

# Izvori svjetlosti na električno pražnjenje

---

**Surać, Roberto**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*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:128:757557>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-10-04**



image not found or type unknown

*Repository / Repozitorij:*

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



image not found or type unknown

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**  
**STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**Roberto Surać**

**IZVORI SVJETLOSTI NA ELEKTRIČNO PRAŽNENJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Karlovac, 2015.**

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**  
**STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**Roberto Surać**

**IZVORI SVJETLOSTI NA ELEKTRIČNO PRAŽNENJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:**

**Slaven Lulić, dipl.ing.**

**Karlovac, 2015.**

# VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

## ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

### ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Roberto Surać

Naslov teme: Izvori svjetlosti na električno pražnjenje

Opis zadatka: Završni rad opisuje izvore svjetlosti na električno pražnjenje. U radu se daje osvrt na prednosti i nedostatke spomenutih izvora kao i njihova primjena.

Zadatak zadan:

4/2015

Rok predaje rada:

6/2015

Predviđen datum obrane:

7/2015

Mentor:

Slaven Lulić, dipl. ing.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Ivan Štedul, prof.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. IZVORI SVJETLOSTI.....</b>	<b>2</b>
<b>3. IZVORI SVJETLOSTI NA ELEKTRIČNO PRAŽNENJE .....</b>	<b>5</b>
3.1. Osnovna podjela izvora na električno pražnjenje.....	5
3.2. Pogonske značajke.....	6
<b>4. FLUORESCENTNE CIJEVI .....</b>	<b>8</b>
4.1. Fluorescentne cijevi za paljenje sa starterom .....	9
4.1.1. Standardne fluorescentne cijevi .....	10
4.1.2. Fluorescentne cijevi sa refleksnim slojem .....	11
4.1.3. Fluorescentne cijevi za niske temperature .....	12
4.1.4. Fluorescentne cijevi za visoke temperature .....	12
4.1.5. Fluorescentne cijevi okruglog oblika .....	12
4.1.6. Fluorescentne cijevi u boji .....	14
4.1.7. Fluorescentne cijevi za osvjetljavanje cvijeća i akvarija .....	14
4.1.8. Fluorescentne cijevi za luminiscentne efekte.....	15
4.1.9. Fluorescentne cijevi za kopiranje.....	15
4.1.10. Fluorescentne cijevi za dezinfekciju zraka.....	15
4.2. Fluorescentne cijevi za paljenje bez startera .....	16
4.2.1. Fluorescentne cijevi za brzo paljenje (rapid start) .....	16
4.2.1.1. <i>Rapid cijevi za rezonantan spoj</i> .....	17
4.2.1.2. <i>Rapid cijevi za paralelan spoj</i> .....	18
4.2.2. Sigurnosne fluorescentne cijevi .....	18
<b>5. VISOKOTLAČNE ŽIVINE SIJALICE .....</b>	<b>19</b>
5.1. Visokotlačne živine sijalice .....	19
5.2. Reflektorske visokotlačne živine sijalice .....	20

5.3.	Visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti .....	21
5.4.	Visokotlačne živine sijalice za UV-zračenja .....	22
<b>6.</b>	<b>VISOKOTLAČNE METALHALOGENE SIJALICE.....</b>	<b>23</b>
<b>7.</b>	<b>NATRIJEVE SIJALICE .....</b>	<b>25</b>
7.1.	Niskotlačne natrijeve sijalice .....	25
7.2.	Visokotlačne natrijeve sijalice.....	26
<b>8.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>28</b>
<b>9.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>29</b>

## **POPIS PRILOGA**

### **Popis slika**

Slika 1 Izvori svjetlosti.....	2
Slika 2 Prikaz dijelova fluorescentne cijevi .....	8
Slika 3 Shema fluorescentne cijevi za paljenje sa starterom.....	9
Slika 4 Standardna fluorescentna cijev .....	10
Slika 6 Dijelovi visokotlačne živine sijalice .....	20
Slika 7 Dijelovi visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti.....	21
Slika 8 Visokotlačna metalhalogena sijalica .....	23
Slika 9 Niskotlačna natrijeva sijalica .....	25

### **Popis tablica**

Tablica 1 Podjela umjetnih izvora svjetlosti .....	4
Tablica 2 Pregled standardnih i fluorescentnih cijevi s refleksnim slojem.....	11
Tablica 3 Pregled fluorescentnih cijevi okruglog oblika .....	13
Tablica 4 Pregled fluorescentnih cijevi u boji.....	14
Tablica 5 Pregled fluorescentnih cijevi za brzo paljenje (rapid start).....	17
Tablica 6 Pregled visokotlačnih živinih sijalica.....	22
Tablica 7 Pregled visokotlačnih metalhalogenih sijalica .....	24
Tablica 8 Pregled niskotlačnih natrijevih sijalica .....	26
Tablica 9 Pregled visokotlačnih natrijevih sijalica .....	27

## SAŽETAK

U ovom radu se opisuju izvori svjetlosti na električno pražnjenje. Riječ je o niskotlačnim i visokotlačnim izvorima svjetlosti koji se razlikuju s obzirom na pogonski tlak. Niskotlačni izvori svjetlosti su duguljastih oblika i velikih zapremnina, ali su malih snaga i malog svjetlosnog toka i zato su njihove sjajnosti male. S druge strane visokotlačni izvori svjetlosti su manjih zapremnina i kratki, ali velikih snaga i velikog svjetlosnog toka i zato su njihove sjajnosti vrlo visoke. O podjeli kao i o obilježjima spomenutih izvora svjetlosti na električno pražnjenje bit će više u nastavku rada.

**Ključne riječi:** izvori svjetlosti, niskotlačni izvori, visokotlačni izvori, svjetlosni tok, pogonski napon, svjetlosna iskoristivost

## SUMMARY

This paper describes electric light sources. It is about low-intensity and high-intensity light source. The main difference between it is operating pressure . Low-intensity light sources are more oblong shapes with big storage but with low power and light flow so its brightness is shorter. On the other hand, there are high-intensity light sources which one are shorter and has smaller storage, but with high power and light flow, so its brightness is longer. About light sources division and other characteristics of it there is more in the work paper.

**Keywords:** light sources, low-intensity sources, high-intensity sources, light flow, operating pressure, light efficiency



# 1. UVOD

Tema ovog rada su izvori svjetlosti na električno pražnjenje, te se njime želi prikazati kolika je važnost spomenutih izvora svjetlosti u svakodnevnom osvjetljavanju unutarnjih i vanjskih prostora. Svjetlost je medij koji čovjeku omogućava gledanje, raspoznavanje okoline, osim toga utječe na raspoloženje te ima psihofizički značaj. Izvore svjetlosti možemo podijeliti na prirodne i umjetne. Ovaj rad se temelji na umjetnim izvorima svjetlosti, koje je čovjek zahvaljujući napretku tehnologije i evolucije ideja uspio stvoriti. Čovjek prosječno provede 90% vremena u zatvorenom prostoru, zbog toga je važnost umjetne rasvjete nenadoknadiva te povećava osjećaj sigurnosti.

Ciljevi rada su:

- ukazati na važnost umjetnih izvora svjetlosti
- obraditi i analizirati izvore svjetlosti na električno pražnjenje
- prikazati prednosti i nedostatke izvora svjetlosti na električno pražnjenje

Rad se sastoji od šest dijelova.

U prvom dijelu rada objašnjava se važnost svjetlosti za čovjeka, kako se dijele umjetni izvori svjetlosti te glavne značajke pri odabiru određenog umjetnog izvora svjetlosti. Drugi dio rada definira princip rada izvora svjetlosti na električno pražnjenje te potrebne naprave za efikasno funkcioniranje određenog izvora. U trećem dijelu slijedi opis rada fluorescentne cijevi uz koji su opisane sve vrste fluorescentnih cijevi sa svim prednostima i nedostacima te njihova primjena u određenom prostoru. U četvrtom dijelu rada navedene su vrste visokotlačnih živinih sijalica, njihove značajke kao i primjena. U petom dijelu opisane su visokotlačne metalhalogene sijalice dok je u šestom dijelu riječ o natrijevim sijalicama.


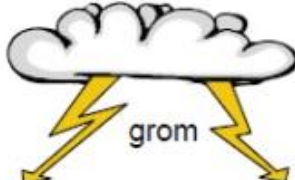





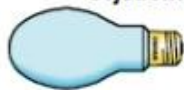

Metode korištene pri izradi ovog rada su metoda deskripcije kojim se opisuju značajke izvora svjetlosti na električno pražnjenje, potom metode analize kojom se analizira svaki izvor posebno te metoda sinteze.

## 2. IZVORI SVJETLOSTI

Cjelokupno čovjekovo zapažanje i registriranje (uočavanje) vanjskog svijeta je u osnovi vizualno. Svjetlost, bilo prirodna ili umjetna, čija je podjela prikazana na slici 1, je onaj medij koji omogućuje ne samo gledanje i raspoznavanje okoline, nego ima također i psihofizički značaj. Ovaj rad se zasniva na opisu umjetnih izvora svjetlosti, preciznije na opisu izvora svjetlosti na električno pražnjenje. U nastavku rada bit će riječi o glavnoj podjeli spomenutog izvora te obilježjima unutar te podjele.

Umjetne izvore svjetlosti prvenstveno dijelimo prema načinu generiranja svjetlosti:

- Principom termičkog zračenja (žarulje sa žarnom niti),
- Principom luminiscencije (žarulje na električno pražnjenje).

	Termičko zračenje	Električno zračenje	Luminiscencija
Prirodni izvori svjetla	<p>sunce</p> 	 <p>grom</p>	<p>krijesnica</p> 
Umjetni izvori svjetla	<p>standardna žarulja</p>  <p>halogena žarulja</p> 	<p>živina žarulja metalhalogena žarulja natrijeva žarulja</p> 	<p>dioda</p> 
	<p>žarulja s mješanim svjetlom</p> 	<p>fluorescentne cijevi</p> 	

Slika 1 Izvori svjetlosti

Za izbor izvora svjetlosti odlučujuće su sljedeće njihove značajke:

- svjetlosni tok (jakost svjetlosti),
- svjetlosna iskoristivost,
- pad svjetlosnog toka tokom životne dobi,
- boja svjetlosti i svojstva u pogledu reprodukcije boja,
- električna snaga,
- vijek trajanja,
- izvedbeni oblik,
- ponašanja u pogonu,
- nabavna cijena i troškovi eksploatacije,
- utjecaj na okoliš.

Između spomenutih značajki jedna od najvažnijih je svjetlosna iskoristivost, iako ona sama nije odlučujuća u pogledu prikladnosti izvora svjetlosti za određeni zadatak osvjetljenja. Veličina svjetlosne iskoristivosti ovisi o tome, koliki je dio privedenog električnog učinka pretvoren u zračenje u vidljivom području spektra i kako je ta energija zračenja raspodijeljena unutar tog područja.

Električni izvori svjetlosti podijeljeni su u dvije osnovne grupe:

- izvori svjetlosti sa žarnim nitima,
- izvori svjetlosti na električno pražnjenje.

U tablici 1 prikazana je podjela izvora svjetlosti kao i njihovo daljnje grananje. Prvi stupac prikazuje izvor zračenja svjetlosti dok je u drugom stupcu naveden sastav punjenja izvora svjetlosti. Između ostalog, treći stupac navodi nazive izvora svjetlosti, a spomenut je i pogonski napon pomoću kojeg određeni izvor svjetla djeluje.

**Tablica 1 Podjela umjetnih izvora svjetlosti**

Izvori zračenja svjetlosti		Punjenje izvora svjetlosti	Naziv izvora svjetlosti	Pogonski napon
Žarno vlakno	Jednostruko spiralni	Vakuum ili razni plinovi i pare	Žarulje	Mrežni napon
	Dvostruko spiralni	Plin za punjenje i halogeni elementi	Halogene žarulje	
Električno pražnjenje	Visokotlačno pražnjenje	Plin za punjenje, osnovni plin i živa	Visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti	Mrežni napon (užarene elektrode)
		Osnovni plin i živa	Visokotlačne živine sijalice	
		Osnovni plin, živa i metal-halogenidi	Visokotlačne metal-halogene sijalice	
		Osnovni plin i natrij	Visokotlačne natrijeve sijalice	
		Ksenon	Visokotlačne ksenonske sijalice	
	Niskotlačno pražnjenje	Osnovni plin i natrij	Niskotlačne natrijeve sijalice	Visoki napon (hladne elektrode)
		Osnovni plin i živa	Fluorescentne cijevi	
		Neon ili osnovni plin i živa	Svjetleće cijevi	

### 3. IZVORI SVJETLOSTI NA ELEKTRIČNO PRAŽNJENJE

Kod žarulja na električno pražnjenje svjetlost se generira principom luminiscentnog zračenja. Električni pražnjenje događa se u cijevi napunjenoj plinom ili parama zbog djelovanja električnog polja između dvije elektrode. Pri tome u plinu, koji prije dovođenja napona na elektrodu nije vodljiv, nastaju slobodni nositelji u obliku iona i elektrona.

Slobodni elektroni pod djelovanjem električnog polja, mogu s atomima plina izazvati sljedeće vrste sudara:

- mala brzina elektrona (*elastični sudar*)- elektron se u sudaru s atomom plina samo reflektira uz neznatni gubitak energije (koja se pretvara u toplinu).
- srednja i visoka brzina (*uzbudni sudar*)- elektron podiže energiju atoma plina na višu razinu, pri čemu atom nakon kraćeg vremena zrači jedan foton.
- vrlo visoka brzina (*ionizirajući sudar*) –elektron izbacuje iz atoma plina elektron, čime atom prelazi u pozitivni ion. Tako nastaju pozitivni i negativni nosioci te raste struja.

Za ograničenje rasta struje koriste se ograničivači struje (prigušnice). Prigušnice su induktiviteti koji se spajaju u seriju s izvorom svjetlosti. Suvremeni rasvjetni sustavi sve više koriste elektroničke prigušnice.

Prednosti pred izvorima svjetlosti sa žarnom niti:

- Veća svjetlosna iskoristivost (do 180 lm/W),
- Dulji vijek trajanja (do 20.000 sati),
- Veliki svjetlosni tok (do 320.000 lm).

#### 3.1. Osnovna podjela izvora na električno pražnjenje

S obzirom na visinu pogonskog tlaka izvori svjetlosti na električno pražnjenje dijele se na 2 osnovne skupine:

- niskotlačni izvori na pražnjenje,
- visokotlačni izvori na pražnjenje.

Za niskotlačne izvore svjetlosti značajan je pogonski tlak veličina 0,1-0,3 pascala. Niskotlačni izvori svjetlosti su duguljastih oblika i velikih zapremnina te malih snaga i malog svjetlosnog toka i zato su njihove sjajnosti male.

U skupinu niskotlačnih izvora svjetlosti ubrajaju se:

- fluorescentne cijevi,
- niskotlačne natrijeve sijalice.

Za visokotlačne izvore svjetlosti karakteristični je pogonski tlak veličina  $3 \times 10^4$ - $9 \times 10^5$  Pa. Visokotlačni izvori svjetlosti su manjih zapremnina i kratki, ali velikih snaga i velikog svjetlosnog toka i zato su njihove sjajnosti vrlo visoke.

U skupinu visokotlačnih izvora svjetlosti ubrajaju se:

- visokotlačne živine sijalice,
- visokotlačne metal-halogene sijalice,
- visokotlačne natrijeve sijalice.

### **3.2. Pogonske značajke**

Izvori svjetlosti na električno pražnjenje za normalan rad trebaju imati pred spojnu napravu koja ograničava struju pražnjenja izvora. U slučaju da ta naprava ne bi bila priključena, struja pražnjenja stalno bi rasla, dok ne bi uništila elektrode izvora. Kao predspojne naprave upotrebljavaju se električne sprave: prigušnice, kondenzatori, transformatori s rasipnim poljem i posebne tranzistorske predspojne sprave (za pogon kod jednosmjernog napona).

Za izvore na pražnjenje značajne su sljedeće vrste spojeva izvora svjetlosti i pred spojnih sprava:

- induktivan spoj: izvor svjetlosti i prigušnica u serijskom spoju;
- kapacitivan spoj: izvor, prigušnica i kondenzator u serijskom spoju;
- kompenzivan spoj: izvor i prigušnica u serijskom spoju s paralelno vezanim kondenzatorom;
- duo spoj: paralelni spoj induktivnog i kapacitivnog spoja;

- tandem spoj: 2 izvora iste snage u serijskom spoju s jednom prigušnicom, katkad se tom spoju paralelno veže još i kondenzator.

Svi spomenuti spojevi dolaze u cjelini samo kod fluorescentnih cijevi, dok se kod drugih izvora na pražnjenje upotrebljava uglavnom induktivan i kompenzivan spoj, vrlo rijetko još i kapacitivan. Za izvore svjetlosti na električno pražnjenje značajno je da kod paljenja trebaju veći napon nego u pogonu. Zbog toga se kod tih izvora upotrebljavaju posebne sprave koje same ili s predspojnom spravom stvaraju naponske vrhove (špice) odnosno impulse potrebne za paljenje izvora. Među sprave, koje su namijenjene za paljenje, spadaju: starteri, štedni transformatori, transformatori s rasipnim poljem, elektrode za paljenje, sprave za paljenje: igniteri, posebne sprave za trenutno ponovno paljenje.

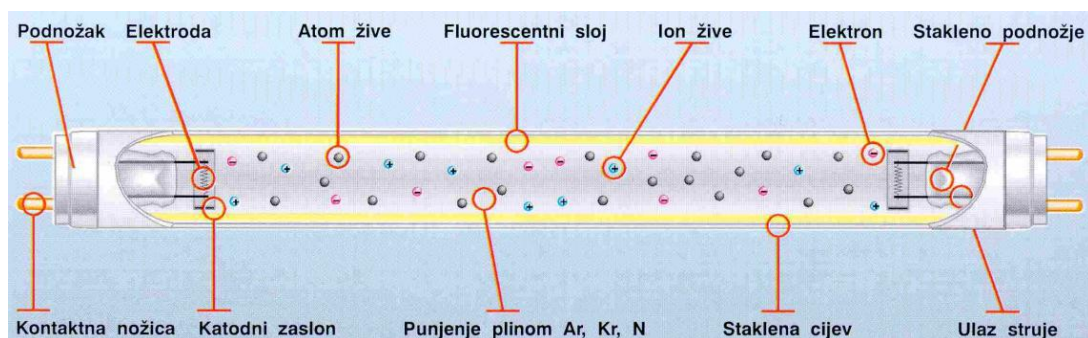
Izvori svjetlosti na električno pražnjenje posebno oni, koji su punjeni metalnim parama, odmah nakon paljenja ne daju puni svjetlosni tok nego trebaju određeno vrijeme za stabiliziranje pogona. To vrijeme se naziva „zagonsko vrijeme“ i ono označuje razdoblje u kojem se metalne krute ili tekuće čestice (Na, Hg) ispare i razvija pogonski tlak izvora svjetlosti. Zagonsko vrijeme je kod fluorescentnih cijevi skoro pa nezatno (osobito kod cijevi za brzo paljenje), kod visokotlačnih izvora svjetlosti (živine, metal-halogene, natrijeve), se to vrijeme kreće između 3-10 minuta, najduže je vrijeme zagona kod niskotlačnih natrijevih sijalica 10-20 minuta.

Što se tiče ponovnog paljenja izvora na električno pražnjenje (npr. kod iznenadnog trenutnog ispada mrežnog napona), niskotlačni izvori svjetlosti mogu se paliti i u vrućem stanju. Kod visokotlačnih izvora svjetlosti trenutno ponovno paljenje nije moguće. Uzrok tome je visoki pogonski tlak plinova ili para. Oni se najprije moraju ohladiti (njihov tlak se mora spustiti) i tek zatim se izvor može ponovno upaliti. Vrijeme hlađenja je kod različitih visokotlačnih izvora različito i traje od 5 do 20 minuta (iznimka su visokotlačne natrijeve sijalice, kod kojih je vrijeme kraće od jedne minute).

## 4. FLUORESCENTNE CIJEVI

Fluorescentne cijevi pripadaju grupi niskotlačnih izvora na električno pražnjenje. Svjetlost se generira izbojem u živinim parama visoke luminoznosti. Kod električnog pražnjenja nastaje samo 2 % vidljivog zračenja, 38% je termičko zračenje, dok sav preostali dio je nevidljivo ultraljubičasto zračenje valne duljine 253,7 nm, koje se fosfornim slojem na unutrašnjoj stjenci cijevi pretvara u vidljivo svjetlo. Ukupna energetska bilanca nakon pretvaranja je sljedeća: 25 % dovedene energije pretvori se u vidljivu svjetlost, a 75 % u toplinu.

Spektar zračenja koji daje fluorescentna cijev je složen, a uporabom različitih fluorescentnih materija moguće je dobiti drukčije karakteristike, temperature boje, faktora uzvrata i svjetlosne iskoristivosti. Postoje okrugle, ravne te fluorescentne cijevi U-oblika. Kako se promjer cijevi smanjuje, time se postiže veća iskoristivost svjetlosnog sustava (izvor svjetlosti je bliži točkastom). Na slici 2 su prikazani dijelovi fluorescentne cijevi, a danas se najviše koriste cijevi promjera 26 mm (T8) te one koje se javljaju u novije vrijeme s promjerom 16 mm (T5). Postoje još i cijevi promjera 38 mm (T12) te 7 mm (T2). Kao i sve žarulje na električno pražnjenje (izboj u plinu), fluorescentne cijevi ne mogu se priključiti direktno na mrežni napon, već trebaju prigušnicu, te starter.



Slika 2 Prikaz dijelova fluorescentne cijevi

S obzirom na način paljenja, fluorescentne cijevi dijele se u dvije grupe:

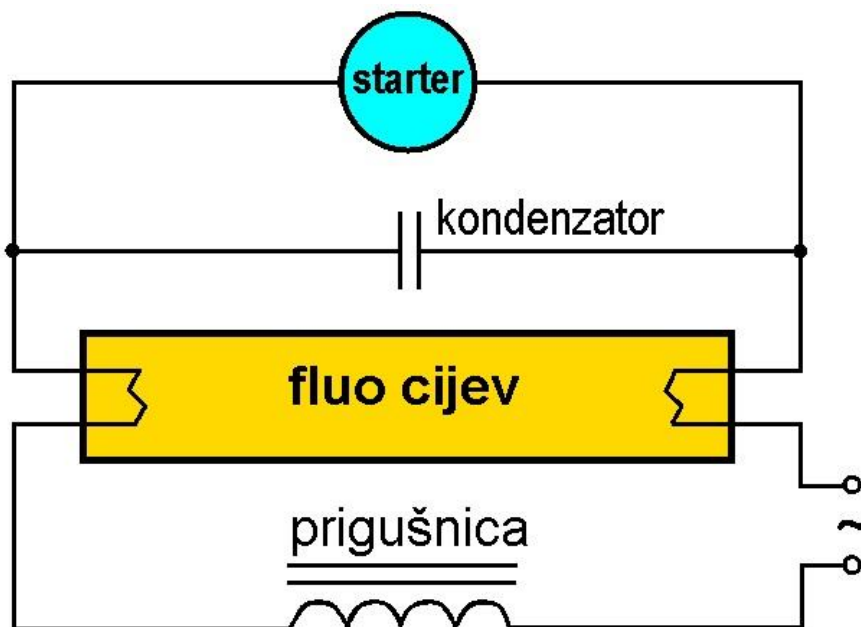
- fluorescentne cijevi za paljenje sa starterom,



- fluorescentne cijevi za paljenje bez startera.

#### 4.1. Fluorescentne cijevi za paljenje sa starterom

Ove fluorescentne cijevi se pale pomoću startera sa prethodnim zagrijavanjem elektroda. Ti izvori svjetlosti trebaju za paljenje i starter i prigušnicu, svjetlosti sa starterom. Starter je namijenjen za predzagrijavanje elektroda i zajedno sa prigušnicom stvara naponski impuls koji je potreban za paljenje cijevi. Startera ima raznih izvedbi, tinjalični starter, magnetni starter, termo starter i drugi. Od navedenih izvedbi startera upotrebljava se uglavnom najjednostavniji i najjeftiniji tinjalični starter. Prigušnica je namijenjena za ograničavanje struje pražnjenja izvora. Kod fluorescentnih cijevi upotrebljavaju se dva tipa prigušnica, prigušnica sa jednostrukim (asimetričnim) namotajem te prigušnica s dvostrukim (simetričnim) namotajem. Prigušnica sa jednostrukim namotajem mora imati dodatan element (kondenzator), prikazano slikom 3, za smanjivanje radio smetnji, kod prigušnica sa dvostrukim namotajem dodatni element nije potreban.



Slika 3 Shema fluorescentne cijevi za paljenje sa starterom

Primjenjuju se razne izvedbe i oblici fluorescentnih cijevi za paljenje sa starterom:

- standardne fluorescentne cijevi,
- fluorescentne cijevi s refleksnim slojem,
- fluorescentne cijevi za niske temperature,
- fluorescentne cijevi za više temperature,
- fluorescentne cijevi okruglog oblika,
- fluorescentne cijevi u boji,
- fluorescentne cijevi za osvjetljavanje cvijeća i akvarija,
- fluorescentne cijevi za luminiscentne efekte,
- fluorescentne cijevi za kopiranje,
- fluorescentne cijevi za dezinfekciju zraka.

#### *4.1.1. Standardne fluorescentne cijevi*

Standardne fluorescentne cijevi izrađene su u obliku ravne cijevi te su prikazane slikom 4. Svjetlosni tok izvora svjetlosti u velikoj mjeri zavisi od temperature okoline. Standardne fluorescentne cijevi daju maksimalni svjetlosni tok kod temperature okoline 20°C. kod nižih temperatura startaju i rade normalno bez smetnji, ali sa smanjenim svjetlosnim tokom. Isto vrijedi i za više temperature. Tako npr. fluorescentna cijev od 65W daje pri temperaturi okoline 0°C samo 83% a pri 50°C svega 79% maksimalnog svjetlosnog toka.



**Slika 4 Standardna fluorescentna cijev**

#### 4.1.2. Fluorescentne cijevi sa refleksnim slojem

Fluorescentne cijevi s refleksnim slojem su tako izrađene, da svjetlosni tok zrače samo u određenom smjeru (samo na jednoj trećini površine cijevi, oko 130°C). te svjetiljke su namijenjene za osvjetljavanje prostorija u kojima se nalazi veliki postotak prašine, te u kojima je otežano čišćenje svjetiljke (visoke prostorije). Fluorescentne cijevi s refleksnim slojem imaju približno 8-10% manji svjetlosni tok od standardnih fluorescentnih cijevi.

**Tablica 2 Pregled standardnih i fluorescentnih cijevi s refleksnim slojem**

Nazivna snaga (W)	Dimenzije (mm)	promjer	Svjetlosni tok (lm)					
	Dužina		TB	TBX	SB	BB	BBX	DS
Standardne fluorescentne cijevi (FC)								
20	590		1250	800	1250	1250	840	850
40	1200	38	3000	2000	3000	3000	2000	2200
65	1500		4800	3200	4800	4800	3200	3350
Fluorescentne cijevi s refleksnim slojem (FCR)								
20	590		1000		1000	1000		750
40	1200	38	2500		2400	2500		1850
65	1500		4000		3900	4000		3000

TB-toplo bijela, TBX- luksuzna toplo bijela, SB-svijetla bijela, BB-bijela boja, BBX-luksuzna bijela boja, DS-dnevno svjetlo.

U tablici 2 dan je pregled standardnih cijevi i cijevi s refleksnim slojem prema nazivnoj snazi cijevi, njenim dimenzijama te svjetlosnom toku. Iz tablice je očito da su nazivna snaga i svjetlosni tok proporcionalne varijable. Drugim riječima, što je nazivna snaga veća to je svjetlosni tok veći. Uspoređujući standardnu cijev s cijevi s refleksnim slojem možemo zaključiti da uz istu nazivnu snagu, standardna fluorescentna cijev daje veći svjetlosni tok zbog razloga spomenutih u radu prije.

#### ***4.1.3. Fluorescentne cijevi za niske temperature***

Fluorescentne cijevi za niske temperature su namijenjene za prostore s niskim temperaturama do  $-20^{\circ}\text{C}$ . Od standardnih cijevi razlikuju se samo po tome što su dodatno punjene plinom argonom i to pri nižem pritisku. Ne preporučuje se njihova upotreba u prostorijama sa normalnim uvjetima jer može doći do samozapaljenja cijevi.

#### ***4.1.4. Fluorescentne cijevi za visoke temperature***

Fluorescentne cijevi za više temperature upotrebljavaju se za prostorije u kojima vlada viša temperatura. Ti izvori svjetlosti imaju maksimalan svjetlosni tok kod temperature okoline  $35^{\circ}\text{C}$  do  $40^{\circ}\text{C}$ . Te cijevi su prikladne za ugradnju u zatvorene svjetiljke, koje imaju slab dovod topline.

#### ***4.1.5. Fluorescentne cijevi okruglog oblika***

Fluorescentne cijevi okruglog oblika su tako oblikovane da im je cijev savijena u krug, pa su radi toga namijenjene za ugradnju u svjetiljke okruglog ili kvadratnog oblika.

U tablici 3 dan je pregled fluorescentnih cijevi okruglog oblika prema tipu cijevi, snazi, dimenzijama i svjetlosnom toku. Za primjer su uzeta dva proizvođača, Philips i Osram, te su navedene značajke cijevi istih.

**Tablica 3 Pregled fluorescentnih cijevi okruglog oblika**

Tipaska oznaka	Snaga (W)	Dimenzije (mm)		Svjetlosni tok (lm)
		Kruga	Cijevi	
Fluorescentne cijevi okruglog oblika – PHILIPS				
TL-E 22 W/33	22	220	29	1150
TL-E 32W/33	32	312	32	2050
TL-E 32 W/ 25	32	312	32	1700
TL - E 40 W/33	40	411	32	2900
TL -E 40 W /25	40	411	32	2300
TL - E 40 W/29	40	411	32	2900
TL - E 40W/27	40	411	32	1800
Fluorescentne cijevi okruglog oblika – OSRAM				
L 22 W/25 C	22	216	29	1000
L 32 W/25 C	32	311	32	1700
L 32 W/30 C	32	311	32	2050
L 32 W/32 C	32	311	32	1600
L 40 W /25 C	40	413	32	2300
L 40 W /30 C	40	413	32	2900
L 40 W / 32 C	40	413	32	2150
L 40 W/39 C	40	413	32	1800

#### 4.1.6. Fluorescentne cijevi u boji

Fluorescentne cijevi u boji, prikazane tablicom 3, su namijenjene za specijalne efekte u barovima, dvoranama za priredbe i ples, izlozima, kao i za dekorativno osvjetljenje raslinja u parkovima. Djeluju na istom principu kao i standardne fluorescentne cijevi. Boje cijevi mogu biti, crvena, narančasta, žuta, zelena i plava.

Tablica 4 Pregled fluorescentnih cijevi u boji

Nazivna snaga (W)	Dimenzije (mm)		Svjetlosni tok ( lm)				
	dužina promjera	promjer	Crvena	narančasta	žuta	Zelena	plava
Fluorescentne cijevi u boji							
20	590	38	200	240	800	1300	250
40	1200		400	500	2000	3300	650
65	1500		700	750	3000	4000	1000

#### 4.1.7. Fluorescentne cijevi za osvjetljavanje cvijeća i akvarija

Ova vrsta fluorescentnih cijevi je namijenjena za osvjetljavanje cvijeća i akvarija, a upotrebljava se u cvjećnjacima, staklenicima, cvjetnim izlozima, staklenim vitrinama, ormarima sa cvijećem, terarijima (stakleni ormari za uzgoj biljaka i životinja), akvarijima. Kod ovih izvora svjetlosti upotrijebljene su dvije vrste fluorescentnog praha i zato te cijevi zrače naročito u crvenom i plavom dijelu spektra (u području valnih duljina 650 nm i 450 nm). Takva spektralna raspodjela svjetlosti tih izvora vrlo aktivno utječe na cvijeće i poboljšava njegov rast, i to također u prostorijama bez sunčeve svjetlosti.

#### ***4.1.8. Fluorescentne cijevi za luminiscentne efekte***

Fluorescentne cijevi za luminiscentne efekte izrađeni su iz posebnog crnog stakla, koje propušta samo dugovalno UV-A, područja valnih duljina između 315 i 400 nm (s maksimumom kod 350 nm). S ovim izvorima svjetlosti osvjetljavaju se površine koje su izrađene, obrađene ili prevučene tzv. luminiscentnom tvari. To su tvari koje imaju svojstvo da, kad budu obasjane ultraljubičastom svjetlošću, ovu pretvore u zračenje u vidljivom području spektra. Te fluorescentne cijevi su namijenjene za posebne svjetlosne efekte u kazalištima, barovima i izlozima, upotrebljavaju se također za analize i kontrole u industriji, bankama, medicini i kriminalistici.

#### ***4.1.9. Fluorescentne cijevi za kopiranje***

Fluorescentne cijevi za kopiranje su posebni izvori svjetlosti, kod kojih je upotrijebljen poseban fluorescentni prah koji intenzivno proizvodi ljubičastu i ultraljubičastu svjetlost s jakim fotoaktivnim djelovanjem. Raspodjela svjetlosti uzduž cijele dužine je konstantna, a i svjetlosni tok je konstantan. To su i univerzalni izvori svjetlosti, jer njihova svjetlost jednako djeluje na sve vrste papira.

#### ***4.1.10. Fluorescentne cijevi za dezinfekciju zraka***

Ova vrsta fluorescentnih cijevi upotrebljava se u prostorijama gdje prijete opasnost od infekcije, bolnicama (infekcijski odjeli, rodilišta, odjeli za nedonošćad), dječje jaslice, škole, čekaonice, kolodvori i sl. Te cijevi se također upotrebljavaju u farmaceutskoj industriji, prehrambenoj industriji, hladnjačama, pivovarama i u svim prostorima u kojima prijete opasnost od zaraze bakterijama. Po obliku fluorescentne cijevi za dezinfekciju potpuno jednake standardnim fluorescentnim cijevima. Razlika je u tome što staklene cijevi nisu presvučene fluorescentnim slojem sa unutrašnje strane. Za uništavanje bakterija se koriste kratkovalno ultraljubičasto zračenje. Staklena cijev je izrađena tako da ne propušta zračenja u području valnih duljina ispod 200 nm, nego samo zračenja većih valnih duljina. Ove fluorescentne cijevi svoj maksimum postižu kod valne duljine 253,7 nm.

## **4.2. Fluorescentne cijevi za paljenje bez startera**

Fluorescentne cijevi za paljenje bez startera su izvedene na način da se pale bez startera i zato za svoj pogon trebaju posebne predspojne naprave kao što su, dvojna prigušnica, transformator za zagrijavanje u spoju s prigušnicom, štedni transformator. Radi lakšeg paljenja ovi izvori svjetlosti su opremljeni dodatnim elementima za paljenje, metalna traka (na vanjskoj ili unutarnjoj stjenki cijevi), uzemljena metalna traka u neposrednoj blizini cijevi i silikonski premaz na vanjskoj površini cijevi. Razlikujemo dvije vrste fluorescentnih cijevi za paljenje bez startera:

- fluorescentne cijevi za brzo paljenje (rapid start),
- sigurnosne fluorescentne cijevi.

### ***4.2.1. Fluorescentne cijevi za brzo paljenje (rapid start)***

Fluorescentne cijevi za brzo paljenje su izvori svjetlosti, koji pale odmah pri priključenju na napon i za rad ne trebaju starter nego samo dodatne elemente za paljenje posebne predspojne sprave za pogon. Cijevi za brzo paljenje su tako izvedene da imaju pojačane elektrode i dodatne elemente za paljenje, silikonski premaz na vanjskoj površini cijevi te metalnu traku. Ova vrsta izvora svjetlosti pale s predzagrijanim elektrodama. Prema načinu predzagrijavanja elektroda razlikujemo dvije vrste fluorescentnih cijevi za brzo paljenje:

- rapid start cijevi za rezonantan spoj,
- rapid start cijevi za paralelan spoj.



U tablici 5 dan je pregled fluorescentnih cijevi za brzo paljenje (rapid start). Iz tablice vidimo da fluorescentna cijev iste nazivne snage najmanji svjetlosni tok daje pri boji dnevne svjetlosti.

TB-toplo bijela, SB-svijetla bijela, BB-bijela boja, DS-dnevno svjetlo.

**Tablica 5 Pregled fluorescentnih cijevi za brzo paljenje (rapid start)**

Nazivna snaga (W)	Dimenzije (mm)		Svjetlosni tok (lm)			
	dužina	promjer	TB	SB	BB	DS
Fluorescentne cijevi za brzo paljenje (rapid start)						
20	590	38	1000	1000	1000	750
40	1200	38	2200	2200	2200	1850
65	1500	38	4000	4000	3900	3000

#### 4.2.1.1. *Rapid cijevi za rezonantan spoj*

Ova skupina fluorescentnih cijevi za brzo paljenje radi s posebnom predspojnom spravom (RD-spoj). Kod takvog spoja upotrebljava se dvojnja prigušnica i odgovarajući kondenzator. Fluorescentna cijev, prigušnica i jedan namotaj dvojne prigušnice nalaze se u serijskom spoju. Ukupan induktivitet sile je takav da između prigušnice i kondenzatora nastane serijska rezonancija. Kao posljedica serijske rezonancije javlja se povišenje struje predzagrijavanja elektroda i stvaranje naponskog vrha koji je potreban za paljenje cijevi. Fluorescentne cijevi opremljene su s posebnom metalnom trakom (traka za paljenje), koja se nalazi na vanjskoj strani fluorescentne cijevi, koja je preko visokoomskog otpora vezana za jednu elektrodu. Vanjska strana cijevi presvučena je silikonskim premazom koji olakšava paljenje i omogućuje rad čak i u vlažnim uvjetima. Fluorescentne cijevi za brzom paljenje imaju neke prednosti:

- cijev se pali odmah po priključenju na napon, bez obzira na vremenske uvjete, a isto tako pri vrlo niskim temperaturama do  $-18^{\circ}\text{C}$ ,
- moguće je postepeno mijenjati svjetlosni tok izvora svjetlosti i to pomoću odgovarajućeg regulatora svjetlosnog toka.

#### *4.2.1.2. Rapid cijevi za paralelan spoj*

Ova skupina fluorescentne cijevi za brzo paljenje radi s posebnom predspojnom spravom (RS-spoj). Kod toga spoja je upotrijebljen poseban transformator za zagrijavanje, s dva odvojena sekundarna namotaja za predzagrijavanje elektroda, koji je paralelno spojen na prigušnicu i na fluorescentnu cijev. Oba sekundarna napona su tako spojeni da se njihov napon pribraja mrežnom naponu, što olakšava paljenje fluorescentne cijevi. Ova vrsta izvora svjetlosti pale s predzagrijanim elektrodama i to bez startera, ali za to za paljenje trebaju posebnu metalnu traku, koja mora biti uzemljena i ležati paralelno sa cijevi, po cijeloj njenoj dužini. Traka mora biti najmanje široka 40 mm i ne smije od izvora biti udaljena više od 20 mm. Kod ovih izvora svjetlosti vanjska strana je presvučena silikonskim premazom, što omogućuje paljenje izvora pri vlažnim uvjetima.

#### *4.2.2. Sigurnosne fluorescentne cijevi*

Sigurnosne fluorescentne cijevi namijenjene su za uređaje koji se koriste u osvjetljavanju rudnika, benzinskih crpki i u svim onim prostorijama koje su ugrožene od eksplozivnih plinova ili para. Ova vrsta fluorescentnih cijevi predviđena je samo za ugradnju u svjetiljke eksplozivno zaštićene-sigurnosne izvedbe, a izvedeni su tako da su njihovi podnošci opremljeni samo s jednom kontaktnom nožicom na svakoj strani cijevi. Sigurnosne fluorescentne cijevi pale se bez startera i također bez predzagrijavanja elektroda. Na unutrašnjoj strani cijevi imaju metalnu traku, a startaju na osnovi tinjaličnog paljenja koje nastaje između trake za paljenje i jedne od elektroda. Sigurnosne fluorescentne cijevi snage 20 W mogu raditi i s predspojnim spravama (prigušnicama) koje su namijenjene za standardne cijevi. Sigurnosne fluorescentne cijevi snage 40 W trebaju za paljenje veći napon od 220 V. To je moguće postići tako, tako da se kod induktivnih spojeva uz prigušnicu predvidi dodatni štedni transformator, dok kod kompenziranih spojeva treba upotrijebiti rezonantan spoj (npr. Steinmetzov spoj).

## 5. VISOKOTLAČNE ŽIVINE SIJALICE

Visokotlačne živine sijalice su izvori svjetlosti, koji djeluju na principu električnog pražnjenja kroz živine pare visokog tlaka. Dolazi do vidljivog (plava, žuta i zelena svjetlost) i nevidljivog ultraljubičastog zračenja. Na unutrašnjoj strani balona nanesen je fluorescentni sloj, koji pod utjecajem ultraljubičastog zračenja svijetli crveno. Na taj način se dobiva korigirani spektar svjetlosti.

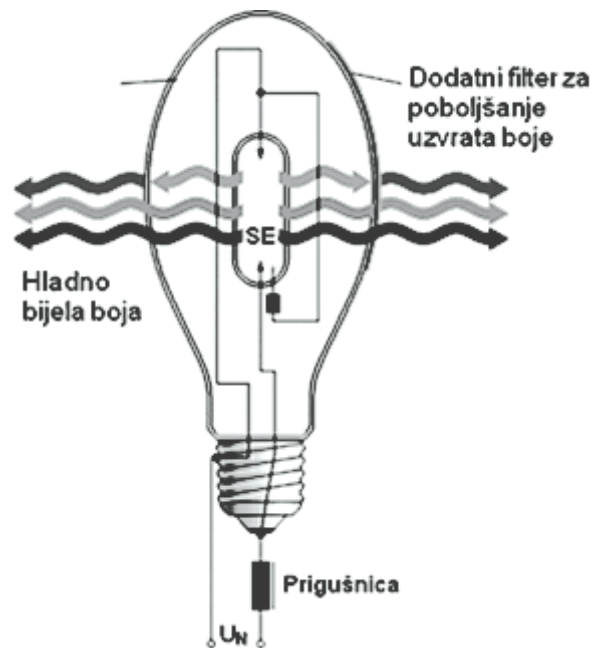
Izvedbe visokotlačnih živinih sijalica:

- visokotlačne živine sijalice (VTFE),
- reflektorske visokotlačne živine sijalice (VTFR),
- visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti (VTFW),
- visokotlačne živine sijalice za UV-zračenje (VTUV).

### 5.1. Visokotlačne živine sijalice

Visokotlačne živine sijalice su izvori svjetlosti s elipsoidnim balonom od mekog ili tvrdog stakla koji štite žižak, na čiju je unutrašnju stranu nanesen fluorescentni prah itrij vanadat s dodatkom europija, koji apsorbira UV-zračenje i pretvara ga u vidljivu svjetlost. Boja svjetlosti izvora je bijela, karakteristične temperature boje 4000 K, stvarna temperatura boje iznosi 4800 K. Uzvrat boje je zadovoljavajući -3 stupanj. Visokotlačne živine sijalice pale se pomoću startne elektrode, ugrađene unutrašnjoj cijevi (žišku) izvora, a za normalan pogon trebaju predspojnu napravu. Dijelovi visokotlačne živine sijalice prikazani su na slici 4. Obično je to prigušnica (induktivan spoj) ili kombinacija prigušnice i paralelno spojenog kondenzatora (kompenzivan spoj). Kombinacija prigušnice i serijski spojenog kondenzatora (kapacitivan spoj) se rijetko primjenjuje (vrijeme zagona dva puta duže). Za postizanje stabilnog pogonskog stanja živine sijalice trebaju određeno vrijeme, od trenutka priključenja na električnu mrežu do postizanja nazivnog svjetlosnog toka. Vrijeme paljenja tih izvora kreće se između 3 i 6 minuta, zavisno o snazi izvora i vrste spoja. Ako dođe do ispada mrežnog napona, dužem od 10 ms, ovi izvori se gase. Za ponovno paljenje treba proći duže vrijeme od 5-10 minuta, ovisno o vrsti spoja (duže vrijeme treba u kapacitivnom spoju). Zato se preporučuje da prostorije koje koriste za osvjetljenje visokotlačne živine sijalice da ugrade i nekoliko izvora sa žarnim nitima, koje u prijelaznom vremenu daju potrebnu svjetlost. U

pogonu su te sijalice nezavisne od temperature okoline (do  $-25^{\circ}\text{C}$ ). Iako ti izvori svjetlosti nisu toliko osjetljivi na njihane mrežnog napona, ali se pri naponu od 185 V gase. Visokotlačne živine sijalice primjenjuju se u vanjskoj rasvjeti za osvjetljavanje mostova, parkirališta, željezničkih stanica, gradilišta, a u unutrašnjoj rasvjeti koriste se za osvjetljavanje industrijskih hala, skladišta, staklenika.



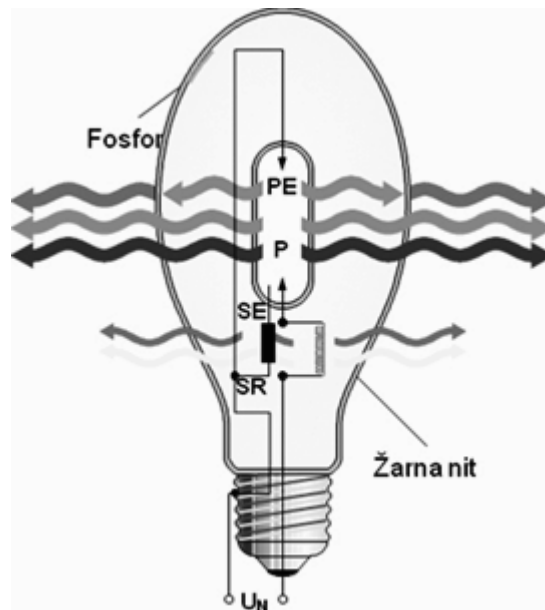
Slika 5 Dijelovi visokotlačne živine sijalice

## 5.2. Reflektorske visokotlačne živine sijalice

Reflektorske visokotlačne živine sijalice su sijalice posebnog oblika i izvedbe, balon je izveden u obliku paraboloida. Na gornjem dijelu balona nanesen je sloj titanovog dioksida (za koncentraciju snopa zračenja svjetlosti), a na cijelom balonu fluorescentni sloj za poboljšanje spektra svjetlosti. Reflektorske visokotlačne živine sijalice prvenstveno su namijenjeni za osvjetljavanje prostorija gdje vlada povećano zapašivanje.

### 5.3. Visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti

Visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti su izvori svjetlosti, kod koje su spojeni elementi visokotlačne živine sijalice s fluorescentnim slojem i sijalice sa žarnom niti volframa. Zajedničko djelovanje žiška, fluorescentnog praha i volframovog vlakna daje rezultirajuću miješanu svjetlost bijele boje, karakteristične temperature boje 4000 K. visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti ne trebaju prigušnicu, jer volframova nit vrši istovremene dvije uloge, djeluje kao izvor svjetlosti i kao predspojna sprava. Slika 7 prikazuje visokotlačnu živinu sijalicu miješane svjetlosti. Ovi izvori svjetlosti vrlo su osjetljivi na promjenu napona mreže. Proizvođač ih radi toga izrađuje za dva nazivna napona od 215 i 225 V. Sijalice za nazivni napon 215 V namijenjene su za područje napona mreže između 210 - 220 V, one za nazivni napon 225 V za područje napona mreže između 220-230 V. Vrijeme paljenja izvora svjetlosti traje do 2 minute, ako dođe do ispada mrežnog napona, za ponovno paljenje je potrebno od 3-5 minuta.



PE: pogonska elektroda, SE: startna elektroda, SR: startni otpor, P: prigušnica

**Slika 6** Dijelovi visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti

#### 5.4. Visokotlačne živine sijalice za UV-zračenja

Visokotlačne živine sijalice za UV-zračenje su izvori svjetlosti s elipsoidnim balonom od specijalnog crnog stakla (Woodovo staklo), koje propušta ultraljubičasto zračenje, valne duljine 365 nm. Princip djelovanja ovih sijalica je potpuno jednak principu na kojem djeluju fluorescentne cijevi za luminiscentne efekte. Ova vrsta izvora namijenjena je za posebne svjetlosne efekte u barovima, izložima, kazalištima, za analize i kontrolu u kriminalistici, bankarstvu medicini i industriji.

U tablici 6 dan je pregled visokotlačnih živinih sijalica. Tablica obuhvaća podjelu visokotlačnih živinih sijalica, njihove dimenzije, nazivnu snagu te svjetlosni tok.

**Tablica 6 Pregled visokotlačnih živinih sijalica**

Nazivna snaga (W)	Nazivni napon (V)	Dimenzije (mm)		Podnožak	Svjetlosni tok (lm)
		Promjer	dužina		
Visokotlačne živine sijalice – VTFE					
80	220	70	160	E 27 (B 22)	3.600
125		75	175	E27 (B 22)	6.200
250		90	225	E 40	13.500
400		120	290	E 40	23.000
700		150	350	E 40	40.000
1000		165	392	E 40	55.000
Reflektorske visokotlačne živine sijalice –VTFR					
250	220	180	300	E 40	10.500
400					18.500
Visokotlačne živine sijalice miješane svjetlosti –VTFW					
160	215,225	90	187	E 27	2.900
250		110	230	E 40	5.200
500		130	275	E 40	12.500
Visokotlačne živine sijalice za UV- zračenje – VTUV					
250	220	90	225	E 40	–

## 6. VISOKOTLAČNE METALHALOGENE SIJALICE

Visokotlačne metalhalogene sijalice su posebna izvedba visokotlačnih sijalica, što je prikazano slikom 8, kod kojih su živi dodani halogenidi (talij, natrij, indij, disporzij, u spoju s jodom). Metalhalogenidi se raspadaju pri višim temperaturama, generiraju vidljivo zračenje kompletnog spektra. Približavanjem hladnijoj stijenci balona, oni se ponovno rekombiniraju i ciklus se ponavlja. Dodatkom metalhalogenida postiže se puno kvalitetnije svjetlo i viša iskoristivost (do 120 lm/W). Visokotlačne metalhalogene sijalice izrađuju se u dvije osnovne skupine boke svjetlosti, bijela boja (4000 K) i boja dnevne svjetlosti (6000 K). Kod izvora bijele boje svjetlosti upotrijebljen je natrijev jodid, a kod izvora boje dnevne svjetlosti smijesi plina i metalnih para dodan je disporzij. Proizvode se u snagama od 35 W-3500 W, sa vrlo širokim područjem primjene (od unutarnje do javne rasvjete, foto rasvjete, auto rasvjete). Visokotlačne metalhalogene sijalice za svoj pogon trebaju predspojnu spravu (prigušnicu), a pale se pomoću posebne naprave za paljenje (propaljivača), koji daje potreban naponski impuls od 3-6 kV. Postupak paljenja traje do 3 minute, a ponovnog paljenja na toplo 5-20 minuta. Kod specijalnih izvedbi moguće je postići trenutni start na toplo uz odgovarajući propaljivač (napon i do 4 kV). Ovi izvori svjetlosti proizvode se u 3 oblika, u obliku elipse (s fluorescentnim slojem), u obliku cijevi (prozirna cijev, 1 podnožak), te u metalhalogene žarulje s dva podnoška. Spomenuta podjela prikazana je tablicom 7.



**Slika 7** Visokotlačna metalhalogena sijalica

**Tablica 7 Pregled visokotlačnih metalhalogenih sijalica**

Tipaska oznaka	Nazivna snaga (W)	Nazivni napon (V)	Položaj gorenja	Dimenzije (mm)			Podnožak	Svjetlosni tok (lm)
				promjer balona		Dužina		
				elipsa	Cijev			
Visokotlačne metal- halogene sijalice - TEŽ TESLA								
Oblik elipse ( s fluorescentnim slojem)								
VTHF - 250 W	250	220	1	90	0	226	E 40	18.000
VTHF - 400 W/H	360	220	3	120	0	292	E 40	23.000
VTHF- 400 W/V	360	220	7	120	0	292	E 40	26.000
Oblik elipse ( bez fluorescentnog sloja)								
VTH-400 W/H	360	220	3	120	0	292	E 40	25.000
VTH-400 W/V	360	220	7	120	0	292	E 40	28.000
Oblik cijevi ( prozirne)								
VTH - 250 W	250	220	1	0	38	220	E 40	20.000
VTH -400 W/H	360	220	3	0	46	285	E 40	25.000
VTH- 400W/V	360	220	7	0	46	285	E 40	28.000



## 7. NATRIJEVE SIJALICE

Natrijeve sijalice su izvori svjetlosti, koji djeluju na principu električnog pražnjenja kroz natrijeve pare. Natrijeve sijalice, obzirom na visinu tlaka natrijevih para, dijelimo na dvije skupine:

- niskotlačne natrijeve sijalice
- visokotlačne natrijeve sijalice

### 7.1. Niskotlačne natrijeve sijalice

Niskotlačne natrijeve sijalice generiraju svjetlo u natrijevim parama pri niskom tlaku (0,7 Pa), čime se postiže gotovo monokromatsko žuto svjetlo (589,0 i 589,6 nm), uslijed čega nije moguće raspoznavanje boja. Radi toga se ti izvori, koji se inače odlikuju visokom svjetlosnom iskoristivošću do 200 lm/W, upotrebljavaju za vanjsko osvjetljenje i na takvim mjestima, gdje nije potrebno raspoznavanje boja. Niskotlačne natrijeve sijalice su izvedene u obliku prozirne cijevi s podnoškom na jednoj strani. Pri niskom tlaku natrijeve pare imaju temperaturu od 260°C, koja se održava vanjskim balonom u kojem je vakuum. Svako odstupanje od ove temperature dovodi do bitnih odstupanja od nazivnih pogonskih parametara. Kao startni plin za niskotlačne natrijeve sijalice koristi se neon, period startanja traje do 20 minuta, a za ponovno paljenje potrebno je do 2 minute. Kao predspojna naprava se koristi autotransformator koji daje potreban startni napon od 400-500 V. Slika 9 prikazuje niskotlačnu natrijevu sijalicu.



**Slika 8 Niskotlačna natrijeva sijalica**

U tablici 8 dan je pregled niskotlačnih natrijevih sijalica proizvođača TEŽ- TESLA. Iz tablice je očito kako se povećava nazivna snaga određenog tipa niskotlačne natrijeve sijalice tako se povećava i svjetlosni tok koji daje ta sijalica.

**Tablica 8 Pregled niskotlačnih natrijevih sijalica**

Tipaska oznaka	Nazivna snaga (W)	Nazivni napon (V)	Položaj gorenja	Dimenzije (mm)		Podnožak	Svjetlosni tok (lm)
				promjer cijevi	Dužina		
Niskotlačne natrijeve sijalice - TEŽ- TESLA							
NaNPI 35 W	35	220	2	50	300	BY22d	4.600
NaNPI 55 W	55		2	50	415		8.000
NaNPI 90 W	90		2	65	518		12.750
NaNPI 135 W	135		2	65	765		22.000
NaNPI 180 W	180		2	65	1110		31.600

## 7.2. Visokotlačne natrijeve sijalice

Visokotlačne natrijeve sijalice su izvori svjetlosti, koji djeluju na principu električnog pražnjenja kroz natrijevu paru visokog tlaka ( $3 \times 10^4$  Pa). Visokotlačne natrijeve sijalice uspoređujući s niskotlačnim sijalicama imaju dosta bolji spektar i zrače svjetlo zlatno-bijele boje, s temperaturom boje približno 2100 K, te sijalice spadaju u skupinu izvora tople boje svjetlosti. Uzvrat boje je bolji nego kod niskotlačnih natrijevih sijalica, moguće je raspoznavanje boja. Za rad trebaju predspojnu spravu (prigušnicu), a pale se pomoću posebne naprave za paljenje ignitera, kod nekih sijalica igniter nije potreban. Vrijeme paljenja traje od 5-10 minuta, a ponovnog paljenja od 1-2 minute. Ponovno paljenje je brže nego kod metalhalogenih žarulja, zbog manjeg pogonskog tlaka. Kod višeg pogonskog tlaka ionizacija nije moguća s dostupnim naponom, već je potrebno čekati da se žarulja ohladi, čime joj pada i tlak. Visokotlačne natrijeve sijalice proizvode se u tri oblika, navedena u tablici 9, u obliku

elipse (s fluorescentnim slojem), obliku cijevi (prozirna cijev, jedan podnožak), te u obliku sofite (prozirna cijev, dva podnoška).

**Tablica 9 Pregled visokotlačnih natrijevih sijalica**

Tipaska oznaka	Nazivna snaga (W)	Nazivni napon (V)	Dimenzije			Podnožak	Svjetlosni tok
			promjer		Dužina		
			Elipsa	cijev			
Visokotlačne natrijeve sijalice TEŽ-TESLA							
Oblik elipse (s fluorescentnim slojem)							
NaVT 250 W	250	220	91		226	E 40	24.000
NaVT 400 W	400	220	121,5		292	E 40	44.000
Oblik cijevi (prozirne)							
NaVT/C 400 W	400	220		48	285	E 40	48.000
Visokotlačne natrijeve sijalice OSRAM							
Oblik sofite							
NAV-TS 250 W	250	220		23	206	Fc 2	25.500
NAV-TS 400 W	400	220		23	206	Fc 2	48.000

## 8. ZAKLJUČAK

Na kraju ovog rada nužno je sumirati dosad sve izloženo kako bi se jasno prikazali svi spomenuti izvori svjetlosti na električno pražnjenje. Izvori svjetlosti na električno pražnjenje generiraju svjetlost principom luminiscencije. Kod odabira izvora svjetlosti vrlo je važna svjetlosna iskoristivost, iako nije odlučujuća. Kao što je navedeno u radu izvori svjetlosti na električno pražnjenje dijele se na niskotlačne i visokotlačne. O kojem je izvoru riječ ovisi o pogonskom tlaku. Niskotlačni izvori svjetlosti su duguljastih oblika i velikih zapremnina, ali su malih snaga i malog svjetlosnog toka i zato su njihove sjajnosti male. Za razliku od njih visokotlačni izvori svjetlosti su manjih zapremnina i kratki, ali velikih snaga i velikog svjetlosnog toka i zato su njihove sjajnosti vrlo visoke.

Uzevši u obzir sve navedeno u radu, niskotlačne sijalice, posebno one natrijeve, predstavljaju najefikasniji izvor vidljive svjetlosti, mada je reprodukcija svijetla puno lošija nego kod visokotlačnih. Za visokotlačne sijalice možemo reći da su još u razvoju, a naglasak se stavlja na metalhalogenim spojevima.

## 9. LITERATURA

[1] PODLIPNIK, P., A. ČOP (1978): Svjetlotehnički priručnik, Elektrokovina, Maribor, str. 38-53.

[2] DIMIĆ, G. L. (1972): Osvjetljenje 1, Građevinska knjiga Beograd, Beograd

[3] ŽUNIĆ, N. (2006): Svjetlost i viđenje, 02.06.2015.,

<http://www.conramdoo.com/download/SVJETLOST%20i%20VIDJENJE.pdf>

[4] CETINIĆ, I: Električne instalacije-rasvjeta, 03.06.2015.,

[http://virtual.arhitekt.hr/IZII/Instalacije\\_II\\_Rasvijeta.pdf](http://virtual.arhitekt.hr/IZII/Instalacije_II_Rasvijeta.pdf)

[5] ANONYMOUS : Električna rasvjeta, 05.06.2015.,

<http://www.sau.ac.me/ARHEM/ELEKTROINST3.pdf>

[6] KRAJCAR, S., ŠRIBAR, A.: Izvori svjetlosti, 05.06.2015.,

[https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/EIRasvjeta\\_rasvjeta\\_3%5B1%5D.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/EIRasvjeta_rasvjeta_3%5B1%5D.pdf)