

# POŽARI ZATVORENOG PROSTORA

---

**Tulumović, Jakov**

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

**2021**

*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:128:878531>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



**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  
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite  
Zaštita od požara

JAKOV TULUMOVIĆ

# **POŽARI ZATVORENOG PROSTORA**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences  
Specialist graduate professional study of security and protection  
Fire protection

JAKOV TULUMOVIĆ

**INDOOR FIRES**

Final paper

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite  
Zaštita od požara

JAKOV TULUMOVIĆ

# **POŽARI ZATVORENOG PROSTORA**

DIPLOMSKI RAD

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

Karlovac, 2021.



**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 studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2021

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Jakov Tulumović

Matični broj: 0248052559

Naslov: Požari zatvorenog prostora

Opis zadatka: Kod požara u zatvorenom prostoru prisutne su opasnosti amplificirane zbog nemogućnosti slobodnog odvijanja požara i razmjene energije s okolinom. Toplina i dim se ne odvede u dovoljnoj mjeri, smanjuje se količina kisika i počinju se stvarati opasni spojevi koji se dodatno mogu zapaliti. Da bi se mogao svesti rizik od nastanka takvih događaja za minimum potrebno je najprije dobro upoznati način nastanka i ponašanja tih fenomena.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Travanj 2021

Rujan 2021.

Rujan 2021.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Zvonimir Matusinović v. pred.

dr. sc. Nikola Trbojević, prof. v.š.

## PREDGOVOR

Koristim ovu priliku da se zahvalim svojoj obitelji koja mi je omogućila studiranje i podupirala me tijekom mog cijelog obrazovanja na Veleučilištu u Karlovcu.

Posebno se zahvaljujem svojem mentoru dr.sc. Zvonimiru Matusinoviću na ukazanoj prilici i pomoći pri izradi završnog rada.

Zahvaljujem se JVP Gračac te DVD Gračac na nesebičnoj pomoći te ustupanju literature koja mi je pomogla za izradu rada.

Također se zahvaljujem profesorima Veleučilišta u Karlovcu na prenesenom znanju te ostalim djelatnicima Veleučilišta koji su mi pružili pomoć na bilo koji način.

## SAŽETAK

Mnogobrojne su opasnosti sa kojima se suočavaju vatrogasci tijekom intervencija. Svaki je požar sam po sebi događaj bez kontrole i kao takav je nepredvidljiv. Na njegov razvoj utječe mnogo faktora i veoma je teško sve te faktore uvrstiti u jedan općeniti model kojim bi se potpuno shvatilo i opisalo njegovo ponašanje.

Kod požara u zatvorenom prostoru prisutne su opasnosti amplificirane zbog nemogućnosti slobodnog odvijanja požara i razmjene energije s okolinom. Toplina i dim se ne odvede u dovoljnoj mjeri, smanjuje se količina kisika i počinju se stvarati opasni spojevi koji se dodatno mogu zapaliti. U takvim uvjetima i manji požar vrlo brzo može eskalirati u veliku plamenu buktinju. Takvi su događaji bili uzrok mnogobrojnih smrti vatrogasaca diljem svijeta. Da bi se mogao svesti rizik od nastanka takvih događaja za minimum potrebno je najprije dobro upoznati način nastanka i ponašanja tih fenomena.

Tek tada se ta saznanja mogu upotrijebiti za izradu kvalitetnije osobne zaštitne opreme, metoda vježbanja i gašenja pomoću kojih vatrogasci mogu sigurnije i efikasnije ugasiti požar. Na osnovi toga prikazani su osnovni elementi taktičkih pristupa pri gašenju požara u zatvorenim prostorima i mjere zaštite.

Osim toga u ovom radu je prikazana simulacija intervencije požara zatvorenog prostora te se radom predlažu dugoročne mjere kojima će rad interventnog osoblja biti lakši, efikasniji i sigurniji pri takvim događajima.

**Ključne riječi:** požar zatvorenog prostora, zaštitna oprema, mjere zaštite od požara, razvoj, gašenje, toplina, plamen.

## SUMMARY

It is no secret; firemen face numerous dangers during interventions. Every fire is in itself an uncontrollable event and as such, highly unpredictable. Many factors affect the course of each fire, and it is thus extremely difficult to place all those factors into a single general model which would fully describe the behavior of a fire.

When it comes to fires in closed spaces, the threats are multiplied because of the impossibility of energy exchange between the fire and its surroundings. Heat and smoke are not carried away in a sufficient amount which causes lower oxygen levels and gives way for dangerous toxins which can additionally combust. These conditions can cause a small fire to quickly escalate into a large fire. Events such as these have been the cause of many firefighters' deaths around the world. To lower the risk of these events we first need to be well acquainted with the ways of emergence and behavior of the above-mentioned phenomena.

Only then can that knowledge be used for producing higher quality personal safety equipment and better methods of training and extinguishing fires, which all lead to a safer and more effective fire extinguishing. Based on this view, the paper shows the basic elements of tactical approach to fire extinguishing in closed spaces and safety measures.

In addition, this paper presents a simulation of indoor fire intervention and the paper proposes long-term measures that will make the work of intervention staff easier, more efficient and safer in such events.

**Key words:** indoor fire, protective equipment, fire protection measures, development, extinguishing, heat, flame.



## SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK .....	III
SADRŽAJ .....	V
1. UVOD .....	1
2. OSNOVNI POJMOVI O GORENJU .....	2
2.1.1. Goriva tvar .....	3
2.1.2. Zrak i kisik .....	4
2.1.3. Temperatura paljenja .....	5
3. RAZVOJ I ŠIRENJE POŽARA ZATVORENOG PROSTORA .....	7
3.1. Razvoj požara .....	7
3.2. Faze razvoja požara .....	7
3.2.1. Početna faza .....	8
3.2.2. Faza razvoja .....	9
3.2.3. Razbuktala faza .....	9
3.2.4. Faza gašenja .....	10
4. SPECIFIČNE POJAVE PRI GAŠENJU POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU .....	11
4.1. Oblici plamenih udara .....	11
4.1.1. Površinsko buknuće/podstropno valjanje plamena .....	12

4.1.2. Flashover .....	12
4.1.3. Backdrought.....	12
5. TAKTIČKO NASTUPANJE PRI SPRJEČAVANJU PLAMENIH UDARA.....	14
5.1. Taktika za sprječavanje Flashovera.....	14
5.1.1. Odimljavanje .....	14
5.1.2. Gašenje .....	15
5.2. Taktika za sprječavanje backdrafta .....	16
5.3. Taktička ventilacija .....	16
5.3.1. Okomita ventilacija.....	17
5.3.2. Linijska ventilacija .....	18
5.3.3. Vodoravna ventilacija.....	18
5.3.4. Hidraulična ventilacija.....	19
5.3.5. Nadtlačna ventilacija .....	19
6. GAŠENJE POŽARA ZATVORENOG PROSTORA .....	21
6.1. Obilježja gašenja požara zatvorenog prostora.....	21
6.2. Oprema za gašenje požara zatvorenog prostora.....	21
7. TAKTIČKI NASTUPI VATROGASACA PRILIKOM GAŠENJA POŽARA ZATVORENOG PROSTORA .....	24
7.1. Sigurnost pri intervenciji.....	24
7.2. Ulazak u građevinu i kretanje kroz istu.....	26
7.3. Spašavanje vatrogasaca .....	27

8. OPASNOSTI PRILIKOM INTERVENCIJA U ZATVORENIM PROSTORIMA.....	28
8.1. Opasnost od gušenja i trovanja.....	28
8.2. Opasnost od topline.....	29
8.3. Opasnost od mehaničkih ozljeda.....	30
8.4. Opasnost od elektriciteta .....	31
8.5. Opasnost od stresa, straha, panike, šoka .....	31
9. PREVENTIVNE MJERE ZAŠTITE OD POŽARA OBJEKATA.....	33
9.1. Aktivne mjere zaštite od požara .....	33
9.2. Pasivne mjere zaštite od požara .....	33
9.3. Građevinske mjere zaštite od požara.....	35
10. STABILNI SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD POŽARA.....	37
10.1. Stabilni sustavi za zaštitu od požara.....	37
10.1.1. Sprinkler sustav .....	37
10.1.2. Drencher sustav .....	38
10.2. Stabilni sustavi sa čistim agensom.....	40
10.2.1. FM 200 .....	40
10.2.2. NOVEC 1230 .....	41
10.2.3. NAF-S III.....	43
10.2.4. INERGEN.....	43
11. ANALIZA VATROGASNE INTERVENCIJE.....	45

11.1. Vatrogasna intervencija gašenja požara zatvorenog prostora .....	45
11.2. Analiza intervencije.....	47
11.ZAKLJUČAK .....	49
12.LITERATURA .....	50
13. PRILOZI .....	51
13.1. Popis slika .....	51
13.2. Popis tablica .....	52

## 1. UVOD

Sustav zaštite od požara u Republici Hrvatskoj reguliran je Zakonom o zaštiti od požara (NN 92/2010), a osposobljavanje pučanstva za zaštitu od požara Pravilnikom o programu i načinu osposobljavanja pučanstva za provedbu preventivnih mjera zaštite od požara, gašenje požara i spašavanje ljudi i imovine ugroženih požarom (NN 61/1994).

Budući da je čovjek osnovni i najvažniji čimbenik u svim navedenim mjerama i radnjama u zaštiti od požara, potrebno mu je osigurati osnovna znanja koja bi koristio u određenoj situaciji požarne opasnosti koja ga može zadesiti kod kuće, u stanu, na radnom i drugom mjestu.

U cilju zaštite života ljudi i imovine od požara poduzimaju se organizacijske, tehničke i druge mjere i radnje za:

- otklanjanje opasnosti od nastanka požara,
- rano otkrivanje, obavješćivanje te sprječavanje širenja i učinkovito gašenje požara,
- sigurno spašavanje ljudi i životinja ugroženih požarom,
- sprječavanje i smanjenje štetnih posljedica požara,
- utvrđivanje uzroka nastanka požara te otklanjanje njegovih posljedica.

Zaštitu od požara provode, osim fizičkih i pravnih osoba propisanih Zakonom o zaštiti od požara, i pravne osobe i udruge koje obavljaju vatrogasnu djelatnost i djelatnost zaštite i spašavanja te jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave, sukladno propisima kojima se uređuje područje zaštite i spašavanja.[1]

## 2. OSNOVNI POJMOVI O GORENJU

Gorenje je kemijski proces, kod kojeg se neka goriva tvar spaja s kisikom uz istovremenu prisutnost svjetlosti i topline. Do gorenja dolazi kada je prisutna goriva tvar, kisik i toplina. Prema tome ako hoćemo gorivu tvar zapaliti, tj. dovesti je do gorenja, potrebno je dovesti toplinu, odnosno moramo je zagrijati na temperaturu paljenja. Ako u toku gorenja oduzmemo samo jednu od tri navedene komponente gorenje će prestati.[2]

### 2.1. Uvjeti potrebni za nastanak gorenja

Gorenje je kemijski proces i da bi do njega došlo, potrebne su sljedeće tri komponente:

- goriva tvar,
- kisik,
- temperatura paljenja.



Slika 1. Uvjeti potrebni za nastanak gorenja [2]

Goriva tvar neće sama od sebe početi gorjetinego je treba upaliti, odnosno toj tvari dovesti određenu količinu topline da se ona ugrije do određene temperature na kojoj će dalje nastaviti gorjeti. Proces gorenja može se razvijati u dužem ili kraćem vremenskom razdoblju. Brzina gorenja ovisi o brzini spajanja tvari s kisikom, tj. o brzini oksidacije i o temperaturi. S obzirom na ove činjenice razlikujemo tihi oksidaciju, obično gorenje i eksploziju.

### 2.1.1. Goriva tvar

Neke tvari imaju svojstvo da se pri određenim uvjetima spajaju s kisikom te se nazivaju gorive tvari. Međutim neke tvari nemaju svojstvo da se spajaju s kisikom ili drugim oksidansima i njih nazivamo negorive tvari.[3]

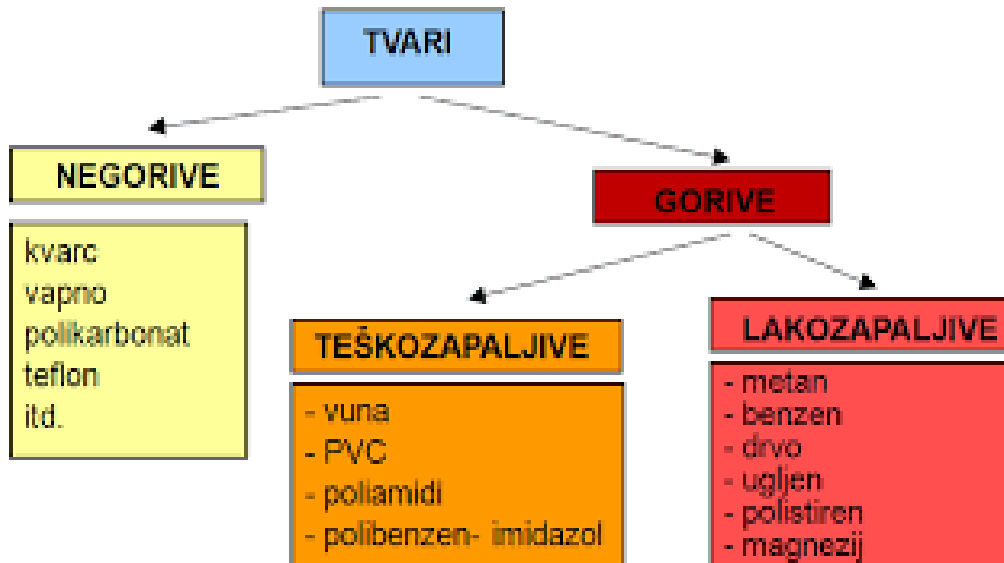
Prema tome tvari možemo podijeliti u dvije grupe i to:

- Negorive tvari su one koje se ne mogu zapaliti pri normalnim uvjetima pripaljivanja (815,6° C u vremenu od 5 minuta), a mnoge ni kada su izložene djelovanju ekstremno povišene temperature (primjerice: beton, staklo, azbest, kamen).
- Gorive tvari su one koje se pri normalnim (standardnim) uvjetima pripaljivanja mogu lakše ili teže zapaliti i dovesti do pojave požara ili u uvjetima požara potpomagati njegov nesmetani razvoj i širenje (zapaljivi plinovi, zapaljive tekućine, zapaljive krutine).

Glede brzine vezivanja tvari sa kisikom te množine i brzine nagomilavanja topline u pripaljivanom dijelu tvari, sve gorive tvari možemo podijeliti na:

- Lakozapaljive tvari – su one tvari koje se pod normalnim uvjetima ili na određenoj povišenoj temperaturi pod utjecajem inicijalnog plamena zapale i gore (primjerice: neke zapaljive krute tvari, zapaljive tekućine ili zapaljivi plinovi).

- Teškozapaljive tvari – koje se pod utjecajem inicijalnog plamena zapale, ali gore samo dok na njih izravno djeluje plamen (primjerice: sve vrste životinjskih vlakana, polimerne sintetičke tvari, inpregnirano drvo ili tekstil i dr.).[3]



Slika 2. Podjela tvari prema zapaljivosti [2]

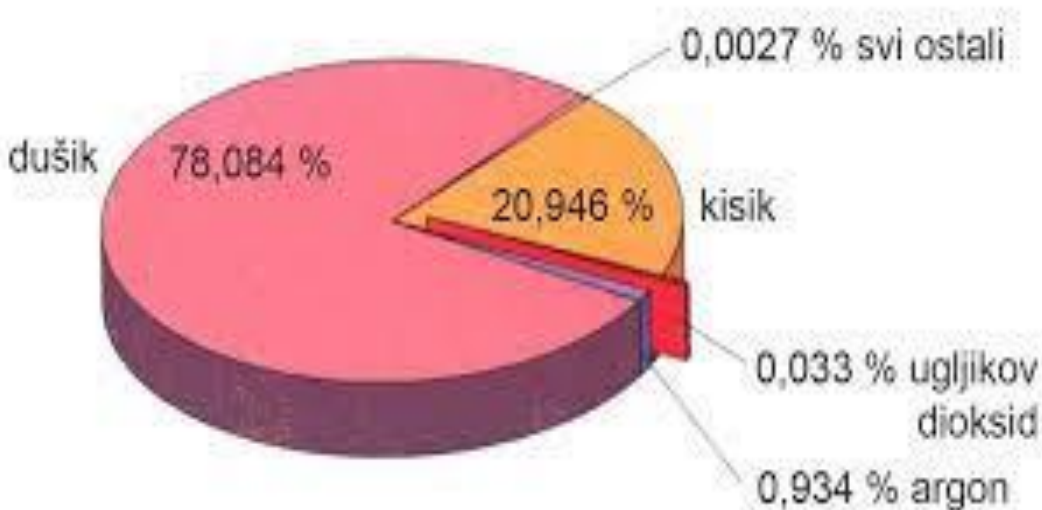
### 2.1.2. Zrak i kisik

Zrak je smjesa plinova od kojih su neki međusobno u stalnom, a neki u promjenjivom omjeru. Osnovni su sastojci zraka (volumni udio): dušik (78,08%), kisik (20,95%), argon (0,93%), te u promjenjivim količinama vodena para (0 do 4%) i ugljikov dioksid (0,03%), a u neznatnim količinama vodik, helij, ozon, metan, amonijak, ugljikov monoksid, kripton i ksenon. Količina vodene pare u atmosferi promjenjiva je, ovisno o temperaturi, a udio se smanjuje i s visinom.[4]

Kisik je jedan od potrebnih uvjeta da bi moglo nastati gorenje. Na sobnoj temperaturi kisik je bezbojan plin, bez okusa i mirisa, teži od zraka. Ne gori, ali podržava gorenje, te je kemijski vrlo aktivan. Snižanjem temperature može se ukapljivati (tzv. "tekući kisik"), pa čak i prijeći u čvrsto stanje, pri čemu postaje plavičasto obojen. U čvrstom stanju tvori jednostavnu kubičnu kristalnu rešetku. U vodi je slabo topljiv, ali ipak dovoljno za opstanak života u vodi. Topljivost kisika se



smanjuje povišenjem temperature. Premda je nezapaljiv, kisik može biti uzrokom požara jer se lako spaja s drugim elementima uz razvijanje velike topline. Komprimirani kisik u dodiru s nekim tvarima, koje lako oksidiraju (mineralna ulja i masti) izaziva burno gorenje pa čak i eksploziju. Gorenje će najčešće prestati ako koncentracija kisika u nekom zatvorenom prostoru padne ispod 15 % volumena (kisik se troši prilikom gorenja).[5]



Slika 3. Sastav zraka [17]

### 2.1.3. Temperatura paljenja

Temperatura paljenja je ona najniža temperatura kod koje se tvari pale bez prisustva otvorenog izvora paljenja. Da bi se goriva tvar zapalila nije potrebno čitavu količinu tvari zagrijati do temperature paljenja, nego je dovoljno do te temperature zagrijati samo jedan dio tvari. Zbog toga je moguće da se postigne zapaljenje tvari s vrlo malom količinom topline kao npr. iskrom, užarenim tijelima, trenjem, isijavanjem i sl.

Međutim u praksi se najčešće i najlakše tvari zapale otvorenim plamenom. Toplina kojom se postiže temperatura paljenja predstavlja jedan od potrebnih uvjeta za početak gorenja. Svaka materija ima svoju temperaturu paljenja i minimalnu energiju paljenja. S vatrogasnog gledišta to je jedan od najvažnijih podataka o zapaljivosti neke tvari. Svaka tvar ima svoju temperaturu paljenja, a koja često varira s obzirom na neke faktore, kao što su vlažnost, usitnjenost i čistoća tvari.[3].

Tablica 1. Temperature paljenja [11]

IZVOR PALJENJA	TEMPERATURA (°C)
opušak	do 650
otvoreni plamen	1000-1100
mehanička iskra	do 1800
plinsko varenje	do 3000
električna iskra	do 3600

### 3. RAZVOJ I ŠIRENJE POŽARA ZATVORENOG PROSTORA

Kod požara u zatvorenom prostoru dolazi do specifičnih pojava koje treba posebno promotriti. Požar ovisi o tipu zgrade (prizemnica, jednokatnica, višekatnica), namjeni, materijalu koji se nalazi unutra, itd.

#### 3.1. Razvoj požara

Razvoj i širenje požara u požarnom sektoru je puno složeniji proces od razvoja i širenja požara otvorenog prostora. Pod pojmom požarnog sektora smatra se pojedini dio građevine, više takvih dijelova ili čak cijela građevina na kojoj je za određeno vrijeme ograničeno širenje požara.

Energija koja se razvija iz nastalog požara širi se u okolinu i zagrijava ostale predmete u prostoru. Prijenos topline se istovremeno odvija na tri načina:

- Vođenjem
- Strujanjem
- Zračenjem

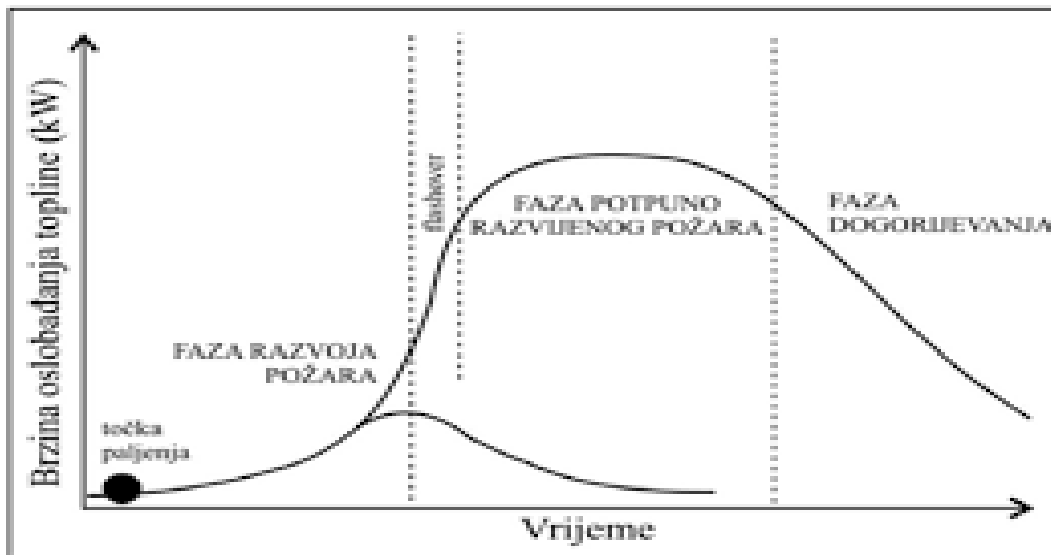
Vođenje, strujanje i zračenje, uz kontakt plamena uzrokuju normalno širenje požara. Požar se tako može širiti u svim pravcima. Brzina i pravac širenja ovisit će o vrsti materijala od kojih je građevina napravljena.[6]

#### 3.2. Faze razvoja požara

Tijek požara u zatvorenom prostoru može se podijeliti u 4 faze:

- Početna faza
- Faza razvoja

- Razbuktna faza
- Faza gašnja



Slika 4 Faze požara [18]

### 3.2.1. Početna faza

Početna faza požara nastaje u trenutku paljenja gorive tvari. U načelu traje od par minuta do nekoliko sati, a osnovni parametri početnog požara su:

- sadržaj kisika u zraku zatvorenog prostora je najmanje 17% vol., u protivnom ako ima manje kisika požar može tinjati po par sati sve dok je sadržaj kisika iznad 8%, a kada padne ispod, gasi se i tinjanje
- temperatura unutrašnjosti nije veća od 60°C
- visina dimne zavjese u opožarenom prostoru je do 1,5 m mjereno od poda.

Početna faza požara, naravno, ovisi o gorivoj tvari i količini iste, ako su u pitanju tekućine i plinovi, oni mogu vrlo brzo buknuti ili eksplodirati i vrlo brzo postići maksimalnu temperaturu te

je kod njih početna faza vrlo kratka. Kod krutina žarište može tinjati i po nekoliko sati da se plamen ne vidi, već se samo osjeti dim. Dim i pirolitički plinovi koji se razvijaju, osim što djeluju zagušujuće i otrovno, stvaraju jedan veliki problem za sam proces evakuacije – smanjuju vidljivost. S obzirom na to da je u ovoj fazi razvoja požara najbitnije započeti evakuaciju i spašavanje ljudi, ova činjenica je od presudne važnosti za akciju. Iskustva su pokazala da velik broj ljudi odustaje od evakuacije ako je vidljivost smanjena na 4 m, iako evidentne opasnosti, osim zadimljavanja nema. Vrlo je važno rano detektirati požar jer u ovoj fazi može se ugaziti sa čašom vode te ostalim priručnim sredstvima ili protupožarnim aparatima.[7]

### 3.2.2. Faza razvoja

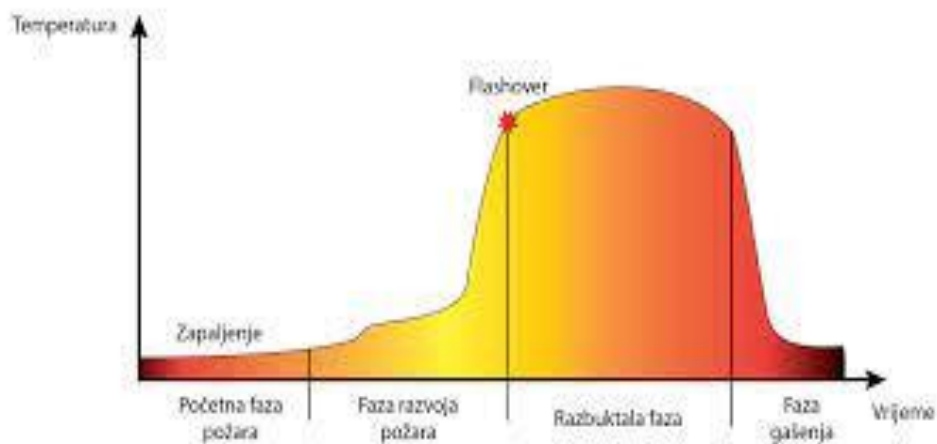
Obilježja faze razvoja požara je naglo povećanje temperature i količine topline u prostoru. Zbog toga što plamen zahvaća sve više gorive tvari, dolazi do pucanja staklenih površina. Prilikom ulaska u prostoriju treba pažljivo otvarati vrata da ulaskom svježeg zraka ne bi nastalo trenutno izgaranje vrućih plinova. Temperatura u ovoj fazi još nije dosegla maksimalnu vrijednost, ali su moguće eksplozije posuda pod tlakom. Ova faza može trajati od nekoliko minuta pa do desetak minuta i cijelo vrijeme temperatura raste sve dok ne dođe do maksimalne vrijednosti.[7]

### 3.2.3. Razbukta faza

Nakon faze razvoja dolazi do razbukta faze požara. U njoj požar dolazi do svojeg maksimuma, zahvaća sav gorivi materijal te se mogu urušiti metalne konstrukcije, ploče i građevinski elementi. Temperature postižu vrijednosti od 650°C pa do 1000°C i gorenje je intenzivnije ako pritječe dovoljna količina kisika. Razbukta faza požara može trajati po par sati pa čak i danima, odnosno sve dok ima gorivog materijala u zahvaćenom prostoru. Gorenje u ovoj fazi prati i nastanak veće količine produkata izgaranja.[7]

### 3.2.4. Faza gašenja

Posljednja faza požara je gašenje. S vremenom se smanjuje količina gorivog materijala te s time počne padati temperatura požara. Pad temperature je očitiji ako su u zonu gorenja unesena sredstva za gašenje. Neposredno gašenje žarišta je najučinkovitija metoda gašenja, u protivnom je potrebno hlađenje produkta izgaranja s vodenom maglom. Neposrednom gašenju žarišta može se pristupiti nakon dovoljno hlađenja produkata s vodenom maglom. Gašenje je završeno kada se ohlade sva tinjajuća žarišta.[7]



Slika 5. Faze razvoja požara [8]

## 4. SPECIFIČNE POJAVE PRI GAŠENJU POŽARA U ZATVORENOM PROSTORU

Plameni udari su pojave koje nastaju prilikom požara u zatvorenim prostorima unutar građevina, a rezultat su procesa gorenja i nekih preduvjeta kao što su loša ili dobra ventilacija, količina gorive tvari i vremena koje je proteklo od početka požara.

Gorenjem bez prisustva zraka, odnosno uz premali dotok kisika, nastaju produkti nepotpunog sagorijevanja koji su još uvijek zapaljivi i sastoje se od manje ili veće količine ugljičnog monoksida (CO). Nastali plinovi mogu stvoriti eksplozivnu smjesu uz uvjet da je njihov sastav u okviru granica eksplozivnosti. U slučaju premale ili prevelike količine goriva do eksplozije neće doći. Te granice definirane su kao donja granica eksplozivnosti (DGE) i gornja granica eksplozivnosti (GGE). Idealni odnos između plinova unutar granica eksplozivnosti poznat je pod pojmom stehiometrijska koncentracija ili idealna mješavina.[7]

### 4.1. Oblici plamenih udara

Razlikujemo četiri osnovna oblika plamenih udara u zatvorenom prostoru. U hrvatskom jeziku ne postoje odgovarajući nazivi za takve pojave pa će se u nastavku koristiti engleski izrazi koji su kao takvi prihvaćeni u svijetu, a to su:

- površinsko buknuće (flameover)/podstropno valjanje plamena (rollover)
- trenutno prostorno buknuće (flashover)
- temperaturno raslojavanje vrućih požarnih plinova
- povratno prostorno buknuće (backdraft)

#### 4.1.1. Površinsko buknuće/podstropno valjanje plamena

Površinsko buknuće/podstropno valjanje plamena je pojava kada se tijekom požara počinju pojavljivati plameni jezici koji putuju kroz sloj vrućih plinova, a nastaju u fazi razvoja požara prije nego što se pojavi trenutno prostorno buknuće, tj. kada još nije zahvaćen cjelokupni gorivi materijal unutar prostorije. Događa se kad se vrući plinovi, nastali kao produkti pirolize, dižu u zrak i zajedno s time dižu plamen. Zbog toga se počinju pojavljivati plameni jezici u drugoj prostoriji – podstropno valjanje plamena.[7]

#### 4.1.2. Flashover

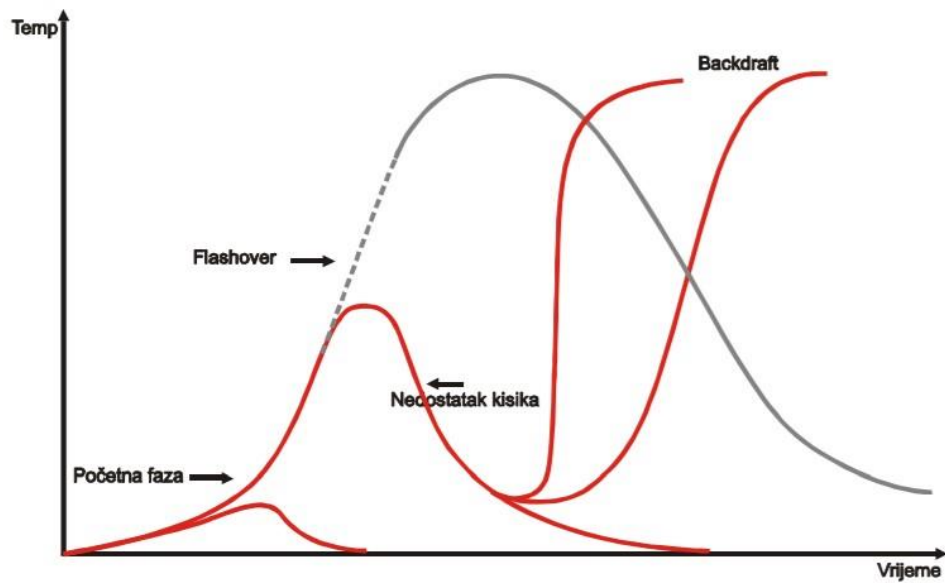
Trenutno prostorno buknuće je naglo izgaranje cjelokupnog gorivog materijala u požaru ventiliranog prostora. Dolazi na prijelazu između faze razvoja požara i razbuktale faze. Tijekom početne faze požara materijal se zagrijava i nakon toga počinje otpuštati zapaljive plinove. Do trenutnog prostornog buknuća dolazi kada su površine zapaljivog materijala zagrijane do temperature samopaljenja te se plinovi koji proizlaze iz materijala zapale. Kada se vrući produkti pirolize počinju sakupljati unutar prostorije i zagriju okolni materijal na više od 500°C, tada dolazi do trenutnog prostornog buknuća.[7]

#### 4.1.3. Backdrought

Povratno prostorno buknuće je možda najopasnija pojava koja se može dogoditi tijekom požara u zatvorenom prostoru. Ona se događa kada u neventiliranom prostoru dođe do zagušenja požara, odnosno kada je gotovo sav kisik potrošen, a temperatura plinova je još uvijek vrlo visoka, tj. viša od točke samozapaljenja. Naglim ulaskom svježeg zraka u prostoriju (pucanje stakla, otvaranje vrata) dolazi do naglog eksplozivnog zapaljenja plinova. Prije ulaska treba paziti na znakove povratnog prostornog buknuća kao što su vruća kvaka, dim ispod vrata ili zadimljena



prostorija. Vrlo je opasan za vatrogasce ako se ne poduzmu potrebne mjere opreza kao što su cijevi ispunjene vodom i mlaznice spremne za vodenu maglicu te sporo otvaranje vrata također može biti vrlo pogubno.[7]



Slika 6. Razvoj požara u neventiliranom prostoru [8]

## 5. TAKTIČKO NASTUPANJE PRI SPRJEČAVANJU PLAMENIH UDARA

Razbuktavanje dima može se spriječiti prikladnim mjerama. Prikladne mjere su u prvom redu navala usmjerena na žarište požara, odimljavanje i djelovanje s granica požarnog sektora kako bi se na najefikasniji i najsigurniji način utjecalo na sprječavanje pojave plamenog udara.

### 5.1. Taktika za sprječavanje Flashovera

#### 5.1.1. Odimljavanje

Odimljavanje je odvođenje dima i topline iz objekta pa tek onda prozračivanje objekta. Budući da je flashover prema definiciji razbuktavanje dima nastalog u požaru, opravdano je mišljenje da ga treba ukloniti iz objekta. Uvjetovano dvjema zonama u prostoriji, otvor za odimljavanje treba se postaviti što je moguće više, kako bi se odvodio dim, a ne raspirivala vatra. Kod većih objekata poput skladišnih hala ili potkrovlja, potrebno je na vrijeme formirati sektore za odimljavanje na krovu ili odimljavanje s bočne strane s barem jednom grupom koja ima voditelja sektora i koja je opremljena s opremom i alatom za razvaljivanje.

##### 5.1.1.1. Ofenzivno odimljavanje

Ofenzivno je moguće intervenirati samo na početku intervencije, a sastoji se od otvaranja krova (2m x 2m) iznad žarišta radi odvođenja dima i plamena.

### 5.1.1.2. Defanzivno odimljavanje

Defanzivni se postupci odimljavanja provode nakon ofenzivnih tako da se napravi otvor dovoljno udaljen od žarišta požara, širine jednog metra uz duž cijele bočne strane zgrade, koji će zajamčiti odvođenje dima i topline.



Slika 7. Primjer ventilacijskog otvora na krovu kuće [9]

### 5.1.2. Gašenje

Neposredno gašenje žarišta zasigurno je najbrža i najefikasnija metoda za sprječavanje flashovera. Za takvu je navalu važan protok vode. Stručnjaci su dokazali kolika je količina vode (L/min) potrebna za apsorpiranje toplinske energije stvorene u prostoriji određene veličine. Prema tome upotreba mlaznica s protokom vode od 100 L/min dostatna je samo kod prostorija površine do 30m<sup>2</sup>, što odgovara većini stambenih prostorija. U većim prostorijama poput hala, podruma ili potkrovlja protok vode mora iznositi znatno više od 100 L/min. Ovakva intervencija nužno zahtijeva upotrebu mlaznica s mogućnošću regulacije protoka vode.

Stvaranje vodene pare i smanjenje volumena tako hlađenog dima kod pravilne primjene mlaza ne utječe na održavanje termičke ravnoteže. Nastala vodena para ne ugrožava navalnu grupu koja nakon hlađenja dima može početi s neposrednim gašenjem. Ovaj postupak iziskuje intenzivnu izobrazbu i vježbanje. Impulsno gašenje nije moguće običnim mlaznicama. Takvim se mlaznicama može samo hladiti strop radi sprječavanja nagomilavanja topline.[9]

## 5.2. Taktika za sprječavanje backdrafta

Kao što postoji mali broj apsolutno sigurnih predznaka plamenih udara, isto je tako malo sigurnih taktičkih mjera. Naročito treba posvetiti pažnju kod pravilnog otvaranja vrata i prozora, a čega bi se trebalo pridržavati u svakoj intervenciji. Prozori i vrata moraju se otvarati iz zaklona, tj. sa strane i po mogućnosti uz zaštitu pripremljenog mlaza vode. Ako se pri otvaranju vrata ugleda usisavanje zraka u prostoriju, vrata se moraju odmah ponovno zatvoriti ili usmjeriti raspršeni mlaz na dim i tako vodenom parom spriječiti plameni udar.

Ako se pak opravdano sumnja na plameni udar, tada ga možemo usmjeriti u željenom smjeru. Budući da udarni val i vatrena fronta idu prema nastalom otvoru, moguće je, prije ulaska grupe u prostoriju, otvoriti prozor. Ako dođe do plamenog udara, tada se on "prazni" kroz nastali otvor i ne ugrožava navalnu grupu koja se nalazi u unutarnjoj navali. Ovdje je također jako važna zaštitna odjeća upravo zbog nepredvidljivosti plamenog udara. Ona doduše ne smanjuje povrede od udarnog vala, ali sprječava opekotine.[9]

## 5.3. Taktička ventilacija

Spašavanje ljudi, kao prvi vatrogasni prioritet, ometa termalni sloj koji se širi po objektu. Najefikasniji način uklanjanja dima je ventiliranje. Ono može biti prirodno ili umjetno, ostvareno djelovanjem vatrogasaca i adekvatne opreme. Razlikujemo:

- Okomita ventilacija
- Linijska ventilacija
- Vodoravna ventilacija
- Hidraulična ventilacija
- Nadtlačna ventilacija

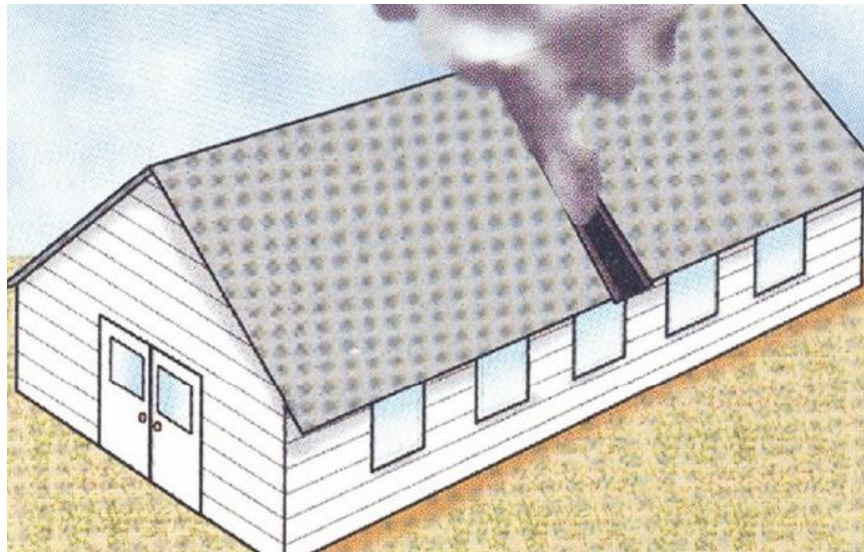
### 5.3.1. Okomita ventilacija

Ova vrsta ventilacije podrazumijeva otvaranje krova ili već postojećih krovnih otvora u svrhu odimljavanja. Kako bi pravilno ventilirali krov vatrogasci moraju poznavati osnovne tipove i dizajn krova. Vatrogasci dolaze u dodir sa tri rasprostranjena tipa krova: ravnim, šiljastim, u obliku luka i kombinacijom. Okomita ventilacija se može obaviti kada vatrogasci obave sljedeće radnje: razmotre tip zgrade zahvaćene požarom; razmotre lokaciju, trajanje i opseg požara; razmotre mjere sigurnosti; odrede putove povlačenja; odaberu mjesto ventilacije i premjeste osoblje i alat na krov. Ako na krovu već postoje krovni otvori (poklopci, prozori, krovni monitori, ventilacijska okna i vrata od stuba) iste treba koristiti za okomitu ventilaciju gdje je to moguće.

Kada se ostvari okomita ventilacija, prirodni prijenos zagrijanih plinova stvara strujanje prema gore koje vuče požar i toplinu u smjeru vanjskog otvora. Uslijed toga vatrogasci iskorištavaju poboljšanu vidljivost da ugase požar. Povišeni mlaz vode često se koristi za smanjenje iskri i letećih čestica iz goruće zgrade ili za smanjivanje toplinskog isijavanja iznad zgrade. Naročitu pažnju pri korištenju ovog mlaza vode treba obratiti na to da se on ne koristi prema dolje, u ventilacijski otvor, jer se tako može poremetiti uobičajeno gibanje plinova iz zgrade. Ovo može potjerati pregrijane plinove i zrak natrag na vatrogasce uzrokujući ozbiljne ozljede ili smrt kao i širenje požara kroz strukturu.[9]

### 5.3.2. Linijska ventilacija

Ova vrsta ventilacije poznata je još i kao ventilacija brazdom, prugom ili isjekom. Standardna okomita ventilacija se koristi samo radi uklanjanja zagrijanih dimova i plinova koncentriranih iznad požara, a ventilacija isjekom se koristi radi zaustavljanja širenja požara duž duge uske strukture. Izvodi se režući veliku rupu ili brazdu koja je minimalno široka 1,2 m i pruža se od jednog vanjskog zida do onog nasuprot (slika 17.). Ova rupa obično se reže ispred napredujućeg požara kako bi se postavila obrambena linija na kojoj će napredovanje vatre biti zaustavljeno.[9]



Slika 8. Primjer izrade linijske ventilacije [9]

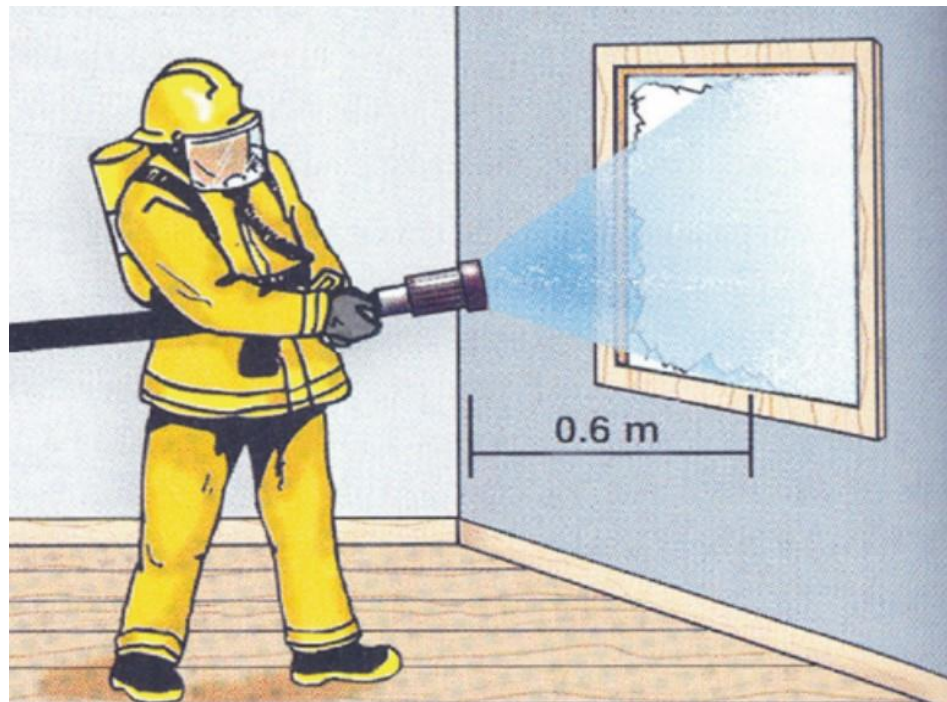
### 5.3.3. Vodoravna ventilacija

Pomoću nje se vrši ventiliranje topline, dima i plinova kroz zidne otvore kao što su prozori i vrata. Tada se obično dim i toplina ne odvođe odmah iznad požara prema van, već putovi kojima oni prolaze ugrožavaju stanare, odnosno putove evakuacije. Zbog toga postavljanje ove ventilacije bez prethodnog obaziranja na stanare i proces spašavanja može blokirati evakuaciju i

spašavanje stanara. Kako se ovim ventiliranjem dim i toplina ne odvede odmah izvan zgrade, postoji konstantna opasnost da plinovi i dim koji se odvede zapale više dijelove zgrade.[9]

#### 5.3.4. Hidraulična ventilacija

Ventilacija upotrebom mlaza može se koristiti kada se drugi tipovi prisilne ventilacije ne koriste. Nju izvode grupe s mlazovima napadajući požar iznutra. Ova tehnika iskorištava zrak koji je uvučen u vodenu maglu kako bi izbacila produkte izgaranja van građevine. Za izvođenje hidraulične ventilacije vodena magla treba pokrivati 85 do 90% površine prozora i vrata kroz koja će se dim izbacivati. Vrh mlaznice treba biti najmanje 0,6 m odmaknut od otvora.[9]



Slika 9. Udaljenost mlaznice od otvora prilikom izvedbe hidraulične ventilacije [9]

#### 5.3.5. Nadtlačna ventilacija

Primjenjuje se kao učinkovit oblik odvođenja dima i topline ne samo kod početnog gašenja, nego i tijekom izviđanja i tijekom završnih radova. Ventilator postavljen na određeni razmak

rotiranjem krilca usmjerava zračnu struju kroz ulazni otvor (vrata ili prozor) u zadimljeni prostor, tamo se stvara određeni nadtlak koji se zatim izjednačava s okolnim preko izlaznog otvora (vrata, prozor, krovni prozor ili neki drugi naknadno stvoreni otvor). Pritom nastalo kretanje zraka odnosi čestice dima i toplinu iz tog dijela zgrade. Geometrija krilca na rotoru uređaja za nadtlučno provjetravanje omogućuje ne samo stvaranje zračne struje koja u potpunosti zatvara ulazni otvor, nego i pravilno raspoređivanje sile unutar zračne struje.[9]



## 6. GAŠENJE POŽARA ZATVORENOG PROSTORA

Kod požara u zatvorenom prostoru dolazi do specifičnih pojava koje treba posebno promotriti. Požar ovisi o tipu zgrade (prizemnica, jednokatnica, višekatnica), namjeni, materijalu koji se nalazi unutra, itd.

### 6.1. Obilježja gašenja požara zatvorenog prostora

Obilježja gašenja požara u zatvorenom prostoru uvelike ovise o svojstvima i količini gorive tvari koja se nalazi u zatečenom prostoru te količini kisika. Takvi požari mogu tinjati satima, a naglim dovođenjem svježeg zraka u prostor dolazi do burnog i naglog izgaranja vrućih plinova. Kako bi se to spriječilo, prije ulaska treba pomno pregledati ima li tragova požara unutar prostorije, dima ispod vrata i da li je vruća kvaka na vratima. Gasitelji prije ulaska u takvu prostoriju moraju biti u potpunosti spremni na takve situacije, odjeveni u odgovarajuću zaštitnu opremu te tlačne cijevi za gašenje moraju biti ispunjene vodom. Intenzivnim razvojem požara prijeti opasnost od urušavanja konstrukcija koje nisu zaštićene od topline.[9]

### 6.2. Oprema za gašenje požara zatvorenog prostora

Odabir kvalitetne opreme je veoma važno područje u vatrogastvu. Katkad se u nekim postrojbama zbog malog proračuna mora napraviti kompromis. Ipak, minimum opreme bi svakako trebao biti zadovoljen. Pri odabiru svakog pojedinog dijela opreme obavezno se mora provjeriti da li su certificirani. Oprema koja nije certificirana nikako se ne bi trebala koristiti u vatrogastvu. Osim certifikata važno je da veličina opreme odgovara pojedinom vatrogascu kako bi se on što ugodnije osjećao. Neudobna, tijesna oprema povećavaju razinu stresa i efikasnost vatrogasca se smanjuje.

U minimalnu osobnu opremu vatrogasca pri gašenju požara zatvorenog prostora spadaju (u zagradi se nalaze važeći europski standardi za pojedinu opremu):

- 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

Osim osobne zaštitne oprema vatrogasac mora biti opremljen ostalom raznom opremom kako bi mogao sigurno i efikasno djelovati. Vatrogasac u požarom zahvaćenom zatvorenom prostoru mora imati sa sobom slijedeće:

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

Ostala pomoćna oprema osim opreme za gašenje, koja se redovno koristi pri vatrogasnim intervencijama su na primjer:

- Toplinska kamera
- Eksploziometar

- Razni tipovi ljestava
- Dimovuk



Slika 10. Oprema vatrogasca za požare zatvorenog prostora [9]

## 7. TAKTIČKI NASTUPI VATROGASACA PRILIKOM GAŠENJA POŽARA ZATVORENOG PROSTORA

Vatrogasci se pri svom radu „dobrovoljno“ izlažu opasnostima kako bi spasili druge ljude ili imovinu. Pri izlaganju tim opasnostima postoji određeni rizik. Često je on definiran kao „prihvatljivi rizik“. U praksi se spominju tri načela pri procjeni prihvatljivog rizika na intervencijama:

- „možemo puno riskirati svoj život za spasiti ljudske živote koji se mogu spasiti“
- „možemo malo riskirati svoj život za spasiti imovinu koja se da spasiti“
- „nećemo riskirati svoj život za spasiti ono što je već izgubljeno“

### 7.1. Sigurnost pri intervenciji

Pozicioniranje vatrogasnih grupa može ozbiljno utjecati na njihovu sigurnost. Povećana se pažnja mora posvetiti prilikom kretanja na slijedećim mjestima:

- Iznad žarišta požara (kat iznad, krov)
- U slučaju slabog kontroliranja požara (povlačenje)
- Pri kombiniranom gašenju (unutarnja i vanjska navala)
- Pri gašenju požara krovišta
- Ako u požaru se nalaze opasne tvari
- Pri požaru ispod razine zemlje

Pri gašenju požara zatvorenog prostora vatrogasci moraju biti raspoređeni u grupe sa minimalno dva člana. Pri gašenju vanjskom navalom, pozicioniranje vatrogasnih grupa treba biti takvo da uz zadržavanje efikasnosti grupa bude što dalje od opasne zone. Radnje se obavljaju iz zaklona (zidovi, prepreke...). Zakloni će poslužiti u slučaju nastanka nekog opasnog događaja (razbuktavanje produkata izgaranja, eksplozija ili rušenje konstrukcije). Pri gašenju unutarnjom navalom prioritet ima koordinirani napad u svrhu brzog traženja i gašenja žarišta požara. Pri

takvom gašenju ne bi se trebala koristiti vanjska navala za gašenje istog prostora zbog mogućih opeklina vodenom parom koji mogu stvoriti mlazovi izvana.

Odmor, štednja snage i pravovremena zamjena vatrogasnih grupa povećava efikasnost. Pri dugotrajnim intervencijama potrebno je odrediti mjesto za odmor, gdje će vatrogasci moći skinuti dio opreme i sjesti. Važno je da uz to uzimaju i napitke kako bi nadoknadili dio izgubljene tekućine. Pravila za uzimanje napitaka su slična kao i kod sportaša. Ako je moguće treba:

- Piti prije, tijekom i nakon fizičkog rada.
- Visoka temperatura, visoka vlažnost i težak rad povećavaju potrebe za tekućinom.
- Osjećaj žeđi je prvi znak dehidracije.
- Treba piti umjereno hladnu vodu, jer se apsorbira brže od vrućih ili vrlo hladnih napitaka<sup>33</sup>.
- Izbjegavati kavu, čaj i sokove, jer djeluju kao diuretici.
- Izbjegavati alkohol.
- Osigurati barem jednu litru vode po osobi.
- Po mogućnosti uzimati posebne napitke bogate mineralnim solima ili mineralnu vodu bogatu magnezijem. Nedostatak magnezija uzrokuje grčeve u mišićima i pojačava osjećaj umora.

## 7.2. Ulazak u građevinu i kretanje kroz istu

Dolaskom ispred građevine vatrogasac mora imati na umu da ulazi u opasno područje. Najopasniji trenutak prilikom gašenja je svakako samo otvaranje vrata prostorije. Zato prije otvaranja vrata treba poduzeti slijedeće korake:

- Provjeriti način izlaženja dima iz prostora (kroz pukotine oko otvora). Ukoliko je dim jako gust i izlazi na udare predznak je naglog razbuktavanja požara.
- Osigurati mlaz vode dovoljnog protoka.
- Rukom provjeriti temperaturu vrata. Iza jako ugrijanih vrata se sigurno nalazi požar.
- Zauzeti pravilan položaj za otvaranje. Otvaranje „vrućih“ vrata vrši se iz zaklona. Najbolje je uz sebe nositi kratko uže (ili držač cijevi) koje se veže oko kvake i pomoću kojeg se vrata mogu brzo zatvoriti.
- Otvoriti vrata samo nekoliko centimetara. U slučaju pojave usisavanja zraka velika je mogućnost da dođe do razbuktavanja produkata izgaranja. Vrata treba ponovno zatvoriti i primijeniti drugu taktiku (taktičku ventilaciju, 3-D gašenje vodenom maglom), Efikasna je taktika kratko otvaranje vrata i pulsiranje vodene magle u gornji dio prostorije. Nakon toga opet zatvoriti vrata. Postupak se mora ponoviti nekoliko puta. Ako se pri tome javlja jako pucketanje, znak je da se u gornjem dijelu prostorije nalaze jako zagrijani plinovi. Voda se pritom razlaže na vodik i kisik. Vrata je tada dobro zatvoriti i primijeniti neku drugu taktiku.
- Gašenje se vrši u klečećem položaju. Temperatura u donjim dijelovima prostorije je višestruko niža od temperature u gornjim dijelovima.
- Nakon gašenja požara provjetriti objekt. Potrebno je provjetriti sve prostorije u objektu kako bi se sa sigurnošću utvrdilo sigurno stanje. U nekim se prostorijama može nagomilati velika količina zagrijanog dima i uzrokovati ponovni požar.

Kretanje kroz prostrije je potrebno provoditi tako da se zid stalno dodiruje vanjskim dijelom dlana. U slučaju dodira sa vodičem pod naponom elektricitet će uzrokovati grčenje mišića ruke i odbiti ruku od zida. Kretanje prema naprijed vrši se uz stalno opipavanje nogom dio poda koji se nalazi ispred vatrogasca. Pod se provjerava zbog toga da se utvrdi da li se ispred nalazi kakva rupa u podu i da li je pod dovoljno čvrst. Kao orijentir za povlačenje prvenstveno služi vodeni mlaz koji se povlači sa sobom. U slučaju da potroši rezervu zraka u izolacijskom aparatu jasno je označen put prema izlasku na otvoreni prostor. Tehnika penjanja po zadimljenim stubištima je slična kao i kretanje po ravnom podu. Međutim, spuštanje po takvom stubištu se bitno razlikuje. Kretanje se tada vrši unatrag, opipavajući nogom stube i provjeravajući čvrstoću svake stepenice udarcem. U slučaju kolapsa stepenice, vatrogasac pada prema naprijed na prije provjerene stepenice. Zadržavanje u takvom prostoru tijekom gašenja vatrogasci trebaju zauzeti najsigurnije položaje. U slučaju početka rušenja objekta, najsigurniji je položaj ispod štokova vrata u nosivim zidovima.

### 7.3. Spašavanje vatrogasaca

Prilikom svake vatrogasne akcije može nastati potreba spašavanja vatrogasca. Rušenje konstrukcija, potrošene rezerve zraka, toplinski šok, su samo neki od uzroka stradavanja. U našoj je zemlji nepoznanica planirani postupak spašavanja vatrogasaca. Vatrogasci imaju veoma slab sustav veze i ne vodi se evidencija o boravku u objektu. Opasnosti od „zaboravljanja“ na vatrogasce koji se nalaze u objektu povećava se pri većim intervencijama na kojima sudjeluje veći broj postrojbi. Nakon nekoliko nesreća, u je Engleskoj uveden sustav praćenja ulaska i izlaska iz objekta. Kada se na gašenju požara zatvorenog prostora nađu barem dvije vatrogasne postrojbe, na intervenciju izlazi posebno obučeni časnik čiji je zadatak bilježenje i praćenje vremena kojeg vatrogasci provode u požarnom objektu. Izvan objekta u pripravnosti čeka jedna potpuno opremljena vatrogasna grupa. U slučaju da se vatrogasci ne vrate u predviđeno vrijeme ili radiovezom zatraže pomoć, grupa za spašavanje ulazi u objekt i vrši spašavanje unesrećenih vatrogasaca. Dodatna funkcija sustava je da oglasi alarm u slučaju da se vatrogasac ne miče dulje od 30 sekundi ili ako ga on sam uključi.

## 8. OPASNOSTI PRILIKOM INTERVENCIJA U ZATVORENIM PROSTORIMA

Obavljanje poslova gašenja požara stavlja pred vatrogasce određene opasnosti i rizike. Zbog toga su poslovi gašenja požara svrstani u poslove sa otežanim uvjetima rada. Opasnosti se općenito sagledavaju kao posljedice koje može uzrokovati nastali događaj. Određena se opasnost sagledava kao rizik nastanka lakše ili teže tjelesne ozljede, narušavanja zdravlja ili nastanka smrti osobe. Općenito, opasnosti sa kojima se vatrogasci susreću pri gašenju zatvorenih prostora mogu se podijeliti u nekoliko grupa:

- Opasnost od gušenja i trovanja
- Opasnost od topline
- Opasnost od mehaničkih ozljeda
- Opasnost od elektriciteta
- Opasnost od stresa, straha, panike, šoka
- Opasnost od zaraznih bolesti

### 8.1. Opasnost od gušenja i trovanja

Opasnost od gušenja ili trovanja produktima izgaranja mogu se sa razlogom staviti na prvo mjesto. Statistički je dokazano da veći broj ljudi strada zbog gušenja i trovanja produktima gorenja nego od djelovanja topline. Samo izgaranje drva stvara otrovne tvari kao što su ugljični dioksid, ugljični monoksid, razne ugljikovodike itd. Plastične mase, vuna, guma, koža, tijekom gorenja razvijaju razne otrovne produkte od kojih su neki poznati bojni otrovi (cijanovodik, fozgen, sumporovodik, dušični oksidi, klorovodik). Za vatrogasce je rizik od trovanja i gušenja sveden na razumnu razinu jer se pri svakoj intervenciji u zatvorenom prostoru obavezno koristi izolacijski aparat. Važan čimbenik pri uporabi izolacijskog aparata je i tjelesna pripremljenost vatrogasaca. O njoj mnogo ovisi količina potrošenog zraka u jedinici vremena. Što je čovjek u boljoj kondiciji, pri naporu će trošiti manje zraka.[8]





Slika 11. Simptomi trovanja ugljičnim monoksidom [6]

## 8.2. Opasnost od topline

Veliku opasnost pri gašenju požara predstavlja opasnost od toplinskog djelovanja i opekline. Moglo bi se reći da su opekline funkcija temperature i vremena. Što je veća temperatura u prostoru i veće vrijeme djelovanja, to su i opekline veće. Opekline prvog stupnja nastaju kada temperatura kože dosegne  $48^{\circ}\text{C}$ . Opekline drugog stupnja nastaju kada temperatura kože dosegne  $55^{\circ}\text{C}$ , a iznad te temperature nastaju opekline trećeg stupnja. Trenutno uništenje kože zbiva se kad temperatura kože dosegne  $72^{\circ}\text{C}$ . Čak i najmanji požar uzrokuje temperature koje mogu uzrokovati ozbiljne opekline.

Oprema kojom se vatrogasci mogu zaštititi od topline je vatrogasno zaštitno odijelo. Zaštitna odijela koja se danas koriste izrađena su sukladno europskoj normi EN 469. Ona sprječavaju nastanak opekline u plamenoj buktinji propana (cca  $1000^{\circ}\text{C}$ ) u vremenu od 8 sekundi. Testiranje se vrši na „Termomanu“ (lutka u koju su ugrađeni toplinski senzori). Međutim većina opekline dešava se na nižim temperaturama koje su registrirane na testovima i bez direktnog kontakta s plamenom. Toplina u zaštitnom odijelu može porasti i u relativno umjerenim uvjetima. Taj fenomen, poznat kao „uskладиštena energija“ može dovesti do ozbiljnih opekline, često bez znakova upozorenja. Opasnost se povećava uz prisutnost vode koja je vrlo dobar vodič. Toplina brže prolazi kroz mokru nego kroz suhu tkaninu. Voda može uzrokovati opekline na temperaturama koje kod suhih odijela nisu opasne te se zato u današnja odijela ugrađuju

membrane koje sprječavaju prodor vode u unutrašnjosti odijela, a da pritom para koja se stvara u odijelu može slobodno izaći. Osim mokrih odijela, prisutna mjesta na odijelima smanjuju njihovu sposobnost izolacije. Ispod prisutnih površina na odijelu nema zraka koji služi kao izolator i na tim je mjestima prodor topline u odijelo veći. Takve opekline nastaju na mjestima koje pritišće izolacijski aparat, na koljenima i laktima. Neki proizvođači vatrogasnih odijela ugrađuju sloj sa zračnim mjehurićima kako bi se dodirivanje vanjskog i unutarnjeg sloja odijela smanjio na minimum.

Kombinacija mokrog odijela i pritiska na dijelove odijela drastično smanjuje sigurnost vatrogasca. Tijekom gašenja česte su i opekline nastale parom. One nastaju kad se mlaz vode usmjeri direktno na vruće površine. Oblak zagrijane pare se tada vraća prema vatrogascima. Para će stvoriti opekline na nezaštićenim dijelovima tijela i mogući je prolazak kroz promoćive dijelove odijela. Takve su opekline često na dijelu lica kojeg ne pokriva zaštitna maska, na ušima i vratu zbog ne korištenja zaštitnih potkapa.[8]

### 8.3. Opasnost od mehaničkih ozljeda

Najčešće mehaničke ozljede pri gašenju požara zatvorenih prostora su posjekotine, prignječenja, istegnuća, ugućuća i lomovi. Najčešće se takve ozljede dešavaju pri rušenju konstrukcija, pada predmeta s visine, padova u dubinu, itd. Kako bi se umanjila opasnost od nastanka takvih ozljeda potrebno je pravilno koristiti osobnu zaštitnu opremu i izvoditi vježbe kretanja kroz požarni objekt. Veliku opasnost predstavlja smanjena vidljivost (padovi kroz otvore, padovi po stepeništima). U svijetu se velika pažnja pridodaje treningu kretanja kroz požarni objekt. Takve se vježbe izvode sa zatamnjenim maskama izolacijskih aparata. Prostor u kojem se takva vježba izvodi trebala bi biti nepoznata za izvođače vježbe ili prostor sa pokretnim preprekama. U današnje vrijeme je u uporabi i veći broj termo kamera koje olakšavaju orijentaciju u prostoru i pretraživanje objekta.[8]

#### 8.4. Opasnost od elektriciteta

Tijekom boravka u požarnom prostoru postoji opasnost od dodira dijelova pod naponom zbog prekinutih i ogoljelih vodiča. Glavnu opasnost ne predstavlja napon već jačina struje, mogućnost protoka struje kroz tijelo i vrijeme djelovanja. Pri gašenju požara stambenih objekata takva opasnost je prisutna do iskapčanja strujnog kruga iz mreže. Važno je da vatrogasci vode pozornost da dolaskom u ugroženi objekt uvijek moraju isključiti dovod energenata i tako ovu vrstu opasnosti svesti na minimum.[8]



Slika 12. Primjeri oznaka za opasnost od električnog udara [10]

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

U požaru kao u kriznoj situaciji vrlo lako dolazi do straha i panike. To je posebice opasno u stambenim i javnim objektima gdje se može naći veći broj ljudi. Pripadnici hitnih službi pa tako i vatrogasci u slučaju kriznog događaja drukčije reaguju od ostalih ljudi. Razlog tome je školovanost i osposobljenost za rad u takvim situacijama. Vatrogasci koji dobro poznaju opasnosti prisutne pri požarima lakše će se suočiti s njima. Međutim, i uz školovanje i uz trening, stres ostavlja tragove na tijelu vatrogasca. Samim odlaskom na intervenciju, tijelo vatrogasca počinje stresno reagirati, povećava se puls, srčani tlak i temperatura. Takvo stanje možda neće odmah ostaviti tragove, ali nakon više godina u službi mogu se javiti neki simptomi

koji se mogu svrstati u posljedice stresa (kardiovaskularne bolesti, psihološki poremećaji). Kao jedina moguća zaštita od ovih opasnosti je svakodnevni trening, svakodnevno učenje i upoznavanje sa opasnostima koje su prisutne pri gašenju. Veliki utjecaj na smanjenje opasnosti ima i psihofizička pripremljenost vatrogasca. Istraživanja su pokazala da postoji korelacija između fizičke pripremljenosti i psihičke stabilnosti. Fizički spremniji vatrogasci su bolje reagirali na stresna stanja i bili otporniji na umor, stres, strah i paniku. [

## 9. PREVENTIVNE MJERE ZAŠTITE OD POŽARA OBJEKATA

Prilikom izgradnje svake građevine odnosno prostora, pogotovo u kojoj se nalaze ljudi ili skupocjena oprema, potrebno je omogućiti najbolju moguću zaštitu od požara. To se može postići građevinskim mjerama koje su u skladu sa zakonom, odgovarajućim instalacijama stabilnog sustava za gašenje požara te edukacijom osoblja i zaposlenika.

### 9.1. Aktivne mjere zaštite od požara

Kako su preventivne mjere pasivne da spriječe nastanak požara, tako su i aktivne preventivne mjere za slučaj ako se požar već dogodi. Te iste mjere moraju ga brzo detektirati, ugasiti i ograničiti njegovo širenje. U aktivne mjere ubrajaju se tehničke mjere kojima je cilj brza detekcija požara (automatski ili ručni detektori), dojava požara, gašenje požara (ručni ili stabilni sustavi gašenja), ventilacija (odvođenje dima) i dr. Detekcija i dojava požara može biti ručna ili automatska. Ručni javljači postavljaju se na vidljiva, lako dostupna, mjesta i aktiviraju ih osobe koje uoče požar. Nedostatak ručnih javljača je to što, ako nitko ne vidi požar, nitko ni ne može dojaviti, odnosno pritisnuti gumb. Pritom se gubi skupocjeno vrijeme od detekcije do gašenja. Da bi se čim prije detektirao požar, upotrebljavaju se automatski javljači požara. Oni se mogu podijeliti na termičke (termomaksimalne i termodiferencijalne), dimne (ionizacijske i optičke), plamene (infracrvene i ultraljubičaste) i kombinirane.[7]

### 9.2. Pasivne mjere zaštite od požara

Preventivne pasivne mjere zaštite od požara imaju zadaću spriječiti bilo kakvu pojavu požara. Najvažnije pasivne mjere su građevinske, a provode se tijekom projektiranja i izgradnje građevina u skladu s važećim propisima. Prilikom projektiranja, u svrhu zaštite od požara, potrebno je zadovoljiti sljedeća temeljna načela zaštite od požara:

- pravilan odabir građevinskih materijala s motrišta njihova ponašanja u uvjetima požara (gorivost, zapaljivost, brzina širenja plamena, gustoća dima itd.)
- pravilan odabir građevinskih elemenata i konstrukcija glede otpornosti na požar (očuvanje nosivosti, cjelovitosti i toplinske izolacije u požaru tijekom određenog vremena)
- pravilno projektiranje građevine glede podjele u manje cjeline (požarne sektore)

Kod građevinskih radova treba pripaziti na odabir materijala za izgradnju, tj. na njegove požarne značajke. Naravno važno je odabrati negorive materijale ovisno o namjeni građevine. U skladu s normama mogu biti i gorivi materijali, ali svakako treba izbjegavati materijale iz skupine B3.



Slika 13. Klasifikacija materijala prema gorivosti [7]

Otpornost na požar je svojstvo konstrukcije, a ne materijala. Važno je da u uvjetima izloženosti požara tijekom određenog vremena očuva svoju nosivost te spriječi prodor plamena i toplinskog zračenja. Otpornost na požar definira se vremenom (od 15 do 240 minuta) u kojemu ta konstrukcija zadovoljava definiranim zahtjevima. Utvrđivanje otpornosti na požar konstrukcije određuje se na temelju ispitivanja, pri kojem se građevinski elementi i konstrukcije izlože

normiranom požaru. Podjela građevine na manje cjeline u svrhu zaštite od požara naziva se požarno sektoriranje. Požarni sektor je dio građevine odijeljen od ostalih dijelova građevine građevinskim konstrukcijama i elementima (zidovima, stropovima, vatrootpornim vratima, zaklopkama, itd.) koji imaju određenu otpornost na požar. U trajanju otpornosti na požar građevinskih konstrukcija i elemenata mora biti spriječen prodor vatre i dima iz sektora gdje se dogodio požar na ostale dijelove građevine, odnosno druge požarne sektore.[7]

### 9.3. Građevinske mjere zaštite od požara

Građevinske mjere zaštite od požara provode se na osnovi dvaju zakona:

- Zakon o zaštiti od požara
- Zakon o gradnji.

Zajedno s njima postoje brojni podzakonski akti koji propisuju temeljne obveze provedbe građevinskih mjera zaštite od požara. U čl. 10. Zakona o gradnji stoji da građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da u slučaju požara:

- nosivost građevine može biti zajamčena tijekom određenog razdoblja
- nastanak i širenje požara i dima unutar građevine je ograničeno
- širenje požara na okolne građevine je ograničeno
- korisnici mogu napustiti građevinu ili na drugi način biti spašeni
- sigurnost spasilačkog tima je uzeta u obzir

Protupožarna zaštita je skup mjera i postupaka koji se poduzimaju zbog sprečavanja nastanka i širenja požara, utvrđivanja i uklanjanja uzroka požara, otkrivanja i gašenja požara te pružanja pomoći pri uklanjanju posljedica uzrokovanih požarom. Također u čl. 25., st. 1. Zakona o zaštiti od požara navodi se da se prilikom projektiranja i građenja građevine mora osigurati zaštita od

požara, kao jedan od bitnih zahtjeva za građevinu propisanih posebnim propisom kojim se uređuje područje prostornog uređenja i gradnje, tako da se u slučaju požara:

- očuva nosivost konstrukcije tijekom određenog vremena utvrđenu posebnim propisom
- spriječi širenje vatre i dima unutar građevine
- spriječi širenje vatre na susjedne građevine
- omogući da osobe mogu neozlijeđene napustiti građevinu, odnosno da se omogući njihovo spašavanje [7]



## 10. STABILNI SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD POŽARA

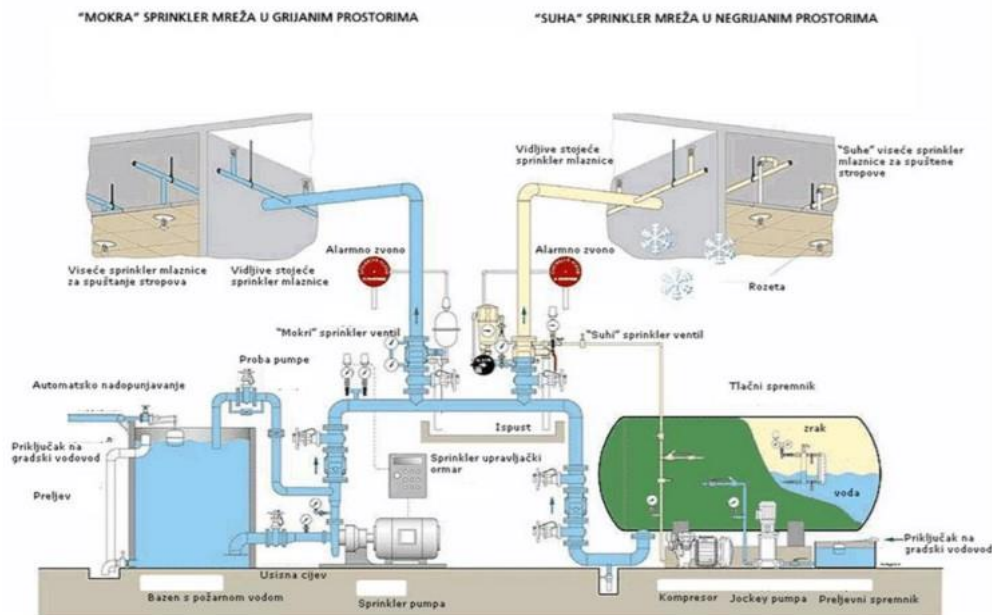
Pod opće aktivne mjere zaštite od požara ubrajaju se također i stabilni sustavi za zaštitu od požara. Dije se na nekoliko vrsta:

- 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

### 10.1. Stabilni sustavi za zaštitu od požara

#### 10.1.1. Sprinkler sustav

Ovaj se tip sustava primjenjuje u prostorima u kojima postoji opasnost od smrzavanja vode u cjevovodima (npr. garažni prostori otvorenog tipa i sl.). U navedenom tipu se ispred sprinkler ventila nalazi voda, dok se u cjevovodu koji je razveden do mlaznica nalazi zrak ili dušik pod tlakom. U ovom sustavu postoji kašnjenje dolaska vode do sprinkler mlaznice, budući da iz cjevovoda prethodno mora izaći zrak. Kada se sprinkler mlaznica otvori, iz sustava izlazi zrak te dolazi do pada tlaka u sustavu iza ventila, zatim se otvaraju zaklopke te se sustav ispunjava sa vodom.[14]



Slika 14. Shema kombiniranog (mokrog i suhog) stabilnog sustava za gašenje požara s automatskim radom tipa sprinkler [14]

### 10.1.2. Drencher sustav

Deluge/Drencher sustav je stabilni sustav za gašenje požara koji se se projektira za slučajeve kad je moguće brzo širenje požara, a s ciljem usporavanja širenja i gašenja požara. Koristi se za odvajanje dijela prostora koji je zahvaćen požarom (vodena zavjesa), hlađenje spremnika tekućina s niskim plamištem te gašenje postrojenja. Razlika u odnosu na sprinkler sustav je prvenstveno u tome što su mlaznice na cjevovodu otvorene, tj. nemaju toplinski osjetljivi element. Cjevovod je povezan s izvorom vode preko drencher ventilske stanice. Na početku cjevovoda iza izvora vode nalazi se drencher ventil kao dio drencher ventilske stanice. 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. S obzirom da na mlaznicama nema toplinski osjetljivog elementa, a u cjevovodu je atmosferski tlak, drencher ventil se može aktivirati na različite načine.[15]



Slika 15. Drencher sustav [15]

Najčešće kombinacije aktiviranja drencher ventila su pomoću ostalih sustava iz štíćenog prostora:

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

S jednog ili više navedenih uzbudnih 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.[15]

## 10.2. Stabilni sustavi sa čistim agensom

Pod sustavom za gašenje sa čistim agensom podrazumijevaju se inertni plinovi i plinovi s antikatalitičkim svojstvima koji ne oštećuju ozonski omotač u skladu s američkom normom NFPA 2001. Oni danas zamjenjuju stabilne sustave gašenja s halonima koji su se pokazali kao vrlo pogubni za ozon te su od 01. siječnja 2006. godine potpuno zabranjeni.

Stabilni sustavi sastoje se od sredstava za gašenje, spremnika u kojima se to sredstvo nalazi, ventila na spremnicima, detektora požara i inih sastavnica, sustava za detekciju i dojavu požara (kontrolna ploča, signalizacija, alarm), cjevovoda za isporuku sredstva za gašenje i mlaznica za disperziju sredstava za gašenje. Stabilni sustavi sa čistim agensom mogu se podijeliti na više vrsta:

- FM 200
- NOVEC 1230
- NAF-S III
- INERGEN

### 10.2.1. FM 200

Plin komercijalnog naziva FM-200 (HFC227ea) je heptafluoropropan kemijske formule  $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$ . Navedeni plin gasi požar tako što inhibira kemijsku reakciju između gorivog materijala i kisika. Kao sigurno i efikasno sredstvo upotrebljava se kod gašenja požara klase A (krutine), klase B (zapaljive tekućine) i higher hazard klase A (krutine koje ostaju pod naponom električne energije tijekom gašenja).[12]

Sustav protupožarne zaštite s ovim plinom naročito je podoban radi sljedećeg:

- atmosfera plina u projektiranim koncentracijama (8,5% za server prostore) ne predstavlja opasnost za ljude
- velika efikasnost gašenja požara
- velika brzina djelovanja
- minimalno smanjenje vidljivosti prilikom gašenja
- maksimalna disperzija plina unutar štíćene prostorije
- dobro mješanje plina sa zrakom bez rizika za raslojavanje
- plin nije korozivan, ne provodi struju i ne izaziva hladne šokove na elektronicima
- ne oštećuje ozonski omotač (ODP = 0 / Montrealski sporazum)
- vrijeme raspada u atmosferi je relativno nisko (33 godine)

#### 10.2.2. NOVEC 1230

Navedeni plin gasi požar tako što inhibira kemijsku reakciju između gorivog materijala i kisika. Kao sigurno i efikasno sredstvo upotrebljava se kod gašenja požara klase A (krutine), klase B (zapaljive tekućine) i higher hazard klase A (krutine koje ostaju pod naponom električne energije tijekom gašenja).[12]

Sustav protupožarne zaštite s ovim plinom naročito je podoban radi sljedećeg:

- atmosfera plina u projektiranim koncentracijama (5,6% za server prostore) ne predstavlja opasnost za ljude
- velika efikasnost gašenja požara
- velika brzina djelovanja
- minimalno smanjenje vidljivosti prilikom gašenja

- maksimalna disperzija plina unutar štíćene prostorije
- dobro mješanje plina sa zrakom bez rizika za raslojavanje
- plin nije korozivan, ne provodi struju i ne izaziva hladne šokove na elektronicí
- plin je izuzetno ekološki prihvaćen
- ne oštećuje ozonski omotač (ODP = 0 / Montrealski sporazum)
- ne zagrijava atmosferu (GWP =1 / Kyoto protokol)
- vrijeme raspada u atmosferi je jako kratko 5 dana



Slika 16. NOVEC 1230 sustav [13]

### 10.2.3. NAF-S III

NAF-S III je mješavina fluorom i klorom halogeniziranih (fluoriranih i kloriranih) ugljikovodika. Ime je dobio od početnih slova proizvođača „North American Fire Guardian Technology Inc“ tvrtke iz SAD-a. NAF-S III pokazuje fizikalna svojstva slična onima halona 1301. Prema omjeru težine i učinkovitosti NAF-S-III je najučinkovitije sredstvo za gašenje na osnovi halogeniziranih ugljikovodika. Po svojem sastavu NAF je mješavina raznih freona tipa HCFC-a (HCFC-123 (4,75%), HCFC 22 (82%) i HCFC-124 (9,5%) s dodatkom detoksirajućeg sredstva nazvanog NAF XX (izopropenil-1-metilcikloheksan koji se dodaje oko 3,75%). Ono što je bitno kod tog sredstva jest da se kombinacijom raznih freona (“zelenijih”) i drugih dodataka dobiva plinsko sredstvo koje je po svemu adekvatni zamjenitelj halona, tj. ODP-a (Ozone Depletion Potential – potencijal oštećenja ozonskog omotača – definira se kao omjer globalnog gubitka ozona zbog dane tvari i globalnog gubitka ozona zbog CFC-11 iste mase); (EPA, 2019). Kako su mu fizikalna svojstva kao i protupožarna vrlo slična halonu, novo sredstvo se može ubaciti i u postojeće instalacije halona, tzv. „drop in“ sredstvo, što je za potencijalne korisničke više nego značajno.[7]

### 10.2.4. INERGEN

Inergen se ubraja u skupinu plinovitih „čistih agensa“ prema američkom standardu NFPA 2001 i ISO14520 standardu, ali za razliku od ostalih plinovitih sredstava iz skupine „čistih agensa“ ne djeluje antikatalitički već ugušujuće na požar. Načelo ugušujućeg gašenja požara je dodavanje inertnih plinova u prostor s ciljem smanjenja koncentracije kisika. Postoji nekoliko inačica Inergen sustava: • IG 01 – inertni plin argon (100%) • IG 55 – kombinacija inertnih plinova dušik (50%) i argon (50%) • IG 100 – inertni plin dušik (100%) • IG 541 – kombinacija inertnih plinova dušik (52%), argon (42%) i ugljični dioksid (8%). U inergen sustav IG 541 dodan je i ugljični dioksid u cilju adaptacije ljudskog tijela, odnosno udisanja atmosfere sa smanjenom količinom kisika. Kod pojave ugljičnog dioksida u zraku ljudsko tijelo započinje s povećanim

unosom zraka (dublji i brži udisaji). Navedenim načinom unosi se veća količina atmosfere plinova u ljudsko tijelo, a samim time i veća količina u smjesi prisutnog kisika (APIN, 2018.). Inergen (IG55) plinovi pohranjuju se u plinovitom stanju u spremnicima pod tlakom od 300 bara. Kod pojave požara vatrodajavni dio sustava signalizira požar i aktivira elektromagnetski aktivator pilot spremnika koji otvara ventil na spremniku. Preostali spremnici potrebni za gašenje šticećenog prostora aktiviraju se preko pneumatskog aktiviranja. Vrijeme gašenja inergen (IG55) sustavom iznosi maksimalno 60 sekundi pri temperaturi od 20°C. Minimalno vrijeme zadržavanja zahtijevane koncentracije plina u šticećenom prostoru u skladu s normama treba biti 10 minuta. Tijekom ispućavanja u šticećenom prostoru se pojavljuje pretlak. Da bi se osigurao integritet šticećenog prostora, nužno je osigurati kompenzaciju tlakova, odnosno šticećeni prostor zaštititi od oštećenja koja bi mogla nastati tijekom gašenja.[7]



Slika 17. INERGEN protupožarni sustav [16]



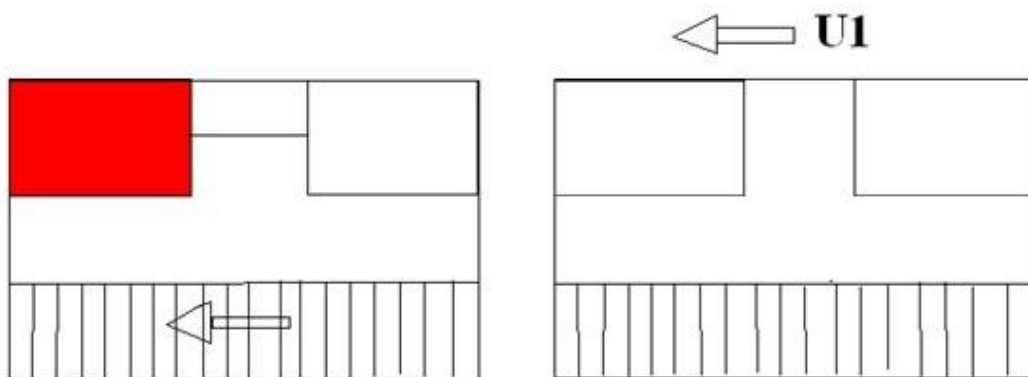
## 11. ANALIZA VATROGASNE INTERVENCIJE

Kao eksperimentalni dio ovog rada obradit će se analiza taktičkog nastupa prilikom vatrogasne intervencije stana u stambenoj zgradi koju je uspješno odradila postrojba JVP Gračac.

### 11.1. Vatrogasna intervencija gašenja požara zatvorenog prostora

Dojavu o izbijanju požara unutar stambenog objekta na adresi Školska 6 u Gračacu zaprimila je JVP Gračac od strane Županijskog operativnog centra u 15:47 sati. Na intervenciju izlazi vatrogasni vlak JVP Gračac koji sačinjavaju zapovjedno vozilo, navalno vozilo, autocisterna i autoljestva te 11 vatrogasaca.

Dolaskom na mjesto intervencije zapovjednik obavlja izviđanje prilikom kojeg se utvrdilo da se požar nije proširio van stambenog prostora te se vrši brza evakuacija ljudi.

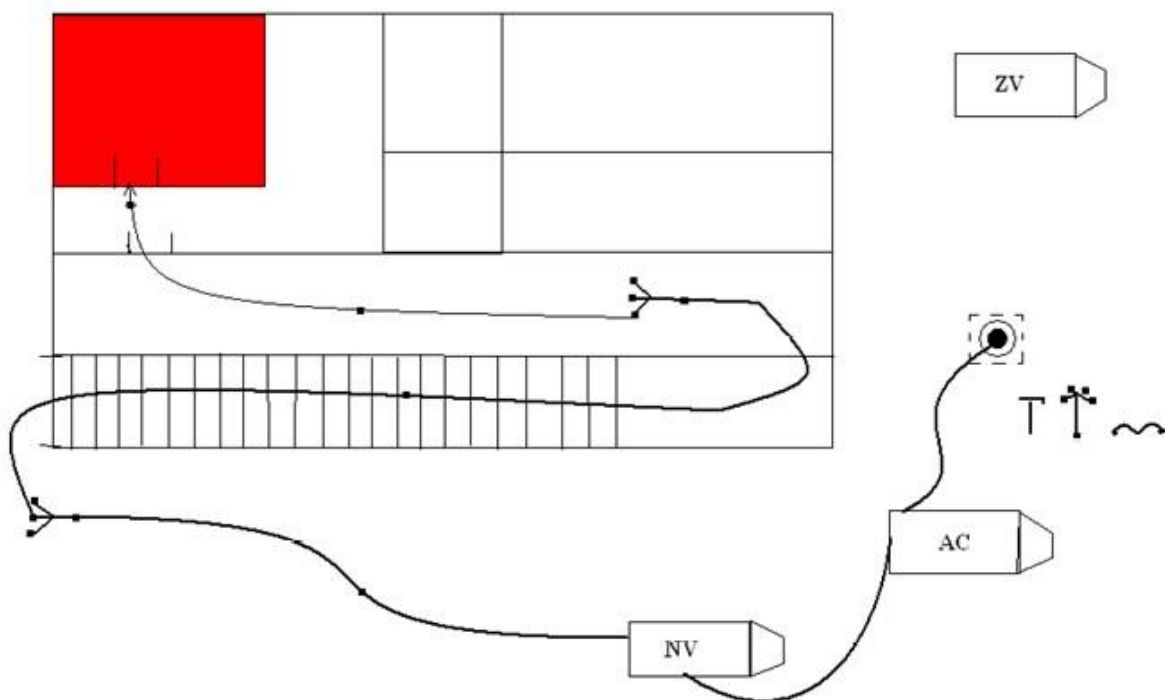


Slika 18. Plan evakuacije stanara [11]

U fazi evakuacije jedna vatrogasna grupa postavila je uređaj za ventiliranje stubišnog prostora (dimovuk), dok su druge grupe započele sa spajanjem cisterne i navalnog vozila paralelnim i kombiniranim taktičkim nastupom. Jedna se cisterna spojila na podzemni hidrant dok se navalno vozilo paralelno spojila na prvu cisternu. Zapovjednik je izdao zapovjed za unutarnju i vanjsku

navalu te gašenje. Unutarnja navala odvijala se spajanjem cijevne pruge stubištem do opožarenog prostora dok se vanjska navala odvijala pomoću autoljestve.

Prema informaciji koje su prikupljene od strane stanara te izviđanjem, jedna navalna grupa kreće u kontrolu i suzbijanje požara na lokaciji od kuda je i krenuo. Dolaskom ispred stana u kojem je nastao požar navalna grupa kontrolom utvrđuje ekstremnu zagrijanost kvake, ali i vrata u cijelosti što ih dovodi do zaključka da je posrijedi požar koji je prigušen uslijed nestanka zraka koji bi podržavao gorenje i da postoji velika mogućnost pojave plamenog udara. Sukladno usvojenom znanju stečenom u simulatoru plamenih udara, navalna grupa primjenjuje tehniku snižavanja temperature unutar stambene jedinice na način da jedan vatrogasac naglo i vrlo malo otvori vrata dok drugi vatrogasac mlaznicom ispaljuje tri kratka vodena impulsa u nekoliko navrata. Kada je navalna grupa spustila temperaturu ušli su u prostoriju te utvrdili da je požar uzrokovala neispravna peć na kruto gorivo. Nastavilo se sa gašenjem svih predmeta koji su zahvaćeni požarom unutarnjom i vanjskom navalom. Nakon lokalizacije požara, vatrogasci kreću s sanacijom stambenog objekta te ventiliranjem prostorije pomoću dimovuka. Požar je proglašen ugašenim oko 18:34 sati.



Slika 19. Shematski prikaz taktičkog nastupa [11]

## 11.2. Analiza intervencije

Na intervenciju je izašlo 11 vatrogasaca sa 4 vozila.

- Autocisterna - pumpa 16/8 tank 8000 L – 2 vatrogasca
- Autoljestva - 27 m – 2 vatrogasca
- Navalno vozilo - ziegler pumpa 16/8 tank 2400 L – 5 vatrogasca
- Zapovjedno vozilo – 2 vatrogasca

Izveo se kombinirani taktički nastup s unutarnjom i vanjskom navalom. Evakuacija se odvijala stubištem pošto požar nije izbio van iz stana pa zadimljenost nije bila velika. Potrošeno je otprilike 1400 L vode.

U ovoj intervenciji dolazi do izražaja uvježbanost vatrogasnih ekipa te zapovjedništva koji su obavili kvalitetan izviđaj i procjenu te primjenjenoj taktici koja je utjecala na uspješnost intervencije te svela štetu na minimum.

Korištena oprema prilikom intervencije:

- 8 "B" cijevi
- 3 "C" cijevi
- Trodjelna razdjelnica – 2 kom.
- Univerzalna mlaznica – 2 kom.
- Izolacijski aparat – 2 kom.
- Hidrantski nastavak dvodjelni – 1 kom.
- Ključ za podzemni hidrant – 1 kom.
- ABC ključ – 2 kom

## 11.ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja sintezu opasnosti na kojima se susreću vatrogasci prilikom gašenja požara u zatvorenim prostorima i mjera zaštita kojim se pokušava smanjiti rizik djelovanja tih opasnosti. Statistike govore o nekoliko tisuća požara godišnje u svijetu koji kulminiraju flashoverom ili backdraftom i nebrojenim žrtvama, u ovom radu obrađenih, fenomena. U Republici Hrvatskoj nije zabilježen niti jedan požar koji bi upućivao na to da se razvio uslijed nastanka jednog od plamenih udara, a jedan od razloga zašto nije zabilježen je činjenica da u Republici Hrvatskoj ne postoji jasan program koji je opće prihvaćen niti se provodi na nivou da u tome sudjeluju svi pripadnici vatrogasnog sustava.

Također, jedan od zaključaka usmjeren je ka praćenju razvoja novih i sofisticiranih tehnologija koje su implementirane u opremu koja je namijenjena za uporabu u vatrogastvu, a s jasnim ciljem, omogućiti efikasniji pristup te smanjenje posljedica u vidu štete i ljudskih žrtava. Nova oprema, brže stizanje na mjesto požara i raniji početak djelovanja stavljaju pred vatrogasce neke nove opasnosti. Nije isto doći na požar koji je već u razbuktaloj fazi ili na požar kod kojeg se jedino vide velike količine dima kako izlaze na otvore građevine. Vatrogasac se tada nalazi u veoma opasnoj sredini, gust dim, toplina, vlaga, onemogućuje mu brzo i efikasno djelovanje. Put do požara u tim slučajevima može biti dug i opasan, a spašavanje veoma otežano. Zato su pravila ponašanja pri takvim intervencijama veoma važna. Način otvaranja vrata, kretanje kroz objekt i odabir taktike gašenja i ventilacije, veliki su sigurnosni čimbenik.

Potrebno je koristiti sva znanja i opremu te ih iskoristiti za dodatno obrazovanje vatrogasaca, kako teoretski tako i praktično. Simulacije istih vatrogasnih intervencija pomažu uveliko spremi vatrogasnih postrojbi te nastupanje i gašenje sa što uspješnijim ishodom.

## 12.LITERATURA

- [1] Priručnik za polaznike temeljnog tečaja, Osposobljavanje službenika za zaštitu od požara, Igor Kovačević i Mario Conjar, preuzeto 3. lipnja 2021., 15:24:17
- [2] <https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A1440/datastream/PDF/view>
- [3] <https://www.vatrogasci-opatija.hr/wp-content/uploads/sites/9/2017/03/Gorenje-i-ga%C5%A1enje-JVP-Opatija.pdf>
- [4] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zrak>
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Kisik>
- [6] <https://www.vatrogasci-opatija.hr/wp-content/uploads/sites/9/2019/02/Ugljic%CC%8Cni-monoksid-tihi-ubojica.pdf>
- [7] Sprečavanje pojave i širenja požara na informatičkoj opremi, D. Benković, Đ. Todorovski, S. Peretin UDK 614.84:681.5, preuzeto 3. lipnja 2021., 15:25:14
- [8] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:518/preview>
- [9] Sikra, I. (2018). *Sigurnost i zaštita vatrogasaca od plamenih udara* (Završni rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:447506>
- [10] <https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/opasnosti-od-elektricne-struje>
- [11] Vlastiti arhiv
- [12] <https://apin.hr/fm-200-sustav/plin-fm-200/>
- [13] <https://www.indiamart.com/proddetail/novec-1230-fire-suppression-system-19992133788.html>
- [14] <https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A195/datastream/PDF/view>
- [15] <http://www.aling.hr/clanak/65/delugedrencher>
- [16] <https://www.gielle.it/inergen-fire-systems/>
- [17] [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcdf821-eae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m\\_3/j\\_1.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcdf821-eae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m_3/j_1.html)
- [18] <https://repositorij.vuka.hr/en/islandora/object/vuka%3A1846/datastream/PDF/view>

## 13. PRILOZI

### 13.1. Popis slika

Slika 1. Uvjeti potrebni za nastanak gorenja [2].....	2
Slika 2. Podjela tvari prema zapaljivosti [2].....	4
Slika 3. Sastav zraka [17].....	5
Slika 4 Faze požara [18] .....	8
Slika 5. Faze razvoja požara [8].....	10
Slika 6. Razvoj požara u neventiliranom prostoru [8] .....	13
Slika 7. Primjer ventilacijskog otvora na krovu kuće [9] .....	15
Slika 8. Primjer izrade linijske ventilacije [9] .....	18
Slika 9. Udaljenost mlaznice od otvora prilikom izvedbe hidraulične ventilacije [9].....	19
Slika 10. Oprema vatrogasca za požare zatvorenog prostora [9].....	23
Slika 11. Simptomi trovanja ugljičnim monoksidom [6].....	29
Slika 12. Primjeri oznaka za opasnost od električnog udara [10].....	31
Slika 13. Klasifikacija materijala prema gorivosti [7] .....	34
Slika 14. Shema kombiniranog (mokrog i suhog) stabilnog sustava za gašenje požara s automatskim radom tipa sprinkler [14].....	38
Slika 15. Drencher sustav [15].....	39
Slika 16. NOVEC 1230 sustav [13].....	42
Slika 17. INERGEN protupožarni sustav [16].....	44

Slika 18. Plan evakuacije stanara [11] ..... 45

Slika 19. Shematski prikaz taktičkog nastupa [11] ..... 47

### 13.2. Popis tablica

Tablica 1. Temperature paljenja [11] ..... 6