

# Prednosti i nedostaci zaslona prikaznih uređaja

---

**Janković, Denis**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:354792>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Denis Janković

**PREDNOSTI I NEDOSTACI ZASLONA  
PRIKAZNIH UREĐAJA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional graduate study of Safety and Protection

Denis Janković

# **ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF SCREENS OF THE DISPLAY DEVICES**

FINAL PAPER

Karlovac, 2018

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Denis Janković

# **PREDNOSTI I NEDOSTACI ZASLONA PRIKAZNIH UREĐAJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Damir Kralj, v.pred.

Karlovac, 2018



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite (označiti)

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 03. 07. 2018.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Denis Janković

Matični broj: 0242017357

Naslov: PREDNOSTI I NEDOSTACI ZASLONA PRIKAZNIH UREĐAJA

.....  
Opis zadatka:

- dati pregled tehnološkog razvoja zaslona prikaznih uređaja, koji su sukladno generaciji bili dostupni na svjetskom tržištu
- izvršiti analizu svojstava pojedine vrste zaslona te usporediti njihove prednosti i nedostatke s naglaskom na njihove eventualne štetne utjecaje na zdravlje korisnika
- s obzirom na izvršenu analizu svojstava, dati preporuke za izbor najpovoljnije izvedbe zaslona kako u profesionalnoj, tako i u širokoj svakodnevnoj upotrebi

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

29.06.2018.

03.07.2018.

12.07.2018.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Damir Kralj, v.pred.

mr.sc. Snježana Kirin, v.pred.

## PREDGOVOR

Ovom prilikom želio bih se zahvaliti mentoru dr. sc. Damiru Kralju v. pred., na ukazanom povjerenju, pruženoj pomoći, utrošenom vremenu i stručnim savjetima prilikom izrade diplomskog rada. Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima i sestrama koji su mi bili velika podrška tijekom studiranja, imali strpljenja i financijski pomagali te u teškim trenucima bili veliki poticaj za daljnji rad i završetak studija. Ovaj rad posvećujem njima.

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu su uspoređeni nedostaci i štetnosti svih generacija zaslona prikaznih uređaja, od CRT, LCD, plazma, LED, OLED pa do QLED zaslona. Opisani su njihovi principi rada i tehnologija koju koriste kako bi prikazali sliku. Napravljen je osvrt na Hrvatsku i Europsku regulativu, te je na osnovu rezultata usporedbe i propisanih zdravstvenih i sigurnosnih zahtjeva, odabrana za korisnike najpogodnija vrsta zaslona. LED zaslone pružaju kvalitetnu i jasnu sliku, ekonomički su prihvatljivi za poslodavce, rizici se mogu eliminirati pridržavanjem sigurnosnih zahtjeva te su najbolji odabir za radnu okolinu. No, uz očekivano pojeftinjenje, budućnost će se temeljiti na OLED zaslonima.

Ključne riječi: zaslon, prikazni uređaji, tehnologija, štetni utjecaji, vidni napor, sindrom prenaprezanja

## SUMMARY

This final thesis has compared the advantages and disadvantages i.e. harmful effects of different generations of display screens, from CRT, LCD, Plasma, LED, OLED to QLED displays. Their working principles and the technology used to display the picture on the screen are described. A review of Croatian and European regulation has been made, and based on the comparison results and prescribed health and safety requirements, the most user appropriated display is selected. LED displays provide a high quality and clear picture, are more economically acceptable for employers, risks can be eliminated by adhering to security requirements and are the best choice for the work environment. But, with expected cost reduction, the future will be based on OLED screens.

Keywords: screen, display devices, harmful impacts, eye strain, overstrain syndrome

## SADRŽAJ

|   |     |
|---|-----|
| ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....                      | I   |
| PREDGOVOR.....                                  | II  |
| SAŽETAK.....                                    | III |
| SADRŽAJ.....                                    | IV  |
| 1. UVOD.....                                    | 1   |
| 2. KRATKA POVIJEST ZASLONA.....                 | 2   |
| 3. CRT MONITORI.....                            | 4   |
| 4. LCD MONITORI.....                            | 6   |
| 4.1. Pasivna i aktivna matrica LCD zaslona..... | 8   |
| 4.2. Usporedba CRT i LCD zaslona.....           | 9   |
| 4.2.1. Kalibracija boje.....                    | 9   |
| 4.2.2. Kut gledanja.....                        | 9   |
| 4.2.3. Osvjetljenje i dinamičnost.....          | 9   |
| 4.3. Prednosti LCD zaslona nad CRT.....         | 10  |
| 4.4. Štetnosti CRT monitora.....                | 13  |
| 4.5. Štetnosti LCD monitora.....                | 14  |
| 5. PLAZMA MONITORI.....                         | 17  |
| 5.1. Usporedba LCD i plazma zaslona.....        | 18  |
| 5.2. Prednosti plazma zaslona nad LCD.....      | 18  |
| 5.3. Prednosti LCD zaslona nad plazmom.....     | 19  |
| 5.4. Štetnosti plazma ekrana.....               | 21  |
| 6. LED MONITORI.....                            | 22  |
| 6.1. Usporedba LED i LCD zaslona.....           | 23  |



|         |   |    |
|---------|---|----|
| 6.2.    | Štetnosti LED monitora .....  | 24 |
| 7.      | OLED MONITORI .....   | 25 |
| 7.1.    | Usporedba OLED zaslona sa LCD/LED zaslonima.....                                      | 27 |
| 7.2.    | Prednosti OLED zaslona nad LCD/LED zaslonima.....                                     | 27 |
| 7.3.    | Nedostaci OLED zaslona nad LCD/LED zaslonima .....                                    | 28 |
| 7.4.    | Štetnosti OLED monitora.....  | 28 |
| 7.5.    | Vrste OLED zaslona.....   | 29 |
| 7.5.1.  | PMOLED zaslon.....  | 29 |
| 7.5.2.  | AMOLED zaslon.....  | 30 |
| 7.5.3.  | T- OLED zasloni.....  | 32 |
| 8.      | QLED MONITORI .....   | 33 |
| 8.1.    | Usporedba QLED i OLED zaslona .....   | 33 |
| 9.      | RIZICI I OPASNOSTI PRI RADU SA RAČUNALNIM MONITORIMA.....                             | 35 |
| 9.1.    | Opasnosti .....   | 35 |
| 9.2.    | Psihofiziološki naponi.....   | 36 |
| 9.3.    | Vidni naponi .....  | 36 |
| 9.3.1.  | Prevenција vidnog napora.....   | 37 |
| 9.4.    | Statodinamički naponi .....   | 38 |
| 9.4.1.  | Prevenција sindroma prenaprežanja .....   | 39 |
| 10.     | MPR i TCO STANDARD.....   | 41 |
| 11.     | PRIZNATA PRAVILA PRILIKOM RADA SA EKLANIMA (ZASLONIMA),<br>SMJERNICA 90/270/EEC ..... | 42 |
| 11.1.   | Karakteristike i odabir idealnog zaslona.....   | 44 |
| 11.1.1. | Osvjetljenje, kontrast i oštřina znakova .....  | 44 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 12. ZAKLJUČAK.....   | 47 |
| 13. LITERATURA ..... | 48 |
| PRILOZI .....        | 50 |
| POPIS SLIKA.....     | 50 |
| POPIS TABLICA .....  | 51 |

## 1. UVOD

Svakog dana prosječan čovjek provede najmanje četiri sata gledajući u razne vrste elektroničkih zaslona. Najčešće su to računalni monitori i televizori. Čitanje ovog teksta omogućeno Vam je upravo zbog jednog od takvih zaslona. Tehnologija kojom se proizvode zaslone brzo se mijenjala u posljednjih pedeset godina. Od monitora sa katodnom cijevi, do monitora sa tekućim kristalima, zaslona sa diodama koje emitiraju svjetlo, plazma zaslona pa sve do zaslona sa upotrebom kvantnih točaka koje su na samom vrhu današnje tehnološke inovacije. Zaslone više ne izgledaju kao stari, veliki, bučni i nespretni uređaji već su vrlo praktični, manjeg obujma te je ušteda prostora velika.

Cilj i zadatak ovog diplomskog rada je objasniti princip rada zaslona koji se najviše koriste, usporediti nedostatke i štetnosti pojedinih generacija zaslona i uklanjanje nedostataka prethodnih tehnologija te se osvrnuti na hrvatsku i europsku regulativu. Radnici moraju biti upoznati sa pravilnicima koji utvrđuju zahtjeve za sigurnosti i zaštitu zdravlja prilikom rada sa zaslonima te biti osposobljeni za rad na siguran način. Najvažnije je takvim radnicima osigurati pregled vida kod specijalista medicine rada prije samog zapošljavanja, jednom u dvije godine i kada radnik to zahtjeva. [23]

U ovom radu uspoređene su sve generacije zaslona i štetnosti za čovjekovo zdravlje koje su prisutne tokom korištenja. Očekivani doprinos ovog rada je pružiti čitatelju saznanje o tome koji su zaslone najbolji za upotrebu, u smislu pružanja najkvalitetnije slike, te na koje sve načine izbjeći štetnosti za zdravlje radnika koje se pojavljuju tokom normalnog korištenja pri radu. Samim time, znatno će se doprinijeti unaprjeđenju sigurnosti i zaštiti na radu.

Metode istraživanja koje su korištene prilikom izrade ovog rada su prikupljanje materijala iz pisanih izvora, članaka i internetskih stranica. Analizirani su njihovi sadržaji te korišteni svakodnevni primjeri iz prakse i vlastitog iskustva autora.

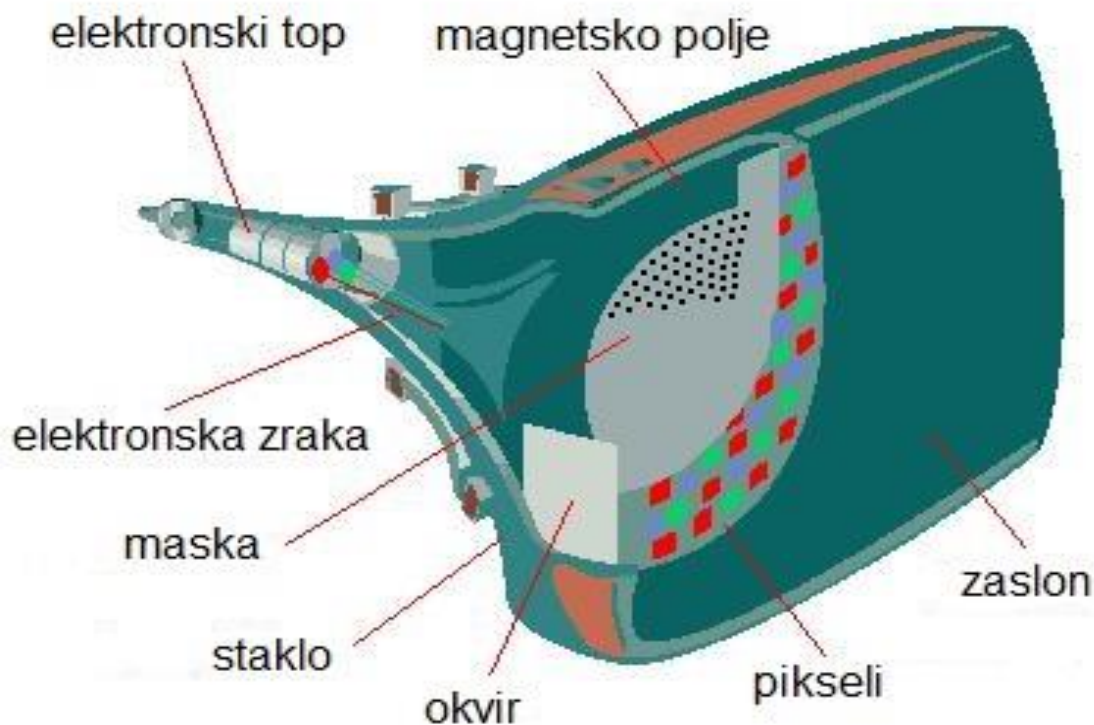
## 2. KRATKA POVIJEST ZASLONA

Prvi računalni zaslone počeli su se pojavljivati 1951. godine zajedno sa izumom prvog komercijalnog računala UNIVAC. Takav zaslon temeljio se na redovima malih svjetla koja su treperila i time indicirala obavljanje određenih radnji na računalu. Mnoga rana računala koristila su papirnate trake na kojima bi bušile rezultate programa. Operater bi kasnije tu vrpcu stavio u električni pisači stroj (*teleprinter*) koji automatski prevodi vrpcu u oblik čitljivim čovjeku. Nakon toga slijede rani dani CRT (engl. *Cathode Ray Tube*) zaslona. Od samog početka, zaslone sa katodnom cijevi nisu prikazivali tekst već su koristili primitivni grafički prikaz odnosno vektor bez boje. Tu tehnologiju primjenjivali su u navigacijskim sustavima te kod osciloskopa. U ranim šezdesetima CRT zaslone se počinju koristiti kao prvi virtualni papiri, bili su daleko brži i fleksibilniji od klasičnog papira te su postali dominantna metoda za povezivanje sa računalom. Zaslone su se spajali putem kabela koji je prenosio kod samo za tekstualne znakove, a početkom osamdesetih godina zaslone su omogućavali i grafički prikaz u boji. Tada počinje revolucija zaslona i proizvođači računala dizajniraju i markiraju svoje video monitore koji su bili jednobojni ili u boji te međusobno razmjenjivi. Pojavili su se takozvani *Beige-Box* monitori koji su bili jeftini, u boji, imali visoke rezolucije i širok asortiman fizičkih veličina. S vremenom se pojavila alternativna tehnologija kod proizvodnje zaslona koja je koristila ionizirajući plin između dviju staklenih ploča. To su bili takozvani plazma zaslone. Takva tehnologija se nije koristila kod računalnih monitora već kod prijenosnih računala (laptopa) jer su zaslone bili relativno tanki i lagani. Kasnije se plazma zaslone počinju pojavljivati u ravnim televizorima (*flat panel tv*). Nakon plazma zaslona pojavljuje se još jedna alternativna tehnologija koja se koristi sve do danas. LCD (engl. *Liquid Crystal Display*) zaslon sa tekućim kristalima stupa na scenu i prvi put se pojavljuje kod kalkulatora i ručnih satova. Rani LCD zaslone bili su jednobojni, niskog kontrasta i zahtijevali su zasebno ili direktno osvjetljenje kako bi se mogli pravilno očitati. Nadalje, bili su vrlo tanki, lagani i energetske učinkoviti. Kroz nekoliko godina

dobili su više kontrasta, veći kut gledanja, napredne mogućnosti boja i pozadine za noćno gledanje. No još uvijek nisu mogli konkurirati sa CRT zaslonima. 1997. godine LCD zasloni počinju preuzimati tržište. Zauzimali su manje prostora nego CRT zasloni, trošili manje električne energije, generirali manje topline i imali su razumnu cijenu. Danas najčešće korištena tehnologija za građu zaslona je LED (engl. *Light Emitting Diode*) odnosno dioda koja emitira svjetlost određene valne duljine. LED zasloni trenutno zauzimaju 80% tržišta što ih čini i najprodavanijima. Razlog tome jest njihova velika iskoristivost, dugovječnost i jeftino održavanje. Često korištena tehnologija proizvodnje zaslona nastala iz LED tehnologije jest OLED (engl. *Organic Light Emitting Diode*). Zasniva se na tome da organski spojevi emitiraju svjetlo slično kao kod LED zaslona. Iz OLED zaslona proizlazi AMOLED (engl. *Active Matrix Organic Light Emitting Diode*). Razlika je u tome što AMOLED zaslon koristi tanki sloj tranzistora. Takva tehnologija se najviše upotrebljava kod pametnih telefona, satova, prijenosnih računala i televizora. Najnovija tehnologija proizvodnje zaslona je QLED (engl. *Quantum Dot Light Emitting Diode*) i prvi put je predstavljena 2017. godine. Funkcionira na način da kvantne točke emitiraju svjetlost kada se prema njima usmjeri pozadinsko osvjetljenje. Također treba spomenuti zaslone koji imaju sposobnost 3D prikaza slike i tehnologiju osjetljivu na dodir (*TouchScreen*). [1]

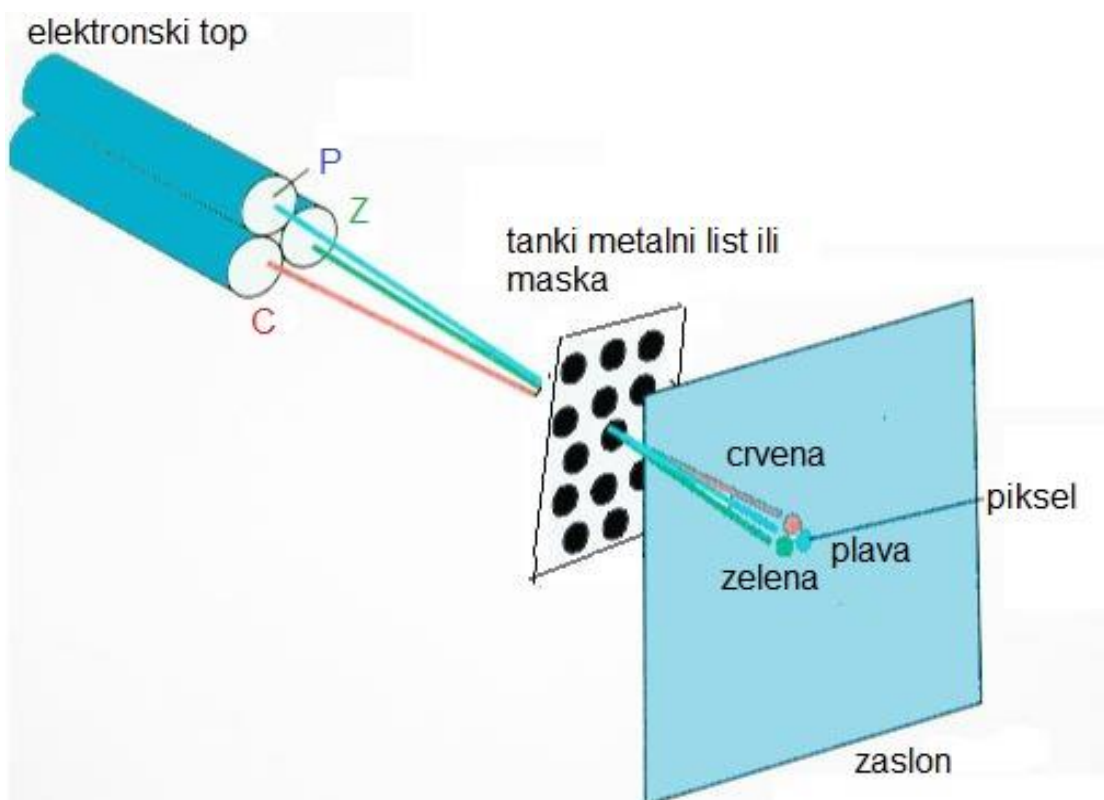
### 3. CRT MONITORI

CRT (engl. *Cathode Ray Tube*) odnosno monitori sa katodnom cijevi se zasnivaju na tehnologiji koju je osmislio njemački izumitelj Karl Ferdinand Braun. Katodna cijev (slika 1) koja se nalazi unutar monitora je vakumirana staklena boca. Započinje sa vrlo tankim vratom koji se širi i završava u jako širokoj bazi koja predstavlja zaslon na monitoru. Zaslون je iznutra obložen tankim slojem fosfora što je zapravo matrica sastavljena od puno malih nakupina (engl. *phosphor dots*) koje sadrže tri čestice fosfora: crvenu, zelenu i plavu. Takve čestice nazivaju se grafičkim elementima odnosno pikselima. Pod djelovanjem elektronskog snopa one emitiraju svjetlost različitih valnih duljina ovisno o vrsti fosfora. [2]



Sl. 1. Presjek CRT monitora [2]

U tankom vratu nalaze se, kao što je prikazano na slici 2, tri elektronska topa (engl. *electron gun*) koji su namijenjeni za tri boje, crvenu, zelenu i plavu. Miješanjem tih triju boja može se dobiti bilo koja boja vidljivog spektra. Na topove se dovodi električni signal iz grafičke kartice računala. Elektroni „ispaljeni“ iz topova najprije prolaze kroz sustav za preusmjeravanje (engl. *deflection yoke*) koji ih pomoću magnetskog polja usmjerava i tako pogađaju točno odgovarajuće čestice fosfora koje onda emitiraju svjetlost po zaslonu. Prije nego što elektronski snop dođe do zaslona, on prolazi kroz tanki metalni list ili takozvanu masku (engl. *Shadow Mask*). Maska se sastoji od niza otvora kroz kojeg prolaze sve tri boje. Takva maska pomaže usmjeravanju elektronskog snopa na točno određena područja na zaslonu i time nastaje slika. Snopovi osvjetle cijeli zaslon 60 puta u sekundi, ovisno o frekvenciji osvježavanja. Ljudsko oko ne može percipirati takvu brzinu već nam se čini kao da gledamo stalnu kontinuiranu sliku. [2]



Sl. 2. Prikaz maske (engl. *Shadow Mask*) [2]

#### 4. LCD MONITORI

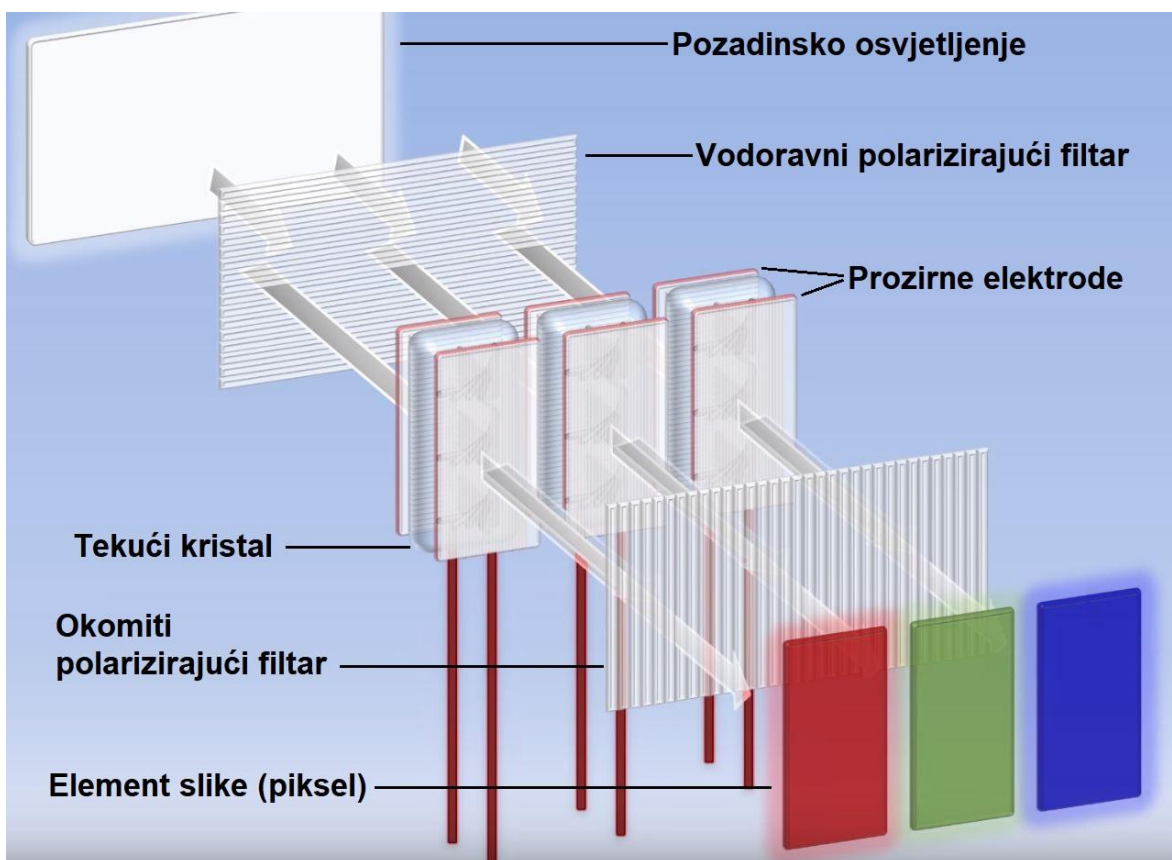
LCD (engl. *Liquid Crystal Display*) odnosno zaslon koji se temelji na tehnologiji tekućih kristala osmislio je austrijski kemičar Friedrich Reinitzer. LCD monitori su vrlo složeni sustavi za prikaz slike, slojevite su građe te puno složeniji od prethodnih klasičnih CRT monitora.

Ako bi se jako približili nekom LCD monitoru, možemo vidjeti tisuće vrlo malih crvenih, zelenih i plavih točkica. Takve tri točkice grupirane u jednu cjelinu nazivamo pikselom (engl. *picture element*) ili elementom slike. Građa piksela (slika 3) započinje sa pozadinskim osvjetljenjem (engl. *backlit*) koje kontinuirano proizvodi svjetlost. Ta svjetlost putuje okomitim i vodoravnim ravninama sve do prvog polarizirajućeg filtra. On dopušta samo zrakama vodoravnih ravnina da prođu kroz njega dok zrake sa okomitim ravninama zaustavlja i ne dopušta prolaz dalje. Slijedi drugi polarizirajući filter koji pak zaustavlja sve zrake vodoravnih ravnina, a propušta one sa okomitim ravninama. Time su sve svjetlosne zrake blokirane i niti jedna ne dolazi do piksela koji se zbog toga ne bi upalio. Između ta dva filtra stavljaju se takozvani tekući kristali.

Ako bi pobliže pogledali kristale, vidjeli bismo da se sastoje od dvije prozirne elektrode sa prednje i stražnje strane, vodoravno zaobljenog stakla sa stražnje strane, okomito zaobljenog stakla sa prednje strane te između njih ćelije sa tekućim kristalima. Molekule kristala se tipično orijentiraju prema nasumičnim pravcima. Zbog toga se iza kristala stavlja vodoravno staklo, a ispred okomito staklo kako bi bili prisilno zaokrenuti u predvidivom smjeru. Svaka svjetlost koja putuje vodoravnim ravninama kroz kristal, slijedila bi put kojim se kreću molekule te bi stoga izlazila u okomiti ravninama. Zadaća prozirnih elektroda kroz koje prolazi struja jest da poravnaju molekule u smjeru električnog toka. Time bi se svjetlost koja prolazi kroz kristal mogla kontrolirati i ne bi izlazila samo u okomitim ravninama. Podešavanjem količine struje koja teče elektrodama možemo kontrolirati koliko svjetlosti dolazi do piksela i koja će se boja vidjeti na zaslonu.



Generalno govoreći, neka boja će se prikazati na zaslonu ovisno o tome kako jako će se osvijetliti crveni, zeleni i plavi dio piksela. Ako sve tri boje u pikselu imaju vrijednost 0, na zaslonu ćemo vidjeti crnu boju. Ako pak boje imaju vrijednost 255, na zaslonu ćemo vidjeti bijelu boju. Kako povećavamo ili smanjujemo te vrijednosti po svakom pikselu, vidimo da se pojavljuju različite boje. Monitor sam po sebi podešava količinu električne energije koja teče kroz svaki kristal, jedan po jedan, red po red, oko 60 puta u sekundi i time stvara sliku koju vidimo na zaslonu. [2]



Sl. 3. Građa LCD zaslona [2]

#### 4.1. Pasivna i aktivna matrica LCD zaslona

LCD zaslone sa pasivnom matricom koriste tanku mrežu metala koji provodi električnu energiju kako bi napunio svaki piksel. Iako je jeftina, rijetko se upotrebljava u današnje vrijeme zbog sporog vremena odaziva i velike potrošnje napona.

Suprotno tome, LCD zaslone sa aktivnom matricom koriste tanki sloj malih tranzistora i kondenzatora. Princip rada možemo objasniti na primjeru kalkulatora koji ima zaslon na kojem se izravno upravlja svim pikselima te se stoga napon može lako rasporediti. Takvo što bi bilo nepraktično kod velikih zaslona jer oni imaju puno više piksela pa bi bilo potrebno milijun veza za svaki piksel. Da bi se izbjegao taj problem, počinje se koristiti TFT (engl. *Thin Film Transistor*) tehnologija koja raspoređuje svaki pojedinačni piksel po redcima i stupcima. Time se smanjuje broj potrebnih veza s milijun na tisuću. Kada se treba aktivirati pojedini piksel, pusti se struja duž jednog retka i jednog stupca tranzistora. Dodirna točka tih okomitih linija je jedan jedini piksel koji se mora upaliti. Kondenzator zadržava potrebnu struju koju piksel treba da ostane upaljen sve do ponovnog puštanja struje duž isti redak i stupac tranzistora. Vrijeme koje je potrebno da se to obavi nazivamo vrijeme odaziva. Brojevi i oznake na zaslonima kao što su 1ms ili 4ms označavaju vrijeme koje prođe između dva uzastopna paljenja piksela. Nedostatak ove tehnologije jest veća potrošnja električne energije i skupa izrada zbog velikog broja tranzistora. [2]

## **4.2. Usporedba CRT i LCD zaslona**

Konvencionalni računalni sistemi su najviše koristili CRT tehnologiju kod zaslona. Međutim, kako je tehnologija napredovala, LCD zasloni su postali brzo popularni i to s razlogom. Nudili su puno prednosti nad CRT zaslonima u smislu vizualnih performansi same slike, zauzimali su manje prostora te koristili manje energije. [3]

### **4.2.1. Kalibracija boje**

CRT i LCD zasloni su veoma slični jedan drugome u aspektima kalibracije boja. CRT modeli pružaju iznimno dobru preciznost kalibriranja, dok je za LCD modele preciznost dovoljno dobra za većinu aplikacija. Neke slike koje su „gamma korigirane“ biti će jasnije vidljive na CRT zaslonu, dok na LCD zaslonima neće imati odgovarajući tonski efekt. Zbog razlike u spektralnim karakteristikama, utjecaj odstupanja boja u oku biti će drugačiji kod oba zaslona prilikom prikazivanja složenijih slika. [4]

### **4.2.2. Kut gledanja**

CRT zasloni imaju širok kut gledanja bez gubitka kontrasta i nepoželjnih varijacija u nijansama boja. Iako su napravljena mnoga poboljšanja kako bi se kut gledanja kod LCD zaslona izjednačio sa CRT zaslonima, problem još uvijek postoji i nije potpuno uklonjen. Kut gledanja većine LCD zaslona je ograničen u odnosu na CRT zaslone. Kada se prekorači, prikazane slike postanu mutne, nejasne i gube boju. [4]

### **4.2.3. Osvjetljenje i dinamičnost**

Osvjetljenje bijele boje kod LCD zaslona je otprilike pet puta veće nego kod CRT monitora. U potpuno mračnoj sobi, osvjetljenje crne boje je gotovo 58 puta veće. Dinamičnost je razlika između najtamnijih i najsvjetlijih tonova boja na slici odnosno

omjer crne i bijele. Kod CRT zaslona je to 16:1, a LCD zaslona 209:1. Veće osvjetljenje bijele boje kod LCD zaslona rezultira boljoj i većoj dinamičnosti boja. Velika mana CRT zaslona jest što je intenzitet svjetla najsjajniji u sredini zaslona i pada prema rubovima. Takvi gubitci osvjetljenja mogu dosegnuti i do 25%. [4]

### **4.3. Prednosti LCD zaslona nad CRT**

LCD zaslone poboljšavaju performanse vizualnog rada u odnosu na CRT zaslone. Neke od značajnijih prednosti su:

- vrijeme pretraživanja određenog teksta je za 22% brže na LCD zaslonu
- prilagodba oka na zaslon je za 9% kraća na LCD zaslonima i 15% manje prilagođavanja je potrebno da se pročita isti tekst sa oba zaslona
- pogreške kod čitanja teksta su 22% manje na LCD zaslonu
- omogućuju pravilnije držanje tijela tijekom rada sa računalom

LCD zaslone eliminiraju treperenje slike za razliku od CRT zaslona jer se oni ne oslanjaju na elektronsku zraku već konstantno imaju pozadinsko osvjetljenje. Također nemaju iskrivljenju sliku na rubovima zaslona zbog toga što su ravni (engl. flat) i svaki piksel je aktivan. Kod CRT monitora elektronska zraka postaje postupno tangentirana što rezultira crnim rubovima oko zaslona.

Nadalje, LCD monitori imaju jednoliku svjetlinu zaslona prekrivenu fleksibilnom površinom koja je znatno manje sklona reflektirajućem odsjaju u usporedbi sa staklenim CRT ekranom.

LCD zaslone smanjuju pojavu sindroma računalnog vida (CVS, engl. *Computer Vision Syndrome*). Oni ne trepere što smanjuje rizik od glavobolje, napora kod fiksacije očiju na monitor, problema sa zrcaljenjem zaslona te sveukupno naprezanje očiju prilikom rada.

Najveća prednost LCD ekrana jest u njegovoj širini i težini. LCD ekran iste veličine zaslona kao i CRT ekran je puno tanji i lakši i okupira puno manje prostora. Zbog toga ih se može montirati na zid i smjestiti na puno manje stolove na koje CRT monitori ne bi stali. Također, lakše ih je premjestiti kako bi se dobilo više radnog prostora.

LCD zasloni koriste znatno manje energije od CRT zaslona. Mogu smanjiti korištenje energije do čak 60%. Na primjer, 15" inčni (engl. *inch*) LCD monitor koristi oko 25 vata (engl. *watts*) energije kada je operativan i oko 3 vata kada je u stanju čekanja. Isti takav CRT monitor koristi 80 vata kada je operativan i 5 vata kada je u stanju čekanja. LCD monitor se brže vraća iz stanja čekanja i time dodatno štedi na energiji. Također, manje zrače toplinom i nije potrebno ugrađivati dodatna hlađenja kao kod CRT monitora. Mogućnost podešavanja svjetline zaslona kod LCD ekrana isto tako rezultira uštedi energije.

Kod LCD monitora cijelo područje zaslona je aktivno i vidljivo pa nema gubitka slike na rubovima, dok je vidljivo područje CRT zaslona manje od površine monitora. Slijedom toga, 15" inčni LCD monitor daje ekvivalentnu površinu od 17" inčnog CRT monitora.

Za većinu uredskih poslova kvaliteta boja i videozapisa kod oba zaslona biti će jednaka. U nekim slučajevima CRT zasloni mogu ponuditi prednosti preko LCD zaslona zbog većeg raspona boja što rezultira boljoj kvaliteti slike. [3]

Tab.1. Usporedba parametara CRT i LCD zaslona [3]

| <b>Parametri</b>      | <b>CRT zaslon</b>                             | <b>LCD zaslon</b>                          |
|-----------------------|---|--|
| Vizualne performanse  | Lošije  | Bolje                                      |
| Treperenje slike      | Sklon treperenju                              | Nema                                       |
| Svjetlost zaslona     | Promjenjiva, nejednaka                        | Svjetla, ujednačena                        |
| Geometrija slike      | Iskrivljena                                   | Jednaka                                    |
| Oštrina slike         | Umjerena                                      | Visoka                                     |
| Površina zaslona      | Djelomična, neučinkovito iskorištena površina | Puna, vrlo učinkovito iskorištena površina |
| Veličina ekrana       | Veći zaslon je jednak manjem kod LCD-a        | Manji zaslon je jednak većem kod CRT-a     |
| Reflektirajući odsjaj | Sklon odsjaju                                 | Nema                                       |
| Potrošnja energije    | Visoka  | Niska                                      |
| Toplinsko zračenje    | Visoko  | Nisko                                      |
| Zauzimanje prostora   | Veliko  | Malo                                       |
| Premještanje          | Teško   | Lako                                       |
| Težina                | Težak   | Lagan                                      |
| Raspon boja           | Odličan                                       | Vrlo dobar                                 |
| Cijena                | Jeftin  | Umjeren                                    |

#### 4.4. Štetnosti CRT monitora

CRT monitori mogu emitirati malu količinu x-zraka odnosno rendgenskog zračenja zbog toga što elektronske zrake „bombardiraju“ masku i unutrašnji dio zaslona obloženog tankim slojem fosfora. Količina takvog zračenja kojeg emitira CRT ekran ne smatra se štetnim za čovjekovo zdravlje. Kod same izrade monitora koristi se olovo koji se implementira u gotovo svaki dio kako bi se smanjilo zračenje. Nakon prestanka korištenja CRT uređaja, treba ga pravilno odložiti kao opasni otpad. Olovo je teški metal i opasan je po zdravlje čovjeka i okoliš. Trovanje olovom izaziva velika oštećenja na živčani sustav, mozak i prethodi raznim poremećajima.

Kod korištenja CRT zaslona, stvara se električno polje tik ispred ekrana koje titra čestice prašine te one vrše abraziju površine oka pa tako nastaju iritacije. Takve iritacije se još više pospješuju ako korisnik dovoljno ne vrši proces treptanja čime se stvara suhoća očiju. Rješenje problema daje TCO standard koji je kasnije opisan u radu. Ispred zaslona se stavlja tanki metalizirani film koji se spaja pomoću kabela sa uzemljenjem i anulira električno polje. Time će prašina titrati u području između zaslona i plohe filma te se eliminira opasnost za iritaciju oka. Također, metalizirani film je smanjio i utjecaj bliještanja zaslona.

CRT monitor može sadržavati i do nekoliko tisuća volti napona. Zbog toga se ne smije uopće svojevoljno rastavljati već taj posao treba ostaviti stručnjacima. Postoji mogućnost da se fizički ošteti lako lomljiv vrat što dovodi do silovite eksplozije prilikom oslobađanja vakuuma. Takvo što može raspršiti otrovne, fosforno prekrivene krhotine stakla u cijeloj prostoriji.

Također, CRT monitor nije siguran za rastavljanje iako je duže vrijeme bio izvan upotrebe. On sam po sebi polako nabire statički elektricitet zbog zemljine rotacije i magnetskog polja koji nepažnjom može uzrokovati električni udar. [5]

Što se tiče opasnosti za zdravlje korisnika, CRT zasloni mogu biti izvor fotofobije ako se koriste predugo. Fotofobija je ekstremna osjetljivost na svjetlost i uključuje bol i iritaciju oka. Teži oblik fotofobije uključuje velike probleme s očima te jake bolove na relativno slaboj svjetlosti. Osobe koje pate od fotofobije čak i najmanje svjetlo uzrokuje škiljenje, suzne oči, glavobolje te doslovno ne mogu držati oči otvorene. Upravo je to jedan od razloga zašto su CRT monitori potpuno ukinuti iz proizvodnje i ne preporučuje se njihovo korištenje.

CRT zasloni sa frekvencijom stvaranja slike manjom od 70 Hz, skloni su takozvanom „flicker“ efektu. To je vidljiva promjena svjetline između ciklusa prikazanih na zaslonu. On je što se tiče utjecaja na oko i mozak opasniji od fotofobije i može izazvati vrtoglavice i mučnine. Dugotrajno korištenje takvim zaslonom može uzrokovati vrstu šoka gdje se treperenje vidi čak i prestankom gledanja u zaslon. Ulaskom u mračnu prostoriju imate osjećaj bljeskova pred očima što izaziva jake vrtoglavice i gubitak ravnoteže. Simptomi obično nestaju u manje od tjedan dana bez korištenja CRT zaslona, a traju samo nekoliko sati.

#### **4.5. Štetnosti LCD monitora**

LCD zasloni za razliku od CRT uređaja nemaju elektronsku zraku pa stoga ne emitiraju štetno zračenje. No mogu uzrokovati štetne posljedice na zdravlje čovjeka kao što su glavobolje, nesanice te naprezanje očiju.

Šire gledajući, ljudski rod prije izuma svijetlih ekrana nije po mraku gledao u njih i koristio ih svake noći. Gotovo svi ljudi gledaju u svoje mobitele, tablete, računalne monitore, laptope i televizore kada bi se trebali pripremati za spavanje. Upravo ta bistra svjetlost koju oni emitiraju efektivno vara naš mozak i tijelo zbog čega mislimo da je još uvijek dan. Tada se pojavljuju nesanice koje rezultiraju niz drugih problema. Korištenje LCD zaslona na duži period može dovesti do simptoma kao



što su glavobolje, naprezanje očiju, iritaciju i suhoću oka pa čak može i povećati količinu kratkovidnosti tijekom vremena. [6]

Rani LCD zasloni bili su podložni takozvanom „*ghosting*“ efektu. To je sporo pretapanje scena zbog sporog vremena odziva piksela odnosno paljenja i gašenja piksela. Uzrokuje ga sporo vrijeme prijelaza piksela, dakle piksel ne može dovoljno brzo prijeći u zadanu boju i time se vidi „duh“ slike u vremenu kada je taj piksel polutransformiran. Vrijeme odziva mjeri se u milisekundama. Niži brojevi znače brže prijelaze i stoga manje „*ghosting*“ efekta na zaslonu. Proizvođači daju informacije kao na primjer 2ms GTG (engl. *grey-to-grey*), što znači da je pikselu potrebno dvije milisekunde da na zaslonu promjeni boju iz sive u bijelu i nazad u sivu. To vrijeme je puno kraće od 8ms BTB (engl. *black-to-black*), gdje je pikselu potrebno osam milisekundi da promjeni boju iz crne u bijelu i natrag u crnu, pa se stoga najviše koristi *grey-to-grey* tehnologija. Što se tiče posljedica na ljudsko zdravlje, prekomjerno izlaganje „*ghosting*“ efektu može izazvati

Mnogo LCD uređaja trenutno ulazi u kraj „životne“ faze odnosno svog predviđenog radnog vremena od tri do pet godina. Ako se ne postupa pravilno sa odlaganjem može doći do gubitka resursa, a pogotovo do nepoželjnih i štetnih učinaka na zdravlje čovjeka i okoliš. Zbog toga ih treba odlagati kao opasni otpad i njihovo rastavljanje prepustiti stručnjacima. Kako opasni materijali od kojih su građeni LCD monitori djeluju na čovjeka prikazano je u tablici 2. [7]

Tab.2. Opasni materijali koje sadrže LCD monitori [7]

| <b>Komponenta</b>         | <b>Opasna tvar</b>                              | <b>Biološka toksičnost</b>  |
|---------------------------|---|---|
| Tekući kristal            | Sadrži benzen, cijanid, fluor, klor, brom i dr. | Štetni za okoliš i čovjekovo zdravlje, kancerogeni                                      |
| Pozadinsko osvjetljenje   | Koristi se živa                                 | Štetna za bubrege, jetru, živčani i hematološki sustav, kancerogena                     |
| Plastično kućište i okvir | Brominirani retardanti PBDE i PBB <sup>1</sup>  | Štetni za mozak, bubrege, jetru, živčani, endokrini i reproduktivni sustav, kancerogeni |
| Napajanje                 | Arsen i teški metali kao olovo, kadmij i krom   | Štetni za jetru, bubrege, kosti, živčani i hematološki sustav                           |

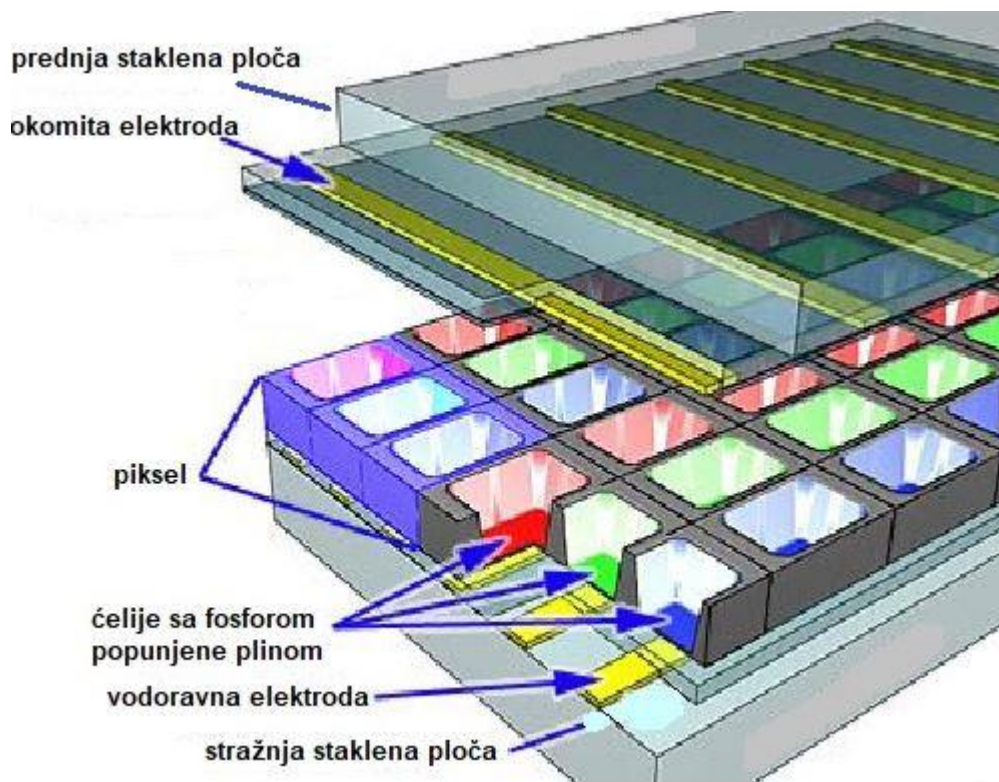
<sup>1</sup> Polibromirani difenil eteri- teško zapaljivi materijali

## 5. PLAZMA MONITORI

Plazma monitor ili PDP (engl. *Plasma Display Panel*) radi pomoću tehnologije koja se temelji na obasjavanju fosfornih elemenata s ultraljubičastim zračenjem koje se dobije iz četvrtog stanja materije odnosno plazme.

Sastoji se (slika 4) od dvije staklene ploče, prednje i stražnje. One su prikrivene sa transparentnim elektrodama od kojih stražnja ploča ima okomito postavljene, a prednja ploča vodoravno postavljene elektrode stvarajući tako rešetkastu mrežu. Između ploča nalaze se stotine tisuća sitnih ćelija koje su premazane fosforom. Kada je takva ćelija izložena ultraljubičastim zrakama, ona daje crvenu, zelenu ili plavu svjetlost ovisno o tome na kojem se točno mjestu nalazi u pikselu. Kombinirajući te tri osnovne boje, može se proizvesti 549 milijuna različitih nijansi boja.

Ultraljubičaste zrake se dobivaju pomoću takozvane plazme. Svaka ćelija u pikselu je popunjena sa mješavinom plina ksenona i neona. Kada električni impuls prođe kroz ćeliju do elektrode, pobuđuju se elektroni iz plina i postaju jako burni. To više nije plin nego četvrto stanje materije koje se naziva plazma. No kada se prekine električni puls, elektroni se odmah vraćaju na prvobitno stanje i plazma ponovo postaje plin. Prilikom vraćanja u plinsko stanje, elektroni oslobađaju višak energije u obliku ultraljubičastog zračenja. Time svaka ćelija stvara svjetlost koja u kombinaciji sa preostale dvije ćelije tvore piksel. Svake sekunde plazma zaslon šalje više od dvije milijarde električnih impulsa diljem ćelija kako bi naše oko percipiralo gotovu sliku na ekranu. [8]



Sl. 4. Građa plazma zaslona [8]

### 5.1. Usporedba LCD i plazma zaslona

Plazma i LCD zasloni izgledaju jako slično. Oboje imaju ravni zaslon i tanki profil ali način na koji prikazuju sliku je sasvim drugačiji. Svaka tehnologija ima svoje prednosti i mane.

### 5.2. Prednosti plazma zaslona nad LCD

Plazma ekrani prikazuju crnu boju puno preciznije od LCD zaslona, što znači da imaju bolji kontrast i detalje u tamnim slikama. Za LCD zaslon je to teško dostižno zbog njihove građe i pozadinskog osvjtljenja koje uvijek propušta mali dio svjetlosti te se ne može postići prava crna boja.

Plazma zaslone imaju bolji kut gledanja od LCD zaslona. Obično se vidi neka promjena svjetline i boje kada se previše udaljimo od LCD ekrana dok kod plazme slika ostaje prilično solidna. Plazme također mogu proizvesti bogatije i prirodnije boje od LCD zaslona, upravo zbog propuštanja pozadinskog osvjetljenja kojem je on podložan.

Neki LCD zaslone su skloni zamućenju slike kada se radi o prikazu brzo gibajućih scena. Praćenje pokreta je bolje razvijenije kod plazma ekrana nego je to kod LCD ekrana. No sve većim razvojem LCD tehnologije, razlike u tom području su gotovo zanemarive.

Najveća prednost plazma ekrana nad LCD zaslonima jest u cijeni, pogotovo kada se radi o velikim dimenzijama zaslona. Otprilike su 60% jeftinije od iste veličine LCD zaslona, zbog visokih troškova proizvodnje LCD panela. [9]

### **5.3. Prednosti LCD zaslona nad plazmom**

LCD zaslone su skloni većoj izvornoj rezoluciji od plazma ekrana iste veličine, što rezultira većim brojem piksela na zaslonu. Također troše manje električne energije, otprilike polovicu energije koju koriste ekvivalentni plazma ekrani.

LCD ekrani su općenito lakši od plazma ekrana istih veličina. Razlog tome jest što LCD ekrani koriste plastiku za izradu zaslona, dok plazma ekrani koriste znatno teže staklo. To im olakšava premještanje na drugu lokaciju i montiranje na zid.

LCD zasloni nisu podložni takozvanom „*screen burn-in*“ efektu. On nastaje onda kada je slika predugo prikazana na zaslonu, što rezultira da dio te slike ostaje vidljiv na ekranu. No to više nije problem zahvaljujući napretku današnje tehnologije i značajkama kao što su čuvari zaslona (engl. *screensavers*). Ako se iz nekog razloga i dogodi *burn-in* efekt, već nakon nekoliko dana će polako nestati. [9]

LCD ekrani imaju jaču svjetlost i bolje sjaje od plazma ekrana. Zato su plazma ekrani najbolje namijenjeni za slabo osvijetljene ili zamračene prostorije.

Zbog svoje građe zaslona, LCD ekrani nisu podložni reflektirajućem odsjaju dok s druge strane plazma ekrani jesu jer su građeni od stakla.

Koriste manje električne energije što je rezultat manjeg zagrijavanja i zračenja topline.

LCD zasloni nemaju problema sa radom na višim nadmorskim visinama (iznad 1500 metara). Zbog smanjenog tlaka zraka na visokim nadmorskim visinama, uzrokuje se veći stres na plinovima koji se nalaze unutar plazma zaslona. Takvi uređaji onda moraju raditi više kako bi nadoknadili razliku u vanjskom tlaku zraka. Kao rezultat, generirati će više topline, ventilatori za hlađenje će se brže vrtjeti i životni vijek plazma zaslona se uvelike smanjuje. [10]

#### **5.4. Štetnosti plazma ekrana**

Plazma ekrani emitiraju malu količinu ultraljubičastog zračenja koja nije štetna za zdravlje čovjeka. Ta količina je puno manja u odnosu na količinu koju emitiraju stariji CRT uređaji. Korištenje plazma ekrana na dulji vremenski period može uzrokovati naprezanje očiju, zamor očiju, suhe i crvene oči pa čak i kratkovidnost. Preporuča se korištenje kapljica za oči i uzimanje pauze svakih sat vremena kod korištenja plazma ekrana kako bi se izbjegle navedene nelagode.

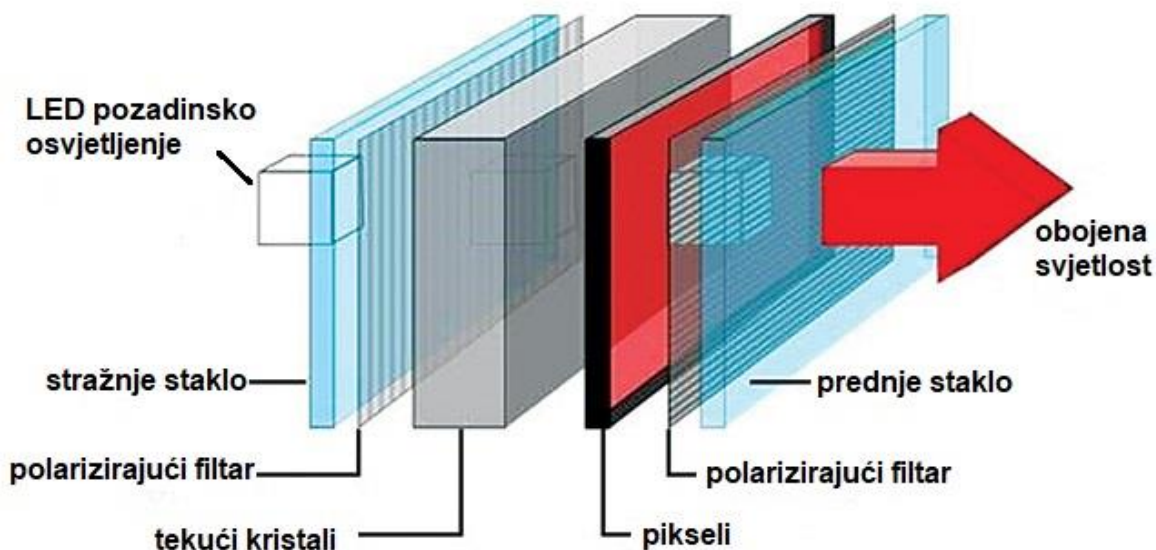
Smatralo se da plazma ekrani propuštaju štetne i otrovne plinove ali to nije točno. Dokazano je da plinovi koji se koriste u plazma ekranima nisu štetni, zapaljivi i toksični bilo pojedinačno ili kada su kombinirani. Također, svaka ćelija u građi zaslona koja sadrži plin je trajno zapečaćena kod same proizvodnje. Cijela ploča zaslona je isto zapečaćena i dobro zatvorena. Nemoguće je da plinovi sami po sebi propuštaju osim ako se ne slomi ili ošteti zaslon. Ako jedna od tih ćelija zataji, ne može se popraviti fizički ili napuniti novim plinom. Drugim riječima, ako velik broj ćelija zataji, ako nastanu crne točkice na zaslonu, ne može ih se popraviti već treba kupiti novi zaslon.

Na kraju 2014. godine, prestala je proizvodnja plazma zaslona zbog nekoliko razloga. Svjetle prostorije su stavljale plazma zaslone u iznimno lošu poziciju u odnosu na LCD i LED zaslone koji mogu proizvesti mnogo više svjetla i istaknuti se u svijetlim okruženjima. Nadalje, postoje ograničenja na to kako tanki plazma ekrani se mogu proizvesti, a LCD i LED ekrani su tanji od toga. Gotovo je nemoguće proizvesti plazma ekran sa UHD rezolucijom koja je danas prisutna kod većine monitora i televizora. Ograničenje veličine zaslona je također imalo ulogu kod prekidanja proizvodnje. Plazma ekran se ne može savinuti te stoga nije mogao pratiti trend današnjih zakrivljenih monitora. Također, plazma ekrani su znatno teži i lakše se slome kod premještanja. Koriste znatno više energije od LCD i LED zaslona i puno su skuplji. [10]

## 6. LED MONITORI

LED (engl. *Light Emitting Diode*) je zaslon koji koristi niz svjetlećih dioda za prikaz slike. Jedina razlika između LCD i LED zaslona je u tome što LED zaslone koriste svjetleće diode (slika 5) kao pozadinsko osvjetljenje, dok LCD zaslone koriste fluorescentne katodne svjetiljke. Tehnički, LED monitori su LCD monitori sa LED pozadinskim osvjetljenjem. Zbog male veličine i niske potrošnje takvih LED svjetiljki, LED zaslone su daleko tanji od običnih LCD zaslona i također su energetski učinkovitiji.

U današnje vrijeme, skoro svi LCD monitori koriste LED svjetla i smatraju se LED zaslonima. Postoje tri vrste pozadinskog osvjetljenja koje danas koriste LCD zaslone, a to su fluorescentne svjetiljke, niz LED svjetiljki po cijeloj površini zaslona i niz LED svjetiljki samo uz rubove zaslona. Fluorescentne svjetiljke su stariji oblik tehnologije koji se više ne koristi, iako neki proizvođači implementiraju takav sustav u jeftinije serije LCD zaslona. [11]



Sl. 5. Građa LED zaslona [11]



## 6.1. Usporedba LED i LCD zaslona

Unatoč drugačijem akronimu, LED zaslon je određena vrsta LCD zaslona. Pravo ime bi zapravo bilo „LCD zaslon sa LED pozadinskim osvjetljenjem“ ali to je predugo za izgovarati u svakodnevnom govoru, tako da se njih referira kao LED zaslone.

Oba tipa zaslona koriste tekuće kristale kako bi kontrolirali gdje se svjetlo prikazuje. Jedina i najveća razlika jest u pozadinskom osvjetljenju. Prije spomenuto pozadinsko osvjetljenje sa fluorescentnim svjetiljkama se više ne koristi. Najviše je zastupljeno puno pozadinsko osvjetljenje LED svjetiljkama koje prekrivaju cijelu površinu zaslona. Takva LED svjetla se mogu jako osvijetliti ili zatamniti, u procesu zvanom lokalno zatamnjene, kako bi odgovarala onome što slika zahtjeva. Budući da se LED svjetla mogu odmah uključiti i isključiti, stvaraju se dublje crne boje i impresivniji kontrast na slici nego li kod LCD ekrana sa fluorescentnim svjetlom. LCD uvijek propušta neku količinu svjetlosti zbog konstantnog pozadinskog osvjetljenja pa crne boje izgledaju previše svijetle i isprane i nisu tako duboke kao kod LED ekrana. S preciznijim i ravnomjernijim osvjetljenjem, LED zaslone mogu stvoriti bolje slike od LCD zaslona. Također, troše puno manje električne energije.

Treći oblik pozadinskog osvjetljenja je LED osvjetljenje rubova. Kao što sam naziv implicira, koristi se LED svjetlo uz rubove zaslona. To vrlo dobro funkcionira ali može doći do pojave svijetlih piksela na područjima gdje bi oni morali biti tamni. Zbog toga se na zaslonu vide mutna i zamagljena tamna područja što nije slučaj kod LED zaslona sa punim pozadinskim osvjetljenjem. Još jedan problem koji se javlja jest što se mogu vidjeti jako svijetle crte na samim rubovima zaslona i blago smanjivanje svjetline prema sredini zaslona. No prednosti LED zaslona za rubnim osvjetljenjem je mogućnost da proizvođači naprave tanje uređaje koji su jeftiniji za proizvesti. [11]

## 6.2. Štetnosti LED monitora

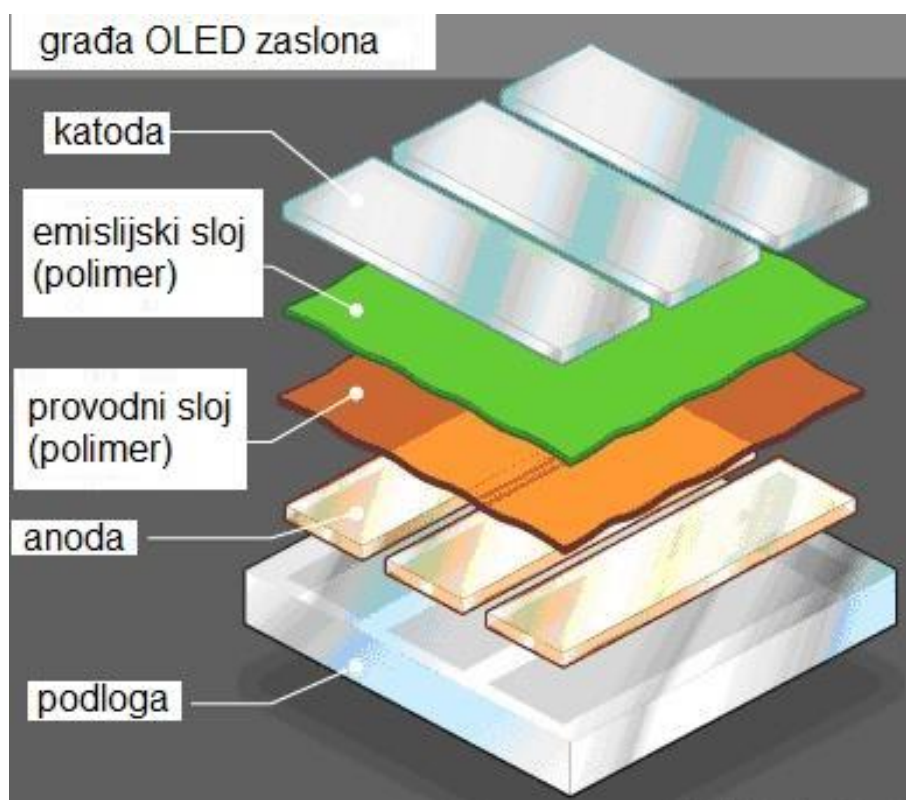
Strah od LED zaslona proizlazi iz zabrinutosti da određene svjetlosne frekvencije oštećuju korisnikove oči. To su takozvane plave svjetlosne frekvencije (engl. *Blue-Light Frequencies*). Dokazano je da preduga izloženost takvoj svjetlosti šteti očima, uzrokuje štetne reakcije u mrežnici, dijelu oka koji prima svjetlosne signale. Točnije rečeno, 99 posto stanica odgovornih za zaštitu mrežnice može biti oštećeno LED osvjetljenjem. Pošto oštećenje mrežnice nije uvijek izlječivo, taj problem treba shvatiti veoma ozbiljno. No ubrzo se ustanovilo da nisu toliko štetni za zdravlje čovjeka. Istraživanja su se radila na 100 vatnom LED televizoru u kojeg je osoba gledala 12 sati na dan i to sa udaljenosti od pola metra. Pokus nije bio konkretan jer je to daleko iznad dnevne izloženosti prosječne osobe. Stoga se ustanovilo da je jedini značajan rizik za korisnike LED zaslona naprezanje oka, glavobolje i lagane vrtoglavice što vrijedi i za LCD zaslone kada se koriste na dulje razdoblje.

Iako se kod izrade dioda koriste olovo i arsen, disanje dima koje emitira slomljena LED žarulja neće uzrokovati nikakve štetnosti za čovjekovo zdravlje jer su to premale količine. No također se koriste i galij, selenij i iridij koji su izrazito toksični. Njihovu toksičnost treba uzeti u obzir radi stvaranja zakonske regulative zbrinjavanja neispravnih LED svjetiljki. [12]

## 7. OLED MONITORI

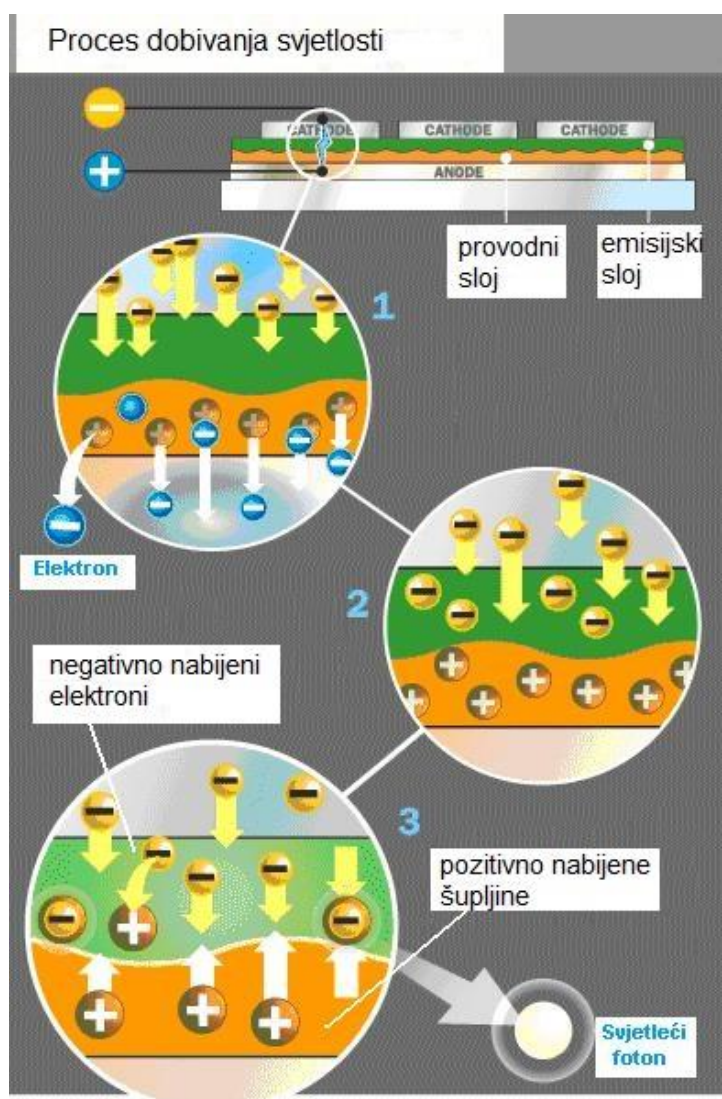
OLED (engl. *Organic Light Emitting Diode*) je zaslon koji koristi tehnologiju emitiranja svjetlosti preko organskih materijala na bazi ugljika između dva vodiča. Kada vodičima proteče električna energija, emitira se jaka svjetlost. OLED tehnologija se koristi za izradu zaslona kao i za izradu bijelih svjetlosnih ploča za osvjetljenje.

OLED zasloni rade na principu elektroluminiscencije (određeni materijali pretvaraju električnu energiju direktno u svjetlost). Kao što je prikazano na slici 6, građa se sastoji od podloge, katode, anode, provodnog i emisijskog sloja kao što je prikazano na slici 6. Provodni i emisijski sloj se sastoji od organskih materijala koji se nanose između anode i katode. Debljina jednog kompletnog sloja je 200 puta manje od vlasi ljudske kose. Podloga služi kao nosač, a može biti izgrađena od stakla, plastike ili folije. [13]



Sl. 6. Građa OLED zaslona [13]

Priključenjem zaslona na napon, električna struja teče usmjereno od katode prema anodi kroz organski sloj (polimer). Katoda daje elektrone emisijskom sloju, dok anoda potiskuje elektrone iz provodnog sloja stvarajući šupljine (slika 7). Time se emisijski sloj negativno nabije, a provodni sloj pozitivno. Pozitivno nabijene šupljine su puno mobilnije od negativnih elektrona i zbog toga prelaze granicu provodnog sloja i ulaze u emisijski sloj. Kada se susretnu sa elektronom, međusobno reagiraju i oslobađaju energiju u obliku fotona (čestica svjetlosti) što se naziva elektroluminiscencija. To se događa puno puta u sekundi i OLED zaslon proizvodi kontinuirano svjetlo tako dugo dok se ne prekine dovod električne energije.[13, 14]



Sl. 7. Proces dobivanja svjetlosti kod OLED zaslona [13]

OLED zasloni mogu proizvoditi obojenu svjetlost tako da se dodaje filtar u boji između gornjeg emisijskog sloja. No najčešće se koriste različiti polimeri koji proizvode crvenu, zelenu i plavu boju, u kojem je jedan polimer zadužen za jednu boju. Ako se stave tisuće crvenih, zelenih i plavih polimera jedan uz drugog koji se mogu samostalno uključivati i isključivati, oni rade poput piksela na konvencionalnom LCD zaslonu. [13, 14]

### **7.1. Usporedba OLED zaslona sa LCD/LED zaslonima**

OLED zasloni generiraju svoje vlastito svjetlo za razliku od LCD zaslona koji koristi pozadinsko osvjetljenje. Nedostatak pozadinskog osvjetljenja znači da se OLED zasloni mogu napraviti puno tanji od LCD zaslona tako da bi sama izrada trebala biti jeftinija.

Što se tiče LED zaslona, OLED je također puno lakši i tanji. Pružaju široke i konstante boje za razliku od LED zaslona koji ima tendenciju da promjeni boju i postane mutniji što se više udaljavamo od njega. Samim time mogu proizvesti i više boja od LED zaslona. Najveća prednost OLED zaslona jest što prikazuje najdublje crne boje, bolje od bilo kojeg drugog zaslona. [13]

### **7.2. Prednosti OLED zaslona nad LCD/LED zaslonima**

OLED zaslon može proizvesti doista savršenu crnu boju. Posjeduje sposobnost da potpuno isključi određene piksele kako bi se dobila besprijekorna crna. Budući da ne koriste pozadinsko osvjetljenje, troše puno manje energije nego LCD/LED zasloni. Ima najbolji omjer kontrasta od bilo kojeg modernog zaslona. Omjer kontrasta je razlika između najsvjetlijeg i najmračnijeg dijela slike na zaslonu. U isto vrijeme mogu biti prisutne izuzetno svijetle boje i potpuno mračne kod prikaza slike. Imaju veći kut gledanja, veću svjetlinu, širi spektar boja, brže vrijeme odaziva i sve u svemu bolju kvalitetu slike od LCD/LED zaslona.

Jednostavan dizajn omogućuje izradu ultra tankih, fleksibilnih, sklopivih i prozirnih zaslona sa boljom izdržljivošću nego LCD/LED zasloni. [13, 15]

### **7.3. Nedostaci OLED zaslona nad LCD/LED zaslonima**

OLED zasloni nisu savršeni. Puno su skuplji za proizvodnju nego LCD zasloni iako bi se to trebalo promijeniti u bliskoj budućnosti. Imaju potencijala da budu jeftiniji od LCD zaslona zbog svojeg jednostavnog dizajna. Predviđeno je da će se OLED zasloni u budućnosti printati odnosno tiskati pomoću printera.

Imaju ograničeni životni vijek (kao i svaki zaslon). Svjetlina svakog piksela je sve slabija ovisno o sadržaju kojeg prikazuje. Svaki polimer ima različiti vijek trajanja što uzrokuje nepodudarnost između intenziteta crvene, zelene i plave boje u pikselu. Na samom početku razvoja OLED zaslona je to bio veliki problem, no danas to više nije upitno zbog sve većeg napretka.

Mogu biti problematični na izravnoj sunčevoj svjetlosti zbog svoje emitirajuće prirode. Ako se predugo izlažu ultraljubičastim zrakama, može doći do oštećenja zaslona koja postaju mutna ili potpuno crna.

OLED uređaji su puno skuplji od LCD/LED uređaja, no sve većim razvitkom tehnologije, cijena će se znatno smanjiti.

Najveći neprijatelj OLED zaslona je voda koja ih može lako oštetiti. [13, 15]

### **7.4. Štetnosti OLED monitora**

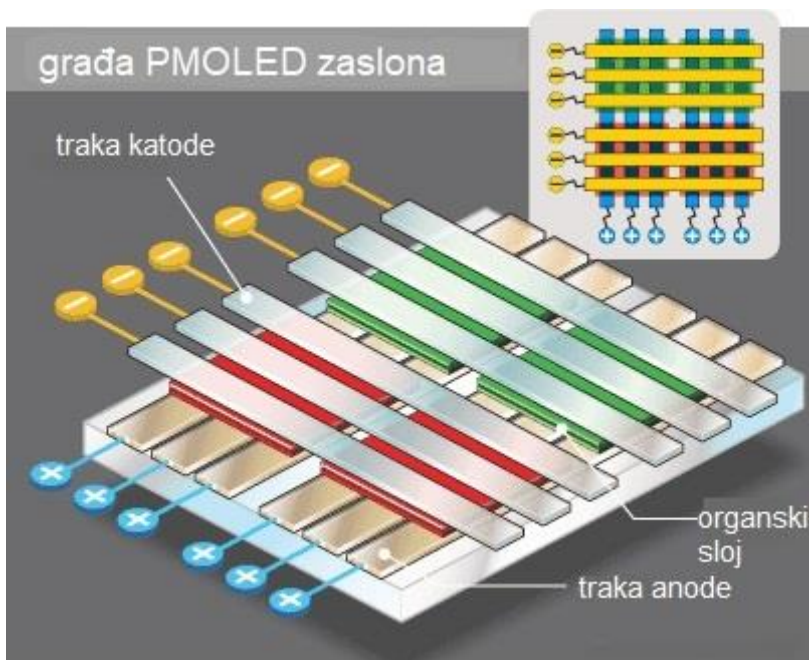
Kao i kod LED monitora, OLED uređaji emitiraju plave svjetlosne frekvencije koje izazivaju štetne efekte na oči korisnika. No brzim razvitkom tehnologije, emitiranje plavog svjetla se smanjilo čak tri puta u odnosu na LCD i LED zaslone.

## 7.5. Vrste OLED zaslona

Postoji nekoliko različitih realizacija OLED zaslona koje su prilagođene uvjetima u kojima se koriste.

### 7.5.1. PMOLED zaslon

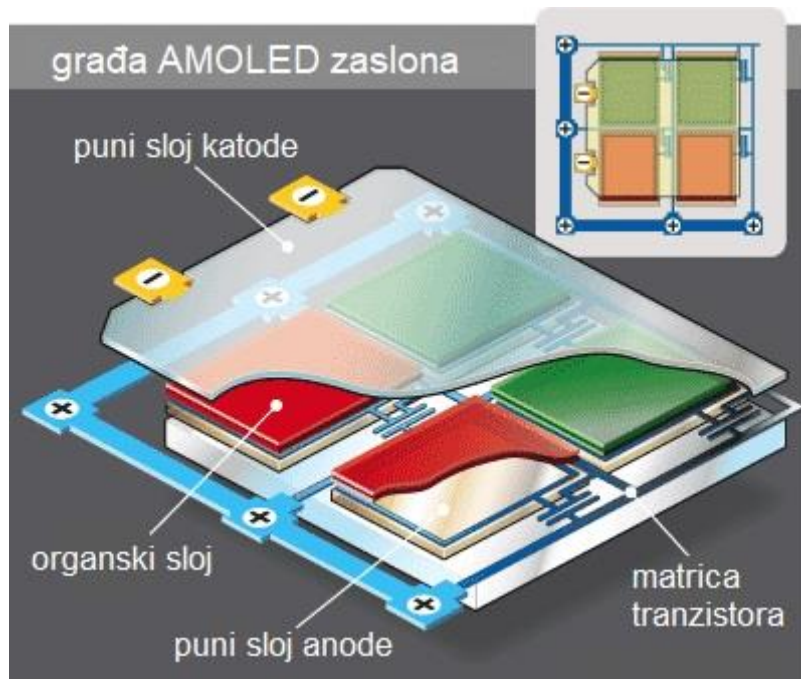
PMOLED (engl. *Passive-Matrix Organic Light Emitting Diode*) zasloni su građeni od trake anode i trake katode (slika 8) koje su okomite jedna na drugu te organskog sloja između njih. Sjecište anode i katode čini piksel koji emitira svjetlost. Električna energija se pusti na odabrane trake anode i katode, točno određujući koji piksel će se uključiti, a koji ostaje isključen. Svjetlina svakog piksela je proporcionalna količini prolaska struje. Takvi zasloni se lako izrađuju, troše više energije od ostalih ali ipak manje od klasičnih LCD zaslona. Najučinkovitiji su čitanje teksta i prikazivanje malih ikona te su najprikladniji za male zaslone dijagonale do 3 inča (mobiteli, mp3 playeri, digitalni čitači). [16]



Sl. 8. Građa PMOLED zaslona [16]

### 7.5.2. AMOLED zaslon

AMOLED (engl. *Active-Matrix Organic Light Emitting Diode*) zaslon se sastoji od punih slojeva katode i anode (slika 9), organskog sloja između njih te tankog sloja tranzistora (TFT, engl. *Thin Film Transistor*) koji prekriva anodu i tvori matricu. Tranzistori određuju koji će se točno pikseli uključiti baš kao i kod LCD zaslona sa aktivnom matricom. AMOLED zaslone koriste manje električne energije nego PMOLED upravo zbog tranzistora koji zahtijevaju manje energije za rad. [16]



Sl. 9. Građa AMOLED zaslona [16]

Tehnologija AMOLED se danas koristi gotovo svugdje, kod računalnih monitora, televizijskih zaslona, pametnih telefona, pametnih satova, signalizacije u prometu, pa sve do elektroničkih plakata i malih zaslona na bijeloj tehnici. [17]



Prednost AMOLED zaslona nad OLED leži u tome što ne nudi ograničenja na veličini zaslona. Sloj tranzistora djeluje kao prekidač za svaki piksel i sadrži kondenzator koji omogućuje izgradnju većih zaslona. Pošto se uključuju točno određeni pikseli, preostali dijelovi zaslona su isključeni. To dovodi do veće učinkovitosti i manje potrošnje energije.

Jedan od glavnih problema AMOLED zaslona je degradacija boja odnosno nejasnoća prikazivanja piksela. S vremenom pikseli postaju blijedi i mutni. Međutim, sve većim razvojem tehnologije to je sve manji problem zahvaljujući novim AMOLED implementacijama i poboljšanjima.

Većina današnjih pametnih telefona koristi Super AMOLED zaslone. Iste su građe kao i AMOLED zasloni ali još imaju i integrirani digitalizator. Taj sloj služi kako bi detektirao dodir i time uređaji postaju osjetljivi na dodir. [18]

Prednosti AMOLED zaslona nad LCD/LED zaslonima

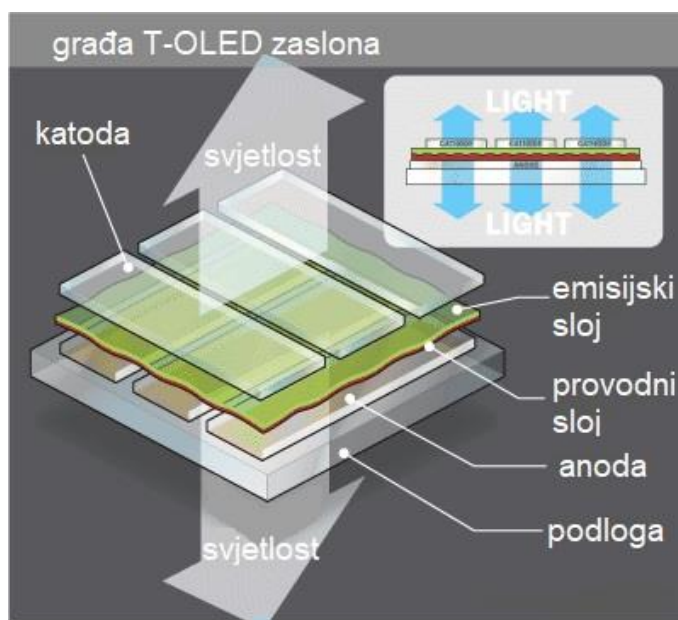
- tanji, lakši i fleksibilniji
- svjetliji
- emitira svjetlost i generira manje topline
- nemaju pozadinsko osvjetljenje pa troše znatno manje energije
- lakši za proizvesti, mogu se izraditi u veliki tankim pločama (listovima)
- veći omjer kontrasta i bolji kut gledanja jer pikseli izravno emitiraju svjetlost
- točnost boja, pogotovo bijele (LCD imaju značajan plavi ton na bijeloj boji)
- brže vrijeme odaziva
- ekološki najprihvatljivija struktura zaslona jer zahtjeva malu količinu potrošnje energije [17, 19]

Nedostaci AMOLED zaslona nad LCD/LED zaslonima

- ograničen vijek trajanja organskih materijala, pogotovo plavih boja
- voda lako oštećuje organske materijale, treba izbjegavati uporabu u prostorijama s puno vlage (iako je danas većina AMOLED uređaja otporna na vodu i prašinu)
- mnogo skuplji za proizvodnju [17, 19]

### 7.5.3. T- OLED zasloni

Transparentni OLED zasloni, kao što ime implicira, imaju prozirne sve komponente u građi (slika 10). Mogu imati pasivnu i aktivnu matricu. Kada su isključeni izgledaju kao prozirna stakla, iako propuštaju oko 85 posto vidljive svjetlosti. Uključenjem zaslona, omogućuje se da svjetlo emitira u oba smjera pružajući korisniku mogućnost gledanja zaslona iz bilo kojeg kuta u dijemetru od 360 stupnjeva. Također, mogu se izraditi od vrlo fleksibilnih folija metala ili plastike čineći ih sklopivim. Vrlo su lagani i izdržljivi, a fleksibilnost im može smanjiti lomljivost. Takvi zasloni su na samom vrhu današnje tehnologije i njegova primjena je moguća doslovno svugdje.



Sl. 10. Građa prozirnog OLED zaslona [16]

## **8. QLED MONITORI**

QLED (engl. *Quantum dot Light Emitting Diode*) tehnologija zaslona upotrebljava takozvane kvantne točke na LED pozadinskom osvjetljenju. Kvantne točke su anorganske čestice koje teško stare i time povećavaju svoj vijek trajanja. Jedini proizvođač takvih zaslona je Samsung. QLED nije zapravo nova tehnologija, već se bazira na poboljšanoj verziji LED LCD zaslona.

QLED zaslon radi tako da se postavi sloj kvantnih točaka ispred regularnog LED pozadinskog osvjetljenja. Sloj točaka se sastoji od sitnih čestica od kojih svaka emitira svoju vlastitu boju ovisno o veličini (od 2 do 10 nanometara). Uglavnom, veličina čestice diktira koja će se boja emitirati. Česticama se dodaje jezgra i omotač od metalnih legura. Takva poboljšanja omogućuju veću preciznost i točnost boja pri velikoj svjetlini zaslona. [20]

Sposobnost proizvodnje boja na velikoj svjetlini nadmašuje čak i OLED zaslone koji su mu glavni konkurenti kod kvalitete prikaza slike. Može očuvati boje pri visokoj svjetlosti zaslona na područjima u kojima OLED to ne može. Također, QLED daje puno više vidljive boje, prikazuje življe boje nego OLED i pruža bolji vizualni doživljaj. [20]

### **8.1. Usporedba QLED i OLED zaslona**

Način stvaranja svjetla je zapravo ono što razlikuje ove dvije tehnologije. QLED se oslanja na konstantnom LED pozadinskom osvjetljenju dok OLED emitira vlastito svjetlo i potpuno isključuje piksele koji nisu u upotrebi. OLED je u tom segmentu bolji jer daje apsolutna crna područja na zaslonu. Pošto OLED nema pozadinsko osvjetljenje, mogu se proizvesti puno tanji i lakši, a to je poželjno za izgradnju ostalih uređaja poput pametnih telefona. Ugradnjom ultra tankog reflektirajućeg filma u zaslon, QLED smanjuje reflektirajući odsjaj, pomaže u stvaranju dubljih crnih boja, očuvanju boja kod oštrijih kutova gledanja kao i očuvanju zasićenosti boja. Dok OLED zaslone mogu učinkovitije proizvesti duboke crne boje, QLED zaslone mogu biti mnogo svjetliji. Velika razlika jest u cijeni. OLED zaslone su i dalje skuplji za proizvesti u odnosu na LED LCD bazirane zaslone. [20]

Tab.3. Usporedba parametara svih generacija zaslona [21]

| Parametri                   | CRT zaslon                                   | LCD zaslon  | Plazma zaslon                                | OLED zaslon                                 | QLED zaslon                          |
|-----------------------------|--|---|--|---|--------------------------------------|
| <b>Osvjetljenje zaslona</b> | Nejednako, promjenjivo                       | Nejednako, vrlo slabo kod direktnog sunčevog osvjetljenja | Slabo, treba ih koristiti u tamnom okruženju | Dobro, malo slabije kod svijetlog okruženja | Odlično                              |
| <b>Kontrast</b>             | Preko 15000:1                                | Preko 1000:1  | Preko 20000:1                                | Preko 1000000:1                             | Preko 1000000:1                      |
| <b>Boja</b>                 | Odlična                                      | Dobra   | Odlična                                      | Izvrсна                                     | Izvrсна                              |
| <b>Razina crne</b>          | Vrlo dobra                                   | Slaba   | Vrlo dobra                                   | Izvrсна                                     | Odlična                              |
| <b>Zamućenje slike</b>      | Nema   | Slabo   | Nema   | Nema  | Nema                                 |
| <b>Vrijeme odaziva</b>      | Ispod milisekunde                            | 1-8 milisekundi   | Ispod milisekunde                            | Ispod milisekunde                           | Ispod milisekunde                    |
| <b>Utjecaj okoline</b>      | Magnetsko polje uzrokuje iskrivljenost slike | Niske temp. uzrokuju slabo vrijeme odaziva                | Visoka visina uzrokuje kvar i zujanje        | UV zračenje i voda oštećuju zaslon          | Visoke temp. uzrokuju slabi kontrast |
| <b>Treperenje slike</b>     | Prisutno                                     | Ponekad   | Ponekad                                      | Nema  | Nema                                 |
| <b>„Burn-in“ efekt</b>      | Prisutno                                     | Nema ali je sklon promjeni boja                           | Prisutno                                     | Prisutno                                    | Nema                                 |
| <b>Težina</b>               | Vrlo teški                                   | Lagani  | Teški  | Vrlo lagani                                 | Lagani                               |
| <b>Potrošnja energije</b>   | Vrlo velika                                  | Mala  | Velika                                       | Srednja                                     | Mala                                 |
| <b>Toplinsko zračenje</b>   | Veliko                                       | Malo  | Veliko                                       | Vrlo malo                                   | Malo                                 |
| <b>Cijena</b>               | Niska  | Srednja   | Velika                                       | Vrlo velika                                 | Vrlo velika                          |

## **9. RIZICI I OPASNOSTI PRI RADU SA RAČUNALNIM MONITORIMA**

Zdravstveni problemi koji su nekada bili ograničeni samo na osobe čiji je posao bio rad za pisaćom mašinom danas imaju mnogo širu ciljnu grupu. Sve veći broj poslova danas podrazumijeva sjedenje pred računalnim monitorima. Povećava se i broj ljudi koji sjede satima pred monitorima iz razloga nevezanih za posao. Informatizacija i rad sa računalom nas je privezalo za radni stol i stolicu i donijelo olakšice ali i određene opasnosti i zdravstvene smetnje poput psihofizioloških, vidnih i statodinamičkih napora. Obavljanje poslova u sjedećem položaju samo po sebi ne predstavlja nefiziološki položaj tijela, već dugotrajno obavljanje poslova ispred zaslona može dovesti do oštećenja zdravlja zaposlenika, pogotovo uslijed povećanog naprezanja koštano-mišićnog sustava i povećanog naprezanja vida. Nadalje, fiksacija očiju na neodgovarajući zaslon može uvelike pojačati druge negativne utjecaje kao što je vidni napor. Takva oštećenja zdravlja nastaju ukoliko radno mjesto i oprema nisu pravilno oblikovana te ukoliko se zaposlenici ne pridržavaju određenih pravila. Praćenjem i pridržavanjem nekolicine jednostavnih smjernica, mogu gotovo u potpunosti eliminirati rizike kojima izlažemo naše tijelo pri produženom radu sa računalom.

### **9.1. Opasnosti**

Pod opasnosti spadaju opasnost od udara električne struje kada uređaji nisu ispravni, buka od rada na tipkovnici kada postoji veći broj računala na istom radnom mjestu, premda takva buka ne oštećuje sluh, ona loše utječe na koncentraciju radnika i potencira stres. Znanstveno je potvrđeno da je rad s računalom izvor psihofizioloških, vidnih i statodinamičkih napora. NIOSH (engl. *National Institute for Occupational Safety and Health*) je napravio istraživanje na temelju potencijalnih zdravstvenih rizika pri radu sa računalom i zaključio:

- nije dokazano da zračenja računala izazivaju oštećenja zdravlja, maligne tumore, zamućenje leća ili spontane pobačaje. Izmjerena zračenja su često ispod granica dopuštenosti ili tako mala da su ispod granice mjerljivosti
- vidni napori su rezultat bliještanja, refleksije i svjetlucanja zaslona računala

- statodinamički napori su posljedica nepravilnog rada ili neodgovarajuće opreme. [22]

## **9.2. Psihofiziološki napori**

Kod rada sa računalom mogu se javiti razne psihičke smetnje kao glavobolja, umor, razdražljivost, iscrpljenost, potištenost, depresija i stres. Mogu se pojaviti i različiti poremećaji kao znojenje, jako lupanje srca, šećerna bolest, visoki tlak i dr. Rad sa računalnim zaslonom ne smatra se uzrokom tih poremećaja, već su one posljedica naglog uvođenja promjena, napornog i dugačkog rada bez odmora, novih zahtjeva poslova, stalne potrebe dokazivanja i tehnoloških inovacija. Većina ljudi ne podnosi dobro takve promjena, pa tijelo izlučuje hormone koji izazivaju navedene poremećaje u organizmu. [22]

## **9.3. Vidni napori**

Najprije treba naglasiti da štetno djelovanje računalnih zaslona na ljudsko oko nije potvrđeno. Većina radnika za računalom će kad-tad osjetiti neke od navedenih smetnji: umor, iritaciju očiju, pečenje, suhoća, osjećaj pijeska u očima, bol, dvoslike, zamagljen vid, glavobolju, iscrpljenost i razdražljivost. Uzroci tih smetnji su nedovoljna oštrina vida, neadekvatne naočale ili leće, zatamnjene naočale, sklonost migreni, osjetljivost na svjetlo, upotreba lijekova i neke bolesti kao npr. šećerna bolest. Uzroci vidnih smetnji mogu biti i u radnom okolišu. Najčešće je to suh zrak koji izaziva suhoću sluznice oka. Uzroci mogu biti i u radnoj opremi: svjetlucanje, refleksija, bliještanje, slaba osvjetljenost i titranje samog zaslona. Također, uzroci mogu biti i u radniku. To su mnogobrojni sitni pokreti očiju između dokumenata i zaslona, kojih može biti i do 25 tisuća u jednom radnom danu. Karakteristična je i smanjena učestalost treptanja ne samo za osobe koje dugo gledaju u zaslon nego i osobe koje nose kontaktne leće. [22]

### 9.3.1. Prevenirija vidnog napora

Vidni napor se može ublažiti ili potpuno otkloniti korekcijom opreme, korekcijom grešaka ili primjenom posebnih pravila. Zaslona računala mora biti na udaljenosti od 50 do 75 centimetara od očiju, nagnut prema naprijed i gornji rub zaslona mora biti u visini očiju. Frekvencija osvježavanja slike mora biti minimalno 70 herca za LCD zaslone. U rijetkim slučajevima, ako se još uvijek koristi CRT zaslon, frekvencija mora iznositi minimalno 60 herca. Zaslon mora biti adekvatnog kontrasta s tamnim slovima na bijeloj podlozi bez refleksije i bliještanja. Kako bi se smanjio broj pokreta očiju, dokumente treba postaviti uz zaslon sa strane ili između tipkovnice i zaslona.

Kontrast između radne površine zaslona i radnog okoliša ne smije prelaziti omjer 3:1. Zaslon se mora postaviti bočno od prozora kako bi se izbjeglo zrcaljenje, a ako to nije moguće, potrebno je staviti zastore ili rolete na prozore.

Naočale za čitanje nisu dobre za rad na računalu jer se koriste za udaljenost od 40 centimetara. Pošto udaljenost mora iznositi minimalno 50 centimetara, takva osoba biti će sklona nagnjanju tijela i glave preblizu zaslonu što je loše za mišiće i izaziva bolove u leđima. Također, ne preporuča se nositi leće jer pri traženju jasne točke vida, osoba zabacuje glavu prema nazad ili savija vrat prema naprijed, što intenzivno opterećuje vratnu kralježnicu i izaziva bolove u mišićima vrata te glavobolju. Svi navedeni problemi rješavaju se uporabom posebnih računalnih naočala. One pokrivaju područje jasnog vida između 50 i 70 centimetara od zaslona, imaju antistatički i antirefleksijski sloj i omogućavaju ulazaka veće količine svjetla u oko.

Normalno treptanje očiju je 20 puta u minuti dok kod radnika koji rade s računalom iznosi 2 do 3 puta u minuti. Preporuča se učestalije treptanje i primjena umjetnih suza kako bi se spriječila suhoća oka. Umor mišića očiju, dvoslike i zamagljen vid,

smanjit će se gledanjem u daljinu veću od 6 metara i uzimanjem kratkih pauza uz potpuno zatvaranje očiju. [22]

#### **9.4. Statodinamički napori**

Rezultat dugotrajnog, prisilnog i fiksnog položaja glave i tijela prilikom rada sa računalom nazivamo sindrom prenaprezanja (CTD, engl. *Cumulative Trauma Disorder* ili RSI engl. *Repetative Strain Injury*). To su bolovi u vratu, leđima, ručnom zglobu, prstima šake, ramenima, stražnjici, natkoljenicama, te ukočenost, trnci i glavobolja. Ako se takve tegobe samo produžavaju i ne uklanjaju, mogu prijeći u kronična stanja i profesionalne bolesti.

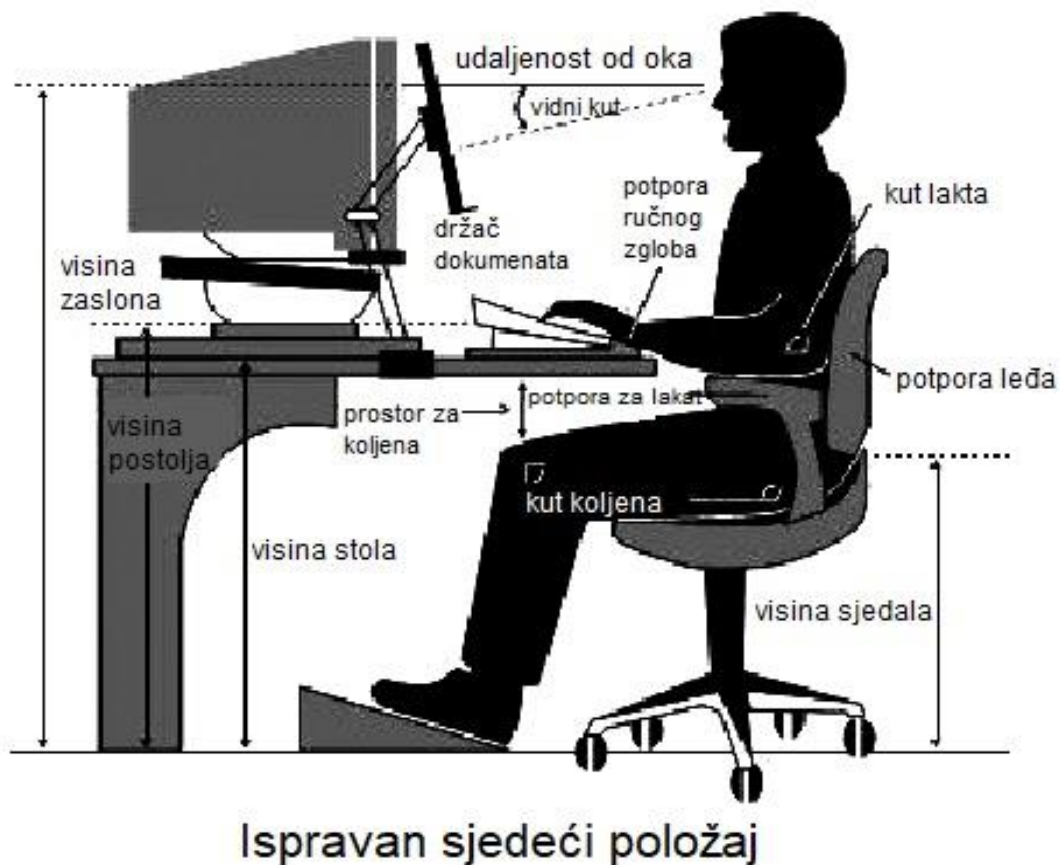
Ponavljajući pokreti, primjena sile i prisilni položaj tijela su rizični čimbenici za nastanak sindroma prenaprezanja. Oni oštećuju najosjetljivija tkiva tijela, mišiće, tetive i živce. U sjedećem položaju kralježnica postaje najopterećeniji dio tijela. Tisuće ponovljenih udaraca po tipkovnici (oko 12 000 udaraca u jednom satu) stvara silu od gotovo 25 tona u jednom radnom danu što postepeno dovodi do sitnih oštećenja koji se kumuliraju.

Najčešći sindromi prenaprezanja su DeQuervainova bolest (upala tetive mišića palca), teniski lakat i lakat igrača golfa (iritacija hvatišta tetiva u laktu) te sindrom karpalnog tunela (pritisnuti živac ručnog zgloba). Od 8 do 10 radnika koji rade sa računalom će iskusiti jedan od ovih sindroma. Veliki problem je to što većina radnika pati u tišini i tek kada dođe do nesposobnosti obavljanja rada onda se traži liječnička pomoć. Jedina pomoć u tom trenutku jest kirurški zahvat. Preporuča se da radnici čim osjete prve simptome odmah zatraže pomoć specijaliste medicine rada. [22]



### 9.4.1. Prevensija sindroma prenaprezanja

Preventivno se djeluje na način korekcije stola, stolice, tipkovnice, zaslona, sjedenje u neutralnom položaju i primjeni ostalih posebnih mjera. Oprema mora biti ergonomska, no ona najčešće ne odgovara standardima i normama. Ipak, većina simptoma prenaprezanja može se spriječiti radom u neutralnom položaju tijela (slika 11). [22]



Sl. 11. Neutralni položaj tijela [22]

Glava mora biti uravnotežena s pogledom prema naprijed, ramena i nadlaktice opuštene, podlaktica i natkoljenica paralelni s podom, leđa naslonjena i blago zabačena prema iza te koljena savijena pod pravim kutom sa stopalima na podu. Ručni zglob ne smije biti savijen, a podlaktice moraju biti oslonjene na naslon stolca i radni stol. Postoje i posebne mjere koje preporučuju prekide u radu i tjelovježbu od 5 minuta svakih sat vremena. Cilj prekida je smanjiti opterećenje vida tako da se zatvaraju u potpunosti oči na nekoliko sekundi svakih 20 minuta. Tjelovježba se bazira na vježbama istezanja koje rezultiraju poboljšanjem cirkulacije, smanjenjem umora i mišićne napetosti. Postoje udruge koje organiziraju vježbe istezanja na radnim mjestima. Također, aktivnim životom nakon posla smanjuje se rizik od nastanka sindroma prenaprezanja na radu. Radnici koji se pridržavaju kratkih pauzi i vježbi, manje griješe u radu i produktivniji su od ostalih. [22]

Rad s računalima je zbog mogućih opasnosti za zdravlje uređen posebnim zakonskim propisima. Zakonski propisi koji reguliraju zaštitu pri radu s računalom su:

- Pravilnik o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalima (N.N., br. 69/05.)
- Pravilnik o izradi procjene opasnosti (N.N., br. 48/97., 114/02., 126/03.).

Oba pravilnika temelje se na europskom zakonodavstvu i nastavljaju se na Smjernice Europske zajednice 90/220/EEC o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima za rad sa zaslonskom opremom i preporuke Nacionalnog instituta za sigurnost na radu i medicinu rada (NIOSH).

## 10.MPR i TCO STANDARD

Zabrinutost zbog mogućih zdravstvenih problema vezanih uz korištenje CRT zaslona naveo je akreditacijski odbor SWEDAC (engl. *Swedish Board for Technical Accreditation*) da implementira preporuke vezane za ergonomiju i štetno zračenje takvih zaslona. Dobiveni MPR2 standard zahtijevao je smanjenje elektrostatskih emisija s vodljivim filmom na površini zaslona. Također, ograničava maksimalnu količinu elektromagnetskog zračenja koje CRT zaslon smije emitirati. [23]

Kasnije, TCO izmjenjuje zahtjeve za vizualnom ergonomijom i dodaje niz uvjeta za zaštitu okoliša, uključujući upotrebu određenih kemikalija u proizvodnji i recikliranju komponenti. Naziva ga TCO99, a poboljšanja vizualne ergonomije uključuju bolju jednakost svjetlosti po zaslonu, precizniji prikaz boja te bolji kontrast. Da bi se smanjio umor očiju uzrokovan treperenjem slike (*flicker* efekt), minimalna potrebna brzina osvježavanja povećana je na 85 Hz za zaslone manje od 20 inča i na minimalno 75Hz na zaslone veće od 20 inča. Kućišta CRT zaslona moraju biti građena od materijala koji nije sklon odsjaju. Također, smanjena je buka prilikom korištenja zaslona koja se percipirala kao neugodno zviždanje. Posebna pažnja posvećena je i smanjenju potrošnje električne energije. Sva suvremena računalna oprema koja podliježe navedenim zahtjevima ima istaknutu vidljivu oznaku norme TCO (slika 12). [24, 25]



Sl. 12. Oznake TCO certifikata [25]

## **11.PRIZNATA PRAVILA PRILIKOM RADA SA EKLANIMA (ZASLONIMA), SMJERNICA 90/270/EEC**

Smjernica Vijeća Europske zajednice 90/170/EEC predstavlja minimalne zdravstvene i sigurnosne zahtjeve za rad sa zaslonom opremom. Ti zahtjevi su:

- poslodavci su obavezni obaviti analizu radne stanice u svezi rizika za vid zaposlenika, mogućih tjelesnih smetnji te rizika od stresa,
- radne stanice se moraju uskladiti sa minimalnim zahtjevima prema Aneksu Smjernice, koje mora ispunjavati oprema radne stanice i radni okoliš,
- radnici moraju biti obaviješteni o svim aspektima sigurnosti i zdravlja koji se odnose na njihove radne stanice te biti osposobljeni za korištenje istih,
- poslodavac mora osigurati periodičke odmore radnika pri radu s radnim stanicama,
- radnici imaju pravo na preglede očiju i vida te po potrebi pravi na korektivna sredstva vida.

Prilikom rada sa zaslonima potrebno je voditi računa i o slijedećim bitnim elementima koju su utvrđeni u Aneksu Smjernice 90/270/EEC. [26, 27]

### **Zaslon**

Znakovi na zaslonu moraju biti dobro definirani i jasno oblikovani. Slika na zaslonu mora biti stabilna, bez treperenja i drugih oblika nestabilnosti. Zaslone se mora osigurati od mogućnosti reflektirajućeg bliještanja i drugih refleksija koje mogu uzrokovati nelagodu radniku.

## **Tipkovnica**

Tipkovnica treba biti nagibna tako da omogući radniku ugodan radni položaj izbjegavajući zamor ruku. Treba biti dovoljno prostora ispred tipkovnice za naslon ruku. Površina tipkovnice treba biti napravljena bez sjaja kako bi se izbjeglo reflektirajuće bliještanje, a simboli na tipkama odgovarajućeg kontrasta i dovoljno čitljivi.

## **Radni stol**

Radni stol ili radna površina treba biti dovoljno velika s površinom koja slabo odbija svjetlost i koja dopušta raspored potrebne opreme. Držać dokumenata treba biti stabilan i postavljen tako da smanji potrebu za neugodnim pokretima glave i očiju.

## **Radna stolica**

Mora biti stabilna i dopustiti korisniku slobodno kretanje te ugodan položaj tijela. Sjedalo treba biti podesivo po visini, naslon sjedala također podesiv po visini kao i nagib.

## **Rasvjeta**

Lokalnom rasvjetom treba osigurati zadovoljavajući razinu osvijetljenosti i primjeren kontrasti između zaslona i pozadine, ovisno o vrsti rada i radnikove zahtjeve u vezi s vidom. Samim projektiranjem radne prostorije treba spriječiti moguće bliještanje i refleksije na zaslonu.

Svi nabrojani elementi mogu biti izvor ozljeda ako ih se ne koristi na ispravan način ili ako su loše odabrani. [26, 27]

### **11.1. Karakteristike i odabir idealnog zaslona**

Kao što je navedeno u smjernici 90/270/EEC, znakovi prikazani na ekranu moraju biti oštri, jasni i dovoljno veliki. Razmak između znakova i redova mora biti primjeren. Slika prikazana na zaslonu mora biti stabilna i bez treperenja svjetla i ne smije se pojavljivati nikakvo izobličenje slike.

Takve performanse će se zadovoljiti ako se vodi račun o:

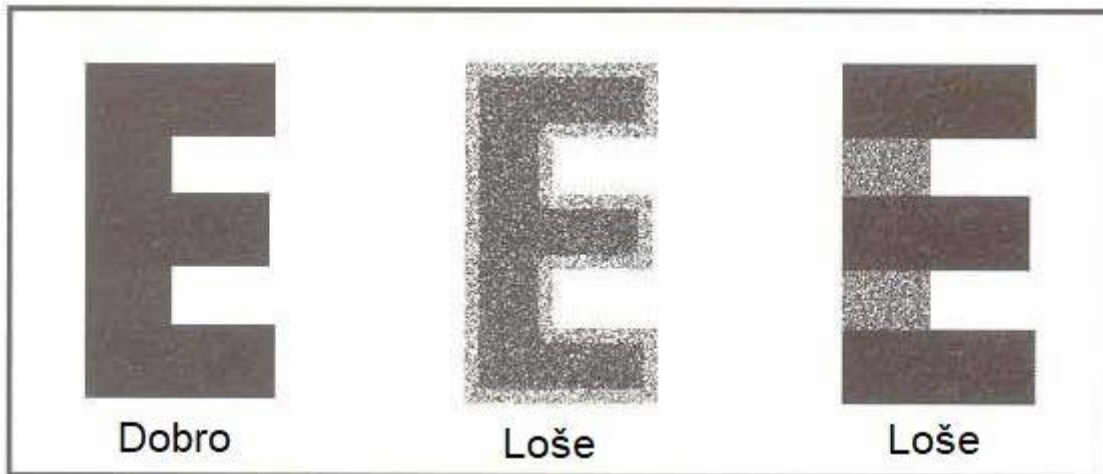
- luminaciji (osvjetljenju)
- kontrastu i oštrini znakova
- veličini znakova (oblik i razmaci)
- stabilnosti slike i geometriji slike
- sprječavanju treperenja svjetla
- boji i konvergenciji

#### **11.1.1. Osvjetljenje, kontrast i oštrina znakova**

Osvjetljenje zaslona treba iznositi najmanje  $100 \text{ cd/m}^2$ . Kontrast na cijelome zaslonu, unutar ili između znakova, treba iznositi najmanje 4:1. Oštrina znakova na zaslonu je dovoljno dobra kada je najbliža po izgledu ispisanih znakova (slika 12). Za obradu teksta treba koristiti jednobojni prikaz znakova. Prikaz znakova po principu tamna slova na svijetloj podlozi nudi najbolju prilagodljivost fiziološkim karakteristikama čovjeka radnoj sredini.

Takav prikaz ima slijedeće prednosti:

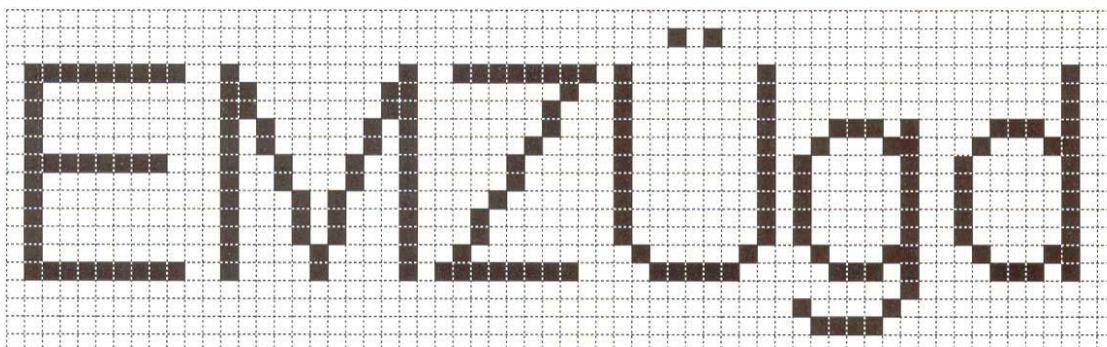
- čitljivost znakova je poboljšana jer se lakše raspoznaju znakovi na svijetloj podlozi nego na tamnoj
- manje će se uočavati reflektiranja i zrcaljenja
- umanjuje visoko osvjetljenje zaslona i adaptaciju oka kod stalne promjene svijetlo-tamno [26, 27]



Sl. 13. Oštirine znakova [27]

Kod prikaza alfa numeričkih znakova, veličina, oblik i razmak između njih i redova mora omogućiti dobru čitljivost. Piksela je najmanji element koji se koristi da bi se prikazao znak odnosno slovo na ekranu (slika 13). Dobra čitljivost se postiže:

- upotrebom dovoljnog broja piksela za prikaz određenog znaka (slova)
- visinom slova od 3,5 milimetara na razmaku od 50 centimetara od zaslona
- visinom brojki koje odgovaraju visini slova
- oblik znakova mora isključiti moguće zamjene slova o i brojke 0 [26, 27]



Sl. 14. Prikaz slova na zaslonu pomoću piksela [27]

Idealni zaslon bi morao ispuniti sve navedene kriterije kako bi zaposlenici nesmetano i bez štetnosti i opasnosti po zdravlje mogli obavljati radne zadatke. Prema tome, idealni zaslon bi bio LED zaslon odnosno LCD zaslon sa LED pozadinskim osvjetljenjem. Po svemu je superiorniji i bolji od starih CRT monitora. Stvara preciznije i oštrije slike od LCD zaslona sa fluorescentnim pozadinskim osvjetljenjem, a troši manje električne energije i energetski je učinkovitiji. Zbog LED osvjetljenja koje stvara jaču svjetlost nego fluorescentne svjetiljke, jačina osvjetljenosti zaslona je bolja.

Razlog odabira LED zaslona nad OLED zaslonom temelji se na cijeni. OLED monitori su trenutno puno skuplji od LED monitora. Zbog toga poslodavac radije odabire LED monitore zbog samog proračuna i da što više uštedi. Istina je da OLED zaslon daje ljepšu sliku nego LED zaslon, no mogu biti problematični na izravnoj sunčevoj svjetlosti. Također, nepogodni su za korištenje u vlažnim prostorijama jer ih voda može lako uništiti.

Sve većim razvojem tehnologije i tehnoloških inovacija, može se sa sigurnošću reći da će cijena OLED zaslona padati, a kad dođe u ravninu sa LED/LCD zaslonima, preuzeti će tržište. Tada će LED/LCD zasloni polako „izumrijeti“ baš kao što se to dogodilo sa CRT zaslonima.



## 12. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu pružena je detaljna analiza i usporedba raznih stupnjeva tehnološkog razvoja zaslona prikaznih uređaja. Iz usporedbe prikazanih svojstava nameće se zaključak da je upotreba LED zaslona u radnoj okolini najbolji odabir. Prikazuju kvalitetnu i jasnu sliku. Jedini značajan rizik za korisnike LED zaslona jest naprezanje oka, glavobolje i lagane vrtoglavice nakon dužeg vremena korištenja. Isti se mogu eliminirati pridržavanjem minimalnih zdravstvenih i sigurnosnih zahtjeva za rad sa zaslonskom opremom iz Smjernice Vijeća Europske zajednice 90/170/EEC. Energetski je učinkovitiji od prethodnih generacija i ima manju cijenu od OLED zaslona što ga čini primamljivijim za poslodavce. Ipak, budućnost će se temeljiti na OLED zaslonima. Konkretnije, na transparentnim OLED zaslonima koji se mogu savijati. Pitanje je vremena kada će cijena proizvodnje pasti na nivo jednak proizvodnji LED zaslona.

Sama ideja da OLED zasloni mogu biti pričvršćeni na tkanine i činiti „pametnu odjeću“ je zadivljujuća. Zamislite da svaki radnik ima svoje „pametno radno odijelo“ koje ga upozorava na moguće opasnosti u procesima rada i navodi ga kako pravilno postupiti u pojedinim situacijama. Odijelo koje mu na zaslonu prišivenom na podlaktici prikazuje zdravstveno stanje, bilježi učinak na radu i daje upute za rad. Ako se radi u velikim proizvodnim halama sa puno unutrašnjeg transporta, odijelo bi moglo žarko zasjati pomoću zašivenih OLED zaslona i time spriječiti sudar radnika sa viličarom. Radnici u bravariji bi mogli imati vizir napravljen od transparentnog OLED zaslona koji bi točno navodio gdje treba biti zavareno i automatski bi se sam zatamnio do određene mjere. Ozljede na rade postale bi prošlost, a sigurnost i zaštita radnika bila bi besprijekorna.

### 13. LITERATURA

- [1] Edwards B.: A Brief History of Computer Displays, <https://www.pcworld.com/article/209224/displays/historic-monitors-slideshow.html>, pristupljeno 17.05.2018.
- [2] Indian J Radiol Imaging: Monitor displays in radiology, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2747408/?report=printable>, pristupljeno 18.05.2018.
- [3] Hedge A.: "Ergonomics Considerations of LCD versus CRT Displays", Cornell University, May, 2003., 1-3.
- [4] Sharma G.: "LCDs Versus CRTs- Color- Calibration and Gamut Considerations", Proceedings of the IEEE, Vol.90. No.4, April 2002., 605-621.
- [5] Singh N., Wang J., Li J.: "Waste cathode rays tube: an assessment of global demand for processing", Procedia Environmental Sciences 31, 2016., 465-474.
- [6] Porges S.: Fighting Back Against the Health Menace of LCD Screens, <https://www.forbes.com/sites/sethporges/2012/10/08/fighting-back-against-the-health-menace-of-lcd-screens/#1f0d6e67799c>, pristupljeno 20.05.2018.
- [7] Zhuang X., He W., Li G., Huang J., Ye Y.: "Materials Separation from Waste Liquid Crystal Display Using Combined Physical Methods", Pol. J. Environ. Stud. Vol. 21, No. 6 (2012), 1921-1927.
- [8] Harris T.: How Plasma Displays Work, <https://www.bu.edu/simulation/classes/505classnotes/PlasmaPanel.pdf>, pristupljeno 21.05.2018.
- [9] Ramsay R.: Plasma vs. LCD: which is right for you?, <https://www.cnet.com/au/news/plasma-vs-lcd-which-is-right-for-you/>, pristupljeno 23.05.2018.
- [10] Silva R.: The Difference Between an LCD TV and a Plasma TV, <https://www.lifewire.com/lcd-vs-plasma-tv-1847462>, pristupljeno 23.05.2018.
- [11] Hesse B.: LED vs. LCD TVs explained: What's the difference?, <https://www.digitaltrends.com/home-theater/led-vs-lcd-tvs/>, pristupljeno 25.05.2018.
- [12] Lister J.: Dangers of LED TVs, <https://www.techwalla.com/articles/dangers-of-led-tvs>, pristupljeno 23.05.2018.
- [13] Patel N.B., Prajapati M.M.: "OLED: A Modern Display Technology", International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 6, June 2014, 1-5.

- [14] Woodford C.: OLEDs (Organic LEDs) and LEPs (light-emitting polymers), <https://www.explainthatstuff.com/how-oleds-and-leps-work.html>, pristupljeno 25.05.2018.
- [15] Morrison G.: LED LCD vs. OLED: TV display technologies compared, <https://www.cnet.com/how-to/led-lcd-vs-oled/>, pristupljeno 25.05.2018.
- [16] Freudenrich C.: How OLEDs Work, <https://electronics.howstuffworks.com/oled3.htm>, pristupljeno 28.05.2018.
- [17] Purohit V., Banu T., Daiya K.: "AMOLED: An Emerging Trends in LED", International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 3, Issue 10, October 2012, 1-4.
- [18] Smith J.: What is the difference between OLED and AMOLED? What are its advantages?, <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-OLED-and-AMOLED-What-are-its-advantages>, pristupljeno 05.06.2018.
- [19] Triggs R.: AMOLED vs LCD: differences explained, <https://www.androidauthority.com/amoled-vs-lcd-differences-572859/>, pristupljeno 08.06.2018.
- [20] Grabham D.: What is QLED? Samsung's TV tech explained, <https://www.pocket-lint.com/tv/news/samsung/139867-what-is-qled-tv-samsung-television-technology-explained>, pristupljeno 09.06.2018.
- [21] Comparison of CRT, LCD, Plasma, and OLED, [http://thesocknests.wikia.com/wiki/Comparison\\_of\\_CRT,\\_LCD,\\_Plasma,\\_and\\_OLED](http://thesocknests.wikia.com/wiki/Comparison_of_CRT,_LCD,_Plasma,_and_OLED), pristupljeno 16.06.2018.
- [22] ISO 9241- 302: 2008 – Ergonomics for human- system interaction – Part 302: Terminology for electronic visual displays
- [23] NEC Corp.: MPR II & TCO Standards, <https://www.necdisplay.com/reg-compliance/mpr/42>, pristupljeno 27.06.2018.
- [24] TCO Certified: Make the sustainable choice easy with TCO Certified, <http://tco certified.com/tco-certified/>, pristupljeno 27.06.2018.
- [25] TCO Certified: Criteria designed for driving sustainable development, <http://tco certified.com/criteria-overview/>, pristupljeno 27.06.2018.
- [26] Pravilnik o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom, N.N., br. 69/05
- [27] Directive 90/270/EEC on the minimum safety and health requirements for work with display screen equipment

## PRILOZI

### POPIS SLIKA:

|   |    |
|---|----|
| Sl. 1. Presjek CRT monitora .....                         | 4  |
| Sl. 2. Prikaz maske (engl. <i>Shadow Mask</i> ) .....     | 5  |
| Sl. 3. Građa LCD zaslona.....                             | 7  |
| Sl. 4. Građa plazma zaslona .....                         | 18 |
| Sl. 5. Građa LED zaslona .....                            | 22 |
| Sl. 6. Građa OLED zaslona .....                           | 25 |
| Sl. 7. Proces dobivanja svjetlosti kod OLED zaslona ..... | 26 |
| Sl. 8. Građa PMOLED zaslona.....                          | 29 |
| Sl. 9. Građa AMOLED zaslona.....                          | 30 |
| Sl. 10. Građa prozirnog OLED zaslona .....                | 32 |
| Sl. 11. Neutralni položaj tijela .....                    | 39 |
| Sl. 12. Oznake TCO certifikata .....                      | 41 |
| Sl. 13. Oštrine znakova .....                             | 45 |
| Sl. 14. Prikaz slova na zaslonu pomoću piksela.....       | 45 |

POPIS TABLICA:

|   |    |
|---|----|
| Tab.1. Usporedba parametara CRT i LCD zaslona .....       | 12 |
| Tab.2. Opasni materijali koje sadrže LCD monitori .....   | 16 |
| Tab.3. Usporedba parametara svih generacija zaslona ..... | 34 |