljammo tonske vrednosti predloge z različnimi nanosi tiskarske barve, manj pogosto avtotopijsko, največkrat pa kombinirano, tako da se spreminjata globina in površina alveol.
- Analogno (fotomehanično) modulirano rastrsko reprodukcijo sestavljajo različno velike, a enako goste in enakomerno nabarvane rastrske pike. Vtis tona nastane zaradi optičnega mešanja. Rastrsko reprodukcijo moramo vedno opazovati dovolj velike razdalje, sicer vidimo le posamične rastrske pike. Rastrska pika se v anglo-ameriškem govornem področju imenuje *halftone dot*, rastrski ton enostavno *halftone*, rastrirana slika pa *halftone image*.
- Avtotopija je izraz, ki ga je izumitelj rastriranja (Meisenbach 1880) patentiral hkrati s steklenim rastrom; ta predlogo (večtonsko fotografijo *continuous-tone photographic original*) pri snemanju v reproduksijski kameri s projiciranjem skozi mrežno strukturo avtomatično pretvori v mozaik rastrskih pik. Avtotopija dobesedno pomeni samoupodabljanje (nem. *selbstbildend*).

Stekleni raster za analogno (fotomehanično) rastriranje je pravzaprav nekakšna optična mrežica. Tvorita jo dve linijsko (črtno) gravirani stekleni plošči, ki sta zlepljeni pod kotom 90 stopinj. Linije so gravirane v parih, tako da si izmenično sledijo prozorna in neprozorna, zaradi pravokotnega prekrivanja pa med njimi nastanejo prozorna kvadratna okenca. Rastrska pika je pravzaprav upodobitev projicirane slike kakšnega kvadratnega okenca; slika 6.46.

Če so linije na steklenih ploščah gravirane gostejše, so tudi okenca med njimi gostejša, upodobljene rastrske pike pa manjše. Z rastrom, ki ima vodoravno in navpično gravirano 34 linij na centimeter, nastane $34 \times 34 = 1156$ rastrskih pik na kvadratni centimeter. Raster z gostoto 60 linij na centimeter ima na kvadratnem centimetru 3600 pik. Višja je gostota rastra, manjše so rastrske pike, ostrejša in bolj detajlirana je reprodukcija. Taka rastrska struktura je tudi manj opazna. Struktura katere koli gostote je najmanj opazna takrat, ko je zasukana pod kotom 45 stopinj, kar dosežemo z vrtenjem steklenega rastra; slika 6.47.



Slika 6.46 Upodabljanje rastrskih pik s steklenim rastrom. Če skoz kvadratno okence prodre veliko svetlobe, nastane na fotomaterialu za njim velika rastrska pika, v nasprotnem pa majhna. To je obratno sorazmerno s svetlostjo tonov na predlogi, zato moramo negativ pretvoriti (postopek negativ-pozitiv) v pozitiv tako, da svetle tone upodabljaajo majhne, temne pa velike rastrske pike.



Slika 6.47 Gostota in sukanje rastra; desna skica ponazarja redek raster, skica v sredini pa gost raster pod kotom 0 stopinj, medtem ko je na levi skici redek raster zasukan pod kotom 45 stopinj.

Niti večja gostota niti sukanje rastra sami po sebi še ne pomenita večje kakovosti upodabljanja. Gostoto rastra moramo prilagoditi razmeram tiskanja, zlasti tiskarski tehniki in kakovosti tiskovnega materiala. V sitotisku npr. ne moremo uporabljati tako gostih rastrov kot v ofsetnem (posredni ploski tisk), na vpojnem časopisnem papirju ne tako gostih kot pri tisku na premazanem papirju. To je zato, ker se sorazmerno z gostoto rastra sicer izboljšuje upodabljanje podrobnosti, zmanjšujeta pa se tonski in kontrastni obseg. Da bi lahko uporabili gostejši raster, več manjših rastrskih pik na površinsko eno-

to torej, moramo zagotoviti ustrezno povečanje kontrastnega obsega; le tako bo tonski obseg ostal nespremenjen.

- Gostoto in velikost rastrskih pik določa **linijatura rastra**, ki jo merimo s številom linij (rastrskih črt) na tekoči centimeter. Rastrske pike so med seboj vse enako oddaljene. Štiri sosednje tvorijo (**elementarni**) **rastrski kvadrat** s stranico l ; slika 6.48. Če je stranica dolga, so rastrske pike na reprodukciji redke in velike, če je kratka, so goste in majhne. Linijaturaje v prvem primeru majhna, v drugem pa velika in jo izračunamo z enačbo:

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

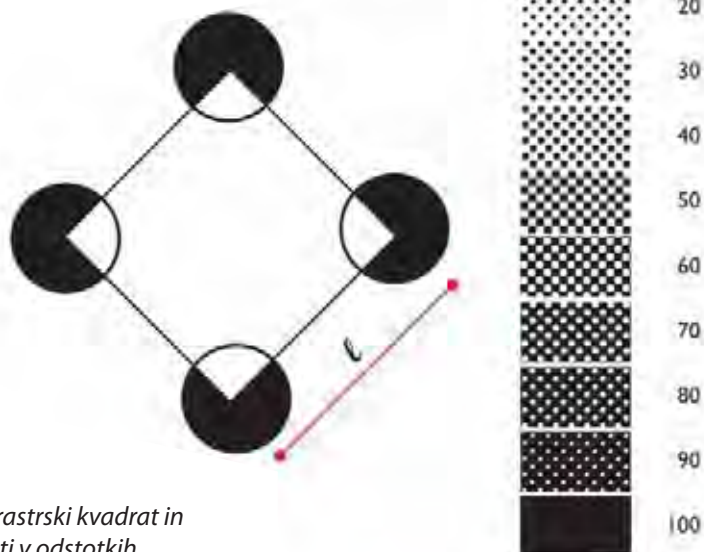
Dolžina stranice rastrskega kvadrata l (črka el) je torej

$$l (\text{mm}) = 10 / L (\text{lin/cm}), \text{ skupna površina pa } Fo = l (\text{mm})^2$$

- Velikost rastrskih pik ali rastrskih tonov merimo s tonskimi vrednostmi (A), ki jih definira razmerje med površino rastrskega kvadrata, ki jo pokriva pika (Fg) in njegovo skupno površino (Fo):

$$A = Fg / Fo, Fo = l^2 (l = \text{črka } el \text{ na kvadrat!})$$

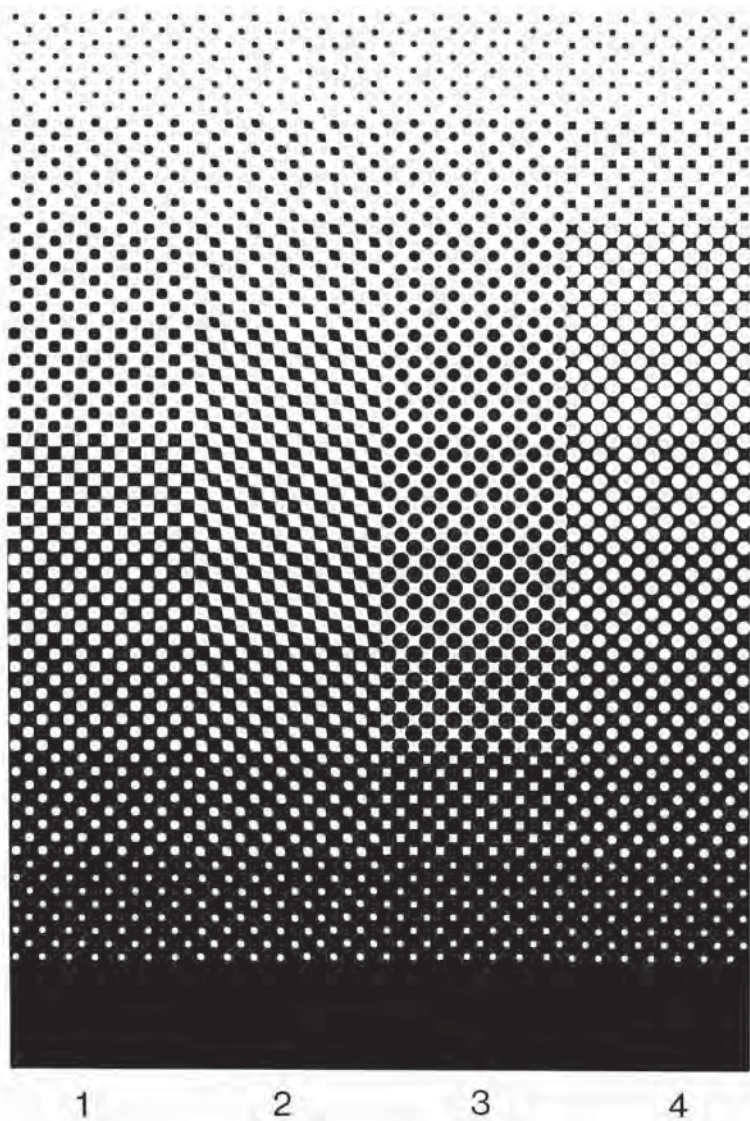
$$A (\%) = Fg / Fo * 100$$



Slika 6.48 Elementarni rastrski kvadrat in lestvica tonskih vrednosti v odstotkih.

Gostota ali linijatura rastra se v anglo-ameriških deželah nedosledno imenuje *screen frequency*, *screen ruling*, celo *screen definition*, *screen width* ali *line screen frequency*. LITERATURA tudi navaja, da je *screen frequency* recipročna vrednost *screen ruling*; v tem smislu je to razdalja med središčema dveh sosednjih rastrskih kvadratov, *screen frequency* pa gostota linij na dolžinsko enoto. Rastrski kvadrat je *halftone cell*, *screen cell*, celo *raster*

cell – rastrska celica. Merijo jo s številom rastrskih pik oz. linij na palec z oznako lpi (lines per inch). Ustrezna enota v metričnem sistemu enot je lpc (lines per cm).



Slika 6.49 Kvadratna (1), usmerjena eliptična (2), okrogla (3) in blazinasta rastrska struktura (4).

Analogne rastrske strukture se razen po gostoti razlikujejo tudi po obliki rastrskih pik; te so kvadratne, okrogle, eliptične ipd.; slika 6.49. Stekljeni rastri tvorijo glede na tonsko vrednost zgolj okrogle, kvadratne in blazinasto ukrivljene rastrske pike, kajti rastrska okenca med prekržanimi linijami ne dopuščajo nobene druge oblike: pod 50-odstotnim rastrskim tonom so okrogle, tu so kvadratne, nad njim pa blazinaste. Na sliki vidimo, da so pod njim prostostoječe, nad to mejo pa se stikajo v vseh štirih vogalih. To povzroča hitro potemnitev in močno opazen tonski preskok. Zaradi motečih tonskih preskokov so razvili

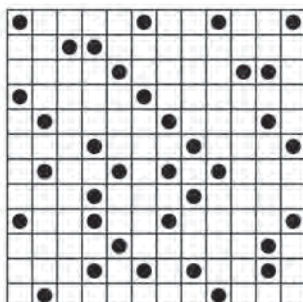
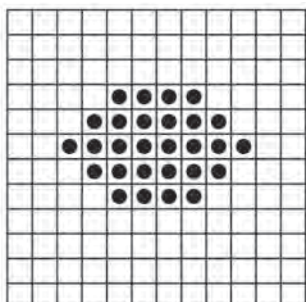
kontaktne rastre (rastre na foliji namesto na steklu), s katerimi je mogoče upodabljati take geometrične oblike rastrskih pik, ki minimirajo vidnost preskokov. Najbolj so se uveljavili okrogli in eliptični rastri. Okrogle rastrske pike se začno dotikati šele pri 70-odstotnih rastrskih tonih v temnih delih reprodukcije, zato je preskok manj opazen. Eliptične rastrske strukture imajo stičišče v dveh tonskih območjih: v četrtninskih tonih pod 50 odstotkov in v tričetrtninskih okoli 70 odstotkov. Razmik med območjema je mogoče celo spreminjati (glede na vrsto predloge), kar omogoča, da so tonski preskoki kar najmanj opazni.

6.3.3.2 Digitalno (elektronsko) rastriranje

Večina digitalnih tehnik tiskanja prav tako ne more reproducirati večtonskih slik. Pomagamo si z digitalnim rastriranjem, ki ga upravlja procesni računalnik, medtem ko izvaja točkovno upodabljanje odtisa. Načelo digitalnega rastriranja ne temelji na hkratnem upodabljanju celotne rastrske pike, marveč manjših točk, ki jo sestavljajo (glej tudi 6.3.2.1 Elektrofotografski tisk). Vsaka rastrska pika je kot mozaik sestavljena iz večjega števila manjših elementov. Element v mozaiku je že znana elementarna (rastrska) točka. Vsaka mora imeti enako temnost – počrnitev ali obarvanje. Z elementarnimi točkami lahko rastrske pike v posameznih tonskih območjih tako oblikujemo, da se znebimo neželenih tonskih preskokov, ali pa jih celo razporejamo v popolnoma nove mozaične strukture, ki nič več ne oponašajo analogno moduliranih rastrskih pik. Več ko je točk v elementarnem kvadratu, bolj natančno bodo upodobljene rastrske pike, medtem ko v drugem primeru to sploh ni več pomembno: toni se ne upodabljajo z velikostjo enako gostih rastrskih pik, marveč z gostoto enako velikih, bolj ali manj naključno razporejenih (elementarnih) rastrskih točk; slika 6.50. Digitalno rastriranje temelji bodisi na moduliranju amplitude (velikosti) bodisi na moduliranju frekvence (gostote), celo obeh skupaj, zato ločimo:

- ✓ amplitudno rastriranje, s katerim moduliramo velikost rastrskih pik in oponašamo analogne rastrske strukture (enaka razdalja med rastrskimi pikami, oblika pik),
- ✓ frekvenčno rastriranje, s katerim moduliramo gostoto enako velikih (elementarnih) rastrskih točk znotraj rastrskega kvadrata,
- ✓ hibridno ali kombinirano rastriranje, s katerim glede na tonska območja in detalje motiva moduliramo amplitudo in/ali frekvenco, v nekaterih tehnikah digitalnega tiskanja pa še obarvanje odtisa.

Slika 6.50 Razporeditev (elementarnih) rastrskih točk v kvadratu 12 × 12: pri amplitudnem rastriranju, ko moduliramo velikost enako gostih rastrskih pik (leva skica) in pri



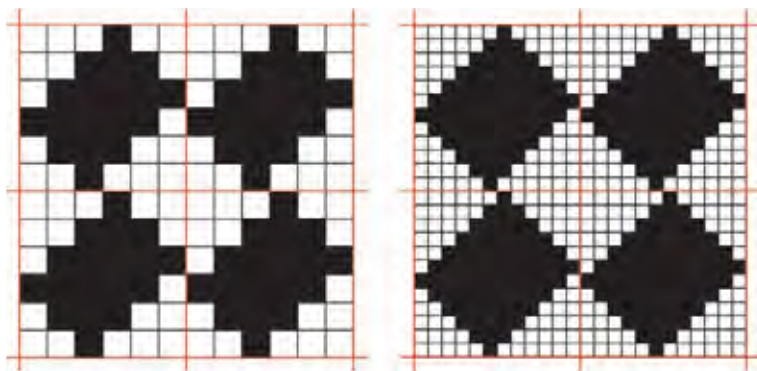
frekvenčnem rastriranju, ko moduliramo gostoto iste množice enako velikih točk. Vizualno bi se moral upodobiti enako svetel ton.

Amplitudno rastriranje (AM – amplitude modulation)

Pri amplitudnem rastriranju moramo upoštevati linijaturo rastra (lpc, lpi) in naslovno ločljivost kakšne izhodne naprave (dpc, dpi). Število (elementarnih) rastrskih točk v kvadratu dobimo tako, da na naslovno mrežo, ki jo določa izhodna ločljivost, položimo mrežo rastrskih kvadratov, ki jo določa linijatura oz. gostota rastra; slika 6.51. S številom točk v kvadratu je sorazmerno število tonov oz. tonski obseg, ki se lahko upodobi. Z vsako dodano (elementarno) rastrsko točko se upodobi nov ton oziroma nova tonska vrednost.

$$\text{tonski obseg} = (\text{naslovna ločljivost} / \text{linijatura})^2 + 1$$

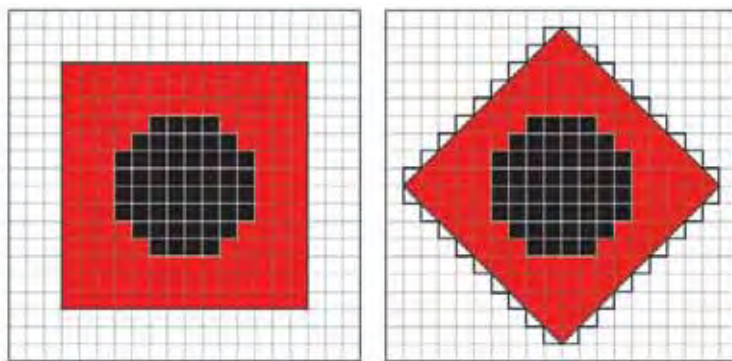
Dokler je količnik celo število, ni zadreg; če je decimalno, ga mora rastrski računalnik (RIP) zaokrožiti navzgor ali navzdol. Od tega je zelo odvisna kakovost amplitudnega rastriranja.



Slika 6.51 Presek rastrske in naslovne mreže določa število (elementarnih) rastrskih točk in s tem tudi tonov, ki jih teoretično lahko upodobi ena amplitudno modulirana rastrska pika.

Če je tonski obseg premajhen, se pojavi *posterizacija*, reprodukcija z nedopustnimi tonskimi preskoki; slike 6.14, 6.17, 6.18. To se zgodi, ko v rastrskem kvadratu ni na voljo dovolj točk, da bi z moduliranjem rastrskih pik reproducirali vse tone motiva oz. predloge. Pravzaprav je vsaka digitalno rastrirana reprodukcija tudi posterizirana, le da pri vsakdanjih slikah tega ni videti, če le naslovna mreža lahko upodobi vsaj 256 tonov med nepotiskanim in potiskanim papirjem; človeški vid jih razlikuje okoli 200, zato bo posterizirana vsaka digitalna slika, ki jih ima manj. To je še zlasti opazno pri zveznih tonskih prelivih med nepotiskanim in popolnoma potiskanim papirjem. Ti morajo imeti tonski obseg 1024 tonov.

Doslej smo obravnavali zgolj nezasukane rastrske pike, vemo pa, da morajo potekati pod kotom 45 stopinj, da bi bila rastrska struktura kar najmanj opazna. Zaradi sukanja se prekrivanje rastrske in naslovne mreže dodatno zaplete: zasukani rastrski kvadrati se morajo prilegati kvadratom naslovne mreže, zato postanejo nazobčani, upodabljanje tonov pa neprecizno; slika 6.52.

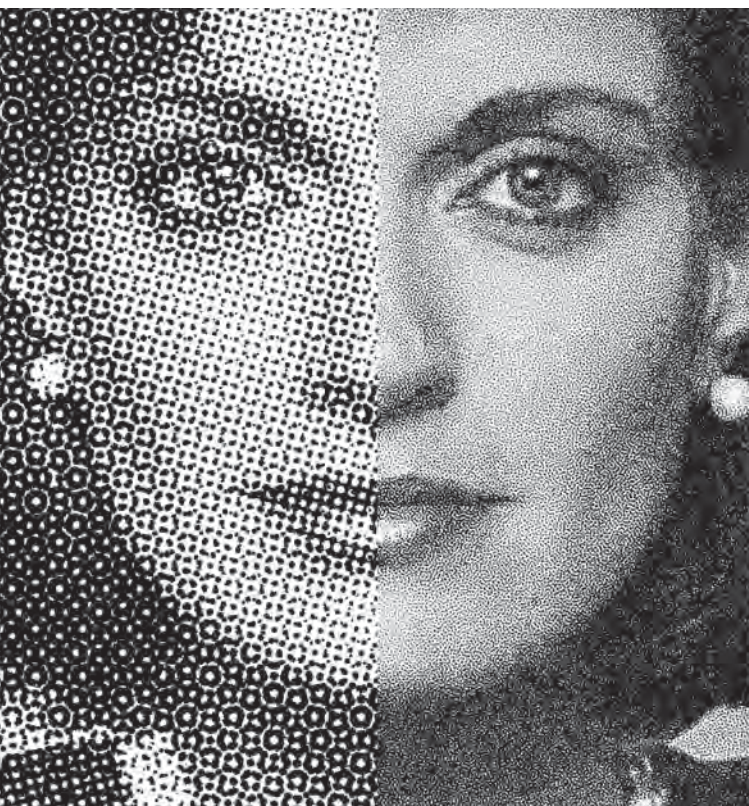


Slika 6.52 Nezasukan in zasukan rastrski kvadrat na naslovni mreži

- Za reprodukcijo slike z amplitudnim rastriranjem moramo določiti (izbrati) linijaturo in obliko rastra ter naslovno ločljivost upodobitvene naprave. Slednjo določajo njene sposobnosti; biti pa mora dovolj visoka, da se izbrana amplitudna struktura upodobi brez tonskih preskokov in z želeno obliko rastrskih pik. Vse to določa formula na začetku poglavja.

Frekvenčno rastriranje (FM – frequency modulation)

Tudi pri frekvenčnem rastriranju so elementarne rastrske točke znotraj rastrskih kvadratov, le da niso na kupu, marveč razkropljene po površini. Glede na ton, ki ga upo-

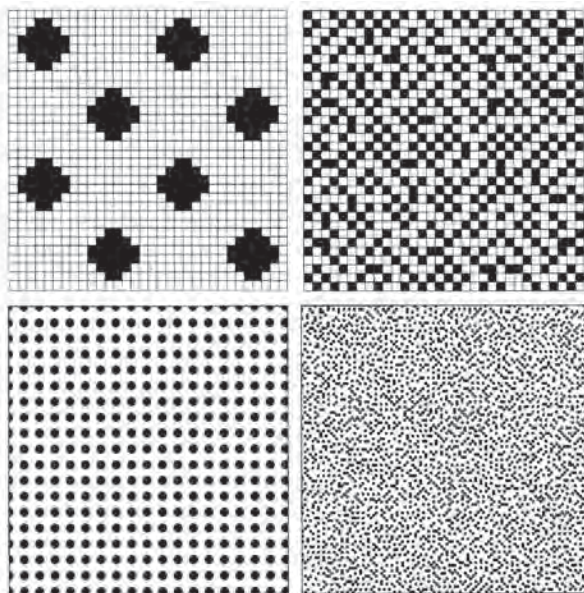


dabljujejo, so bolj ali manj oddaljene. S tem se večja njihova pogostnost oz. frekvenca; glede na lokacijo rastrskega kvadrata v sliki, pa niso vedno enako, pač pa vedno drugače razporejene. Če se njihova razporeditev spreminja naključno, govorimo o stohastičnem (naključnem) rastriranju; slika 6.53. Poleg stohastičnega so še številne druge metode frekvenčnega rastriranja.

Slika 6.53 Primerjava amplitudnega in frekvenčnega rastriranja z naključno razporejenimi (elementarnimi) rastrskimi točkami; slikovna primera kažeta, da frekvenčno rastrirana reprodukcija bolje upodablja podrobnosti.

- Frekvenčno rastriranje se na anglo-ameriškem govornem področju pogosto imenuje *dithering*, frekvenčne rastrske strukture pa *dither pattern* namesto *frequency screen* oz. *frequency halftone*. Po definiciji je *dithering* proizvodnja strukturiranih (vzorčastih) potiskanih in nepotiskanih površin, ki se vizualno integrirajo v želeno tonsko vrednost. To je splošni izraz za upodabljanje tonov z iluzijami. Rastriranje v grafični dejavnosti (*halftoning*, *halftone dither*) je torej samo ena od njegovih pojavnih oblik. Slovenska »strokovna« literatura prevaja ta izraz kot zamegljevanje, glajenje, vzorčenje, celo stresanje barv ipd.
- Amplitudno rastriranje oponaša analogno (fotomehanično) oblikovane rastrske pike, ki so vedno na istem mestu, rastrske tone pa upodablja s spreminjanjem velikosti. Zato imajo rastrske pike več ali manj (elementarnih) rastrskih točk. Amplitudne rastrske strukture sodijo v skupino *periodičnih rastrskih struktur*.
- Frekvenčno rastriranje upodablja tone s številom (elementarnih) rastrskih točk, ki se jim lokacija v rastrskem kvadratu nenehno spreminja. Zato sodijo v skupino *neperiodičnih rastrskih struktur*. Zasnovane so tako, da oponašajo (simulirajo) klasično fotografsko sliko, ki jo tvorijo naključno razporejena zrnca elementarnega srebra. Ta se v fotografski sliki ne zgoščajo zgolj glede na svetlost tona, marveč tudi oziraje se na risbo motiva. Frekvenčna rastrska struktura zato upodablja tone z gostoto naključno razporejenih rastrskih točk, ki pa svojo lokacijo prilagajajo tudi slikovni vsebini motiva.

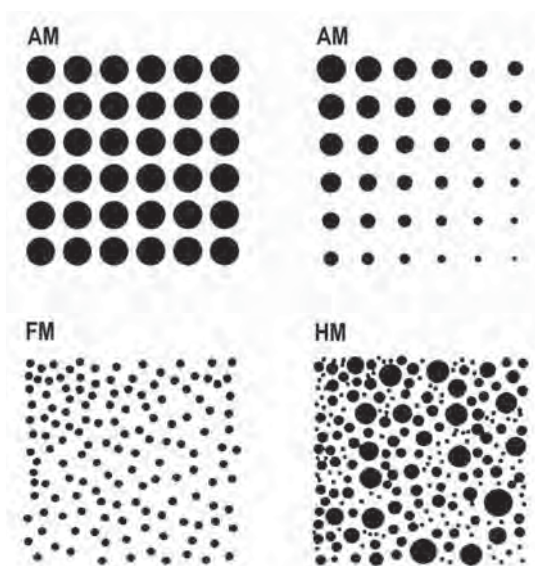
Slika 6.54 Pri amplitudnem rastriranju združujemo (elementarne) rastrske točke (angl. dots) v rastrske pike, zato tudi točke, se periodično pojavljajo vedno na istih mestih. Struktura upodobi le toliko tonov, kolikor rastrskih točk je lahko v enem rastrskem kvadratu. Čim več je točk v rastrski piki, temnejša je in temnejši je ton. Pri frekvenčnem rastriranju razporejamo rastrske točke glede na svetlost in detajle v sliki. To pomeni, da za upodabljanje istega tona sicer potrebujemo vedno isto število točk, razporejene pa so vedno drugače, naključno ali tako, da kar najbolje upodobijo geometrijsko strukturo motiva. Tudi tokrat lahko upodobimo samo toliko različnih tonov, kolikor rastrskih točk je v rastrskem kvadratu.



Hibridno rastriranje

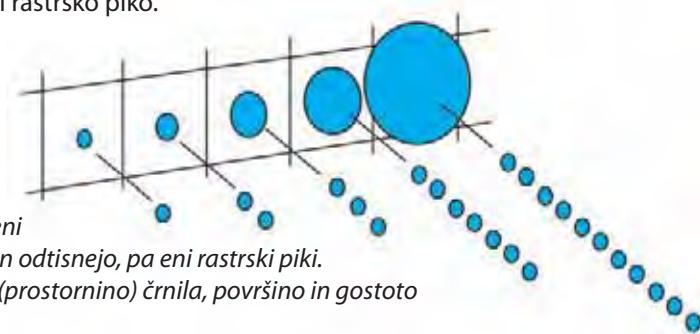
Pri tovrstnem rastriranju se glede na slikovno vsebino motiva za upodabljanje prelivajočih se tonov uporablja amplitudno rastriranje, za upodabljanje podrobnosti in najsvetlejših tonov pa frekvenčno; slika 6.55.

Slika 6.55 Amplitudno (AM), frekvenčno (FM) in hibridno (HM) modulirane rastrske strukture; pri hibridni gre za kombinacijo amplitudnega in frekvenčnega moduliranja.



Kot hibridno rastriranje lahko štejeemo tudi upodabljanje v kapljičnem ali termosublimacijskem tisku, pri katerem se ne odtisne zgolj temnejša, ampak tudi večja točka. Sorazmerno s tonsko vrednostjo se spreminjata obarvanje in velikost. Če bi se spreminjalo samo obarvanje elementarnih točk, bi lahko govorili o *tonskem moduliranju* rastrske strukture, vendar je to skoraj nemogoče doseči. Tudi zato, ker je tonsko moduliranje omejeno na le nekaj tonskih vrednosti. Kombinacija frekvenčnega in tonskega moduliranja rastrske strukture vseeno zagotavlja izjemno upodabljanje barv in podrobnosti; slika 6.58.

V kapljičnem tisku lahko torej s prostornino kapljice, tj. s količino črnila, moduliramo obarvanje upodobljene (natisnjene) rastrske točke. Eni pripada več tonskih vrednosti, zaradi razlivanja pa se navadno spreminja oboje: njeno obarvanje in velikost. Ob tem lahko moduliramo še gostoto elementarnih točk, tako da se odtisnjene kapljice črnila pri temnejših tonih tudi prekrivajo. Pri nekaterih postopkih se kapljice združijo že med »letom«, in na tiskovni material se odtisne ena sama, večja rastrska pika določenega obarvanja. To dosežemo s signali zelo visoke frekvence, da si kapljice sledijo v »prekratkih« časovnih presledkih; slika 6.56. Tako upodobimo do 33 različnih tonov. Več elementarnih točk z zbiranjem tvori rastrsko piko.



Slika 6.56 Hibridno rastriranje v kapljičnem tisku z združevanjem kapljic. Ena kapljica ustreza eni naslovni točki; ko se združijo in odtisnejo, pa eni rastrski piki. Toni se modulirajo s količino (prostornino) črnila, površino in gostoto odtisnjenih rastrskih pik.

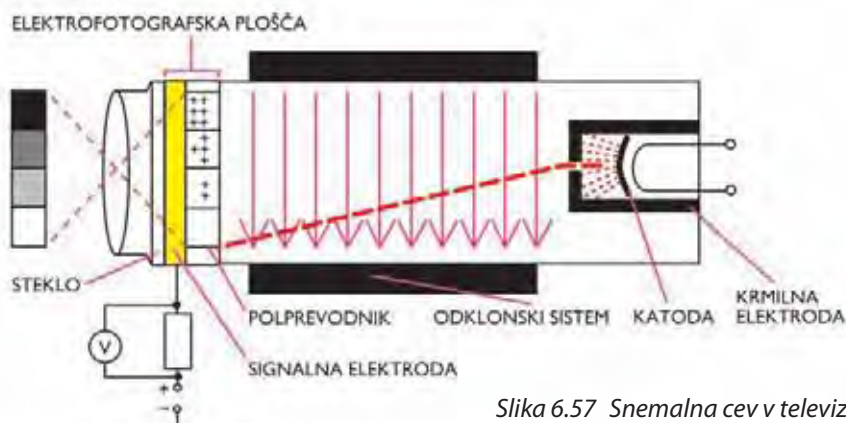
V resnici elementarne točke nikoli niso upodobljene v velikosti, ki jo določa naslovna ločljivost (naslovna mreža), pač pa se na tiskovnem materialu ali kakšnem drugem mediju povečajo. Upodobljene določajo tiskovno ločljivost, s katero smo se že srečali in ki je prav zato vedno manjša od naslovne. Razlikovati moramo torej rastrske pike, (elementarne) rastrske točke in naslovne točke.

- Rastrska pika je temeljna sestavina enotonskih (črno-belih) slik, s katerimi upodabljam navidezne tone; to je majhno kvadratno, okroglo, eliptično, blazinasto mesto slike, ki ima drugačno barvo kot nepotiskana površina. Rastrske pike so analogne ali digitalne. Analogne nastanejo pri fotomehaničnem, amplitudne pa pri digitalnem rastriranju, kjer rastrsko piko tvori več še manjših (elementarnih) rastrskih točk.
- Rastrska (elementarna) točka je najmanjša točka, ki jo izhodna naprava še lahko fizično upodobi (angl. *spot, dot, print dot, mark, device pixel*). Tiskalnik ločljivosti 300 dpi naj bi imel rastrsko točko s stranico 0,08 milimetra, tisti ločljivosti 600 dpi pa s stranico 0,04 milimetra. Ti podatki veljajo za naslovno ločljivost tiskalnika, natisnjene rastrske točke pa so geometrijsko večje od teh dimenzij.
- Naslovna točka je najmanjši logični element, ki ga procesni računalnik na karirasti mreži še lahko naslovi in natisne. Eni naslovni točki ustreza ena, praviloma geometrijsko večja rastrska točka. Naslovne točke se lahko sestavijo v poljubno rastrsko strukturo. Angleški izrazi so *addressable point, printed element* (PEL).
- Število naslovnih točk na dolžinsko enoto (dpc/dpi) določa naslovno ločljivost, geometrija (povečanje) rastrskih točk pa tiskovno ločljivost (meri se z linijskimi pari, ki jih naprava še lahko upodobi na dolžinsko enoto). Število rastrskih pik na dolžinsko enoto določa linijatura oz. gostota rastra (lpc/lpi).
- Razmerje med naslovno ločljivostjo in linijaturo rastra določa natančnost upodobitev. Ta dva dejavnika določata tudi tonski obseg oz. število tonov, ki jih je mogoče reproducirati. Linijatura rastra se ne ravna samo po naslovni ločljivosti, marveč še zlasti po vrsti tiskarske tehnike in papirja. Časopisi so običajno natisnjeni z rastrji 34 ali 40 lpc. Časopisni papir ima namreč veliko vpojnost, hitrost tiska pa je zelo velika. Višji raster bi papir prebarval, slike bi bile zapackane. Barvna revija na premazanem papirju se navadno tiska z rastrji 60 do 70 lpc, umetniška dela pa z 80 lpc. Pri redkejših rastrih bi bile slike videti pregrobo in premalo podrobne. Izbrana linijatura rastra določa geometrično velikost rastrske pike, s tem pa tudi velikost (elementarnih) rastrskih točk, ki jo sestavljajo. Razmerje med naslovno ločljivostjo in linijaturo rastra določa tonski obseg, to je število tonov, ki jih je mogoče natisniti. Čim gostejši je raster, tem manjše morajo biti (elementarne) rastrske točke, zato je pri stalni ločljivosti na voljo manj naslovnih točk, kar zmanjša tonski obseg. Za dobro reprodukcijo morajo točke vsake rastrske pike upodobiti najmanj 256 tonov. To pomeni, da eno rastrsko piko tvori od 0 do 255 rastrskih točk, po 16 na stranico rastrskega kvadrata.

6.4 Televizijska tehnologija

6.4.1 Analogna televizija

Slika oziroma reprodukcija na zaslonu televizijskega sprejemnika nastane s pomočjo naprave za snemanje in pretvarjanje optične slike, tj. tonskih vrednosti originalnega motiva v časovno razporejene električne signale. Razvili so več vrst takih snemalnih cevi; imenujejo se ikonoskopi. Vgrajeni so v televizijskih kamerah in imajo glede na proizvajalca in način delovanja različna imena: ortikon, vidikon, plumbikon, ledikon, vistakon in podobno. Splošno shemo in načela, kako delujejo snemalne cevi, ponazarja slika 6.57.



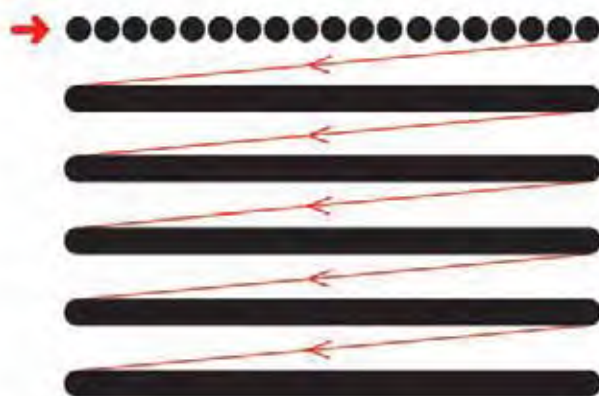
Slika 6.57 Snemalna cev v televizijski kameri.

V snemalni cevi je zaslon, nič drugega kot posebna oblika elektrofotografske plošče z razmerjem stranic 4 : 3. Sestavljen je iz steklene osnove, na katero je nanesa zelo tenka, prozorna plast kovine, nanjo pa še plast polprevodnika (fotoprevodnika). Kovinski sloj je **signalna elektroda**, polprevodniki so izdelani različno, debeli pa so do 20 mikrometrov.

Elektrofotografski zaslon v snemalni cevi preletava elektronski žarek iz elektronskega topa. Pri tem odčita 833 točk v 625 vrstah, skupaj približno 520.000 slikovnih točk. Vsako vrsto odčita od leve proti desni, hitro preskoči na vrsto niže in znova sorazmerno počasi odčita vse točke; slika 6.58. Ko žarek odčita vseh 625 vrst, se vrne na začetek prve vrste. Vse to mora opraviti v 0,04 sekunde, da preskoki niso vidni in da se zagotovi slikovna menjava 25 slik v sekundi. Slikovna menjava se izraža kot slikovna frekvenca (*Frame Rate*) v hercih Hz. Glede na tehnično izvedbo se tako kot število odčitanih vrstic v različnih deželah razlikuje; obravnavamo samo evropsko televizijsko tehnologijo.

Pri odčitavanju neosvetljenega elektrofotografskega zaslona pride do izenačenja potencialov (nabojev, elektronsko ravnovesje) med polprevodnikom in katodo, ki seva elektrone. Potencial je izenačen tako dolgo, dokler elektronski top ne preneha oddajati elektronov ali dokler kakšen zunanji dejavnik ne poruši ravnovesja.

- Potencial določene točke ali predmeta je napetost med to točko in neskončno oddaljeno točko. V praksi je potencial napetost med izbrano točko in zemljo, ki ima potencial 0.
- Potencial je lahko pozitiven ali negativen. Napetost med dvema točkama je enaka razliki njunih potencialov. Med dvema točkama z enakima potencialoma ni napetosti; med njima torej ne teče električni tok.



Slika 6.58 Shema skeniranja v snemalni cevi. Elektronski žarek v 0,04 sekunde odčita 520.000 zaslonskih točk (angl. screen dots); temu ustreza slikovna frekvenca 25 Hz.

Zaradi izenačenih potencialov se polprevodnik nabije: na strani, ki je obrnjena proti katodi, je koncentracija negativnih, na nasprotni strani pa pozitivnih nabojev. V sloju polprevodnika se pojavi napetost in naboj začne odtekat proti signalni elektrodi. Ker polprevodniki v temi slabo prevajajo električni tok, naboj odteka počasi, kar pomeni, da teče skozi signalno elektrodo šibak električni tok; to je **tok zatemnitve**. Zaradi njega napetost med polprevodnikom in katodo raste in potenciala nista več izenačena. Ko elektronski curek drugič odčita zaslonsko točko, ji odda nove elektrone, potenciala pa se znova uravnovesita. Ker so vse točke v temi, odda vsem enako število elektronov, vsi električni signali so enaki; na signalni elektrodi odčitamo vedno enako napetost (slika 6.57).

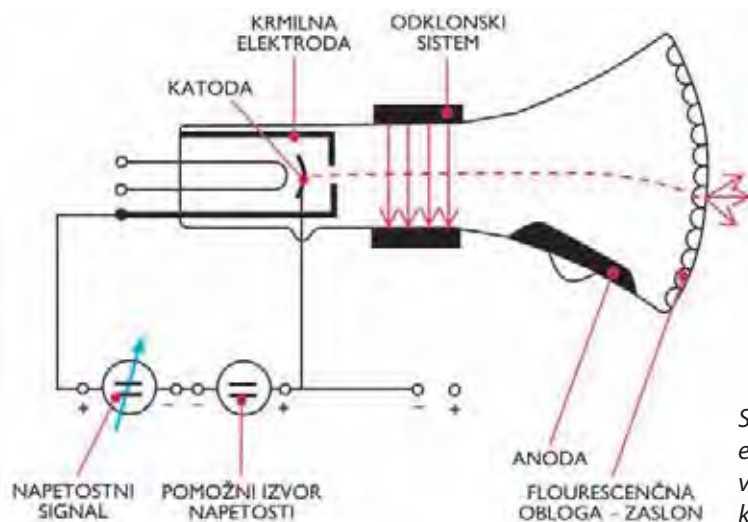
Na elektrofotografski zaslon projicirana slika različnih tonskih vrednosti poveča prevodnost polprevodnika sorazmerno z osvetljenostjo: na mestih, ki ustrezajo svetlim tonom bolj, na tistih, ki ustrezajo temnim, pa manj. Z različnih mest elektrofotografskega zaslona odtečejo različni naboji, elektronski žarek pa odda bolj osvetljenim slikovnim točkam več, manj osvetljenim pa manj elektronov, da bi bil potencial celotnega zaslona enak in izenačen s potencialom katode. Kot rečeno, elektronski žarek vsako zaslonsko točko odčita na 0,04 sekunde. Najprej jo nabije, v naslednjem trenutku pa naboj sorazmerno z osvetlitvijo odteče po signalni elektrodi. Tako dobimo signale v obliki različnih jakosti električnega toka, na sponkah upora pa merimo različne napetosti. Svetle dele optične slike na elektrofotografskem zaslonu simulirajo signali visoke, temne dele pa signali nizke napetosti. Napetostni signali simulirajo svetlost v tisti točki, ki jo je odčital elektronski žarek. Uporabljamo jih za moduliranje nosilnega elektromagnetnega valovanja. Modulirano elektromagnetno valovanje potuje v televizijski sprejemnik (glej sliki 1.19 in 1.20).

- S pomočjo elektrofotografske plošče in elektronskega žarka točke optične zaslonske slike drugo za drugo spreminjamo v ustrezne tokovne in napetostne spremembe.

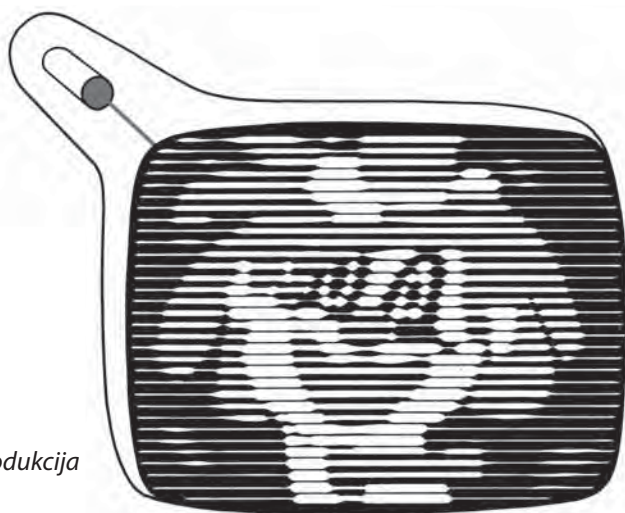
- Napetostne spremembe so sorazmerne s svetlostjo optične slike oziroma s tonskimi vrednostmi na odčitanih mestih. Svetlim delom ustrezajo visoki, temnim pa nizki napetostni signali.
- Pri skeniranju se točke nabijajo in praznijo druga za drugo. Takoj ko žarek nabije slikovno točko, jo projicirana slika tudi izprazni.
- Napetostne spremembe, ki simulirajo tonske vrednosti, so odvisne tudi od občutljivosti elektrofotografskega zaslona. To pomeni, da mora ta zaznavati svetlost pisanih barv prav tako kot človeško oko. Ta pogoj je zgolj **zadovoljivo** izpolnjen le pri najpopolnejših snemalnih ceveh.

Napetostne signale, ki simulirajo barvne učinke ali tonske vrednosti motiva, televizijski sprejemnik demodulira in privede do katodne cevi CRT (*Cathode Ray Tube*). Ker služi za nastanek vidne slike, to je reprodukcije, ji pravimo **slikovna cev** ali *kineskop*. Napetostni signali delujejo na **krmilno elektrodo** okoli katode v elektronskem topu. Krmilna elektroda ima v sredini luknjico, skozi katero izhajajo elektroni. Glede na katodo ima negativni potencial, zato je priključena na negativni pol pomožnega izvora napetosti (glej sliko 6.59). Večji ko je negativni potencial krmilne elektrode, manj elektronov gre skozi luknjico in nasprotno. Do tega pride zato, ker se istoimenski naboji odbijajo, pomeni pa, da lahko z velikostjo negativnega potenciala (naboja) uravnavamo jakost elektronskega žarka. V tokokrog zvežemo torej še en izvor napetosti, v našem primeru napetostne signale, ki simulirajo tonske vrednosti odčitanih slikovnih točk. Izvor napetostnih signalov je zvezan tako, da je krmilna elektroda pozitivna. Če napetostnega signala ni, vlada med katodo in krmilno elektrodo negativni potencial, ki ga določa pomožni izvor napetosti. Ta je tako visok, da elektronski žarek sploh ne izhaja. Ko se na sponkah pojavi napetostni signal s pozitivnim potencialom, se negativni potencial krmilne elektrode zmanjša, skozi luknjico pa steče elektronski žarek določene jakosti. Višji ko je potencial signala, bolj se zmanjša negativni potencial krmilne elektrode in močnejši elektronski žarek izhaja.

Na koncu cevi elektronski žarek udari v flourescenčni zaslon, ta pa v tisti zasloni točki zasveti sorazmerno z njegovo jakostjo. Giblje se tako kot žarek v snemalni cevi: medtem ko prvi določeno točko odčituje, jo drugi reproducira na flourescenčni zaslon. Zaradi vztrajnosti zaznavanja (persistenca očesa, glej 3.4.) nastane na zaslonu slikovne cevi reprodukcija optične slike, ki jo odčituje elektronski žarek v snemalni cevi. Posamezne tonske vrednosti tokrat simulirajo različno svetle točke flourescenčnega zaslona: svetlejšim tonom ustrezajo bolj, temnejšim pa manj svetle točke. Ker so točke, ki jih odčituje oziroma »riše« elektronski žarek, tesno druga poleg druge, nastane vtis, kot da je reprodukcija na zaslonu sestavljena iz svetlih (belih) črt, katerim se spreminja debelina; pri tankih zaznamo temne tone, pri debelih pa svetle; slika 6.60.



Slika 6.59 Krmiljenje elektronskega žarka v katodni oziroma slikovni cevi.



Slika 6.60 Televizijska reprodukcija večtonske predloge.

- Pri televizijski tehnologiji simulirajo tonske vrednosti predloge električni signali, reprodukcija pa nastane šele, ko se v obliki različno svetlih točk upodobijo na flourescenčnem zaslonu slikovne cevi.
- Preden spremenimo električne signale v vidno sliko – reprodukcijo, jih lahko na različne načine moduliramo, da bi bila reprodukcija čim bolj objektivna; končni vizualni učinek z nastavljanjem upodobitve na slikovni cevi si lahko prilagodi vsakdo sam. Vseeno pa reprodukcija ne more biti dovolj objektivna, če elektrofotografski zaslon v snemalni cevi svetlosti barv ne zaznava tako kot človeško oko. Snemalne cevi sprva niso ločile svetlosti rdečih in modrih barv. Športniki so zato morali paziti na barvo dresov, da bi tudi gledalci pred črno-belimi televizijskimi sprejemniki razlikovali moštvi na igrišču.
- Pri televiziji se vsaka zaslonska točka upodobi (osveži) 25-krat na sekundo, in prav tolikokrat se zamenja celotna slika. Ker svetlost točk sčasoma upada, pride do utripanja slike. Utripanje se opazi kljub gibljivim slikam, še bolj moteče

pa je pri upodabljanju mirujočih. Zadrego so rešili tako, da elektronski žarek z nespremenjeno frekvenco najprej upodobi vsako prvo, pri drugem preletu zaslona pa še vsako drugo vrstico. Ker je vrstic pol manj, se »polovične« slike upodobijo še enkrat hitreje, 50-krat na sekundo. Utripanje izgine, slikovna menjava celih slik pa je še vedno 25 Hz. Menjava polovičnih slik se imenuje *prepletena menjava (interlaced)*, menjava celih pa *neprepletena (non-interlaced)*. Paziti moramo, na katero menjavo se nanašajo tehnični podatki o slikovni frekvenci določene televizijske tehnologije.

- Utripanje slik ni edina omejitev televizije. Razlikovati moramo še različne ločljivosti. Ločljivost 625 vrst po 833 točk je snemalna ali *pasivna zaslonska ločljivost*. Zaradi časovnih zakasnitev pri preskakovanju elektronskega žarka z ene vrstice na drugo, s konca na začetek zaslona se na njem lahko upodobi manj vrstic in manj točk: 575 vrstic po 767 točk, skupaj 441.000 zaslonskih točk. To je *aktivna zaslonska ločljivost*. Razen snemalne in zaslonske ločljivosti poznamo še *upodobitveno* in *reprodukcijsko ločljivost* televizijske slike; glej poglavje 6.5 Ločljivost.
- Pri enobarvni televiziji zaslonska ločljivost ustreza snemalni, vsaka zaslonska točka eni posneti točki, obema pa ustrezen, moduliran električni signal. Pomensko gre v vseh treh oblikah za isti slikovni element – piksel.
- Obseg tonov (*tonski obseg*), ki jih lahko upodobi vsak od pikslov na televizijskem zaslonu, ni velik. Zaradi nizke slikovne in osveževalne frekvence in s tem povezanega utripanja ni večji kot 50 tonov.

6.4.2 Monitorji

Namesto snemalne cevi lahko za izvor napetostnih signalov uporabimo kar digitalne podatke iz računalnika. Digitalno-analogni pretvornik spreminja tonske vrednosti pikslov v analogne napetostne signale, ki nato modulirajo elektronske žarke in jih upodobijo na zaslonu.

Monitor je naprava za prikazovanje digitalnih podatkov, poenostavljeno rečeno slikovni zaslon (prikazovalni zaslon, prikazovalnik – *display screen*) z ohišjem in elektronskimi komponentami. Razdeljeni so v tri večje kategorije:

- ✓ enotonski monitorji, ki lahko upodobijo samo črno ali belo barvo,
- ✓ enobarvni monitorji, ki lahko upodobijo lestvico tonov oziroma sivih barv
- ✓ in barvni monitorji, ki lahko upodobijo do 16,7 milijona barvnih učinkov.

S tehničnega vidika se monitor razlikuje od televizijskega sprejemnika po tem, da nima nikakršnih elektronskih komponent, ki bi omogočale sprejem televizijskih signalov, denimo kanalnikov, pretvornikov, pomnilnikov in podobnega; brez računalniške podpore preprosto ne delujejo. Glede na delovanje se delijo v katodne monitorje CRT (*Cathode Ray Tube*) – do nedavna so bili najbolj razširjeni – vse bolj pa jih spodrivajo plazma PDP in monitorji s tekočimi kristali LCD (*Liquid Cristal Display*). To so praviloma barvni monitorji, zato jih podrobneje opisuje poglavje 7.2.2 Monitorji s trikromatski slikovnimi zasloni. Enako velja tudi za televizijske sprejemnike.

Delovanje enobarvnega katodnega monitorja CRT je načeloma enako kot delovanje klasičnega televizijskega sprejemnika, vsi drugi pa so že od začetka namenjeni za barvno (trikromatsko) reprodukcijo, zato jih opisuje poglavje 7.2.

Format monitorja določa diagonala njegovega zaslona, običajno v palcih; standardne mere so 13, 15, 17, 19, 20 in 21, 22 palcev (1 palec meri 2,54 centimetra).

Kakovost upodobitev določa največja naslovna oz. zaslonska ločljivost (*addressable resolution*) v slikovnih elementih – piksljih; glede na format monitorji upodabljajo od 800×600 do 2048×1536 pikslov, vsekakor pa je odločilna ločljivost v številu pikslov na dolžinsko enoto. Na zaslonu monitorja se ne upodabljajo niti rastrske pike niti točke, marveč neposredno piksli (slikovni elementi). Število pikslov, ki jih lahko naprava prikaže, je odvisna od razdalje med zaslonskimi točkami (*pitch*) in zmogljivosti računalnika (spomin).

Pomembna značilnost monitorja je osveževalna frekvenca (*refresh rate*). Če je frekvenca, s katero elektronski žarek osvežuje sliko na zaslonu prenizka, slika utripa. Pri televiziji je minimum 50 Hz (prepletene polovične slike), kar zaradi gibajočih se slik zadostuje; pri monitorjih je to odločno premalo, kajti na zaslonu opazujemo mirujoče slike. Osveževanje slike s frekvenco 70 Hz je minimum, zaželeno pa 80 ali 90 Hz. Najsodobnejši monitorji podpirajo osveževanje s 120 Hz.

- Utripanje slike na zaslonu monitorja je posledica prenizke osveževalne frekvence (*refresh rate*); najbolj opazno je pri svetlih podobah, lahko pa je tudi posledica utripanja flourescenčnih svetilk v prostoru. Osveževalna frekvenca pove, kako hitro elektronski žarek upodablja zaslonske točke.
- Osveževalne frekvence ne smemo zamenjevati s slikovno frekvenco (*frame rate*), ki pove, kako hitro se spreminja slika na zaslonu. Pri televiziji sta ti dve frekvenci enaki, pri upodabljanju na monitorjih pa je osveževalna frekvenca bistveno večja kot slikovna: medtem ko žarek vsako zaslonsko točko upodobi, denimo 75-krat na sekundo, se slika zamenja 25-krat na sekundo. To pomeni, da računalnik trikrat odčita iste podatke v dinamičnem spominu grafične kartice; nato se zamenjajo z novimi, ki jih spet trikrat upodobi na zaslonu itn.

Simuliranje tonov in gama

Vsak slikovni element (piksel) ima tonski obseg in enak tonski obseg lahko upodobi vsaka zaslonska točka na zaslonu monitorja: če ima digitalna slika format 1200×1600 pikslov in jih prav toliko lahko upodobi monitor, se preslikajo neposredno iz dinamičnega spomina; če je tonska vrednost kakšnega od teh pikslov 128, na zaslonu zasveti s polovično močjo. Če ni tako, napako odpravi korekcija signalov z gamo.

Gama je vrednost, ki digitalne tonske vrednosti pikslov povezuje z jakostjo elektronskih žarkov oz. svetilnostjo zaslonskih točk pri definirani tonski vrednosti. Izraža se v obliki eksponenta:

$$R' = R^{(1/1,8)}$$

R' je jakost elektronskega žarka; R je digitalni ton (od 0 do 255); 1,8 je gama. Gama je vsekakor produkt dveh ločenih komponent: monitorja in grafične kartice, tj. barvnih tablic v vmesnem pomnilniku računalnika. Te so navadno glavni vir odstopanj, medtem ko so game monitorjev razmeroma izenačene. Monitorji so analogne naprave, zato se toni, ki jih lahko prikažejo, zvezno spreminjajo med minimalno in maksimalno vrednostjo. Zadrege povzročajo zlasti omejitve grafičnih kartic in gonilnikov, ki digitalne signale pretvarjajo nazaj v analogne. Dobra grafična kartica izkoristi vse dobre lastnosti monitorja, pospeši obnavljanje (osveževanje) slike in omogoča natančno upodabljanje tonov.

- O tem, kako se digitalne vrednosti iz spomina »preslikajo« na zaslon, razen game določata tudi nastavljena svetlost in kontrast monitorja (angl. *gain, offset*).
- Tonski obseg monitorja mora biti najmanj 8-bitni (256 tonov), zato je v spominu na voljo najmanj 1 byte za vsako zaslonsko točko.

6.5 Ločljivost

Tako kot barva ima tudi pojem ločljivost (angleško resolution) različne pomene. Medtem ko je barvni pojmovnik razmeroma urejen, je v zvezi z ločljivostjo popolna zmeda: v fotografiji pomeni sposobnost objektivna, filma, snemalnega vezja pri prepoznavanju in upodabljanju podrobnosti; podobno je s človeškim očesom.

Ločljivost je merilo za jasnost, ostrino in podrobnosti, ki jih vidimo, ki jih lahko posname analogna ali digitalna fotografija. Manjše detajle ko sestav prepozna, višja je njegova ločljivost. Kakovost točkovnega upodabljanja in reproduciranja slik je v tesni soodvisnosti z ločilnimi sposobnostmi tehnike in tehnologije. Ni vseeno, koliko slikovnih elementov zmore posneti digitalna kamera, še manj koliko rastrskih točk sestavlja rastrsko piko, niti ne koliko zaslonskih točk ima monitor.

Izrazov snemalna in slikovna ločljivost, ki ju ne smemo zamenjevati, se spominjamo iz prejšnjega poglavja. Pri upodabljanju slik s fotokopiranjem ali digitalnim kopiranjem pa prvič naletimo na pojem upodobitvena ločljivost. V zvezi z ločljivostjo je v svetu digitalne reprodukcije kopica zadreg; po eni strani zato, ker v literaturi ni dovolj natančno in konsistentno definirana, po drugi, ker smo površni in vse mečemo v isti koš. Da bi se izognili zmedi, v tem gradivu razlikujemo več vrst ločljivosti: optično, snemalno, slikovno, naslovno, zaslonsko, upodobitveno, reprodukcijsko, tiskovno.

6.5.1 Optična ločljivost

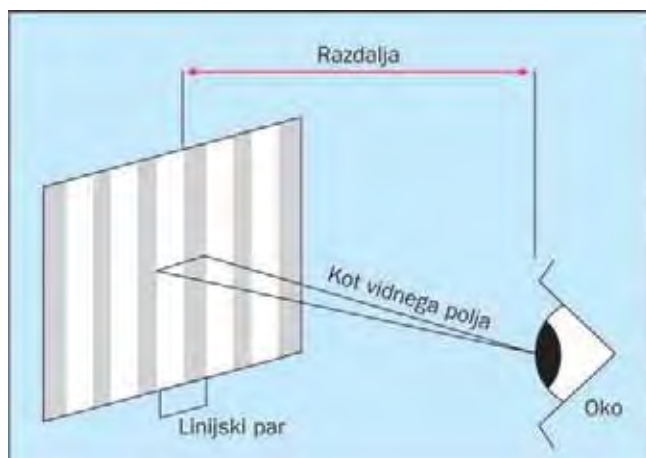
Optično ločljivost poznamo pri človeškem očesu, objektivih, fotomaterialih, snemalnih vezjih, fotografskih in televizijskih kamerah, skenerjih, na splošno pri vseh napravah za snemanje motiva.

Optična ločljivost je sposobnost naprave, da prenaša podrobnosti z motiva na sliko in se izraža s številom še vidnih linijskih parov na centimeter oz. milimeter.

Optična ločljivost očesa

Optično ločljivost (*resolving power, spatial resolution*) očesa določa razdalja med barvnimi receptorji na mrežnici. S tem v zvezi je kot vidnega polja (*viewing angle*) pri katerem oko še ločuje dve vzporedni liniji motiva; slika 6.61. Normalna opazovalna razdalja (opazovanje knjig, revij, fotografij idr.) je okoli 40 centimetrov in ločljivost pri tem je približno 29 linijskih parov na centimeter (debelina linij je 0,175 milimetra, finejših pa oko pri tej razdalji nič več ne ločuje).

- Večja ko je opazovalna razdalja, manjši je kot vidnega polja in manjša je ločljivost očesa.
- Večji je barvni kontrast med linijskimi pari, večja je ločljivost. Ločljivost enobarvnih linijskih struktur (temne linije cian, magenta, rumene, rdeče, zelene, modre ... barve) je nižja, najnižja pa je ločljivost dvobarvnih struktur v območju rdeče-zeleno, modro-rumeno.



Slika 6.61 Definicija optične ločljivosti človeškega očesa.

Optična ločljivost očesa je zelo pogojena z opazovalnimi razmerami in barvnim kontrastom med svetlimi in temnimi linijami. Literatura navaja, da oko lahko pri dobri razsvetljavi registrira do 40 linijskih parov na centimeter in veliko podrobnosti brez povečave: od 1 do 5 mikrometrov (0,001 do 0,005 milimetra), npr. sledi na optični plošči CD ali zelo majhne smeti.

Optična ločljivost analogne fotografije

Optična ločljivost objektiva je odvisna od njegovih napak, predvsem od (kromatične) aberacije, ki povzročata neostro (neostre krožce). Kakovostni analogni objektiv ločijo največ 400–500 linijskih parov na centimeter, to je 960–1200 po višini formata leica (24 milimetrov).

Pri fotomaterialih je ločljivost omejena z velikostjo fotografskega zrna in lomnim količnikom fotografske emulzije. Večje ko je zrno, manj linijskih parov se upodobi na centi-

meter. Nizko občutljivi črno-beli fotomateriali (ISO 25) posnamejo okoli 1000 linijskih parov na centimeter, srednje občutljivi (ISO 100) okoli 500, visoko občutljivi (ISO 400) pa samo okoli 250. Ekstremno ločljivi tehnični fotomateriali imajo optično ločljivost od 2500 do 5000 linijskih parov na centimeter, barvni diapozitivi, zgolj za primerjavo, 500, kar se ujema z optično ločljivostjo objektivov. V primerjavi s človeškim vidom so vse to izjemno visoke optične ločljivosti.

Optična ločljivost digitalne fotografije

Optična ločljivost digitalne fotografije je medsebojno odvisna z geometrično ločljivostjo snemalnega vezja in optično ločljivostjo objektivov. Ena največjih zmot je (bilo) prepričanje, da za digitalno fotografijo niso potrebni vrhunski objektiv, oziroma da so uporabni kar analogni.

Objektiv za digitalno kamero ne sme povzročati večje neostrine kot je razdalja (*pitch*) med središči dveh fotoelementov. Ta razdalja je glede na velikost vezja od 2 do 8 mikrometrov, kar pomeni, da analogni objektiv z neostrino 20 mikrometrov ne morejo biti primerni za digitalno fotografijo, še zlasti ne z visokoločljivimi slikovnimi vezji, ki imajo osem in več MPx. Optična ločljivost teh objektivov mora biti 600 linijskih parov in več na centimeter. Ravna se tudi po velikosti snemalnega vezja: manjše ko je in več ko je na njem fotoelementov, večja mora biti optična ločljivost objektivov.

Za optimalne rezultate mora biti optična ločljivost objektivov enaka ali višja kot optična ločljivost snemalnega vezja. Več ko ima fotoelementov in večji ko je format, višja je ločljivost. Sodobne digitalne kamere imajo 16 milijonov (4992×3328) in več fotoelementov na slikovnem vezju formata leica (36×24 mm); pomeni, da bi lahko ločevali 690 linijskih parov na centimeter, vendar je njihova optična ločljivost okoli 10 odstotkov manjša. Manjše ko je snemalno vezje, večja je razlika med njegovo geometrično in optično ločljivostjo.

6.5.2 Geometrična ločljivost (snemalnega vezja)

Geometrična ločljivost pove, koliko fotoelementov ima snemalno vezje. Izraža se s številom pikslov na dolžinsko enoto (ppc, ppi), v digitalni fotografiji najpogosteje kar s številom vseh fotoelementov na vezju, kot zmnožek fotoelementov na širino in višino naslovene mreže: $2592 \times 1944 = 5.038.848$, $3504 \times 2336 = 8.185.344$, $4288 \times 2848 = 12.212.224$. Enačenje fotoelementov s piksli (in nasprotno) je samo pogojno dopustno; en piksel lahko nastane s procesiranjem signalov, ki jih posname več fotoelementov. Pri črno-beli reprodukciji to določa predvsem snemalna ločljivost, pri trikromatski digitalni fotografiji pa je bolj pravilo kot izjema.

6.5.3 Snemalna ločljivost (digitalne kamere, tudi skenerja)

Snemalna ločljivost (angleško *scanning rate*, *sampling rate*) je ločljivost, s katero naprava (digitalna kamera, skener) snema motiv ali predlogo. Snemalna ločljivost je enaka ali manjša od geometrične. Izraža se s številom slikovnih elementov, ki naj jih naprava posname na dolžinsko enoto (ppc/ppi) ali s številom slikovnih elementov na širino in višino naslov-

ne mreže. Slikovni elementi digitalne slike (piksli) ustrezajo fotoelementom le tedaj, ko je snemalna ločljivost enaka geometrični, a tudi to ne v vseh primerih.

6.5.4 Slikovna ločljivost (ločljivost digitalne slike)

Slikovna ločljivost je število pikslov na dolžinsko enoto digitalne slike (ppc/ppi), še pogosteje na stranico naslovne mreže (npr. 3027×2304 Px). Slikovna ločljivost mora biti bistveno višja kot upodobitvena ločljivost, vendar dvakrat večja slikovna ločljivost štirikrat podaljša procesne čase in poveča spominski prostor. Kompromis med željeno upodobitveno in minimalno slikovno ločljivostjo zagotavlja upodobitveni faktor:

- ✓ pri amplitudnem moduliranju je slikovna ločljivost = $2 \times$ upodobitvena ločljivost (lpi) \times faktor povečave;
- ✓ pri frekvenčnem rastriranju in digitalnem osvetljevanju fotografij (fotografski tisk) zadostuje slikovna ločljivost 300 ppi \times faktor povečave;
- ✓ pri zaslonkih upodobitvah je slikovna ločljivost = $1 \times$ upodobitvena ločljivost \times faktor povečave.

Upodobitveni faktor določa, koliko slikovnih elementov (pikslov) se pretvori v en rastrski ton. Faktor 2 pri amplitudnem rastriranju tvori eno rastrsko piko iz štirih pikslov, pri zaslonkih upodobitvah pa vsakemu pikslu digitalne slike ustreza ena zaslonka točka. Ker vsaka lahko upodobi toliko tonov, kolikor jih na tistem mestu definira piksel, mu tu pomensko ustreza; 8-bitni piksel simulira 256 tonov in prav toliko jih teoretično upodobi zaslonka točka, če zasveti z eno od 256 jakosti.

6.5.5 Upodobitvena ločljivost

Upodobitvena ločljivost pove, koliko rastrskih pik, elementarnih rastrskih točk ali slikovnih elementov poljubna izhodna naprava teoretično upodobi na dolžinsko enoto. Pri amplitudno moduliranih reprodukcijah jo izražamo z linijaturo oziroma gostoto rastrskih pik (lpc/lpi), pri frekvenčno moduliranih z velikostjo rastrskih točk v mikrometrih in definirani naslovni ločljivosti, to je gostoti elementarnih rastrskih točk (dpc/dpi), pri zaslonkih pa z gostoto zaslonkih točk oziroma pikslov (ppc/ppi).

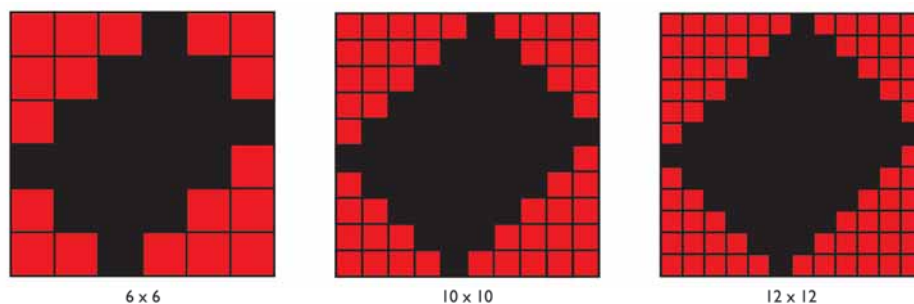
Upodobitvena ločljivost 60-linijskega rastra je 30 linijskih parov na centimeter, 40-linijskega 20, frekvenčnega rastra s 40-mikrometrsko rastrsko točko 125, z 20-mikrometrsko pa kar 250 linijskih parov na centimeter. Medtem ko za 60-linijski raster potrebujemo naslovno ločljivost najmanj 600 dpc (1524 dpi), za frekvenčnega z 20-mikrometrskimi točkami zadostuje 500 dpc (1270 dpi). Tako visokih ločljivosti seveda ne moremo doseči. O tem govori reprodukcijska ločljivost.

Nekaj posebnega je upodobitvena ločljivost televizijske slike. Njena pasivna zaslonka ločljivost je 625 vrstic \times 833 kolon, skupaj približno 520.000 pikslov. Zaradi tehničnih omejitev (preciznost) se na zaslonu razpoznavno upodobi samo od 64 do 70 od stotih vrstic, kar pove tako imenovan Kellov faktor (0,64 do 0,70). Upodobitvena ločljivost je potemtakem od 400 do 437 vrstic in pri zaslonkem razmerju stranic 4 : 3 od 533 do 583 kolon, to je od 213.200 do 254.771 pikslov.

6.5.6 Naslovna ločljivost

Naslovna ločljivost (*addressable resolution, addressability*) pove, koliko logičnih elementov lahko računalnik naslovi na mreži določene (izhodne) naprave, zato se pogosto imenuje izhodna ločljivost (*output resolution*). Določa jo število vrstic v smeri y in kolon v smeri x. Meri se s številom naslovnih točk na dolžinsko enoto dpc (*dots per cm*) ali dpi (*dots per inch*). Naslovna ločljivost tudi pove, koliko podatkov potrebuje naprava za delovanje in koliko točk bo v idealnem primeru upodobila na izhodu. V idealnem primeru zato, ker npr. tiskalnik pri ločljivosti 1200 dpi 2,54 centimetra dolgo črto resta sestavi iz prav toliko (elementarnih) rastrskih točk. Da bi bila črta neprekinjena, se morajo rastrske točke med seboj prekrivati, kar pomeni, dane more natisniti enako dolge točkaste črte s 600 črnimi točkami in 600 presledki, tj. 600 razpoznavnih točkovnih parov.

Vemo, da lahko z rastrskim kvadratom, tj. z eno rastrsko piko upodobimo samo toliko tonov, kolikor ima elementarnih rastrskih točk. Oko v lestvici med nepotiskanimi in polno potiskanimi površinami ne loči veliko več kot 100 tonov, zato rastrski kvadrat, v katerem je 100 rastrskih točk, zadostuje. S tem dosežemo tonski obseg 100 različnih tonov v stopnjah po odstotek. Pri 60-linijskem rastru temu ustreza naslovna ločljivost 600 dpc (1524 dpi). Če je naslovna ločljivost izhodne naprave omejena, denimo 240 dpc, lahko s 60-linijskim rastrom upodobimo samo štiri tone, 100 tonov pa s 24 linijskim rastrom. Vsekakor bodo rastrske pike lepše oblikovane in bolj natančno upodobljene, če zagotovimo višjo naslovno ločljivost, običajno tako, ki zagotavlja tonski obseg 256 tonov: 960 dpc oziroma 2438 dpi.



Slika 6.62 Na slikividimo, da za upodabljanje sprejemljive oblike rastrske pike potrebujemo matriko najmanj 10×10 rastrskih točk. To pomeni, da mora biti naslovna ločljivost vsaj 10-krat višja od zelene linijature rastra.

6.5.7 Reprodukcijska ločljivost

Reprodukcijska ločljivost pove, koliko razpoznavnih linijskih parov določena naprava (tiskalnik, televizor, monitor bodisi tiskarska tehnika) lahko upodobi na izbrano dolžinsko enoto ali površino. Reprodukcijska ločljivost je vedno manjša od upodobitvene, praviloma pa veliko večja od optične ločljivosti očesa. To je pravzaprav pogoj, da rastrske reprodukcije sploh ustvarijo iluzijo tonov.

Ker je upodobitvena ločljivost televizijske slike 400 do 437 vrstic, je njena reprodukcijska ločljivost zgolj okoli 210 linijskih parov na višino zaslona – velikega ali majhnega. Zato

mora biti opazovalna razdalja najmanj štirikratnik višine televizijskega zaslona. Vse navedeno velja za »neprepletene« (not interlaced) televizijske slike. Če so slike »prepletene« (*interlaced*), velja navedena reprodukcijska ločljivost za mirujoče slike, pri gibljivih pa se zmanjša na vsega 150 razpoznavnih linijskih parov (Kellov faktor je tu samo še 0,50).

6.5.8 Tiskovna ločljivost

Tiskovna ločljivost je posebna oblika reprodukcijske ločljivosti. Tiskovna ločljivost do- loča, koliko točkovnih oz. linijskih parov tiskarska tehnika v danih razmerah upodobi na dolžinsko enoto. Tiskovna ločljivost je praviloma precej manjša kot naslovna, le v idealnem primeru (teoretično) je lahko enaka, in sicer zato, ker geometrijska podoba natisnjene rastrske točke večinoma ne ustreza geometriji naslovne točke na mreži. Ta je praviloma kvadrat ali pravokotnik, rastrske točke pa so okrogle, eliptične, celo nepravil- nih oblik in se med seboj prekrivajo.

6.5.9 Zaslonska ločljivost

Zaslonska ločljivost pove, koliko zaslonskih točk lahko upodobi televizor ali monitor. Zaslonska ločljivost se izraža bodisi s številom zaslonskih točk na vsej površini zaslona (to je običajno pri televiziji) ali pa s številom zaslonskih točk na dolžinsko enoto, kar je v navadi pri monitorjih. Zaslonska ločljivost monitorja ustreza naslovni (izhodni) ločljivi- vosti naprave.

Pri televiziji je ločljivost ne glede na velikost zaslona vseskozi enaka in se ne spreminja. Pogojena je s tehnologijo televizijskega sistema, zato jo je izjemno težko spreminjati – izboljšati. Da razlikujemo med snemalno oz. pasivno in aktivno zaslonsko ločljivostjo, že vemo (glej 6.4.1 Analogna televizija).

Več ko je zaslonskih točk v naslovni mreži, bolj precizne so upodobitve. Točk s prostim očesom seveda ne moremo videti, zato se toni upodabljajo z optičnim mešanjem. Za- slonska ločljivost pove, koliko točk monitor lahko upodobi na dolžinsko enoto. Izraža se z dpc/dpi. Standardna zaslonska ločljivost je 72 dpi, boljše naprave jih dosežejo 100. Če je slikovna ločljivost večja, denimo 216 dpi, računalnik iz treh slikovnih pikslov tvori eno zaslonsko točko, da bi upodobil celotno sliko.

Izražanje zaslonske ločljivosti je nedosledno: v nekaterih virih navajajo enoti ppc/ppi, v drugih dpc/dpi, v tretjih kar oboje. Izražanje zaslonske ločljivosti s piksli (slikovnimi elementi digitalne slike) na dolžinsko enoto je v primeru enobarvne večtonske slike ko- rektno, v primeru barvne – trikromatske pa pogosto zavajajoče. Na barvnem zaslonu morajo namreč tri zaslonske točke upodobiti en slikovni element.

- Digitalna slika v spominu računalnika ima lahko večjo ali manjšo ločljivost od privzete zaslonske ločljivosti monitorja. Če je prva npr. 800×600 Px, druga pa 1024×768 Px, vidimo vso sliko v razmerju 1:1. Če je slikovna ločljivost večja, denimo 2400×1800 , se na zaslonu upodobi le del, približno polovica slike. Da bi videli celo, jo moramo programsko pomanjšati; pri tem aplikacija s svojo slikovno statistiko združi tonske vrednosti pikslov in jih preslika na eno zaslonsko točko. V tem primeru zaslonska točka pomensko ne ustreza več pikslu.

- Če digitalno sliko glede na zaslonsko ločljivost preveč (zelo) povečamo, pa aplikacija tonsko vrednost istega piksla preslika na več sosednjih zaslonskih točk; bolj ko jo povečamo, več točk upodobi isti ton, slika pa postane posterizirana.

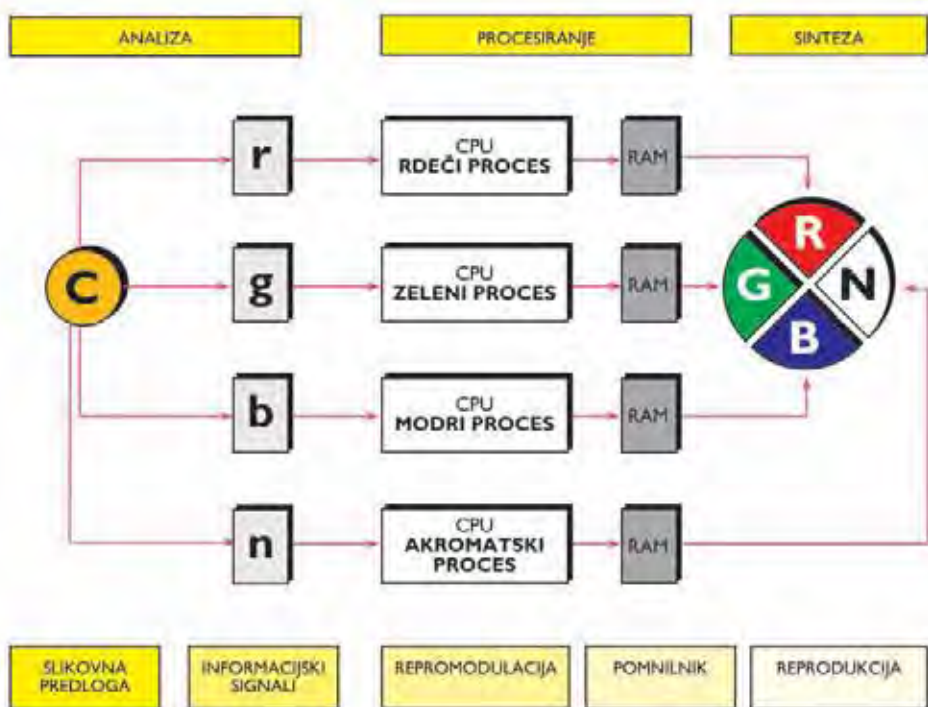
Vse prej navedene in opisane ločljivosti se v literaturi in virih izrazoslovno neskladno in protislovno prepletajo. Ne le, da vsako od navedenih oblik enostavno imenujejo samo ločljivost, pri nas popačeno tudi resolucija (iz angleške besede *resolution*), pogosto zamenjujejo pravi pomen specifičnih izrazov. To je še zlasti vidno, kadar gre za različna strokovna področja, ki se ne ozirajo ena na drugo, npr.: računalništvo – televizija – fotografija – grafika – tiskarstvo; slika 6.63.



Slika 6.63 Ločljivosti v reprodukcijskem procesu.

7 TRIKROMATSKA REPRODUKCIJA BARV

Medtem ko je osnovna zahteva črno-bele reprodukcije, da kar najbolj natančno reproduciramo svetlost barv, pa moramo pri barvni reprodukciji upodobiti tudi njihovo barvitost in nasičenost. To storimo z moduliranjem primarnih barvnih dražljajev na podlagi zakonitosti o pogojno enakih barvnih dražljajih (metamerizem; glej poglavji 3.1 in 3.4). Primarne barvne dražljaje moduliramo z aditivnim, subtraktivnim ali optičnim mešanjem, tako da v določenih okoliščinah zaznavamo pogojno enake barvne učinke in seveda tudi pogojno enake barve (barvne vtise). Metode za moduliranje primarnih barvnih dražljajev, ki naj pridejo v oko z določene točke reprodukcije, so odvisne od tehnike simuliranja in so v fotografiji, tisku in televiziji različne. Elementarno tehnologijo barvne reprodukcije ne glede na tehniko simuliranja ponazarja slika 7.1.



Slika 7.1 Temeljno tehnološko načelo trikromatske reprodukcije: *n* označuje akromatski proces za izdelavo četrtega barvnega izvlečka, ki je v nekaterih primerih potreben zaradi pomanjkljivosti trikromatskih procesov.

Na tej sliki je **C** točka originalne scene oziroma motiva, ki ga želimo reproducirati v barvah in ima določeno barvitost, nasičenost in svetlost; **r**, **g**, **b** so fotosenzorji, ki naj zaznavajo barvne dražljaje podobno kot fotoreceptorji v očesu: fotosenzor **r** je najbolj občutljiv na rdeče (*red*), **g** na zelene (*green*) in **b** na modre (*blue*) barvne dražljaje. To pomeni, da fotosenzor **a** posname jakost rdečega, **b** zelenega in **c** modrega barvnega dražljaja,

ki jih oddaja točka **C**. Ti signali oziroma podatki o posameznih (primarnih) barvnih dražljajih so **barvni izvlečki**. S primernim prenosnim procesom jih posredujemo elementom za upodabljanje, s katerimi simuliramo barvne učinke motiva tako, da moduliramo razmerje med modrimi **B**, zelenimi **G** in rdečimi **R** barvnimi dražljaji, ki prihajajo v oko z ustreznega mesta reprodukcije. Ko barvni dražljaji reprodukcije stimulirajo barvne receptorje v očesu tako kot tisti s pripadajoče točke na izvorniku, zaznamo enak barvni učinek oziroma dojamemo enak barvni vtis. Da bi to dosegli, moramo že v procesnem delu glede na značilnosti upodobitvene metode modulirati signale oz. podatke o barvnih dražljajih izvirnega motiva.

V analogni fotografiji so fotosenzorji za snemanje **r, g, in b** trije sloji fotografskega materiala z različno spektralno občutljivostjo. Vmesni proces, ki se navezuje na elemente za upodabljanje, predstavljajo raznoliki kemični postopki, kot so razvijanje, fiksiranje, eksponiranje, potrebni pri izdelavi barvnega negativa, pozitivna ali diapozitiva. V sintetičnem delu moduliramo jakost in razmerje primarnih barvnih dražljajev **R, G, B** s tremi barvnimi sloji, ki v fotomaterialu delujejo podobno kot optični filtri.

Digitalna fotografija skoraj popolnoma sledi temeljnemu tehnološkemu procesu trikromatske reprodukcije. Fotosenzorji za snemanje **r, g, in b** so fotoelementi snemalnega vezja različne spektralne občutljivosti, da lahko posamejno rdeče R, zelene G in modre B dražljaje originalnega motiva. Vmesni proces se neposredno navezuje na izdelavo numeričnih slikovnih elementov (pikslov) v geometrijski mreži (bitmapi), posredno pa z upodabljanjem njenih vrednosti z različnimi reprodukcijskimi mediji: na računalniškem zaslonu, fotografskem materialu, odtisu ipd. Pri neposrednem procesiranju se signali iz fotoelementov pretvarjajo v zeleno število pikslov tako, da vsakega tvorijo barvne vrednosti **R, G, B**. Pri posrednem procesiranju se te vrednosti znova modulirajo, da bi z izbrano izhodno napravo ali postopkom upodobili pogojno enake barvne učinke.

Pri televiziji so fotosenzorji **r, g, in b** tri snemalne cevi, procesni del je sistem za prenos električnih signalov, medtem ko so **R, G, B** trije elektronski topovi za moduliranje jakosti elektronskih curkov, ki na fluorescenčnem ali kakšnem drugem zaslonu aktivirajo modre, zelene in rdeče zaslonne točke.

V tisku so **r, g, in b** bodisi fotografski materiali bodisi fotocelice, fotoelementi in fotoelektrografske plošče lahko digitalne fotografije, skratka kakršni koli medij, s katerim shranimo podatke o barvnih učinkih predloge ali motiva. Procesni del so vse **tehnološke operacije, postopki in procesi** za izdelavo tiskovnih form in/ali odtisov. Procesni del, v katerem moduliramo ustrezne signale, se v tem primeru imenuje tudi **reprodukcijski proces**. Primarne barvne dražljaje **R, G, B** tokrat modulirajo rastrske pike in/ali točke barv cian **C**, magenta **M** in rumene **Y**.

- Kadar barvne učinke z originalnega objekta reproduciramo tako, da uporabljamo le tri primarne barvne dražljaje, govorimo o **trikromatski, triobmočni** ali najpreprosteje **tribarvni** tehnologiji oziroma načelu simuliranja – upodabljanja.
- Glede na vrsto barvnega mešanja, s katerim moduliramo primarne barvne dražljaje na reprodukciji, je triobmočna tehnologija upodabljanja aditivna, subtraktivna ali kombinirana, torej optična.

- Pri barvni reprodukciji s primerno tehniko barvnega mešanja in simuliranja moduliramo razmerje med primarnimi barvnimi dražljaji reprodukcije. Tako dobimo barvne učinke, ki pogojno ustrezajo onim na ustreznih mestih izvirnika (metameri barvni učinki).

V analitičnem delu trikromatskega reprodukcijskega procesa se tvorijo podatki oziroma signali o modrem, zelenem in rdečem barvnem dražljaju, ki jih povzročata dana slikovna točka motiva ali izvirnika. Ti podatki so **barvni izvlečki** (*colour-separation*).

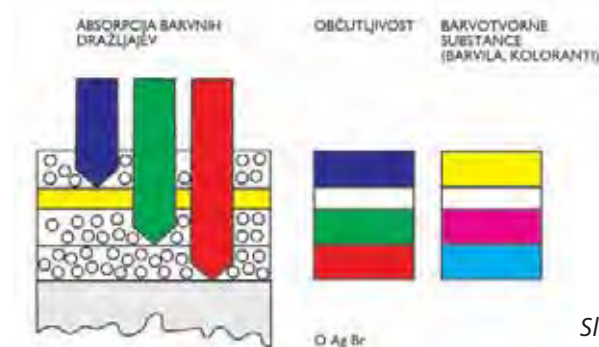
V procesnem delu barvne izvlečke prilagodimo tehnologiji, s katero reprodukcija modulira primarne barvne dražljaje, da bi se v sintetičnem delu upodobili pogojno enaki barvni učinki. Procesni del je povezava med analitičnim in sintetičnim delom reprodukcijskega procesa. Povezave pa ne predstavljajo barvni učinki, temveč podatki o barvnih dražljajih, zaradi katerih jih zaznamo. Z istimi podatki lahko upodabljamo barvne učinke na različnih izhodnih napravah, ki pa jih moramo tako upravljati, da v vseh primerih dosežemo pogojno enakost barv. To je naloga **systema za barvno upravljanje** (*color management system – CMS*). Barvne izvlečke moramo torej prilagoditi glede na značilnosti tehnologije, s katero reprodukcija upodablja barvne učinke.

7.1 Trikromatska fotografska tehnologija

7.1.1 Analogna barvna fotografija

V barvni fotografiji moduliramo primarne barvne dražljaje s subtraktivnim mešanjem, torej z večjo ali manjšo selektivno absorpcijo svetlobe v fotografski sliki. Za izdelavo barvnih reprodukcij uporabljamo trikromatsko tehnologijo pozitiv-negativ ali pa trikromatsko pozitiv-pozitiv (obračalno); pri prvi dobimo barvno fotografijo, pri drugi barvni diapozitiv.

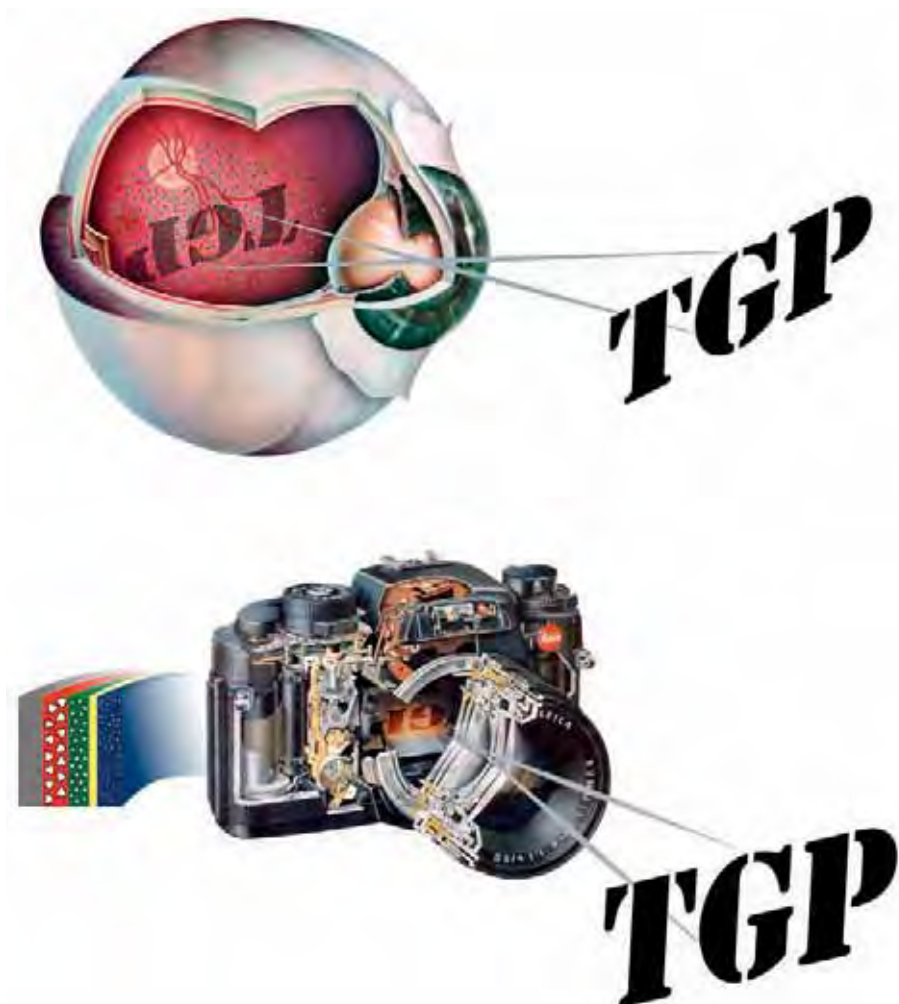
Fotografski materiali za barvno reprodukcijo so načeloma sestavljeni iz **treh** svetločutnih slojev. Načeloma zato, ker imajo sodobni materiali dodane tudi »pomožne« sloje za izboljšavo kakovosti, njihova prisotnost pa ni bistvena za razumevanje tehnologije. Naneseni so drug na drugega, vsi skupaj pa na primerno osnovo: prozorno folijo ali bel papir; slika 7.2. Zaradi trislojne narave in namena jim pravimo **trikromatski fotomateriali**. Tako kot v črno-belih fotografskih materialih je tudi pri slednjih svetločutna substanca AgBr, vendar so spektralne občutljivosti posameznih slojev različne.



Slika 7.2 Trikromatski fotomaterial.

Zgornji sloj trikromatskega fotomateriala je občutljiv za modre barvne dražljaje, srednji zaznava zelene, spodnji pa le rdeče. Ker so prav vse emulzije AgBr občutljive za modre barvne dražljaje, je pod prvim slojem rumen filter. V vsakem sloju so **barvotvorne substance**, ki pri razvijanju kemično reagirajo z razvijalcem tako, da se vsak sloj obarva komplementarno svoji občutljivosti: moder rumeno, zelen magenta in rdeč cian. Razvijanje osvetljenih fotografskih slojev, pri katerem nastanejo komplementarna izbarvanja, se imenuje **kromogeno** ali **barvno** razvijanje.

- Izbarvanja, ki nastanejo v slojih trikromatskega fotomateriala med barvnim razvijanjem, so praviloma komplementarna njihovi barvni (spektralni) občutljivosti.



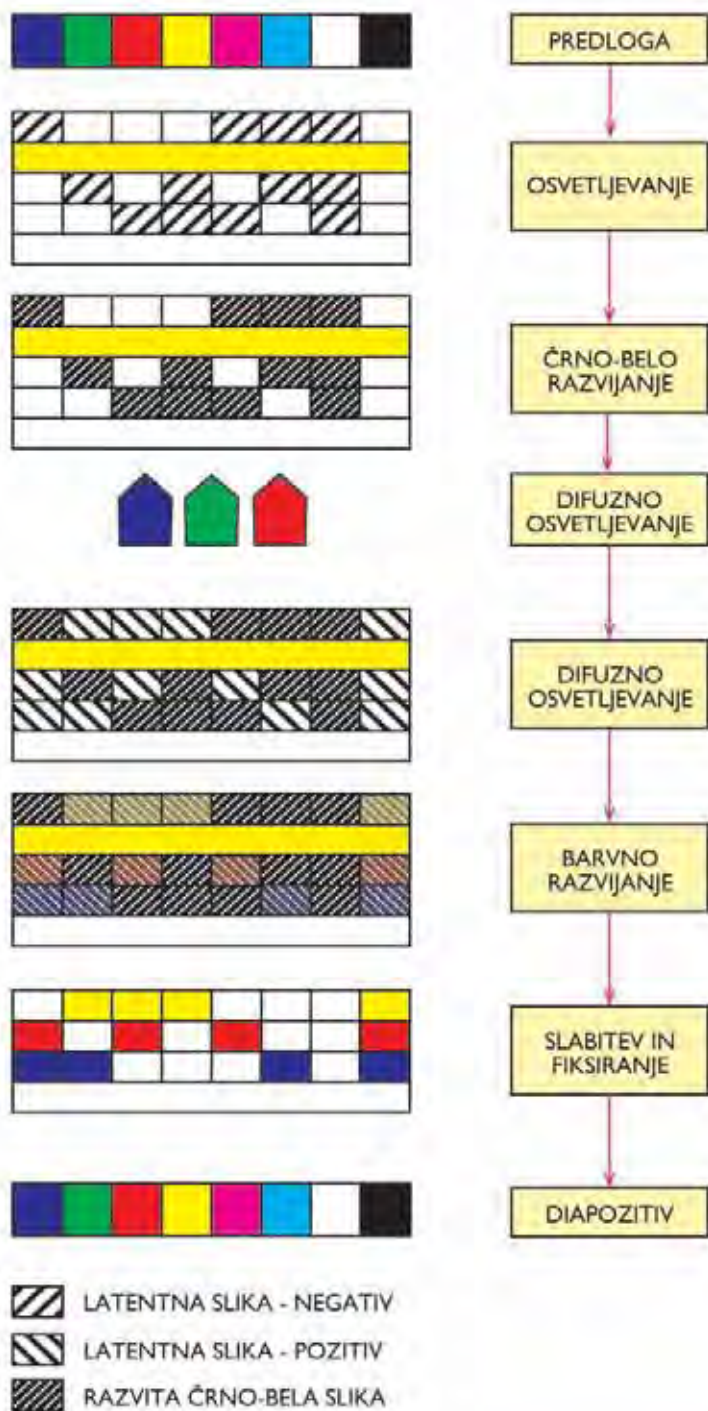
Slika 7.3 Srebrohalogenidne »oči«. Tradicionalna barvna fotografija deluje po podobnih fotomehaničnih načelih kot človeški vid. Svetloba prihaja skozi leče v objektivu in na slikovni ravnini za njim upodobi zrcalno obrnjeno sliko. Osvetlitev fotomateriala v slikovni ravnini

določa zaslonka v objektivu. Trikromatski fotomateriali pa se od človeških oči razlikujejo najmanj v dveh bistvenih pogledih: po eni strani se ne morejo prilagajati svetlobi različne barve (barvna konstanca), po drugi pa so tudi precej manj splošno občutljivi. Zaradi tega so razvili številne fotomaterialne, ki so namenjeni za fotografiranje v različnih svetlobnih razmerah. V vseh primerih pa barvni film tvori več svetlobno občutljivih plasti s srebrohalogenidnimi kristali. Zaradi učinkovanja svetlobe halogenidni ioni oddajo negativno nabite elektrone; te privlačijo nečistoče v kristalih srebrovih halogenidov. Na nečistočah nakopičeni ioni znova privlačijo sedaj nevezane in pozitivno nabite srebrove ione, ki tako tvorijo skupke kovinskega srebra. Zaradi teh sprememb nastane na molekularni ravni negativna latentna slika, vidna šele z razvijanjem, ki opisani proces 10-milijonkrat ojača.

Prvi sloj trikromatskega fotomateriala je najbolj občutljiv na modro svetlobo – ustreza modrim čepkom v očesu. Pod njim je nameščen rumeni filter, ker so vsi fotografski slojivedno občutljivi na modro svetlobo. Ker jo absorbira, prepreči, da bi lahko učinkovala v drugem in tretjem sloju trikromatskega fotomateriala. Drugi sloj je občutljiv na zeleno svetlobo, torej ustreza zelenim čepkom. Tretji in zadnji sloj reagira z rdečo svetlobo; v resnici tako kot zeleno tudi z modro, ki pa jo že pred tem zadrži rumeni filter. Pri razvijanju se latentna srebrna slika spremeni v komplementarno obarvana barvila: latentna slika v rdečem sloju se obarva cian, tista v zelenem magenta in v modrem rumeno. Tako nastane negativna slika CMY – barvni negativ. Z njim osvetlimo trikromatski fotopapir. Pri izdelavi diapozitivov se z barvili CMY ne obarva negativna latentna slika, marveč prav nasprotno, pozitivna latentna slika, ki nastane na vseh neosvetljenih delih filma. Zato se postopek za izdelavo diapozitivov tudi imenuje obračalni.

7.1.1.1 Izdelava barvnih diapozitivov

Izdelava barvnih diapozitivov s trikromatskim fotomaterialom kaže slika 7.4. Pri osvetlitvi tega fotomateriala nastane v posameznih slojih fotokemijska reakcija, tako kot v črno-belem fotografskem materialu (glej 6.1.1 Analogni fotografija). Razlika je v tem, da ne nastane fotokemijska reakcija v vseh treh slojih na istem mestu, pač pa le na tistih, kjer izvornik oddaja barvne dražljaje, ki jih posamezni sloji zaznajo. Osvetljevanju sledi **črno-belo razvijanje**; v vsakem sloju nastane črno-bel negativ. Tak trikromatski fotomaterial nato znova osvetlimo (z razpršeno belo difuzno svetlobo), da aktiviramo še preostali AgBr. Pri določenih tipih fotomateriala difuzno osvetljevanje ni nujno. Sledi kromogeno oziroma **barvno razvijanje**. Razvije se še ves preostali AgBr, stranski produkti kemijske reakcije pa reagirajo z barvnotvornimi sestavinami v posameznih slojih. Zgornji sloj se obarva rumeno, srednji magenta, spodnji pa cian. Po barvnem razvijanju so v fotomaterialu trije črno-beli negativni, trije črno-beli pozitivni in trije barvni pozitivni. Tak polizdelek je popolnoma črn; na njem ne vidimo ničesar. S primerno kemijsko reakcijo, imenuje se **slabitev**, vse elementarno srebro v fotomaterialu spremenimo nazaj v AgBr in ga s fiksiranjem odstranimo. V vsakem od slojev se pojavi barvna podoba (barvni izvleček); nastane barvna reprodukcija ali barvni diapozitiv. S tremi sloji, v katerih so barvni izvlečki in ki delujejo kot rumen, magenta in cian optični filter pri subtraktivnem mešanju, upodobimo vse barvne učinke izvornika.

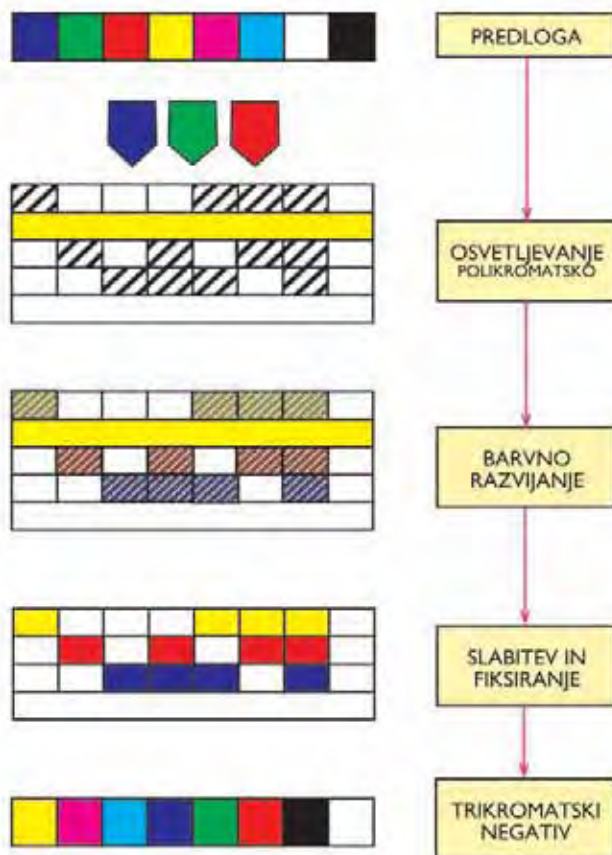


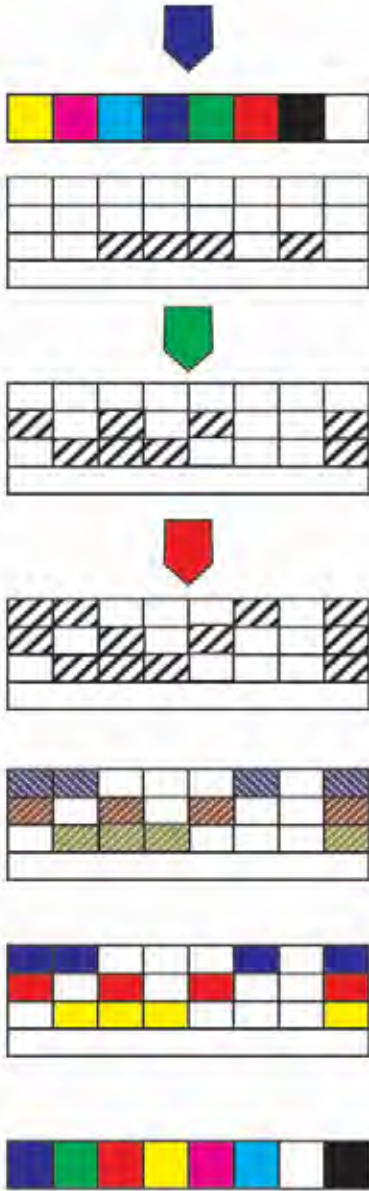
Slika 7.4 Izdelava barvnega diapozitiva s trikromatskim fotomaterialom.

7.1.1.2 Izdelava barvnih fotografij

Izdelavo barvnih fotografij s tehnologijo negativ – pozitiv prikazuje blokovna shema na sliki 7.5. Tudi pri tej izdelavi uporabljamo trislojni trikromatski fotomaterial. Osvetljevanju **takoj** sledi barvno razvijanje, zato v vsakem sloju dobimo črno-bel in barvni negativ hkrati: zgornji je rumen, srednji magenta in spodnji cian. Nato s slabtivijo odstranimo nepotreben črno-bel negativ, da ostane le še **trikromatski negativ**. Na njem so barvni učinki izvirnika reproducirani komplementarno, temni toni s svetlimi, svetli s temnimi, tako kot sicer na črno-belem negativu. Namesto svetle magenta barve dobimo temno zeleno, namesto temno modre svetlo rumeno in tako naprej.

Za izdelavo barvne fotografije, objektivne reprodukcije torej, proces ponovimo. Razlika je v tem, da namesto trikromatskega filma uporabimo trikromatski fotopapir. Vrstni red trikromatskih slojev je v njem zamenjan: zgornji je občutljiv na rdeče, srednji na zelene in spodnji na rumene barvne dražljaje. Pri izdelavi barvne fotografije trikromatski negativ osvetlimo s polikromatsko svetlobo ali pa posebej z modro, posebej z zeleno in posebej z rdečo komponento. Zaradi ločenega osvetljevanja lahko ekspozicijo prilagajamo glede na značilnosti trikromatskega negativa in trikromatskega papirja. Pri osvetljevanju s polikromatsko svetlobo to ni mogoče; kakovost reprodukcije je praviloma slabša, zato pa je postopek hitrejši. Proces, ki sledi, se v ničemer ne razlikuje od izdelave trikromatskega negativa.



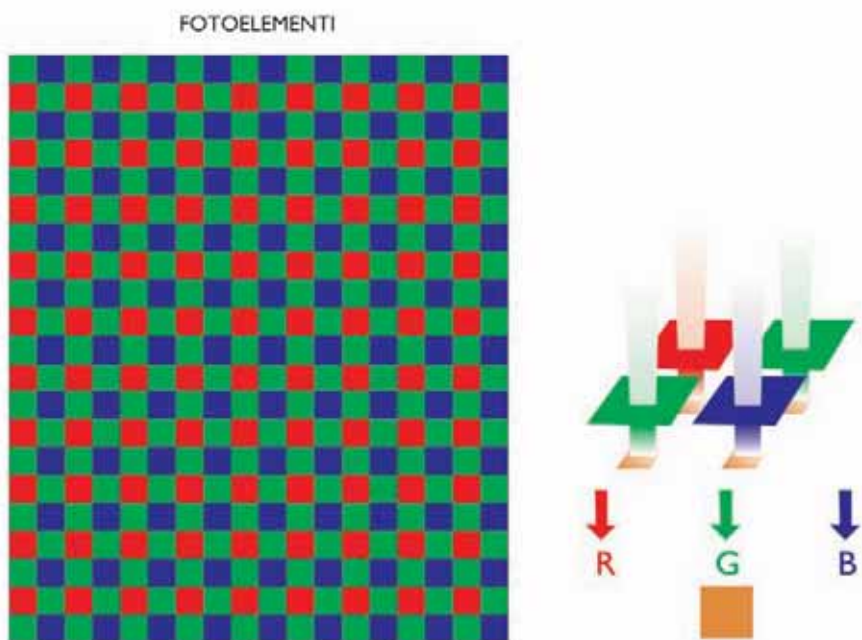


- V barvni (trikromatski) fotografiji moduliramo barvne učinke s subtraktivno triobmočno tehnologijo. Jakost primarnih barvnih dražljajev moduliramo s koncentracijo barvil v posameznih slojih. Ta je posledica ekspozicije in elementarnega srebra, ki tvori črno-belo negativno sliko v vsakem sloju. Večja ko je ekspozicija, več je srebra, manjša je koncentracija barvila, ki nastane pri barvnem razvijanju.
- Barvno razvijanje je tisto, ko nastane v posameznih slojih trikromatskega fotomateriala poleg črno-bele slike tudi barvilo rumene, magenta in cian barve. Koncentracija barvila je sorazmerna s preostankom osvetljenega AgBr.
- Posamezni sloji trikromatskega fotomateriala se vedno obarvajo komplementarno glede na njihovo barvno (spektralno) občutljivost.
- Trikromatski negativ ima glede na izvirnik zamenjane ne le tonske vrednosti, temveč tudi barvne učinke, komplementarne tistim, ki jih opazimo na ustreznih mestih originalne scene ali motiva.

Slika 7.5 Izdelava barvnih fotografij s trikromatskim negativom.

7.1.2 Digitalna barvna fotografija

Da bi posneli digitalno fotografijo v barvah, imajo digitalne kamere vgrajeno matrično snemalno vezje s fotoelementi, ki so občutljivi na rdeči, zeleni in modri del spektra. Vendar en slikovni element – piksel snemajo štiri fotoelementi: dva zelena, en moder in en rdeč; slika 7.6. Tri barvne izvlečke, ki jih je mogoče na zaslonu RGB upodobiti kot eno samo trikromatsko sliko, dobijo s posebnimi matematičnimi preračuni v procesnem računalniku (slikovni procesor) digitalne kamere. Slikovni procesor je v digitalni fotografiji tista komponenta, ki omogoča, da smemo in moramo iskati vzporednice s človeškim vidom. Na te smo naleteli že v poglavju 5. Barve in toni, barvni učinki in občutki, kjer je govor o nastanku in vrednotenju barv. Vemo, da je barva (barvni vtis) posledica ali produkt spektralne porazdelitve svetlobe, spektralne občutljivosti očesne mrežnice in izkušenj možganov, ki obdelajo in interpretirajo signale. Tako je tudi v digitalni fotografiji: fotografski objektiv ima vlogo očesa, snemalno vezje s fotoelementi vlogo čepkov in paličk na mrežnici, slikovni procesor pa je povsem nova komponenta, ki nadomešča možgane. Te komponente ni v nobeni drugi trikromatski tehnologiji in sodi v procesni del tehnološkega procesa; slika 7.7.



Slika 7.6 Matrično snemalno vezje CCD ali CMOS ima izmenično razporejene fotoelemente za analizo rdeče, zelene in modre komponente določenega barvnega dražljaja. Zelenih je polovico, rdečih in modrih pa po četrtina. En slikovni element oz. piksel nastane s procesiranjem signalov, ki jih dajejo štiri fotoelementi. Barvni opis RGB izračuna slikovni procesor (računalnik) v digitalni kameri iz dveh zelenih ter po enega rdečega in modrega signala.



Slika 7.7 Digitalna fotografija deluje po enakih načelih kot človeški vid: objektiv namesto roženice (1), snemalno vezje namesto mrežnice s paličkami in čepki (2) ter slikovni procesor za »vizualno« obdelavo motiva namesto možganov (3)



Slika 7.8 Silicijev barvni vid. Digitalna kamera je zelo podobna ustroju človeškega očesa: namesto mrežnice z modrimi, zelenimi in rdečimi čepki je tam snemalno vezje (CCD ali CMOS) z miniaturnimi optičnimi fotoelementi, ki tvorijo posamezne slikovne točke v modrem, zelenem in rdečem barvnem izvlečku. Tako kot v očesu v vsakem od njih zaradi učinkovanja svetlobe nastane električni signal, ki namesto v možgane potuje v računalnik oziroma v ustrezni numerični obliki na primeren spominski medij. Svetloba v fotoelementu sorazmerno s svojo močjo sprosti elektrone v silicijevi strukturi. Vsak je povezan z ustreznim električnim kontaktom (tako imenovani gate), kjer odteče sproščen električni naboj – analogni signal. Ta je sorazmeren z jakostjo svetlobe, ki osvetli določen element snemalnega vezja. V digitalni signal ga spremeni A/D-pretvornik. Na vezju so fotoelementi razporejeni izmenično tako, da sočasno posnamejo vse tri barvne izvlečke, potrebne za nastanek digitalne barvne (trikromatske) slike.

7.1.2.1 Trikromatska snemalna vezja

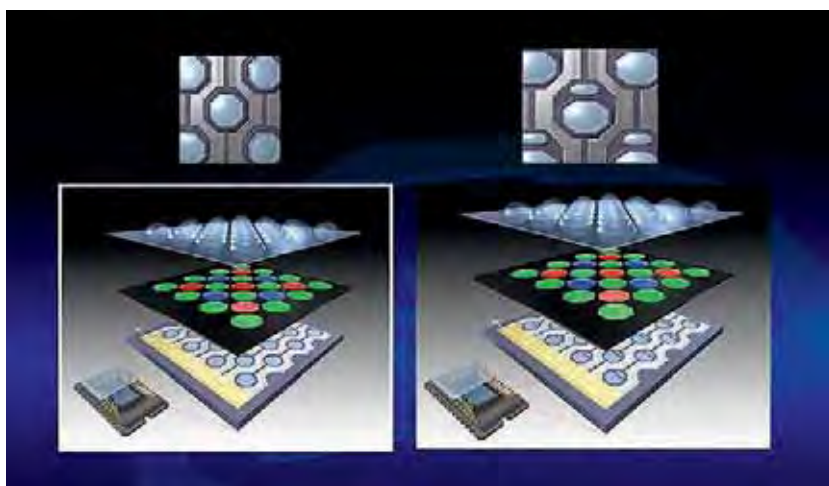
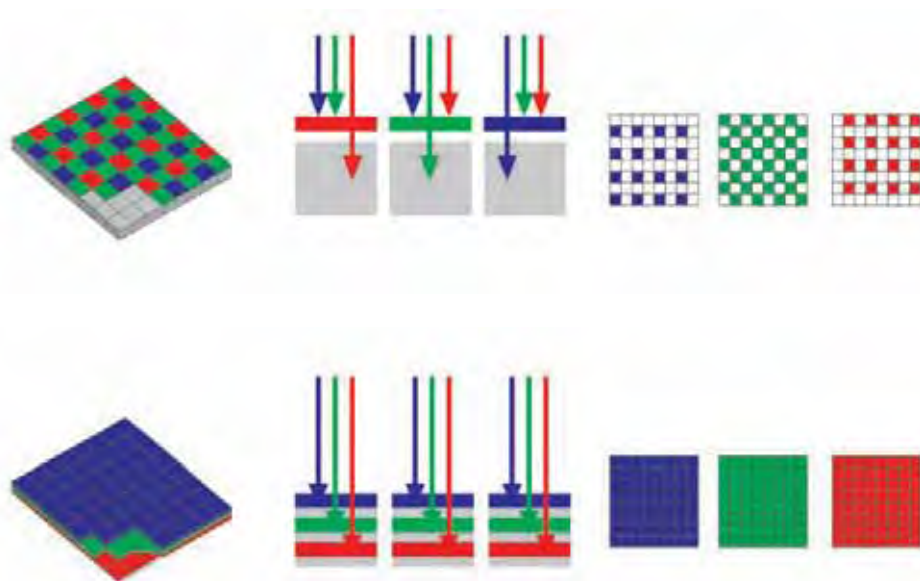
Snemalna vezja, bodisi CCD bodisi CMOS, so polprevodniki iz kovinskih oksidov, ki jim svetlobno občutljivost določa dodatek silicija. Obe vrsti izločata elektrone sorazmerno z jakostjo vpadne svetlobe. Bistvena razlika med njima je, da pri vezjih CCD elektrone iz vsakega fotoelementa transportira elektronsko ožičenje in se šele zunaj vezja pretvorijo v signale, ki potujejo v slikovni procesor. Pri snemalnih vezjih CMOS se elektroni s tranzistorji pretvorijo v signale v vsakem fotoelementu posebej. Tudi analogno/digitalno pretvarjanje signalov v binarne zapise iz ničel in enic se lahko dogaja že v vsakem pikslu posebej, vendar tovrstne praktične rešitve niso pogoste. Pri snemalnih vezjih CMOS skoraj vsa obdelava signalov poteka že v vezju samem, pri vezjih CCD pa skoraj vsa šele pozneje.

Splošna občutljivost snemalnega vezja CMOS je visoka, ker se pretvarjanje elektronov v električne signale opravi takoj, zato pa obsežnejše elektronsko ožičenje povečuje slikovni šum in zmanjšuje dinamični obseg vezja (dinamični obseg je definiran kot razmerje med največjim možnim signalom pri nasičenih pikslih in šumom, ki se pri tem pojavi).

Tok zatemnitve (*dark current*) predstavljajo signali, ki nastanejo v slikovnem vezju, če naredimo posnetek brez svetlobe. Vse digitalne vrednosti take slike bi morale biti 0, kar pa se skoraj nikoli ne zgodi. Pri vezjih CCD se pojavijo signali, ki so po vsej površini vezja enaki, pri vezjih CMOS pa so zaradi neposrednega pretvarjanja različni.

V matričnih snemalnih vezjih so fotoelementi RGB najpogosteje razporejeni tabelarično (izmenično v vrstah in stolpcih), redkeje v obliki naključne mozaične strukture. V matrici se izmenjujejo glede na svojo spektralno občutljivost. Pravilna tabelarična struktura povzroča pri snemanju finih vzorčnih motivov (tekstil) moteče optične vzorce oziroma moare; glej poglavje 7.3.1.2 Sukanje rastra in moare. Matrična snemalna vezja razvijajo v take mozaične strukture, ki naj bi po eni strani povečale ločljivost, po drugi pa poenostavile numerične metode v slikovnih procesorjih. Med izvedbami, ki so opisane s slikama 7.9 in 7.10, je nekaj posebnega foveon, ki oponaša stroj trikromatskega obračilnega filma.

Desno zgoraj slika 7.9 Primerjava mozaične in trislojne strukture snemalnega vezja. Ta lahko v vsakem fotoelementu posname vse tri barvne izvlečke, zato je njegova ločljivost višja. Pri matrični strukturi vsak fotoelement registrira le en barvni izvleček; ker je pravilomapolovica zelenih in le četrtnina rdečih ali modrih, morajo manjkajoče slikovne informacije interpolirati, tu pa to ni več potrebno. Fotoelementi v zgornjem sloju so senzibilizirani modro, v srednjem zeleno in v spodnjem rdeče, tako kot pri klasičnem trikromatskem fotomaterialu. Vendar moramo v spodnjem rdečem sloju računati s šibkejšimi signali oziroma z več šuma, kajti pred njim je zelen sloj, ki absorbira rdečo svetlobo.



Slika 7.10 Da bi povečali ločljivost brez poslabšanja drugih upodobitvenih značilnosti (splošna občutljivost, dinamični obseg, slikovni šum ipd.) je podjetje Fuji razvilo vezje Super CCD HR (High Resolution CCD, slika levo), ki ima oktagonalno in ne kvadratno obliko fotoelementov; tako so lahko pri isti površini nameščeni tesneje ali pa so pri nespremenjeni ločljivosti večji (manj šuma). Upodabljanje podrobnosti naj bi izboljšal tudi zasuk vezja, ki je nameščeno pod kotom 45 stopinj. Tako tudi je, dokler snemamo podrobnosti v horizontali ali vertikali, pri diagonalnih strukturah pa ne drži več. Novejše je vezje Super CCD SR (Super Dynamic Range CCD, slika desno). To ima dvojne fotoelemente: večji imajo visoko splošno občutljivost, manjši pa nizko, podobno kot pri fotografskih fotomaterialih, kjer so večja zrna bolj občutljiva, manjša pa manj. Tako dosežejo večji dinamični obseg in dobro upodabljanje podrobnosti v svetlih delih motivov.

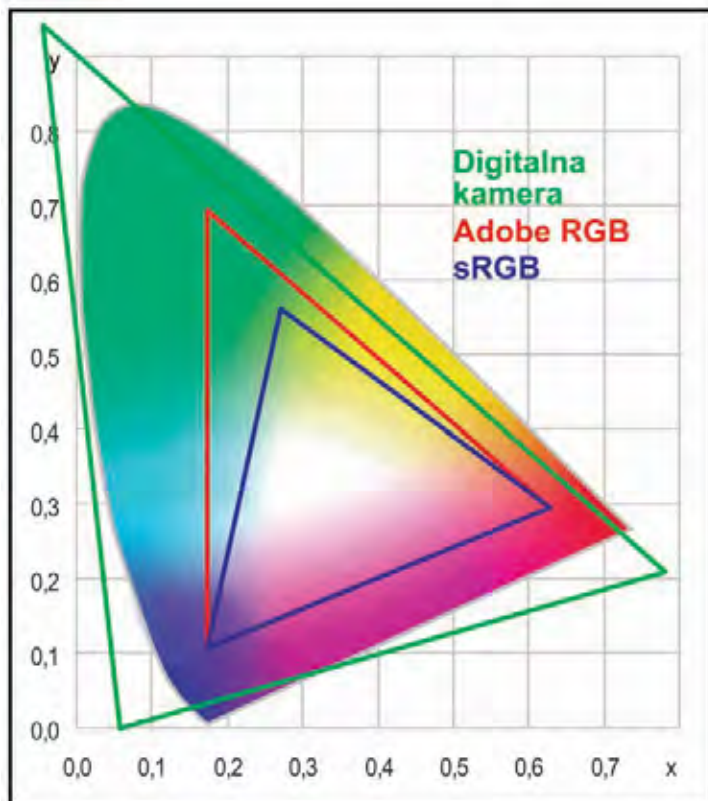
7.1.2.2 Slikovni procesorji

Zaradi izmenično razporejenih fotoelementov RGB v mozaični strukturi trikromatskega snemalnega vezja je njegova geometrična ločljivost trikrat nižja kot pri enakovrednem monokromatskem. Da bi snemalna ločljivost ostala enaka, uporabijo več »zelenih« in manj »modrih« oziroma »rdečih« fotoelementov, manjkajoče informacijske signale za vse piksele digitalne slike pa dobijo iz obstoječih podatkov s primernimi numeričnimi metodami (interpolacija). Ker je človeški vid najbolj občutljiv v zelenem delu spektra, s tem navidezno povečajo ločljivost. Fotoelementi so razporejeni tako, da se v eni vrsti izmenjujejo »rdeči« in »zeleni«, v drugi pa »modri« in »zeleni«. Spektralno občutljivost fotoelementov določajo mikroskopsko majhni optični filtri pred njimi. Tako razporeditev fotoelementov je zasnoval in v podjetju Kodak razvil g. Bayer, zato se imenuje Bayerjev mozaik (*Bayer Pattern*).

»Inteligenca« numeričnih metod v slikovnem procesorju določa kakovost posnete slike, najbolj pa se odraža pri kontrastnih detajlih; črne črke so zaradi »neinteligentne« interpolacije pogosto obkrožene s svetlim robom; pojavlja se visok slikovni šum.

Zapletenim numeričnim metodam za izračunavanje manjkajočih pikselov se je mogoče izogniti s snemalnimi vezji, ki oponašajo ustroj klasičnega trikromatskega fotomateriala; slika 7.9. Njihove prednosti naj bi bile zlasti višja geometrična in posledično optična ločljivost ter manjši slikovni šum; vsak fotoelement namreč posname in v električne signale pretvori celoten in ne le del svetlobnega dražljaja.

Ključ do vrhunske kakovosti digitalne fotografije pa ni zgolj v tehnični kakovosti objekta, slikovnega vezja in numeričnih metod za interpolacijo slikovnih točk, marveč še zlasti v delovanju upodobitvenih funkcij slikovnega procesorja. Njegova vloga je bistveno pomembnejša, kot je na primer vloga trikromatskega filma ali spektrofotometra, ki mora na določenem mestu zgolj zabeležiti deleže primarnih barvnih dražljajev. Pri sintezi trikromatske digitalne podobe naj bi slikovni procesor reproduciral tudi atmosfero, čustvenost in namen fotografije, upodabljal naj bi barvne vtise in ne zgolj barvne dražljaje. Kot vemo, je to izjemno zapletena naloga, ki ji kolorimetrija ni kos, digitalna fotografija pa se s tem na podlagi dolgoletnih »analognih« izkušenj dokaj uspešno spopada. Slikovni procesorji morajo poznati in prepoznati spominske naravne barve (*memory colours*), kot so zelena trava, modro nebo, morje, koža in druge. Prepoznati morajo na primer drzne barve oblčil ali kovinske barve avtomobilov in jih tako tudi upodobiti. Pri tem ne gre zgolj za kar najbolj precizno reprodukcijo barvnih dražljajev oz. ujemanje barv, o kateri smo govorili doslej. »Vizualno« procesiranje podatkov je pomembno predvsem zato, ker imajo snemalna vezja veliko večji barvni obseg, ker »vidijo« mnogo več barv kot človek ali kot jih lahko upodobita monitor in tiskalnik; slika 7.11. Slikovni procesor mora posnete barvne dražljaje že na začetku pretvoriti v barvne učinke (signale), ki ustrezajo vidnemu obsegu barv. To je mogoče samo na podlagi obsežnih baz zbranih slikovnih podatkov. Slikovni procesor bi moral celo »vedeti«, kako fotograf drži fotoaparata (vodoravno ali navpično) in tudi temu prilagajati algoritme za upodabljanje.



Slika 7.11 Barvni obseg snemalnega vezja je veliko večji od barvnega obsega očesa.

7.1.3 Simuliranje in upodabljanje barv v fotografiji

Digitalna trikromatska fotografija

Digitalna slika je sama po sebi imaginaren kodiran zapis na primernem mediju (disketa, disk, spominska kartica idr.). Na tej ravni je torej numerični zapis ničel in enic, s katerimi je opisana tonska vrednost vsakega piksla (glej tudi poglavje 6.1.3 Simuliranje barv in upodabljanje tonov v fotografiji/Digitalna fotografija). Medtem, ko ima črno-bela digitalna slika en sam kanal, ima barvna tri: rdečega R, zelenega G in modrega B. Vsak piksel je kodiran s trojno kodo, da lahko v različnih upodobitvenih sistemih (snemalniki, monitorji, osvetljevalniki, tiskalniki, digitalni projektorji ipd.) moduliramo primarne barvne dražljaje in nove barve upodobimo s katero koli obliko barvnega mešanja (subtraktivno, aditivno, optično). Koda, ki je zapisana v 24-bitnem datotečnem formatu ($256 \times 256 \times 256$ tonov), je 24-bitna. Digitalna slika v tem formatu lahko upodobi največ 16,7 milijona barv, 36-bitna slika (12 bitov oz. 4096 tonov v vsakem kanalu RGB) pa kar okoli 69 milijonov barv.

- Število barv, ki jih lahko upodobi piksel, določa barvna koda oz. barvna globina digitalne slike. Standardna barvna koda je 24 bitov (True-Color-Modus). 24 bitov pomeni 2 na 24 kombinacij upodobljenih barv. Ker digitalno sliko tvorijo trije barvni izvlečki, pripada vsakemu 8 bitov, kar je 256 tonov oziroma možnosti za moduliranje svetlobe. Vrednost 0 pomeni, da določena zaslonska točka ne bo svetila, vrednost 255 pa, da bo svetila z vso močjo. Če kombiniramo tonske vrednosti vseh treh kanalov vidimo, da lahko vsaka zaslonska točka upodobi $256 \times 256 \times 256 = 16,777.216$ barv.
- Vsako od 16 milijonov barv, ki jo na monitorju lahko upodobi en piksel, nedvoumno določa barvni opis, trojne vrednosti RGB. Številčna kombinacija RGB pove, s kakšno jakostjo mora svetiti dana zaslonska točka na monitorju.



Slika 7.12 Digitalni barvni obseg oziroma barvna globina:

A. 1 bit = 2 na $1 = 2$ možnosti. Vsak piksel lahko upodobi samo belo ali črno barvo. Binarne slike, črteži, konture.

B. 2 bita = 2 na $2 = 4$ možnosti. Vsak piksel lahko upodobi štiri barve. Psevdoobarvne slike, kjer ni poudarek na fotorealizmu, temveč na kreativnosti za posebne učinke.

C. 4 biti = 2 na $4 = 16$ možnosti. Vsak piksel lahko upodobi 16 barv. Primerno za grafične in umetniške učinke.

D. 8 bitov = 2 na $8 = 256$ možnosti. Vsak piksel lahko upodobi 256 barv. Multimedij, svetovni splet, kompromis med fotorealizmom in spominskimi zmogljivostmi, pogojno uporabne upodobitve.

E. 24 bitov = 2 na $24 = 16,777.216$ možnosti. Vsak piksel lahko upodobi $16,7$ milijona barv. True-Color za fotorealistične upodobitve.

Barvna globina določa število različnih barvnih učinkov, ki jih lahko v digitalnem sistemu upodobi en piksel. Več ko jih upodobi, bolj verodostojna je upodobitev originalnega motiva. Večja barvna globina doprinese predvsem k upodabljanju najsvetlejših in

najtemnejših barv. Z barvno globino naraščajo tudi spominske zahteve: 24-bitna slika zahteva trikrat več spomina kot 8-bitna. Za fotografsko realistične upodobitve zado-
 stuje 24-bitna barvna globina, zato je v digitalnih sistemih postala standardna barvna
 globina, primerna za modulacijo kakovostnih slik. Digitalne slike z manjšo barvno glo-
 bino so pravzaprav neuporabne, tudi zato, ker računalnik kasneje ne zna kakovostno
 dodajati manjkajočih pikslov. Manj barv ko lahko upodobi piksel, manj je upodobljenih
 barvnih učinkov, vendar tudi podrobnosti v sliki; to pomeni, da bi želeli 48-bitno barvno
 globino, čeprav monitorji ne morejo upodobiti več kot 24-bitne. Vseeno je to koristno
 pri modulaciji, saj z vsakim posegom načeloma izgublamo sporočilno vrednost slike.
 Večja barvna globina ustvari rezervo za moduliranje, še zlasti v posameznih barvnih
 območjih ali pri barvno enoličnih slikah, ki bi se sicer izgubila.



Slika 7.13 A) Čeprav je reprodukcija digitalna, upodablja navidezno oz. fotografsko real-
 nost. Opazovalec prepozna vso njeno vsebino, realne barvne učinke, podrobnosti in ostrino.
 B) V tem primeru je slika (A) digitalizirana samo s štirimi piksli. Četudi imajo 24-bitno barvno
 globino, dobimo nerealno upodobitev, opazovalec pa ne more prepoznati njene sporočilne

vsebine. V tretjem primeru (C) ločljivost povečamo, da nastane digitalna slika s 36×36 piksli. Upodobi se nekaj detajlov, realnost lahko zgolj slutimo. V četrtem primeru (D) je slikovna ločljivost pri istem geometrijskem formatu še dvakrat večja (72×72 pxl). Sporočilnost slike se še poveča, prepoznavati začnemo prave barve, pri dovolj veliki razdalji pa se slikovne točke optično zlijejo, da nastane enovit barvni vtis.

Realistično upodabljanje barv je pri vseh digitalnih slikah, ne le pri digitalnih fotografijah, odvisno tudi od slikovne ločljivosti: manjša ko je, slabše se upodabljajo barve, več pikslov ima, bolj kakovostno se upodobijo podrobnosti, ostrina in – **barve**. To ilustrirajo primeri na sliki 7.13.

Primeri na prejšnjih slikah opozarjajo, da digitalne slike nizke ločljivosti (pod 200 ppi pri želenem formatu), niso primerne za kakovostno reprodukcijo. Slabo se upodabljajo ne le podrobnosti, marveč tudi barvni učinki, ki jih je zaradi nizke ločljivosti izjemno težko reprodulirati. Močno opazna je posterizacija motiva. Slikovna ločljivost digitalne fotografije je v vsakem primeru matematična, interpolirana ločljivost, ki nastane po obdelavi podatkov v slikovnem procesorju. Nikakor je ne smemo zamenjevati z geometrično ločljivostjo snemalnega vezja. Digitalna kamera, ki lahko z Bayerjevim snemalnim vezjem posname, denimo 12 milijonov pikslov, nima prav toliko fotoelementov RGB, marveč približno 6 milijonov zelenih, po 3 milijone rdečih in modrih. Pri drugih izvedbah snemalnih vezij so ta razmerja lahko tudi drugačna, zato geometrična ločljivost trikromatske digitalne kamere ni odločilen podatek. Kamera nižje geometrične ločljivosti lahko zagotovi enako slikovno ločljivost in v številnih primerih tudi boljšo optično ločljivost kot kamera z višjo geometrično ločljivostjo; vse je odvisno od ustroja fotoelementov na snemalnem vezju in od kakovosti algoritmov v slikovnem procesorju.

Belo (sivo) ravnovesje

Trikromatski filmi in snemalna vezja v nasprotju s človeškim očesom ne poznajo barvne konstance, zato se barva belega papirja z dnevno svetlobo spreminja: barvni film ali vezje se ne prilagaja spektralnemu ustroju barvnih dražljajev, marveč posname realno fizikalno stanje, zato je papir na posnetku zjutraj in zvečer oranžen, bel pa samo podnevi. Barvni filmi ali snemalna vezja ne poznajo pogojne enakosti, zato se bela barva upodobi samo pri točno določeni kombinaciji barvnih dražljajev. V trikromatski fotografiji rešujemo te zadrege z optičnimi filtri (plavkasti filter zvečer na primer izloči odvečni del rdečih barvnih dražljajev), v digitalni fotografiji pa je snemalno vezje v digitalni kameri mogoče prilagoditi trenutnim svetlobnim razmeram: da se bel papir upodobi kot bel, čeprav ga snemamo pozno zvečer. Digitalna kamera torej lahko nastavi tako imenovano belo ravnovesje (*White Balance*) – ročno ali avtomatsko; brez te možnosti je skoraj neuporabna. Z njo namreč snemamo ne le pri različni barvi dnevne svetlobe, marveč tudi pri svetlobi, ki jo oddajajo različni umetni svetlobni viri: navadne in halogenske volframove žarnice, fluorescenčne žarnice, bliskavice, žarnice s kovinskimi parametri. Vsaka od njih daje drugačno barvo bele svetlobe: svetloba volframove žarnice je rdeče rumena, svetloba bliskavice pa je zelo podobna povprečni dnevni svetlobi. Spektralna občutljivost trikromatskega filma ali snemalnega vezja je po drugi strani lahko prilagojena samo eni od svetlobe, pri kateri fotografiramo motive.

Belo ravnovesje nastavimo na digitalni kameri tako, da izberemo programirano funkcijo za snemanje z dano svetlobo. Ta korigira ekspozicijo glede na pričakovani spektralni ustroj bele svetlobe. Ko izberemo funkcijo za snemanje z volframovo žarnico, poveča ekspozicijo modrih in zelenih fotoelementov, ali pa te podatke slikovni procesor ojača na že posneti sliki. Ker ni nujno, da izbrane korekture docela ustrezajo svetlobnim razmeram, je bolj uporabno belo ravnovesje, ki se glede na povprečno barvo svetlobe na sceni nastavi avtomatično. Kamera jo izmeri sama, pogosto pa meritev motijo zelo nasičene barve predmetov. Da bi se temu izognili, imajo kakovostne digitalne kamere (zlasti studijske) še tretjo možnost. Na sceni poiščemo nevtralno sivo barvo in jo uporabimo za določanje belega (tu bolje sivega) ravnovesja. Na osnovi njegove barve kamera določi potrebne korekture in se prilagodi trenutnim svetlobnim razmeram. Z belim ravnovesjem ne moremo docela izničiti vplivov diskontinuirane svetlobe (spektralnih konic); to je mogoče edinole pri procesiranju posnete digitalne slike.

Belega ravnovesja ne motijo le spektralne konice, marveč tudi toplota, ki negativno vpliva na digitalne kamere (močno segreti prostori, športna dvorana, studio ... ali poletna vročina). Zelo moteč dejavnik je tudi diskontinuirana svetloba umetnih svetlobnih virov, kot so žarnice s kovinskimi parametri, fluorescenčne žarnice, žal tudi navadne volframove žarnice.

7.1.4 Trikromatske digitalne kamere

V analogni (klasični fotomehantični) fotografiji je za različne formate fotoaparatom na voljo veliko fotomaterialov, zato se lahko brez večjih zadreg vedno prilagodimo predvideni sceni (portret, šport, panorama itd.) in predvidenim svetlobnim razmeram. Vsaka digitalna kamera pa ima praviloma vgrajeno eno samo snemalno vezje, ki ni primerno za snemanje vseh motivov ali snemanje v vseh svetlobnih razmerah. Zato digitalne kamere delimo bolj po namenu uporabe kot po tehnični izvedbi, in sicer:

- ✓ digitalna hrbitišča, ki jih nameščamo namesto fotomateriala na slikovno ravnino profesionalnih studijskih kamer, imajo ločljivost od 16 do 40 milijonov slikovnih točk, tonski obseg pa od 12 do 16 ali več bitov (4096 do 65.536 tonov v vsakem kanalu). Klasični posnetek v formatu 45 × 60 mm ima 27 in več milijonov slikovnih točk, kar pomeni, da digitalna fotografija tega razreda že presega kakovost analogne (fotomehantične);
- ✓ zrcalnorefleksne maloslikovne (format leica 24 × 36 mm) digitalne kamere imajovgrajena neizmenljiva digitalna hrbitišča, hkrati pa tudi primerne spominskekomponente za arhiviranje posnetkov. Da bi lahko uporabljali številne objektivne in dodatke, so bile sprva praviloma predelane zrcalnorefleksne kamere za klasično fotografijo. Ker je snemalno vezje manjše od maloslikovnega formata, pa objektivni niso bili uporabni v slikovnem razmerju 1 : 1, marveč v razmerjih okoli 1 : 2. To pomeni, da ni na voljo širokokotnih objektivov; 24-milimetrski objektiv se spremeni v 48-milimetrskega, torej v normalni objektiv (glej 6.1.2 Digitalna fotografija/Geometrija snemalnega vezja in goriščna razdalja). Ker so te kamere prenosne, so tudi njihove upodobitvene zmogljivosti nekaj manjše, in sicer od 8 do 16 milijonov slikovnih točk. Tonski obseg je zaradi omejenih spominskih zmogljivosti manjši, in sicer od 10 (1024) do 12 bitov (4096 tonov) v vsakem kanalu. Za primerjavo: posnetek na finoiznatem trikromat-

skem fotografskem materialu formata leica (24 × 36 mm) in splošne občutljivosti ISO 100/21 ima v vsakem sloju okoli 8, skupaj 24 milijonov slikovnih točk, in tonski obseg okoli 7 bitov (128 tonov).

- ✓ Kompaktne (amaterske kamere) imajo ločljivost do 8 milijonov slikovnih točk, tonski obseg pa od 8 (256) do 10 bitov (1024 tonov) v vsakem kanalu. Sprva so bile uporabne zgolj za prezentacije, kjer ni potrebna vrhunska kakovost, zdaj pa omogočajo vse bolj kakovostne upodobitve, zlasti zato, ker imajo goriščno razdaljo svojega (zoom) objektiva prilagojeno formatu visokoločljivega matričnega vezja CCD.
- ✓ Digitalne fotografije pa lahko izdelamo tudi z nekaterimi profesionalnimi videokamerami, in sicer tako, da iz posnetega niza izločimo le eno sličico.

Pri izbiri digitalne kamere morata biti odločilna namen in kakovost upodobitve. Slednja ni odvisna le od ločljivosti in konstrukcije snemalnega vezja, marveč tudi od kakovosti objektiva. Enako ali še večjo vlogo ima slikovni procesor in tonski oziroma barvni obseg, ki ga kamera lahko posname, pa tudi shranjevanje slik na ustrezen medij. Kamera A shranjuje na primer izvirne slike, ki imajo 3 MB. Ko jih odpremo na računalniku, postanejo 16-bitne slike z 18 MB slike v formatu tiff. Kamera B shranjuje izvirne slike z 9 MB; ko jih odpremo na računalniku, postanejo samo 8-bitne slike s 14 MB v formatu tiff. Čeprav ima kamera A geometrično ločljivost samo 3 Mpx, kamera B pa 5 Mpx, bo kakovost prve upodobitve nedvomno boljša, pa tudi na spominski medij enake zmogljivosti lahko shrani več slik.

Pri izbiri digitalne kamere za resno (profesionalno) uporabo upoštevajmo torej vsaj spodnje kriterije.

- ✓ Izvirni tonski obseg mora biti najmanj 12 bitov na kanal, kar je 4096 tonov ali 68,7 milijona barv (36 bit RGB).
- ✓ Kamera mora na spominski medij ne glede na kasnejše super vzorčenje in procesiranje obvezno shraniti kakovostno komprimirano izvirno sliko (RAW, Tiff).
- ✓ Algoritmni za slikovno procesiranje morajo izvirno sliko vizualno objektivno modulirati.
- ✓ Slika mora biti posneta v enem od standardiziranih barvnih modelov RGB (sRGB, Adobe RGB, eciRGB ...).
- ✓ Pri odpiranju slike v Photoshopu se mora aktivirati 16-bitni model.
- ✓ Avtomatska nevtralizacija (belo ravnovesje) mora delovati v vseh svetlobnih razmerah, tudi v umetni svetlobi (volframovi in fluorescenčni).
- ✓ Slike strukturiranih vzorcev (tekstil, kovinska sita, tiskane predloge idr.) morajo biti upodobljene brez moareja.

Digitalne kamere preizkušajo in ocenjujejo na podlagi meril, ki jih večinoma določajo standardi ISO. Ti so:

- ✓ **Optično ločljivost kamere** ugotavljajo po standardu ISO 12233 v sredini in na vogalih slike, skupaj na devetih pozicijah, pri najnižji splošni občutljivosti snemalnega vezja ali pa pri ISO 100/21 in pri ISO 400/27 ter pri treh goriščnih razdaljah zum objektiva.

- ✓ **Dinamični oz. kontrastni obseg** (*dynamic range*) določajo najsvetlejši in najtemnejši deli motiva, ki jih kamera še lahko reproducira. V idealnem primeru kamera upodobi risbo v najsvetlejših in najtemnejših delih s sončno svetlobo obsijanega motiva. Digitalne kamere zelo pogosto ne upodobijo risbe v svetlih območjih. Kontrastni obseg znaša navadno okoli 10 zaslonkinih števil, kar je več kot pri diapozitivih, kjer znaša 8 zaslonkinih števil, a manj kot pri barvnih negativih, kjer je okoli 12. Kontrastni obseg preskušajo po standardu ISO 14524, pri splošni občutljivosti ISO 100/21 in pri ISO 400/27. Ugotavljajo mejni ekspoziciji: tisto, pri kateri se upodobi popolnoma bela barva (RGB = 255) in tisto, pri kateri slikovno vezje upodobi temno sivo polje, tako da je slikovni šum trikrat manjši od informacijskega signala. Razmerje med refleksijo najsvetleje in najtemneje upodobljenega polja preračunajo v optično gostoto ali v zaslonkina števila; eno zaslonkino število pomeni optično gostoto 0,3 D. Če kamera lahko upodobi svetla in temna polja v razmerju 1000 : 1 (svetlo polje je tisočkrat svetlejše kot temno), to ustreza kontrastnemu obsegu optične gostote 3,0 D ali po zgornji definiciji 10 zaslonkinih števil. Višje ko je nastavljena splošna občutljivost digitalne kamere, slabši je kontrastni obseg.
- ✓ **Tonski oz. barvni obseg** (*bith depth, colour depth*) določa, koliko tonov lahko kamera upodobi znotraj dinamičnega obsega. Standardni obseg je 256 tonov v vsakem barvnem izvlečku ali kanalu. Če je tonski obseg manj kot 240 tonov, je kamera neuporabna. V idealnem primeru upodobi kamera najsvetlejša območja motiva numerično z 255, najtemnejša pa z 000. Barvni obseg 24-bitne kamere je 16,777.216 barv, 48-bitne pa kar 281 bilijonov barv. Digitalne kamere interno procesirajo posnetke s takim barvnim obsegom, praviloma pa jih na spominsko kartico zapišejo zgolj s 24-bitnim (slikovni format JPEG). Barvni obsegi za interno procesiranje so lahko tudi »samo« 36-bitni. Interno procesiranje posnetkov z velikimi barvnimi obsegi je potrebno zato, da se ne izgubijo zelo svetle ali zelo temne barve, podrobnosti najsvetlejših in najtemnejših slikovnih območij in da se zmanjša slikovni šum.
- ✓ **Slikovni šum**; podatek v tem primeru pove, kakšno je razmerje med informacijskim signalom in neželenimi signali oziroma motnjami, ki nastanejo v sliki zaradi pomanjkljivega procesiranja signalov ali drugih dejavnikov, kot je na primer termični šum. Slikovni šum določajo po standardu ISO 15739, pri splošni občutljivosti ISO 100/21 in pri ISO 400/27. Načelno je pri višji splošni občutljivosti višji, vendar dana digitalna kamera pri občutljivosti ISO 400/24 lahko povzroča večji slikovni šum kot konkurenčni izdelek pri ISO 800/30; glej primer na sliki 7.14.

Ena od oblik je fiksni šum snemalnega vezja (*fixed pattern noise*), ki nastane zato, ker ima vsak fotoelement malo drugačno svetlobno občutljivost. Če fotografiramo enobarvno nevtralnno (belo) površino, upodobitev ni enakomerno bela barva, marveč kaže celično strukturo s poljubnim prevladujočim barvnim odtentkom.

Termični šum (*thermal noise*) tvorijo naključni naboji, ki jih v fotoelementih ne povzroča svetloba, marveč toplota; višja je temperatura, višji je termični šum v sliki; daljši je osvetlitveni čas, višji je termični šum. Zato kamere preizkušajo v standardiziranih klimatskih razmerah.



Slika 7.14 Digitalne kamere imajo vse večjo splošno občutljivost, tudi ISO 1600 ali 3200. To pomeni, da lahko snemamo v nemogočih svetlobnih razmerah, skoraj v temi. Vseeno je to zgolj iluzija. Ne le, da brez svetlobe ni barv, tudi posnetki pri splošni občutljivosti nad ISO 800 so polni slikovnega šuma, ki ga ni mogoče odpraviti. Pri tem ali prav zato se lahko bistveno zniža tudi optična ločljivost kamere.

Manjši slikovni šum je za vizualno kakovost posnetka bolj pomemben kot višja optična ločljivost. Še zlasti »nevaren« je barvni šum (colour noise) v temnih delih posnetka. Barvni šum predstavljajo predvsem naključno razporejeni modri, zeleni in rdeči madeži.

Manjši ko so fotoelementi, manj svetlobe lahko »absorbirajo«, snemalno vezje pa mora signale bolj ojačati, s tem pa okrepi tudi parazitski šum. Snemalna vezja z večjimi fotoelementi zato povzročajo manj šuma. Pri isti geometrijski ločljivosti torej večja vezja, pri isti velikosti pa vezja z manj fotoelementi, kar je še zlasti očitno pri splošni občutljivosti nad ISO 400/27. To pravilo pa je zelo splošno, ker je slikovni šum odvisen tudi od učinkovitosti slikovnega procesorja oziroma numeričnih filtrov za njegovo zmanjševanje.

- ✓ **Belo ravnovesje:** digitalna kamera ugotavlja belo ravnovesje z merjenjem barvne temperature svetlobe, ki osvetljuje zeleni motiv: barvo te svetlobe privzame kot belo oz. nevtralnno barvo in temu prilagodi procesiranje posnetih barvnih učinkov. Nevtralnno sivo površino, svetlo ali temno, mora kamera vedno upodobiti nevtralnno, ne glede na to, s kakšno svetlobo je osvetljena: sončno, z navadno žarnico, fluorescenčno žarnico ipd. Da bi bila digitalna fotografija v vseh svetlobnih razmerah barvno uravnovešena, brez prevladujočih barvnih odtenkov, da bi sive barve motiva upodobila kot sive barve tudi na fotografiji, njen slikovni procesor pred vsakim posnetkom poišče in določi belo ravnovesje. Delovanje te funkcije preskušajo z odstopanjem barvnih vrednosti RGB glede na predlogo: če se pri različnih svetlobnih razmerah popolnoma ujema, dosega kamera popolno belo ravnovesje, sive barve motiva so sive barve tudi na posnetku. Snemajo sivi (nevtralni) stopnjasti klin v različnih svetlobnih razmerah. Izmerjene barvne opise RGB polj sivega klina primerjajo z barvnimi opisi RGB posnetih polj in iz teh vrednosti računajo barvne razmike delta RGB. Če avtomatika deluje pravilno, niti med posnetimi klini niti med posameznimi polji ni bistvenih razlik. Vendar se dogaja, da se siva polja s sredine tonske lestvice upodobijo nevtralnno sivo, kar pa npr. ne velja za svetlo ali temno siva polja, ki imajo lahko kakšen prevladujoč barvni odtenek. Vrednotiti je treba torej ves sivi stopnjasti klin, ne le posameznih sivih (nevtralnih) polj.
- ✓ **Splošno občutljivost** digitalne kamere določajo po standardu ISO 12232, ki dopušča izbiranje med različnimi cenilkami. Ena od možnosti je, da jo odčitajo iz datoteke, posnete fotografije torej. Odčita se ekspozicija, ko kamera oz. snemalno vezje doseže nasičenje fotoelementov (popolnoma bela barva). Po drugi metodi se uporablja postopek, primerljiv z določanjem splošne občutljivosti klasičnih fotomaterialov.
- ✓ **Upodabljanje barv** določajo s snemanjem barvne tablice Gretag Macbeth na sliki 7.15. Na 240 poljih tablice merijo barvni razmik med zelenimi in reproduciranimi barvnimi učinki, pa tudi odstopanja v barvitosti, svetlosti in nasičenosti.

Ni lahko in preprosto določiti vizualne kakovosti posnetka, še zlasti ne z različnimi merilnimi metodami; brez zadrege pa lahko izmerijo, kako posneti barvni učinki odstopajo od tistih na dani barvni tablici. V ta namen uporabljajo barvno tablico Gretag Macbeth Color Checker DC, ki ponazarja barve naravnih motivov. Ne določajo zgolj barvnih razmikov ΔE (delta E) med originalnimi in posnetimi barvami, temveč tudi parcialne razmike nasičenosti, svetlosti in barvitosti. S temi cenilkami ocenjujejo, kako slikovni procesor obravnava barvne učinke in kakšana so odstopanja od zelenih vrednosti.



Slika 7.15 Barvna tablica za preskušanje digitalnih kamer Gretag Macbeth DC.

- ✓ **Vinjetiranje** pomeni, da je slika v vogalih temnejša kot na sredini. To se izraža predvsem pri enobarvnih površinah, kot je na primer modro nebo. Če je razlika svetlosti več kot 20 odstotkov, kamera ni dovolj precizna. Določajo ga pri širokokotnem in teleobjektivu oziroma pri treh goriščnih razdaljah zum objektivov, ki so nastavljeni na neskončno. Pri tem snemajo z Ulbrichtovo kroglo popolnoma enakomerno (difuzno) osvetljeno mlečno steklo.
- ✓ **Geometrično ukrivljenje** pomeni, da kamera po robovih krivi ravne linije navzven ali navznoter, zato ta pojav imenujemo tudi blazinasto ukrivljenje. Kamere, pri katerih je ukrivljenje večje kot odstotek, niso dovolj natančne. Določajo ga pri širokokotnem in teleobjektivu.
- ✓ **Razmerje upodobitve**; številne digitalne kamere lahko snemajo makroposnetke. Resnično razmerje teh posnetkov določajo tako, da pri najkrajši oddaljenosti, pri kateri se kamera še lahko izostrí, posnamejo milimetrsko merilo; nato podajo najmanjši format (širino × višino), ki ga kamera posname.
- ✓ **Vključitveni čas** pove, koliko časa potrebuje kamera, da je pripravljena za prvi posnetek, ki pa mora biti čim krajši.

- ✓ **Prožilni čas** pove, kako dolgo traja, da kamera posname motiv, potem ko pritisnemo na prožilo. V tem času mora fokusirati objektiv, izmeriti in določiti pravo ekspozicijo, belo ravnovesje in procesirati še vse druge podatke.
- ✓ **Snemalni čas** pove, koliko posnetkov v najboljšem formatu JPEG lahko kamera naredi v eni sekundi, in koliko časa traja, da se vmesni pomnilnik napolni s serijsko posnetimi fotografijami.
- ✓ **Izpad slikovnih točk**; na snemalnem vezju je vedno nekaj pokvarjenih fotoelementov. Če jih ni preveč, kamera to zadrego obvlada z interpolacijo pri procesiranju pikslov, sicer pa se pojavijo vidne pomanjkljivosti. Na snemalnem vezju sme biti največ 1/1000 pokvarjenih fotoelementov.
- ✓ **Minimalni kontrast za avtofokus** pove, v kako temnem prostoru kamera še lahko samodejno ostri sliko.
- ✓ **Osvetlitev bliskavice** pove, kako enakomerno ta osvetli sceno.
- ✓ **Poraba energije** mora biti seveda čim manjša, da bi z enim polnjenjem baterij posneli čim več motivov.



Slika 7.16 Preskušanje digitalne kamere v laboratoriju. Z opisanimi preskusi so na primer ugotovili, da večina klasičnih, analognih objektivov ni primerna za digitalno fotografijo z zrcalnorefleksnimi kamerami. Do tega prihaja zlasti zato:

1. ker je ločljivost analognih objektivov na robovih slike mnogo nižja od ločljivosti snemalnega vezja; to je še posebej opazno pri kamerah, kjer velikost vezja ustreza velikosti mašloslikovnega fotomateriala (leica 36 × 24 mm);

2. ker analogni objektivni niso prilagojeni velikosti snemalnega vezja; majhna vezja imajo zelo majhne fotoelemente, veliko geometrično ločljivost torej, ki je mnogo večja od ločljivosti analognega objektivna;
3. ker je pred slikovnim senzorjem toplotni IR in še kakšen filter, ki povzroča nenatančno avtomatično fokusiranje; ta ugotovitev pa ne velja zgolj za neprimerne analogne objektivne, marveč tudi za primerne in celo za optimirane digitalne objektivne. Slabo fokusirane fotografije povzročajo tudi slabo nastavljeni avtofokusni senzori, preohlapne tolerance pri proizvodnji objektivov, ukrivljenost snemalnega vezja, decentrirana optika ipd.

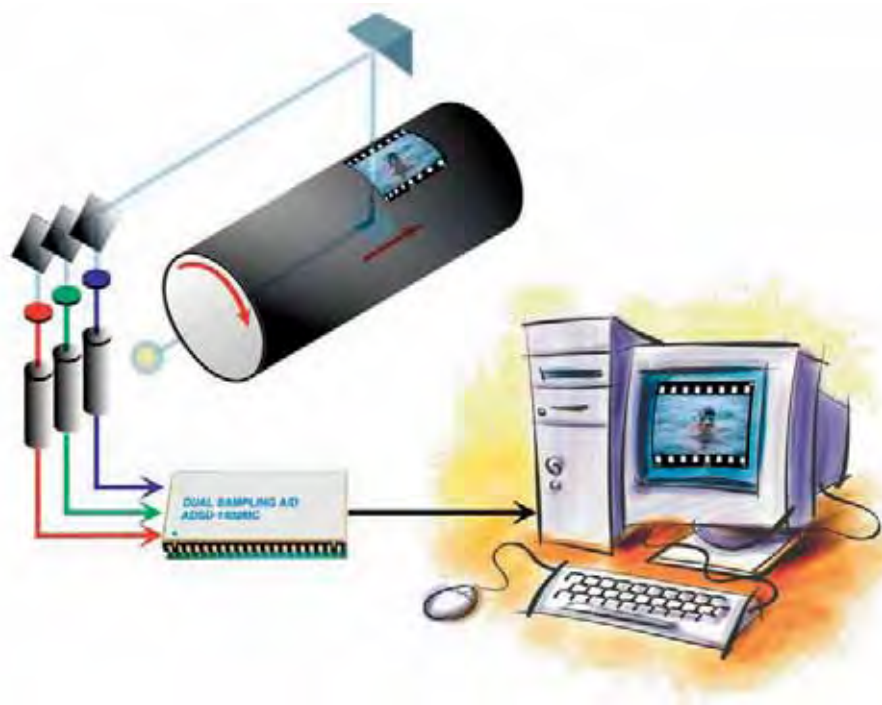
7.1.5 Digitaliziranje fotografij (slik)

Izjemen tehnični napredek na področju vizualnega komuniciranja, zlasti upodabljanja slik, je v prvih letih tisočletja povzročil, da je postala domena digitalne fotografije tudi skeniranje klasičnih fotografij v vseh oblikah: negativov, diapozitivov ali slik. Če namreč želimo slike prikazovati na zaslonih ali z digitalnimi projektorji, če jih želimo modulirati z računalnikom in natisniti s tiskalnikom, jih moramo digitalizirati: s skenerjem pretvoriti v ustrezno število pikselov. Poznamo dve vrsti skenerjev: bobnaste (*drum scanner*) in ploske (*flat-bed scanner*).

Bobnasti skenerji zagotavljajo vrhunsko reprodukcijsko kakovost, potrebno za izdelavo katalogov, koledarjev, prospektov, vrhunsko tiskanih revij ipd. So pa to zelo drage in okorne naprave, ki zahtevajo tudi vrhunsko usposobljene operaterje. Lahko bi rekli, da so uporabniško neprijazni in imajo pomembnejšo vlogo le v digitalni grafični pripravi (slika 7.17). V digitalni fotografiji so primerni le uporabniško prijazni, cenovno dostopni, a vseeno dovolj kakovostni ploski skenerji, ki bi jih lahko imenovali tudi optični ali foto snemalniki.

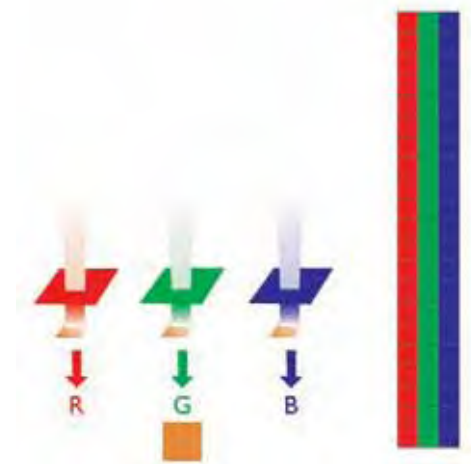
Ploski skenerji sliko običajno digitalizirajo s snemalnim vezjem v vrstični, to je linearni obliki; sliki 7.18 in 7.19. V tem vezju so tri vrste fotoelementov: prvi odčitujejo rdeči, drugi zeleni in tretji modri del barvnega dražljaja, ki ga v dani slikovni točki reflektira predloga. Skener vse tri signale pretvori v barvni model RGB, ki nedvoumno opisuje barvo posnete slikovne točke. Spektralno občutljivost fotoelementov v slikovnem vezju navadno dosežejo z optičnimi filtri rdeče, zelene in modre barve, zato se pri skeniranju zelo pogosto pojavi metamerizem: vizualno enake barve na različnih predlogah skener »vidi« *različno*; slika 7.19.

Desno zgoraj slika 7.17 Bobnasti skener skenira vse točke predloge z enim samim točkovnim virom svetlobe in z enim samim fotoelementom, točneje fotopomnoževalko. Predloga je napeta na prozornem bobnu; medtem ko se vrti, se točkovni vir svetlobe premika vzdolžno; skeniranje poteka v obliki spirale, kot pri telefotonapravi (na njeni podlagi so pravzaprav razvili skenerje za grafično pripravo). En sam vir svetlobe in ena sama fotopomnoževalka zagotavljata vrhunsko kakovost posnetkov.



Slika 7.18 Ploski skenerji digitalizirajo predlogo z linearnim vrstičnim vezjem, ki hkrati s svetilko potuje vzdolž predloge. Svetlobni vir v svetilki je zelo natančna fluorescenčna žarnica s hladno svetlobo, tako da ne pride do segrevanja. Osvetljena slika se skozi optični sistem projicira na vrstično vezje, ki ga premika koračni pogon; pri vsakem koraku se posname in v piksele pretvori ena linija slike. Ko program v računalniku eno za drugo sestavi vse skenirane vrste, lahko na monitorju upodobi in v spomin shrani celo sliko.

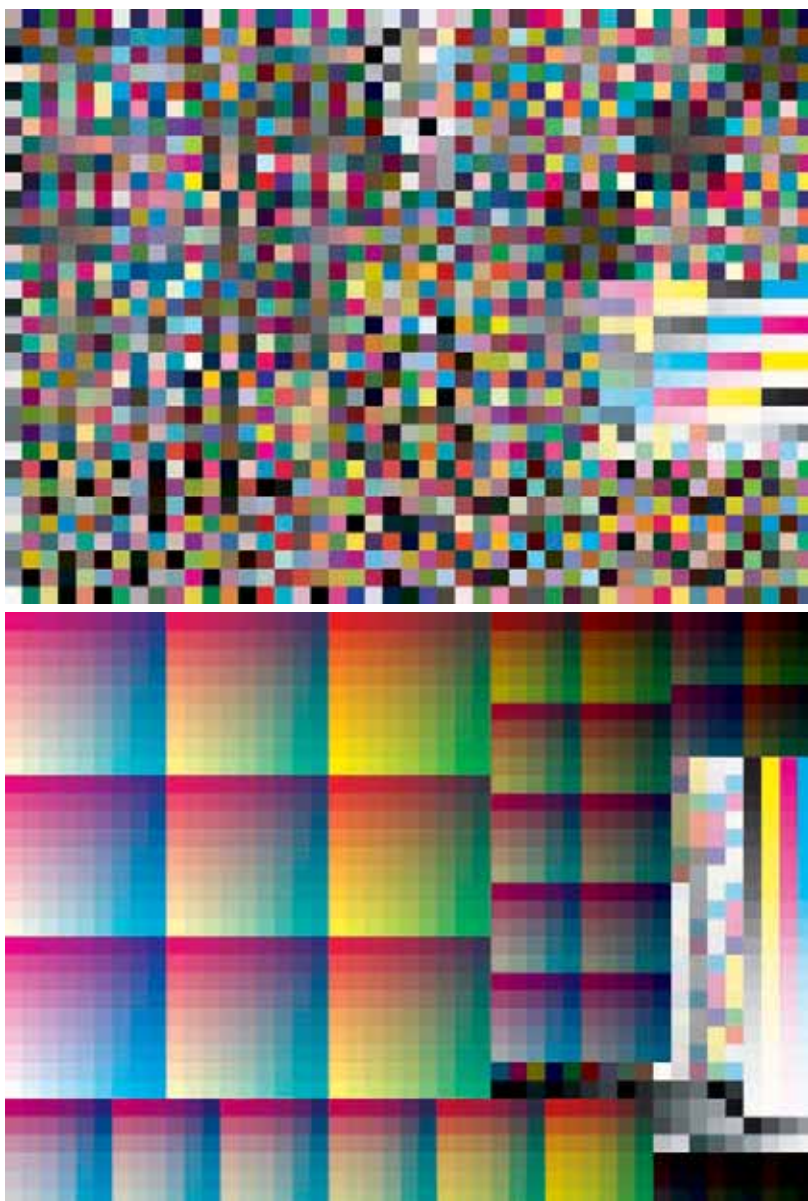
Slika 7.19 Fotoelementi, ki so v vrstičnem snemalnem vezju pokriti z rdečimi filtri, snemajo delež rdečih primarnih dražljajev R; tisti, ki so prekriti z zelenimi, snemajo delež zelenih G, tisti, pred katerimi je moder filter, snemajo delež modrih B. Po načelu aditivnega mešanja vsi trije tvorijo enovit numerični barvni opis danega piksla, kar omogoča upodabljanje na monitorju in poljubno modulacijo njegove barve.



Najpomembnejše značilnosti skenerjev so:

- ✓ **Dinamični obseg** po standardu ISO 21550, ki pove, kakšna je razlika med najsvetlejším in najtemnejšim tonom predloge, ki ga skener prepozna in upodobi na digitalni reprodukciji. Dinamični obseg skenerja za snemanje diapozitivov mora biti precej večji kot tisti za snemanje fotografij ali tiskovin. Dinamični obseg določajo s snemanjem sivih klinov na različnih vrstah predlog. Vrednoti se z optično gostoto D med najtemnejšim in najsvetlejším poljem klina. Dober skener doseže D nad 3,50.
- ✓ **Kontrastni obseg Dmax** po standardu ISO 21550 pove, kako temne dele predloge skener še lahko posname, ne da bi prišlo do slabega upodabljanja risbe in slikovnega šuma. To je najvišja, še prepoznana optična gostota. Da bi skener dobro posnel risbo v temnih delih predloge, mora biti kontrastni obseg Dmax precej višji od dinamičnega. Dober skener doseže Dmax nad 3,90. Dmax je optična gostota tistega polja, ko je razmerje med informacijskim signalom in šumom 1.
- ✓ **Slikovni šum pri D = 2,85**; podatek v tem primeru pove, kakšno je razmerje med informacijskim signalom in slikovnim šumom ali neželenimi motnjami. Dober skener dosega vrednosti nad $2 S/N_x$.
- ✓ **Optična ločljivost** po standardu ISO 16067; optična ločljivost tudi tu ni brezpogojno odvisna od geometrične ločljivosti v fotoelementih (zmotno pikslah) na dolžinsko enoto (ppi, ppc). Število fotoelementov v snemalnem vezju je v tem primeru namreč le eden od številnih dejavnikov, ki odločajo o tem, kako skener ločuje in upodablja podrobnosti. Enako vlogo imajo tudi kakovost optike, avtofokusa, ravnoležnost predloge, programska podpora in še kaj. Optično ločljivost ugotavljajo s snemanjem preskusnih vzorcev in mozaičnih struktur, da ugotovijo, koliko linijskih parov skener še prepozna na dolžinsko enoto. Dober skener doseže snemalno ločljivost nad 3400 ppi.
- ✓ **Preciznost barvne reprodukcije delta E**; kakovosten skener mora barve fotografske predloge reproducirati tako, da niso potrebne obsežnejše korekture na računalniku, kar se najlaže ugotovi s skeniranjem barvne tablice za barvno upravljanje

po standardu ISO 12642. Pri tem primerjajo dosežene barvne vrednosti vsakega polja z želenimi in izračunajo barvne razmike delta E. Običajno vrednotijo povprečni barvni razmik vseh polj na tablici; slika 7.20. Dober skener doseže povprečno delta E pod 7,00.



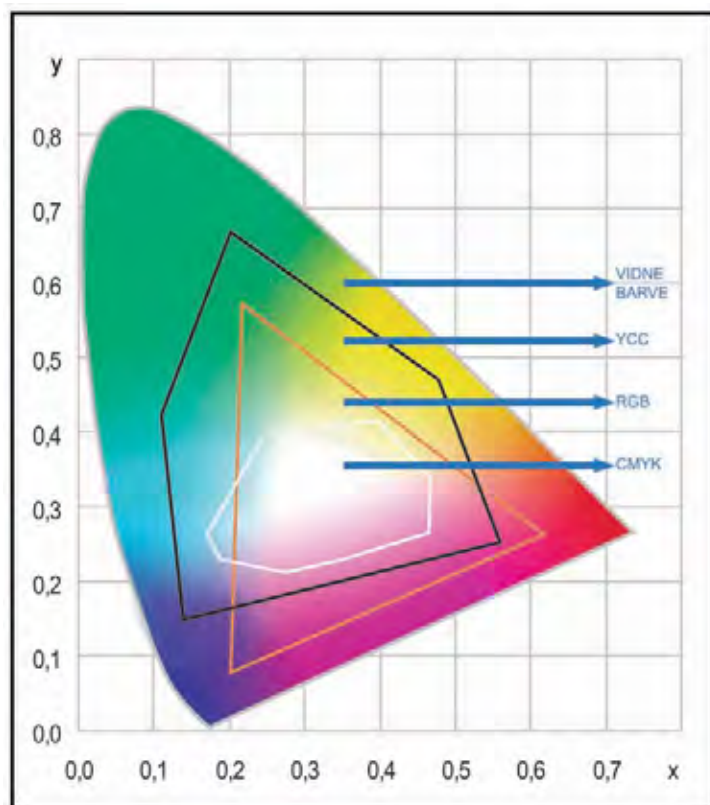
Slika 7.20 Pomanjšana podoba barvne tablice po standardu ISO 12642 (ECI 2002) s 1485 naključno ali vizualno razvrščenimi polji. Barvni razmiki delta E med želenimi in upodobljenimi barvami so merilo za kakovost barvne reprodukcije.

- ✓ **Enakomernost osvetljenosti;** merijo enakomernost osvetljenosti vsega snemalnega polja. Dober skener ima enakomernost višjo kot 98 odstotkov, ne sme pa biti nižja kot 80 odstotkov.
- ✓ **Globinska ostrina;** s posebno tridimenzionalno tablico določajo območje nad snemalnim poljem, ko skener še skenira ostro; običajno znaša okoli 2 milimetra.
- ✓ **Dimenzijsko odstopanje;** določajo, kako zelo skener popači geometrijske dimenzije predloge. Odstopanja ne smejo biti večja kot 5 odstotkov.
- ✓ **Upodabljanje barv;** sodobni skenerji so namenjeni za skeniranje fotografij, negativov, diapozitivov pa tudi tiskovin na različnih podlagah oz. iz različnih materialov. Vsaka od teh predlog je nova naloga za skener. Pri skeniranju barvnih negativov mora namreč skener prepoznati oranžno masko (glej barvno fotografijo), pretvoriti komplementarne barve in avtomatično izničiti prevladujoče barvne odtenke ne glede na vrsto fotomateriala. Kako uspešen oz. uporabniško prijazen je skener v takih primerih, je mogoče ugotoviti zgolj s presojanjem po vizualnih dejavnikih, še zlasti, ker za take preizkuse ni na voljo nikakršnega standarda.
- ✓ **Prekrivanje slikovnih točk;** če skenirano sliko močno povečamo na robovih njene risbe, pogosto opazimo barvne strukture, ki nastajajo zaradi slabega prekrivanja pikslov modrega, zelenega in rdečega barvnega izvlečka. Napaka ne sme biti večja kot 0,1 odstotka nominalne ločljivosti, večinoma ne več kot 1,7 piksla.

Amaterski in polprofesionalni skenerji navadno ne zmorejo posneti vseh barv, ki so na predlogi, zlasti ne tistih z diapozitivov; to omogočajo bodisi visokokakovostni grafični skenerji bodisi skeniranje v pooblaščenih fotolaboratorijih s profesionalno opremo. Z njo lahko skenirajo vse barve, ki so na kateri koli fotografski predlogi, digitalizirane slike pa brez izgub shranijo na optične plošče CD. Za ta namen uporablja Kodak datotečni format ImagePac in barvni prostor PhotoYCC, ki kodira barvne učinke s katerega koli barvnega negativa ali diapozitiva; slika 7.21.

Navedene ločljivosti brez težave dosežemo pri skeniranju negativov ali diapozitivov z malslikovnim skenerjem, dandanes pa ne povzročajo nobenih težav niti pri skeniranju s ploskimi skenerji. Z njimi lahko digitaliziramo skoraj vse vrste predlog, ne le fotografskih.

Če ni na voljo niti digitalne kamere niti primernega skenerja, prepustimo digitaliziranje fotolaboratoriju. Ta izdelava Kodak Photo CD ali Foto CD. Na prvem je slika zapisana pri ločljivosti od 128×192 pikslov do 4096×6144 pikslov za profesionalno uporabo. Na drugem so slike shranjene zgolj za amatersko uporabo v enem samem formatu, navadno 1024×1536 pikslov. Pogosta so tudi imena Image-CD, Picture-CD, Pix-CD ... Tako optično ploščo izdelajo takoj po razvijanju negativa barvnega filma, ko je ta še nerazrezan in v enem kosu (zvitku). Negative digitalizira zmogljiv skener, računalnik pa jih shrani na optično ploščo. Foto-CD lahko naročimo samo hkrati z razvijanjem negativnega filma, diapozitivi niso primerni.



Slika 7.21 Barvni prostor PhotoYCC lahko opiše vse barvne učinke s katere koli fotografske predloge. Precej večji je kot barvni prostor ofsetnega tiska ali barvni prostor monitorjev RGB, čeprav ne more opisati nekaterih barvnih učinkov, ki jih monitorji sicer lahko upodobijo.



Slika 7.22 »Pridobivanje« digitalnih slik. Na voljo imamo številne možnosti. Najelegantnejše je vsekakor snemanje z digitalno kamero, ki je brez računalnika skoraj neuporabna. Presoditi je treba le, kakšna naj bo slikovna ločljivost; smotno je, da vedno snemamo pri največji ločljivosti, ker ne vemo, za kakšen namen bomo potrebovali fotografije v prihodnje. Za zelo dobro fotografijo 10×15 centimetrov potrebujemo namreč 1200×1600 ali 1,2 milijona pikslov, za format 13×18 centimetrov že 3 milijone, za sliko v formatu A4 pa 4 do 5 milijonov pikslov. Če želimo iz digitalne slike v trikromatskem osvetljevalniku izdelati kakovosten diapozitiv ali negativ, moramo računati z 2732×4096 ali približno 11 milijoni pikslov, kar zadostuje tudi za fotografijo v formatu A3.

7.1.6 Digitalni slikovni formati

Digitalni dokument, tudi vsaka digitalna slika, je množica binarnih podatkov, ki predstavljajo slikovne elemente – piksele – in upodablja besede, grafike, fotografije ipd. Binarni podatki so shranjeni različno; razlikujeta se ureditev in organizacija podatkov. Kako morajo biti binarni podatki urejeni in shranjeni v digitalnem dokumentu, določa datotečni, bolj specifično slikovni format (angl. *File formats, Image formats, Digital file formats*).

Znanih je približno petdeset različnih slikovnih formatov: RAW, JPEG, TIFF, PICT, GIF, BMP, EPS, PDF, PSD idr. V digitalni fotografiji so značilni predvsem prvi trije, druge uporabljajo aplikacije v grafični pripravi ali internetu. Digitalna fotografija na primernem spominskem mediju pa ne vsebuje zgolj barvnih informacij vsakega piksla, marveč še informacije o geometrijskem formatu slike, barvnem prostoru oz. modelu, pa tudi podatke o tem, kako je bila slika posneta. To so tako imenovani podatki **Exif** o modelu digitalne kamere, objektiva in izbrani goriščni razdalji, zaslonki, osvetlitvenem času, belem ravnovesju, splošni občutljivosti, uporabljenih korekturah, tudi o izvedbi (verziji) slikovnega procesorja v kameri (*firmware*). V primerjavi s piksli ti podatki ne zavzemajo prav veliko spominskega prostora. Fotografija z več slikovnimi elementi logično vsebuje tudi več informacij: tista, ki ima pet milijonov pikselov s 24-bitnim barvnim obsegom, zavzema 14,4 MB ali 120 milijonov bitov. Da bi na spominski medij zapisali kar največ podatkov in da bi bili procesni časi čim krajši, slikovni procesor posneto fotografijo zgosti, stisne ali kompresira. S tem se zmanjša velikost shranjene datoteke, medtem ko ima z računalnikom upodobljena slika originalno velikost – informacijsko zmogljivost. Glede na vrsto kompresije in izbrane nastavitve lahko kamera posnetke shranjuje brez slikovnih izgub ali z njimi; v prvem primeru procesor izpušča zgolj redundantne (dvojne) podatke. V drugem izpušča in krči tudi slikovne podatke, zato se spominske zahteve precej zmanjšajo, žal pa pride tudi do upodobitvenih izgub. Te so dopustne, dokler ne postanejo na reprodukciji vizualno opazne in moteče. Tudi to je odvisno od vrste kompresije, izbranih nastavitvev, vendar tudi od vrste motiva; nekatere motive smemo kompresirati bolj kot druge.

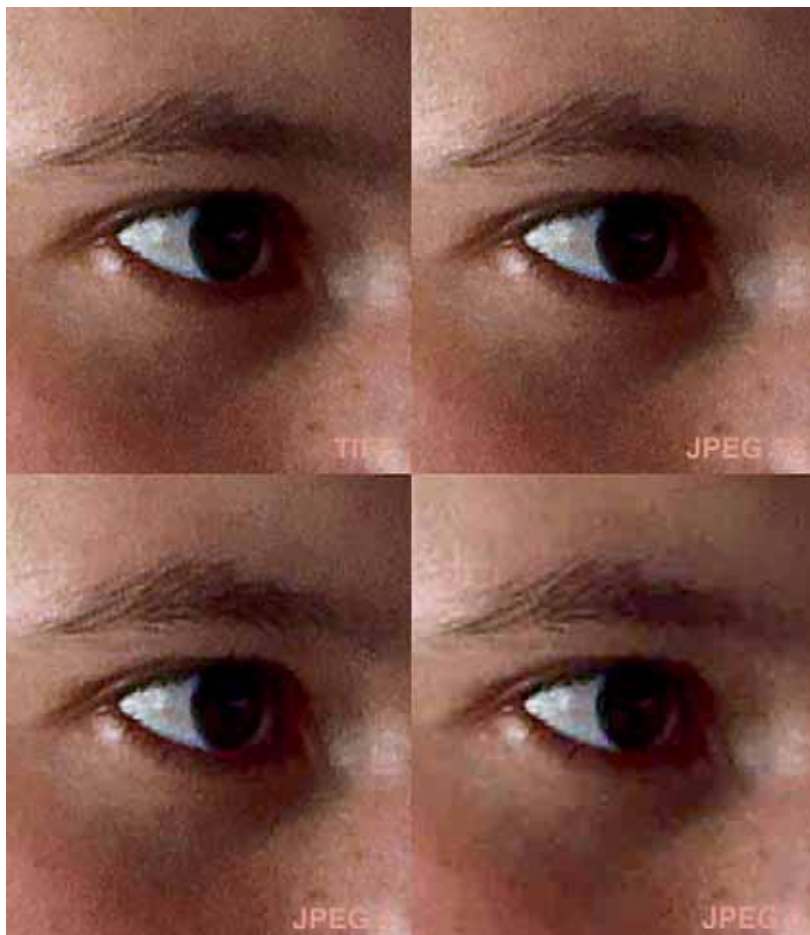
Slikovna kompresija je mogoča zato, ker so barvne vrednosti shranjene v obliki binarnih števil. Kompresijski algoritmi (matematične formule, programi) analizirajo barvni opis določenega piksla in poiščejo v sliki tudi vse tiste, ki imajo podobnega. Vsem tem pikslom potem pripišejo ista binarna števila. Pri tem seveda nastajajo napake: večja ko je kompresija, manjša je datoteka in slabša je kakovost. Vedeti je treba, da shranjenih komprimiranih datotek ne moremo več restavrirati v prvotno obliko. Slikovne informacije so za vedno izgubljene. Razmerje med stopnjo zgoščevanja in izgubo kakovosti določa kompresijsko razmerje (*compression ratio*), ki ga moramo izbrati glede na predvideno uporabo slike.

Najbolj znan format za shranjevanje kompresiranih slik je JPEG (Joint Photographic Experts Group) v najsodobnejši izvedenki JPEG 2000. Kompresijsko razmerje lahko nastavljamo od 2 : 1 za kompresijo skoraj brez izgub (*non-lossy compression*), do 12 : 1 za kompresijo z opazno izgubo vizualne kakovosti (*lossy compression*). Algoritmi za kompresijo brez izgub so še LZW (*Lempel-Ziv-Welch*) in RLE (*Run-Length-Encoding*).

- **Compression:** zgoščevanje, stiskanje podatkov s programskimi algoritmi, ki število binarnih števil v digitalnih datotekah zmanjšajo tako, da odstranijo odvečne informacije (redundantnost, zalihost, dvojnost). Kompresija zmanjša velikost datotek, temu primerno pa tudi procesne čase, spominske zahteve in prenosne čase pri telekomuniciranju.
- **Compression ratio:** kompresijsko razmerje določa, kako močno naj bo datoteka zgoščena, koliko podatkov se bo izgubilo. Velika kompresijska razmerja zmanjšajo velikost datoteke tudi v razmerju 100 : 1, zato pa pride do velikih izgub slikovne kakovosti. Običajna kompresijska razmerja so okoli 8 : 1 do 15 : 1.
- **Lossy:** izraz, ki označuje kompresijo slikovnih podatkov, pri kateri pride do vidnih izgub kakovosti, zato pa proizvede zelo majhno datoteko. Izgubljenih podatkov ni mogoče več restavrirati (obnoviti, znova pridobiti). Večje kompresijsko razmerje se odraža predvsem na upodabljanju podrobnosti in reprodukciji (točnosti) barv.
- **Non-lossy, lossless:** izraz, ki označuje kompresijo slikovnih podatkov, pri kateri skoraj ne pride do vidnih izgub slikovne kakovosti, zato pa podatke zgoščuje le pri nizkih kompresijskih razmerjih, ne več kot 2 : 1. Ko aplikacija odpre brez izgub komprimirano datoteko, se obnovijo vsi izvirni podatki.

JPEG je izrazit 24-bitni slikovni format. Če želimo shraniti posnetke, ki jih kamera procesira, denimo z 48-bitnim barvnim obsegom, jih moramo shraniti v drugem formatu, najpogosteje TIFF ali RAW. Ne zadostuje, da večji barvni obseg podpira zgolj slikovni format, podpirati ga morajo tudi aplikacije (še le pri zadnjih izvedenkah Photoshopa z 48-bitnimi slikami ni več težav). Slik v formatu JPEG ne smemo vedno na novo shranjevati, ker v tem primeru vedno na novo nastanejo tudi slikovne izgube. JPEG 2000 je izpopolnjen postopek za kompresijo digitalnih slik; dodali so mu več barvnih kanalov (izvlečkov), povečali barvni obseg (barvno globino), razširili informacije v datoteki ter z novimi algoritmi povečali učinkovitost kompresije. V primerjavi s klasičnim JPEG so rezultati boljši predvsem pri višjih kompresijskih razmerjih; slika 7.23.

TIFF: *Tagged Image File Format* pravzaprav sploh ni datotečni format, ker se za njim skriva sistem za označevanje na različne načine strukturiranih slikovnih podatkov. Format oz. specifikacijo je leta 1986 uvedla programska hiša za grafično pripravo Aldus, prvenstveno kot zelo odprt in prilagodljiv format, s katerim je vse mogoče. To je tudi vzrok, da se zdaj veljavni format TIFF od leta 1992 ni prav nič spremenil, kar je zelo redek pojav v svetu računalništva. K maloštevilnim omejitvam tega formata sodi velikost datoteke 4 GB, ki pa še vedno zadostuje v večini primerov. Drugače lahko z njim opišemo in zapišemo skoraj vsako slikovno datoteko. V primerjavi s formatom JPEG lahko opisujemo in zapisujemo slike s 16-bitnim tonskim obsegom v vsakem kanalu (48-bitni barvni obseg). Ta format podpira slikovne ravnine (plastnice), številne barvne prostore (RGB, CMYK, Lab) in metode za kompresiranje. Prav vsestranskost tega formata pa žal vodi tudi do neskladij in zmot. Če kakšen program ali digitalna kamera definiranih oznak (**tagov**) ne razume ali jih razume samo delno, pride do napačne ali pomanjkljive upodobitve. Neznane oznake v skrajnih primerih vodijo celo do uničenja dokumenta. Na svetu ni programa, ki bi razumel pomen vseh možnih oznak.



Slika 7.23 Kompresija JPEG, ki nastane zaradi večkratnega shranjevanja, povzroči vidne slikovne izgube in vizualne napake. Slike v tem formatu smemo načeloma samo odpirati in zapirati brez shranjevanja (save). Za obdelavo jih bomo torej odprli, pretvorili v kakšen drug slikovni format, denimo TIFF, modulirali, potem pa prav na koncu pod drugim imenom spet shranili v JPEG. Posnetek zgoraj levo je skeniran z diapozitiva v modelu RGB in zavzema 12500 KBytov spominskega prostora. Pri kakovosti kompresije JPEG v Photoshopu 10 zavzema samo še 2300 KB (zgoraj desno); v primerjavi z izvornikom TIFF komaj opazimo razlike. Pri kakovosti 4 ima slika 310 KB (spodaj levo), napake so že dobro vidne, medtem ko zavzema slika pri kakovosti kompresije 0 samo 150 KB, vendar je posterizirana in neuporabna.

Da bi lahko kar največ aplikacij učinkovito uporabljalo slikovni format TIFF, so pripravili skrajšano (reducirano) izvedenko, tako imenovani temeljni format TIFF (*Baseline TIFF*). Obveznih je le 12 oznak z močno omejeno vsebino; barvni obseg je na primer omejen na 24-bitne slike, dopustna je zgolj kompresija brez izgub. V vsakem primeru oznaka 273 vsebuje slikovne podatke v enem samem velikem »paketu« (*bit map image data*). Slikovni format TIFF ponuja pravzaprav neomejene možnosti za različne razširitve in dopolnitve, ki pa gredo vedno na račun skladnosti (kompatibilnosti). Brez težav se za-

pišejo barvni izvlečki v procesnih barvah za tisk CMYK, velike slike se lahko razdelijo na večje ali manjše slikovne fragmente, brez težav se uporabljajo barvni prostori, kot npr. LAB ali YCbCr. Zapis v barvnem prostoru RGB lahko vsebuje dodatne informacije, kot je belo ravnovesje ali razmere pri snemanju. Med razširitve sodijo tudi različni kompresijski postopki, vključno JPEG.

Kdor misli, da je kakovost slik v formatu TIFF boljša kot JPEG, ker so brezizgubne ali sploh niso kompresirane, se moti, kajti tudi datoteke s končnico *.tif so lahko kompresirane z očitno opaznimi izgubami. Če v Photoshopu shranjujemo sliko TIFF, izbiramo med opcijami brez kompresije, LZW, JPEG ali ZIP. Če izberemo JPEG, se s stopnjo kompresije odločamo med kakovostjo in velikostjo slike, kar pomeni, da TIFF uporablja enake kompresijske metode kot JPEG. Kompresija LZW se imenuje po njenih izumiteljih: Lempel-Ziv-Welch. Kompresija LZW na podlagi nekomprimiranih podatkov pripravi nekak slovar (geslovník, pojmovnik): algoritmi LZW preiščejo podatke in razvijejo besedišče »slovarja«, ki je kodiran s čim krajšimi podatki. Ponavljajoči se podatki se kodirajo kot kazalke za že obstoječe vnose. S tem dosežemo skrčenje datoteke, ki je mnogo manjša od predloge. LZW deluje brez izgub, slikovnih podatkov prav nič ne spremeni, zato smemo kompresijo slik poljubno ponavljati. Slaba stran je, da pri slikah z razgibano barvno strukturo (številni piksli zelo različnih barvnih vrednosti) ta kompresija ni posebno učinkovita, ker algoritem ne najde dovolj enakih vrednosti, ki bi jih spremenil v kazalke. Fotografskih posnetkov skoraj ni mogoče gostiti na polovico.

Nekatere digitalne kamere lahko shranjujejo posnetke neposredno v formatu TIFF. Take slike so praviloma nekomprimirane, porabijo veliko spominskega prostora in se na medij zelo počasi shranjujejo, zato mora biti fotograf zelo potrpežljiv. Ker je barvni obseg omejen s 24 biti (8 bitov na barvni izvleček), v primerjavi s JPEG pri najboljši kakovosti nima nobenih bistvenih prednosti. Kdor uporablja nizke kompresijske stopnje v formatu JPEG, ne bo v primerjavi s formatom TIFF opazil skoraj nobene razlike, zato pa bo precej prihranil spominski prostor. Format TIFF pa je zato toliko bolj uporaben za shranjevanje slik med repomodulacijo, ker pri vnovičnem shranjevanju ne povzroča izgub: kdor odpre sliko v formatu JPEG in jo po repomodulaciji znova shrani v tem formatu (*save as*, ne pa tudi *save*), tudi na novo komprimira podatke, kar vsakič poslabša kakovost, čeprav se spominska poraba prav nič ne zmanjša. Kdor želi iz digitalne slike, ki jo je posnela digitalna kamera, iztiskati prav vse, uporablja »surovi« format, v zakup pa mora vzeti »komfort«, ki ga omogočata JPEG in TIFF.

RAW je oznaka »surovega«, tudi nativnega slikovnega formata digitalne kamere in ima glede na proizvajalca in tip kamere različne končnice: Canon CRW, CR2; Fuji RAF, Kodak DCR, Nikon NEF, Olympus ORF, Pentax PEF, Sigma X3F, Sony SRF.

Posnetki v surovem formatu so shranjeni tako, kot jih je zaznalo snemalno vezje in pretvoril analogno-digitalni procesor brez obdelave v slikovnem procesorju (!?). To po eni strani pomeni, da so v datoteki shranjene prav vse informacije, ki jih je kamera zaznala, po drugi pa, da to še ni dokončno posnela digitalna fotografija, ampak bi jo lahko primerjali golj z latentno sliko v analogni fotografiji.

Načeloma dajejo vsa slikovna vezja zgolj barvne informacije glede na ekspozicijo kakšnega fotoelementa, iz njih pa slikovni procesor v kameri ali na drugem računalniku izračuna slikovne elemente – piksele v barvnih izvlečkih. Zaradi neznanih ireverzibilnih algoritmov, ki temeljijo na nerazumljivih pravilih, zaradi kompresijskih izgub, vendar tudi zaradi specifičnih nastavitvev kamere (belo ravnovesje, kontrast, ostrenje, barvna ubranost) so ireverzibilni (nepovratni) tudi shranjeni posnetki. To pomeni, da vsi neoporečno kalibrirani monitorji enako upodabljajo posnete fotografije v formatih JPEG ali TIFF.

Surovi format slike ima izpuščene vse navedene obdelave slikovnih podatkov, zato pa tudi posnetek ni nedvoumno zapisan: ali je »bela« stena res nevtralna, morda rumenkasta, modrikasta ali celo rdečkasta, mora fotograf določiti pri vsakem odpiranju surovega posnetka na računalniku ali pa vse skupaj prepustiti standardnim nastavitvam njegovega konverterja RAW. Drugače nastavljen konverter seveda tudi drugače upodobi isti posnetek na monitorju. V surovem formatu namreč manjkajo informacije o že omenjenem belem ravnovesju, kontrastu, nasičenosti barv, ostrenju; vse to je treba določiti vsakič posebej. O vsem tem se fotograf lahko v miru odloči za računalnikom, eksperimentira z nastavitvami ali pa na koncu znova vse prepusti avtomatiki. Napačno nastavljeno belo ravnovesje na kameri lahko izniči reprodukcijsko kakovost posnetka v formatih TIFF ali JPEG (to poznamo iz vsakodnevne prakse). Enako napako na računalniku takoj opazimo; ta ne prizadane digitalnega izvirnika, marveč samo njegovo kopijo v formatih TIFF ali JPEG.



Slika 7.24 *Bela ni bela. Vsako od štirih polj ponazarja isto belo površino pri različnih osvetlitvah: z dnevno belo svetlobo okoli 5000 K (1), z volframovo žarnico, ki daje rumenkasto svetlobo z barvno temperaturo približno 2700 K (2), s fluorescenčno žarnico z rahlo vijoličasto svetlobo (3) in na sončen poletni dan v senci s svetlobo modrega neba pri 9000 K (4). Vsa štiri polja oko zaradi barvne konstance zazna kot belo barvo in načeloma mora z avtomatičnim belim ravnovesjem enako storiti tudi digitalna kamera. Če avtomatika deluje slabo, so posnetki barvno neubrani. To rešujejo z ročnim nastavljanjem belega ravnovesja ali s predprogramiranim belim ravnovesjem za različne vrste svetlobe. Slika zaradi pogojne enakosti (metamerije) tiskanih reprodukcij ne more biti referenčni primer, marveč ponazarja le belo ravnovesje.*

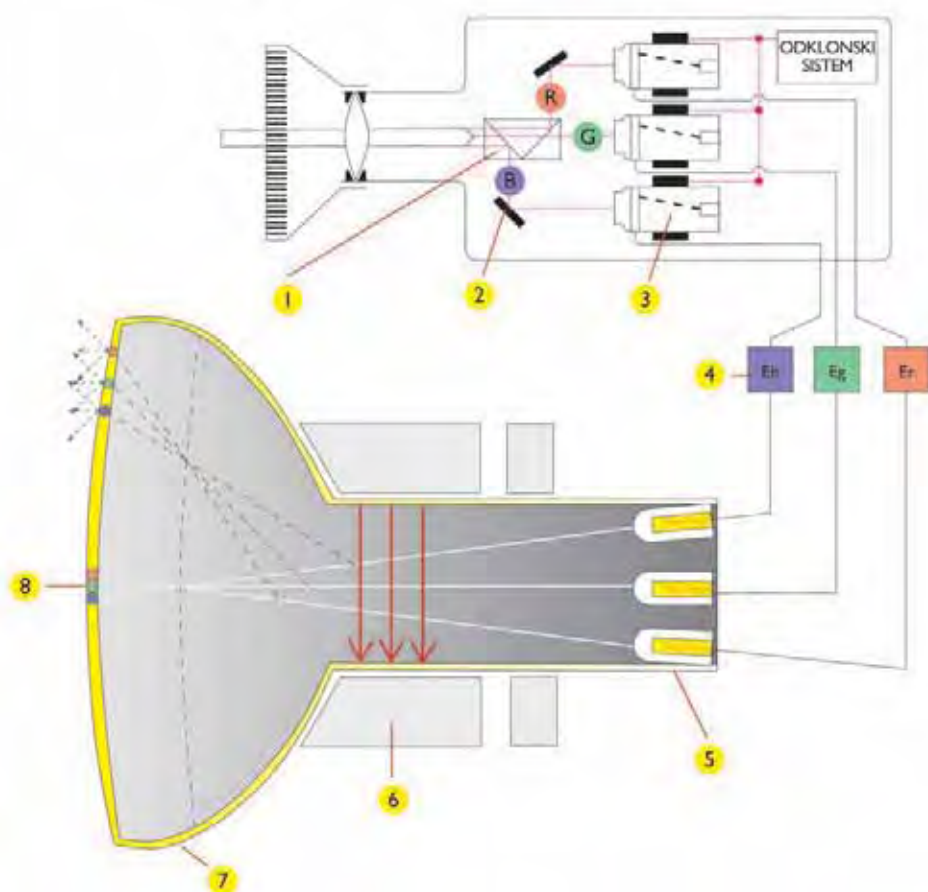
Surovi slikovni format ponuja torej več svobode in eksperimentiranja z moduliranjem posnetka, ne da bi prišlo do izgub ali poškodb izvirnika. Vendar je slikovna ločljivost surovih posnetkov manjša; vemo, da kamera optično posname vsak tretji piksel barvnega izvlečka; manjkajoče s primerno interpolacijo izračuna slikovni procesor. Slikovna ločljivost pri surovem formatu torej ni nedvoumno določena.

Po standardu ISO 12231:2005 Photography – Electronic still picture imaging – Vocabulary je surovi slikovni format digitalne kamere (*RAW DSC – digital still camera – image data*) definiran s slikovnimi podatki, ki jih proizvede digitalna kamera brez procesiranja, razen analogno-digitalnega pretvarjanja in naslednjih korekcij: linearizacije, toka zatemnitve (slikovni šum), splošne občutljivosti, belega ravnovesja (tako da ima izbrana bela barva enake vrednosti RGB ali nobene kromatičnosti), rekonstrukcije manjkajočih pikselov brez barvne transformacije.

- Surovi formati RAW niso standardizirani, zato je smotrno, da jih ob formatih TIFF ali JPEG za izjemne projekte uporabljajo samo poznavalci.
- Posnetke v formatu JPEG podpira skoraj vsaka digitalna kamera in vsaka aplikacija. Najprimernejši je za arhiviranje, pošiljanje po elektronski pošti in za uporabo na svetovnem spletu. Manj primeren je za grafične motive, ker na stičnih linijah nastanejo moteči artefakti. Iste slike nikakor ne smemo večkrat shranjevati v tem formatu, ker se zaradi vedno novega kompresiranja vsakič poslabša upodobitvena kakovost. Temu se izognemo s TIFF-kopijo originalne slike.
- TIFF je primeren je za shranjevanje kompresiranih slik brez izgub, zato ohrani več detajlov v kritičnih delih posnetka, kot so svetlobne konice in globine. Med najbolj kakovostnimi slikami JPEG in TIFF je komaj kakšna opazna razlika. Bolj izrazna je, če shranjujemo 48-bitne TIFF-e in če seveda aplikacije podpirajo upodabljanje in moduliranje slik z 281 bilijoni barv. Procesiranje datotek v formatu TIFF je na splošno počasnejše kot tistih v formatu JPEG. Tudi format TIFF podpirajo skoraj vse aplikacije, težave nastanejo le s posebnimi vrstami tega formata, npr. s shranjenimi slikovnimi fragmenti.
- Shranjevanje slik v surovem formatu RAW omogočajo samo profesionalne digitalne kamere. Shranjene slikovne podatke ne modulira slikovni procesor v digitalni kameri, marveč ustrezna aplikacija na računalniku, tako da fotograf lahko popolnoma nadzoruje vse postopke. Surovi formati niso standardizirani, marveč specifični glede na model kamere, temu pa mora biti prilagojena tudi programska oprema. Format RAW (še) ni standardiziran, zato ni zanesljiv (lahko se primeri, da sedanjih surovih posnetkov v prihodnosti sploh ne bo mogoče več uporabiti).

7.2 Barvna televizija in monitorji

Barvna televizija upodablja barvne učinke na podlagi optičnega mešanja. To pomeni, da v oko prihajajo posamični primarni barvni dražljaji, ki na retini povzročajo nastajanje primarnih barvnih učinkov, vendar tako hitro, da tega ne opazimo, oziroma da se po aditivnem načelu mešajo v enovit barvni učinek. Do tega pride zaradi ločilne sposobnosti in sposobnosti zaznavanja (persistence) očesa. Primarne barvne dražljaje moduliramo z jakostjo elektronskega žarka v katodni cevi, tako da dobimo na televizijskem zaslonu tri primarne svetlobne vire, ki oddajajo modre, zelene in rdeče barvne dražljaje različnih jakosti. Iz navedenega sledi, da moramo tehnologijo črno-bele televizije prilagoditi tri-kromatskemu načelu barvne reprodukcije; slika 7.25.

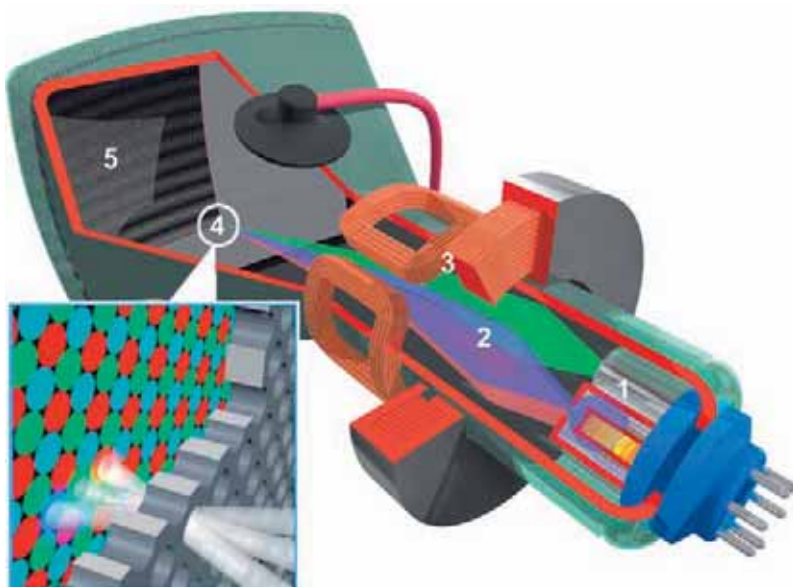


Slika 7.25 Televizijska kamera in sprejemnik za trikromatsko reprodukcijo barvnih učinkov: zrcalo (1), snemalne cevi (2), elektronski barvni izvlečki (3), krmilne elektrode oz. elektronski topovi (4), odklonski sistem (6), luknjičasta maska (7), luminiforji (8).

V barvni televizijski kameri so tri snemalne cevi, torej trije elektrofotografski zasloni in trije elektronski žarki za odčitavanje. Ko pride barvni dražljaj skozi objektiv kamere, se najprej razkloni na svoje sestavne komponente. Če je to bela svetloba, se razkloni na modro, zeleno in rdečo komponento. Razklonjeni barvni dražljaji potujejo prek zrcal in modrega, zelenega in rdečega barvnega filtra do treh elektrofotografskih zaslonov, kjer nastane moder, zelen in rdeč **barvni izvleček**. Proces, ki sledi, je enak tistemu pri črno-beli televiziji, le da namesto enega dobimo tri sinhronne električne signale. Ti signali simulirajo barvne izvlečke na elektrofotografskih zaslonih. Označujemo jih z Eb, Eg, Er in vodimo v slikovno cev, vsakega do njegove krmilne elektrode.

V barvni, to je trikromatski slikovni cevi so trije elektronski topovi, tako da fluorescenčni zaslon hkrati preletavajo trije elektronski žarki. **Trikromatski fluorescenčni zaslon** tvorijo modre, zelene in rdeče fluorescenčne točke; na zaslonu so razporejene v obliki satovja oziroma mozaika; sliki 7.24, 7.25. Izdelane so iz luminiforjev, snovi, ki lahko oddajajo vidno svetlobo, ne da bi se segrele. Rdeče tvori itrijev vanadat, zelene cinkov silikat, modre cinkov sulfid, v vseh pa so tudi posebni kemijski dodatki. Vsaka zaslonska točka

ima premer 0,43 milimetra, na vsem zaslonu pa je v sistemu PAL približno 1,323.000 aktivnih. Centimeter pred zaslonom je kovinska maska z luknjicami premera 0,35 milimetra. Maska ima skupaj 442.000 luknjic in so glede na primarne zaslonske točke po 0,74 milimetra narazen. Primarne točke so namreč izmenično razporejene, prav tako kot primarni učinki pri aditivnem mešanju, a se ne prekrivajo. Množici treh primarnih zaslonskih točk ustreza ena luknjica v kovinski maski oziroma en slikovni element – piksel.



Slika 7.26 Trikromatski fluorescenčni zaslon: elektronski topovi (1), elektronski žarki oz. barvni izvlečki RGB (2), odklonski sistem (3), luknjičasta maska (4), zaslon z mozaikom luminiforjev oziroma zaslonskih točk ali subpikslov (5).

Ker vse tri elektronske žarke odklanja en sam odklonski sistem, potujejo skoz isto luknjico na kovinski maski. Nato se znova ločijo, da tisti, ki simulira kakšno točko modrega barvnega izvlečka, zadane modro fluorescenčno točko; tisti, ki simulira ustrezno točko na zelenem izvlečku, zadane zeleno, in tisti, ki simulira isto točko na rdečem izvlečku, zadane rdečo zaslonsko točko. Primarne zaslonske točke so subpiksli in zasvetijo sorazmerno z jakostjo elektronskih žarkov. Kadar zasvetijo vse enako in se barvni učinki v očesu združijo v en sam barvni vtis, vidimo belo barvo; če sveti le en par primarnih točk, pa vidimo take barvne učinke kot pri aditivnem mešanju. Seveda je pogoj, da opazujemo zaslon s primerne razdalje, da nastane optično mešanje.

- V analitičnem delu vsakega reprodukcijskega procesa razstavimo barvni dražljaj C, ki ga oddaja dana točka motiva na primarne barvne dražljaje in barvne izvlečke, ki jih v televizijski tehnologiji simulirajo trije električni signali: Er, Eg in Eb.
- V sintetičnem delu reproduciramo barvni učinek točke C s televizijsko tehnologijo tako, da jo na trikromatskem fluorescenčnem zaslonu upodobimo s pomočjo modrega, zelenega in rdečega svetlobnega vira v obliki drobcenih fluorescenčnih točk – luminiforjev.

- Barve posameznih delov motiva zaznamo na trikromatskem zaslonu zaradi ločilne sposobnosti očesa, reprodukcijo kot celoto pa zaradi vztrajnosti zaznavanja (persistenca). Jakost primarnih barvnih dražljajev, ki jih dobimo hkrati na fluorescenčnem zaslonu, moduliramo z jakostjo elektronskih žarkov.
- Elektronske žarke lahko namesto z analognimi tv-signali moduliramo z digitalnimi računalniškimi podatki. V tem primeru ne potrebujemo nekaterih televizijskih komponent (demodulator, kanalnik ipd.) in dobimo monitor. Računalnik pa mora imeti v primerjavi s črno-belim televizorjem trikratno zmogljivost, kajti modulirati moramo tri, ne zgolj en elektronski žarek.

7.2.1 Visokoločljiva televizija HDTV

Ne glede na ločljivost in frekvenco osveževanja so opisani televizijski sistemi analogni, v najboljšem primeru digitalizirani. Pri digitalizirani televiziji gre za digitalno modulacijo signalov v televizijskem sprejemniku, da bi dosegli višjo upodobitveno kakovost slike, sistem in signali pa še vedno temelje na analogni podlagi. Osnovna razlika pri digitalni televiziji je digitalna narava njenega signala, ki se v kompresirani (zgoščeni) obliki MPEG-2 prenaša po digitalnih kanalih zmogljivosti 19,39 Mbit/s.

- HDTV pomeni *High Definition Television*, poslovenjeno visokoločljiva televizija; ta je bodisi analogna bodisi digitalna. Pa je pravzaprav niso razvili zato, da bi povečali ločljivost, marveč vidno polje oz. sporočilni naboj upodobitve. Razmerje stranic 16 : 9 pri visokoločljivi televiziji se optimalno približa vidnemu polju človeškega očesa; slika 7.27. Od leta 1995 se visokoločljiva televizija razvija samo še v svoji digitalni izvedbi.
- SDTV pomeni *Standard Definition Television* in je oznaka za klasično analogno televizijsko tehnologijo s 625 vrsticami in slikovno frekvenco 25 Hz (evropski standard). Ameriški standard ima 525 vrstic in frekvenco 30 Hz. Razmerje stranic je 4 : 3, medtem ko imajo klasični fotografski formati razmerje 3 : 2; slika 7.27. Analogne televizijske postaje bodo menda v Združenih državah Amerike prenehale delovati do leta 2009.
- MPEG je oznaka za format, s katerim se komprimirajo digitalne gibljive slike.

Ločljivost slike pri digitalni televiziji HDTV je lahko različna; razdelili so jo v pet standardnih razredov oz. formatov:

- 480i** – ločljivost 704 x 480 pikslov, frekvenca 30 Hz, razmerje stranic 4 : 3,
- 480p** – ločljivost 704 x 480 pikslov, frekvenca 60 Hz, razmerje stranic 4 : 3,
- 720p** – ločljivost 1280 x 720 pikslov, frekvenca 60 Hz, razmerje stranic 16 : 9,
- 1080i** – ločljivost 1920 x 1080 pikslov, frekvenca 30 Hz, razmerje stranic 16 : 9,
- 1080p** – ločljivost 1920 x 1080 pikslov, frekvenca 60 Hz, razmerje stranic 16 : 9.



Slika 7.27 Posnetki istega motiva z različnim razmerjem stranic. Vidnemu polju človeka je najbolj podobno razmerje 16 : 9, zato so ga uporabili pri visokoločljivi televiziji HDTV. Od zgoraj navzdol so posnetki z razmerjem stranic 4 : 3 SDTV, 3 : 2 fotografija formata leica in 16 : 9 HDTV. Digitalna fotografija se bo v prihodnje zanesljivo prilagodila razmerju 16 : 9, vendar bodo le najboljši in najdražji tv-sprejemniki primerni tudi za prikazovanje mirujočih fotografij. Njihova zaslonska ločljivost namreč nikakor ni večja kot dva megapiksla.

Oznaka **i** pomeni *interlaced*, tj. upodabljanje vsake druge vrstice pri enem prehodu elektronskega žarka (po analognih standardih bi bile te frekvence še enkrat večje, torej 60 Hz), oznaka **p** pa pomeni, da elektronski žarek pri enem prehodu odčita oz. upodobi vse zaslonske točke. Formata 480i in 480p približno ustrezata analogni televiziji, zato nosita oznako SD (Standard Definition). Drugi trije formati so bolj napredni in nosijo oznako HD (*High Definition*).

- Digitalnih televizijskih signalov HDTV ne moremo upodabljati na analognih televizijskih sprejemnikih, pa tudi vsa druga studijska in prenosna oprema ni primerna. Sistem digitalne televizije HDTV je treba popolnoma na novo razviti, kar je glavni razlog, da se ne uveljavlja hitreje.
- Digitalne satelitske televizije in DVD ne smemo enačiti z digitalno televizijo. Četudi je DVD-format utemeljen na kompresiji MPEG-2, je vseeno namenjen za upodabljanje na standardnem (analognem) televizijskem sprejemniku. Digitalni zapis se mora pred tem konvertirati v klasične analogne signale. Podobno je z »digitalno« satelitsko televizijo, kjer se analogni signali digitalizirajo, komprimirajo po standardu MPEG-2 za prenašanje do sprejemnika, ki jih znova spremeni v analogno obliko. Digitalizacija signalov v obeh primerih zagotavlja visoko kakovost slike, ki pa je še vedno približno desetkrat nižja kot pri pravi digitalni televiziji HDTV.
- Digitalno televizijo HDTV je konec sedemdesetih in v prvi polovici osemdesetih let 20. stoletja razvila in uvedla filmska industrija za izvajanje visokokakovostnih filmskih trikov in iluzij. Šele nato so začeli razmišljati o tem, da bi jo uporabili za izboljšanje televizijskih prenosov in upodobitev.
- Optimalna razdalja za opazovanje klasične analogne televizije je enaka 6-kratni višini televizijskega zaslona, visokoločljivo HDTV pa lahko opazujemo že pri 2,5-kratni razdalji. To je razdalja, pri kateri so detajli še dobro vidni, ne da bi opazovali posamezne zaslonske točke.

7.2.2 Monitorji s trikromatski slikovnimi zasloni

Za upodabljanje digitalnih slik na zaslonih so na voljo številne metode oziroma tehnologije: klasične katodne cevi CRT (*Cathode Ray Tube*) kot pri televiziji, ploske katodne cevi (*ThinCRTs*), zasloni LCD (*Liquid Crystal Display*), plazma PDP (*Plasma Display Panels*), FED (*Field Emission Display*), SED (*Surface-conduction Electron-emitter Display*), zasloni s svetlečimi diodami OLED (*Organic Light Emitting Diodes*), s svetlečimi polimeri LEP (*Light Emitting Polymers*), holografski zasloni HAD (*Holographic Autostereoscopic Display*), DLP (*Digital Light Processing*) in še kaj bi se našlo. V grafični dejavnosti so pomembne prve tri, prevladujejo pa monitorji LCD. Druge tehnologije v grafični dejavnosti trenutno nimajo vidnejše vloge.

Monitorji CRT delujejo po enakih načelih kot trikromatske slikovne oziroma katodne cevi in jih ni treba natančno opisovati. Pred drugimi vrstami imajo nekatere prednosti, glavne pomanjkljivosti pa so velika poraba energije, razmeroma veliko sevanje in okornost. Ker so veliki in težki ter zavzemajo veliko prostora, so razvili tako imenovane tanke katodne cevi (*ThinCRT*). Prednosti monitorjev CRT so:

- ✓ izjemno kratki odzivni časi (okoli 15 milisekund),
 - ✓ poljubno nastavljiva ločljivost (dokler ne preseže največje možne),
 - ✓ vidno polje 180 stopinj,
 - ✓ neproblematična kalibracija.
- Monitorji z zasloni CRT, PDP, OLED in FED so **aktivni**, ker sevajo svetlobo kot primarni viri, monitorji LCD so pasivni, ker kot sekundarni viri svetlobo zgolj prepuščajo ali tudi ne.
 - Le klasični monitorji CRT lahko upodobijo sliko, ki jo simulirajo analogni signali; vsi drugi so namenjeni za upodabljanje digitalnih slik oziroma podatkov.

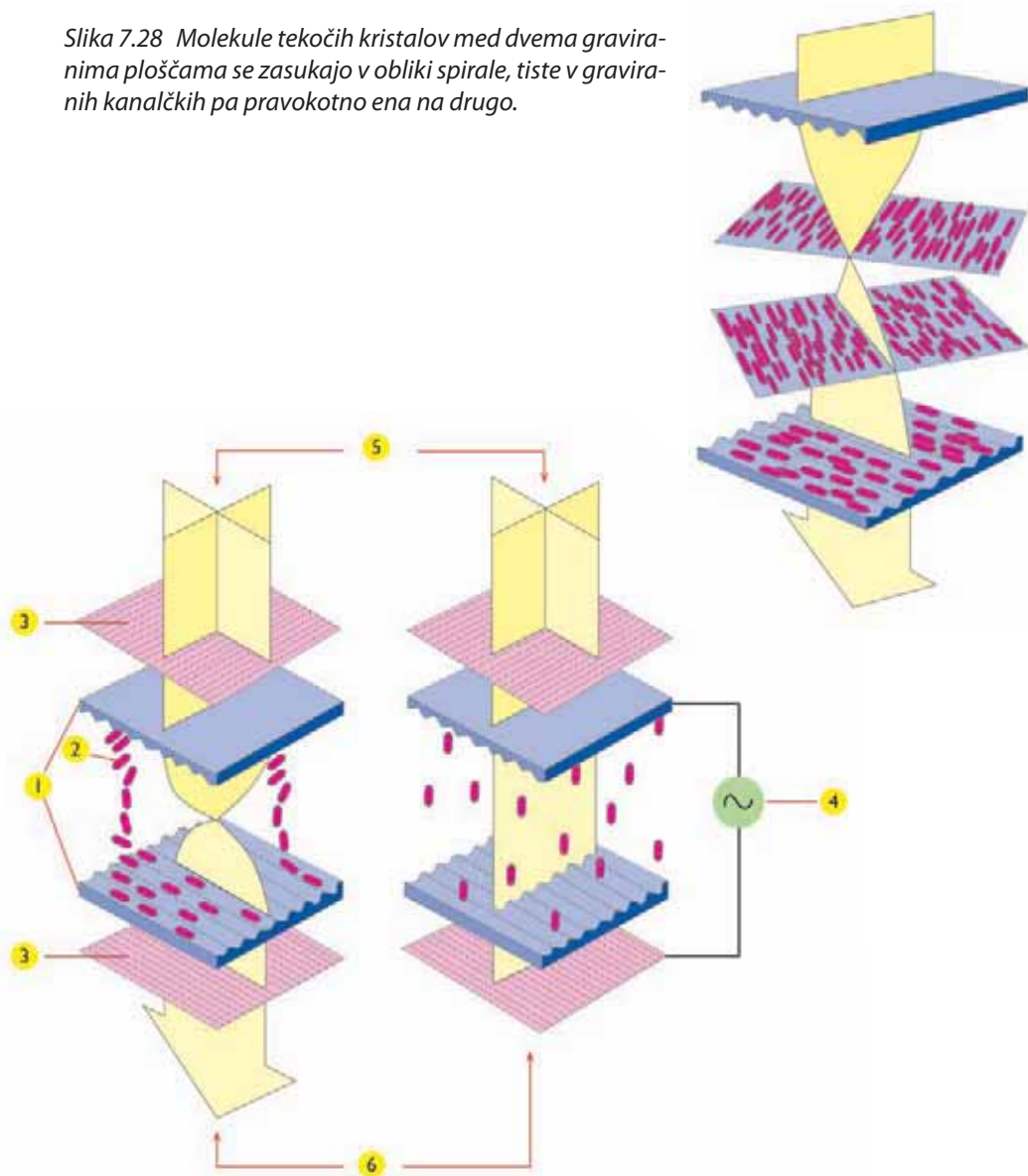
7.2.2.1 Zaslone LCD

Kot pove ime, delujejo zaslone LCD (*Liquid Crystal Display*) s tekočimi kristali, zelo kompleksnimi kemijskimi spojinami organskega izvora; njihove molekule so paličaste in zelo dolge. V naravni obliki so med seboj nepovezane, vendar skoraj vzporedne, njihovo usmeritev pa je mogoče upravljati na različne načine. Če je tekoči kristal na stekleni plošči, ki ima precizno in vzporedno gravirane kanale (kot denimo stekleni raster), molekule zapolnijo kanale tako, da so povsem vzporedne druga z drugo. Če dve taki plošči sestavimo s kanali pod pravim kotom, so tudi molekule tekočih kristalov v gravuri usmerjene pod kotom 90 stopinj, medtem ko se tiste v sloju med obema ploščama zasukajo v obliki spirale; slika 7.28. Tak »sendvič« ne prepušča svetlobe. Kakor hitro pa se v tekočem kristalu pojavi električna napetost, se molekule preuredijo oziroma postavijo vertikalno po sloju, in prepuščajo svetlobo. Ta pojav so odkrili v ameriškem radiodifuzijskem podjetju RCA. Poenostavljeno rečeno je kristalna struktura brez napetosti usmerjena tako, da svetlobe ne prepušča, pod napetostjo pa se preusmeri tako, da jo. Če je pod graviranimi ploščama s tekočimi kristali med njima zrcalo, se v prvem primeru svetloba tam ne odbije, zato vidimo temno barvo, v drugem pa se odbije, zato vidimo svetlo barvo.

Naprednejše upodabljanje s tekočimi kristali temelji na polarizaciji svetlobe; slika 7.29. Naravni svetlobni valovi so okoli smeri, v kateri se širijo, prostorsko razporejeni pod različnimi koti. Polarizacijski filter ni nič drugega kot množica izjemno drobnih vzporednih linij. Te so vzporedne z gravuro v zgornji stekleni plošči. Delujejo kot nekakšna svetlobna past in zadržijo vse tiste svetlobne valove, ki z njimi niso (naključno) vzporedni. Ko pride tako polarizirana svetloba do drugega polarizacijskega filtra, ki je glede na prvega (tako kot steklena plošča) zasukan pod pravim kotom, ne more skozi. Svetloba prehaja le, če je drugi polarizator popolnoma vzporeden s prvim, ali če se svetlobni valovi v sloju tekočih kristalov tako zasukajo, da so znova vzporedni z njegovimi linijami. Da bi to dosegli, je med graviranimi steklenimi ploščama zasukan tekoči kristal TN (*Twisted Nematic*) kot v prejšnjem primeru. Ta za 90 stopinj zasuka tudi polarizirano svetlobo, ki lahko prodre skozi drugi polarizacijski filter. Če pa se zaradi električne napetosti molekule postavijo pokončno, svetloba sicer prehaja skozi drugo gravirano steklo, ne more pa skozi polarizacijski filter. Učinek je v tem primeru nasproten: kristalna struktura brez električne napetosti svetlobo prepušča, pod napetostjo pa ne. Ko električna napetost molekule tekočega kristala le deloma usmeri, se sorazmerno s tem prepušča tudi sve-

tloba, da nastane vtis večje ali manjše svetlosti. Uporaba zrcala ni smiselna, ker bi bile upodobitve pretemne. Dovolj svetlobe lahko zagotovi zgolj primarni svetlobni vir, najpogosteje fluorescenčna svetilka z difuzorjem za enakomerno osvetlitev vse površine. Ker je nameščena na dnu zaslona, se njena svetloba imenuje **podsvetlitev** (*backlighting*) in se nastavlja glede na osvetljenost prostora.

Slika 7.28 Molekule tekočih kristalov med dvema graviranimi ploščama se zasukajo v obliki spirale, tiste v graviranih kanalčkih pa pravokotno ena na drugo.

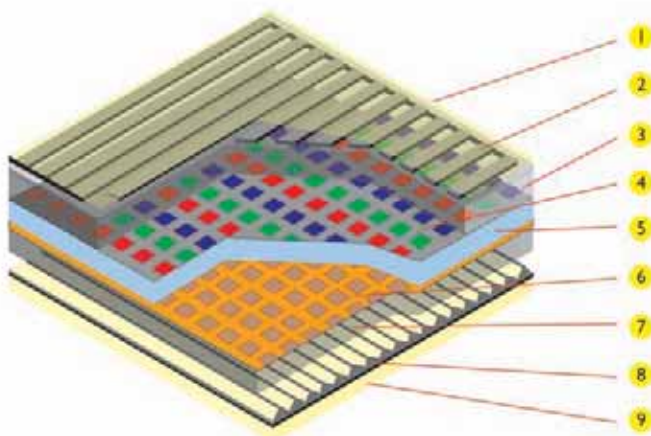


Slika 7.29 Tipični zaslon LCD tvorita gravirani stekleni plošči pod pravim kotom (1), tekoči kristali med njima (2) in polarizacijska filtra nad njima (3). Usmeritev polarizacijskih filtrov je enaka usmeritvi gravure. Vir električne napetosti (4) je priključen na eno stekleno ploščo in na en polarizator. Vpadna nepolarizirana svetloba (5), modulirana prepuščena svetloba (6).

- Tekoči kristali so paličasto oblikovane molekule, ki svetlobo odklanjajo glede na prisotno električno napetost. Zasloni so lahko izdelani tako, da se svetloba prepušča bodisi z električno napetostjo bodisi brez nje. Da bi prihranili energijo, svetlobo največkrat prepuščajo brez električne napetosti. V vseh primerih delujejo tekoči kristali kot zaklop v fotoaparatu, vzorec »zaprtih« in »odprtih« kristalov pa na zaslonu oblikuje podobo.
- Ker so zasloni LCD pasivni in ne potrebujejo energije za aktiviranje luminiforjev, so energijsko zelo učinkoviti, upodobitve pa tudi ne morejo oslabeti zaradi staranja. Monitorji z zasloni LCD porabijo do 60 odstotkov manj energije kot tisti s katodnimi cevmi.
- LCD je kratica za *Liquid Crystal Display* ali *Liquid Crystal Diode*.

Zaslon LCD mora biti za upodabljanje barvnih slik razdeljen na rdeče, zelene in modre zaslonske točke (subpiksle). Zaslonske točke definira že gravura v obeh steklenih ploščah, opremiti jih je treba »le« z ustreznimi filtri; slika 7.30. Plast barvnih filtrov je nameščena nad slojem tekočih kristalov, pod njim pa je mreža oziroma matrica prozornih krmilnih elektrod. Z njo se vključuje električna napetost v posameznih zaslonskih točkah, ki glede na njeno velikost bolj ali manj depolarizirajo svetlobo. Krmilna mreža oziroma matrica v zaslonu LCD je bodisi pasivna bodisi aktivna.

Slika 7.30 Monitor LCD ima zaslon, ki ga tvori devet slojev: spredaj je steklena zaščitna plošča (1), zadaj pa fluorescenčne svetilke (9), katerih svetloba seva skozi sloje nad njimi. Enakomerno osvetlitev zagotavlja beli difuzni sloj za svetilkami. Nad njimi je prozoren vertikalni polarizacijski filter (8), nato steklena plošča (7) in krmilna mreža oziroma krmilna matrica, ki kristalom v posameznih zaslonskih točkah

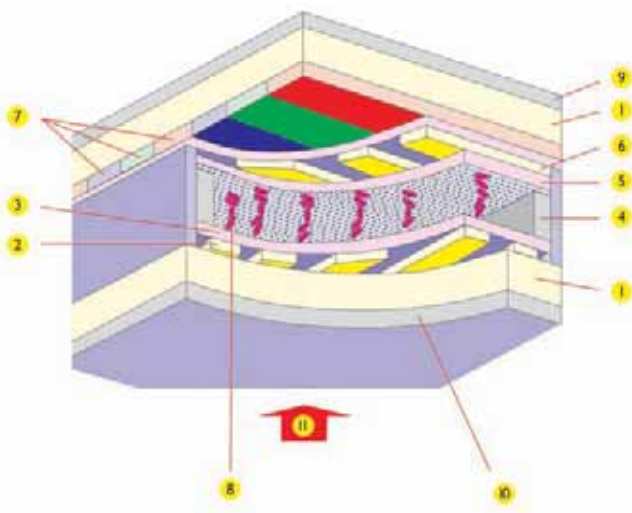


vklaplja in izklaplja elektriko (6). Sledi sloj tekočih kristalov (5), sloj barvnih filtrov RGB (4), nad njimi pa še ena steklena plošča (3). Ta je na spodnji strani jedkana v obliki mreže zaslonskih točk in skupaj z mrežo elektrod definira njihovo velikost oziroma ločljivost zaslona. Pod zaščitnim steklom je še en prozoren, tokrat horizontalni polarizacijski filter (2). Namesto sloja elektrod najnaprednejši zasloni uporabljajo sloj tranzistorjev TFT (Thin Film Transistor). Njihova naloga je, da zelo hitro vključujejo ali izključujejo tekoče kristale v posameznih zaslonskih točkah.

Pasivne matrice sprva niso bile primerne za upodabljanje slik: prenos električnih signalov in odzivni čas v elementarnih točkah sta bila predolga, zato so bile zlasti gibljive

slike, denimo kazalnik za miško ali video, zamazane in podvojene. Zaslon preprosto ni mogel slediti hitrim spremembam podatkov, to je upodobitveni vsebini. Nova slika se pojavi, še preden stara izgine. Zadrego je moč izboljšati z ločenim naslavljanjem zaslonских točk po abscisi in ordinati. Zato so krmilno mrežo razdelili na dve polovici in dobili zaslon LCD z oznako DSTN (*Double layer Super Twist Nematic*); slika 7.31. Še bolj so izboljšani zasloni HPD (*Hybrid Passive Display*), ki ne dajejo zgolj krajših odzivnih časov, marveč tudi večji kontrast. Pri tem so uporabili novo kemijsko strukturo in reološke lastnosti tekočih kristalov. Nizkoviskozni kristali namreč laže in hitreje sledijo spremembam električnih signalov. Odzivni čas pri zaslonih DSTN je 300 ms, pri HPD samo pol tega, to je 150 ms, dodatno pa ga lahko še izboljša optimirano naslavljanje HPA (*High Performance Addressing*). Kontrastni obseg prvih je 40 : 1, drugih 50 : 1; niti eni niti drugi pa se ne morejo povsem kosati z zasloni, ki imajo aktivne krmilne matrice TFT.

Slika 7.31 Zaslon DSTN ima mrežo krmilnih elektrod razdeljeno na dve polovici: vodoravno za absciso in navpično za ordinato. Na dnu je steklena plošča s premazom kovinskega oksida v obliki trakov (1). To so vodoravne elektrode (2). Kovinski oksid je povsem prozoren in ne more vplivati na kakovost upodobitev. Sledi plast polimera z vgraviranimi žlebiči. To je prvi usmeritveni sloj, ki veže in orientira molekule tekočega kristala (3). Na robovih so nameščeni distančniki, ki nosijo drugo stekleno ploščo s pripadajočimi sloji (4). Nad njim je drugi usmeritveni sloj z žlebiči pravokotno na prvega (5), nato prozorne navpične elektrode (6) ter prozoren polimer z izmenoma nameščenimi trakovi rdečih, zelenih in modrih optičnih filtrov (7). V režo, ki jo določajo distančniki, se pod vakuumom vbrizgajo tekoči kristali (8). Vezati se morajo v vse žlebiče in zapolniti vse koticke reže, sicer se ne upodabljajo vse zaslonске točke. Z zunanje strani obeh steklenih plošč sta polarizacijska filtra (9), (10). Polarizacijski usmeritvi filtrov morata ustrezati usmeritvi žlebičev in elektrod na njuni strani, torej morata biti pravokotni ena na drugo. Opisani »sendvič« na zunanjem robu tesni epoksis mola, za njim pa so fluorescenčne svetilke za podsvetlitev (11). Pri sodobnejših zaslonih, kot so HPD, ni nujno, da so kanalčki v usmeritvenih slojih pod pravim kotom, pač pa se ta glede na značilnosti tekočih kristalov spreminja med 90 in 270 stopinjami.

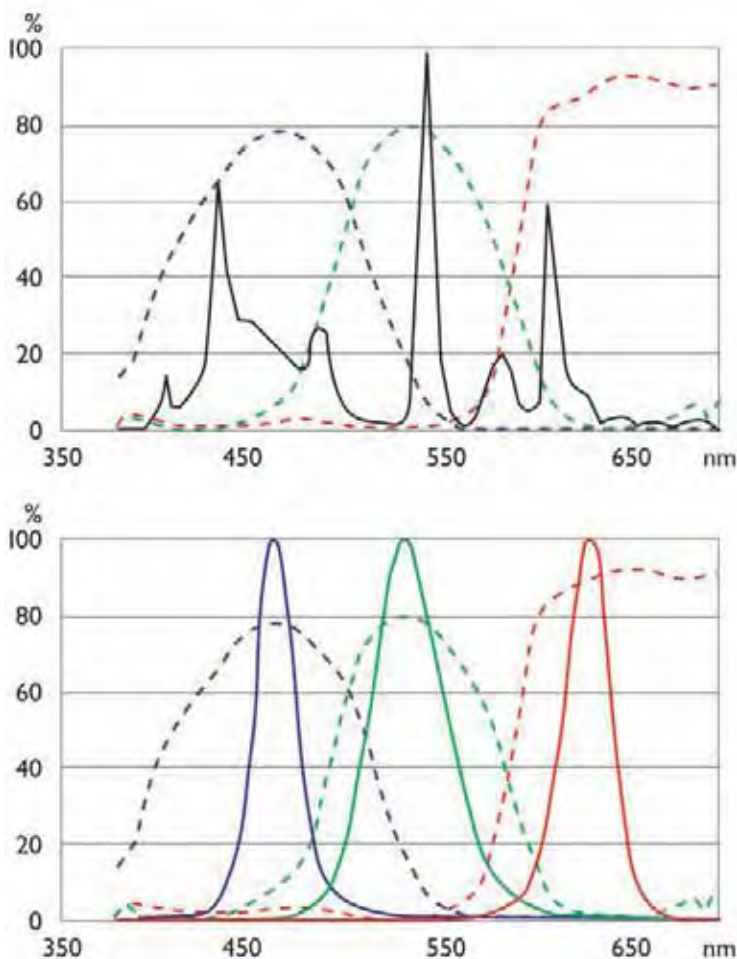


Aktivna krmilna matrica ni mreža elektrod, marveč tanka plast z mozaikom drobcenih tranzistorjev TFT (*Thin Film Transistor*). Vsako zaslonsko točko, rdečo, zeleno ali modro, krmili en tranzistor, zato so odzivni časi izjemno kratki: 25 milisekund pri kontrastnem

obsegu od 200 : 1 do 400 : 1 in svetlosti od 200 do 250 cd/m². Monitor, ki podpira navadno ločljivost VGA, mora imeti 921.000 tranzistorjev (640 × 480 × 3). Tisti, ki podpira ločljivost 1024 × 768 pa 2,359.296, vsi drugi še toliko več; vsak od njih pa mora biti popoln, brez napak. Mozaik tranzistorjev je izdelan na silikonskem sloju; že majhne sledi nečistoč v silikonu vplivajo na slabše delovanje tranzistorjev: bodisi zaslonske točke svetijo rdeče, zeleno ali modro na črni podlagi, bodisi so črne (mrtve, manjkajoče) na beli podlagi. Manjkajoči subpiksli so bolj pogosti; povzročajo jih tranzistorji v kratkem stiku, ki so venomer pod napetostjo. Te napake ni mogoče odpraviti, svetleče točke pa odpravijo tako, da z laserskim žarkom v ustreznem tranzistorju namenoma povzročijo kratek stik. Seveda se takrat pojavi črna zaslonska točka, ki je ni mogoče odpraviti. Če jih je preveč, morajo tak monitor zavreči. Previsok izmet preprečujejo dokaj ohlapne tolerance do 0,0008 odstotka pokvarjenih zaslonskih točk.

Da bi izboljšali vidno polje, svetlost in kontrastni obseg zaslonov LCD, so razvili številne metode, ki se razlikujejo po delovanju tekočih kristalov in vrsti podsvetlitve, ki je izjemno pomembna. Ne določa le svetlost, njen spektralni ustroj določa, bolje omejuje barvni prostor, ki se še upodobi. Podsvetlitev zagotavljajo večinoma fluorescenčne svetilke (CCFL), ki pa nimajo enakomernega spektralnega ustroja in tudi njihova emisivnost ne ustreza primarnim barvnim dražljajem; slika 7.32. Predvsem je pomanjkljiva v rdečem spektralnem območju. Mnogo boljši spektralni ustroj podsvetlitve dosežejo s svetlečimi diodami LED rdeče, zelene in modre barve (RGB). Seveda morajo biti razporejene tako kot zaslonske točke, kar zahteva izjemno natančnost izdelave. Podsvetlitev iz svetlečih diod zagotavlja velik barvni prostor, zato so te vrste monitorji zelo primerni za grafično dejavnost.

- Monitorji z zasloni LCD so zasnovani tako, da tekoči kristali svetlobo prepuščajo brez električnih signalov, pod njihovim vplivom pa zadržijo večji ali manjši delež. Ker so upodobitve večinoma svetle, taka rešitev hrani energijo. Monitor LCD je lahko zasnovan tudi na nasprotnem načelu, a vseeno porabi 60 odstokov manj energije kot monitor CRT.
- Zasloni LCD nimajo slojev z luminiforji tako kot CRT in plazma PDP, pač pa barvne filtre, zato se slike nanje ne morejo »zapeči«, pa tudi optimalna ločljivost je ena sama.
- Zasloni s tranzistorji TFT so izjemno precizne naprave: 17-palčni zaslon ločljivosti 1280 × 1024 pikselov ima trikrat toliko, to je štiri milijone zaslonskih točk (subpikselov) in tranzistorjev!
- Barvni prostor monitorjev CRT je devet odstotkov večji od barvnega prostora Adobe RGB (1998) in štiri odstotke večji od NTSC, najsodobnejši zasloni LCD s svetlečimi diodami pa lahko upodobijo barvni prostor, ki je šest odstotkov večji od prvega in odstotek od drugega pri svetilnosti 200 cd/m², vidnem polju (kotni vidljivosti) 176 stopinj vertikalno in horizontalno ter kontrastnem obsegu 430 : 1.



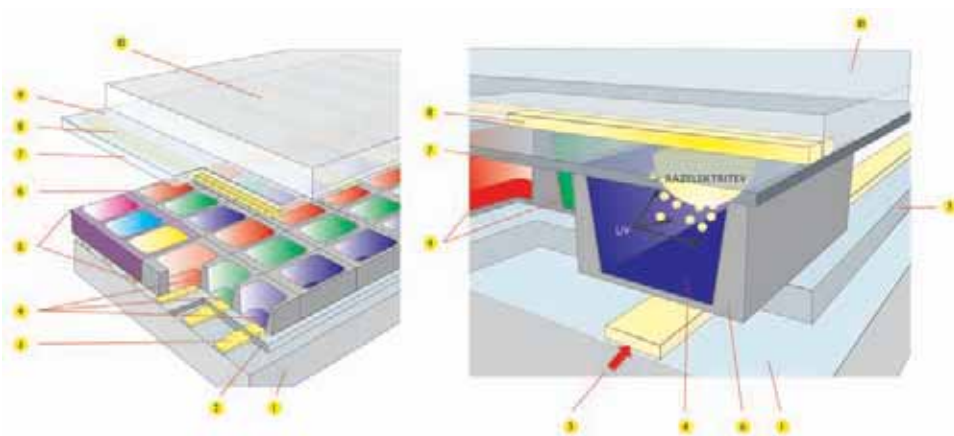
Slika 7.32 Podsvetlitev s fluorescenčnimi žarnicami (zgoraj) in svetlečimi diodami LED (spodaj). V prvem primeru je skladnost med spektralno naravo podsvetlitve in spektralno prepuštnostjo barvnih filtrov LCD komaj zadovoljiva, v drugem primeru pa zelo dobra, zato so tudi upodobitve briljantne. Medtem ko fluorescenčna podsvetlitev omogoča le eno fizikalno barvno temperaturo, lahko s svetlečimi se diodami fizikalno nastavimo katero koli v območju 5000–9300 K. Svetloba diod tudi ni difuzna, marveč usmerjena; izgub ni, svetilnost, vidno polje (kotna vidljivost) in kontrastni obseg zaslona so večji.

7.2.2.2 Plazemski zasloni PDP

Plazemske zaslone tvorijo milijoni točk oziroma celic s plemenitimi plini, kot so neon, argon ali ksenon; ti zaradi električnih signalov aktivirajo rdeče, zelene ali modre lumini-forje, da upodobijo definirano barvo določenega slikovnega elementa – piksla. Vsaka zaslonska točka (subpiksel) je pravzaprav mikroskopsko majhna fluorescenčna svetilka, ki oddaja primarne barvne dražljaje. V tem smislu so podobni zaslonom s katodno cevjo CRT. Električne signale pošilja elektrostatično silikonsko vezje, tako kot narekuje pro-

gramska oprema monitorja. Fluorescenčne zaslonske točke so ločene z rebrasto polvodniško mrežo med steklenima ploščama. Na vsaki plošči je pol mreže, torej linije samo veni smeri, sestavljeni pa sta tako, da se križajo in tvorijo koordinatni sistem X-Y. Ko električni signal potuje skozi določeno horizontalno in vertikalno linijo, plin v celici na njenem sečišču povzroči, da luminifor zasveti. Pri tem so zasloni plazma zelo podobni zaslonom LCD. Delovanje zaslonske točke bolj natančno opisuje slika 7.33. Dejstvo, da na zaslonih PDP svetijo luminiforji, pomeni, da zagotavljajo odlično vidno polje, kontrastni obseg in upodabljanje barv. Sprva so bili kontrastni obsegi skromni, ker so morale biti celice nenehno pod napetostjo, zato so vedno oddajale malo svetlobe. Če bi napetost izključili, bi prišlo do dolgega odzivnega časa in slabega upodabljanja gibajočih se slik. Kontrastni obseg je bil sprva samo 70 : 1; z novimi metodami naslavljanja se je povečal na 500 : 1, sedaj pa je razmerje med svetlostjo belih in črnih zaslonskih točk kar 1500 : 1. Žal je kontrastni obseg v obratnem sorazmerju s tonskim, kar onemogoča zvezno prelivanje tonov od bele do črne. Zaslonske točke ne morejo upodobiti dovolj tonov, zato se pojavljajo tonski preskoki in posterizacija, ki je očitna predvsem pri temnih gibajočih se scenah (film, video).

Glavna težava pri proizvodnji zaslonov plazma PDP je velikost zaslonskih točk. Te niso manjše kot 0,3 milimetra, zato zasloni niso primerni za računalnike, pač pa zgolj za televizijske sprejemnike in monitorje diagonale od 25 do 70 palcev, ki jih opazujemo z večje razdalje. Tudi trajnost 10.000 ur močno omejuje njihovo uporabnost v informacijski tehnologiji, kjer monitorji navadno delujejo 24 ur na dan.



Slika 7.33 Plazma je električno nevtralna, visokoionizirana substanca iz negativnih elektronov, prostih ionov (električno nabitih atomov) in nevtralnih delcev. Ker je električno nevtralna, imajo njeni atomi enako število elektronov in protonov, kar pa se spremeni pri električni napetosti, zaradi katere začnejo atomi izgubljati svoje elektrone. Postanejo pozitivno nabiti ioni – kationi. Osvobojeni elektroni drivajo proti pozitivnemu polu plazme, kationi pa proti negativnemu. V tej zmedi se nenehno zaletavajo v atome plina, ki začne oddajati fotone energije. To je nevidna ultravijoličasta svetloba, ki pa lahko aktivira luminifor, da zasveti – rdeče, zeleno ali modro.

Plemeniti plini so na zaslonu plazma med dvema steklenima ploščama ujeti v stotisoče majhnih celic. V istem »sendviču« so z obeh strani križno nameščene tudi vzdolžne elektrode. Ob spodnji stekleni plošči (1) so naslovne elektrode (3), pod zgornjo (10) so v izolacijskem materialu prozorne upodobitvene elektrode (8); prekrite so z zaščitnim slojem magnezijevega oksida (7). Obe vrsti elektrod se raztezajo čez ves zaslon: horizontalno so prozorne upodobitvene elektrode, vertikalno naslovne, skupaj pa tvorijo naslovno mrežo. Da bi ionizirali plin v zaslonski celici, računalnik električno nabije elektrodi na križišču te celice. Vsako celico naelektri tisočkrat v delcu sekunde. Ko se elektrodi na presečišču naelektrita, nastane med njima razlika napetosti (potencialov), zato skozi plin steče električni tok, da se sproži poprej opisano dogajanje. Glede na razliko potencialov steče skozi celico večji ali manjši električni tok: večji je, bolj zasveti rdeč, zelen ali moder luminifor (4), tako da se z njihovim optičnim mešanjem upodobi želeni barvni učinek kakšnega piksla (5), z njihovim optičnim mešanjem na podlagi ločljivosti in persistence pa barvna, navadno gibajoča se slika na zaslonu. Zaščitni sloj naslovnih elektrod (2), distančniki (6), izolacijski sloj (9).

7.2.2.3 Zasloni OLEDs

V sedemdesetih letih 20. stoletja (1970) so spoznali vodniške in polvodniške lastnosti polimerov, ki so tradicionalno veljali za električne izolatorje. V zadnjih petdesetih letih so bili gonilna sila digitalne dobe keramični polvodniki, ki pa jih je težko strukturirati v pravilne geometrične oblike. Sodobni polimeri imajo lahko kombinacijo različnih lastnosti, tako da so uporabni tam, kjer si prej nismo mogli niti zamisliti. V kratkem času so razvili organske prevodnike s prevodnostjo, ki jo imajo sicer kovine, kot je baker; tako lahko govorimo o organski elektroniki, ki zaobjema fotoelektrične celice, diode, samosvetleče diode (LED), laserje in tranzistorje. Plastični materiali oziroma umetne mase, še zlasti konjugirani polimeri, hitro izpodrivajo naravne, denimo les, kovine, keramiko in steklo povsod tam, kjer je pomembna kombinacija njihovih lastnosti (majhna masa pri veliki trdnosti), enostavno (netežavno) procesiranje (sposobnost oblikovanja, vlivanja v kalupe ali ekstrudiranje v pole).

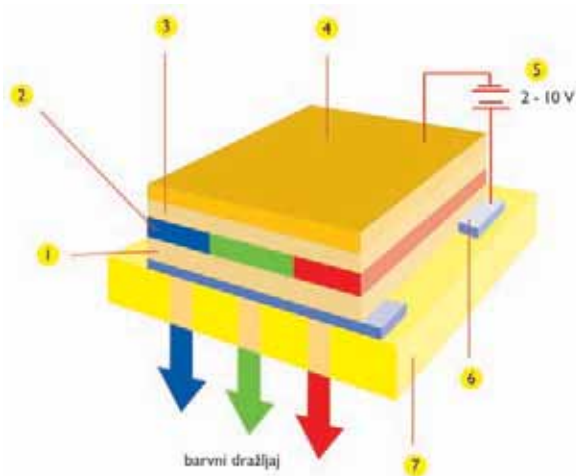
Organske svetleče diode OLED (*Organic Light Emitting Diodes*) lahko uporabimo v številnih elektronskih napravah, zlasti za zaslone. Aktivne komponente zaslona, substrati in logična elektronika, vse je lahko izdelano iz polimerov; OLED imajo potencialno možnost za uporabo v osebni računalnikih, mobilnih telefonih, televizorjih, za razsvetljavo, na prometnih znakih, panojih ipd.

Zaslon OLED je v bistvu »sendvič« tankih organskih plasti med transparentno anodo in kovinsko katodo; slika 7.34. Struktura organskih slojev, anode in katode je tako izbrana, da čim bolj pospeši rekombinacijski proces v emisijskem sloju in s tem dosežejo največji svetlobni izkoristek v dani celici vezja. Emisijski sloj je namreč polvodnik z nosilci elektronov in vrzeli. Elektroni v njem se ves čas gibljejo, pri tem pa zapolnjujejo stare in ustvarjajo nove vrzeli. Nastajajo tudi pari elektron-vrzel, ki se rekombinirajo nazaj v prvotno stanje, pri tem pa oddajajo energijo; pojavi se elektroluminiscenca. Učinkovitost te in nadzor barvnih dražljajev se zelo povečata z »dopingom« emisijske plasti z majhno količino visokofluorescenčnih molekul.

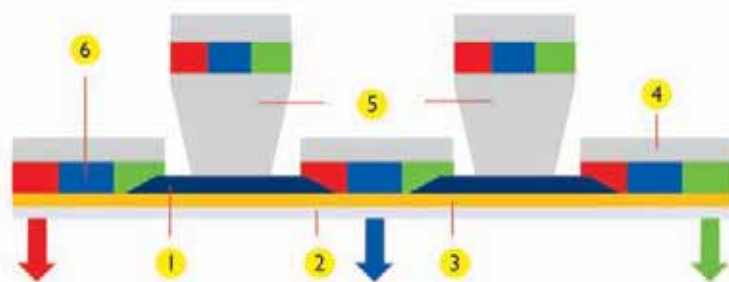
Da bi upravljali pasivni matrični zaslon OLED, teče električni tok skozi izbrane zaslonske točke; električno napetost dovajamo na izbrani vodili matrice, tj. na izbrano vodoravno vrsto in navpično kolono. Vhodno energijo, informacijski videosignal in preklapljanje zagotavlja zunanje nadzorno vezje. Videosignal pošilja na vertikalna vodila (stolpce), kar je sinhronizirano s skeniranjem horizontalnih vodil. Ko nadzorno vezje izbere kakšno horizontalno vodilo, pošlje signal tudi v ustrezno vertikalno vodilo, na njunem sečišču pa zasveti ustrezna zaslonska točka oz. celica v rdeči, zeleni ali modri barvi. Skeniranje oziroma upodabljanje vseh treh barvnih izvlečkov ne traja več kot šestdesetinko sekunde.

- Luminiscenca je po dobesednem prevodu iz latinščine hladno svetlikanje, sevanje svetlobe brez toplote. Atomi luminiscentnih snovi prejeto energijo oddajajo v obliki svetlobe.
- Elektroluminiscenca je elektro-optični pojav, pri katerem določena snov emitira svetlobo zaradi električnega toka, ki teče skozi jo ali pod vplivom močnega električnega polja. Elektroluminiscenca je posledica rekombinacije elektronov in elektronskih vrzeli, pri čemer se sproščajo fotoni, tj. svetloba.
- Fosforescenca je lastnost nekaterih snovi, da po obsevanju z ultravijolično ali vidno svetlobo ali z drugimi oblikami sevanja tudi po prenehanju obsevanja nekaj časa svetijo.
- Fluorescenca je lastnost nekaterih snovi, da pri obsevanju s kratkovalovno svetlobo (npr. UV) takoj sevajo svetlobo z enako ali večjo valovno dolžino. Vpadna svetloba prevede elektrone v atomih na višjo energijsko raven, ti pa pri prehodu v osnovno stanje oddajo svetlobo. Pri fosforescenci so to zgodbi z zakasnitvijo.
- Polimeri so kemijske snovi, ki jih tvorijo velike molekule oziroma molekularne verige iz manjših molekul. Celuloza, proteini in DNA so primeri naravnih polimerov; številni drugi, kot denimo najlon ali poliester, sodijo v skupino umetnih, pogovorno plastičnih mas. Umetne polimere so tako razvili, da so postali nenadomestljivi v vsakdanjem življenju; nadomestili so že skoraj vse druge materiale, vključno s kovinami in steklom, tudi na najzahtevnejših področjih uporabe, kot so avtomobilska industrija, optika, fotografija ipd. Konjugirani polimeri imajo izmenično enojne in dvojne kovalentne vezi in se uporabljajo v elektronski industriji za prozorne polvodniške premaze, uporniške elektrolite in v tiskanih vezjih.

Razen zaslonov OLED s pasivno matrico so tudi taki z aktivno (AMOLED: Active Matrix Organic Light Emissive Diodes). Ti imajo integrirano elektronsko hrbitišče, na katerem vsak piksel iz treh zaslonskih točk RGB krmilita po dva tranzistorja. Zaporedoma so povezani s pravokotnimi anodnimi in katodnimi vodili in lahko zaslonske točke oziroma celice aktivirajo za dalj časa, tj. vse do naslednje periode skeniranja. Zaradi dodatnih komponent so bolj kompleksni, dajejo pa svetlejšo in boljše definirano sliko; slika 7.35.



Slika 7.34 Zasloni OLED imajo več organskih slojev, in sicer: injekcijski sloj elektronskih vrzeli (1) (hole injection layer), rdeč, zelen in moder emisijski sloj svetlečih diod (2) (emissive layer), transportni sloj elektronov (3) (electron-transport layer, kovinsko katodo (4), vir električne napetosti (5), anodo (6), vse skupaj na prozorni stekleni podlagi (7). Ko se v taki celici pojavi napetost (zadostuje že nekaj voltov), se pozitivni in negativni naboji rekombinirajo v emisijskem sloju; pojavi se višek energije, tako da začne oddajati svetlobo (elektroluminiscenca).



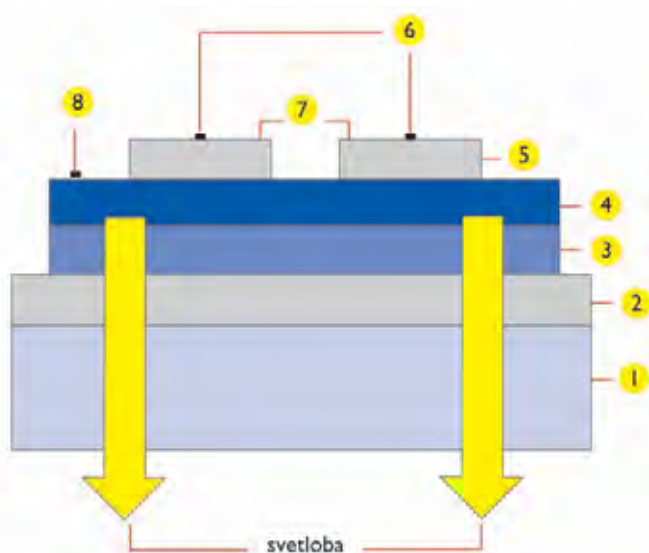
Slika 7.35 Zaslون OLED z aktivnim matričnim vezjem se s kratico imenuje AMOLED; Active Matrix Organic Light Emittive Diodes. 1 je baza, 2 steklena podlaga, 3 tranzistorji, 4 katoda, 5 opornik, 6 emisijski sloj oziroma organske svetleče diode.

Ker zasloni OLED svetlobo emitirajo, vidno polje ni vprašljivo, kot denimo pri LCD, tudi zadreg z ločljivostjo in velikostjo zaslonov ni. Poškodovane zaslonske točke so lahko samo temne (začrnjene), kar je precej manj opazno kot svetle ali barvaste poškodovane zaslonske točke na zaslonih LCD. Za zdaj sta največji pomanjkljivosti teh zaslonov kratka življenjska doba in slab izkoristek. Kljub temu pričakujejo, da bodo zasloni OLED prevzeli dominantno tržno vlogo zaslonov LCD okoli leta 2010.

Zasloni OLED se glede na velikost molekul v materialih, ki jih sestavljajo, delijo na dve veliki skupini: tisti z velikimi molekulami so svetleči polimeri LEP (*Light Emitting Polymers*), oni z majhnimi molekulami, celo z monomeri, so SMOLED (*Small Molecule Organic Light Emitting Diodes*). Oboji generirajo svetlobo pod vplivom električnega toka v tankih plasteh. Tvorijo se elektroni in elektronske vrzeli, ki se rekombinirajo v dve stanji. V enojno stanje, ko emitirajo svetlobo, in v trojno stanje, kadar je ne morejo.

7.2.2.4 Zasloni LEP

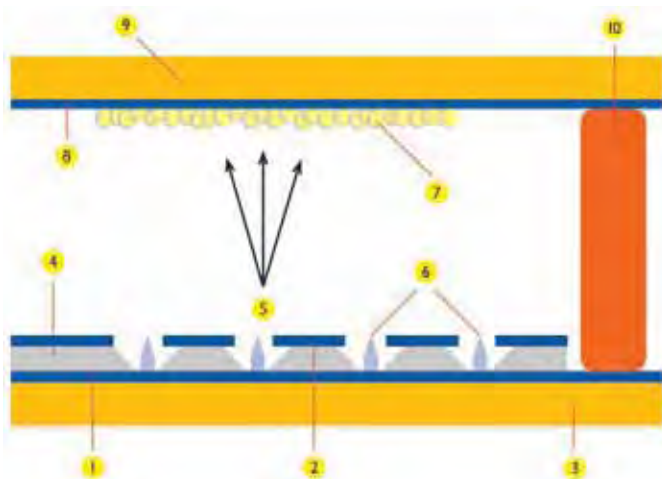
Zasloni te vrste temeljijo na podobni tehnologiji kot OLED, ni pa potreben vakuum, ker se organski sloji lahko nanašajo kar s tehniko kapljičnega tiska! Leta 1989 so raziskovalci na univerzi v Cambridgeu odkrili, da nekateri konjugirani polimeri pod vplivom električnega toka lahko emitirajo svetlobo. Imenovali so jih svetlobno emitivni polimeri, s kratico LEP: *Light Emitting Polymers*; po naše z analogijo na svetleče se diode, torej svetleči se polimeri. Ker je njihovo delovanje zelo podobno delovanju svetlečih se diod, jih poznamo tudi pod imeni PLEDs: *Polymer Light Emitting Diodes* ali *polyLED*; slika 7.36. Na začetku so svetleči se polimeri LEP emitirali zgolj rdečo svetlobo, zdaj pa lahko vse tri primarne dražljaje, zato so primerni tudi za izdelavo trikromatskih zaslonov. V primerjavi z zasloni LCD je to zelo enostavno, tudi zato, ker se lahko v ta namen uporablja kapljični tisk. Razen tega namesto dveh steklenih plošč zadostuje podlaga iz umetne mase, podsvetlitev ni potrebna, poraba energije je zelo majhna, ker se svetloba emitira na površini, ni zadreg z vidnim poljem. Velikost podlage iz umetne mase je skoraj poljubna; ker je prožna, jo lahko glede na namen poljubno oblikujemo. Potencialno je mogoče, da bodo zasloni LEP že v bližnji prihodnosti izpodrinili LCD.



Slika 7.36 Svetleči se polimeri LEP imajo dva polimerna sloja: sloj za transportiranje elektronskih vrzeli (3) je navadno PPV poli(p-phenilene vinylen) in sloj, ki seva svetlobo (4), navadno derivat PPV s substituti ciana s kratico CN-PPV. Ko se elektroni in vrzeli – med elektrodama se gibljejo v nasprotnih smereh – srečajo, elektroni padejo v prazne prostore, višek svoje energije pa oddajo kot svetlobo. Z energijsko razliko med elektroni in elektronskimi vrzelmi se spreminja spektralni sestav oddane svetlobe: večja je, bližje je modremu območju, manjša je, bližje je rdečemu območju. To je bila na začetku resna zadrega, zato so šele leta 1999 izdelali take sloje, ki lahko emitirajo svetlobo zgolj v določenih spektralnih območjih. Druge številke pomenijo: prozorna podlaga (1), prozorna elektroda (2), vrhnji elektrodi (5), negativni kontakti (6), pozitivni kontakt (7).

7.2.2.5 Zasloni FED

Ti monitorji imajo zaslon svetlečega polja FED (*Field Emission Display*) in temeljijo na uveljavljeni katodno-anodni tehnologiji z luminiforji. V nasprotju s katodnimi cevmi je kombinirana s celično oziroma točkovno matrično strukturo kot pri zaslonih LCD. Namesto ene same katodne cevi s tremi elektronskimi žarki tvorijo svetleče polje drobne mini katodne cevi iz kovine ali karbonskih vlaken (*nanotubes*) – po ena ali več za vsako zaslonko točko. To je na prvi pogled komplicirano, vendar so zaslони FED lahko prav tako veliki kot LCD. Delovanje takega zaslona ponazarja slika 7.37. Zaslони FED potrebujejo energijo samo za aktivne zaslonke točke, zato je poraba odvisna od informacijske vsebine slike in načeloma manjša kot pri LCD. Ni zadreg z vidnim poljem, ki je po horizontali in vertikali večje kot 160 stopinj. Pokvarjene zaslonke točke tudi niso resnejša ovira, ker se svetlost upodobitev ne zmanjša, čeprav jih kar 20 odstotkov ne deluje. Odzivni časi so krajši kot pri zaslonih LCD, kar hkrati z enako kakovostno reprodukcijo kot pri klasičnih zaslonih CRT pomeni, da imajo v primerjavi z LCD številne prednosti in potencialne možnosti za razvoj. Slaba stran je masovna proizvodnja, saj je v kratkem času težko izdelati kar 480.000 mini katodnih cevi za, denimo SVGA zaslon FED. Razen tega mora biti monitor s takim zaslonom mehanično zelo močan, da zračni tlak zaradi vakuumu v mini katodnih ceveh ne povzroči poškodb.



Slika 7.37 Delovanje zaslona s svetlečim poljem. Vsaka zaslonka točka (subpiksel) je miniaturna katodna cev. Medtem ko ima klasični zaslon CRT en sam elektronski žarek za vse točke, ima FED na hrbtni strani na tisoče ostrih katodnih točk (6); imenujejo se nanokonice. Izdelane so iz molibdena ali karbonskih vlaken, ki zaradi razlike potencialov (napetosti) lahko oddajajo elektrone (5). Elektroni na sprednji strani zadanejo bodisi rdeče, zelene, bodisi modre luminiforje (7), ki zasvetijo sorazmerno z njihovo jakostjo. Slika se upodobi z optičnim mešanjem na podlagi ločljivosti in persistence, kajti barvni izvlečki se upodabljajo zaporedoma (field sequential colour); najprej zasvetijo vse zelene točke, nato rdeče in zadnje modre, in sicer tako hitro, da barvni dražljaji na posameznih mestih tvorijo piksele določenih barv.

Ker so načela delovanja zaslona FED enaka kot pri zaslonu CRT - negativno nabita elektroda 3 (katoda, elektronski top), pošilja žarke elektronov skozi vakuumski prostor s fluorescenčnim

zaslonom na drugi strani – se imenujejo tudi ploski zasloni CRT (thinCRTs). Elektronske topove, odklonski sistem in kovinsko masko je nadomestila perforirana plast hladnih katod (Spindt Cathodes). Spredaj je trikromatski fluorescenčni zaslon, vse skupaj pa je debelo osem milimetrov. Plosko katodo tvorita stekleni plošči z milimetrsko režo med njima. V njej je na milijone mikroskopsko majhni elektronskih oddajnikov; to so hladne katode. Vsaka meri zgolj 200 nm, zato eno zaslonko točko aktivira več katod skupaj. Hladne katode generirajo elektrone pri sobni temperaturi; in ker tudi kovinske maske ni, je poraba električne energije minimalna. Oporo dajejo zaslonu zelo tanki keramični distančniki 10 (debelina 0,05 mm). Ti so dovolj močni, da se uprejo zunanjim mehanskim obremenitvam, vendar dovolj tanki, da se skrrijejo med zaslonke točke in ne ovirajo elektronskih žarkov. Druge številke pomenijo: 1 katodno naslavljanje v vrstah, 2 izhodno naslavljanje stolpcev, 8 anodno naslavljanje v vrstah, 3 katodna plošča, 9 anodna plošča.

7.2.2.6 LCD IN PLAZMA, CRT PA V ZGODOVINO

Monitorjem z zasloni LCD in plazma PDP je skupna jasna, kristalno čista slika, nasičene barve pri enakih formatih, debelini okoli osem centimetrov in izenačenih cenah. Popolnoma različni pa sta tehnologiji upodabljanja. Njune prednosti in pomanjkljivosti so naštetje v nadaljevanju.

Kontrastni in tonski obseg

Kontrastni obseg zaslonov plazma je izjemno velik, do 1500 : 1. Tako visok kontrastni obseg dosežejo z algoritmi za upodabljanje, ki blokirajo energijo tistim zaslonkim točkam, ki upodablajo črne barve. Žal pa je s tem nekako obratno sorazmeren tonski obseg, to je število tonov, ki se lahko upodobijo med belo in črno barvo.

Kontrastni obseg zaslonov LCD je precej manjši, navadno okoli 400 : 1, le pri najboljših je okoli 1000 : 1. Takšen je zato, ker tekoči kristali vedno prepuščajo kakšen minimalen delež podsvetlitve; zaslonke točke tudi nikoli niso povsem črne, marveč temno sive. Kontrastni obseg se zmanjšuje tudi z zornim kotom; bolj ko je oddaljen od pravega kota, manjši je. Zasloni plazma nimajo te pomanjkljivosti. Motive z izrazitimi svetlobnimi konicami in globinami upodablja veliko bolje.

Upodabljanje barv

Plazemski zasloni učinkovito upodablja 16,7 milijona barv. Vsak piksel lahko s trojko zaslonkih točk RGB upodobi vsako barvo spektra. Bolj natančno kot s katero koli drugo tehnologijo. Medtem ko zasloni LCD ne morejo upodobiti tako nasičenih barv kot plazemski, se ne razlikujejo pri upodabljanju sivih in nevtralnih barv, tj. sive skale. Plazemski zasloni upodablja bolj naravne barve, kot LCD, pri katerih so pogosto prenasličene: zelene so preveč zelene in rdeče so »pretople«, zato so upodobitve tudi svetlejše.

Barve na plazemskih zaslonih so bolj odvisne od osvetlitve prostora kot na LCD. Primerni so za prostore s šibko ali normalno osvetlitvijo, za prostore z razmeroma močno zunanjo osvetlitvijo pa je zaslon LCD bolj primeren. Na splošno imajo zasloni LCD od vseh tehnologij največ zadreg z upodabljanjem temnih barv.

Vidno polje oziroma zorni kot in zorna razdalja

Vidno polje plazemskih monitorjev je več kot 160 stopinj po horizontali in vertikali. Zaslon je viden skoraj pod vsakim zornim kotom. To je mogoče zato, ker vsaka zaslonska točka proizvaja svojo lastno svetlobo in velja za vsa barvna območja, tudi najtemnejše barve. Pri LCD, kjer je en sam centralni svetlobni vir, se zlasti pri upodabljanju temnih barv vidno polje zmanjša pod 90 stopinj. Le najboljši in najdražji zasloni te vrste imajo vidno polje 150 do 170 stopinj horizontalno in 130 stopinj vertikalno, drugi 100 ali manj. Za kakovostne zaslone LCD štejejo tisti z vidnim poljem od 120 do 130 stopinj.

Zorna ali opazovalna razdalja (*viewing distance*) je manjša pri zaslonih LCD, ker so zaslonske točke manjše. Upodobitve pri enaki velikosti zaslona, enaki ločljivosti in enaki zorni razdalji so bolj ostre na zaslonih LCD. Čeprav gledamo na zaslon s priporočene razdalje, tj. dvakratnik diagonale, a je ta manjši kot 275 centimetrov (devet čevljev) vidimo na zaslonu LCD boljše sliko.

Računalniška grafika (uporaba)

Zasloni LCD zelo dobro upodablajo statično računalniško grafiko: z nasičenimi barvami, detajli, brez utripanja in »zapečenih« oziroma »vžganih« slik (*image burning-in*), čistimi in jasnimi slikami. Tudi zaslonska ločljivost je višja kot pri drugih tehnologijah. Plazemski zasloni se tu niso obnesli: računalniške podatke upodablajo robato in nazobčano, slika istega motiva se hitro »zapeče« oziroma »vžge« na zaslon.

Za grafično dejavnost mora kateri koli monitor omogočati:

- ✓ numerično nastavljanje svetlosti in kontrasta najmanj s 100-stopenjsko skalo,
- ✓ ločeno numerično nastavljanje barvnih kanalov RGB,
- ✓ pri monitorjih LCD numerično nastavljanje podsvetlitve,
- ✓ premikanje nastavitvenega okna po vsem zaslonu,
- ✓ instrumentalno kalibriranje (umerjanje).

Video (filmi)

Zaradi visokega kontrastnega obsega in kratkih odzivnih časov imajo pri upodabljanju gibajočih se motivov prednost plazemski zasloni. Dolgi odzivni časi zaslonov LCD so še zlasti moteči pri opazovanju hitro spreminjajočih se športnih dogodkov.

Trajnost

Zasloni LCD neoporečno delujejo od 50.000 do 60.000 ur (kasneje se njihova svetlost prepolovi). To je okoli sedem let pri vsakodnevni 24-urni uporabi, pri osemurni pa 20 let. Načeloma ti zasloni trajajo tako dolgo kot svetlobni viri za podsvetlitve, pa še te je pogosto mogoče nadomestiti. Manj znano je dejstvo, da se zaradi staranja tega vira zlagoma spreminjajo tudi barve oziroma belo ravnovesje. Tak monitor je treba rekalibrirati ali celo zamenjati podsvetlitveni vir.

Tudi fluorescenčna sposobnost zaslonskih celic na plazemskih monitorjih sčasoma upada, zato njihova življenjska doba ni dolga. Navajajo, da luminiforji po 30.000 do 60.000 urah oslabijo za polovico. To je življenjska doba monitorja ali televizije plazma in pomeni, da po tem času zaslonske točke svetijo pol manj kot na začetku, upodobitve

so torej pol manj svetle in zamegljene, zato je treba napravo zamenjati. A vseeno: pri življenjski dobi 30.000 ur in šesturni dnevni uporabi postane zaslon šele po dvanajstih letih postopno neuporaben.

Sicer pa je trajnost zaslonov LCD ali plazma PDP enaka ali višja kot trajnost zaslonov CRT.

Slikovna retencija (image retention)

To je zapekanje oziroma vžiganje slike (*Burn-in*) in pomeni, da se statične slike (kot je računalniško namizje) stalno upodabljaajo, čeprav je na zaslonu kakšna druga podoba. Pri zamenjavi motiva ostanejo na zaslonu kot nekakšni strahovi, ki motijo novo upodobitev. Kdaj se to zgodi, je zelo pogojeno s kakovostjo monitorja in metodami, ki pojav preprečujejo. Zaslone plazma so na vžiganje zelo občutljivi (najbolj so občutljivi CRT). Zlasti prvih 200 ur obratovanja je bolje, da ne obratujejo pri visokem kontrastu in svetlosti. Sveži luminiforji se namreč lažje vžigajo kot že malo obrabljeni. Zaslone LCD so na vžiganje skoraj neobčutljivi in tudi zato zelo primerni za računalniško uporabo.

Tehnično je vžiganje posledica poškodovanih zaslonkih točk ali celic; nastane zaradi permanentnega staranja luminiforjev. Zaslonke celice s postaranimi luminiforji svetijo seveda manj kot tiste v okolici, zato se predhodna podoba na zaslonu ohrani kot nekakšen duh. Pri novih zaslonih se vžiganje slike lahko pojavi že po pol ure, na srečo pa kasneje po večurni uporabi izgine. Zelo nevarno je vžiganje zaradi stalnega upodabljanja različnih nadzornih ali sivih klinov, pa tudi predvajanje slik v formatu 4 : 3 na zaslonu z razmerjem 16 : 9. Pri tem nastane trajno vžiganje slik, ki ga ni več mogoče odpraviti. *Zaslone LCD so za grafično dejavnost nedvomno boljši izbor.*

Velikost in zaslonka ločljivost

Velikost vseh zaslonov se podaja z diagonalami. Monitorje plazma proizvajajo z diagonalami do 100 palcev (254 cm). Z zanesljivostjo ni težav, kar pa ne moremo reči za LCD-je, ki še ne presegajo diagonale 45 palcev (115 cm).

Zaslonka ločljivost pri enaki velikosti je večja pri zaslonih LCD: 40-palčni LCD ima, denimo, 1366 x 768, 41-palčni plazma pa 1024 x 768 zaslonkih točk. Zdi se, da bodo zaslone LCD bolj primerni za visokoločljivo televizijo HDTV kot plazma. *Monitorji LCD imajo samo eno optimalno ločljivost, pri drugih prihaja do popačenih in zameglenih upodobitev.* Velikost zaslonkih točk oziroma razdalja med njimi (*dot pitch*) je 0,28 milimetra ali manj.

Pri večjih zaslonih LCD (nad 37 palcev) so barve lahko bolj blede, manj nasičene, ker je težje zagotoviti enakomerno podsvetlitev, pa tudi zaslonke točke so pri isti ločljivosti večje. Zaslone LCD imajo eno samo največjo, hkrati optimalno (fizikalno) ločljivost. Programsko lahko nastavimo tudi manjše, vendar se piksli pri tem interpolirajo glede na zaslonke točke, kar vodi do bistveno nižje upodobitvene kakovosti. Sicer pa slednje velja tudi za CRT in plazma PDP, le da izguba upodobitvene kakovosti ni tako očitna.

Na splošno lahko sklenemo, da so zaslone plazma bolj primerni za večje upodobitve (40 do 50 palcev), zaslone LCD pa za manjše (manj kot 40 palcev).

Mrtve zaslonse točke (dead pixels, dead sub-pixels)

Pogosteje se pojavljajo na zaslonih LCD kot plazemskih. Posamezne mrtve zaslonse točke so komaj opazne, s staranjem pa jih je vedno več in so moteče. Numerične tolerance so lahko varljive: če tolerirajo 0,002 odstotka mrtvih točk pri ločljivosti $1024 \times 780 = 786.432$ ali $15 \times 3 = 54$ mrtvih zaslonskih točk, je lahko že zelo moteče. Pred nakupom se torej raje dobro prepričajte o »spikslani politiki« proizvajalca in dobavitelja, ker boste sicer dolga leta zrl v zaslon, ki vas bo vedno znova spravljaj v slabo voljo.

- Trajnost zaslonov LCD in plazemskih PDP je enaka ali daljša kot pri zaslonih CRT.
- Zaslone LCD so za grafično dejavnost za zdaj nedvomno boljši izbor kot plazemski PDP.
- Monitorji z zasloni LCD imajo eno samo optimalno in hkrati največjo ločljivost, pri drugih prihaja do popačenih in zamegljenih upodobitev.

7.2.3 Simuliranje barvnih učinkov in kalibriranje

Upodabljanje barv na katerem koli zaslonu temelji na simuliranju z majcenimi celicami, tj. zaslonskimi točkami, ki emitirajo rdečo, zeleno ali modro svetlobo. Ker so tesno druga poleg druge, jih oko na primerni razdalji ne more razlikovati. V očesu pride na aditivni podlagi do optičnega mešanja barvnih učinkov. Po tri zaslonse točke upodobijo barvo enega slikovnega elementa oziroma piksla. Zato se rdeče, zelene in modre zaslonse točke, v nekaterih primerih dobesedno zaslonse celice v literaturi imenujejo tudi subpiksli (*sub-pixels*).

Vsi trikromatski zaslone, razen LCD, tvorijo primarne barvne dražljaje s primarnimi viri svetlobe; to so luminiforji, luminiscenčni plini, organski polprevodniki. Zaslone LCD pa so drugačni: uporabljajo namreč sekundarne svetlobne vire v obliki majcenih celičnih optičnih filtrov.

To so pravzaprav aktivni optični filtri, kar pomeni, da na podlagi subtraktivnega mešanja (filtriranja bele svetlobe) prepuščajo večjo ali manjšo količino spektralno definiranih primarnih dražljajev (navadni optični filtri ne morejo spreminjati jakosti prepuščenega svetlobnega toka). Tudi tu trojke zaslonskih točk, po ena rdeča, zelena in modra, upodobijo barvo enega slikovnega elementa oziroma piksla: z optičnim mešanjem primarnih barvnih učinkov v očesu se na ustreznem mestu zaslona upodobi barva po aditivnem načelu. Zaslon LCD lahko označimo kot nekakšen dinamični optični filter, ki točkovno spreminja delež rdečih, zelenih in modrih barvnih dražljajev.

- Pri večjih zaslonih LCD (več kot 37 palcev) so barve lahko bolj blede, manj nasičene, ker je težje zagotoviti enakomerno podsvetlitev vse površine, pa tudi zaslonse točke so pri isti ločljivosti večje. S tem je funkcionalno povezana opazovalna razdalja:
 - ✓ diagonala 20 do 27 palcev, opazovalna razdalja 75 do 150 cm,
 - ✓ diagonala 32 do 37 palcev, opazovalna razdalja 185 do 245 cm,
 - ✓ diagonala 42 do 46 palcev, opazovalna razdalja 305 do 430 cm,
 - ✓ diagonala 50 ali več palcev, opazovalna razdalja 365 do 490 cm.

Če opazovalna razdalja ni ustrezna, ne opazujemo slike, marveč posamezne zaslon-ske točke (subpiksle).

- Na zaslonih LCD in plazma se slika ne upodablja v obliki motečih linij kot pri zaslonih CRT.

Tehnično še tako izpopolnjen monitor nam nič ne koristi, če upodablja popačene barvne učinke. To se dogaja že zaradi njegovih tovarniških nastavitvev, ki niso optimalne: previsoka sta kontrast in svetlost, barvna temperatura je neprimerna (9300 ali več kelvinov), gradacija (gama) ni ustrezna. Vse naštetu ni odvisno le od monitorja, marveč tudi od strojne opreme računalnika (grafične kartice), njenih procesnih in spominskih zmogljivosti. Monitor je treba nastaviti tako, da popolnoma izrabi barvni prostor, ki ga je sposoben upodabljeti, in da lahko najbolje simulira kar največ drugih standardnih barvnih prostorov RGB: sRGB, Adobe (RGB) 1998, ColorMatch RGB, NTSC ipd. *To je moč doseči le z instrumentalno kalibracijo.* Različna programska orodja, ki temelje na vizualnem opazovanju, dajejo nezanesljive in neponovljive rezultate. To velja tudi za barvne profile, ki jih z monitorjem dobavljajo proizvajalci, še zlasti pa je treba v vseh teh primerih pozabiti na simulacijo tiska v barvnih prostorih CMYK. Rezultati niso natančni niti ponovljivi niti primerljivi.

Tudi instrumentalna kalibracija je lahko bodisi programska (softverska) bodisi strojna (hardverska). V prvem primeru na podlagi meritev programsko spreminjamo nastavitve grafične kartice, kar je vedno povezano z izgubo tonskega obsega v barvnem kanalu. Zgodi se, da modri kanal po korekturi barvne temperature lahko upodobi samo še 220 in ne 256 tonov, kar ne le zmanjša barvni prostor, marveč vodi še do progastih upodobitev in neenakomerno prelivajočih se barv. Za resno (profesionalno) delo v grafični in fotografski reprodukciji je obvezna strojna kalibracija, to je nastavljanje elektronskih komponent samega monitorja. Zgolj odstopanja glede na želene vrednosti, ki jih ni mogoče odpraviti s strojno kalibracijo, smemo korigirati z nastavitvami grafične kartice.

Za instrumentalno kalibracijo potrebujemo spektrofotometer z ustrezno programsko opremo. Ta omogoča tudi korektno profiliranje monitorja za barvno upravljanje grafičnih procesov. Barvni profil monitorja je pravzaprav profil sistema in pove, kako ta upodablja barve. Vsebuje podatke o barvnem obsegu, barvni temperaturi, belem in sivem ravnovesju, gradaciji in tonskem obsegu, skratka vse podatke, potrebne, da lahko upodobi tudi kakšen drug barvni prostor RGB ali CMYK. Barvni profil sistema je shranjen na ravni operacijskega sistema in ga lahko uporabljajo tiste aplikacije, ki »razumejo« oziroma podpirajo barvno upravljanje.

Instrumentalno kalibracijo in profiliranje je treba preverjati s standardiziranimi preskusnimi motivi, kot je ECI Monitoritest; slika 7.38. Tudi zato, ker se s staranjem razmere na sistemu spreminjajo, barvni profil pa sčasoma preveč odstopa od trenutnega stanja.



1,8 2,2 L

Slika 7.38 ECI Monitortest V1.0.

7.3 Barvni tisk

Pri črno-beli reprodukciji spremenimo barvne učinke s predloge v ustrezne, namišljene tonske vrednosti, ki jih pri analognem rastriranju tvorijo črne rastrske pike. Če pa želimo upodobiti tudi barvitost in nasičenost posameznih barv s predloge, moramo uporabiti tri rastrirane tiskovne forme za izdelavo barvnih odtisov na osnovi optičnega mešanja. S primarnimi tiskarskimi barvami cian, magenta in rumeno jih odtisnemo na eno in isto mesto tiskovnega materiala. Z velikostjo rastrskih pik v cian barvi moduliramo rdeče, z velikostjo rastrskih pik v magenta barvi zelene, z velikostjo rumenih rastrskih pik pa modre barvne dražljaje tako, da opazimo en sam barvni učinek. Poleg rastrskih pik cian, magenta in rumene barve so na trikromatski reprodukciji še prvine v drugih barvah. To so tiskovni elementi, ki nastanejo tam, kjer se rastrske pike delno prekrivajo in so rdeče, zelene, modre in skoraj črne (temno rjave) barve, z bolj ali manj belimi vmesnimi površinami nepotiskanega papirja. Vsi navedeni barvni učinki nastanejo na odtisu zaradi subtraktivnega mešanja zelo velikih rastrskih pik, ki se deloma ali v celoti prekrivajo; slika 7.39.

- Pri trikromatski rastrski reprodukciji moduliramo primarne barvne dražljaje z optičnim mešanjem.
- Trikromatsko rastrsko reprodukcijo tvorijo rastrske pike cian, magenta in rumene barve, tiskovne prvine rdeče, zelene, modre in skoraj črne barve ter še nepotiskane površine tiskovnega materiala bolj ali manj bele barve. Kadar se posamični barvni dražljaji z vseh teh površin optično mešajo, zaznamo en sam barvni učinek.
- Na trikromatski rastrski reprodukciji je poleg optičnega mešanja tudi pravo subtraktivno mešanje barvnih dražljajev; nastane zaradi spremenljive velikosti rastrskih pik. Prav zato v tem primeru govorimo o **avtotipijskem** (rastrskem) **mešanju** barvnih učinkov. Trikromatska rastrska reprodukcija je zato **trikromatska avtotipijska reprodukcija**.

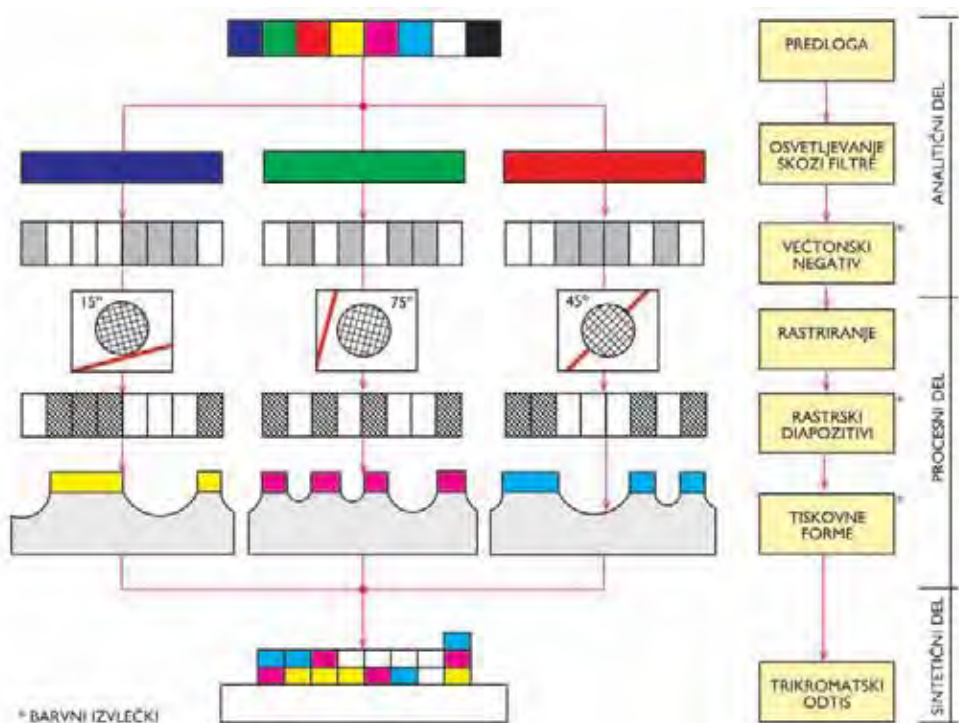


Slika 7.39 Povečava trikromatske avtotipijske reprodukcije.

Tiskovne forme, ki jih uporabljamo za trikromatsko avtotipijsko reprodukcijo, izdelujemo skoraj izključno z digitalnimi tehnološkimi procesi; nekdanj so prevladovali analogni (fotomehantični). Ker digitalna tehnologija temelji na analogni in ker na njeni podlagi laže razumemo načela barvnega tiska, bomo še vedno razlikovali in obravnavali **analogno (fotomehantično)** in **digitalno reprodukcijo** barvnih učinkov; glej tudi poglavje 8. Po drugi strani je frekvenčno rastriranje, še zlasti pa barvni tisk s šestimi ali več osnovnimi barvami (HI-FI-reprodukcija, n-reprodukcija, heksakromija ipd.), izvedljiv samo z digitalno tehnologijo, zato jo bomo obravnavali bolj natančno. Temeljne pojme v zvezi z rastriranjem opisuje poglavje 6.3.3 Simuliranje barv in upodabljanje tonov v tisku.

7.3.1 Analogna tehnologija

Barvne učinke predloge analiziramo z **analognim fotografiranjem** ali **analognim skeniranjem** (razliko med analognim in digitalnim skeniranjem opisujeta poglavji 7.3.2.1 Analogno in digitalno skeniranje ter 10.2.2 Skenerji in klišegrafi). V obeh primerih primarne barvne dražljaje izločimo z optičnimi filtri, da dobimo barvne izvlečke v obliki večtonskih negativov. Rastrske negative ali diapozitive, ki jih navadno uporabljamo za izdelavo tiskovnih form, izdelamo v procesnem delu. Tudi pri tem se poslužujemo fotokemijskih procesov, ki so podobni tistim v negativ – pozitiv fotografski tehnologiji. Izdelava tiskovnih form še vedno sodi v procesni del reproduksijske verige. Sintetični del se začne šele v tisku, ko vse tri tiskovne forme natisnemo na isto mesto tiskovnega materiala, vsako z drugo tiskarsko barvo. Izdelavo trikromatske avtotipijske reprodukcije z analogno tehnologijo kaže slika 7.40.



Slika 7.40 Izdelava trikromatske avtotipijske reprodukcije z analogno (fotomehanično) tehnologijo.

Ko fotografiramo ali analogno skeniramo barvno predlogo skozi rdeč filter, film počrni obratno sorazmerno z nasičenostjo in premo sorazmerno s svetlostjo barvnih učinkov na tistih delih, kjer predloga ne absorbira rdečih barvnih dražljajev; to so rdeče, rumeno, magenta in belo polje.

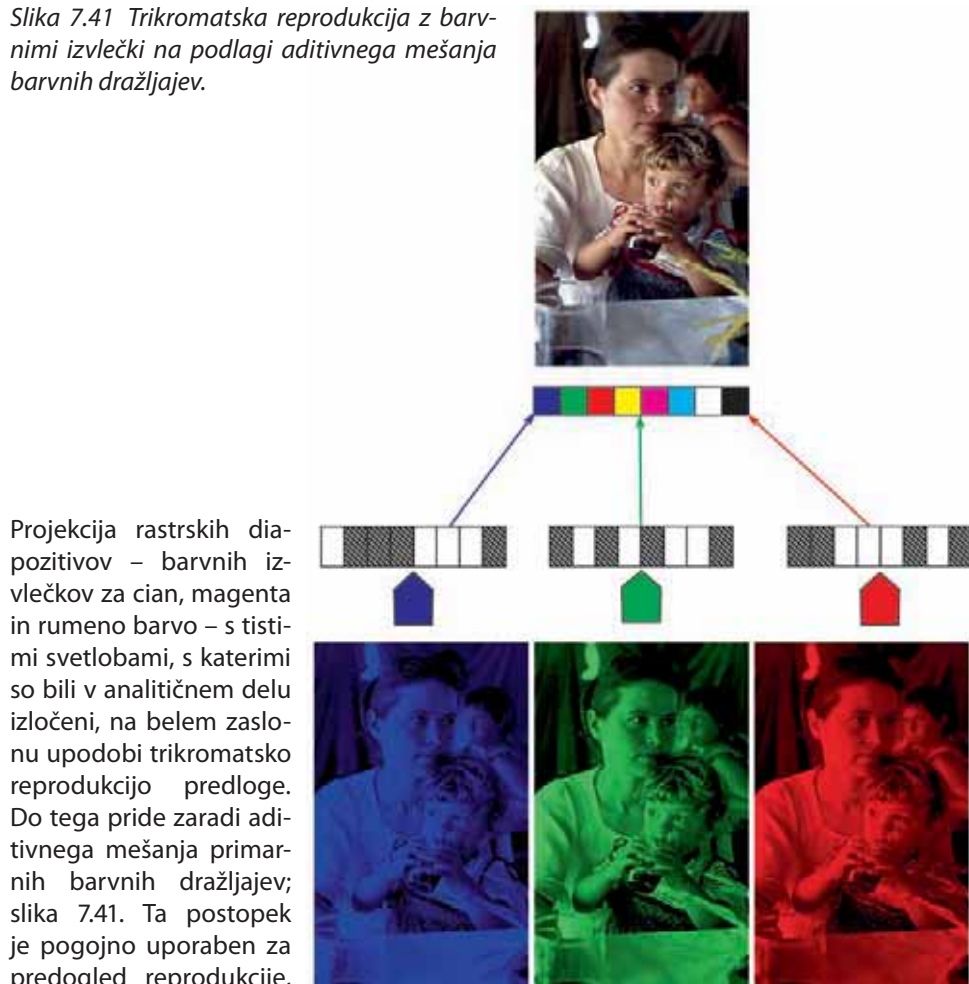
Pri fotografiranju ali analognem skeniranju skozi zelen filter počrni film na tistih mestih, kamor projiciramo sliko zelenega, rumenega, cian in belega polja oziroma vseh tistih slikovnih točk, ki oddajajo zelene barvne dražljaje.

Pri fotografiranju skozi moder filter dobimo negativ, na katerem so modro, magenta, cian in belo polje temni, tisti deli predloge, ki rdečih dražljajev ne oddajajo, pa ostanejo prozorni.

Izdelani negativni so večtonski in jih moramo v procesnem delu spremeniti v rastrske diapozitive. To storimo tako, da večtonske negative snemamo skozi raster, ki je za vsak barvni izvleček zasukan pod drugim kotom. S tem dosežemo, da se rastrske pike odtisnejo ena poleg druge in ne ena na drugo. Rastrske diapozitive (glede na zahteve tehnologije tudi negative) na koncu uporabimo za fotomehانیčno izdelavo tiskovnih form.

Če bi ostal raster pri snemanju vseh treh negativov v istem položaju, bi se rastrske pike odtisnile druga na drugo, torej vse tri na isto mesto tiskovnega materiala. Zaradi tega bi nastalo subtraktivno mešanje barvnih dražljajev, ne pa tudi optično mešanje barvnih učinkov, ki v tisku edino omogoča dovolj precizno upodabljanje barv. Zaradi tehničnih zmožnosti tiskarskih strojev in raztezanja papirja upodabljanje barvnih učinkov zgolj s subtraktivnim mešanjem sploh ni mogoče. Da se to ne zgodi, raster sukamo (vrtimo). Barvni izvleček cian naredimo tako, da je raster pod kotom 45, magenta pod 75, rumen pa pod kotom 15 stopinj. Rastrske pike se zato ne tiskajo ena na drugo, pač pa druga poleg druge; le če so zelo velike, se tudi prekrivajo (glej sliko 7.39).

Slika 7.41 Trikromatska reprodukcija z barvnimi izvlečki na podlagi aditivnega mešanja barvnih dražljajev.



kajti podobna sinteza se naredi tudi v tisku. Tam seveda namesto črno-belih barvnih izvlečkov uporabimo primarne tiskarske barve, ki so komplementarne filtrom za izdelavo barvnih izvlečkov: cian, magento in rumeno z enako vlogo kot črno-beli barvni izvlečki.

Primer: barvni izvleček, ki smo ga naredili z rdečim filtrom, je črn na tistih mestih, kjer barvna predloga ne oddaja rdečih barvnih dražljajev. To so predvsem modri, zeleni, cian in črni deli ali polja. Pri aditivnem mešanju zato na teh delih ni in ne sme biti rdeče svetlobe. Izloči jo »rdeč« barvni izvleček. Namesto s črno-belim diapozitivom pa lahko moduliramo modre barvne dražljaje tudi z diapozitivom cian barve, saj vemo, da ta barva ne prepušča rdečih dražljajev; enako kot črno-beli diapozitiv. Zato v sintetičnem delu odtisnemo tisto tiskovno formo, ki je rezultat rdečega procesa s cian tiskarsko barvo, tisto, ki je rezultat zelenega procesa z magenta in tretjo, ki je rezultat modrega procesa z rumeno tiskarsko barvo.

7.3.1.1 Trikromija in črna barva

S tiskom vseh treh primarnih tiskarskih barv na isto mesto tiskovnega materiala bi se morala upodobiti nepisana črna barva ali vsaj zelo temna nevtralna barva, kajti vsaka primarna tiskarska barva zadrži tretjino bele svetlobe. V resnici nastane odtis rdečkaste temno sive barve. Do tega pride zato, ker primarne tiskarske barve prepuščajo tudi nekaj tistih barvnih dražljajev, ki jih teoretično ne bi smele; po drugi strani pa absorbirajo tudi nekaj tistih, ki bi jih morale v celoti prepuščati; slika 7.42. Da bi vseeno lahko reproducirali najtemnejše barvne učinke ali tonske vrednosti izvirnika, si pomagamo s tiskom četrte, to je črne tiskarske barve; govorimo o črnem barvnem izvlečku. Uporabljamo ga tudi zaradi boljšega upodabljanja podrobnosti in risbe.



Slika 7.42 Selektivna absorpcija primarnih tiskarskih barv.

Idealna cian barva absorbira rdečo tretjino bele svetlobe, preostali dve pa prepušča ali odbija. Tiskarska cian barva niti ne absorbira vse rdeče tretjine niti ne prepušča v celoti drugih dveh.

Idealna magenta barva absorbira zgolj zeleno tretjino bele svetlobe, modro in rdečo pa prepušča. Tiskarska magenta barva (primarna tiskarska barva) absorbira nekaj modrega in rdečega dela bele svetlobe, zelenega pa ne v celoti.

Idealna rumena barva absorbira zgolj modre barvne dražljaje (modra tretjina bele svetlobe), prepušča pa zelene in rdeče. V resnici tiskarska rumena barva prepušča nekaj modrih dražljajev in absorbira nekaj zelenih in rdečih.

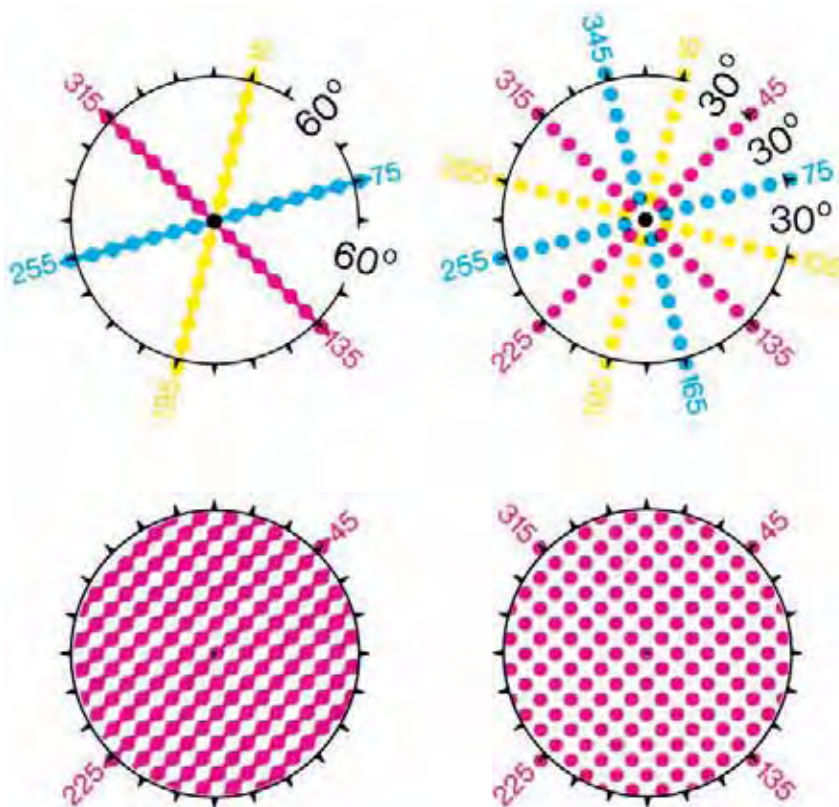
Selektivna absorpcija primarnih tiskarskih barv ne pomeni le to, da moramo uporabljati četrto črno barvo, temveč tudi, da trikromatski odtisi v cian, magenta in rumeni barvi primarnih barvnih dražljajev ne modulirajo tako kot ustrezni črno-beli barvni izvlečki (črno-beli diapozitivi). Če hočemo na sliki 7.41 namesto črno-belih barvnih izvlečkov uporabljati cian, magenta in rumenega, moramo koncentracije kolorantov medsebojno prilagoditi, še zlasti, da bi se upodobile tudi kar najbolj nevtralne sive barve. Podobno je pri tiskanju trikromatskih avtotipijskih reprodukcij. Vemo, da iz enako velikih rastrskih tonov cian, magenta in rumene barve nastane rdečkasto siva ali celo rdeče rjava barva. Velikost cian, magenta in rumenih rastrskih pik mora biti zato medsebojno tako usklajena, da se upodobijo tudi kar najbolj nevtralne sive barve. Taki barvni izvlečki so v **sivem ravnovesju**. Uravnavanje tega je pri fotomehnični tehnologiji zelo zahtevno; mnogo laže je obvladljivo v digitalnih reprodukcijah procesih.

7.3.1.2 Sukanje rastra in moare

Da bi prišlo do optičnega mešanja barvnih učinkov, morajo biti rastrske strukture barvnih izvlečkov pod natančno določenimi koti. Sukanje rastra pa ne more biti poljubno, ker bi se pri tem pojavil moare; to je zelo opazna vzorčasta struktura večbarvnih rastrskih polj. Pojavi se, ko se v pravilnih periodičnih presledkih menjajo območja, kjer se tiskajo rastrske pike ena na drugo s tistimi, kjer se tiskajo druga poleg druge. Tako nastane pravilna vzorčna struktura, ki moti videz reprodukcije. Poslabšajo se upodabljanje barv, podrobnosti in ostrina.

Da se izognemo moareju, mora biti kotni zasuk med dvema rastrskima strukturama 30 stopinj. S tem ni težav, dokler uporabljamo samo tri izvlečke, cian C, magenta M in rumeno Y. Zasukali bi jih pod koti 15, 45 in 75 stopinj. Moare se pojavi zaradi četrte, črne barve, ker med dvojico izvlečkov ne moremo več zagotoviti kota 30 stopinj. Moare je neizogiben, zato poskrbimo, da bo kar najmanj opazen. Rastrske strukture brez usmeritve (slika 7.43) sukamo tako, da je kot med cian, magenta in črnim izvlečkom 30 stopinj, rumen pa se mora od sosednjih razlikovati za 15 stopinj. Prevladujočo barvo sukamo pod kotom 45 stopinj. Rastrske strukture z usmeritvijo sukamo tako, da je kot med barvami cian, magenta in črno 60 stopinj, rumena, ki je najmanj opazna, se sme razlikovati samo za 15 stopinj. Dominantna barva mora biti zasukana pod kotom 45 ali 135 stopinj. Pod kotom 135 stopinj je običajno zasukana rastrska struktura v izvlečku za tisk črne barve.

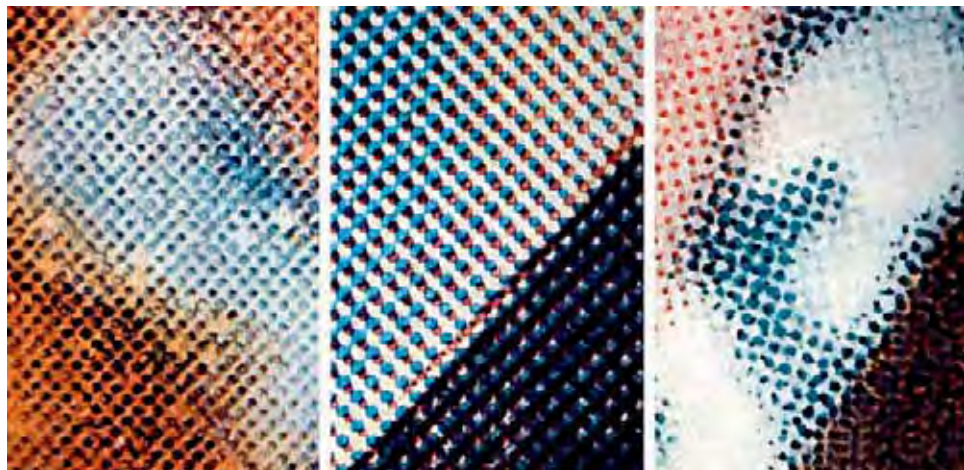
Neprimerno sukanje rastrskih struktur se odraža v opaznejših spremembah avtotipijskih barvnih učinkov zaradi slabega skladja (odstopanje barv med odtisi). To se zgodi zato, ker se zaradi nihanja skladja prekrivanje rastrskih pik nič več ne izenačuje (toliko, kolikor se prekrivanje rastrskih pik na eni strani zmanjša, se na drugi poveča). Da bi bila barvna odstopanja kar najmanjša, moramo ob preciznem sukanju izbrati tudi primerno obliko rastrskih pik.



Slika 7.43 Neusmerjena in usmerjena rastrska struktura (half-tone dots with and without principal axis). Neusmerjeno strukturo ima klasični kvadratni raster, vse druge vrste rastrov so večinoma usmerjene. Prve najpogosteje sukamo s kotno razliko 30 in 15 stopinj pod koti 0, 15, 45 ter 75 stopinj, druge s kotno razliko 60 in 15 stopinj pod koti 0, 15, 45 ter 135 stopinj.

7.3.1.3 Trikromatski globoki tisk

V globokem tisku avtotopijske rastrske pike za upodabljanje namišljenih tonskih vrednosti in barvnih učinkov niso potrebne. Vemo, da tone in barve upodabljamo kar s količino tiskarske barve na odtisu. Enako velike »rastrske pike« imajo pri tem tisku povsem drugačno vlogo in pomen. V nasprotju s trikromatskim avtotopijskim tiskom so v vseh primarnih tiskarskih barvah odtisnjene vedno skoraj na isto mesto tiskovnega materiala. To pomeni, da barvne učinke upodabljamo s pravim subtraktivnim mešanjem, medtem ko je optično mešanje manj prisotno. Primarnih barvnih dražljajev ne moduliramo z velikostjo rastrskih pik, pač pa z nabarvanjem – različno nabarvanje (nanos tiskarske barve) dosežemo z različno globino. Vendar je v avtotopijskem ali kombiniranem globokem tisku, kjer se spreminja tudi površina alveol, delež optičnega mešanja vsaj tako velik kot delež subtraktivnega mešanja; slika 7.44. Tega seveda spet dosežemo s sukanjem rastra; razen pri rumenem barvnem izvlečku se moramo izogibati kotov 75 in 105 stopinj.



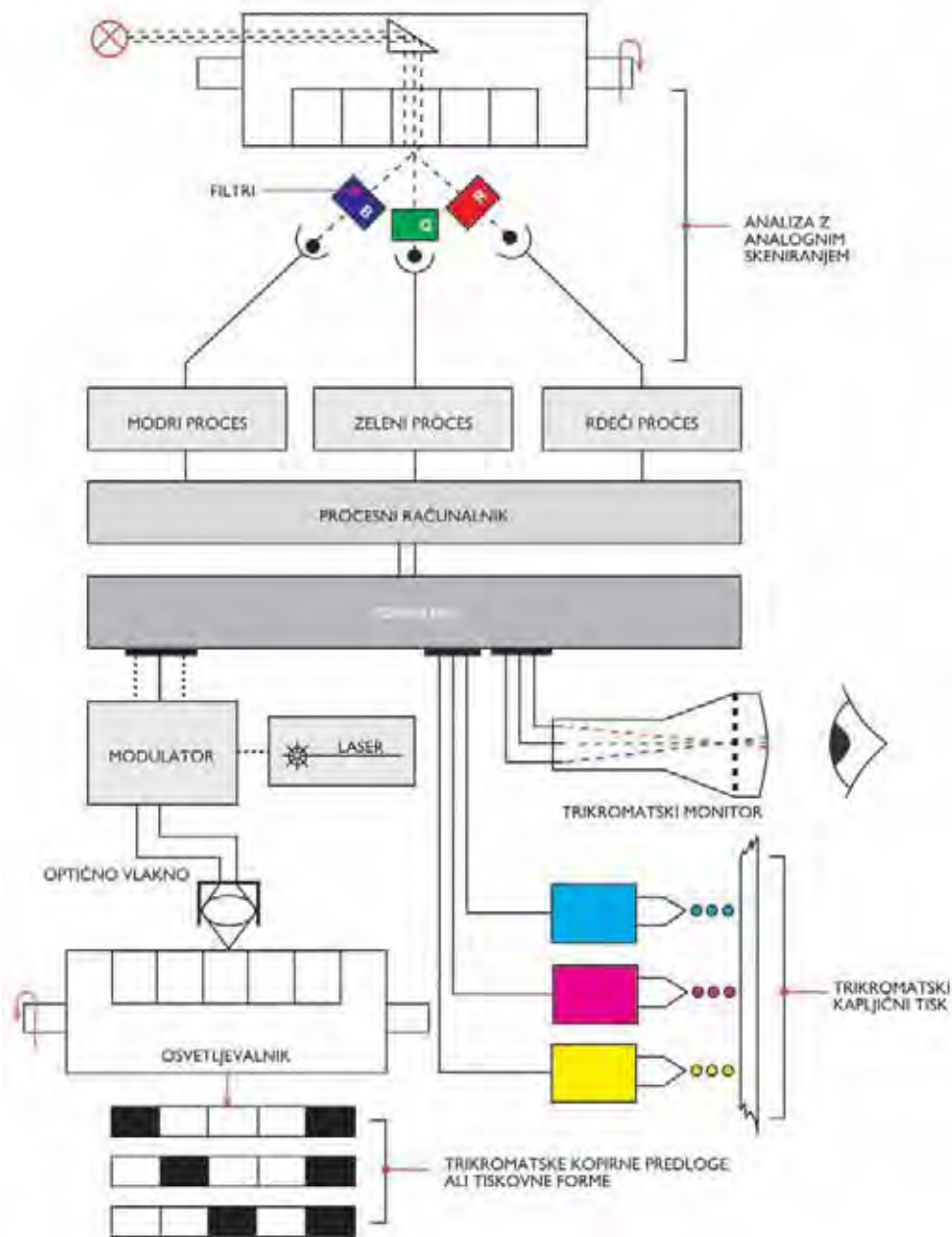
Slika 7.44 Subtraktivno in optično mešanje pri klasičnem, avtotopijskem in kombiniranem trikromatskem globokem tisku.

- Pri analogni tehnologiji analiziramo predloge s fotografiranjem ali analognim skeniranjem skozi rdeč, zelen in moder optični filter. Pri digitalni tehnologiji za ta namen uporabljamo izključno analogno skeniranje, le da signale neposredno tudi digitaliziramo.
- Osnova analogne tehnologije so fotomehانيčni procesi, temelječi na negativ-pozitiv postopkih tako pri izdelavi barvnih izvlečkov kot pri tiskovnih formah.
- Avtotopijsko mešanje primarnih barvnih učinkov dosežemo z vrtenjem rastra. Le tako ležijo rastrske pike cian, magenta in rumene barve druga poleg druge, le tako se deloma in ne v celoti prekrivajo in le tako nastane optično mešanje barvnih učinkov.
- Ker je katera koli rastrska struktura najmanj opazna takrat, ko je zasukana pod kotom 45 stopinj, lahko z analogno tehnologijo pod tem kotom rastriramo barvni izvleček z »najbogatejšo«, prevladujočo oziroma dominantno slikovno vsebino. Ni nujno, da je to prav tisti za cian barvo, čeprav se tako najpogosteje primeri. Pri natančnem delu in za visokokakovostno reprodukcijo torej sukanje rastra spreminjamo od motiva do motiva.
- Usklajeni rastrski toni cian, magenta in rumene barve, s katerimi se na trikromatski avtotopijski reprodukciji upodobi nevtralno siva barva, so v **sivem ravnovesju**.
- Če so rastrski toni oziroma rastrske pike cian, magenta in rumene barve enako velike, nikoli ne dosežemo sivega ravnovesja. Namesto nevtralnih barv se upodobijo umazano sive, celo rjave barve, namesto živih, čistih pisanih barv pa zamolke, temne barve.

- Na vsaki trikromatski avtotopijski reprodukciji je tudi črna barva. Z njo si pomagamo pri reprodukciji zelo temnih delov predloge, dosežemo boljše upodabljanje podrobnosti in bolj ostro reproduciran motiv.
- Kromatične (pisane) cian C, magenta M in rumena Y so primarne (osnovne) tiskarske barve, skupaj z akromatično črno K, pa so **procesne barve**.
- Barvne slike upodabljam (reproduciramo) tako, da rastrirane barvne izvlečke tiskamo enega na drugega. Njihove rastrske pike zaradi tehničnih pomanjkljivosti ne moremo tiskati dovolj natančno eno na drugo, pa tudi tiskarske barve so selektivno premalo prozorne, da bi bilo to mogoče. Med natisnjenimi barvnimi izvlečki so venomer dimenzijska neskladja oziroma odstopanja, ki se spreminjajo od enega odtisa do drugega. Čeprav so ta odstopanja zelo majhna, (okoli stotinke milimetra), so dovolj velika, da pri tiskanju rastrskih pik eno na drugo povzročajo dobro vidna barvna odstopanja.
- Zaradi neprimerne sukanja rastrskih struktur se na reprodukciji pojavi dobro viden in moteč karirasti vzorec. Imenuje se moare (Moire) in se spreminja s sukanjem rastriranih barvnih izvlečkov, povzroča pa ga tudi neprimerno barvno skladje.
- Vendar rastrske strukture ne sukamo zato, da bi se izognili moareju, marveč zato, da zagotovimo optično mešanje barvnih učinkov. Moare ni vzrok, ampak posledica. Na amplitudno rastriranih reprodukcijah je skoraj vedno prisoten.
- Strukturni moire (*Structure-related moire*) povzročajo izrazitejše strukture na predlogah (npr. tekstilni vzorci, filigrani idr.) in ga je mogoče odpraviti le z zelo gostimi rastrji (okoli 150 L/cm), kar pa je tehnološko izjemno zahtevno; druga možnost je frekvenčno rastriranje.
- Posebna oziroma želena oblika moareja so rozete, ki jih tvorijo rastrske pike pravilno sukanih rastrov, hitro pa se pokvarijo zaradi slabega skladja barvnih izvlečkov na odtisu.

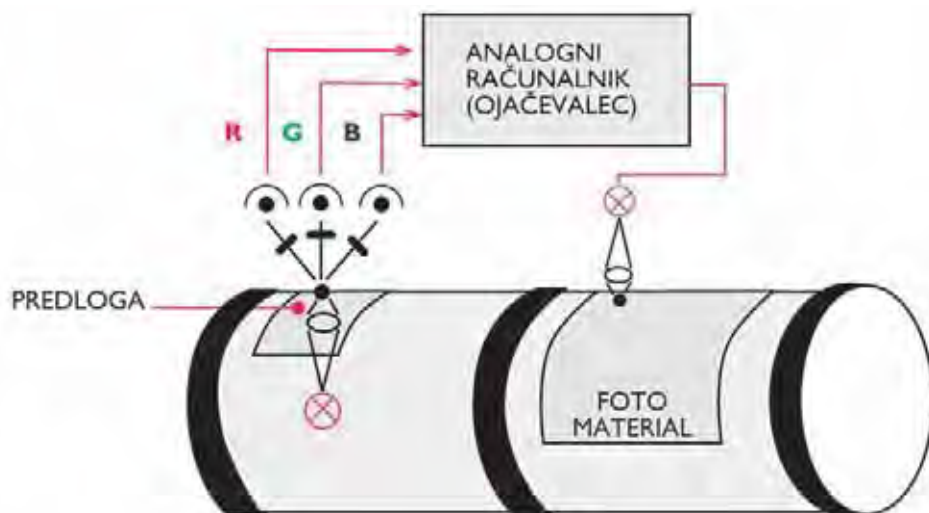
7.3.2 Digitalna tehnologija

Osnova digitalne reprodukcije v barvah je **digitalno skeniranje**. Z njim analiziramo predlogo, da bi izločene primarne barvne dražljaje spremenili v digitalne signale. Te obdelamo v procesnem računalniku in shranimo v pomnilniku, da bomo z njimi kasneje upravljali izdelavo barvnih izvlečkov: rastriranih diapozitivov, negativov ali pa kar tiskovnih form. S temi podatki je mogoče neposredno upravljati digitalno tiskanje z barvnimi tiskalniki v kateri koli digitalni tiskarski tehniki. Bistvo digitalne reprodukcije, kaže jo blokovna shema na sliki 7.45, je moduliranje laserskih ali katerih drugih elektronskih žarkov z binarnimi digitalnimi signali. Laserski žarek na svetlobno občutljivi substanci ne formira zgolj rastrskih pik, pač pa dokončno **grafično oblikovane** informacije. Shranjene digitalne slike (podatke) seveda lahko reproduciramo tudi na katerem koli zaslonu. To je uporabno za predogled tiskovine in večinoma nadomešča preskusni tisk.



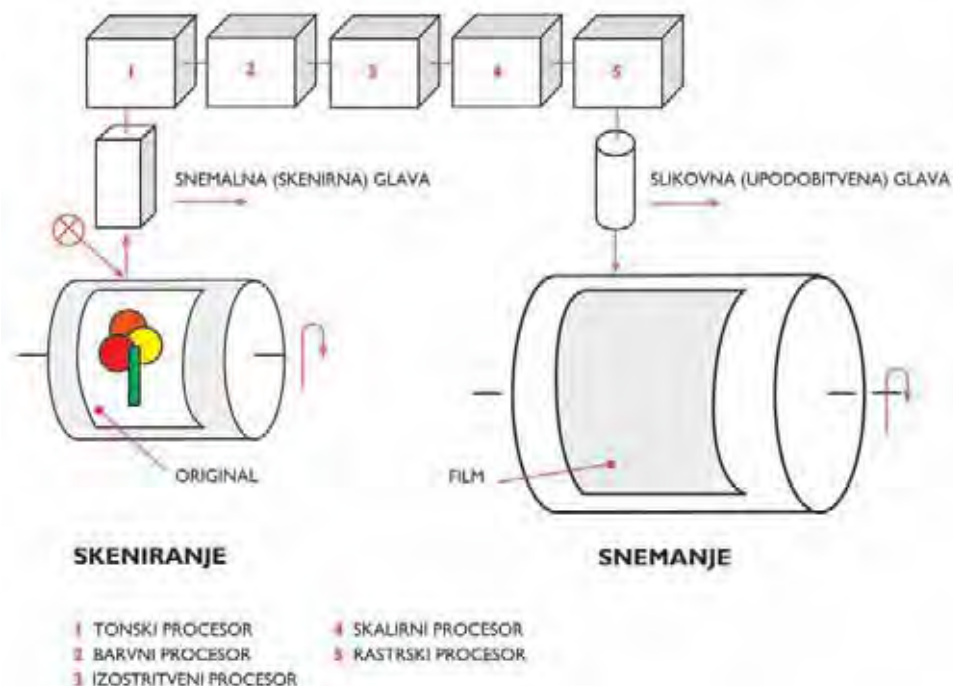
Slika 7.45 Blokovna shema digitalne tehnologije za trikromatsko avtotipijsko reprodukcijo.

7.3.2.1 Analogno in digitalno skeniranje



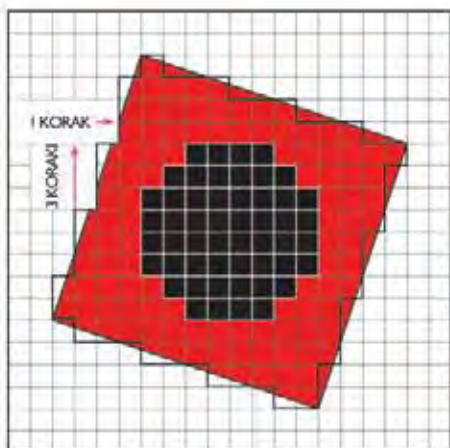
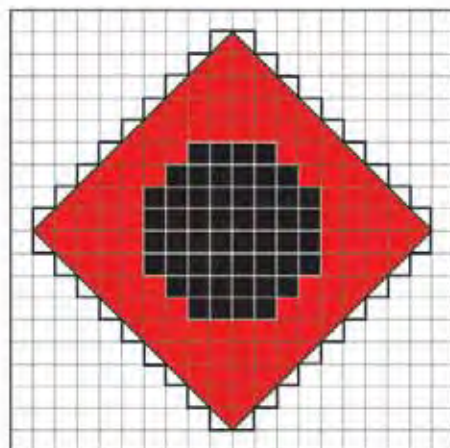
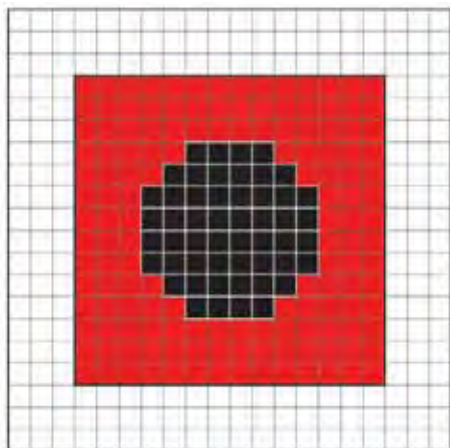
Slika 7.46 Analogno skeniranje z bobnastim skenerjem. Analogni signal, ki nastane v določenem kanalu, potuje prek ojačevalnika in modulatorja do žarnice; ta zasveti premo sorazmerno z jakostjo signala in na fotomaterialu osvetli ustrezno slikovno točko. Snemalna in slikovna (upodobitvena) enota analognega skenerja sta praviloma komponenti ene naprave in fizično nista ločeni. Najboljši in najimenoitnejši analogni skener vseh časov je bil Helov DC 300

Analogno in digitalno skeniranje se ne razlikujeta glede na analizo barvnih dražljajev, ki je v vseh primerih (digitalne kamere, skenerji) vedno analogna, temveč glede na modulirane signale; v prvem primeru ga izvede analogni, v drugem pa digitalni procesor oziroma računalnik. Pri digitalnem skeniranju gre pravzaprav za digitaliziranje slik (glej poglavje 7.1.5), tako da se v spomin računalnika neposredno vpiše digitalna slika v ustreznem slikovnem formatu (JPG, TIF, PDF idr.) inbarvnem prostoru (RGB, CMYK, LAB). Po drugi strani so rezultat analognega skeniranja vedno le barvni izvlečki CMYK v obliki kopirnih predlog na ustreznem fotomaterialu; lahko so rastrirani ali večtonski in nastanejo sočasno z analizo predloge. Podrobnosti so opisane ob slikah 7.46 in 7.47. Analiza slikovnih točk je torej zgolj analogna, kar pomeni, da skener v vsakem kanalu R, G in B »izmeri« njeno svetlost in jo v obliki analognega električnega signala posreduje procesorju. Pri digitalnem skeniranju ta modulira zgolj digitalne signale, zato analogni najprej potujejo v analogno-digitalni pretvornik, ki jih digitalizira v ustrezen tonski obseg oziroma po svetlosti v rdečem R, zelenem G in modrem B kanalu razvrsti v eno od normiranih območij. Šele tako kodirano sliko procesni računalnik lahko modulira in po potrebi pretvori in barvni prostor CMYK ali LAB. Preobrazbo slike iz enega v drug barvni prostor lahko opravimo tudi kasneje.



Slika 7.47 Digitalno skeniranje z bobnastim skenerjem. Analogni signal danega kanala najprej potuje v analogno-digitalni pretvornik in od tod v digitalni računalnik. Ta modulira barvne izvlečke, sliko pa bodisi zapiše v spomin ali pa z laserskim žarkom na fotomaterialu neposredno upodobi rastrske pike štirih kopirnih predlog. Snemalna in slikovna enota digitalnega skenerja sta praviloma ločeni komponenti. Sodobni skenerji za digitalno reprodukcijo so pravzaprav samo snemalne komponente, ki jih z gonilnikom krmili osebni računalnik; glej sliko 7.17. Predloge skenirajo in digitalizirajo izključno za uporabo v drugih grafičnih aplikacijah in ne za upodabljanje v obliki kopirnih predlog ali tiskovnih form.

7.3.2.2 Digitalno sukanje rastrskih struktur



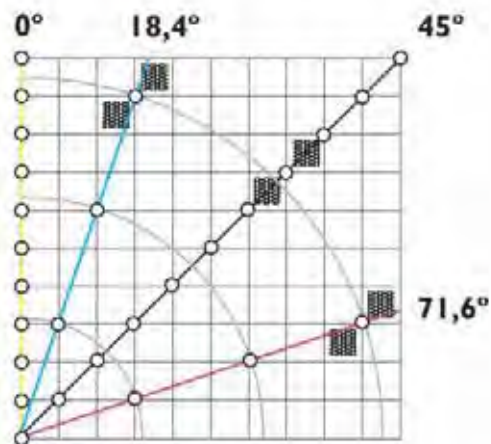
V nasprotju z analogno reprodukcijo je sukanje rastrskih struktur v digitalni še bolj zapleteno. Digitalizacija namreč pomeni, da lahko upodabljammo samo stopnjasto razporejene vrednosti, in ne katere koli poljubne. Poljubnega sukanja rastrrov ne moremo zagotoviti zato je moare vedno prisoten. Da bi se temu izognili, so sprva uporabljali približno sukanje v kombinaciji z različnimi gostotami rastrskih struktur za vsak barvni izvleček; ta v digitalni trikromatski reprodukciji torej ni stalna, moareja pa vseeno ne moremo docela odpraviti. Kasneje so razvili nove metode digitalnega rastriranja, zato razlikujemo:

Racionalno rastriranje (RT Screening, Rational Tangent Screening)

Pri digitalnem rastriranju pravzaprav ne smemo govoriti o sukanju ali vrtenju rastra, ker namesto kotnih stopinj uporabljamo tangens racionalnih števil (tangens celih števil in njihovih korenov). V tem primeru govorimo o racionalnem rastriranju.

Doslej smo obravnavali rastrsko celico kot kvadrat, ki ga zasukamo pod poljubnim kotom. Pri digitalnem rastriranju je rastrski kvadrat na naslovni mreži, tako da se zaradi sukanja porezane rastrske točke ne morejo upodobiti; na naslovni mreži je lahko prisotna samo cela rastrska točka. Kvadratna oblika rastrske celice je mogoča samo pri kotu 0 stopinj. Pri vseh drugih kotih se morajo njeni robovi prilagoditi fiksiranim pikslom. Primerno je torej le sukanje pod koti, ko vogali z vrtenega rastrskega kvadrata vodoravno in navpično obsegajo celo število pikslor; slika 7.48.

Slika 7.48. Racionalno rastriranje. Rastrska celica iz $14 \times 14 = 196$ pikslor s pokrito površino približno 26,5 odstotka oziroma 52 pikslor pod kotom 0 stopinj. Rastrska celica pod kotom 45 stopinj; kontura rastrskega kvadrata ni več ravna, marveč nazobčana. Ustroj rastrske celice z racionalnim tangensom. Namesto standardnega sukanja pod kotoma 15 in 75 stopinj omogoča le kota 18,4 in 71,6 stopinje.



Slika 7.49 »Sukanje« rastrskih struktur pri racionalnem (digitalnem) rastriranju. Koti sukanja dane gostote pri racionalnem rastriranju odstopajo od želenih in izkustveno uveljavljenih vrednosti: 18,4 namesto 15 in 71,6 namesto 75 stopinj pri različnih gostotah rastra.

Tako kot pri analognem rastriranju leži rumena rastrska struktura tudi pri racionalnem pod kotom 0 stopinj ($\tan 0 = 0$); to je izhodišče. Za cian izberemo zamik $\tan 18,4 = 1/3$, za magenta rastrsko strukturo pa $\tan -18,4 = -1/3$, da tvori kot 71,6 stopinje. Črno strukturo suka $\tan 45 = 1$. Slika 7.49.

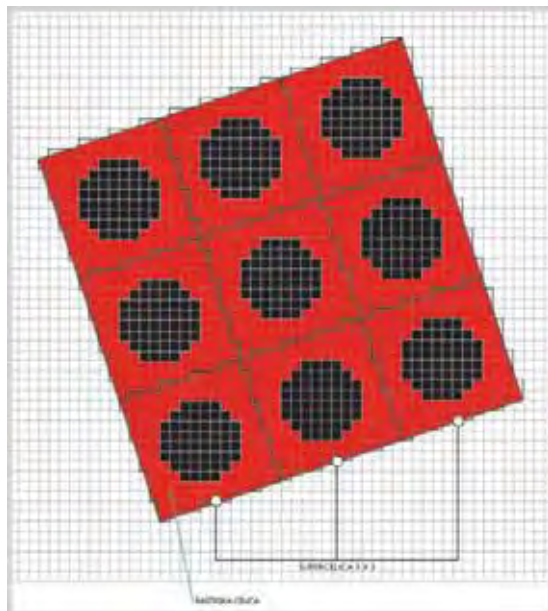
Da bi zasukali rastrsko strukturo za 45 stopinj, moramo začeti upodabljanje v natančno določeni točki, vsaka naslednja rastrska točka pa mora biti ustrezno premaknjena; v tem primeru en korak desno in en navzgor. To ponavljamo, dokler ni upodobljena vsa struktura. Da bi jo zasukali za 18,4 stopinje, se morajo rastrske točke upodabljati en korak desno in tri korake navzgor, za $-18,4$ pa tri korake desno in en navzgor. Posebnost racionalnega rastriranja je soodvisnost zasuka in linijature: 45-odstotni rastrski ton ima redkejšo rastrsko pike kot tisti pod kotom 0 stopinj, strukturi $\pm 18,4$ stopinj pa gostejše. Razlike se spreminjajo glede na želeno gostoto rastra. Ker matematika pozna razmerje teh dveh razdalj kot tangens kota, kvociente celih števil pa kot racionalna števila, se rastriranje pravilno imenuje racionalno-tangencialno rastriranje. Pri tem je značilno, da imajo vse rastrske celice enako obliko in omogočajo le sukanje pod zelo omejenim naborom kotov pri zelo omejenih gostotah.

Super celice (Supercells)

Večje rastrske celice omogočajo bolj precizno prilagajanje idealnim kotom, vendar so neželene, ker grobe rastrske strukture po eni strani zlahka opazimo, po drugi pa se poslabša upodabljanje podrobnosti. Zato se pri rastriranju po načelu super celic te prav nič ne povečajo, pač pa se več manjših združi v eno večjo; slika 7.50. Posamezne celice so zato lahko poljubne velikosti in oblike. Pri združevanju v super celico se te razlike izničijo. Pri rastriranju s super celicami se veliko bolj približamo zelenemu sukanju rastra.

Medtem ko rastrski računalnik pri racionalnem rastriranju obliko rastrskih pik izračuna samo enkrat, vse rastrske celice imajo enako obliko, je procesiranje super celic veliko bolj zapleteno: vsaka rastrska celica ima drugačno obliko, tako da povzroči posebno interpretacijo oziroma izračune. S tem se podaljšajo procesni časi in spominske zahteve. Rastriranje s super celicami se imenuje *Adobe Accurate Screening* in ga zmorejo vsi raču-

nalniki, ki delujejo na podlagi programskega jezika PostScripta Level 2. Ker to rastriranje drastično podaljša procesne čase in ker višja preciznost ni vedno potrebna, običajno na napravah ni aktivirano. Precizno rastriranje Adobe se mora s posebnimi ukazi aktivirati že v grafični aplikaciji. Pod različnimi blagovnimi znamkami ga ponujajo tudi drugi proizvajalci: HQS-Screening, Heidelberg; Balanced Screening; Agfa idr.



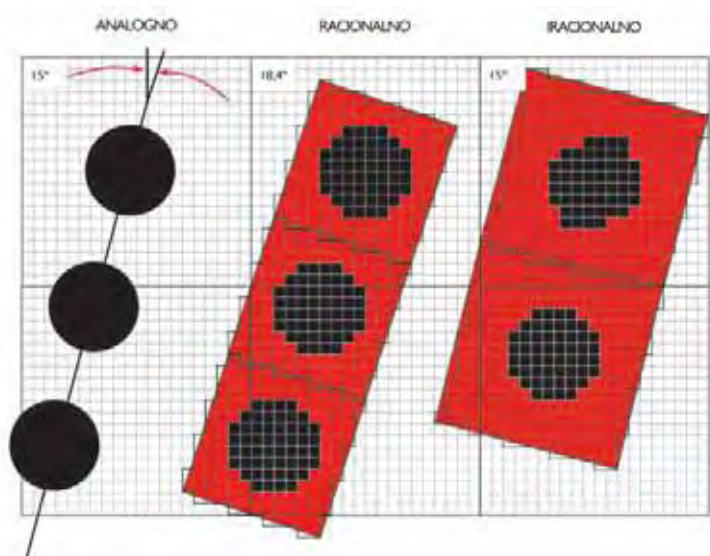
Slika 7.50 Rastriranje s super celicami. Združevanje različnih rastrskih celic v super celico 3 × 3. Števila povedo, koliko pikselov je v poljubni rastrski celici. Če je podlaga za izračune super celica, se lahko veliko bolj približamo idealnim kotom in gostotam rastra.

Iracionalno rastriranje (Irrational Screening)

Na podlagi rastriranja s super celicami so razvili iracionalno rastriranje (podjetje Linotype-Hell, danes Heidelberg). Uporabili so gostote in sukanja rastrov, ki so na njihovih klasičnih skenerjih dajali preizkušeno optimalne rezultate.

Razlika med racionalnim in iracionalnim rastriranjem temelji na matematičnih pojmih racionalen (racionalna števila so ulomki s celimi števili v števcu in imenovalcu) in iracionalen (neskončna, neperiodična decimalna števila).

Podlaga za iracionalno rastriranje je rastrska matrica z natančno razdaljo med središčema dveh rastrskih točk, denimo 166,66 mikrometra pri 60-linijskem rastru. Pri iracionalnem rastriranju obdržimo skoraj idealne kote sukanja, zaradi različnih in spreminjajočih se pomikov pikselov, denimo tri ali štiri navpično in en vodoravno, pa se spreminja oblika rastrskih pik; slika 7.51. Na njej vidimo očitne razlike med analognim, iracionalnim in racionalnim rastriranjem. Na levi strani so analogne rastrske pike pod kotom 15 stopinj pri konstantni gostoti. Pri racionalnem rastriranju na srednji sliki vidimo rastrske pike pod kotom 18,4 stopinje, pri čemer se gostota od enega barvnega izvlečka do drugega spreminja. Z iracionalnim rastriranjem dosežemo točno sukanje, kot 15 stopinj torej, tudi enako gostoto vseh barvnih izvlečkov, zato pa spreminjajočo se obliko rastrskih pik že znotraj enega samega barvnega izvlečka.



Slika 7.51 Primerjava analognega, racionalnega in iracionalnega rastriranja.

7.3.2.3 Kromatično in akromatično nadomeščanje

Reprodukcija najtemnejših barv s štirimi barvnimi izvlečki povzroča, da se na odtis nanese preveč tiskarskih barv, ki med izdelavo in uporabo mažejo tiskovino (v najslabših primerih odtis močno preseva skozi papir, tiskarska barva se ne posuši, maže roke ipd.). Po 100 odstotkov cian, magente, rumene in črne da skupno rastrsko površino 400 odstotkov, kar je odločno preveč. Vsota vseh štirih rastrskih tonov na istem mestu odtisa sme biti od 250 (časopisi) do 350 odstotkov (kakovostne knjige). Da bi to dosegli, uporabljamo dva postopka: barvno in sivo nadomeščanje.

Barvno, točneje kromatično nadomeščanje UCR (angl. *Under Colour Removal*), je izvedljivo v analogni in digitalni reprodukciji. Povsod, kjer se v sivem ravnovesju na isto mesto tiskajo cian, magenta in rumena, nastanejo sive barve. Ta razmeroma nevtralna območja zato lahko nadomestimo s črno barvo. V vseh barvah na sivi osi, ki v središču barvnega prostora poteka od bele na vrhu do črne na dnu, primarne barve CMY deloma (ne v celoti) zamenjamo z ustrežno rastrsko površino črne K. S tem se izboljša tudi upodabljanje podrobnosti na temnih delih slike; slika 7.52.

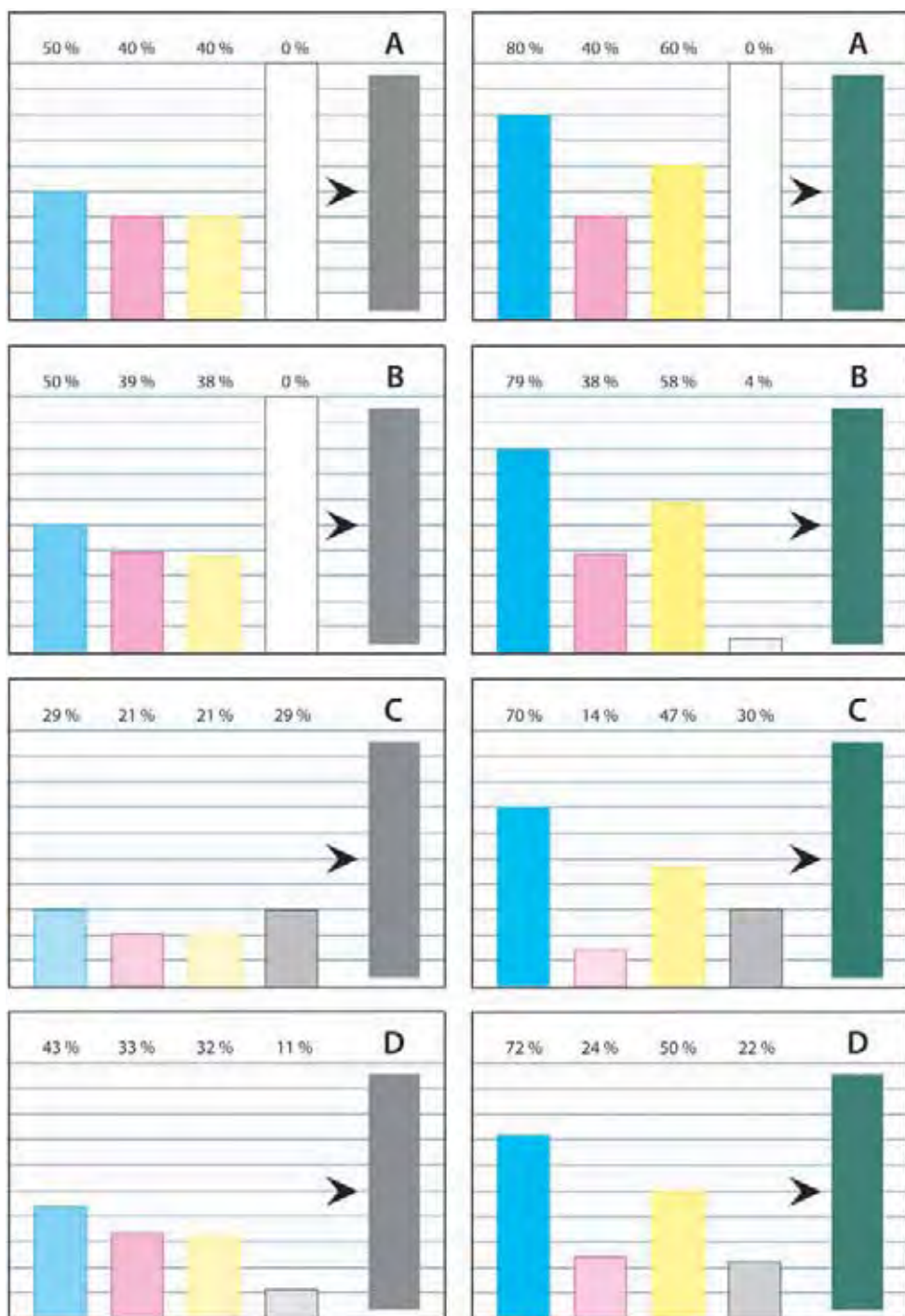
Sivo, točneje akromatično nadomeščanje GCR (angl. *Gray Component Replacement* ali *Removal*) je izvedljivo samo v digitalni reprodukciji. Pri tem postopku se s črno nadomesti siva komponenta vseh barvnih učinkov, ne le tistih na sivi osi. Tiskanje barvnih izvlečkov z akromatičnim nadomeščanjem je lažje nadzorovati kot tistega s kromatičnim, vendar se pri reprodukcijah z bogato risbo v temnih delih lahko pojavi neizrazitost, prenizka nasičenost barv in pomanjkanje globine. Zato se akromatična komponenta najprej odvzame, potem pa se znova doda nekaj odstotkov primarnih barv v sivem ravnovesju. Ta postopek se imenuje (barvno) kromatično dodajanje UCA (angl. *Under Colour Addition*), slika 7.53.



Slika 7.52 A Od zgoraj navzdol barvni izvlečki CMY + K pri navadnem trikromatskem ustroju in pri kromatičnem nadomeščanju UCR.



Slika 7.52 B Od zgoraj navzdol barvni izvlečki CMY + K pri akromatičnem nadomeščanju GCR in GCR+UCA.



Slika 7.53 Shematični prikaz sive in olivno zelene barve pri trikromatski reprodukciji (A), pri kromatičnem nadomeščanju UCR (B), pri akromatičnem nadomeščanju GCR (C) in pri kromatičnem dodajanju GCR + UCA (D).

7.3.3 Frekvenčno rastriranje in HI-FI reprodukcija

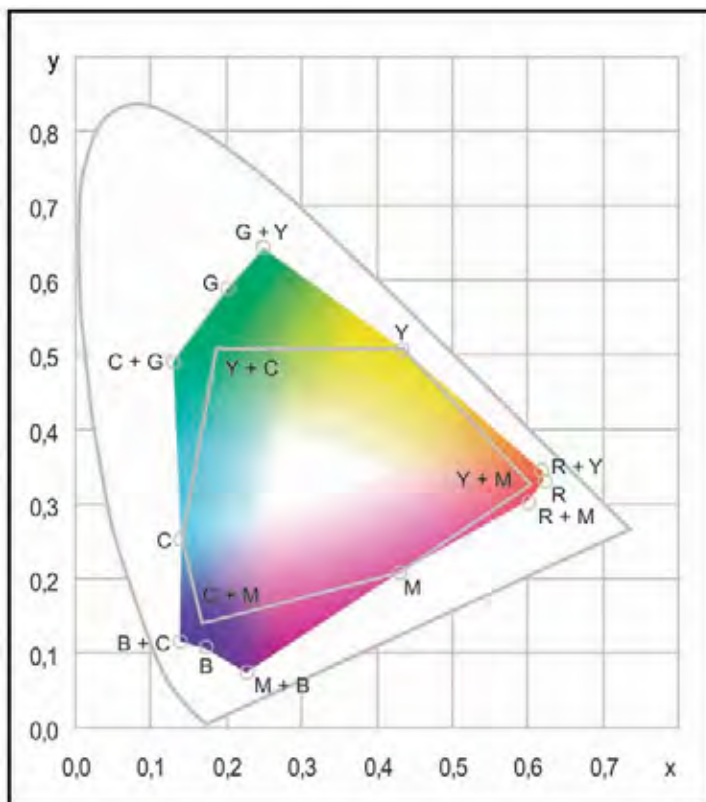
Frekvenčnih rastrskih struktur ni treba sukati, zato se pri digitalnem rastriranju avtomatično izognemo vsem zadregam povezanih z njim. Majhne rastrske točke, ki jih s premerom 20 mikrometrov ali manj upodablja laserski žarek, pa po drugi strani postavljajo visoke zahteve pri izdelavi tiskovnih form in tiskanju. Primerjavo trikromatske amplitudno in frekvenčno rastrirane reprodukcije ponazarja slika 7.54.



Slika 7.54 Povečava amplitudno (levo) in frekvenčno (desno) modularne rastrske strukture. Na levi so dobro vidne rozete rastrskih pik, ki jih tvorijo zasukane rastrske strukture, na desni zgolj redkejše in gostejše rastrske točke, ki se prilagajajo tudi vsebini slike. Bistveno boljše je upodabljanje podrobnosti; glej oči.

Ker je sukanje rastrov nepotrebno, se je kar sama porodila zamisel, di bi s to tehnologijo lahko tiskali tudi več, ne le štiri barve. V tem smislu so razvili različne tehnologije za izdelavo petih, šestih, sedmih, osmih barvnih izvlečkov, s katerimi lahko bistveno izboljšamo upodabljanje izjemno nasičenih barv. Vse te tehnologije označuje ime HI-FI reprodukcija barv. Najpogosteje se uporabljajo:

- ✓ Septakromija, pri kateri procesnim tiskarskim barvam CMYK dodamo še komplementarne oziroma sekundarne RGB (CMYK + RGB = Opaltone™). Te torej ne nastanejo s tiskom rumene na magento, rumene na cian in magente na cian, marveč jih na sedembarvnih tiskarskih strojih tiskamo na posebnih tiskovnih členih. Primerjava barvnega obsega v trikromiji in septakromiji ponazarja slika 7.55.
- ✓ Heksakromija ob procesnih uporablja še posebni (fluorescenčni) oranžno in rdečo tiskarsko barvo (CMYK + OG = Pantone Hexchrome™).
- ✓ Oktokromija uporablja po dve cian, magenta, rumeni in črni procesni barvi (CMYK + CMYK = Opaltone™).



Slika 7.55 Trikromatska tehnologija tvori sekundarne barve s tiskanjem dveh primarnih (osnovnih) na isto mesto: $C+M = B$, $Y+M = R$, $Y+C = G$. Pri septakromiji (pravilneje heksakromiji) so tudi rdeča, zelena in modra osnovne barve, zato se obseg barvnih učinkov, ki jih lahko upodobijo, bistveno poveča.

Za HI-FI reprodukcijo moramo torej izdelati pet, šest, sedem ali osem barvnih izvlečkov, česar ne omogoča noben trikromatski skener. To omogoča šele posebna programska oprema za dodatno modulacijo in predelavo digitalnih barvnih izvlečkov.

- Bistvo digitalne tehnologije je izdelava barvnih izvlečkov v obliki digitalnih signalov oziroma podatkov. Te s pomočjo računalnika tako obdelamo, da so primerni za neposredno izdelavo **grafično oblikovanih** rastriranih diapozitivov, negativov, tiskovnih form ali pa kar trikromatskih avtotipijskih odtisov neposredno. Grafično oblikovanje pomeni, da ne izdelamo zgolj reprodukcije predloge (slike), pač pa knjižno, časopisno ali kakšno drugo stran z besedilom, eno- in večbarvnimi reprodukcijami v njeni dokončni grafični podobi.
- Izrazi, kot so barvni izvleček, negativ, diapozitiv, bodisi večtonski ali rastrski, in podobni, se nanašajo na črno-bele večtonske ali rastrske fotografije, seveda pa tudi na digitalne podatke, ki tak izvleček simulirajo v računalniškem spominu.
- Digitalna tehnologija omogoča, da s trikromatskimi zasloni simuliramo trikromatsko reprodukcijo na odtisu. Poleg tega z njim in s procesnim računalnikom programiramo grafično obliko izdelkov.
- Rastrski zasuk, gostota digitalne rastrske strukture in upodobitvena ločljivost so pri digitalnem rastriranju neposredno soodvisni. Če niso natančno usklajeni, povzročajo v trikromatski reprodukciji nastanek moareja. Pravilno zasukane rastrske pike tvorijo rozete.
- Frekvenčno modulirane rastrske strukture ni treba sukati, nimajo rozet, ne povzročajo nobene vrste moareja, nimajo rastrskih pik različnih oblik, zato lahko tiskamo poljubno število barv, boljše upodabljuje podrobnosti, najmanj tako dobro kot najgostejši amplitudni rastrji, žal pa se kakovost upodobitev pri večji opazovalni razdalji izniči in ni več bistvenih prednosti.
- Frekvenčne rastrske strukture so občutljive na nihanja in odstopanja v tisku, hitreje se obrabijo, podkopirajo, izginejo, slabo nabarvajo, bolj so občutljive na prah, zahtevajo visokoločljive tiskovne forme, večje skupine rastrskih točk pa pogosto povzročajo slikovni šum in nehomogene (zrnate) tonske prelive.
- Hibridne rastrske strukture združujejo prednosti amplitudnih in frekvenčnih, hkrati pa nimajo njihovih slabosti.
- Heksakromija se nanaša na tisk procesnih barv z dodatkom dveh kromatičnih barv, septakromija pa z dodatkom treh. Oba izraza sta strokovno sporna, ker črna ni kromatična, pač pa akromatična barva. Govoriti bi morali o pentakromiji v prvem in heksakromiji v drugem primeru.



TISKANJE – IZDELAVA ODTISOV

8 TISKARSKI STROJI IN ROTACIJE

Tiskarski stroj je mehanizem, ki s tiskovno formo, tiskarsko barvo ali tiskarskim črnilom in tiskovnim materialom izdelava odtis.

Za odtis mora vsak tiskarski stroj opraviti štiri osnovne **delovne operacije**:

vlaganje tiskovnega materiala, nabarvanje tiskovne forme, odtisovanje in izlaganje odtisov. Vse štiri mora ponoviti pri izdelavi prav vsakega odtisa. Vlaganje in nabarvanje potekata razmeroma sočasno (vzporedno). Tiskanje je torej **tehnološka operacija** oziroma tehnološki postopek in ga ponazarja blokovna shema na sliki 8.1. Navedene delovne operacije izvajajo vlagalnik (tudi vlagalni sistem, sestav, vlagalni aparat), tiskovni člen in izlagalnik (tudi izlagalni sistem, sestav, izlagalni aparat).

Vlagalnik je mehanizem, ki omogoča avtomatično in nepretrgano dovajanje tiskovnega materiala. Pri vsakem obratu tiskovnega valja mora dostaviti tiskovni material na natančno določeno mesto, kjer se prenese v tiskovni člen. Če tiskamo pole, lahko tiskovni material vlagamo tudi ročno.

Izlaganje pomeni iznašanje odtisov iz tiskovnega člena. Izlagalnik prevzema potiskan tiskovni material od tiskovnega valja in ga odlaga na skladovnico ali navija v zvitek.



Slika 8.1 Tiskanje, blokovna shema tiskarskega stroja.

Tiskarski stroji tiskajo na tiskovni material v polah, ki so zložene v skladovnicah ali na material v zvitkih. Potiskan tiskovni material izlagajo v zvitkih, polah, dodelanih tiskovinah ali celo kot dokončne **grafične izdelke**. Kombinacije med vhodno in izhodno obliko tiskovnega materiala so najpogostejše pola – pola, zvitek – zvitek, zvitek – pola, zvitek – dodelana tiskovina, zvitek – grafični izdelek.

- Stroji, ki tiskajo na tiskovni material v polah, so **tiskarski stroji** (na pole).
- Stroji, ki tiskajo na papir v zvitkih oziroma traku, so **tiskarske rotacije**, kratko rotacije.

- Poenostavljeni in preprosti tiskarski stroji za osebno uporabo so (digitalni) **tiskalniki**. Od pravih tiskarskih strojev se razlikujejo po zmogljivosti, poenostavljena pa sta tudi vlagalnik in izlagalnik.

Odtis nastane v tiskovnem členu tiskarskega stroja ali rotacije. Tu se nabarva tiskovna forma, tiskarska barva se prenese na tiskovni material. Prenášanje tiskarske barve s tiskovne forme na tiskovni material je odtisovanje. Tiskarska barva se prenaša zaradi **tiskovnega tlaka**; le pri nekaterih digitalnih tiskarskih tehnikah, denimo pri kapljičnem tisku, se prenaša brez njega. Zato v tem primeru namesto o odtisih upravičeno govorimo o **natisih**.

Za nanašanje tiskarske barve na (analogno) tiskovno formo uporabljamo barvni sestav – barvilnik, v mokrem ploskem in v ofsetnem tisku pa tudi vlažilni sestav – vlažilnik. Barvni sestav pred vsakim odtisom nabarva tiskovno formo bodisi z valji bodisi z rakljem. Pri digitalnih tiskarskih tehnikah tiskovna forma sama upravlja mehanizem za nabarvanje.

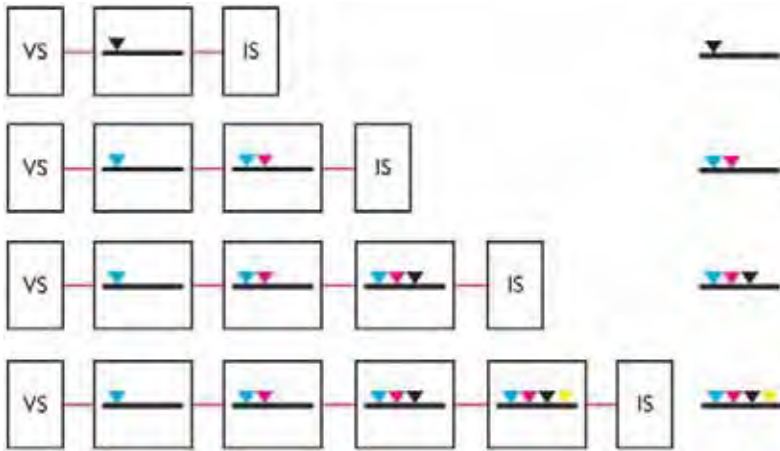
Med vlagalnikom in izlagalnikom je en sam ali več tiskovnih členov. Tako razlikujemo eno-, dvo-, tri-, štiri-, osem- in večbarvne stroje. Načeloma se v vsakem tiskovnem členu odtisne ena procesna tiskarska barva, najpogosteje cian, magenta, rumena ali črna; slika 8.2. Večbarvne odtise lahko izdelamo tudi z enobarvnimi stroji, tako da isto polo večkrat pošljemo skozi stroj in vsakič odtisnemo drugo barvo. Trikromatsko avtotipijsko reprodukcijo odtisnemo tako, da pošljemo isto polo štirikrat skozi stroj; vsakič tiskamo z drugo tiskovno formo z izvlečki za ustrezno procesno barvo (glej poglavje 5.3). Ta tehnologija je zastarela; v standardno opremo tiskarne namreč sodi štiribarvni stroj s po enim tiskovnim člénom za vsako procesno barvo, pri čemer zadostuje zgolj en prehod pole skozi stroj.

Poleg tiskarskih strojev, ki tiskajo samo po eni strani pol ali zvitka, imamo tudi take, ki tiskajo po obeh straneh; to so stroji za **obojestranski** tisk. Seveda je obojestranski tisk mogoč na eno- ali večbarvnih strojih za enostranski tisk; po tisku prve strani odtise obrnemo in jih potiskamo še po drugi. Različne možnosti strojev za obojestranski tisk prikazuje slika 8.3.

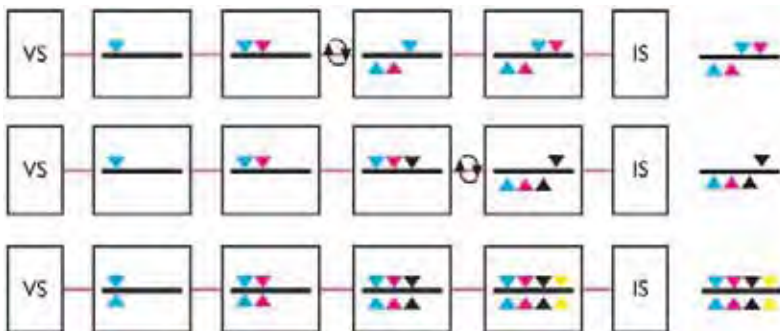
Večji tiskarski stroji in rotacije so pogosto opremljeni z napravami za oplemenitenje, sušenje in dodelavo tiskovin. To so komponente za lakiranje, sušilniki z vročim zrakom, UV- in/ali IR-sevanjem, naprave za rezanje, perforiranje, žlebljenje, šivanje ipd. Zelo vsestranski so **hibridni tiskarski stroji**, ki imajo tiskovne člene za tiskanje z različnimi tiskarskimi tehnikami. Najpogosteje se ena ali več analognih tiskarskih tehnik kombinira s primerno digitalno tehniko za personaliziranje in mutiranje tiskovin.

- Tiskovni člen tiskarskega stroja nabarva tiskovno formo in jo v želeni grafični podobi prenese na tiskovni material. Potrebujemo ga torej za nabarvanje in odtisovanje. Njegova konstrukcija mora biti prilagojena tiskarski tehniki, medtem ko so vlagalniki in izlagalniki enaki pri vseh vrstah tiskarskih strojev.
- Enobarvni tiskarski stroji imajo med vlagalnikom in izlagalnikom en sam tiskovni člen. Pri enem prehodu pole ali zvitka skozi stroj se lahko odtisne samo ena procesna barva.

- Večbarvni stroji imajo med vlagalnikom in izlagalnikom več tiskovnih členov. Pri enem prehodu tiskovnega materiala lahko odtisnejo eno, dve, tri, štiri, pet, ... osem ali več barv, odvisno od števila tiskovnih členov. Ti stroji so namenjeni zlasti za tisk večbarvnih tiskovin, začenši z barvnimi reprodukcijami v časopisih, revijah, knjigah, prospektih in podobnih priložnostnih tiskovinah.
- Tiskarski stroji za obojestranski tisk pri enem prehodu potiskajo tiskovni material po obeh straneh, in sicer v eni ali v več barvah.
- Razlikujmo sestav in sistem. Vlažilnik ali barvilnik sta sestavi, ki lahko deluje na podlagi različnih sistemov: s tremi ali enim valjem, s prevlečenimi ali neprevlečenimi valji, z alkoholom ali brez, s šobami, z rastrskim valjem ipd.



Slika 8.2 Blokovna shema eno-, dvo-, tri- in štiribarvnega stroja za enostranski tisk s pripadajočimi odtisi pri enem prehodu pole skozi stroj.

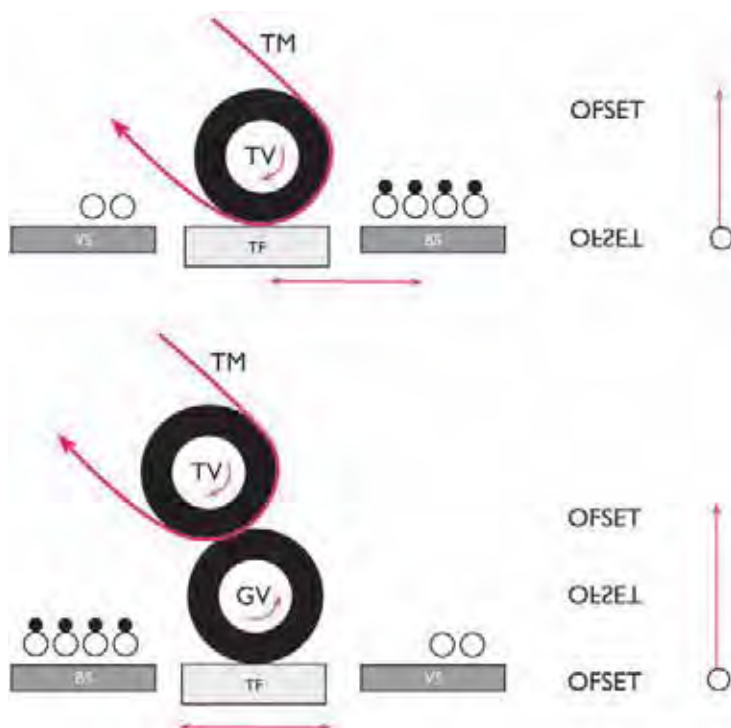


Slika 8.3 Blokovna shema strojev za obojestranski tisk z ustreznimi odtisi pri enem prehodu pole skozi stroj.

8.1 Neposredno in posredno tiskanje

Zasnova in konstrukcija tiskarskega stroja sta odvisni od tiskarske tehnike (analogne, digitalne), vrste tiskovne forme in od tega, kako prenaša tiskarsko barvo na tiskovni material. Posredno tiskanje je namreč mogoče le, če to omogoča tiskarski stroj. Zasnovan mora biti tako, da se tiskarska barva najprej prenese na posredni člen med tiskovno formo in tiskovnim materialom. V ta namen se je uveljavil z gumijasto prevleko (napono) ovit valj, zato mu pravimo **gumi valj**, bolj vsestransko ime pa je **ofsetni valj**.

Prva posredna tiskarska tehnika je bil namreč ofsetni tisk, to je posredni ploski tisk. Ofsetni tisk je nastal s predelavo tiskarskega stroja za (neposredni) ploski tisk – litografijo; med tedaj še ravno tiskovno formo iz kamna in tiskovni valj so vgradili dodaten – gumi oziroma ofsetni valj; slika 8.4.

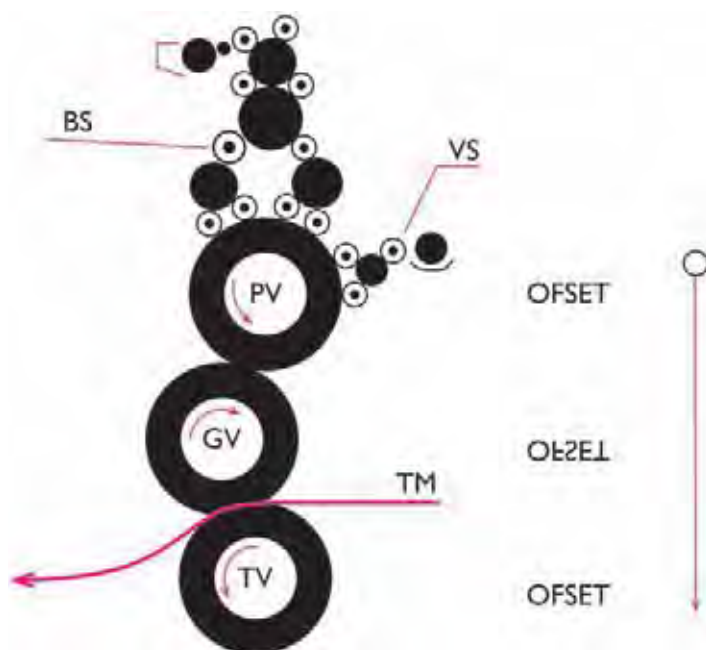


Slika 8.4 Tiskarska stroja za ploski in ofsetni tisk. Okrajšave pomenijo: TV – tiskovni valj, GV – gumi oziroma ofsetni valj, TF – tiskovna forma, TM – tiskovni material, VS – vlažilni sestav oziroma vlažilnik, BS – barvni sestav oziroma barvilnik.

Na sliki 8.4 vidimo, da se mora zaradi spremenjenega prenašanja tiskarske barve spremeniti tudi grafična podoba tiskovnih elementov: medtem ko morajo biti na tiskovni formi za ploski tisk stransko nepravilno (zrcalno) obrnjeni, so na tiskovni formi za ofsetni tisk stransko pravilno obrnjeni, vse druge značilnosti tiskovne forme pa ostanejo nespremenjene: za tiskanje še vedno rabi tiskovna forma za ploski tisk.

Ofsetni tisk je torej »udomačeno« ime za **posredni ploski tisk**. Beseda je angleška, razvila pa se je kot nadomestilo za glagol TO SET OFF; v dobesednem prevodu pomeni proč postaviti, odstaviti ali prestaviti, torej prenašati stvari z enega mesta na drugo: OFFSET. V našem primeru označuje prenašanje tiskarske barve pri posrednem ploskem tisku. V slovenščini smo jo privzeli kot OFSET, OFSETNI, v drugih jezikih pa večinoma kar v prvotnem angleškem zapisu.

Stroj za ofsetni tisk z ravno tiskovno formo je dobil kasneje še tretji valj; nanj so začeli ovijati oziroma napenjati do 0,7 milimetra debele tiskovne forme iz cinkove ali aluminijaste pločevine. Dokler so bile tiskovne forme izdelane iz togih kamnitih plošč, debelih do 150 milimetrov, to pač ni bilo mogoče. Tretji valj je omogočil hitrejše tiskanje, saj pri tisku ni bilo več potrebno translatorsno gibanje tiskovne forme (v levo in desno); zamenjalo ga je vrtenje – rotacija.



Slika 8.5 Ofsetni stroj s tremi valji. Okrajšave pomenijo: PV – ploščni valj, GV – gumi oz. ofsetni valj, TV – tiskovni valj, TM – tiskovni material, VS – vlažilni sestav oziroma vlažilnik, BS – barvni sestav oziroma barvilnik.

Poleg navedenega sta novi **ploščni valj** in že poprej obstoječi tiskovni valj zamenjala položaja. Sestav treh tiskovnih valjev kot jih kaže slika 8.5 so danes značilnost skoraj vsake posredne tehnike tiskanja.

Posredno tiskanje v drugih tiskarskih tehnikah je bilo mogoče šele, ko so razvili tehnologijo za izdelavo polkrožnih ali okroglih tiskovnih form ali tako tankih tiskovnih form, da jih lahko napremo na ploščni valj (ovijemo okoli njega). Ta pogoj je zdaj po svoje izpolnjen prav pri vsaki tiskarski tehniki, zato ima vsaka tudi svojo posredno obliko; slika 6.20.

- Tiskovni valj je tisti del tiskarskega stroja, ki pri tiskanju nosi tiskovni material in skrbi za tiskovni tlak; ta je potreben, če hočemo, da se tiskarska barva prenese s tiskovne forme na tiskovni material ali s tiskovne forme na ofsetni valj in od tod na tiskovni material; sliki 8.4 in 8.5. Izjema so nekatere digitalne tehnike tiska, predvsem kapljični.
- Namesto tiskovnega valja za isti namen uporabljamo tudi ravno tiskovno ploščo. Skupno ime za tisti del tiskarskega stroja, ki pri tiskanju nosi tiskovni material in skrbi za primeren tiskovni tlak, je tiskalo. Pri neposrednih tehnikah tiska se tiskalo dotika tiskovne forme, pri posrednih pa ofsetnega valja; v obeh primerih je vmes tiskovni material.
- Ofsetni (gumi) valj ima gumijevo prevleko in je namenjen za posredno prenašanje tiskarske barve.
- Gumijeva prevleka oziroma napona je sestavljena iz odtisne gume in podložnega papirja. Odtisna guma je večslojno gumirano platno, ki ima na vrhu ravno gumijasto površino; ta pri tisku sprejema in oddaja tiskarsko barvo.
- Ploščni valj je tisti del tiskarskega stroja, ki nosi tiskovno formo.
- Vlažilni sestav (kratko vlažilnik) pred vsakim odtisom navlaži proste površine na tiskovni formi za mokri ploski tisk.
- Barvni sestav (kratko barvilnik, nekdanj barvnica) pred vsakim odtisom nabarva tiskovne površine na tiskovni formi za katero koli tiskarsko tehniko.

8.2 Tiskovna geometrija in tiskovni tlak

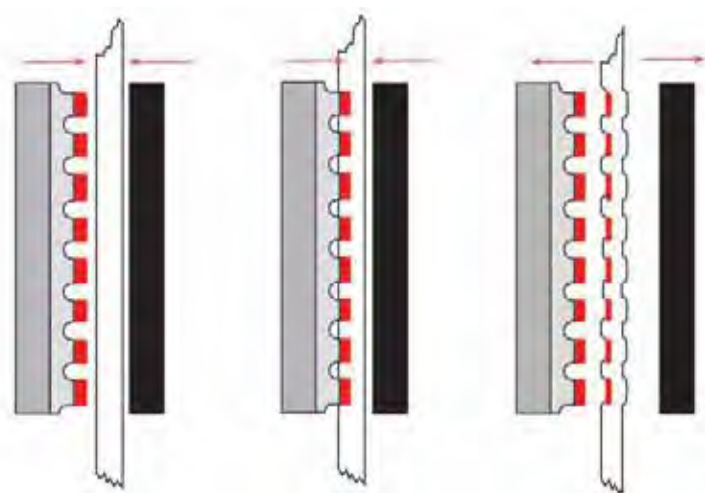
8.2.1 Analogne tiskarske tehnike

Tiskovni tlak, potreben, da se tiskarska barva prenese na tiskovni material, dosežemo v tiskovnem členu s stiskanjem prevleke na ofsetnem valju ali na tiskalu. Hkrati se stiska tudi tiskovni material, včasih celo tiskovna forma.

- **Tiskovni tlak** je učinek sile, s katero se tiskovni material in prevleka na tiskalu ali ofsetnem valju upirata stiskanju. To je hkrati učinek sile, ki je v uščipu med tiskovno formo (gumijevo prevleko) in tiskalom potreben za neoporečno prenašanje tiskarske barve.
- Tiskovni tlak je odvisen od vrste ali kakovosti tiskovne forme, tiskarske barve, tiskovnega materiala, od prevleke na tiskalu ali ofsetnem valju in seveda od **tiskovne geometrije**. Za prenašanje tiskarske barve potrebujemo v nekaterih primerih manjši, v drugih pa večji tiskovni tlak; da bi ostal venomer zadosten, pa tudi večjo ali manjšo silo v uščipu med tiskovno formo in tiskalom.

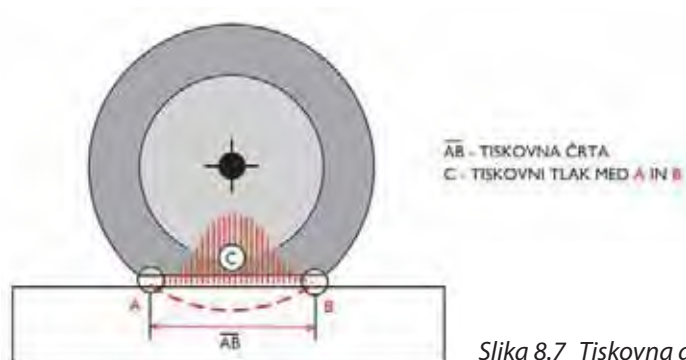
Tiskalo in tiskovna forma sta ravna ali okrogla, medtem ko je gumijeva prevleka na strojih za posredno tiskanje praviloma napeta na valj, vendar to ni nujno (v posrednem globokem tisku lahko v ta namen uporabljamo mehke gumijaste tampone, zato ime tamponski tisk). Pri prenašanju tiskarske barve s tiskovne forme na gumijevu prevleko ima ofsetni valj vlogo tiskala, pri prenašanju z gumijeve prevleke na tiskovni material pa vlogo tiskovne forme. Zato pri opisovanju tiskovne geometrije govorimo na splošno le o medsebojnem odnosu tiskovne forme in tiskala. Oba sta ravna ali okrogla in v različnih položajih. Skupno ime za kombinacijo oziroma razporeditev tiskovne forme in tiskala v tiskarskem stroju je **tiskovna geometrija**.

Po obliki tiskovne forme in tiskala ločimo tri temeljne tiskovne geometrije. Tiskovno geometrijo **ravno – ravno** prikazuje slika 8.6. Njena osnovna značilnost je, da se tiskarska barva prenese na tiskovni material z vse tiskovne forme hkrati. Zadosten tiskovni tlak zato dosežemo le, če je sila, s katero tiskalo pritisne polo tiskovnega materiala ob tiskovno formo, zelo velika. Večja ko je tiskovna forma oziroma format stroja, večja mora biti sila, da ustvari zadosten tiskovni tlak. To pomeni, da je velikost tiskarskih strojev in rotacij s tako tiskovno geometrijo dokaj omejena.



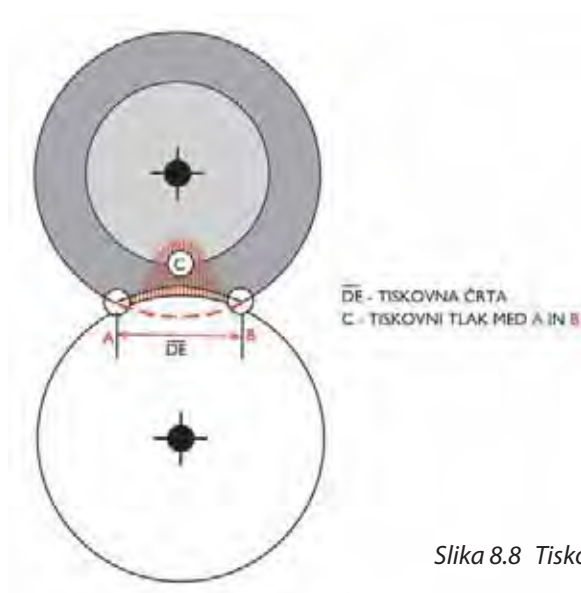
Slika 8.6 Tiskovna geometrija ravno – ravno pred odtisovanjem, med njim in po njem.

Tiskovno geometrijo **ravno – okroglo** kaže slika 8.7. Pri tej tiskovni geometriji se tiskarska barva prenaša le v ozkem uščipu oziroma v ozkem stičišču med tiskovnim valjem in tiskovno formo. Prenašanje tiskarske barve poteka zaporedno in ne hkrati, potreben tiskovni tlak pa učinkuje na zelo majhni površini. Stičišče med tiskovno formo in tiskalom, v katerem poteka prenašanje tiskarske barve, se imenuje **tiskovna črta**. Zaradi zaporednega prenašanja tiskarske barve v tiskovni črti so tiskovne forme lahko večje, stroji pa hitrejši. Pri tiskovni geometriji ravno – okroglo je tiskovna forma navadno ravna, tiskalo pa okroglo, torej tiskovni valj.



Slika 8.7 Tiskovna geometrija ravno – okroglo.

Tretja temeljna oblika tiskovne geometrije je **okroglo – okroglo**; slika 8.8. Tokrat je okrogla ali vsaj polkrožna tudi tiskovna forma. Navadno jo namestimo na ploščni valj. Tiskovna črta je še ožja kot pri geometriji ravno – okroglo, sila ki zagotavlja primeren tiskovni tlak še manjša, odtisovanje zatorej še hitrejša. To omogočata seveda tudi vrteči se ploščni in tiskovni oziroma ofsetni valj.



Slika 8.8 Tiskovna geometrija okroglo – okroglo.

Tiskovna geometrija je odvisna predvsem od vrste tiskovne forme, kajti togih tiskovnih form ne moremo napenjati na ploščni valj, ali pa morajo biti zaokrožene same po sebi. Tiskovne geometrije na tiskarskih strojih in rotacijah so večinoma prirejene za tisk z določenimi ali celo za tisk z eno samo vrsto tiskovnih form. Visoki, globoki, ploski in popustni tisk delimo v podskupine prav na podlagi kombinacije tiskovne forme in tiskovne geometrije. Najbolj značilen primer je pri visokem tisku, ki se deli še na posredni ali neposredni knjigotisk in fleksotisk.

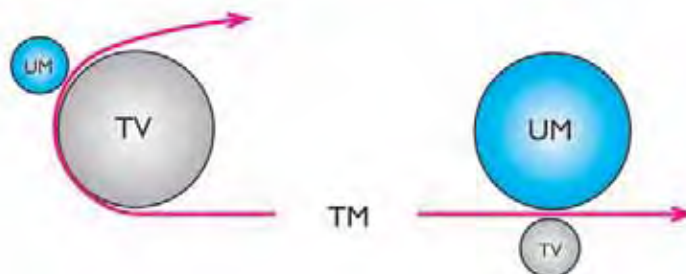
Z različnimi tiskovnimi geometrijami tiskamo tako na pole kot na zvitke, torej jih uporabljamo na tiskarskih strojih in na tiskarskih rotacijah. Tiskarski stroji, ki tiskajo s tiskovno geometrijo okroglo – okroglo, torej le z vrtenjem tiskovne forme in tiskala, so **rotacijski (tiskarski) stroji**. Rotacijski tiskarski stroj in tiskarska rotacija sta dva povsem različna pojma. Rotacijski stroji tiskajo na pole tiskovnega materiala s tiskovno geometrijo okroglo – okroglo, tiskarske rotacije pa na zvitke tiskovnega materiala s katero koli tiskovno geometrijo, najpogosteje pa resda z okroglo – okroglo.

- Tiskovna geometrija je skupno ime za obliko tiskovne forme in tiskala ter njun medsebojni položaj. Osnovne tiskovne geometrije so: ravno – okroglo, okroglo – okroglo in ravno – ravno.
- Tiskovna črta je stičišče med tiskalom in tiskovno formo, v katerem tiskovni tlak povzroča zaporedno prenašanje tiskarske barve na tiskovni material.
- Tiskarski stroj, tiskarska rotacija in rotacijski tiskarski stroj niso pojmi enake vsebine. Razlike so opisane v predhodnih odstavkih.

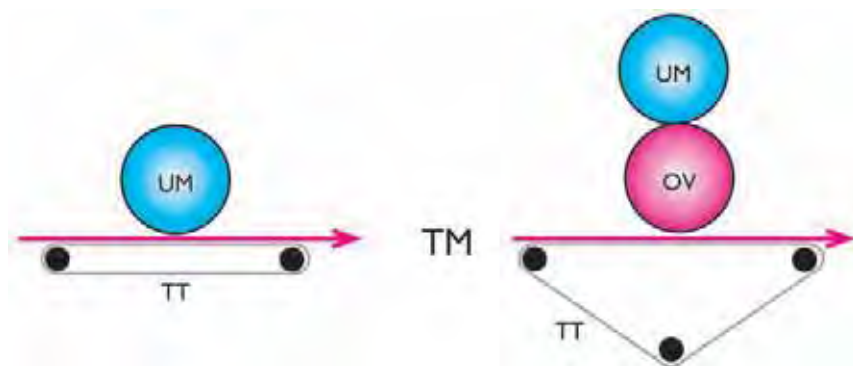
8.2.2 Digitalne tiskarske tehnike

Ker numerična tiskovna forma ni fizično prisotna, tiskovna geometrija označuje obliko upodobitvenega medija oziroma tiskovne glave in njun položaj glede na tiskalo ali tiskovni (prenosni) trak, ki navadno nosi papir. Upodobitveni medij je najpogosteje valj, tiskalo pa je valj, ravno ali polkrožno napet tiskalni trak. Zato moramo pri digitalnih tiskarskih tehnikah ob tiskovnih geometrijah okroglo – okroglo (slika 8.9), okroglo – ravno (slika 8.10) in ravno – ravno, razlikovati tudi tiskovni geometriji ravno – okroglo (slika 8.11) in okroglo – polkroglo na sliki 8.12.

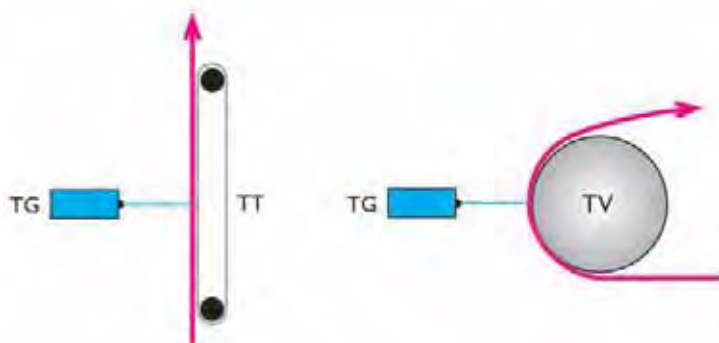
Tiskovni tlak je v digitalnem tisku precej nižji kot v analognem, pri kapljičnem tisku je celo povsem odsoten; kapljice tiskarskega črnila kar same padejo na tiskovni material.



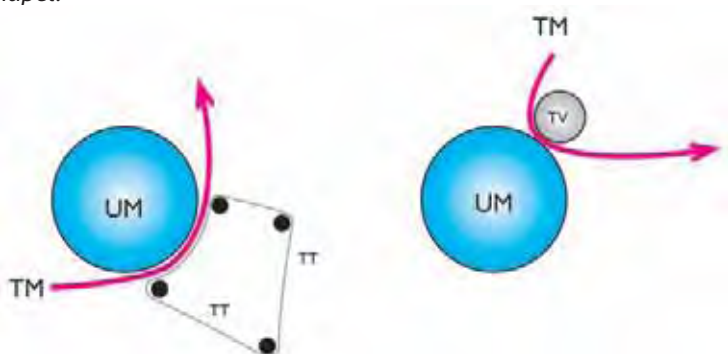
Slika 8.9 Tiskovna geometrija okroglo – okroglo v digitalnem tisku je zlasti prisotna v elektrofotografiji. Tiskovni valj (TV) je bodisi večji bodisi manjši od upodobitvenega valja (UM: upodobitveni medij). Tiskovni tlak v tiskovni črti med valjema je precej manjši od tistega pri analognih tiskarskih tehnikah.



Slika 8.10 O tiskovni geometriji okroglo – ravno govorimo v primerih, ko tiskovni material potuje na ravnem in neskončnem tiskalnem traku (TT), nad njim pa se vrti bodisi neposredno upodobitveni valj (UM) bodisi ofsetni (OV), če imamo opravka s posrednim tiskanjem.



Slika 8.11 Tiskovna geometrija ravno – ravno je najbolj značilna v kapljičnem tisku, pri katerem je nad tiskovnim trakom nameščenih več translatorsno gibajočih se tiskovnih glav (TG). Pogosta je tudi geometrija ravno – okroglo, kjer se tiskovni material vrti ob tiskovnem valju, ali je nanj napet.



Slika 8.12 Nova tiskovna geometrija pri digitalnih tehnikah tiska je okroglo – polkroglo. Tiskovni material teče po tiskovnem traku ali bobnu, ki se le v polkroggu stika z upodobitvenim valjem.

- Upodobitveni medij (kratica UM) je najpogosteje upodobitveni valj (denimo polvodniški valj v elektrofotografskem tisku), na katerem se fizično upodobi tiskovna forma in prenese na tiskovni material. Ni nujno, da je upodobitveni medij prav valj, lahko je tudi neskončni (polvodniški) trak, kar je odvisno od zasnove tiskarskega stroja ali rotacije.

8.3 Stroji za visoki tisk

Stroji za visoki tisk tiskajo pole ali zvitke. Glede na kombinacijo tiskovne forme in tiskovne geometrije jih delimo še na stroje za knjigotisk in stroje za fleksotisk.

8.3.1 Stroji za knjigotisk

Knjigotisk – nekdanja dominantna tiskarska tehnika, zdaj le še muzealičnega pomena, a nenadomestljiva pri slepem in vročem tisku – je veja visokega tiska; uporabljamo **pastozno** tiskarsko barvo, to je tiskarsko barvo v obliki gela. Vrsto tiskovne forme izberemo glede na to, kakšna je tiskovna geometrija tiskarskega stroja, kot jo kaže tabela.

VRSTA TISKOVNE FORME			
	<i>Ravno – ravno</i>	<i>Ravno – okroglo</i>	<i>Okroglo – okroglo</i>
Svinčene črke	X	X	
Svinčeni bloki oziroma podložki	X	X	
Svinčevi stereotipi	X	X	X
Cinkovi, magnezijevi klišeji	X	X	X
Gumijasti duplikati	X	X	X
Plastični duplikati	X	X	X
Ovojne plošče	X	X	X

POJASNILA K TABELI:

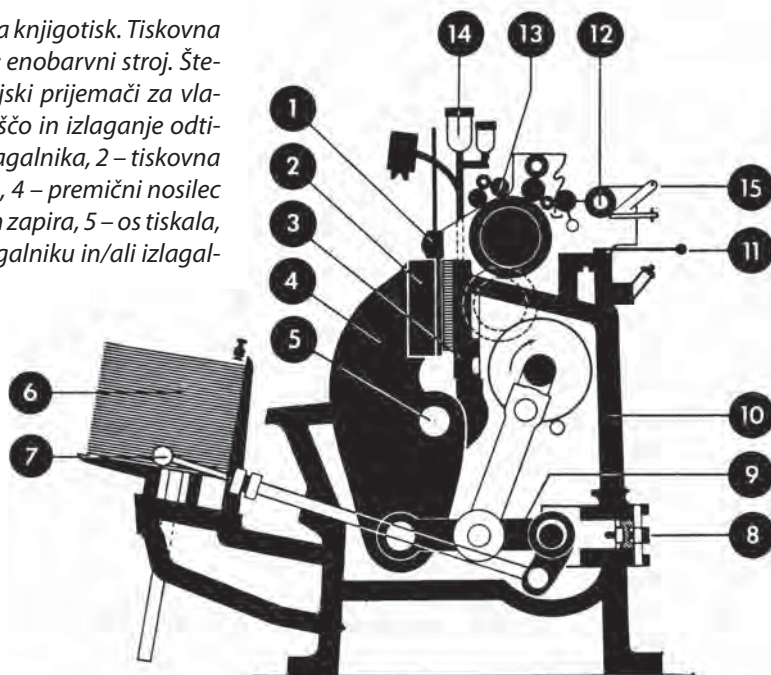
- Svinčene črke so posamezni tiskovni elementi iz svinčene zlitine, ki jih ročno sestavljamo v tiskovno formo (glej 2.5).
- Svinčeni bloki oziroma podložki so večji, pravokotni kosi svinčene zlitine, na katere pritrdimo tiskovne forme v obliki cinkovih ali magnezijevih klišejev, gumijastih ali plastičnih duplikatov in ovojnih plošč.
- Svinčeni stereotipi so iz svinčene zlitine ulite ravne ali polkrožne tiskovne forme za visoki tisk in jih je zato mogoče pritrditi na ploščni valj stroja. Stereotipi so dvojniki tiskovne forme za knjigotisk; ta je sestavljena predvsem iz svinčenih črk in klišejev.

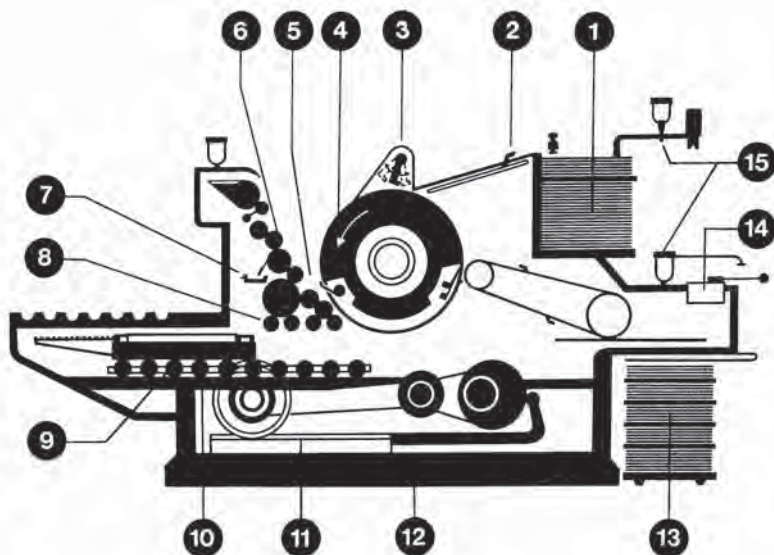
- Cinkovi (Zn) in magnezijevi (Mg) klišaji so toge in ravne plošče, ki jih uporabljamo za tiskanje enotonskih ali rastrskih reprodukcij v knjigotisku; debele so 0,5 do 7 milimetrov.
- Gumijastiduplikati so dvojniki tiskovne forme za knjigotisk. Ker so prožni, se lahko ovijajo oziroma napenjajo na valje.
- Plastični duplikati so dvojniki tiskovne forme za knjigotisk, izdelani iz umetnih mas in jih je mogoče napenjati na valje.
- Ovojne plošče so materiali za izdelavo tiskovne forme za visoki tisk in jih je mogoče ovijati (napenjati) okoli ploščnega valja. Izdelane so iz cinka, magnezija ali plastike (fotopolimerov) na tanki jekleni podlogi (plošči). Fotopolimeri so svetlobno občutljive umetne mase.

Knjigotiskarski stroji, ki delujejo z različno tiskovno geometrijo, imajo različna imena. Zaklopni stroji so tisti, ki delujejo s tiskovno geometrijo ravno – ravno. Tisti, ki delujejo s tiskovno geometrijo ravno – okroglo, so cilindrični, oni s tiskovno geometrijo okroglo – okroglo, pa so rotacijski tiskarski stroji. Knjigotiskarske rotacije lahko delujejo z vsako tiskovno geometrijo, okroglo – okroglo pa je najbolj pogosta.

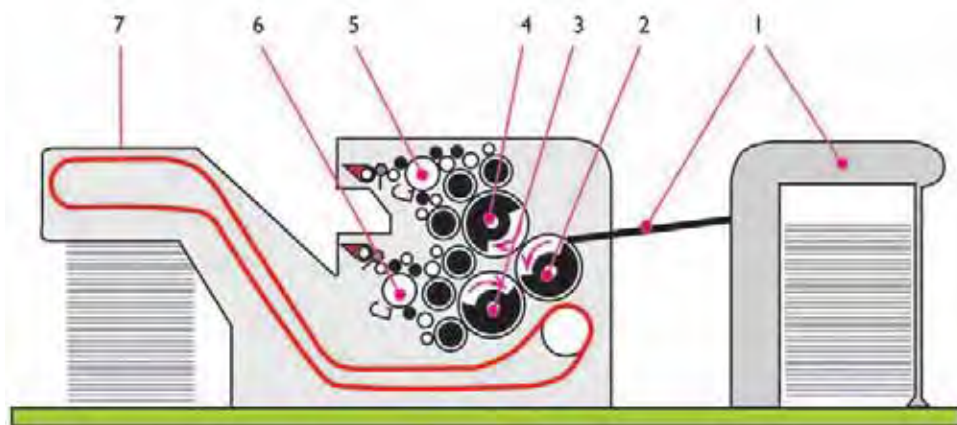
V knjigotisku tiskamo zlasti papirje in kartone, izdelki pa so, kot pove ime, v glavnem knjige, revije in časopisi, obrazci, posetnice in podobno. Knjigotiskna zaklopna stroja je primeren predvsem za tisk manjših naklad.

Slika 8.13 Zaklopni stroj za knjigotisk. Tiskovna geometrija ravno – ravno; enobarvni stroj. Številke pomenijo: 1 – rotacijski prijemalci za vlaganje pol na tiskovno ploščo in izlaganje odtisov so del vlagalnika in izlagalnika, 2 – tiskovna plošča, 3 – tiskovna forma, 4 – premični nosilec tiskala se pri tisku odpira in zapira, 5 – os tiskala, 6 – tiskovni material v vlagalniku in/ali izlagalniku, ki stojita vzporedno, 7 – vzvod za nastavljanje tiskovnega tlaka, 8 – varovalka pred previsokim tiskovnim tlakom, 9 – pogonski vzvod, 10 – ohišje stroja, 11 – vzvod za centralno mazanje, 12–13 – barvni sestav.

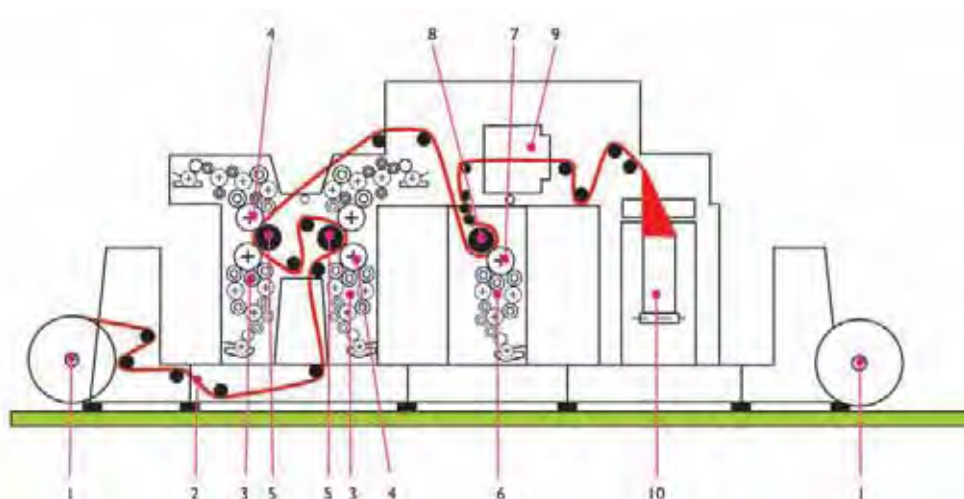




Slika 8.14 Cilindrični stroj za knjigotisk. Tiskovna geometrija ravno – okroglo; enobarvni stroj. Številke pomenijo: 1 – tiskovni material v vlagalniku, 2 – prijemači in sesalke v vlagalnem sestavu, 3 – nihajni prijemači za prenašanje poldo tiskovnega valja so del vlagalnika, 4 – tiskovni valj, na katerega je napeta papirna ali gumijasta prevleka, 5 – 6 – 7 – barvilnik, 8 – barvni valji so tisti valji v barvnem sestavu, ki nabarvajo tiskovno formo, 9 – tiskovna forma, 10 – nosilni valji za tiskovno formo, 11 – pogon tiskovne forme, 12 – ohišje stroja, 13 – potiskan tiskovni material v izlagalniku.



Slika 8.15 Rotacijski stroj za knjigotisk. Tiskovna geometrija okroglo – okroglo; dvobarvni stroj. Številke pomenijo: 1 – vlagalnik, 2 – tiskovni valji, 3 – ploščni valj za tisk druge barve, 4 – ploščni valj za tisk prve barve, 5 – barvilnik prve barve, 6 – barvilnik druge barve, 7 – izlagalnik.

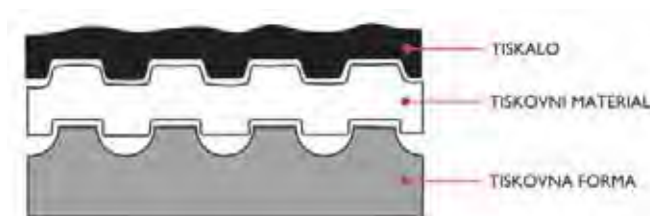


Slika 8.16 Rotacija za knjigotisk. Tiskovna geometrija okroglo – okroglo. Namenjena je za obojestranski tisk časopisov v štirih barvah po eni in v eni barvi po drugi strani (vsaka druga stran časopisa je barvna). Izlaganje v zvitek ali grafični izdelek. Številke pomenijo: 1 – vlagalnik z odvijalnikom, 2 – vodila, 3 – barvilnik, 4 – ploščni valji za štiribarvni tisk po zgornji strani, 5 – tiskovni valji za tisk po zgornji strani, 6 – barvilnik (barvni sestav) za tisk spodnje strani, 7 – ploščni valj v drugem, enobarvnem tiskovnem členu, 8 – tiskovni valj, 9 – sušilnik z vročim zrakom, 10 – zgibalnik.

Za posredni knjigotisk najpogosteje uporabljamo kar prirejene ofsetne stroje. Na ploščni valj namesto tiskovne forme za ploski tisk napremo primerno ovojno ploščo, vlažilnik pa izklopimo. Rotacije za posredniknjigotisk so izdelane podobno kot ofsetne, le da nimajo vlažilnika. Uveljavile so se zlasti za tisk računalniških (neskončnih) obrazcev.

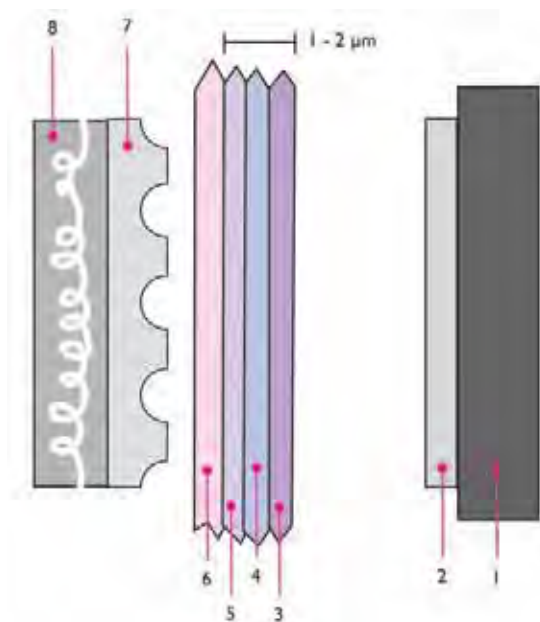
Posebni in **nenadomestljivi** obliki visokega tiska sta **slepi (reliefni)** in **vroči tisk**. Obe tehniki temeljita prav na uporabi togih tiskovnih form in izjemno visokega tiskovnega tlaka, ki ga lahko dosežemo le s stroji za knjigotisk.

Pri slepem tisku tako povečamo tiskovni tlak, da na odtisu nastane relieftiskovnih površin oziroma elementov. Ker pri tiskanju ni treba nabarvati tiskovne forme, in ker vidimo njeno podobo na odtisu le zaradi izbočenih tiskovnih površin, se ta tehnika imenuje slepi tisk. Izdelavo odtisa s slepim tiskom ponazarja slika 8.17.



Slika 8.17 Načelo slepega tiska.

Vroči tisk je tehnika knjigotiska, pri kateri pastozne tiskarske barve nadomeščajo kovinsko obarvane plastične folije. Tiskarska barva s folije se v obliki tiskovnih površin prenese na tiskovni material zaradi dveh vzrokov: zaradi povečanega tiskovnega tlaka, predvsem pa zaradi visoke temperature, do katere segrejemo tiskovno formo, navadno okoli 130 °C. Z nastavljanjem tiskovnega tlaka lahko tudi pri vročem tisku dosežemo reliefni učinek, odtisnjeni tiskovni elementi pa so hkrati tudi obarvani. Blokovno shemo vročega tiska in ustroj folije kaže slika 8.18. Folije za vroči tisk so različno obarvane; sprva so bile zgolj zlate in srebrne, zato se je ta tehnika poenostavljeno imenovala kar *zlato-tisk*. Sedaj so na voljo vse kovinske barve, tako da zaradi usmerjenega odboja svetlobe dosežemo kovinski sijaj pestro obarvanega odtisa. S to tehniko realiziramo tudi vroče tiskane holograme, ki so pomembna prvina zaščite na vrednostnih tiskovinah. Za slepi in vroči tisk so primerni zlasti zaklopni stroji.

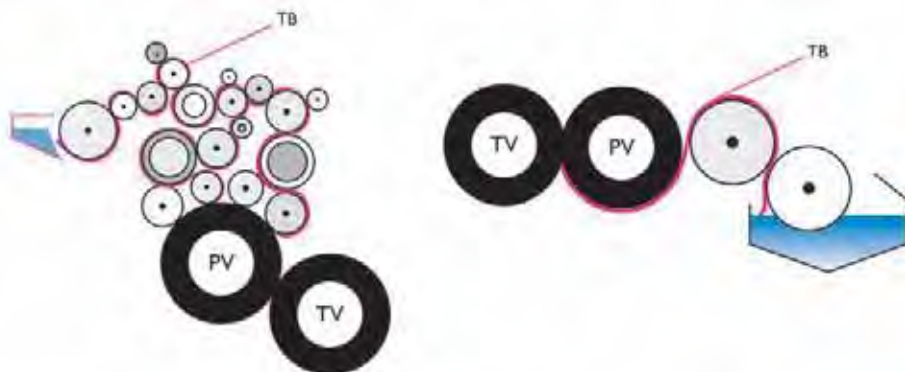


Slika 8.18 Načelo vročega tiska in ustroj folije za vroči tisk. 1 – tiskovna plošča (tiskalo), 2 – tiskovni material, 3 – lepilo, s katerim se kolorant s folije zalepi ob tiskovni material, 4 – kolorant oziroma barvasta kovinska folija, 5 – ločilni sloj, 6 – nosilni sloj, 7 – tiskovna forma, 8 – grelna plošča oziroma grelec.

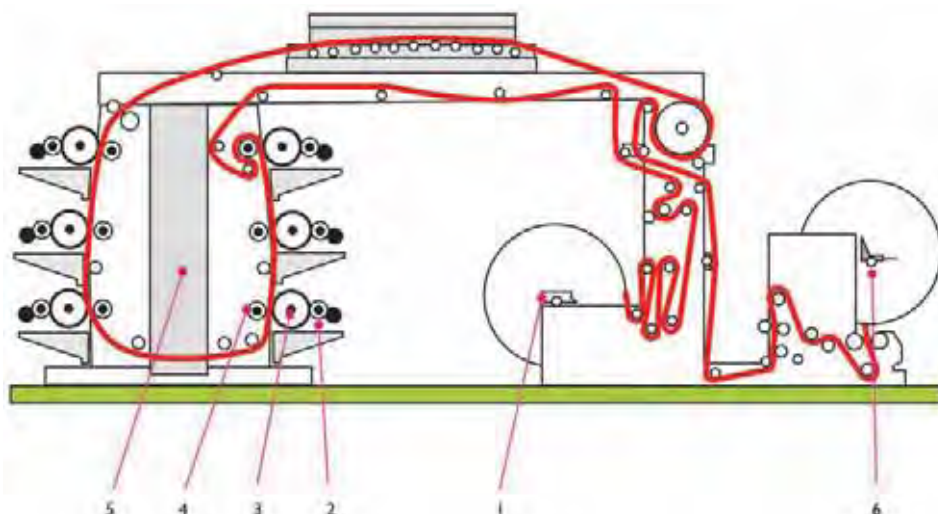
8.3.2 Stroji za fleksotisk

Fleksotisk se od knjigotiska loči po tem, da pri tiskanju uporabljamo vedno le tiskovne forme v obliki gumijastih duplikatov ali v obliki zelo elastičnih ovojnih plošč, namesto pastoznih tiskarskih barv pa tekoča tiskarska črnila v obliki suspenzije (podobno kot pri globokem tisku). Tiskovna geometrija je pri teh strojih večinoma okroglo – okroglo. Od knjigotiskarskih strojev se razlikujejo tudi po konstrukciji barvilnika; slika 8.19. Medtem ko barvni sestav na knjigotiskarskem stroju sestoji iz več valjev, so v fleksotisku (največ) trije. Ta razlika nastaja prav zaradi značilnosti tiskarskih past in črnil. Da bi v knjigotisku pripravili tanek sloj pastozne tiskarske barve in ga nanegli na tiskovne površine, je potreben zahtevnejši postopek kot v fleksotisku. S tekočo tiskarsko barvo je namreč dokaj preprosto pripraviti tanek sloj, potreben za nabarvanje.

Tiskovni materiali, ki jih tiskamo v fleksotisku, so predvsem: papir, umetne mase, kovinske folije, kompozitni materiali, laminati, metalplasti. Ta tehnika je še zlasti primerna za izdelavo papirnih in plastičnih vrečk, servietov, ovojnega papirja, embalaže za mleko, sadne sokove (*tetrapack*, *doypack*) in podobno. V tem pogledu je najbolj perspektivna analogna tiskarska tehnika.



Slika 8.19 Primerjalni skici tiskovnih členov s tiskovno geometrijo okroglo – okroglo na tiskarskih strojih za knjigotisk in fleksotisk. V koritu s tiskarskim črnilom se vrti jemalec, ob njem pa rastrski valj (RV), ki prožno tiskovno formo nabarva s točno določeno količino tiskarskega črnila. Na rastrski valj lahko doteka tiskarska barva tudi skozi posebno komoro za raklji – črnilno komoro.



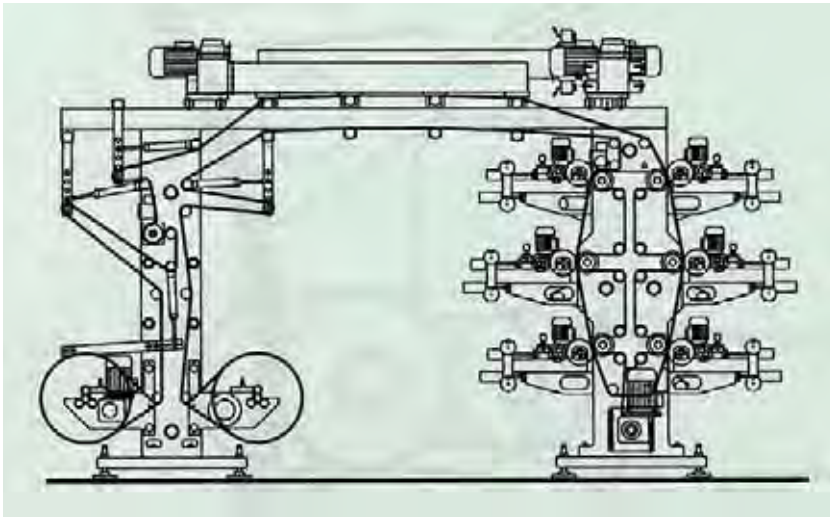
Slika 8.20 Rotacija za fleksotisk s tiskovnimi členi v tiskovnem stolpu. Tiskovna geometrija okroglo – okroglo, vsak tiskovni člen ima lasten tiskovni valj; šestbarvna rotacija za enostranski tisk z izlaganjem v zvitek (kombinacija zvitek – zvitek). Številke pomenijo: 1 – zvitek tiskovnega materiala v vlagalniku, 2 – barvilnik (barvni sestav), 3 – ploščni valji, 4 – tiskovni valji, 5 – na rotaciji je 6 enakih tiskovnih členov, vsak za tiskanje ene barve, 6 – zvitek tiskovnega materiala v izlagalniku.

- Knjigotisk je veja visokega tiska, pri kateri razmnožujemo informacije s pastozno tiskarsko barvo (tiskarsko pasto) in docela togo, trdno tiskovno formo.
- Fleksotisk je veja visokega tiska, pri katerem uporabljamo tekočo tiskarsko barvo (tiskarsko črnilo) in prožno tiskovno formo iz upogljivih in stisljivih snovi, kot so guma ali umetne mase.

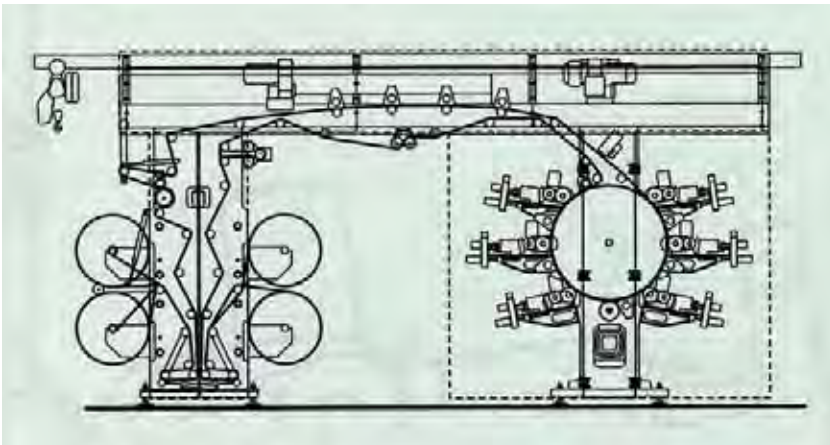
Glede na razporeditev tiskovnih členov delimo tiskarske rotacije za fleksotisk na tri skupine (razlike med navedenimi konstrukcijskimi zasnovami ponazarjata sliki 8.21 in 8.22):

- ✓ rotacije s posamičnimi tiskovnimi členi v tiskovnem stolpu (vsak tiskovni člen ima lasten tiskovni valj, kot na sliki 8.20,
- ✓ rotacije s tiskovnimi členi ob enem samem tiskovnem valju; v tiskovnem stolpu je en sam tiskovni valj (t. i. satelitna zasnova),
- ✓ rotacije z zaporednimi tiskovnimi členi oziroma v tandemu.

A



B





Slika 8.21 Shematični prikaz fleksotiskarskih rotacij s posamičnimi tiskovnimi členi v enem tiskovnem stolpu (A), s centralnim tiskovnim valjem po satelitnem načelu (B) in z zaporednimi tiskovnimi členi v tandemu (C).



Slika 8.22 Fleksotiskarske rotacije s posamičnimi tiskovnimi členi v enem tiskovnem stolpu (A), s centralnim tiskovnim valjem po satelitnem načelu (B) in z zaporednimi tiskovnimi členi v tandemu (C). Najbolj vsestranske in prilagodljive so rotacije z zaporednimi tiskovnimi členi, predvsem zato, ker nanje lahko preprosto namestimo dodatne naprave: tiskovne člene za digitalni, slepi in vroči tisk, oplemenitenje (lakiranje), UV- in IR-sušilnike, lasersko izrezovanje in tiskanje numeričnih kod (EAN, RFID).

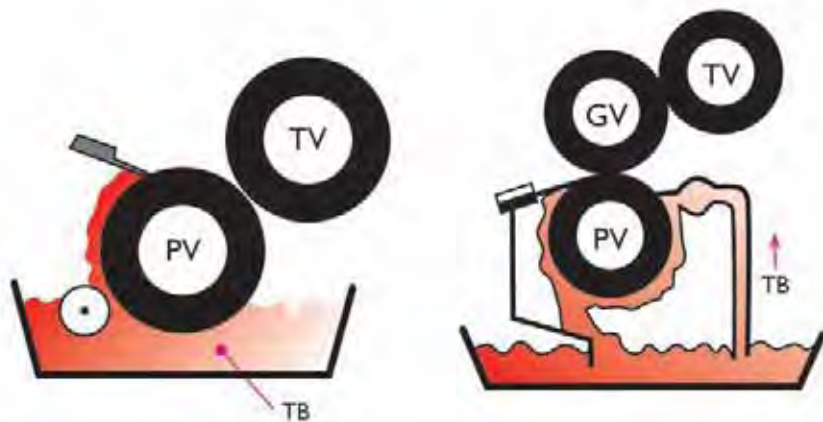
8.4 Stroji za globoki tisk

Tako kot visoki delimo tudi globoki tisk na dve veliki veji: rastrski in linijskigloboki tisk. Vrste rastrskega globokega tiska so opisane v poglavjih 6.3.1.2 in 7.3.1.3.

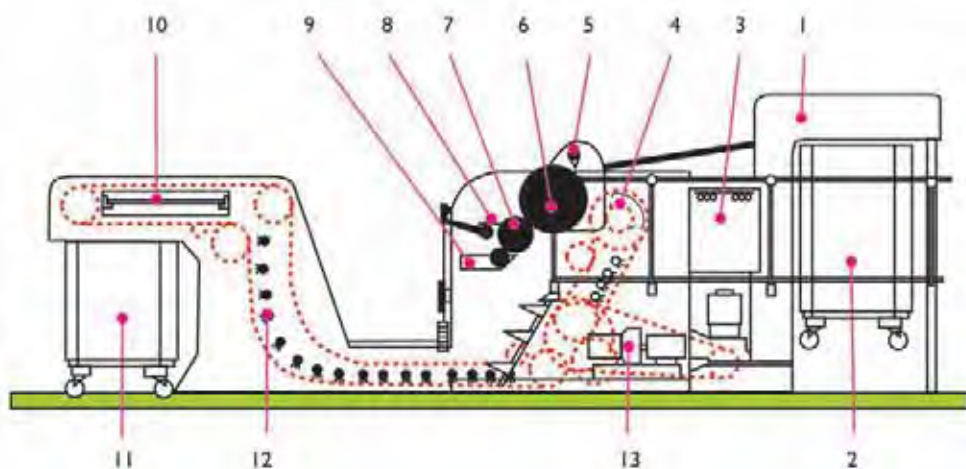
Pri linijskem globokem tisku tiskovne površine niso alveole, marveč nepretrgani, različno globoki utori. Za tiskanje uporabljamo tiskarske stroje s tiskovno geometrijo ravno – okroglo ali okroglo – okroglo in tiskarske paste in ne tiskarska črnila kot pri rastrskem globokem tisku.

Stroji za rastrski globoki tisk delujejo praviloma s tiskovno geometrijo okroglo – okroglo in tiskajo pole ali zvitke v eni ali več barvah. Uporabljamo torej tekoče tiskarske barve v obliki suspenzije (tiskarska črnila). Z umakanjem tiskovne forme v korito s tiskarskim čnilom se barva najprej nanese po vsej površini, nato pa jo s prostih površin odstrani rakelj. Namesto z umakanjem jo lahko na tiskovno formo nanesemo tudi s čnilno komoro, kot pri flekso- in ofsetnem tisku.

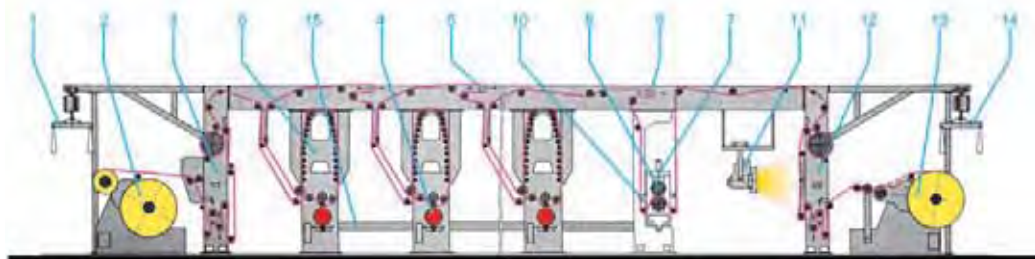
Pri posrednem globokem tisku je med tiskovni in ploščni valj vgrajen še ofsetni; slika 8.23. Posredni globoki tisk je primeren predvsem za tiskanje na nenavadne tiskovne materiale, kot je na primer izjemno tanek cigaretni papir. Sicer pa pri globokem tisku uporabljamo tudi različne vrste drugih papirjev, kartonov, umetnih mas, kovinskih folij in še številnih materialov, ki jih v drugih tiskarskih tehnikah ne moremo potiskati. V tej tehniki zato ne tiskamo le knjig, revij in prodajnih katalogov v visokih nakladah, marveč zlasti embalažo (ovojnike in ovojnine), vrednostne papirje (čeki, denar, boni) in tiskovine izrednega pomena.



Slika 8.23 Tiskovna člena na tiskarskih strojih za neposredni in posredni rastrski globoki tisk. V prvem primeru tiskarsko barvo nanašamo z umakanjem, v drugem z brizganjem.



Slika 8.24 Enobarvni stroj za globoki tisk. Tiskovna geometrija okroglo – okroglo; razmerje valjev 1 : 2. Številke pomenijo: 1 – vlagalnik, 2 – skladovnica tiskovnega materiala v vlagalniku, 3 – krmilna plošča, 4 – prenašalni boben, 5 – nihajni prijemači, 6 – tiskovni valj, 7 – tiskovna forma, 8 – rakelj, 9 – barvilnik (barvni sestav), 10 – izlagalnik (izlagalni sestav), 11 – skladovnica odtisov v izlagalniku, 12 – sušilne šobe z vročim zrakom, 13 – pogon.



Slika 8.25 Tri- ali večbarvna rotacija za globoki tisk (bakrotisk); tiskovna geometrija okroglo – okroglo. Namenjena je za tiskanje dekorativnega papirja, zato je na koncu opremljena z rotacijskim členom za slepi tisk (7). Posamezne številke pomenijo: 1 – in 14 – dvigalo za zvitke, 2 – dvoglavi odvijalnik, 3 – vlagalnik, 4 – tiskovni člen z dvojnimi obsegom tiskovne forme, ki zagotavlja boljše prileganje tiskovnega materiala, 5 – 9 – skladnostni valji, 6 – sušilnik, 7 – tiskovni člen za slepi tisk, 8 – tiskovni valji za slepi tisk, 10 – skladnostni mehanizem, 11 – optični zaslon za nadzor kakovosti, 12 – izlagalnik, 13 – dvoglavi navijalnik, 15 – pogon. Ob tiskovno formo tiskovni material pritiskata manjši gumijasti in večji kovinski tiskovni valji.

8.5 Stroji za ofsetni tisk

Ob koncu drugega tisočletja je (bil) posredni ploski, torej ofsetni tisk dominantna tiskarska tehnika. Več kot 75 odstotkov tiskovin so na svetu natisnili prav v tej tehniki.

Vsi ofsetni stroji delujejo s tiskovno geometrijo okroglo – okroglo in uporabljajo pastozne tiskarske barve. Poleg barvnega je še vlažilni sestav oziroma vlažilnik, ki pa ni potreben, če tiskamo v tehniki posrednega visokega tiska oziroma suhega ofsetnega tiska (glej poglavje 6.3.1.3); slika 8.26. To pomeni, da lahko na teh strojih brez bistvenih sprememb tiskamo kar v trehtiskarskih tehnikah. Vseeno je večina strojev za suhi ofsetni tisk zasnovana posebej za neposredno digitalno upodabljanje tiskovnih form v stroju in/ali za barvni sistem aniloks, kjer je vlažilnik odveč, prav tako pa tudi množica barvilnih valjev; slike 8.27, 8.28, 8.29, 8.30. Tiskarsko barvo in/ali vlažilno vodo (vlažilno raztopino) nanašamo na tiskovno formo v vseh vejah ploskega tiska najpogosteje z valji. V nekaterih primerih vlažimo tiskovno formo kar prek barvnega sestava, to je brez ločenih vlažilnih valjev, v suhem ofsetnem tisku pa se vse bolj uveljavlja nabarvanje z rastrskimi aniloks valji; slika 8.31.

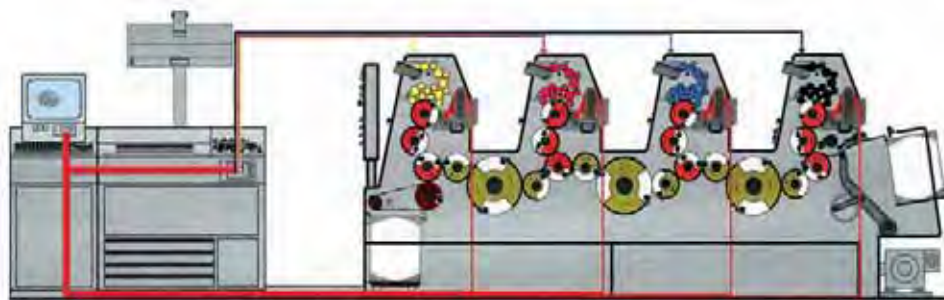
Ofsetni stroji za neposredno digitalno upodabljanje DI (*Direct Imaging*) so digitalizirani. To pomeni, da digitalni podatki, ki jih pripravi rastrski računalnik RIP, upravljajo točkovno upodabljanje ofsetne plošče, ki je napeta na ploščnem valju stroja. Zato govorimo o digitaliziranem tiskanju, ki ga nikakor ne smemo zamenjevati z digitalnim: ko je tiskovna forma izdelana, tak stroj obratuje enako kot tisti, v katerega vpnemo vnaprej z analognim ali digitalnim kopiranjem pripravljeno tiskovno formo. Neposredno digitalno upodabljanje označuje tudi kratica CTP: *Computer to Press*. Vendar CTP pomeni še *Computer to Plate*, *Computer to Paper* in *Computer to Print*; razlaga je v povzetku. Ofsetne plošče za neposredno digitalno upodabljanje so razvili tudi za mokri ofsetni tisk, vendar jih ne uporablja veliko strojev. Menjava vnaprej pripravljenih tiskovnih form je zlasti na večjih strojih bolj gospodarna kot upodabljanje v stroju. Ofsetne plošče za neposredno digitalno upodabljanje so namenjene za suhi ali mokri ofsetni tisk in so izdelane bodisi na poliestrski bodisi na aluminijasti podlagi. Na splošno gre pri tej tehnologiji za to, da se eden od slojev zaradi toplotne degradacije lahko mehansko odstrani; plošče sodijo v skupino termičnih ofsetnih plošč; slike 8.32 in 8.33. Termalen ali termičen?

- **Termalen** po SSKJ: ki izvira iz zemlje in ima povprečno letno temperaturo navadno višjo od povprečne letne temperature kraja, topel: termalna voda, termalni bazen, termalno kopališče, termalni izvir, vrelec.
- **Termičen** po SSKJ: toploten: termični dražljaji, učinki, termična izolacija, termična emisija, termična nevihta, termična obdelava je načrtno segrevanje ali ohlajevanje, s katerim se spreminjajo lastnosti; toplotna obdelava. Termično: termično obdelati snov.

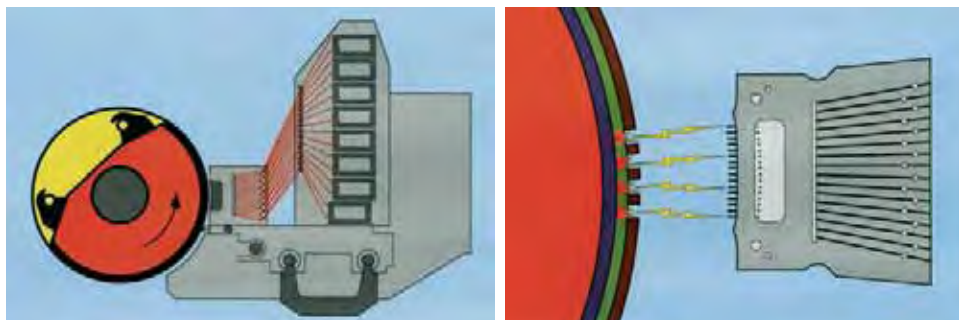
Tretja vrsta ofsetnih strojev oziroma rotacij za neposredno digitalno upodabljanje uporablja brezšivne tiskovne cevi, tj. cevne prevleke, ki jih namestijo na ploščni valj. Njihova posebnost je, da je mogoče upodobljene tiskovne površine po tisku naklade izbrisati, obnoviti tiskovni ovoj in na isti površini upodobiti novo tiskovno formo. Ta postopek se po angleško imenuje *Digital Change Over*, iz njega pa so naredili skovanko DICO. To je edina prava tehnologija CtPress; pri vseh drugih gre zgolj za upodabljanje na valj vpete ofsetne plošče. Tehnologija DICO obsega štiri operacije: upodabljanje, fiksiranje, tiskanje in obnavljanje; slike 8.34 in 8.35.



Slika 8.26 Tiskovni člen ofsetnega stroja pri tiskanju v ofsetnem tisku, suhem ofsetnem tisku in posrednem visokem tisku.

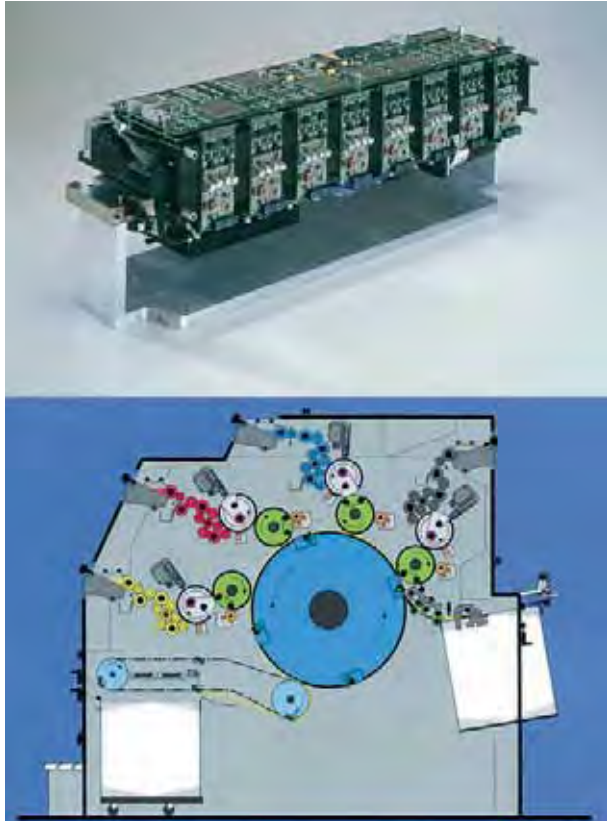


Slika 8.27 Prvi ofsetni stroj za neposredno digitalno upodabljanje tiskovnih form (DI – direct imaging) je Heidelberg GTO-DI iz leta 1991. Bil je prvi, ki je omogočal 100-odstotno barvno skladje, consko nastavitev barvnika po podatkih datoteke PostScript v procesnem računalniku in prvi, ki je tiskal »na suho«. Upodobitveno glavo so namestili tja, kjer je navadno vlažilnik.



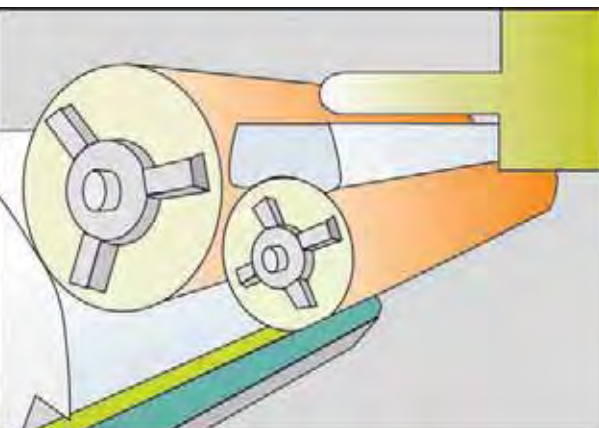
Slika 8.28 Upodobitvena glava na stroju GTO-DI ni imela takšnih laserskih diod, kot smo jih vajeni danes, temveč 16 visokonapetostnih elektrod. Te so pri upodabljanju gravirale ofsetno ploščo iz treh slojev: na dnu je bil oleofilen, sloj nosilnega poliestra, nad njim zelo tanek sloj naparjenega aluminija, prav na vrhu pa oleofoben silikonski sloj. Elektroda se je takrat, ko je morala upodobiti tiskovno površino (elementarno rastrsko točko), tako močno nabila, da je naboj preskočil do ozemljenega aluminijastega sloja v ofsetni plošči (podobno kot blisk med nevihto preskoči na strelovod). Pri tem je naboj odstranil silikonski sloj in uničil aluminij; prikazal se je oleofilni poliester. S tem postopkom so lahko pri naslovni ločljivosti 1024 dpi s 40-linijskim rastrom upodobili zgolj 100 tonov, kar ni zadostovalo za tiskanje zahtevnih kakovostnih tiskovin.

Slika 8.29 Novejši digitalizirani stroji za neposredno upodabljanje nimajo več elektromehaničnih, marveč laserske upodobitvene glave (zgornja slika). Prilagojena je tiskovna geometrija (v tem primeru satelitni sistem okroglo – okroglo) pa tudi razpored valjev v barvnih sistemih. Vendar mora tiskar nabarvanje (nanos tiskarske barve) po širini odtisa še vedno consko upravljati.

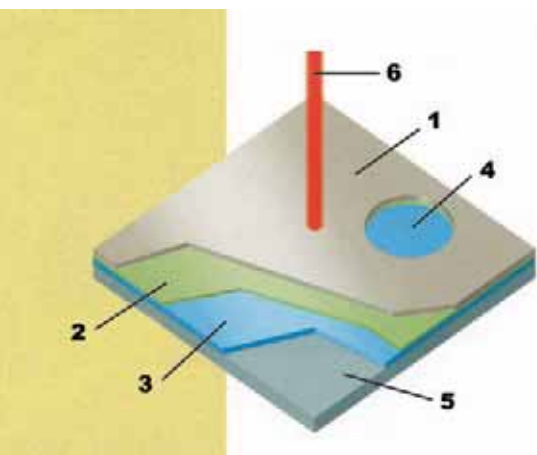


Slika 8.30 Digitaliziran ofsetni stroj z barvnim sistemom aniloks ima za nabarvanje tiskovne forme namesto množice manjših valjev en sam rastrski valj. Številke pomenijo: 1 – rastrski valj v aniloks barvilniku; na desni je jemalec, na katerega barvilna komora dovaja tiskarsko barvo, 2 – kasete z upodobitvenimi ploščami, 3 – kasete za uporabljene tiskovne forme, 4 – ploščni valj za tisk magenta in črne, 5 – ploščni valj za tisk cian in rumene, 6 – ofsetni valj za magenta in črno, 7 – ofsetni valj za cian in rumeno, 8 – tiskovni valj ima trojni obseg tiskovne forme, 9 – prenašalni bobni, 10 – verižni prijemači.





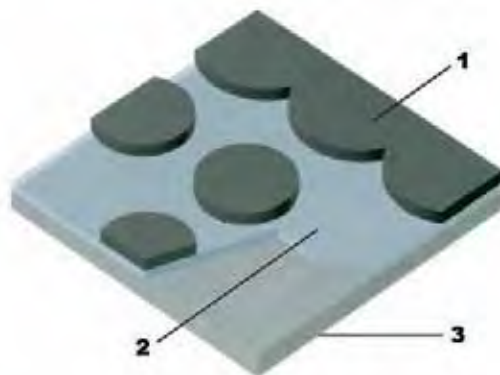
Slika 8.31 Barvni sistem z rastrskim valjem aniloks omogoča nabarvanje brez conskega upravljanja. Nanos tiskarske barve se samodejno prilagaja razporedu in velikosti tiskovnih površin. Rastrski valj je, tako kot tudi v fleksotisku, lasersko graviran keramični valj z zelo majhnimi vdolbincami – alveolami. Ob njem je na eni strani barvnik, na drugi pa valj za nabarvanje tiskovne forme – barvilec. Obseg rastrskega valja in barvilca je enak obsegu oziroma dolžini tiskovne forme.

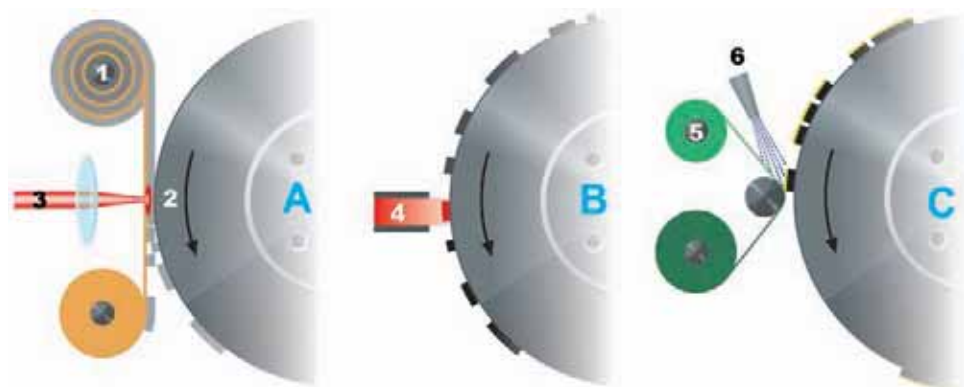


Slika 8.32 Termična ofsetna plošča za neposredno digitalno upodabljanje v suhem ofsetnem tisku. Prav na vrhu je prozoren, oleofoben silikonski sloj (1). Pod njim je upodobitveni sloj, ki absorbira energijo (2), v sredini pa sloj oleofilnega poliestra (3), ki na tiskovni formi tvori tiskovne površine (4). Vsi sloji so drug nad drugim nameščeni na nosilni aluminijski plošči (5). Infrardeče laserske žarke (6) pri upodabljanju krmilijo numerični podatki v procesnem računalniku, njihova energija pa se v upodobitvenem sloju pretvori v toploto. Ta je tako močna, da izniči fizikalno-kemijsko vez med upodobitvenim in oleofilnim slojem. Temperatura v osvetlje-

ni točki potem še naprej narašča, tako da upodobitveni sloj izpari in razkrije oleofilni sloj pod njim. Silikonski oleofobni sloj je še vedno prisoten in ga je treba mehansko odstraniti (krtačenje in izmivanje). Vse navedene operacije mora opraviti upodobitvena naprava na tiskarskem stroju.

Slika 8.33 Termična ofsetna plošča za neposredno digitalno upodabljanje v mokrem ofsetnem tisku je dvoslojna ofsetna plošča na aluminijski podlagi. Na vrhu je oleofilni upodobitveni sloj (1), ki ga razgradi laserska toplota, pod njim pa mikroporozni oleofobni (hidrofilni) sloj (2). Laserski žarek upodablja proste površine, upodobitveni sloj pa nato tvori tiskovne. Razkrojeni kopirni sloj moramo po upodabljanju odsesati, proste površine pa očistiti z mokrim ščetkanjem.



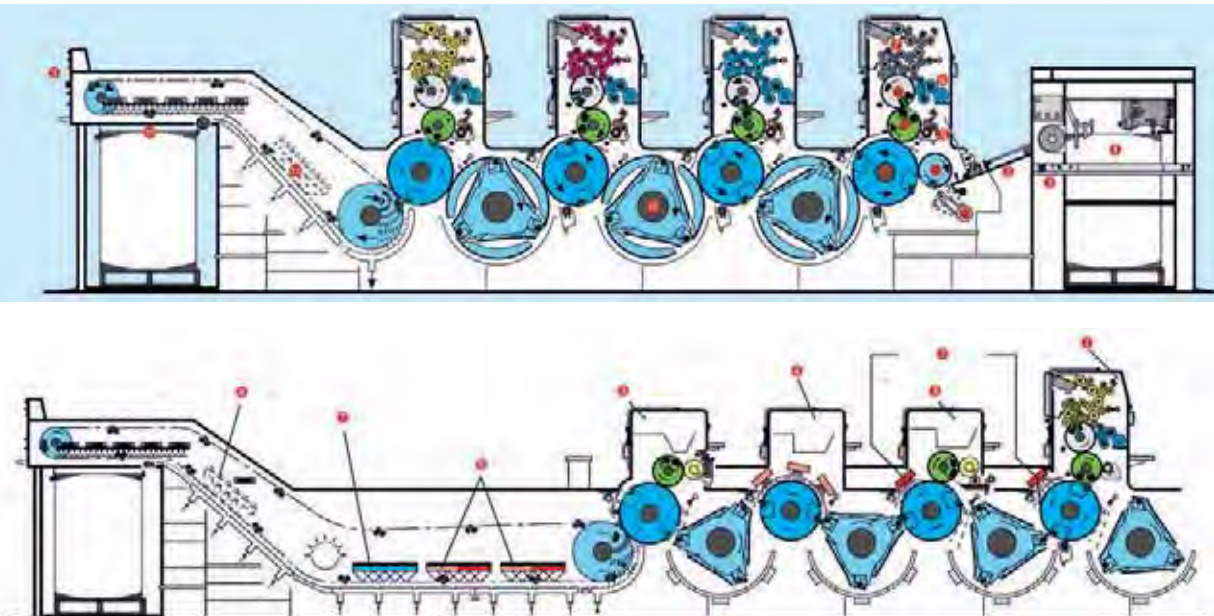


Slika 8.34 Upodabljanje s tehnologijo DICO. A: poseben termotransferni (1) trak je oslojen s polimernim slojem. V stičišču z brezšivno cevno prevleko (2) ga točkovno segreva visokoenergijski laser (3), tako da se prenese na njeno površino. Ta je oleofobna (hidrofilna), polimerni sloj, ki tvori tiskovne površine, pa je oleofilna (hidrofobna). B: pri fiksiranju upodobitvena glava z nestičnim grelnikom (4) zatali oziroma fiksira točkovno preneseni polimer, ki je po svoji kemijski naravi termoplast. Tiskovna forma je tako pripravljena za mokri ofsetni tisk z vlaženjem. C: po tisku naklade se mora upodobitvena površina cevne prevleke na ploščnem valju obnoviti. Tiskarsko barvo in zataljeni polimer odstranijo s čistilno tkanino (5), ki je prepojena z ekološko neoporečnimi preparati (6).

Slika 8.35 Ofsetna rotacija za akcidenčni (priložnostni, komercialni) tisk DICOweb.



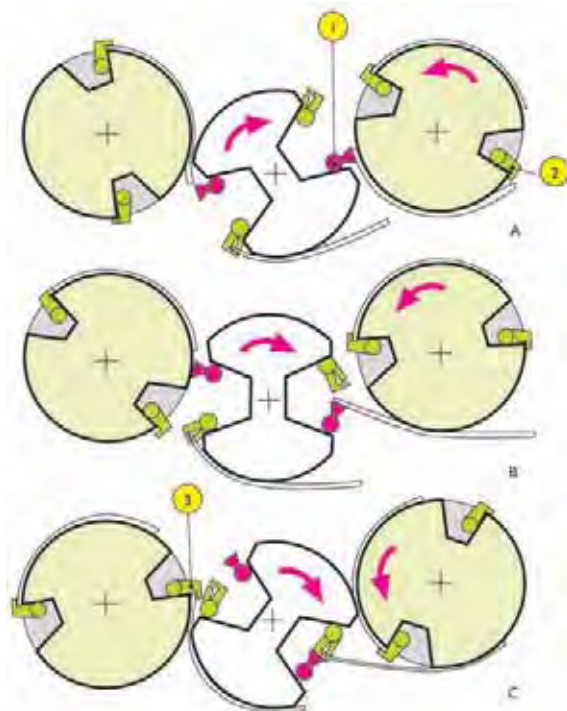
Desno zgoraj slika 8.36 Standardni štiribarvni stroj za ofsetni tisk. Tiskovna geometrija okroglo – okroglo, **členasti** sistem. Številke pomenijo: 1 – skladovnica pol v vlagalniku, 2 – prenašalna miza, 3 – krmilna plošča, 4 – vlagalni boben z nihajnimi prijemači služi za predajanje pol tiskovnemu valju, 5 – naprava za pranje odtisne gume ali gumi valja, 6 – vlažilnik (vlažilni sestav), 7 – barvilnik (barvni sestav), 8 – ploščni valj, 9 – ofsetni valj, 10 – tiskovni valj, 11 – prenašalni bobni prenašajo pole od enega tiskovnega člana do drugega; pri tem lahko polo obrnejo tudi tako, da jo potiskajo še po drugi strani – stroj za obojestranski tisk (glej sliko 8.39), 12 – sušilnik, 13 – izlagalnik.



Slika 8.37 Izlagalnik večbarvnega ofsetnega stroja, ki je opremljen za oplemeniteno in sušenje odtisov. Naprave omogočajo premazovanje po vsej površini ali le na določenih mestih (spot coating) s svetlečimi ali motnimi laki, vendar tudi z drugimi premazi. Številke pomenijo: 1 – zadnji izmed tiskovnih členov, 2 – sušilnika IR ali UV, 3 – prvi premazovalni člen, 4 – sušilnik z vročim zrakom, 5 – drugi premazovalni člen, 6 – sušilniki IR in z vročim zrakom, 7 – sušilnik IR, 8 – sušilnik UV in hlajenje z mraznim zrakom



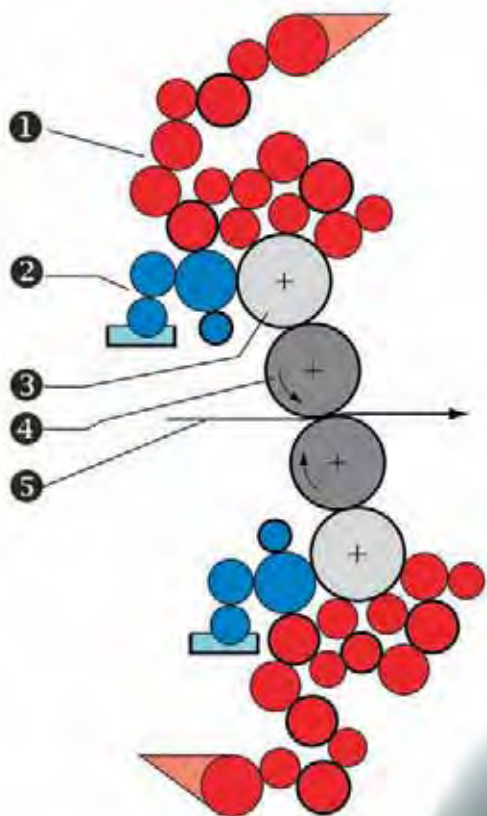
Slika 8.38 Desetbarvni ofsetni stroj za obojestranski tisk. Pole med tiskovnimi členi obračajo obračalni bobni tako, da lahko kombinacijo prvo- in drugotiska poljubno izberemo, npr.: 5 + 5 barve, 6 + 4, 8 + 2 ipd. Obračanje pole med dvema (poljubnima) tiskovnima členoma ponazarja slika 8.39.



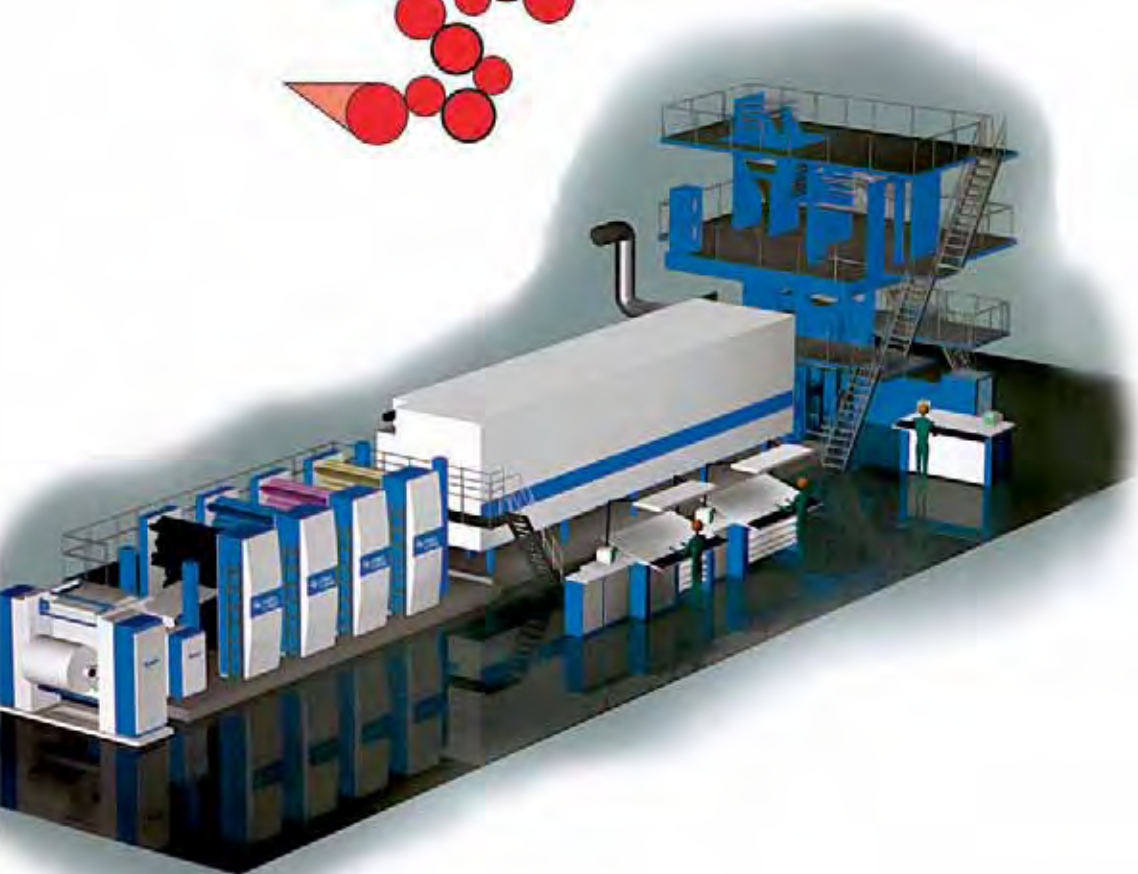
Slika 8.39 Ko obračalni bobnen (1) zgrabi potiskano polo na njenem zadnjem robu, prijemači tiskovnega valja (2) spustijo njen prednji rob. Potem obrnjeno polo z zadnjim robom ponese do tiskovnega valja naslednjega člena (3), ki jo zgrabi in začne tiskati po drugi strani. Tehnične izvedbe obračalnih bobnov so različne.

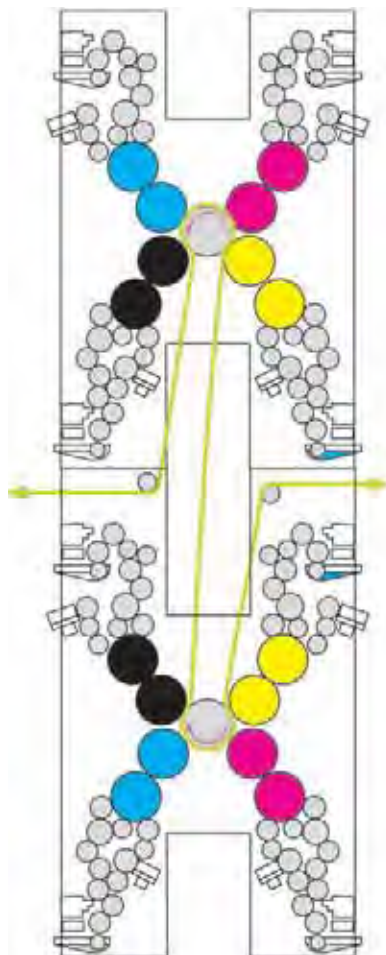


Slika 8.40 Osembarvni stroj za obojestranski tisk 4 +4 brez obračalnih bobnov je perfektor. To so specialni stroji, ki so namenjeni zlasti za gospodaren tisk knjig in akcidenčnih (priložnostnih) tiskovin.



Slika 8.41 Klasična akcidenčna rotacija za ofsetni tisk je namenjena za kakovostno tiskanje priložnostnih tiskovin, kot so prospekti, katalogi, revije. Zato se pogosto imenuje tudi revijalna rotacija. Štiri ali več tiskovnih členov deluje po načelu guma-guma, kar pomeni, da ni tiskovnih valjev. Trak papirja teče med dvema ofsetnima valjema, ki drug drugemu služita kot tiskovni valj. Za tiskovnimi členi je navadno plinski sušilnik za sušenje odtisov z vročim zrakom, potem pa zgibalnik z rezalnikom. Številke pomenijo 1 – barvilnik, 2 – vlažilnik, 3 – ploščni valj, 4 – ofsetni valj, 5 – papirni trak.





Slika 8.42 Klasična časopisna rotacija ima tiskovne člene razporejene v enem ali več tiskovnih stolpih po satelitem načelu, tj. s centralnim tiskovnim valjem.



Slika 8.43 Blokovna shema ofsetne odtisovalnice.

Današnji ofsetni stroji so večinoma štiribarvni s členasto (tandem) konstrukcijo, vse bolj pa se uveljavljajo tudi deset- in večbarvni (zaradi HI-FI reprodukcije, glej poglavje 7.3.3) z dodanimi napravami za obojestranski tisk, oplemenitenje in sušenje odtisov, pa tudi za neposredno dodelavo tiskovin. Nekateri osembarvni stroji so prav posebej namenjeni za obojestranski tisk, kar pomeni, da so tiskarske pole pri enem prehodu z obeh strani potiskane v štirih barvah; slika 8.40.

Posebna oblika strojev za ofsetni tisk so ofsetne odtisovalnice. Delujejo s tiskovno geometrijo ravno – okroglo; slika 8.43. Ofsetni valj je okrogel, tiskalo in tiskovna forma pa ravna. Pri tiskanju se ofsetni valj gibljevo levo in desno, pri tem pa tiskarsko barvo prenaša s tiskovne forme na tiskovni material. Pred prodorom digitalnega tiska so se uporabljale predvsem za preskusni tisk (da bi morebitne napake ali slabo kakovost reprodukcij odpravili še pred proizvodnim tiskom), sedaj pa jih potrebujemo le še za tisk nižjih naklad ali za tisk na posebne tiskovne materiale: zemljevidi, ogledni kartoni, plakati, umetniška grafika, vezane plošče ipd.

V ofsetnem tisku uporabljamo različne vrste papirja in kartona; tiskamo tudi platno, usnje in njune nadomestke, pločevino in umetne mase, les, steklo, keramiko in podobno. Paleta izdelkov je široka: knjige, revije, časopisi, prospekti, etikete, koledarji, zemljevidi, plakati, plačilne kartice in različne vrste embalaže.

- Ofsetna plošča ali tiskovna cev (brezšivna cevna prevleka) še ni tiskovna forma za mokri ali suhi ofsetni tisk. To je zgolj tiskarska plošča ali cev, ki je primerna za izdelavo tiskovne forme. Ofsetne plošče in cevi se razlikujejo glede na tehnologijo izdelave (analogno ali digitalno kopiranje, neposredno digitalno upodabljanje) in tehniko tiska (mokri ali suhi ofsetni tisk).
- Neposredno digitalno upodabljanje DI (*Direct Imaging*) se nanaša na kakršno koli izdelavo tiskovne forme v tiskarskem stroju neposredno pred tiskom. Tehnologija je prisotna v vseh analognih tehnikah tiska, ne le v ofsetnem oziroma ploskem: v globokem, flekso- in propustnem. V vseh teh primerih nikakor ne gre za digitalne tehnike tiska, zgolj za digitalizirane analogne (klasične) tiskarske tehnike in tiskarske stroje. Razen kratice DI jih označuje tudi CTP, ki pomeni *Computer to Press*, iz računalnika na tiskarski stroj.

- Digitalne tiskarske tehnike in tiskarski stroji so samo tisti, kjer materialno tiskovno formo nadomeščajo numerični podatki v dinamičnem spominu procesnega računalnika, ki vodi tiskanje, tj. neposredno nabarvanje papirja in izdelavo odtisa. Označuje jih kratica CTP, ki tokrat pomeni *Computer to Paper* ali *Computer to Print*, iz računalnika na papir oziroma odtis.
- Kratico CTP so najprej začeli uporabljati v zvezi z digitalnim kopiranjem, točkovnim laserskim osvetljevanjem ofsetnih plošč: *Computer to Plate*, iz računalnika na ploščo. To je trenutno prevladujoča tehnologija v ofsetnem tisku, digitalno kopirajo plošče za mokri in suhi ofsetni tisk, vse bolj pa se uveljavlja tudi v fleks- in sitotisku, medtem ko je v globokem tisku digitalno graviranje valjev že dolgo standardna tehnologija.

8.6 Stroji za prepustni tisk

Prepustni tisk je edina analogna tiskarska tehnika, kjer za prenos tiskarske barve s tiskovne forme na tiskovni material skoraj ne potrebujemo tiskovnega tlaka. Tiskarska barva se pravzaprav ne prenaša s tiskovne forme, ampak skozi njo. Prepustni tisk delimo v sitotisk in v ciklostil oziroma šablonski tisk (glej poglavje 6.3.1.4 Prepustni tisk).

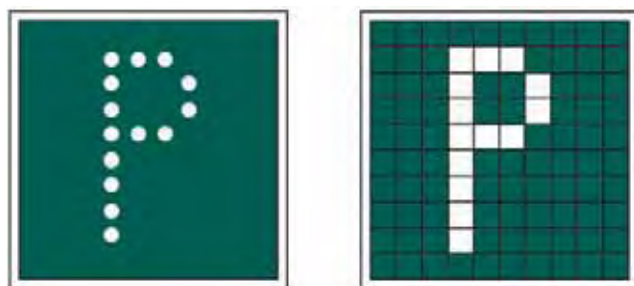
Pri sitotisku izdelamo tiskovno formo v obliki sita oziroma mrežice. Tiskovne površine so prepustna (nezaprta, nezadelana) okenca sita, proste površine pa neprepustna (zaprta, zadelana) okenca. Pri ciklostilu izdelamo prepustne tiskovne površine brez mrežice tako, da jih izrežemo (prebodemo, preluknjamo, perforiramo) na tanki papirni ali plastični foliji, ki ji pravimo šablona, zato tudi ime šablonski tisk. Izrežemo jih v obliki linij ali rastrskih pik; slika 8.44. Pri digitaliziranem prepustnem tisku se izdelava tiskovne forme izvede v tiskarskem stroju na podlagi numeričnih podatkov; podobno kot v digitaliziranem ofsetnem tisku.

V tehniki prepustnega tiska je nanostiskarske barve sicer po vsej površini enakomeren, vendar odvisen od debeline sita ali šablone. Zaradi tega nanašamo na tiskovni material veliko več tiskarske barve kot pri drugih tehnikah.

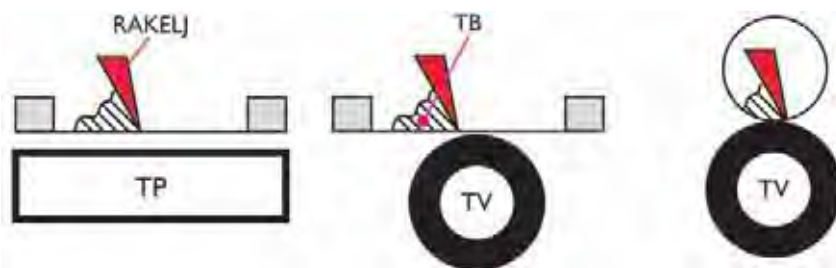
Stroji za sitotisk delujejo s tiskovno geometrijo ravno – ravno, ravno – okroglo ali okroglo – okroglo, stroji za ciklostil zgolj s tiskovno geometrijo okroglo – okroglo; slika 8.45.

V sitotisku tiskamo na razne vrste papirja in kartona, vse vrste tekstila, usnje, umetne mase, kovine, steklo in na številne razmeroma stisljive materiale, ki jih v drugih tehnikah zaradi tiskovnega tlaka ne moremo potiskati (npr. penasta guma). Široka paleta tiskovnih materialov omogoča izdelavo najrazličnejših izdelkov: plakatov, posterjev, etiket, napisnih plošč za aparate in stroje, transparentov, embalaže, oblačil, prometnih znakov ipd.

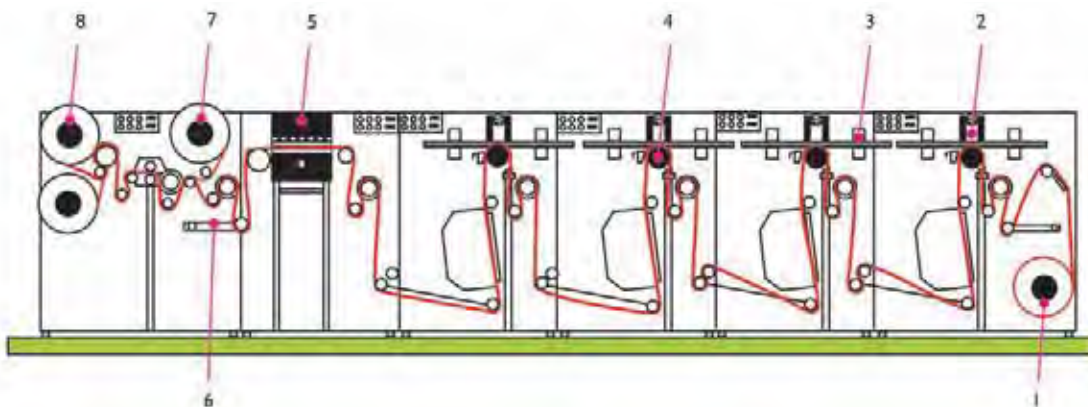
Po drugi strani je ciklostil uporaben predvsem za razmnoževanje večjih količin besedila in slik v obliki skript, navodil, debatnih gradiv in podobnega. V ciklostilu tiskamo na posebej prirejen, močno vpojen papir, z velikimi šablonami pa lahko tiskamo na prometna sredstva, zgradbe in druge velike površine.



Slika 8.44 Tiskovna forma za ciklostil (levo) in sitotisk (desno).



Slika 8.45 Tiskovne geometrije v prepustnem tisku.



Slika 8.46 Štiribarvna rotacija za sitotisk. Tiskovna geometrija ravno – okroglo. Namenjena je zlasti za tiskanje samolepilnih etiket. Številke pomenijo: 1 – vlagalnik z odvijalnikom, 2 – rakelj, 3 – okvir s sitom, tiskovna forma, 4 – tiskovni valj, 5 – sušilnik za UV, IR ali RF-sušenje, 6 – izrezovalnik (glej poglavje 9.2.4 Izrezovalna forma in izrezovalni stroji), 7 – navijalnik za odpadek, 8 – navijalnik za izrezane etikete na nosilnem traku.

8.7 Stroji za digitalni tisk

Vsak namizni tiskalnik še ni tiskarski stroj, kajti naprave za digitalno tiskanje delimo glede na velikost in predvsem glede na zmogljivost:

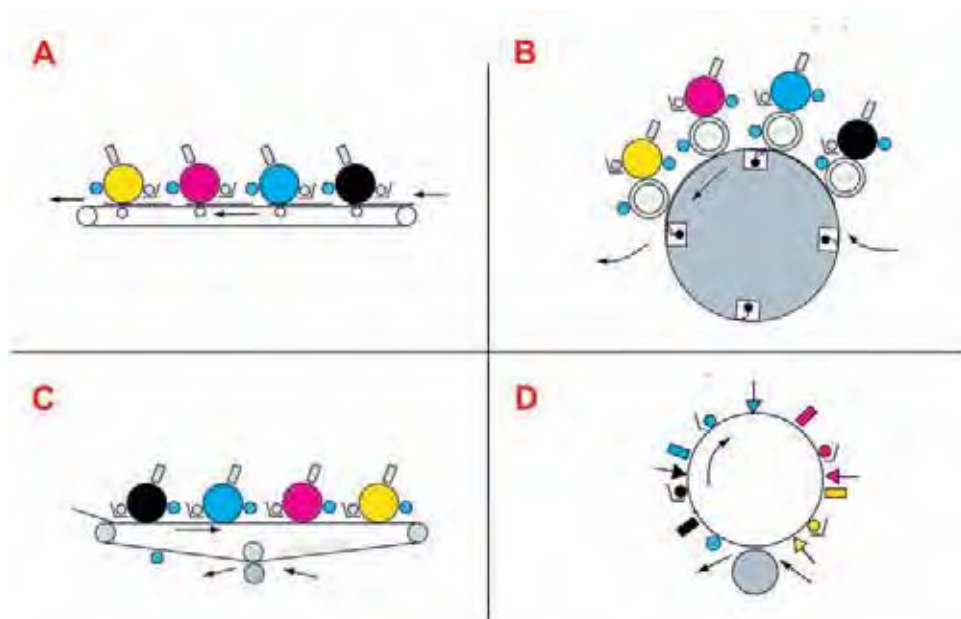
- ✓ Avtorski ali osebni tiskalniki imajo visoko naslovno ločljivost in zagotavljajo kakovostno reprodukcijo, zato pa so počasni in jih večinoma ne moremo povezati v mrežo. Format navadno ni večji kot A4.
- ✓ Pisarniški tiskalniki imajo nižjo naslovno ločljivost, vendar vseeno zagotavljajo primerno kakovost reprodukcije, zato pa so hitri in dostopni z vsakega terminala v računalniški mreži. Formati so A4 in A3 redkeje večji.
- ✓ Studijski tiskalniki imajo praviloma izjemno visoko naslovno ločljivost, zagotavljajo visoko kakovost (enako ali višjo kot standardni ofsetni tisk) in primerno hitrost, obvezno so povezani v mrežo in tiskajo najzahtevnejše grafične dokumente v vseh formatih do B2.
- ✓ Industrijski tiskalniki so digitalni tiskarski stroji: imajo visoko naslovno ločljivost, zagotavljajo primerno kakovost (enako ali nekaj nižjo kot standardni ofsetni tisk), zato pa visoke tiskovne hitrosti in formate širine do 2 metra in več.

Kapljični tisk je na primer primeren za izdelavo vseh naštetih naprav, laserski tiskalniki (razen črno-beli) so predragi za avtorsko uporabo, nekateri drugi, denimo elkografski, so primerni samo za industrijski tisk. V vsakdanji praksi sta za zdaj najbolj razširjena elektrofotografski in kapljični tisk, zato bo govor samo o tiskalnikih in strojih za ti dve tehniki.

8.7.1 Stroji za elektrofotografski tisk

Stroji za elektrofotografski tisk so proizvod elektrooptike, elektrofotografije in računalništva. Namenjeni so za neposredno ali posredno tiskanje in lahko delujejo skoraj z vsako od naštetih tiskovnih geometrij; slike od 8.9 do 8.12. Tiskajo eno- ali obojestransko, v eni ali več barvah, na pole ali zvitke. Večbarvni stroji se razlikujejo zlasti po tem, kako barvne izvlečke tiskajo enega na drugega. Štiri temeljne zasnove prikazuje slika 8.47. Tiskajo jih neposredno na papir, posredno na ofsetne valje in nato na papir, posredno na en ofsetni valj ali trak, tako da se na papir odstisnejo vsi štirje hkrati ali pa se barvna tiskovina najprej upodobi na elektrostatičnem valju in od tod neposredno prenese – vsi štirje izvlečki sočasno – na papir. Če se v digitalnem tisku barvni izvlečki tiskajo na papir neposredno ali posredno, eden za drugim, govorimo o **multiprehodnih sistemih** (angl. **multipass systems**); če se najprej natisnejo na kakšno drugo podlago in od tod sočasno na papir, govorimo o **enoprehodnih sistemih** (angl. *singlepass systems*). Značilne predstavnike strojev za elektrofotografski tisk prikazujejo slike od 8.48 do 8.52.

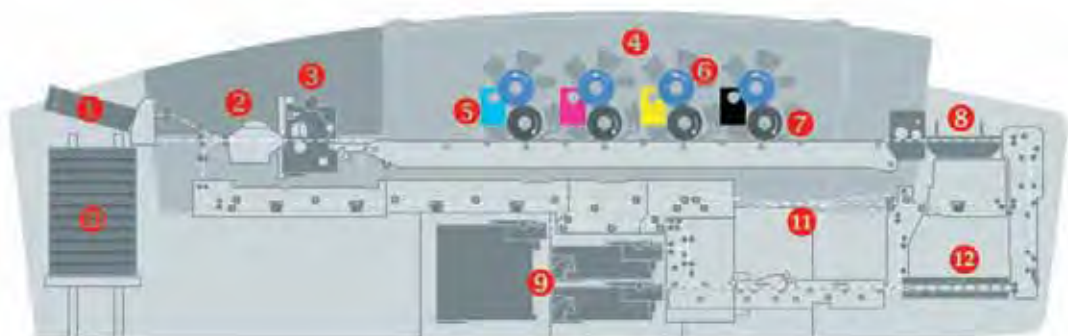
- **Multiprehodni sistemi** (*multipass system*) so tisti, pri katerih se barvni izvlečki tiskajo na tiskovni material neposredno ali posredno, drug za drugim. Multiprehodni sistem je tudi tisti, pri katerem se pola na tiskalu tolikokrat zavrti v istem tiskovnem členu, kolikor barvnih izvlečkov želimo natisniti.
- **Enoprehodni sistemi** (*singlepass system*) so tisti, pri katerih se barvni izvlečki hkrati (sočasno) posredno ali neposredno natisnejo na tiskovni material. Pomeni, da se pred tem zberejo drug na drugem ali drug ob drugem bodisi na vmesnem (ofsetnem) bodisi na upodobitvenem valju ali traku. V kapljičnem tisku tudi to ni potrebno, ker ima tiskovna glava šobe za sočasen tisk vseh procesnih barv.



Slika 8.47 Temeljne zasnove večbarvnih elektrofotografskih tiskalnikov in strojev: A) Barvni izvlečki se z upodobitvenih bobnov natisujejo neposredno na pole papirja, ki jih nosi tiskovni trak. Na njem so učvrščene z elektrostatičnimi silami. Natisovanje je podobno kot tiskanje na večbarvnih ofsetnih strojih členaste konstrukcije, medtem ko pri zasnovi B) pole nosi tiskovni valj. To je satelitna konstrukcija kot pri ofsetnih rotacijah na sliki 8.42 ali fleksorotacijah na sliki 8.21B. Razen tega gre tu za posredno tiskanje, ker se barvni izvlečki z upodobitvenega valja najprej natisnejo na ofsetni valj (OV) in šele nato na papir. V obeh primerih imamo opravka z multiprehodnim sistemom. Na sliki C) je enoprehodni posredni sistem z ofsetnim trakom. Vsi barvni izvlečki se najprej natisnejo nanj, nato pa sočasno na papir. Podobno je pri enoprehodnem sistemu D), le da se vsi štiri izvlečki upodobijo na istem mestu elektrofoto-fotografskega valja in od tod hkrati natisnejo na papir.



Slika 8.48 Štiribarvni elektrofotografski stroj s tiskovnim trakom za prenašanje pol. Ker se barvni izvlečki natisujejo drug za drugim, je to multiprehodni sistem (multipass system). Uporaben je tudi kot barvni fotokopirni strojin lahko tiska obojestransko. Glede na zmogljivost sodi med pisarniško/industrijske stroje. Na sliki pomenijo: 1 – analogni snemalnik za fotokopiranje, 2 – zaslon za upravljanje stroja, 3 – vlagalni predali za različne formate papirja, 4 – obračalnik za obojestranski tisk, 5 – upodobitveni valji v tiskovnih členih; toner prihaja po cevovodih iz docela ločenih barvnikov (kartuš).

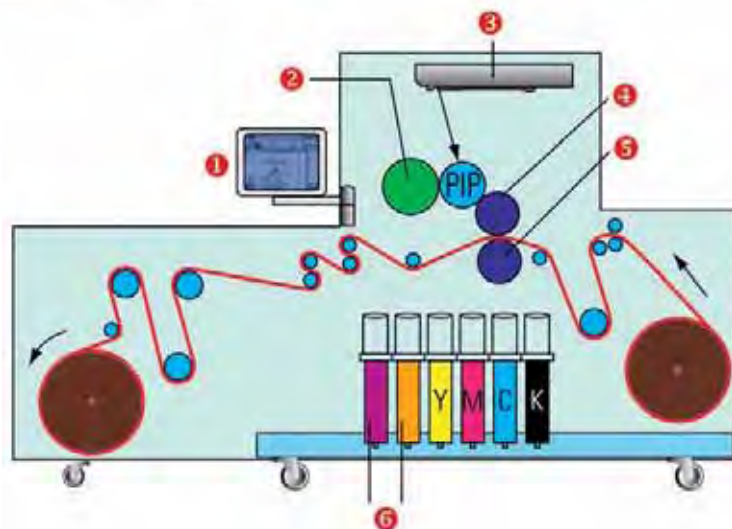


Slika 8.49 Digitalni tiskarski stroj za posredni elektrofotografski tisk s suhimi tonerji. Številke pomenijo: 1 – izlagalnik za posamične natis, 2 – klimatska naprava, 3 – postaja za fiksiranje natisov, 4 – tiskovni členi za tisk procesnih barv CMYK, 5 – kasete s tonerji, 6 – upodobitveni valji z elektrofotografsko prevleko, 7 – ofsetni (gumi) valji, 8 – vlagalnik, 9 – tripredalčna vlagalna miza (stroj lahko med tiskom kombinira tri različne tiskovne materiale), 10 – izlagalna miza, 11 – obračalnik, 12 – klimatska naprava za papir. Četudi gre za posredno tiskanje, sodi stroj med multiprehodne sisteme in med izrazito industrijske stroje.



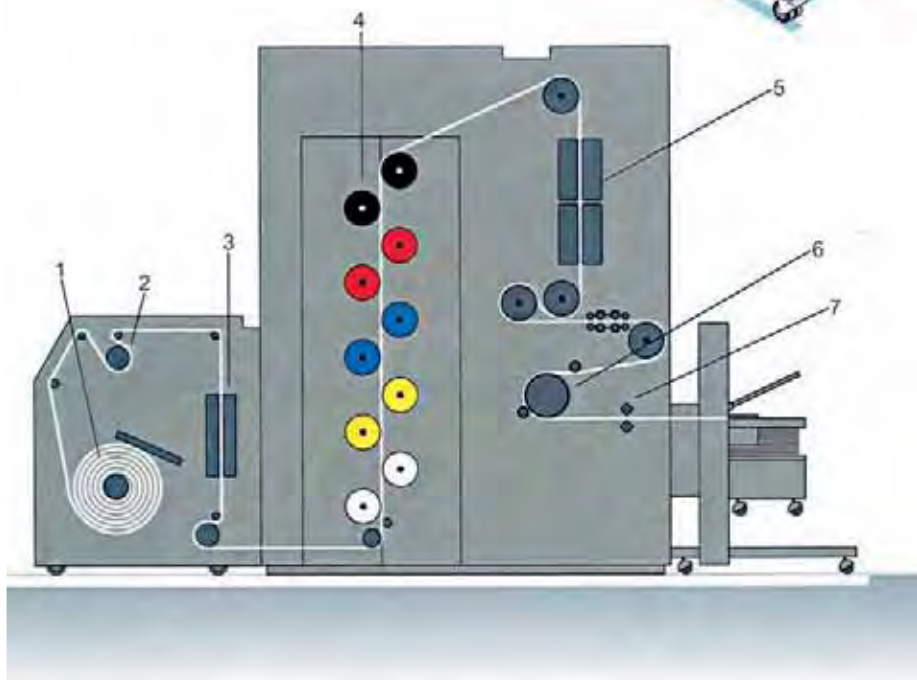
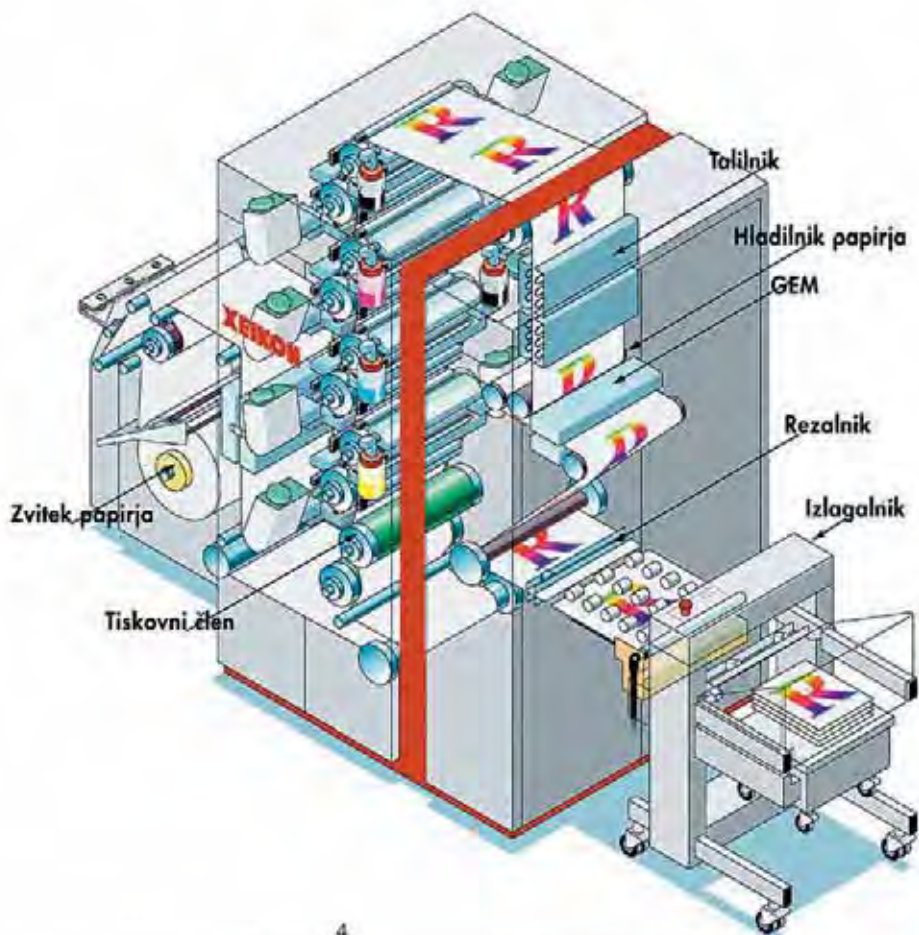


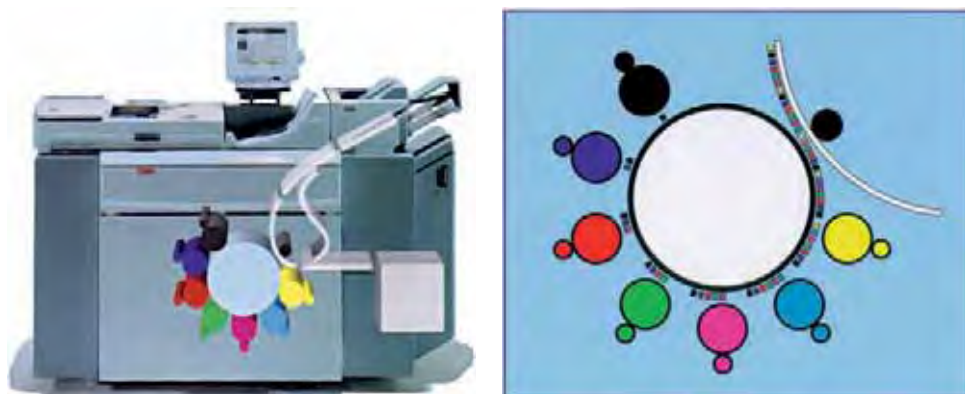
Slika 8.50 Multiprehodni stroj za posredni (ofsetni) elektrofotografski tisk, ki v tem primeru nosi polo na tiskovnem valju, se mora za vsak natis v štirih barvah štirikrat zavrteti, za šestbarvni natis z dodatnimi barvami pa šestkrat. Tiskovna forma je digitalna v spominu procesnega računalnika. Na upodobitveni valj se pri vsakem obratu najprej upodobi drug barvni izvleček (operacija ustreza vlaženju tiskovne forme v mokrem ofsetnem tisku), nato nabarva z elektrobarvo in prek ofsetnega valja natisne na papir. Ker je stroj konstrukcijsko enak ofsetnemu stroju (upodobitveni valj ustreza ploščnemu in ima vgrajen z gumijevo napono prevlečen ofsetni valj), ker uporablja pastozno elektrobarvo in ne suhega tonerja, se ta tehnologija imenuje digitalni ofsetni tisk DOC, angl. Digital Offset Color. Digitalni ofsetni stroj ima en sam tiskovni člen, vendar ustreza analognemu ofsetnemu stroju s štirimi oziroma šestimi tiskovnimi členi (to še ne pomeni, da je tudi enako zmogljiv).



Slika 8.51 Digitalni ofsetni stroj je lahko zasnovan tudi kot rotacija. Ker pa papirni trak ne more štiri- ali večkrat potovati okoli tiskovnega valja, temelji na enoprehodnem načelu. Upodobljeni in nabarvani barvni izvlečki se najprej zberejo na ofsetnem valju in potem hkrati natisnejo na papir. Upodobitveni in ofsetni valj se morata zavrteti štiri- oziroma šestkrat, medtem ko tiskovni valj samo enkrat. Številke pomenijo: 1 – zaslon za upravljanje, 2 – barvilnik, 3 – laser z upodobitvenim valjem, 4 – ofsetni valj, 5 – tiskovni valj, 6 – dodatni procesni barvi.

Desno slika 8.52 Elektrofotografska rotacija je lahko tudi multiprehodni sistem, pri katerem se pri neposrednem tiskanju barvni izvlečki na papirni trak natisujejo eden za drugim. Številke na prerezu (B) pomenijo: 1 – zvitek papirja v vlagalniku, 2 – napenjalnik, 3 – kondicioniranje, 4 – tiskovni členi za obojestranski tisk, 5 – talilnik, 6 – izlagalni sestav, 7 – rezalnik pred izlagalnikom pol.





Slika 8.53 Magnetografski stroj za posredno tiskanje z enoprehodnim sistemom v sedmih barvah. Z upodobitvenega valja se barvni izvlečki drug za drugim najprej prenesejo na ofsetni valj, od tod pa vsi hkrati natisnejo na papir. Stroj ima zelo majhen tiskovni valj, ki papir pritisne ob ofsetnega, da se tonerji prenesejo na papir.

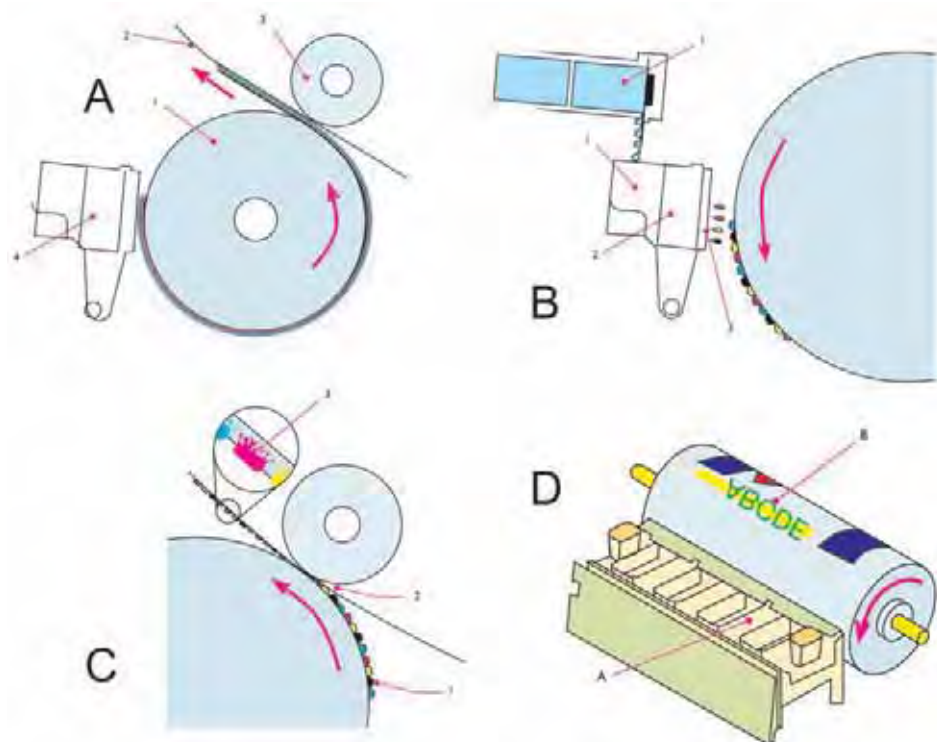
8.7.2 Stroji za kapljični tisk

Stroji za kapljični tisk se pojavljajo v vseh oblikah. Skoraj vsakdo pozna osebne tiskalnike in fototiskalnike za domačo digitalno temnico, mnogi uporabljate zmogljive pisarniške tiskalnike (small format ink-jet systems, office applications) za formate A4 in A3, manj znani pa so stroji za studijsko, polindustrijsko ali industrijsko dejavnost.

Osebni in pisarniški kapljični tiskalniki imajo najpogosteje tiskovno geometrijo ravno – ravno, tako da se štiribarvna tiskalna glava giba levo-desno in pravokotno na smer gibanja pole. Natiskuje v obeh smereh, medtem ko se pola tiskovnega materiala ravnoležno premika na primernem transportnem mehanizmu. Tiskarska črnila so v eni (CMYK), dveh (CMY+K) ali štirih ločenih kartušah (C+M+Y+K). Fototiskalniki imajo v dveh ali ločenih kartušah šest tiskarskih črnil, po dve cian in magenti (standardno in svetlo cian oziroma magenta barvo). S tem zagotovijo večji barvni obseg in kakovostno upodabljanje najsvetlejših barv; slika 8.54.

V pisarniški dejavnosti so pogosti tudi trdočrnilni tiskalniki. Presek in delovanje enoprehodnega (singlepass) trdočrnilnega tiskalnika ponazarjajo skice na sliki 8.55.

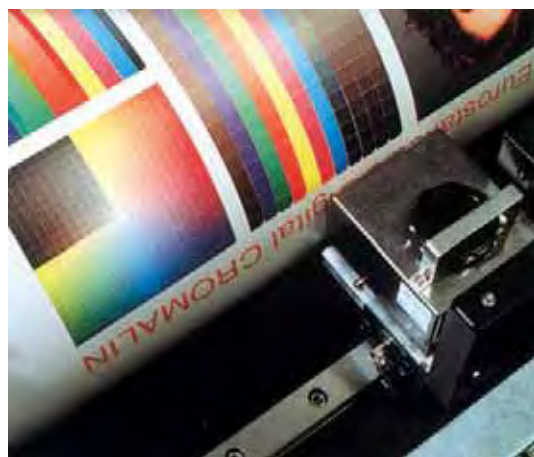
Desno zgoraj slika 8.54 Fotokapljični tiskalnik za avtorsko ali studijsko uporabo ima v tiskovni glavi šest ločenih kartuš za tiskarska črnila C1+C2+M1+M2+Y+K. Nekateri imajo namesto dveh pisanih barv dve črni (sivi), da lepše natisnejo črno-bele slike, drugi tudi do deset kartuš s procesnimi barvami. Tiskovna glava upodablja sliko v obeh smereh, tiskovni material pa se giblje pod njo. Tiskalniki te vrste uporabljajo tiskarska črnila na podlagi barvil ali pigmentov. Pigmentna so svetlobno bolj obstojna.



Slika 8.55 Delovanje enoprehodnega trdočrnilnega tiskalnika: A) Na jeklen upodobitveni valj (1) se stransko nepravilno (zrcalno) drug za drugim upodobijo vsi štirje barvni izvlečki. Od tod se še med istim obratom (!) v tiskovni črti prenesejo na tiskovni material (2), kjer nastane stransko pravilno obrnjen natis. Zadosten tiskovni tlak zagotavlja tiskovni valj (3), ki sočasno tudi zatali (fiksira) natis. Z jeklenega upodobitvenega valja se vedno prenese vse

raztaljeno črnilo (sto odstotkov), brez ostanka, da lahko tiskovna glava (4) nanj nanese štiri nove izvlečke. B) Tiskarski oziroma črnilni vosek v ogretem barvniku (1) raztali in kaplja v tiskovno glavo (2). Ta brizga kapljice taline (3) na upodobitveni valj, ki je premazan s silikonom in ogret. Ogret zato, da se kapljice ne zatalijo, medtem ko silikonski premaz omogoča popoln prehod taline na papir. C) Ko se tiskarski vosek (1) prenese na »hladen« papir (2), v kapljevinstem stanju prodre v njegovo notranjost. Ker se sprti ohlaja, se elementarne rastrske točke (3) ne morejo preveč razširiti, povečati ali deformirati (spreading, scattering). S papirjem tvorijo trdno povezavo, medtem ko so deformacije pri kapljičnem tiskanju s črnili na podlagi barvil ali pigmentov pogoste. (D) Tiskovna glava (A) se ne giba, marveč poteka po vsej širini upodobitvenega valja (B). Vse štiri izvlečke upodablja hkrati in zagotavlja neoporečno barvno skladje.

Stroji kapljičnega tiska za studijsko dejavnost so namenjeni bodisi za izdelavo preskusnih ali korekturnih odtisov. Pri formatih do A3 se tiskovna glava premika nad ravnoležno polo tiskovnega materiala, pri večjih formatih in bolj preciznih izvedbah pa je napeta na tiskovni valj. Ta se vrti, ob njem pa se levo-desno premika tiskovna glava. V tiskovni črti upodobi vse barvne izvlečke hkrati, stroji te vrste so torej enoprehodni sistemi (singlepass); slika 8.56.



Slika 8.56 Studijski tiskarski stroj za kapljični tisk s tiskovno glavo ob tiskovnem valju, na katerega je napet tiskovni material.

Stroji za izdelavo korekturnih odtisov so namenjeni za pregled publikacije neposredno pred tiskom. To je revizija, s katero ugotovimo pravilno uporabo pisav, razporeditev strani, slik, barv, logotipov ipd. Zadostuje tiskovna glava s štirimi procesnimi barvami CMYK, razmeroma nizka naslovna ločljivost, zato pa malo večja hitrost in format. Tovrstni stroji so uporabni tudi za natis geodetskih in gradbenih načrtov, če imajo več kot štiribarvno tiskovno glavo pa tudi zemljevidov; slika 8.57.

S preizkusnim digitalnim tiskom ugotavljamo vizualno kakovost reprodukcije. Da bi zagotovili barvno obvezujoč pogodbeni natis, morajo zelo natančno simulirati standardne razmere v kasnejšem proizvodnem tisku, za kar imajo šest- ali celo osembarvne tiskovne glave. Šestbarvna tiskovna glava ima dve cian in magenta črnili, osembarvna pa standardne in korigirane procesne barve (CMYK + CMYK) ali pa celo tri cian in magenta črnila, vendar le eno rumeno in črno (C+C+C+M+M+M+Y+K). V nekaterih primerih za tisk črno-belih reprodukcij uporabljajo tudi več črnih oziroma sivih tiskarskih črnil.

Trdočrnilni studijski tiskalniki imajo po širini natisa nameščenih več nepremičnih tiskovnih glav. Tudi te so štiri-, šest- ali osembarvne.

Skupina polproizvodnih in proizvodnih strojev za kapljični tisk je primerna za številne dejavnosti. Tiskajo na pole ali zvitke. To so hitrotekoči stroji (*high speed* ali *high volume printing systems*) s tiskovno hitrostjo okoli 2 m/s (približno 21.500 odtisov formata A3 na uro), stroji za tiskanje, oplemenitenje in dodelavo embalaže (*industrial packaging printing systems*), širokoformatni stroji za tiskanje na pole ali zvitke do širine 5 ali celo 8 metrov (*large format printing systems*), stroji za tiskanje časopisov (*newspaper printing systems*), stroji za tiskanje fotografij v fotolaboratorijih (*photographic printing systems*) idr. Glede na izvedbo in zahteve imajo tiskovne glave premične ali nepremične po vsej širini natisa, z ene ali obeh strani tiskovnega materiala. Navedene sisteme prikazujejo slike od 8.58 do 8.60.



Slika 8.57 Širokoformatni studijski tiskalniki so primerni tudi za tiskanje zemljevidov, vendar morajo imeti več kot štiribarvne tiskovne glave.



Slika 8.58 Širokoformatni kapljični stroj za tiskanje »jumbo« plakatov za panoje, zgradbe, vozila ipd.



Slika 8.59 Nekateri stroji za velikoformatni kapljični tisk spominjajo na ofsetne odtisovalnice, saj imajo tiskovne glave nameščene v gibajočem se vozičku, medtem ko tiskovni material miruje na tiskovni plošči.



Slika 8.60 Visokozmogljiva rotacija za kapljični tisk, ki je namenjena za tisk časopisov.

- Odtis in ali natis? Odtis, kjer je tiskovni tlak velik, natis, kjer je majhen ali ga ni. Prvi v analognih, drugi v digitalnih tiskarskih tehnikah.
- V kapljičnem tisku lahko s prilagojenimi tiskarskimi črnili potiskamo kakršen koli tiskovni material.

8.8 Tiskarski stroji za posebne namene

To so stroji, s katerimi tiskamo specialne tiskovine, posebne ali nenavadne tiskovne materiale, uporabljamo specialne tiskarske barve, da z njimi na odtisu dosežemo posebne učinke, stroji, ki ne le tiskajo, marveč tudi oplemenitijo in dodelajo grafični izdelek, in

stroji, ki združujejo tiskovne člene za različne tiskarske tehnike.

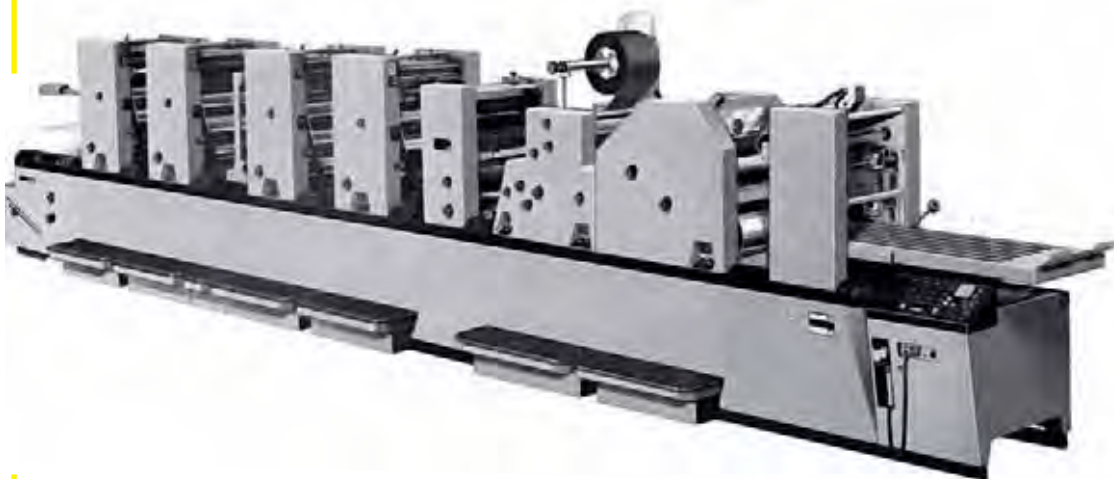
Konstrukcija tiskarskih strojev za posebne namene mora biti prilagojena vrsti in obliki materiala, na katerega tiskamo. To velja za vlagalnik, izlagalnik, tudi za tiskovne člene – tiskovno geometrijo. Stroji za posebne namene so eno- ali večbarvni in jih najdemo v vseh tehnikah tiska, še zlasti v njihovih neposrednih oblikah. Zelo pogosti so v sitotisku, ki je edini primeren za tisk na votle, krhke in mehke predmete, v globokem tisku pa se pojavljajo kot tako imenovani tamponski tisk.

V grobem lahko stroje za posebne namene delimo na:

1. Stroje za tisk vrednostnih tiskovin, kot so bankovci, čeki, znamke, potne listine, spominske (plačilne) kartice ipd. Pri tiskanju vrednostnih tiskovin v enem ali več tiskarskih strojih kombinirajo analogne tiskarske tehnike, in sicer mokri in suhi ofsetni tisk, visoki tisk, vključno s slepim in vročim tiskom s folijami ali hologrami ter numeriranjem, linijski

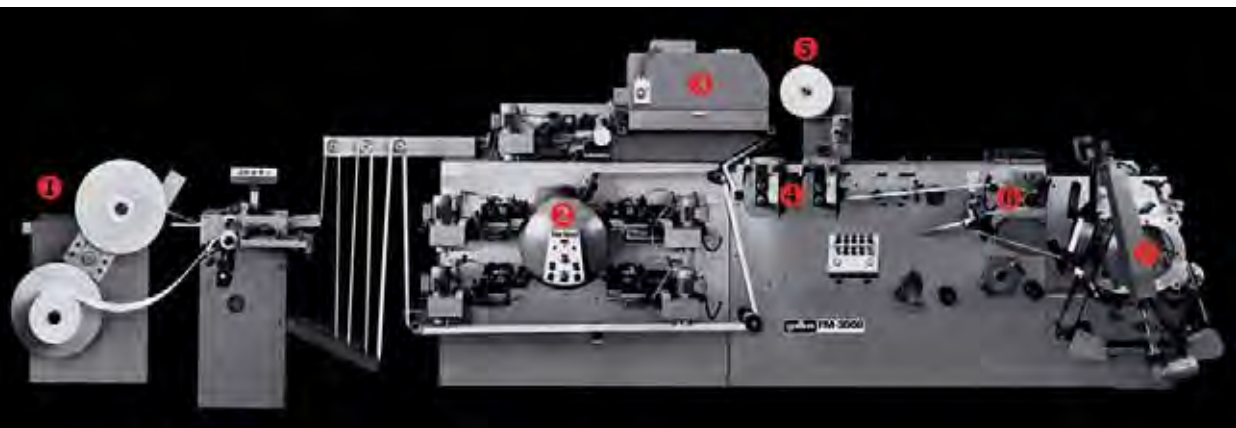
globoki tisk, redkeje sitotisk. Digitalne tehnike za zdaj še ne uporabljajo, ker ni znana obstojnost teh tiskovin. Vrednostne tiskovine morajo biti namreč natisnjene na in z visokoobstojnimi tiskovnimi materiali in tiskarskimi barvami, da so desetletja odporne na vse mehanske, vremenske in svetlobne učinke.

2. Stroji za tisk in izdelavo neskončnih (računalniških) obrazcev so lahko namenjeni bodisi za preproste tiskovine, kot so dobavnice, prejemnice in računi, bodisi za zahtevne vozovnice, loterijske tiskovine ali personalizirane večbarvne oglasne tiskovine za neposredno pošto. Stroji za tisk neskončnih obrazcev so predvsem zasnovani kot rotacije, prevladujoče tiskarske tehnike so mokri in suhi ofsetni tisk, posredni visoki tisk, vse bolj pa se na tem področju uveljavlja elektrofotografski tisk. Rotacijo za tisk neskončnih obrazcev prikazuje slika 8.61.



Slika 8.61 Rotacija za tisk neskončnih obrazcev z izlaganjem v cik-cak zvitek.

3. Stroji za tisk in izdelavo etiket tiskajo večinoma na zvitke in so prilagojeni za izdelavo raznovrstnih etiket in nalepk, ki jih zahteva embalažna, zlasti pa farmacevtska in kozmetična industrija. Rotacije niso velike, zato pa toliko bolj natančne. Prevladujoča tiskarska tehnika je fleksotisk, pogosto pa so na isti rotaciji tudi tiskovni členi za druge analogne in digitalne tehnike ter oplemenitenje ali dodelavo. To ne pomeni, da etiket ne tiskamo tudi z drugimi tehnikami; prav v vsaki analogni in digitalni so razvili ustrezne stroje ali rotacije. Etiketke za pивske in vinske steklenicetiskamo na primer predvsem v ofsetnem tisku na pole, kasneje oplemenitimo in dotiskamo z vročim tiskom. Vse bolj se uveljavljajo hibridni tiskarski stroji z opisom v točki 4. Stroji za tiskanje etiket pa tudi druge embalaže bodo morali biti v prihodnje opremljeni s komponentami za tisk oziroma izdelavo identifikacijskih oznak RFID (*Radio Frequency Identification Cards*). Na njihovi podlagi za zdaj delujejo sistemi, s katerimi trgovci ščitijo izdelke pred krajo, sistem cestninjenja ABC, v prihodnje pa bodo morali tiskarji obvladati njihovo izdelavo pri tiskanju ali oplemenitjenju s specialnimi tiskovnimi členi za ofsetni, flekso- sito- ali kapljični tisk. Za ta namen bodo primerni še zlasti hibridni tiskarski (ofsetni) stroji.

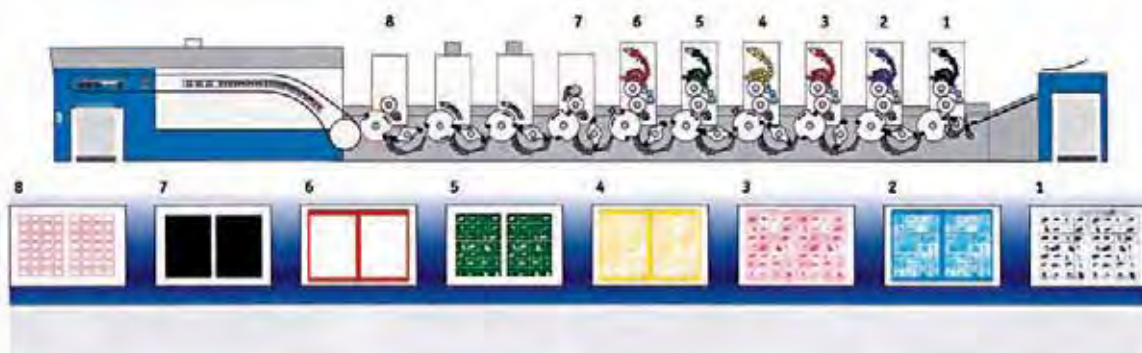


Slika 8.62 Rotacija za tisk in izdelavo etiket s tiskovnimi členi za knjigotisk in fleksotisk: 1 – odvijalnik, 2 – štiribarvni satelitski tiskovni člen za fleksotisk, 3 – tiskovna člena za sito-tisk, 4 – rotacijski izsekovalnik, 5 – navijalnik odpadka, 6 – vzdolžni rezalnik, 7 – navijalnik izrezanih etiket



Slika 8.63 Digitalni ofsetni stroj DOC za tisk etiket.

4. Hibridni tiskarski stroji imajo tiskovne člene za različne (analogne in digitalne) tiskarske tehnike, uporabljajo različne tiskarske barve in tehnologije sušenja, tiskovine oplemenitijo, v celoti ali delno dodelajo. Glede tega so stroji za tisk in izdelavo etiket vsekakor hibridni. Tudi ofsetni stroji z dodanimi členi za lakiranje z disperzijskimi, UV-, IR- sijajnimi in motnimi laki (to so pravzaprav prilagojeni tiskovni členi za fleksotisk), s primernimi sušilniki, tiskovnimi glavami za dotiskovanje, personaliziranje ali numeriranje za kapljični tisk in končno z napravami za dodelavo, kot je izsekovanje, so hibridni; slika 8.64.



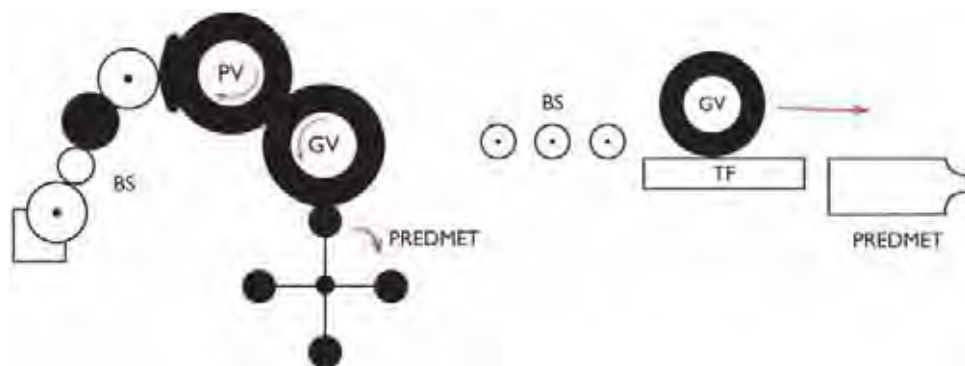
Slika 8.64 Šestbarvni hibridni tiskarski stroj za tiskanje s hibridnimi tiskarskimi barvami (sušijo na podlagi oksipolimerizacije in UV-sevanja) in z dodanimi členi za lakiranje s posebnimi tiskarskimi laki (5), z motnimi UV-laki (6), z visokosijajnimi UV-laki (7) ter izsekovanje (8).



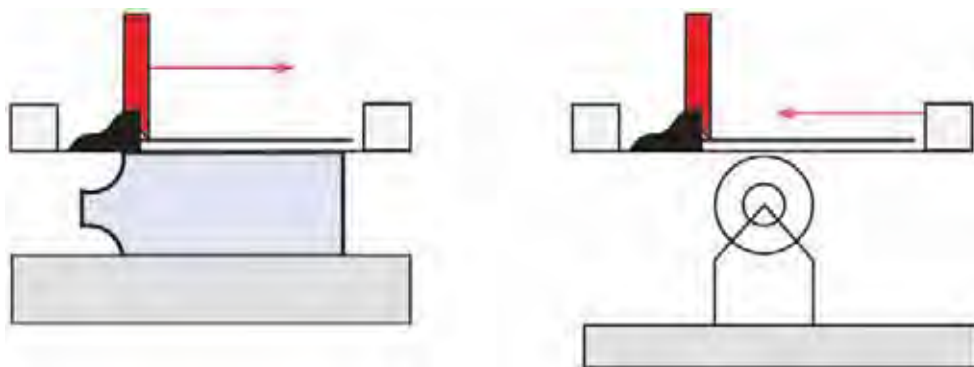
Slika 8.65 Desetbarvni ofsetni stroj za obojestranski tisk 5+5 z navadnimi in hibridnimi tiskarskimi barvami in z dodanimi členi (moduli) za obojestransko lakiranje z disperzijskimi in UV-laki, dvema vmesnima sušilnikoma z vročim zrakom in enim vmesnim UV-sušilnikom. Na koncu je še en lakirni člen, v izlagalniku pa moduli za sušenje z vročim zrakom in UV-sevanjem. Stroj je namenjen za tiskanje embalaže za modno, kozmetično in avtomobilsko industrijo, omogoča pa tudi lakiranje z zlatimi in srebrnimi laki, ob disperzijskih in UV-lakih pa tudi uporabo motnih in visokosijajnih lakov.

5. Stroji za tisk na predmete, kot so kocke, tulci, kvadri, na predmete okrogle, stožčaste, elipsaste, ploščate oblike, na predmete nedoločenih oblik, pa celo na sadje, kot so orehi, jabolka, banane se pojavljajo v najprimernejši analogni ali digitalni tiskarski tehniki. V prvem primeru so vse tehnike približno enako zastopane, v drugem pa prednjači kapljični tisk (ni mehanskega stika s tiskovnim materialom).

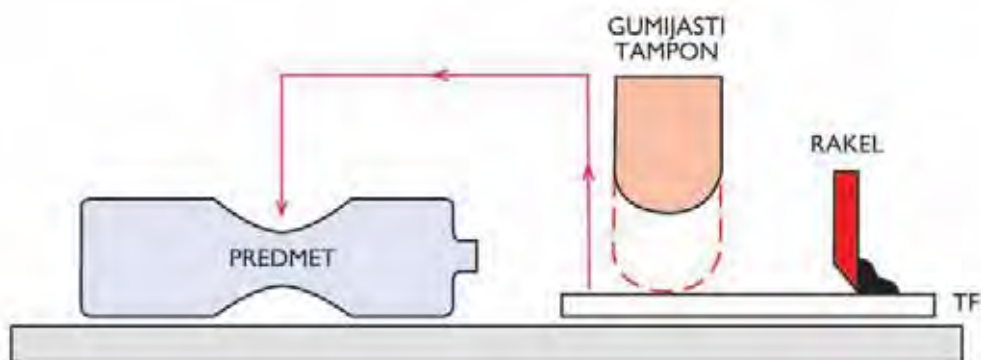
Tiskarske stroje za tisk predmetov prikazujejo slike od 8.66do 8.69. Kot vidimo na slikah 8.66 in 8.68, lahko za tiskanje predmetov uporabljamo zgolj posredni visoki in globoki tisk (tamponski tisk), medtem ko neposredne oblike teh dveh tehnik niso primerne.



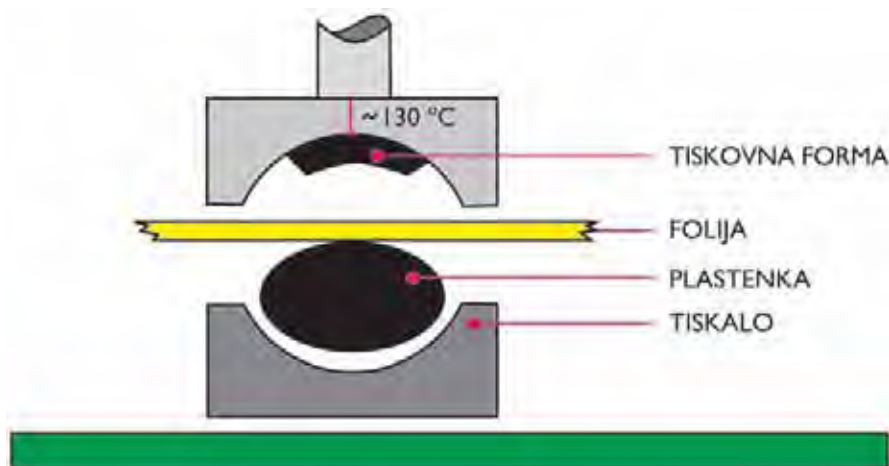
Slika 8.66 Posredni visoki tisk za tiskanje predmetov. Enako delujeta tudi mokri in suhi ofsetni tisk.



Slika 8.67 Različne oblike sitotiska za tisk predmetov.



Slika 8.68 Tisk predmetov v globokem – tamponskem tisku. Ker so gumijasti tamponi zelo mehki in prožni, je tehnika še posebej primerna za tiskanje krhkih predmetov prostih oblik.



Slika 8.69 Vroči tisk na predmet – elipsasti tulec.

- Pojem hibrid je latinskega izvora in dobesedno pomeni »sestavljen iz različnega«, dvojkast, dvospolen, dvokomponenten ali križan. Križanci so hibridi v rastlinskem svetu, hibriden je avtomobil, ki ima dvojni pogon (eksplozivni in elektromotor). V ofsetnem tisku so hibridni stroji tisti, ki omogočajo tiskanje s klasičnimi tiskarskimi barvami na podlagi mineralnih in rastlinskih olj ter lakiranje z disperzijskimi laki, kot tudi s hibridnimi tiskarskimi barvami in UV-laki.
- Hibridne tiskarske barve so »križanec« tiskarskih barv, ki se na odtisu sušijo s penetracijo in oksipolimerizacijo, in tistih, ki se sušijo pod vplivom UV-sevanja. Sušijo se torej po enem ali drugem načelu, lahko pa tudi po obeh sočasno.
- Hibridni tiskarski stroji (predvsem ofsetni) bodo v prihodnje omogočali tiskanje z organskimi elektronskimi polimeri, s tem pa izdelavo oznak RFID, polimernih elektronskih vezij in zaslonov OLED za uporabo na jumbo panojih, vozilih in zgradbah.
- Oznake RFID v obliki večjih »anten« lahko za zdaj realiziramo s tiskom kovinskih tiskarskih barv, z vročim tiskom folij ali v kapljičnem tisku s črnili na podlagi kovinskih pigmentov ali organskih elektronskih polimerov.

8.9 Tiskovna kakovost odtisa

Tiskarska tehnika in ustroj tiskarskega stroja učinkujeta na upodabljanje tiskovnih površin na odtisu. V nekaterih primerih to opazimo že brez povečave, medtem ko so razlike najbolj očitne v ustreznem makro merilu (lupa s 35- do 75-kratno povečavo). Dejavniki, ki najbolj vplivajo na upodabljanje tiskovnih površin, so:

1. tiskarska tehnika in vrsta tiskovne forme,
2. tiskovna geometrija,

3. tiskovni tlak,
4. nabarvanje – nanos tiskarske barve,
5. hitrost tiskanja,
6. metoda sušenja.

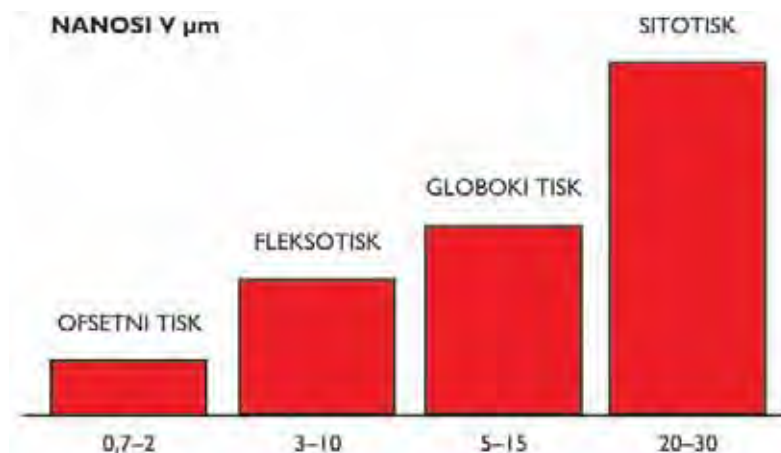
Tiskarske tehnike in tiskovne forme so opisane v poglavju 6.3, tiskovna geometrija in tlak v poglavju 8.3.

Slika 8.70 ponazarja nanos tiskarske barve na odtisih, ki smo jih izdelali z različnimi tiskarskimi tehnikami. Nabarvanja so bistveno različna, zato je nujno, da se na videzu odtisa ne odražajo zgolj v makro merilu. To velja tudi za vse druge dejavnike, zato lahko strokovnjak že z dovolj natančnim opazovanjem ugotovi, na kakšen način je bil odtis izdelan. Razlike pri opazovanju s primerno povečavo so seveda še dosti bolj očitne. Slika 8.71 prikazuje makrofotografije odtisov (30-kratna povečava), ki so bili izdelani v knjigo-tisku, fleksotisku, rastrskem globokem tisku in v ofsetnem tisku. Razlike med različnimi tiskovnimi elementi so dobro vidne. Na istem mestu odtisa so enake črke, risbe in rastrske pike različno upodobljene.

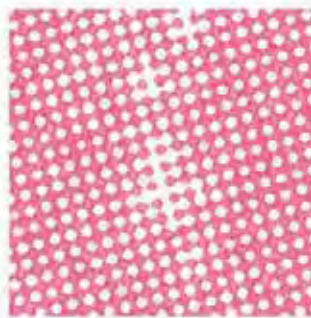
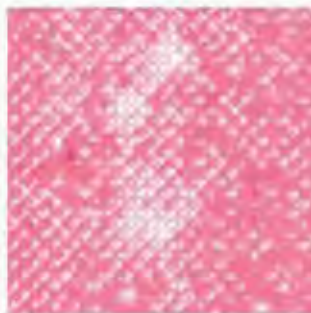
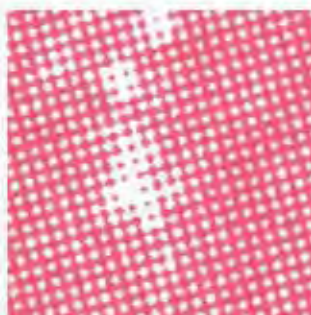
Poleg razlik, ki jih vidimo na makrofotografijah, pa je za nekatere tiskarske tehnike značilno še naslednje:

- ✓ Odtisi, izdelani v visokem tisku s togimi tiskovnimi formami, imajo na hrbtni strani izražen relief (podobno kot s pisalnim strojem napisani lis)
- ✓ Značilnost sitotiska je reliefna licu odtisa, ki nastane zaradi izjemno visokega nabarvanja.
- ✓ Relief na licu odtisa je tudi značilnost linijskega globokega tiska (denar).

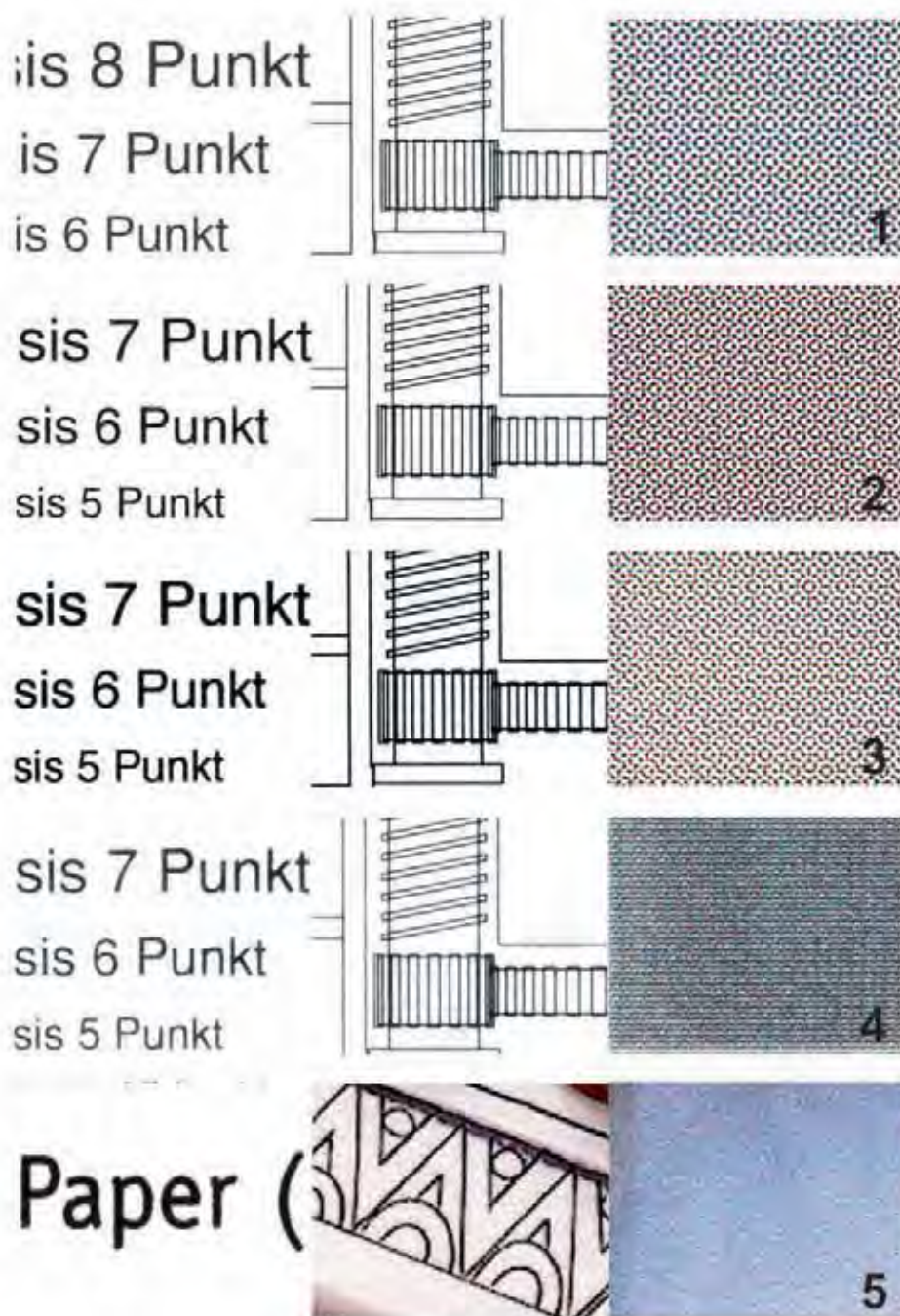
Makro primerjavo digitalnih natisov z odtisoma v mokrem in suhem ofsetnem tisku (neposredno digitalno upodabljanje) prikazuje slika 8.72. Analogne tehnike tiska je lažje nedvoumno prepoznati kakor digitalne, kjer ni zakonitih značilnosti.



Slika 8.70 Značilna nabarvanja – nanosi tiskarske barve na odtisih v μm ali v g/m^2 – v posameznih tiskarskih tehnikah.

Steir
n CeStein
n CeStein
n CeStein
n Ce

Slika 8.71 Makro fotografije odtisov v uveljavljenih analognih tiskarskih tehnikah pri 30-kratni povečavi. Od zgoraj navzdol: knjigotisk, fleksotisk, globoki in ofsetni tisk.



Slika 8.72 Makro primerjava digitalnih odtisov z 1 – mokrim in 2 – suhim ofsetnim tiskom, in sicer za 3 – digitalni ofsetni tisk (posredni elektrofotografski tisk z elektrobarvo DOC), 4 – neposredni elektrofotografski tisk in 5 – kapljični tisk. Žal na odtisu za kapljični tisk niso upodobljeni isti motivi.

8.9.1 Vizualna kakovost

Upodabljanje tiskovnih površin v makro merilu učinkuje na upodobitev odtisa. Da bi ostal videz istega motiva vedno enak, morajo biti tiskovne površine v različnih tiskarskih tehnikah različno upodobljene oziroma prilagojene tiskarskim razmeram. To se vidi na makro posnetkih. Vizualna kakovost odtisa je soodvisna predvsem s *tiskovno kakovostjo*, ki jo določajo barvni in tonski obseg, sivo in barvno ravnovesje oziroma tiskarske gradacije CMYK, zrcalni in tiskovni sijaj, pa tudi gosta (linijatura), oblika in sukanje rastra. Na vizualno kakovost vplivajo še očitne napake, kot sta moare in slabo skladje, tiskarji pa poznajo še okoli 30 drugih značilnih napak, ki podzavestno motijo uporabnika tiskovine. To je *tiskarska kakovost*.

Kot vizualno kakovost odtisa zato razumemo dejavnike, ki jih opazovalec zavestno ali podzavestno presoja pri uporabi tiskovine: *ubranost barv, upodabljanje barv in tonov, upodabljanje podrobnosti in ostrine, upodabljanje sijaja in leska*. Da bi ostali v vseh različnih razmerah tiskanja enaki, zagotovimo s primerno izdelavo tiskovne forme, tj. z izvedbo repromodulacije v reprodukcijem procesu (glej poglavje 10 Tehnološki procesi v grafični pripravi). Repromodulacija je procesni postopek, vezni člen med analizo predloge in sintezo reprodukcije, zato učinkuje kot bistveni dejavnik pri doseganju tiskovne kakovosti. Slabo izvedene repromodulacije v tisku ni mogoče izboljšati, prav nasprotno, dobro izvedena repromodulacija lahko odpravi večino zadreg v tisku in s tem bistveno izboljša vizualno kakovost reprodukcije.

Ubranst barv

se odraža kot prevladujoč barvni odtenek oziroma sprememba prevladujoče barvitosti med odtisi. Barvna neubranost je močno pogojena z vsebino odtisa. Najbolj se odraža pri reprodukcijah, ki v barvitosti sodijo skoraj v nevtralno območje (prevladujejo sive barve), v barvno enoličnih reprodukcijah brez barvnih kontrastov kot so rumeno – modro, škrlatno – zeleno, zelenoplavo – rdeče. Take so predvsem reprodukcije z obrazi, snegom, porcelanom, perilom, pohištvom, foto ali tehniko hi-fi. Barvna ubranost oziroma neubranost ni pogojena z geometrično vsebino slike.

Tudi ubranost drugih, barvno kontrastnih reprodukcij (na primer razglednice) sodi opazovalec najprej po spremembi barvitosti oziroma odtenka. Sledi vrednotenje nasičenosti, pisanosti oziroma kromatičnosti, medtem ko najmanj motijo spremembe svetlosti. Sodba se močno ravna po vzajemnosti notranjega in zunanega polja (simultani kontrast). Vsekakor velja, da so vsi navedeni učinki manj opazni, če je reprodukcija barvno kontrastna. To hkrati pomeni, da tehnološko enako izvedena repromodulacija in tisk, ne moreta biti tudi vizualno enaka. Enaka tehnološka odstopanja so veliko bolj opazna pri skoraj nevtralnih ali barvno enoličnih reprodukcijah, veliko manj pa pri barvno kontrastnih reprodukcijah; slika 8.73.



Slika 8.73 Barvna neubranost, ki jo povzročijo tehnološka odstopanja v tisku, se ne odraža pri vseh slikah enako. Enako odstopanje povzroči veliko večjo vizualno razliko pri barvno nevtralnih in enoličnih reprodukcijah, veliko manj pa pri barvno kontrastnih. Na vrhu treh stolpcev z barvno nevtralnimi, enoličnimi in kontrastnimi sličicami so kakovostne reprodukcije, spodnje pa simulirajo tiskanje s pet odstotkov preveč in premalo magenta barve. Odstopanja se najbolj odražajo v drugem in najmanj v tretjem primeru.

Upodabljanje barv

presojamo s primerjanjem odtisnjenih barv z barvnimi vtisi v spominu (spominske barve, kot so zelena trava, modro nebo, koža, hrana ...). Odtis mora upodabljati kar največ barvnih učinkov, brez vidnih preskokov med njimi. Barve in barvni odtenki se morajo prelivati eden v drugega, celovit barvni učinek ne sme biti razbarvan, ampak barvit, barvno živahen. Pomembno je, da reprodukcija ohrani barvne učinke v barvnem ravnovesju izvornika, in da ne upodablja ene bolj natančno kot drugih. Napake in preskoki se tudi tokrat najbolj odražajo v slikah s prevladujočo barvitostjo, v barvno enoličnih reprodukcijah brez barvnih kontrastov. Če taki kontrasti obstajajo, so pomanjkljivosti manj opazne, sodba pa se ravna po vzajemnosti notranjega in zunanjega polja. Iste reprodukcije v rdečem, zelenem, rumenem ali sivem okvirju niti opazovalec niti operater niti uporabnik ne sodijo enako; slika 8.74.



Slika 8.74 Pri opazovanju slike moramo vselej zagotoviti standardno svetlobo (glej poglavje 5.6 Svetloba in razmere za primerjanje barv) in kar najbolj nevtralnno sivo zunanje polje.

Upodabljanje podrobnosti in ostrine

presojamo po čitljivosti besedil v rastrirani sliki in s prepoznavanjem risbe v najsvetlejših, najtemnejših ali najbolj barvitih območjih reprodukcije. Sodba je soodvisna z vsebino slike. Še zlasti v časopisnem tisku ima odločilno vlogo pri tem delež črne barve. Zaradi skromnega barvnega obsega lahko le s primerno modulacijo črnega barvnega izvlečka upodobimo dovolj temne barvne učinke in dovolj izražene podrobnosti; slika 8.75.



Slika 8.75 Čitljivost besedila v sliki pri uporabi različnih rastrskih struktur.

Upodabljanje sijaja in leska

sodimo po razbarvanih svetlobnih konicah in zrcalnih podobah v sliki. Tudi te primerjamo s psihološkim sijajem v spominu: zrcalne podobe v vodi in okenskih steklih, lesketaenje vodnih površin, lesk avtomobilov.

Vrednotenje vizualne kakovosti ni nikoli enotno. Ocena je soodvisna z narodnostjo, raso, vzgojo, vero, prebivališčem, umetniškim nazorom, ustvarjalnostjo, razpoloženjem.

Tiskovna kakovost

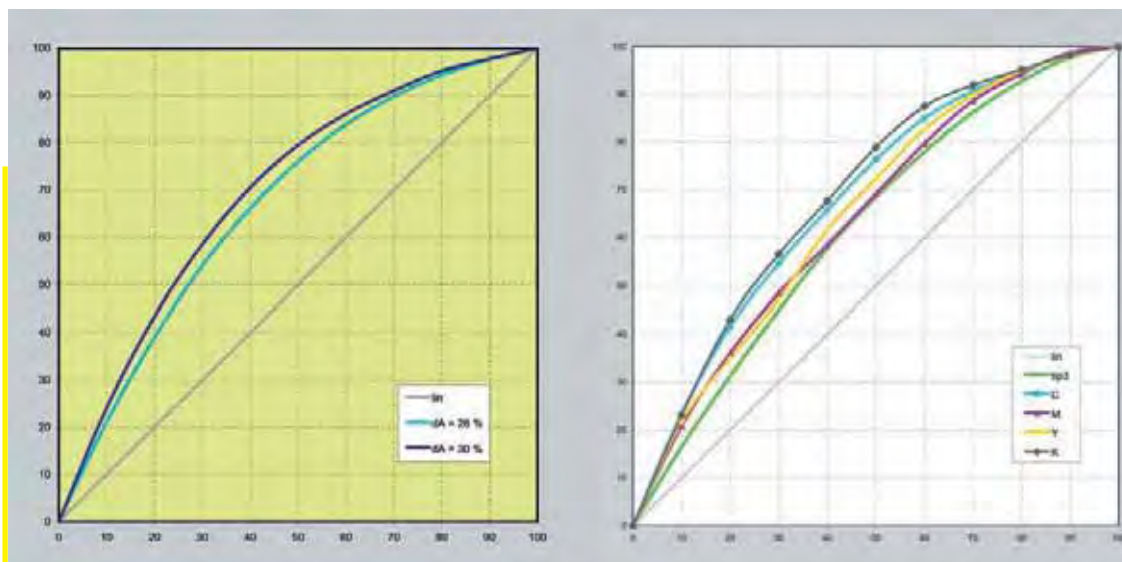
je opredeljena z množico merljivih fizikalnih veličin, s katero je soodvisen celovit videz reprodukcije. V angleščini se imenuje *printability*, v nemščini *Bedruckbarkeit*. Ker je odtis otipljiva združba papirja in tiskarske barve, je vrednotenje tiskovne kakovosti na videz preprostejše kot vrednotenje vizualne. Na videz zato, ker moramo poznati zanesljive merljive veličine, s katerimi je psihološko dožemanje in doživljanje barv resnično soodvisno. Merljive veličine, s katerimi je opredeljena tiskovna kakovost, se večinoma ne nanašajo zgolj na papir ali tiskarsko barvo, marveč na njuno združbo – odtis.

Tiskarska kakovost

je opredeljena z množico napak, ki lahko nastanejo pri tisku in motijo videz, v nekaterih primerih pa celo uporabnost tiskovine. V angleščini se imenuje *runability*, v nemščini pa *Verdruckbarkeit*. Napake se pojavljajo v treh oblikah, in sicer kot majhne, bistvene in usodne. Majhne napake komaj opazno zmanjšujejo estetsko podobo tiskovine, bistvene jo očitno kvarijo, usodne pa onemogočajo njeno uporabo (npr. nečitljivo besedilo, popackane slike ipd.).

- Barvni obseg in/ali barvni prostor (*colour gamut, colour space*) je omejeno območje barvnih učinkov, ki jih lahko upodobi posamezna tiskarska tehnika oziroma upodobitvena tehnologija. Glej tudi sliko 5.40 in poglavje 5.6 Barvna metrika.
- Tonski obseg (*tone value reproduction limit*) v tisku je podoben dinamičnemu oziroma kontrastnemu obsegu v fotografiji (glej poglavje 6.1 Fotografska tehnologija, predvsem sliko 6.15) in je definiran z najmanjšim in največjim tonom, ki ju tiskarska tehnika še lahko upodobi na odtisu.
- Sivo ravnovesje (*gray balance*) je definirano s toni na cian, magenta in rumenem barvnem izvlečku (CMY), ki na odtisu v standardiziranih razmerah tiskanja in opazovanja upodobijo nevtralnno sivo (akromatično) barvo (glej poglavji 5.1 zaznavanje barv in tonov in 5.6 Svetloba in razmere za primerjanje barv). V praksi sta dve definiciji nevtralnno sive barve: Nevtralnno siva barva je tista, ki ima enaki CIELAB a^* in b^* vrednosti kot tiskovni material ali: Nevtralnno siva barva je tista, ki ima enaki CIELAB a^* in b^* vrednosti kot ton, tiskan samo s črno barvo (K) pri podobni svetlosti L^* . Tako je zato, ker človeško oko barvo nevtralne referenčne barve dinamično prilagaja glede na barvni odtенок tiskovnega materiala. Povedano drugače: v različnih razmerah opazovanja je barva tiskovnega materiala vedno nevtralna, čeprav opazujemo sicer rumenkast časopisni papir!

- Tiskarska gradacija pove, kako so rastrski toni s kopirne predloge ali slikovnega zapisa upodobljeni na odtisu, oziroma kako se na odtisu v območju med najsvetlejšim in najtemnejšim tonom stopnjujejo vsi drugi toni. Meroslovno je zveza med zelenimi (definiranimi) toni (na slikovnem zapisu, kopirni predlogi, tiskovni formi) in reproduciranimi toni na odtisu; grafično jo prikazuje prehodna oziroma prenosna krivulja (*tone-value increase curve, print reproduction curve*); slika 8.76. Na tiskarsko gradacijo vplivajo številni dejavniki, najbolj pa gostota in oblika rastra, nabarvanje tj. nanos tiskarske barve na odtisu, tiskarska barva, tiskovni material, tiskovni tlak, ugrez in odvoj tiskovnih valjev, vrsta in stanje tiskarskega stroja, tiskovna forma in klimatske razmere.
- Barvno ravnovesje (*mid-tone spread, dobesedno raztros srednjih tonov*) definirajo razlike med tiskarskimi gradacijami oziroma povečanju tonov v procesnih barvah CMYK; slika 8.76
- Zrcalni sijaj je usmerjena refleksija svetlobe z določene površine oziroma v primerjavi z difuzno odbito komponento delež usmerjeno odbite komponente; glej poglavje 5.9 Sijaj.
- Tiskovni sijaj (print gloss) je relativna razlika med zrcalnim sijajem potiskanih in nepotiskanih, lakiranih in nelakiranih površin, sijajno in motno lakiranih površin in podobno.



Slika 8.76 Standardizirani tiskarski gradaciji v časopisnem tisku s hladnim sušenjem (*cold-set* – glej naslednje poglavje). Tista s 26-odstotnim povečanjem srednjih tonov velja v Evropi, druga s 30-odstotnim pa v Ameriki. Desna slika prikazuje (prevelik) raztros tonov v revijalnem tisku z vročim sušenjem (*heatset* – glej naslednje poglavje), torej slabo barvno ravnovesje.

8.9.2 Sušenje odtisov (tiskarskih barv in črnih)

Sušenje je pojem, ki obsega vse procese, ki se dogajajo na odtisu ali natisu med tiskovnim materialom in tiskarsko barvo (črnilom), da bi nastala njuna trajna združba. Glede na to, kako se razlikujejo tiskarske tehnike, tiskarski stroji in tiskovni materiali, se razlikujejo tudi tiskarske barve in metode sušenja. Ista metoda ni primerna za vse primere. Tiskarska barva se na odtisu suši zaradi kemijskih reakcij (oksidacija, polimerizacija) ali fizikalnih procesov (penetracija, izparevanje, izhlapevanje) ali zaradi kombinacije različnih metod; slika 8.77. Vsaka je sestavljena iz štirih temeljnih komponent: kolorantov (pigmenti in barvila), veziv, topil in dodatkov. Njihove značilnosti in deleži se spreminjajo glede na željeno uporabo.

Pri penetraciji vezivo in topilo prodirata v notranjost tiskovnega materiala. Topilo penetrira hitreje, zato zapusti vezivo in se veže v porozno strukturo podlage, na drugi strani pa omreži delce pigmenta na površini. Brez topila se strdi in daje trajen odtis. Sušenje s penetracijo se imenuje tudi hladno sušenje (angl. *cold-set*).

Pri sušenju z izparevanjem odtis z vročim zrakom najprej močno segrejemo (približno 160 °C), da topilo izpari. Segreto vezivo med tem omreži pigment in se veže na podlago, ki ni nujno porozna kot papir (npr. umetne mase). Nato odtis na hitro ohladimo, da vezivo zakrknje in otrdi. Ta metoda sušenja je znana z imenom vroče sušenje (angl. *heat-set*).

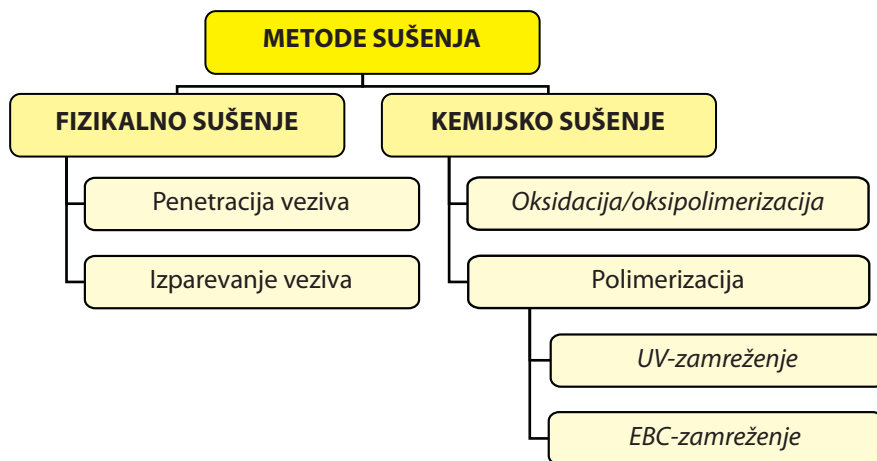
Oksidativno sušenje temelji na oksidaciji veziva s kisikom iz zraka. V resnici gre za kombinacijo različnih metod: tiskarska barva najprej penetrira v tiskovni material, na katerega jo veže vezivo. Zaradi kisika iz zraka se začne polimerizacija veziva, nastanejo velike molekule, ki na eni strani omrežijo pigment, na drugi pa se močno usidrajo v podlago. Pomembno je torej, da so pri tem sušenju odtisi dobro »prezračeni«.

Sušenje s penetracijo in oksidacijo lahko pospešimo s segrevanjem. Toploto zagotavlja infrardeče sevanje, zato se tako sušenje imenuje IR-sušenje. Z njim na eni strani pospešimo penetracijo tiskarske barve, na drugi pa oksidacijo (višja je temperatura, hitrejša so kemijske reakcije).

UV-sušenje temelji na kratkovalovnem ultravijoličnem sevanju v območju valovnih dolžin od 100 do 380 nm (UV-C = 100 – 280 nm, UV-B = 315 nm, UV-A = 380 nm). V obsevanem odtisu vezivo v trenutku polimerizira in se utrdi, zato je tovrstno sušenje izjemno učinkovito. UV-tiskarske barve so izdelane s specialnimi vezivi, ki jim dodajajo tudi fotoiniciatorje (katalizatorje), vendar je sušenje črnih barv počasnejše kot pisanih. Črni kolorant namreč absorbira delež UV-žarkov, ki ne morejo prodreti do veziva. Pisani koloranti žarkov ne ovirajo, zato je sušenje učinkovitejše.

Posebni metodi sušenja sta še elektronsko sušenje EBC (*Electron Beam Curing*) in hlajenje. Za elektronsko sušenje EBC uporabljamo UV-tiskarske barve, ki pa polimerizirajo zaradi učinkovanja elektronskih žarkov. Ti ne le posušijo odtis, marveč tudi uničijo vse morebitne mikroorganizme. Zato je elektronsko sušenje predvsem primerno za tiskanje prehranske embalaže, zagotoviti pa moramo popolno odsotnost kisika iz zraka, kar znižuje gospodarnost postopka. Samo s hlajenjem se suše zlasti odtisi v trdočrnilnem kapljičnem tisku.

Uporaba metod za sušenje odtisov v različnih tiskarskih tehnikah je tabelirana v preglednici.



Slika 8.77 Metode za sušenje tiskarskih barv na odtisu.

SUŠENJE ODTISOV V TISKARSKIH TEHNIKAH

METODA SUŠENJA	Penetracija	Izparevanje	Oksidacija	Polimerizacija	Strjevanje	Tiskarska tehnika
Vroče sušenje	X	X	X			Ofsetni, globoki, flekso- sitotisk, kapljični tisk, disperzijsko lakiranje
IR-sušenje	X		X			Ofsetni tisk
UV-sušenje	X			X		Fleksotisk, ofsetni, sitotisk, lakiranje, digitalni tisk
EBC				X		Ofsetni tisk
Hlajenje					X	Kapljični tisk

IV

GRAFIČNI

POSTOPKI IN PROCESI

9 TEHNOLOGIJA DODELAVE

Odtis, ki ga naredimo na tiskarskem stroju, je zelo redko tudi že dokončan grafični izdelek. Tehnološki proces pri izdelavi določenega izdelka s tiskom še ni končan. Odtise moramo dodelati in pogosto tudi oplemenititi, da bi dobili končno **uporabno vrednost**. Dodelava in/ali oplemenitenje odtisov lahko poteka že na tiskarskem stroju, če so le instalirane ustrezne naprave in pomožni stroji, sicer poteka v **knjigoveznici** ali **kartonazi**.

- Tiskarski izdelek je odtis; izdelamo ga s katero koli tiskarsko tehniko. Na enem odtisu je lahko več novih grafičnih izdelkov (npr. etikete), ali pa le ena od njegovih sestavin (snopič listov v novi knjigi). Zato je odtis **polizdelek** in se imenuje **tiskarska pola**.
- Grafični izdelek je tudi izdelek, ki ga natisnemo s poljubno tiskarsko tehniko, svojo uporabno vrednost in obliko pa dobi šele s knjigoveško ali kartonažersko dodelavo, včasih tudi s prav posebnim oplemenitjenjem.
- V knjigoveznici poteka dodelava odtisov, katerih osnovni namen je razširjati, hraniti, tudi izmenjevati informacije, kartonaža pa se ukvarja z dodelavo embalaže, in sicer ovojnin in ovojnikov.
- Z oplemenitjenjem ne želimo le povečati vizualne kakovosti, torej privlačnosti (sijaja) in tržne vrednosti grafičnih izdelkov, marveč tudi njihovo mehansko trdnost, svetlobno obstojnost, preprečiti vpijanje kapljev in plinov, neprijeten vonj, okužbe (tiskovine za farmacevtsko in prehrabeno industrijo), povečati odpornost proti maščobam, voskom, različnim preparatom ter kemikalijam ipd.

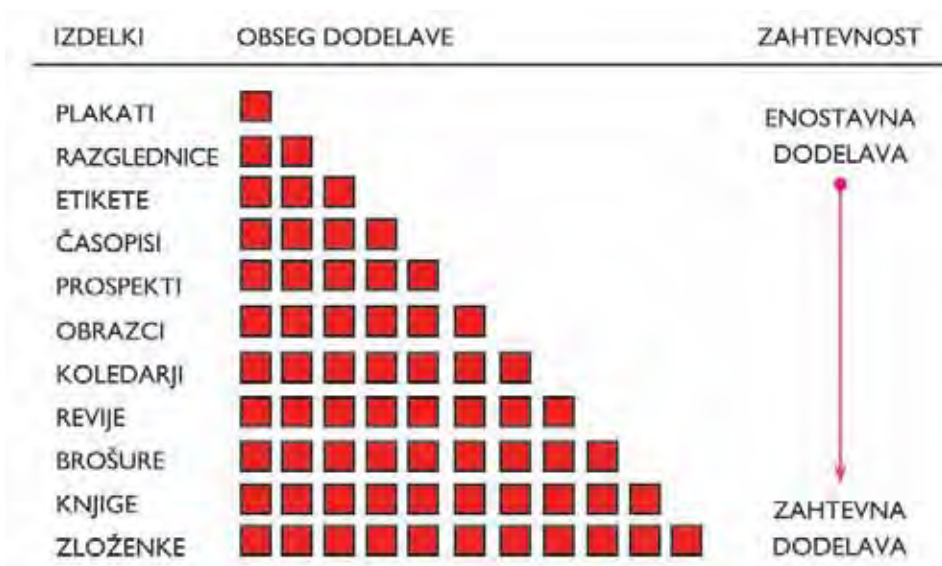
Nekaj primerov.

Tiskarski stroji so praviloma tako veliki, da tiskajo vedno več razglednic ali etiket hkrati na eni tiskarski poli. Razglednice na tiskarski poli, ki so tudi že razmnožene, še niso uporabne, saj jih ne moremo pošiljati po pošti. Šele ko tiskarske pole **razrežemo**, dobimo razglednice ali etikete, primerne za uporabo.

Pri tiskanju časopisa je na eni tiskarski poli več strani, ki pa so med seboj pomešane, zato časopisa ne moremo brati. Šele ko tiskarske pole primerno preganemo, torej **zgbamo** in **obrežemo**, dobimo časopis, ki ima tudi uporabno vrednost.

V prvem primeru smo pri dodelavi odtisov ali tiskarskih pol uporabili le eno **tehnološko operacijo**, *razrezovanje*, v drugem primeru pa dve: *zgbanje* in *obrezovanje*.

Dodelava nekaterih grafičnih izdelkov obsega le nekaj tehnoloških operacij, medtem ko je dodelava drugih bolj zahtevna. Na sliki 9.1 so značilni grafični izdelki razvrščeni po obsegu dodelave. Zgoraj so najbolj preprosti, spodaj najzahtevnejši. Za dodelavo prvih zadošča le nekaj tehnoloških operacij; **tehnološki proces** v dodelavi je kratek in preprost. Pri dodelavi drugih moramo opraviti več, pogosto tudi bolj zapletenih **tehnoloških operacij**, zato je tehnološki proces v dodelavi dolg, zapleten in zahteven.



Slika 9.1 Značilni grafični izdelki in obseg oziroma zahtevnost dodelave.

Pogosto sta obseg in zahtevnost dodelave različna tudi pri izdelkih iz iste skupine. Prospekti, na primer, so lahko izdelani v obliki listov, lahko so zganjeni, šivani kot zvezek ali pa v obliki brošur. Slika ponazarja najbolj pogoste primere.

- Tehnološki procesi v dodelavi so kratki in dolgi, preprosti in zahtevni. Navadno so kratki tudi manj zahtevni; dolgi so zahtevnejši, kar pa ni nujno.

9.1 Grafični izdelki

Če hočemo projektirati tehnološki proces dodelave, torej določiti vrsto, število in zaporedje tehnoloških operacij, moramo vedeti, kako je grafični izdelek, ki ga želimo izdelati, sestavljen. Poznamo namreč okoli 30 vrst (tradicionalnih) grafičnih izdelkov, pri katerih pa v vsaki vrsti glede na dodelavo ločimo tudi do 20 različnih oblik. Nekatere najbolj značilne vrste in oblike grafičnih izdelkov opisujejo naslednja poglavja.

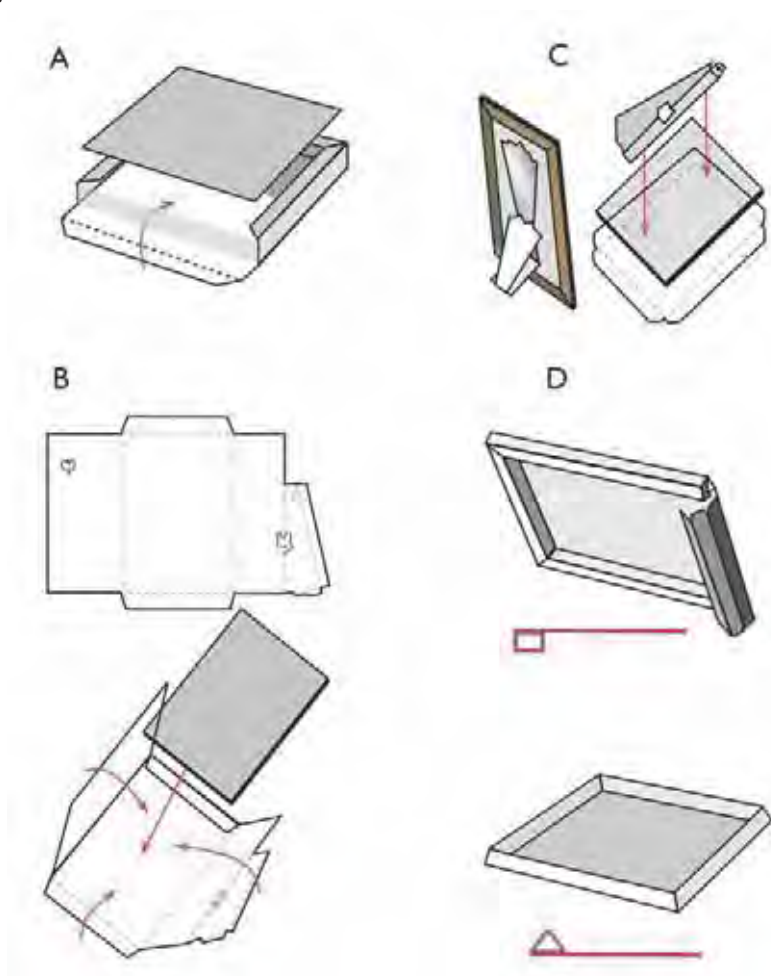
9.1.1 Plakati in posterji

Plakat je velik, z informacijami potiskan list papirja in ga uporabljamo za oglaševanje na javnih mestih. Plakati so različnih velikosti: od 50×70 do 100×140 centimetrov in več (to so t. i. jumbo plakati). Na eni tiskarski poli lahko zato tiskamo več plakatov, enega samega ali celo le del plakata. V zadnjem primeru sestavijo plakat šele pri lepljenju na oglasne panoje (jumbo plakati so se pri nas uveljavili šele po letu 1991, drugje po svetu pa že desetletja poprej niso bili nobena posebnost. Pravi razcvet je doživelo tovrstno plakatiranje med prvimi demokratičnimi volitvami v samostojni državi leta 1992). Plakati so vse pogosteje tudi na vozilih in zgradbah; slika 9.2.



Slika 9.2 Leta 1999 je bil 320 kvadratnih metrov velik plakat na vlaku Slovenskih železnic edinstvena in največja tovrstna poslikava v Evropi.

V skupino plakatov sodijo tudi samostojni ogledni kartoni, ki pa so zahtevnejši grafični izdelki; slika 9.3.



Slika 9.3 Ogledni kartoni z vložkom A, zovojem B, s hrbitim vložkom C, z votlim okvirjem D.

9.1.2 Razglednice

Razglednica je majhen, potiskan kos kartona, ki ga uporabljamo za kratko in jedrnat obveščanje po pošti. Na licu razglednice je barvna, izjemoma črno-bela slika, ki jo pred mehanskimi poškodbami ščiti prozoren lak ali pa tanka folija iz umetne mase. Na posebnih razglednicah so lahko tudi vroči in slepi tisk, izrezi, lokalno (spot) lakiranje ipd. Ker so majhne, je na tiskarski poli vedno več razglednic.

9.1.3 Etikete

Klasična etiketa je majhen, z informacijami potiskan listek papirja, ki ga nalepimo na embalažo izdelka, da nas obvešča o njegovi vsebini. Etiketa hrani informacije o vsebini embalaže. Etikete so eno- ali večbarvne, preprosto pravokotne ali pa poljubnih (tudi zelo kompliciranih) geometrijskih oblik; slika 9.4. Na eni tiskarski poli se navadno tiska zelo veliko etiket. Za izdelavo teh so razvili posebne stroje, ki jih ne le tiskajo, pač pa tudi izrežejo iz zvitka oziroma pole, preštejejo in celo zavijejo.

Sodobne etikete so lahko tudi izjemno zapleteni izdelki: praviloma so samolepilne, ob klasičnem tisku so na njih še slepi in vroči tisk s folijami in hologrami, mestoma so lahko lakirane, izrezane, izdelane za optične plošče CD/DVD, v obliki vrečk, v katerih so druge tiskovine ali predmeti, nekatere sodobne etikete sodijo celo v skupino vrednostnih tiskovin; slika 9.5.



A

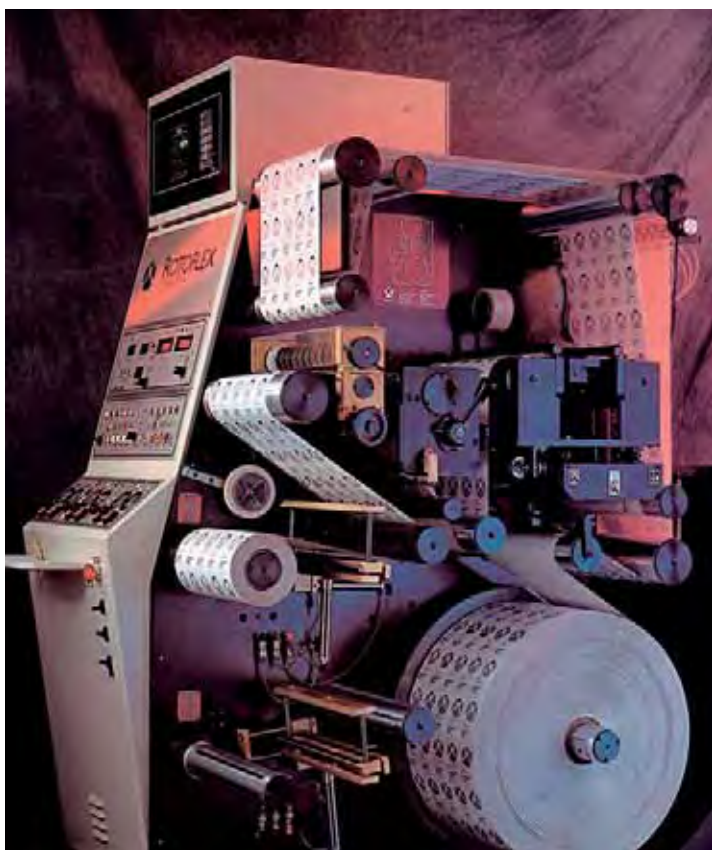


C



B

Slika 9.4 Značilne geometrijske oblike klasičnih etiket: pravokotna (a), z okroglimi vogali (b), poljubno oblikovana (c).



Slika 9.5 Izdelava sodobnih etiket je izjemno zapletena in mogoča le na specializiranih strojih za tisk, neposredno oplemenitenje in dodelavo. Na sliki je avtomat za previjanje, vzdolžni razrez, nadzor kakovosti in štetje etiket. Kakovost in preciznost sta še zlasti pomembni pri etiketah za farmacevtsko industrijo.

9.1.4 Časopisi

Časopis je sredstvo za razširjanje informacij, dnevna ali periodična publikacija, ki prinaša novice s političnega, gospodarskega, kulturnega, športnega in drugih področij družbene dejavnosti. Časopis, ki izhaja vsak dan, je dnevnik.

Tehnološko je časopis, četudi tiskan v štirih barvah, preprost grafični izdelek. V dodelavi sta potrebna le zgibanje in obrez. Časopise tiskamo na rotacijah, redkeje na tiskarskih strojih. Rotacije za tisk časopisov so opremljene tudi z napravami za dodelavo, torej zgibanje in obrezovanje ali razrezovanje.

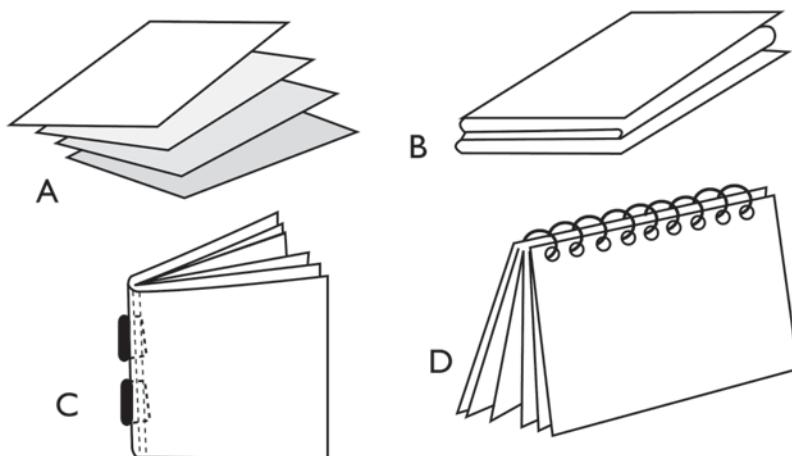
Prvi barvni slovenski časopis je bilo Delo leta 1994. Zaradi visoke kakovostji reprodukcije in tiska se je v letih 1998–2006 petkrat uvrstil v elitni klub najbolje tiskanih časopisov na svetu; slika 9.6.



Slika 9.6 Listina in medalja za visoko kakovost časopisnega tiska. Leta 2002 je Delo osvojilo celo prvo mesto med 50 najbolje tiskanimi časopisi z vsega sveta.

9.1.5 Prospekti

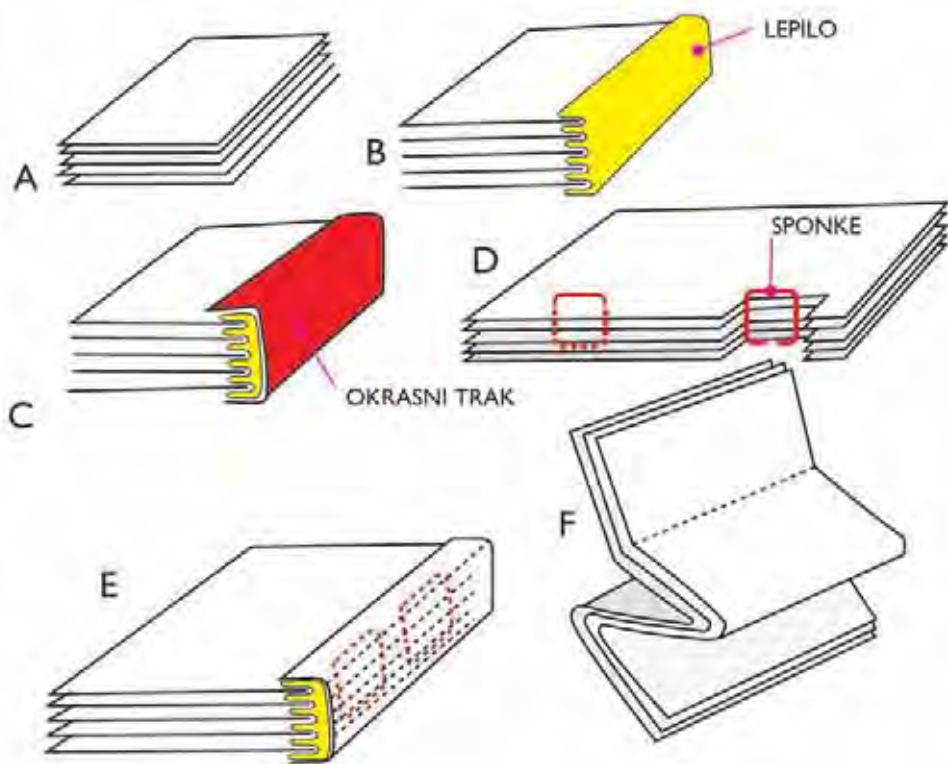
Prospekt je grafični izdelek, namenjen oglaševanju pri prodaji industrijskih izdelkov in turističnih zmogljivosti. Prospekti so zato največkrat večbarvni s številnimi štiri- ali večbarvnimi reprodukcijami. Po uporabni obliki ločimo predvsem naslednje prospekte: v listih, zgibane, z žico skozi hrbet šivane in spiralno vezane prospekte; slika 9.7. Redkeje so prospekti v obliki brošur ali celo knjig.



Slika 9.7 Prospekti. V listih (a), izmenično (cik-cak) zgibani (b), šivani z žico skozi hrbet (c), spiralno vezani (d).

9.1.6 Obrazci

Obrazci so grafični izdelki, ki jih potrebujemo za zbiranje, to je izmenjavo in hranjenje informacij; posebna oblika obrazcev so potrdila (računi), ki so za dokazovanje še vedno nenadomestljivi (to odraža tudi angleški izraz za *hard copy*). Natisnjeni so v eni ali več barvah, po svoji uporabni obliki pa so: bloki, računalniški (neskončni) obrazci in obrazci v listih. Obrazci v blokkih so lepljeni ali z žico zašiti skozi blok, lahko tudi oboje hkrati; slika 9.8. Obrazci (listi) v bloku so enaki ali različni. Če so različni, moramo paziti, da blok pravilno sestavimo.



Slika 9.8 Obrazci. V listih (a), lepljeni brez okrasnega traku (b), lepljeni z okrasnim trakom (c), šivani z žico ali sponkami skozi blok (d), šivani in lepljeni z okrasnim trakom (e), računalniški (neskončni) obrazci v cik-cak zvitku (f).

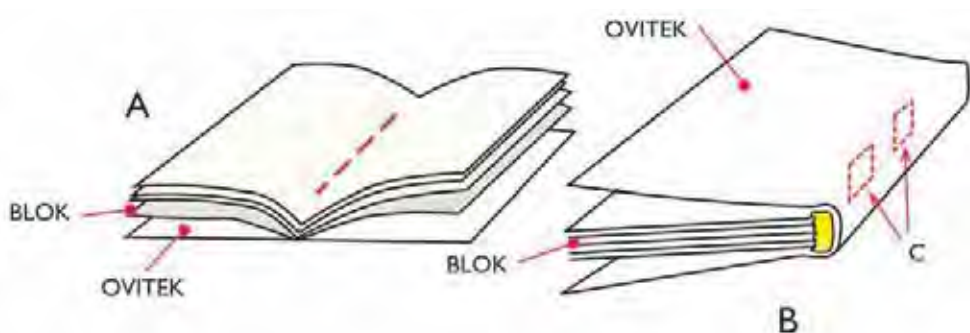
9.1.7 Koledarji

Koledar je grafični izdelek s pregledom dni v letu po tednih in mesecih. Po vrsti pregleda ločimo dnevne, tedenske in mesečne, po namenu pa zidne, namizne in knjižne (rokovnik). Knjižni in namizni koledarji so namenjeni tudi za hranjenje informacij. Pogosto so namenjeni oglaševanju in promociji, zato lahko delno ali v celoti nadomeščajo prospekte. Zidni in namizni koledarji so navadno lepljeni, šivani skozi hrbet ali spiralno vezani, knjižni pa so izdelani kot brošure ali knjige.

9.1.8 Revije

Revija je tedenska ali mesečna publikacija, ki prinaša novice iz političnega, ožjega strokovnega področja ali pa bogato ilustrirane reportaže z različnih področij. V drugem primeru je v reviji veliko barvnih reprodukcij; v prvem je tak navadno le **ovitek**. V tehnološkem pogledu so revije zašite z žico skozi hrbet ali pa lepljene, redkeje oboje (v tem primeru je revija zašita skozi blok in ne skozi hrbet). Revijo vedno sestavljata **ovitek** in **knjižni blok**; slika 9.9. Ovitek je natisnjen na nekoliko debelejšem in boljšem papirju, blok pa na tanjšem.

Revije so pogosto tako obsežne, da moramo njene strani tiskati na več tiskarskih polah, na katerih so strani **razporejene** glede na zahteve tehnoloških operacij v dodelavi, nikakor pa ne zaporedoma.



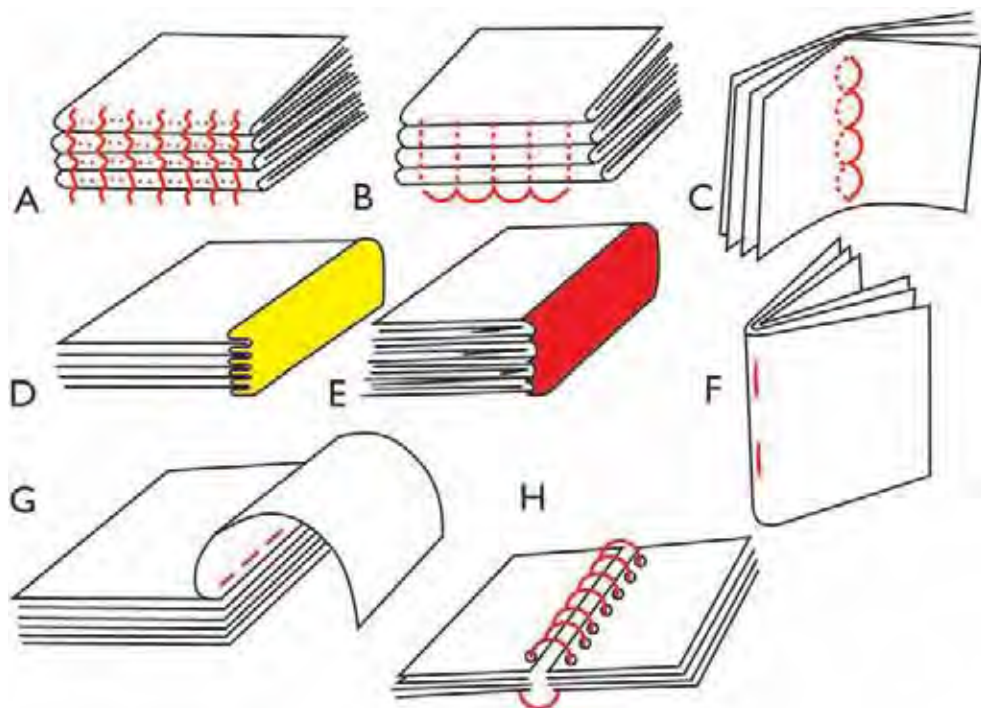
Slika 9.9 Revije. Zašita skozi hrbet (a), lepljena (b), zašita skozi blok in lepljena (c).

9.1.9 Brošure in knjige

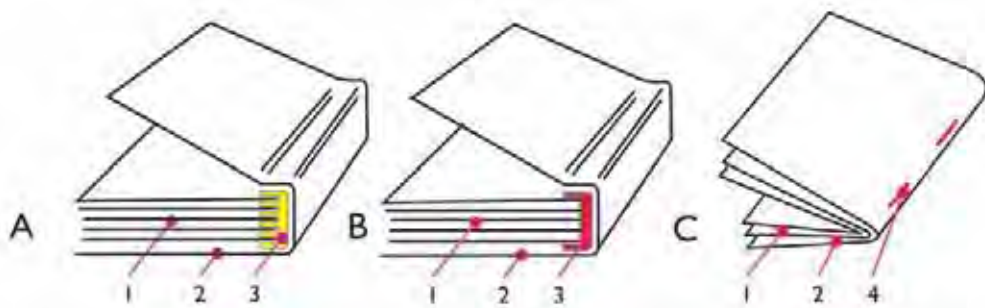
Brošure in knjige so najzahtevnejši grafični izdelki. V obliki brošur in knjig izhajajo monografije, katalogi, revije, prospekti in drugi grafični izdelki večjega obsega. Brošure in knjige imajo **platnice** in **knjižni blok**. Platnice so izdelane iz materialov, ki se bistveno ločijo od papirja v knjižnem bloku. Brošure imajo mehke, knjige pa trde platnice, medtem ko je knjižni blok v obeh primerih lahko izdelan iz enakih materialov in z enako tehnologijo. Kadar gre za obsežne brošure in knjige, je knjižni blok ne le šivan z žico skozi hrbet ali blok, niti ni le lepljen, pač pa šivan z nitjo in še lepljen. Različne vrste knjižnih blokov v brošurah in knjigah kaže slika 9.10.

Kljub vsemu je knjižni blok za brošure drugače izdelan kot tisti za knjige. Platnice brošure so mehke in upogljive, predvsem pa lahke, zato imenujejo to vrsto vezave tudi **mehka vezava**. Nasprotno so platnice knjig izdelane iz lepenke, zato so toge, neupogljive in težke. To vrsto vezave imenujejo **trda vezava**. Pri mehki vezavi zadostuje, da nalepimo platnice le na hrbet, pri trdi pa jih moramo nalepiti na gazo in predlist; glej sliko 9.11, ki kaže ustroj brošur in sliko 9.12, ki kaže ustroj knjig.

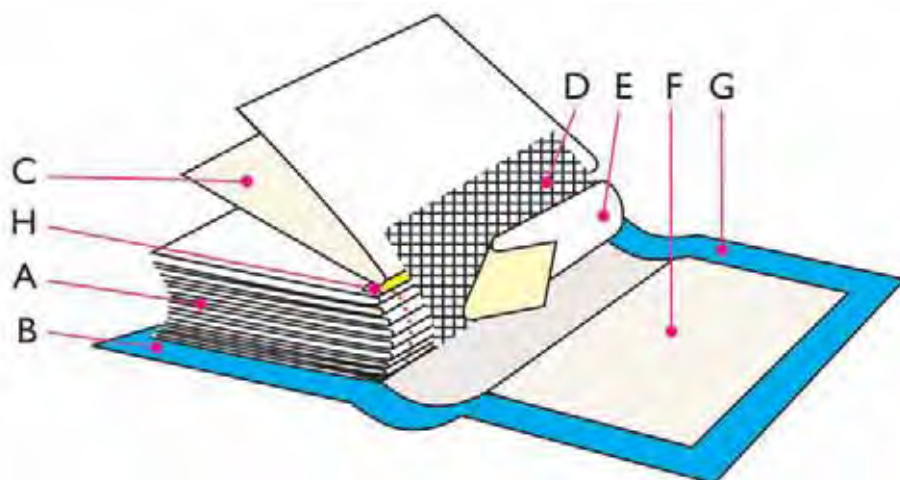
Od pritrditve platnic na knjižni blok je odvisno tudi odpiranje brošur in knjig. Praviloma se vse knjige dobro odpirajo, saj platnice niso prilepljene neposredno na hrbet. Odpiranje je še posebno dobro, če je knjižni blok zvezan kot v primerih (a), (c), (f) in (h), a slabo, če je lepljen ali zašit skozi blok kot v primerih (b), (d), (e), (g) na sliki 9.10. Bistvena razlika med brošurami in knjigami je tudi v velikosti platnic. Pri brošurah so enako velike kot knjižni blok, pri knjigah pa so nekaj milimetrov večje.



Slika 9.10 Knjižni blok v brošurah in knjigah. Šivan z nitjo skozi hrbet in ob njem (a), šivan z nitjo skozi blok (b), šivan z nitjo skozi hrbet (c), lepljeni posamezni listi (d), lepljene zašite ali perforirane pole (e), šivan z žico skozi hrbet (f), šivan z žico skozi blok (g), spiralno vezan (h).



Slika 9.11 Brošure. Lepljeni posamezni listi (a), lepljene zašite pole (b) in skozi hrbet zašita brošura (c). Knjižni blok (I), platnice (II), lepilo (III), sponke (IV).



Slika 9.12 Ustroj knjige. Knjižni blok (a), platnice (b), spojni list (c), gaza (d), krep papir (e), lepenska (f), prevleka platnic (g). Spojni list je nalepljen na prvo (predlist) in zadnjo polo (zalist) knjige v širini 3–5 milimetrov. Lepilo (h). Desno polovico predlista (c) nalepimo hkrati z gazo nad hrbtom (d) na lepenco (f). V hrbtu ostanejo platnice nepritrjene in prav zato se veliko bolj ravnoležno odpira kot brošura.

Brošure in knjige so vedno tako obsežne, da jih moramo sestaviti iz več tiskarskih pol. Platnice knjig so izdelane iz lepenske, ki je prevlečena z različnimi materiali: potiskani ali plastificirani papir, platno, usnje, umetne mase ali nadomestki naštetih materialov. Osnovne informacije o vsebini knjižnega bloka (naslov knjige, avtor, založba, leto izida) odtisnemo na platnice z vročim tiskom ali pa prevlečni material že prej potiskamo.

Zvezki z nepotiskanimi, črtastimi ali karirastimi listi so glede na namen tudi izdelani v obliki brošur in knjig. Šolski so največkrat šivani z žico skozi blok, z lepljenim hrptom ali spiralno vezani.

9.1.10 Embalaža

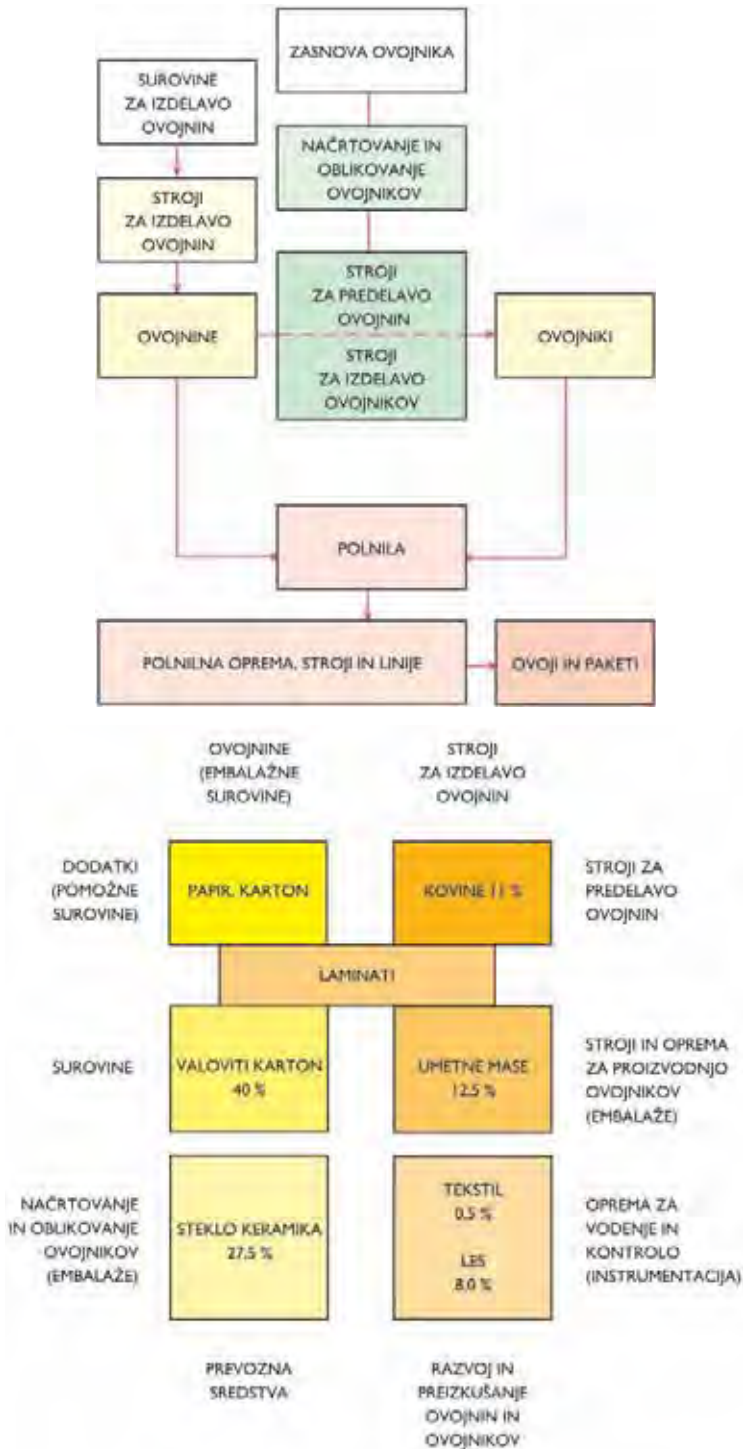
Embalaža je zelo obsežna, in ker je ne more nadomestiti digitalna informacijska tehnologija, tudi vse bolj perspektivna skupina grafičnih izdelkov. Sem sodijo bolj ali manj zapletene ovojnine in ovojniki, kot so ovojnice (kuverte), vrečke, zloženske, pločevinke, platenke, tulci, tapete idr. Sprva so embalažo tiskali zgolj zaradi informiranja o vsebini, ki jo hrani in varuje. Kasneje so ugotovili, da lahko privablja kupce, če je le primerno grafično oblikovana, atraktivno natisnjena in oplemenitenjena. S tem poveča kakovost vsebine, trgovini pa omogoča učinkovito skladiščenje in prodajo. Embalažni oziroma paketirni proces ponazarja blokovna shema na sliki 9.13.

Najbolj značilen predstavnik embalaže, ki jo izdeluje grafična industrija, je **zloženska**; to je lahko škatlica za zobno kremo ali pa velika škatla za pralni prašek. Najpomembnejša lastnost zloženske je, da jo odpre in dokončno formira (oblikuje) šele pakirni (paketirni) stroj v tovarni, ki proizvaja izdelke, katerim je namenjena embalaža. V kartonaži jih zato le zalepimo in stisnemo – zložimo tako, da pri prevozu zavzemajo kar najmanj prostora.

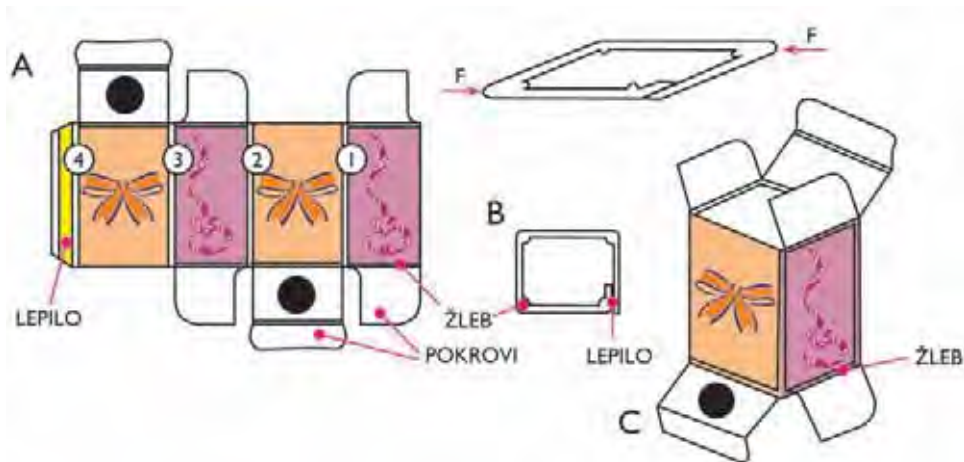
Odpiranje zloženske ponazarja slika 9.14. Informacije, ki so natisnjene na zloženci, govorijo predvsem o njeni vsebini, naloga grafične podobe pa je, da opozarja na izdelek in privabi kupca.

Zloženske so izdelane iz eno- ali večslojnega kartona, iz različnih vrst valovite lepenke, zlasti se je uveljavil mikroval, tudi iz laminatov. Odpiranje zloženske v pakirnem stroju omogočajo **žlebovi**. To so utori, ki so v karton vtisnjeni na mestih, kjer se zloženska pre-giba; definirajo mesto pregibanja. Na eni tiskarski poli je vedno več zloženk. Praviloma imajo zelo razgibano geometrijsko obliko, zato jih moramo **izrezati** iz tiskarske pole. Za izrezovanje in žlebljenje zloženk uporabljamo **izrezovalno formo**. Vloga izrezovalne forme je podobna vlogi tiskovne forme (glej poglavja 9.2.2, 9.2.3 in 9.2.4), njena izdelava pa je prav tako zahteven tehnološki proces. Zato se zloženske uvrščajo med izdelke z najzahtevnejšo in najobsežnejšo dodelavo.

- Papir, karton, valoviti karton, umetne mase, laminati, kovine, steklo, tekstilije in les z dodatki so surovine za izdelavo embalažnih materialov ali **ovojnin** (angleško: *packaging materials*, nemško: *Packstoffe*).
- Ovojnine predelujejo z ustrežno opremo v **embalažo** ali **ovojnike** (angleško: *packages*, nemško: *Packmittel*). Te z vsebino polnijo na embalažnih ali paketirnih strojih in linijah, kjer nastanejo **ovitki**, **ovoji** in **paketi** (angleško: *packings*, nemško: *Packungen*).
- **Laminati** so ovojnine, ki jih tvori več tankih slojev različnih materialov. Sloji so med seboj zlepljeni, kar pa ni nujno. Kadar je v laminatu papir, govorimo o papirnem laminatu. Za želeno trdnost ovojnika skoraj vedno uporabljajo papir, druge materiale pa laminirajo zato, da bi pridobili tiste značilnosti, ki jih papir ali karton sama po sebi nimata: neprepustnost za vodo, paro in pline, maščobe ipd.
- Metalizirani papirji in folije iz umetnih mas imajo na temeljni material naperjen izjemno tanek sloj kovine, navadno aluminija, v različnih barvah. To so **metalplasti**. Slednje je veliko bolj gospodarno, kot če bi temeljno surovino laminirali z aluminijasto folijo.



Slika 9.13 Zasnova, realizacija in polnjenje embalaže.



Slika 9.14 Izrezana zloženka (a), zloženka pri odpiranju (b) in odprta zloženka (c).

9.1.11 Vrednostne tiskovine

Tovrstne tiskovine omenja že poglavje 8.8 Tiskarski stroji za posebne namene. Tako kot za tisk so tudi za dodelavo bankovcev, čekov, znamk, potnih listin, spominskih (plačilnih) kartic razvili specialne tehnologije dodelave. Prilagojene so specifičnemu izdelku in za kaj drugega niso uporabne, zato pa skupaj s tiskanjem zagotavljajo kar največjo varnost in zaščito pred zlorabami.

9.1.12 Zemljevidi

S tiskanjem in izdelavo zemljevidov se ukvarjajo specializirane in pooblašene inštitucije, pri nas Geodetski zavod Slovenije, Inštitut za kartografijo in fotogrametrijo. Praviloma so tiskani v mnogobarvnem ofsetnem tisku, pogojno v mnogobarvnem kapljičnem tisku, kot grafični izdelek pa jih najdemo v različnih pojavnih oblikah: v listih, zgibankah z ovitkom ali brez, atlase običajno kot trdo vezane knjige velikega formata, na javnih mestih kot plakate ali ogledne kartone. Po namenu so najbolj znani zemljevidi avtokarte, manj pa vojaške in navtične karte. Še manj znani so geološki, kmetijski, demografski, letalski in drugi specialni zemljevidi.

9.1.13 Optične plošče (CD/DVD) in tiskana elektronika

Optične plošče CD/DVD so na licu potiskane ali etiketirane, vložene v primerenovoj. Ta je navadno plastična škatlica s tiskanim vložkom, lahko je v celoti izdelana iz potiskane in oplemenitenega kartona, sicer pa izjemno zahteven kartonažerski izdelek.

Tiskana elektronika je grafični izdelek prihodnosti. Za začetek obsega tiskanje in dodelavo vseh vrst etiket z oznakami RFID, kasneje pa bodo morali biti z njimi opremljeni vsi grafični izdelki. Še bolj perspektivni izdelki so tiskane komponente za optoelektroniko, tiskana vezja iz organskih polimerov, vključno z računalniškimi zasloni in elektronskim papirjem.

Stapljanje fleksibilnih materialov z elektroniko se imenuje fleksonika (flexonics), kar seveda ni fleksotisk. S fleksoniko je mogoče nadomestiti številna klasična tiskana (jedkana) vezja.

9.1.14 Standardni formati

Grafični izdelki, polizdelki, tiskarski stroji in stroji za dodelavo naj bi bili glede velikosti usklajeni s standardnimi formati po standardu ISO 216. Da bi bil izkoristek čim boljši, naj bi v teh formatih dobavljali tudi tiskovne materiale, predvsem papir, karton in lepenko. Razmerje med stranicama standardnega formata je enako razmerju, v katerem sta stranica in diagonala kvadrata; slika 9.15. Če poljubnemu standardnemu formatu dodamo še enega enakega, ali če ga razpolovimo (prepognemo) po daljši stranici y , so tudi stranice novega formata v istem razmerju, tj. $1 : \sqrt{2}$. Dokaz je ob sliki 9.16. Standardne formate delimo v vrste: A, B, C, D. Vrsta A je osnovna, druge tri so dopolnilne. Vsaka med njimi ima 12 razredov, ki jih dobimo z razpolavljanjem. Izhodiščni format vsake vrste označujemo z ničlo poleg simbola; slika 9.17.

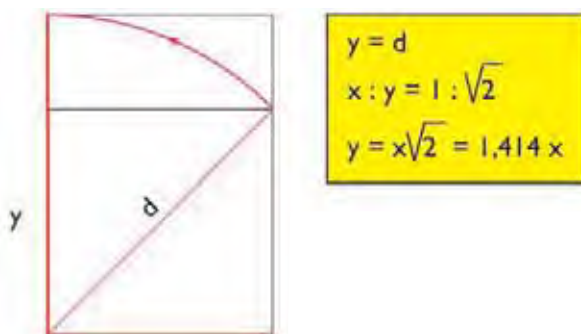
Standardne formate so utemeljili na podlagi naslednjih izhodišč že leta 1920:

1. Posamezne velikosti formatov morajo temeljiti na razpolavljanju daljše stranice.
2. Standardni formati morajo temeljiti na metričnem sistemu, tj. površini kvadratnega metra.
3. Format si morajo biti podobni, kar zagotavlja razmerje stranic $1 : \sqrt{2} = 1 : 1,4142$. Če označimo stranice pravokotnika s površino 1 m^2 z x in y , velja, da je

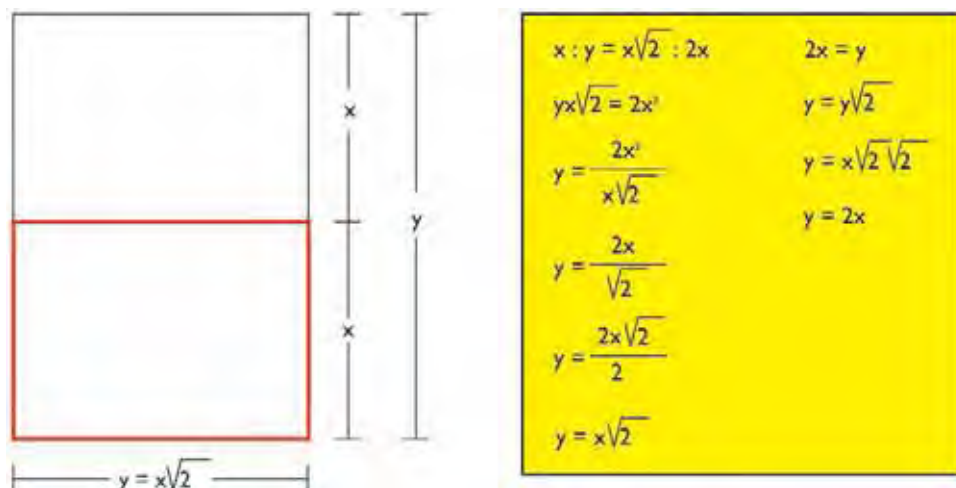
$$x : y = 1 : \sqrt{2} \text{ in } x \cdot y = 1$$

Rešitev tega obrazca da format $x = 841 \text{ mm}$ in $y = 1189 \text{ mm}$, ki definira standardno vrsto A.

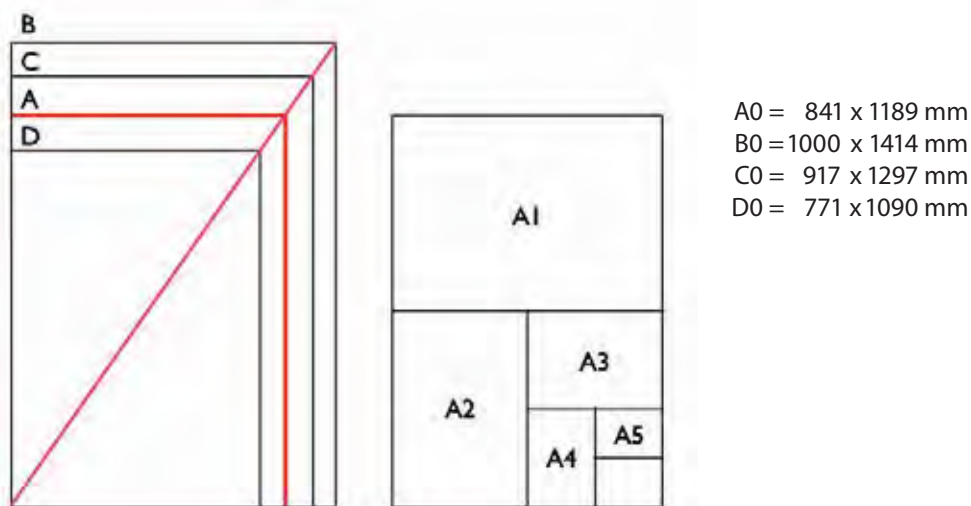
4. Ker so formati te vrste A pogosto preveliki, so definirali še dopolnilne vrste B, C in D. Format vrste B so geometrično povprečje dveh sosednjih formatov vrste A. Geometrično povprečje podobnih formatov v vrstah A in B daje formate vrste C; npr. $C4 = \sqrt{(A4 \times B4)}$.



Slika 9.15 Definicija standardnega formata po standardu ISO 216.



Slika 9.16 Izpeljava novih standardnih formatov z dokazom, da ostane razmerje stranic nespremenjeno, če tak format podvojimo ali razpolovimo.



Slika 9.17 Vrste in razredi standardnih formatov.

- Format je pojem, ki označuje velikost pole ali grafičnega izdelka in razmerje med njegovimi stranicami. Format zvitka se nanaša na njegovo širino.
- Če sestavimo dva standardna formata ali enega razpolovimo po daljši stranici, dobimo nov standardni format z enakim razmerjem stranic.
- Razmerje stranic standardnih formatov ni v t. i. zlatem rezu.

- Standardne formate označujemo z vrstami in razredi: A1 do A12, B1 do B12, C1 do C12, D1 do D12. Izhodišče razredov so formati A0, B0, C0 in D0.
- Oblikovalci in načrtovalci grafičnih izdelkov morajo iskati rešitve v okvirih, ki jih dopuščajo standardni formati, grafična tehnika in tehnologija.
- Časopisi in revije so periodične publikacije.
- Monografija je publikacija, ki izzide v enkratni nakladi, čas morebitnega ponatisa pa ni znan. Prinaša množico informacij o eni sami temi.
- Monografija je izraz, ki se nanaša na vsebino grafičnega izdelka, medtem ko se izraz knjiga ali brošura nanaša na njegovo tehnološko poreklo oziroma na postopek izdelave.
- Ovitek je potiskan list papirja, ki nas obvešča o vsebini knjižnega bloka. Izdelan je iz enakega ali podobnega papirja kot knjižni blok.
- Platnice so izdelane iz kartona, lepenke, prevlečene so s papirjem, platnom, usnjem, umetnimi masami ali z drugimi materiali. Platnice ščitijo knjižni blok, hkrati pa nas obveščajo o njegovi vsebini.
- Knjižni blok je tisti, v katerem so po vrstnem redu zbrani vsi listi monografije, kataloga, prospekta, zvezka ipd. Listi so v knjižnem bloku zlepljeni, zašiti ali oboje.
- Brošura ima mehke platnice; pritrjene so na hrbet knjižnega bloka in so enako velike kot knjižni blok.
- Knjiga ima trde platnice; pritrjene so na gazo in predlist, na hrbet knjižnega bloka pa ne. Hrbet knjižnega bloka vežeta gaza in krep papir. Platnice so od 3 do 5 milimetrov večje od knjižnega bloka.

9.2 Tehnološke operacije v dodelavi

Tehnološka operacija ali opravilo je delo, s katerim predmetom spreminjamo obliko, lastnosti ali pa sestavljamo več predmetov v enega. Tehnološko operacijo sestavlja več **delovnih** operacij. Preproste grafične izdelke izdelujemo z eno samo **tehnološko operacijo**, pri izdelavi zahtevnih pa jih moramo uporabiti več. Tehnološke operacije, ki so razvrščene v takem zaporedju, da na koncu dobimo ustrezen izdelek, tvorijo tehnološki proces (tehnološke operacije, s katerimi dobimo polizdelek, tvorijo tehnološki postopek, več delovnih operacij pa tvori delovni postopek, iz angleščine dobesedno delovni tok – *workflow*). Tehnološki procesi za izdelavo grafičnih izdelkov so različni, pogosto pa že zgolj s spremenjenim zaporedjem osnovnih tehnoloških operacij lahko izdelamo povsem različne grafične izdelke.

- Tehnološka operacija je delo, pri katerem predmete dela razstavljamo, oblikujemo in sestavljamo. Tvori jo več delovnih operacij, s katerimi pripravimo predmete za delo ali stroje za obratovanje tako, da lahko izvedemo tehnološko operacijo.
- Tehnološki proces je zaporedje izbranih tehnoloških operacij, potrebnih za izdelavo poljubnega grafičnega izdelka.

Spodnja tabela kaže najpomembnejše tehnološke operacije pri izdelavi različnih grafičnih izdelkov.

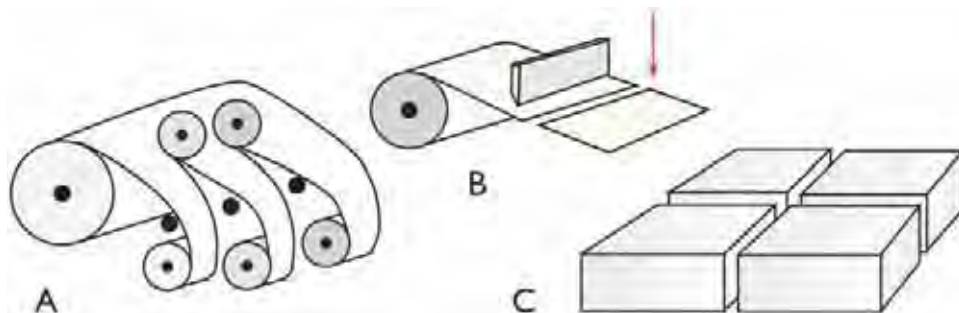
TEHNOLOŠKA OPERACIJA	KNJIGOVEZNICA			KARTONAŽA		
	Razstavljanje	Oblikovanje	Sestavljanje	Razstavljanje	Oblikovanje	Sestavljanje
Rezanje	X			X	X	
Izrezovanje	X				X	
Žlebljenje		X			X	
Zgibanje		X			X	
Perforiranje		X				
Luknjanje		X				
Znašanje			X			
Šivanje			X			X
Lepljenje			X			X

9.2.1 Rezanje

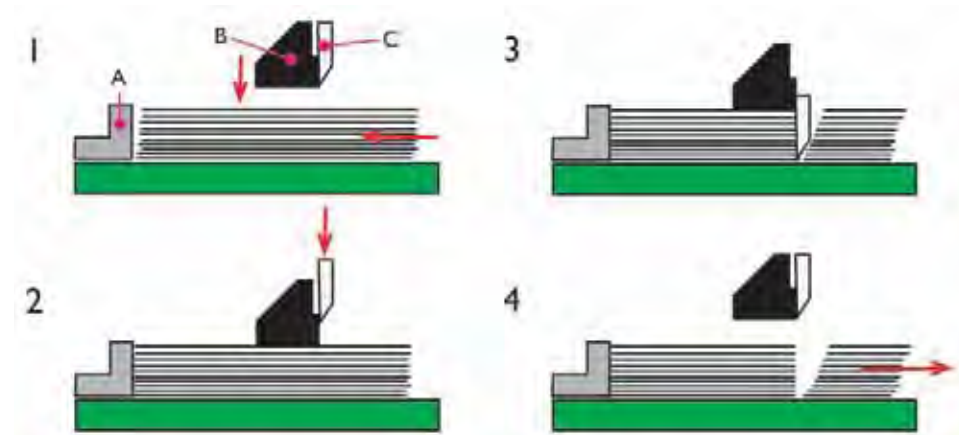
Rezanje obsega **razrezovanje** in **obrezovanje** surovine ali polizdelkov. Obrezujemo tiskovni material pred tiskanjem na tiskarskih strojih, po tiskanju pa zaradi zahtev pri dodelavi. Obrezujemo knjižne bloke pred sestavljanjem s platnicami – trda vezava. Brošure obrezujemo po lepljenju platnic ali po šivanju.

Razrezovanje obsega tudi obrez, vendar je bistveno, da zvitke papirja ali papir v polah razrežemo v manjše zvitke ali pole; slika 9.18. Razrezujemo pred tiskom ali po njem. Po tisku razrezujemo tiskarske pole v **knjigoveške pole**. Pogosto razrežemo tiskarske pole

kar v končne izdelke: plakate, razglednice, etikete ipd. Pole papirja režemo vedno v kupih, več skupaj. Pri rezanju zvitkov navadno režemo le en trak. Sestavne dele stroja za rezanje pol in delovne operacije pri rezanju pol v kupih prikazuje slika 9.19.



Slika 9.18 Razrez papirja. Razrez zvitka v manjše zvitke (a), razrez zvitka v pole (b), razrez pole v manjše pole (c).

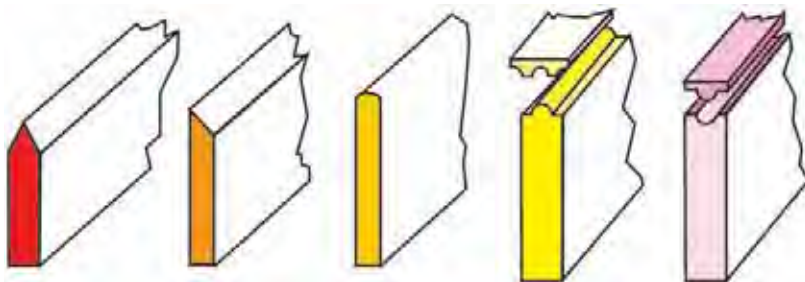


Slika 9.19 Rezanje pol v kupih. Naslonka (a), tlačna greda (b), nož (c). Vlaganje pol (I), tlačna greda zavaruje kup pred premikanjem (II), nož odreže del kupa (III), nož in tlačna greda se dvigneta v začetni položaj (IV).

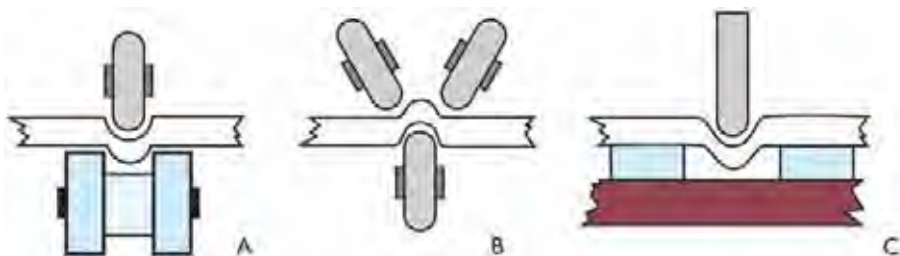
- Prečno rezanje je razrez zvitka v pole.
- Vzdolžno rezanje je razrez zvitka v manjše zvitke.
- Razrezovanje je razrez pol v manjše pole.
- Obrezovanje je obrez pol ali polizdelkov na natančne mere – formate.

9.2.2 Izrezovanje

Izrezovanje je tehnološka operacija, pri kateri iz tiskarske pole ali potiskanega zvitka izrezujemo grafične izdelke ali polizdelke okrogle, ovalne, mnogokotne ali kakršne koli druge poljubne geometrijske oblike. Najpogosteje izrezujemo etikete in zloženske. Orodje za izrezovanje so **izrezovalne forme**. Izrezujemo s posebnimi izrezovalnimi stroji ali pa z zaklopnimi in cilindričnimi stroji za knjigotisk. Izrezovalne forme so ulite iz enega kosa ali pa jih sestavimo iz jeklenih izrezovalnih linij; slika 9.20.



Slika 9.20 Izrezovalne in žlebilne linije različnih oblik.



Slika 9.21 Žlebilne geometrije; okroglo – okroglo (a), (b), ravno – ravno (c).

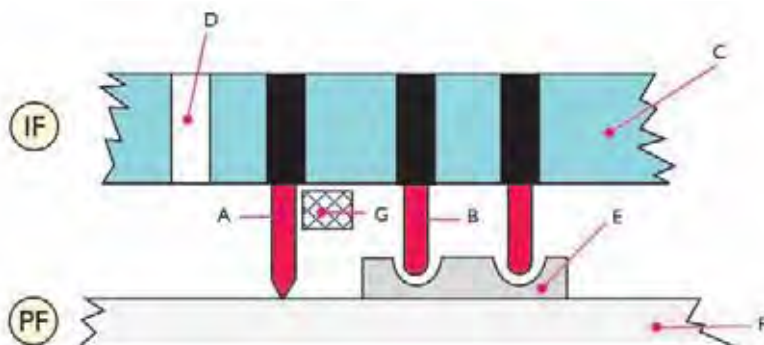
9.2.3 Žlebljenje

Žlebljenje je tehnološka operacija, s katero vtisnemo žleb v karton in s tem definiramo mesto pregibanja. Žlebljenje uporabljamo predvsem pri izdelavi zloženk in platnic za brošure. Zloženske žlebimo hkrati z izrezovanjem, platnice pa na različnih, predvsem večnamenskih dodelavnih strojih. Žlebilne linije, ki jih uporabljamo pri žlebljenju in žlebilno geometrijo ravno – ravno, kaže slika 9.20, najbolj pogoste žlebilne geometrije pa slika 9.21.

9.2.4 Izrezovalna forma in izrezovalni stroji

Zloženske s slike 9.14 izrezujemo predvsem z izrezovalno/žlebilno geometrijo ravno – ravno. Pri tem uporabljamo izrezovalno formo, katere presek in sestavo prikazuje slika 9.22. Nosilec jeklenih linij za izrezovanje in žlebljenje je 18 milimetrov debela vezana plošča specialne izdelave. Nasproti izrezovalne forme IF je protiforma PF. Na njej so v

plošči iz umetne mase izdelani utori, ki pomagajo žlebilnim linijam pri žlebljenju. Na izrezovalni formi so poleg izrezovalnih in žlebilnih linij še gumijaste vzmeti. Te preprečujejo, da bi izrezane zloženske obtičale na izrezovalnih linijah in s tem preprečile izrezovanje naslednje pole.

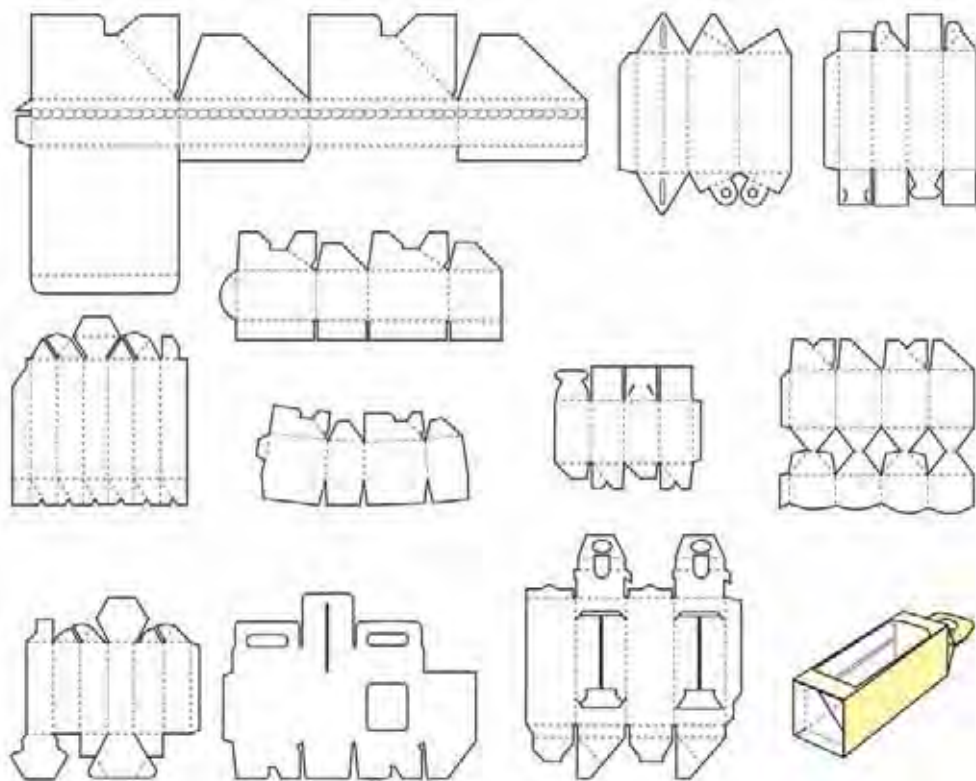


Slika 9.22 Izrezovalna forma in protiforma. Jeklene izrezovalne linije (a), jeklene žlebilne linije (b), vezana plošča, debela 18 milimetrov (c), prazen utor za izrezovalno ali žlebilno linijo (d), umetna masa s kanali v protiformi (e), jeklena podlaga za protiformo (f), gumijaste vzmeti (g).



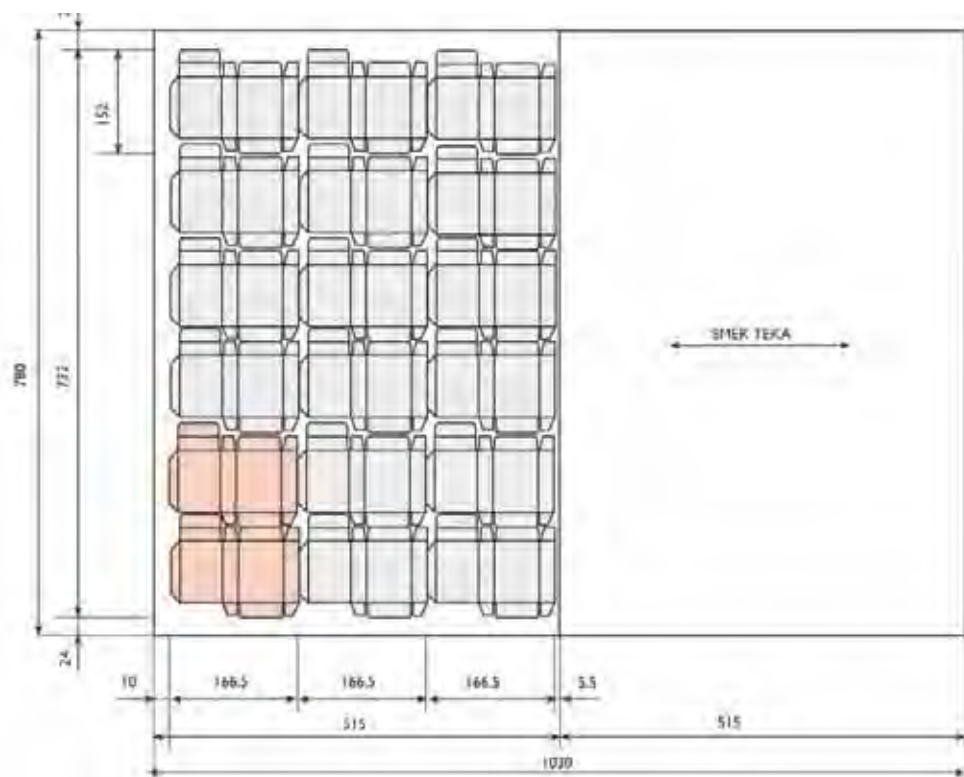
Slika 9.23 Blokovna shema tehnološkega procesa za izdelavo izrezovalne ali žlebilne forme za izrezovanje na izrezovalnem stroju.

Tehnološki proces za izdelavo izrezovalne forme in protiforme ponazarja blokovna shema na sliki 9.23. Izdelamo ju na podlagi **izrezovalnega načrta** za eno zloženko. Nekaj takih načrtov prikazuje slika 9.24. Geometrijske oblike zloženk so raznolike, zato so take tudi izrezovalne forme. Ker na eni tiskarski poli tiskamo vedno več enakih zloženk, moramo izdelati izrezovalno formo, na kateri je toliko izrezov, kolikor je zloženk na tiskarski poli. Položaji izrezov so različni. Zato načrt za eno zloženko tolikokrat reproduciramo, kolikor je izrezov, kar delamo mehanično, fotomehanično zdaj večinoma digitalno (računalniško). Pred tem izdelamo načrt celotne izrezovalne forme, kot ga kaže slika 9.25.



Slika 9.24 Osnovni načrti za zloženko različnih geometrijskih oblik.

Desno zgoraj slika 9.25 Izrezovalni načrt za več enakih zloženk. Te imajo po dve skupni rezni liniji. Za farmacevtsko industrijo se to ne uporablja več, ker je potrebna zelo velika natančnost prirezov.



a) Mehanično reproduciranje osnovnega načrta

Mehanično reproduciranje osnovnega načrta pomeni preprosto prerisovanje na vezano ploščo. Osnovni načrt tolikokrat in tako prerišemo, kakor predvideva izrezovalni načrt. Pri tem uporabljamo nekoliko prirejene risalne mize, a natančnost vseeno ni povsem ustrezna.

b) Fotomehanično reproduciranje osnovnega načrta

Pri fotomehانيčni reprodukciji osnovnega načrta uporabljamo tehnologijo kontaktnega kopiranja, s katero na vezani plošči izdelamo toliko kopij osnovnega načrta in na takih pozicijah, kot predvideva izrezovalni načrt. Kontaktno kopiranje opisuje poglavje 10.1 Fotomehanični reprografski procesi. Razlika je le v tem, da za izrezovalno formo izdelamo kopijo na leseni vezani plošči, za tiskovno pa na kovinski. Pri izdelavi izrezovalne forme odpade tudi jedkanje. Namesto tega žagamo po obrisih osnovnega načrta; tako kot pri rezljanju z lokom. Seveda mora debelina lista ustrezati debelini izrezovalnih in žlebilnih linij.

c) Digitalno reproduciranje osnovnega načrta

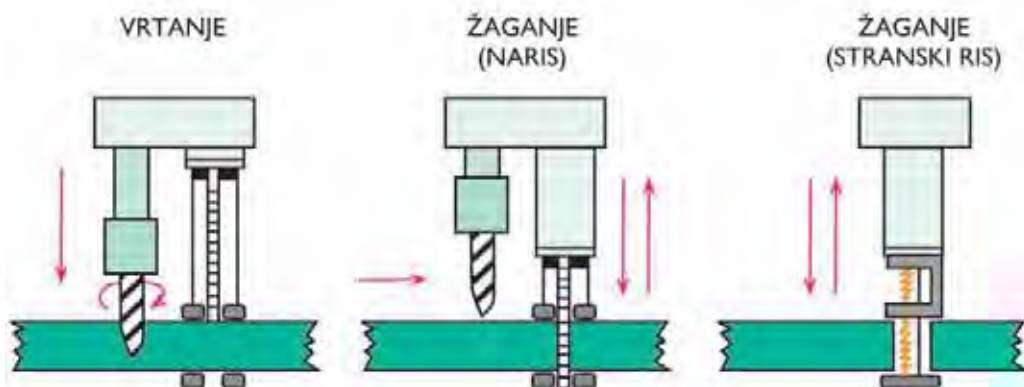
Računalniški prenos in reproduciranje osnovnega načrta na vezani plošči opravimo hkrati z žaganjem. To omogoča računalniško voden laserski žarek, podobno kot pri elektrofotografskem tisku (to je bila zelo zgodnja in ena prvih uporab digitalno vodenega laserskega žarka v industrijski dejavnosti).

Računalnik programiramo po osnovnem načrtu za eno zloženko, vključno z razporeditvijo zloženk po izrezovalnem načrtu. Računalnik vodi laserski žarek, ki vezano ploščo izreže povsod tam, kjer bomo kasneje namestili izrezovalno ali žlebilno linijo. Pri tem upošteva specifično geometrijsko obliko zloženske (slika 9.24) in predvideno razporeditev (razmestitev) zloženk po izrezovalnem načrtu (slika 9.25). Za izrezovanje uporabljamo laserski žarek CO_2 .

Pri mehanični ali fotomehnični reprodukciji osnovnega načrta moramo utore ali kanale za izrezovalne in žlebilne linije izdelati s potezno žago. Po kopiji vodimo žago ročno, vendar s posebnimi vodili, ki zagotavljajo primerno natančnost. Žaganje s potezno žago kaže slika 9.26.

Pri nameščanju v izrezano vezano ploščo moramo jeklene izrezovalne in žlebilne linije tudi primerno ukriviti, stike pa izdelati tako, da niso razmaknjeni. Na koncu ob izrezovalne linije nalepimo še gumijaste vzmeti.

Ko je izrezovalna forma izdelana, naredimo še protiformo. Izrezovalna forma in protiforma sta pri izrezovanju v izrezovalnem stroju sicer ločeni, vendar sta tehnološko-tehnično nerazdružljiva celota. Zato na jekleno podlago (slika 9.22-f) nalepimo ploščo iz umetne mase pertinaks (slika 9.22 e) in nanjo v izrezovalnem stroju z indigo papirjem naredimo odtis izrezovalnih in žlebilnih linij. Po odtisnjenih obrisih nato urežemo še utore. Uporabljamo rezkalo ali manjšo krožno žago, ki ju vodimo ročno ali digitalno – računalniško.



Slika 9.26 A Žaganje kanalov za izrezovalne in žlebilne linije s potezno žago. Pri žaganju premikamo ali vodimo bodisi žago bodisi vezano ploščo, odvisno od vrste potezne žage.



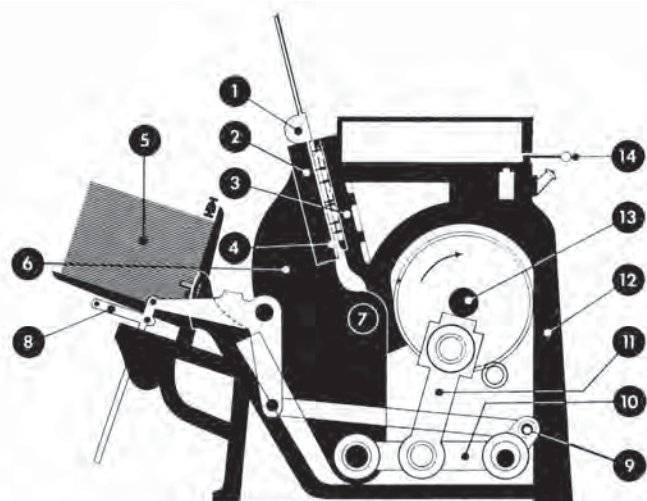
Slika 9.26 B Žaganje kanalov za izrezovalne in žlebilne linije z laserskim žarkom CO₂. Izrezovalna glava je nad trdno vpeto vezano ploščo računalniško vodena, kar zagotavlja izjemno natančnost.

Izrezovalni stroji

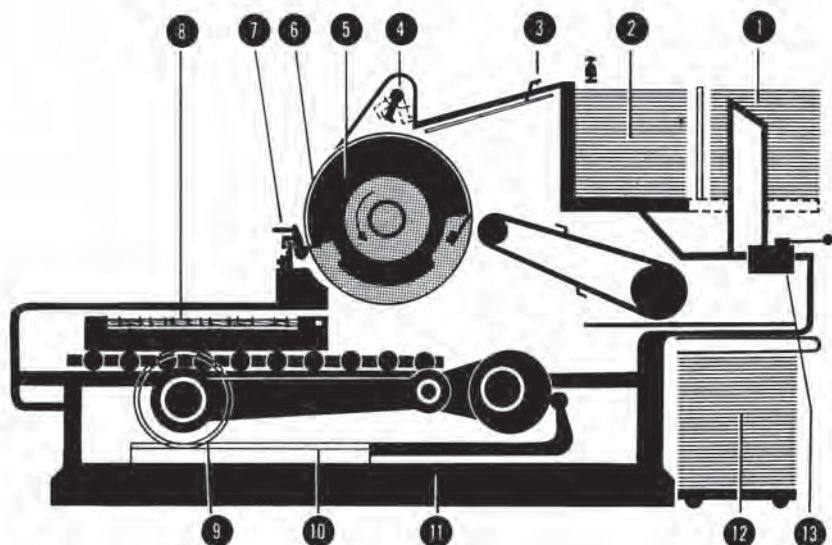
Izdelane izrezovalne forme in protiforme nameščamo v izrezovalne stroje: izrezovalno formo namesto tiskovne forme, protiformo pa na tiskalo – tiskovno ploščo ali valj. Izrezovalni stroji delujejo z geometrijo ravno-ravno ali ravno – okroglo. Prvi so podobni zaklopnim strojem za knjigotisk, drugi pa cilindričnim (glej slike 9.27, 9.28 in 9.29).

Zaklopní izrezovalni stroji imajo zaklopni plošči nameščeni pokončno ali vodoravno. Prve uporabljamo le za manjše formate, pri drugih pa je tiskalo s protiformo nad vodoravno ležečo izrezovalno formo ali pod njo. Praviloma je nepremično, medtem ko se izrezovalna forma premika navzgor in navzdol.

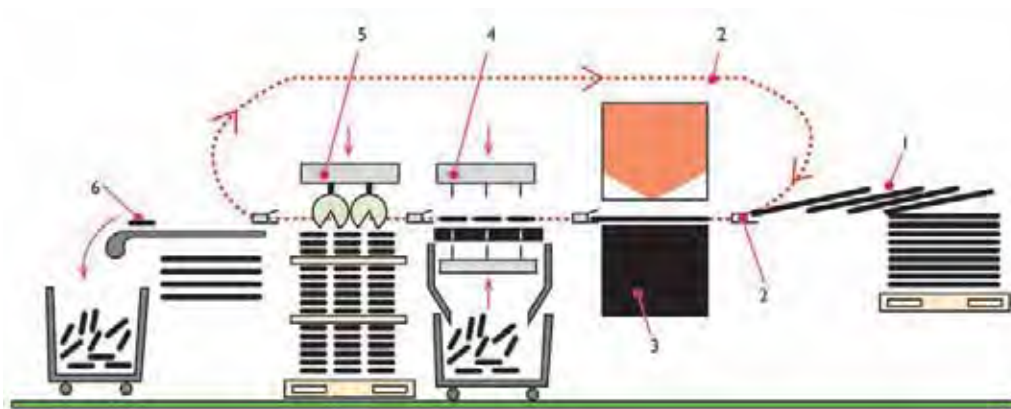
Medtem ko na katerem koli zaklopnem stroju izrežemo vse zloženke hkrati, pa jih na cilindričnih strojih izrezujemo postopoma, v tiskovni črti. Izrezovanje je zato hitrejše, so pa tovrstni stroji manj avtomatizirani in ne morejo izrezovati vseh tiskovnih materialov. Izrezovanje je glavna tehnološka operacija, sledita pa ji še pomožni, pravzaprav napol delovni operaciji: obtrgovanje in ločevanje.



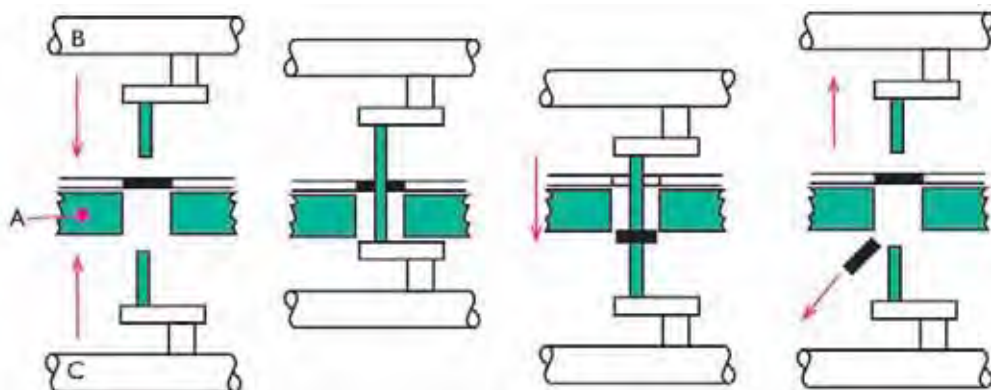
Slika 9.27 Zaklopni izrezovalni stroj s pokončnima zaklopnima ploščama. Številke pomenijo: 1 – rotacijski prijemači za vlaganje in izlaganje pol, 2 – tiskovna ploščica, 3 – izrezovalna forma, 4 – jeklena podlaga za protiformo, 5 – tiskovni material v vlagalnem ali izlagalnem sistemu, 6 – prečni nosilec tiskala, 7 – os tiskala, 8 – vzvod za nastavljanje tiskovnega tlaka, 9 – varovalka pred previsokim tlakom, 10 –, 11 – pogonski vzvodi, 12 – ohišje stroja, 13 – os vztrajnika, 14 – vzvod za centralno mazanje



Slika 9.28 Cilindrični izrezovalni stroj. Številke pomenijo: 1 –, 2 – tiskovni material v vlagalnem sistemu, 3 – prijemači in sesalke v vlagalnem sistemu, 4 – nihajni prijemači, 5 – tiskovni valj, 6 – jeklena podlaga za protiformo, 7 – dodatna naprava za perforiranje (glej poglavje 7.2.6), 8 – izrezovalna forma, 9 –, 10 – pogon izrezovalne forme, 11 – ohišje stroja, 12 – tiskovni material v izlagalnem sistemu, 13 – centralno mazanje stroja



Slika 9.29 Blokovna shema zaklopnega stroja z vodoravno nameščenima zaklopnima ploščama. Številke pomenijo: 1 – vlagalni sistem, 2 – verižni prijemači, 3 – zaklopni člen za izrezovanje in žlebljenje: zgoraj izrezovalna forma in spodaj protiforma, lahko pa je tudi obratno, 4 – obtrgovalni sistem izloči odpadke, 5 – izlagalni sistem z napravo za ločevanje zloženk, 6 – odpadki, ki preostane ponesejo verižni prijemači do koša



Slika 9.30 Delovanje obtrgovalnega sistema. Vezana plošča z izrezi v obliki odpadka (a), zgornji izbijači (b), spodnji izbijači (c)

Obtrgovanje je tehnološka operacija, s katero izločimo posamezne izrezane in žlebljene zloženske iz pole. Obtrgujemo ročno ali strojno. Strojno dela obtrgovalni sistem v izrezovalnem stroju (sliki 9.29, 9.30). Za strojno obtrgovanje morajo biti zloženske na poli tako razporejene, da imata po dve sosednji skupne rezne linije vsaj na dveh mestih, kjer se držita skupaj tudi še po obtrgovanju, sicer bi se zloženske razletele in pole ne bi mogli privedi v izlagalnik. Zato pri izlaganju opravimo tudi ločevanje zloženk.

Če v stroju za izrezovanje ni sistemov za obtrgovanje in ločevanje (obtrgovalnika in ločilnika), moramo ti dve tehnološki operaciji opraviti ročno. Pri tem z rokami ločimo zloženske med seboj in od odpadka. Delo je naporno in zamudno predvsem pri velikih nakladah, pri manjših pa je pogosto nujno, ker je opravljeno hitreje, kot če bi pripravljali obtrgovalni in ločilni sistem.

- Izrezovalna forma je orodje za izrezovanje. Sestavljena je iz vezane plošče, v kateri so utori za izrezovalne in žlebilne linije; poleg izrezovalnih linij so še gumijaste vzmeti. Izrezovalna forma tvori tehnološko celoto šele s protiformo.
- Osnovni izrezovalni načrt je izrezovalni načrt za eno zloženko in označuje vse njene reze in zgibe, torej geometrijsko obliko zloženske.
- Načrt izrezovalne forme označuje položaje zloženk na tiskarski poli, zato tudi položaje in razporeditev izrezov na izrezovalni formi.
- Utoře za izrezovalne in žlebilne linije izrežemo v vezani plošči s potezno žago ali z računalniško vodenim laserskim žarkom (CO₂ laser). Pri žaganju prenesemo osnovni izrezovalni načrt na vezano ploščo mehanično ali fotomehanično.
- Izrezovalni stroji so zaklopni in cilindrični. Zaklopne delimo v tiste s pokončno in one z vodoravno nameščenimi zaklopnimi ploščami. Na tiskalo izrezovalnega stroja namestimo protiformo, namesto tiskovne forme pa izrezovalno.
- Sodobni izrezovalni stroji poleg izrezovanja in žlebljenja opravljajo še dve drugi tehnološki operaciji: obrtovanje in ločevanje.

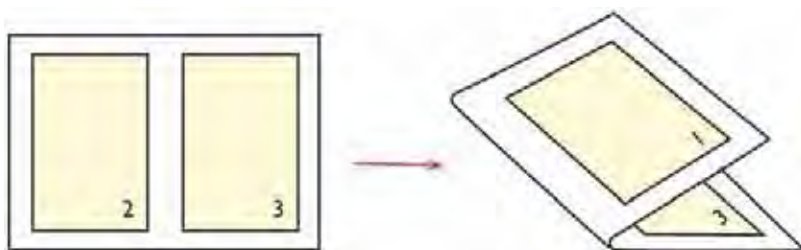
9.2.5 Zgibanje

Grafične izdelke, sestavljene iz več različnih strani, predvsem brošure in knjige, tiskamo na več tiskarskih polah. Strani na tiskarskih polah niso razvrščene zaporedoma od 1 do n, pač pa izmenično, tako kot zahteva tehnologija zgibanja.

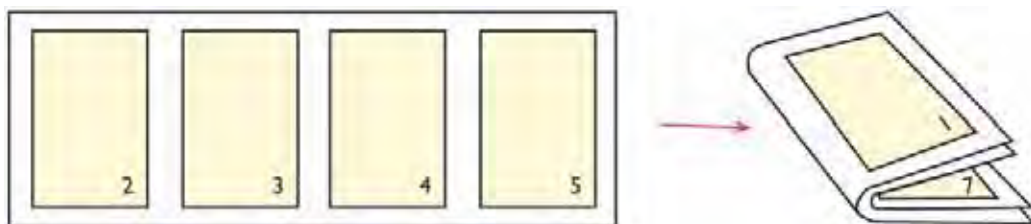
Zgibanje je večkratno prepogibanje iste pole, da dobimo grafični izdelek ali polizdelek s primerno uporabno vrednostjo. Le redko zgibamo kar tiskarske pole, ker je na eni tiskarski poli natisnjenih več enakih izdelkov ali polizdelkov. Iz tiskarske pole jih ločimo z razrezovanjem, šele nato jih zgibamo.

- Deli tiskarske pole, ki jih v dodelavi oblikujemo in sestavljamo tako dolgo, dokler ne naredimo grafičnega izdelka, so **knjigoveške pole**. Knjigoveška pola je temeljna enota za dodelavo v knjigoveznici.
- Strani so na knjigoveških polah razporejene tako, kot zahteva tehnologija zgibanja.

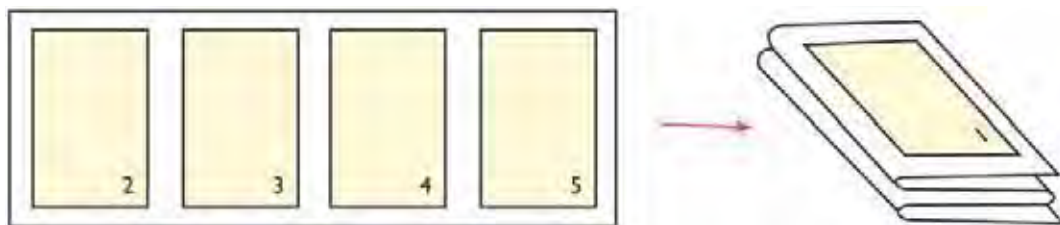
Pri tiskanju brošur in knjig je na eni knjigoveški poli od 4 do 32 strani, na eni tiskarski poli pa je lahko 1, 2, 3, 4, 8 ali celo več knjigoveških pol. To je odvisno predvsem od velikosti – formata grafičnega izdelka in od formatov strojev za tisk in dodelavo. Najpogostejše oblike zgibanja so prikazane na slikah 9.31 a, b, c in d.



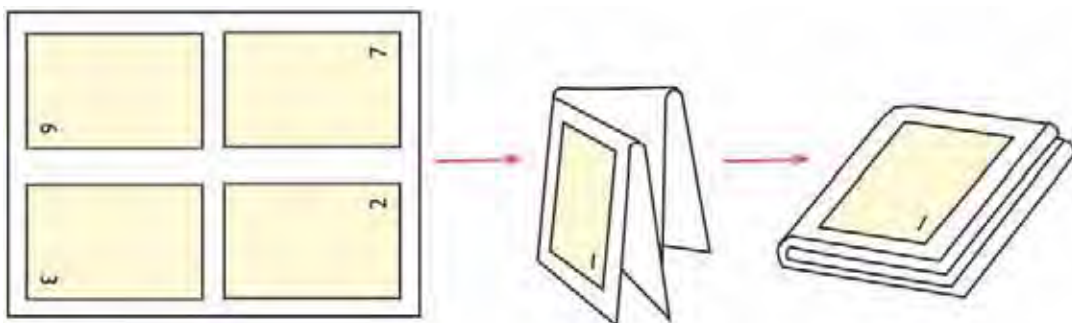
Slika 9.31-a Enojni zgib. Knjigoveška pola ima dva lista ali štiri strani.



Slika 9.31-b Vzporedni zgib. Zgibi so vzporedni drug z drugim. Knjigoveška pola ima štiri liste ali osem strani.

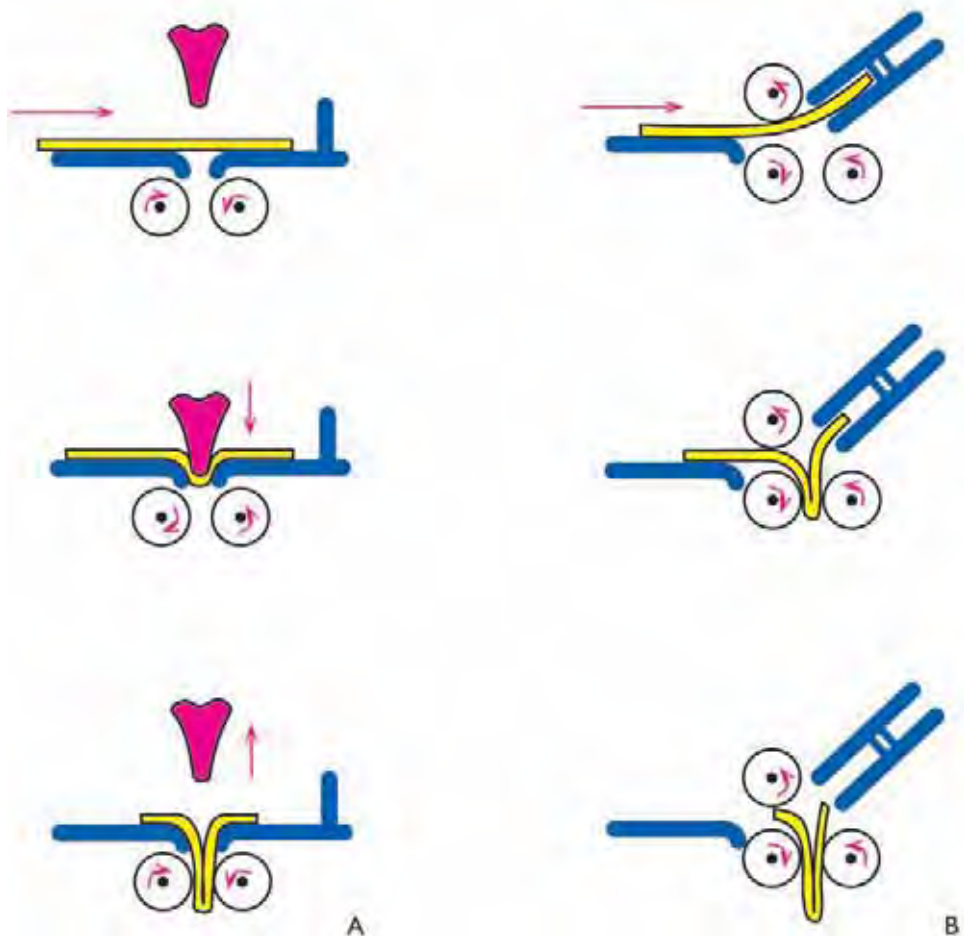


Slika 9.31-c Izmenični (cik-cak) zgib. Zgibi so vzporedni drug z drugim. Knjigoveška pola ima lahko 16 in več listov ali 32 strani.



Slika 9.31-d Križni zgib. Zgibi so pravokotno drug na drugega. Knjigoveška pola, ki jo lahko zglobamo, ima štiri do 16 listov ali osem do 32 strani. Listi zglobane pole se drže na eni strani skupaj, kar omogoča lažjo in hitrejšo izdelavo knjižnega bloka. Liste ločimo šele pri obrezovanju knjižnega bloka ali brošure.

Knjigoveške pole zgibamo na zgibalnih strojih z »noži«, na zgibalnih strojih z »žepi« in na kombiniranih zgibalnih strojih. V stroju za zgibanje z noži (slika 9.32a) privedemo polo pod top nož, ki jo na sredi sune med valja, da se zgane. Tudi stroji z žepi zganejo polo z valji. Valji zgrabijo polo zato, ker se ustavi ob naslonki v žepu; zaradi sile, ki polo še vedno potiska v smeri naslonke, pa se zguba in pride na sredini med valja (slika 9.32b). Kombinirani zgibalni stroji zgibajo pole z noži in žepi, imajo več zgibalnih postaj in so še zlasti primerni za križno zgibanje; slika 9.33.



Slika 9.32 Delovanje zgibalnih strojev. Zgibanje z noži (a), zgibanje z žepi (b).

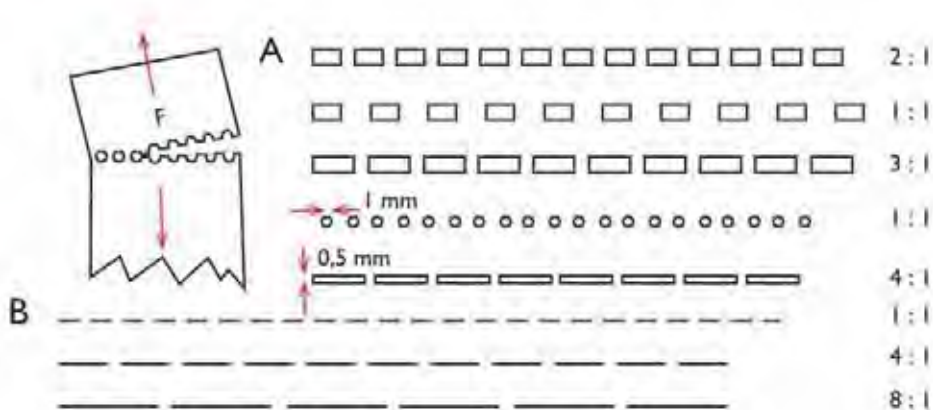


Slika 9.33 Kombinirani zgibalni stroj z noži in žepi (a). Stroj za križno zgibanje, ki ima samo žepe zavzema bistveno več prostora (b).

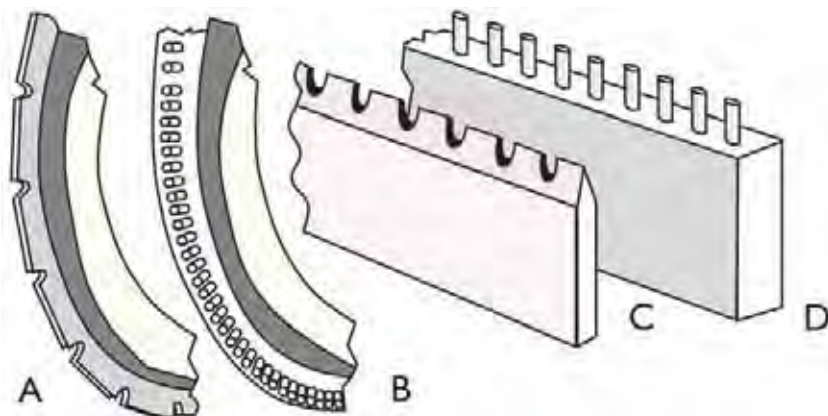
9.2.6 Perforiranje in luknjanje

Tehnološka operacija, pri kateri polo papirja ali drugega materiala na določenem mestu namerno poškodujemo, da bi se pri ustrezni obremenitvi pretrgala, je perforiranje. Najbolj vsakdanji perforiran grafični izdelek so vstopnice za gledališče, kino, športne prireditve in seveda računi v trgovinah.

Poškodba v poli, ki ostane po perforiranju, je **perforacija**. To je niz majhnih zarez ali luknjic, ki si slede vzdolž premice, po kateri je mogoče pretrgati polo ali list. Razmerje med prerezanimi in nepoškodovanimi deli perforacije je različno, odvisno predvsem od natezne sile, pri kateri mora pola na perforiranem mestu počiti; slika 9.34.



Slika 9.34 Perforacija. Luknjasta (a), zarezana (b).

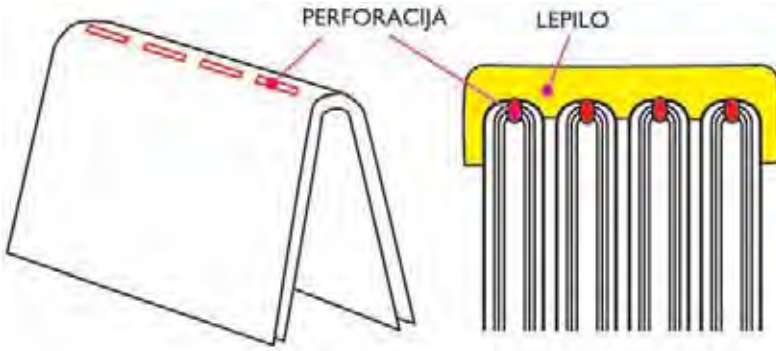


Slika 9.35 Orodja za perforiranje: za zarezano perforacijo okroglo (a), za luknjasto okroglo (b), za zarezano kot ravna jeklena linija (c), za luknjasto perforacijo kot raven glavnik (d).

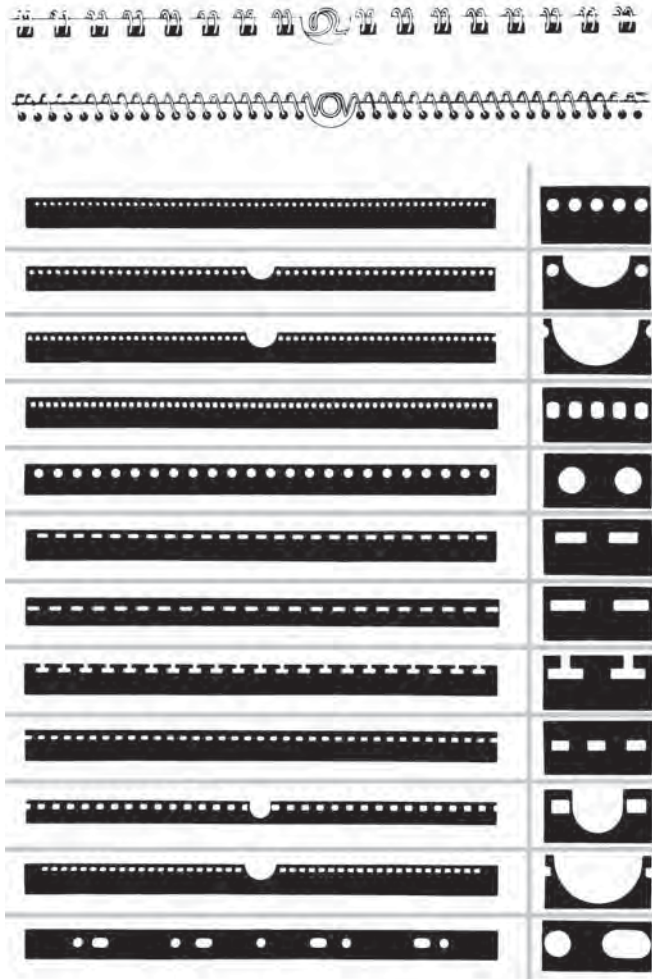
Ločimo **luknjasto** in **zarezano perforacijo**. Pri luknjasti v poli izrežemo vrsto majhnih luknjic pravokotne ali okrogle oblike. Pri zarezani perforaciji polo na določenih mestih le prerežemo (kot z olfa nožem).

Pole lahko perforiramo že na tiskarskih strojih ali pa kasneje v dodelavi. Na tiskarskih strojih perforiramo vsako polo zase, v dodelavi pa vsako zase ali več hkrati, torej pole v kupu, kar je odvisno od stroja in od orodja za perforiranje; slednja prikazuje slika 9.35.

Pri zgibanju pogosto perforiramo tudi knjigoveške pole, in sicer zaradi lažjega zgibanja, ali da bi jih pripravili za izdelavo lepljenega knjižnega bloka; glej sliko 9.10e. V tem primeru gre za zarezano perforacijo v razmerju 3 : 1 do 5 : 1. Zaradi zgibanja, ki sledi perforiranju, pole na zarezanih mestih počijo, lepilo pa kasneje poveže liste med seboj. Razumljivo je torej, da knjigoveške pole perforiramo v hrbtu knjige ali brošure; slika 9.36.



Slika 9.36 Lepljenje listov v knjižnem bloku s pomočjo perforiranja. Pri taki tehnologiji odpade porezava ali rezkanje knjižnega bloka v hrbtu, ki jo moramo sicer opraviti pred lepjenjem.



Slika 9.37 Različne oblike luknjanja in spiralne vezave.

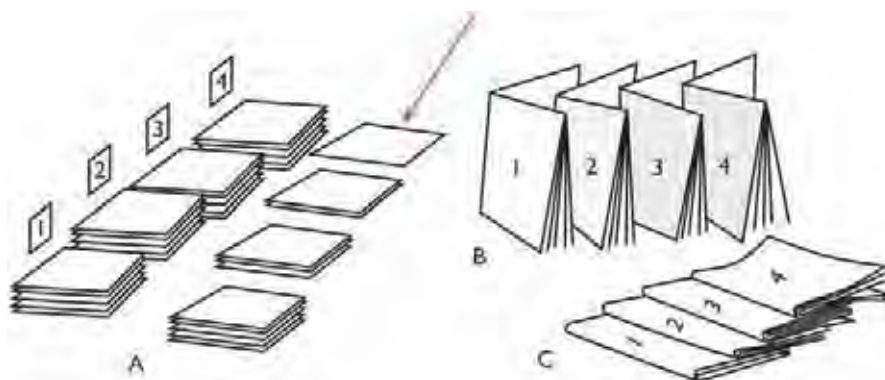
Perforiranju podobna tehnološka operacija je **luknjanje**. Čeprav se tehnološko razlikuje le po tem, da gre za izdelavo niza večjih lukenj različnih geometrijskih oblik, pa je namen luknjanja bistveno različen. Pol in listov ne luknjamo zato, da bi poslabšali njihovo trdnost, pač pa zato, da bi povečali uporabno vrednost grafičnega izdelka. Liste luknjamo zaradi spiralne vezave (sliki 9.7d, 9.10h), neskončne (računalniške) obrazce zaradi transporta v matričnih tiskalnikih, nekatere izdelke zaradi vpenjanja v mape. Ne luknjamo le z orodji za luknjanje, ki so podobna tistim za perforiranje, pač pa tudi s posebnimi svedri in vrtnimi stroji.

- Perforiranje je tehnološka operacija, s katero na določenem mestu zmanjšamo natezno trdnost (odpornost) tiskovnega materiala (lista ali pole), tako da se pri določeni natezni obremenitvi na tem mestu pretrga.
- Luknjanje je tehnološka operacija, s katero v tiskovnem materialu izrežemo ali izvrtamo zaporedje enakih lukenj in s tem povečamo uporabno vrednost grafičnega izdelka.

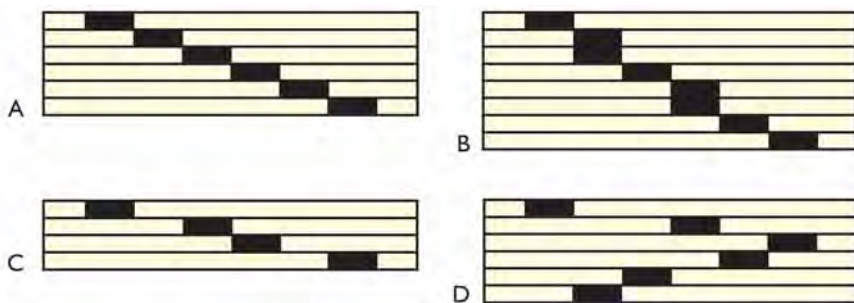
9.2.7 Znašanje

Znašanje je tehnološka operacija, pri kateri iz posameznih listov ali zganjenih knjigoveških pol sestavimo knjižni blok ali brošuro. Posamezne liste znašamo drugega na drugega, knjigoveške pole pa polo **v** polo ali polo **na** polo. Znašanje pole v polo omogočajo povezani listi v križno zganjenih knjigoveških polah. Vse tri oblike znašanja ilustrira slika 9.38.

Znašanje nadziramo s **hrbtno oznako**. To je krajša, debela črta, ki jo odtisnemo v hrbet vsake knjigoveške pole tako, da je po zganjanju vidna na njeni zunanji strani. Na vsaki naslednji knjigoveški poli je hrbtina oznaka natisnjena za lastno dolžino niže, da nastane na robu znešenega knjižnega bloka stopničasti vzorec. Vendar le, če so zgibane knjigoveške pole znesene v pravilnem zaporedju. Če niso, so hrbtne oznake pomešane, tako kot vidimo na sliki 9.39.



Slika 9.38 Znašanje listov (a), zganjenih knjigoveških pol: pole v polo (b) in pole na polo (c).



Slika 9.39 Nadziranje znašanja s hrbtno oznako: pravilno znesen knjižni blok (a), dvojne pole (b), izpuščene pole (c), zamešane pole (d).

9.2.8 Lepljenje

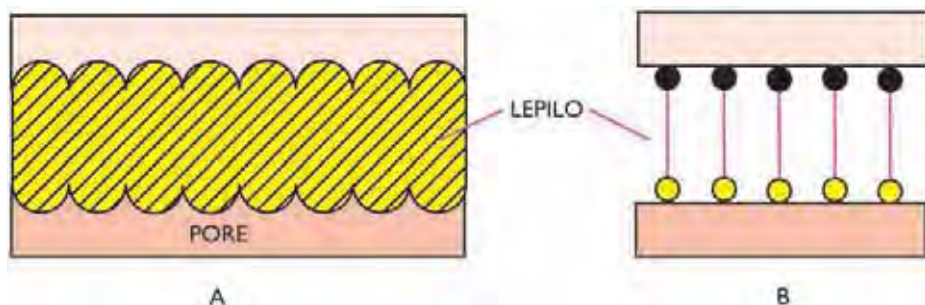
Znešene liste, knjigoveške pole, predliste, platnice, zloženske in veliko drugih izdelkov ali polizdelkov sestavljamo z lepljenjem. Celo šivan knjižni blok pogosto še polepimo po hrbtu, da bi bil bolj trajen in odporen proti mehanskim obremenitvam. Posebno trajnost dosežemo, če nanj nalepimo gazo in krep papir.

- Lepljenje je združevanje teles z različnimi ali enakimi lastnostmi, da nastane novo telo, ki se proti zunanjim mehanskim obremenitvam vede kot homogen predmet.
- Lepilo je tenka plast trdne snovi, ki veže površini dveh teles tako, da nastane novo homogeno telo. Imeti mora lastnosti kot novo telo ali predmet.
- Telesi ali površini, ki ju lepimo, sta lepljenca.
- Lepljenca veže lepilna vez oziroma lepilna sila.

Lepilna vez je posledica adhezijskih sil med slojem lepila in lepljenci ter kohezijskih sil v sloju lepila. Kohezija v lepilu mora biti vsaj tako velika, kot je trdnost lepljencev, adhezija pa je pogosto večja, ker se pri poroznih in hrapavih površinah poveča zaradi tega, ker lepilo prodre v pore lepljencev. Adhezija lepljenja se zato deli v mehansko in molekularno adhezijo. Mehanska nastane zaradi tega, ker se lepilo zasidra v površinskih porah, molekularna (fizikalno-kemijska) pa zaradi privlačevanja molekul lepila in lepljencev; slika 9.40. Pri lepljenju hrapavih in poroznih površin sta navzoči obe obliki adhezije (npr. samolepilna etiketa na papirju), pri lepljenju gladkih in zaprtih površin pa le druga (npr. samolepilna etiketa na steklu ali umetni masi).

Lepljenje poteka v več stopnjah, zato ga smemo obravnavati kot proces z več delovnimi operacijami; slika 9.41. Površini lepljencev moramo tako pripraviti, da ju lepilo lahko omoči in prenika v njune pore (le če sta porozni). Zato površini ne smeta biti niti mastni niti prašni, poroznost pa pogosto namerno povečamo s tem, da ju obrusimo ali porezamo. Omočenje lepljencev je prva stopnja lepljenja, prenikanje oziroma penetracija

pa druga. Če lepilo ne omoči površine, ne pride niti do penetracije niti do molekularne adhezije – telesi se ne moreta zlepiti. Zato ni pomembna zgolj priprava lepljencev, pač pa tudi priprava lepila. Praviloma nanašamo tekoče lepilo.



Slika 9.40 Mehanska adhezija A, molekularna adhezija B.



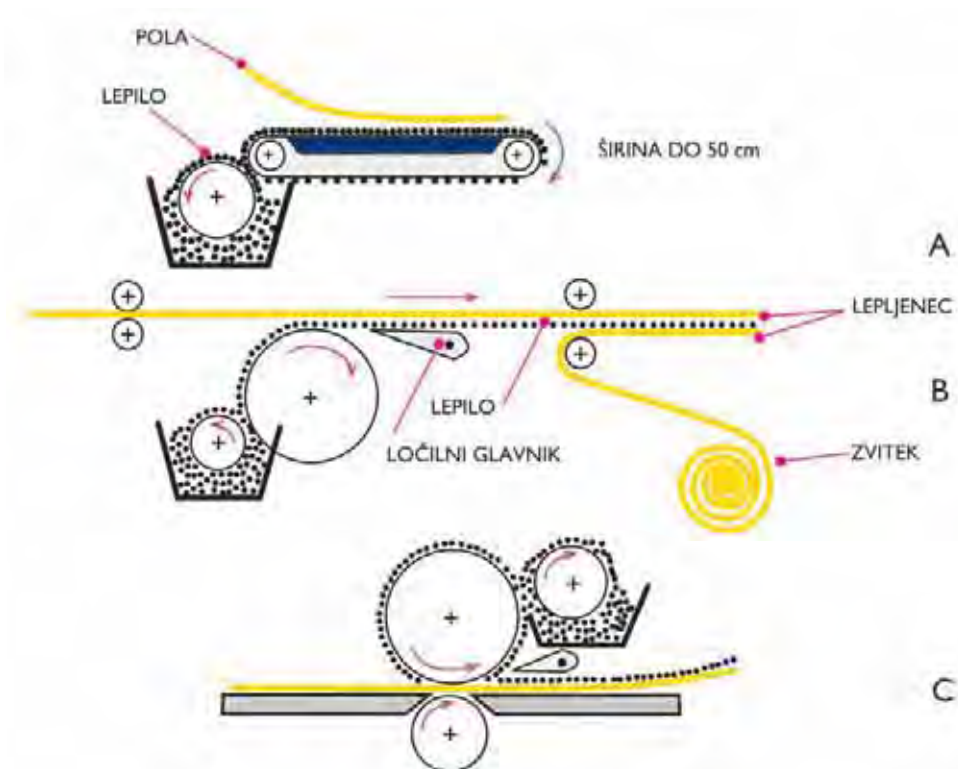
Slika 9.41 Delovne operacije pri lepljenju.

Lepila za grafično dejavnost so organska in anorganska, naravna (živalska, rastlinska) ter umetna, kot dandanes večina industrijskih preparatov ali kemikalij. Naravna lepila vse bolj izpodrivajo umetna, ker so odporna proti bakterijam, insektom in plesnim. Tehnološko je najbolj pomembna delitev lepil na **hladna** in **taljiva**. Hladna so tista, ki jih pripravimo z raztapljanjem in nanašamo pri sobni temperaturi. Topilo je voda, redkeje kakšna organska spojina. Taljiva lepila (*hot-melt*) so 100-odstotne, to je neraztopljene termoplastične mase (polimeri). Za nanašanje jih pripravimo s segrevanjem – taljenjem. Pri določenih temperaturah so namreč razmeroma tekoča in primerna za nanašanje.

Ker sta papir in karton vpojna (hrapava in porozna) materiala, moramo za nanašanje pripraviti sorazmerno tekoča lepila. Le tako dovolj dobro omočijo površini, ki ju lepimo. Lepilo seveda ne sme biti preveč tekoče, sicer bi v celoti poniknilo v pore, in ga na površini ne bi ostalo dovolj za povezavo z drugim lepljencem.

Lepila nanašamo s sorazmerno preprostimi napravami ali lepilnimi postajami ali pa celo s kapljičnim tiskom v sklopu različnih dodelovalnih strojev. Nanašamo jih po vsej površini, v pasovih ali samo na določena mesta. Nekaj sistemov za nanašanje lepila prikazuje slika 9.42. Sistemi za nanašanje taljivih lepil so prav taki, le da jih s primernim grelcem segrejemo na zahtevano temperaturo.

Lepljence združujemo ročno ali strojno, pogosto pa mu sledi stiskanje, kar poteka ves čas sušenja.



Slika 9.42_A Sistemi za nanašanje lepila na dodelavnih strojih, napravah ali postajah: nanašanje lepila na večje površine A, lepljenje dveh trakov z nanašanjem lepila od spodaj B, neprekinjeno nanašanje lepila od zgoraj C.



Slika 9.42_B Lokalno oziroma točkovno nanašanje lepila s kapljičnim tiskom je v sodobnih tehnologijah vse pogostejše.

- Čas sušenja ali sušilni čas je časovni presledek med nanašanjem tekočega lepila na lepljenca in trenutkom, ko se lepilo strdi in ju zlepi.
- Hladna lepila suše z izhlapevanjem topila. To poteka počasi, zato si pomagamo s segrevanjem (topli zrak, IR-sevanje).
- Taljiva lepila se sušijo s strjevanjem zaradi znižanja temperature. Sušilni čas je zato izjemno kratek, polizdelek pa takoj primeren za nadaljnjo dodelavo.

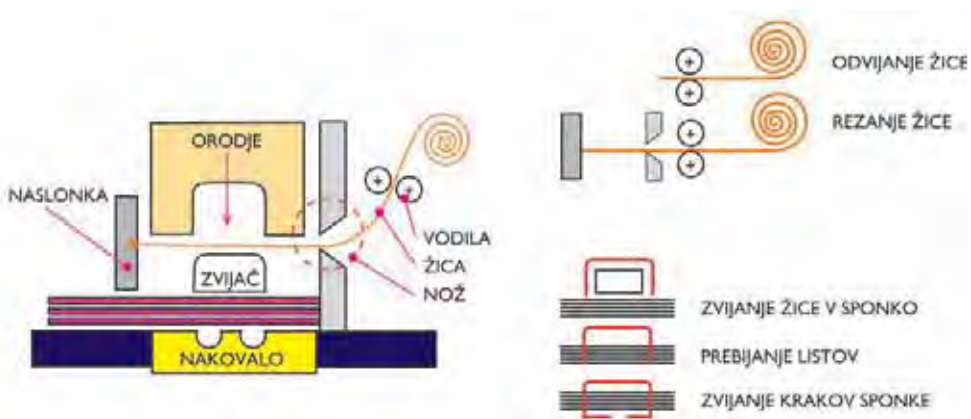
9.2.9 Šivanje

Pri šivanju sestavljamo znesene liste ali zgibane knjigoveške pole. Šivamo z nitjo, z žico ali s sponkami. Knjižni blok šivamo skozi hrbet in skozi blok, pri šivanju z nitjo pa tudi ob hrbtu. Posebni obliki šivanja sta spiralna vezava in varjeno šivanje. Navedene vrste šivanja prikazuje slika 9.09.

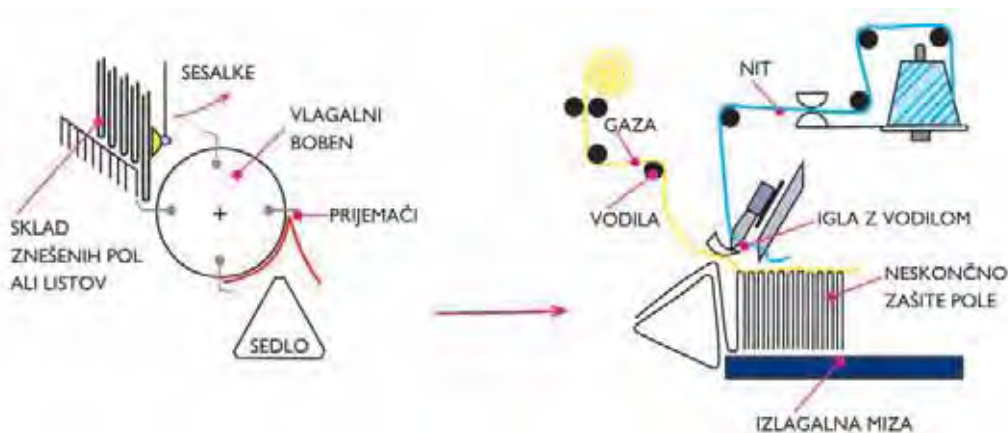
Šivanje z žico ali sponkami je tehnološka operacija, pri kateri povežemo liste v knjižnem bloku (lahko tudi nekatere vrste škatel) z žičnatimi sponkami. Šivamo skozi hrbet ali skozi blok. Šivalno glavo stroja za šivanje z žico in zaporedje delovnih operacij pri tem šivanju prikazuje slika 9.43.

Šivanje z nitjo je trajnejše od šivanja z žico, zato pa bolj zamudno in dražje. Zgibane knjigoveške pole so povezane s sukancem. Pri šivanju skozi hrbet in ob njem so lahko povezane zgolj med seboj, lahko pa tudi na primeren hrbtni material kot je gaza. Tako »na gazo« zašit knjižni blok je še posebno trajen. Shemo stroja za šivanje z nitjo prikazuje slika 9.44.

Ker je sicer izjemno kakovostno šivanje z nitjo zamudno in drago, so razvili številne druge tehnike vezave. Najpomembnejši so različni postopki lepljenja, cenejše oblike šivanja, šivanje z žico in sponkami, pa tudi tako imenovano **varjeno šivanje**.

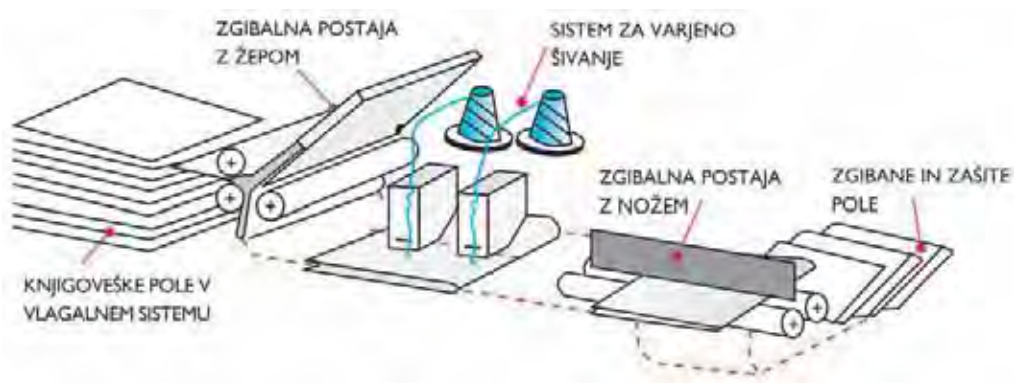


Slika 9.43 Šivalna glava stroja za šivanje z žico in zaporedje delovnih operacij pri tej tehnološki operaciji.

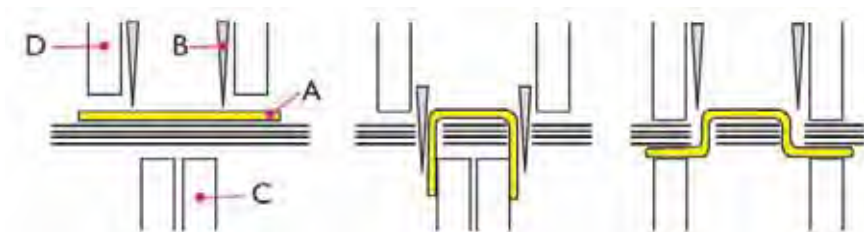


Slika 9.44 Delovne operacije na stroju za šivanje z nitjo.

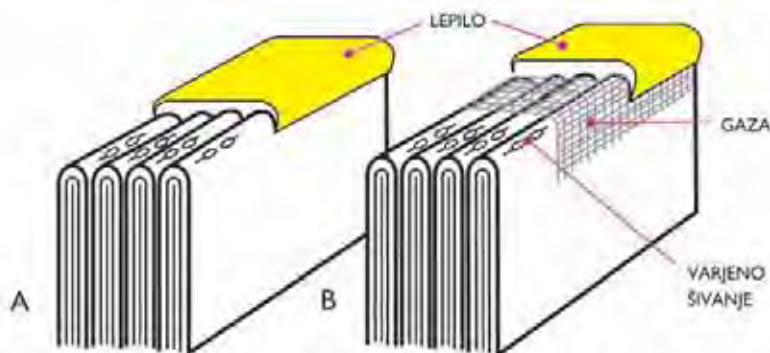
Varjeno šivanje je šivanje listov, ko so še v knjigoveških polah, to je med zgibanjem na zgibalnem stroju. Pole ali liste zašijemo pred zadnjim zgibom. Pri tem uporabljamo s taljivim lepilom premazano nit, na zgibalnem stroju pa ustrezno šivalno postajo. Nameščena je med zadnjim in predzadnjim zgibom. Vrsta zgibalnega stroja ni pomembna. To je lahko zgibalni stroj z žepi, noži ali kombinirani; slika 9.45. Delovne operacije pri varjenem šivanju potekajo tako kot pojasnjuje slika 9.46, znane pa so tudi izvedenke prikazanega sistema. Z varjenim šivanjem povežemo le liste v eni zgibani knjigoveški poli, ki bi sicer pri obrezovanju razpadli. Knjigoveški blok iz takih pol sestavimo z znašanjem polo na polo in z lepljenjem hrbta. Lepimo ga z gazo ali brez nje; slika 9.47.



Slika 9.45 Sistem za varjeno šivanje na kombiniranem zgibalnem stroju z dvema postajama.



Slika 9.46 Delovne operacije pri varjenem šivanju. Nit A, igli B, podkev C, nakovalce D. Šivalnik najprej odreže in namesti primeren kos niti A. Ima dve šivalni glavi, da lahko liste zašijemo na dveh mestih. Potem igli B prebode polo skozi hrbet in nit ukrivita ob podkvi C. V tem trenutku se približa nakovalce D, podkev pa se razmakne in ukrivi nit. Ker sta podkev in nakovalce ogreta, se taljivo lepilo okoli niti stali, zaradi pritiska pa liste poveže med seboj.



Slika 9.47 Knjižni blok iz varjeno šivanih knjigoveških pol: lepljen brez gaze A, lepljen z gazo B.

9.2.10 Zgibanje in lepljenje zloženk

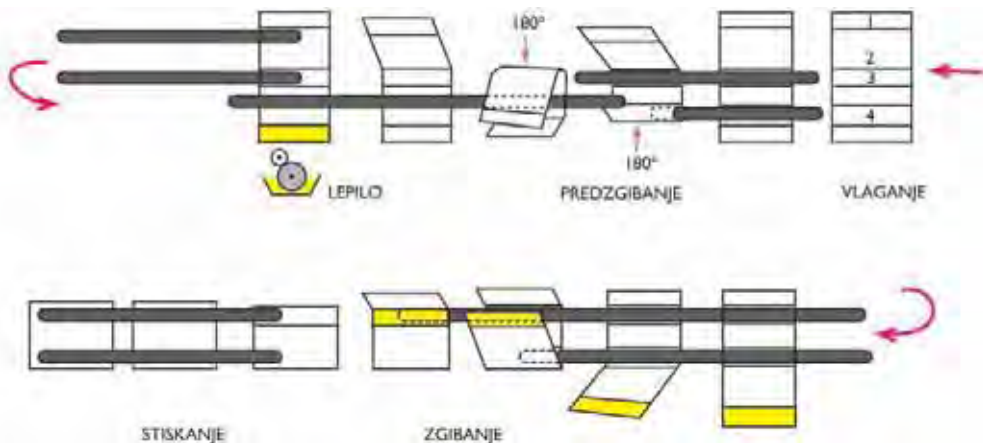
Izrezana zloženska še ni končan grafični izdelek. Da bi služila svojemu namenu, jo moramo še zgibati po žlebovih in na enem robu zlepiti. V ta namen uporabljamo **zgibalno lepilne stroje**. Proces in delovne operacije, ki se odvijajo na teh strojih, ponazarja blokovna shema na sliki 9.48.



Slika 9.48 Blokovna shema zgibanja in lepljenja zloženk.

Ker so zloženske iz kartona jih ne moremo zgibati tako preprosto kot knjigoveške pole. Tudi zgibalni stroji ne delujejo niti z žepi niti z noži, pač pa vodijo zloženko med zgibanjem ob jeklenih vodilih; slika 9.49. Da bi se pri pakiranju zloženska neoporečno odpirala, jo mo-

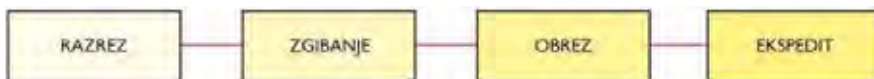
ramo zgibati po vseh štirih žlebovih. Zgibamo jo v dveh delovnih operacijah: najprej za 180 stopinj po četrtem in drugem žlebu (glej sliko 9.14). To je predzgibanje. V drugi delovni operaciji jo zgibamo za 180 stopinj še po tretjem in prvem žlebu. Med predzgibanjem in zgibanjem nanesemo na rob ob četrtem zgibu lepilo in jo končno zalepimo. Nanašamo hladna ali taljiva lepila, v obeh primerih pa je na koncu potrebno stiskanje (prešanje).



Slika 9.49 Zgibanje zloženek na zgibalno lepilnem stroju.

9.3 Tehnološki procesi v dodelavi

V poglavju 9.2 opisane tehnološke operacije so ročne ali strojne, zato so tehnološki procesi v dodelavi ročni, strojni, najpogosteje pa kombinirani, včasih popolnoma avtomatični. Ne glede na vrsto tehnološkega procesa je blokovna shema, ki ga ponazarja, vedno enaka. Blokovne sheme za dodelavo nekaterih značilnih grafičnih izdelkov so na slikah 9.50, 9.51, 9.52 in 9.53. V vseh primerih so izhodišče tiskarske pole, na katerih je več knjigoveških pol, zato rej jih najprej razrežemo.



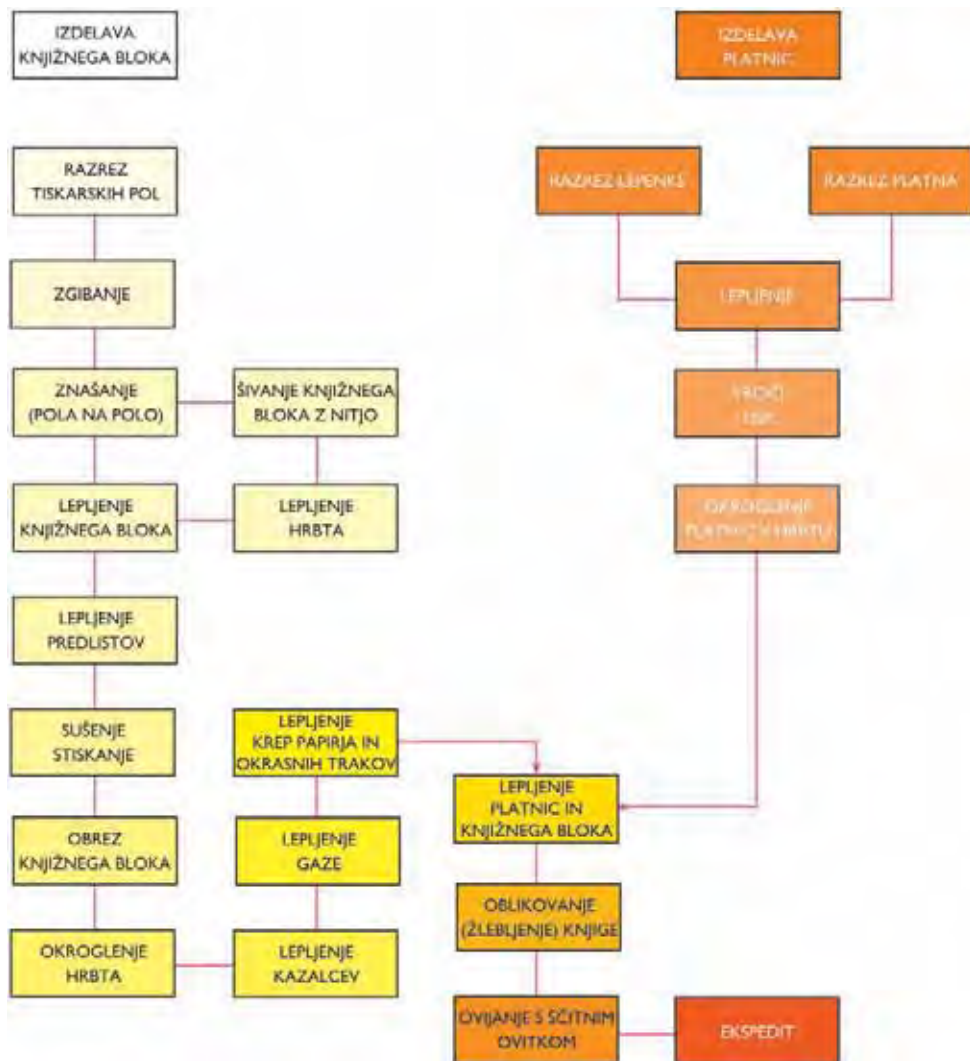
Slika 9.50 Dodelava časopisa v knjigoveznici, če smo ga natisnili na tiskarskem stroju ali na rotaciji brez zgibalnika.



Slika 9.51 Dodelava skozi hrbet zašite revije. Knjigoveška linija, ki jo ponazarja blokovna shema, je prikazana na sliki 9.54.

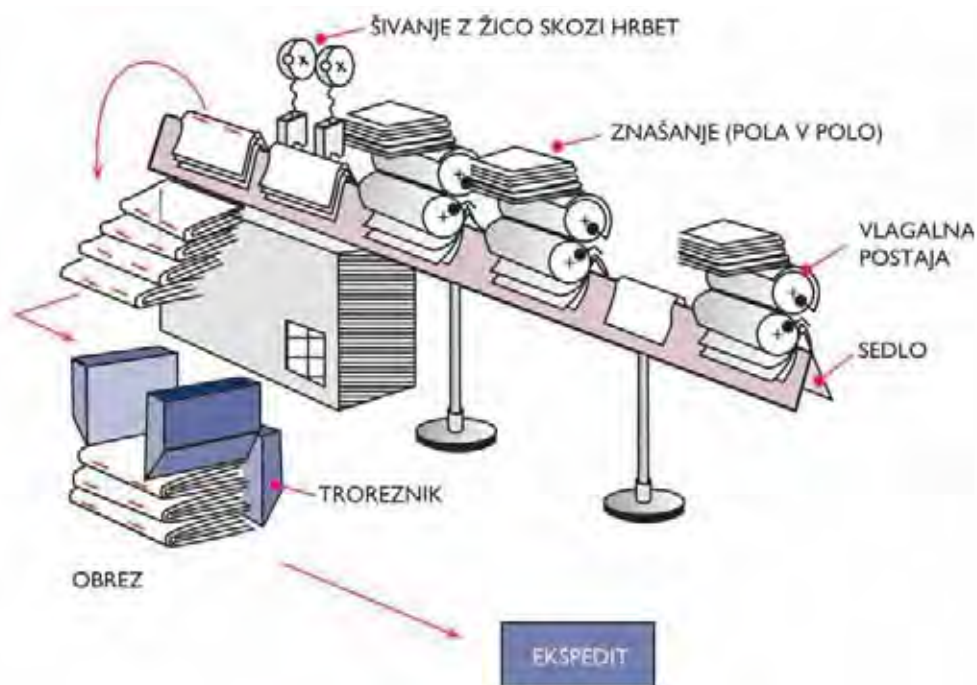


Slika 9.52 Dodelava lepljene brošure po slikah 110 D oziroma 111A. Knjigoveška linija za tak proces je prikazana na sliki 9.55.

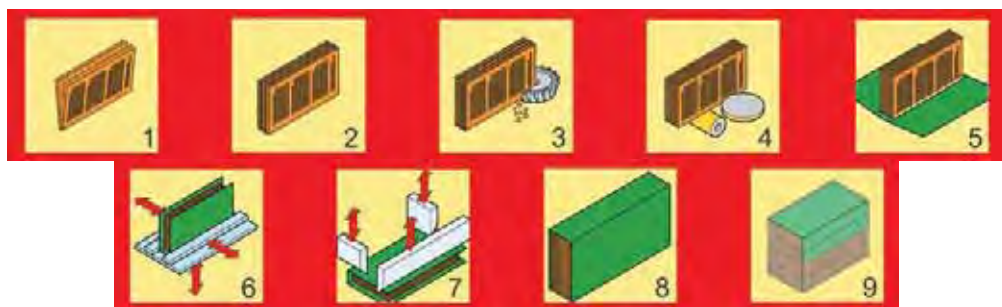


Slika 9.53 Dodelava knjige po sliki 9.13. Dogajanje v okviru posameznih tehnoloških operacij ponazarja slika 9.56.

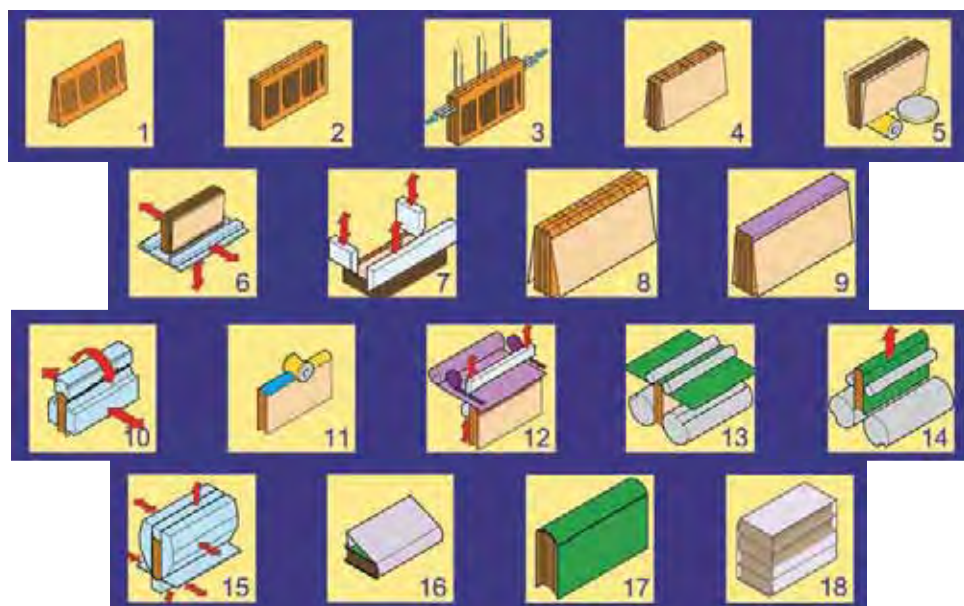
Knjigoveške linije za dodelavo istih izdelkov od znašanja naprej pa kažejo slike od 9.54 do 9.56. Na zadnji sliki je knjigoveška linija za trdo vezavo. Knjižni blok lahko sestavljamo z lepljenjem ali s šivanjem z nitjo; tehnološki proces je v obeh primerih enak. Nekatere tehnološke operacije na tej sliki in blokovna shema na sliki 9.53 smemo glede na zahteve grafičnega oblikovalca tudi izpustiti: lepljenje kazalcev, vroči tisk (prevleka platnic je lahko že potiskana), ovijanje s ščitnim ovitkom. Obstajajo tudi skrajšane oziroma skrčene linije za trdo vezavo. Navadno začno z oblikovanjem, tj. okrogljenjem knjižnega bloka, ki smo ga pred tem izdelali s poljubno tehnologijo. Tako linijo prikazuje slika 9.57.



Slika 9.54 Knjigoveška linija za dodelavo skozi hrbet šivanih revij je sestavljena iz vlagalnih (znašalnih) postaj, šivalne postaje z dvema šivalnima glavama, prenosnih trakov, ki jih ilustrirajo puščice, in troreznika. Udomačeno ime za tako linijo je revijalka, troreznik pa je rezalni stroj, ki obreže revijo ali knjižni blok z vseh treh strani (razen v hrbtu). Tu sta potrebni dve delovni operaciji: obrez zgornje in spodnje strani, nato še prednje strani knjižnega bloka. Če ima revija ovitek, ga vlagamo na zadnji postaji, neposredno pred šivanjem.



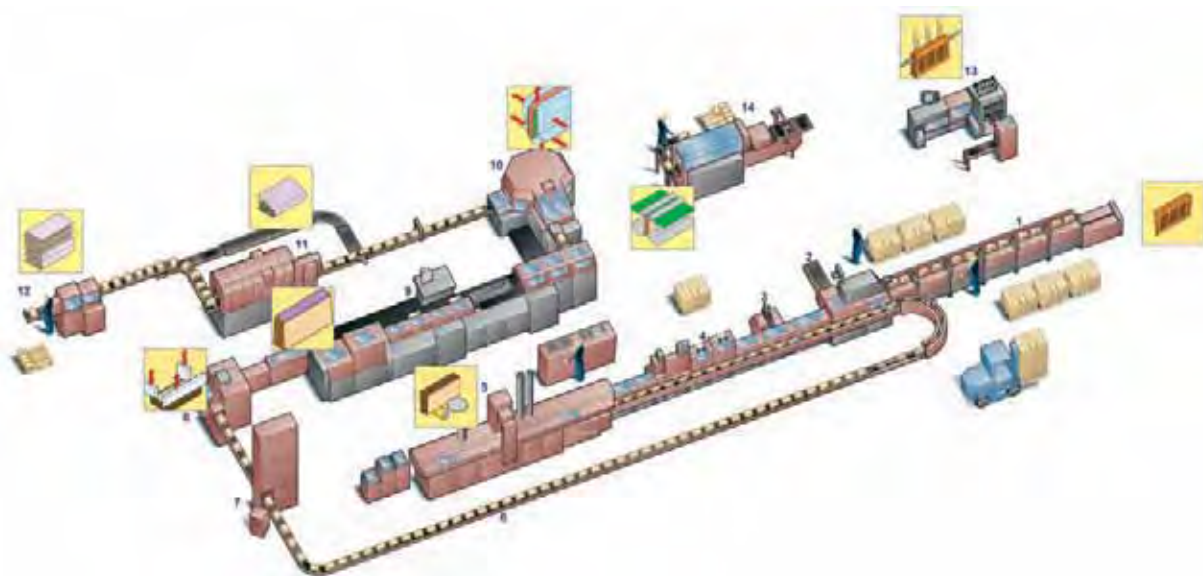
Slika 9.55 Knjigoveška linija za broširano vezavo. Platnice žlebito v vlagalni postaji neposredno pred lepljenjem na knjižni blok. Žlebilna geometrija je navadno okroglo – okroglo. Linije te vrste so povsem avtomatizirane, zato so vse postaje povezane s prenosnimi trakovi, brošure pripeljejo tudi v ekspedit oziroma do pakirnih strojev. Številke pomenijo: 1 – potiskane in zgibane knjigoveške pole, 2 – znesen knjižni blok, 3 – rezkanje hrbtna knjižnega bloka, 4 – hrbtno in stransko lepljenje, 5 – žlebljenje in namestitev platnic, 6 – vplatičenje in stiskanje, 7 – obrezava na končni format, 8 – izdelana brošura z mehkim platnicami, 9 – izlaganje in pakiranje.



Slika 9.56 Izdelava trdo vezane knjige s šivanim knjižnim blokom: 1 – potiskane in zgibane knjigoveške pole, 2 – znesen knjižni blok, 3 – šivanje knjižnega bloka z nitjo, 4 – lepljenje predlista, 5 – hrbtno in stransko lepljenje, 6 – namestitev hrbtna podloge in stiskanje, 7 – obrezava knjižnega bloka na končni format, 8 – zašit knjižni blok, 9 – knjižni blok pripravljen za vplatičenje, 10 – stiskanje in okrogljenje hrbtna, 11 – lepljenje hrbtna, 12 – lepljenje gaze in kapitalnega traku, 13 – vlaganje in nameščanje trdih platnic, 14 – vplatičenje, 15 – oblikovanje hrbtna in stiskanje, 16 – ovijanje s ščitnim ovitkom, 17 – izdelana trdo vezana knjiga, 18 – izlaganje in pakiranje.



Slika 9.57 Skrčena linija za trdo vezavo. Izdelava se začne z lepljenim (broširanim) ali šivanim knjižnim blokom, ki ga lahko vplatičimo v trde (kot na sliki), bodisi v mehke platnice.



Slika 9.58 Knjigoveška linija trde vezave s strojema za šivanje knjižnih blokov in izdelavo platnic. Samostojna komponenta take knjigoveške linije je pogosto tudi stroj za vroči tisk (»zlatotisk«) platnic. Zaporedne številke označujejo vrstni red, v katerem si slede posamezni sklopi linije. Posamezne postaje so povezane s prenosnimi trakovi; kjer jih ni, moramo polizdelke ročno prenašati. To je navadno le še pri šivanju z nitjo in pri izdelavi platnic ali zgibanju. Pri avtomatičnem prenašanju trakovi knjižni blok pogosto tudi obračajo, da ga pripravijo za izvedbo naslednje tehnološke operacije. Številke pomenijo: 1 – znašanje zgibanih knjigoveških pol, 2 – izlaganje znesenih blokov, 3 – vlaganje knjižnih blokov, 4 –lepljenje spojnih listov, 5 – lepljenje hrbta, 6 – prenosni trak za hlajenje, 7 – stolp za vmesno shranjevanje, 8 – obrezovanje knjižnega bloka na trozelniku, 9 – oblikovalnik za okrogljenje, lepljenje gaze in kapitalnega traku, 10 – vplatičenje, oblikovanje hrbta in stiskanje, 11 – ovijanje s ščitnim ovitkom, 12 – izlaganje in pakiranje, 13 – stroj za šivanje z nitjo, 14 – stroj za izdelavo trdih knjižnih platnic.

- Pri ročnih tehnoloških procesih opravimo vse tehnološke operacije ročno ali pa s takimi stroji in napravami, ki jih poganjamo ročno.
- Pri strojnih tehnoloških procesih opravijo vse tehnološke operacije stroji, ročne so le še nekatere delovne operacije in prevoz polizdelkov od enega stroja k drugemu.
- Pri kombiniranih tehnoloških procesih opravimo nekatere tehnološke operacije strojno, druge ročno.
- Pri avtomatskih tehnoloških procesih odpade tudi prevažanje polizdelkov. Posamezni stroji, tako imenovane postaje, so povezane s prenosnimi trakovi in napravami, tudi roboti.
- Sistem knjigoveških strojev, ki so povezani s prenosnimi trakovi, je **knjigoveška linija**. Posamezni stroji, ki jo sestavljajo, so knjigoveške **postaje**. Razlikujemo knjigoveške linije za mehko in trdo vezavo, obstajajo pa tudi kartonažerske linije ali sistemi.

9.4 Oplemenitenje tiskovin

Oplemenitenje tiskovin oziroma grafičnih izdelkov obsega zlasti plastificiranje, lakiranje, premazovanje in ekstrudiranje.

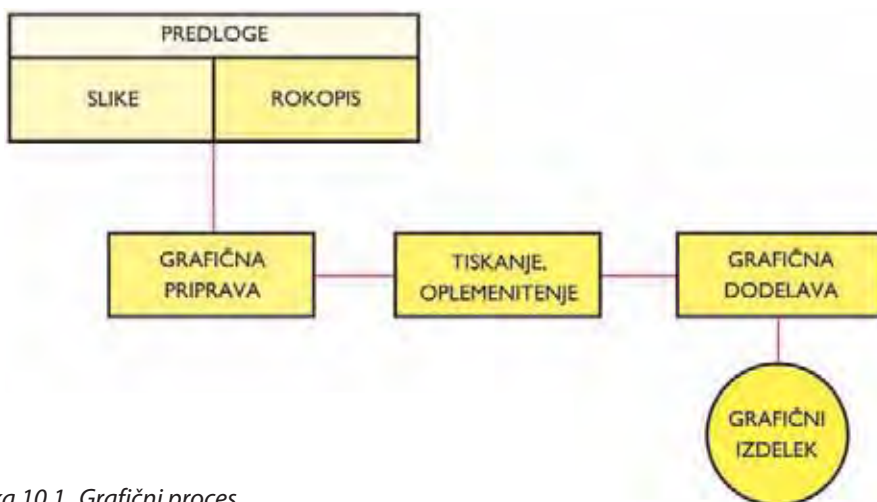
Plastificiranje je najstarejša in najbolj uveljavljena metoda oplemenitenja. Razvila se je predvsem zaradi zaščite trajnejših in kakovostnih tiskovin pred mehanskimi vplivi. Najpogosteje se plastificirajo ovitki in platnice, pa tudi veliko priložnostnih tiskovin. Na voljo so sijajne in mat folije. Trdo ali mehko vezana knjiga, ki ima plastificirane platnice je t. i. italijanska vezava.

Tiskovine ne lakiramo in premazujemo le na tiskarskih strojih; zlasti tam, kjer ni takih možnosti tudi na posebnih strojih pred dokončno dodelavo. Seveda delujejo premazovalni in lakirni členi z enakimi tehnologijami.

Ekstrudiranje je predelava termoplastičnih umetnih snovi z iztiskanjem s tlačno stiskalico oz. ekstrudorjem. Tako lahko izdelamo različne folije, trakove, cevi ali oplemenitimo grafične izdelke.

10 TEHNOLOŠKI PROCESI V GRAFIČNI PRIPRAVI

Zaporedje izbranih tehnoloških operacij, potrebnih za grafični izdelek, je **tehnološki proces**. Tehnološki proces za izdelavo grafičnih izdelkov je **grafični proces**, ki ima tri glavne dele: grafično pripravo, s katero oblikujemo (kreiramo) tiskovino in izdelamo analogno ali digitalno tiskovno formo, tiskanje z oplemenitenjem, denimo lokalnim lakiranjem, in dodelavo, s katero izdelek dobi svojo dokončno uporabno vrednost; slika 10.1. Predmeti dela se v grafičnem procesu nenehno menjajo: sprva so informacije, ko dobijo materialno obliko, so polizdelki in izdelki.

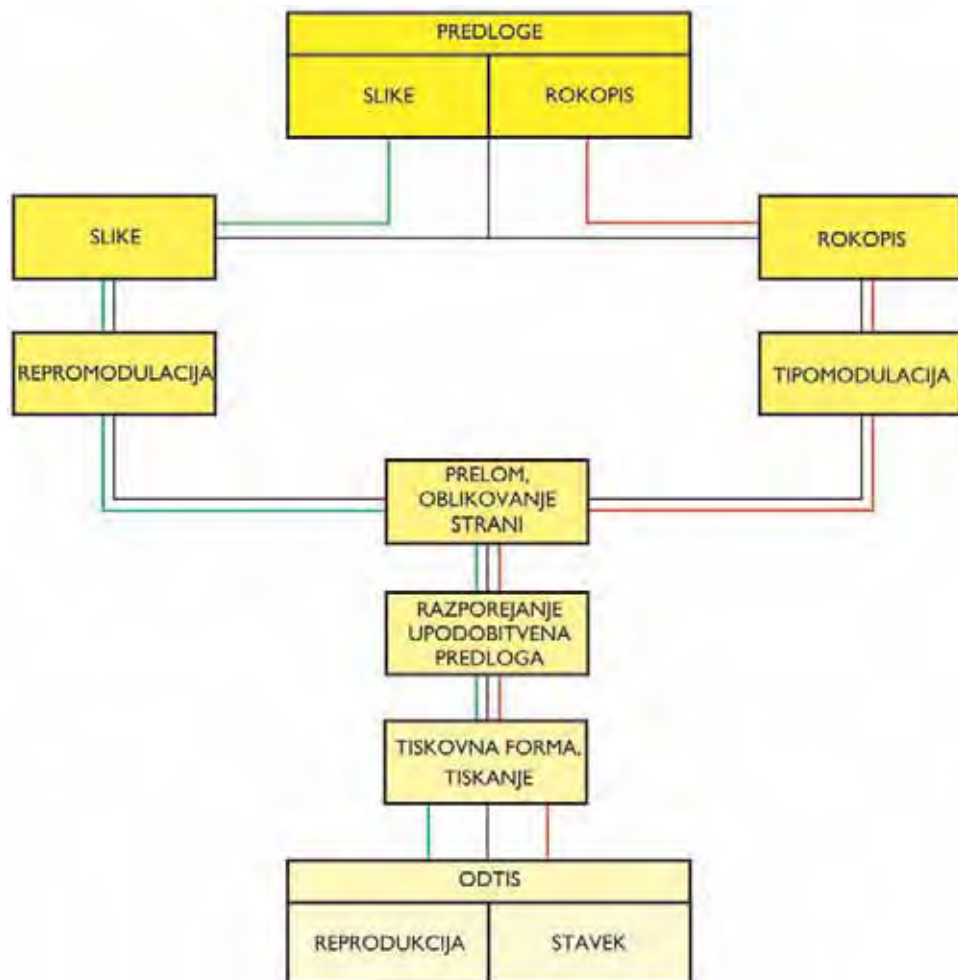


Slika 10.1 Grafični proces.

Informacije, ki jih želimo z grafičnim procesom razmnožiti in ohraniti, posredujejo predloge, ki so slike in rokopisi. Slike ohranimo in razmnožimo kot reprodukcije, torej kot kar najbolj natančen posnetek barv, tonov in podrobnosti. Le izjemoma jih tiskamo kot izvornike, originale. Drugače je z rokopisom. Tega želimo ohraniti zgolj kot vsebinski, ne pa tudi oblikovni dvojniki sporočila; glej poglavje 2.5 Tisk. Informacije so v grafičnem procesu predmet dela le do tiskanja. Ko so slike z besedilom natisnjene, postanejo predmet dela odtisi (natisi). V dodelavi ne obdelujemo in predelujemo več informacij, pač pa material, ki jih hrani, da bi dobile svojo končno uporabno vrednost.

- Grafični izdelek je hkrati informacijski in industrijski proizvod določene materialne oblike.
- Grafični izdelki niso namenjeni le za razširjanje, izmenjavo in hranjenje informacij, pač pa bogatijo kulturo naroda tudi s svojo likovno vrednostjo.
- Grafični oblikovalec je industrijski oblikovalec, ki likovno oblikuje grafične izdelke. V okviru tehnoloških zakonitosti grafičnega procesa skrbi za čim večjo likovno vrednost in tehnološko neoporečnost grafičnega izdelka ali polizdelka.

Zaradi različnih predmetov dela lahko grafični proces razdelimo na dva dela: tehnološki proces za izdelavo odtisa (polizdelka) in tehnološki proces za dodelavo; nekatere tehnološke operacije grafične priprave in tiskanja se namreč vse bolj prepletajo. Značilen primer je neposredno digitalno upodabljanje tiskovnih form (poglavje 8.5 Stroji za ofsetni tisk). Zato je tehnološki proces, ki vključuje grafično pripravo do nastanka odtisa, **reprografski proces**. Predmeti dela v reprografskem procesu so izključno informacije s predlog. Obdelujemo in preoblikujemo oziroma moduliramo jih tako, da izdelamo primerno tiskovno formo in z njo odtis. Slikovno gradivo in besedilo moduliramo sprva ločeno, na koncu pa jih združimo v en sam dokument; slika 10.2.



Slika 10.2 Reprografski proces sestavlja reprodukcijski in tipografski proces. Prvi je označen z zeleno, drugi z rdečo črto. Črna označuje povezave med njima. V reprodukcijskem procesu moduliramo slikovno gradivo v tipografskem besedila. Oboje se združi s »prelomom« tiskovine, ki mu sledi razporejanje strani, izdelava tiskovne forme in tiskanje.

- Reprografski proces je zaporedje tehnoloških operacij, ki omogočijo tiskanje reprodukcij in besedila v eni od tiskarskih tehnik.
- Pojem reprografski (reprografija) izhaja iz pojmov reprodukcija in grafika. Že v prejšnjih poglavjih je razloženo (6. Črno-bela reprodukcija barv), da reproducirati pomeni nekaj na novo izdelati tako, da je kar najbolj podobno izvorniku. V našem primeru to absolutno velja za vse slikovno gradivo. Grafika izhaja iz grške besede *graphien*, ki pomeni pisati, risati, včrtati in ima ta pomen v vseh sestavljenkah, ki se končujejo z -graf. Je skupni izraz za ustvarjalno oblikovanje tiskovin, ki jo narekuje tržna učinkovitost. To je uporabna grafika, medtem ko pri umetniški prevladuje umetniški izraz ustvarjalca. Reprografski proces združuje torej reprodukcijski in grafični pristop.
- V germansko (angleško, nemško) govorečih deželah je reprografski tisk (*reprographic printing, reprographics, reprography, Reprographie*) skupna oznaka za reprodukcijske in tiskarske postopke, s katerimi izdelajo kopijo ali odtis. S tem pojmom so še zlasti označevali fotokopiranje in razmnoževanje informacij s preprostimi (malimi) ofsetnimi in ciklostilnimi stroji, kar je izumrlo in je zdaj brezpredmetno. Prav nič skupnega pa nima pojem reprografski tisk s pojmom reprografski proces.
- Reprografski proces se deli navpično in vodoravno. Navpično v reprodukcijski in tipografski, vodoravno pa v reprodukcijsko in tipografsko modulacijo (izdelava stavka) ter prelom tiskovine, kjer nastane upodobitvena predloga za izdelavo tiskovne forme.
- Reprodukcijski proces je zaporedje tehnoloških operacij, potrebnih, da so natisnjene reprodukcije pogojno enake predlogam.
- Tipografski proces je zaporedje tehnoloških operacij, potrebnih, da rokopis spremenimo v stavek. Stavek je tipografsko in grafično oblikovano besedilo, ki je hkrati primereno za izdelavo tiskovne forme.
- Tipografija je veda o oblikovanju črk in besedil. Tipografsko oblikovano besedilo ima določene vrste pisav za vsebino, naslove in podnaslove, velikost črk, širino stolpcev, razmik med vrsticami, umike v odstavkih ipd.
- Repromodulacija je tisti del reprodukcijskega procesa, kjer slikovno gradivo prilagodimo izbrani tiskarski tehniki in izdelamo ustrezne barvne izvlečke. Metode, ki jih uporabljamo pri repromodulaciji, so **reprodukcijske tehnike**.
- Tipomodulacija je tisti del tipografskega procesa, med katerim rokopis spremenimo v tipografsko in grafično oblikovan stavek.
- Prelom tiskovine je tehnološka operacija, s katero stavek združimo z reproduciranimi slikami, da nastane upodobitvena predloga za izdelavo analogne ali digitalne tiskovne forme.

Reprografske procese lahko tvorijo zelo različne tehnološke operacije, ne glede na to pa bi morale biti tiskovine enake, če so le pripravljene na podlagi enakih predlog. Glede na vrsto tehnoloških operacij v procesu ločimo tri značilne vrste:

- ✓ fotomehانيčne,
- ✓ fotoelektronske ali analogne
- ✓ in digitalne upodobitvene procese.

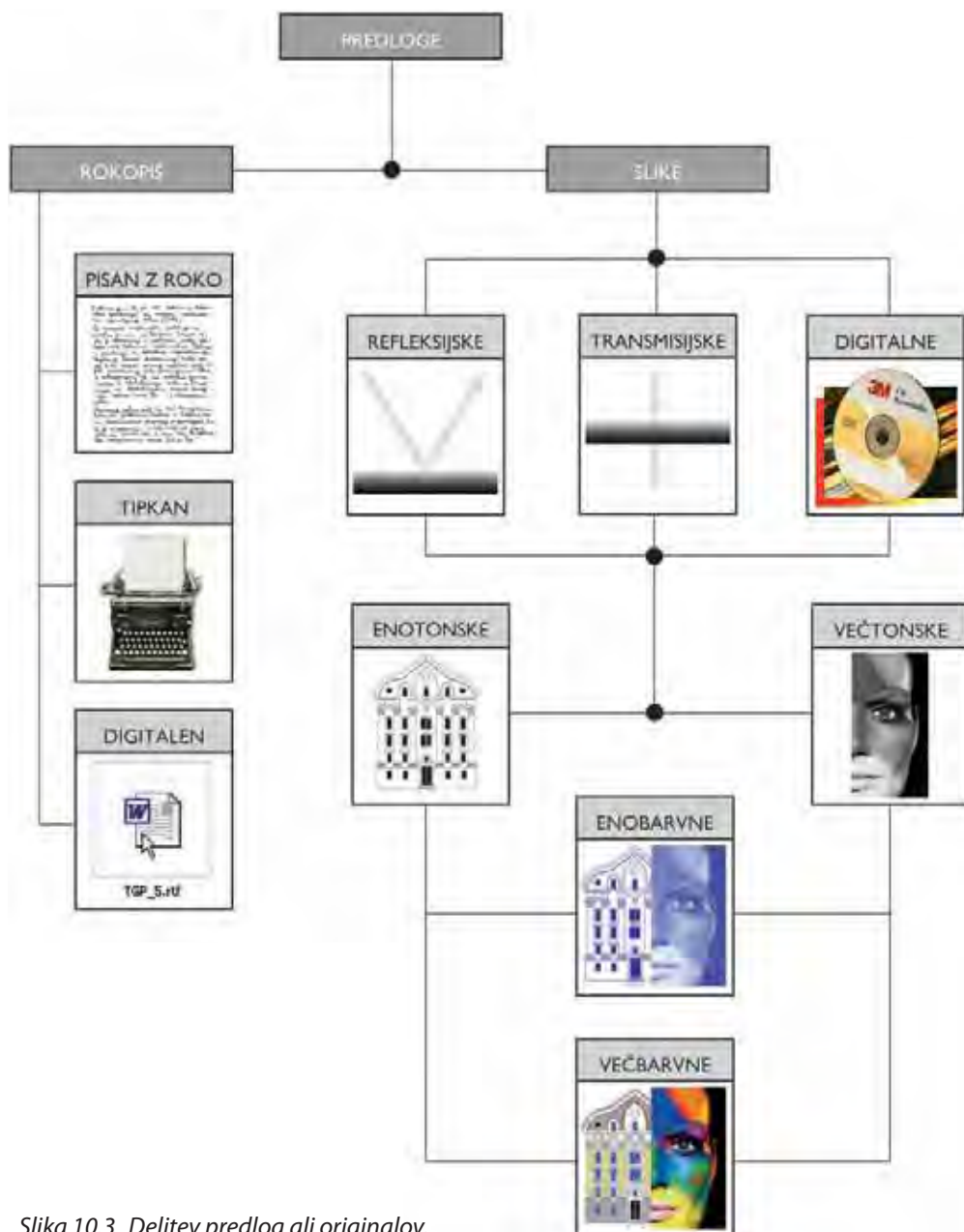
Fotomehانيčni procesi so zgodovina, analogni so deloma še v uporabi, prevladujejo pa digitalni, računalniško podprti procesi. Prav vsak reprografski proces pa moramo tako upravljati, da odtisi ustrezajo zahtevam in zmožnostim dodelave. **Značilnosti predlog** na eni in **spособnosti tiskarske tehnike** na drugi strani mora upoštevati predvsem reprodukcijski proces. To je razumljivo, če se spomnimo poglavja 8.7 o tiskovni kakovosti in značilnosti odtisov. Delitev in glavne vrste predlog kaže shema na sliki 10.3

- Predloge ali originali so vir vizualnih informacij v obliki slik in pisane besede oziroma rokopisa.
- Predloge izdelata tisti, ki potrebuje grafični izdelek, ali pa po njegovem naročilu grafični oblikovalec.

Rokopis je katera koli oblika pisane besede, ki jo želimo razmnožiti in ohraniti s tiskanjem. Lahko je napisan z roko, s pisalnim strojem, lahko je tudi tiskan, če gre za ponatis in se ni ohranil v nobeni drugi obliki. Danes je pripravljen skoraj izključno z računalnikom. To je digitalni rokopis; naročnik ga pripravi na različnih medijih in v različnih datotečnih formatih; na disketah, optičnih ploščah, po elektronski pošti. Za kodiranje besedila je na voljo več kot 25 datotečnih formatov, najbolj razširjen je format programa za pisanje Word (*.doc), najbolj uporaben in univerzalen za skoraj vse računalniške platforme pa *.rtf (Rich Text Format). Računalniško pripravljene rokopise so deloma tudi že tipografsko oblikovani; četudi amatersko in neprofesionalno, pa avtor z njimi zlasti izrazi svoje želje: kateri deli naj bodo poudarjeni, kurzivni, umaknjeni, kaj naj bo podpisano ali nadpisano ipd. Zato je pomembno, da se take informacije ohranijo tudi pri tipomodulaciji; prav to omogoča format *.rtf.

Slike za reprodukcijo so refleksijske, transmisijske in digitalne. Refleksijske slike oddajajo barvne dražljaje zaradi selektivnega odboja svetlobe, transmisijske zaradi selektivnega prepuščanja, digitalne pa imajo barve in tone numerično kodirane v pikslih (slikovnih elementih), ki so zapisani na prikladnem pomnilniku: magnetnem traku, disketi, disku, optični plošči; glej poglavje 6.1.3. Simuliranje barv in upodabljanje tonov v fotografiji. Slike so tudi enotonske in večtonske, oboje eno- in večbarvne. Na **enotonski barvni sliki** vidimo le eno barvo stalne barvitosti, nasičenosti in svetlosti. Najbolj značilen predstavnik takih slik je črno-bela črna slika, kratko **črtež**. Na **enotonski večbarvni sliki** vidimo barve, ki se ločijo po barvitosti, medtem ko ima vsaka stalno nasičenost in svetlost. Na **večtonski enobarvni sliki** ločimo barve po svetlosti in nasičenosti, medtem ko je barvitost stalna. Najbolj značilen predstavnik teh slik je črno-bela fotografija z množico sivih tonov med popolnoma belo in črno. Zato v angleščini izraz *greyscale* in v ponesrečenem dobesednem prevodu sivinska slika. In končno, na **večtonski več-**

barvni slike vidimo barve, ki se ločijo po vseh treh lastnostih. V vsakdanjem življenju jim pravimo barvne slike, četudi ta izraz pove premalo. Barvne slike predstavljajo večino predlog in so bodisi trikromatski diapozitivi ali negativi, v prihodnosti pa bodo izključno digitalne fotografije in ilustracije.



Slika 10.3 Delitev predlog ali originalov.

10.1 Fotomehانيčni reprografski procesi

Njihova prepoznavnost je fotografska tehnologija negativ-pozitiv (glej poglavji 2.2.3 Fotografija in 4.1 Fotografska tehnologija) ter mehانيčni, kemični in fotokemični procesi pri izdelavi tiskovne forme za knjigo-, flekso-, sito-, globoki in ofsetni tisk. Za fotokemično izdelavo tiskovne forme so bile potrebne **kopirne predloge** in tehnologija **kontaktnega kopiranja**. To je tehnološka operacija, ki je še vedno prisotna v analognih upodobitvenih procesih, predvsem zato, ker je razmeroma preprosta in zato gospodarna.

- Kopirna predloga je fotografski negativ ali diapozitiv, potreben za fotokemično izdelavo tiskovne forme na podlagi kontaktnega kopiranja.
- Kontaktno kopiranje je fotokemičen postopek, s katerim se podoba s kopirne predloge prenese na tanek sloj svetlobno občutljive substance, ki pri kemični obdelavi oziroma procesiranju štiti prihodnje proste ali tiskovne površine. Kemična obdelava je ročna ali strojna, v sodobnih procesih izključno strojna, poteka pa v procesorjih.
- Proizvod kontaktnega kopiranja je **kopija**, tenek sloj svetlobno občutljive snovi pa je **kopirni sloj**. Kopija nastane s kemičnim raztapljanjem vseh topljivih delov kopirnega sloja; topljivi so bodisi osvetljeni bodisi neosvetljeni deli.
- Kopijo spremenimo v tiskovno formo z **jedkanjem**, to je raztapljanjem tistih delov podlage, ki jih kopirni sloj ne štiti.
- Jedkanje je kemijski proces, s katerim obdelujemo kopijo, da nastane tiskovna forma. Kontaktno kopiranje in jedkanje oziroma kemijsko procesiranje sta tehnološki operaciji, ki tvorita **kemigrafski proces** za izdelavo tiskovne forme.

Za kontaktno kopiranje uporabljamo negative in diapozitive, odvisno od vrste kopirnega sloja in kasnejše kemične obdelave ali jedkanja. Če hočemo dobiti stransko pravilno obrnjen odtis, mora biti kopirna predloga glede na kemigrafski proces in tiskarsko tehniko stransko pravilno ali nepravilno obrnjena. Tem zahtevam moramo podrediti vse tehnološke operacije v reprodukcijskem in tipografskem procesu.

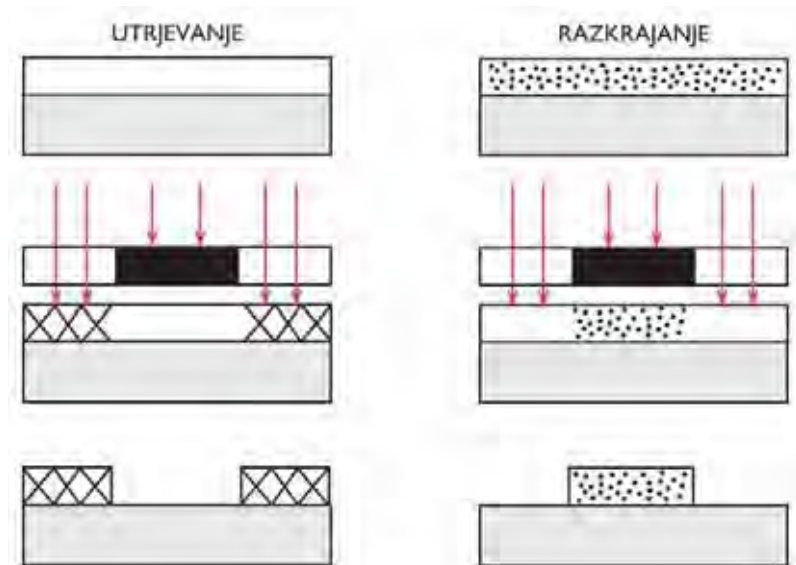
10.1.1 Kemigrafski procesi

Kemigrafski procesi nastopajo pri izdelavi tiskovnih form za knjigotisk, fleksotisk, ofsetni in sitotisk, medtem ko so jih v globokem tisku zaradi ekoloških in gospodarnih razlogov že zdavnaj nadomestili elektromehanski, določneje graviranje. To se je zgodilo tudi v knjigo- in fleksotisku; glej poglavje 10.2 Analogni reprografski procesi.

Tiskovne forme so iz različnih materialov. V knjigotisku in ofsetnem tisku je podlaga navadno kovinska plošča, v globokem tisku tanka plast bakra (zato tudi bakrotisk), v sitotisku pa mrežica ali sito iz kovinskih, pogosteje pa plastičnih niti.

Kemigrafski proces se začne s kontaktnim kopiranjem. Zato je na eno od naštetih podlag nanesen kopirni sloj, debel 2–5 mikrometrov. Pri kontaktnem kopiranju se njegove lastnosti spremenijo na vseh osvetljenih mestih. Zaradi svetlobe nastane kemična reakcija; spremenijo se fizikalne in kemijske lastnosti, predvsem topljivost. Ta sprememba omogoča **selektivno raztapljanje** kopirnega sloja, ki ga nato lahko odstranimo bodisi z osvetljenih bodisi z neosvetljenih mest. Nastane kopija. Ta deli površine nove tiskovne forme v zaščitene, ki jih pokriva kopirni sloj, in v nezaščitene, ki jih tvori kovinska podlaga. Z jedkanjem na vseh nezaščiteneh površinah izdelamo proste površine, na zaščiteneh tiskovne, lahko pa tudi obrnjeno.

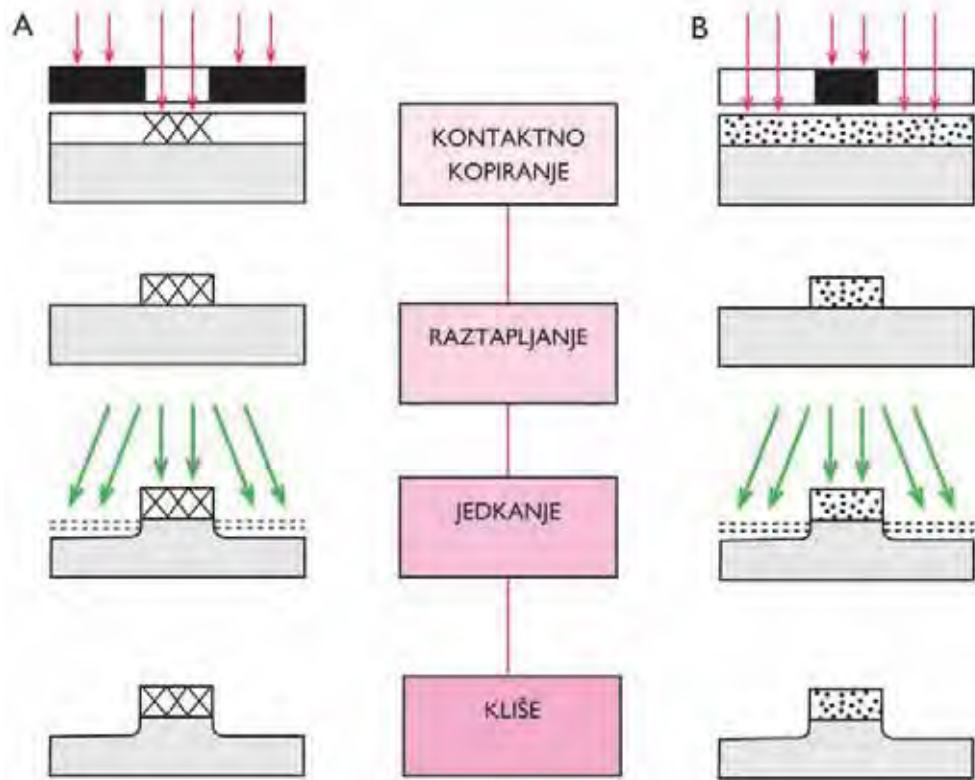
- Svetloba spremeni kopirni sloj tako, da postane topljiv ali netopljiv. Če postane netopljiv, se **utrdi**, če postane topljiv, se **razkroji**; slika 10.4.
- Glede na delovanje svetlobe in rezultat, ki ga želimo doseči, so kopirne predloge negativni in diapozitivi, zato so tudi kemigrafski procesi negativni in pozitivni.
- Negativni kemigrafski procesi so tisti, pri katerih je kopirna predloga negativ, pozitivni pa tisti, pri katerih je pozitiv.



Slika 10.4 Utrjevanje in razkrajanje kopirnega sloja zaradi učinkovanja svetlobe. Neutrjeni in razkrojeni deli kopirnega sloja so topljivi in jih lahko odstranimo.

V knjigotisku s kemigrafskim procesom ne izdelamo tiskovne forme, ampak klišeje. Tiskovno formo naredimo šele kasneje, ko klišeje sestavimo z drugimi tiskovnimi elementi (stavek). Kopirne predloge so tu stransko pravilno obrnjeni rastrski negativni ali diapozitivi. Izdelavo klišeja z obema kemigrafskima procesoma kaže slika 10.5. Blokovna shema obeh procesov je enaka. Tudi pri izdelavi ovojnih plošč ni nikakršnih bistvenih

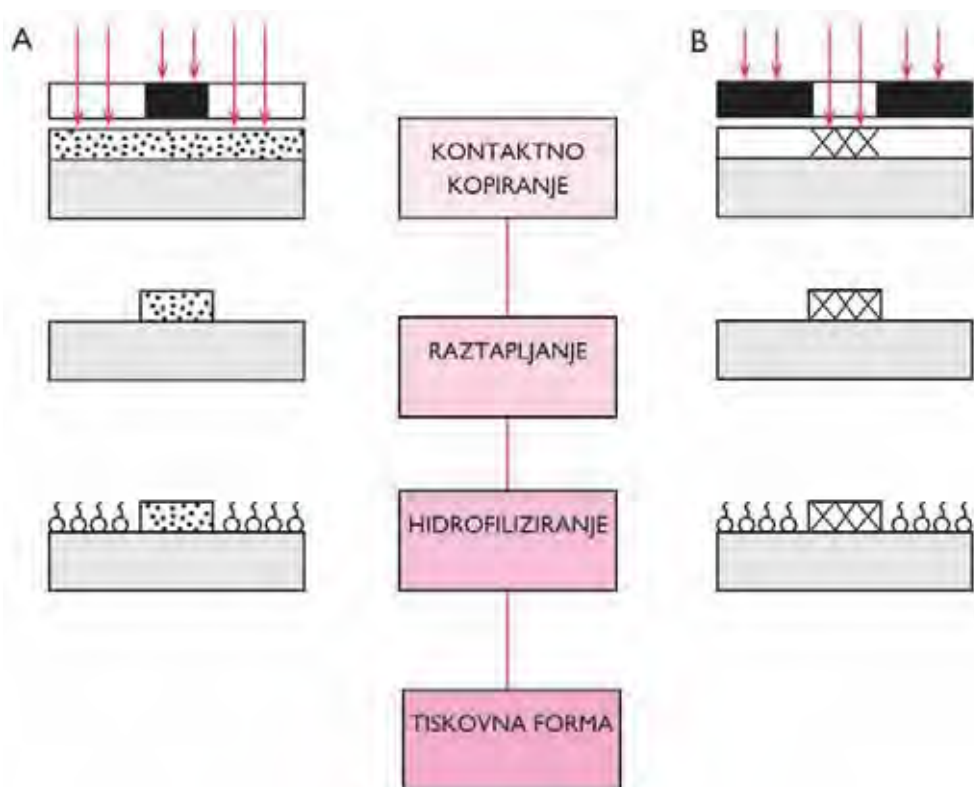
sprememb, drugačni so le materiali, najpogosteje pa kopiramo stransko obrnjene rastrske negative. Nekatere ovojne plošče ali klišjeji iz teh plošč so tako mehki, da so v fleksotisku docela nadomestili gumijaste in plastične duplikate.



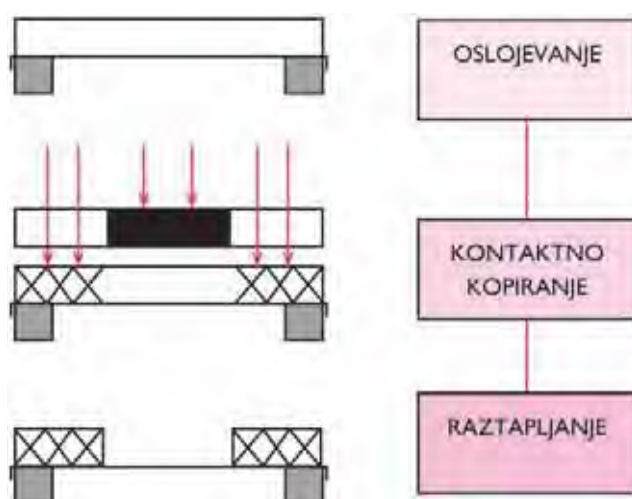
Slika 10.5 Izdelava klišjeja z A- negativnim in B- s pozitivnim kemigrafskim procesom.

V globokem, ofsetnem in sitotisku ne izdelamo s kemigrafskim procesom le klišjejev, marveč kompletne tiskovne forme v obliki valjev, plošč ali sit.

Pri izdelavi tiskovne forme za ofsetni tisk je kopirna predloga stransko nepravilno obrnjen rastrski negativ ali diapozitiv, kajti tiskovno formo izdelamo bodisi z negativnim bodisi s pozitivnim kemigrafskim procesom. Pri izdelavi te tiskovne forme s procesiranjem ne jedkamo, temveč **hidrofiliziramo** proste površine. Medtem ko z jedkanjem v visokem tisku izdelamo proste, v globokem pa tiskovne površine, nastanejo s hidrofiliziranjem proste površine, ki se močijo z vodo. Na kovino, ki je ne ščiti kopirni sloj, se pri tem vežejo molekule hidrofilnih koloidov, kemijskih snovi, ki imajo veliko hidroksilnih skupin OH in zato z lahkoto vežejo molekule vode oziroma vlažilnega sredstva; slika 10.6.



Slika 10.6 Kemigrafski proces za izdelavo tiskovne forme za ofsetni tisk: A- pozitivni, B- negativni.

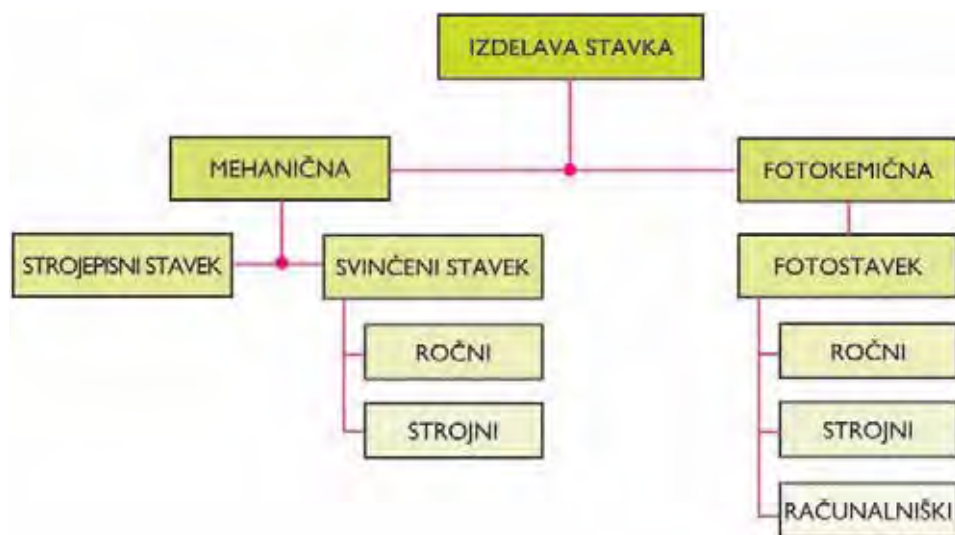


Slika 10.7 Kemigrafski proces pri izdelavi tiskovne forme za sitotisk.

Kemigrafski proces za izdelavo tiskovne forme za sitotisk se začne z oslojevanjem. Pri tej delovni operaciji naneseemo na sito kopirni sloj, ki se zaradi učinkovanja svetlobe utrjuje. Da bi vse tiskovne površine ostale prepustne, kopiramo stransko pravilno obrnjen rastrski diapozitiv. Pri procesiranju se neutrjeni kopirni sloj raztopi, utrjeni pa ostane na situ, zapira okenca in tako tvori proste površine; slika 10.7.

- Kopirna predloga v knjigotisku in fleksotisku je stransko pravilno obrnjen rastrski negativ ali pozitiv.
- Kopirna predloga v ofsetnem tisku je stransko nepravilno obrnjen rastrski diapozitiv ali negativ.
- Kopirna predloga v sitotisku je stransko pravilno obrnjen rastrski diapozitiv.
- Kopirna predloga v globokem tisku je stransko nepravilno obrnjen večtonski diapozitiv.
- Ko določamo, kako sta obrnjena negativ ali diapozitiv, ju moramo vedno pogledati tako, da je fotografski ali kopirni sloj elementarnega srebra obrnjen navzgor, proti opazovalcu.

10.1.2 Stavek

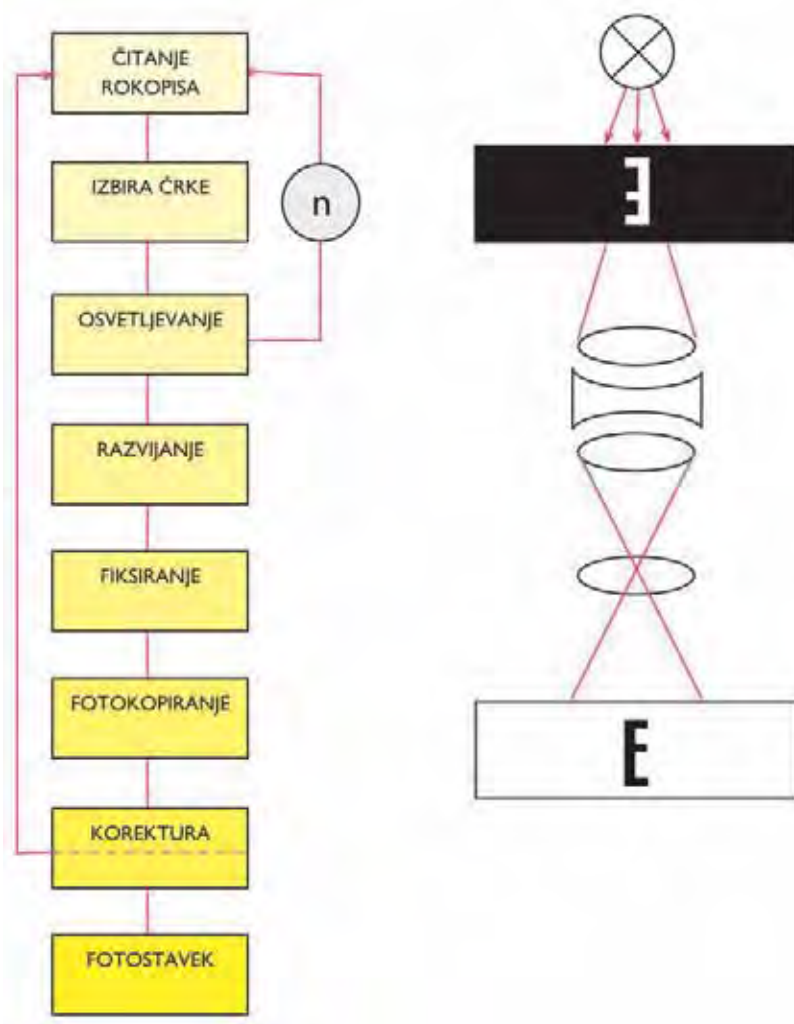


Slika 10.8 Tehnološki procesi za izdelavo stavka v okviru fotomehničnega tipografskega procesa.

Tipografski proces in tipomodulacija sta v okviru fotomehaničnih reprografskih procesov omejena bolj na pretvarjanje besedila v stavek, primeren za izdelavo tiskovne forme, kot na njegovo tipografsko, zlasti pa grafično oblikovanje. Izdelava stavka po-

Fotostavek

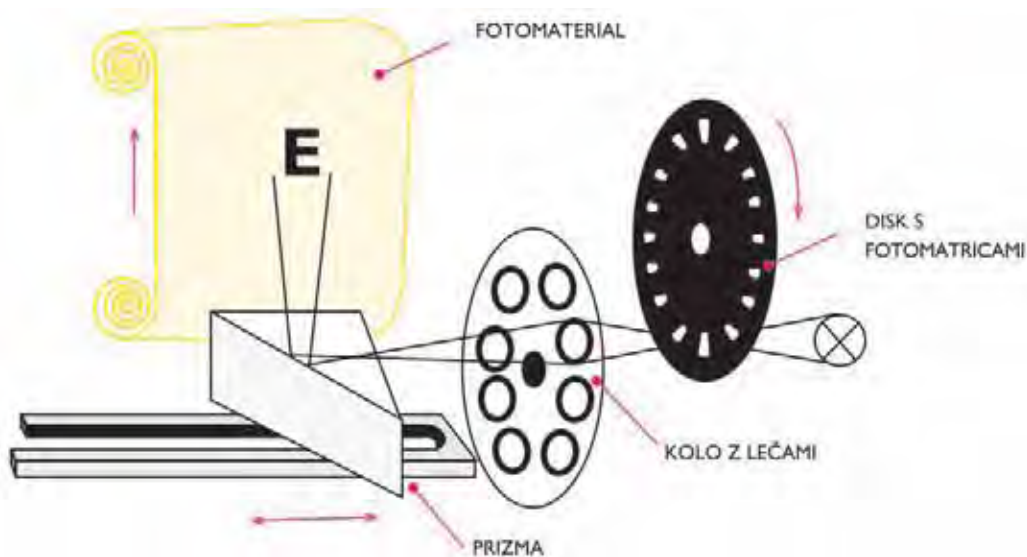
je uporaben in namenjen za vse analogne tiskarske tehnike. Je ročni ali strojni. Ročni fotostavek je uporaben predvsem za stavljenje naslovov, plakatov, vabil, diplom, skratka tiskovin, ki nimajo veliko besedila, zato pa je bolj pomembna njegova tipografska in grafična podoba. Za ročni fotostavek uporabljamo **fotomatrice** v obliki ploščic, diskov ali trakov. Na njih so negativni vseh potrebnih tipografskih znakov. Na eni fotomatrici je navadno en font. Znake osvetljujemo na fotomaterial v nekakšnem povečevalniku enega za drugim, pri tem pa ročno premikamo fotomatrico; slika 10.10. Projiciranje znakov skozi objektiv omogoča skoraj neomejeno tipomodulacijo stavka.



Slika 10.10 Delovne operacije pri ročnem fotostavljenju.

Rokopise z daljšimi besedili stavimo na fotostavnih strojih. Tipografski znaki so v obliki fotomatric na črkovnih ploščicah ali diskih, ki pa jih stroj pred objektivom sam prelika ali pa z bliskavico osvetljuje posamezne znake na vrtečem se disku. Ker se disk vrti, je pred objektivom v vsakem trenutku drug znak. Ko pride pred objektiv izbrani znak, bliskavica zasveti in skozi optični sistem projicira podobo črke na fotomaterial. Osvetljevanje je postopno: znak za znakom. Optični sistem se vsakič samodejno premakne, da osvetli drugo mesto, po osvetlitvi ene vrste pa se premakne fotomaterial; slika 10.11. Stavec upravlja fotostavni stroj neposredno s tastaturo ali pa posredno; najprej izdelava kodiran trak za upravljanje stroja. To so perforirani papirni trak, magnetni trak ali magnetna plošča, kjer so shranjeni ukazi za stavljenje in osvetljevanje. Stavec ga izdelava na stavni enoti, medtem ko osvetljevalna enota že samodejno stavi poljubno besedilo.

Najbolj izpopolnjeni fotostavek je računalniški fotostavek, pri katerem z osvetljevalno enoto upravlja procesni računalnik. Vsi potrebni ukazi so shranjeni v njegovem spominu in jih glede na to po potrebi lahko spreminjamo oziroma korigiramo.



Slika 10.11 Blokovna shema fotostavnega stroja s fotomatricami na disku. Tak stroj upravljamo posredno bodisi s kodiranim trakom (perforirani papirni trak, magnetni trak ali disk) ali pa s procesnim računalnikom.

Osnovni podatki za izdelavo stavka so vrsta pisave, velikost črk, širina stolpcev, razmik med vrsticami, umik odstavkov, velikost naslovov in podnaslovov itn. Te podatke še vedno navajamo v tipografskem merskem sistemu, ki temelji na **tipografski enoti** ali **tipografski točki**.

Eni tipografski točki ustreza 0,376, v angleško govorečih deželah pa 0,35 milimetra. Milimeter ima pri nas torej 2,66, meter pa 2660 tipografskih enot. V drugem primeru tipografska enota temelji na palcu, ki meri 2,54 milimetra in ima v PostScriptu (glej poglavji 10.3.3 Digitalna studijska reprografija in 10.4 Formati digitalnih dokumentov) 72 enot.

To pomeni, da jih je na metru 2835. Tipografska enota je prikladna za določanje velikosti samo pri manjših pisavah. Za večje so uvedli njene mnogokratnike z izmišljenimi imeni in brez systemske podlage (navadno se imenujejo po kraju nastanka, tiskovini, za katero so jih pripravili ali po črkorezcu, tj. tipografu, ki je pripravil določeno pisavo v tej velikosti). Najpomembnejše tipografske enote, ki so danes še v rabi, so:

- 1 tipografska enota, tipografska točka ali Did (po izumitelju Didotu),
- 2 tipografski enoti ali $\frac{1}{4}$ petita,
- 4 tipografske enote ali $\frac{1}{2}$ petita,
- 6 tipografskih enot ali $\frac{1}{2}$ cicera ali nonpareille (izg. nonparej),
- 8 tipografskih enot ali petit,
- 9 tipografskih enot ali borgis,
- 10 tipografskih enot ali garmond,
- 12 tipografskih enot ali cicero.

Pri stavljenju so prav posebno skrb namenjali odpravljanju (pravopisnih) in tipografskih napak (in bi jo morali še dandanes). Rokopis je še pred stavljenjem pregledal lektor. Odpravil je ne le vse pravopisne, marveč tudi jezikovne in slogovne napake. Ko je bil stavek postavljen, so izdelali tako imenovane krtačne odtise za domačo korekturo. Korektor je stavek primerjal z lektoriranim rokopisom in veljavnimi pravili stavljenja, označil napake, stavec pa jih je odpravil. Potem so stavek odtisnili za avtorsko korekturo. Opravil jo je avtor, naročnik ali kakšna druga oseba zunaj tiskarne. Na njegovo željo je bilo mogoče še kaj popraviti. Pred tiskom naklade so izvedli še revizijo, da bi bili odtisi resnično brez napak. Revizija ni namenjena odpravljanju pravopisnih in jezikovnih, marveč tehničnih napak. V digitalnih tipografskih procesih je vloga korekture ostala enaka, spremenila pa se je tehnološko tehnična izvedba.

Lektor, korektor in revizor napake označujejo s korekturnimi znamenji; vsekakor ne zgolj pravopisne, marveč tudi tehnične ali oblikovne narave. Korekturna znamenja niso enotna, saj jih literatura predpisuje na različne načine. Razlikujejo se v Slovenskem pravopisu 1962 in 2001, tudi v strokovni literaturi, zato tu navajam tista, ki jih predpisuje standard SIST ISO 5776:1999; slika oz. tabela 10.12.

- Lektura je pregled, jezikovna obdelava in ocena rokopisa, pomeni pregledovati in jezikovno obdelovati, ocenjevati rokopise za založbo, časopise, tudi gledališče, radio, televizijo ipd.
- Lektor (lat. »bralec«) je sodelavec založbe ali časnika, ki rokopise pregleduje (popravlja) glede na jezikovno pravilnost. Korekture lahko opravi v besedišču kar neposredno, brez korekturnih znamenj, npr. v digitalnem dokumentu primernege formata (*.doc, *.pdf).
- Korektura v našem primeru pomeni označevanje napak na krtačnem odtisu, zlasti v primerjavi z lektoriranim rokopisom. Ločimo domačo in avtorsko korekturo.
- Revizija je pregled oziroma ponoven preizkus, pregled že korigiranega stavka tik pred tiskom.

- Didot v resnici ni bil izumitelj, bolj inovator. Spoznanja svojih predhodnikov je prilagodil metriskemu sistemu, zato so njegovo merilo začeli na široko uporabljati v vsej Evropi.

ZNAMENJA ZA KOREKTURO TEKSTA SIST ISO 5776:1983	
1. Ostane nespremenjeno	-----
2. Izloči:	
- znak	∩
- znake ali besedo(e)	∩
3. Zamenjaj	
- znak	I
- znake ali besedo(e)	I
4. Vstavi:	
- znak, besedo(e)	k
- dano ali dodano besedilo (npr. 2)	◊ k
5. Povečaj razmik:	
- med znakoma, besedama	Y
- med vrstama, odstavkoma, stavkoma	— Y
6. Zmanjšaj ali izloči razmik:	
- med znakoma, besedama	↶
- med vrstama, odstavkoma, stavkoma	→
7. Izenači razmik:	
- med znakoma, besedama	Y
- med vrstama, odstavkoma, stavkoma	— Y
- med več vrstami v besedilu	Y
8. Nov odstavek	⏏
9. Brez odstavka	⏏
10. Zamenjaj (preстави):	
- sosednje znake ali besede	SE
- posamezne znake ali besede	SE
- sosednje vrste ali skupine vrst	SE
- različne vrste	SE
11. Sredinsko	[]
12. Umakni:	
- besedilo v desno in poravnaj	┌
- besedilo v levo in poravnaj	└
13. Dvigni vrsto(e) in poravnaj	┌
14. Spusti vrsto(e) in poravnaj	└
15. Poravnaj:	
- navpično	
- vodoravno	—
16. Prenesi:	
- znak(e), besedo(e) ali vrsto(e) v naslednjo vrsto, stolpec ali na naslednjo stran	┌
- znak(e), besedo(e) ali vrsto(e) v prejšnjo vrsto, stolpec ali na prejšnjo stran	└

Slika 10.12 Znamenja za korekturo teksta po standardu SIST ISO 5776:1999. To je za zdaj edini standard ISO, ki je preveden v slovenski jezik.

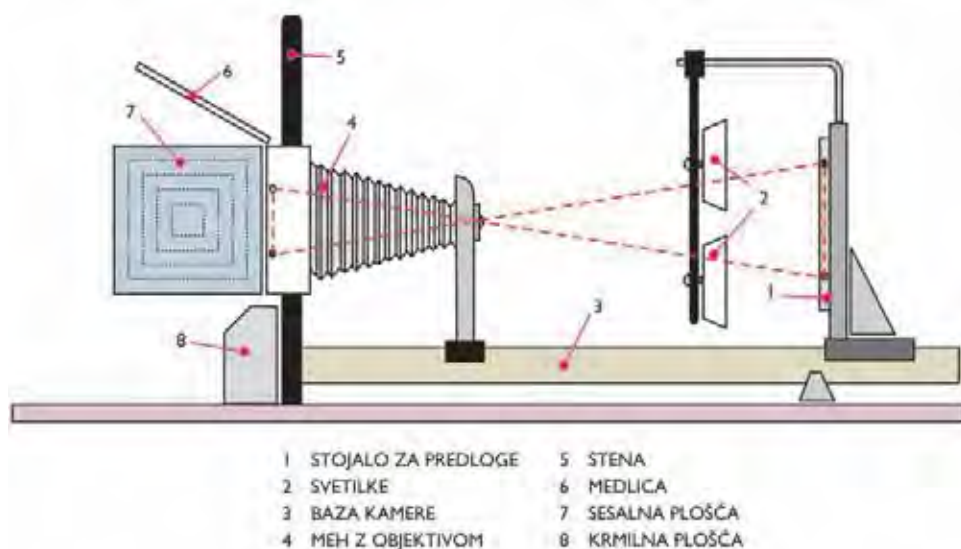
10.1.3 Reprofotografija

Barvne učinke in tonske vrednosti predloge moduliramo v fotomehničnem upodobitvenem procesu s pomočjo črno-bele fotografije, znova predvsem z njeno negativ-pozitiv tehnologijo. Ker uporabljamo fotografijo v tem primeru kot reprodukcijsko tehniko, govorimo o **reprodukcijski fotografiji**, kratko **reprofotografiji**. Njeni izdelki, pravilneje polizdelki, so večtonski ali rastrski negativi in diapozitivi, ki jih potrebujemo za izdelavo kopirnih predlog.

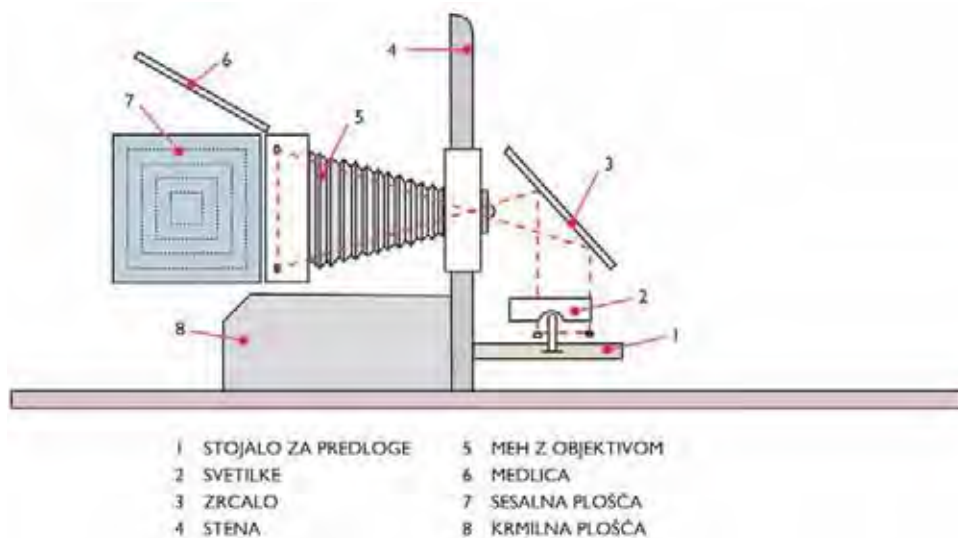
V reprofotografiji uporabljamo (so uporabljali) posebej prilagojene fotografske aparate. Predloge pa tudi negativi in pozitivi za reprodukcijo so bili pogosto zelo veliki, zato so bile velike tudi reprodukcijske naprave. Največ so uporabljali dvoprostorne reprodukcijske kamere s krmilno ploščo, vgrajeno v temnici; delijo se na horizontalne (slika 10.13) in vertikalne (slika 10.14).

Razen kamer so uporabljali tudi povečevalnike in kontaktne aparate. Prve predvsem za izdelavo kakovostnih barvnih izvlečkov, druge za razmnoževanje (kontaktno kopiranje) kopirnih predlog. Kontaktni aparat zaradi tega nima optičnega sistema; slika 10.15.

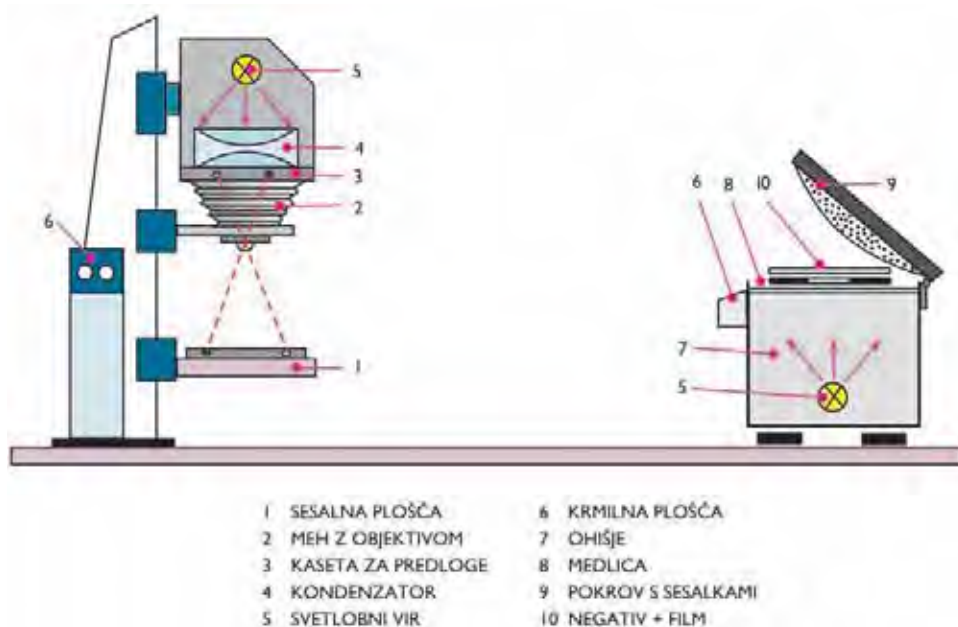
Rastriranje z distančnimi (optičnimi) rastrji so opravljali že pri snemanju predlog v reprofotografijah, pri projiciranju s povečevalnikom ali pa v kontaktnem aparatu s tako imenovanimi kontaktnimi rastrji.



Slika 10.13 Horizontalna dvoprostorna reprodukcijska kamera.



Slika 10.14 Vertikalna dvoprostorna reprodukcijska kamera.



Slika 10.15 Povečevalnik in kontaktni aparat.

10.1.4 Prelom in izdelava kopirne predloge

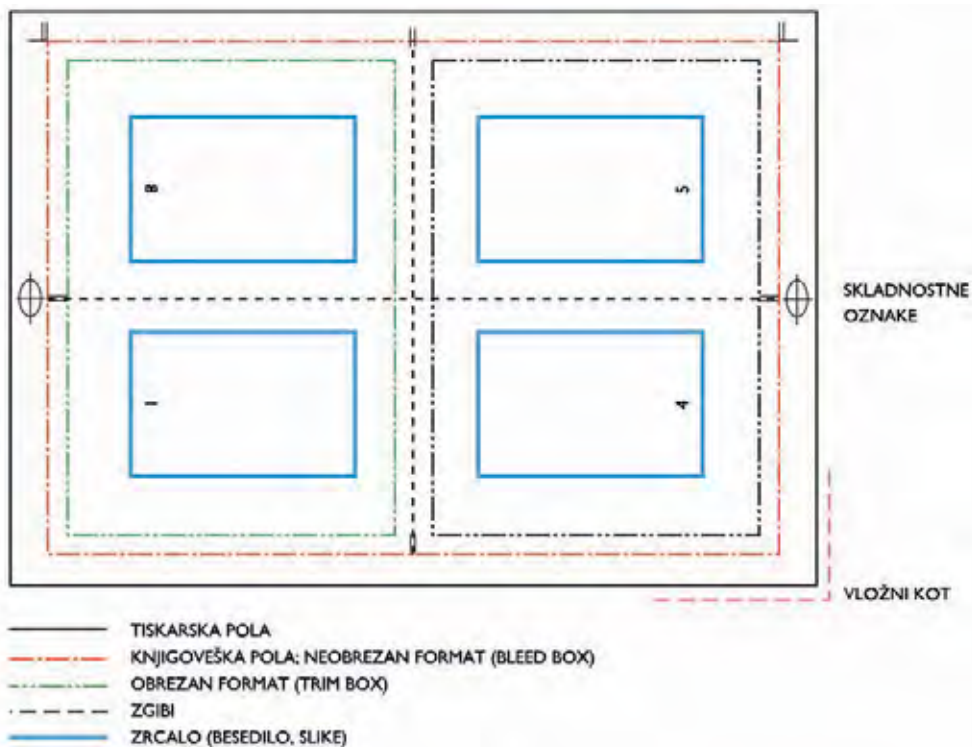
V fotomehničnem reprografskem procesu dobimo najprej dva polizdelka, stavek in klišeje, fotostavek in rastrirane diapozitive ali negative, ki jih je treba sestaviti v posamezne strani, te pa glede na zahteve knjigoveške in kartonažerske dodelave ter tiskarske tehnike razporediti v tiskovno formo (knjigotisk) ali kopirno predlogo.

Strani prelamljamo na podlagi zrcala, to je skice, ki jo za vsako stran posebej nariše stavec, grafični oblikovalec ali dostavi naročnik. Strojni stavek je vedno postavljen kot neskončni stolpec, zato ga razdelimo na posamezne bloke, vmes pa glede na zrcalo pustimo prazne prostore za slike, ki jih vključimo kasneje. V nasprotju s strojnimi stavkom je računalniški fotostavek že prelomljen, kar pomeni, da je fotostavni stroj na podlagi programa sam izdelal potrebne bloke, vmes pa pustil prostor za predvidene slike.

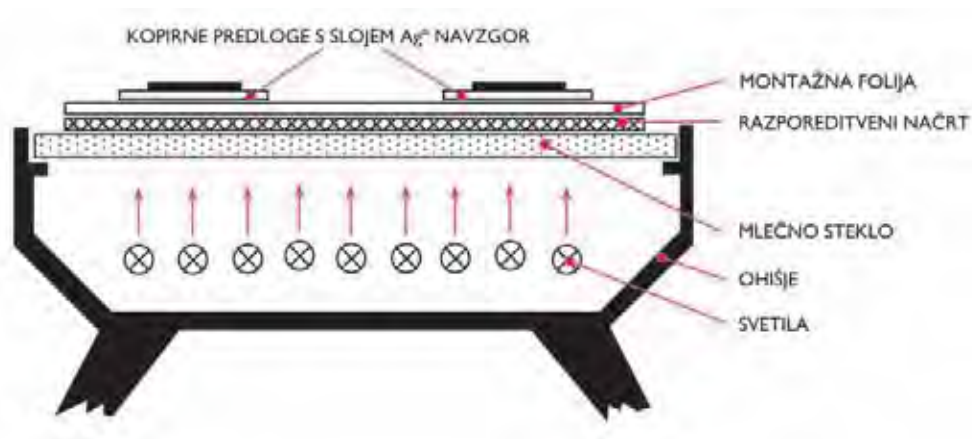
- Prelom strani je tehnološka operacija, pri kateri stavek glede na zahteve zrcala »prelomimo« na vnaprej definirane bloke, vmes pa kasneje vključimo še slike. S tem dobimo celostranske kopirne predloge, ki jih je treba kasneje razporediti po zahtevah razporeditvenega načrta.
- Zrcalo pove, kakšna naj bo grafično oblikovana stran tiskovine.
- Razporeditveni načrt pove, kako morajo biti razporejene strani na tiskovni formi, da bi z izbranim grafičnim procesom dobili želeni izdelek.

Celostranske kopirne predloge razporejamo na podlagi razporeditvenega načrta. Ta je prilagojen tehnološkemu procesu, ki smo ga izbrali za realizacijo poljubnega grafičnega izdelka. Predvsem mora upoštevati zahteve in možnosti dodelave, zlasti zgibanja. Na razporeditvenem načrtu so označeni: položaj posameznih strani, potrebni zgibi, rezi, vložni koti za tiskarske in zgibalne stroje ter podobno; slika 10.16. Pri razporejanju lepimo celostranske kopirne predloge na prozorno montažno folijo iz poliestra, ki jo na osvetljeni montažni mizi položimo čez razporeditveni načrt; slika 10.17. Končni izdelek preloma strani in razporejanja je kopirna predloga za kontaktno kopiranje. Strani morajo biti na poliester zalepljene s fotografskim slojem navzgor, kajti pri kontaktnem kopiranju montažo obrnemo tako, da prideta fotografski in kopirni sloj v najtesnejši stik. Če izsesamo še zrak in kopiramo v vakuumu, dosežemo dovolj natančen prenos tiskovnih elementov s kopirne predloge na kopijo oziroma tiskovno formo.

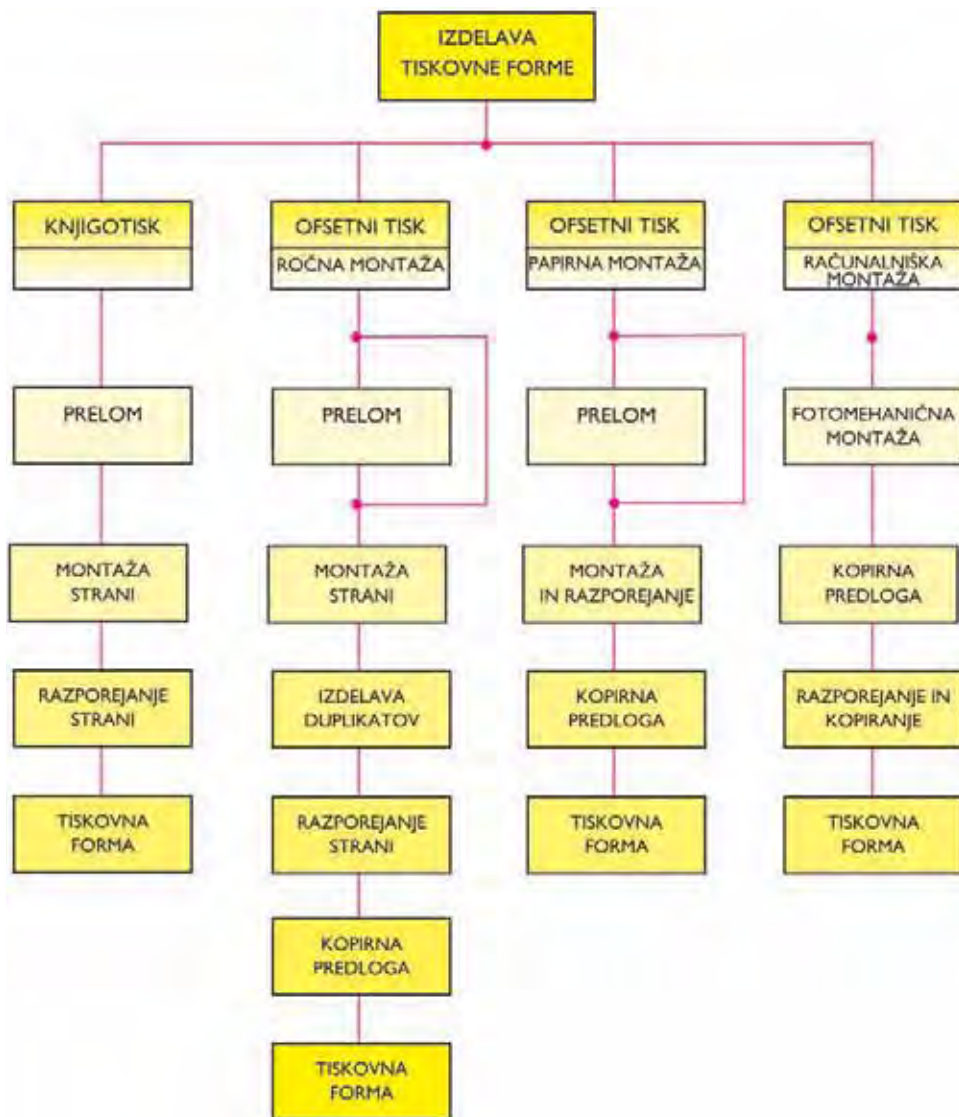
Vse opisane tehnološke operacije so z blokvnimi shemami prikazane na sliki 10.18. V primerjavi s knjigotiskom, pri katerem lomimo in razporejamo strani iz svinčenega stavka in klišejev, sta prelom in razporejanje v ofsetnem in drugih tehnikah tiska veliko zahtevnejša. Da bi skrajšali tehnološke procese in si olajšali delo, so razvili računalniško podprt fotomehnični prelom in razporejanje. To je najpopolnejši tehnološki proces pri fotomehničnem upodabljanju; slika 10.19. Na podlagi zrcal za posamezne strani oštevilčimo negative ali diapozitive, v tem primeru rastrirane slike in fotostavek ter izdelamo program osvetljevanja. Oboje vstavimo v avtomat za prelom, ki z njimi osvetljuje fotomaterial in fotomehnično sestavi strani. Celostranske kopirne predloge vstavimo nato v kopirni avtomat, ki jih glede na razporeditveni načrt osvetljuje na ofsetno ploščo oziroma novo tiskovno formo.



Slika 10.16 Razporeditveni načrt za knjigoveško polo s štirimi listi ali osmimi stranmi, ki bo križno zgibana.

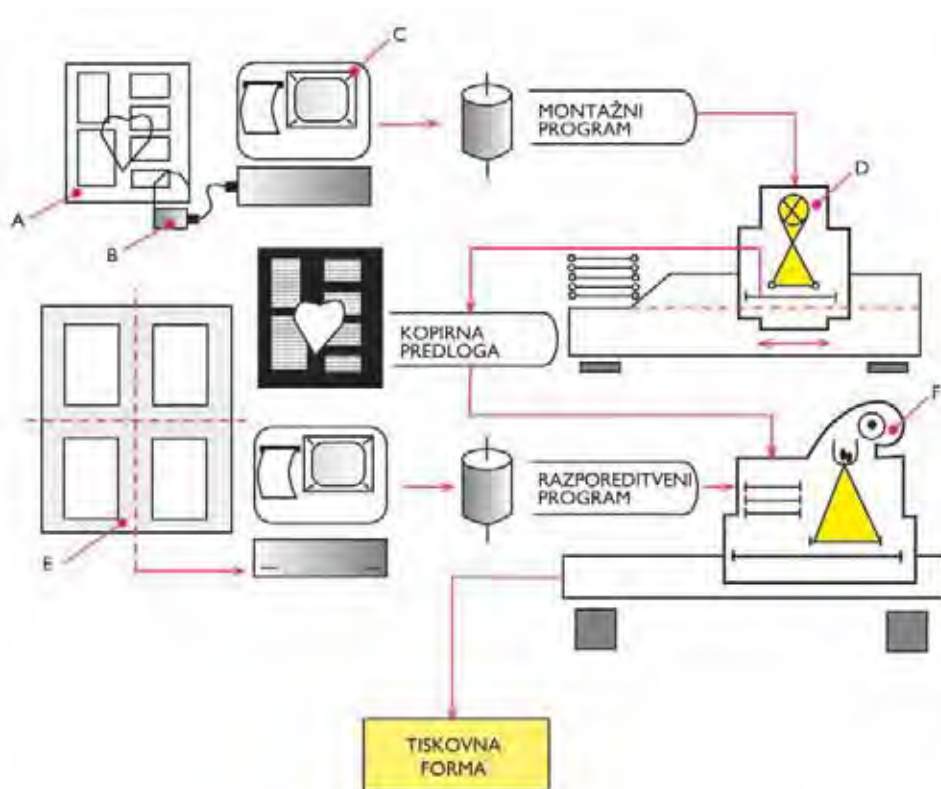


Slika 10.17 Razporejanje in montaža formatne kopirne predloge na montažni mizi.



Slika 10.18 Izdelava tiskovne forme z različnimi tehnološkimi procesi.

Desno zgoraj slika 10.19 Računalniško podprt fotomehantični prelom in razporejanje celostranskih kopirnih predlog: A – zrcalo, B – miška oz. digitalnik, C – računalnik, D – avtomat za prelom strani in izdelavo celostranskih kopirnih predlog, E – razporeditveni načrt, F – avtomat za kopiranje na ofsetno ploščo.

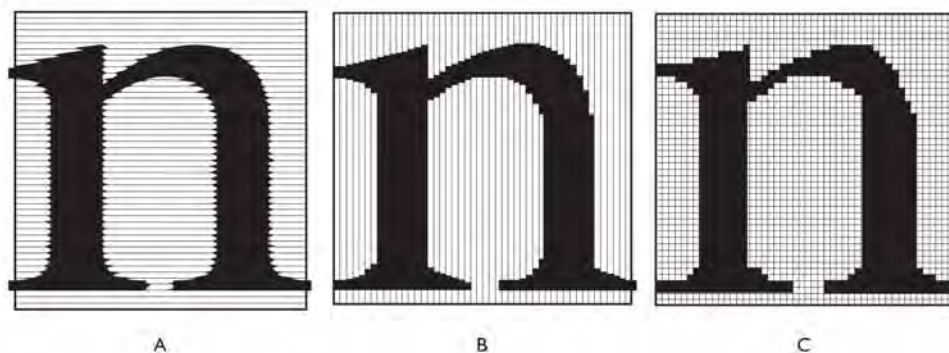


10.2 Analogni reprografski procesi

Analogni reprografski procesi so pravzaprav hibridni, fotoelektronski in mestoma celo digitalizirani procesi. V njih najdemo povsem fotomehanske, npr. kontaktno kopiranje a tudi docela digitalne tehnološke operacije, denimo osvetljevanje celostranskih kopirnih predlog na film (kasneje jih montiramo v formatno kopirno predlogo kot opisuje prejšnje poglavje). Vsekakor pa je prepoznavnost analognih upodobitvenih procesov tehnologija skeniranja, ki jo uporabljamo tako pri repro- kot pri tipomodulaciji. V celoti se proces zaradi tega bistveno ne spremeni, poveča pa se njegova delovna storilnost, zlasti pa kakovost barvnih reprodukcij.

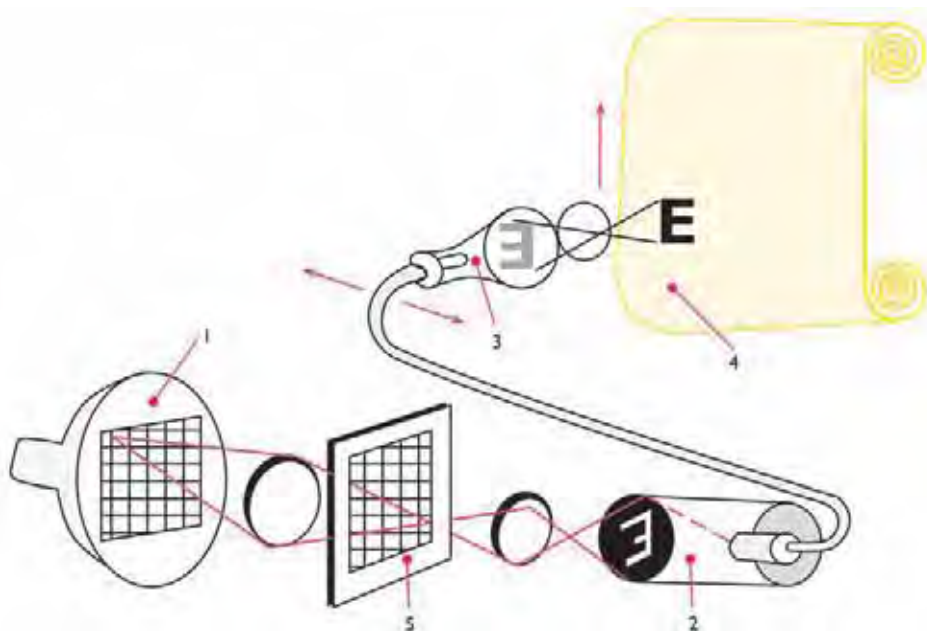
10.2.1 Svetlobni in digitalni stavek

Svetlobni stavek je fotostavek, ki ga izdelamo s skeniranjem, v nekaterih primerih pa dobesedno s televizijsko tehnologijo. To pomeni, da fotomateriala ne osvetlimo s projiciranjem fotomatrice, pač pa tako, da osvetlimo točko za točko kakšnega znaka, kot se to dogaja v slikovni cevi; slika 10.20. Ločimo video in digitalni svetlobni stavek. Prvega ponazarja slika 10.21, drugega 10.22. Digitalni svetlobni stavek nima tipografskih znakov v obliki fotomatric. Namesto tega so kodirani in numerično zapisani v spominu procesnega računalnika, v tako imenovanem črkovnem generatorju. To je mogoče le, če vsak znak razdelimo na končno število vnaprej definiranih elementarnih točk; slika 10.20C.

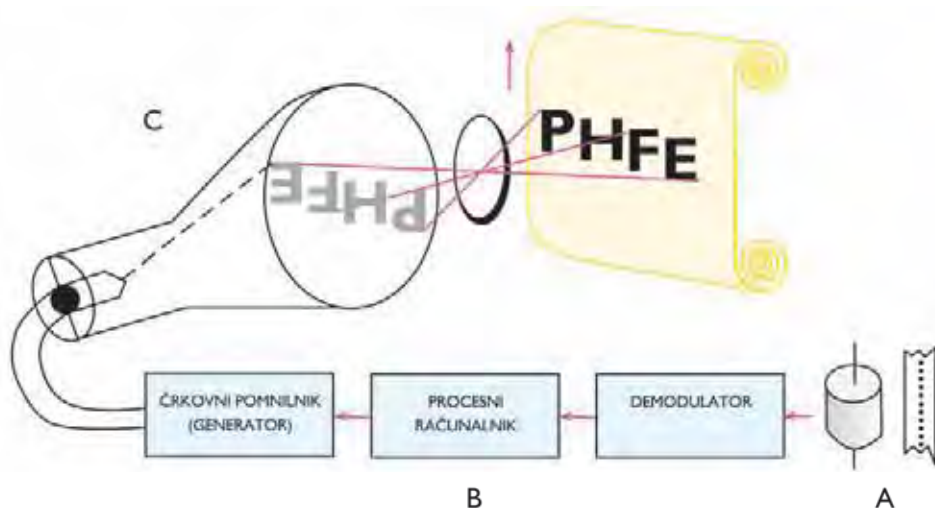


Slika 10.20 Slika črke na slikovni cevi pri svetlobnem stavku: A – , in B – kot video svetlobni stavek, C – kot digitalni svetlobni stavek

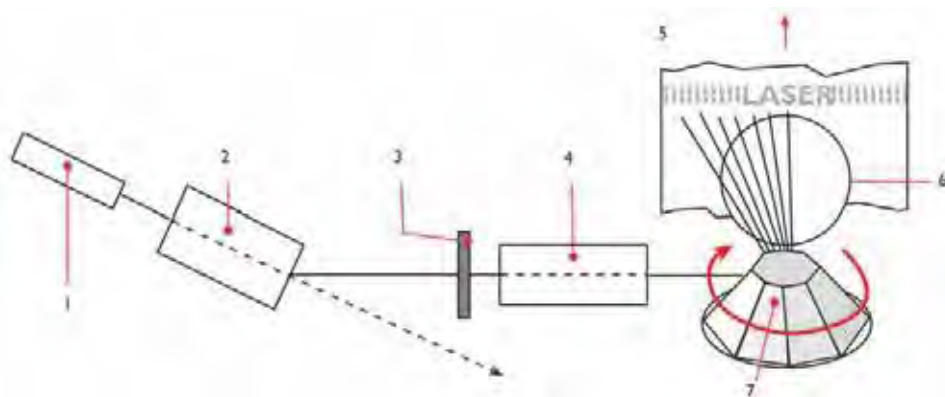
Prava oblika digitalnega svetlobnega stavka je šele laserski stavek. Katodno cev je zamenjal precizni laserski žarek, ki osvetljuje eno elementarno točko za drugo. Vendar ga ne moremo odklanjati tako poljubno kot elektronskega, zato tudi ne more upodabljati enega znaka za drugim, marveč eno elementarno točko za drugo pri definirani naslovni ločljivosti cele strani. Pri tem potuje prek vseh točk določene površine, nekatere osvetli, drugih ne in s tem na njej upodobi vse znake; slika 10.23.



Slika 10.21 Pri svetlobnem stavku so v črkovni ploščici 5 – fotomatrice, vendar se ta niti ne premika niti ne vrti. To omogoča katodna cev 1 –, ki sliko znaka projicira na snemalno cev 2 –. Snemalna cev skenira črkovno podobo, električne signale pa posreduje ojačevalcu, ki z njimi krmili upodabljanje v slikovni cevi 3 –. Ta osvetli posamezne točke fotomateriala 4 – in iz njih sestavi podobo tipografskega znaka. Osvetljevanje upravlja procesni računalnik, ki krmili elektronski žarek v katodni cevi 1 –, pomik slikovne cevi 3 – in fotomateriala 4 –.



Slika 10.22 Pri digitalnem svetlobnem stavku upravlja osvetljevanje programiranih elementarnih točk procesni računalnik na podlagi kodiranega stavka na papirnem ali magnetnem traku, magnetni disketi. Tega čita dekodler A –, ki informacije posreduje procesnemu računalniku B –, ki v generatorju aktivira izpis ustreznega znaka na slikovni cevi C –. Tam se upodobi in na fotomaterial osvetli cela vrsta stavka.



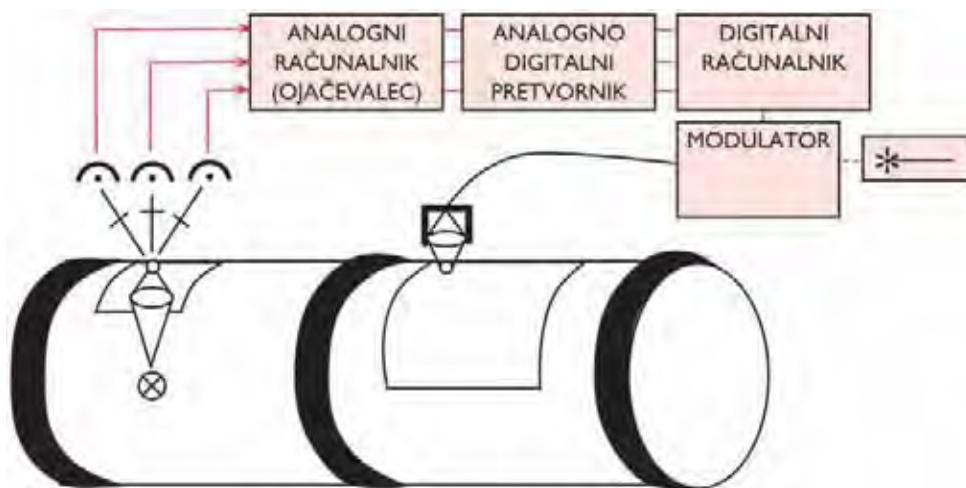
Slika 10.23 Laserski osvetljevalnik za digitalni fotostavek: 1 – laser He-Ne, 2 – modulator, ki ga upravlja procesni računalnik na podlagi črkovnega generatorja, 3 – svetlobni filter, 4 – optični sistem, 5 – fotomaterial, 6 – leča za fokusiranje, 7 – odklonsko mnogokotno zrcalo.

10.2.2 Skenerji in klišegrafi

Skenerji in klišegrafi so stroji, ki so zamenjali reproduksijske kamere, povečevalnike in kontaktne aparate, vendar tudi kemigrafske procese v celoti; slednje velja za klišegrafe v visokem in globokem tisku. Tudi zaradi njih se blokovna shema reproduksijskega procesa ne spremeni bistveno, povečata pa se kakovost reprodukcij in količina opravljenega dela. Kakovost se poveča zaradi skeniranja, s katerim lahko dobesedno sledimo model trikromatske reprodukcije na sliki 7.1. To je zato, ker analiziramo točko za točko predlo-

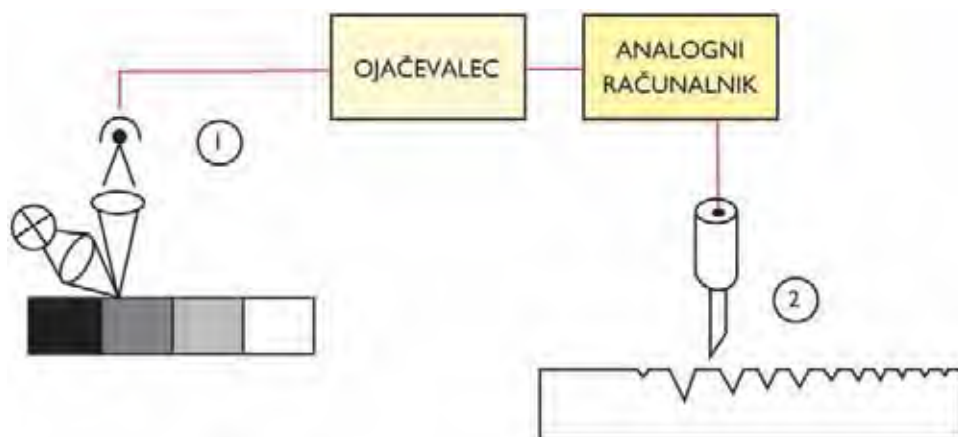
ge, in ne vse hkrati kot pri fotomehannični tehnologiji. Skenerji analizirajo predlogo z analognim skeniranjem, ki je opisano že v poglavju 7.3.2.1. Signale modulirajo z analognim računalnikom, rezultat pa je bil sprva večtonski negativ, ki smo ga morali rastrirati v kontaktnem aparatu. Šele kasneje so razvili tehnologije za neposredno rastriranje barvnih izvlečkov. Dokončno je bilo rešeno, ko so analogni računalnik v skenerju zamenjali z digitalnim oziroma so ga z njim nadgradili. Blokovno shemo skenerja z digitalnim računalnikom prikazuje slika 10.24.

- Skenerji z analognimi računalniki lahko izdelajo samo večtonske negative ali diapozitive.
- Skeniranje je vedno analogno; to pomeni, da svetlosti ustreza poljuben električni signal, ki se spreminja od slikovne točke do slikovne točke. Če želimo s skenerjem izdelati rastrirane negative ali diapozitive, moramo analogne signale spremeniti v digitalne, s katerimi rastrski računalnik v skenerju upravlja upodobljanje rastrskih točk in pik; glej poglavje 6.3.3.2 Digitalno (elektronsko) rastriranje.



Slika 10.24 Bobnasti skener z digitalnim računalnikom. Snemalna in upodobitvena enota sta nameščeni ob enem bobnu, medtem ko so bili v uporabi tudi taki z ločenima enotama, kar je povečalo gospodarnost.

Klišegrafi so namenjeni za neposredno graviranje tiskovnih form v visokem in globokem tisku. Delovanje prikazuje blokovna shema na sliki 10.25. Pri graviranju tiskovne forme za globoki tisk je gravirna glava nameščena ob valju, delovanje gravirne igle pa mora biti nasprotno od tistega, ki ga opisuje slika. To dosežejo s primerno preureditvijo stroja in procesnega računalnika: igla zareže v primeru svetlih tonov manj, v primeru temnih pa bolj.



Slika 10.25 Delovanje klišegrava za knjigotisk temelji na analognem računalniku. Ko svetlobni žarek naleti na svetlo polje predloge se odbije v fotopomoževalko 1 –. Tam nastane električni signal, ki ga ojača ojačevalnik, modulira pa analogni računalnik. Na koncu potuje do elektromagneta, ki postavi gravirno iglo 2 – v rezalni položaj. Igla odstranjuje material tako dolgo, dokler je krogotok sklenjen in premo sorazmerno z jakostjo električnega signala – na klišēju za knjigotisk nastanejo proste površine. Ko naleti žarek na temno polje, nastane šibkejši signal, gravirna igla zareže manj kot prvič, proste površine so manjše, tiskovne pa večje.

10.3 Digitalni reprografski procesi

Slednji temeljijo izključno na digitalnih tehnoloških operacijah in digitalnih ali vsaj digitaliziranih strojnih komponentah. Digitalne so vhodne enote, procesne (izvedbene) in izhodne enote, le izjemoma je prisotna kakšna analogna tehnološka operacija ali komponenta. Tudi dokumenti, ki krožijo v procesu, so digitalni. Zasnova in oblikovanje grafičnega izdelka, rokopisi in slike, repro- in tipomodulacija, prelom in razporejanje strani pa tudi izdelava formatnih kopirnih predlog, tiskovnih form ali odtisov, vse je digitalno, v primerjavi z analognimi, zlasti pa hibridnimi tehnološkimi procesi, na videz izjemno pregledno in enostavno; slika 10.26. Na videz zato, ker pasti skriva računalniška oprema, programska in strojna. Le kakovostna in učinkovita programska oprema zanesljivo deluje, podpira tehnološke operacije in jih povezuje v celoto. Enakovreden dejavnik za delovanje so še standardizirani formati digitalnih dokumentov.

Za repro- in tipomodulacijo so namenjene zlasti vhodne in procesne enote, za prelom in razporejanje izvedbene enote, izhodne pa bodisi za izdelavo formatnih kopirnih predlog bodisi za izdelavo tiskovnih form ali odtisov. »Odločitvena enota« je vselej grafičar, ki proces upravlja. Ker so digitalne, so vse delovne in tehnološke operacije znotraj procesov računalniško podprte: računalnik podpira vnašanje besedila, digitalno fotografijo in skeniranje slikovnih predlog, prelom in razporejanje strani, preizkusni tisk in izdelavo tiskovne forme ter končno tiskanje. Ker gre v procesu za pretok vizualnih informacij v obliki digitalnih podatkov, lahko z njimi po zaslonih rišemo, barvamo, oblikujemo, pre-

lamljamo, razporejamo, skratka skoraj neomejeno moduliramo novo tiskovino. Na voljo mora biti le dovolj zmogljiva računalniška in programska oprema. Sem sodijo tudi zmogljive spominske enote za arhiviranje dokumentov.

- Formatna kopirna predloga je izdelana iz enega kosa fotomateriala v končnem formatu tiskarske pole, medtem ko ima kopirna predloga v obliki montaže v najboljšem primeru na poliestrsko folijo nalepljene celostranske kopirne predloge, ki smo jih pred tem ročno razporedili. Prav zato procesov s takimi tehnološkimi operacijami ne moremo prištevati med digitalne.
- Celostranska kopirna predloga vsebuje vse tiskovne elemente ene strani na istem kosu fotomateriala.
- Formatna kopirna predloga vsebuje tiskovne elemente ene tiskarske pole na enem kosu fotomateriala, po velikosti pa ustreza tiskovni formi.
- Digitalni reprografski **sestav** je pojem, ki se nanaša na tehnični stroj in zmogljivost, digitalni reprografski **sistem** pa je pojem, ki se nanaša na procesno povezanost komponent, tehnološko zmogljivost in uporabniško raven sestava. Tehnološka zmogljivost je zelo pogojena s programsko podporo.
- Temeljna značilnost digitalnih reprografskih sistemov je pretok in računalniška obdelava digitalnih dokumentov. Vse do trenutka, ko je tiskovina dokončno oblikovana in pripravljena za tiskanje, ne potrebujemo nikakršnega fotomateriala pa tudi fotokemičnega procesa ne. Odpade obilo ročnega dela, delo je hitreje in boljše opravljeno, saj so napake pri fotomehaničnih operacijah pogoste, korekture pa težavne.

Sestavi za digitalno reprografijo so si podobni; vedno jih tvorijo že omenjene vhodne, procesne in izhodne enote, vedno gre za računalniško podprto, digitalno tehnologijo grafičnih procesov in postopkov. Nikakor ni smotrno, da bi jih ločevali po tehnični plati izvedbe ali zmogljivosti posameznih komponent. Raje jih razlikujemo po tehnološki zmogljivosti, ki jo podpira instalirana strojna in programska oprema. Podobno kot stroje za digitalni tisk (poglavje 8.7), razlikujemo:

- ✓ avtorsko reprografijo,
- ✓ pisarniško (hišno) reprografijo,
- ✓ studijsko reprografijo
- ✓ in industrijsko reprografijo.



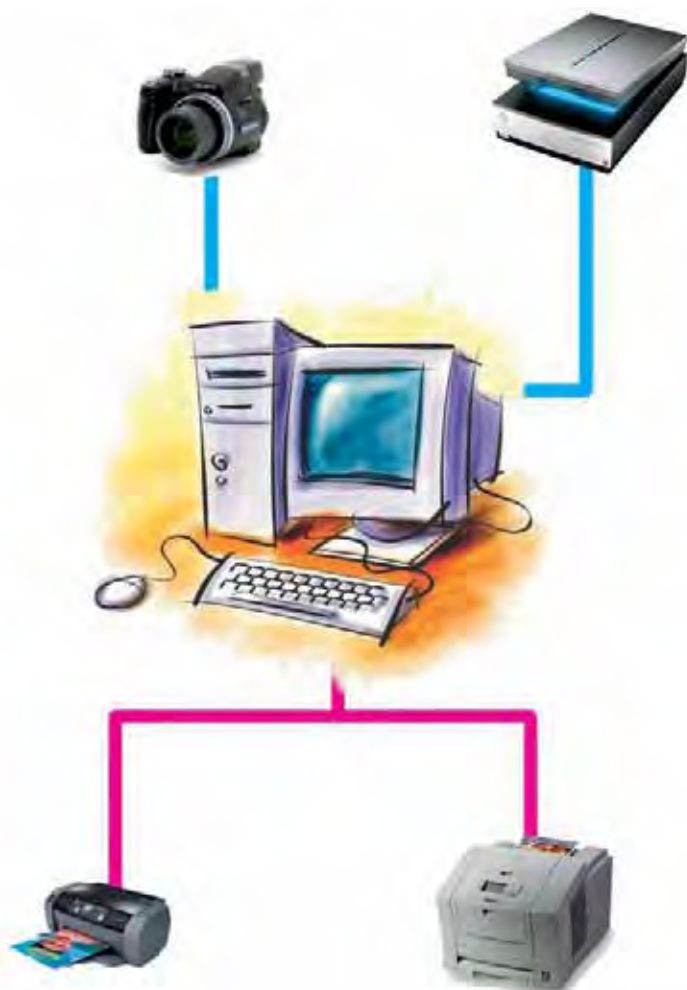
Slika 10.26 Blokovna shema digitalnega reprografskega procesa z izvedenkami. Izvedenka A – je pravzaprav hibridni proces, ker s formatno kopirno predlogo tiskovno formo izdelamo s klasičnim kemigrafskim procesom. Pri izvedenki B – jo izdelamo neposredno z digitalnim kopiranjem ali neposrednim digitalnim upodabljanjem (glej poglavje 8.5 Stroji za ofsetni tisk), pri C – pa tudi to ni potrebno, ker uporabimo eno od digitalnih tiskarskih tehnik.

10.3.1 Digitalna avtorska reprografija

Z avtorsko reprografijo sta v najtesnejši zvezi dve priljubljeni kratici: DTP in DTR. *Desk Top Publishing*, v prevodu »namizno založništvo«, se nanaša bolj na urejanje besedil in rokopisa ter pripravo digitalnih risb kot na tipografsko oblikovanje. Reproduciranje slik je slabo podprto, zato v primerih, ko ni tako, govorimo o »namizni reprodukciji«, angleško *Desk Top Repro*. V resnici gre seveda za namizno reprografijo, sočasno obdelavo besedila in slik. Opremo in reprografski proces na avtorski ravni ponazarja slika 10.27. Standardna računalniška oprema za platformi Windows ali Macintosh ni nikakršna večja težava, saj je dovolj zmogljiva in lahko upodablja in modulira najmanj 16,7 milijona barv. Zatika se pri programski opremi. Večina avtorjev uporablja »samozadosten« programskega paketa MS Office z gonilniki, ki jih kupijo hkrati s strojno opremo, denimo Adobe Photoshop Elements z digitalno kamero. Vendar MS Office (za zdaj) temelji na barvnem modelu RGB in je samozadosten samo tako dolgo, dokler dokumente tiskamo na digitalnih tiskalnikih za osebno ali pisarniško rabo; za druge tiskarske tehnike jih je treba pretvoriti v barvni model CMYK, čemur večina avtorjev ni dorasla, tudi tipografskemu oblikovanju ne, čeprav se močno trudi tudi na tem področju. Ne zaveda se, da so dokumenti v Wordovem formatu *.doc v tiskarni neuporabni in jih je treba preoblikovati; pa ne zgolj zaradi tehničnih zadreg, marveč tudi zaradi neprimerne grafične podobe. Samooblikovanje, ki ga ponuja Wordov svetovalec in uporablja večina tajnic, je z vidika estetskega (ne vrhunskega) tipografskega oblikovanja popolna katastrofa.

Nekaj podobnega se dogaja z digitalnimi slikami. Nič ni narobe, da so zapisane v barvnem modelu RGB, pač pa, da so nizkoločljive in neprimerne za objavo v tiskanih medijih. Takšne slike so se pojavile z uvedbo (slabih) digitalnih fotoaparátov na mobilnih telefonih. Če kdo kupi mobilnik s fotoaparátom, zato še ni fotoreporter.

- Avtorska reprografija je primerna zgolj za interno realizacijo tiskovin (skripta, učni listi, nezahtevna poslovna poročila ali glasila), za tiskanje pa lahko z njo pripravimo zgolj kakovosten rokopis in slike.
- Rokopis mora biti napisan z enim od standardnih fontov (npr. times new roman, ariel) in zapisan v formatu *.rtf (Rich Text Format), ki ga prepozna večina grafičnih aplikacij, ohrani pa tudi vse tipografske značilnosti besedila: krepko ali kurzivno pisavo, umike, narekovaje, akcente, grške znake in podobno.
- Če avtor uporabi kakšen poseben ali nestandarden font, ga mora besedilu priložiti. Vrste in uporabo fontov razlaga poglavje 10.5 Digitalne pisave in fonti.
- Rokopis mora biti brez slik; te avtor priloži posebej (na optični plošči, spominskem ključku USB), v besedilu pa označi mesto zanje.
- Slike so lahko RGB, vendar morajo biti kakovostne in visokoločljive. Posnetki s spletnih strani so za tisk večinoma neuporabni.



Slika 10.27 Sestav za digitalno avtorsko reprografijo je preprost. Tvorijo ga dovolj zmogljiv osebni računalnik s snemalnikom DVD za arhiviranje, kakovosten monitor, digitalna kamera in ploski skener, nujen pa je tudi primeren barvni tiskalnik.

10.3.2 Digitalna pisarniška reprografija

Sestav za pisarniško reprografijo je namenjen za pripravo in izdelavo zahtevnejših, če je le mogoče grafično ali vsaj korektno tipografsko oblikovanih tiskovin, kot so poslovna poročila, promocijska gradiva, tehnična dokumentacija, navodila; slika 10.28. Minimalna programska oprema je z Adobe Acrobatom dopolnjen MS Office. Ta omogoča pripravo dokumentov v formatu *.pdf, ki so primerni za uporabo v studijski ali industrijski reprografiji in profesionalno tiskanje publikacij. Žal pa takih dokumentov ne zna pripraviti vsakdo, zato vsemu navkljub povzročajo veliko preglavic; glej poglavje 10.4 Formati digitalnih dokumentov. V mrežo je navadno povezanih več računalnikov, dodane pa so tudi naprave za avdiovizualne prezentacije.



Slika 10.28 Sestav za digitalno pisarniško reprografijo je zelo podoben avtorskemu, le da so komponente bolj zmogljive in kakovostne. To velja predvsem za tiskalnik, tudi tiskarski stroj, ki je pogosto kombiniran s fotokopirnim (glej sliko 8.48).

10.3.3 Digitalna studijska reprografija

Sestave za studijsko reprografijo lahko razdelimo v dve večji skupini:

- ✓ tiste, ki podpirajo sisteme za grafično oblikovanje in pripravo vseh vrst grafičnih izdelkov; polizdelek so digitalni dokumenti v formatu *.pdf (digitalne strani, oglasi...), in so neposredno uporabni za tiskanje s katero koli analogno, digitalizirano ali digitalno tiskarsko tehniko

- ✓ in na one, ki poleg navedenega lahko izdelajo tudi formatne kopirne predloge ali (najpogosteje) tiskovne forme za ofsetni tisk.

Studijski sestavi so zato ne le zmogljivejši, marveč vsebujejo več istovrstnih v mrežo povezanih komponent. Omreženje omogoča izmenjavo digitalnih dokumentov brez uporabe zunanjih medijev in uporabo istih izhodnih enot, denimo tiskalnika, na vseh delovnih postajah; slika 10.29. Ker je spominski obseg dokumentov (najmanj 50 MB za format A4) izjemno velik, morata biti zelo veliki tudi procesna in spominska zmogljivost vsega sestava. V tem sistemu so uporabne samo najboljše digitalne kamere in skenerji visokih ločljivosti in brez napak, kot je slikovni šum ali kromatična aberacija. Enako velja za monitorje in tiskalnike, še zlasti, če z njimi tiskamo barvno (pogodbeno) obvezujoče preizkusne natise za avtorsko korekturo. Zaslone morajo biti kalibrirani (poglavje 7.2.3 Simuliranje barvnih učinkov in kalibriranje), ker lahko le tako z ustrezno programsko opremo izpolnjujejo načelo WYSIWYG: *What You See is What You Get*, v prevodu »Kar vidiš na zaslonu, se upodobi tudi na odtisu«. Kakovosten in korektno kalibriran monitor med drugim omogoča, da se izognemo preizkusnemu tiskanju s tiskalniki, ker vidimo tiskovino v pravih barvah že na zaslonu (zaslonski predogled, angleško *soft-proof*); ne le fotografije, tudi vse druge grafične prvine. Seveda se preizkusnemu tiskanju ne moremo izogniti, če gre za avtorsko korekturo.

V studijski reprografiji potekata tipo- in repromodulacija na eni ali več delovnih postajah (računalnikih). Na eni, če so rokopis in slike že v dokončni digitalni obliki (to je izjema in ne pravilo), na različnih, če moramo predloge skenirati, slike pretvarjati iz enega barvnega modela v drugega ali na njih izvajati posebne učinke (sence, prelive, prostostoječi motivi, kopiranje slike v sliko, retuširanje napak, lepotna retuša, odpravljanje slikovnega šuma itn.).

Medtem ko na prvem računalniku poteka repromodulacija, drugega uporabljamo za tipomodulacijo in prelom. Četudi dostavijo že lektorirano besedilo v formatu *.rtf, delo ni avtomatsko opravljeno. Največ zadreg je z deljenjem besed pa tudi posebnimi tipografskimi znaki in fonti. Še huje je z nelektoriranimi besedili, ki jih je treba še jezikovno urediti. V takih primerih je najbolje, da tudi lekturo opravimo na odtisih za domačo korekturo. Prelom in oblikovanje strani potekata na podlagi zrcala, ki smo ga v digitalni obliki že vnaprej pripravili: po veljavni zasnovi besedilo in slike povečujemo – pozor, omejeno je s slikovno ločljivostjo in rastrsko strukturo – in pomanjšujemo, kombiniramo med seboj in z naslovi, izdelujemo prostostoječe slike, prelive in podobno. Tudi zrcalo lahko dostavi naročnik ali zunanji grafični oblikovalec, najbolje pa je, da tiskovino oblikuje tisti, ki jo je zasnoval; če tega ne zmore sam, pa s pomočjo izkušenega reprografa. Da bi opravili domačo korekturo urejene in oblikovane strani, jo natisnemo s primernim tiskalnikom. Tipografsko urejen stavek nato korektor primerja z lektoriranim rokopisom, ali pa lektor besedilo najprej jezikovno uredi in šele nato na podlagi popravkov opravimo še korekturo.

Standardna programska oprema za izvedbo navedenih operacij je Adobe Photoshop za repromodulacijo, Adobe Illustrator za risanje in Adobe In-Design za tipomodulacijo in prelom tiskovine. Ob tem je obvezen še Adobe Acrobat za izdelavo standardiziranih dokumentov *.pdf; ti morajo biti pripravljene po zahtevah izbrane tiskarske tehnike.

Studio, ki želi izdelati formatno kopirno predlogo na filmu ali celo tiskovne forme za ofsetni tisk, mora biti opremljen še z osvetljevalnikom in procesorjem za film in/ali digitalno kopiranje ofsetnih plošč CTP; glej poglavje 10.9. Digitalno kopiranje tiskovnih form. K temu sodi seveda še ustrezna programska oprema za razporejanje strani ter rastrski računalnik RIP za rastriranje in prekrivanje barvnih izvlečkov. Razporeditveni načrt, boljše program, pripravi studio glede na zahteve in možnosti tiskarne, ki bo realizirala tiskovino. Ko so strani ali druge grafične prvine tiskarske pole, denimo etikete, razporejene, jih program pretvori v format PostScript CMYK, iz katerega rastrski računalnik RIP izdelava štiri bitmape v enobitnem formatu TIFF/IT. Rastrski računalnik ne le rastrira barvne izvlečke, marveč njihovo ločljivost prilagodi ultra visoki ločljivosti osvetljevalnika. Zlasti starejši osvetljevalniki niso kar vsi po vrsti primerni za upodabljanje barvnih izvlečkov. Pogosto povzročajo težave s slabim skladjem in moarejem. Osvetljevalnik za formatne kopirne predloge z osvetljevanjem v notranjem bobnu in integriranim procesorjem prikazuje slika 10.30.

- PostScript je programski jezik (interpreter), ki tiskovne elemente strani, kot so pika, črka, akcent, rastrska pika in podobno ne zapiše kot vnaprej dano kombinacijo elementarnih točk, temveč v matematični obliki kot Bazierove funkcije. Takšen zapis lahko kasneje obdela rastrski (procesni) računalnik RIP, tako da želena kombinacijo elementarnih točk prilagodi ločljivosti izhodne naprave: tiskalnika, osvetljevalnika, digitalnega tiskarskega stroja. To pomeni, da isti dokument v formatu PostScript lahko upodobimo na kateri koli izhodni napravi, ki ima ustrezen rastrski računalnik RIP.
- RIP, *Raster Image Processor* je procesni računalnik, ki »razume« PostScript in barvne izvlečke pri želeni naslovni ločljivosti spremeni v bitmapo elementarnih točk, s katerimi se na izhodni napravi upodobijo druge grafične prvine. Bitmapa je zapisana v enobitnem formatu *.tiff.

Reprografske studio, ki izvaja storitve za zunanje tiskarne, mora biti opremljen tudi z opremo za izdelavo barvno obvezujočih digitalnih preskusnih odtisov. Te uporablja za avtorsko korekturo in jih hkrati s kopirnimi predlogami ali tiskovnimi formami dostavi tiskarju. V ta namen so zelo primerni kapljični tiskalniki, s katerimi ne simuliramo le barvne učinke, marveč celo rastrske strukture, s katerimi bomo tiskovino natisnili.

Formatne kopirne predloge tiskar kontaktno kopira na ofsetne plošče; če so tiskovne forme izdelane že v reprografskem studiu, jih zgolj vpne v stroj, primerno nabarva, uravna skladje in uskladi s preskusnim odtisom. S stavkom običajno ni zadreg, z reprodukcijami pa jih je najmanj, če smo repromodulacijo opravili z enim od standardov iz serije (SIST) *ISO 12647 Grafična tehnologija – Vodenje procesa izdelave rastriranih barvnih izvlečkov, preizkusnih in proizvodnih odtisov*, ki so jo pripravili za akcidenčni in časopisni ofsetni tisk, za flekso-, globoki- in sitotisk ter digitalni studijski in pisarniški tisk.



Slika 10.29 Vhodne, procesne in spominske enote v studijski reprografiji morajo biti zaradi izmenjave podatkov brezpogojno povezane v mrežo.

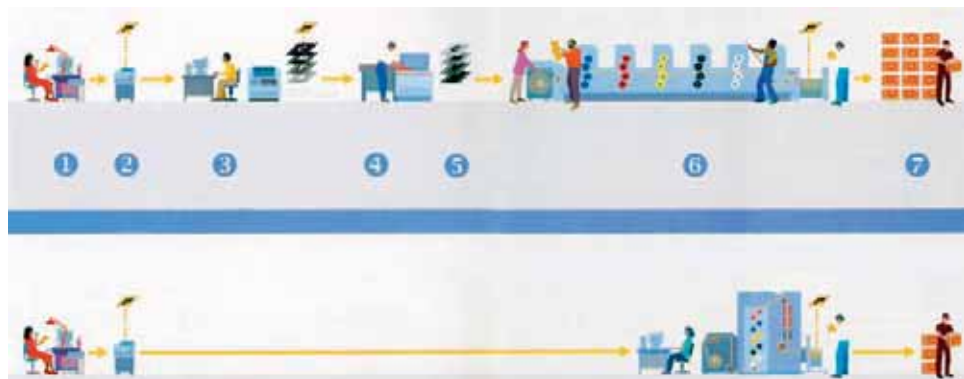


Slika 10.30 Osvetljevalnik za film s procesorjem. Z njim izdelamo formatne kopirne predloge, zato ročno razporejanje in montaža (lepljenje) celostranskih kopirnih predlog na poliestrsko folijo nista potrebni.

10.3.4 Digitalna industrijska reprografija

Sestav za industrijsko uporabo digitalne reprografije se v ustroju ne loči bistveno od študijskega. Na študijsko raven se navezuje še tiskanje in dodelava, v sestavu so naprave za upodabljanje velikih formatov, nekatere specialne izhodne naprave, kot so klišeografi za globoki, flekso-, in sitotisk ali pa kar digitalni tiskarski stroji. Digitalno tiskanje pa ni tako zelo linearen proces, kot se zdi na prvi pogled. Pravzaprav odpade samo ena tehnološka operacija, to je upodabljanje analogne tiskovne forme; digitalno moramo pripraviti enako kot prvo; slika 10.31. Operacije, kot so vhodni nadzor dokumentov PDF, razporejanje strani, rastriranje in prekrivanje barvnih izvlečkov, barvno upravljanje, izdelava datotek CIP3/4 in JDF so latentno prisotne. Latentno zato, ker jih izvajamo na enem samem dovolj zmogljivem računalniku s kompleksno programsko opremo za upravljanje delovnih procesov, ki ji v angleščini pravijo *workflow management*. Večina programskih paketov te vrste ima zato končnico -flow: *Trueflow*, *Puzzleflow* ... Z njo ne upravljamo zgolj delovnih procesov v reprografiji, pač pa v vsej grafični dejavnosti, vključno z dodelavo. To omogočajo datoteke JDF (*Job Data Format*) in CIP3/4 (*International Cooperation for Integration of Prepress, Press and PostPress*), glej sliko 10.32 in naslednja poglavja. Programi za upravljanje delovnih procesov so večinoma zasnovani modularno, na podlagi samostojnih aplikacij ali komponent, ki jih glede na potrebe lahko poljubno sestavljamo. Vsebujejo lahko okoli 40 ali več samostojnih modulov.

Sestav za industrijsko reprografijo je v časopisnih hišah povezan še z redakcijo, ta pa z arhivom in ustreznimi telekomunikacijskimi in satelitskimi zvezami. Takšne povezave med drugim omogočajo sočasen tisk časopisa ali revije na različnih koncih sveta.



Slika 10.31 Primerjava reprografskih procesov za ofsetni tisk s celostranskimi kopirnimi predlogami in za digitalni tisk. V drugem primeru so tehnološke oziroma delovne operacije, kot so vhodni nadzor dokumentov, barvno upravljanje, razporejanje strani, rastriranje in prekrivanje prikrite, ker jih lahko izvajamo na eni sami delovni postaji oziroma računalniku. Številke pomenijo: 1 – grafično oblikovanje, tipo- in repromodulacija, priprava PostScript dokumentov 2 – digitalni preizkusni tisk, 3 – rastriranje na RIP-u in izdelava celostranskih kopirnih predlog, 4 – razporejanje in montaža formatne kopirne predloge, 5 – kemigrafska izdelava tiskovnih form, 6 – tiskanje iz zvitka v pole, 7 – odprema tiskovin.



Slika 10.32 Na eni ali več delovnih postajah 1 – grafični oblikovalec ali reprograf pripravi zrcalo, stavek in reprodukcije, na koncu pa opravi še prelom strani. Ko je opravljena avtorska korektura, dokument »izvozi« v formatu *.pdf, vse redkeje pa kot PostScript dokument v formatu *.ps. Slednji je lahko zapisan samo v barvnem prostoru CMYK, prvi tudi v RGB. Dokumenti *.ps morajo biti obvezno pripravljene za znano tehniko tiskanja, ker jih ne moremo barvno upravljati. Po drugi strani so dokumenti *.pdf lahko pripravljene za poljuben barvni prostor, le da so jim priloženi barvni profili s katerimi jih lahko spreminjamo iz enega barvnega prostora v drugega. V vsem drugem mora aplikacija upoštevati zahteve za izdelavo standardnih dokumentov PDF (glej poglavje 10.4). Da je temu res tako, preverimo na vhodni delovni postaji 2 – s programom za nadzor, ki se v angleščini imenuje preflight check. Eden od njih je tudi Adobe Acrobat Professional 8.0. Nadzorni programi napake odkrijejo, hkrati pa omogočajo, da jih tudi odpravimo. Na vhodni postaji pripravimo tudi razdelitveni načrt in razporedimo strani, pred rastriranjem na RIP-u in izdelavo tiskovnih form pa na velikoformatnem tiskalniku 3 – izdelamo še preizkusne natisne za revizijo. Sodobna oprema omogoča izdelavo barvno obvezujočih natisov za naročnika in tiskarja. Odobreno tiskovino smemo »ripati« in izdelati enobitne dokumente za osvetljevanje tiskovnih form 4 – ali upodabljanje v formatu TIFF/IT. »Ripanje« ne pomeni zgolj rastriranje, ker se lahko opravi tudi preobrazba barvnih izvlečkov iz enega barvnega prostora v drugi ter izvede njihovo prekrivanje in pokrivanje. Sočasno s temi operacijami poteka izdelava dokumentov CIP3/4 PPF za upravljanje tiska in dodelave, medtem ko v operativi pripravijo delovne naloge, to je dokumente v formatih JDF in JMF za dvosmerno komuniciranje med tehnološkimi operacijami in avtomatični potek tehnološkega procesa.

Programski paketi za upravljanje procesov so modularni, kar pomeni, da lahko določene tehnološke in delovne operacije sestavljamo glede na zahteve tiskanja in dodelave. Ko kakšen proces tako razvijemo in preizkusimo, deluje avtomatično. Trije značilni primeri so na slikah 10.33, 10.34 in 10.35.

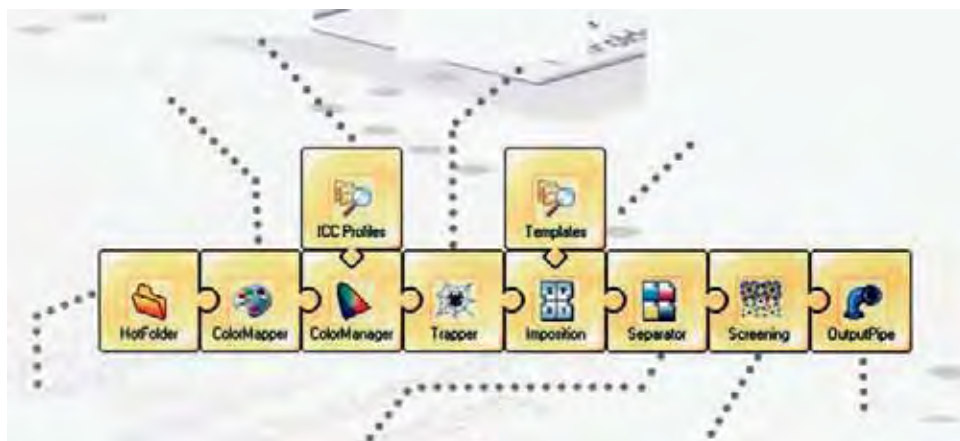
- Zaradi vse bolj uporabniško prijazne in finančno dosegljive opreme za reprografijo, vedno več tehnoloških in delovnih operacij v procesu opravijo avtor, založnik, naročnik ali po njihovem naročilu grafični oblikovalec. Vseeno pa je učinkovitost procesa in kakovost izdelka pogojena predvsem z znanjem, spretnostjo in motivacijo grafičnih operaterjev.



Slika 10.33 Delovni proces za avtomatični vhodni nadzor dokumentov. Dokumente, ki jih želimo pregledati, odložimo v vhodno ovojnico (Hot Folder), ki požene procesiranje delovnih operacij: normalizator (Normalizer) pretvori dokumente v formatu Postscript in slike v formatih TIFF, JPEG, CT, EPS, DCS in drugih na skupni imenovalec, tj. format PDF, medtem ko dokumentov v formatu PDF ne pretvarja; z njimi se ukvarja šele modul za nadzor (PreflightCheck). S tem je povezan arhiv (Archive), v katerega shranjuje poročila o pregledanih dokumentih in neustrezne dokumente, neoporečne pa shrani na želeno lokacijo v izhodno ovojnico.



Slika 10.34 Delovni proces za izvedbo preizkusnega tiska. Vhodna ovojnica Hot Folder je kreirana tako, da sprejme samo pregledane in odobrene dokumente, zato nadzor (PreflightCheck) ni več potreben. Z modulom za skaliranje (povečevanje/pomanjševanje – Page Resizer) pa lahko spreminjamo oziroma prilagajamo velikost in orientacijo dokumentov zahtevam tiskalnika. Programski modul BoxImposer na vsaki strani označi porezavo strani za vizualni nadzor pred razporejanjem, ki ga izvede modul Imposition. Razporejene strani modul PDF za barvno upravljanje (ColorManager) pretvori iz barvnega prostora za proizvodni tisk v barvni prostor tiskalnika, s katerim bomo simulirali videz tiskovine, za kar so v modulu ICC Profiles shranjeni ustrezni barvni profili. Razporejeni in barvno pretvorjeni dokumenti se shranijo v izhodno ovojnico OutputFolder, ki je hkrati vhodna ovojnica (spooling folder – čakalna, razdeljevalna ovojnica) tiskalnika.



Slika 10.35 Delovni proces za digitalno kopiranje tiskovnih form. Vhodna ovojnica (Hot Folder) je kreirana tako, da sprejme samo pregledane in odobrene dokumente. Ker bomo tiskovino natisnili s trikromijo v barvnem prostoru CMYK, ji sledi ColorMapper, modul, ki vse posebne barve (npr. Pantone, HKS) pretvori v ustrezne procesne kombinacije, kar dela v kombinaciji z modulom za barvno upravljanje ColorManager/ICC Profiles. Želeno prekrivanje in pokrivanje barvnih izvlečkov (glej poglavje 10.8) opravi Trapper. Razporejanje strani na podlagi razporeditvenih načrtov v modulu Templates opravi modul Imposition. Razporejeni dokumenti PDF so tu še zloženi (kompozitni – composite), zato jih še pred rastriranjem modul Separator pretvori v štiri barvne izvlečke. Modul Screening določi rastrske parametre, kot sta gostota in struktura rastra ter doda ustrezne korekcijske krivulje, denimo za izvedbo frekvenčnega rastriranja. Na koncu je izhodno vodilo (OutputPipe), ki procesirane dokumente pošlje neposredno na rastrski računalnik RIP, ne da bi jih shranjevali na disk.

10.4 Formati digitalnih dokumentov

Grafične aplikacije, kot so In-Design, Illustrator, FreeHand, Corel Draw same po sebi uporabljajo tako imenove izvorne formate (*native file formats*), za izmenjavo dokumentov med njimi in med različnimi računalniškimi platformami pa morajo biti tako standardizirani, da jih »razumejo« vsi sistemi. To so bodisi interaplikacijski formati (*inter-application formats*), bodisi navzkrižni računalniški formati (*cross-platform formats*). Nobena aplikacija ne podpira vseh formatov, marveč samo nekatere, izbrane, najbolj uporabne na določenem področju dela. Šele novejši formati, kot je PDF (*Portable Document Format*), so tako pripravljene, da take dokumente lahko odpre vsaka aplikacija, zato ni treba, da imamo na voljo originalno programsko opremo, s katero je bil dokument pripravljen. Seveda pa mora format PDF podpirati operacijski sistem.

Izvirne formate

dokumentov uporabljajo proizvajalci programske opreme za hitrejšo in lažje procesiranje znotraj aplikacij. Eden od številnih je npr. Photoshop PSD; uporaben je le znotraj programa za modulacijo slik Photoshop. Druge aplikacije ga v glavnem ne prepoznajo.

Interaplikacijski formati

digitalnih dokumentov so namenjeni za njihovo izmenjavo med istimi aplikacijami, ki lahko obratujejo v različnih operacijskih sistemih. Taki formati so slikovni formati, ki jih opisuje poglavje 7.1.6, na kratko pa bomo spoznali še nekaj drugih.

PICT je Applov format za upodabljanje binarne (bitmapne) grafike ločljivosti 72 dpi. Podatki PICT so tudi del elementov v visokoločljivih dokumentih formata EPS in omogočajo, da dokumente PostScript lahko vidimo na zaslonu.

WMF (*Windows Metafile Format*) igra v operacijskem sistemu Windows enako vlogo kot format PICT v MacOS. To je standardni format na platformah PC, če slike procesiramo s programi za oblikovanje ali prelom strani.

EPS (*Encapsulated PostScript*) je razvit neposredno iz PostScripta in lahko vključuje tako vektorsko kot binarno grafiko. Uporaben je za dokumente, namenjene za procesiranje znotraj večje količine podatkov v PostScriptu. Grafike v tem formatu lahko nameščamo, obrezujemo, rotiramo, skaliramo, tiskamo v različne aplikacije in iz njih, ne da bi se porušila integriteta dokumenta, in sicer zato, ker format EPS ne dopušča nikakršnega drugačnega moduliranja. To pove že ime: *encapsulated* – v kapsuli.

EPS/DCS (*Encapsulated PostScript Desktop Color Separation*) je izvedenka formata EPS, ki naj olajša tiskanje kompleksnih barvnih dokumentov s programi za prelom strani. Slike v dokumentih razdeli na štiri ločene barvne izvlečke in peto nizkoločljivo ogledno sliko, ki omogoča hitro uporabo pri prelomu tiskovine (brez čakanja kot pri visokoločljivih slikah).

PostScript je imel in posredno še vedno ima dominantno vlogo pri upodabljanju digitalno pripravljenih tiskovin. To je interpreter, računalniški programski jezik za opisovanje strani. V tem smislu je podoben BASICU ali FORTRANU. S tem jezikom kodiramo vse tiskovne elemente, stavek, grafike, risbe in slike. PostScript je sprva omogočal zgolj tisk ali izpis dokumentov pri poljubni (različni) ločljivosti določene izhodne naprave, sedaj pa njegova tretja izvedenka (PostScript 3) podpira tudi rastriranje s super celicami (glej 7.3.2.2 Digitalno sukanje rastrskih struktur), barvno upravljanje s profili ICC in interpretacijo dokumentov v formatu PDF, vsekakor pa še vedno zagotavlja strojno neodvisnost. PostScript je za operaterja pravzaprav neviden, ker deluje v ozadju oziroma v okviru gonilnikov za izhodne naprave PPS (*PostScript Printer Description*).

Navzkrižni formati

dokumentov so namenjeni za njihovo izmenjavo med različnimi aplikacijami na različnih operacijskih sistemih:

GIF (*Graphic Interchange Format*) je 8-bitni format za platformi Mac in PC in je zlasti namenjen za internet. Spominsko je nezahteven in omogoča hiter prenos dokumentov po računalniških mrežah, po drugi strani pa zagotavlja zelo slabo barvno kakovost in ni primeren za uporabo v grafični dejavnosti.

Najbolj znan in uporaben navzkrižni format je PDF (*Portable Document Format*). Dokumente v tem formatu lahko uporablja vsaka aplikacija v vsakem operacijskem sistemu oz. na vsaki računalniški platformi, ki ga podpira. Za procesiranje ni nikoli potrebna tista

aplikacija, v kateri je nastal izvirni dokument. Format PDF ni programski jezik, četudi temelji na upodobitvenih elementih PostScripta (*Imaging Primitives*). V nasprotju s PostScriptom so v dokumentu PDF strani opisane vsaka zase in ne vse kot en dokument. Kljub vsemu je dokument PDF načeloma datoteka PostScript in jo lahko interpretira katera koli izhodna naprava, ki ta jezik podpira.

V reprografskih procesih uporabljamo različne, standardizirane dokumente v tem formatu. Pripravo dokumentov predpisuje serija standardov (SIST) ISO 15930; v praktični uporabi sta predvsem:

(SIST) ISO 15930-1

Uporaba PDF – 1. Del: Kompletna izmenjava z uporabo podatkov CMYK (PDF/X-1 in PDF/X-1a)

(SIST) ISO 15930-3

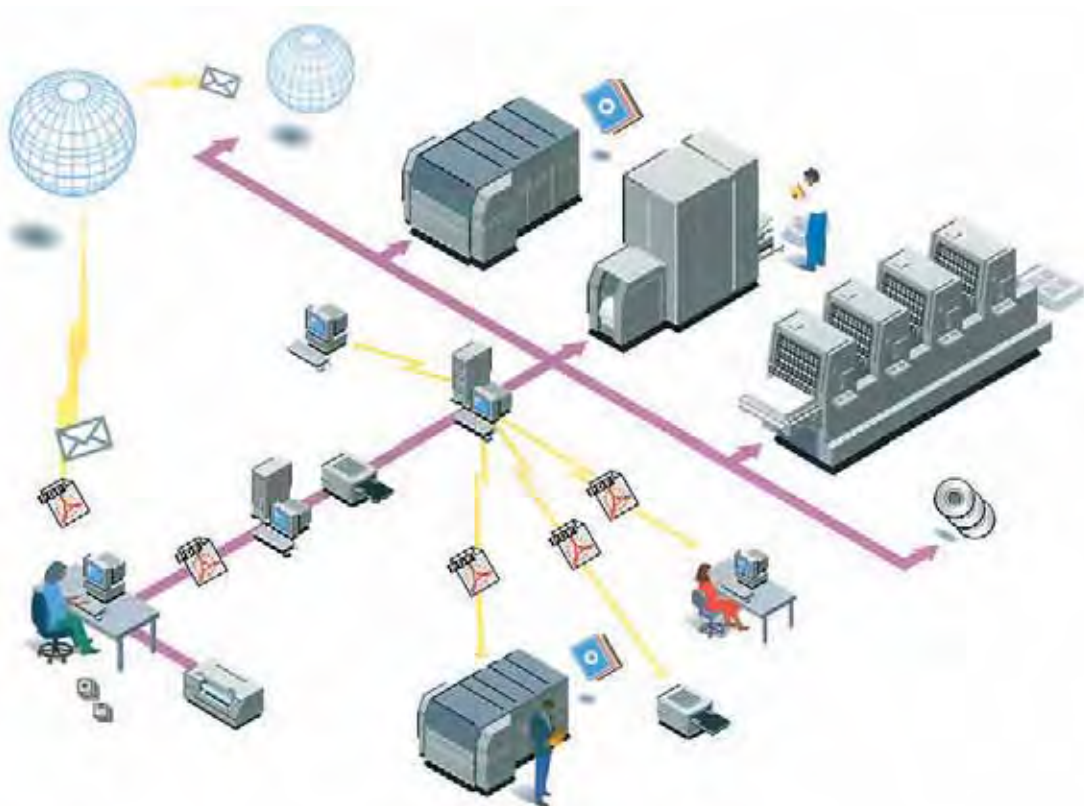
Uporaba PDF – 3. Del: Kompletna izmenjava primerna za barvno upravljane procese (PDF/X-3)

Iks v končnici PDF/X pomeni izmenljiv – *exchangeble*. To je bil prvi format PDF, uporaben tudi v grafični dejavnosti, ker je standard, ki so ga razvili na podlagi uporabniških izkušenj in priporočil za zanesljivo izmenjavo dokumentov za barvni tisk.

- Standarda PDF/X-1 in PDF/X1-a sta predvidena za slepo izmenjavo dokumentov (*blind exchange*), kar pomeni, da jim morajo biti priloženi vsi fonti, vse slike pa morajo biti reproducirane v poljubnem standardiziranem barvnem prostoru CMYK.
- Standard PDF/X-3 so razvili švicarski in nemški strokovnjaki v organizaciji ISO. Ta poleg barvnega modela CMYK dopušča tudi uporabo modelov RGB in LAB, pri čemer morajo biti vsem tiskovnim elementom obvezno priloženi barvni profili ICC.

*Slika 10.36 Ustroj digitalnih dokumentov PDF. Dokument v formatu *.pdf tvori pet komponent oziroma plastnic. Obsegajo vse prvine, ki so potrebne za kakršne koli grafične posege. Medtem ko so dokumenti v PostScriptu ali bitmapah TIFF/IT zgolj snopiči »neumnih« bitov, ostanejo v formatu *.pdf »pametni«: lahko jih ločeno shranjujemo, popravljamo barve, besedilo, slike, skratka delamo vse, kar je potrebno za grafično pripravo in tisk. Dokument PDF omogoča bistroumnejše delo, ker je sam po sebi bolj »bister«. 1 – zapis za upodobitev na zaslonu, 2 – plastnica s fonti, 3 – digitalne slike iz pikselov in obrisne grafike iz krivulj, 4 – plastnica s spremenljivimi prvini, denimo za naslavljanje ali personalizacijo, 5 – plastnica z zvočnimi audio in video elementi. Dokumente PDF brez težav pošiljamo po elektronski pošti (spominsko so nezahtevni), na optičnih ploščah CD/DVD ali spletnih straneh pa omogočajo tudi iskanje, razvrščanje in preurejanje. Te funkcije pokriva informacijska tehnologija, zato so taki dokumenti več vredni kot klasične tiskovine.*





Slika 10.37 Založništvo PDF. Dokument lahko upodobimo na kateri koli napravi, ki podpira PostScript 3 neposredno, ne da bi potrebovali posebne gonilnike ali interpreterje. Isti dokument je primeren za digitalni preskusni tisk, za razporejanje, digitalno kopiranje, upodabljanje in tiskanje, za internet, za razmnoževanje optičnih plošč in celo slike iz dokumenta lahko uporabimo v drugih aplikacijah. Če imamo zastarelo tehnologijo in tehniko ter ni na voljo ustreznih naprav, pripravimo dokument v formatu PostScript 2.

10.5 Digitalne pisave in fonti

Vsakemu dokumentu, ki ga želimo tako ali drugače natisniti, morajo biti priloženi fonti za uporabljene vrste pisav (glej poglavja 2.2 Pisava in 10.1.2 Stavek, 10.2 Svetlobni stavek). Če jih na procesnem računalniku ali izhodni napravi ni, ta dokumenta ne more rasterirati in namesto tipografskih znakov upodobi nekakšne nečitljive in nesmiselne vrstice ali pa pisavo Courier. Digitalni fonti so kodirani po različnih sistemih. Največ so v rabi fonti *PostScript Type 1* in fonti *TrueType*. Prvi so razdeljeni na obrisne (*outline* tudi *printer fonts*) in zaslonke binarne fonte (*screen* ali *bitmap fonts*), drugi so kodirani v eni sami datoteki. Novejši fonti so *Multiple Master PostScript*, najnovejši pa *OpenType Fonts*; slika 10.40. Vsi morajo biti instalirani v operacijskem sistemu računalnika. Vsaka kakovostna grafična aplikacija nas opomni, če je prisoten kakšen font v dokumentu, ni pa instaliran na računalniku. Kako ločimo fonte po obliki ikone, kaže slika 10.38.

Pri binarnih fontih so znaki v svoji končni velikosti in obliki definirani z elementarnimi točkami v naslovni mreži: za vsak znak pisave določene velikosti in vrste je v spominu shranjena vzorčna matrika. Vsaka od prikazanih elementarnih točkna sliki 10.39a je naslovljena s koordinatama x in y . Gostota točk mora ustrezati želeni upodobitveni kakovosti in največji možni ločljivosti upodobitvenega sistema. Binarni fonti zahtevajo veliko večjo spominsko zmogljivost računalniške opreme kot vektorski.

Pri obrisnih fontih so znaki definirani oz. opisani z matematičnimi funkcijami. Razlikujemo obrisno (konturno) in vektorsko grafiko. Vektorsko opisane znake (slika 10.39b) določajo majhne stikajoče se premice – vektorji; vsaka premica oz. vektor ima svojo začetno in končno točko. Za opisovanje znaka zadostujeta samo ti dve točki. Čeprav je vektorskih točk v znaku še vedno veliko, pa so spominske zahteve bistveno manjše kot pri binarno opisanih znakih. Vseeno se mora tudi vektorski zapis znakov ravnati po skrajni ločljivosti upodobitvene naprave.

Obrisna grafika je izpopolnjena vektorska grafika. Razen ravnih linij omogoča z metodami matematične interpolacije tudi opisovanje ukrivljenih. Take metode so npr. polinomna interpolacija (kubični polinomi), Bezierjeve funkcije oz. krivulje, končne krivulje (*Conic-Curves*) ali B-splin krivulje (*B-Spline-Curves*). Z vsako od naštetih metod dosežemo (v nasprotju z binarnim ali vektorskim) nevtralnno, procesno neodvisno (ločljivost upodobitvene naprave ni pomembna) in poljubno skalirano (vsak znak lahko poljubno povečamo ali pomanjšamo) upodobitev.

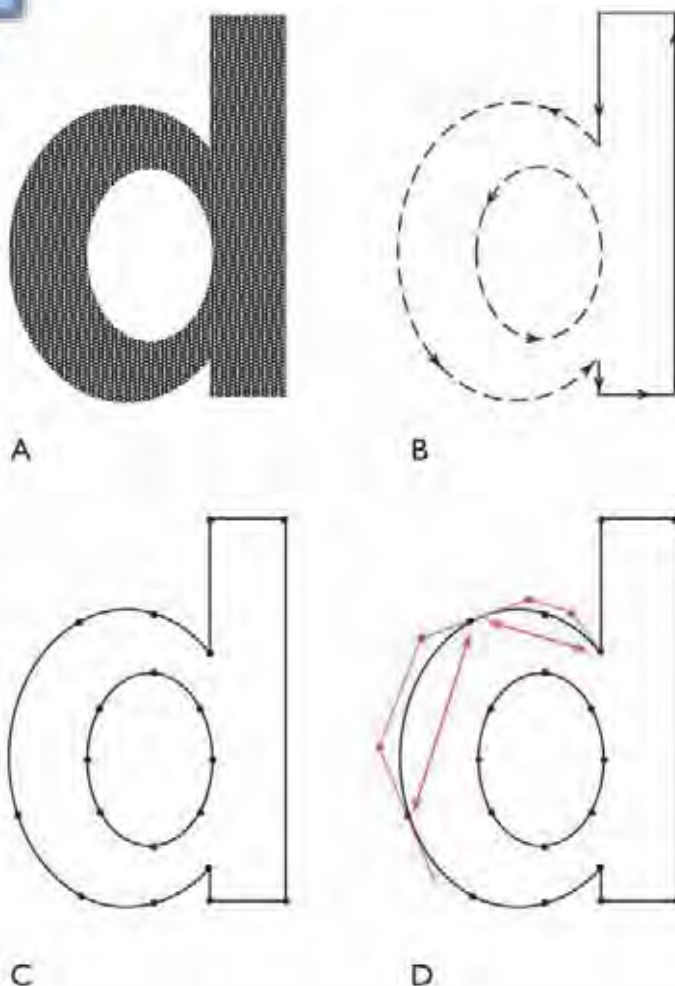
Slika 10.39c kaže razporeditev opornih točk na obrisu črke, ki jih povezujejo s kubičnimi polinomi $n - 1$ definirane krivulje. Več ko je krožnih odsekov s končnimi točkami, bolj natančno je definiran obris znaka, večje pa so seveda tudi spominske zahteve.

Bezierjeve krivulje na sliki 10.39d obrisujejo podobo tipografskega znaka s parabolaми, ki jih določajo majhni linearni elementi. Konične krivulje izboljšajo približek oblike s parabolami, krogi, elipsami in hiperbolami. B-splinske metode s polinomi višjih potenc opisujejo posamezne segmente obrisa, da bi se kar najbolj približali izvorni podobi poljubnega znaka.

Ker se obrisni fonti poljubno skalirajo, še dodatno prihranimo spominske zmogljivosti računalniških sistemov. Obrisne fonte lahko pretvorimo za upodabljanje na kateri koli upodobitveni napravi (monitor, tiskalnik, osvetljevalnik), pri kateri koli ločljivosti; govorimo onačelu WYSIWYG (*What You See Is What You Get*). PostScript, Adobejev jezik za opisovanje strani, ima lastno tehnologijo za opisovanje fontov. Fonte PostScript tvorijo poljubno skalirani konturni znaki, upodobi pa jih lahko katera koli izhodna naprava.

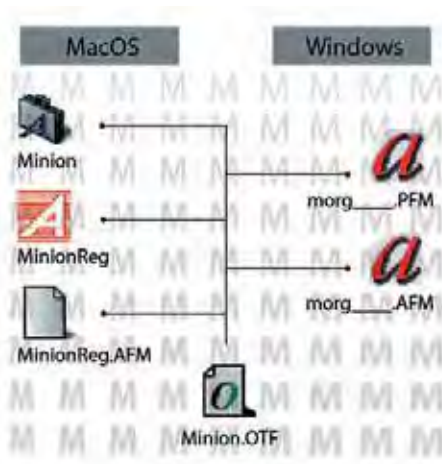


Slika 10.38 Digitalni fonti se na računalniku ločijo po obliki ikone, in sicer: 1 – so obrisni fonti PostScript Type1, 2 – so zaslonski fonti PostScript Type1, 3 – je ikona za TrueType fonte, 4 – pa ikona za OpenType fonte. Ikone veljajo za operacijski sistem Windows.



Slika 10.39 Načela za opisovanje (upodabljanje) tipografskih znakov: a) binarno kodiranje, b) vektorska grafika, c) konturna grafika s kubičnimi polinomi, d) Bezierjeve krivulje oz. konturna grafika s parabolami.

Slika 10.40 OpenType fonti omogočajo, da ustvarimo natančno tisto različico pisave, ki si jo želimo. Vsak OpenType font je kombinacija tehnologij PostScript Type 1, TrueType in Multiple Master, zato naj bi z njimi odpravili tudi vse zadrege, ki nastajajo zaradi nezdružljivosti različnih fontov na različnih računalniških platformah. Vsak od njih je sestavljen iz osnovnega fonta in vnaprej izračunanih izvedenk vzdolž določene oblikovne osi, denimo širine, jakosti, velikosti ali sloga. Mnogovrstni font ima do štiri oblikovne osi, ki jih lahko poljubno spreminjamo in ustvarjamo skoraj neskončno število pisav.



- Digitalni obrisni fonti lahko upodobijo dano pisavo v kateri koli velikosti. Kodirani so z matematičnimi formulami, ki opisujejo idealen obris vsakega znaka posebej. S prilagajanjem teh formul lahko računalnik poljubno skalira (povečuje/pomanjšuje) znake, ne da bi jih popačil.
- Fonti so na zaslonu upodobljeni binarno, z elementarnimi točkami, tj. piksli, tako kot slike. Zato morajo biti definirani v naslovni mreži z vzorcem slikovnih točk.
- Fonti TrueType delujejo v napravah, ki razumejo PostScript, kot tudi v tistih, ki ga ne poznajo. Njihova pomanjkljivost se pokaže pri upodabljanju s prvimi, ker je treba fonte najprej pretvoriti v vektorsko obliko, šele nato jih lahko upodobimo. Kakovost besedila je odvisna prav od kakovosti pretvorbe.
- Fonti Multiple Master so namenjeni uporabi s programom Adobe Acrobat za pripravo dokumentov v formatu PDF. Ti fonti omogočajo generiranje nadomestnega fonta v primeru, ko izvorni font ni niti priložen dokumentu niti instaliran v operacijskem sistemu. To pomeni, da lahko vsak dokument PDF z Acrobatom upodobimo na zaslonu, ne pa tudi, da s tem dokumentom lahko izdelamo tiskovno formo ali da ga digitalno natisnemo. Prednost teh fontov je prvenstveno v estetiki, ker omogočajo tradicionalna razmerja – kot pri svinčenih črkah.
- Fonti v formatu OpenType so v enem samem dokumentu, ki je namenjen za uporabo na obeh računalniških platformah, Windows in MacOS. Vsebujejo vse potrebne znake za različne jezike in upodabljajo tipografsko skoraj docela neoporečne pisave.

10.6 Barvno upravljanje

Literatura navaja številne definicije tega pojma, ki je sicer neposredni prevod angleškega izraza colour management. Enako velja tudi za sistem barvnega upravljanja CMS: *Colour Management System*. Oba pojma sta se pojavila leta 1993, ko so proizvajalci opreme

za grafično pripravo osnovali mednarodni konzorcij za barve ICC: *International Colour Consortium* (www.color.org). Njegov cilj je bil in je še vedno razvoj in promocija standardizirane in programske neodvisne arhitekture ter njenih komponent za moduliranje barv v vseh reprodukcijskih medijih, ne zgolj v grafični dejavnosti.

Ideja za barvno upravljanje izhaja prav iz tradicionalne grafične priprave v zaprtih reprodukcijskih procesih, kjer tehnološke operacije upravljajo in izvajajo šolani profesionalci – reprografi. Oni so tisti, ki predvidijo, kakšen bo videz barv na odtisu izbrane tiskarske tehnike in glede na predvidevanja modulirajo barvne izvlečke. To so izrazito vertikalni reprodukcijski procesi, v katerih posamezne tehnološke operacije upravljamo denzitometrično, le malokatero kolorimetrično. Zato barvnih izvlečkov nikoli nismo mogli izdelati tako, da bi v različnih razmerah tiska zagotovili enako vizualno kakovost. To je omogočila šele uporaba kolorimetrije, ki je zagotovila optimalno reprodukcijo slik, druge grafične prvine pa smo še vedno kreirali na podlagi specifičnih barvnih atlasov ali kart (Unicolor, HKS, Pantone, Munsell, NCS ipd). Ne glede na to so bili reprodukcijski procesi linearni in zaprti namenjeni eni sami tiskarski tehniki (slika 10.41). Z grafično pripravo so se praviloma ukvarjali visoko specializirani reprostudii ali tiskarne same.

Z digitalizacijo sta postali tehnika in tehnologija za grafično pripravo dostopna skoraj vsem, kar pomeni, da grafična priprava ni več v izključni domeni tradicionalne grafične dejavnosti. Reprografski procesi so nenadoma postali odprti, »vsakomur« dostopni, tehnologija in tehnika pa izjemno heterogeni in »neuglašeni«. Reprodukcijske postave so postale zato tehnično odvisne (*device dependent*), kar pomeni, da je barva odvisna od naprave, na kateri jo opazujemo (*device dependent colour*). To velja za vse naprave v sestavu: skenerje, ki barve s predloge interpretirajo glede na spektralno občutljivost snemalnega vezja, digitalne kamere, ki snemajo motive glede na algoritme v slikovnem procesorju, monitorje, ki iste signale RGB reproducirajo glede na kolorante in lastno gradacijo, tiskalnike in tiskarske stroje, ki barve reproducirajo v različnih barvnih prostorih. Vsaka naprava ali tehnologija v odprtem reprodukcijskem sestavu (slika 10.41) reproducirata barve oziraje se na lasten barvni prostor, ki pa ob kreiranju tiskovine ni znan, kakor je to pri zaprtih reprografskih procesih. Nujen je torej sistem, ki bi skrbel za konsistentno reprodukcijo barv, da bi bili barvni vtisi v vseh primerih kar najbolj izenačeni, če že ne vedno enaki. To je mogoče doseči edinole s kolorimetrično podporo in algoritmi za pretvarjanje barv iz enega barvnega prostora v drugi.

- Barvno upravljanje je dejavnost, ki v odprtih reprografskih sestavih in procesih skrbi za optimalno (objektivno, ponovljivo, reproducibilno) reprodukcijo barv. Izvaja se na podlagi sistema za upravljanje barv CMS.

Sistem barvnega upravljanja lahko štejemo kot simultani prevajalnik (interpreter) barv med različnimi napravami in tehnologijami s specifičnimi barvnimi prostori; slika 10.42. Barvne učinke prevaja s pomočjo neodvisnih barvnih opisov, ki jih »razume« vsaka tehnologija. To sta najpogostejše barvna prostora CIEXYZ ali CIELAB. Načelno gre za moduliranje barvnih opisov v odvisnih barvnih prostorih RGB in CMYK, da bi ostal videz reproducirane barve vedno enak.



Slika 10.41 Linearen oziroma zaprt (levo – rumena črta) in heterogen ali odprt reprodukcijski sestav (desno – modra črta).

Za barvno upravljanje reprografskih procesov morajo aplikacije podpirati uporabo operacijsko in kolorimetrično neodvisnih barvnih profilov ICC. Ti temeljijo na treh izhodiščih:

1. na neodvisnem barvnem prostoru (*Reference Colour Space*); to je CIELAB, v katerega lahko preslikamo kateri koli drug, tehnično odvisen barvni prostor;
2. na barvnih profilih, ki definirajo upodobitvene značilnosti vsake naprave ali tehnološke operacije (*Device Profiles ICC*);
3. na barvnem modulu CMM (*Colour Management Modul*, tudi *Colour Management Engine*), to je barvnem procesorju, ki na podlagi vhodnih in izhodnih profilov kolorimetrično pretvori barve iz enega prostora v drugi.



Slika 10.42 Sistem za upravljanje barv CMS deluje kot prevajalnik barvnih receptur med napravami in tehnologijami, da bi ostali barvni učinki čim bolj enaki; isti barvni učinek dobimo v različnih primerih s povsem različnimi barvnimi opisi RGB ali CMYK. To omogočajo barvni profili, s katerimi so opisane upodobitvene značilnosti naprav in tehnologij.

Barvni modul CMM je programska komponenta operacijskega sistema, ki z barvnim profilom vhodne naprave (izvirni profil), upodobitvenim modelom za razlikovanje barv (*rendering intent*) in profilom izhodne naprave (ciljni profil) barvne učinke preslika iz enega barvnega prostora v drugi, ne da bi prišlo do opaznih vizualnih sprememb (če je le objektivno mogoče). Barvnih modulov CMM je več, vsak pa barvne učinke preračunava nekoliko drugače. Znani so Apple ColorSync 2.0, Windows ICM, Adobe CMM, Agfa Foto Tune, Heidelberg in drugi. CMM še zlasti skrbi za tiste barvne učinke izvirnega barvnega prostora, ki se v ciljnem objektivno ne morejo reproducirati. S tem v zvezi so na voljo štirje upodobitveni modeli:

1. Percepcijski upodobitveni (vizualni, fotografski) model – *Perceptual rendering intent* – skrbi, da se pri barvnih transformacijah ohranijo vizualna razmerja in kontrasti med barvami. Pri preslikavanju iz enega prostora v drugi se spremene vsi barvni učinki. Če je ciljni prostor občutno manjši, se zelo spremeni nasičenost barv.
2. Kromatični upodobitveni model – *Saturation rendering intent* – pri transformaciji prvenstveno skrbi, da se kar najbolj ohrani kromatičnost oziroma nasičenost barvnih učinkov. To je pomembno pri reproduciranju logotipov in črtežev, denimo stripov.

Barvni kontrasti so podrejeni nasičenim in jasnim barvam, zato se spemeni njihova barvitost (barvni ton).

3. Relativni kolorimetrični model – *Relative colorimetric rendering intent* – preslika barvne učinke zunaj ciljnega prostora barv tako, da se kolorimetrično kar najmanj razlikuje od izvirnih, vsi drugi barvni učinki pa ostanejo nespremenjeni, kar najbolj podobni izvirnim barvam. Pri tem se lahko zgodi, da na reprodukciji ne moremo več razlikovati dveh barv, ki sta na izvirniku opazno različni. Ta pojav se imenuje »rezanje barv«. Razen tega relativni kolorimetrični model temelji na primerjavi belih barv izvirnega in ciljnega prostora; četudi je ciljna bela barva rumenkasta, jo šteje za belo, zato se videz vseh barvnih učinkov enakomerno zamakne (*hue shift*, zamik barvitosti).
4. Absolutni kolorimetrični model – *Absolute colorimetric rendering intent* – preslikuje barvne učinke tako, da so kolorimetrične razlike med njimi v vseh pogledih čim manjše. V tem smislu simulira tudi belo barvo (papirja), medtem ko barve, ki jih v ciljnem barvnem prostoru ni, preprosto izginejo. Primeren je za logotipe in ilustracije. Barve se reproducirajo zelo natančno, žal na račun vizualnih kontrastov med njimi. Tudi pri tem se »režejo« barve, ki leže zunaj ciljnega prostora.

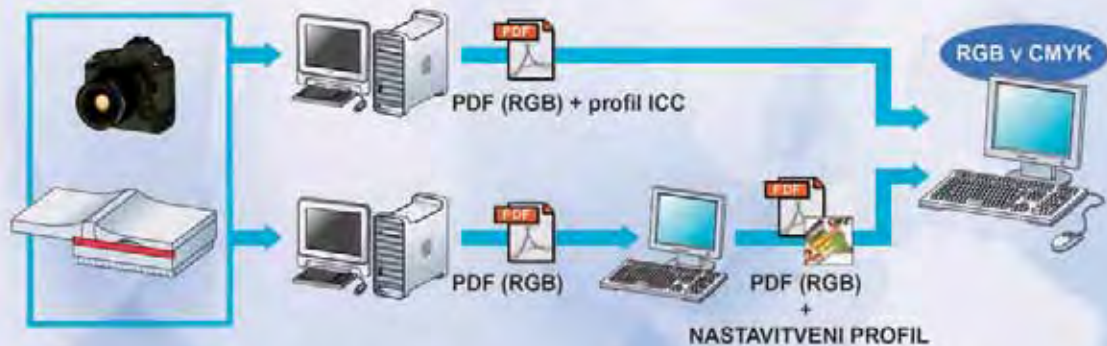
Za katero koli od opisanih barvnih upodobitev potrebujemo barvne profile. Barvni modul izvirne barvne učinke najprej transformira v neodvisen barvni prostor CIELAB, iz njega pa na podlagi ciljnega profila v specifičen barvni prostor RGB, CMYK ali kakšen drugi. Barvni profil, ki opisuje, kako naprava »vidi« ali reproducira barvne učinke, je barvni profil naprave (*device profile*). Profili, ki jih dobavljajo hkrati z napravami (tiskalniki, monitorji), so generični profili; mnogo bolj zanesljivi so tisti, ki jih s spektrofotometričnimi meritvami in aplikacijami za izračun pripravimo sami. Vendar profili naprav opisujejo njihove upodobitvene značilnosti v določenem stanju; če se spremeni, mu profil ne ustreza več. Zato imajo naprave glede na svoje nastavitve več različnih barvnih profilov: profil monitorja se spremeni, če se spremeni kontrast; profil tiskalnika ali tiskarske tehnike se spremeni z vrsto papirja ali tiskarske barve. To privede do nepregledne množice različnih profilov, ki jih ni več mogoče sistematično uporabljati. Nujna je standardizacija tehnoloških operacij in uporaba zmerne števila standardiziranih profilov. V reprografskem procesu za ofsetni tisk, ki je standardiziran po (SIST) ISO 12647-1, 2, 3, v vseh primerih zadostuje zgolj pet standardnih profilov.

- Barvni modul na podlagi vhodnega profila, upodobitvenega modela in izhodnega profila transformira barvne učinke iz odvisnega izvirnega prostora v neodvisni referenčni prostor in od tod znova v odvisen, ciljni barvni prostor. V tem procesu se barvni opis (receptura) modulira tako, da bi vizualni barvni učinek ostal kar najbolj nespremenjen.
- Vse to z drugimi besedami pomeni, da zgolj z barvnim upravljanjem slik ne moremo izboljšati ali iz slabe slike izdelati kakovostno. Barvno upravljanje ne more korigirati slike, ki ima npr. neprimerno gradacijo ali sivo ravnovesje; v najboljšem primeru ju lahko le obdrži.

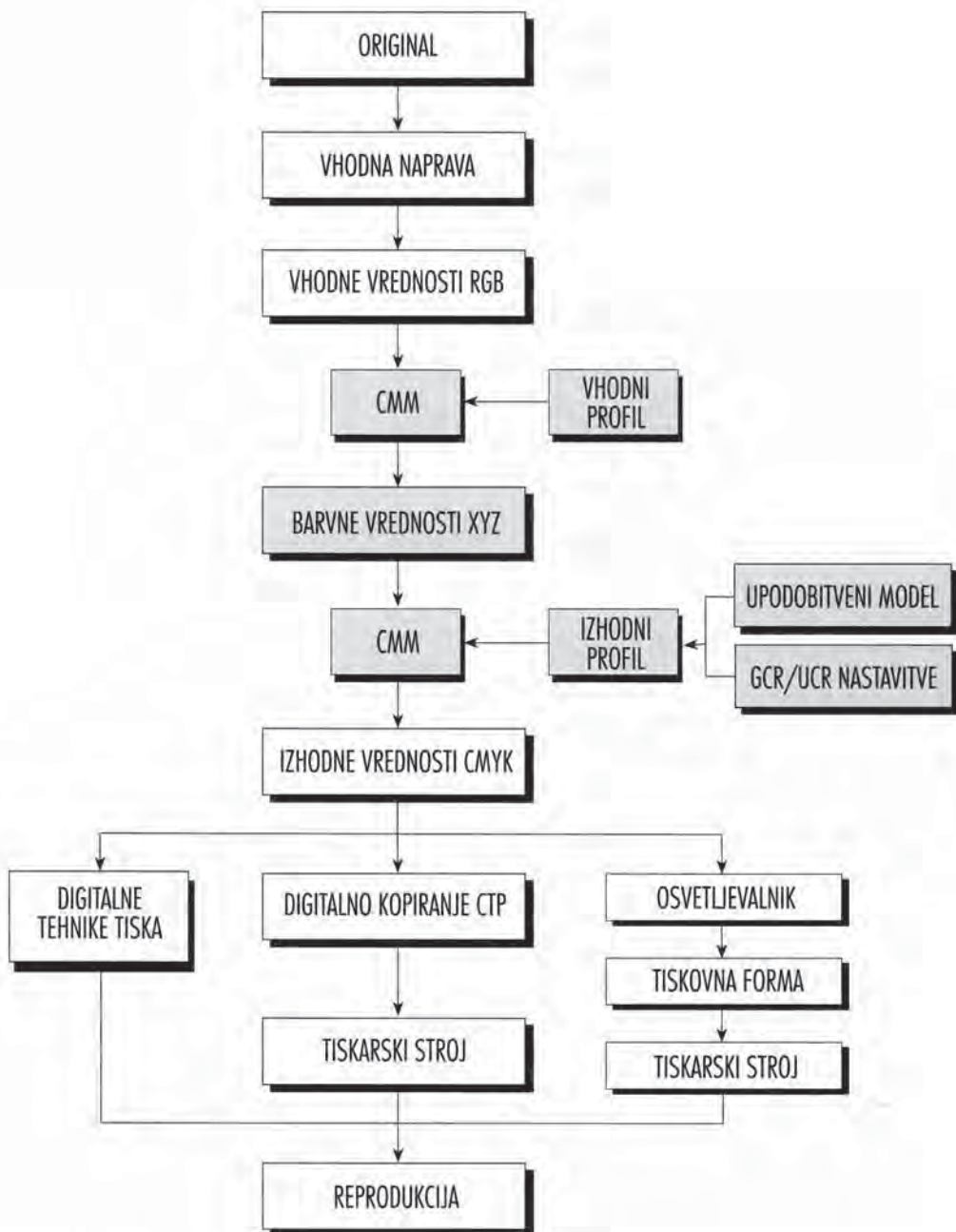
- Z barvnim upravljanjem se ne moremo izogniti standardizaciji; nasprotno, najbolj učinkovito je prav v standardiziranih procesih.

Da bi kakšna naprava v odprtem reprografskem procesu lahko korektno pretvorila barve, mora digitalni dokument ali zgolj kakšna grafična prvina v njem vsebovati barvni profil, s katerim je bil pripravljen. Dokumentu priloženi profili so pripeti ali vgnezdjeni profili, angleško *embedded profiles*. Priprnemo jih lahko skoraj vsem slikovnim formatom (TIFF, JPEG, PSD, PDF). V dokumentih PDF lahko profile, ki so pripeti posameznim grafičnim elementom, kadar koli zamenjamo.

Barvno upravljani delovni procesi omogočajo na eni strani avtomatično pretvarjanje dokumentov iz enega barvnega prostora v drugi, denimo RGB/CMYK/K/LAB v CMYK/K/RGB, na drugi pa delo samo z dokumenti v barvnem prostoru RGB. To so t. i. delovni procesi PDF (RGB), kjer videz reprodukcije simuliramo z izhodnimi barvnimi profili ICC. Vsaki sliki v formatu PDF lahko razen barvnega profila dodamo še nastavitveni profil za želeni upodobitveni model, povečavo, ostrenje in želene tonske korekture (*set-up file*). Ko dokumente s takimi slikami obdelata aplikacija za nadzor formata PDF, jih glede na nastavitve avtomatično pretvori v barvni prostor CMYK. To glede na lastno procesno logiko stori tudi s slikami RGB, ki nimajo nobenega profila; slika 10.43. Podobno lahko procesiramo tudi stavek, logotipe in velike barvne površine.



Slika 10.43 Delovni proces RGB. Digitalne slike s priloženim barvnim profilom se lahko uporabijo neposredno; tiste, ki ga nimajo, pa obdelamo tako, da jim priložimo nastavitveni profil za optimalno izvedbo repromodulacije RGB v CMYK v nadzorni aplikaciji za dokumente PDF.



Slika 10.44 Blokovna shema reprodukcijskega procesa z barvnim upravljanjem. Operacije, ki so za to potrebne, so označene z rastrom.

10.7 CIP3/4 in JDF

Če hočemo zagotoviti računalniško vodeno proizvodnjo CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), moramo omogočiti pretok ustreznih podatkov od grafične priprave do dodelave. Zato so ustanovili konzorcij za razvoj ustreznega formata: International Cooperation for Integration of Prepress, Press and Postpress s kratico CIP3. Konzorcij vključuje okoli petdeset najpomembnejših proizvajalcev grafične opreme. Leta 2000 so se preimenovali v CIP4: *International Cooperation for the Integration of Processes in Prepress, Press and Postpress*.

Da bi računalniško podprli in avtomatizirali grafične procese, so najprej razvili ustrezno podatkovno strukturo CIP3/PPF: *Print Production Format*. Da bi ga uporabljali, ga morajo razumeti vsi stroji in naprave za tehnološke in delovne operacije v procesu. Dokumenti CIP3/PPF lahko vsebujejo podatke:

- ✓ za avtomatično consko nastavljanje obarvanja,
- ✓ za denzitometrični ali kolorimetrični nadzor obarvanja,
- ✓ za avtomatično nastavljanje formata na tiskarskih strojih (vlagalnik, izlagalnik, prenosni sestavi),
- ✓ za nastavljanje in nadzor barvnega skladja,
- ✓ za razrezovanje tiskarskih pol,
- ✓ za avtomatično nastavljanje zgibalnih strojev,
- ✓ navodila za izvedbo drugih tehnoloških operacij v dodelavi, denimo znašanje, vezanje, obrezovanje, vlaganje ipd.

Dokumente v formatu CIP3/PPF lahko po končani realizaciji danega grafičnega izdelka posodobimo in shranimo, kar omogoča učinkovito in gospodarno izvedbo ponatisov.

- CIP3/PPF je univerzalen format, neodvisen od računalniških procesorjev in operacijskih sistemov ter tudi proizvajalcev grafične opreme, namenjen računalniško podprti proizvodnji v izjemno heterogenih sistemih.

Dokumenti v formatu CIP3/PPF so bili sprva kodirani s PostScriptom, a jih ne smemo zamenjevati z dokumenti PostScript za upodabljanje tiskovnih form ali tiskanje. S tem jezikom namreč niso kodirane grafične prvine tiskovine, marveč podatki, potrebni za njeno izdelavo. Zdaj so ti dokumenti kodirani v formatu PDF in jih označuje kratica PJTF: *Portable Job Ticket Format*.

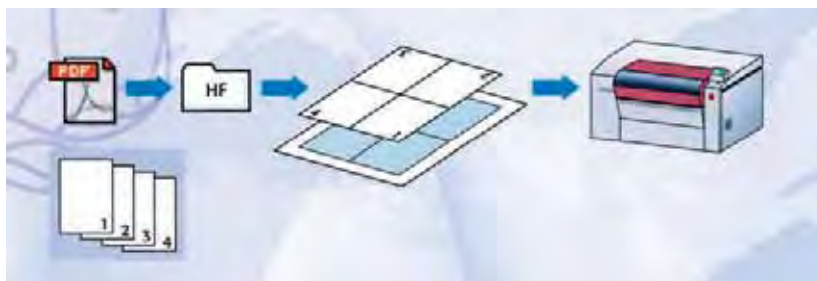
S formatoma CIP3/PPF in PJTF je kompatibilen še en format za računalniško podprto in integrirano proizvodnjo. To je JDF: *Job Definition Format*, ki ga je tudi razvil konzorcij CIP3, omogoča pa globalno omreženo proizvodnjo tiskovin po internetu.

Večina podatkov CIP3/PPF se formira hkrati z »ripanjem« tiskarske pole. Kot prve so začeli uporabljati tiste za samodejno consko nastavitve barvnikov, torej obarvanja na ofsetnih strojih. V tem smislu mora biti tiskarski stroj opremljen s procesnim računalnikom, ki na eni strani lahko sprejema digitalne podatke (z disket, spominskih kartic ali neposredno iz računalniške mreže) in na drugi »razume« dokumente v formatu CIP3/PPF; slika 10.45.

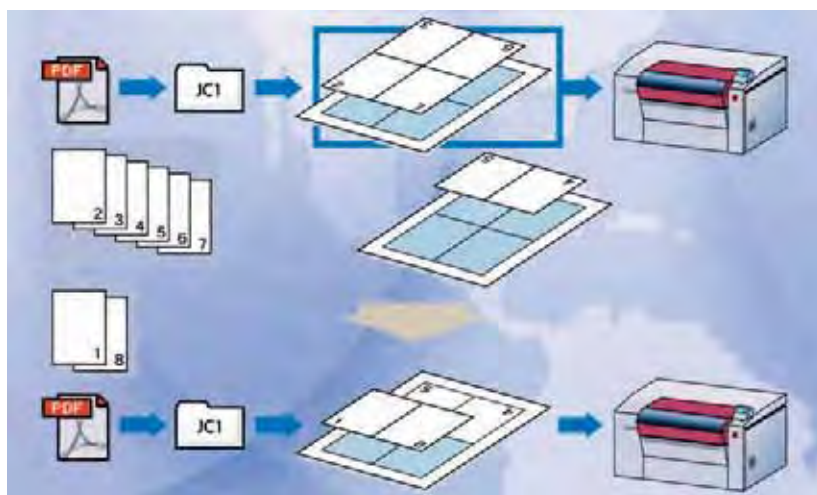
JDF je na programskem jeziku XML temelječ format, kimed drugim omogoča dvosmerno komunikacijo med stroji in napravami v vsem poslovodnem in tehnološkem procesu oziroma med tehnološkimi operacijami. Stroji in naprave v tehnološkem procesu lahko medsebojno komunicirajo, biti pa morajo temu primerno izdelani. To omogoča avtomatično odvijanje delovnih procesov od začetka (input) do konca (output), in sicer z uporabo vhodnih ovojnic (*Hot folder workflow path*) in vhodnih kontejnerjev (*Job-container workflow path*); sliki 10.46 in 10.47. Tretja oblika delovnega procesa JDF je fleksibilni proces (*Flexible Job workflow path*), ki omogoča korekture v zadnjem hipu, torej tik pred izdelavo tiskovne forme ali tik pred tiskom naklade. V ta namen vključuje že uveljavljena formata dokumentov PPF, PJTF, v podjetju pa lahko združuje poslovodne in tehnološke funkcije. Specifikacije za format JDF so dostopne na spletnem naslovu www.cip4.org.



Slika 10.45 Med ripanjem na rastrskem računalniku se na eni strani formirajo bitmape v formatu TIFF/IT za digitalno kopiranje CTP, na drugi pa dokumenti v formatu CIP3, s katerimi na ofsetnem stroju avtomatično nastavimo consko obarvanje tiskovine, še preden začnemo tiskati. Tako se zmanjša izmet in poveča kakovost naklade.



Slika 10.46 Avtomatiziranje delovnega procesa za izdelavo tiskovnih form. Ko dokumente, v tem primeru strani v formatu PDF odložimo v HF (hot folder), se vse druge operacije odvijajo same od sebe: razporejanje strani, osvetljevanje in procesiranje.

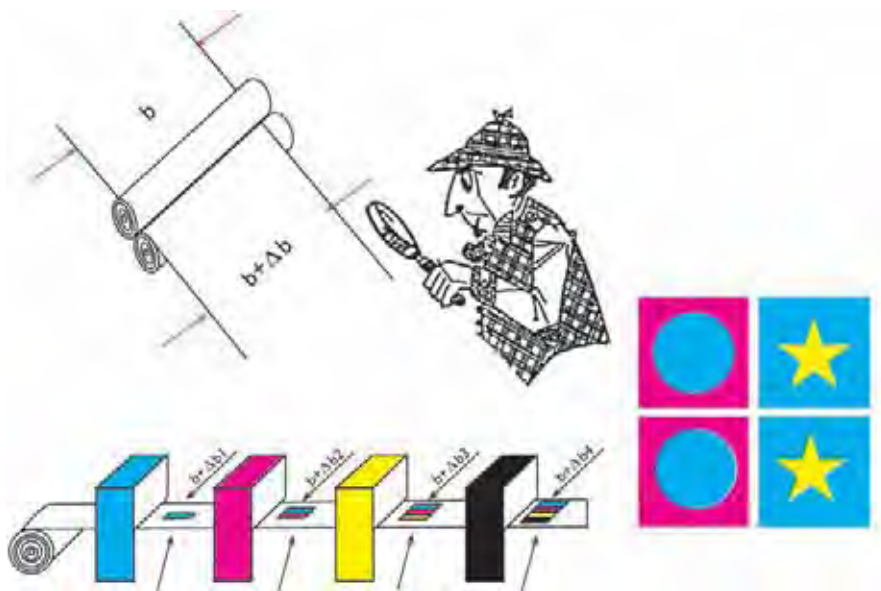


Slika 10.47 Avtomatiziranje delovnega procesa z delovnimi kontejnerji omogoča procesiranje dokumentov, takoj ko dospejo, čeprav nekateri manjkajo ali so pomešani. Omogočajo tudi vzporedno procesiranje velikega števila dokumentov s tem, da v drugi kontejner odlagamo manjkajoče strani, ki dospejo kasneje.

10.8 Prekrivanje in pokrivanje barvnih izvlečkov

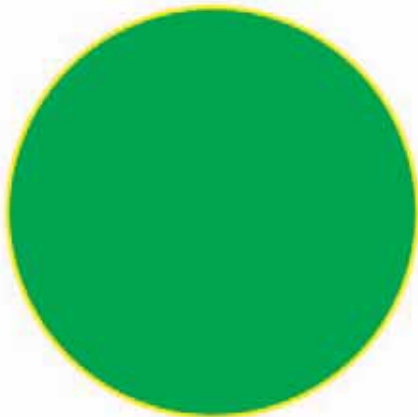
Nobeno večbarvno tiskanje ni absolutno natančno: tiskovni materiali se raztezajo in krčijo, odstopanja povzročata mehanika strojev, tiskovne forme v stroju so nenatančno vpete, in še kaj drugega je krivo, da barvna publikacija ni skladno natisnjena: barvni izvlečki posameznih barv se tiskajo eden mimo drugega namesto eden na drugega. Posledica slabega barvnega skladja so bele špranje ali spremembe odtenkov med sosednjima barvama, slike so zamegljene, niso ostre, vizualna kakovost je neprimerna; sliki 10.48 in 10.49. Ker neskladja natisnjenih barvnih izvlečkov nikoli ne moremo v celoti odpraviti, si pomagamo z njihovim prekrivanjem in pokrivanjem, o katerem morajo razmišljati že grafični oblikovalci, medijski tehniki in odločujoči operaterji v grafični pripravi.

- Prekrivanje in pokrivanje barvnih izvlečkov je posotpek v grafični pripravi, ki jih tako prilagodi, da se na odtisu izognemo vidnim napakam zaradi tehničnih in tehnoloških omejitev tiskanja. V angleščini se prekrivanje imenuje *trapping*, pokrivanje pa *overprinting*, *overprint*, v dobesednem prevodu nadtisk, pretisk.
- Pri prekrivanju se vsi tiskovni elementi tiskajo na belo podlago in se prekrivajo samo na stikajočih se robovih. Pri pokrivanju se na belo podlago tiska samo prvi barvni izvleček, nanj se razmeroma natančno natisne podoba drugega. Barvni učinek nastane zaradi subtraktivnega mešanja, in se spremeni, če se na robu tudi drugi tiska na belo podlago. Da se to ne zgodi, enega od njiju nekoliko razširimo.
- Zaradi slabega prekrivanja se pojavi špranjavost, zaradi slabega pokrivanja pa bliskavost.
- Angleški izraz *trapping* ne pomeni le prekrivanje barvnih izvlečkov po robovih tiskovnih elementov, pač pa tudi navzemanje drugotiskanih tiskarskih barv na prvotiskano. Neposredno na tiskovni material se lahko tiska samo tiskarska barva v prvem tiskovnem členu, vsaka druga se tiska na prej odtisnjeno. Na odtis se vedno prenese največ prve, vsake naslednje nekoliko manj, kar je odvisno od njihovih reoloških lastnosti. Tiskarske barve se bolj ali manj navzemajo ena na drugo. Navzemanje pove, kako prvotiskana tiskarska barva v primerjavi z nepotiskanim papirjem sprejema naslednje, drugo-, tretje-, četrto- ... osmotiskane.



Slika 10.48 Tiskarju za nadzor skladja pomagajo številne avtomatične naprave, ki pa jih mora skrbno vzdrževati in pravilno nastaviti. Kljub temu barvnega neskladja ne more nikoli v celoti odpraviti; delo mu s korektnim prekrivanjem in pokrivanjem barvnih izvlečkov lahko učinkovito olajšamo v grafični pripravi.

Posledica slabega prekrivanja barvnih izvlečkov je špranjavost ali bliskavost na stičnih robovih, ki nastane kot posledica naravnih dimenzijskih odstopanj v tisku in slabo izvedene grafične priprave. S primernim prekrivanjem barvnih izvlečkov dosežemo, da špranjavost kljub odstopanjem ni opazna. V prvem primeru je nekoliko (0,08 milimetra) pomanjšana magenta površina, v drugem pa je povečana rumena zvezda. V najbolj preprostih primerih svetlejše tiskovne elemente širimo, temnejše ožimo, vse skupaj pa je odvisno tudi od prisotnih geometrijskih oblik.



Slika 10.49 Pri pokrivanju barvnih izvlečkov imata oba enako podobo, svetlejši pa je navadno večji kot temnejši; s tem se izognemo bliskavosti na robovih, ki bi se sicer pojavila zaradi barvnega neskladja.

10.9 Digitalno kopiranje tiskovnih form

Neposredno digitalno upodabljanje tiskovnih form v tiskarskem stroju DI: *Digital Imaging* oziroma CTP: *Computer to Press*, razlaga poglavje 8.4. Pri tej tehnologiji gre za upodabljanje primerne ofsetne plošče, ki je vpeta na ploščni valj stroja. Podobno tehnologijo lahko uporabimo tudi zunaj tiskarskega stroja, kar je še zlasti ob velikih formatih, ko je upodabljanje dolgotrajno, veliko bolj gospodarno. Na podlagi digitalne upodobitvene predloge (bitmape TIFF/IT) v spominu računalnika z laserskim žarkom točkovno osvetljujemo primerno tiskarsko ploščo. Ker ima digitalna upodobitvena predloga vlogo kopirne predloge, namesto o kontaktnem govorimo o digitalnem kopiranju; tudi zato, ker je treba osvetljene tiskarske plošče še procesirati. Resnici na ljubo je bila to prva od tehnologij Computer To: Computer To Plate, CTP. Večinoma se nanaša na ofsetni tisk, zato iz računalnika na ploščo, ni pa nujno.

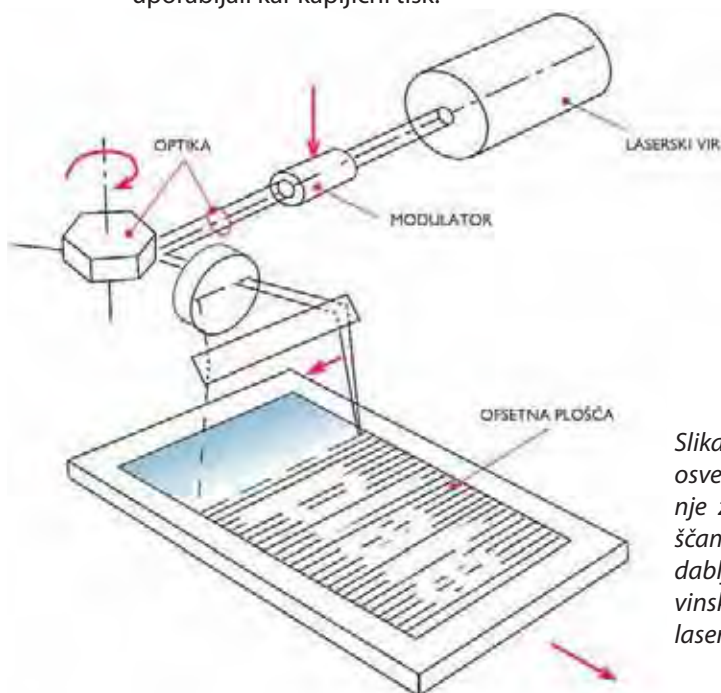
Osvetljevalniki za digitalno kopiranje CTP delujejo s tremi osvetljevalnimi geometrijami: linearno ali premočrtno z ravnoležnimi ploščami (*flat-bed imagesetters*), z zunanjim (*external drum imagesetters*) ali notranjim bobnom (*internal drum imagesetters*). Prikažejo jih slike 10.50, 10.51 in 10.52. Upodablajo različne vrste digitalnih ofsetnih plošč: termične, violet, diazo – srebrohalogenidne so zastarele in ekološko oporečne –, ki jih je treba po osvetljevanju še mehanično ali kemijsko procesirati. Njihovi spektralni občutljivosti mora biti prilagojena valovna dolžina laserja v osvetljevalni glavi. Razlikujemo dve temeljni metodi:

- ✓ svetlobno UV-kopiranje, pri katerem uporabljamo laserska svetila z valovnimi dolžinami blizu kratkovalovnega dela spektra; te so od 350 do 450 nm, torej UV-sevanje in UV-svetloba;
- ✓ termično IR-kopiranje z laserskimi svetili valovnih dolžin blizu dolgovalovnega dela spektra; to so valovne dolžine od 830 do 1100 nm.

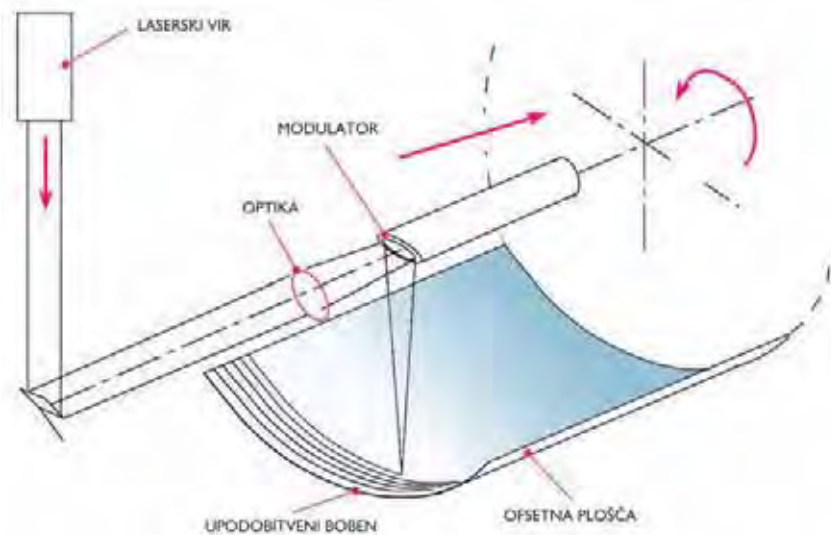
Za svetlobno UV-kopiranje so primerne fotopolimerne in diazo plošče, za termično IR pa imamo na voljo ablacijske in neablacijske plošče. Pri ablacijskih se zaradi termičnih sprememb mehansko odstrani zgornji del kopirnega sloja, pri neablacijskih pa pride do strukturnih sprememb v vsem kopirnem sloju; slika 10.53. Ablacijske plošče se pravzaprav ne osvetljujejo oziroma kopirajo, marveč upodablajo, kajti laserski žarek dobesedno izžge oleofobni sloj nad oleofilnimi tiskovnimi površinami. Spoznali smo jih že pri neposrednem digitalnem upodabljanju, opisujeta pa jih sliki 8.32 in 8.33.

Kadar kopiramo z laserjem valovne dolžine 410 nm, v vidnem delu spektra torej, govorimo o violetni tehnologiji digitalnega kopiranja. V ta namen so uporabni zlasti fotopolimerni, medtem ko diazo kopirne sloje osvetljuje laserski žarek valovne dolžine okoli 350 nm. To so klasične ofsetne plošče, ki jih po osvetljevanju tako tudi procesiramo; slika 10.54.

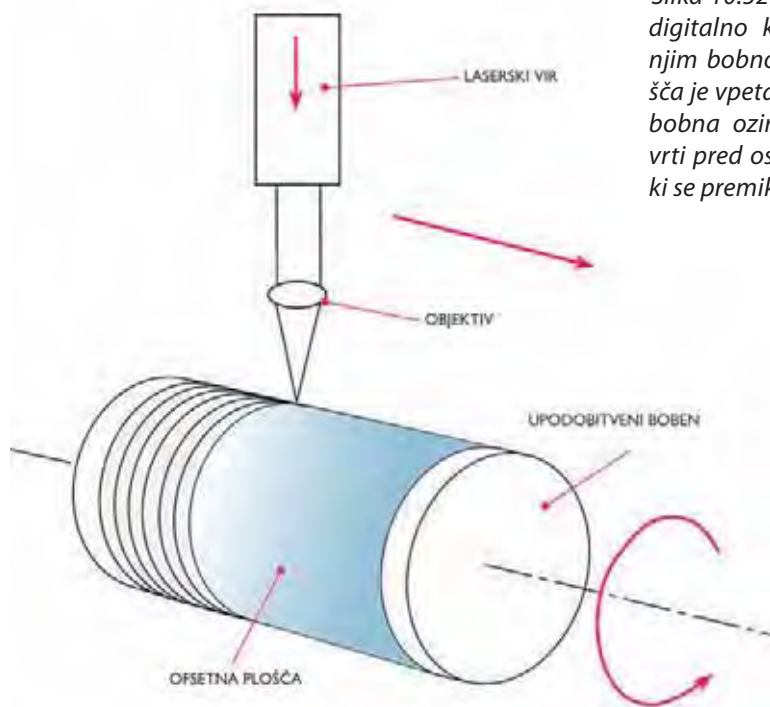
- CTC: *Computer To Cylinder* je pojem, ki označuje digitalno kopiranje, bolj graviranje tiskovnih form za globoki tisk, CTS: *Computer To Screen* pa digitalno izdelavo tiskovnih form za prepustni tisk. Okenca sita lahko učinkovito zapiramo tako, da ga potiskamo s kapljičnim tiskom.
- Zelo verjetno je, da bomo v prihodnosti za digitalno kopiranje vseh tiskovnih form uporabljali kar kapljični tisk.



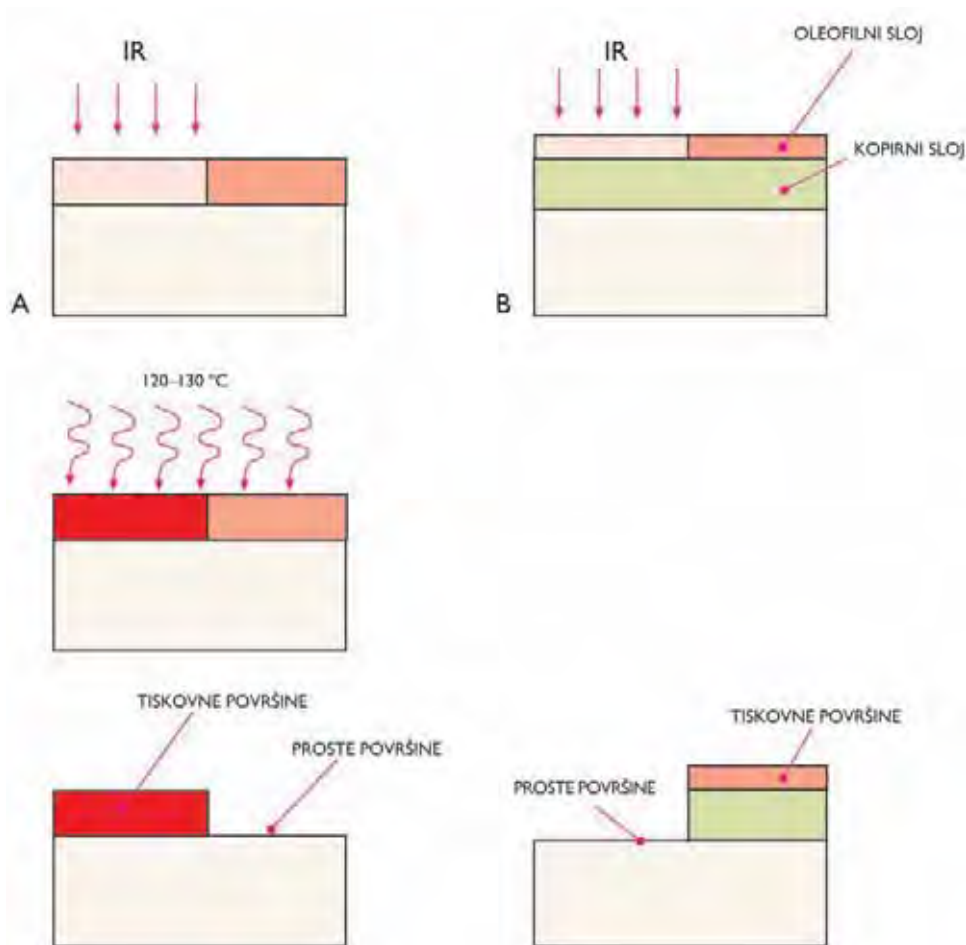
Slika 10.50 Premočni ali linearni osvetljevalnik za digitalno kopiranje z ravnoležnimi ofsetnimi ploščami. Ofsetna plošča je med upodabljanjem prisesana na ravno kovinsko ploščo, ki se pomika v eni osi, laserski žarek pa po drugi.



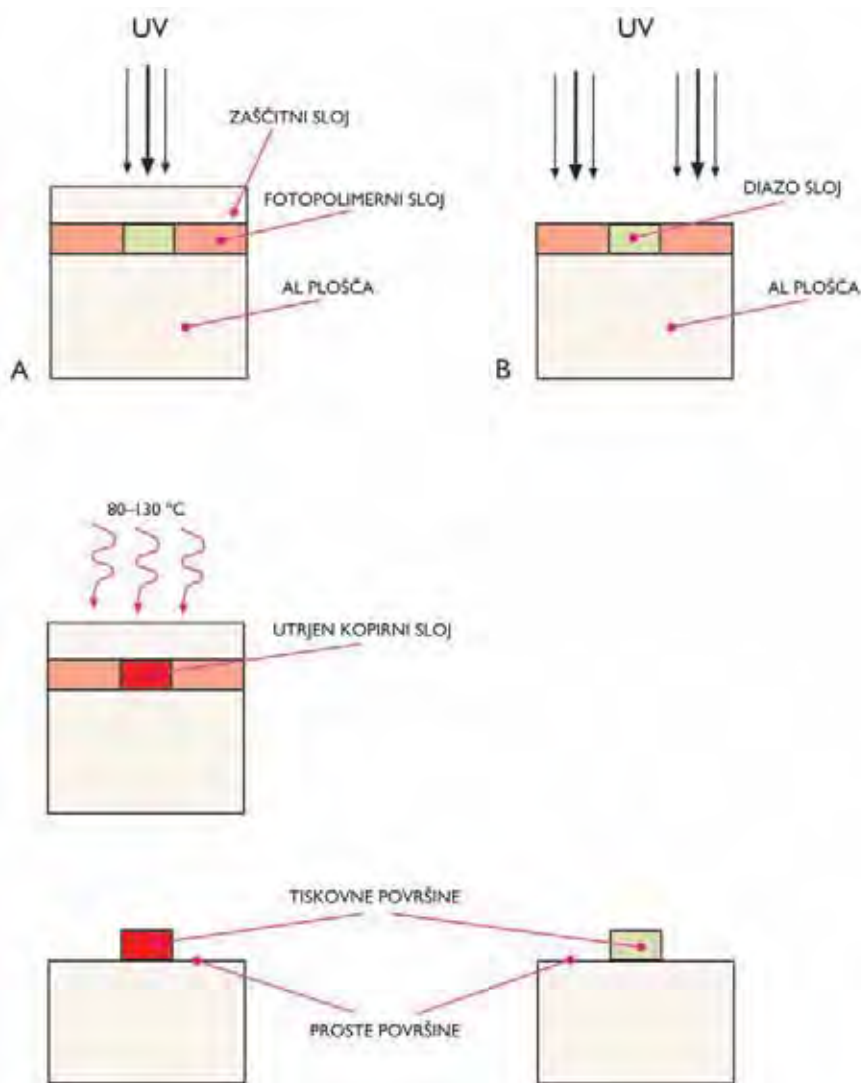
Slika 10.51 Osvetljevalnik za digitalno kopiranje z notranjim bobnom. Ofsetna plošča je vpeta in prisesana na konkavno jekleno podlago, na notranjo stran polkrožnega bobna; med osvetljevanjem je nepremična, premika pa se osvetljevalna glava z laserskim žarkom.



Slika 10.52 Osvetljevalnik za digitalno kopiranje z zunanjim bobnom. Tiskarska plošča je vpeta na zunanjo stran bobna oziroma valja. Ta se vrti pred osvetljevalno glavo, ki se premika po njeni širini.



Slika 10.53 Kopiranje neablacijske termične plošče. Do strukturnih sprememb pride bodisi zaradi tega, ker toplota povzroči polimerizacijo (A) ali razkranje kopirnega sloja (B). Da bi bila polimerizacija zadostna, je treba upodobljeno ploščo pri procesiranju najprej močno segreti, nato pa alkalni razvijalec odstrani površine, ki jih laserski žarek ni segrel. Tiskovne površine tvori torej kopirni sloj, proste pa hidrofilizirana aluminijasta podlaga. V primeru (B) je na aluminijasti podlagi dvoslojen oleofilni kopirni sloj, ki ga toplota razkroji, da ga alkalni razvijalec pri procesiranju lahko odstrani. Proste površine so tudi tu hidrofilizirana aluminijasta podlaga. Razlika je torej v tem, da toplota v primeru (A) utrdi kopirni sloj, ki kasneje tvori tiskovne površine, v primeru (B) pa razkroji tistega nad prostimi površinami, medtem ko tiskovne površine tvori tisti, v katerem ni prišlo do nikakršne strukturne spremembe. Glej tudi poglavje 10.1.1 Kemigrafski procesi.



Slika 10.54 Digitalno kopiranje fotopolimerne (A) in diazo plošče (B). V prvem primeru je nad oleofilnim kopirnim slojem še zaščitni sloj. Svetloba povzroči polimerizacijo kopirnega sloja, a ga je treba pri procesiranju z močnim segrevanjem dodatno utrditi, da ga ne bi raztopil agresivni alkalni razvijalec. Pri diazo kopirnih slojih laserski žarek razkroji kopirni sloj in se pri razvijanju odstrani brez težav. V obeh primerih kopirni sloj tvori tiskovne površine, hidrofilizirana aluminijasta podlaga pa proste.

V

VIRI IN LITERATURA

- 1 SLOVAR SLOVENSKEGA KNJIŽNEGA JEZIKA
Slovenska akademija znanosti in umetnosti
Državna založba Slovenije 1994
- 2 France Verbinc
SLOVAR TUJK
Cankarjeva založba, Ljubljana 1974
- 3 VELIKI SPLOŠNI LEKSIKON
Državna založba Slovenije, Ljubljana 1997
- 4 OXFORDOVA ENCIKLOPEDIJA IZUMOV IN TEHNOLOGIJ
Državna založba Slovenije, Ljubljana 1997
- 5 Maša Okršlar
SKRIVNI SVET PISAV
Grafičar 4/1997, str. 20–26
- 6 Klementina Možina
NE-ZNAN SKRIVNI SVET PISAV?
Grafičar 1/1998, str. 12–16
- 7 Klementina Možina
NE-ZNAN SKRIVNI SVET PISAV? II. DEL
Grafičar 1/1998, str. 28–30
- 8 Jože Živič
DIGITALNA FOTOGRAFIJA
Grafičar 5/1995, str. 8–9
- 9 Marko Kumar
DIGITALNI SVETLOPISI ZA POKUŠINO
Grafičar 6/1995, str. 7–9
- 10 Tomaž Marek
SLOVENSKA GRAFIKA V ČASU MULTIMEDIJEV
Grafičar 2/1996, str. 4–7
- 11 Marko Kumar
NOVI KOMUNIKACIJSKI MEDIJI IN GRAFIČNA INDUSTRIJA
Revija Papir št. 1–2, september 1983
- 12 Luka Dekleva
ASTRA – KOMUNIKACIJSKI SATELIT
Grafičar 3/1998, str. 20–22

- 13 *Axel Berghoff*
WIE FUNKTIONIERT DAS INTERNET?
Desktop Dialog 01/1996, str.22–25
- 14 *Izidor Jerebic*
INTERNET
Grafičar 1/1996, str. 5–7
- 15 *Izidor Jerebic, Robert Marijan*
ZALOŽNIŠTVO NA WWW
Grafičar 3/1997, str. 26–27
- 16 *H. Künzli, W.F.Steiger*
DAS INTERNET –
EINE KONKURENZ FÜR DIE GRAFISCHE INDUSTRIE?
Ugra Mitteilungen 1/96, str. 19–22
- 17 *W.F.Steiger*
WIE KOMMT DIE GRAFISCHE INDUSTRIE ZUM INTERNET-GELD?
Ugra Mitteilungen 2/96, str. 16–22
- 18 *Markus Dätwyler*
LAYOUT- UND DARSTELLUNGSMÖGLICHKEITEN
IM WORL WIDE WEB (WWW)
Ugra Mitteilungen 3/96, str. 26–30
- 19 *Winfried Hug*
ALCATEL`S APPROACH TO GPRS
Logistik Austria Symposium, PowerPoint presentation
Wien 1997
- 20 *Winfried Hug*
KOMMENDE SATELITENSYSTEME
PowerPoint Presentation
Osor 1998
- 21 *K. Münger*
DIE CD-ROM – EIN ELEKTRONISCHE PUBLIKATIONSMEDIUM
Ugra Mitteilungen 3/97, str. 3–8
- 22 *Kurt Schläpfer*
VON DER CD-ROM ZUR DIGITAL VIDEO DISK
Ugra Mitteilungen 3/97, str. 3–8
- 23 *Klaus-Peter Nicolay*
SILBERLING ALS SPEICHERGIGANT
Desktop Dialog 5/97, str. 76, 78

- 24 Jens Hertwig
WER DIE WAHL HAT... (SPEICHERMEDIEN)
Desktop Dialog 11/97, str. 19–24
- 25 Michael Funk
VOM NACH- ZUM DAUERBRENNER
PrePress 7/96, str. 36–41
- 26 Michael Funk
BRENNEN UND LÖSCHEN
PrePress 12/97, str. 66–68
- 27 Andrea Heerdt
SENDEN, HALTEN, ARCHIVIEREN
PrePress 2/97, str. 36–42
- 28 Michael Funk
CD-ROM GOES DVD: SILBERLINGE MIT GIGABYTES
Publishing Praxis 4/98, str. 40–43
- 29 Michael Funk
KRIEG DER WELTEN:
VERWIRRUNG UM DVD-RAM FORMATE
Publishing Praxis 10/98, str. 80–82
- 30 Axell Berghoff
PUBLISHING IM INTERNET: WIE ZEIGEN WIE`S GEHT!
Desktop Dialog 11/1995, str. 85
- 31 Maša Okršlar
MULTIMEDIJ, NJEGOVE MOŽNOSTI IN GRAFIČNO OBLIKOVANJE
Grafičar 3/97, str. 22–25
- 32 Harald Hammerl
VIDEO ODER DATEN; DVD LAUFWERKE SOLLEN ZUM STANDARD
Microsoft Office Journal 5/98, str. 29
- 33 Harald Hammerl
VIELSEITIGER MASSENSPEICHER
Microsoft Office Journal 5/98, str. 60–62
- 34 Jens Lorek
SCHNELL, SCHNELLER... ISDN
Desktop Dialog 9/1997, str. 32–34
- 35 Kurt Schlöpfer, Bruno Wenk
AUSTAUSCH VON DIGITALEN DATEN ÜBER ISDN
Ugra Mitteilungen 2/98, str. 21–27

- 36 Tony Buzan
DELAJ Z GLAVO
Dopisna delavska univerza Univerzum
Ljubljana 1980
- 37 Marko Kumar
NOVI KOMUNIKACIJSKI MEDIJI IN GRAFIČNA INDUSTRIJA
Papir št. 1-2, september 1983, str. 30–37
- 38 Klementina Možina
FONT IN TYPEFACE ALI ZAKAJ SMO SFONTANI?
Grafičar 4/2004, str. 10–14
- 39 Klementina Možina
TIPOGRAFSKI GESLOVNIK
Grafičar 5/2005, str. 20–33
- 40 Franjo Mesaroš
GRAFIČKA ENCIKLOPEDIJA
Tehnička knjiga Zagreb, 1970
- 41 Marko Kumar
FOTOMETRIČNE IN KOLORIMETRIČNE LASTNOSTI PAPIRJA
Inštitut za celulozo in papir Ljubljana, 1984
- 42 X-Rite Incorporated
A guide to UNDERSTANDING COLOR COMMUNICATION
Grandville Michigan 1990
- 43 Minolta Co., Ltd.
PRECISE COLOR COMMUNICATION –
COLOR CONTROL FROM FEELING TO INSTRUMENTATION
Osaka 1994
- 44 Minolta Co., Ltd.
PRECISE COLOR COMMUNICATION –
COLOR CONTROL FROM FEELING TO INSTRUMENTATION
Multimedia presentation CD-ROM
Osaka 1997
- 45 Agfa-Gevaert N.V.
AN INTRODUCTION TO DIGITAL SCANNING
Digital Colour Prepress volume four
Mortsel – Belgium 1994

- 46 *Agfa-Gevaert N.V.*
A GUIDE TO COLOR SEPARATION
Digital Colour Prepress volume two
Mortsel – Belgium 1995
- 47 *Agfa-Gevaert N.V.*
An Introduction to DIGITAL COLOR PREPRESS
Mortsel – Belgium 1993
- 48 *Agfa-Gevaert N.V.*
DIE GEHEIMNISSE DES FARBMANAGEMENTS
Die digitale Farbe – Teil 5
Mortsel – Belgien 1997
- 49 *Agfa-Gevaert N.V.*
DIE GEHEIMNISSE DES FARBMANAGEMENTS
Multiplattform CD-ROM
Antwerpen – Belgien 1997
- 50 *Agfa-Gevaert N.V.*
EINFÜHRUNG IN DIE DIGITALE FOTOGRAFIE
Theorie und Grundlagen
Mortsel – Belgien 1996
- 51 *Rudolf E. Burger*
COLOR-MANAGEMENT
Konzepte, Begriffe, Systeme
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997, Edition PAGE
- 52 *Jan-Peter Homann*
DIGITALES COLOR-MANAGEMENT
Farbe in der Publishing-Praxis
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998, Edition PAGE
- 53 *Kurt Schläpfer*
FARBMUSTERUNG IN DER GRAFISCHEN INDUSTRIE:
DEMNÄCHST VERBINDLICH GEREGLT
UGRA Mitteilungen 2/98, Str. 3–8
- 54 *Kurt Schläpfer*
FARBMETRIK IN DER REPRODUKTIONSTECHNIK
UND IM MEHRFARBENDRUCK
2. vollständig Überarbeitete Auflage
UGRA, St. Gallen 1993
- 55 *Kurt Schläpfer*
FARBMETRIK, EINE EINFÜHRUNG FÜR DIE GRAPHISCHE INDUSTRIE
UGRA, St. Gallen 1974

- 56 Herbert Aulich
UNSERE FARBIGE WELT ...
Relative Farbwirkungen
Siegwerk Farbenfabrik, Siegburg 1993
- 57 Anton Trstenjak
PET POGLAVIJ IZ PSIHOLOGIJE BARV
Grafičar 5/1996, str. 4–16
- 58 Marko Kumar
TISKOVNI SIJAJ PAPIRJA IN ODTISA
Grafičar 6–7/1989, str. 11–18
- 59 Gerd Heinz Hagemann, Marko Kumar
OPTIČNA MERSKA METODA ZA VREDNOTENJE VIZUALNEGA SIJAJA
POTISKANIH IN NEPOTISKANIH POVRŠIN
Barva in barvna metrika II, R12
Zbornik referatov str. 112–130, Maribor 1987
- 60 Skupina avtorjev
LIGHT AND COLOR
Golden Press, New York 1971
- 61 Skupina avtorjev
ILLUSTRATED DICTIONARY OF PHOTOGRAPHY
Fountain Press London, 1972
- 62 C. G. Müller, M. Rudolph
SVETLOBA IN VID
Mladinska knjiga Ljubljana, 1970
- 63 J. M. Adams
OPTICAL MEASUREMENTS IN THE PRINTING INDUSTRY
Pergamon Press London, 1965
- 64 F. Mlakar, terminološka komisija
SLOVENSKI ELEKTROTEHNIŠKI SLOVAR - RAZSVETLJAVA
Elektrotehniška zveza Slovenije, Ljubljana 1968
- 65 Evgen Ogrinc, terminološka komisija
SVETLOBNOTEHNIŠKI SLOVAR
SEZNAM SLOVENSKIH IZRAZOV
Slovensko društvo za razsvetljavo / SDR
Splošni vidiki, publikacija PB 1/1, 1998
- 67 L. P. Clerc
PHOTOGRAPHY – FUNDAMENTALS, COLOUR PROCESSES
Focal Press London, 1970

- 68 H. Willkomm
GRUNDLAGEN DER REPRODUKTIONSTECHNIK
Polygraph Verlag GmbH, Frankfurt 1978
- 69 Anton Trstenjak
ČLOVEK IN BARVE
Dopisna delavska univerza Univerzum, Ljubljana 1978
- 70 Standardi
DIN 5033
- 71 The Focal – skupina avtorjev
ENCYKLOPEDIA OF PHOTOGRAPHY
Focal Press London, 1975
- 72 C. B. Noblette
FUNDAMENTALS OF PHOTOGRAPHY
Van Nostrand Reinhold Company, New York 1970
- 73 A. Scholz, H. Seichter
ABC DER REPROTECHNIK
Arani Verlags GmbH, Berlin 1967
- 74 Gordon McComb
PICTURES TO PIXELS
MacWorld april 1985, str. 68–79
- 75 Agfa
An Introduction to
DIGITAL PHOTO IMAGING
Agfa Prepress Education Resources 1994
- 76 International Electrotechnical Commission (CEI),
International Commission on Illumination (CIE)
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL VOCABULARY
Chapter 845: Lighting
INTERNATIONAL LIGHTING VOCABULARY
CIE Publ. No. 17.4
Geneve, Suisse 1987
- 77 M. J. Langford
BASIC PHOTOGRAPHY
The Focal Press, London, New York 1975
- 78 Tomaž Švagelj
ŽE DOLGO MU PREROKUJEJO TAKOJŠNI KONEC
Znanost (znanstvena priloga časnika Delo), 14. jan. 2002

- 79 n. n.
DIE CANON POWERSHOT G2 UNTER DER LUPE
PrePress, april 2002, str. 48–50
- 80 Detlef Fiebrandt
VIER DIGITALE KAMERAS FUER REPORTAGE UND STUDIO
PrePress, januar 2002, str. 34–37
- 81 n. n.
NEWS CeBIT: SIGMA SD-9 (MIT FOVEON SENZOR)
ColorFoto 4/2002, str. 22
- 82 Maximilian Weinzierl
AM ANFANG WAR DAS PIXEL
ColorFoto 9/2002, str. 78–79
- 83 Maximilian Weinzierl
WUNDERSAME PIXELVERMEHRUNG
ColorFoto 10/2002, str. 86–77
- 84 Maximilian Weinzierl
DIE PIXELMACHER
ColorFoto 11/2002, str. 86–87
- 85 Maximilian Weinzierl
AB IN DEN COMPUTER
ColorFoto 12/2002, str. 78–79
- 86 Maximilian Weinzierl
BILDER AUF SCHEIBEN
ColorFoto 1/2003, str. 86–87
ColorFoto 2/2003, str. 68–69
- 87 Horst Gottfried
MEILENSTEINE – LEGENDE DER KAMERAGESCHICHTE
ColorFoto 11/2002, str. 12–20
- 88 n. n.
DAS NEUE SCANNERTESTVERFAHREN
ColorFoto 11/2002, str. 55–56
- 89 Dietmar Wueller
SCANNER TEST NIKON COOLSCAN, EPSON PERFECTION
ColorFoto 3/2004, str. 48–50 in 52–54
- 90 Dietmar Wueller
ERWEITERE DIGITALKAMERA-TESTS
ColorFoto 9/2001, str. 26–27

- 91 n. n.
KAMERA TEST-VERFAHREN UEBERARBEITED UND ERWEITERT
ColorFoto 11/2003, str. 40–43
ColorFoto 12/2003, str. 20–21
- 92 n. n.
DIGITALKAMERAS BRAUCHEN NEUE OBJEKTIVE
ColorFoto 1/2004, str. 20–25
- 93 Maximilian Weinzierl
DIE TIEFE DER FARBE
ColorFoto 12/2003, str. 66–67
- 94 Dietmar Wueller
CCD KONTRA CMOS
ColorFoto 8/2004, str. 28–31
- 95 Dietmar Wueller
STANDARDS SETZEN – DER NEUE COLOR-FOTO-KAMERATEST
ColorFoto 12/2004, str. 44–45
- 96 Marko Kumar
EMZINOVA FOTO DELAVNICA: DIGITALNA FOTOGRAFIJA
Grafičar 4/2001, str. 10–15
- 97 n. n.
VODNIK PO TEHNOLOGIJI DIGITALNIH FOTOAPARATOV
Canon Adria, d. o. o.
- 98 Tomaž Švagelj
VRATOLOMNA DIRKA MEGAPIKSLOV
Znanstvena priloga časopisa DELO, 14. jan. 2002
- 99 Marko Kumar
BARVNI VEDNIK IN GESLOVNIK – V. DEL
Grafičar 6/2004, str. 20–29
- 100 n. n.
THE COLOR GUIDE AND GLOSSARY
X-Rite, Incorporated 1998
- 101 Boštjan Troha et. al
OD ZAMISLI DO TISKOVINE
Adobe Systems Incorporated 1998/Pasadena 2000
- 102 Boštjan Troha et. al
ADOBE PHOTOSHOP
Adobe Systems Incorporated 1998/Pasadena 1998

- 103 *Nikola Guid*
RAČUNALNIŠKA GRAFIKA
Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Maribor 1988
- 104 *Helmut Kipphan et al*
HANDBUCH DER PRINTMEDIEN
Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2000
- 105 *Helmut Kipphan et al*
HANDBOOK OF PRINT MEDIA
Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2000
- 106 *Adobe Systems Incorporated*
INTRODUCTION TO HALFTONE AND SCANNING
CustomerFirst Support, Technical Guides
www.adobe.com, 2000
- 107 *Phil Green*
UNDERSTANDING DIGITAL COLOR
GATF Pittsburg, 1995
- 108 *Phil Green*
UNDERSTANDING DIGITAL COLOR
GATF Pittsburg, 1999
- 109 *Helmut Kraus*
SCANNEN
Addison-Wesley, Bonn 1996
- 110 *Helmut Kraus*
DIGITALES FOTOGRAFIEREN
Addison-Wesley, Bonn 1996
- 111 *Bertram Stoerch*
DRUCKEN IN FARBE
Addison-Wesley, Bonn 1994
- 112 *Geoffrey Brett*
DIGITAL PREPRESS TECHNOLOGIES
Pira International Ltd, Letherhead Surrey, 2000
- 113 *Rajko Bizjak*
PITURA EIACULATA MANET – IZBRIZGANA SLIKA OSTANE
Moj mikro 9/2002, str. 40–48
- 114 *Rajko Bizjak*
DIGITALNI FOTOAPARATI – ZMAGA NA VSEJ ČRTI
Moj mikro 10/2002, str. 40–45

- 115 *Matjaž Intihar*
e-FOTOGRAFIJA
Image & Co., inženiring, Ljubljana 2003
- 116 *Tim Daly*
ENCIKLOPEDIJA DIGITALNE FOTOGRAFIJE
Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 2004
- 117 *Marko Pršina*
PHOTOKINA 2004: MALOSLIKOVNE DIGITALNE KAMERE
Grafičar 6/2004, str. 6–13
- 118 *Dr. Kurt Schlaepfer*
DIE ELEKTRONISCHE STEHBILD-VIDEOKAMERA
Ugra Mitteilungen 2/1987, str. 35–41
- 119 *Dr. Kurt Schlaepfer*
DIE INFORMATIONSGEHALT VON BILDERN
Ugra Mitteilungen 2/1990, str. 42–48
- 120 *dr. Gabrijela Novak*
GRAFIČNI MATERIALI
Oddelek za tekstilstvo NTF, Ljubljana 2004
- 121 *Marko Kumar*
TEHNOLOGIJA TISKA – KLIMA, PAPIR IN TISK
Srednja šola tiska in papirja, Ljubljana 1991
- 122 *Marko Kumar*
DRUPA 2000: DIGITALNA EVOLUCIJA; DIGITALNE TEHNIKE TISKA
Grafičar 6/2000, str. 6–32
- 133 *Janko Jesenko*
DRUPA 2004: DIGITALNI TISK
Grafičar 5/2004, str. 13–21
- 134 *Marieberthe Hoffmann-Falk et al*
DIGITAL PRINTING
Oce Printing Systems GmbH, Poing Nemčija
Deveta izdaja, februar 2005
- 135 *n. n.*
RATIONAL ODER IRRATIONAL?
DAS IST KEINE FRAGE!
Linotype-Hell, Konzepte und Loesungen 4

- 136 Marko Kumar
LASERSKO PODRPTA REPROMODULACIJA
IN IZDELAVA TISKOVNE FORME V OFSET TISKU
Raziskovalni projekt IURP 1984/85
Inštitut za celulozo in papir Ljubljana 1985/86
- 137 n. n.
www.mydesignerprimer.com
2005. 03. 25
- 138 n. n.
UPORABA GRAFIKE V SPLETNIH PREDSTAVITVAH
<http://gimvic.org/gradiva>
2005. 02. 18
- 139 Ivan Čabrilo
BORBA ZA BOLJU SLIKU
www.sk.co.yu/2004/11/sknt01.html
2005. 04. 19
- 140 Kelin J. Kuhn
HDTV TELEVISION – AN INTRODUCTION
www.ee.washington.edu/conselec/CE
2005. 04. 19
- 141 Kurt Schlaepfer
WIEVIEL AUFLÖSUNG BRAUCHT MAN IN DER BILDWIEDERGABE?
Ugra Mitteilungen, št. 3/1999
- 142 Miran Joger et al
GRAFIČNE POJMOVNE DROBTINICE
Srednja šola tiska in papirja, Ljubljana 2001
- 143 Marko Kumar
UVOD V FREKVENČNO RASTRIRANJE
Graficar 1/1996, str. 14–18, 26–30
- 144 UGRA/FOGRA
VELVET SCREEN VERSION 1.5
Benutzeranleitung, Juli 1995
- 145 Focal Press
THE FOCAL ENCYCLOPEDIA OF PHOTOGRAPHY
London, New York, 1969

- 146 L. P. Clerc's
PHOTOGRAPHY THEORY AND PRACTICE
Part 1 FUNDAMENTALS: LIGHT, IMAGE, OPTICS
Focal Press, London, New York, 1970
- 147 L. P. Clerc's
PHOTOGRAPHY THEORY AND PRACTICE
Part 3 FILMS: SUBJECT AND EXPOSURE
Focal Press, London, New York, 1970
- 148 L. P. Clerc's
PHOTOGRAPHY THEORY AND PRACTICE
Part 4 MONOCHROME PROCESSING
Focal Press, London, New York, 1971
- 149 L. P. Clerc's
PHOTOGRAPHY THEORY AND PRACTICE
Part 5 POSITIVE MATERIALS
Focal Press, London, New York, 1971
- 150 L. P. Clerc's
PHOTOGRAPHY THEORY AND PRACTICE
Part 6 COLOUR PROCESSES
Focal Press, London, New York, 1971
- 151 Susan Rönisch, Malte Neumann
PIXELDIAET; BILDFORMATE, TEIL I: JPEG
Color Foto 5/2005, str. 64–68
- 152 Susan Rönisch, Malte Neumann
PIXELDIAET; BILDFORMATE, TEIL II: TIFF
Color Foto 6/2005, str. 60–63
- 153 ISO 12231:2005
Photography – Electronic still picture imaging – Vocabulary
- 154 www.lcdtvbuyingguide.com
HOW LCD TV PANEL WORKS
27. feb. 2006
- 155 www.webopedia.com, www.pctechguide.com
FLAT PANEL DISPLAY TECHNOLOGY - OVERVIEW
27. feb. 2006
- 156 www.plasmatvscience
THE PLASMA BEHIND THE PLASMA TV SCREEN
27. feb. 2006

- 157 Heike Gabele
DIE TECHNIK VON LCD-MONITOREN MIT ALLEN TRICKS
Color Foto 3/2005, str. 74–77
- 158 Heike Gabele
MONITORE KALIBRIEREN: OPTIMALE FARBEN
Color Foto 3/2005, str. 70–73
- 159 Markus Wagenseil
PERFEKTE MONITORFARBEN
Color Foto 1/2005, str. 80–81
- 160 Markus Wagenseil
MONITOR-KALIBRIERUNG
Color Foto 10/2005, str. 70–71
- 161 Matic Štefan
MONITORJI LCD NEC MITSUBISHI
Grafičar 5/2005, str. 12–14
- 162 Marko Kumar
PREIZKUSITE SVOJ MONITOR
Grafičar 5/2005, str. 14–15
- 163 Marko Kumar
DEKODIFIKACIJA SPOROČILNEGA NABOJA SLIK
Grafičar 3/2005, str. 21–30
- 164 Matic Štefan
EYE-ONE DISPLAY 2
Grafičar 2/2005, str. 28–29
- 165 Franci Mueller
BARVNI NADZOR ALI PRAVLJICA O KALIBRIRANEM MONITORJU
e-Fotografija št. 22, feb./mar.2006, str. 14–15
- 166 Don Hutcheson
HIFI COLOR GROWING SLOWLY
1999 GATF Technology Forecast
- 167 Marko Kumar
PacPro 88
Grafičar, št. 4,5/1988, str. 10–22
- 168 Marko Kumar
PacPro 88
Grafičar, št. 7/1988, str. 12–18

- 169 *Leopold Scheicher*
ETIKETNI FILM
Grafičar, št. 7/1988, str. 19
- 170 *Ivo Sekne*
AVTOR, LEKTOR, KOREKTOR, REVIZOR
Grafičar 2/2000, str. 29–34
- 171 *Ivo Sekne*
AVTOR, LEKTOR, KOREKTOR, REVIZOR
Grafičar 3/2000, str. 29–33
- 172 *Ivo Sekne*
AVTOR, LEKTOR, KOREKTOR, REVIZOR
Grafičar 4/2000, str. 33–34
- 173 *Ivo Sekne*
AVTOR, LEKTOR, KOREKTOR, REVIZOR
Grafičar 5/2000, str. 38–34
- 174 *Kazimir Rapoša*
KNJIGA IZ RAČUNALNIKA – II
KAKO PRAVILNO OBLIKUJEMO STAVEK?
Grafičar 3/2003, str. 6–8
- 175 *Agfa-Geavert N. V.*
EINFÜHRUNG IN DEN DIGITALEN FARBDRUCK
Mortsel – Belgija 1996
- 176 *Marko Kumar*
UPRAVLJANJE BOJAMA U OFSETU I DRUGIM TEHNIKAMA TISKA
Ambalaža br. 2 (2001), str. 17–23, *Zagreb*
- 177 *Kurt Schlöpfer et al*
ZNAČILNOSTI SISTEMOV ZA BARVNO UPRAVLJANJE
Grafičar 4/1998, str. 4–15, 20–34
- 178 *Marko Kumar*
BARVNI PROFILI ECI/ISO 12647 ZA OFSETNI TISK
Grafičar 5/2005, str. 6–11
- 179 *Matic Štefan, Marko Kumar*
ZAKAJ SMO STRAPPANI?
Grafičar 5/2005, str. 15, 20–21
- 180 *Marko Jeraj*
STANDARDIZACIJA PDF-ja
Grafičar 5/2002, str. 16, 20

- 181 *Mitja Miklavčič*
OPENTYPE
Grafičar 5/2004, str. 22, 28–30
- 182 *Mario Jelaska*
DIGITALNO KOPIRANJE CTP
Grafičar 4/1995, str. 11–13
- 183 *Marko Kumar*
DIGITALNO KOPIRANJE CTP V SLOVENIJI
Grafičar 3/1996, str. 9–13
- 184 *Grega Flajnik*
DIGITALNO KOPIRANJE COMPUTER TO PLATE
Grafičar 5/1997, str. 26–28
- 185 *Marko Kumar*
AGFA V ZNAMENJU ADOBE PDF
Grafičar 2/1998, str. 10–15
- 186 *Slavko A. Bogataj*
DRUPA 2000: DIGITALNI CYREL
Grafičar 5/2000, str. 11–13
- 187 *Klemen Fedran*
ZAKAJ BI IMELI CTP?
Grafičar 1/2001, str. 12–14
- 188 *Nenad Nikolić/Marko Kumar*
CTP DIGITALNO KOPIRANJE – KAJ MENI SOSED?
Grafičar 2/2003, str. 30–32
- 189 *Marko Rakar/Marko Kumar*
CTP DIGITALNO KOPIRANJE – KAJ MENI SOSED?
Grafičar 4/2003, str. 26–30
- 190 *Jan Eskildsen*
DRUPA 2004: NEKAJ MISLI O CTP
Grafičar 2/2004, str. 17, 20
- 191 *Andrej Zalokar*
ZAKAJ VIOLET?
Grafičar 3/2004, str. 15–16
- 192 *Klemen Bister*
RESNICE O TERMALNI CTP TEHNOLOGIJI
Grafičar 6/2004, str. 22–23

- 193 *Janez Lovšin, Andrej Zalokar*
Z VIDIKA VIOLETNE TEHNOLOGIJE CTP
Grafičar 1/2005, str. 12–14
- 194 *Richard Hill*
PRIDOBITVE DIGITALNEGA KOPIRANJA
Grafičar 4/2005, str. 10–14
- 195 *Robert Rakovič*
DRUPA 2004 V ZNAKU JDF
Grafičar 2/2004, str. 14–16
- 196 *PuzzleFlow*
www.acchsh.com
- 197 *Trueflow 3*
www.screeneurope.com
- 198 *Marko Kumar*
TEHNOLOGIJA GRAFIČNIH PROCESOV
Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1993
- 199 *Marko Kumar*
TEHNOLOGIJA GRAFIČNIH PROCESOV
Zavod SR Slovenije za šolstvo, Ljubljana 1986
- 200 *Slava Jeler et al*
SLOVAR BARVNE METRIKE, 1. IZDAJA
Tehniška fakulteta Maribor, 1989
- 201 *Slava Jeler, Marko Kumar et al*
INTERDISCIPLINARNOST BARVE
1. DEL V ZNANOSTI
Društvo koloristov Slovenije, Maribor 2001
- 202 *Slava Jeler, Marko Kumar et al*
INTERDISCIPLINARNOST BARVE
2. DEL V ZNANOSTI
Društvo koloristov Slovenije, Maribor 2003
- 203 *Michael Barnard, John Peacock*
DICTIONARY OF PRINTING AND PUBLISHING
Second edition, Pira international Surrey 2000
- 204 *www.wikipedia.com*

VI

KAZALO POJMOV

A

- ABECEDA** 21
ABLACIJSKA PLOŠČA 439
ABSOLUTE COLORIMETRIC RENDERING INTENT 431
ABSOLUTNO ENAKE BARVE 108
ACTIVEMATRIXORGANICLIGHTEMITTIVEDIODES 248-249
ADDRESSABLE POINT 184
ADDRESSABLE RESOLUTION 190, 195
ADITIVNE BARVE 81
ADITIVNO MEŠANJE 79, 88, 104
ADOBE (RGB) 1998 256
ADOBE ACCURATE SCREENING 270
AKROMATIČNA BARVA 122, 278
AKROMATIČNO NADOMEŠČANJE 272
AKTIVNA KRMILNA MATRICA 243
AKTIVNA ZASLONSKA LOČLJIVOST 189
AKTIVNI MONITOR 240
ALFABET 21-22
ALVEOLA 155, 173, 175, 263
AMOLED 248-249
AMPLITUDE MODULATION 180
AMPLITUDNO RASTRIRANJE 179-183
ANALOGNA FOTOGRAFIJA 28, 123, 144-145, 202
ANALOGNA TELEVIZIJA 39, 185, 196
ANALOGNI PROCES 388, 390, 405
ANALOGNO/DIGITALNI PRETVORNIK 42, 142-143
ANALOGNO RASTRIRANJE 172 - 178
ANALOGNO SKENIRANJE 31, 40, 264, 267
ANILOKS 300, 302-303
ANSI 130
ANTIKVA 25
ASA 130, 139
AUTOTYPE SCREENING 175
AVDIOKOMUNICIRANJE 15
AVTORSKA KOREKTURA 398, 419
AVTORSKA REPROGRAFIJA 412
AVTORSKI TISKALNIK 312, 318
AVTOTIPIJA 173-178
AVTOTIPIJSKI GLOBOKI TISK 173
AVTOTIPIJSKO MEŠANJE 257, 264

B

- BACKLIGHTING** 241
BAKROREZ 35
BAKROTISK 155, 299, 390
BALANCED SCREENING 271
BARVA 27, 33, 35-38, 67, 72-74, 76-85, 87-109, 111, 113-119, 121-124, 126-128, 130-131, 146, 148-149, 151, 153, 155-160, 169-170, 172-173, 175, 191-192, 198, 202, 204-206, 210-212, 214, 215, 217, 219, 222, 224, 226, 234, 244, 252-257, 261-265, 272, 275, 277-278, 281, 283-286, 288, 292, 294-295, 298, 300, 302-303, 305, 310, 321, 323, 325, 328-329, 332-337, 388-389, 421, 423, 428-429, 431-432, 437
BARVILNIK 281-285, 292-293, 295, 299, 304, 307, 316
BARVILO 170-172, 205
BARVITOST 92-95, 97-98, 103, 105, 107, 117, 198, 257, 388, 431
BARVNA FOTOGRAFIJA 27, 78, 200-201, 206
BARVNA GLOBINA 212-213
BARVNA KARTA 90, 96
BARVNA KODA 212
BARVNA KONSTANCA 103, 111, 202
BARVNA METRIKA 91, 103, 335
BARVNA OBČUTLJIVOST 131
BARVNA RAZLIKA 108
BARVNA REPRODUKCIJA 123, 202
BARVNA SLIKA 78
BARVNA STALNOST 111, 116
BARVNA TELEVIZIJA 41, 78, 234
BARVNA TEMPERATURA 102-103, 256
BARVNA VALENCA 72, 74
BARVNA ZBIRKA 96
BARVNI ATLAS 90, 94-96
BARVNI DIAPOZITIV 193, 200, 202
BARVNI DRAŽLJAJ 72-79, 81-88, 91, 93, 103-104, 108, 111, 118-119, 121-122, 151, 198-199, 205, 210, 214, 234-237, 247, 251, 255, 257, 259, 260-263, 268
BARVNI FILM 111, 202, 214
BARVNI IZVLEČKI 199-200, 202, 212, 232, 235, 236, 251, 259, 261-262, 268, 273-274, 312-313, 316, 318-319, 436
BARVNI KONTRAST 192, 333, 431

- BARVNI KROG** 95
BARVNI MODUL 430-431
BARVNI NEGATIV 202, 204
BARVNI OBČUTEK 72
BARVNI OBSEG 110, 117, 136, 210-212, 216-217, 230-232, 318, 335
BARVNI ODTENEK 93-94, 219, 332, 335
BARVNI OPIS 91, 108, 206, 212, 224, 229, 431
BARVNI PROCESOR 429
BARVNI PROFIL 256, 429, 431, 432
BARVNI PROSTOR 104, 106, 109, 110, 226, 227, 244, 256, 268, 335, 419, 420, 428-429, 431-432
BARVNI RAZMIK 107-109, 219, 225
BARVNI RECEPTOR 75-78, 90
BARVNI SESTAV 281, 283-285, 291, 293-295, 299, 304
BARVNI SISTEM 300, 303
BARVNI SPOMIN 114
BARVNI ŠUM 218
BARVNI TISK 78, 258, 423
BARVNI UČINEK 72-82, 84-85, 87-90, 96, 98, 103-108, 110, 113, 115, 118, 121-122, 124, 187-200, 202, 204-206, 210, 213-214, 219, 226-227, 234, 236, 247, 256-257, 259, 261, 263, 334, 400, 416, 428, 430-431, 437
BARVNI VID 73, 207
BARVNI VTIS 72-79, 84, 87-89, 91, 93, 95, 98, 111-112, 115-116, 122, 198-199, 206, 210, 214, 236
BARVNO DOŽIVETJE 72, 90
BARVNO DREVO 97
BARVNOMETRIČNE KRIVULJE 104
BARVNOMETRIČNI SISTEM 106, 107
- BARVNO NADOMEŠČANJE** 272
BARVNO RAVNOVESJE 332, 336
BARVNO RAZVIJANJE 201-202, 204-205
BARVNO SKLADJE 265, 301, 320, 436-437
BARVNO TELO 94-95, 97
BARVNO UPRAVLJANJE 200, 224, 256, 418, 420-422, 427-429, 431
BARVOTVORNA SUBSTANCA 201
BASELINE TIFF 231
BAYERJEV MOZAIK 210
BAYER PATTERN 210
BELA SVETLOBA 79, 83, 117, 151, 235
BELO RAVNOVESJE 214-216, 219, 221, 232-233, 253
BINARNI FONT 425
BINARY DIGIT 43
BIT 43-44, 142, 212, 216, 231
BIT DEPTH 142
BITMAP 424
BITMAPA 34, 146, 159, 199, 416
BITMAP FONTS 424
BITNA GLOBINA 142
BITNA SLIKA 146, 211, 213
BLACK & WHITE 122
BLAZINASTO UKRIVLJENJE 220
BLESK 116
BLIND EXCHANGE 423
BLOOMING 134, 140
BOBNASTI SKENER 408
BORGIS 398
BROŠURA 347-349, 355-356, 382
BW 122

C

- CATHODE RAY TUBE** 187, 189, 239
CCD 28, 30-31, 129, 132-135, 138, 206-209, 216, 452
CD 46-54, 64, 192, 226, 343, 352, 423, 445-448
CD-PREDVAJALNIKI 48
CD-R 46, 48-50, 53-54
CD-ROM 48, 53-54, 64, 445-448
CD-RW 46, 49, 50, 53-54
CD-SNEMALNIK 46, 48
CELOSTRANSKA KOPIRINA PREDLOGA 410
CHARGE COUPLED DEVICE 28, 30, 132, 134-135
CHROMA 96, 107
CICERO 398
- CIE** 95, 101, 103-106, 110-111, 450
CIELAB 106-109, 335, 428-429, 431
CIELCH 107, 109
CIEXYZ 108, 111, 428
CIKLOSTIL 154, 159, 310-311
CIM 434
CIP3 418-419, 434-435
CIP3/4 418-419, 434
CIP4 434
CLIPPING 142
CMM 429, 430
CMOS 28, 30-31, 134-135, 206-208, 452

- CMS** 200, 427-428, 430
COLD-SET 337
COLOR MANAGEMENT 200
COLOR MANAGEMENT SYSTEM 200
COLORMATCH RGB 256
COLOR SEPARATION 422
COLOUR DEPTH 217
COLOUR GAMUT 335
COLOUR MANAGEMENT ENGINE 429
COLOUR MANAGEMENT MODUL 429
COLOUR NOISE 218
COLOUR SPACE 335
COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE 103
COMPACT DISK 46, 53
COMPLEMENTARY METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR 30
COMPRESSION 229
COMPRESSION RATIO 229, 230
COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING 434
COMPUTER TO CYLINDER 439
COMPUTER TO PAPER 300, 310
COMPUTER TO PLATE 300, 310
COMPUTER TO PRESS 300, 309, 438
COMPUTER TO PRINT 300, 310
COMPUTER TO SCREEN 439
CONTINUOUS INK-JET 169
CONTRAST GLOSS 118
CORRELATED COLOUR TEMPERATURE 103
CROSS-PLATFORM FORMATS 421
CRT 187, 189-190, 239-240, 244-245, 251-256
CTC 439
CTP 300, 309-310, 416, 435, 438, 459-460
CTS 439

Č

- ČASOPISI** 37, 184, 272, 291, 309, 345, 355
ČEPKI 74-76, 136, 207
ČLENASTA KONSTRUKCIJA 313
ČRKA 21, 34, 56, 177, 395, 416
ČRKOVNA DRUŽINA 25
ČRKOVNIH REZIH 26
ČRKOVNI SLOG 21, 23, 25-26
ČRKOVNJAK 36, 395
ČRNA BARVA 77, 82, 84, 97, 106, 261, 265
ČRNO-BELA FOTOGRAFIJA 27, 122, 124, 127, 138, 144-145, 148, 388
ČRNO-BELA REPRODUKCIJA 122-123, 127, 151, 193, 198, 257, 387
ČRNO-BELA TELEVIZIJA 122
ČRNO-BELO RAZVIJANJE 202
ČRTEŽ 172, 212, 388

D

- DARK CURRENT** 139, 208
DATOTEČNI FORMAT 48, 226, 230
DCS 420, 422
DEAD PIXELS 255
DEAD SUB-PIXELS 255
DEKODER 43, 55, 407
DELOVNA OPERACIJA 149, 280, 355-357, 376, 378, 384, 418-420, 434
DELOVNI POSTOPEK 355
DELOVNI PROCES 418, 420-421, 432, 435, 436
DELOVNI TOK 355
DESKTOP COLOR SEPARATION 422
DESK TOP PUBLISHING 412
DESK TOP REPRO 412
DEVICE DEPENDENT COLOUR 428
DEVICE PIXEL 163, 184
DEVICE PROFILES 429
DI 300, 301, 309, 438
DIAPOZITIV 98, 129, 130, 143, 193, 200, 202, 222, 224, 226, 228, 260, 261, 262, 265, 278, 389, 390, 391, 392, 394, 395, 400
DICO 300, 304
DID 398
DIFUZNA KOMPONENTA 118, 119
DIFUZNA REFLEKSIJA 117
DIGIT 43
DIGITAL CHANGE OVER 300
DIGITAL FILE FORMAT 229
DIGITALIZACIJA 28, 132, 428
DIGITALIZIRANA TELEVIZIJA 237
DIGITALIZIRANI PROCES 405
DIGITALIZIRANJE 147
DIGITALIZIRANO TISKANJE 300
DIGITAL LIGHT PROCESSING 239

- DIGITALNA FOTOGRAFIJA** 28, 30, 132, 138-139, 144, 146, 191, 193, 199, 210, 214-215, 219, 222, 232, 389
- DIGITALNA KAMERA** 42, 110, 132-133, 136, 139, 141-142, 147, 191, 193, 207, 214-219, 230, 232-234, 413
- DIGITALNA SLIKA** 30, 43, 135-136, 138, 141-142, 146-148, 180, 190, 194, 196, 210-212, 214-215, 228-229, 232, 265, 268, 423
- DIGITALNA TELEVIZIJA** 41, 132
- DIGITALNE TISKARSKÉ TEHNIKE** 159-160, 288, 310
- DIGITALNI FORMAT** 138
- DIGITALNI OFSETNI STROJ** 315
- DIGITALNI TISKARSKI STROJ** 312, 314, 418
- DIGITALNI TONSKI OBSEG** 142
- DIGITALNO GRAVIRANJE** 310
- DIGITALNO KOPIRANJE** 151, 309, 416, 421, 424, 435, 438-439, 440, 442
- DIGITALNO RASTRIRANJE** 179
- DIGITALNO SKENIRANJE** 259, 265, 267-268
- DIGITALNO TISKANJE** 265, 311, 418
- DIGITALNO UPODABLJANJE** 300-303, 309, 329, 386, 438
- DIGITAL STILL CAMERA** 234
- DIGITAL VERSATILE DISK** 51
- DIGITAL VIDEO DISK** 51
- DIGITUS** 43
- DIN** 96, 130, 139, 450
- DIN 6164** 96
- DINAMIČNI OBSEG** 129-130, 136, 141-143, 208-209, 224
- DIRECT IMAGING** 300, 309
- DISKONTINUIRANI KAPLJIČNI TISK** 167
- DISPLAY SCREEN** 189
- DISTINCNESS OF IMAGE GLOSS** 118
- DITHERING** 182
- DITHER PATTERN** 182
- DLP** 239
- DNEVNA SVETLOBA** 78, 100-102, 111, 214
- DODELAVA** 36, 340, 379-380, 418
- DOJEMANJE BARV** 70, 72, 74, 77, 87-88, 90, 122, 335
- DOMAČA KOREKTURA** 398
- DOMAČA STRAN** 61
- DOT** 163
- DOTS PER CENTIMETER** 164, 195
- DOTS PER INCH** 164, 195
- DOUBLE LAYER SUPER TWIST NEMATIC** 243
- DOŽIVLJANJE BARV** 74, 91, 111, 335
- DPC** 163-164, 169, 180, 184, 194-196
- DPI** 163-165, 167, 169, 180, 184, 194-196, 301, 422
- DROP ON DEMAND INK JET** 166
- DRUM SCANNER** 222
- DSTN** 243
- DTP** 412
- DTR** 412
- DVD** 51-54, 239, 343, 352, 413, 423, 446
- DVD+R** 52
- DVD-R** 52, 53
- DVD-RAM** 52-54, 446
- DVD-ROM** 52-54

E

- E-MAIL** 17, 60, 63
- EBC** 337, 338
- ECI** 225, 256, 257, 458
- EDC** 132
- EFEKTIVNA ZASLONKA** 127
- EKSPOZICIJA** 123-124, 127-128, 130, 133, 139-141, 144-145, 205, 217, 219
- ELECTRON BEAM CURING** 337
- ELECTRONIC DIGITAL CAMERA** 132
- ELEKTROFOTOGRAFIJA** 148, 161, 163
- ELEKTROFOTOGRAFSKA PLOŠČA** 149
- ELEKTROFOTOGRAFSKI ZASLON** 186, 188, 235
- ELEKTROFOTOGRAFSKO TISKANJE** 161, 163
- ELEKTROGRAFSKI TISK** 160, 165
- ELEKTROLUMINISCENCA** 247-249
- ELEKTRONSKA POŠTA** 17, 31-32, 60-61, 63
- ELEKTRONSKO SUŠENJE** 337
- ELEKTROSTATIČNI KAPLJIČNI TISK** 160
- ELEMENTARNA TOČKA** 163
- ELEMENTARNI RASTRSKI KVADRAT** 163
- ELIPTIČNI RASTRER** 179
- ELKOGRAFIJA** 160, 166
- EMBALAŽA** 35, 349
- EMBEDDED PROFILES** 432
- ENCAPSULATED POSTSCRIPT** 422
- ENOBARVNI STROJ** 291-292, 299
- ENOPREHODNI SISTEM** 312, 320
- ENOTONSKA REPRODUKCIJA** 172

EPS 229, 420, 422**ETIKETA** 343, 373**EXIF** 229**EXTERNAL DRUM IMAGESETTER** 438**F****FED** 239-240, 251**FIELD EMISSION DISPLAY** 239, 251**FIKSIRANJE** 124, 149, 164, 199, 202, 300, 314**FIKSNI ŠUM** 217**FILE FORMATS** 229**FILM** 30, 123, 130, 416**FIXED PATTERN NOISE** 217**FIZIKALNI SIJAJ** 117, 118**FLAT-BED IMAGESETTERS** 438**FLAT-BED SCANNER** 222**FLEKSONIKA** 353**FLEKSOTISK** 154-155, 287, 290, 294-296, 324-325, 338, 353, 390**FLEXOGRAPHIC PRINTING** 155**FLUORESCENCA** 248**FLUORESCENČNI ZASLON** 235, 236, 252**FONT** 25-26**FONT FAMILY** 25**FORMATNA KOPIRNA PREDLOGA** 410**FORME** 4, 33-38, 148, 152, 155-156, 158, 160-161, 172, 175, 257-259, 278, 280-281, 283-288, 290-294, 298-299, 302-303, 309-310, 315, 328-329, 332, 350, 358-361, 363-364, 366, 386-387, 390-394, 404, 408-409, 415-416, 418, 435-436**FORME-BASED PRINTING** 38, 152**FORMLESS PRINTING** 38, 152**FOSFORESCENCA** 248**FOTOAPARAT** 27, 127, 210**FOTODISK** 46, 52**FOTOEFEKT** 31**FOTOELEKTRONSKI PROCES** 405**FOTOELEMENT** 132, 133, 140, 142, 143, 199, 206, 207, 208, 217, 218, 224**FOTOGRAFIJA** 20, 26-28, 30-31, 43, 45, 66, 78, 98, 108, 116, 122-124, 126-127, 129-132, 134, 136, 138-139, 142, 144-146, 148-149, 172, 191-193, 197-202, 204-207, 210-211, 214-216, 219, 222, 228-229, 232-233, 238, 248, 278, 330, 335, 388-390, 400, 415, 457**FOTOGRAFSKA KAMERA** 27**FOTOGRAFSKI SLOJ** 202**FOTOKEMIČNO TISKANJE** 160**FOTOKOPIJA** 123, 151**FOTOKOPIRANJE** 148-149, 163, 191, 313, 387**FOTOMATRICA** 396-397, 405-406**FOTOMEHANIČNI PRELOM** 402, 404**FOTOMEHANIČNI PROCES** 388, 394, 400, 402**FOTORECEPTOR** 74-75, 91**FOTOSTAVEK** 395, 396, 397, 402, 405, 407**FOTOTISKALNIK** 318**FOURTHIRDS** 136**FRAME RATE** 185**FREKVENČNO RASTRIRANJE** 179, 258, 265**FREQUENCY MODULATION** 181**FRONTPAGE** 61**FTP** 60-62**G****GAMA** 190-191, 256**GARMOND** 398**GAZA** 349, 355, 376**GCR** 272, 274-275**GEOMETRIČNO UKRIVLJENJE** 220**GEOMETRIJSKA LOČLJIVOST** 138, 139**GIF** 229, 422**GLEDANJE** 75, 115**GLOBAL PACKED RADIO SERVICE** 17**GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS**
17**GLOBOKI TISK** 154, 172**GLOSS** 118-119, 336**GORIŠČNA RAZDALJA** 127, 136-138, 215, 216**GOSTOTA RASTRA** 175, 180, 184**GOVOR** 15, 63, 67, 121, 206, 312**GPRS** 17, 445**GRAFIČNA DODELAVA** 36**GRAFIČNA PRIPRAVA** 36**GRAFIČNI IZDELEK** 36, 280, 293, 323, 340-341, 344-346, 352, 366, 369, 378, 385, 388**GRAFIČNI OBLIKOVALEC** 67, 388, 402, 415, 419

GRAFIČNI PROCES 35, 385, 386, 434
GRAFIKA 37, 197, 253, 309, 387, 425, 426
GRAPHIC INTERCHANGE FORMAT 422
GRAVIRANJE 310, 390, 408, 439
GRAVURE PRINTING 155
GRAY BALANCE 335
GRAY COMPONENT REMOVAL 272
GRAY COMPONENT REPLACEMENT 272

GREYSCALE 388
GRID 145
GSM 17, 18
GTO-DI 301
GUMIJASTI DUPLIKAT 290
GUMIJEVA NAPONA 285
GUMIJEVA PREVLEKA 285
GUMI VALJ 283, 304

H

HAD 239
HALFTONE 175, 177, 182
HALFTONE CELL 177
HALFTONE DITHER 182
HALFTONE DOT 175
HALFTONE IMAGE 175
HALFTONE SCREEN 175
HALFTONING 175, 182
HDTV 41, 44, 237-239, 254, 455
HEAT-SET 337
HEKSAKROMIJA 258, 277, 278
HI-FI-REPRODUKCIJA 258
HIBRID 65, 328
HIBRIDNI GLOBOKI TISK 173
HIBRIDNI TISKARSKI STROJI 281, 324
HIBRIDNO RASTRIRANJE 183
HIDROFILIZIRANJE 392
HIGH DEFINITION TELEVISION 41, 237
HIGH DENSITY CD 51
HIGH PERFORMANCE ADDRESSING 243
HIGH RESOLUTION CCD 209
HIGH SPEED PRINTING SYSTEMS 321

HIGH VOLUME PRINTING SYSTEMS 321
HITROTEKOČI STROJI 321
HKS 96, 421, 428
HLADNO LEPILO 374
HLADNO SUŠENJE 337
HLAJENJE 305, 337, 383
HOLOGRAFIJA 26, 126
HOLOGRAM 30, 323, 343
HOLOGRAPHIC AUTOSTEREOSCOPIC DISPLAY 239
HOME PAGE 61
HOT-MELT 169, 374
HOT-MELT INK JET 169
HOT FOLDER 420-421
HPA 243
HPD 243
HQS-SCREENING 271
HRBTNA OZNAKA 372-373
HUE 107, 431
HYBRID PASSIVE DISPLAY 243

I

ICC 420-423, 428-429, 432
IKONOSKOP 185
ILLUMINATION ANGLE 98
IMAGE BURNING-IN 253
IMAGE CARRIER 38, 161
IMAGE DATA 231, 234
IMAGE FILE FORMAT 230
IMAGE FORMAT 229
IMAGE RETENTION 254
IMAGE SENZOR 133
IMAGING PRIMITIVES 423

IMPOSITION 420-421
INDUKCIJSKO TISKANJE 160
INDUSTRIJSKA REPROGRAFIJA 418
INDUSTRIJSKI TISKALNIK 312
INFORMATIKA 14
INK-JET PRINTING 166
INKLESS PRINTING 38
INTAGLIO PRINTING 156
INTER-APPLICATION FORMATS 421
INTERAPLIKACIJSKI FORMAT 421
INTERLACED 189, 196, 239

- INTERNATIONAL COLOUR CONSORTIUM** 428
INTERNET 14, 17, 32, 39, 42, 54, 57, 60-63, 136, 422, 424
IONOGRAFIJA 164
IONOGRAFSKI TISK 164
IONOGRAFSKI TISKANJE 164
IR-SUŠENJE 337, 338
IRACIONALNO RASTRIRANJE 271
IRRATIONAL SCREENING 271
ISDN 17, 58, 62, 446
ISO 12232 219
ISO 12233 216
ISO 12637 37, 152, 158
ISO 12642 225
ISO 12647 100, 416, 431, 458
ISO 13655 110
ISO 14524 217
ISO 15739 217
ISO 15930 423
ISO 16067 224
ISO 21550 224
ISO 216 353
ISO 3664 98, 101
ISO 6 130
IZHODNA ENOTA 409, 410
IZHODNA LOČLJIVOST 180, 195
IZLAGALNI APARAT 280
IZLAGALNIK 280, 305
IZLAGALNI SESTAV 27, 43, 50, 116, 191, 250, 280-285, 291, 293-295, 299-300, 304, 316, 410, 429
IZLAGALNI SISTEM 280, 365
IZREZOVALNA FORMA 311, 358, 359, 362, 366
IZREZOVALNI NAČRT 360
IZREZOVALNI STROJ 311, 358, 363, 366
IZREZOVANJE 297, 350, 356-359, 362-366
IZVIRNIK 122, 202, 205
IZVOD 35

J

- JDF** 418, 419, 434, 435, 460
JEDKANJE 390, 391, 392
JEKLOREZ 156
JEKLOTISK 156
JOB-CONTAINER 435
JOB DEFINITION FORMAT 434
JPEG 51, 217, 221, 229-234, 420, 432, 456

K

- KALIBRACIJA** 48, 240, 256
KAPLJIČNI TISK 167-169, 250, 312, 318, 320-326, 331, 338, 439
KAPLJIČNO TISKANJE 320
KARTONAŽA 340, 349
KELLOV FAKTOR 194, 196
KELVIN 102
KEMIGRAFSKI PROCES 390-394, 411, 441
KINESKOP 187
KJIGOVEZNICA 356
KLASIČNI FOTOGRAFIJI 142
KLIŠE 290-291, 391-392
KLIŠEGRAF 259, 407, 418
KNJIGA 65-66, 355, 382, 384, 447, 449
KNJIGOTISK 154-155, 287, 290-293, 295, 325, 358, 363, 390, 402, 409
KNJIGOVEŠKA LINIJA 379, 380-383
KNJIGOVEŠKA POLA 356, 366-367, 370, 372-373, 376, 378, 382
KNJIŽNI BLOK 347-348, 355, 372-373, 376, 381-383
KOLEDAR 309, 346
KOLORANT 85
KOLORIMETRIČNI OPAZOVALEC 104
KOLORIMetriJA 103, 108, 210
KOMPLEMENTARNE BARVE 112-113, 226
KOMPRESIJSKO RAZMERJE 229-230
KOMUNICIRANJE 14-15, 17-19, 32, 35, 56-57, 62, 121, 123, 159, 419
KONTAKTNI APARAT 400-401
KONTAKTNO KOPIRANJE 361, 390
KONTINUIRANI KAPLJIČNI TISK 167
KONTRAST 98, 112-116, 130, 142, 191-192, 221, 233, 243, 256, 332, 431
KONTRASTNI OBSEG 129-130, 139, 143, 145, 176, 217, 224, 244-246, 252
KONTRASTNI SIJAJ 118
KOPIJA 28, 33, 148-149, 390-391

KOPIRNI PREDLOGA 4, 268, 335, 390-395, 400, 402-405, 409-411, 415-418, 438
KOPIRNE TEHNIKE 148
KOPIRNI SLOJ 303, 390-392, 394, 402, 441-442
KOREKTOR 398, 415
KOREKTURNA ZNAMENJA 398-399
KORONA 161-162
KOTNA VIDLJIVOST 245
KOVINSKA MASKA 236
KROMATIČNA ABERACIJA 415

KROMATIČNA ADAPTACIJA 111
KROMATIČNA BARVA 88, 93-95
KROMATIČNI DIAGRAM 104-106, 110
KROMATIČNO NADOMEŠČANJE 272
KROMATIČNOST 93, 103, 117, 430
KROMOGENO RAZVIJANJE 201-202
KRTAČNI ODTIS 398
KSEROGRAFIJA 148-150, 161
KUVERTA 349

L

L*A*B* (CIE 1976) 104
LAGRE FORMAT PRINTING SYSTEMS 321
LAK 119, 305, 325-326, 328
LAMINAT 295, 350
LASERSKA PLOŠČA 46
LATENTNA SLIKA 28, 124, 127, 148-149, 151, 161, 164-165, 202
LATINICA 21, 23
LCD 189, 239, 240-246, 249-457
LEKTOR 398, 415
LEO 18
LEP 239, 249, 250
LEPILNA VEZ 373
LEPILO 294, 348-349, 370, 373-374, 376, 378-379
LEPLJENEC 373
LEPLJENJE 356, 371, 373, 375, 378, 381-383, 417
LEPLJENJE ZLOŽENK 378
LESK 116, 335
LESTVICA TONOV 95
LESTVICA TONOV, 95
LETerset 155
LETTERPRESS PRINTING 155
LETTERSSET PRINTING 155

LIGHT EMITTING POLYMERS 239, 249-250
LIGHTNESS 106
LINEAR ARRAY 135
LINEARNO VEZJE 133, 135
LINIJATURA RASTRA 177, 184
LINIJSKI GLOBOKI TISK 156, 323
LIQUID CRYSTAL DIODE 242
LIQUID CRYSTAL DISPLAY 239, 242
LITHOGRAPHIC PRINTING 158
LITOGRAFIJA 158
LITOGRAFSKI TISK 158
LOČEVANJE 55, 363, 365-366
LOČILNA SPOSOBNOST 88
LOČLJIVOST 88, 131-132, 135-141, 145-147, 162-165, 167, 169, 180-181, 184, 189-197, 208-210, 214-216, 218, 221-222, 224, 228, 233, 237-238, 240, 242, 244, 253-255, 278, 312, 321, 416, 425
LOKALNO LAKIRANJE 343
LOSSY COMPRESSION 229
LUKNJANJE 356, 369, 372
LUMINIFOR 246, 247
LUMINISCENCA 248
LZW 229, 232

M

MAGNETOGRAFIJA 165
MAGNETOGRAFSKI TISK 165
MAGNETOSKOP 44
MATRIČNO VEZJE 132, 135, 206, 208, 216, 249
MATRIX ARRAY 135
MEHKA VEZAVA 347, 384
MEMORY COLOURS 210
MEŠANA REFLEKSIJA 117-118
METALPLAST 295, 350

METAMERIZEM 77-79, 101, 108, 111, 198, 200, 222
MID-TONE SPREAD 336
MOARE 208, 262, 265, 269, 332
MODEM 58, 62
MODULACIJA 17, 121
MODULIRA 16, 31
MONITOR 108, 111, 189, 190-191, 195-196, 210, 237, 244, 251, 253, 256, 413, 415, 425

MONITOR TEST 108, 111, 189-191, 195-196, 210, 237, 244, 251, 253, 256, 413, 415, 425
MONOGRAFIJA 123, 347, 355
MONOKROMATSKA SVETLOBA 75
MOTNI SIJAJ 118
MOVING PICTURE EXPERTS GROUP 44
MOZAIČNO SNEMALNO VEZJE 208, 210, 224
MPEG 44, 51, 52, 237, 239

MRTVE ZASLONSKE TOČKE 255
MULTIMEDIJ 14, 39, 63, 64, 65, 66, 212
MULTIPASS SYSTEM 312
MULTIPLE MASTER 424, 427
MULTIPREHODNI SISTEM 312-313, 316
MUNSELLOV SISTEM 97
MUNSELL RENOTATION SYSTEM 97
MUTIRANJE 281

N

NABARVANJE 34-35, 156, 159, 164, 263, 280-281, 294, 300, 302-303, 310, 329, 336
NADTISK 437
NADZOR DOKUMENTOV 418, 420
NAJPODOBNEJŠA BARVNA TEMPERATURA 102
NAKLADA 35
NAMIZNO ZALOŽNIŠTVO 412
NASIČENOST 93-95, 97, 105, 107, 116-117, 119, 198, 257, 272, 388, 430
NASLOVNA LOČLJIVOST 163-164, 180, 184, 195, 321
NASLOVNA MREŽA 163, 180, 184
NASLOVNA TOČKA 163
NASPROTNE BARVE 84
NATIS 315, 319, 321, 323
NATURAL COLOUR SYSTEMS 96
NAVZEMANJE TISKARSKIH BARV 437
NAVZKRIŽNI RAČUNALNIŠKI FORMAT 421
NCS 96, 428
NEABLACIJSKA PLOŠČA 439, 441
NEGATIV 28-30, 124, 129, 145, 176, 200, 202, 204, 205, 226, 228, 259, 264, 278, 390-392, 394-395, 400, 408
NEGATIV-POZITIV 28-29, 176, 264, 390, 395, 400

NEODVIŠEN BARVNI PROSTOR 431
NEOSTRINA 192-193
NEPESTRE BARVE 92
NEPOSREDNE TEHNIKE TISKA 153, 160, 326
NEPOSREDNO TISKANJE 153, 283, 312, 316
NEPOSREDNO UPODABLJANJE 300-303, 309, 329, 386
NEPREPELTENA MENJAVA SLIK 189
NESKONČNI OBRAZCI 293, 324
NEVTRALNA BARVA 78, 81, 87, 92, 94, 97, 219, 252, 261, 264
NEVTRALNA OS 95, 106
NEVTRALNA SKALA 95
NEWSPAPER PRINTING SYSTEMS 321
NIP 159
NOISE 134, 217, 218
NON-LOSSY COMPRESSION 229
NON IMPACT PRINTING 159
NON INTERLACED 189
NONPAREJ 398
NORMALNI OBJEKTIV 136, 137, 138, 215
NTSC 41, 244, 256
NUMERIČNO 97, 104, 159, 217, 253, 388, 405

O

OBARVANJE 35, 170, 179, 183, 435
OBJEKTIV 27, 127-128, 136-139, 191-193, 201-202, 206-207, 210, 215-216, 221-222, 229, 235, 396, 397
OBLIKA RASTRSKIH PIK 271
OBOJESTRANSKI TISK 281-282, 293, 304-306, 309, 313, 316, 326
OBRAZEC 37, 105, 291, 346
OBREZ 344, 356, 357, 381
OBREZOVANJE 340, 344, 356, 383, 434
OBRSNI FONT 424-427

OBSEG 44, 52, 66, 110, 117, 129-130, 132, 134, 136, 139-143, 145-147, 176, 177, 180, 184, 189-191, 195, 208-212, 215-217, 224, 230-232, 243-246, 252, 268, 277, 302, 318, 332, 335, 341, 415
OBTRGOVANJE 363, 365-366
ODTIS 35-36, 38, 119, 148, 151, 159, 161, 165, 168-169, 171, 173, 261, 272, 280-281, 310, 323, 329, 334-335, 337, 340, 362, 386-387, 390, 437
ODVIŠEN BARVNI PROSTOR 429
ODZIVNI ČAS 242, 246

- OFFSET LITHOGRAPHIC PRINTING** 158
OFSETNA ODTISOVALNICA 309, 322
OFSETNA PLOŠČA 300, 303, 309, 416, 438-, 440
OFSETNI TISK 110, 154, 160, 283-284, 299-300, 304, 307, 309-310, 312, 315, 323-324, 327, 331, 386, 390, 392-393, 411, 415-416, 418, 431, 438
OFSETNI VALJ 283--287, 302, 304, 307, 309, 312-313, 315-316, 318
OGLEDNI KARTON 309, 342
OKO 72-74, 76-78, 81-82, 84-85, 88, 90-91, 99, 104, 108, 111, 113-114, 117, 119, 122, 127, 130, 151, 187-188, 192, 198-199, 201-202, 233-234, 255, 276, 335
OKTOKROMIJA 277
OLED 239-240, 247-250, 328
OPAZOVALNA RAZDALJA 145, 192, 196, 253, 255, 256
OPENTYPE FONT 424, 426-427
OPISOVANJE BARV 90-91, 93-95, 97-98, 104, 111
OPLAZNI SIJAJ 118
OPLEMENITENJE 36, 281, 297, 305, 309, 321, 324, 340, 344
OPPONENT COLORS 106
OPTICAL DISC MEMORY 52
OPTIČNA LOČLJIVOST 139, 145, 191, 192, 193, 210, 218, 224

P

- PACKAGES** 350
PACKAGING MATERIALS 350
PAD-TRANSFER PRINTING 156
PAKET 350, 412, 419
PALEC 164, 178, 190
PALIČKAMI 136, 207
PALIČKE 74-75
PANTONE 96, 110, 277, 421, 428
PARAZITSKI ŠUM 218
PASIVNA ZASLONSKA LOČLJIVOST 189, 194
PASIVNI MONITOR 242, 248
PASTOZNA TISKARSKA BARVA 290, 294, 296, 300
PDF 229, 268, 418-424, 427, 432, 434, 436, 458-459
PDF 398, 413-415, 419, 423
PDF/X 423
PDP 189, 239-240, 244-246, 252, 254-255
PEL 184
PERCEIVED DIRECTIONALITY 119
PERCEIVED SURFACE 119
PERCEPTUAL RENDERING INTENT 430
PERFORACIJA 369-370
PERFORIRANJE 281, 356, 364, 369, 370-372
PERMEOGRAPHIC PRINTING 153
PERSISTENCA 87, 113, 187, 234, 237, 247, 251
PERSONALIZIRANJE 281, 325
PESTRE BARVE 92, 94
PESTROST 93
PETIT 398
PHOTOGRAPHIC PRINTING SYSTEMS 321
PICT 229, 422
PICTURE CELLS 135
PICTURE ELEMENT 135
PIEZOELEKTRIČNI KAPLJIČNI TISK 166, 168
PIGMENT 149, 162, 169, 170, 337
PIGMENTIRANO ČRNILO 169
PIKA 138, 163, 175-177, 179-180, 183-184, 416
PIKSEL 146
PISALNIK 159

- PISALNI STROJ** 159
PISARNIŠKA REPROGRAFIJA 413, 414
PISARNIŠKI TISKALNIK 312
PISAVA 20-26, 395-398, 424
PITCH 190, 193, 254
PIXEL 135, 138, 146, 184
PIXEL PER CM 138
PIXEL PER INCH 138
PJTF 434, 435
PLAKAT 169, 309-310, 322, 341-342, 352, 357, 396
PLANOGRAPHIC PRINTING 153
PLASTIČNI DUPLIKAT 290, 291
PLATNICA 347-349, 355-358, 373, 382-384
PLAZEMSKI ZASLON 245, 252-253
PLEDS 250
PLOŠČNI VALJ 284, 287, 290, 292-293, 298, 300, 302, 304, 307, 438
PLOSKI SKENER 222, 413
PLOSKI TISK 154, 156-158, 176, 283- 285, 293
PLOSKOVNE BARVE 116-117
POČRNITEV 123-124, 179
PODOSVETLITEV 134
PODSVETLITEV 241, 243-245, 250, 253-255
POINT 163
POINT 163, 184
POKRITNA BARVA 85, 96
POKRIVANJE BARVNIH IZVLEČKOV 421, 436-437
POLIKROMATSKA SVETLOBA 76
POLIMERI 239, 247-250, 328, 374
POLIZDELEK 4, 202, 340, 353, 355, 366, 376, 385, 400, 414
POLNILNO GRADIVO 395
POLYLED 250
POLYMER LIGHT EMITTING DIODES 250
PORTABLE DOCUMENT FORMAT 421, 422
PORTABLE JOB TICKET FORMAT 434
POSREDNE TEHNIKE TISKA 153, 284
POSREDNI KNJIGOTISK 155, 287, 293
POSREDNI PLOSKI TISK 158, 176, 283-284
POSREDNO TISKANJE 283, 286, 312-314, 318
POSTER 310, 341
POSTERIZIRANJE 139, 141-142, 180, 214, 246
POSTPRESS 36
POSTSCRIPT 301, 416, 418-419, 422-427, 434
POSTSCRIPT PRINTER DESCRIPTION 422
POSTSCRIPT TYPE 1 424, 426-427
POTENCIAL 186-187
POVEČEVALNIK 396, 400, 401, 407
POVRŠINSKE BARVE 116
POZITIV 28, 29, 124, 126, 176, 200, 204, 259, 264, 390, 391, 394, 395, 400
PPC 138, 147, 193, 194, 196, 224
PPF 419, 434, 435
PPI 138, 147, 193, 194, 196, 214, 224
PPS 422
PRECIZNO RASTRIRANJE 271
PREDLIST 347, 349, 355, 373, 382
PREDLOGA 4, 31, 33, 38, 78, 100, 121-126, 145, 148-149, 151, 172, 175, 179-180, 188, 199, 216, 222-224, 226-227, 232, 257, 259, 260-261, 264-265, 268, 278, 332, 335, 385, 387, 390-392, 394, 400, 402, 403, 407, 409, 410, 415-418, 428, 438
PREDMET DELA 385
PREDMETNE BARVE 116
PREGLED TISKOVINE 265
PREFLIGHT CHECK 419
PREHODNA KRIVULJA 335
PREKRIVANJE BARVNIH IZVLEČKOV 416, 418, 437
PRELOM 387, 402, 404, 409, 415, 419, 422
PRELOM STRANI 404, 419, 422
PRENOSNA KRIVULJA 335
PREOSVETLITEV 134, 140
PREPLETENA MENJAVA SLIK 189
PREPRESS 36
PREPUSTNI TISK 153, 310, 439
PRESKUSNI TISK 120, 265, 309, 424
PRETISK 437
PRIMARNE BARVE 76, 272
PRIMARNE TISKARSKE BARVE 85, 87, 108, 261
PRIMARNE ZASLONSKE TOČKE 236
PRINTABILITY 335
PRINTED ELEMENT 184
PRINTER FONT 424
PRINT GLOSS 119, 336
PRINTING 36, 38, 152-153, 155-159, 166, 169, 171-172, 321, 387
PRINTING METHOD 152
PRINTING PROCESS 152
PRINT PRODUCTION FORMAT 434
PRINT REPRODUCTION CURVE 336
PROCESIRANJE 67, 193, 210, 216-217, 219, 247, 270, 390, 420-422, 436
PROCESNA ENOTA 409
PROCESNE BARVE 96, 232, 265, 277-278, 312, 314, 316, 321, 336
PROSPEKT 35, 123, 345, 346

PROSTE POVRŠINE 35
PROTIFORMA 358-359, 362, 365

PSIHOFIZIKA 66, 74
PSIHOLOŠKI SIJAJ 118-119

R

RACIONALNO RASTRIRANJE 269
RADIO 15, 18, 37, 39, 65, 398
RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION CARDS 324
RAKELJ 155, 164, 298, 299, 311
RASTER 173, 175-177, 184, 194, 240, 260, 263
RASTER CELL 177
RASTER IMAGE PROCESSOR 416
RASTRIRANJE 179, 181, 258, 271, 418, 419, 421
RASTRSKA PIKA 89, 163, 173-180, 182-184, 190, 195, 199, 257, 260, 262-265, 268, 270-271, 278, 329, 416
RASTRSKA REPRODUKCIJA 173
RASTRSKA STRUKTURA 175, 180, 182, 262-264, 270
RASTRSKA TOČKA 161-163, 170, 181-184, 195-196, 269-270, 276, 320
RASTRSKI DIAPOZITIV 394
RASTRSKI GLOBOKI TISK 155
RASTRSKI KVADRAT 163, 177, 181, 195, 269
RASTRSKI NEGATIV 392, 394
RASTRSKI RAČUNALNIK 180, 270, 300, 408, 416, 421
RASTRSKI TON 173, 175, 194, 264, 270, 335
RASTRSKO MEŠANJE 89, 96, 257
RATIONAL TANGENT SCREENING 269
RAW 111, 216, 229, 230, 232, 233, 234
RAZGLEDNICA 18, 332, 340, 343, 357
RAZMNOŽEVANJE 30, 33, 148-149, 152, 310, 387, 400, 424
RAZPOREDITVENI NAČRT 402-404, 416, 421
RAZPOREJANJE 386, 402, 404, 409, 416-418, 424, 436
RAZREZOVANJE 340, 344, 356, 434
RAZVIJANJE 124, 144, 149, 164-65, 199, 201-202, 204-205
RECESS PRINTING 153
REFERENCE COLOUR SPACE 429
REFLECTION HAZE 118
REFRESH RATE 190
RELATIVE COLORIMETRIC RENDERING INTENT 431
RENDERING INTENT 430-431
REPRODUCIRATI 16, 30, 38, 64, 108, 116, 121-123, 126, 149, 159, 161, 179, 184, 198, 224, 387, 430
REPRODUKCIJA 28, 33, 40, 45, 51-52, 56, 78, 98,

121-127, 132, 145, 149, 151, 172-175, 180-181, 184-185, 187-188, 190, 200, 202, 210, 213-214, 235, 237, 251, 257-258, 260, 264, 266, 268, 272, 276-278, 281, 312, 332, 334, 387-388, 400, 428
REPRODUKCIJSKA FOTOGRAFIJA 400
REPRODUKCIJSKA KAMERA 400, 401
REPRODUKCIJSKA LOČLJIVOST 194, 195, 196
REPRODUKCIJSKA TEHNIKA 387
REPRODUKCIJSKI PROCES 122, 199, 200, 236, 387-388, 407, 433, 474
REPROFOTOGRAFIJA 400
REPROGRAFIJA 387, 397, 412-414, 418
REPROGRAFSKI PROCES 386-388, 412, 428
REPROGRAFSKI SESTAV 410
REPROGRAFSKI SISTEM 410
REPROGRAFSKI TISK 387
REPROGRAPHIC PRINTING 387
REPROGRAPHICS 387
REPROGRAPHY 387
REPROMODULACIJA 121, 332, 387
RESOLUCIJA 197
RESOLUTION 190-192, 195, 197
RESOLVING POWER 192
REVIJALNI TISK 336
REVIJE 35-37, 123, 291, 307, 309, 347, 355, 379, 418
REVIZIJA 321, 398, 419
REZANJE 281, 356, 357, 431
RFID 297, 324, 328, 352
RGB 84, 110, 115, 132, 206, 208, 210-212, 214, 216-217, 219, 222, 227, 230-232, 234, 236, 242, 244, 248, 252-253, 256, 268, 277, 412, 419, 423, 428, 430-432
RICH TEXT FORMAT 388, 412
RIP 180, 300, 416, 418, 419, 421
RISBA 20, 26, 140, 172
ROČNI STAVEK 395
ROKOPIS 2, 385, 387, 388, 398, 409, 412, 415
ROTACIJSKI TISKARSKI STROJ 288
ROZETA 265, 276, 278
RTF 388, 412, 415
RT SCREENING 269
RUNABILITY 335

S

- SAMOBLIKOVANJE** 412
- SAMPLING RATE** 193
- SATELITNA KONSTRUKCIJA** 313
- SATELITSKA TELEVIZIJA** 64
- SATURATION RENDERING INTENT** 430
- SCANNER SPOT** 135
- SCANNING ARRAY** 135
- SCANNING RATE** 193
- SCREEN** 158, 175, 177, 182, 189, 424
- SCREEN DEFINITION** 177
- SCREEN FONT** 424
- SCREEN FREQUENCY** 177
- SCREENING** 175, 269, 270, 271, 421
- SCREEN PRINTING** 158
- SCREEN RULING** 177
- SCREEN WIDTH, LINE SCREEN FREQUENCY** 177
- SDTV** 237, 238
- SEKUNDARNE BARVE** 84, 96, 277
- SEKUNDARNI UČINKI** 81
- SELEKTIVNA ABSORPCIJA** 82, 83, 84, 85, 93, 262
- SEMANTIKA** 20
- SENZIBILIZIRANJE** 131
- SENZOR** 30, 50, 72, 133, 135, 140, 222
- SENZOR ELEMENTS** 135
- SEPTAKROMIJA** 277, 278
- SET-UP FILE** 432
- SHEEN, SHINENESS** 118
- SIGNALNA ELEKTRODA** 185
- SIGNAL ZATEMNITVE** 134
- SIJAJ** 116-121, 294, 332, 335-336, 340
- SIMULIRANJE** 39, 121-122, 145-146, 163, 172, 182, 186-188, 190, 211, 235-236, 240, 255, 258, 278, 333, 388, 415
- SIMULIRANJE BARV** 163, 172, 211, 258, 388
- SIMULIRANJE TONOV** 145, 190
- SIMULTANI KONTRAST** 98, 112, 332
- SINGLEPASS SYSTEM** 312
- SISTEM BARVNEGA UPRAVLJANJA** 427, 428
- SITOTISK** 310, 311, 324, 325, 338, 390, 393, 394, 416, 418
- SIVA SKALA** 95
- SIVI KLIN** 95, 142
- SIVINSKA SLIKA** 388
- SIVO NADOMEŠČANJE** 272
- SIVO RAVNOVESJE** 335
- SKENER** 259, 407, 408
- SKENIRANJE** 31, 39-41, 186, 222, 226, 248, 259, 264-265, 267-268, 405, 407-409
- SLEPI TISK** 293, 299, 343
- SLIKA** 20, 26-28, 30-35, 39
- SLIKOVNA CEV** 187
- SLIKOVNA FREKVENCA** 185-186
- SLIKOVNA LOČLJIVOST** 136, 138-139, 146, 147, 191, 194, 196, 214, 228, 233
- SLIKOVNA RETENCIJA** 254
- SLIKOVNI ELEMENT** 132, 136, 138, 139, 144, 145, 146, 148, 191, 193, 194, 199, 206
- SLIKOVNI FORMAT** 229
- SLIKOVNI PROCESOR** 136, 138, 206-208, 210, 215-216, 219, 229, 233-234, 428
- SLIKOVNI SENZOR** 30, 130, 133, 222
- SLIKOVNI ŠUM** 134, 139-140, 208-210, 217-218, 234, 278, 415
- SLIKOVNI ZASLON** 189
- SLIKOVNO LOČLJIVOST** 136, 147
- SMOLED** 249
- SNEMALNA CEV** 406
- SNEMALNA LOČLJIVOST** 136, 138, 139, 193, 194, 210
- SNEMALNO VEZJE** 124, 129, 133-136, 138-139, 143, 193, 206-207, 214-215, 218-219, 232
- SOFT-PROOF** 415
- SPATIAL RESOLUTION** 192
- SPECULAR GLOSS** 118
- SPEKTRALNA** 75, 78, 131, 214
- SPEKTRALNA OBČUTLJIVOST** 78, 91, 104, 127, 130-131, 214
- SPEKTROFOTOMETER** 91, 210, 256
- SPEKTROFOTOMETRIČNA KRIVULJA** 74, 108
- SPIRALNA VEZAVA** 376
- SPLOŠNA OBČUTLJIVOST** 130, 139, 140, 208
- SPOMIN** 3, 66, 114, 149, 190, 223, 268
- SPOMINSKE BARVE** 334
- SPORAZUMEVANJE** 4, 14, 15, 23, 61, 64, 68, 104
- SPOROČANJE** 14, 63, 67
- SPOT** 116, 184, 305, 343
- SREBROHALOGENIDNO TISKANJE** 160
- SRGB** 216, 256
- STANDARD DEFINITION TELEVISION** 237
- STANDARDNI FORMAT** 353, 355
- STANDARD OBSERVER** 104

- STATIC ARRAY** 135
- STAVEK** 4, 35, 37, 387, 391, 394-395, 398, 402, 405-406, 415, 419, 422, 424, 432
- STAVNI STROJ** 395
- STEBILD VIDEO** 132
- STEKLENI RASTER** 175, 240
- STENCIL PRINTING** 159
- STOHAŠTIČNO RASTIRANJE** 181
- STROJNI STAVEK** 395
- STRUCTURE-RELATED MOIRE** 265
- STRUKTURNI MOIRE** 265
- STUDIJSKA REPROGRAFIJA** 397, 414
- STUDIJSKI TISKALNIK** 312, 321
- SUBPIKSEL** 245, 251
- SUBTRAKTIVNO MEŠANJE** 83, 257, 260
- SUKANJE RASTRA** 176, 208, 262, 264, 332
- SUKCESIVNI KONTRAST** 113
- SUPER CCD HR** 209
- SUPER CCD SR** 209
- SUPER CELICE** 270
- SUPERCELLS** 270
- SUPER DENSITY CD** 51
- SUPER DYNAMIC RANGE CCD** 209
- SUPERSAMPLING** 141
- SUPERVZORČENJE** 141
- SURFACE-CONDUCTION ELECTRON-EMITTER DISPLAY** 239
- SUROVI SLIKOVNI FORMAT** 233, 234
- SUŠENJE** 281, 305, 307, 309, 311, 326, 337, 338
- SVETLOBNA GLOBINA** 129
- SVETLOBNA KABINA** 101
- SVETLOBNA KONICA** 118, 128, 134, 234
- SVETLOBNA OMARA** 101
- SVETLOBNI STAVEK** 405, 406, 424
- SVETLOBNI VIR** 31, 74, 78, 84-85, 121, 215, 241, 253
- SVETLOPIS** 26, 29
- SVETLOST** 28, 43-44, 72, 77, 89, 92-98, 103, 105-107, 109, 122-127, 130, 143, 145-146, 151, 172, 182, 186-188, 191, 198, 219, 220, 241, 244, 251, 253-254, 256, 268, 332, 335, 388, 408
- SVETLOSTNA OBČUTLJIVOST** 141
- SVETOVNI SPLET** 14, 57-58, 61, 63, 212
- SVINČENA ČRKA** 25-26, 34, 36, 290, 395
- SVINČENA VRSTICA** 395
- SVINČENI STAVEK** 395, 402
- SVINČENI STEREOTIP** 290

Š

- ŠABLONSKI TISK** 310
- ŠIROKOKOTNI OBJEKTIV** 137, 215
- ŠIVANJE** 281, 356, 376-377, 382-383

T

- TAGGED IMAGE FILE FORMAT** 230
- TAGGING** 135
- TALJIVO ČRNILO** 169
- TALJIVO LEPILO** 374, 376, 377, 378, 379
- TAMPONSKI TISK** 154, 156, 286, 323, 326
- TANDEM KONSTRUKCIJA** 296, 297, 309
- TEHNIKA** 3, 20, 26-28, 37, 123, 151-152, 155-156, 160, 163, 165-167, 170-172, 195-196, 283, 290, 293-295, 298-299, 310, 324, 327-328, 335, 338, 355, 428
- TEHNOLOGIJA** 3, 4, 26, 28, 29, 31, 36-38, 41, 44, 48, 56, 63, 91, 111, 123, 132, 135, 148, 151, 159, 168, 172, 175, 185, 189, 191, 199-200, 239, 252, 258-260, 264-266, 277-278, 281, 300, 309-310, 315, 325, 335, 349, 352, 355, 366, 390, 395, 405, 408, 416, 423, 427-428, 430, 438
- TEHNOLOGIJA DODELAVE** 340
- TEHNOLOGIJO NEGATIV-POZITIV** 28
- TEHNOLOŠKA OPERACIJA** 280, 355-356, 358, 363, 365, 369, 372, 376, 387, 390, 402, 409, 418
- TEHNOLOŠKI POSTOPEK** 280, 355
- TEHNOLOŠKI PROCES** 3, 55, 340-341, 350, 355-356, 360, 381, 385-386, 394-395, 402, 404, 409, 419
- TEKOČI KRISTALI** 240-244, 252
- TELEDATA** 54, 56-57
- TELEFAKS** 31
- TELEFONIJA** 15-17
- TELEFOTO** 31
- TELEGRAFIJA** 31
- TELEGRAM** 31
- TELEKOMUNICIRANJE** 14
- TELEMATIKA** 39, 56
- TELEOBJEKTIV** 137, 220

- TELEPRINTER** 31
- TELETEKST** 42, 54-56
- TELEVIZIJA** 17, 30-31, 37, 39-41, 44, 55-57, 64-66, 78, 88, 108, 122, 132, 136, 141, 145, 185, 188-190, 196-199, 234-235, 237-239, 253-254, 398
- TELEVIZIJSKA KAMERA** 39, 43, 235
- TELEVIZIJSKI SPREJEMNIK** 39, 43-44, 55, 186-187
- TEMNI TOK** 139
- TEORIJA NASPROTNIH BARV** 115
- TERMALEN** 300
- TERMIČEN** 300
- TERMIČNA PLOŠČA** 300, 303, 441
- TERMIČNI KAPLJIČNI TISK** 168
- TERMIČNI ŠUM** 217
- TERMODIFUZIJSKI TISK** 169-170
- TERMOGRAFIJA** 169
- TERMOMEHANIČNI TISK** 160, 169, 171
- TERMO-SUBLIMACIJSKI TISK** 170-171
- TERMOTALILNI TISK** 170-171
- TFT** 242-244
- THE MUNSELL BOOK OF COLOR** 96
- THERMAL-TRANSFER PRINTING** 171
- THERMAL DYE-TRANSFER PRINTING** 172
- THERMAL NOISE** 217
- THERMAL TRANSFER** 170
- THERMAL WAX-TRANSFER PRINTING** 171
- THINCRITS** 239, 252
- THIN FILM TRANSISTOR** 242-243
- TIFF** 229-234, 416, 419-420, 423, 432, 435, 438, 456
- TIFF/IT** 416, 419, 423, 435, 438
- TIPA** 26
- TIPALO** 133
- TIPOGRAFIJA** 26, 387
- TIPOGRAFSKA ENOTA** 397-398
- TIPOGRAFSKA TOČKA** 398
- TIPOGRAFSKI PROCES** 386-387, 390, 394
- TIPOGRAFSKI ZNAK** 395, 397
- TIPOMODULACIJA** 387, 394, 409
- TISK** 20, 30, 34-37, 78, 88, 96, 98, 110, 116, 120, 129-130, 143, 152-161, 163-173, 176, 179, 194, 232, 250, 257-258, 262-263, 265, 278, 281-287, 290-295, 297-300, 302, 304-307, 309-316, 318, 320-328, 331-332, 338, 343-344, 352, 366, 381, 383, 386-387, 390, 392-393, 408-412, 415-416, 418, 420, 422-424, 431, 438-439
- TISKALNA GLAVA** 164-167, 170-171, 318
- TISKALNIK** 33, 162-164, 167, 169, 171, 184, 195, 210, 311, 318-319, 413-416, 420, 425, 431
- TISKALO** 285-286, 288, 294, 309, 363, 366
- TISKANA ELEKTRONIKA** 352
- TISKANJE** 33-37, 153, 164, 262, 265, 276, 285, 293-294, 300-301, 309, 316, 320, 323-324, 340, 356, 366, 415
- TISKANJE S FORMO** 33
- TISKAR** 37, 117, 302, 416
- TISKARKA** 37
- TISKARNA** 37
- TISKARSKA BARVA** 36, 38, 151, 153, 155-159, 169-170, 173, 261, 272, 281, 283, 285-286, 295, 336-337, 437
- TISKARSKA GRADACIJA** 335
- TISKARSKA KAKOVOST** 332, 335
- TISKARSKA PASTA** 294, 296, 298
- TISKARSKA PLOŠČA** 160, 309, 438, 440
- TISKARSKA POLA** 309, 340, 350, 356, 358, 366, 379, 410, 416, 434
- TISKARSKA ROTACIJA** 280, 288, 296
- TISKARSKA TEHNIKA** 37, 152, 155, 160, 165-166, 172, 195-196, 283, 290, 295, 299, 310, 324, 328, 335
- TISKARSKI LAK** 326
- TISKARSKI PROCES** 35, 151
- TISKARSKI STROJ** 35, 37, 151, 159, 280, 283, 288, 309, 311, 314, 320, 326, 414, 434
- TISKARSKI VOSEK** 166, 170, 171, 320
- TISKARSKO ČRNILO** 166-169, 294, 296, 298, 318
- TISKARSTVO** 37, 197
- TISKOVEN** 37
- TISKOVINA** 33, 37
- TISKOVNA CEV** 309
- TISKOVNA ČRTA** 286, 288, 319-320, 363
- TISKOVNA FORMA** 33, 35-36, 38, 149, 153, 156-160, 162, 172, 261, 280-281, 283-286, 288, 290, 292, 294-296, 298-300, 310, 385-386, 390, 392, 402, 411, 427
- TISKOVNA GEOMETRIJA** 285-295, 299, 302, 304, 311, 328-329
- TISKOVNA HITROST** 168, 312, 321
- TISKOVNA KAKOVOST** 335
- TISKOVNA LOČLJIVOST** 164, 169, 196
- TISKOVNA POVRŠINA** 35
- TISKOVNI ČLEN** 280-281, 295-296, 299, 301, 315, 325
- TISKOVNI ELEMENTI** 33
- TISKOVNI MATERIAL** 33, 35-37, 85, 148, 151, 153,

155-160, 164-165, 167-172, 183, 280-286, 288-292, 294, 299, 309-312, 318-319, 320, 322-323, 335-337, 356, 364, 437

TISKOVNI SIJAJ 119, 120, 332, 336

TISKOVNI STOLP 295-297, 308

TISKOVNI TLAK 285-288, 293, 319, 323, 329, 336

TISKOVNI VALJ 164, 283-284, 286, 292-293, 295-296, 299, 302, 304, 307, 311, 313, 316, 318-320, 364

TN 240

TOČKA 30, 34, 39, 43, 138, 163, 179, 183-184, 188-190, 194, 196, 198-200, 212, 235-236, 244-245, 248, 251, 253, 269, 270, 398

TOK ZATEMNITVE 208

TON 43-44, 72-74, 77-78, 93, 95, 121-127, 129-132, 138, 140-147, 151, 163, 170, 172, 175-177, 179-184, 187, 189-191, 194-195, 197, 211-212, 215-217, 246, 252, 256, 258, 262-263, 270, 272, 301, 332, 335-336, 385, 388, 408, 431

STONE-VALUE INCREASE CURVE 335

TONER 149, 160, 162, 164, 165, 313

STONE VALUE REPRODUCTION LIMIT 335

TONSKA VREDNOST 77, 78, 123, 146, 172, 178, 180, 182, 190, 197, 211

TONSKI OBSEG 44, 52, 132, 134, 140, 141, 142, 143, 145, 146, 177, 180, 184, 189, 190, 195, 215, 216, 217, 252, 268, 332

TONSKI PRESKOK 178, 179, 181

TONSKO MODULIRANJE 183

TRANSPARENTNE BARVE 85, 122

TRAPPING 437

TRDA VEZAVA 347, 356

TRDOČRNLNI KAPLJIČNI TISK 169

TRDOČRNLNI TISKALNIK 318

TRIBARVNA TEHNOLOGIJA 199

TRIKROMATSKA AVTOTIPIJSKA REPRODUKCIJA 257, 258, 259, 262, 264, 265, 266

TRIKROMATSKA FOTOGRAFIJA 139, 205, 211, 214

TRIKROMATSKA RASTRSKA REPRODUKCIJA 257

TRIKROMATSKA REPRODUKCIJA 198, 199, 235, 257, 260, 269, 275, 278, 407

TRIKROMATSKA TEHNOLOGIJA 199, 200, 206

TRIKROMATSKA TEORIJA 104, 115

TRIKROMATSKKE KOMPONENTE 103

TRIKROMATSKI FOTOMATERIAL 200, 201, 202, 203, 204, 205, 208, 210

TRIKROMATSKI FOTOPAPIR 202, 204

TRIKROMATSKI GLOBOKI TISK 263, 264

TRIKROMATSKI PROCES 198

TRIKROMATSKI SLIKOVNIMI ZASLON 189, 239

TRIOBMOČNA TEHNOLOGIJA 199, 205

TRIOBMOČNE KOMPONENTE 103, 104, 105, 106, 108, 111

TRIOBMOČNI FOTOMETER 91

TRIOBMOČNI OPIS 95

TRISLOJNO SNEMALNO VEZJE 208

TRUE-COLOR-MODUS 212

TRUETYPE FONTS 424, 426, 427

TWISTED NEMATIC 240

TYPEFACE 26

TYPEFACE FAMILY 25

U

UBRANOST BARV 332

UCA 272, 274, 275

UCR 272, 273, 275

UMTS 17

UNDER COLOUR ADDITION 272

UNDER COLOUR REMOVAL 272

UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM 17

UPODABLJANJE BARV 119, 140, 183, 211, 214, 219, 226, 246, 252, 255, 260, 262, 332, 334

UPODABLJANJE LESKA 332, 335

UPODABLJANJE OSTRINE 131, 214, 262, 332, 334

UPODABLJANJE PODROBNOSTI 41, 131, 138, 176, 183, 209, 262, 265, 270, 272, 276, 332

UPODABLJANJE SIJAJA 332, 335

UPODABLJANJE TISKOVNIH FORM 300, 301, 386, 434, 438

UPODABLJANJE TONOV 144, 151, 163, 172, 180, 182, 191, 211, 258, 388

UPODOBITVENA LOČLJIVOST 165, 191, 194, 195, 278

UPODOBITVENA PREDLOGA 387, 438

UPODOBITVENI FAKTOR 194

UPODOBITVENI MEDIJ 288, 290

UPODOBITVENI MODEL 430, 432

UPODOBITVENI NOSILEC 161

UPODOBITVENI SIJAJ 118

UPODOBITVENI VALJ 164, 289, 290, 313, 314, 315, 319, 320

UPRAVLJANJE DELOVNIH PROCESOV 418**USTNO IZROČILO** 15**UTRIPANJE SLIKE** 190**UV-KOMPONENTE** 101**UV-SUŠENJE** 337, 338**V****VALUE** 96, 97**VARJENO ŠIVANJE** 376, 377, 378**VEČBARVNI STROJ** 282, 312**VEČPREDSTAVNOST** 63, 66**VEČTONSKI DIAPOZITIV** 394**VEČTONSKI NEGATIV** 145, 408**VHODNA ENOTA** 409, 410, 417**VID** 14, 72, 73, 74, 99, 129, 130, 180, 201, 207, 210**VIDEOKOMUNICIRANJE** 20**VIDEOREKORDER** 44**VIDEOSKOPIJA** 39, 44**VIDEO STAVEK** 405**VIDEOTEKS** 56**VIDEOTEKST** 54, 55**VIDNA STRUKTURA** 119**VIDNA USMERJENOST** 119**VIDNO POLJE** 98, 104, 137, 237, 240, 244, 245, 246, 249, 253**VIEWING ANGLE** 98, 192**VIEWING DISTANCE** 253**VINJETIRANJE** 220**VIOLETNA TEHNOLOGIJA** 439**VISOKI TISK** 155, 290-291, 323-324, 327**VISOKOLOČLJIVA TELEVIZIJA** 41, 44, 237, 238, 254**VIZUALNA KAKOVOST** 41, 332, 436**VIZUALNO KOMUNICIRANJE** 20, 32, 123**VIZUALNO ZAZNAVANJE** 115**VLAGALNI APARAT** 280**VLAGALNIK** 280-281, 292-293, 299, 311, 314, 323, 434**VLAGALNI SESTAV** 280**VLAGALNI SISTEM** 280, 365**VLAŽILNIK** 281, 283-285, 293, 300-301, 304, 307**VLAŽILNI SESTAV** 281, 283-284, 300, 304**VREDNOSTNE TISKOVINE** 324**VROČE SUŠENJE** 337-338**VROČI TISK** 116, 293, 294, 297, 328, 343, 381, 383**VRTENJE RASTRA** 175, 264, 269**VZAJEMNA BARVNA TEMPERATURA** 103**VZAJEMNI KONTRAST** 116**VŽIGANJE SLIKE** 254**W****WHAT YOU SEE IS WHAT YOU GET** 425**WHITE BALANCE** 214**WINDOWS METAFIJE FORMAT** 422**WMF** 422**WORD** 388**WORKFLOW** 355, 418, 435**WORKFLOW MANAGEMENT** 418**WORLD WIDE WEB** 58, 63**WWW** 58, 60-63, 428, 435, 453, 455-456, 460**WYSIWYG** 415, 425**X****XYZ** 103-104, 106**Y****YXY (CIE 1931)** 104**Z****ZAKLOP** 124, 127-128, 242**ZAKLOPNI STROJ** 291, 294, 358, 363-365**ZASLON FED** 240, 251**ZASLONKA** 111, 124, 127, 130, 202

ZASLON LCD 239-244, 250, 252-255

ZASLON LEP 250

ZASLON OLEDS 240, 247, 249

ZASLONSKA CELICA 248

ZASLONSKA LOČLJIVOST 189-190, 194, 196, 238, 253-254

ZASLONSKI FONT 424

ZASLONSKI PREGLED 265, 415

ZASLONSKO ŠTEVILO 127-128, 131

ZAZNAVALO 133

ZAZNAVANJA 74, 87-88, 108, 187, 234, 237

ZAZNAVANJE 72-74, 113, 115, 116, 335

ZEMLJEVIDI 20, 309, 321, 352

ZGIB 367

ZGIBALNI STROJ 368, 369, 377, 378

ZGIBANJE 340, 344, 368, 369

ZGOŠČENKA 46, 52

ZLATOTISK 294, 383

ZLOŽENKA 349-350, 352, 358-360, 362-363, 365-366, 373, 378-379

ZNAŠANJE 356, 372, 377, 383, 434

ZORNA RAZDALJA 253

ZORNI KOT 98

ZRCALNA KOMPONENTA 117-119

ZRCALNEM SIJAJU 120

ZRCALNI REFLEKSIJI 117

ZRCALNI SIJAJ 118

ZRCALO 162, 235, 240-241, 402, 404, 407, 415, 419

ZRNATOST 131, 134, 144-145

ZUNANJE POLJE 98, 113, 334

ZVEZEK 341, 349, 355

Ž

ŽLEB 350, 358, 378-379

ŽLEBILNA FORMA 359

ŽLEBILNA GEOMETRIJA 358, 382

ŽLEBLJENJE 281, 350, 356, 358-359, 365-366, 382

Zahvala

Zahvaljujemo se donatorju papirja za ta priročnik

B&B, Papirnica Vevče.