

# Dekoratívna LED rasvjeta

---

**Tijan, Ivan Giovanni**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:745584>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-05**



image not found or type unknown

*Repository / Repozitorij:*

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown

**ISTARSKO VELEUČILIŠTE**  
**UNIVERSITA ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE**  
**KRATKI STRUČNI STUDIJ POLITEHNIKE**

Ivan Giovanni Tijan

**Implementacija LED rasvjete**

Završni rad

Pula, Rujan 2020.

**ISTARSKO VELEUČILIŠTE**  
**UNIVERSITA ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE**  
**KRATKI STRUČNI STUDIJ POLITEHNIKE**

**Implementacija LED Rasvjete**

Završni rad

Kolegij: Elektronika

Student: Ivan Giovanni Tijan

Mentor: Sanja Grbac Babić

Pula, Rujan 2020.

## **Zahvala**

Želim se zahvaliti svojoj mentorici na pruženoj podršci i predanom znanju, kao i svojim roditeljima Klaudiji i Denisu.

Posebno se želim zahvaliti svojoj noni Milki koja me poticala, prenašala mi praktično znanje i vjerovala da ću uspješno doći do kraja studija.

Na samome kraju, neopisivo veliko hvala mojoj djevojci Diani koja mi je pružala punu podršku i pomoć pri studiranju.

# **IZJAVA**

## **o samostalnoj izradi završnog rada**

Izjavljujem pod punom materijalnom i moralnom odgovornošću da sam ovaj rad izradio samostalno te da u njemu nema kopiranih ili prepisanih dijelova teksta tuđih radova, a uz pomoć mentorice Sanje Grbac Babić, koristeći stručnu literaturu i znanje stečeno tijekom studiranja. Završni rad je pisan u duhu hrvatskog jezika.

Student: Ivan Giovanni Tijan

---

## SAŽETAK

Razvojem tehnologije u prošlom stoljeću započeo je razvoj nove, moderne rasvjete koja se danas naziva LED rasvjeta. Osim što je ekološki prihvatljiva, ujedno je i štedljiva. Ne sadrži živu i plinove kao što se ni ne grije pa većinu usmjerene snage iskoristi upravo za isijavanje energije u obliku svjetla. Mogućnosti su široke pa se tako može naći implementaciju u obliku zamjenskih žarulja za zamjenu na postojeća grla. Trenutno su one jedne od najprodavanijih žarulja zbog malog troška ugradnje. Zanimljivost koju LED rasvjeta može učiniti jest dekoriranje prostora i pružanje svjetlosti tračnom rasvjetom. Pritom su prikazane dvije varijante implementacije LED rasvjete sastavljene od LED traka i pribora za iste. U prvom primjeru prikazana je implementacija LED trake, umjesto korištenja konvencionalnog oblika žarulje zatvorene u pod bazena. Drugi primjer prikazuje implementaciju u kamenom zidu. Na njemu se posebno ističe šarolikost primjene i kako dekorativno može ujedno biti i funkcionalno. Oba rada su rad autora ovog završnog rada.

**Ključne riječi:** LED, SMD, LED trake, LED žarulje, dekorativna rasvjeta, svjetlost

## **SUMMARY**

With various developments in technology in the last century, there were also various advances in new and modern lighting that goes by name LED lighting. It is eco-friendly, but also cost-friendly. It doesn't contain any mercury or gasses nor does it heat up so most of its centered power goes directly into shining the energy into light. The applications are endless which means that it can be used as substitute lightbulbs on already existing sockets. They are currently one of the most sought after lightbulbs because of their small cost of installment. Interesting thing with LED lighting is that it can be used for decorating spaces and providing light with tape lighting. There are shown two types of application of LED lightings made od LED tapes and tools for them. In the first example, instead of using the usual lightbulb, the author applied the LED tape in the floor of the swimming pool. The second example shows the application of LED lights on a stone wall. Such application is the perfect example of various ways that LED lights can be used, and how decorative pieces can also be very useful. Both examples are the work of the author.

**Keywords:** LED, SMD, LED tape, LED lightbulbs, decorative lighting, light

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. POVIJEST I RAZVOJ LED RASVJETE.....	2
3. POJMOVI KOJI MOGU OBILJEŽITI LED RASVJETU I POTREBAN PRIBOR...4	
4. PRINCIP RADA LED DIODE.....	6
4.1. KONSTRUKCIJA LED DIODE.....	7
4.2. VIDLJIVOST LED DIODA .....	8
4.3. ODREĐIVANJE BOJE LED DIODA.....	8
5. LED ŽARULJE .....	9
5.1. PREDNOSTI LED ŽARULJA .....	10
5.2. NEDOSTACI LED ŽARULJA.....	10
6. LED TRAKE.....	11
6.1. DIZAJN LED TRAKE .....	11
6.2. RAZLIČITOST LED TRAKA PO BOJI I ADRESIBILNOSTI .....	12
6.2.1. Jednobojna neadresibilna .....	12
6.2.2. Dinamička prilagodljiva bijela.....	12
6.2.3. RGB neadresibilna.....	12
6.2.4. RGB adresibilna .....	12
6.2.5. RGBW neadresibilna .....	12
6.2.6. RGBWW ili RGBCCT.....	12
6.3. RAZLIČITE OZNAKE LED ČIPOVA .....	12
6.3.1. 3528 SMD.....	13
6.3.2. 5050 SMD.....	13
6.3.3. 3014 SMD .....	13
6.3.4. 2835 SMD.....	13
7. PRAKTIČNI PRIMJERI IMPLEMENTACIJE LED RASVJETE .....	14
7.1. OSVJETLJENJE BAZENA.....	14



7.2. OSVJETLJENJE KAMENOG ZIDA.....	16
8. ZAKLJUČAK.....	18
9. LITERATURA .....	19

## 1. UVOD

Predmet završnog rada vezan je za jedno od najbitnijih ljudskih osjetila – vid. Da bi vidjeli potrebna nam je svjetlost, a osim što može biti prirodna (stvorena od Sunca), ona može biti i umjetna. Ljudi su prije otprilike 300 000 godina počeli koristiti vatru kao izvor topline i svjetlosti. Uz pomoć logorske vatre, borovih baklji, uljnih i lojnih svjetiljki, procjenjuje se da su prije 15 000 godina nastali veličanstveni crteži u pećini Altamira, a znanstveno je dokazano da su mogli nastati isključivo uz pomoć umjetnog svjetla. Sačuvani zapisi iz vremena 260 g. pr. kr. govore nam kako je svjetionik u Aleksandriji tada prvi put počeo slati svjetlosne signale, a pritom nam govori o ranom shvaćanju značenja svjetlosti za čovjeka. Još od tada pa do prije 2 stoljeća ulicama nekadašnjih svjetskih središta svijetlili su fenjeri. Uz njih su uljne lampe, baklje i svijeće osvjetljavale domove i ulice sve do 19. stoljeća. Budući da su bile pogonjene uljem i plinom koji su morali sagorijevati da bi proizvodili toplinu i svjetlost, bili su izrazito opasni. Često su se dešavali požari i trovanja, a sve zbog otvorenog plamena.

Otkako je 31. prosinca 1879. godine američki izumitelj Thomas Alva Edison svijetu predstavio žarulju sa žarnom niti, umjetna rasvjeta nije se prestajala razvijati. Bila je to svojevrsna revolucija i početak evolucije električne rasvjete. Moderni život bi bio nezamisliv bez umjetne rasvjete. Upravo zbog toga, zadnjih se desetljeća ubrzano radi na razvoju raznih oblika žarulja i svjetiljki, a novi materijali koji se implementiraju često donose veći komfor i manje zagađenje okoliša.

U Rusiji je 1927. godine diodu koja emitira svjetlost (eng. Light Emitting Diode - LED) otkrio je radio tehničar koji je primijetio da diode koje se koriste u radioprijemnicima emitiraju svjetlost kada struja prolazi kroz njih. Desetak godina kasnije izmišljene su fluorescentne cijevi koje su se do danas održale na tržištu zahvaljujući raznovrsnoj industrijskoj primjeni. Budući da je LED tehnologija još uvijek bila preskupa, a fluorescentne cijevi opasne i nezgrapne za kućanstva, žarulje sa žarnom, odnosno volframovom, niti zadržale su se do danas u našim domovima i manjim okruženjima u kojima boravimo. Zadnjih se godina postupno stavlja naglasak na LED rasvjetu. Ponajviše je to zbog raznih proširenih mogućnosti implementacije u odnosu na konvencionalnu rasvjetu i osvjetljenje. Navedenim tempom i razvojem koji se temelji na uštedi i brizi za okoliš, sve se više susrećemo s LED žaruljama i rasvjetom u svakodnevnom životu. Od lampi oblikom prilagođenih da zamjene staru E14 ili E27 kućnu žarulju, LED traka koje koristimo za dekorativno ili glavno svjetlo te sve do zamjene industrijske i ulične rasvjete novom, ekološki prihvatljivom i isplativijom rasvjetom.

## 2. POVIJEST I RAZVOJ LED RASVJETE

Dioda koja emitira svjetlost (LED dioda) trenutno je energetska najučinkovitija tehnologija osvjetljenja koja je dostupna u poslovne i komercijalne svrhe. Sasvim je prirodno da je to ujedno i jedna od tehnologija koja se najbrže razvija. LED je vrsta diode u kojem poluvodič pretvara električnu energiju u svjetlost (bez stvaranja topline) i to na području reda veličine 1 kvadratni milimetar ili manje. Sama po sebi, LED svjetiljka je sačinjena od više dioda koje emitiraju svjetlost. Stvoreno svjetlo projicira se u jednom smjeru pa nema potrebe za uporabu difuzora, reflektora i sl.

Koncept elektroluminiscencije leži u srži razvoja LED tehnologije. Henry Joseph Round primijetio je ovaj fenomen u silicijevom karbidu. Tada otkriveno žuto svjetlo bilo je preslabo da bi koristilo u stvarnim potrebama. Daljnja istraživanja stala su do 1920. god kada su Bernhard Gudden i Robert Wichard Pohl odlučili replicirati fenomen sa cinkovim sulfidom i bakrom. Nažalost, ni tada količina emitirane svjetlosti nije bila dovoljno značajna za daljnji razvoj. Prvi značajniji korak učinjen je 1927. god kada je ruski fizičar Oleg Lossev počeo opisivati fenomen „okruglog efekta“ emisije svjetlosti, a 1936. god, u njegovu čast George Destriau otkriće emisije svjetlosti u cinkovom sulfidu naziva „Lossevov svjetlošću“. Destriau se smatra izumiteljem elektroluminiscencije. Nešto kasnije, 1961. god, Gary Pittman i Robert Biard izumili su infracrvenu LED diodu dok su radili za Texas Instruments. Pritom treba imati na umu kako ovo svjetlo nije imalo nikakve praktične koristi za ljude jer je bilo nevidljivo. Izum je bio slučajan jer je dvojac zapravo radio na laserskoj diodi.

Kasniji eksperimenti s upotrebom poluvodiča od galijevog arsenida doveli su do razvoja prve LED diode s praktičnom primjenom, odnosno onakvom kakvu ju danas vidimo i koristimo. Nick Holonyak Jr. je 1962. god. izumio prvu LED diodu koja je proizvodila vidljivo crveno svjetlo, a bila je izumljena za potrebe General Electrica. Za svoj izum, Holonyak je stekao titulu „oca svjetleće diode“.

Eksperimentiranje s vrstom poluvodiča koji bi mogao proizvesti učinkovitije LED diode nastavljeno je tijekom 1960-ih. U ranim godinama ovog desetljeća izrađivale su se LED diode pomoću folije od galijevog arsenida na podlozi od istog. Korištenje galijevog fosfida kao podloge povećalo je učinkovitost svjetla i pojavile su se svjetlije crvene LED diode. Ubrzo nakon toga počele su se proizvoditi narančaste LED diode.

1972. M. George Craford iz tvrtke Monsanto upotrijebio je dva čipa od galijevog fosfida - jedan crveni i zeleni za izradu LED-a koji su emitirali blijedo žutu svjetlost. Monsanto

Company prva je tvrtka koja je počela proizvoditi LED svjetla velikih razmjera i za masovnu potrošnju. Craford je također izumio LED koji emitira desetak puta jaču svjetlost od Holonyakove verzije.

Sredinom 1970-ih znanstvenici su počeli koristiti samo galijev fosfid za izradu LED-a koji emitiraju blijedo zeleno svjetlo. Ti su eksperimenti rezultirali poboljšanim verzijama LED-a do kraja desetljeća. Te bi LED mogle proizvesti čisto zeleno svjetlo. Korištenje LED svjetala postalo je popularno tijekom ovog desetljeća kada je Fairchild Optoelectronics počeo proizvoditi jeftine uređaje.

Kontinuirani i intenzivni istraživački rad na LED tehnologiji doveo je do razvoja prve generacije super svijetlih crvenih, žutih i zelenih LED dioda u ranim godinama 1980-ih. Početkom 1990-ih znanstvenici su eksperimentirali s aluminijevim fosfidom indij-galijem kao poluvodičkim materijalom kako bi proizveli izuzetno svijetle narančasto-crvene, narančaste, zelene i žute LED diode.

1994. godine Shuji Nakamura izumio je intenzivno svjetlo plave LED diode koristeći galijev nitrid. Neposredno nakon toga razvijene su plave i zelene LED-e visokog intenziteta pomoću indium-galijum-nitrida. Ove izuzetno svijetle plave LED diode dovele su do temelja za razvoj isplativih i nadasve funkcionalnih bijelih LED svjetala koja se danas uobičajeno ugrađuju u komercijalne i proizvodne prostore. Znanstvenici su otkrili da bi se presvlačenjem plavog čipa koji emitira svjetlost fluorescentnim fosforima dioda mogla stvoriti da emitira jarko bijelo svjetlo.

Rezultati bijelih LED dioda bili su impresivni. Američko Ministarstvo energetike potaknulo je razvoj bijele LED tehnologije imajući na umu potrebe vlasnika tvrtki da osvijetle svoje poslovne prostore troškovno učinkovitim rješenjima. Rezultat je da su današnja LED svjetla šest do sedam puta učinkovitija od tradicionalnih žarulja sa žarnom niti. LED svjetla troše impresivnih 80 posto manje energije i traju 25 puta dulje od konvencionalnih žarulja. Također su isplativi za veliku ugradnju u velike proizvodne pogone, industrijsku namjenu i javnu rasvjetu. U međuvremenu, nastavlja se istraživanje LED tehnologije. Trenutno postoje LED diode koje emitiraju čisto ljubičastu, pa čak i ultraljubičastu "crnu" svjetlost. Povećana energetska učinkovitost LED svjetala potaknula je vlasnike tvrtki da ih široko koriste u svojim uredima, industrijskim pogonima i komercijalnom razvoju kako bi postigli veću uštedu.

### 3. POJMOVI KOJI MOGU OBILJEŽITI LED RASVJETU I POTREBAN PRIBOR

U nastavku su prikazani pojmovi s kojima se susrećemo prilikom odabira LED žarulja ili traka te je za svaki od njih dano kratko objašnjenje.

**Akcentna rasvjeta** – osvjetljenje koje je direktno upereno u određeni objekt ili zonu u prostoru te se tako svjetlosnim otokom velike jakosti ističe određeni prostor. Pritom su najpogodniji reflektori koje je moguće montirati na zid.

**Bliještanje** – trajno ili trenutačno smanjenje viđenja zbog prevelikog kontrasta u vidnom polju promatrača prouzročeno umjetnim svjetlom, pri kojem snom svjetla ulazi izravno u oko.

**Efikasnost** – predstavlja učinak izvora svjetlosti u odnosu na izvor el. energije, a izražava se u lumenima po jedinici ulazne snage u vatima. Bitna je zbog maksimalnog iskorištenja prilikom projektiranja rasvjete u različitim uvjetima i prostorima primjene.

**Hladna bijela boja** – temperatura hladne boje je iznad 5300K te ne najbliža prirodnom svjetlu. Potiče ugodnu radnu okolinu i koncentraciju. Pogodna je za urede, knjižnice, škole, izloge i sl.

**Illuminacija** – predstavlja sjajnost rasvijetljene ili svijetleće površine koje ljudsko oko vidi. Jedina fotometrijska veličina koju ljudsko oko može vidjeti. Jedinica je  $\text{cd/m}^2$

**IP zaštita** – govori nam o tome koliko je neki električni uređaj otporan na vanjske utjecaje obzirom na prodor krutih tijela i prašine te tekućine. Sastoji se od dvije znamenke. Prva pokazuje otpornost na prodor krutih tijela i prašine (0-6), a druga znamenka prikazuje otpornost na tekućine (0-8).

**Kandela** – mjerna jedinica za jakost svjetlosti u Međunarodnom sustavu mj. jedinica, označava intenzitet svjetlosti koju izvor emitira u određenom pravcu. Predstavlja broj lumena u određenom kutu emitirane svjetlosti.

**Kut zrake** – kut između dva pravca emitirane svjetlosti mjeren u odnosu na centralnu os s tim da tako emitirana svjetlost u smislu intenziteta predstavlja 50% intenziteta, mjenog u kandelama u odnosu na 100% intenziteta na centralnu os.

**Lumen** – količina svjetlosne energije koje ljudsko oko registrira u jedinici vremena

**Neutralna bijela boja** – temperatura neutralne bijele boje je otprilike između 3300K i 5300K. Potiče veselo, ugodno i razigrano raspoloženje. Pogodno je za bolnice, urede, restorane i sl.

**Podna rasvjeta** – usmjerava svjetlosne zrake prema gore, a na tržištu ju je moguće pronaći sa simetričnom, asimetričnom, širokozračecom ili uskozračecom raspodjelom svjetlosti.

**Prigušenje svjetla** – tehnologija koja omogućava željenu razinu intenziteta svjetlosti. Postiže se smanjivanjem ili pojačavanjem napona na izvoru svjetlosti. Bitno je napomenuti kako navedena mogućnost smanjuje vijek trajanja.

**Prosječni životni vijek** – vremenski period unutar kojeg LED dioda svijetli intenzitetom do 50% početnog u propisanim uvjetima danim od strane proizvođača

**Rasvjetljenost** – mjera za količinu svjetlosnog toka koji pada na određenu površinu. Jedinica je 1 lux (lx).

**Svjetlosni tok** – ukupna energija koja emitira izvor svjetlosti, mjerna jedinica lumen

**Svjetlosno onečišćenje** – svaki oblik rasvjetljavanja umjetnim svjetlom koji dopire izvan radnog područja osvjetljenja, a posebice onog koji se rasprostire iznad horizontalne ravnine.

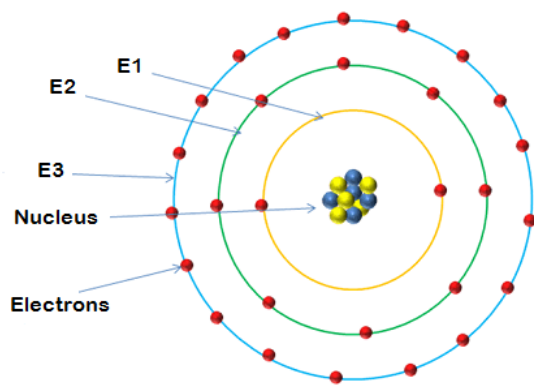
**Temperatura boje** – predstavlja boju svjetlosti koju rasvjetno tijelo emitira. Mjerni se u Kelvinima (K). Temperaturu boje se definira na način da se apsolutno crno tijelo zagrije i tako zagrijano tijelo na određenim temperaturama poprima drukčije određene boje. Pri niskim temperaturama ono je tamno crveno, a povećanjem temperature ima tendenciju blijeđenja te tako poprima sve više plavih elemenata u spektru.

**Toplo bijelo svjetlo** – temperatura boje toplog svjetla je ispod razine od 3300 K te je slična boji klasične konvencionalne žarulje. Sadrži više elementa crvenog spektra te utječe na ugodno i pozitivno raspoloženje. Pogodna je za kućanstva, hotele, wellnesse i sl.

## 4. PRINCIP RADA LED DIODE

U diodama koje emitiraju svjetlost, električna energija koja prolazi kroz diodu izravno se pretvara u svjetlost. Time se razlikuje od konvencionalne žarulje u kojoj se električna energija pretvara u toplinsku, a potom u svjetlosnu.

Svjetlost je vrsta energije koju atom može osloboditi. Ona se sastoji od puno malih čestica koje se zovu fotoni. Fotoni imaju zamah i energiju, ali nemaju masu. Atomi su osnovni gradivni materijali materije. Svi objekti u svemiru se sastoje od atoma, a oni se sastoje od elementarnih čestica koje se nazivaju elektroni, protoni i neutroni. Elektroni su negativno nabijeni, protoni su pozitivno nabijeni, a neutroni su neutralnog naboja. Prema navedenom, ukupni naboj jezgre



Slika 1: Prikaz orbitala kojima elektroni kruže oko jezgre. Preuzeto sa: <http://www.physics-and-radio-electronics.com/electronic-devices-and-circuits/semiconductor-diodes/images/differentenergylevelsofatom.png> (12.09.2020.)

je pozitivan. Negativno nabijeni elektroni uvijek se okreću oko pozitivno nabijene jezgre zbog elektrostatičke sile privlačenja između njih. Elektroni se kreću oko jezgre u različitim orbitalama. Svaka orbitala ima različitu razinu energije.

Elektronima na nižoj razini energije potrebna je dodatna energija da prijeđu na višu razinu energije. Ovu dodatnu energiju može isporučiti vanjski izvor. Kad elektroni koji kuže oko jezgre prime energiju iz vanjskog izvora, oni mogu prijeći na višu orbitalu i time na višu razinu energije. Elektroni na višoj razini energije neće ostati dugo, odnosno nakon kratkog razdoblja vratiti će se na nižu razinu

energije. Elektroni koji prijeđu s više razine energije na nižu razinu, oslobađaju energiju u obliku fotona ili svjetlosti. U nekim materijalima taj skok se uglavnom oslobađa u obliku topline, a elektron koji gubi veću energiju oslobađa veći energetska foton.

Diode koje emitiraju svjetlost najčešće su korištene poluvodičke diode među svim različitim vrstama poluvodičkih elemenata. LED diode su optički poluvodički uređaji/elementi koji emitiraju svjetlost kada se na njih dovede napon. Drugim riječima, one su poluvodiči koji električnu energiju pretvaraju u svjetlosnu. Kada se spoje na napon, slobodni elektroni u vodljivom pojasu rekombiniraju se s rupama u valentnom pojasu i oslobađaju energiju u obliku

svijetla. Proces emitiranja svjetlosti kao odgovor na jako električno polje naziva se elektroluminiscencija.

#### **4.1. KONSTRUKCIJA LED DIODE**

LED dioda se sastoji od tri sloja: poluvodiča tipa P, poluvodiča tipa N i osiromašenog sloja. Poluvodiči tipa N i P odvojeni su područjem iscrpljivanja, odnosno slojem osiromašenja. Poluvodič tipa P nastaje kad se unutarnjem ili čistom poluvodiču dodaju trovalentne nečistoće. U poluvodiču tipa P rupe su većinski nosači naboja, a slobodni elektroni manjinski nosači naboja što dovodi do zaključka kako rupe nose veći dio električne struje u navedenom poluvodiču. Poluvodič tipa N nastaje kada se peterovalentne nečistoće dodaju vlastitom poluvodiču. U njemu su slobodni elektroni većinski nositelji naboja, a rupe su manjinski nosači naboja. Dakle, slobodni elektroni nose veći dio električne struje u poluvodiču N tipa. Područje iscrpljivanja je područje prisutno između poluvodiča P tipa i N tipa, gdje nisu prisutni nosači naboja. Navedeno područje djeluje kao prepreka električnoj struji. Ono se suprotstavlja protoku elektrona iz poluvodiča tipa N i protoku rupa iz poluvodiča tipa P. Da bi se prevladala barijera osiromašenja, mora se primijeniti napon koji je veći od potencijala barijere sloja osiromašenja. Ako je primijenjeni napon veći od barijernog potencijala sloja osiromašenja, električna struja počinje teći i stvarati efekt elektroluminiscencije.

Normalna dioda PN spoja dopušta električnu struju samo u jednom smjeru te omogućuje protok električne struje samo kada je nabijena u smjeru za naprijed, a kad se spaja obrnuto ne dozvoljava navedeno. Prema tome, normalna dioda PN spoja djeluje samo u stanju prednapona i samo tada je sposobna proizvesti svjetlost.

Da bi se stvorila LED dioda, materijal tipa P treba povezati s pozitivnim priključkom izvorom napona, a materijal tipa N treba povezati na negativan priključak izvora napona. Drukčije rečeno, materijal tipa P treba biti pozitivno nabijen, a materijal tipa N negativno nabijen. Konstrukcija LED diode slična je uobičajenoj diodi s PN spojem s time što se za izradu umjesto silicija ili germanija koriste materijali od galija, fosfora i arsena. U normalnim diodama sa PN spojem se najviše koristi silicij jer je manje osjetljiv na temperaturu. Također, učinkovito omogućuje protok električne struje bez ikakvih oštećenja. U nekim slučajevima se koristi i germanij za izradu dioda, no silicijske i germanijske diode nisu sposobne emitirati energiju u obliku svjetlosti već u obliku topline, što je za LED diodu neupotrebljivo i neprihvatljivo.



## **4.2. VIDLJIVOST LED DIODA**

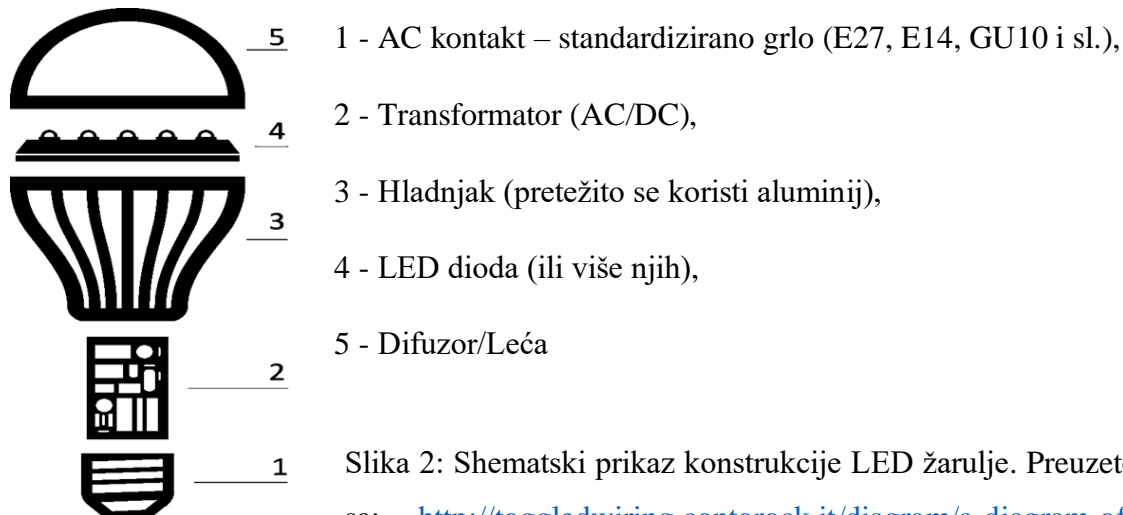
Prvenstveno se LED diode mogu podijeliti na dvije vrste: vidljive i nevidljive. Vidljiva LED dioda je vrsta diode koja emitira vidljivu svjetlost. One se koriste za prikaz ili osvjetljenje gdje su pojedinačne i bez foto senzora. Nevidljive LED diode spadaju u vrstu onih koje se ne vide kao prikaz svjetla, ali zato služe kao infracrveno svjetlo. Koriste se s foto sensorima u obliku foto dioda.

## **4.3. ODREĐIVANJE BOJE LED DIODA**

Materijali koji se koriste za izradu LED dioda određuju njezinu boju. Drugim riječima, valna duljina ili boja emitirane svjetlosti zavisi o energetsom rasponu materijala. Prema navedenom, različiti materijali emitiraju različite boje svjetlosti. Crvenu svjetlost emitiraju galijev arsenid i galijev fosfid, infracrvenu svjetlost također može emitirati galijev arsenid, intenzivno plavu svjetlost emitira galijev nitrid, a bijelu svjetlost emitira itrijev aluminijski granat. Zatim, žutu svjetlost emitira galijev fosfid, isto kao i zelenu svjetlost. Međutim, zelenu svjetlost može emitirati i aluminijev galijev fosfid. Naposljetku, ultraljubičastu svjetlost emitira aluminijev galijev nitrid.

## 5. LED ŽARULJE

LED žarulja spada u tzv. „čvrsto“ stanje rasvjetnog tijela (eng. Secure Sockets Layer – SSL) zato jer se uklapa u standardne priključke (grla), ali umjesto standardne žarne niti, koristi LED diodu/e za proizvodnju i emitiranje svjetla. Uz svjetleću diodu nalazi se još nekoliko elemenata koji su nužni za pravilan rad žarulje. To su redom (od dolje prema gore):



Slika 2: Shematski prikaz konstrukcije LED žarulje. Preuzeto sa: <http://toggledwiring.contorock.it/diagram/a-diagram-of-35-led-light-a> (15.09.2020.)

LED žarulje su ekološki prihvatljiva alternativa žaruljama sa žarnom niti. One koriste poluvodičke elemente koji emitiraju vidljivu svjetlost kada kroz njega prolazi električna struja. Ta osobina je poznata kao elektroluminiscencija. Za razliku od njih, fluorescentne žarulje koje su do nedavno bile alternativni izbor za zamjenu klasičnih žarulja sa žarnom niti, koriste električnu struju da pobude živin plin kako bi emitirao ultraljubičasto (eng. Ultra Violet – UV) svjetlo. Ta svjetlost prolazi kroz fosfor koji pojačava efekt osvjetljenja zbog čega je nekad potrebno neko određeno vrijeme da žarulja postigne puni potencijal. Ta situacija se kod LED žarulja ne događa, nego one svijetle od samog paljenja punim intenzitetom. Također, LED žarulja u sebi ne sadrži nikakve opasne i štetne plinove pa su i samim time ekološki prihvatljivije od fluorescentnih žarulja.

Same LED diode postoje već neko vrijeme, ali tek zadnjih nekoliko godina se povećala učinkovitost. Povećanjem učinkovitosti su smanjeni troškovi proizvodnje te su time postale pristupačnije i relativno jeftine.

Žarulje mogu raditi 50 000 sati ukoliko ne rade izvan preporučenog temperaturnog raspona. Većinom se koriste žarulje u rasponu 8 do 11 vati kako bi bile ekvivalentne žarulji sa

žarnom niti od 60 vati. Prema navedenom, dolazi do povećanja učinkovitosti do čak 80% u odnosu na konvencionalne žarulje.



Slika 3: Najčešći tipovi grla za ugradnju i nadomjestak konvencionalnih rasvjetnih tijela. Preuzeto sa:

<https://www.svijet-svjetiljki.hr/clanci/koje-su-grla-izvora-svjetlosti/>

(15.09.2020.)

## 5.1. PREDNOSTI LED ŽARULJA

LED žarulje imaju manju temperaturu rada u odnosu na žarulju sa žarnom niti, one su maksimalno iskoristive od samog paljenja, za razliku od konvencionalnih fluorescentnih žarulja kojima treba vremena da postignu puni potencijal, imaju široki raspon odabira boja (RGB – 15 milijuna boja i nijansi) kao i široki raspon odabira temperature bijele boje (2.700 – 6.500 Kelvina). Također, njima se može upravljati putem Bluetooth i WiFi veza te imaju mogućnost bežičnog optičkog umrežavanja za prijenos podataka (LiFi). LED žarulje imaju najniži trošak održavanja od svih rasvjetnih tijela, ne koriste živu i toksične materijale i imaju smanjenu emisiju CO<sub>2</sub> u odnosu na konvencionalne žarulje.

## 5.2. NEDOSTACI LED ŽARULJA

LED žarulje imaju višu nabavnu cijenu u odnosu na konvencionalne žarulje. Eventualno mogu biti štetne za oči ukoliko se koriste visoke temperature svjetla (preko 6.500 Kelvina) gdje dolazi do pojave kristalno plavog emitiranja svjetlosti. Također, mogu biti izuzetno štetne za oči ukoliko se dogodi pojava treperenja svjetla. Ta pojava se događa kad proizvođači koriste jeftine komponente u ugrađenim transformatorima kako bi žarulja bila što jeftinija.

## 6. LED TRAKE

LED traka je fleksibilna vrpca popunjena površinski montiranim svjetlosnim diodama (eng. Surface Mount Device – SMD) (LED SMD) i drugim komponentama koje u većini dolaze sa samoljepljivom podlogom. Već neko vrijeme koriste se za svjetlosno naglašavanje raznih oblika, pozadinsko osvjetljenje i dekorativnu rasvjetu. Povećanjem učinkovitosti i snage omogućeno je da se LED trake počnu primjenjivati u prostorima kao glavno rasvjetno tijelo. Također, počele su biti i zamjena za fluorescentne i halogene svjetiljke i rasvjetna tijela tog tipa. Koriste se i za ultraljubičaste kontrole proizvodnih procesa, za izradu scenografije i kostimografije pa čak i za ekološki uzgoj biljaka i raslinja u plastenicima i laboratorijima.

### 6.1. DIZAJN LED TRAKE

LED trake se mogu razlikovati po vodootpornosti, boji, vrsti ljepila na pozadini, izbora SMD-a, pogonskog napona, vrstama upravljanja i konstantnosti struje ili rasporedu konstantnog napajanja. LED trake koje nisu pokrivena ili zaštićena silikonskom ovojnicom ne smatraju se vodootpornima, ali su većinom ocjenjene sa IP20 stupnjem zaštite zbog fizičke otpornosti na prodor vode. Pritom su zbog malih ulaznih napona sigurne za dodir ljudskom kožom, ali se kratki spoj lako može dogoditi ukoliko se spojevi dodirnu metalom. LED trake koje su vodootporne prekrivene su silikonom ili epoksi smolama. Time se uz vodootpornost postiže i pravilno oslobađanje temperature prilikom zagrijavanja u radu. Ocjena takve trake može biti IP65 i IP67, a uz odgovarajuće brtvljene priključke IP68.

<b>IP20</b>	Zaštita do direktnog dodira, zaštita od prašine
<b>IP65</b>	Zaštita od prašine i dodira, zaštita od prodora vode pod bilo kojim kutom
<b>IP67</b>	Zaštita od prašine i dodira, zaštita od prodora mlaza vode
<b>IP68</b>	Zaštita kao i u IP67 uz mogućnost stalnog boravka u vodi do 1m dubine

Tablica 1: vrste IP zaštite za LED traku

## **6.2. RAZLIČITOST LED TRAKA PO BOJI I ADRESIBILNOSTI**

U nastavku su prikazane specifičnosti LED trake koje se odnose na boju i mogućnosti adresiranja te se one uzimaju kao najčešće razlike prilikom odabira LED trake za ugradnju.

### **6.2.1. Jednobojna neadresibilna**

Kod jednobojne neadresibilne LED trake, svaka LED dioda na liniji je jedne bijele boje, najčešće u rasponu od 2200K do 6500K temperature boje. Umjesto bijele boje može se naći bilo koja druga boja s naglaskom na jednobožnost cijele trake koje pokrivaju cijeli raspon vidljivog spektra (pretežito 350 do 650 nanometara u valnoj duljini).

### **6.2.2. Dinamička prilagodljiva bijela**

Dinamička prilagodljiva bijela LED traka je neadresibilna traka koja omogućava kontroliranje izlazne temperature boje između početka i kraja jedne LED trake. Sastavljena je od naizmjeničnih LED dioda različite temperature boje pa je tako polovica trake niže temperature, a druga polovica više temperature. To omogućava traci da proizvede bilo koju specifičnu temperaturu bijelog svjetla.

### **6.2.3. RGB neadresibilna**

RGB neadresibilna LED traka je traka koja omogućuje više boja. Svaka LED dioda može prikazati crvenu, zelenu ili plavu boju i bijelu boju. Također, primjenom različitog napona i kombiniranjem paljenja linije ulaza može se postići više nijansi između tih boja.

### **6.2.4. RGB adresibilna**

RGB adresibilna LED traka nudi više boja na cijeloj dužini trake i više adresa LED dioda. Svaka LED dioda ima svoj čip što znači da se mogu pojedinačno pokrenuti za boju, stil paljenja i intenzitet izlaznog svjetla.

### **6.2.5. RGBW neadresibilna**

RGBW neadresibilna LED traka predstavlja kombinaciju jednobožnih i višebožnih LED čipova (ukupno 4) u jednom modulu koji predstavljaju crvenu, zelenu, plavu i bijelu boju.

### **6.2.6. RGBWW ili RGBCCT**

RGBWW ili RGBCCT LED traka je kombinacija dinamičke prilagodljive bijele trake i višebožne trake. Ima ukupno 5 LED čipova u jednom modulu.

## **6.3. RAZLIČITE OZNAKE LED ČIPOVA**

LED čipovi (površinski montirane diode ili SMD) identificirani su četveroznamenkastim brojem koji predstavlja njegovu veličinu. Primjerice, SMD 5050 označava da je taj čip na LED

traci veličine 5,0 mm x 5,0 mm. Pritom oni nisu nužno različiti po konstrukciji, već na njih treba pripaziti zbog specifikacija poput snage i izlazne svjetline. Najbolji izbor se odnosi na to što je ispravno za projekt u kojem su potrebni.

U sljedećem dijelu su navedene samo neke od najčešćih SMD LED dioda. Valja uzeti u obzir kako ih ima puno više, ali zbog sve slabije zastupljenosti ovdje nisu navedene. Kada se kupuje LED traka, treba si postaviti sljedeća pitanja koja će za odgovor dati koji je potreban čip za ugradnju: je li potrebno jako isijavanje svjetlosti, je li potrebno zatamnjenje, koja boja je potrebna i kolika količina lumena je potrebna za prostor osvjjetljenja.

#### **6.3.1. 3528 SMD**

SMD 3528 označava da je taj čip na LED traci veličine 3,5 mm x 2,8 mm. Pretežito radi na naponu od 12V. Snaga od 4,8 W po metru se odlikuje s 60 SMD dioda po metru te one mogu isijavati svjetlosnom energijom od 330/360 lumena po metru postavljene trake, dok snagom od 9,6 W po metru s 120 SMD dioda po metru može isijavati svjetlosnu energiju od 660/720 lumena po metru trake.

#### **6.3.2. 5050 SMD**

SMD 5050 označava da je taj čip na LED traci veličine 5,0 mm x 5,0 mm. Taj čip je dovoljno velik da može smjestiti 4 odvojena čipa u jednom. Može raditi na naponu od 12 i 24V. Snagom od 14,4 W po metru, 60 SMD dioda može isijavati svjetlosnu energiju od 990/1080 lumena po metru trake. Podržava sve moguće boje.

#### **6.3.3. 3014 SMD**

SMD 3014 označava da je taj čip na LED traci veličine 3,0 mm x 1,4 mm. Ovakva dioda je relativno nova na tržištu. Ima moć povećane svjetline bez potrebe za većom snagom i može emitirati bijelo svjetlo uz široki spektar odabira temperature isijavanja. Zbog malih dimenzija moguće je smjestiti više dioda bliže jedna drugoj. Snagom od 9,6 W po metru, 300 SMD dioda može isijavati svjetlosnu energiju od 1080 lumena po metru trake.

#### **6.3.4. 2835 SMD**

SMD 2835 označava da je taj čip na LED traci veličine 2,8 mm x 3,5 mm. On emitira samo bijelo svjetlo te je time učinkovita zamjena za 5050 SMD. Snagom od 24 W po metru, 120 SMD dioda može isijavati svjetlosnu energiju do 2600 lumena po metru trake.

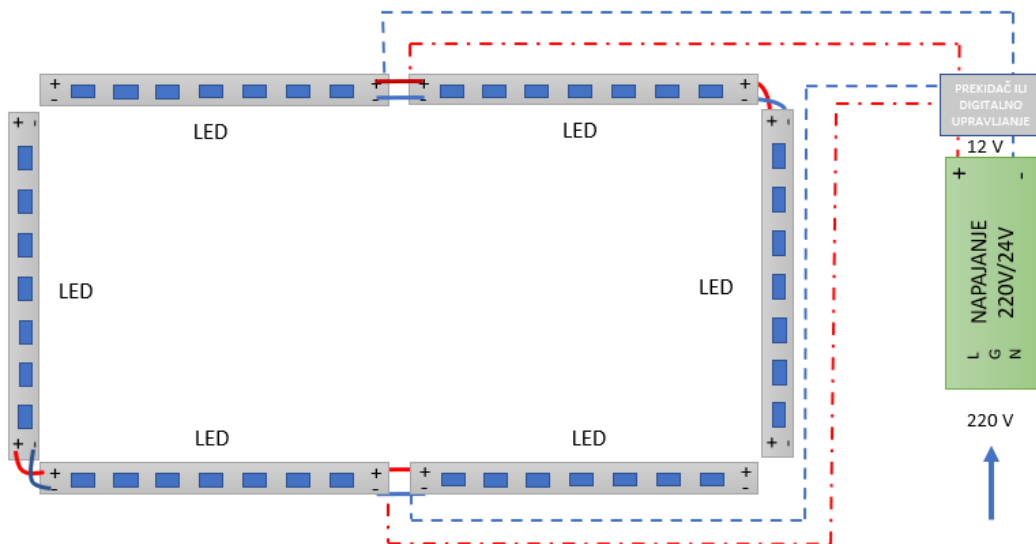
## 7. PRAKTIČNI PRIMJERI IMPLEMENTACIJE LED RASVJETE

U nastavku su prikazani primjeri ugradnje LED rasvjete s različitom namjenom osvjetljenja. Sljedeći primjeri su rad studenta koji je ujedno i autor ovog rada. U svim radovima je kao rasvjetno tijelo korištena LED traka, koja je zbog svojih već ranije spomenutih prednosti izuzetno pogodna za korištenje u dekorativnim osvjetljenjima, ali i kao glavno rasvjetno tijelo nekog prostora. Uz malo truda i mašte, granice u radu sa LED trakom praktički ne postoje. Poštujući pritom pravila polaganja električnih instalacija, uzete su u obzir mogućnosti koje LED rasvjeta može pružiti kao i estetika koje one u svojem punom izdanju mogu dati.

### 7.1. OSVJETLJENJE BAZENA

Cilj ovakvog projekta jest osvijetliti unutrašnji prostor bazena. Uz korištenje LED traka postignuta je neprekidna linija osvjetljenja uz rub bazena. Pritom se sam izvor svjetlosti ne vidi, a visoka IP68 zaštita investitoru pruža sigurnost od direktnog strujnog izvora kupaćima.

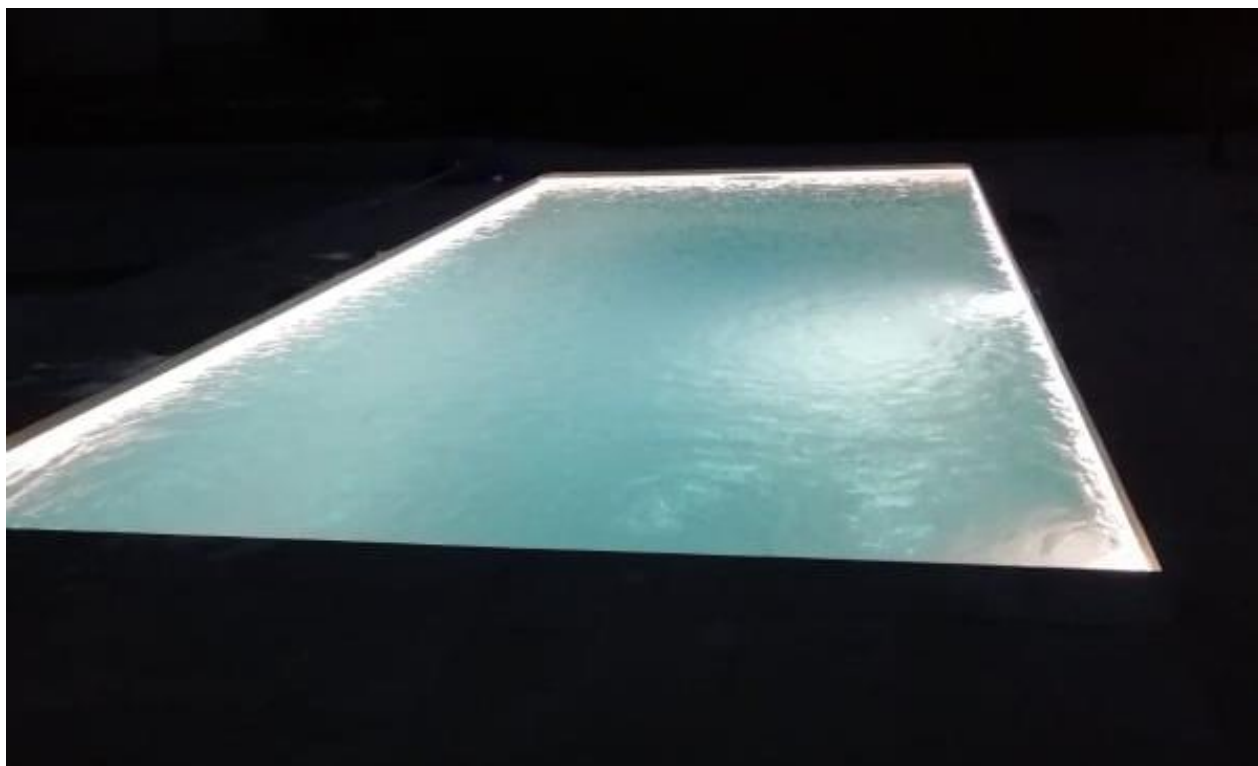
Materijali i komponente koji su korišteni u ovom projektu su: 6 namotaja LED trake (1 namotaj =5m) – 3528 SMD – 4,8W/m – 330lm, 12 komada ALU profila (1 kom=2m), 12 komada plastičnog pokrova ALU profila (1 kom=2m), 1 komad prekidačkog sklopa/foto senzora, jedno napajanje-transformator 220/12V, 20 m dvožilnog kabela i jedno silikonsko ljepilo.



Slika 4: Shema spajanja projekta osvjetljenja bazena. Izvor: Autor

Cilj ovog rada bio je osvijetliti bazen korištenjem LED traka. Budući da je riječ o bliskom i čestom kontaktu trake pod naponom i vode, posebnu pozornost trebalo je obratiti na visoku IP zaštitu. Upravo zbog toga korišteni su posebni aluminijski profili. Oni su postavljeni na unutarnji rub bazena, izrezani na mjeru i zalijepljeni silikonskim ljepilom. Potom su u aluminijske profile postavljene vodootporne LED trake (IP65), koje su na svakom spoju zalemljene i omotane termo bužinom. Svaki spoj je rađen isključivo unutar aluminijskog profila kako bi se smanjila mogućnost prodora vode te je time, silikonom i pokrovom profila postignuta zaštita IP68 razine. Tako su izvedena dva spoja serijski spojene 3 LED trake. Time se smanjuje mogućnost pada napona i nerazmjernosti u isijavanju svijetla.

Bitno je napomenuti kako se priključak na upravljanje i transformator nalazi u kotlovnici bazenskog sustava, do kuda se proteže kabel spojeva trake na bazenu. Upravljanje se vrši prekidačem kojim upravlja foto senzor smješten u vrtu oko bazena.



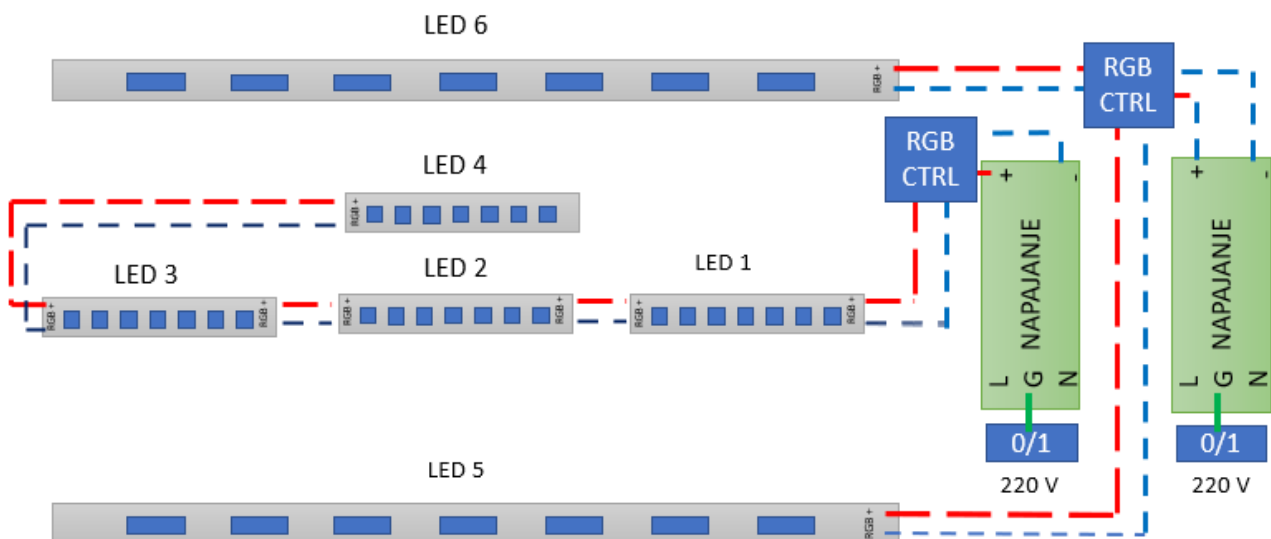
Slika 5: Rezultat projekta – osvijetljeni bazen. Izvor: Autor



## 7.2. OSVJETLJENJE KAMENOG ZIDA

Cilj rada je bio osvijetliti kameni zid u novootvorenom glazbenom studiju. Budući da u zidu postoje rupe, prijedlog je bio da se i one osvijetle i to višebojnom trakom radi postizanja boljeg efekta prostora što je kasnije i postignuto.

Materijali i komponente koji su korišteni u ovom projektu su: 2 namotaja RGB+CW LED trake (1 namotaj =5m) – 3528 SMD – 9,6W/m – 720lm/m, 7m ALU profila s mliječnim pokrovom, 2 napajanja/transformatora 220/24 V/60W, 2 zidna prekidača 0/1, 2 RGBCW kontrolera s daljinskim upravljačem i 10m četverožilnog kabela.



Slika 6: Shema spajanja projekta osvjetljenja kamenog zida. Izvor: Autor

Prilikom ugradnje elemenata LED dekorativne rasvjete, bitno je dobro odraditi pripremne radove. Treba osmisliti položaje za profile, pozicionirati kablove u kamen, fugirati preko prethodnog, te izbušiti rupe za pričvršćivanje ALU profila. Potom se pristupa rezanju profila na mjeru za postavljanje te njihovoj ugradnji. Za razliku od prethodnog primjera, ovdje su oni potrebni za estetsko usklađenje rasvjete kao i za odvodnju minimalne topline LED trake.

Nakon postavljanja profila, ugrađuje se LED traka. Kako je uz estetiku bitna i funkcionalnost, s vanjske strane postavljene su trake (LED 4 i LED5) koje su u pojedinačnoj dužini od 3m paralelno spojene sa izvorom napajanja. Njihov izvor napajanja je sa strane dovoda električne struje prekinut modularnim prekidačem. Kada je upaljeno postoji mogućnost kontroliranja intenziteta i boje preko RGBCW kontrolera spojenim između izvora napajanja i LED traka.

Potom se prelazi na instalaciju unutarnjih LED traka (LED1, LED2, LED3 i LED4). Međusobno se spajaju serijski, četverožilnim kabelom protegnutim kroz zid. Na napajanje su spojene preko RGBCW kontrolera i prekidačke sklopke kao i vanjske LED5 i LED6 trake.



Slike 7, 8 i 9: Rezultat projekta – osvijetljeni kameni zid u glazbenom studiju.

Izvor: Autor

## 8. ZAKLJUČAK

Na početku ovog rada opisani su povijest i razvoj LED rasvjete. Od obične signalne lampice, LED diode razvile su se u našu svakodnevnost. Primjena je vrlo raširena i obuhvaća potrebe društva i pojedinaca. Posebno je stekla popularnost zbog gotovo nepostojećeg ekološkog onečišćenja, a čemu se zapravo sve više posvećuje pozornost. Uz navedeno, dobrim promišljanjem i projektiranjem te konstantnim usavršavanjem LED žarulje postale su elektronički uređaji koji uz malu potrošnju daju visoki stupanj svjetlosti, odnosno isijavanja energije u obliku svjetla. Ono čemu je posvećena posebna pozornost u radu jesu LED SMD trake. Navedene trake se zbog fleksibilnosti i pravilno odabrane zaštitne parametre mogu koristiti svugdje te ekonomično i dekorativno zamijeniti konvencionalnu rasvjetu.

U ovom radu prikazane su dvije varijante ugradnje LED traka. U prvom primjeru je uz poštivanje svih propisa elektrotehnike i elektronike pridana pažnja ugradnji nisko naponskih elemenata u dodiru sa vodom, prikazana ugradnja LED trake u bazen. Potom, u drugom primjeru je prikazana ugradnja LED rasvjete u kamenom zidu gdje je istovremeno postignuto osvjetljenje cijelog prostora kao i unikatnost zbog kamena obojanog bojama rasvjete.

## 9. LITERATURA

1. Biljanović P., Elektronički sklopovi, Školska knjiga, Zagreb 2001
2. Vladan Papić, Predavanja iz osnova elektronike. Sveučilište u Splitu, 2005
3. Diode symbol, Peter J. Vis. Dostupno na:  
[http://www.petervis.com/electronics/diode\\_symbol/diode\\_symbol.html](http://www.petervis.com/electronics/diode_symbol/diode_symbol.html). Stranici pristupljeno 10.8.2020.
4. Light-emitting diode, Wikipedia. Dostupno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode). Stranici pristupljeno 10.9.2020.
5. LED tape, InStyle LED. Dostupno na: <https://www.instyleled.co.uk/>. Stranici pristupljeno 15.9.2020.
6. Skripte studenta sa predavanja