

# POŽARI U ZATVORENOM PROSTORU

---

**Maruna, Mislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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:128:390956>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-29**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mislav Maruna

# **POŽARI U ZATVORENOM PROSTORU**

**ZAVRŠNI RAD**

Karlovac, 2023

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

Mislav Maruna

# **ENCLOSED SPACE FIRES**

**FINAL PAPER**

Karlovac, 2023

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mislav Maruna

# **POŽARI U ZATVORENOM PROSTORU**

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor: dr. sc. Zvonimir Matusinović v. pred.

Karlovac, 2023



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY



PLIED

SCIENCES

Trg J.J.Strossmayera 9

HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579

## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički  
studij:.....  
(označiti)

Usmjerenje:.....Karlovac,.....  
.....

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student:..... Matični broj:.....

Naslov:.....  
.....

.....  
.....Opis zadatka:

Zadatak zadan: Listopad 2022.

Rok predaje rada: Ožujak 2023.

Predviđeni datum obrane: Travanj 2023.

.....

.....

.....

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr. sc. Zvonimir Matusinović, v. pred.

Lidija Brcković, mag. chem. ing., pred.

## **PREDGOVOR**

Ovaj rad posvećujem svojoj obitelji: tati Jakovu, mami Ireni i sestri Jeleni. Hvala im za svu podršku koju su mi pružili tijekom studiranja.

Također se zahvaljujem svojem mentoru dr. sc. Zvonimiru Matusinoviću v. pred., na pomoći i mentoriranju u izradi ovog završnog rada.

## **SAŽETAK**

Ovaj završni rad se bavi temom požara u zatvorenim prostorima. Rad razmatra sve stavke požara od samog procesa gorenja i njegovih glavnih komponenti: goriva tvar, kisik i temperaturu paljenja, na dalje se istražuje što je požar i njegove faze te mjere za sprječavanje plamenih udara. Konstrukcijska prevencija požara u zatvorenim prostorima obuhvaća materijale, komponente građevinskih konstrukcija te aktivne mjere zaštite od požara i otpornost na požare. Gašenje požara u zatvorenim prostorima analizira vatrogasne alate, taktičke nastupe vatrogasaca i opasnosti koje se pojavljuju tijekom intervencija. Rad također prikazuje studiju slučaja požara.

Ključne riječi: požari, zatvoreni prostor, konstrukcijska prevencija, vatrogastvo



## **ABSTRACT**

This final paper deals with the subject of enclosed-spaces fires. The work considers all aspects of the fire, from the burning process itself and its main components: fuel substance, oxygen and ignition temperature, and further investigates what a fire is and its stages, as well as measures to prevent flaming shocks. Structural fire prevention in enclosed-spaces includes materials, building construction components, active fire protection and fire resistance measures. Extinguishing fires in closed spaces analyzes firefighting tools, tactical actions of firefighters and dangers that appear during interventions. The paper also presents a case study of a fire.

Key words: fires, enclosed-space, structural prevention, firefighting

## SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
SAŽETAK.....	IV
ABSTRACT .....	V
1.1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada .....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	1
2. GORENJE .....	2
2.1. Goriva tvar .....	2
2.2. Kisik .....	3
2.3. Temperatura paljenja .....	4
3. POŽARI U ZATVORENOM PROSTORU.....	5
3.1. Nastanak požara.....	5
3.1.1. Faze razvoja požara .....	5
3.2. Plameni udari.....	8
3.2.1. Površinsko buknuće (flameover)/podstropno valjanje plamena (rollover).....	8
3.2.2. Trenutno prostorno buknuće (flashover) .....	9
3.2.3. Temperaturno raslojavanje vrućih požarnih plinova .....	10
3.2.4. Povratno prostorno buknuće (backdraft) .....	11
3.3. Mjere za sprječavanje plamenih udara .....	12
3.3.1. Odimljavanje .....	12
3.3.2. Gašenje.....	12
3.3.3. Taktika za sprječavanje plamenih udara backdrafta.....	13
3.3.4. Taktička ventilacija .....	13

4. KONSTRUKCIJSKA PREVENCIJA POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU .....	15
4.1. Građevinski materijal .....	15
4.2. Komponente građevinske konstrukcije .....	16
4.2.1. Izlazi i zlazni putovi.....	16
4.2.2. Zidni otvori.....	17
4.2.3. Dimnjaci .....	18
4.2.4. Krovišta i pokrovi.....	18
4.3. Aktivne mjere zaštite od požara.....	19
4.3.1. Stabilni sustavi za zaštitu od požara.....	19
4.4. Požarni sektor.....	20
4.5. Otpornost na požare .....	21
5. GAŠENJE POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU .....	23
5.1. Vatrogasni alati za zatvorene prostore.....	23
4.6. Taktički nastupi vatrogasaca prilikom gašenja požara zatvorenog prostora .....	24
4.6.1. Sigurnost pri intervenciji .....	24
4.6.2. Ulazak u građevinu i kretanje kroz istu.....	25
4.6.3. Spašavanje vatrogasaca .....	25
4.7. Opasnosti prilikom intervencija u zatvorenim prostorima .....	25
4.7.1. Opasnost od gušenja i trovanja .....	25
4.7.2. Opasnost od topline .....	26
4.7.3. Opasnost od mehaničkih ozljeda .....	26
4.7.4. Opasnost od elektriciteta.....	26
4.7.5. Opasnost od stresa, straha, panike, šoka .....	26
6. PRIKAZ SLUČAJA POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU.....	27

7. ZAKLJUČAK.....	32
8. LITERATURA.....	34
9. PRILOZI .....	36
9.1. Popis slika.....	36
9.3. Popis tablica .....	36

## **1.1. UVOD**

### **1.1. Predmet i cilj rada**

Uvodni dio ovog završnog rada fokusira se na požare u zatvorenom prostoru, jednu od najčešćih vrsta požara s kojima se vatrogasci suočavaju u svom radu. Pojam gorenja, koji se nalazi u teorijskom dijelu, objašnjava proces izgaranja i stvaranje vatre te je ključan za razumijevanje kako požar nastaje i kako se širi. Konstrukcijska preventiva požara također je bitan aspekt teorijskog dijela, koji se odnosi na način na koji su građevine projektirane i izgrađene kako bi se spriječio nastanak požara ili njegovo širenje. U nastavku se govori o opremi za gašenje požara i ulozi vatrogasaca u tom procesu. Vatrogasci su ključni akteri u gašenju požara te je stoga važno razumjeti njihovu ulogu i način na koji djeluju kako bi učinkovito i sigurno ugasili požar. U praktičnom dijelu rada opisuje se primjer gašenja požara, što će omogućiti bolje razumijevanje konkretnih koraka koje vatrogasci poduzimaju u situacijama kada se susretnu s požarom u zatvorenom prostoru.

### **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Za teorijski dio rada korištene su knjige, članci, publikacije i što je najvažnije priručnici. U pretraživanju je korišten Google pretraživač.

## 2. GORENJE

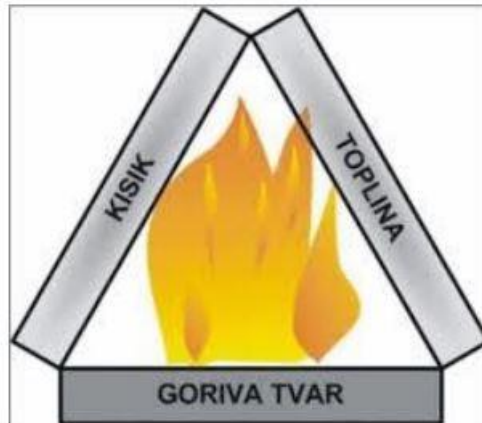
Gorenje je proces izgaranja u kojem tvar reagira s kisikom u zraku, proizvodeći toplinu, svjetlost i razne nusprodukte. Proces gorenja može se opisati na primjeru gorenja drva. Kada drvo izgara, dolazi do kemijske reakcije koja se naziva izgaranje. Toplina šibice ili plamena uzrokuje da drvo postigne temperaturu paljenja, koja je obično oko 300°C. Na ovoj temperaturi drvo ispušta plinove koji se spajaju s kisikom iz zraka i stvaraju plamen. Tijekom procesa gorenja, spojevi ugljika u drvu spajaju se s kisikom i stvaraju ugljični dioksid, vodenu paru i pepeo. Energija koja se oslobađa ovom reakcijom je u obliku topline i svjetlosti. Toplina se može koristiti za kuhanje ili grijanje, dok je svjetlost korisna za osvjetljenje.

Za gorenje su potrebne tri stavke: goriva tvar, kisik i temperatura paljenja.

Zapaljiva tvar neće sama početi gorjeti; mora se zapaliti, što znači da se na nju mora dovesti određena količina topline da se zagrije do određene temperature na kojoj će nastaviti gorjeti. Proces gorenja može se razvijati trajati dugo ili kratko. Brzina gorenja određena je brzinom spajanja tvari s kisikom, odnosno brzinom oksidacije, kao i temperaturom. Na temelju ovih činjenica možemo razlikovati tihu oksidaciju, obično gorenje i eksploziju.[1]

### 2.1. Goriva tvar

Tvari se mogu podijeliti na gorive i negorive tvari, gorive tvari su one koje imaju svojstvo spajanja s kisikom (slika 1).[2]



Slika 1. Komponente gorenja (požarni trokut).[2]

Podjela tvari:

- Nezapaljive tvari su one koje se ne mogu zapaliti u normalnim uvjetima pripaljivanja ( $815,6^{\circ}\text{C}$  u 5 minuta), a mnoge druge ne mogu se zapaliti ni ako su izložene ekstremnim temperature temperaturama (primjerice: beton, staklo, azbest, kamen).
- Gorive tvari su one koje mogu lako ili zapaliti i dovesti do pojave požara ili u uvjetima požara potpomagati njegov nesmetani razvoj i širenje pri normalnim (standardnim) uvjetima pripaljivanja (zapaljivi plinovi, zapaljive tekućine, zapaljive krutine). Gorive tvari se nadalje mogu podijeliti na lakozapaljive i teško zapaljive tvari koje mogu biti krute, tekuće ili plinovi.[3]

## 2.2. Kisik

Kisik ima presudnu ulogu u procesu gorenja. Kad tvar izgori, ona reagira s kisikom i oslobađa energiju u obliku topline i svjetlosti. Gorivo prolazi kroz oksidaciju, što znači da gubi elektrone i spaja se s kisikom u ugljični dioksid, vodu i druge proizvode izgaranja.

Reakcija između goriva i kisika zahtijeva određenu količinu početne energije (energija aktivacije). Kad reakcija započne, oslobađa se topline koja osigurava energiju potrebnu za održavanje reakcije.

Da bi došlo do izgaranja potrebne su tri stvari: gorivo, kisik i toplina. Gorivo osigurava atome ugljika i vodika potrebne za reakciju, dok kisik osigurava oksidacijsko sredstvo. Toplina je potrebna da bi se temperatura goriva i kisika podigla do njihove točke paljenja, što je temperatura na kojoj će se reakcija dogoditi spontano.[4]

### 2.3. Temperatura paljenja

Temperatura paljenja je najniža temperatura pri kojoj tvar može ispuštati pare koje se mogu zapaliti kada su izložene izvoru paljenja kao što je iskra ili plamen. Plamište igra važnu ulogu u procesu gorenja jer određuje koliko se lako tvar može zapaliti i održati gorenje.

Ako tvar ima nisko plamište, to znači da može ispuštati zapaljive pare pri relativno niskoj temperaturi, što povećava opasnost od požara. Na primjer, benzin ima plamište od oko  $-40^{\circ}\text{C}$  što znači da se može vrlo lako zapaliti i održati gorenje.

S druge strane, ako tvar ima visoko plamište, to znači da joj je potrebna viša temperatura da bi oslobodila zapaljive pare i zapalila se. Primjerice, dizelsko gorivo ima plamište od oko  $52^{\circ}\text{C}$ , što ga čini manje zapaljivim od benzina.

U procesu gorenja, plamište je važno jer određuje uvjete potrebne da se tvar zapali i održi gorenje. Ako tvar ima nisko plamište, može se lako zapaliti, čak i pri relativno niskim temperaturama, i može održavati gorenje dok se ne potroši svo gorivo ili dok se vatra ne ugasi. Ako tvar ima visoko plamište, potrebno joj je više topline da se zapali i možda neće održavati izgaranje tako lako ili brzo kao tvar s nižim plamištem.[5]



### 3. POŽARI U ZATVORENOM PROSTORU

Postoje fenomeni na koje treba paziti u slučaju požara u zatvorenom prostoru. Požar ovisi o vrsti zgrade (jednokatnica, prizemnica ili višekatnica), namjeni, materijalu interijera itd.

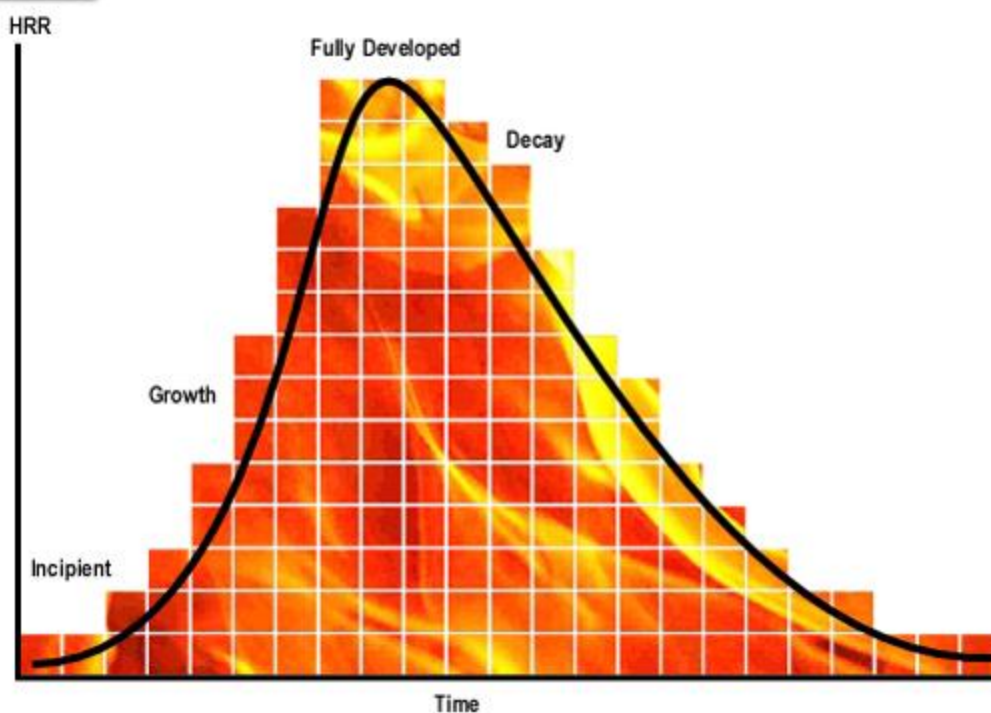
#### 3.1. Nastanak požara

Razvoj i širenje požara u zatvorenim prostorima je proces koji je znatno kompliciraniji od razvoja i širenja požara na otvorenim prostorima. Izraz "požarni sektor" opisuje određeno područje zgrade, nekoliko takvih područja ili možda cijelu zgradu u kojoj je širenje požara privremeno obuzdano. Vatra koja nastaje prenosi energiju po okolnom prostoru i zagrijava dodatne predmete u prostoru. Tri procesa za simultani prijenos topline su sljedeća: zračenje, konvekcija i kondukcija. Tipično širenje vatre nastaje kontaktom s plamenom, kondukcijom, električnošću i zračenjem. Zbog toga se vatra može proširiti u svim smjerovima. Vrsta materijala od kojih je zgrada sastavljena utjecat će na dinamiku i smjer širenja.[6]

##### 3.1.1. Faze razvoja požara

Za kategorizaciju napredovanja požara u zatvorenom prostoru mogu se koristiti četiri faze: početna faza, faza razvoja, faza paljenja i faza gašenja (slika 2).

## Heat Release Rate (HRR) and Fire Development



Slika 2. Faze razvoja požara.[7]

### Prva faza

Kako se gorivo zapali, vatra počinje gorjeti u svojoj prvoj fazi. Početni požar ima sljedeće osnovne karakteristike i može trajati između nekoliko minuta i nekoliko sati:

- Mora postojati najmanje 17% vol. kisika u zraku zatvorenog prostora; ako kisika ima manje, vatra može tinjati nekoliko sati dok je koncentracija kisika iznad 8%, ali kada padne ispod tinjanje se gasi.
- Unutarnja temperatura nije viša od 60 °C.
- Dimna zavjesa u opožarenom području doseže visinu od 1,5 metara mjereno od tla.

Naravno, količina zapaljivog materijala i koliko brzo se može zapaliti ili eksplodirati odredit će koliko dugo će trajati rana faza požara. Ako su u pitanju tekućine ili plinovi, vatra se može vrlo brzo zapaliti ili eksplodirati i vrlo brzo postići

maksimalnu temperaturu. Kod krutih tvari, žarište može tinjati nekoliko sati prije nego što se plamen sakrije i čuje se samo dim. Osim što su otrovni i zagušljivi, dim i pirolitički plinovi koji nastaju također predstavljaju značajnu prepreku postupku evakuacije jer smanjuju vidljivost. Ovo znanje je neophodno za poduzimanje radnji jer je ključno započeti evakuaciju i spašavanje ljudi u ovoj točki razvoja požara. Iskustvo je pokazalo da čak i ako ne postoji neposredna opasnost osim dima, mnogi pojedinci odustaju od pokušaja evakuacije kada je vidljivost ograničena na 4 metra. Rano otkrivanje požara je ključno jer se u tom trenutku požar može ugaziti čašom vode, drugom jednostavnom opremom ili aparatima za gašenje požara.[8]

#### Faza razvoja

Nagli porast temperature i razine topline u prostoru pokazatelji su faze rasta požara. Staklene površine se lome jer plamen troši više gorive tvari. Pri ulasku u prostor vrata treba otvarati polako kako bi se spriječilo trenutno sagorijevanje zagrijanih plinova svježim zrakom. Iako temperatura još nije dosegla svoju najvišu točku, eksplozije tlačnih posuda još uvijek su moguće. Ova faza može trajati između nekoliko minuta i deset minuta, tijekom kojih temperatura ravnomjerno raste dok ne dosegne svoj vrhunac.[8]

#### Faza buktanja

Faza buktanja vatre dolazi nakon razvojne faze. U njemu vatra doseže svoj vrhunac, proguta sav zapaljivi materijal, a metalne grede, paneli i ostali građevinski dijelovi podložni su urušavanju. Ako pritječe dovoljno kisika, temperature mogu doseći 650°C do 1000°C, a gorenje postaje intenzivnije. Sve dok u zahvaćenom području ima zapaljivog materijala, faza buktanja požara može trajati nekoliko sati ili čak dana. U ovoj fazi gorenja dolazi do većeg stvaranja produkata izgaranja.[8]

## Faza gašenja

Gašenje je završna faza požara. Kako se količina zapaljivog materijala postupno smanjuje, temperatura vatre također počinje padati. Ako su sredstva za gašenje stavljena u zonu požara, pad temperature će biti uočljiviji. Najučinkovitiji način gašenja požara je izravno na žarište; inače je potrebno hlađenje produkata izgaranja vodenom maglom. Nakon što su proizvodi dovoljno ohlađeni vodenom maglom, može se započeti s trenutnim gašenjem vrućeg područja. Kada se sva tinjajuća žarišta ohlade, gašenje je završeno.[8]

### 3.2. Plameni udari

Plameni udari su fenomen koji se događa tijekom požara u zatvorenim prostorima zgrada. Oni su uzrokovani procesom gorenja i određenim uvjetima, kao što su neadekvatna ili odgovarajuća ventilacija, količina upotrijebljenog goriva i koliko dugo je vatra gorjela. Razlikujemo četiri temeljna tipa plamenih udara zatvorenog prostora.[8]

#### 3.2.1. Površinsko buknuće (flameover)/podstropno valjanje plamena (rollover)

Površinsko buknuće (flameover) je iznenadni požar koji se događa kada se vrući plinovi i dimovi u zapaljivoj atmosferi u sobi zapale i iznenada se rasplamsaju u plamen. To se obično događa kada se topli plinovi nakupljaju u prostoru ispod stropa, a zatim se zapale i plamen se širi brzo prema dolje prema podu. Podstropno valjanje plamena (rollover) je pojava u kojoj se gornji sloj plinskih proizvoda u zatvorenom prostoru, koji se zagrijavaju izvora topline, počinje rotirati ili kretati u valovima. Ovo kretanje može uzrokovati nagli porast temperature i povećanu koncentraciju plinova, što može dovesti do iznenadnog i opasnog požara. Odstropno valjanje plamena može biti izuzetno opasno za vatrogasce jer može dovesti do eksplozije plinova i stvaranja "stropa vatre".[8]



Slika 3. Rollover.[9]

### 3.2.2. Trenutno prostorno buknuće (flashover)

Prostorno buknuće (flashover) je vrlo brz i nasilan požar koji se događa kada se zapaljiva atmosfera u zatvorenom prostoru zagrije dovoljno da svi materijali u prostoriji, uključujući zidove, stropove i podove, počnu gorjeti istovremeno. U takvom scenariju, požar se može proširiti u cijeloj prostoriji u samo nekoliko sekundi. Prostorno buknuće obično nastaje kada se izvor topline, poput plinskog plamena ili požara, zagrijava zapaljivu atmosferu u sobi, a toplina se postupno nakuplja. Kada se temperatura u prostoriji dovoljno poveća, svi materijali u prostoriji zapale se gotovo istovremeno, stvarajući nagli plamen i eksploziju plinova koji se šire prostorijom. Prostorno buknuće je izuzetno opasno za vatrogasce i druge osobe u blizini požara, jer može dovesti do brzog širenja plamena i stvaranja visokih temperatura, što može dovesti do ozbiljnih opekлина, trovanja plinovima i smrti. Zbog toga je važno izbjegavati situacije koje bi mogle dovesti do prostornog buknuća i primijeniti odgovarajuće sigurnosne mjere u borbi protiv požara.



Slika 4. Flashover.[10]

### 3.2.3. Temperaturno raslojavanje vrućih požarnih plinova

Temperaturno raslojavanje vrućih požarnih plinova je pojava u kojoj se topli dimovi i plinovi koji se generiraju tijekom požara dijele u slojeve različitih temperatura. Ovaj fenomen nastaje zbog različitih temperatura plinova, koji se zagrijavaju i hlade na različitim mjestima u prostoru.

Topli dimovi i plinovi, koji su lakši od hladnijeg zraka, obično se dižu prema gore i nakupljaju se na vrhu prostorije, dok se hladniji zrak spušta prema dolje prema podu. Ovo temperaturno raslojavanje može biti vrlo opasno za vatrogasce i druge osobe koje se bore protiv požara, jer visoke temperature na vrhu prostorije mogu uzrokovati ozbiljne opekline i trovanje plinovima, dok su temperature na podu obično niže i mogu pružiti sigurnije mjesto za kretanje i disanje.

Vatrogasci moraju biti svjesni temperaturnog raslojavanja vrućih požarnih plinova i primijeniti odgovarajuće mjere opreza kako bi se izbjegle ozljede. Ovo uključuje uporabu termalnih kamera za otkrivanje različitih temperatura u prostoriji i izbjegavanje uspona u plinske slojeve visoke temperature. Također, vatrogasci

moraju stalno nadzirati svoju okolinu i pažljivo planirati svoje aktivnosti kako bi se smanjio rizik od ozljeda ili smrti u požaru.[8]

#### 3.2.4. Povratno prostorno buknuće (backdraft)

Povratno prostorno buknuće (backdraft) (slika 5) je vrsta eksplozije koja se može dogoditi u zatvorenom prostoru u kojem je vatra potpuno ili gotovo ugašena, ali još uvijek postoji gorivo i ograničena količina zraka. Kada se zrak ponovno uvuče u prostoriju, na primjer kada vatrogasci otvore vrata ili prozore, on se miješa s gorivim plinovima, stvarajući vrlo opasnu i nasilnu eksploziju.

U povratnom prostornom buknuću, vrući plinovi, dim i gorivi plinovi nakupljaju se u zatvorenom prostoru bez dovoljne količine kisika za izgaranje. Kada se zrak brzo uvuče u prostoriju, na primjer kada se otvore vrata ili prozori, gorivi plinovi reagiraju s kisikom u zraku, stvarajući nagli plamen i eksploziju.

Povratno prostorno buknuće je vrlo opasno za vatrogasce i druge osobe koje se nalaze u blizini požara, jer se eksplozija može dogoditi bez upozorenja i stvoriti vrlo visoke temperature, plamenove i eksplozije koji se šire prostorijom. Zbog toga je važno da vatrogasci i druge osobe koje se bore protiv požara pažljivo planiraju svoje aktivnosti i upotrebljavaju odgovarajuće mjere sigurnosti kako bi se izbjegle situacije koje bi mogle dovesti do povratnog prostornog buknuća.[8]



Slika 5. Backdraft.[11]

### 3.3. Mjere za sprječavanje plamenih udara

Primjerenim mjerama moguće je spriječiti pojavu plamenog udara. Ove mjere uglavnom obuhvaćaju usmjeravanje vodenih napada na žarište požara, odimljavanje područja te djelovanje na granicama požarnog sektora kako bi se na najsigurniji i najučinkovitiji način spriječio plameni udar.

#### 3.3.1. Odimljavanje

Odimljavanje je tehnika koja se koristi u gašenju požara za sprječavanje flashovera, do kojih dolazi kada se svi zapaljivi materijali u prostoriji odjednom zapale, što rezultira iznenadnim i intenzivnim požarom. Odimljavanje uključuje uklanjanje dima iz zgrade ili prostorije stvaranjem ventilacijskih otvora ili korištenjem ventilacijske opreme. Uklanjanjem dima, odimljavanje može pomoći u smanjenju temperature i spriječiti pojavu flashovera. Odimljavanje se često koristi u kombinaciji s drugim tehnikama gašenja požara, kao što su suzbijanje požara i evakuacija, kako bi se požar stavio pod kontrolu i zaštitili životi i imovina ljudi u zgradi. Na početku intervencije može se provesti ofenzivno odimljavanje koje uključuje otvaranje krova iznad požara (2 m x 2 m). Nakon ofenzivnih postupaka odimljavanja, defenzivni postupci se primjenjuju tako što se otvara ventilacijski otvor udaljen od izvora požara. Tako se stvara otvor širine jednog metra uzduž bočne strane zgrade, koji omogućuje sigurno uklanjanje dima i topline.[12]

#### 3.3.2. Gašenje

Direktno gašenje izvora požara je najbrža i najučinkovitija metoda za sprječavanje flashovera. Protok vode je ključan u takvoj intervenciji. Stručnjaci su utvrdili količinu vode (L/min) koja je potrebna za apsorpciju toplinske energije u prostoriji određene veličine. Za većinu stambenih prostorija, mlaznice s protokom vode od 100 L/min su dovoljne, dok su za veće prostorije poput hala, podruma ili



potkrovlja potrebne mlaznice s mogućnošću regulacije protoka vode i većim protokom od 100 L/min. Pravilna primjena mlaza može stvoriti vodenu paru i smanjiti volumen dima, što ne utječe na održavanje termičke ravnoteže. Vodena para ne ugrožava vatrogasce, a nakon hlađenja dima, navalna grupa može započeti s neposrednim gašenjem. Ovaj postupak zahtijeva intenzivnu obuku i vježbu, te zahtijeva posebne mlaznice koje su sposobne za regulaciju protoka vode.[13]

### 3.3.3. Taktika za sprječavanje plamenih udara backdrafta

Posebnu pozornost treba posvetiti pravilnom otvaranju vrata i prozora, o čemu treba voditi računa pri svakom zahvatu. Prozori i vrata moraju se otvarati ispod poklopca, odnosno sa strane, a idealno je uz pomoć spremnog mlaza vode. Nakon otvaranja vrata, ako se čini da u prostor ulazi zrak, potrebno je odmah zatvoriti ulaz ili raspršeni mlaz usmjeriti u dim kako bi se izbjeglo slučajno prskanje plamena vodenom parom. S druge strane, ako postoji dobar razlog za sumnju na udar plamena, možemo ga usmjeriti na pravo mjesto. Prozor je moguće otvoriti prije ulaska grupe u prostoriju jer se udarni val i fronta požara kreću u smjeru otvora koji se stvara. U slučaju udara plamena, on se "prazni" kroz napravljenu rupu i ne ugrožava naletnu grupu koja se nalazi u unutarnjem naletu. U ovoj situaciji zaštitna oprema je posebno važna zbog nepredvidive prirode plamenog udara. Iako ne umanjuje ozljede udarnog vala, sprječava opekline.[13]

### 3.3.4. Taktička ventilacija

Toplinski sloj koji se širi cijelom zgradom otežava vatrogascima spašavanje ljudi koji im je prva briga. Ventilacija je najučinkovitiji pristup za uklanjanje dima. Uz pomoć pravih alata i rada vatrogasaca, može biti prirodna ili umjetna. Razlikujemo:[8]

- Vertikalnu ventilaciju
- Linijsku ventilaciju

- Horizontalu ventilaciju
- Hidrauličnu ventilaciju
- Ventilaciju s nadtlakom

## 4. KONSTRUKCIJSKA PREVENCIJA POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU

U konstrukcijsku prevenciju požara u zatvorenom prostoru spadaju svi građevinski poslovi koji se provode tijekom adaptacije, obnove ili građenja sa svrhom sprječavanja razvoja požara to se smatra pasivnom zaštitom od požara.

Svrha konstrukcijske preventive je:[14]

- zaštita ljudi koji su u građevinskom objektu i u njegovim djelovima
- zaštita ljudi u blizini
- kontrola širenja požara tj. lokalizacija
- zaštita objekta te vrijednosti i imovine građevinske industrije
- očuvanje strukture i svih njezinih sastavnica.

Zakon o građenju, Zakon o zaštiti od požara i brojni drugi podzakonski akti propisuju uvjete za primjenu sustava zaštite od požara u zgradama. Temeljni zahtjevi zaštite građevina od požara ispunjavaju se pravilnim odabirom građevnih materijala, građevinskih elemenata i konstrukcija s obzirom na njihovu otpornost na požar te pravilnim projektiranjem građevine. Za gašenje požara služi preventivna (pasivna), a za sprječavanje širenja obrambena (aktivna) zaštita od požara.[14]

### 4.1. Građevinski materijal

Odgovarajući odabir građevinskog materijala u skladu s njegovim ponašanjem u požaru jedna je od bitnih potreba protupožarne zaštite. Protupožarna svojstva građevinskih materijala uključuju zapaljivost, gorivost, brzinu širenja plamena, gorivo otkapavanje materijala, sposobnost stvaranja dima, otrovnih plinova i toplinsku snagu. Ova svojstva mogu se koristiti za predviđanje brzine širenja požara, vrste i količine produkata izgaranja koje će proizvesti, kao i kako će se materijal ponašati u požaru, što će odmah utjecati na stabilnost objekta. Prema

normi HRN DIN 4102 prema stupnju zapaljivosti identificirane su sljedeće vrste građevinskih materijala:[15]

- klasa A1 i klasa A2 za negorive materijale.
- Klasa B1 (teško zapaljivi materijal),
- Klasa B2 (obično zapaljivi materijal)
- i Klasa B3 za zapaljive materijale (lako zapaljivi materijal).

Uzevši u obzir svojstva materijala, bira se između:[16]

- čeličnih konstrukcija koje nisu posebno otporne na vatru, ali su obložene radi poboljšanja otpornosti na vatru; i
- konstrukcije od tvrdog drveta koje su povoljnije od čelika jer spaljeni sloj djeluje kao toplinski izolator i štiti unutrašnjost od vatre.
- zidane konstrukcije, kojima se postiže velika otpornost na požar; također se uzima u obzir debljina konstrukcija; najbolja u ovoj skupini je opeka (otpornost na promjene do 900°C).
- betonske i armiranobetonske konstrukcije, kod kojih je debljina betonskog sloja presudna.

## 4.2. Komponente građevinske konstrukcije

Važno je obratiti pozornost na projektiranje i izvedbu svake komponente građevinskog objekta kako bi se potencijalni požar učinkovito lokalizirao i zaustavio. Osim materijalnih gubitaka, mogu biti ugroženi i ljudski životi, stoga je važno poduzeti sigurnosne mjere kako za strukturu u cjelini tako i za svaku njezinu pojedinačnu komponentu, kao što su izlazi, rute za evakuaciju, otvori u zidovima, krovovi i pokrovi, dimnjaci itd.[6]

### 4.2.1. Izlazi i zlazni putovi

Pojam "izlazi i izlazni putovi" označava sve putove koji vode do izlaza iz zgrade i njihove povezane komponente, kao što su stubišta i hodnici. Izlazni putovi se razvijaju i izvode u skladu s nizom specifikacija u skladu s pravilnikom koji

propisuje temeljne postupke zaštite od požara građevine. Na svakom izlaznom putu evakuacije mora biti jasno označen smjer sa strelicom (slika 6), a gazna površina ceste ne smije imati mehanička oštećenja (izbočine, promjene visine, pukotine i sl.).[6]



Slika 6. Oznaka smjera evakuacije.[17]

Kako bi se osigurala što bolja prohodnost u slučaju nužne evakuacije, minimalni razmak u hodnicima, stubištima i drugim evakuacijskim putovima mora biti 0,8 m i ne smije biti zakrčen. Osim što vode do sigurnih, prostranih lokacija u svrhu zaštite od požara, putevi za evakuaciju mogu odvesti ljude izvan objekta. Udaljenost od zgrade do sigurne lokacije varira od 30 do 50 m ovisno radi li se o prizemnici ili katnici, a sva vrata koja su dio evakuacijske staze moraju se otvarati u smjeru izlaza. Svi protupožarni putovi i prilazi moraju uvijek biti upotrebljivi, a drugi izlazi moraju biti dostupni ako su tijekom građevinskih radova.

#### 4.2.2. Zidni otvori

Otvori u zidovima uključuju sva vrata i prozore koji se nalaze u zgradi ili njenom dijelu. Sva vrata moraju se otvarati u smjeru izlaza ili evakuacije. Prema

prethodno određenim požarnim sektorima, vrata trebaju imati određenu razinu otpornosti na požar. Prozorima se moraju lako otvarati s poda i ne smiju imati napuknuta ili oštećena stakla.[6]

#### 4.2.3. Dimnjaci

Dimnjaci su vertikalne konstrukcije koje se nalaze na mnogim industrijskim postrojenjima, brodovima i zgradama. Većina dimnjaka je vertikalno konstruirana radi jednostavnijeg odvoda plina i dima.

Dimnjak mora biti izgrađen u skladu sa svim važećim propisima koji su uspostavljeni. Kako bi spriječili ulazak dima, vrata dimnjaka moraju biti izgrađena od čvrstog, negorivog materijala, a stijenske dimnjaka ne smiju biti oštećene (pukotine). Bitno je zapamtiti da svi dimnjaci trebaju biti podvrgnuti rutinskom pregledu kako bi se utvrdila njihova funkcionalnost, ispravnost i otklonili nedostaci.[6]

#### 4.2.4. Krovišta i pokrovi

Prilikom izgradnje krovova preporuča se izvoditi cijele krovove od nezapaljivog materijala, a ne krovne konstrukcije sa šupljinama. Ovaj strukturni element još uvijek može biti izgrađen korištenjem gorivih materijala, ali samo u malim količinama kako bi bio vodootporan. Kako bi se spriječilo širenje vatre s jednog požarnog sektora na drugi, krov mora biti najmanje 18% otporan na vatru (30 min. s vatrootpornim premazima). Također treba pratiti požarni sektor. Krov se ne smije oštetiti, a ako su potrebni popravci, moraju se izvoditi samo negorivim materijalima, kao što je bio slučaj s prethodnim elementima.[6]

Ciljevi preventivne strategije zaštite od požara su slijedeći:

- zaštititi ljudske živote
- sačuvati materijalnu imovinu
- zaštititi interventne snage

- spriječiti širenje požara (time i umanjiti štetu)

### 4.3. Aktivne mjere zaštite od požara

Preventivne radnje su pasivne i aktivne, ovisno o tome je li požar već izbio ili ne. Moraju se poduzeti iste mjere opreza kako bi se brzo identificirao, ugasio i kontrolirao njegovo širenje. Tehničke mjere za brzo otkrivanje požara (ručni ili automatski detektori), požarni alarm, gašenje požara (ručni ili pouzdani sustavi za gašenje požara), ventilacija (odimljavanje), itd. primjeri su aktivnih mjera. Dostupni su automatski ili ručni sustavi za detekciju požara i alarmni sustavi. Oni koji vide požar mogu uključiti ručne detektore koji su postavljeni na istaknutim, prikladnim mjestima. Mana ručnih javljača požara je što nitko ne može nazvati ili dodirnuti gumb ako nije svjedok požara. Time se gubi kritično vrijeme između otkrivanja i isključivanja. Automatski detektori požara koriste se za pronalaženje požara što je prije moguće. Mogu se podijeliti u četiri kategorije: toplinske (infracrveni i ultraljubičasti), dimne (ionizacijski i optički), plamene (termomaksimalna i termodiferencijalna) i kombinirane.[8]

#### 4.3.1. Stabilni sustavi za zaštitu od požara

U opće mjere zaštite od požara spadaju i stabilni sustavi koji se dijele na nekoliko kategorija:[7]

- „sustav tipa „sprinkler“ (mokri, suhi, kombinirani – mokri i suhi, „pre-action“, pjena, suhi)
- brzodjelujući – s ubrzivačem
- sustav tipa „drencher“
- sustav s ugljičnim dioksidom
- sustav s plinskim zamjeniteljima halona (FM 200, NOVEC 1230)
- bacači pjene i vode“

#### 4.4. Požarni sektor

Građevine se prema namjeni dijele na manje cjeline, tzv. protupožarne sektore koji su utvrđeni hrvatskim propisima i uvedeni u tehničku praksu. Konkretno, požarni sektori su prostori u zgradama koji imaju ograničenja (kao što su zidovi, vrata, međukatne konstrukcije itd.). Nasuprot tome mostovi, tuneli i sl. se ne dijele na požarne sektore. Međutim, provedba požarnih sektora se ne odnosi se na sve građevine, što dokazuju sljedeći građani:

- prostori za smještaj dizala i drugih pogonskih uređaja
- ventilacijske komore,
- podrumski i tavanski prostori
- te prostori s povećanim rizikom od eksplozija i požara.

Bitno je napomenuti da je nezaštićeno stubište najlakši način širenja požara i kada temperatura dosegne  $600^{\circ}\text{C}$ , svi zapaljivi predmeti će se zapaliti i gorjeti, dok će nezapaljivi predmeti i dalje stradati. Požarni sektor može se sastojati od jednog stana u cijelosti ili od jedne ili više prostorija u objektima veće tlocrtnne površine. Mobilne pregrade koriste se za stvaranje protupožarnog sektora u javnim objektima specijalizirane namjene (kao što su kazališta) gdje se prostorije ne mogu trajno podijeliti.[3] Broj katova u zgradi, požarno opterećenje, prisutnost opreme za automatsku detekciju i gašenje požara, itd. samo su neke od brojnih varijabli koje utječu na to kako su projektirani požarni sektori zgrade u odnosu na njezinu veličinu. i namjenu (slika 9).



Slika 7. Formiranje požarnih sektora.[3]



Način formiranja protupožarnih sektora određen je prema važećim hrvatskim propisima i pravilima. Izrada protupožarnih sektora izvodi se okomito i vodoravno, pri čemu se koriste elementi za brtvljenje otvora oko vertikalnih instalacija, vertikalnih kanala i sl., kao i vatrootporna brtvila i brtvila.

#### 4.5. Otpornost na požare

Simuliranjem požara u kontroliranom okruženju testira se otpornost konstrukcije i njenih komponenti na požar, pri čemu moraju biti zadovoljeni kriteriji:

- R – nosivost ili rušenje (resistance)
- E – prostorna cjelovitost ili nastanak pukotina (etancheite)
- I – toplinska izolacija (isolation).

Minimalno vrijeme u kojem se konstrukcija mora ispunjavati unaprijed određeni protokol kako bi se održala potrebna stabilnost i čvrstoća onemogućavanje prodora plamena na drugu stranu te nepropuštanje na drugu stranu temperature više od 140°C ili da ukupna temperatura na drugoj strani nije viša od 180°C. naziva se vatrootpornost. Razdoblje u kojem nisu prekoračene norme određuje otpornost na požar prema svim prethodno utvrđenim kriterijima (tablica 1).[16]

Tablica 1. Stupanj otpornosti na požar prema HRN U.JI. 240 normi.[16]

VRSTA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE	POLOŽAJ	STUPANJ OTPORNOSTI NA POŽAR				
		1. BEZ OTPORNOSTI	2. MALA OTPORNOST	3. SREDNJA OTPORNOST	4. VEĆA OTPORNOST	5. VELIKA OTPORNOST
Nosivi zidovi	Unutar požarnog sektora	-	30	60	120	180
Nosivi stupovi		-	30	60	120	180
Nosive grede		-	30	60	120	180
Međukatne konstrukcije		-	15	30	60	120
Krovni pokrivači		-	15	30	45	60
Nenosivi pregradni i fasadni zidovi		-	15	15	15	30
Konstrukcija evakuacijskog puta		15	30	60	120	180
Zidovi	Granica požarnog sektora	60	60	90	120	180
Međukatne konstrukcije		30	30	60	90	120
Otvori		30	30	60	60	90

## 5. GAŠENJE POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU

Parametri gašenja požara u zatvorenom prostoru najviše ovise o karakteristikama i količini prisutnog goriva i kisika. Takve vatre mogu tinjati satima, a kada se naglo uvede svjež zrak, zagrijani plinovi se snažno i iznenada zapale. Kako bi se to izbjeglo, potrebno je prije ulaza temeljito pregledati područje ima li znakova požara, dima koji dolazi ispod vrata i vruće kvake. Vatrogasci moraju biti primjereno opremljeni za takve okolnosti, obučeni u odgovarajuću sigurnosnu opremu, a tlačne cijevi za gašenje moraju biti napunjene prije ulaska na takvo mjesto. Konstrukcije koje nisu toplinski zaštićene riskiraju urušavanje ako se požar brzo proširi.[13]

### 5.1. Vatrogasni alati za zatvorene prostore

Odabir izvrsne opreme vrlo je važna tema u vatrogastvu. Zbog ograničenog proračuna, povremeno je potrebno napraviti prilagodbe u nekim jedinicama. Ipak, mora se osigurati minimum opreme. Prije odabira ključno je potvrditi da je svaki dio opreme certificiran. Gašenje požara ne obavlja se necertificiranom opremom. Kako bi se vatrogasac osjećao što udobnije, ključno je da mu oprema dobro pristaje uz odgovarajuću certifikaciju. Neudobna, restriktivna oprema čini vatrogasca pod stresom i manje učinkovitim. Prilikom gašenja požara u zatvorenom prostoru, vatrogasac mora imati sljedeću minimalnu osobnu opremu (nazivi svih važećih europskih standarda za pojedinu opremu su u zagradama):[12]

- Zaštitna vatrogasna kaciga (EN 443)
- Zaštitno vatrogasno odijelo (EN 469)
- Zaštitna potkapa
- Zaštitne rukavice (EN 659)
- Zaštitne čizme (EN 345)
- Zaštitni opasač sa opremom
- Zaštitna maska

Oprema koju vatrogasac mora posjedovati u zatvorenom prostoru uključuje:[12]

- Izolacijski aparat
- Uređaj radio veze (ugrađenog u vatrogasnu kacigu)
- Svjetiljku
- Penjačko uže
- Vatrogasna sjekirica

Ostala pomoćna oprema može biti:[12]

- Toplinska kamera
- Eksploziometar
- Razni tipovi ljestava
- Dimovuk

#### 4.6. Taktički nastupi vatrogasaca prilikom gašenja požara zatvorenog prostora

Taktički nastup vatrogasaca prilikom gašenja požara u zatvorenom prostoru zahtijeva visoku razinu opreza i profesionalizma. Važno je da vatrogasci budu upoznati s opasnostima koje se mogu pojaviti u takvim situacijama kako bi se izbjegle ozljede i gubitak života.[18]

##### 4.6.1. Sigurnost pri intervenciji

Sigurnost pri intervenciji je ključna za uspješan nastup vatrogasaca prilikom gašenja požara u zatvorenom prostoru. Prije početka intervencije, vatrogasci trebaju provjeriti i procijeniti opasnosti koje se mogu pojaviti, kao što su opasnost od gušenja i trovanja, opasnost od topline, opasnost od mehaničkih ozljeda, opasnost od elektriciteta i opasnost od stresa, straha, panike i šoka.

Prije ulaska u zatvoreni prostor, vatrogasci bi trebali osigurati da su svi sigurnosni uređaji i oprema ispravni i spremni za uporabu. Ovo uključuje respiratore, termovizijske kamere, sigurnosne pojaseve, čizme s gumiranom potplatom,

zaštitne rukavice i kacige. Također, moraju imati uvježbani plan intervencije i komunikaciju, kako bi svi članovi tima bili upoznati s ulogama i postupcima u slučaju nezgode.[18]

#### 4.6.2. Ulazak u građevinu i kretanje kroz istu

Ulazak u građevinu u kojoj se dogodio požar zahtijeva oprez i preciznost. Vatrogasci bi trebali koristiti termovizijske kamere kako bi utvrdili točnu lokaciju požara i procijenili opasnosti koje se mogu pojaviti. Ulazak u prostoriju u kojoj je požar izbio bi trebao biti kroz najbliži ulaz s minimalnom upotrebom sile. Kretanje kroz zatvoreni prostor bi trebalo biti pažljivo i koordinirano. Vatrogasci bi trebali držati kontakt i ostati u grupama kako bi mogli pružiti podršku jedni drugima. Također bi trebali paziti na okolne objekte, poput namještaja, koji mogu biti zapaljivi i uzrokovati brži širenje vatre.[18]

#### 4.6.3. Spašavanje vatrogasaca

U slučaju da se neki vatrogasac nađe u opasnosti ili zatrpan u ruševinama, potrebno je brzo djelovanje kako bi se spašavanje izvelo što je prije moguće. U takvim situacijama je potrebna brza i koordinirana akcija. Timovi za spašavanje bi trebali biti uvježbani i spremni za akciju. U slučaju da vatrogasac ostane zarobljen u zatvorenom prostoru, potrebno je osigurati dostatnu količinu zraka i obavijestiti nadređene. Pomoć bi trebala stići što je prije moguće, a vatrogasci bi trebali ostati smireni i koncentrirani na spašavanje kolege.[18]

### 4.7. Opasnosti prilikom intervencija u zatvorenim prostorima

#### 4.7.1. Opasnost od gušenja i trovanja

Prilikom gašenja požara u zatvorenom prostoru, vatrogasci se mogu suočiti s opasnostima od gušenja i trovanja. Dim i otrovni plinovi koji se mogu pojaviti u zatvorenom prostoru mogu uzrokovati gubitak svijesti i respiratornog sustava.[18]

#### 4.7.2. Opasnost od topline

Požari u zatvorenom prostoru mogu proizvesti vrlo visoke temperature. Vatrogasci se moraju nositi s iznimno visokim temperaturama koje mogu uzrokovati opekline i druge ozljede.[18]

#### 4.7.3. Opasnost od mehaničkih ozljeda

Zatvoreni prostori u kojima se događaju požari mogu biti nestabilni i podložni rušenju. Vatrogasci se moraju paziti na rušenje objekata, pažljivo kretati i koristiti zaštitnu opremu kako bi se zaštitili od mehaničkih ozljeda.[18]

#### 4.7.4. Opasnost od elektriciteta

U zatvorenim prostorima se često nalazi različita električna oprema koja može biti izvor opasnosti za vatrogasce. Vatrogasci moraju biti oprezni i izbjegavati dodir s električnom opremom dok obavljaju svoje zadatke.[18]

#### 4.7.5. Opasnost od stresa, straha, panike, šoka

Vatrogasci su često izloženi stresnim situacijama tijekom intervencija u zatvorenim prostorima. Strah, panika i šok mogu uzrokovati gubitak koncentracije i smanjiti učinkovitost intervencije. Vatrogasci bi trebali biti uvježbani za takve situacije i znati kako se nositi s njima.[18]

## 6. PRIKAZ SLUČAJA POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU

U nastavku teksta opisan je slučaj gašenja požara na gospodarskom objektu, Ustanovi za zapošljavanje, rad i profesionalnu rehabilitaciju osoba s invaliditetom (DES) u Splitu.[19]

Javna vatrogasna postrojba grada Splita (VOC) u 9:45 h zaprima dojavu o požaru koji je izbio u DES-u. Najkraći put do DES-a je 1300 m. Prometnica od JVP-a (Javne vatrogasna postrojbe) grada Splita (GS) do mjesta intervencije ima tri raskršća koja su regulirana sa svjetlosnom signalizacijom. Put je bio prohodan, tj. bez velike gustoće prometa. Ulaz u krug objekta je direktno s ulice Boktuljin put i zadovoljava uvjete vatrogasnog pristupa.

### 6.1. Kronologija intervencije

U 9:44 bez dodatnih informacija, Županijski vatrogasni operativni centar (ŽVOC) zaprimio je jedinu dojavu načelnika Policijske uprave (PU) Split da nešto gori u DES-u i da se vidi neki dim. Operativno dežurstvo VOC Split u 9:45 sati podrazumijeva upućivanje valnog vozila broj 4 s posadom od šest vatrogasaca i malog navalnog vozila broj 9 s posadom od tri vatrogasca na mjesto događaja. U 9:48 Dežurni ŽVOC-a poziva dojavitelja požara PU Split i traži dodatne informacije koje policija u tom trenutku nema. U 09:49 Vozni odjel NV 4 (navalno vozilo) postavlja cijevnu prugu i priprema se za gašenje požara nakon što zapovjednik intervencije iz NV 4 javlja VOC-u da je stigao na mjesto intervencije. Zapovjednik intervencije (voditelj vatrogasne jedinice) stupio je u kontakt s djelatnicima DES-a i prikupio prve informacije o gorivnom, materijalnom i fizičkom stanju objekta. Zapovjednik s NV 4 je javio da je pružena cijevna pruga te primijenjena unutarnja navala prvim C mlazom vode i da gori papir u skladištu. Koristeći termo kameru te C jet i turbo mag jet, udarna grupa s NV 4 opremljena izolacijskim uređajima upravo je u tom trenutku provodila unutarnju navalu preko glavnog ulaza. Tada je utvrđeno sljedeće stanje: velika koncentracija znatno vrućeg dima, a na samom ulazu stropni električni kablovi i rasvjetna tijela su se

otopila i pala na tlo. Razina dima dosegala je 50 cm od poda. Dok je tražio hidrant u blizini zgrade, vozač-strojar je otkrio da je hidrant neispravan. Zapovjednik NV 4 angažira navalnu ekipu iz vozila 9 na prijedlog ovlaštenog predstavnika DES-a. Tim je opremljen izolacijskim uređajima i ulazi na glavni ulaz u objekt sa sjeverne strane kako bi isključio struju i tražio eventualne neizravne ulaze u skladište s te strane.

U 09:56 Zapovjednik iz NV 4 traži da ŽVOC da se iz GIS-a (geografski informacijski sustav tj. preglednik Središnjeg registra državne imovine) očita položaj hidranata radi dodavanja vode. U 9:59 budući da u GIS-u nema obližnjih vatrogasnih hidranata, VOC savjetuje punjenje u jedinici. Zapovjednik NV 4 traži cisternu za vodu od VOC-a u 10:05 ujutro. U 10:05 sati zapovjednik iz NV 4 javlja vatrogascu V-1 da je prepoznao neizravni ulaz sa sjeverne strane skladišta, ali da su vrata zatvorena te nema potrebe za gašenjem s te strane zgrade. Vozilo cisterna za vodu AC 13 zapremine 10.000 L na mjesto intervencije upućuje dežurni operativni VOC-a u 10:09 sati. Dolazi samo vozač-strojar. U 10:10 VOC zove operativno dežurstvo HEP-a i moli ih da isključe energiju objekta. Vozilo AC 13 zamjenjuje vozilo 9 koje dostavlja NV 4 na mjesto intervencije u 10:12. U 10:15 radio vezom iz objekta javlja se zapovjednik s NV 4 i javlja da bezuspješno traži sklopku za isključivanje struje. Za gašenje požara aparatom za gašenje pod visokim tlakom, zapovjednik JVP GS (Javne vatrogasne postrojbe grada Splita) traži preko ŽVOC-a da se u 10:18 ujutro angažira specijalno vatrogasno vozilo multi-car.

Operativno dežurstvo HEP-a (Hrvatska elektroprivreda) odgovara da je HEP uzburjan te da će poslati svoju ekipu na teren kada zapovjednik NV 4 opetovano traži da se od HEP-a zatraži isključenje struje u postrojenju u 10:22 sati. Višenamjensko vatrogasno vozilo VOC je uputio na mjesto intervencije u 10:23 sati. Ekipu čine vozač i tri vatrogasca. HEP je isključio struju na cesti u 10:31. Zapovjednik JVP traži da VOC dostavi više rezervnih boca za izolacijske uređaje. Vatrogasac V-1 u 10:32 sati dojavljuje zapovjedniku NV 4 da se na sjevernoj strani skladišta nalaze vrata. Tijekom tog vremena postavljen je treći tok koji ide od spoja do sjevernog ulaza u zgradu. Voditelj smjene izlazi van i ulazi u 10:39. Vozač NV 4 traži od AC (auto cisterne) da nadopuni vozilo vodom u 10:42. Vozač



NV 4 upozorava N-1 na potrebu smanjenja protoka u 10:45 U 10:46 zapovjednik JVP-a traži da se postavi pričuvna smjena kod VOC-a. Za to vrijeme, voditelj smjene nosi izolacijski aparat i prilazi požaru zahvaćenom području i vrši dodatno izviđanje termo kamerom. U 10:48 sati vozač NV 4 traži AC 31, cisternu za vodu od 6000 L, te mu operativno dežurstvo javlja da je na putu. Vozač NV 4 navodi da je vozilo nadopunjeno u 10:53 sati.

Vatrogasci N1 iz vozila 9 i vatrogasacV-2 iz vozila 4 lociraju sjeverni neizravni prilaz skladištu i počinju gašenje požara C mlazom u 10:56 sati. Za to vrijeme voditelj smjene izlazi iz skladišta zapadnim ulazom u procijeniti situaciju. Nakon što donese odluku o nastavku gašenja požara visokim pritiskom, preuzima kontrolu nad intervencijom. Zapovjednik NV 4 traži od VOC-a više snaga u 11:02. U ovom trenutku, stvarno žarište požara je već manje žestoko, ali pravi problem su vrući produkti izgaranja koji su se skupili u gornjem dijelu prostorije. ZV 29 polazi u 11:10 sati s vatrogascem koji nosi boce dodatnog izolacijskog aparata. Za gašenje glavnog dijela požara sporadično je korišten "C"-mlaz sa sjevernog neizravnog ulaza i visokotlačni vodeni mlaz sa zapadnog ulaza. Vatrogasci iz vozila 29 i N2 iz NV 4 otvaraju vrata na južnom zidu skladišta, vrše unutarnje navale C mlazom i gase papirnatu ambalažu koja se povremeno zapalila zbog izloženosti vrućim produktima izgaranja (cca 2 m visine). Tada se donosi odluka da se razbiju prozori na južnoj strani skladišta kako bi se izvršila taktička ventilacija, a jedna vatrogasna ekipa s glavnog ulaza u zgradu izlazi na stepenice i otvara prozore na prvoj i drugoj etaži. Tada se pokušalo izvršiti odimljavanje prostorije usmjeravanjem ventilatora od glavnog ulaza prema razbijenim južnim prozorima, ali se od te metode odustalo nakon pet minuta jer nije dala zamjetnije rezultate. Požar je ugašen vani, odnosno ispred ulaza, mlazom ultra visokog pritiska. Uz pomoć izolacijskih aparata goriva tvar je iznesena pomoću dvije palete koje su se nalazile u skladištu, a požar je i dalje kontroliran prirodnim strujanjem zraka. Daljnjim gašenjem požara značajno je smanjena količina dima u prostoriji, čime su stvoreni uvjeti za sigurno uklanjanje gorive tvari iz skladišta. Otežavajuće okolnosti prilikom uklanjanja gorive tvari bile su srušene hrpe kartonske ambalaže i viličar koji je pomican paletama kako bi se oslobodio put. Još četiri vatrogasca pridružuju se akciji u 12:20 sati iz pričuvne smjene, čime je

omogućena redovita rotacija vatrogasnih ekipa u opasnom području. Zapovjednik JVP traži od VOC-a pozivanje svih raspoloživih snaga u 13:31 sati. budući da će zahtjevni uvjeti rada zahtijevati češće promjene raspoložive radne snage. Dežurni operativni poziva radnike prve i četvrte smjene. Još dva vatrogasca iz pričuvne smjene uključuju se u posao na požarištu oko 13:50 sati. Odjeljenje navalnih vozila vozila ponovno se pridružuje skupini. Svi vatrogasci koji su trenutno obnavljali požarište u 16:15 sati zamjenjuje osam novih vatrogasaca, koji nastavljaju s radom do 19:30 sati, kada ih zamjenjuje šest novih vatrogasaca. Svo je osoblje napustilo požarište oko 1:30 ujutro.

## 6.2. Korišteni resursi:.[19]

Požar je gasilo 25 vatrogasaca JVP Split, a korišteno je ukupno osam vozila

- 1 navalno vozilo klase „A“ ,
- 1 navalno vozilo klase „B“ ,
- 2 autocisterne,
- 1 specijalno vozilo multi-car,
- 2 zapovjedna vozila i
- 1 za prijevoz vatrogasaca.

Na požar je utrošeno cca 45 000 L vode.[19]

- 60 boca stlačenog zraka za izolacijske aparate
- 5 komada „B“ cijevi
- 10 komada „C“ cijevi
- 3 komada turbo-mag mlaznice
- 1 ventilator na motorni pogon
- 2 reflektora
- 1 produžni strujni kabel
- 1 generator struje.

Koeficijent iskoristivosti utrošenog sredstva za gašenje ( $\mu$ ) iznosi: 0.49 odnosno 49%.

Analiza intervencije gašenja požara u skladištu DES-a ukazuje na nekoliko bitnih činjenica koje su odredile tijek intervencije. Između ostalog, VOC je zaprimio samo jednu dojavu što je neobično za požar takvih razmjera, a vrijeme od dojave do početka gašenja iznosilo je 8 minuta. Hidranti u krugu pogona DES-a bili su neispravni te je predložena sigurna opcija uz punjenje vode na hidrantu u krugu JVP-a. Osim toga, odvajanje gorive tvari pokazalo se najučinkovitijom taktikom gašenja kod ovakvih požara. S obzirom na zatečeno stanje u skladištu, vatrodojava s automatskim prosljeđivanjem alarma bi bilo idealno rješenje. Objektivno gledano, nedostatak ljudstva onemogućio je izvršenje ovih zadaća na samom početku intervencije. Izračun jasno pokazuje da je učinkovitost mlaza bila 49%, što je u ovom zahvatu bilo manje značajno jer nije moglo doći do štete od vode. Razumno je da je učinkovitost mlaza bila tako niska zbog prenatrpanosti skladišta, što nameće zaključak da je izolacija goriva najučinkovitija strategija gašenja za ovakve situacije.

## 7. ZAKLJUČAK

Ovaj rad govori o požarima u zatvorenom prostoru, jednu od najopasnijih situacija s kojima se vatrogasci mogu suočiti u svom radu. Kroz teorijski dio objašnjen je proces gorenja, konstrukcijsku preventivu te opremu za gašenje požara, dok je u praktičnom dijelu dan primjer gašenja požara u zatvorenom prostoru. Uvažavajući opasnosti s kojima se vatrogasci susreću prilikom intervencija u zatvorenim prostorima, ključno je da se vatrogasci pridržavaju stroge taktičke procedure za siguran ulazak i kretanje kroz zgradu, spašavanje vatrogasaca te gašenje požara. Ovaj rad bi trebao pomoći u podizanju svijesti o opasnostima s kojima se vatrogasci suočavaju te naglasiti važnost adekvatne opreme i taktičkih postupaka kako bi se osigurala sigurnost vatrogasaca i uspješno rješavanje požara. Konstrukcijska preventiva predstavlja skup mjera i tehnika koje se primjenjuju prilikom projektiranja i izgradnje zgrada kako bi se smanjila mogućnost nastanka požara i širenja vatre. Ove mjere i tehnike također pružaju zaštitu od drugih opasnosti povezanih s požarom, kao što su emisije otrovnih plinova, strukturalna propadanja i sl. Nekoliko je ključnih aspekata konstrukcijske preventive. Prvi je izbor materijala pri čemu je prilikom projektiranja i izgradnje zgrade, važno je odabrati materijale koji su otporni na vatru. To se posebno odnosi na krovove, stropove i zidove koji mogu poslužiti kao brzo širenje vatre. Materijali kao što su beton, cigla i metal su manje podložni zapaljenju i širenju požara. Sljedeći aspekt je instalacija sustava protupožarne zaštite. To uključuje sustave za detekciju požara, sprinkler sustave, protupožarne zavjese i druge sisteme koji će pomoći u otkrivanju i suzbijanju požara u ranoj fazi. Zatim, osiguranje ispravnosti električnih instalacija. Električne instalacije čest su uzrok požara u zgradama, stoga je važno osigurati da su instalacije ispravne i da ne predstavljaju rizik od kratkog spoja ili pregrijavanja. Nadalje, važan aspekt je i primjena izolacijskih materijala. Izolacijski materijali, poput mineralne vune, mogu smanjiti mogućnost širenja požara unutar zgrade. Postavljanje protupožarnih barijera također je važan aspekt konstrukcijske preventive kojima se sprječava širenje požara u zgradi, ograničava požar na jedan dio zgrade i omogućava siguran izlazak ljudima. I na kraju vrlo je važno osigurati dostupnost

vatrogasne opreme. Zgrade bi trebale biti opremljene vatrogasnom opremom poput vatrogasnih ormarića, hidranata i ljestvi, što će olakšati intervenciju vatrogasaca u slučaju požara. Uz primjenu konstrukcijske preventive, moguće je smanjiti mogućnost izbijanja požara, a u slučaju požara, konstrukcijska preventiva će ograničiti širenje požara i zaštititi zgradu i ljude koji se nalaze unutar nje.

## 8. LITERATURA

- [1] NASA: Combustion, <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/combst1.html>, pristupljeno 10.03.2023.
- [2] Preventa: Opasnosti od požara i eksplozije, <https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/opasnosti-od-pozara-i-eksplozije>, pristupljeno 10.03.2023.
- [3] Kopričanec-Matijevac Lj.: „Oblikovanje požarnih sektora“, Udžbenik Učilište vatrogastva i zaštite i spašavanja, Vatrogasna škola, Državna uprava za zaštitu i spašavanje, Zagreb, 2015.
- [4] Energy: Energy Tips – Process Heating, [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f16/oxygen\\_enriched\\_combustion\\_process\\_htgts3.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f16/oxygen_enriched_combustion_process_htgts3.pdf), pristupljeno 10.03.2023.
- [5] Osha, [https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_246600.html](https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_246600.html), pristupljeno 10..03.2023
- [6] NADING d.o.o.,: „Građevinska protupožarna zaštita“, prezentacija NADING d.o.o., Zagreb, 2015
- [7] Journey to fighter: The 4 Stages of a Fire, <https://journeytofirefighter.com/4-stages-of-a-fire/>, The 4 Stages of a Fire
- [8] **Benković D., Todorovski, Đ. Peretin, S.:** „*Sprečavanje pojave i širenja požara na informatičkoj opremi*“, Sigurnost, 61, (2) ,2019 133 - 144
- [9] Wikipedia: Rollover en contenedor de prácticas, [https://en.wikipedia.org/wiki/Rollover\\_%28fire%29#/media/File:Rollover\\_001.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Rollover_%28fire%29#/media/File:Rollover_001.jpg) pristupljeno 10.03.2023.
- [10] Il Pompiere: Flashover: scopri quando è il momento di uscire, <https://www.ilpompiere.it/wp/2021/03/06/flashover-scopri-quando-e-il-momento-di-uscire/>, pristupljeno 10..03.2023
- [11] Wikipedia: Backdraft: <https://en.wikipedia.org/wiki/Backdraft#/media/File:USMC-071117-M-1283D-084.jpg>, pristupljeno 10..03.2023
- [12] **Tulumović, J.:**“ *Požari zatvorenog prostora*“, Veleučilište u Karlovcu, 2021.

- [13] Sikra, I.: „*Sigurnost i zaštita vatrogasaca od plamenih udara*“, Veleučilište u Karlovcu, 2018.
- [14] Narodne Novine: ZAKON O ZAŠTITI OD POŽARA, NN 92/2010., <http://www.zakon.hr/z/349/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-po%C5%BEara>, pristupljeno 15.03.2023.
- [15] Repozitorij: Hrvatski normativni dokument: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+DIN+4102-1%3A1996>, pristupljeno 15.03.2023.
- [16] **Alibašić, A.:** „*Građevinske mjere zaštite od požara*“, Veleučilište u Karlovcu, 2016.
- [17] Dalmacija Agent: Zaštita od požara, <https://dalmacija-agent.hr/zastita-od-pozara/>, <https://dalmacija-agent.hr/zastita-od-pozara/>
- [18] NFPA: Firefighter Safety and health, <http://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Building-and-Life-Safety/Firefighter-Safety-and-Health>, pristupljeno 15.03.2023.
- [19] J. Šćepanović, P. Bučan i I. Kovačević, "Analiza intervencije gašenja požara „DES“ Split", *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, vol.II., br. 2., str. 67-80, 2012.

## 9. PRILOZI

### 9.1. Popis slika

Slika 1. Komponente gorenja (požarni trokut).[2] .....	3
Slika 2. Faze razvoja požara.[7] .....	6
Slika 3. Rollover.[9] .....	9
Slika 4. Flashover.[10] .....	10
Slika 5. Backdraft.[11] .....	11
Slika 6. Oznaka smjera evakuacije.[17] .....	17
Slika 7. Formiranje požarnih sektora.[3] .....	20

### 9.3. Popis tablica

Tablica 1. Stupanj otpornosti na požar prema HRN U.JI. 240 normi.[16] .....	22
---	----