

# Stabilni sustav tipa sprinkler u višeetažnom objektu

---

Živčić, Juraj

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2016

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:128:112017>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-10**



**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  
STROJARSKI ODJEL  
SPECIJALISTIČKI STUDIJ STROJARSTVA

Juraj Živčić

**STABILNI SUSTAV TIPA SPRINKLER U  
VIŠEETAŽNOM OBJEKTU**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.



KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT

SPECIALIST GRADUATE PROFESSIONAL STUDY OF  
MECHANICAL ENGINEERING

Juraj Živčić

**ACTIVE FIRE PROTECTION SPRINKLER  
SYSTEM IN MULTILEVEL BUILDING**

FINAL THESIS

Karlovac, 2016.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
SPECIJALISTIČKI STUDIJ STROJARSTVA

Juraj Živčić

**STABILNI SUSTAV TIPA SPRINKLER U  
VIŠETAŽNOM OBJEKTU**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Vladimir Tudić v.pred.

Karlovac, 2016.

## **PREDGOVOR**

### **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, koristeći znanja stečena tijekom studija uz navedenu literaturu i dokumentaciju.

### **Zahvala**

Zahvaljujem mentoru dr.sc. Vladimiru Tudiću na savjetima, vremenu za konzultacije i pomoći pri izradi ovog rada.

Veliko hvala i mojoj obitelji koja je bila podrška tijekom cijelog studija.



**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

Specijalistički stručni studij: STROJARSTVO

Usmjerenje: Proizvodno strojarstvo

Karlovac, 11. srpnja, 2016.

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Juraj Živčić

Matični broj: 0111413012

Naslov:

Opis zadatka:

U radu opisati strojarski projekt *sprinkler* sustava; prikazati način na koji je sustav projektiran, ukazati na prednosti i nedostatke te predložiti neka moguća poboljšanja sustava. U teoretskom dijelu rada opisati faze požara i njegovo djelovanje unutar građevine. Pojasniti što su požarni sektori te način izrade protupožarnog elaborata. Također navesti norme koje se koriste pri projektiranju sustavu za zaštitu od požara u građevinama. Dati pregled stabilnih sustava za zaštitu od požara i navesti njihove karakteristike. U eksperimentalnom dijelu predložiti neka moguća poboljšanja *sprinkler* sustava i razraditi algoritam rada sustava.

Koristiti stručnu literaturu, tehničke propise, proučiti Zakon, dokumentaciju proizvođača opreme. Kao podlogu za rad koristiti skice, sheme i druge dokumente sličnih projektnih zadataka. Redovito održavati konzultacije s mentorom te rad uskladiti s Pravilnikom o pisanju Završnih i Diplomskih radova Veleučilišta u Karlovcu.

Zadatak zadan:  
28.03.2016.

Rok predaje rada:  
12.07.2016.

Predviđeni datum obrane:  
15.07.2016.

Mentor:  
dr.sc. Vladimir Tudić, viši pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:  
Marijan Brozović, dipl.ing. stroj.

## **SAŽETAK**

U ovom radu obrađen je strojarski projekt sprinkler sustava. Opisane su faze požara i njegovo djelovanje unutar građevine. Pojašnjeno je što su požarni sektori i proces izrade protupožarnog elaborata. Navedene su norme koje se koriste pri projektiranju sustavu za zaštitu od požara. Dat je pregled stabilnih sustava za zaštitu od požara i navedene su njihove karakteristike. Izvršena je analiza rezultata dobivenih projektom. Predloženo je nekoliko mogućih poboljšanja sustava.



## **SUMMARY**

This thesis elaborates the mechanical design of sprinkler system. The stages of fire and its effect inside the building is explained. Fire sections and the process of making fire studies are explained. Thesis provides an overview of active protection fire systems and their characteristics. The analysis of results obtained in the project is conducted. A number of possible improvements of the system are suggested.

## SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
1.1.	POVIJEST SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA.....	1
1.2.	DEFINICIJA POŽARA .....	2
2.	UTJECAJ POŽARA U ZATVORENNOM PROSTORU .....	4
2.1.	ELABORAT ZAŠTITE OD POŽARA .....	4
2.2.	ZAKONI I PRAVILNICI ZAŠTITE OD POŽARA .....	9
2.3.	MATERIJALI U GRADITELJSTVU I NJIHOV UTJECAJ NA POŽAR .....	13
2.4.	ANALIZA FAZA POŽARA.....	15
2.4.1.	TIJEK POŽARA.....	16
2.5.	POŽARNO OPTEREĆENJE.....	19
2.6.	VATROOTPORNOST KONSTRUKCIJA .....	22
2.7.	ŠIRENJE POŽARA UNUTAR GRAĐEVINE .....	24
2.7.1.	VODORAVNO ŠIRENJE POŽARA .....	24
2.7.2.	OKOMITO ŠIRENJE POŽARA .....	26
2.8.	POŽARNI SEKTORI.....	26
2.8.1.	OBLIKOVANJE POŽARNIH SEKTORA .....	29
3.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	41
3.1.	SUSTAVI ZA GAŠENJE VODOM .....	41
3.1.1.	SPRINKLER SUSTAVI.....	41
3.1.2.	HIDRANTSKA MREŽA .....	44
3.1.3.	DRENCHER SUSTAV ZA GAŠENJE.....	46
3.1.4.	PREDODŽBA SPRINKLER SUSTAV ZA GAŠENJE VODENOM MAGLOM.....	48
3.2.	SUSTAVI ZA GAŠENJE PLINOM.....	50
3.2.1.	PLINSKI SUSTAV ZA GAŠENJE UGLJIKOVIM DIOKSIDOM .....	52
3.2.2.	SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA INERTNIM PLINOVIMA .....	53
3.2.3.	SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA PJENOM .....	54
3.3.	PROJEKTIRANJE SUSTAVA .....	55
3.3.1.	FINANCIJSKI ASPEKTI UGRADNJE SPRINKLER SUSTAVA .....	57
3.4.	SPRINKLER SUSTAV U VIŠETAŽNOM OBJEKTU .....	58
3.4.1.	ODABIR SPRINKLER SUSTAVA.....	60

3.4.3.	OPSKRBA VODOM SPRINKLER SUSTAVA.....	67
3.4.4.	IZRAČUN POTREBNE KOLIČINE VODE ZA GAŠENJE .....	70
3.4.5.	DIJELOVI SPRINKLER SUSTAVA .....	71
3.4.6.	ALARMIRANJE SPRINKLER SUSTAVA .....	83
3.4.7.	ODRŽAVANJE SPRINKLER SUSTAVA.....	84
	LITERATURA .....	92
	PRILOZI .....	93

## POPIS SLIKA

Slika 1. Predodžba shematskog prikaza sustava iz 1874. g. ....	1
Slika 2. Predodžba klasifikacije gorive tvari .....	2
Slika 3. Predodžba trokuta vatre .....	3
Slika 4. Predodžba razvoja požara u zatvorenoj prostoriji .....	16
Slika 5. Predodžba faza požara .....	17
Slika 6. Predodžba faza požara do gašenja .....	19
Slika 7. Predodžba shematskog prikaza tijeka požara krutih tvari .....	20
Slika 8. Predodžba presjeka dvokrilnih protupožarnih vrata .....	25
Slika 9. Predodžba požarnog sektora .....	27
Slika 10. Predodžba oblikovanja požarnih sektora za prostor skladišta .....	29
Slika 11. Predodžba skladišta parketa Požgaj u požaru .....	37
Slika 12. Predodžba prodajnog centra Getro u požaru .....	38
Slika 13. Predodžba skladišta Lesnine u požaru .....	38
Slika 14. Predodžba požara ugašenog jednom sprinkler mlaznicom .....	39
Slika 15. Predodžba grafičkog prikaza statističkog izvještaja BVFA .....	40
Slika 16. Predodžba shematskog prikaza suhog i mokrog sprinkler sustava .....	43
Slika 17. Predodžba vrsta ormara za hidrantsku mrežu .....	46
Slika 18. Predodžba Drencher sustava za zaštitu postrojenja .....	47
Slika 19. Predodžba usporedbe sustava za gašenje u odnosu na veličinu kapljice .....	49
Slika 20. Predodžba mlaznice sustava za gašenje vodenom maglom .....	50
Slika 21. Predodžba shematskog prikaza sustava Novac 1230 s njegovim elementima .....	52
Slika 22. Predodžba gašenja postrojenja plinskim sustavom za gašenje ugljikovim dioksidom .....	53
Slika 23. Predodžba Inergen 541 sustava .....	54
Slika 24. Predodžba sustava za gašenje pjenu u hangaru za avione .....	55
Slika 25. Predodžba rada sprinkler mlaznice; aktivacija (lijevo) i kontinuirani rad (desno) .....	59
Slika 26. Predodžba dijagrama za požarnu opasnost OH2 .....	63
Slika 27. Predodžba korekcije najmanje dopuštenog specifičnog polijevanja .....	64
Slika 28. Predodžba prikaza najudaljenije točke – početak proračuna .....	65
Slika 29. Predodžba Hazen – Williams krivulje za određivanje sprinkler pumpe .....	66
Slika 30. Predodžba krivulje sprinkler pumpe dobivena software-skim alatom .....	67
Slika 31. Predodžba direktnog priključka sprinkler sustava na gradski cjevovod .....	68
Slika 32. Predodžba tlačnog spremnika za sprinkler sustav .....	69
Slika 33. Predodžba priključka sprinkler sustava na vatrogasno vozilo .....	69
Slika 34. Predodžba shematskog prikaza preljevnog spremnika .....	71
Slika 35. Predodžba shematski prikaz dijela mokrog sprinkler sustava .....	72
Slika 36. Predodžba dijela suhog sprinkler sustava .....	74
Slika 37. Predodžba mreže cjevovoda sprinkler sustava .....	75
Slika 38. Predodžba dijelova sprinkler mlaznice .....	78
Slika 39. Predodžba različitih tipova ugradnje sprinkler mlaznica .....	79
Slika 40. Predodžba sprinkler mlaznice s taljivim elementom .....	81

Slika 41. Predodžba alarmnog sprinkler ventila (lijevo) i hidrauličkog zvona (desno) .	84
Slika 42. Predodžba algoritma rada sustava .....	89
Slika 43. Predodžba ESFR mlaznice za gašenje u skladištima.....	90
Slika 44. Predodžba idejnog rješenja poboljšanog sustava (reakcija sustava lijevo; djelovanje sustava desno)	
.....	91

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Osnovni pristupi pri izradi protupožarnog elaborata .....	8
Tablica 2. Građevine skupine 2 .....	12
Tablica 3. Usporedba građevinskih materijala "EU klase" i "DIN 4102-1" .....	14
Tablica 4. Vatrootpornost konstrukcija i klasa gorivosti materijala.....	22
Tablica 5. Zavisnost veličine požarnog sektora u odnosu na visinu građevine .....	30
Tablica 6. Pregled požarnih opterećenja.....	34
Tablica 7. Izračun potrebnih tlakova i količina vode u sustavu.....	65
Tablica 8. Zaporni elementi sprinkler sustava i njihova funkcija.....	77
Tablica 9. Podjela mlaznica prema temperaturi aktiviranja .....	80
Tablica 10. Temperature aktivacije taljivog elementa i pripadajuće boje .....	82
Tablica 11. Predodžba predupravljanje dvostruke sprinkler mlaznice .....	83
Tablica 12. Usporedba vrijednosti definiranih požarnom opasnosti .....	88

## **POPIS PRILOGA**

1. Shema djelovanja
2. Dispozicija sprinkler instalacije podrum
3. Dispozicija sprinkler instalacije suteren
4. Dispozicija sprinkler instalacije prizemlje
5. Dispozicija sprinkler instalacije 1. kat
6. Dispozicija sprinkler instalacije 2. kat
7. Dispozicija sprinkler instalacije 3. kat
8. Dispozicija sprinkler stanice
9. Karakteristike mlaznica
10. Hidraulički proračun

## **POPIS OZNAKA**

BVFA – Njemačko državno udruženje protupožarne opreme i sustava

DIN – kratica istoimenog instituta koji propisuje standarde

HRN – hrvatska norma

NN – Narodne novine

VdS – propis njemačkih osiguravateljskih društva

NFPA 13 – propis SAD-a za projektiranje i izvođenje sprinkler sustava

FM Global – smjernice istoimene kompanije

EN 12845- europska norma za projektiranje, izvođenje i održavanje sprinkler sustava



## 1. UVOD

### 1.1. POVIJEST SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA

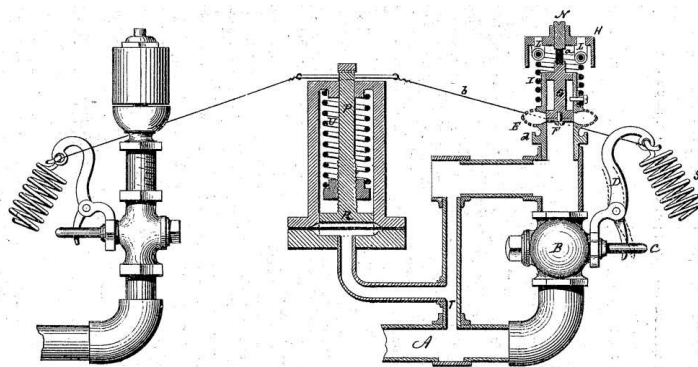
Povijest sustava za gašenje požara (sprinkler sustava) seže u daleku prošlost iz 15. stoljeća kada je domišljati izumitelj Leonardo Da Vinci instalirao prvu inačicu sustava u vlastitoj kuhinji.

Prvi moderni sustav za gašenje požara je postavljen u glasovitom West End teatru u Londonu. Arhitekt Wiliam Congreve projektirao je sustav sačinjen od 400 bačvi od dvjestotinjak litara koje su napajale cjevovod. Na cjevovodu su izbušeni provrti od pola inča na mjestima za koje arhitekt smatrao da su kritična. Taj sustav je ujedno i prvi patentirani sustav za gašenje požara.

Najčešće građevine u koje su sistemi bili ugrađivani su tvornice. Tako je Henry S. Parmalee izumio prvu automatsku mlaznicu da bi zaštitio vlastitu tvornicu glasovira. Njegovu konstrukciju je unaprijedio Frederick Grinnell da bi 1890. godine patentirao dizajn s staklenom ampulom u mlaznici, dizajn koji se u suštini do dan danas koristi.

U Hrvatskoj se kao prvi sustav za gašenje požara – sprinkler sustav, spominje onaj koji je ugrađen u tvornici tekstila u Dugoj Resi kraj Karlovca.

Razvoj sustava za gašenje požara aktivno prati brzi razvoj građevinskog sektora i nastoji biti u korak s razvojem novih materijala. Tako današnji sustavi nisu samo bazirani na sustavima za gašenjem vodom već postoji niz različitih plinova koji su neškodljivi po ljudsko zdravlje, a omogućuju višestruko brže gašenje u zatvorenim prostorima. Na slici 1. je predodžba shematskog prikaza sustava iz 1874. godine.



Slika 1. Predodžba shematskog prikaza sustava iz 1874. g.

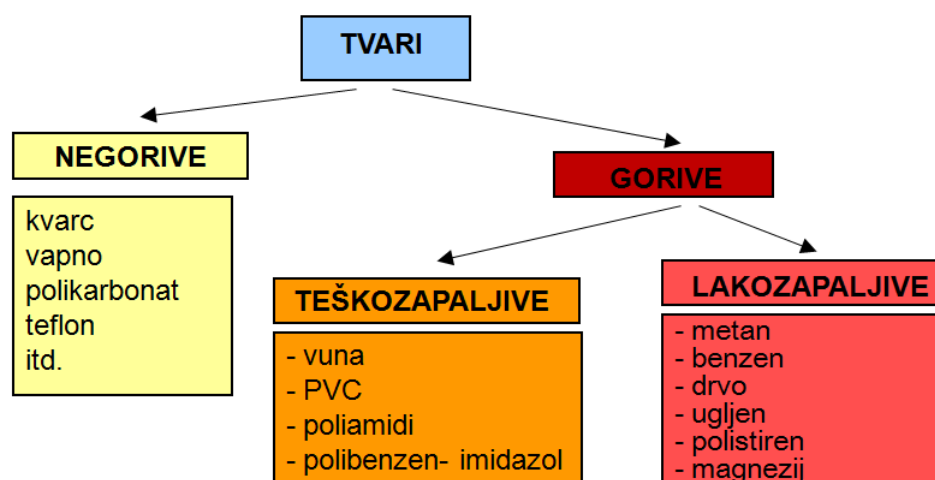
## 1.2. DEFINICIJA POŽARA

Požarom se smatra svako nekontrolirano gorenje koje ugrožava ljudsko zdravlje i život, okoliš ili nanosi materijalnu štetu. Danas je opasnost od požara posebno prisutna u granama industrije koje koriste izvore topline ili toplinske procese u proizvodnji. Zaštita od požara obuhvaća sve aktivnosti čiji je cilj smanjenje rizika nastanka požara, osiguranje brzog i učinkovitog gašenja požara ili provođenje mjera spašavanja ljudi i imovine ako požar ne možemo ugaziti samostalno.

Požari prema vrsti gorive tvari:

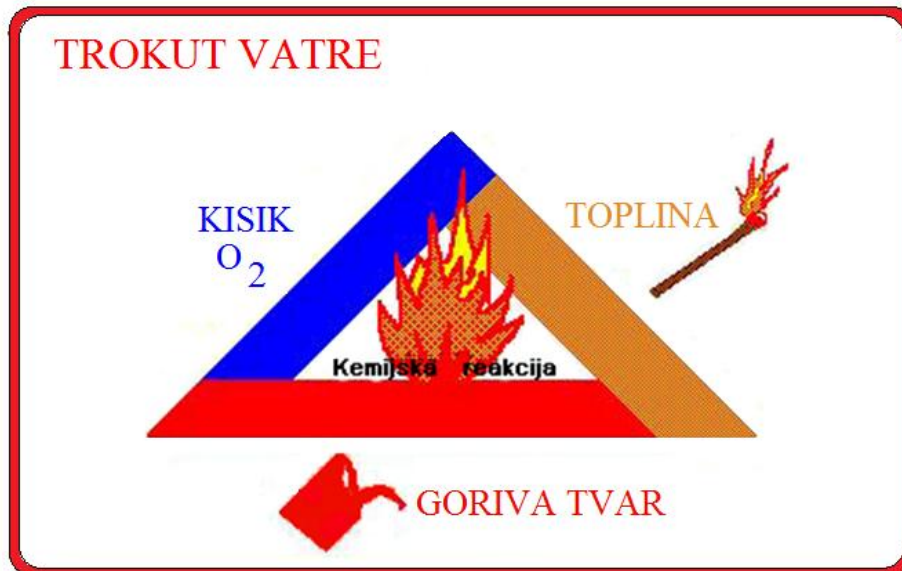
1. Požari klase A su požari krutih tvari poput papira, ugljena, drva i slično. Za gašenje se koriste sredstva poput vode, pijeska, određenih vrsti praha, pjene i haloni.
2. Požari klase B su požari zapaljivih tekućina - npr. zapaljiva ulja i slično. Gasimo ih pomoću pjene, praha, halona, ugljičnog dioksida ili raspršene vode.
3. Požari klase C su požari zapaljivih plinova. Gase se pomoću praha i halona.
4. Požari klase D su specijalni požari koji se teško gase, npr. požari lakih metala i sredstava koja su samozapaljiva i sl. Za njihovo gašenje nisu dovoljni obični vatrogasni aparati već se koriste posebni aparati sa specijalnim prahom ili suhi pijesak.

Na slici 2. prikazana je klasifikacija gorive tvari.



Slika 2. Predodžba klasifikacije gorive tvari

Proces nastanka požara je jednostavan. Potrebna je interakcija zapaljive tvari s kisikom iz zraka uz prisutnost izvora topline. Navedeni proces naziva se požarni trokut (slika 3). Toplina omogućava postizanje dovoljne temperature na kojoj će doći do zapaljenja gorive tvari, a kisik je tvar koja podržava gorenje.



Slika 3. Predodžba trokuta vatre

Uspješno gašenje požara odnosi se na uklanjanje barem jednog elementa iz navedenog požarnog trokuta.

Provođenje mjera zaštite od požara obaveza je svih pravnih osoba u Hrvatskoj. Opseg mjera koje je potrebno provoditi ovisi o djelatnosti koja se obavlja te prisutnosti opasnih i zapaljivih tvari i plinova u radnom procesu.

## 2. UTJECAJ POŽARA U ZATVORENNOM PROSTORU

### 2.1. ELABORAT ZAŠTITE OD POŽARA

Elaborat protupožarne zaštite građevine rješava, provjerava i dokazuje ispravnu provedbu propisanih mjera protupožarne zaštite. Elaborat protupožarne zaštite građevina u kojima rade, stanuju ili borave ljudi, mora osigurati nesmetanu evakuaciju iz ugrožene građevine. Sprečavanjem ugradnje zapaljivih i brzo gorivih materijala, elaboratom zaštite od požara se ujedno definira izolacija i sigurnost horizontalnih i vertikalnih površina, izlaza i putova evakuacije iz građevine.

Sustavna zaštita od požara građevine podrazumijeva organizacijske, tehničke i druge mjere i radnje za otklanjanje opasnosti od nastanka požara u građevini:

- rano otkrivanje požara u građevini
- obavješćivanje korisnika građevine o izbijanju požara
- sprječavanje širenja požara i dima u građevini te učinkovito gašenje požara u građevini
- sigurno spašavanje ljudi iz požarom ugrožene građevine
- sprječavanje i smanjenje štetnih posljedica požara u građevini.

Podaci iz elaborata služe za projektiranje mjera zaštite od požara pri izradi glavnog projekta građevine glede ispunjavanja bitnog zahtjeva zaštite od požara.

Podatci (zahtjevi i/ili ograničenja) o sustavnoj zaštiti od požara građevine koji utječu na projektiranje mjera zaštite od požara su:

1. popis propisa, normi te projekata i druge tehničke dokumentacije, literature i drugih izvora informacija koji su poslužili za izradu elaborata i utvrđivanje podataka (zahtjeva i/ili ograničenja) o sustavnoj zaštiti od požara građevine,

2. prikaz primjenjivih priznatih metoda proračuna i modela za dokazivanje ispunjavanja bitnog zahtjeva zaštite od požara (ako postoje) koji sadrži:

- nazive i verzije primjenjivih metoda i/ili modela,
- kratak opis i područje primjene,

3. spomenička svojstva kulturnog dobra koja se štite s obrazloženjem potrebe odstupanja od bitnog zahtjeva zaštite od požara pri rekonstrukciji i preporukom za odabir načina na koji se može nadomjestiti ispunjenje bitnog zahtjeva (odgovarajućim tehničkim rješenjem građevine ili drugom mjerom na pouzdani način),

4. zatečena i buduća svojstva zaštite od požara postojeće građevine u odnosu na zahtijevane elemente pristupačnosti s obrazloženjem potrebe odstupanja od bitnog zahtjeva zaštite od požara pri rekonstrukciji i preporukom za odabir načina na koji se može nadomjestiti ispunjenje bitnog zahtjeva (odgovarajućim tehničkim rješenjem građevine ili drugom mjerom na pouzdani način),

5. značajke susjednih građevina koje utječu na tehničko rješenje određivanja načina sprječavanja širenja vatre na susjedne građevine (određivanje sigurnosne udaljenosti ili požarno odijeljivanje) u glavnom projektu građevine,

6. značajke predvidive vatrogasne tehnike i njezine uporabe koje utječu na tehničko rješenje vatrogasnih pristupa (brojnost, značajke i označavanje) u glavnom projektu građevine,

7. značajke predvidivog načina uporabe građevine, požara koji može nastati u građevini te načina napuštanja odnosno spašavanja osoba iz građevine (osobito osoba smanjene pokretljivosti), koje utječu na:

- tehničko rješenje očuvanja nosivosti konstrukcije građevine u određenom vremenu u glavnom projektu građevine,
- tehničko rješenje izlaznih puteva za spašavanje osoba (broj, značajke i označavanje) u glavnom projektu građevine,
- tehničko rješenje sprječavanja širenja vatre i dima unutar građevine (broj, oblik i raspored požarnih odnosno dimnih sektora) u glavnom projektu građevine,
- tehničko rješenje granica požarnih i dimnih sektora (svojstava otpornosti na požar i/ili reakcije na požar te način izvedbe ili ugradnje) elemenata građevine koji se nalaze na granicama požarnih i dimnih

sektora – zidovi, vrata, zaklopci, brtve, premazi i drugo) u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje mobilne opreme i stabilnih sustava za gašenje požara (brojnost, način ugradnje, raspored, značajke i označavanje) u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje stabilnih sustava za dojavu požara (brojnost, način ugradnje, raspored, značajke i označavanje) u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje stabilnih sustava za hlađenje u slučaju požara (brojnost, način ugradnje, raspored, značajke i označavanje) u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje stabilnih sustava za detekciju zapaljivih plinova i para (brojnost, način ugradnje, raspored, značajke i označavanje) u glavnom projektu građevine,

– određivanje zona opasnosti od eksplozivnih plinova, para, prašina i maglica ili eksplozivnih tvari u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje protueksplozijski zaštićenih električnih i drugih uređaja i opreme te protueksplozijski izvedenih instalacija (brojnost, način ugradnje, raspored, značajke i označavanje) u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje provjetravanja i ventilacije prostora koji potencijalno mogu biti ugroženi eksplozivnom atmosferom u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje ventilacije i klimatizacije za odvođenje topline i dima u slučaju požara (način ugradnje i značajke uređaja, opreme i instalacija) u glavnom projektu građevine,

– tehničko rješenje napajanja sigurnosnih sustava u glavnom projektu građevine.

8. Značajke požara koji može nastati uslijed predvidivog načina korištenja građevine, požarne opasnosti i požarnog opterećenja pojedinih prostora u građevini te neispravnosti predvidivih funkcionalno-tehničkih sklopova građevine koji mogu prouzročiti nastajanje i omogućiti širenje požara (električne i strojarske opreme i instalacija, plinske instalacije, gromobranske instalacije, dimnjaka i ložišta), koje utječu na tehničko rješenje dano u glavnom projektu građevine,

9. zahtjeve za izradu, posjedovanje i smještaj pisane dokumentacije, uputa za rukovanje i postupanje u slučaju opasnosti od požara kao i oznaka opasnosti.

10. zahtjeve za smještaj osoba, uređaja, opreme i vozila za potrebe vatrogasne službe.

Provedene mjere moraju biti prikazane u elaboratu pregledno, tako da se na temelju tekstualnih objašnjenja, proračuna i grafičkih prikaza može pouzdano ocijeniti predviđeni, odnosno odabrani sustav protupožarne zaštite, njegova funkcionalnost i djelotvornost. Tekstualni dio elaborata uz naslov, registraciju projektne organizacije i ovlaštenje projekatanta, sadrži i popis primijenjenih propisa.

Osnovu tekstualnog dijela elaborata predstavljaju prikazi situacije građevine i prometnica, tlocrtnog rasporeda prostora, odabranih materijala i konstrukcija, putova evakuacije, požarnog opterećenja, električne instalacije i hidranata, protupožarnih aparata i dr.

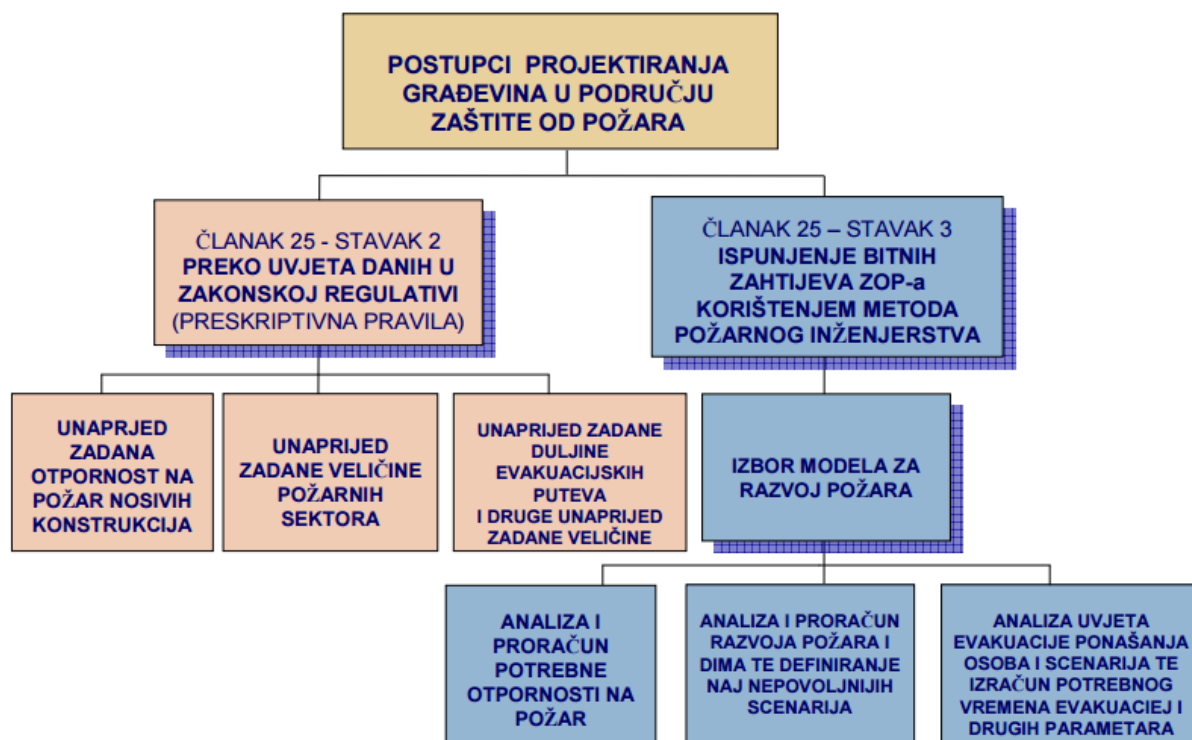
U grafičkom dijelu elaborata arhitektonski se projekti (situacija, tlocrti i presjeci) upotpunjuju prikazom provedenih mjera protupožarne zaštite. Oznake unesene u projekt obrazlažu se u posebnom prilogu legendi.

Grafički prikazi mogu sadržavati ove podatke:

1. evakuacijske putove s oznakama izlaza,
2. požarne putove, pristupnu cestu za vatrogasna vozila u slučaju vatrogasne intervencije,
3. raspored aparata za suho gašenje požara,
4. protupožarnu hidrantsku mrežu s vodom i dr.

U tablici 1. su navedeni osnovni pristupi pri izradi protupožarnog elaborata.

Tablica 1. Osnovni pristupi pri izradi protupožarnog elaborata





## 2.2. ZAKONI I PRAVILNICI ZAŠTITE OD POŽARA

Kako bi se osigurala kvaliteta, sigurnost građevine i njezinih korisnika zakonom su propisani zahtjevi koji se moraju zadovoljiti.

Pregled zakona koje mora zadovoljiti svaki projekt stabilnog sustava za gašenje:

- 1) Zakon o gradnji NN 153/13
- 2) Zakon o prostornom uređenju NN 153/13
- 3) Zakon o zaštiti na radu NN59/96, NN94/96, NN114/03, NN100/04, NN86/08, NN116/08, NN75/09, NN143/12
- 4) Zakon o zaštiti od požara NN92/10
- 5) Zakon o normizaciji NN80/13
- 6) Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti NN80/13
- 7) Zakon o građevnim proizvodima NN73/13
- 8) Zakon o državnom inspektoratu NN116/08, NN123/08, NN49/2011

U Republici Hrvatskoj su propisani zahtjevi definirani Zakonom o gradnji. Jedan od temeljnih je i onaj kojime je propisana sigurnost u slučaju izbijanja požara:

- a) nosivost građevine mora biti zajamčena propisani vremenski period,
- b) građevina mora biti projektirana na način da se širenje požara i dima svede na najmanju moguću mjeru,
- c) stanje okoliša takvo da se ograniči širenje požara na okolne građevine,
- d) projektirani evakuacijski putevi budu što kraći da se zaštiti sigurnost korisnika građevine,
- e) u slučaju potrebe za intervencijom vatrogasaca ili drugog spasilačkog tima njihova sigurnost se uzima u obzir.

Pregled pravilnika koje mora zadovoljavati svaki projekt stabilnog sustava za gašenje:

- 1) Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara NN44/12
- 2) Pravilnik o revidentima iz zaštite od požara NN141/11

- 3) Pravilnik o provjeri tehničkih rješenja iz zaštite od požara predviđenih u glavnom projektu NN88/11
- 4) Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara NN29/13
- 5) Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja NN141/11
- 6) Pravilnik o sustavima za dojavu požara NN56/99
- 7) Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada NN29/13
- 8) Pravilnik o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta NN42/05
- 9) Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava NN39/06
- 10) Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda NN132/2008, NN147/2009, NN87/2010, NN129/2011
- 11) Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri uporabi radne opreme NN 21/08
- 12) Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava NN 39/2006
- 13) Pravilnik o sigurnosnim znakovima NN 29/2005
- 14) Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom NN 88/12
- 15) Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja NN 141/11
- 16) Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša te strojeva i uređaja s povećanim opasnostima NN114/02
- 17) Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima NN 51/08
- 18) Tehnički propis o građevnim proizvodima NN33/10, NN87/10, NN146/10, NN81/11, NN100/11, NN130/12, NN81/13
- 19) Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije NN05/10
- 20) Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrade NN03/07

Svi navedeni pravilnici razvijaju se sukladno pravilnicima koje propisuje Europska unija.

Propisi u RH primjenjuju se slijedećim redoslijedom:

- a) stabilni sustavi za gašenje požara definirani su hrvatskim zakonima, pravilnicima i uredbama,
- b) nužne mjere zaštite od požara preuzete su iz međunarodnih propisa,

- c) projektiranje, izvođenje i održavanje su detaljno definirani u međunarodnim standardima i normama i kako takvi prihvaćeni sa strane RH (VdS, CEA 4001 EN, EN 12845, NFPA13)
- d) dodatne norme i standardi koje zahtjevaju naručitelji građevina ili osiguravajuće kuće.

Prema zahtjevnosti mjera zaštite od požara građevine se dijele na:

- građevine skupine 1 – manje zahtjevne građevine i
- građevine skupina 2 – zahtjevne građevine.

Podaci za projektiranje mjera zaštite od požara u glavnom projektu, koji je sastavni dio potvrde glavnog projekta, građevinske dozvole, odnosno rješenja za građenje prema propisima kojima se uređuje područje građenja, dobivaju se iz elaborata zaštite od požara koji je poslužio kao podloga za njegovu izradu.

Elaborat zaštite od požara izrađuje se samo za građevine skupine 2.

U tablici 2 dan je pregled građevina koje spadaju u skupinu građevina skupina 2.

Tablica 2. Građevine skupine 2

**Tablica 1: PRIMJERI RAZVRSTAVANJA PROSTORA PREMA POŽARNOJ OPASNOSTI**

Prostori	Požarna opasnost		
	manja	srednja	velika
Industrijski	ciglane i betonare, proizvodnja stakla i keramike, proizvodnja papira u mokrom području, proizvodnja konzervi, proizvodnja elektronike, proizvodnja napitaka, strojogradnja i sl.	proizvodnja kruha, prerada i obrada kože, tekstila i umjetnih materijala, proizvodnja gume, tlačno lijevanje plastike, proizvodnja kartona, sastavljanje vozila i kućanskih aparata i sl.	proizvodnja namještaja i drvenih vezanih ploča (iverica, šperploča, furnira i sl.), tkaonice, predionice, proizvodnja papira u suhom području, prerada papira, mlinovi, proizvodnja stočne hrane, proizvodnja krovne ljeperke i pjenastih materijala (spužvi), proizvodnja i prerada zapaljivih lakova, boja i ljepila, lakirnice i uređaji za nanošenje praha, rafinerije, tiskare, petrokemijska industrija, uljne kalionice, farmaceutska industrija i sl.

**Tablica 1: PRIMJERI RAZVRSTAVANJA PROSTORA PREMA POŽARNOJ OPASNOSTI**

Prostori	Požarna opasnost		
	manja	srednja	velika
Prodajni, trgovački skladišni	negorivi materijali i proizvodi s manjim udjelom i negorive ambalaže (npr. keramika, napici, cvijeće i sl.)	gorivi materijali i proizvodi (npr. skladišta drva na otvorenom, namještaj, gume, ambalaža, knjige, bijela tehnika, elektronika, tekstil, prehrambeni proizvodi, kemijska sredstva za čišćenje, foto oprema, pekame i sl.)	lako zapaljivi materijali (npr. boje i lakovi, otpala, stari papir, drvo, pamuk, pjenasti materijali (spužve), skladišta špedicije i sl.)
Uredski, smještajni, uslužni, ugostiteljski, kulturo-zabavni	ulazni prostori i predprostori (čekaoonice): sportskih dvorana, kinodvorana, kazališta, upravnih zgrada, zdravstvenih ustanova, odvjetničkih i drugih ureda, i sl.	uredi, kuhinje, ugostiteljski objekti (hoteli, hosteli, pansioni, restorani, cafe barovi i dr.), studentski i učenički domovi, arhivi, knjižnice, banke, pošte, obrazovne i znanstvenoistraživačke ustanove, zdravstvene ustanove i domovi za starije i nemoćne, poljoprivredne zgrade, zgrade za vjerske obrede, garaže	diskoteke, kinodvorane, gledališta dvorana i druga mjesta gdje se okuplja veliki broj ljudi; prostori za prikupljanje otpada

**Tablica 1: PRIMJERI RAZVRSTAVANJA PROSTORA PREMA POŽARNOJ OPASNOSTI**

Prostori	Požarna opasnost		
	manja	srednja	velika
Industrijski	ciglane i betonare, proizvodnja stakla i keramike, proizvodnja papira u mokrom području, proizvodnja konzervi, proizvodnja elektronike, proizvodnja napitaka, strojogradnja i sl.	proizvodnja kruha, prerada i obrada kože, tekstila i umjetnih materijala, proizvodnja gume, tlačno lijevanje plastike, proizvodnja kartona, sastavljanje vozila i kućanskih aparata i sl.	proizvodnja namještaja i drvenih vezanih ploča (iverica, šperploča, furnira i sl.), tkaonice, predionice, proizvodnja papira u suhom području, prerada papira, mlinovi, proizvodnja stočne hrane, proizvodnja krovne ljeperke i pjenastih materijala (spužvi), proizvodnja i prerada zapaljivih lakova, boja i ljepila, lakirnice i uređaji za nanošenje praha, rafinerije, tiskare, petrokemijska industrija, uljne kalionice, farmaceutska industrija i sl.

**Tablica 1: PRIMJERI RAZVRSTAVANJA PROSTORA PREMA POŽARNOJ OPASNOSTI**

Prostori	Požarna opasnost		
	manja	srednja	velika
Prodajni, trgovački skladišni	negorivi materijali i proizvodi s manjim udjelom i negorive ambalaže (npr. keramika, napici, cvijeće i sl.)	gorivi materijali i proizvodi (npr. skladišta drva na otvorenom, namještaj, gume, ambalaža, knjige, bijela tehnika, elektronika, tekstil, prehrambeni proizvodi, kemijska sredstva za čišćenje, foto oprema, pekame i sl.)	lako zapaljivi materijali (npr. boje i lakovi, otpala, stari papir, drvo, pamuk, pjenasti materijali (spužve), skladišta špedicije i sl.)
Uredski, smještajni, uslužni, ugostiteljski, kulturo-zabavni	ulazni prostori i predprostori (čekaoonice): sportskih dvorana, kinodvorana, kazališta, upravnih zgrada, zdravstvenih ustanova, odvjetničkih i drugih ureda, i sl.	uredi, kuhinje, ugostiteljski objekti (hoteli, hosteli, pansioni, restorani, cafe barovi i dr.), studentski i učenički domovi, arhivi, knjižnice, banke, pošte, obrazovne i znanstvenoistraživačke ustanove, zdravstvene ustanove i domovi za starije i nemoćne, stambene zgrade, poljoprivredne zgrade, zgrade za vjerske obrede, garaže	diskoteke, kinodvorane, gledališta dvorana i druga mjesta gdje se okuplja veliki broj ljudi; prostori za prikupljanje otpada

### 2.3. MATERIJALI U GRADITELJSTVU I NJIHOV UTJECAJ NA POŽAR

Vrsta građevinskog materijala od kojeg se sastoji sama konstrukcija građevine direktno utječe na brzinu širenja požara, vrstu i količinu produkata izgaranja. Materijal utječe i na samu vatrootpornost građevinske konstrukcije te na veličinu požarnog opterećenja.

Na ponašanje građevinskih materijala u požaru utječe:

- vrsta
- oblik
- presjek
- dimenzija
- specifična površina materijala
- način obradivosti
- spojevi s drugim elementima.

Poznavanje ponašanja materijala je bitno jer su oni u požaru podvrgnuti fizikalno - kemijskim promjenama koje utječu na njihova osnovna svojstva te tako i na stabilnost objekta.

Osnovna podjela građevnih materijala prema gorivosti je na gorive i negorive materijale.

S obzirom na njihovo ponašanje pri gorenju te stupnjem opasnosti klasificiramo ih prema Euro – klasi :

A1 = materijal koji ne doprinosi požaru

A2 = materijal koji zanemarivo malo doprinosi požaru

B = materijal koji u fazi razvoja požara vrlo malo doprinosi razvoju požara

C= materijali koji imaju mogućnost zapaljenja te kod požara vrlo ograničeno širenje i oslobađanje energije

D = materijali koji imaju mogućnost zapaljenja ,te kod požara ograničeno širenje i prihvatljivo oslobađanje energije

E = materijali koji kod izuzetno malog požara ( plamen šibice ) imaju zapaljivost i širenje plamena

F = materijali bez zahtjeva glede ponašanja u požaru (lako zapaljivi materijali )

U tablici 3. Prikazana je usporedba građevinskih materijala "EU klase" i "DIN 4102-1"

Tablica 3. Usporedba građevinskih materijala "EU klase" i "DIN 4102-1"

<i>POŽARNA SITUACIJA</i>	<i>EU-KLASA</i>	<i>DOPRINOS POŽARU</i>	<i>DIN 4102-1</i>	<i>OPIS MATERIJALA</i>	<i>DOSADAŠNJI POSTUPCI ISPITIVANJA</i>	<i>NOVI POSTUPCI ISPITIVANJA</i>
<b>PUNI POŽAR</b>	<b>A</b>	Ne pridonosi požaru	<b>A1</b>	Negoriv	DIN - peć	Slično DIN- peći
	<b>B</b>	Vrlo malo pridonosi požaru	<b>A2</b>	Negoriv	DIN - peć	Slično DIN- peći
<b>ZAPALJENI PREDMETI</b>	<b>C</b>	Mali doprinos požaru	<b>B1</b>	Teško zapaljiv	Požarno okno	SBI - test
	<b>D</b>	Zanemariv doprinos požaru	<b>B2</b>	Teško zapaljiv	Požarno okno	SBI - test
<b>MALI PLAMEN</b>	<b>E</b>	Normalan doprinos požaru	<b>B2</b>	Normalno zapaljiv	Mali plamenik	Slično malom plameniku
	<b>F</b>	Veliki doprinos požaru	<b>B3</b>	Lako zapaljiv	-	-

## 2.4. ANALIZA FAZA POŽARA

Kako bi se ograničio tijek širenja požara unutar građevine potrebna je analiza tijeka požara u zatvorenom prostoru, vatrootpornosti konstrukcije i evakuacije.

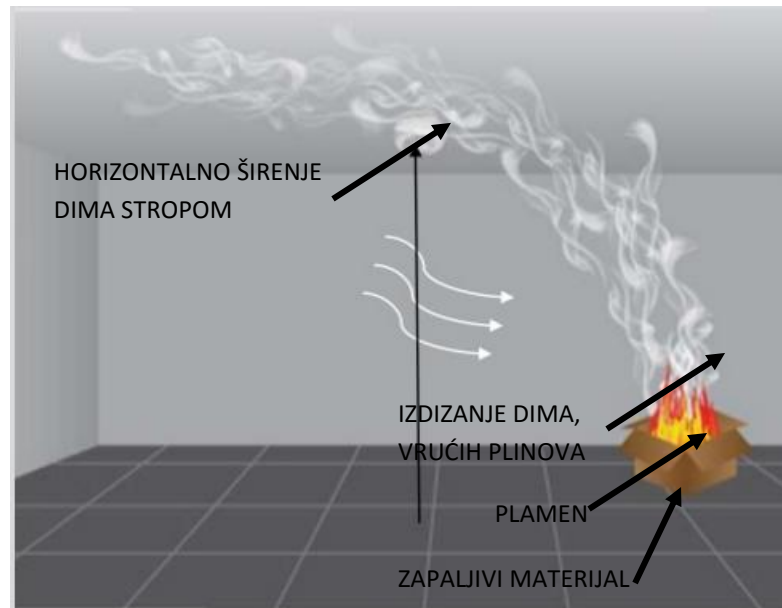
Prevenција, pristup gašenja požara i opasnosti po gasitelje također ovisi o tijeku požara u prostoriji.

Nastanak i širenje požara u zatvorenoj prostoriji ovisi o nizu čimbenika:

- imobilnom i mobilnom požarnom opterećenju,
- rasporedu gorivog materijala,
- količini zraka koji pritječe kroz prozore, vrata, ventilaciju i reške,
- stanju ili obliku gorivog materijala (specifična površina),
- brzini gorenja,
- uzroku požara (odbačeni opušak cigarete, namjerna paljevina na više mjesta, eksplozija),
- instaliranim uređajima za suzbijanje požara i za zaštitu od dima,
- djelotvornosti protupožarnog sustava i drugo.

U zatvorenoj prostoriji pri požaru, dim i vrući požarni plinovi brzo se dižu prema stropu i dalje se horizontalno rasprostiru ispod stropa i ispunjavaju prostoriju. Najviše se zagrijevaju strop i gornje površine zidova koji zatim zrače toplinu na dijelove prostora koji nisu zahvaćeni požarom.

Na slici 4. je predodžba razvoja požara u zatvorenoj prostoriji.



Slika 4. Predodžba razvoja požara u zatvorenoj prostoriji

Temperature požara dostižu do  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  i zbog toga je izuzetno bitno da strop i zidna obloga pri vrhu budu od negorivih materijala. Što je strop niži, tj. bliži materijalu koji gori, zračenje je veće.

U zatvorenoj prostoriji za vrijeme trajanja požara temperature se razlikuju od poda do stropa. Iz toga proizlazi da materijali za podne obloge zahtijevaju manju otpornost na toplinu od materijala koji se koriste za stropne ili zidne obloge. I uz tu činjenicu, podovi obloženi gorivim materijalom mogu biti put za širenje požara u zgradi pa o tome treba voditi računa.

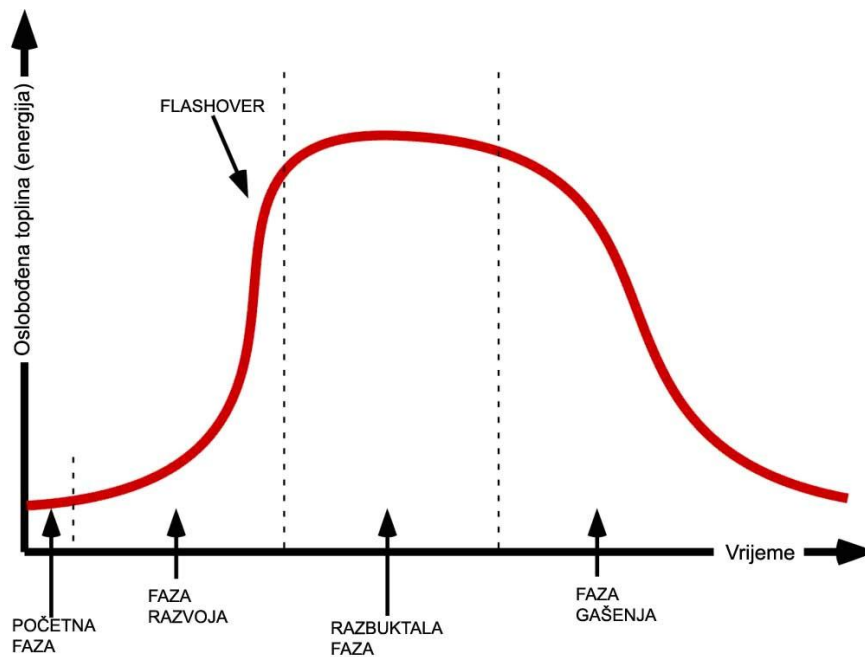
#### 2.4.1. TIJEK POŽARA

Tijek požara se dijeli u četiri faze:

- a) početna faza
- b) faza razvoja
- c) razbuktala faza
- d) faza gašenja



Na slici 5. je predodžba faza požara.



Slika 5. Predodžba faza požara

### Početna faza

Vrijeme od nastanka požara u zatvorenoj prostoriji do trenutka naglog porasta temperature naziva se početna faza. Ova faza je različitog trajanja, a može trajati od nekoliko minuta do nekoliko sati. Može se dodatno raščlaniti fazu paljenja i fazu tinjanja.

U fazi paljenja dolazi do zapaljenja lako zapaljivih materijala bilo kakvim niskoenergetskim izvorom paljenja.

U fazi tinjanja dolazi do postepenog porasta temperature zbog zapaljenja normalno zapaljivih materijala, a počinju se paliti i materijali koji spadaju u klasu teško zapaljivih materijala.

Trajanje početne faze najviše ovisi o vrsti gorive tvari i pritjecanju svježeg zraka (količine kisika). U tom vremenu vatra tinja i oslobađaju se dim i toplina, posljedica čega je povećanje tlaka u prostoriji. Problemi nastaju ako je požar započeo u predjelu konstrukcije nedostupne pogledu, npr. između dvostrukih podova, iznad spuštenih stropova, unutar šupljih zidova ili unutar energetskih kanala. Požar će se u tom slučaju

neprimjetno razvijati tinjanjem i širiti se unutar šupljine u kojoj je nastao. U fazi tinjanja neugodni učinak požara je velika količina dima koja se može razviti do takvih razmjera da u potpunosti ispuni prostoriju. Ovisno o tvari koja gori, vidljivost se vrlo brzo smanjuje. Plinovi i dim koji nastaju u početnoj fazi opterećuju konstrukciju građevine. Zbog toga je nužno postići pravodobno i učinkovito odvođenje dima iz požarnog sektora. Odvođenje dima bitno radi zaštite ljudi i usporavanja i širenja požara.

#### Faza razvoja požara

Ova faza obilježena je prepoznatljivim učincima požara: jakom svjetlošću, velikom toplinom, otvorenim plamenom te velikom brzinom širenja požara. Uslijed pretlaka u prostoriji dolazi do pucanja stakla na prozorima. Ulazi svježi zrak i plinovi sagorijevaju trenutno u vidu plamena. Nakon pritjecanja zraka dolazi do naglog porasta temperature i stvaranja uvjeta za razbuktavanje požara. Ova faza požara ima uzlaznu liniju veoma brzog širenja sve do razine nekontroliranog stanja - flashover. U okruženju gorivih materijala požar veoma brzo, u roku od 15 minuta, dosiže temperaturu iznad 800 °C. Pri toj temperaturi gore svi gorivi materijali u prostoriji, a požar počinje djelovati i na konstrukciju građevine.

Požar se širi po prostoriji, pri čemu se vertikalno širenje plamena odvija brže od horizontalnog, jer toplina prenesena konvekcijom predgrijava gorivi materijal koji je iznad plamena i ubrzava njegovo sagorijevanje. Preventivna mjera zaštite je izvođenje zidnih i stropnih obloga od negorivog materijala

#### Razbukta faza požara

Nakon faze razvoja slijedi faza razbuktanog požara tijekom koje su požarom zahvaćeni svi gorivi materijali i konstrukcije. Temperature dosižu iznose i do 1150 °C.

U toj fazi postoji najveća opasnost od popuštanja nosivosti građevinskih konstrukcija i elemenata, njihovog razaranja i opasnost od širenja požara na okolne prostore. U toj fazi izdrže isključivo konstrukcije od negorivih materijala, koje uz to imaju i zahtijevanu vatrootpornost. Faza razvoja i razbukta faza mogu trajati nekoliko sati ako zgrada ima visoko požarno opterećenje, tj. dok ne izgori sav gorivi materijal. Nakon toga temperatura počinje opadati i požar ulazi u zadnju fazu.

Na slici 6. je predodžba faza požara do gašenja



Slika 6. Predodžba faza požara do gašenja

### Faza gašenja požara

Postupnim padom temperature, požar slabi, ostaci gorivih materijala tinjaju, dok se požar potpuno ne ugasi, a temperatura u prostoriji vrati na početnu. Faza gašenja može nastupiti i aktiviranjem stabilnih sustava za gašenje požara i / ili intervencijom vatrogasnih postrojbi.

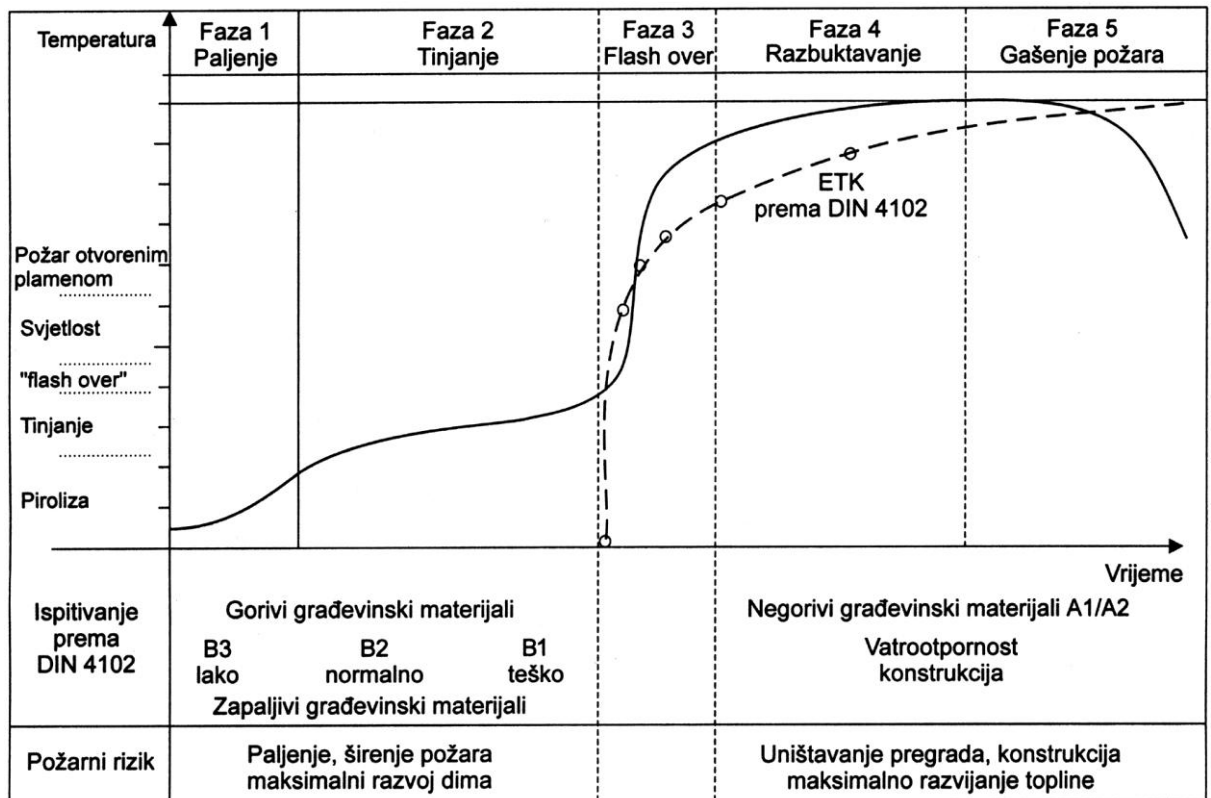
Ako se ne računa vrijeme početne faze požara, može se reći da je vrijeme razvoja požara i razbuktale faze, kod većine požara, kraće od vremena gašenja.

## **2.5. POŽARNO OPTEREĆENJE**

Ovisno o količini gorivih materijala u prostoriji (najčešće ovisi o namjeni zgrade), za različite zgrade postoji mogućnost različitog intenziteta razvitka požara. Intenzitet razvitka požara, a time i jačina kojom će se širiti i uništavati dio po dio zgrade, ovisi o požarnoj kategoriji pod nazivom požarno opterećenje.

Požarno opterećenje je količina topline koja se oslobađa gorenjem gorive tvari. Ovisi o količini gorive tvari. Požarno opterećenje čine svi gorivi materijali u nekoj prostoriji, pa će razvitak požara biti intenzivniji ako u nekom prostoru ima više gorivih materijala.

Na slici 7. je predodžba shematskog prikaza tijeka požara krutih tvari.



Slika 7. Predodžba shematskog prikaza tijeka požara krutih tvari

Osnovna podjela požarnog opterećenja nekog prostora dijeli se na:

- IMOBILNO POŽARNO OPTEREĆENJE
- MOBILNO POŽARNO OPTEREĆENJE

Imobilno požarno opterećenje čine svi gorivi materijali ugrađeni u određeni prostor – vrata, prozori, podne i stropne obloge, krovne konstrukcije itd.

Mobilno požarno opterećenje su svi uskladišteni materijali u tom prostoru – oprema, namještaj, uskladištena roba. Požarno opterećenje izračunavamo za pojedinu prostoriju, grupu ili cijelu građevinu. Ukupno požarno opterećenje dobiva se zbrajanjem imobilnog i mobilnog požarnog opterećenja (jedinica GJ).

Specifično požarno opterećenje dobiva se tako da se izračuna prosječni iznos ukupnog požarnog opterećenja po četvornom metru podne površine promatranog prostora (GJ/m<sup>2</sup>).

Podjela na osnovu specifičnog požarnog opterećenja:

1. NISKO POŽARNO OPTEREĆENJE (obiteljske kuće , škole , radionice , hoteli...)

- do 1 GJ/m<sup>2</sup>

2.SREDNJE POŽARNO OPTEREĆENJE (prodavaonice , tvornice)

- do 2 GJ/m<sup>2</sup>

3.VISOKO POŽARNO OPTEREĆENJE (skladišta gorivog materijala , drvna industrija, biblioteka )

- preko 2 GJ/ m<sup>2</sup>

Trajanje požara ovisi o požarnom opterećenju, odnosno o količini gorive tvari po jedinici površine prostorije i njegovoj toplinskoj moći. Ovisi i o veličini požarnog sektora.

## 2.6. VATROOTPORNOST KONSTRUKCIJA

Na osnovu požarnog opterećenja može se predvidjeti trajanje požara, što upućuje na odabir građevinskih materijala za izradu objekta, odnosno njihovu vatrootpornost. Nosive građevinske konstrukcije trebale bi imati vatrootpornost toliko koliko bi požar trajao.

Tablica 4. prikazuje odnos vatrootpornosti konstrukcija i klasa gorivosti materijala iz kojih su izgrađene sukladno kojem će se konstrukcija i ponašati u požaru.

Tablica 4. Vatrootpornost konstrukcija i klasa gorivosti materijala

KLASA VATROOTPORNOSTI	KLASA GORIVOSTI MATERIJALA SASTAVNICA		OZNAKA PO NORMI HRN DIN 4102
	NOSIVI DIO	OSTALI DIJELOVI	
<b>F 30</b>	B	B	F 30 - B
	A	B	F 30 - AB
	A	A	F 30 - A
<b>F 60</b>	B	B	F 60 - B
	A	B	F 60 - AB
	A	A	F 60 - A
F 90	B	B	F 90 - B
	A	B	F 90 - AB
	A	A	F 90 - A
F 120	B	B	F 120 - B
	A	B	F 120 - AB
	A	A	F 120 - A
<b>F 180</b>	B	B	F 180 - B
	A	B	F 180 - AB
	A	A	F 180 - A

Bitno je voditi računa pri određivanju i najmanje vatrootpornosti (F30-A). Primjerice čeličnu konstrukciju koja zadovoljava sastavnicu klase A, treba obvezno zaštititi nekim od potvrđenih sustava za zaštitu čelika, da bi postigla otpornost klase F30.

Isto vrijedi i za armirano-betonske konstrukcije, gdje postoji zahtjev da su klasificirane kao klasa (F) ako se uzgrađuju sukladno strogim uvjetima iz HRN DIN 4102-4.

Ako se radi o drvenoj konstrukciji ona će uvijek dobiti klasifikaciju F(30,60,90) - B jer je osnovni nosivi element konstrukcije gorivi materijal (drvo), koji da bi bio vatrootporan treba biti zaštićen potvrđenim sustavom. Kod drveta treba voditi računa da ista konstrukcija neovisno o zahvatima na zaštiti, ne može dobiti klasifikaciju A jer drvo ne može postati negoriv materijal. Ono može samo od klase gorivosti B2 prijeći u klasu gorivosti B1 uz uporabu premaza ili impregnatora.

Kriterij požarne otpornosti je gubitak nosivosti, cjelovitosti i/ili toplinske izolacije uzorka. Procjenjuje se da element nije više požarno otporan kada su premašeni sljedeći kriteriji:

a) najveći dopušteni progib:

- međetažne konstrukcije:  $D=L^2/400d(\text{mm})$

- zidovi:  $C=h/100(\text{mm})$

b) dopuštena brzina progiba:

- međetažne konstrukcije:  $dD/dt=L^2/900d(\text{mm}/\text{min})$

- zidovi:  $dC/dt=3h/1000(\text{mm}/\text{min})$

c) cjelovitost: pojava napuklina, zapaljenje pamučne vate, neprekinuto gorenje na neizloženoj strani.

d) izolacija: prekoračenje dopuštenog povećanja prosječne temperature 140K, odnosno 180K na pojedinom mjestu.

e) toplinsko zračenje: prekoračenje razine toplinskog zračenja 15kW/m<sup>2</sup>.

f) mehanička čvrstoća: prekoračenje kriterija R;E i/ili I kod udarca na element.

## 2.7. ŠIRENJE POŽARA UNUTAR GRAĐEVINE

Način širenja požara unutar građevine može biti:

- VODORAVAN
- OKOMIT

Svaki od ova dva načina može se proširiti direktnim plamenom ili prijenosom topline. U prvom slučaju, direktnim plamenom podrazumijeva prijelaz plamena iz prostorije u prostoriju kroz građevinski otvor, ventilaciju ili slučaj da je plamen prodro kroz konstrukciju koja je dijelila dva susjedna prostora.

Prijelaz topline je moguć na tri načina:

- a) strujanjem (konvekcijom) zraka koje je posljedica pretlaka
- b) provođenjem (kondukcijom) topline putem konstrukcije
- c) zračenjem (radiacijom) topline koju prenose elektromagnetski valovi

### 2.7.1. VODORAVNO ŠIRENJE POŽARA

Definirano je kao širenje požara unutar jedne etaže. Može se podijeliti na slijedeće načine:

- putem vatroneotpornih zidova
- putem vrata
- putem prozora
- putem nezaštićenih otvora u zidovima.

Vatroneotporne zidove čine sve nenosive pregradne konstrukcije koje imaju svrhu samo fizičkog odvajanja prostora unutar jednog požarnog sektora.

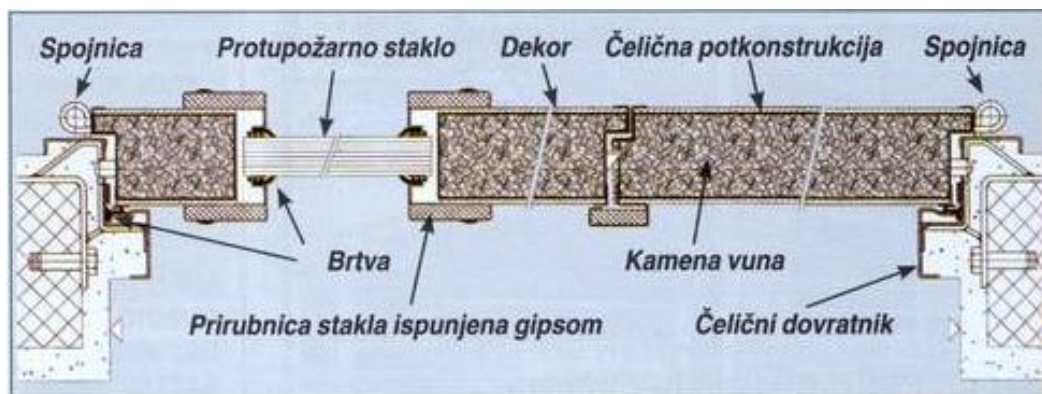
Protupožarni zid je samostalna konstrukcija, koja potpuno dijeli dva prostora po širini i visini. Njegova vatrootpornost mora biti minimalno 90 minuta. Kada protupožarni zid presijeca krov on mora biti minimalno 30 cm iznad za nisko požarno opterećenje, te 100 cm za visoko požarno opterećenje. U takvom zidu se ne izvode otvori. Osim ako to nije neophodno, uz uvjet da su otvori zatvoreni vatrootpornim vratima ili zaklopkama.



Takva vrata moraju imati ugrađen uređaj za automatsko zatvaranje te mogućnost ručnog zatvaranja i otvaranja, kako bi se mogla izvršiti intervencija gašenja - ulazak vatrogasaca, ili evakuacije osoba koje nisu uspjele izaći.

U slučaju širenja požara putem vrata najčešći je slučaj širenja požara na hodnik pa u ostale prostorije. Kako bi se odvojili požarni sektori ugrađuju se protupožarna vrata E60 ili E90.

Na slici 8. je predodžba poprečnog presjeka dvokrilnih protupožarnih vrata.



Slika 8. Predodžba presjeka dvokrilnih protupožarnih vrata

Požar se može proširiti putem prozora u slučaju da je plamen izbio kroz prozor jedne prostorije i uz utjecaj vjetra zahvaća susjedni prozor na istoj etaži. Namjena otvora u zidovima je najčešće u svrhu ventilacije ili su ti proboji u svrhu prolaza energetskih kablova. Kako bi se zaštili prostori u ventilacijskim kanalima na mjestu otvora, u zidovima se ugrađuju vatrootporne zaklopke koje imaju svrhu sprječavanja prolaza plamena i topline kroz kanal. Proboji za energetske kablove zaštićuju se posebnim vatrootpornim materijalima koji svojim svojstvom širenja na visokim temperaturama sprječavaju širenje požara.

### 2.7.2. OKOMITO ŠIRENJE POŽARA

Okomito širenje požara definirano je kao prijelaz požara s etaže na etažu.

Dijeli se na:

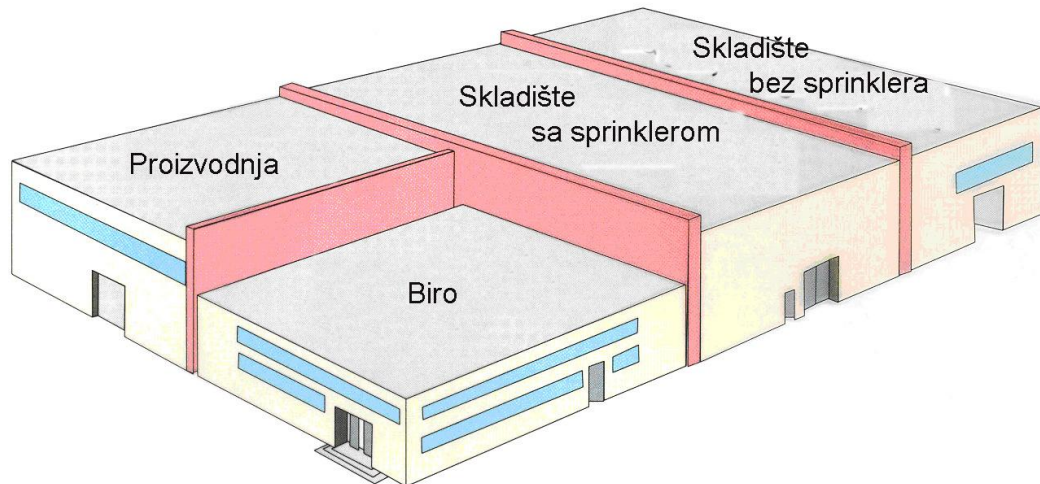
- širenje preko vatroneotporne međukatne konstrukcije
- širenje preko stubišta i dizala
- širenje preko prozora
- širenje preko nezaštićene otvore

Vatroneotporne konstrukcije su najčešće drvene. Kod urušavanja takve konstrukcije dolazi do prijelaza požara na drugu etažu. U stubištima i oknima dizala u slučaju požara stvara se efekt “dimnjaka“ – brzo okomito strujanje zraka. Zbog toga su najčešće definirani kao zasebni požarni sektor. Požar se može proširiti putem prozora jer se vrući plinovi i plamen uzdižu uz fasadu. Gorive vanjske obloge na taj način prenese požar na etaže koje se nalaze iznad prozora.

### 2.8. POŽARNI SEKTORI

Kako bi se učinkovito spriječilo širenje požara unutar građevine, vrši se podjela na manje cjeline ili požarne sektore. Podjela ovisi o namjeni (stambenoj, poslovnoj, zdravstvenoj, obrazovnoj, industrijskoj i dr.), ali ostalim parametrima kao što su visina građevine, vatrootpornost građevine, visina požarnog opterećenja, zaposjednutost prostora, instalirani stabilnim sustavima za gašenje itd. Definirana je važećim hrvatskim propisima i pravilima tehničke prakse.

Na slici 9. je predodžba požarnih sektora.



Slika 9. Predodžba požarnog sektora

**Požarni sektor** je prostor čija ograničenja čine građevinske konstrukcije i elementi (zidovi, međukatne konstrukcije, vrata, prozori, zaklopke) određene vatrootpornosti.

**Vatrootpornost požarnog sektora** je vrijeme za koje se požar neće proširiti na okolne požarne sektore niti s okolnih prostora na promatrani požarni sektor. Pretpostavka je da će u tom vremenu požar biti lokaliziran.

Prema propisima i pravilima tehničke prakse se u posebne požarne sektore izdvajaju:

- prostori s povećanim požarnim opterećenjem,
- prostori s povećanim stupnjem opasnosti od izbijanja požara i eksplozija,
- horizontalni i vertikalni putovi za izlaženje i provođenje akcije spašavanja i gašenja,
- horizontalni i vertikalni kanali (ventilacijskih i klimatizacijskih sustava i slično) koji međusobno povezuju više požarnih sektora,
- ventilacijske i klimatizacijske komore,
- prostor za smještaj dizala i pripadajućih pogonskih uređaja,

- prostori u koje su smješteni uređaji, oprema, sredstva i mediji za gašenje požara,
- prostori za smještaj uređaja za povišenje tlaka,
- podrumске i tavanske etaže,
- i drugi prostori s povećanom opasnosti od izbijanja požara i/ili eksplozija.

Prema zahtjevima najveću vatrootpornost na granicama požarnog sektora imaju protupožarni zidovi slijede ih međukatne konstrukcije, a najmanju vrata i zaklopke na otvorima u zidovima ili međukatnim konstrukcijama.

Vatrootpornost požarnog sektora primarno ovisi o:

- visini požarnog opterećenja,
- otpornosti građevine na požar,
- vrijednosti sadržaja,
- katnosti građevine,
- vrsti tehnološkog procesa,
- načinu dojave požara,
- ugrađenim sustavima za automatsko otkrivanje požara,
- ugrađenim stabilnim sustavima za gašenje,
- spremnosti i blizini vatrogasne postrojbe.

Požarni sektor može biti jedna prostorija, grupa prostorija ili cijela građevina. Kod višekatnih građevina, bez vatrootpornih međukatnih konstrukcija, prema propisima sve etaže spadaju u isti požarni sektor. Razna istraživanja su pokazala da ukoliko se građevina sastoji od jednog požarnog sektora, pri nesmetanom širenju požara uz toplinski uzgon vrućih plinova, do krova četveroetažne građevine požar će se proširiti u roku šest minuta. Kada se zbog tehnološkog procesa ne može izvesti protupožarni zid, prostor se može razdijeliti vodenom zavjesom - drenčer sustavom, koji nema

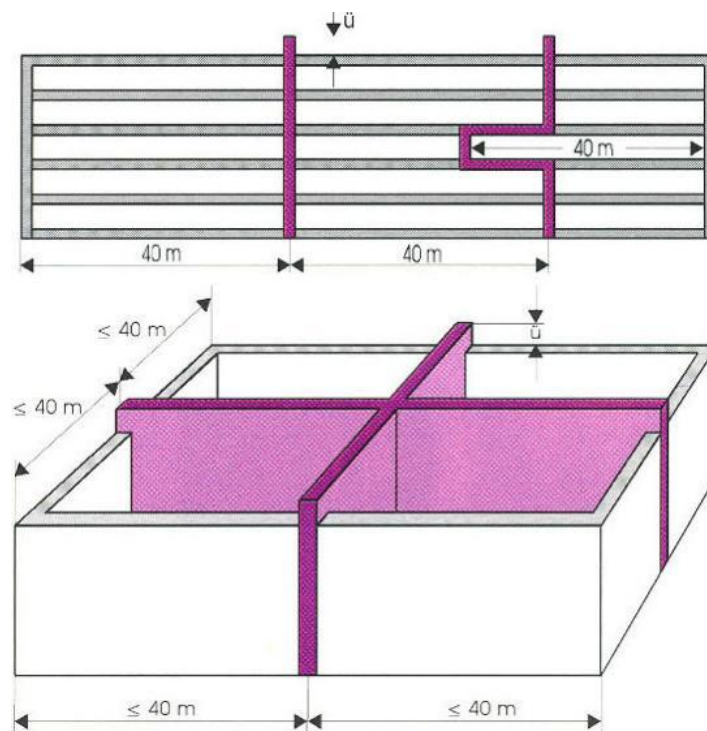
učinkovitost potpunog razdvajanja prostora na dva požarna sektora, ali sprječava širenje vatre i dima na okolne prostore.

### 2.8.1. OBLIKOVANJE POŽARNIH SEKTORA

Prema posebnim propisima za određenu vrstu građevine, veličine požarnih sektora određuju se prema nizu čimbenika kao što su:

- a) požarno opterećenje,
- b) otpornost građevine na požar,
- c) podjeli na katove,
- d) vrste tehnološkog procesa unutar građevine,
- e) postojanje uređaja za automatsko gašenje požara,
- f) postojanje uređaja za automatsko otkrivanje požara i dr.

Na slici 10. je predodžba oblikovanja požarnih sektora za prostor skladišta.



Slika 10. Predodžba oblikovanja požarnih sektora za prostor skladišta

Vrijedećim hrvatskim propisima možemo naći podatke o načinu oblikovanja požarnih sektora u građevinama. Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu objekata od požara, preuzetim NN 53/91. navodi se – građevine se dijele na požarne sektore, čija veličina ovisi o visini građevine, kako je prikazano u tablici 5.

Tablica 5. Zavisnost veličine požarnog sektora u odnosu na visinu građevine

VISINA GRAĐEVINE U METRIMA	VELIČINA POŽARNOG SEKTORA U m <sup>2</sup>
od 22 do 40	do 1500
od 41 do 75	do 1000
od 76 do 100	do 800
više od 100	do 500

Pravilnik definira požarne sektore na slijedeći način:

- ako je površina jednog kata građevine visine do 40 m manja od polovice površine predviđene u tablici 5, požarni sektor može obuhvaćati dva kata,
- duljina jedne strane požarnog sektora iznosi najviše 60 m,
- dopušteno je spajanje dva požarna sektora ukoliko su između njih vrata otporna na požar najmanje 60 minuta, koja se pri pojavi dima automatski zatvaraju,
- pri spajanju požarnih sektora na građevinama višim od 100 m mora se napraviti tampon-zona pomoću dvoja vrata koja su otporna na požar najmanje 60 minuta,

- pregradni zid koji odvaja požarne sektore mora presijecati cijelu konstrukciju,
- ako se građevina ili dijelovi građevine grade sa složenim oblicima tlocrta, pri dijeljenju građevine na požarne sektore udaljenost pregradnog zida od unutarnjeg kuta građevine mora iznositi najmanje 5 m,
- horizontalna prekidna udaljenost na mjestu pregradnog zida koja odvaja požarne sektore iznosi najmanje 1 m,
- nosivi elementi i konstrukcije i elementi putova za evakuaciju, s kojih se požar može prenijeti iz jednog požarnog sektora u drugi sektor ili s jednog kata na drugi kat, izvode se od negoriva građevnog materijala otpornoga prema požaru najmanje 90 minuta,
- svaki požarni sektor građevine mora biti pristupačan preko najmanje jednoga sigurnosnog stubišta ili preko najmanje dva međusobno neovisnih stubišta,
- jedno od neovisnih stubišta ne mora voditi u prizemlje ukoliko vodi u građevinu ili drugu građevinu, koja je niža od 22 m i povezana je s drugim stubištem što vodi izvan građevine,
- sigurnosno stubište mora biti osigurano tako da vatra i dim ne prodiru sve dok traje požar u građevini i mora biti pristupačno iz svih prostorija jednog požarnog sektora putovima koji nisu ugroženi požarom,
- najdulji put iz neke prostorije u jednom požarnom sektoru do stubišta ne smije biti dulji od 30 m - za građevine visine do 75 m, odnosno 20 m – za građevine više od 75 m,
- požarni sektor u prostorijama ispod razine terena ne smije iznositi više od 250 m<sup>2</sup> i mora biti odvojen zidom otpornim prema požaru 90 minuta,
- vrata u jednom požarnom sektoru, koja povezuju pojedine prostorije s putovima za evakuaciju, moraju biti otporna prema požaru 90 minuta,
- vrata što spajaju požarne sektore moraju imati mehanizam koji ih uvijek drži zatvorenima. Ako se, zbog tehnoloških ili drugih razloga vrata drže otvorenima, ona moraju imati mehanizam što ih u trenutku pojave dima zatvara,
- zidovi prostorije za skupljanje otpadaka iz vertikalnih kanala moraju biti otporni prema požaru najmanje 90 minuta, a prostorija mora biti poseban požarni sektor,

- svaki požarni sektor u građevini mora biti povezan najmanje s jednim dizalom za prijevoz osoba,
- dizalo mora biti opremljeno uređajima što omogućuju da se, u slučaju pojave požara, u požarnom sektoru u kojem se dizalo nalazi, kabina automatski dovede u prizemlje i da se, nakon izlaska osoba, dizalo automatski isključi iz rada,
- glavni naponski vodovi, a i ostali vodovi koji prolaze kroz jedan požarni sektor ili više požarnih sektora, postavljaju se tako da se preko njih ne može prenijeti vatra s jednog kata na drugi kat, odnosno iz jednoga požarnog sektora u drugi požarni sektor,
- za svaki požarni sektor izgrađuje se, u pravilu, poseban sustav za klimatizaciju odnosno provjetranje. Iznimno, ako se ne može izbjeći spajanje dva ili više požarnih sektora kanalima za klimatizaciju ili provjetranje, na mjestima na kojima ovi kanali prolaze kroz stropove i zidove, što odvajaju požarne sektore, moraju se postaviti zaklopke otporne prema požaru, koje se automatski, pri pojavi dima ili povećanoj toplini zatvaraju.

Prema Pravilniku o zaštiti od požara u skladištima (NN 93/08.) skladišta se prema površini dijele na:

- a) mala skladišta – površine požarnog sektora do 1000 m<sup>2</sup>,
- b) srednja skladišta – površine požarnog sektora iznad 1000 do 3000 m<sup>2</sup>,
- c) velika skladišta – površine požarnog sektora iznad 3000 do 6000 m<sup>2</sup>,
- d) skladišta površine požarnog sektora iznad 6000 m<sup>2</sup>.

Požarni sektori skladišta se oblikuju na sljedeći način:

- skladište mora biti zaseban požarni sektor i u pravilu obuhvaća najviše jednu etažu,
- iznimno, požarni sektor skladišta može obuhvaćati i do najviše dvije etaže (prizemlje i etažu ispod ili iznad prizemlja), ukoliko ukupna površina poda obje etaže ne prelazi 6000 m<sup>2</sup>,
- požarnom sektoru skladišta može pripadati prostorija skladištara sa sanitarnim čvorom ukupne površine do 20 m<sup>2</sup>,



- otpornost na požar građevinskih elemenata na granici požarnih sektora te nosivih građevinskih elemenata prostora različite namjene skladišta, a koje se smatraju dijelom jedne tehnološke cjeline, ili su požarni sektori manjih skladišta, treba biti najmanje 30 minuta kod odvajanja prostora s niskim požarnim opterećenjem, 60 minuta kod odvajanja prostora sa srednjim požarnim opterećenjem odnosno 90 minuta kod odvajanja prostora s visokim požarnim opterećenjem,
- ukoliko je prostor skladišta štićen automatskim sustavom za gašenje požara sprinkler ili drugim odgovarajućim automatskim sustavom za gašenje požara, nema zahtjeva za otpornost na požar nosive konstrukcije za sva skladišta površine do 6000 m<sup>2</sup>,
- ukoliko se skladište nalazi u sastavu građevine druge namjene, za koju je propisan veći stupanj otpornosti od požara, vatrootpornost konstruktivnih elemenata tog skladišta mora biti najmanje ista kao i same građevine
- ako je nosiva konstrukcija skladišta čelična i pritom nije vatrootporno zaštićena, potrebno je dokazati da pri temperaturi od 500°C neće doći do deformacije konstrukcije koje bi izazvale oštećenja koja utječu na otpornost na požar i stabilnost konstrukcije na granici požarnih sektora kroz koje prolazi čelična konstrukcija,
- skladišta površine požarnog sektora veće od 300 m<sup>2</sup> ili požarnog opterećenja većeg od 1000 MJ/ m<sup>2</sup> moraju imati najmanje dva izlaza, razmaknuta za najmanje pola dijagonale požarnog sektora, na vanjski ili drugi siguran prostor. Kod dvoetažnih skladišta to se odnosi na svaku etažu skladišta,
- izlazi i evakuacijski putovi moraju biti raspoređeni tako da udaljenost do izlaza od bilo koje točke skladišnog prostora ne prelazi 40 m (uz zaštitu stabilnim sustavom za gašenje ili drugim odgovarajućim automatskim sustavom za gašenje požara 60 m),
- vrata, kao i svi drugi otvori u konstrukcijama na granici požarnog sektora skladišta moraju imati istu otpornost na požar kao i konstrukcija u kojoj se vrata ili otvori nalaze,
- na mjestima prolaza kroz konstruktivne elemente na granici požarnih sektora, otvori za prolaz instalacija moraju se zabrtviti materijalom jednake otpornosti na požar kao i granični konstrukcijski element,

- skladišta se mogu grijati samo trošilima na električnu energiju bez otvorenih žarnih niti, sustavom toplovodnog grijanja ili upuhivanjem toplog zraka, uz uvjet da se priprema tople vode ili zraka obavlja izvan požarnog sektora skladišta,
- punjenje viličara i/ili drugih transportnih sredstava pogonskim energentom (osim suhih baterija) nije dopušteno u prostoru požarnog sektora skladišta
- skladišta propisana odredbama ovog Pravilnika moraju biti zaštićena unutarnjom i vanjskom hidrantskom mrežom (silosi i hladnjače samo vanjskom) te aparatima za gašenje požara,

Oblikovanje požarnih sektora također treba zadovoljiti slijedeće zahtjeve navedene u tablici 6.

Tablica 6. Pregled požarnih opterećenja

Požarno opterećenje do 1 GJ/m <sup>2</sup>			
	Malo skladište	Srednje skladište	Veliko skladište
Klasično skladište	-	O ili V ili S	O i V, ili S
Visokoregalno	S	S	O i S
Požarno opterećenje iznad 1 GJ/m <sup>2</sup> do 2 GJ/m <sup>2</sup>			
	Malo skladište	Srednje skladište	Veliko skladište
Klasično skladište	O i V, ili S	O i V, ili S	O i S
Visokoregalno	S	O i S	O i S
Požarno opterećenje iznad 2 GJ/m <sup>2</sup>			
	Malo skladište	Srednje skladište	Veliko skladište
Klasično skladište	O i V, ili S	O i S	O i S
Visokoregalno	O i S	O i S	O i S

Zahtjevi za oblikovanje požarnih sektora za elektroenergetska postrojenja i uređaje prema pravilniku su sljedeći:

- kada se elektroenergetsko postrojenje postavlja u građevinu koja služi i za druge namjene, dijelovi postrojenja podložni požaru, koji sadrže ulje, moraju se smjestiti u posebne požarne sektore čiji zidovi, stropovi i podovi, moraju imati otpornost na požar od najmanje 90 minuta. Vrata između požarnih sektora moraju imati otpornost na požar kao i zid požarnog sektora,
- požarni sektori moraju imati pristup sa slobodnog prostora ili iz prostorije koja je lako pristupačna s vanjske strane. Vrata koja vode na otvoreni prostor moraju biti od negoriva materijala,
- elektroenergetski objekti i građevine u elektroenergetskim objektima unutar kojih su smještene elektroenergetska postrojenja, dijele se na požarne sektore ovisno o veličini požarne ugroženosti pojedinih prostora odnosno prostorija.
- zbog posebnosti elektroenergetskih uređaja: generatora i energetske transformatora te visokonaponskih rasklopnih postrojenja, postrojenja upravljanja i informatike kao i kablinskih tunela u hidroelektranama ti prostori čine samostalne (zasebne) požarne sektore.
- ostala elektroenergetska postrojenja kao srednjenaponski razvod, kablanski srednjenaponski razvod, agregat i druga postrojenja, mogu se grupirati u požarne sektore, ako ti prostori imaju srednje i visoko požarno opterećenje.
- druge građevine u krugu elektroenergetskog objekta čine zasebne požarne sektore ako posebnim propisima nije određeno da se moraju dijeliti na požarne sektore.
- ako se elektroenergetsko postrojenje visokog napona postavlja u stambenu ili poslovnu građevinu, bolnicu, vrtić, školu, robnu kuću ili trgovački centar, zatvorenu veliku garažu ili športski objekt, dijelovi postrojenja koji sadrže ulje moraju se smjestiti u posebne požarne sektore čiji zidovi, stropovi i podovi, moraju imati otpornost na požar od najmanje 120 minuta, a vrata između požarnih sektora moraju biti iste vatrootpornosti.

Požarni sektori u građevini u kojoj je smješteno elektroenergetsko postrojenje moraju zadovoljiti otpornost na požar u skladu s specifičnim požarnim opterećenjem i to, za:

- a) nisko požarno opterećenje do 1 GJ/m<sup>2</sup> – 30 minuta,
- b) srednje požarno opterećenje od 1-2 GJ/m<sup>2</sup> – 60 minuta,
- c) visoko požarno opterećenje preko 2 GJ/m<sup>2</sup> – 90 minuta.

## 2.9. POŽARI NA GRAĐEVINAMA I STATISTIKA

Pregled požara s najvećim materijalnim štetama u RH:

Skladište parketa Požgaj nije bilo šticeo sprinkler sustavom. Procjena materijalne šteta je približno 10 milijuna eura. Na slici 11. je predodžba skladišta parketa Požgaj u požaru.



Slika 11. Predodžba skladišta parketa Požgaj u požaru

U Osijeku je 2008. godine gotovo do temelja izgorio trgovački centar Getro. Materijalna šteta je nekoliko milijuna kuna. Na slici 12. je predodžba prodajnog centra Getro u požaru.



Slika 12. Predodžba prodajnog centra Getro u požaru

U Zadru se 2010. Godine dogodio požar u skladištu trgovačkog centra Lesnina. Procijene štete su između 2 i 5 milijuna kuna. Na slici 13. je predodžba skladišta Lesnina u požaru.



Slika 13. Predodžba skladišta Lesnina u požaru

Efikasno sprječavanje požara sprinkler sustavom dokazuje primjer požara koji se dogodio 2013. godine u dubrovačkom hotelu Lapad. Uzrok požara je bio kvar na električnoj instalaciji, nakon što je požar buknuo bila je dovoljna aktivacija jedne sprinkler mlaznice da se požar ugasi. Materijalna šteta je bila minimalna. Na slici 14. je predodžba ugašenog požara jednom sprinkler mlaznicom.



Slika 14. Predodžba požara ugašenog jednom sprinkler mlaznicom

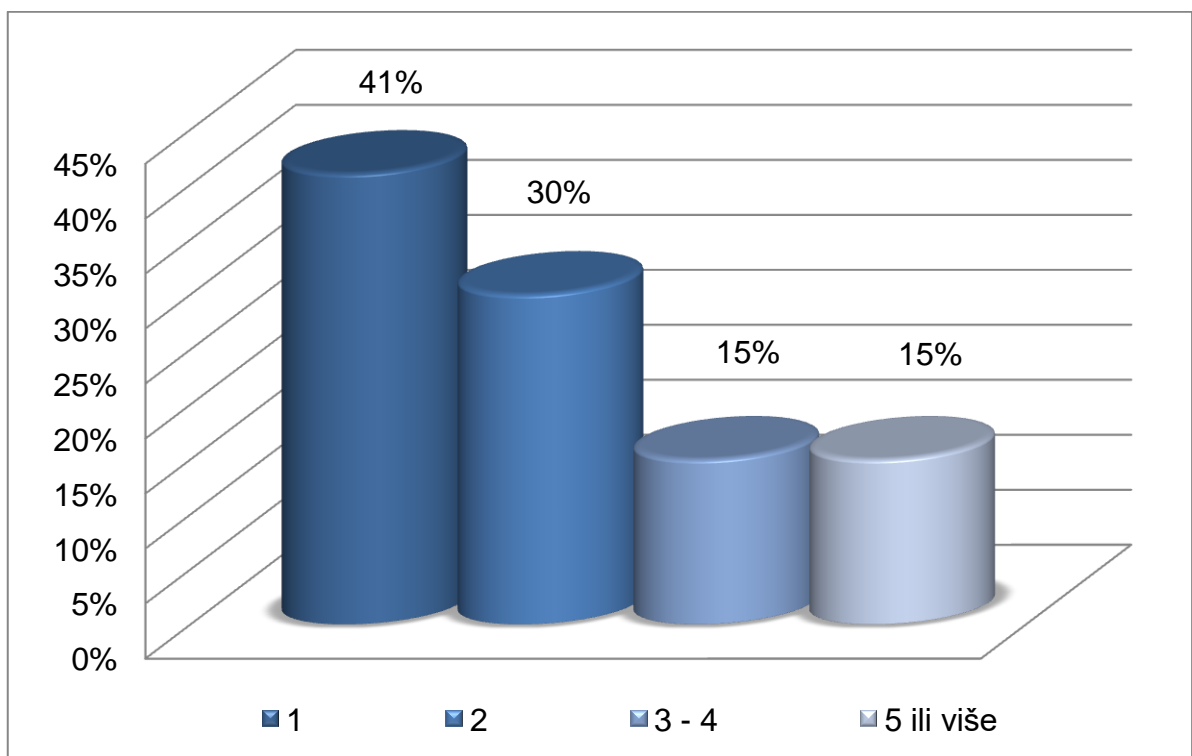
Prema zadnjem izvještaju MUP-a iz 2007. godine u razdoblju od 1996. do 2007. godine zabilježeno je ukupno 35 795 požara u građevinskim objektima pri čemu procijenjena šteta iznosi 838 175 000 kuna. Obzirom da je građevinski sektor u stalnom porastu broj požara i materijalna šteta proporcionalno rastu. Požari za koje možemo saznati iz medija su obično oni koji sa sobom nose ljudske žrtve ili katastrofalne materijalne štete. Iz gore navedenih podataka možemo vidjeti da se u prosjeku događa 11 požara dnevno u građevinskim objektima. Sprinkler sustavi dokazano sprječavaju požare a time ljudske žrtve i imovinu. Cijena samog sprinkler sustava najviše ovisi o načinu opskrbe vodom samog sustava. Ako se odabere optimalan način projektiranja za određenu građevinu, održavanje i cijena sustava su minimalan trošak u usporedbi s rizikom koji predstavlja

objekt koji nije štíćen. U određenim zemljama kao što je Wells postoji obaveza ugradnja sprinkler sustava u sve nove građevine.

U prilog tim zahtjevima je statistika koju je objavilo Njemačko državno udruženje protupožarne opreme i sustava (BVFA). U izvještaju je navedeno kako je za gašenje požara u 41% slučajeva bila dovoljna samo jedna aktivirana mlaznica. U 30% slučajeva je bilo potrebno 2 mlaznice, u 15% slučajeva su se aktivirale 3 do 4, odnosno 5 ili više mlaznica. Iz tih podataka je vidljivo da je u 86% slučajeva bilo dovoljno da se aktiviraju samo 4 mlaznice.

Na stranicama NFPA je naveden statistički podatak da je u SAD-u sprinkler sustav samostalno ugasio 96% požara nastalih u objektima štíćenim sprinkler sustavom.

Na slici 15. grafički je prikazana statistika izvješća BVFA.



Slika 15. Predodžba grafičkog prikaza statističkog izvještaja BVFA



### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. SUSTAVI ZA GAŠENJE VODOM

Sustav za gašenje požara je skup elemenata, funkcionalno povezanih i neprenosivih, (sustavi za gašenje vodom, pjenom, prahom, plinskim sredstvima i dr.) koji se rabe za gašenje požara. Mogu djelovati samostalno ili zajedno sa sustavom za dojavu požara te zaštitnim uređajima i instalacijama za sprječavanje širenja požara i nastajanje eksplozija.

Kao medij za gašenje koristi se voda zbog njenih karakteristika: laka dostupnost zbog rasprostranjenosti vodovoda i dostupnost u velikim količinama, vrlo dobra svojstva odvođenja topline - visok specifični toplinski kapacitet, široko područje primjene (osim za uređaje koji su pod naponom, zapaljive tekućine čije je vrelište do 80°C, itd.). Nedostatak gašenja pomoću vode je mogućnost nastajanja materijalne štete zbog količine vode koju je sustav ispustio za vrijeme gašenja.

##### 3.1.1. SPRINKLER SUSTAVI

Sprinkler sustav za gašenje koristi vodu. Svojim aktiviranjem istovremeno uz gašenje vrši i automatsku dojavu požara. Ključni element sprinkler sustava čine sprinkler mlaznice koje reagiraju na porast temperature u prostoru koji se štiti.

Sprinkler sustavi su najčešće ugrađivane protupožarne instalacije u svijetu, koriste se pri zaštiti različitih objekata od:

- a) malih požarnih opterećenja (hoteli, biblioteke, bolnice, muzeji, dječje ustanove, škole itd.)
- b) srednjih požarnih opterećenja (garaže, restorani, robne kuće, pogoni, štamparije, prehrambena industrija, metalna industrija, prerada kože, drva, papira, plastike, pogoni tekstilne industrije itd.)
- c) velikih požarnih opterećenja (sve vrste skladišta, kemijska industrija, tvornice boja i lakova, skladište tekstilne industrije, lakirnice, hangari itd.)

Princip rada sprinkler sustava se je slijedeći: temperatura pucanja ampule, odnosno aktiviranja sprinkler mlaznice viša je za oko 20°C od najviše očekivane radne temperature okoline. Pri pojavi požara i porastom temperature dolazi do aktiviranja sprinkler mlaznica čime je omogućen izlaz vode iz cjevovoda pod tlakom od najviše 10 bara koji je spojen na izvor vode. Princip dojava požara kod sprinkler sustava zasniva se na padu tlaka u cjevovodu do kojeg dolazi uslijed otvaranja sprinkler mlaznice.

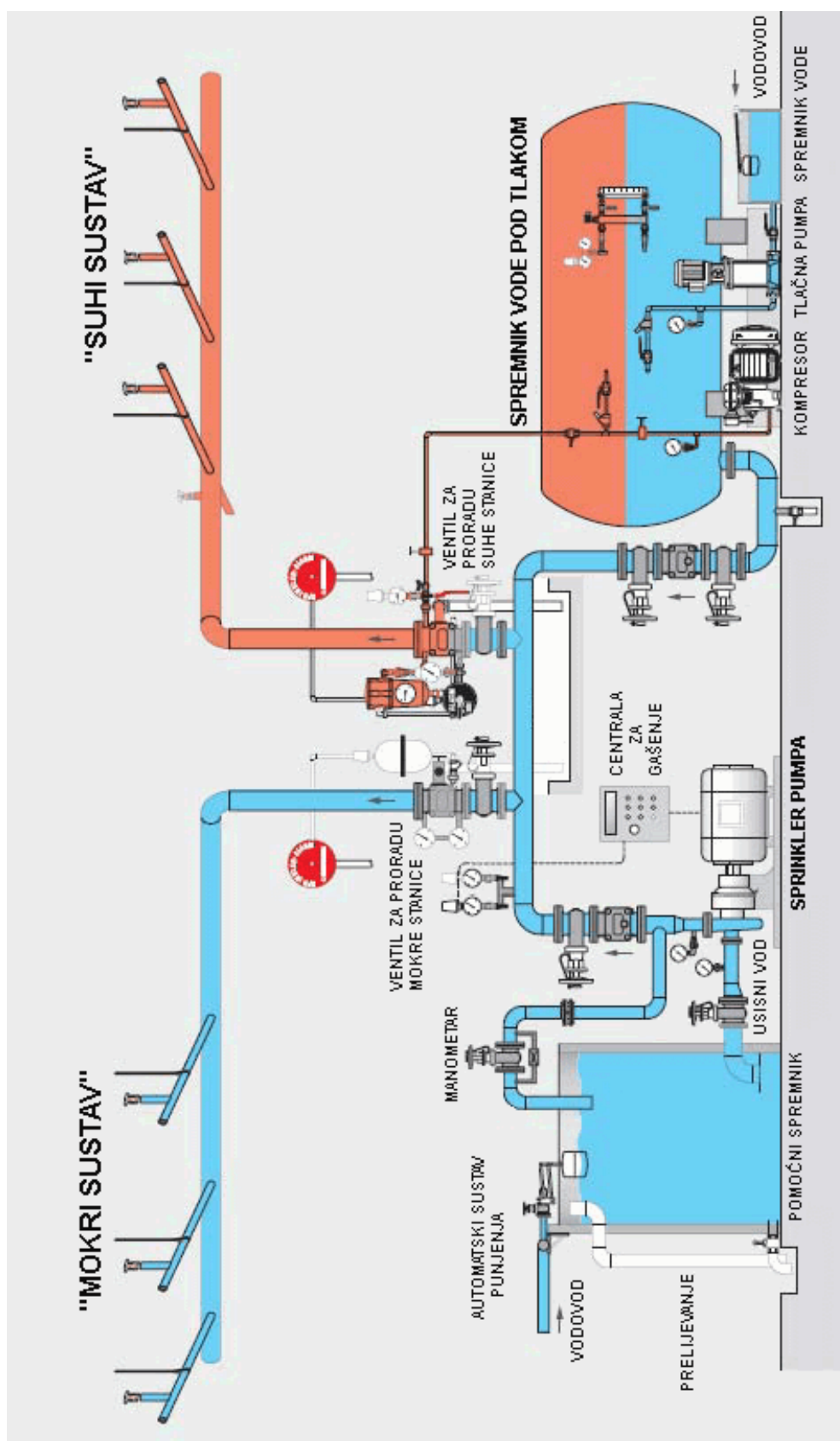
Prema načinu izvedbe razlikujemo:

- a) mokre sprinkler sustave
- b) suhe sprinkler sustave.

Mokri sprinkler sustav koristi se u prostorijama gdje nema opasnosti od zamrzavanja ili isparavanja vode.

Suhi sprinkler sustav se izvodi tako da u se cjevovodu nalazi komprimirani zrak te se koristi u prostorijama s niskim ili vrlo visokim temperaturama.

Na slici 16. je predodžba shematskog prikaza suhog i mokrog sprinkler sustava.



Slika 16. Predodžba shematskog prikaza suhog i mokrog sprinkler sustava

### 3.1.2. HIDRANTSKA MREŽA

Hidrantska mreža za gašenje požara je skup cjevovoda, uređaja i opreme kojima se voda od sigurnog izvora dovodi do štice prostora i građevina. Prema namjeni hidrantska mreža dijeli se na:

- a) unutarnju hidrantsku mrežu,
- b) vanjsku hidrantsku mrežu.

Unutarnja hidrantska mreža za gašenje požara je mreža za gašenje požara izvedena u objektu koji se štiti, a završava bubnjem s namotanim cijevima stalnog presjeka i mlaznicom ili vatrogasnom cijevi sa spojnicama i mlaznicom.

Vanjska hidrantska mreža za gašenje požara je mreža za gašenje požara izvedena izvan građevine koja se štiti, a završava nadzemnim ili podzemnim hidrantom.

Prema načinu izvedbe hidrantska mreža može biti:

- a) suha hidrantska mreža,
- b) mokra hidrantska mreža.

Suha hidrantska mreža je mreža za gašenje požara koja je suha do daljinski upravljanoj zapornog ventila, od kojeg je stalno ispunjena vodom pod tlakom.

Mokra hidrantska mreža je mreža za gašenje požara koja je stalno ispunjena vodom pod tlakom do zapornog ventila na svakom hidrantu.

Unutarnjom hidrantskom mrežom za gašenje požara moraju se štiti:

- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim propisima,
- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim uvjetima građenja iz područja zaštite od požara,
- građevine za koje je to zahtijevano prostornim planom,
- građevine koje svojim značajkama spadaju u I., II. ili III. kategoriju ugroženosti od požara sukladno odredbama Pravilnika o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara,

- objekti čija je kota poda najviše etaže namijenjene za boravak ljudi najmanje 9 m iznad najniže kote površine uz stambeni objekt koja služi kao vatrogasni pristup,
- mjesta okupljanja većeg broja ljudi u građevinama,
- garaže i parkirališta u građevinama, čija je površina veća od 100 m<sup>2</sup>,
- građevine i prostori namijenjeni trgovini čija je površina veća od 100 m<sup>2</sup>,
- podzemne etaže površine veće od 100 m<sup>2</sup>,
- mjesta stalnog zavarivanja koja se nalaze unutar građevine.

Vanjskom hidrantskom mrežom za gašenje požara obvezatno se moraju štiti:

- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim propisima,
- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim uvjetima građenja iz područja zaštite od požara,
- građevine i prostori za koje je to zahtijevano prostornim planom,
- naseljena mjesta koja imaju izgrađen vodoopskrbni sustav,
- građevine i prostori koji svojim značajkama spadaju u I., II. ili III. kategoriju ugroženosti od požara, izuzev prostora sa zaštićenom i visokokvalitetnom šumom (nacionalni parkovi i sl.) za koje će se moguća obveza izgradnje hidrantske mreže utvrditi u procjeni ugroženosti od požara.

Na slici 17. je predodžba vrsta ormara za hidrantsku mrežu.



Slika 17. Predodžba vrsta ormara za hidrantsku mrežu

### 3.1.3. DRENCHER SUSTAV ZA GAŠENJE

Drencher sustav je stabilni sustav za gašenje požara koji se projektira za slučajeve kad je moguće brzo širenje požara, s ciljem usporavanja širenja i gašenja požara.

Koristi se za odvajanje dijela prostora koji je zahvaćen požarom (vodena zavjesa), hlađenje spremnika tekućina s niskom temperaturom stvaranja plamena te gašenje postrojenja. Razlika u odnosu na sprinkler sustav je prvenstveno u tome što su mlaznice na cjevovodu otvorene, odnosno nemaju toplinski osjetljiv element. Cjevovod je povezan s izvorom vode preko drencher ventilske stanice. Na početku cjevovoda iza izvora vode nalazi se drencher ventil. Vodom iz cijevne mreže jednog drencher ventila

polijeva se istovremeno cjelokupna površina. Najčešću primjenu ovog sustava nalazimo u kazalištima, lakirnicama, naftnoj industriji, spremnicima goriva, kablovskim kanalima, postrojenjima za reciklažu, skladištima baruta itd. Obzirom da na mlaznicama nema toplinski osjetljivog elementa, a u cjevovodu je atmosferski tlak, drencher ventil se može aktivirati na različite načine. Najčešće kombinacije aktiviranja drencher ventila su pomoću ostalih sustava iz štíćenog prostora:

- pneumatski sustav (uzbudni cjevovod ispunjen zrakom do određenog tlaka)
- hidraulički sustav (uzbudni cjevovod ispunjen tekućinom)
- električki sustav (preko sustava dimnih i/ili toplinskih i/ili optičkih javljača požara i/ili sustava termovizije)
- ručno (pritiskom tipkala u štíćenom prostoru ili otvaranjem ventila za aktiviranje na samom drencher ventilu)

S jednog ili više navedenih uzбудnih sustava prosljeđuje se nalog tj. signal na upravljačku centralu drencher sustava. Nakon toga sa upravljačke centrale, poslije primitka naloga za aktiviranje, a nakon zadržke i potvrde, dolazi do otvaranja drencher ventila i gašenja požara. Na slici 18. je predodžba Drencher sustava za zaštitu postrojenja






Slika 18. Predodžba Drencher sustava za zaštitu postrojenja

### **3.1.4. PREDODŽBA SPRINKLER SUSTAV ZA GAŠENJE VODENOM MAGLOM**

Sustav gašenja s visokotlačnom maglom (Hi-Fog) funkcionira slično običnom sprinkler sustavu s važnom razlikom da je sustav pod visokim tlakom (150 bara) i ima posebne mlaznice koje raspršuju vodu u obliku mikroskopskih kapljica što ima niz prednosti:

- do deset puta manja potrošnja vode za rezultate jednake sprinkleru,
- trostruko gašenje: hlađenjem, blokiranjem zračenja i lokaliziranim smanjivanjem koncentracije kisika, zbog visokog tlaka kapljice prodiru duboko u područje požara,
- ljudi mogu ostati u prostoriji i tijekom gašenja,
- koriste se nehrđajuće cijevi manjeg promjera koje nije potrebno zavarivati što pojednostavljuje ugradnju i jamči da će iz sustava izlaziti čista voda,
- gašenje ne uzrokuje dodatnu štetu i moguć je nastavak poslovanja,
- dodatni učinak je ispiranje dima i ostalih nusproizvoda gorenja iz zraka,
- velika pouzdanost u radu,
- za još učinkovitiji rad sustav se može podijeliti na područja i povezati putem sustava dojava požara koji s obzirom na lokaciju požara otvara odgovarajući ventil i aktivira gašenje samo u prostoru s požarom (sustav drencher). Na slici 19. je predodžba usporedbe sustava za gašenje u odnosu na veličinu kapljice.



	Veličina kapljice	Broj kapljica	Vodena površina	Vrijeme/odnos uparavanja
 Sprinkler, sustavi Deluge	1	1	1	1
 Niskotlačna magla	0.1	1000	10	0,1
	0.01	1.000.000	100	0,01
 Visokotlačna magla	0.001	1.000.000.000	1000	0,003

Smanjenje veličine kapljice za 10x poveća površinu  
10x i broj kapljica 1000x

Slika 19. Predodžba usporedbe sustava za gašenje u odnosu na veličinu kapljice

Sustav gašenja s visokotlačnom maglom može u većini slučajeva jednostavno zamijeniti sprinkler sustav. Prilikom zamjene treba pripaziti na prikladnost certifikata u kojima je navedeno za kakve je dimenzije prostorija i razine ugroženosti od požara sustav certificiran.

U nekim okruženjima kao što su strojarnice s pogonskim motorima i plinskim turbinama, sustav s vodenom maglom je neophodan jer je neusporedivo učinkovitiji od drugih. U nekim je posebnim slučajevima korištenje vode kao sredstva za gašenje neprimjereno, a korištenje vodene magle u posebnim izvedbama preporuča se i za računalne centre i druge prostore sa skupim ili osjetljivim elektroničkim uređajima, medicinske dijagnostičke centre, umjetničke galerije, skladišta slika i drugih dragocjenih izložaka u kojima moramo održavati stalnu temperaturu i vlagu, muzeje, arheološke i druge zbirke neprocjenjive povijesne vrijednosti, drvene i druge osjetljive zgrade od kulturne i povijesne vrijednosti te opere, kazališta i slične dvorane.

Nedostaci u odnosu na sprinkler sustav su nešto viša cijena instalacije i može se koristiti samo za niža požarna opterećenja i do određene visine. Na slici 20. je predodžba mlaznice sustava za gašenje vodenom maglom.



Slika 20. Predodžba mlaznice sustava za gašenje vodenom maglom

### 3.2. SUSTAVI ZA GAŠENJE PLINOM

Kemijski plinovi koji se koriste za gašenje požara su:

NOVEC 1230,

FM200 i

HALON 1301.

Primarna prednosti korištenja kemijskih plinova su slijedeći:

- plin spada u „čista sredstva“ jer ne ostavlja nikakve ostatke gašenja,
- vrlo uspješno gasi (osiguran učinak gašenja),
- djeluje vrlo brzo (10 s),
- može se rabiti za gašenje širokog spektra požara,

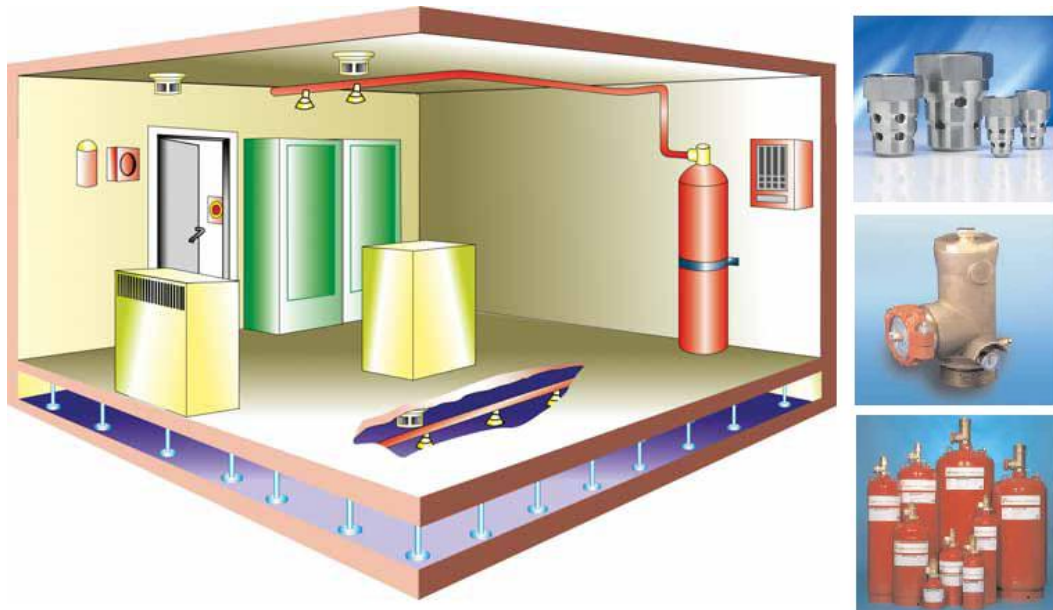
- nije štetan za ljude, okoliš i elektroničku opremu,
- sustavi za automatsko gašenje plinom su ekonomični,
- zauzima malo prostora.

Koriste se najčešće za zaštitu prostora s vrijednom opremom, ili sa opremom koja ne smije doći u doticaj s vodom. Primarno za zaštitu servera, elektro soba, arhiva, muzejskih depoa, lakirnica, itd.

Uporaba HALONA 1301 i FM 200 je ograničena zbog utjecaja na ozonski omotač prema Montrealskom sporazumu.

NOVEC 1230 je zamjensko sredstvo za halon koje ispunjava najstrože ekološke zahtjeve. U normiranim koncentracijama ne ugrožava ljudsko zdravlje, iznimno visoka efikasnost gašenja požara i inertan na provođenje električne energije.

Prema VdS ili NFPA normi sustav je projektiran tako da je moguća aktivacija automatski pomoću javljača požara, poluautomatski pritiskom tastera za aktiviranje ili ručno pritiskom ručnog okidača koji se nalazi na samoj boci. Princip gašenja požara je apsorpcija topline izgaranja i hlađenje izvora požara. Nedostatak sustava je visoka cijena koja najvećim dijelom ovisi o volumenu prostorije koja se štiti. Na slici 21. je predodžba shematskog prikaza sustava Novec 1230 s njegovim elementima.



Slika 21. Predodžba shematskog prikaza sustava Novac 1230 s njegovim elementima

### 3.2.1. PLINSKI SUSTAV ZA GAŠENJE UGLJIKOVIM DIOKSIDOM

Sustav je povezan sa sustavom za dojavu požara, a gašenje pokreće centrala za dojavu požara otvaranjem ventila ako su ispunjeni uvjeti. Ugljikov dioksid koji je pohranjen u plinovitom stanju i pod visokim tlakom prilikom požara vrlo se brzo ispušta u prostor što dovodi do naglog pada temperature koji može oštetiti elektroničku opremu. U prostoru se naglo stvara magla, što onemogućuje orijentaciju. CO<sub>2</sub> je opasan za ljude i zato sustav nije dopušten u prostorima u kojima ljudi stalno ili povremeno borave. Primjer korištenja gašenja ugljikovim dioksidom su skladišta u drvenoj industriji i automatizirana postrojenja u kojima nisu prisutni ljudi (slika 22.).



Slika 22. Predodžba gašenja postrojenja plinskim sustavom za gašenje ugljikovim dioksidom

### 3.2.2. SUSTAV ZA GAŠENJE POŽARA INERTNIM PLINOVIMA

Sustav funkcionira slično sustavu s ugljikovim dioksidom i na jednak je način povezan sa sustavom za dojavu požara. Inertni plinovi za gašenje mješavine su prirodni plinovi (inergen, argon) ili čisti prirodni plinovi (dušik, argon).

Inergen (IG 541) je komercijalni naziv za smjesu plinova koja se sastoji od 52% dušika, 42%

argona i 8% CO<sub>2</sub>. IG 55 sastoji se od 50% dušika i 50% argona. Inergen (IG 541) je specijalno razvijena mješavina inertnih plinova s dodatkom CO<sub>2</sub> iz razloga što stimulira intenzivno disanje u slučaju da se čovjek zatekne u prostoru za vrijeme gašenja, te mu pomaže unijeti dovoljnu količinu kisika u pluća.

Najčešće se koristi za zaštitu servera, elektro prostora, arhiva, muzejskih depoa, i sl. Ekološki je najprihvatljiviji. Nedostaci su mu pojava pretlaka u prostoru, velik broj boca koje su pod tlakom od 300 bara i može doći do gušenja ljudi ukoliko sustav nije pravilno projektiran. Sustav je prikazan na slici 23.



Slika 23. Predodžba Inergen 541 sustava

### 3.2.3. SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA PJENOM

Sustavi za gašenje pjenom primjenjuju se u slučajevima kada je potrebno gašenje sa velike udaljenosti te s velikom količinom pjene. To su stabilni sustavi kojima se štite objekti visokog požarnog rizika i velike vrijednosti. Mehanizam gašenja zračnom pjenom sastoji se od efekta hlađenja i zagušenja, koji se postižu prekrivanjem zapaljene površine pjenom.

Princip rada sastoji se u dovođenju vode i pjenila u mješač te dalje kroz sustav razvoda prema objektu koji se štiti. Istovremeno sa dovođenjem vode pumpa pjenila potiskuje pjenilo u mješač gdje se u traženom omjeru (1% - 6%) miješa sa vodom. Emulzija (mješavina vode i pjenila) prolazi kroz cjevovod do mlaznice na kojoj nastaje pjena miješanjem emulzije sa zrakom. Osnovni elementi sustava za gašenje pjenom su: spremnik vode, pumpa/pumpe za vodu, spremnik pjenila (koncentrata), pumpa/pumpe za pjenilo, mješač vode i pjenila, cijevna instalacija te uređaji za stvaranje pjene.

Aktiviranje gašenja požara može biti:

- ručno (zaštita nadzemnih spremnika, skladišta),
- automatsko (gašenje aviona u hangaru),
- daljinsko (luke i brodovi).

Budući da su takvi sustavi namijenjeni zaštiti skupocjene imovine i pokretnina sustav bi bilo moguće unaprijediti ugradnjom sensorima za detekciju plamena i višeosnim nosačima kojima upravljaju motori. Sustav bi na taj način postao efikasniji jer se omogućuje usmjeravanje uređaje za stvaranje pjene prema izvoru plamena, što ima za posljedicu brže i efikasnije gašenje požara. Na slici 24. je predodžba sustava za gašenje pjenom u hangaru za avione.



Slika 24. Predodžba sustava za gašenje pjenom u hangaru za avione

### 3.3. PROJEKTIRANJE SUSTAVA

Nakon što je za određenu građevinu izrađen protupožarni elaborat pristupa se projektiranju sustava za gašenje požara.

Postoji više normi koje je moguće primijeniti pri projektiranju, a najčešće se koristi ona koja omogućuje projektiranje najpovoljnijeg sustava budući da sve norme postavljaju visoke standarde. Jedinu iznimku predstavljaju hoteli jer u Pravilniku o zaštiti od požara ugostiteljskih objekata, Članak 43. Stavak 2 propisuje da stabilni sustav za gašenje požara tipa sprinkler mora biti izrađen sukladno VdS smjernicama do donošenja hrvatskih propisa.

Vrste propisa koje se u Republici Hrvatskoj koriste:

- VdS CEA 4001
- NFPA 13
- FM Global
- HRN EN 12845

#### VdS CEA 4001

Njemačko udruženje osiguravajućih kuća određuje smjernice koje se smatraju najzahtjevnijim propisom za projektiranje. Koriste ih širom svijeta a u RH su najčešće korišteni propis koji se primjenjuje kod projektiranja i instaliranja sprinkler sustava.

#### NFPA 13

Američki propis (standard) usklađen sa propisom za zaštitu života i imovine NFPA 101. Prolazi kroz promjene svakih 2 do 3 godine zbog uvrštavanja novih materijala, istraživanja i ostalih novih spoznaja. Zbog najčešćih promjena uvijek usklađen s najnovijim normama.

#### FM Global

Smjernice izdane od istoimene kompanije koja je specijalizirana za osiguranja građevina visokog rizika. Njezine smjernice se temelje na principu da je potrebno konstantno ulagati i nadograđivati sustave zaštite kako bi se rizik od požara sveo na minimum.

#### HRN EN 12845

Europska norma koja propisuje projektiranje protupožarnih sustava. Ulazom u Europsku uniju norma je prihvaćena od RH ali se u praksi ne primjenjuje jer nisu doneseni pod-akti koji bi normu prilagodili i postavili jednoznačne uvijete vezane uz primjerice odabir opskrbe vodom.



Projektiranje sprinkler sustava za pojedini građevinski objekt kreće od elaborata zaštite od požara koji definira požarnu opasnost kojoj građevina pripada. Klasifikacija požarnih opasnosti ovisi o propisu prema kojem se projektira sustav i provodi se po požarnim sektorima. Jedan građevinski objekt koji je primjerice višenamjenski, ima urede na katu koji su klasificirani kao prostor niske požarne opasnosti, a u prizemlju se nalazi skladište koje spada u visoku požarnu opasnost.

Osnovna podjela klasa požarnih opasnosti:

- a) opće klase požarnih opasnosti,
- b) proizvodne klase požarnih opasnosti,
- c) skladišne klase požarnih opasnosti.

Sukladno veličini građevine i požarnoj opasnosti definira se i način opskrbe vodom sprinkler sustava u ovisnosti o propisu po kojem se sustav projektira.

### **3.3.1. FINANCIJSKI ASPEKTI UGRADNJE SPRINKLER SUSTAVA**

#### **TROŠKOVI**

Procjene na europskoj razini govore da se trošak sprinkler sustava (oprema i instalacija) u projektima novogradnje kreće između 8 i 12 € po metru kvadratnom dok je to za stare sustave između 14 i 23 € ovisno o zahtjevnosti građevine. Na svjetskoj razini procjene su da sprinkler sustav u prosjeku čini 5% od ukupnog troška nove građevine. Osim troška opreme i njene ugradnje mora se uzeti u obzir i financijski aspekt održavanja sustava. Troškovi se ne mogu sagledati s globalne razine jer cijena poprilično varira od zemlje do zemlje ali veličina sustava ima bitan utjecaj u krajnjoj cijeni održavanja sprinkler sustava.

## PREDNOSTI

Financijske uštede mogu se sagledati kroz više segmenata. Najznačajnije uštede očituju se u građevinskom segmentu jer uvođenje sprinkler sustava direktno utječe na način projektiranja građevine. Ugrađeni sustav dozvoljava manji broj stubišta, projektiranje većih požarnih sektora, dulje evakuacijske puteve, ukida potrebu za odimljavanjem i nosi još niz sitnijih pogodnosti.

U EU ušteda se očituje kroz smanjenu ratu premija osiguranja jer sprinkler sustav nosi bonuse koji investiciju vraća u prosjeku kroz 7 do 10 godina. Nažalost u Hrvatskoj se takva politika osiguravajućih tvrtki ne primjenjuje jer je procjena da sustav povećava vrijednost nekretnine. Također uštede se ostvaruju u slučaju požara. Prilikom aktiviranja sprinkler sustava, šteta nastala uslijed razvoja požara i uslijed polijevanja vodom aktiviranih sprinkler mlaznica je prilično niža u odnosu sa načinom zaštite građevine koja koristi vatrodjavu te u slučaju požara signal prosljeđuje vatrogasnoj postrojbi koja izlazi na intervenciju. Procijenjeno je da je za slučaj aktiviranja sprinkler sustava, vrijeme potrebno da građevina bude spremna za ponovnu uporabu jedan ili dva dana nakon što se sustav stavi ponovno u funkciju i sanira šteta.

### **3.4. SPRINKLER SUSTAV U VIŠEETAŽNOM OBJEKTU**

Sprinkler sustav je sustav čija je primarna namjena sprečavanje širenja požara u građevini. Kroz više od 100 godina primjene sprinkler sustava u praksi, pokazalo da je sprinkler sustav optimalno rješenje zaštite od požara za razne namjene građevina (bolnice, hoteli, javne ustanove, trgovački centri, garaže i dr.) zbog optimalnog omjera cijene cjelokupnog sustava, djelotvornosti samog gašenja i činjenice da je u potpunosti bezopasan za ljudsko zdravlje.

Njegov princip rada koji je baziran na aktiviranju mlaznice samo u slučaju požara koji svojom toplinom dovodi do puknuća ampule, istovremeno sprječava širenje i gasi požar (slika 25).



Slika 25. Predodžba rada sprinkler mlaznice; aktivacija (lijevo) i kontinuirani rad (desno)

Nakon gašenja, zbog propisane duljine trajanja gašenja mogućnost povratnih požara svedena je na najmanju moguću mjeru. Sprinkler sustav izvodi se tako da osim što ima ulogu gašenja požara istovremeno vrši i dojavu.

Dojava je predviđena putem hidrauličkog zvona koje se aktivira pri proradi sprinkler ventila i aktivacija tlačne sklopke aktivira uzbunjivanje centralu za dojavu požara ili direktno šalje signal na zaštitarsku službu.

Dijelovi sustavi koji se ugrađuju obavezno su certificirani prema normama za sustave za gašenje požara (NFPA 13, VdS, LPCB i dr.), te nakon ugradnje ispitani od strane ovlaštene ustanove koja je obvezna ispitati funkcionalnost sustava.

Ako su prilikom izvođenja instalacija sprinkler sustava poštovane sve projektne smjernice, tada je osigurana kvaliteta i sigurnost zaštite od požara za određenu građevinu.

### 3.4.1. ODABIR SPRINKLER SUSTAVA

Za praktični dio ovog završnog rada odabran je sprinkler sustav u nekom proizvoljnom objektu na primjer trgovačkom centru s dvije etaže podzemnih garaža.

Odabrana je višenamjenska građevina kako bi se u radu pokazao sustav koji istovremeno štiti prostor koji ima tri različite namjene: funkcionalnost rada, pouzdanost rada i komfor u radu. Na podzemnim etažama odabran je garažni prostor koji je štićen suhim sprinkler sustavom, prostor trgovačkog centra i skladišta koje je štićen mokrim sprinkler sustavom. Sve je objedinjeno u jednu stanicu s zajedničkim bazenom kao izvorom vode koji napaja oba naznačena sustava.

Kao što je prethodno navedeno u radu, temelj za izradu strojarskog projekta je elaborat zaštite od požara za navedenu građevinu. Nakon što je za zaštitu od požara odabran sprinkler sustav, projektant odabire normu koju će primijeniti pri izradi protupožarnog elaborata. Po odabiru norme, projektant je dužan primijeniti sve odrednice norme pri izradi hidrauličkog proračuna koji je osnova za odabir svih dijelova instalacije sustava koji će biti ugrađen u građevinu.

Prema odabranoj normi predviđene i projektom propisane mjere za zaštitu od požara prilikom eksploatacije građevine su slijedeće:

- 1) vanjska hidrantska mreža
- 2) unutarnja hidrantska mreža
- 3) sprinkler instalacija.

Električne instalacije u objektu ne mogu biti uzrokom direktnog izvora požara kao i prisutnost otvorene vatre te se ista može pojaviti jedino uslijed iznenadnog kvara instalacija. Predviđenim načinom izgradnje i odabranom opremom u potpunosti će se osigurati traženi uvjeti zaštite na radu i zaštite od požara.

### 3.4.2. HIDRAULIČKI PRORAČUN

#### Proračun pada tlaka u cjevovodu i potrebna količina vode za gašenje

Za proračun pada tlaka vode koristi se, prema naznačenim propisima formula Hazen – Williamsa koja glasi:

$$p = 6,05 \times 105 \times d^{-4,87} \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times l \text{ (bar)} \quad (1)$$

gdje je:

$p$  - pad tlaka [bar]

$Q$  - protok vode [l/min]

$C$  - konstanta (za čelične cijevi  $C=120$ )

$d$  - unutarnji promjer cijevi [mm]

$l$  - stvarna + ekvivalentna dužina cijevi [m]

Za proračun količine vode u ovisnosti o  $K$  faktoru mlaznice i tlaku na mlaznici koristi se formula:

$$Q = K \times p \text{ [l/min]} \quad (2)$$

gdje je:

$K$  – količina vode koju daje mlaznica pri zadanom tlaku [l/min/bar].

Izračun potrebnog tlaka i količine vode može se računati se navedenim formulama i vrijednostima iz tablice sa ekvivalentnim duljinama cijevi u fazonskim komadima i ventilima.

Podaci za proračun - NFPA 13 norma

U ovom dijelu rada nalazi se model proračuna za cijelu površinu jednog etažnog dijela Garaže. Navedeni su slijedeći parametri:

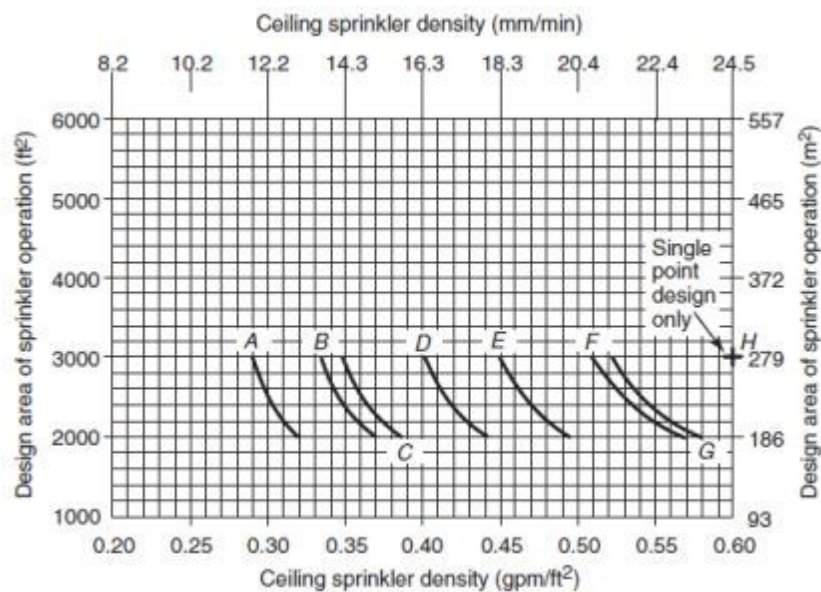
- Tip sustava: Suhi
- Požarna opasnost OH1
- Vrijeme djelovanja sprinkler sustava 60 min
- Površina djelovanja 181 m<sup>2</sup>
- Specifično polijevanje 6,1 l/min, m<sup>2</sup>
- Koeficijent mlaznice k=80
- Temperatura aktiviranja 68°C
- Dozvoljeno prekrivanje jedne sprinkler mlaznice na stropnoj mreži: 12,1 m<sup>2</sup>
- Najveći dozvoljeni razmak između dvije mlaznice 4,6 m
- Najveća dozvoljena površina štice sprinkler ventilom 4831 m<sup>2</sup>

Slijedeći niz podataka odnosi se na lokale, tehničke prostore i spremišta za cijelu površinu jednog etažnog dijela. Navedeni su slijedeći parametri sustava:

- Tip sustava: Mokri
- Požarna opasnost OH2
- Vrijeme djelovanja sprinkler sustava 60 min
- Površina djelovanja 139 m<sup>2</sup>
- Specifično polijevanje 8,1 l/min, m<sup>2</sup>
- Koeficijent mlaznice k=80
- Temperatura aktiviranja 68°C

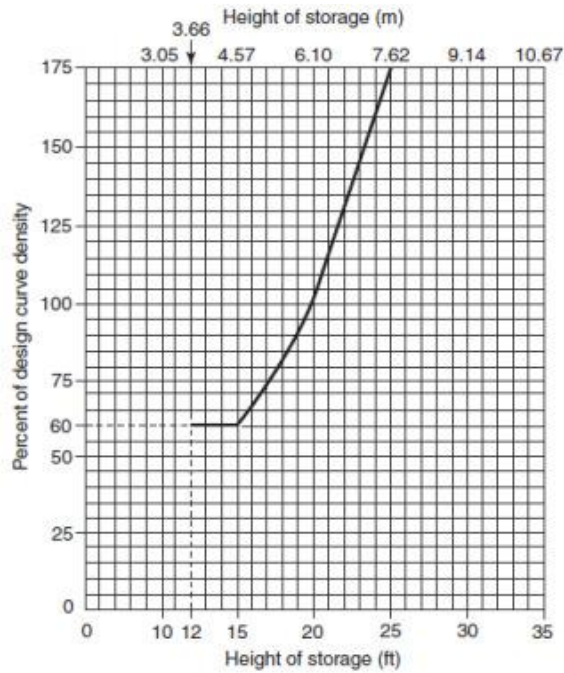
- Dozvoljeno prekrivanje jedne sprinkler mlaznice na stropnoj mreži: 12,1 m<sup>2</sup>
- Najveći dozvoljeni razmak između dvije mlaznice 4,6 m
- Najveća dozvoljena površina štice na sprinkler ventilom 4831 m<sup>2</sup>
- Najveća dozvoljena visina skladištenja 3,7 m

Iz podataka za proračun vidljivo je da za mokri dio sprinkler sustava zahtjev za specifično polijevanje vodom kompleksniji zbog udaljenosti mlaznica a ujedno je i fizički najudaljenija mlaznica dio tog dijela sustava. Na slici 26. nalazi se predodžba dijagrama za požarnu opasnost OH2.



Slika 26. Predodžba dijagrama za požarnu opasnost OH2

Potrebni proračunski parametri koji se dobiju iz navedenog dijagrama korigiraju se u odnosu na stvarnu visinu skladištenja sukladno dijagramu. Na slici 27. nalazi se predodžba korekcije najmanje dopuštenog specifičnog polijevanja.



Slika 27. Predodžba korekcije najmanje dopuštenog specifičnog polijevanja

Postupak izračuna hidrauličkog proračuna:

- 1) postupak izrade proračuna kreće od najudaljenije mlaznice na sustavu. Zahtjev je da tlak u trenutku aktivacije mlaznice iznosi najmanje 0,825 bara. Kako se ta mlaznica nalazi u prostoru koji je definiran kao požarna opasnost OH2 tada se mora zadovoljiti i specifično polijevanje od 8,1 l/min, m<sup>2</sup>.
- 2) u nastavku proračuna računu se dodaje K-faktor mlaznice, i kontrolira se da li dolazi do promjene potrebne količine vode
- 3) kako bi se osigurao jednak tlak u točkama grananja potrebno je regulirati potrebnu količinu vode
- 4) ukoliko je u mreži 2 ili više ogranaka tako da se uzimaju isti K faktori ogranaka
- 5) potrebno provjeriti da su zadovoljeni svi zahtjevi za tlakove i najmanje specifično polijevanje sustava.

Budući da je ručno računanje vrlo zahtjevan i dugotrajan proces koriste se računalni programi koji iz dizajniranih nacрта uzimaju vrijednosti i prema zadanim ulaznim parametrima definiraju tražene izlazne vrijednosti. Na slici 28. je predodžba prikaza najudaljenije točke – početak proračuna.





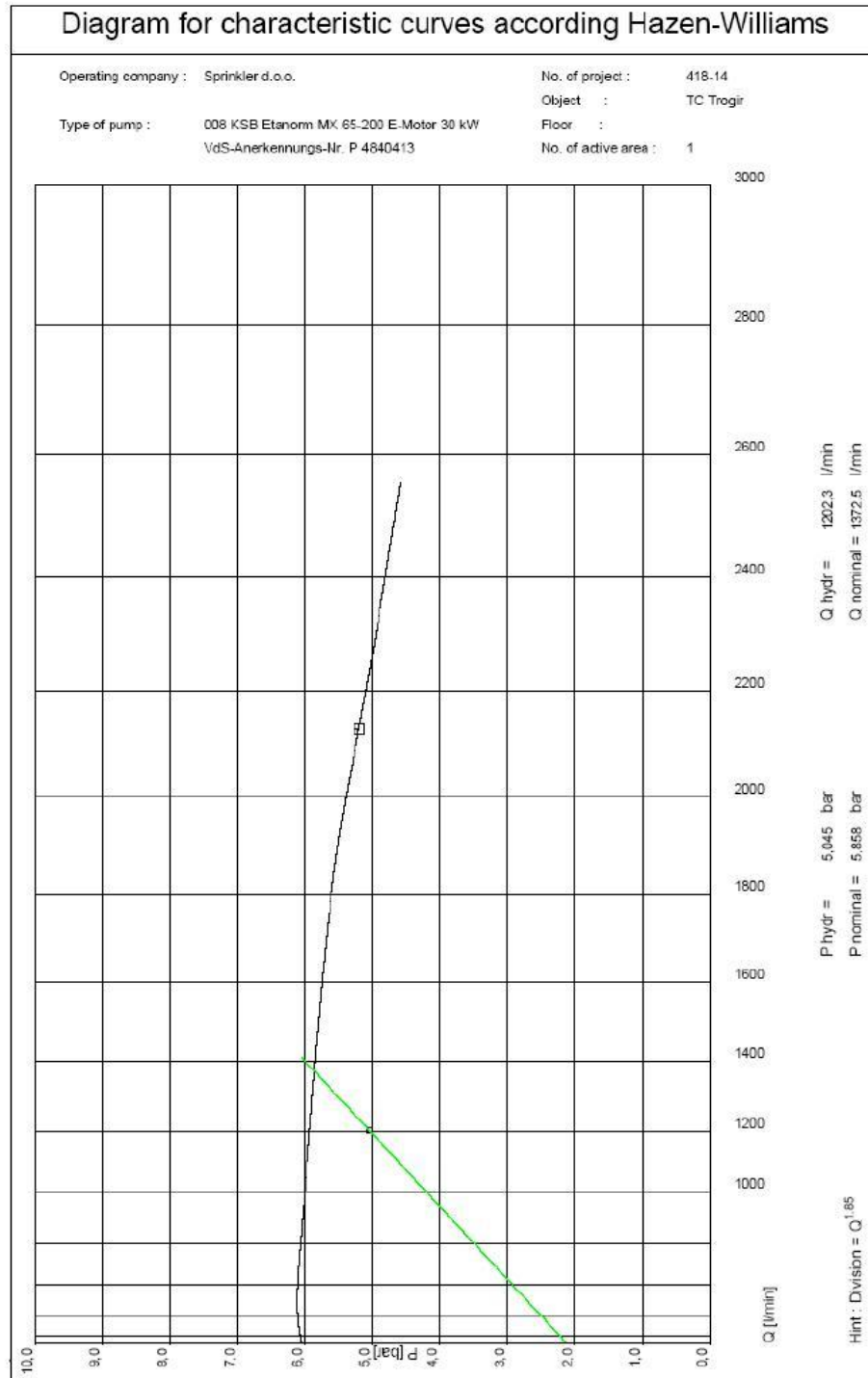
Slika 28. Predodžba prikaza najudaljenije točke – početak proračuna

U prilogu se nalazi potpuni hidraulički proračun, od početnih uvjeta do konačnih vrijednosti koje su navedene u slijedećoj tablici. Prilog sadržava i grafički 3D prikaz konstruirane cijevne mreže koja je dimenzionirana prema vrijednostima dobivenim hidrauličkim proračunom. Prema hidrauličkom proračunu potrebna količina vode prikazana je u tablici 7.

Tablica 7. Izračun potrebnih tlakova i količina vode u sustavu

H (bar)	Q (l/min)	POZICIJA	PRORAČUN
5,05	1202,32	Lokali – 6. Kat	MOKRI DIO
5,3	1429,57	Garaža - suteran	SUHI DIO

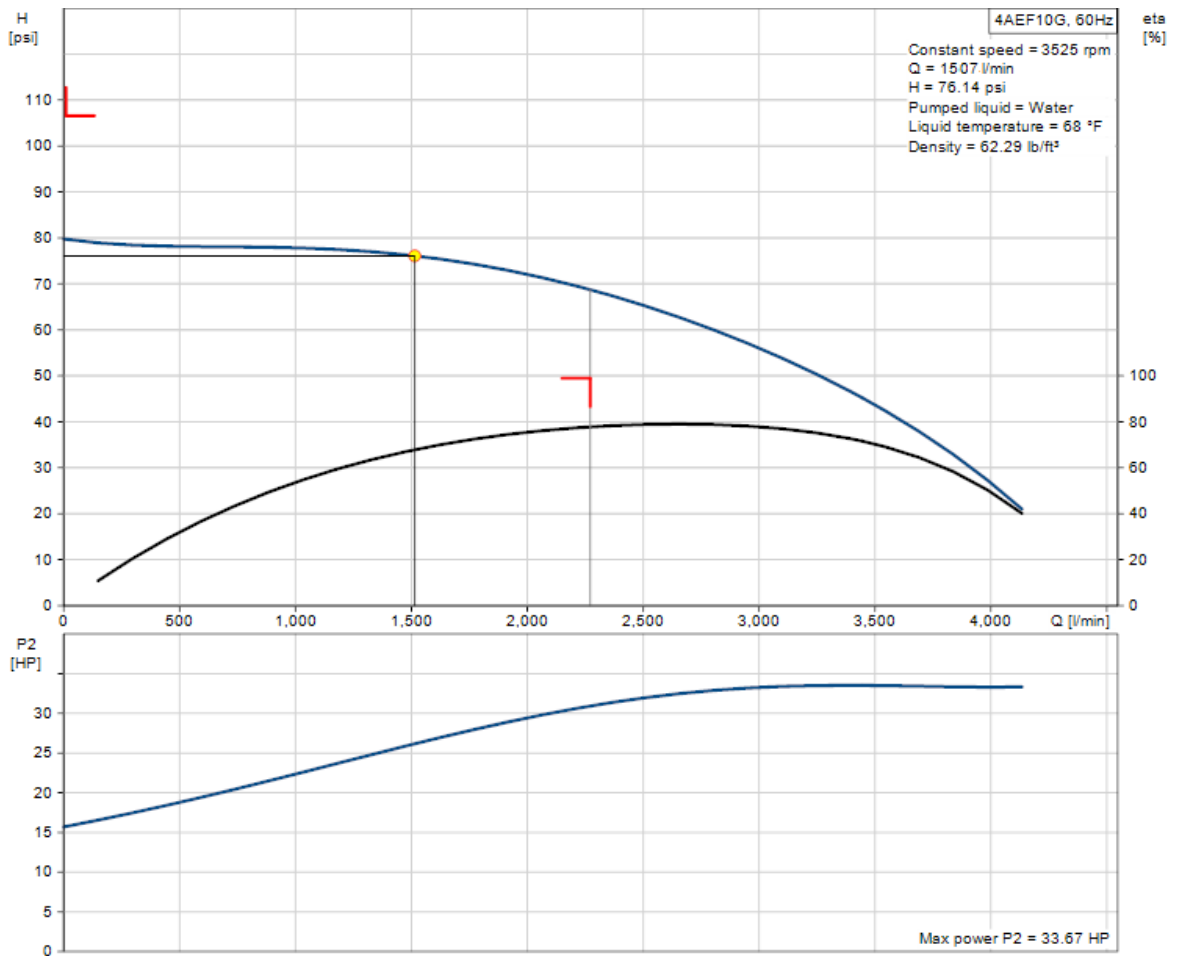
Nakon što su dobiveni rezultati hidrauličkog proračuna slijedi odabir sprinkler pumpi, glavne i rezervne koje su identične i koje će napajati sustav vodom. Odabir pumpe vrši se prema dobivenom Q - H dijagramu iz proračuna. Za dobivene rezultate na slici 29 prikazana je krivulja.



Slika 29. Predodžba Hazen – Williams krivulje za određivanje sprinkler pumpe

Prema krivulji rezultati se unose u određeni software-ski program koji sadrži karakteristike pumpi raznih proizvođača na tržištu i predlaže onu pumpu koja ima najsličniju karakteristiku dobivenim rezultatima.

Odabrane su sprinkler pumpe kao tip MX 65-200 E-Motor 30 kW sa VdS ili FM certifikatom prema gore navedenim Q-H karakteristikama. Na slici 30. nalazi se predodžba krivulje sprinkler pumpe dobivena software-skim alatom.



Slika 30. Predodžba krivulje sprinkler pumpe dobivena software-skim alatom

### 3.4.3. OPSKRBA VODOM SPRINKLER SUSTAVA

Opskrba vodom sprinkler sustava regulirana je normama koje se koriste za projektiranje sustava. Ovisno o normi koja se primjenjuje, požarnom opterećenju, veličini građevine, broju sprinkler mlaznica, način opskrbe vodom dijeli se na:

- direktan priključak na gradski vodovod,
- akumulacijski spremnik vode sa pumpnim postrojenjem,
- tlačni spremnik,
- visinski spremnik,
- kombinacija navedenih opskrba vodom,
- priključak sprinkler sustava na vatrogasno vozilo.

#### Direktan priključak na gradski vodovod

Q-h linija gradskog vodovoda definira količinu i tlak vode koji gradski vodovod može osigurati. Ako su tlak i količina vode koje određeni sprinkler sustav zahtijeva manji od tlaka i količine vode koje gradski vodovod može isporučiti, tada je dozvoljeno da gradski vodovod bude jedini izvor vode sprinkler sustava (slika 31).



Slika 31. Predodžba direktnog priključka sprinkler sustava na gradski cjevovod

#### Akumulacijski spremnik vode sa sprinkler pumpama

U slučaju kada nije moguće osigurati potrebnu količinu i tlak vode priključkom na gradski cjevovod tada norme nalažu projektiranje akumulacijskog spremnici sa sprinkler pumpama koji imaju svrhu osiguranja potrebnog tlaka i količine vode.

### Tlačni spremnik za sprinkler sustave

Za određene požarne opasnosti prema VdS normi potrebno je projektom predvidjeti i iscrpni izvori vode. Tada se projektiraju tlačni spremnici raznih veličine prema potrebi sustava (slika 32).



Slika 32. Predodžba tlačnog spremnika za sprinkler sustav

### Priključak sprinkler sustava na vatrogasno vozilo

Kada sprinkler pumpa ne proradi iz nepredviđenog razloga postoji moguće je napajanje sprinkler sustava preko priključka za vatrogasno vozilo. Vatrogasno vozilo sa svojim pumpnim postrojenjem povisuje tlak iz gradskog vodovoda za potrebe sprinkler sustava. Slika 33. prikazuje predodžbu priključka sprinkler sustava na vatrogasno vozilo.



Slika 33. Predodžba priključka sprinkler sustava na vatrogasno vozilo

### 3.4.4. IZRAČUN POTREBNE KOLIČINE VODE ZA GAŠENJE

Za projekt sprinkler sustava koji je obrađen ovim radom izračun potrebne količine vode za gašenje dobiven je slijedećim izračunom.

Podaci koji su dobiveni hidrauličkim proračunom su:

Proračunska količina vode: 1429,57 l/min.

Nominalna količina vode (koju daje pumpa) 1507,7 l/min.

Za gašenje sprinkler instalacijom u vremenu od 60 minuta nakon poravnavanja radne točke na Q/H krivulji potrebno je:

$Q_s = 1507,4 \text{ l/min} \times 60 \text{ min} = 90,44 \text{ m}^3 \text{ vode.}$

Kao izvor vode projektiran je spremnik sa  $Q_s = 79,42 \text{ m}^3 \text{ vode.}$

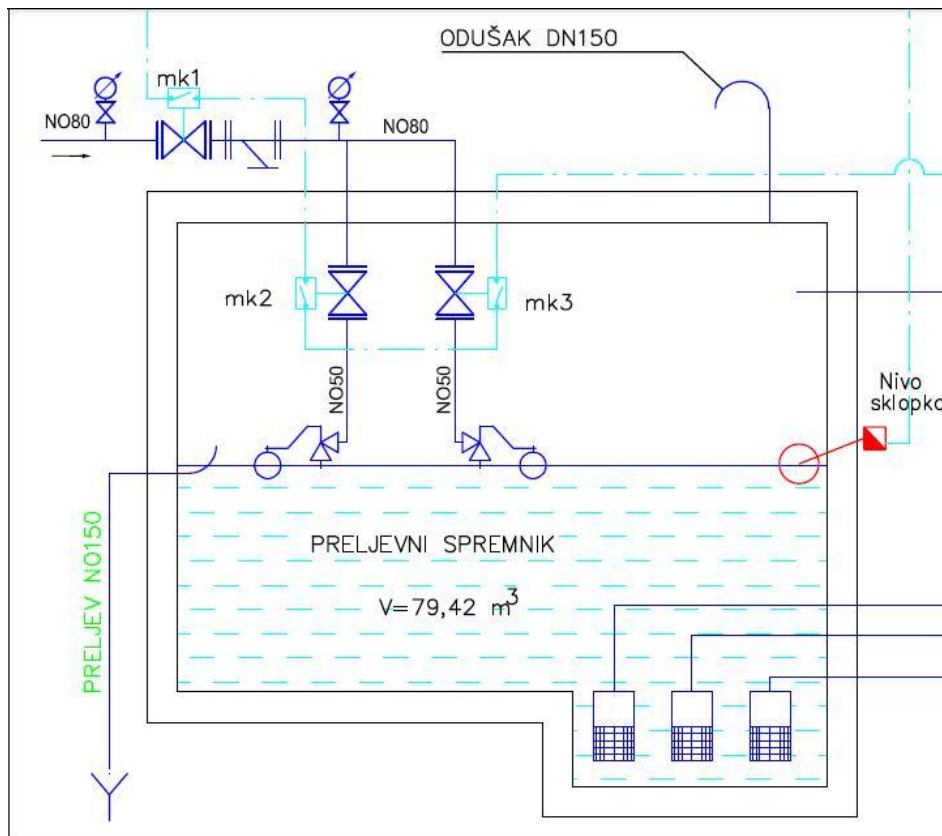
Budući da je normom definirana potreba za neiscrpnim i iscrpnim izvorom vode, projektom vodovoda predviđeno je nadopunjavanje sprinkler bazena sa dotokom iz gradskog vodovoda od 15 l/s odnosno 900 l/min. Za ukupno vrijeme gašenja od 60 minuta u bazen će doteći:

$Q_d = 900 \text{ l/s} \times 60 \text{ min} = 54 \text{ m}^3 \text{ vode.}$

Ukupno raspoloživa količina vode za gašenje iznosi:

$Q_R = Q_s + Q_d = 79,42 \text{ m}^3 + 54 \text{ m}^3 = 133,42 \text{ m}^3$

Obzirom da je potrebna količina vode za gašenje -  $Q_G = 90,44 \text{ m}^3$  odabrani izvor vode zadovoljava. Na slici 34. nalazi se predodžba shematskog prikaza preljevnog spremnika.



Slika 34. Predodžba shematskog prikaza preljevnog spremnika

### 3.4.5. DIJELOVI SPRINKLER SUSTAVA

#### Mokri sprinkler sustav

Mokri sprinkler sustav, općenito se projektira se u građevinama, ili dijelu građevine, koje su osigurane od smrzavanja u zimskom periodu. U primjeru koji je obrađen u ovom radu mokri sprinkler sustav pokriva prizemlje i preostale tri višenamjenske etaže. Svi prostori na navedenim etažama u zimskom periodu su grijani.

U pripremnom stanju sprinkler sustava cijevna mreža mokrog sprinkler sustava nalazi se pod tlakom vode koji osigurava jockey pumpa ili gradski vodovod. U projektu kojeg ovaj rad obrađuje, izračunom dobiveni rezultati pokazuju kako potrebe za protokom, ujedno i potreba za ukupnom količinom vode koju gradski vodovod može isporučiti, ne zadovoljava potrebe projektiranog sprinkler sustava. Iz tog razloga projektom je definirano da se za napojni element odabire jockey pumpa. Jockey pumpa je napojna



pumpa, namijenjena održavanju tlaka u cijevnoj mreži. Visina tlaka kojeg Jockey pumpa održava, definirana je hidrauličkim proračunom.

Aktiviranjem sprinkler mlaznice (jedne ili više) u cijevnoj mreži sprinkler sustava dolazi do pada tlaka, što posljedično uzrokuje otvaranje sprinkler ventila. Razlika između tlaka u komori cijevne mreže sustava i tlaka u komori spremnika za vodu uzrokuje podizanje klapne sprinkler ventila. Podizanje klapne sprinkler ventila omogućuje slobodni protok vode u cijevnu mrežu sprinkler sustava. Protok vode i porast tlaka u cjevovodu signalizira alarm putem hidrauličnog alarmnog zvona.

Sprinkler pumpa ulazi u radni režim prilikom pada tlaka u kolektoru, odnosno na signal tlačne sklopke. Prorada sprinkler pumpe daje potrebnu količinu vode i tlak za gašenje požara u aktiviranoj zoni. Na slici 34. je predodžba shematskog prikaza dijela mokrog sprinkler sustava.



Slika 35. Predodžba shematski prikaz dijela mokrog sprinkler sustava



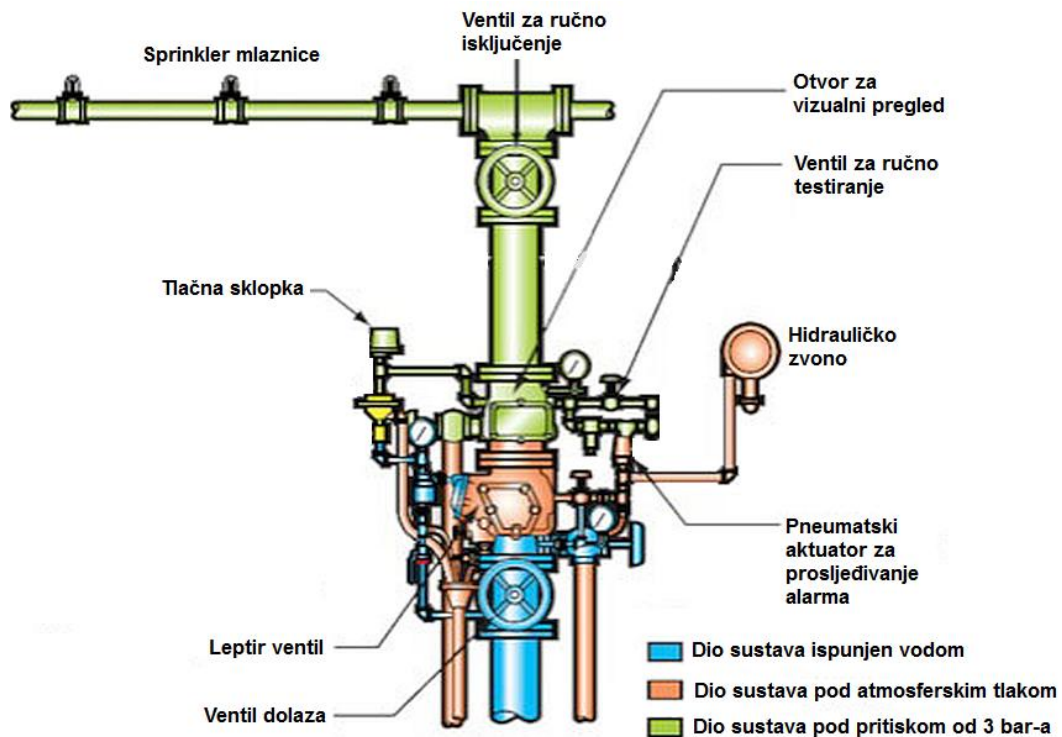
### Suhi sprinkler sustav

Suhi sprinkler sustav prema normama (NFPA i VdS), projektira se u građevinama, ili dijelu građevine, koji nije zaštićen od niskih temperatura. Nameće se kao jedino rješenje kada se sprinkler instalacijom štiti prostor za kojeg nije osigurano grijanje i ne postoji apsolutna sigurnost da u zimskom periodu u tom prostoru neće doći do smrzavanja vode.

U pripremnom stanju cijevna mreža suhog sprinkler sustava nalazi se pod tlakom komprimiranog zraka koji osigurava kompresor a regulira ga pripadajuća automatika sustava. Tlak kojeg osigurava kompresor kreće se između 3 i 3,3 bar-a. Regulaciju tlaka u cijevnoj mreži suhog sprinkler sustava vrši tlačna sklopka koja aktivira kompresor u slučaju pada tlaka ispod razine 3 bar-a, odnosno gasi kompresor kada je razina tlaka u sustavu između 3 i 3,3 bar-a.

Prilikom aktiviranja sprinkler mlaznice (jedne ili više), dolazi do naglog pada tlaka u cjevovodu i otvaranja klapne alarmnog sprinkler ventila i tandem sprinkler ventila.

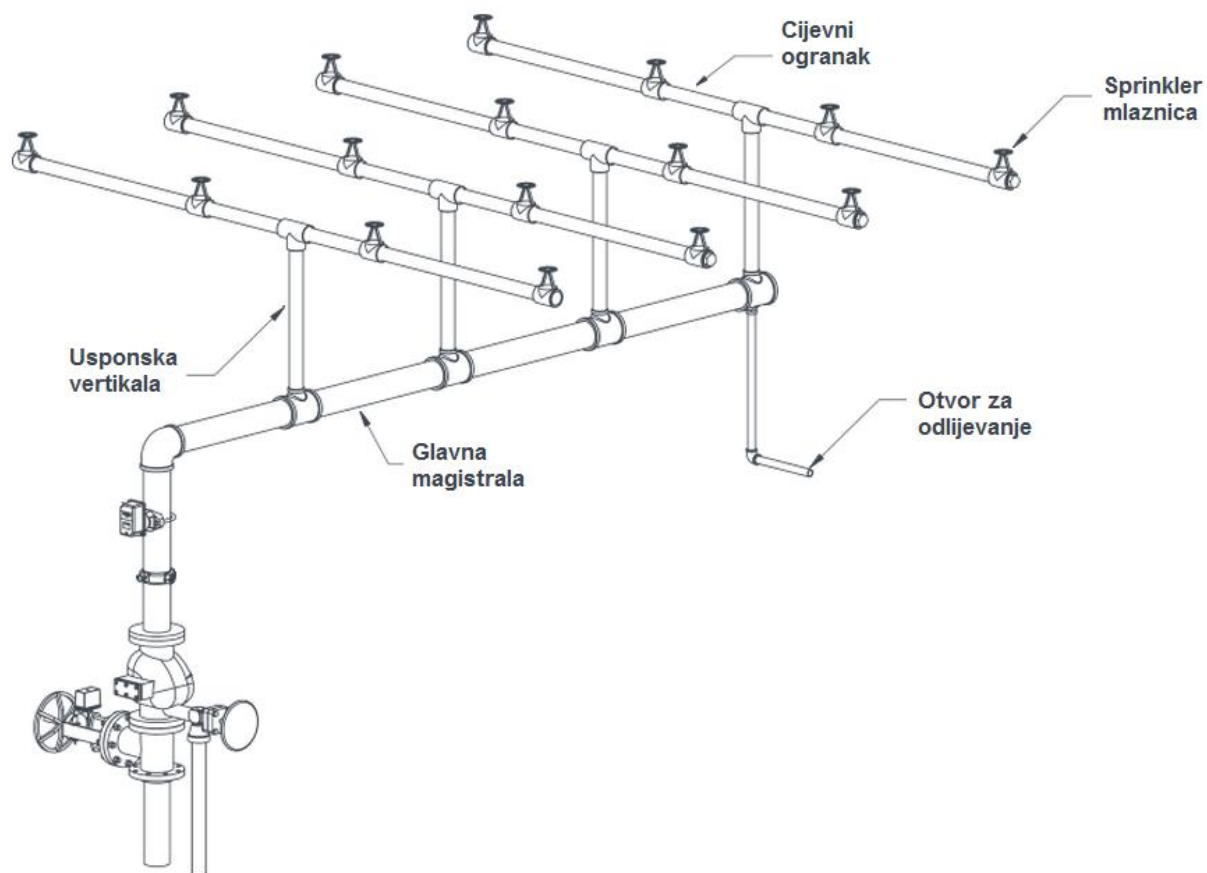
Kako bi se zaštitio kompresor od dotoka vode, na instalaciji koja povezuje cijevnu mrežu i kompresor ugrađen je nepovratni ventil. Otvaranje klapne alarmnog sprinkler ventila omogućava protok vode od izvora vode do mjesta zahvaćenog požarom. Radi istjecanja vode putem aktivirane sprinkler mlaznice, tlačne sklopke detektiraju pad tlaka u dijelu cijevne mreže koja je ispunjena vodom što automatski uključuje Jockey pumpu. Daljnjim padom tlaka u cijevnoj mreži na 5 bar , putem pripadajućih tlačnih sklopki (TS1 ili TS2) automatski se aktivira glavna sprinkler pumpa koja osigurava u potpunosti potreban tlak i količinu protupožarne vode za gašenje. Ukoliko zbog kvara ne dođe do aktiviranja glavne sprinkler pumpe, daljnjim padom tlaka na 4 bara, preko pripadajućih tlačnih sklopki (TS3 ili TS4) biti će aktivirana rezervna sprinkler pumpa (slika 35.).



Slika 36. Predodžba dijela suhog sprinkler sustava

Protok vode preko hidrauličkog zvona signalizira hidraulički alarm i daljinsku signalizaciju požara putem ulaznog modula sustava vatrodjave koji je aktiviran iz elektro-upravljačkog ormara.

Po završetku gašenja, sprinkler pumpa se isključuje iz rada ručno, zatvara se glavni zasun na sprinkler stanici. Nakon izmjene aktiviranih mlaznica, instalacija se ponovo stavlja u pripremno stanje.

Cijevna mreža sprinkler sustava

Slika 37. Predodžba mreže cjevovoda sprinkler sustava

Kao što je prikazano na slici 36. sustav cjevovoda sastoji se od slijedećih elemenata:

- glavni magistralni vod
- usponske ili spuštene vertikalne
- cijevni ogranci
- otvori za odljev (ispust)
- sprinkler mlaznice

Normom je zadano a projektom određeno da je izvedba cijevne mreže za mokru sprinkler od crnih cijevi. Za suhu sprinkler instalaciju od pocinčanih cijevi. Za spajanje koriste se navojnim komadi od istih materijala ili Victaulic spojevi.

Svi dijelovi cijevne mreže moraju biti prema normirani prema DIN 2458/EN 10220 ili DIN 2440/EN 10255 normi.

Obavezna je izvedba cijevne mreže u padu. Cijevni ogranci trebaju biti u padu od najmanje 0.4% prema magistralnom cjevovodu. Magistralni cjevovod mora biti u padu od najmanje 0.2% prema sprinkler ventilu ili priključku za ispiranje ili pražnjenje.

Pri izvođenju sprinkler instalacije, potrebno je posebno obratiti pažnju kako bi se izbjegli tzv. džepove na cijevnoj mreži, ali ako su neizbježni svakako treba ugraditi kuglastu slavinu za ispust. Na krajevima magistrala predviđene su kuglaste slavine (2"), čija namjena je ispiranje cjevovoda. Ispuštanje vode je obavezno poslije aktiviranja ili ispiranja instalacije. Cijevna mreža mora biti čvrsto konzolirana u skladu s NFPA 13 propisima.

Cjevovod se nakon montaže ispituje hladnim vodenim tlakom od 15 bar u trajanju od 24 sata. Ispitni tlak je 50% iznad maksimalno dopuštenog radnog tlaka za sprinkler instalacije (10 bar).

#### Zaporni elementi sprinkler sustava

U tablici 8. nalazi se pregled zapornih elemenata u sprinkler sustavu. Navedena je njihova funkcija odnosno djelovanje.

Tablica 8. Zaporni elementi sprinkler sustava i njihova funkcija

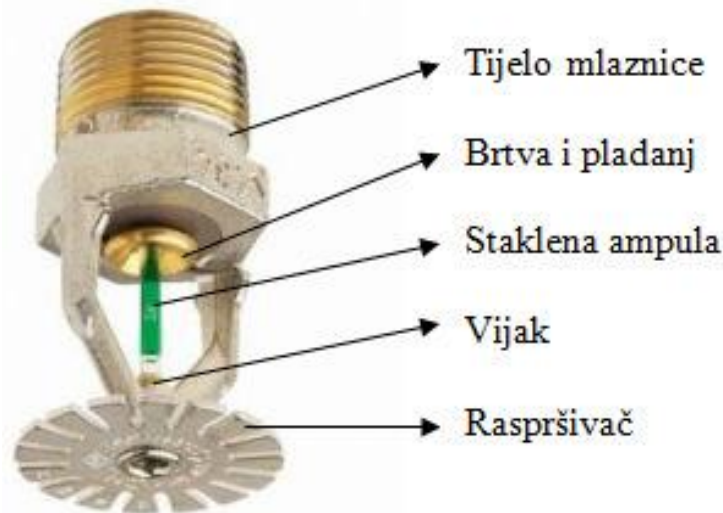
Naziv zapornog elementa	Funkcija zapornog elementa
Zasun mokrog / suhog sprinkler ventila	Glavni ventil, zatvara se prilikom rada ili servisa na cjevovodu
Zasun glavne / rezervne pumpe	Ventil između spremnika vode i pumpe, isključuje se kod servisa pumpe
Zasun Jockey pumpe	Ventil između spremnika vode i pumpe, isključuje se kod servisa pumpe
Sprinkler ventil (mokri / suhi)	Ventil na magistralnom vodu, automatsko otvaranje u slučaju požara
Alarm - stop slavina	Služi za gašenje zvona, nakon što je sustav odradio uzbunjivanje
Ventil kompresora	Ventil između suhog dijela cjevovoda i kompresora, isključuje se kod servisa
Drenažni ventil	Služi za ispuštanje vode iz sustava, koristi se prilikom servisa i održavanja
Ventil s plovkom	Služi za regulaciju razine vode u spremniku
Nepovratni ventil za priključak vatrogasnog vozila na sustav	Služi za prihvrat cijevnog priključka vatrogasnog vozila

### Sprinkler mlaznice

Sprinkler mlaznica se sastoji od raspršivača, topivog elementa ili ampule, pladnja i tijela sprinkler mlaznice. Ampula sprinkler mlaznice puca uslijed povišenja temperature za više od 20 °C od normalne ambijentalne temperature, i dozvoljava mlazu vode da izbacij pladanj. Mlaz vode se rasprskava na raspršivaču sprinkler mlaznice i stvara paraboloidan vodeni mlaz.

Sprinkler mlaznice imaju istovremeno dvostruku namjenu: obavljaju automatsku dojavu požara i raspršenom vodom automatski lokaliziraju i gase požar na površini za koju su predviđene.

Prema normama dopušteno područje sprinkler mlaznica kreće se od 6 do 12 m<sup>2</sup>. Najveći dopušteni broj mlaznica koje se priključuju na jedan sprinkler ventil ovisi o požarnom opterećenju štice prostora. Norme dopuštaju priključak 500 komada za male opasnosti od požara PO1, do 1000 komada za srednje do 5000 za velike opasnosti od požara PO2, PO3 i PO4. Na slici 38. prikazana je predodžba dijelova sprinkler mlaznice.



Slika 38. Predodžba dijelova sprinkler mlaznice

Sprinkler mlaznice raspoređuju se po svim prostorijama građevine. Pokrivaju sva područja gdje postoji i najmanja mogućnost nastanka požara. Raspored sprinkler mlaznica na ravnim stropovima postavlja se najčešće simetrično – pravokutno ili naizmjenično kao na šahovskoj ploči (tzv. roštilj raspored). NFPA i VdS norme definiraju najmanji dopušteni razmak između sprinkler mlaznica koji iznosi 1,5 m. Takav razmak je određen kako bi se izbjegao slučaj preklapanja prostora koje štiti mlaznica. Posljedica preklapanja mlaznica je međusobno suzbijanje djelovanja i nedovoljno efikasno gašenje požara. Također normama je određen i najveći dopušteni razmak od 4,6 m.

Osnovna podjela mlaznica vrši se na:

- sprinkler mlaznice sa staklenim ampulama
- sprinkler mlaznice s topivim elementima

- specijalizirane sprinkler mlaznice s posebnom namjenom

### Sprinkler mlaznice sa staklenim ampulama

Sprinkler mlaznice mogu se razlikovati po više karakteristika:

- 1) prema namjeni
- 2) prema tipu ugradnje
- 3) prema vrsti raspršivača
- 4) prema brzini aktiviranja
- 5) prema K faktoru (količina vode pri istom tlaku ( $K = Q/\sqrt{p}$ ))
- 6) prema temperaturi aktiviranja
- 7) prema završnoj obradi

Prema namjeni mogu biti predviđena za skladišta, prostore opće namjene, regale, hladnjače, stanove, hotelske sobe. Prema tipu ugradnje mogu biti viseće, stojeće, vertikalne zidne i horizontalne zidne (slika 39).



Slika 39. Predodžba različitih tipova ugradnje sprinkler mlaznica

Prema vrsti raspršivača mogu biti ravne, sakrivene (upuštene), sprej, zidne, itd.

Prema brzini aktiviranja mogu biti brzo aktivirajuće, standardno aktivirajuće i sporo aktivirajuće.

Prema K faktoru (količina vode pri istom tlaku ( $K = Q/\sqrt{p}$ )) mogu biti K28, K40, K57, K80, K115, K160, K200, K242, K320, K366.

Podjela prema temperaturi aktiviranja dana je u tablici 9.

Tablica 9. Podjela mlaznica prema temperaturi aktiviranja

Nazivna temperatura aktivacije ampule	Boja staklene ampule
57°C	žuta
68°C	crvena
79°C	žuta
93/100°C	zeleno
141°C	plava
182°C	ljubičasta
260°C	crna

Inertnost sprinkler mlaznice je vrijeme proteklo od trenutka postizanja temperature aktiviranja (puknuća ampule) do početka rada sprinkler mlaznice (izlijevanja vode):

$$t_s = \frac{\sqrt{A}}{2.2 v_{\text{požara}}} \quad (3)$$

gdje je:

-  $t_s$  – vrijeme (s)

- A – površina pokrivanja jedne mlaznice (m<sup>2</sup>)



- $v_{požara}$  – brzina širenja požara ( $\text{ms}^{-1}$ ), očitava se iz tablice. Ovisi o vrsti gorive tvari

### Sprinkler mlaznice s taljivim elementom

Sprinkler mlaznice s taljivim elementom sadrže lako taljive legure. Te legure sastoje se od sljedećih elemenata:

- bizmuta (Bi),
- kositra (Sn),
- olova (Pb) i
- kadmija (Cd).

Na slici 40. nalazi se predodžba sprinkler mlaznice s taljivim elementom.



Slika 40. Predodžba sprinkler mlaznice s taljivim elementom

Određeni omjer navedenih elemenata u leguri osigurava točno određenu temperaturu na kojoj će taljivi element (karika) reagirati i omogućiti gašenje. Temperature su zadane

normama i kreću se od 72°C do 300°C. Određena boja predstavlja temperaturu taljenja karike sprinkler mlaznice i njihov pregled je dan u tablici 10.

Tablica 10. Temperature aktivacije taljivog elementa i pripadajuće boje

Nazivna temperatura aktivacije taljivog elementa sprinkler mlaznice	Boja taljivog elementa sprinkler mlaznice
57°C - 77°C	
77°C - 107°C	(bijela)
121°C - 149°C	
163°C - 191°C	
204°C - 246°C	
260°C - 260°C	

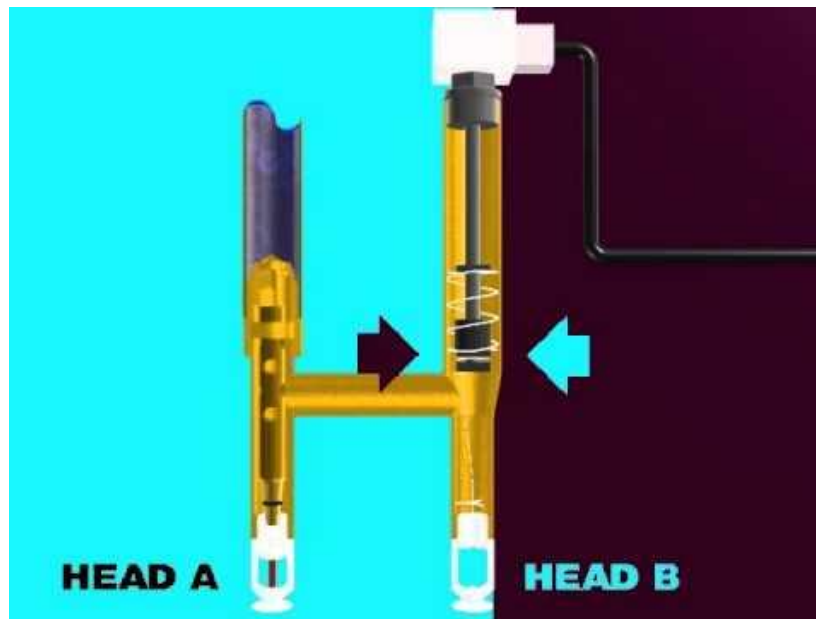
#### Specijalizirane sprinkler mlaznice s posebnom namjenom

Neke od vrsta usko specijaliziranih mlaznica su:

- suha viseća mlaznica,
- predupravljanja dvostruka sprinkler mlaznica,
- regalne sprinkler mlaznice.

Suha viseća sprinkler mlaznica namijenjena za zaštitu prostoru ugroženih od smrzavanja sa spojem na mokru sprinkler mrežu. Često se primjenjuje u hladnjačama. Predupravljana dvostruka sprinkler mlaznica propušta vodu tek kada se aktiviraju obje ampule, koristi se radi otklanjanja mogućnosti slučajnog aktiviranja. Najčešće se primjenjuje u zaštiti elektro soba ili prostorija sa skupom opremom. Regalne sprinkler mlaznice su mlaznice sa ugrađenim deflektorom za ugradnju u regale. Tablica 11. prikazuje podjelu predupravljanje sprinkler mlaznice.

Tablica 11. Predodžba predupravljane dvostruke sprinkler mlaznice



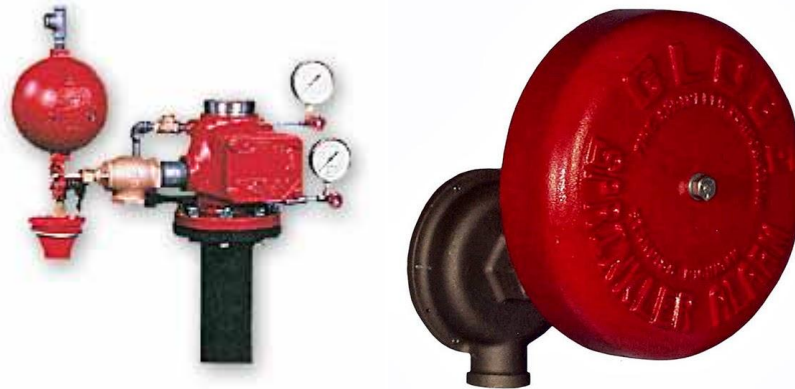
U projektu koji je obrađen u ovom radu projektant se odlučio za mokri dio sustava odabrati viseće sprinkler mlaznice veličine 1/2" i čiji je faktor K iznosi 80. Za suhi dio sprinkler sustava odabrane su stojeće sprinkler mlaznice također veličine 1/2" i čiji faktor  $K=80$ . Izvođaču radova samo je dopuštena ugradnja mlaznica koje posjeduju FM atest i posjeduju izjavu o sukladnosti koju je izdana od strane ovlaštene ustanove u Hrvatskoj.

#### 3.4.6. ALARMIRANJE SPRINKLER SUSTAVA

Alarmiranje sprinkler sustava odvija se putem sprinkler ventila. Sprinkler ventili aktiviraju se u slučaju naglog pada tlaka u sprinkler sustavu, koji je posljedica puknuća ampule sprinkler mlaznici.

Aktivirani sprinkler ventili tada aktiviraju hidrauličko alarmno zvono, koje daje zvučno upozorenje (alarm). Putem tlačne alarmne sklopke signal uključenja sprinkler sustava prosljeđuje se na mjesto stalnog dežurstva. Prema propisu mjesto stalnog dežurstva može biti unutar štíćene građevine ili to može biti dojavni centar zaštitarske službe.

Pravovremeno alarmiranje je važno radi uspješnog završnog gašenja vatrogasaca, i onemogućenja nastanka štete zbog prekomjernog polijevanja sprinkler mlaznica koje su aktivirane. Na slici 41. je predodžba alarmnog sprinkler ventila (lijevo) i hidrauličkog zvona (desno).



Slika 41. Predodžba alarmnog sprinkler ventila (lijevo) i hidrauličkog zvona (desno)

### 3.4.7. ODRŽAVANJE SPRINKLER SUSTAVA

Zakonska obveza svakog pravnog subjekta koji je vlasnik građevine, u koju je ugrađen sprinkler sustav za zaštitu od požara, je osigurati da je sustav uvijek ispravan i pripravan za djelovanje.

Pregledi sprinkler sustava koje je potrebno obavljati dijele se na slijedeće:

- a) redoviti
- b) periodički

Pod redovite preglede ubrajaju se dnevni, tjedni i mjesečni preglede.

Periodički preglede su: polugodišnji, pregled svake 2 godine, pregled svakih 5 godina i pregled svakih 20 do 25 godina.

Prema pravilniku o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN44/12), postupak provjere ispravnosti sustava, ako posebnim propisom nije drugačije određeno, sastoji se od:

- pregleda odobrene projektne dokumentacije;
- pregleda izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje;
- pregleda isprava o uporabljivosti pojedinih elemenata sustava propisanih posebnim propisima kao i isprava o provedenim ispitivanjima propisanih posebnim propisima (npr. tlačne probe);
- provjere stanja sredstava sustava te stanja i ispravnosti rada pojedinih elemenata sustava;
- provjera ispravnosti međusobnih veza pojedinih elemenata sustava (povezanost, nepropusnost, prohodnost i dr.);
- provjere ispravnosti glavnog i pomoćnih izvora napajanja sustava pogonskom energijom;
- mjerenja radnih karakteristika sustava (vremena, količine, protoci, koncentracije, kvaliteta, fizikalne osobine, jakost signala i dr.);
- provjere ručnog i automatskog aktiviranja sustava simuliranjem stvarnog događaja;
- provjere ispravnosti sustava u cjelini.

#### 4. ANALIZA REZULTATA

Projekt koji je obrađen ovim radom odabran je iz više razloga. Trgovački centri su danas najčešći građevinski objekti javne namjene, ali Republika Hrvatska nema donešenog propisa koji specifično definira izradu projekta za trgovačke centre. Iz tog razloga, za projektiranje trgovačkih centara koriste se međunarodna pravila tehničke prakse. Tako se pri projektiranju trgovačkog objekta projektanti pridržavaju osnovnih načela preuzetih iz temeljnog europskog dokumenta za zaštitu od požara. Načela osiguranja građevine u slučaju požara su sljedeća:

- očuvanje nosivosti konstrukcije tijekom određenog vremena utvrđeno posebnim propisom,
- sprječavanje širenje vatre i dima unutar građevine,
- sprječavanje širenje vatre na susjedne građevine,
- osiguranje nesmetane evakuacije građevine, odnosno omogućavanje spašavanja osoba unutar građevine,
- osiguranje zaštite i nesmetanog rada spasitelja.

U pogledu hidrantske mreže prema važećem hrvatskom propisu nema iznimke i svi trgovački objekti obavezni su posjedovati vanjsku i unutarnju hidrantsku mrežu. Istovjetan slučaj je i s aparatima za početno gašenje požara koji se proračunavaju prema važećem hrvatskom propisu.

Također, važećem hrvatskom propisu podliježu površine za intervenciju vatrogasnih vozila. Trgovački objekti moraju imati pristup s najmanje dvije duže strane, operativne površine minimalnih dimenzija 5,5 m x 11m odgovarajućim radijusima i odgovarajućom nosivošću.

Pri odabiru norme (NFPA 13, Vds, TRVB) projektant se najčešće odlučuje za odabir one norme koja je financijski najpovoljnija za investitora građevine.

Pri projektiranju trgovačkog centra kojeg ovaj rad obrađuje, projektant se odlučio za normu koju propisuje američka nacionalna agencija za zaštitu od požara (NFPA).

Sve mjere zaštite od požara koje su sadržane u pravilniku NFPA13 norme temelje se na jednom (istovremenom) izvoru požara. Pravilnik također navodi da projekt svake građevine ili konstrukcije namijenjene korištenju od strane ljudi mora biti takav da pouzdanost zaštite osoba ne zavisi isključivo od bilo koje pojedinačne mjere. Drugačije mjere koje osiguravaju jednak ili veći stupanj sigurnosti nego što je onaj koji se nudi striktnim pridržavanjem odredbi ovog su dopuštene.

Normom NFPA13 u pravilu veličine požarnih sektora nisu ograničene. No postoje zahtjevi za odvajanjem različitih namjena. Najčešće se traži odvajanje različitih namjena konstrukcijom otpornosti 120 minuta, dok je uz izvedbu sprinkler sustava dovoljna otpornost od 60 minuta.

Norma definira klase požarnih opasnosti u trgovačkim centrima prema namjeni prostora na koje se projektira sprinkler sustav:

- a) prodajni prostor
- b) skladišni prostor
- c) garažni prostor.

Za prodajni prostor određena je srednja požarna opasnost OH2. Skladišni prostor definiran je Class III skladišnom požarnom opasnošću. Dok garažni prostor spada u srednju požarnu opasnost OH1.

Iz navedenih klasa požarnih opasnosti proizlazi tablica 12.

Tablica 12. Usporedba vrijednosti definiranih požarnom opasnosti

Parametar	Prodajni prostor	Skladišni prostor	Garažni prostor
Klasa požarne opasnosti	<b>OH2</b>	<b>Class III</b>	<b>OH1</b>
Površina djelovanja (m <sup>2</sup> )	139	139	181
Min. specifično polijevanje 1/mm m <sup>2</sup>	8,1	8,1	13,1
Površina pokrivanja sprinkler mlaznice (m <sup>2</sup> )	12,1	12,1	12,1
Dopušteni razmak između mlaznica (m)	4,6	4,6	4,6
Tlak na mlaznici (bar)	0,5	0,5	0,5
Potreban protok vode (l/m <sup>2</sup> )	1350	1350	1330
Količina vode za jedno gašenje (m <sup>3</sup> )	81	122	80

Razlozi iz kojih se projektant odlučio za navedenu normu su slijedeći:

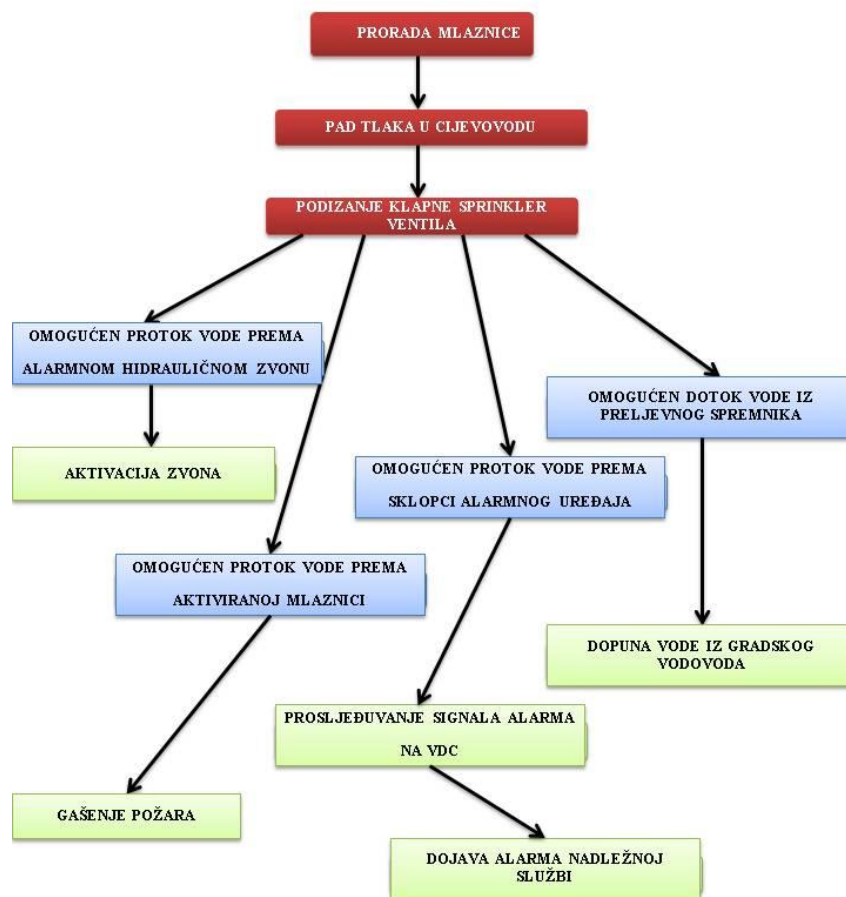
- veća dozvoljena visina skladištenja u namjenskim prostorima u odnosu na druge norme,
- manji akumulacijski spremnik i manja snaga sprinkler pumpe za istu visinu skladišnog prostora,
- iako je VdS norma povoljnija u pogledu projektiranje garaža (zahtjeva gotovo dvostruko manju količinu vode), sprinkler sustav se definira prema najnepovoljnijem dijelu hidrauličkog proračuna (skladište),
- financijski povoljniji sustav zaštite od požara uz osigurane iste mjere zaštite od požara u odnosu na druge norme.



## 8. ZAKLJUČAK

Princip rada sprinkler sustava potječe iz 15. stoljeća, a dizajn mlaznice sa staklenom ampulom od kraja 19. stoljeća. Od tada pa do danas, sprinkler sustav je nebrojeno puta dokazao opravdanu potrebu za takvim načinom zaštite života i imovine. Budući da je industrijski napredak sveprisutan, postoji zahtjev za stalnim razvojem sprinkler sustava. Sprinkler sustav namijenjen je prvenstveno lokalizaciji požara i princip sustava ostao je jednak principu kojeg je Frederick Grinnell patentirao prije više od 120 godina.

Na slici 42. nalazi se algoritam rada sprinkler sustava.



Slika 42. Predodžba algoritma rada sustava

Zbog sve zahtjevnijih okruženja, koja su predmet zaštite od požara, razvoj sprinkler sustava se kreće u smjeru razvoja sustava koji istovremeno lokalizira i gasi požar. Sustavi s mlaznicama, koji imaju namjenu gašenja požara, najčešće su instalirani u visokoregalnim skladištima.

Slika 43. prikazuje navedenu mlaznicu.



Slika 43. Predodžba ESFR mlaznice za gašenje u skladištima

Za buduća unapređenja sprinkler sustava, za prostore koji nisu samo skladišta, poželjno je da se osim trenutne funkcije lokaliziranja požara do dolaska vatrogasaca, razvoj usmjeri na aktivno gašenje nastalog požara. To bi bilo moguće izvesti ugradnjom dodatnog bimetalnog dijela, koji bi pod utjecajem temperature prilagodio usmjeravanje mlaznice prema izvoru samog požara.

Polje na kojem se sprinkler sustav može unaprijediti je vrijeme reakcije. Zbog osiguranja od neželjenih lažnih aktivacija mlaznica (temperatura pucanja ampula približno  $20^{\circ}\text{C}$  viša od najviše predviđene temperature okoline) reakcija sustava je sa zakašnjenjem. Ono je bitan faktor u sprječavanju širenja požara i gašenju. Bržu reakciju sustava moguće je unaprijediti interakcijom sa sustavom za dojavu požara. Ukoliko bi detektori dima i/ili temperature putem releja imali mogućnost aktivacije mlaznice (izbijanje ampule), tada bi se vrijeme od nastanka požara do aktivacije mlaznice znatno skratilo. U tom slučaju zahtjev bi bio aktivacija dva susjedna javljača požara.



## LITERATURA

- [1] Carević, M.; Jukić, P.; Sertić, Z.; Šimara, B.: Tehnički priručnik za zaštitu od požara, Zagreb, 2002.
- [2] Zakon o gradnji (NN 153/2013)
- [3] NFPA 101: Life Safety Code
- [4] NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems
- [5] VdS CEA 4001en: VdS CEA Guidelines for Sprinkler Systems Planing and Installation
- [6] EN 12845: Fixed firefighting systems - Automatic sprinkler systems - Design, installation and maintenance
- [7] FM Global Property Loss Prevention Data Sheets - Installation guidelines for automatic sprinklers
- [8] Dubravka Bjegović, Milan Carević, Marija Jelčić Rukavina, Zaštita od požara građevina u Republici Hrvatskoj
- [9] Zakon o zaštiti od požara, NN, 92/2010
- [10] <http://www.mup.hr/UserDocsImages/statistika/2011/statistika2012.pdf>
- [11] Web stranica [www.apin.hr](http://www.apin.hr)
- [12] Web stranica [www.tyco-fire.com](http://www.tyco-fire.com)
- [13] Web stranica [www.viking.com](http://www.viking.com)
- [14] Web stranica [www.minimax.de](http://www.minimax.de)
- [15] Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN 44/12)

## **PRILOZI**

II. CD-R disk