

# Taktika gašenja požara silosa za žitarice

---

**Borovec, Domagoj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:878864>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

Domagoj Borovec

# **TAKTIKA GAŠENJA POŽARA SILOSA ZA ŽITARICE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Domagoj Borovec

# **GRAIN SILO FIREFIGHTING TACTICS**

FINAL PAPER

Karlovac, 2016.

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

Domagoj Borovec

# **TAKTIKA GAŠENJA POŽARA SILOSA ZA ŽITARICE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
mr. sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing.

Karlovac, 2016.



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Trg J.J.Strossmayera 9

HR 47000, Karlovac, Croatia

Tel.: +385 (47) 843 510

Fax.: +385 (47) 843 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2016.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Borovec Domagoj

Naslov: Taktika gašenja požara silosa za žitarice

Opis zadatka:

- općenito o nastanku požara na gospodarskim objektima
- općenito o mjerama ZOP-a gospodarskih objekata
- važeći propisi ZOP-a gospodarskih objekata
- konstrukcijske značajke i tehnološki procesi silosa za žitarice
- opasnosti od nastanka požara i mjere ZOP-a silosa za žitarice
- vatrogasna taktika gašenja požara silosa za žitarice na odabranom objektu

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

05/2016

08/2016

09/2016

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

mr.sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing.

dr.sc. Zlatko Jurac, prof. v. š.

## PREDGOVOR

Ovaj završni rad rezultat je znanja koje sam stekao tijekom studija i školovanja. Ta znanja primijenio sam pišući isti.

Zahvaljujem se mentoru, mr. sc. Đ. Todorovskom, uz čije sugestije i pomoć sam napisao ovaj rad.

Također, najveće zahvale mojoj obitelji, roditeljima Nataši i Miroslavu, koji su mi omogućili školovanje i poticali me na napredak; sestri Larisi te kolegici Tihani Paradi na savjetima, podršci i svojoj pomoći tijekom studiranja.

## SAŽETAK

U ovome radu objašnjena je taktika gašenja požara silosa za žitarice. Uz samu taktiku gašenja, objašnjene su opće mogućnosti nastanka požara na gospodarskim objektima, mjere zaštite od požara gospodarskih objekata, konstrukcijske značajke silosa za žitarice, tehnološki procesi silosa za žitarice, mogućnosti nastanka požara i mjere zaštite od požara silosa za žitarice, te su nabrojani važeći propisi zaštite od požara gospodarskih objekata.

Ključne riječi:

Vatrogasna taktika, požar, silos, žitarice

## SUMMARY

This final paper explains the tactics of grain silo fire extinguishing. In addition to the tactics of fire extinction, it explains the general possibility of fire on outbuildings, fire protection measures of outbuildings, general construction of grain silo, the possibility of fire occurrence and fire protection measures of grain silo, and lists valid regulations for fire protection of outbuildings.

Key words:

Fire tactics, fire, silo, grain

# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	IV
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada .....	1
1.2. Izvori i metode prikupljanja podataka.....	1
2. UZROCI NASTANKA POŽARA U GOSPODARSTVU .....	2
2.1. Ljudski čimbenik .....	2
2.2. Otvoreni plamen .....	3
2.3. Iskre nastale zavarivanjem i rezanjem metala .....	3
2.4. Mehanički proizvedene iskre.....	4
2.5. Kemijske reakcije .....	4
2.6. Eksplozija.....	4
2.7. Samozapaljenje .....	5
2.8. Električni uređaji i postrojenja .....	5
2.9. Kratki spoj.....	5
2.10. Prirodne pojave.....	6
2.11. Statički elektricitet .....	6
3. MJERE ZAŠTITE OD POŽARA U GOSPODARSTVU.....	8
3.1. Građevne mjere zaštite od požara .....	8
3.1.1. Lokacija.....	8
3.1.2. Makrolokacija.....	9



3.1.3. Mikrolokacija .....	9
3.1.4. Sigurnosni razmaci između građevina .....	9
3.1.5. Protupožarne zone.....	10
3.1.6. Požarni sektori .....	11
3.1.7. Građevni materijali.....	11
3.1.8. Građevne sastavnice i konstrukcije.....	12
3.2. Tehničko-tehnološke mjere zaštite od požara.....	12
3.3. Organizacijske mjere zaštite od požara .....	12
3.4. Normativne mjere zaštite od požara .....	13
4. POPIS ZAKONA I PROPISA.....	14
5. SILOSNO POSTROJENJE I TEHNOLOGIJA OBRADE ŽITARICA ....	15
5.1. Silosna postrojenja .....	15
5.1.1. Silos .....	15
5.1.2. Dijelovi silosa .....	18
5.2. Tehnološki procesi silosa.....	21
6. UZROCI NASTANKA POŽARA SILOSA ZA ŽITARICE.....	23
6.1. Disanje zrna.....	23
6.2. Samozagrijavanje .....	24
6.2.1. Razdoblja samozagrijavanja .....	25
6.2.2. Oblici samozagrijavanja .....	25
6.3. Samozapaljenje .....	27
6.4. Zapaljenje i eksplozija prašine .....	27
6.5. Ostali mogući uzroci nastanka požara i eksplozija.....	29
6.6. Mjere zaštite od požara silosa za žitarice .....	30
7. TAKTIKA GAŠENJA POŽARA SILOSA ZA ŽITARICE .....	33
7.1. Općenito o gašenju požara silosa za žitarice.....	33

7.2. Taktika gašenja eventualnog požara na odabranom silosu .....	36
7.3. Gašenje požara sustavom "CCS Cobra" .....	46
8. ZAKLJUČAK.....	49
9. LITERATURA .....	50
10. PRILOZI .....	52
10.1. Popis slika.....	52
10.2. Popis tablica .....	53

# 1. UVOD

Republika Hrvatska ima veliki potencijal i mogućnosti za veliku proizvodnju žitarica, od samog uzgoja, do završne distribucije robe do potrošača. U te zrnate kulture spadaju pšenica, ječam, kukuruz, zob, heljda, sirak, proso, te tritikal. Obzirom na obujam proizvodnje žitarica, potrebni su nam gospodarski objekti, pogoni za preradu i skladištenje istih. U potpunom postupku proizvodnje žitarica, na mnogim dijelovima tehnološkog procesa javljaju se opasnosti od mogućeg nastanka požara.

## 1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada je istražiti moguće uzroke nastanka požara silosa za žitarice, ovisno o tehnološkom procesu, dok je cilj istražiti moguće taktičke zahvate gašenja požara, te jedan od scenarija gašenja prikazati na odabranom objektu.

## 1.2. Izvori i metode prikupljanja podataka

Izvori podataka za ovaj rad su razne stručne knjige, razni radovi, znanstveni časopisi, skripte, te internetski članci. Podaci su prikupljeni savjetima mentora, knjižničara, osoba zaposlenih u proizvodnji žitarica (rukovoditelji, tehničari, inženjeri...), te samim obilaskom pogona za proizvodnju žitarica.

## 2. UZROCI NASTANKA POŽARA U GOSPODARSTVU

Opasnosti od požara pojavljuju se svugdje gdje ljudi žive i rade. U gospodarstvu se čovjek susreće s raznim tvarima, koje mogu biti zapaljive i eksplozivne, a da to ne ovisi o njihovoj upotrebi, tj. načinu upotrebe.

Uzroci nastanka požara na gospodarskim objektima vrlo su različiti. Mogu biti vanjski čimbenici, mogu proizaći iz prirode tvari s kojom se radi, iz načina, odnosno tehnologije rada, iz postupaka prilikom proizvodnje, prerade, skladištenja, prijevoza. Najpoznatiji i najčešći uzročnici požara su otvoreni plamen, užarene površine, peći za zagrijavanje, kratki spoj, elektrotermički uređaji i naprave, iskrenje, grom, statički elektricitet itd. Uzročnici koji proizlaze iz tehnologije rada su pregrijavanje uslijed trenja, mehaničke i električne iskre, povećana temperatura i povišeni tlak, statički elektricitet nastao uslijed transporta, samozagrijavanje i samozapaljenje. Uzročnike požara možemo svrstati u nekoliko skupina:

- ljudski čimbenik
- otvoreni plamen, iskra nastala zavarivanjem i rezanjem metala
- mehanički proizvedene iskre (trenje, udarac)
- kemijske reakcije – eksplozija
- samozapaljenje
- električni uređaji i postrojenja
- kratki spoj
- prirodne pojave
- statički elektricitet. [1]

### 2.1. Ljudski čimbenik

Čovjek svojim postupcima izazove velik broj požara u gospodarstvu. Požari nastaju pri različitim tehnološkim procesima, pri rukovanju uređajima ili napravama, te pri rukovanju lakozapaljivim ili eksplozivnim tvarima. Čovjek nepažnjom, u bilo kojem dijelu tehnološkog procesa, može uzrokovati nastanak požara.

## 2.2. Otvoreni plamen

Otvoreni plamen može uzrokovati paljenje različitih zapaljivih tvari. Ukoliko unutar ili izvan nekog prostora postoji eksplozivna atmosfera, otvoreni plamen može tu atmosferu lako zapaliti.

## 2.3. Iskre nastale zavarivanjem i rezanjem metala

Zavarivanje je tehnološki proces spajanja metalnih dijelova sjedinjavanjem rastopljenih metalnih površina pod djelovanjem topline, sa ili bez dodavanja novog metala. Prema vrsti izvora topline, susrećemo električno zavarivanje, plinsko (autogeno) zavarivanje te termitno zavarivanje. Električno zavarivanje moguće je zbog uspostavljanja električnog luka, pri čemu se javljaju vrlo visoke temperature ( $3200^{\circ}\text{C}$  –  $3600^{\circ}\text{C}$ ), a dijelovi užarenog materijala koji se odvajaju i padaju na okolni materijal, mogu izazvati požar. Pri plinskom zavarivanju postižu se temperature između  $2600^{\circ}\text{C}$  i  $3000^{\circ}\text{C}$ , te je također opasan užareni materijal koji pada okolo. Uz čestice koje padaju, opasan je i plamenik – zavaruje se mješavinom kisika i nekog plina, najčešće acetilena, vodika, metana. Kod termitnog zavarivanja se upotrebljava posebna smjesa "termit" koja se zapali na mjestu zavarivanja. Postizanjem temperature između  $2500^{\circ}\text{C}$  i  $3000^{\circ}\text{C}$ , nastaje rastopljeni materijal koji puni međuprostore, ali može i izazvati požar. Rezanjem metala nastaju iskre koje padaju ili lete oko mjesta rezanja, pa mogu uzrokovati požar (slika 1.) [1]



Sl.1. Iskre nastale zavarivanjem [2]

## 2.4. Mehanički proizvedene iskre

Mehanički procesi rada i obrade mehanički rad pretvaraju u toplinu koja zagrijava dijelove površine. Sitni djelovi zagrijane površine se odvajaju i lete – pojavljuje se iskrenje. Iskre, sitne zagrijane čestice (nastale uslijed udarca, trenja, itd.), česti su uzrok nastanka požara uslijed paljenja zapaljive atmosfere.

## 2.5. Kemijske reakcije

Prilikom odvijanja kemijskih reakcija, zbog razvijanja topline, reakcije mogu postati uzročnikom požara. Takve reakcije, kod kojih se oslobađa toplina, nazivamo egzotermne kemijske reakcije. Ako se u blizini neke kemijske reakcije nalazi goriva tvar, ona će se zapaliti čim postigne temperaturu paljenja.

## 2.6. Eksplozija

Eksplozija je vrlo brz proces izgaranja kod kojeg se oslobađaju velike količine topline i tlaka, te se pojavljuje snažni prasak. Eksplozije možemo, u pogledu na tvari koje mogu eksplodirati, podijeliti u tri skupine: eksplozije eksplozivnih materijala, eksplozije para lakozapaljivih tekućina i plinova, te eksplozije prašina.

Eksplozije eksplozivnih materijala – eksplozije eksploziva, sredstava za paljenje eksploziva, baruta, sirovina za proizvodnju eksploziva.

Eksplozije para lakozapaljivih tekućina i plinova – eksplozije najčešće nastaju u sustavima sa zapaljivim plinovima i parama za vrijeme njihova propuštanja i zaustavljanja, odnosno prilikom popravka ili remonta.

Eksplozije prašina – prašine eksplodiraju zbog svoje velike površine, a vrlo male mase. Taj čimbenik je glavni uzročnik njihove eksplozivnosti. Tvari čije prašine najčešće eksplodiraju su brašno, stočna hrana, šećerni prah, drvena prašina, ugljena prašina, prašina plastičnih masa, gume, boje, kože ili metala.

Minimalna koncentracija para tekućina i plinova ili čestica prašine, u smjesi sa zrakom, koja izgara eksplozivno naziva se donja granica

eksplozivnosti. Ispod te granice, ne postoje uvjeti za nastanak eksplozije. Nasuprot tome, maksimalna koncentracija zapaljivih para, plinova ili čestica prašine u smjesi sa zrakom, kod koje je moguće eksplozivno izgaranje, naziva se gornja granica eksplozivnosti. Iznad te granice, ne postoje uvjeti za nastanak eksplozije. Područje između donje granice eksplozivnosti i gornje granice eksplozivnosti nazivamo područjem eksplozivnosti.

## 2.7. Samozapaljenje

Pojava samozapaljenja je česti uzročnik požara, koji nije svojstven samo krutim tvarima, već i velikom broju tekućih tvari. U većini slučajeva, radi se o tvarima organskog podrijetla koje se uslijed postupnog zagrijavanja, u određenim uvjetima, mogu zapaliti. Neke tvari se pale u dodiru s vodom, neke u dodiru s kisikom iz zraka, a neke u dodiru s drugim tvarima. Prema mehanizmu procesa samozapaljenja, tvari sklone samozapaljenju svrstavamo u nekoliko skupina: tvari biljnog podrijetla, masti i ulja, ugljen, kemijske tvari sklone samozapaljenju.

## 2.8. Električni uređaji i postrojenja

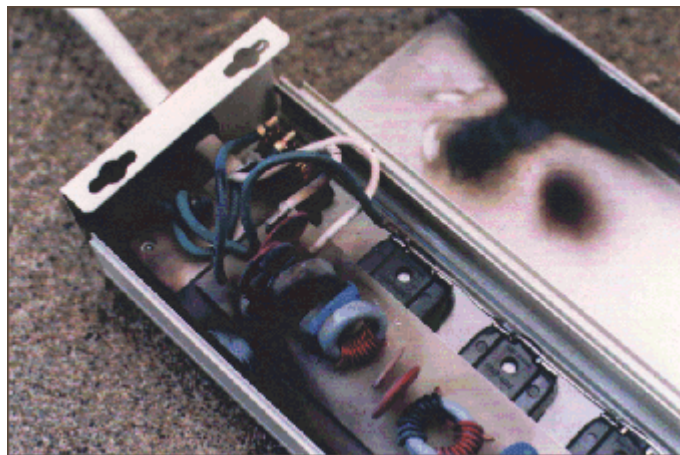
Električni uređaji i sama električna postrojenja mogu biti uzročnici požara zbog gubitka određenog dijela energije kod njene pretvorbe. Električna energija može se prevoriti u kemijsku, toplinsku, mehaničku ili svjetlosnu. Kod svake pretvorbe, gubi se određeni dio energije, a taj gubitak je najčešće toplinski. Neiskorišteni dio toplinske energije (gubitak) djeluje kroz izolaciju uređaja ili postrojenja na okolne uređaje. Osim toplinom, električni uređaji mogu zapaliti okolne tvari električni lukom ili iskrom.

## 2.9. Kratki spoj

Kratki spoj se vrlo često pojavljuje kao uzročnik požara kod postrojenja čiji dijelovi imaju mehanička oštećenja, kod postrojenja s otežanim uvjetima rada, zbog vlažnosti, stare izolacije, nepažljivog rada itd. Pri nastanku kratkog spoja, vrlo velike struje proteknu iz mreže opskrbe prema mjestu kvara. Kratki spoj

može biti praćen električnim lukom, koji također može zapaliti tvari u svojoj okolini.

Najopasniji kratki spoj je spoj jedne faze s različitim metalnim konstrukcijama (oluci, cjevovodi, metalni nosači) koji imaju spoj sa zemljom. Mjesto spoja sa zemljom se pojačano zagrijava, što uzrokuje paljenje zapaljive tvari koja je u dodiru s njime (slika 2.).



Sl.2. Kratki spoj unutar električne komponente [3]

## 2.10. Prirodne pojave

Pod prirodne uzročnike požara na gospodarskim objektima svrstavamo atmosfersko pražnjenje elektriciteta – udar groma. Kod udara groma javljaju se vrlo velike struje, čija jakost može dostići vrijednost od čak 200kA, a temperatura munje može iznositi i do 10000°C. Posljedica izravnog udara groma u neki gospodarski objekt, jest njegovo uništavanje ili rušenje, zapaljenje zapaljivih i eksplozivnih tvari, ili uništavanje i zapaljenje pojedinih dijelova objekta.

## 2.11. Statički elektricitet

Statičkom elektricitetu se danas pridodaje posebna pažnja kao uzročniku požara, zbog toga što se u gospodarstvu povećava upotreba novih materijala i tehnologije izrade, a samim time i brzina tehnološkog procesa. Porastom brzine tehnološkog procesa, raste i rizik od pojave statičkog elektriciteta. Pražnjenje



statičkog elektriciteta dovodi do zapaljenja prašina u zraku i para zapaljivih tekućina.

Do pojave statičkog elektriciteta dolazi preraspodjelom elektrona ili iona na površini dvaju materijala zbog neravnoteže atomskih ili molekularnih sila, odnosno stvaranja pozitivnih i negativnih nositelja elektrona i prelaska elektrona s jednog materijala na drugi. Samo neki od procesa koji izazivaju nastanak statičkog elektriciteta, tj. naelektriziranje, su: ispuštanje acetilena iz boce, ispuštanje ugljikovog dioksida iz boce, proticanje čistog benzola kroz čelične cijevi, kovitlanje ugljene prašine, kretanje gumene trake transporteta pri prijevozu različitih sipkih tvari, kretanje kožnog pogonskog remena brzinom od 15 m/s. [1]

### 3. MJERE ZAŠTITE OD POŽARA U GOSPODARSTVU

Mjere zaštite od požara gospodarskih objekata, obzirom na različitost tehnoloških procesa pojedine grane gospodarstva, uvjetuju mnogi čimbenici. U tom skupu čimbenika, moguće je izdvojiti one najznačajnije:

- složenost tehnoloških linija
- prisutnost velikih količina zapaljivih tekućina i plinova
- prisutnost velikog broja tehnoloških posuda koje sadrže požarno i eksplozivno opasne tvari
- prisutnost mnogih tehnoloških instalacija s pripadajućom armaturom
- prisutnost tvari koje imaju veliku toplinsku vrijednost, veliku brzinu sagorijevanja i veliku brzinu linearnog prijenosa plamena. [1]

Svaki od tih čimbenika uvjetuje potrebne organizacijske i tehničke mjere zaštite od požara.

#### 3.1. Građevne mjere zaštite od požara

Kako izgradnjom novih gospodarskih građevina i proizvodnih kapaciteta raste koncentracija velikih količina materijalnih dobara na malom prostoru, raste i požarna opasnost. Osim požarne opasnosti, raste i mogućnost da požar u kratkom vremenu uništi građevinu i/ili njena materijalna dobra (kao i da ugrozi ljude koji u njoj žive i rade). Kako bi se izbjegao takav scenarij, već prilikom izgradnje se moraju poduzimati određene građevne mjere zaštite od požara. Važne sastavnice građevnih mjera zaštite od požara se ogledaju u odabiru lokacije, međusobnom razmaku građevina, konstrukcijskim obilježjima građevine, odabiru građevnih materijala i slično. [1]

##### 3.1.1. Lokacija

Pri odabiru lokacije, vrlo je važno imati u vidu u kojoj će mjeri buduća građevina ugrožavati neposredan okoliš i obrnuto, te u kojoj će mjeri okoliš i susjedne građevine požarno utjecati na stupanj opasnosti od požara i ekspozija u budućoj građevini.

### 3.1.2. Makrolokacija

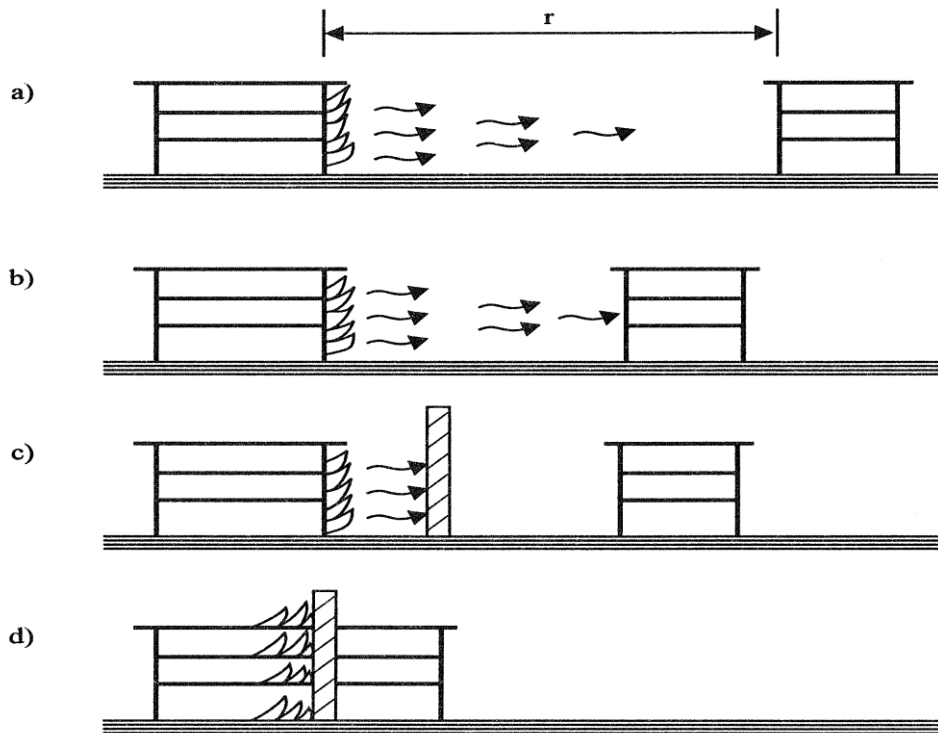
Makrolokacija jest određivanje mjesta za novoizgradnju nekog gospodarskog objekta, u odnosu na okoliš. Za određivanje makrolokacije je važno postojanje dobrih prilaznih puteva, kao i dostatna udaljenost od susjednih građevina koje mogu uzrokovati požar ili na koje se požar može prenijeti. Također je važno omogućavanje sigurnog odlaganja ili uklanjanja otpada, osiguravanje dovoljne količine vode, kako za sam tehnološki proces, tako i za slučaj potrebe gašenja požara. Makrolokacija mora vatrogasnoj postrojbi omogućiti pravodobnu intervenciju.

### 3.1.3. Mikrolokacija

Mikrolokacija jest raspored građevina i njenih uređaja unutar prostora koji je predviđen za podizanje proizvodne ili neke druge gospodarske građevine. Ona osigurava pravilnu dispoziciju građevine unutar gospodarskog kompleksa, namjensko grupiranje građevina, pravilan raspored prometnica koje omogućavaju nesmetano kretanje vatrogasnih vozila i evakuaciju ljudi i materijala, te pravilan raspored zelenih površina koje su prirodne prepreke za zaštitu od prijenosa požara s građevine na građevinu.

### 3.1.4. Sigurnosni razmaci između građevina

Jedna od građevnih mjera zaštite od požara jest odvajanje objekata na određenu udaljenost, sa svrhom smanjenja mogućnosti prijenosa požara s jedne na drugu građevinu. Odvajanje se može provesti na više načina, što je prikazano na slici 3.



Sl.3. Načini sprečavanja širenja požara s građevine na građevinu [1]

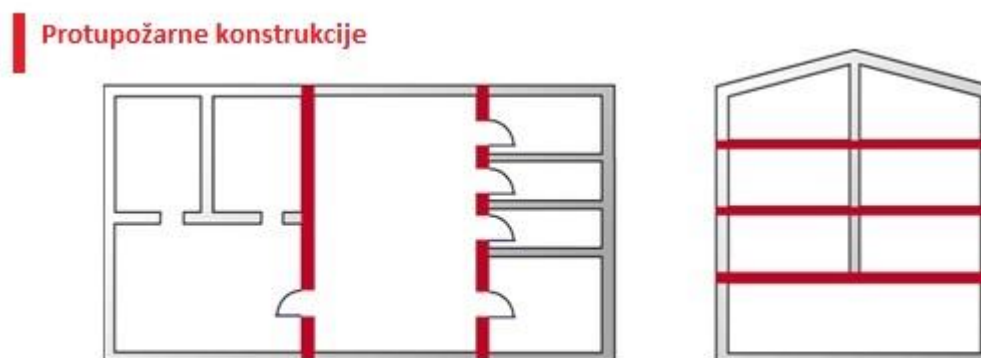
Objašnjenje slike 3.: pod a) je prikazan dostatan protupožarni razmak, pod b) izvedba vodene zavjese među građevinama, pod c) je prikazana građevinska prepreka, te je pod d) prikazan protupožarni zid.

### 3.1.5. Protupožarne zone

Protupožarne zone se s obzirom na konstrukcijska obilježja građevine, izvode u obliku rastera, a mogu biti volumne i krovne. To su zone koje dijele građevinu uzduž i poprijeko na odsjeke ili pak odvajaju tehnološke procese s obzirom na stupanj požarne opasnosti. Najefikasnija protupožarna zona jest prolaz (prometnica) u kome se ne skladišti materijal koji bi mogao prenijeti požar s jednog dijela na drugi.

### 3.1.6. Požarni sektori

Požarni sektor je dio objekta koji se, obzirom na tehničke i organizacijske mjere zaštite od požara, smatra samostalnim prostorom. Odijeljen je od ostalih dijelova objekta i to protupožarnim konstrukcijama koje zadovoljavaju određene zahtjeve glede otpornosti na požar (slika 4.).



Sl.4. Objekt podijeljen na požarne sektore protupožarnim konstrukcijama [4]

### 3.1.7. Građevni materijali

Vrlo važan čimbenik glede sigurnosti i zaštite od požara gospodarskih objekata, jest pravilan odabir građevnog materijala koji se koristi za izgradnju nekog objekta. Građevine i građevne konstrukcije koje su izrađene od organskih materijala, jedna su od komponenti gorućeg sustava. Zbog toga mogu biti uzrok ili posredno sredstvo širenja požara. U organske građevne materijale spadaju drvo, trska, plastika i slično. Nasuprot tome, konstrukcije od teškogorivog ili negorivog materijala, osim što nisu komponenta gorućeg sustava, mogu poslužiti i kao zaštita od požara zbog toga što sprečavaju širenje požara iz jednog dijela građevine u drugi. Tu spadaju opeka, kamen, beton, armirani beton, čelik, staklo.

### 3.1.8. Građevne sastavnice i konstrukcije

Svaka prostorija u kojoj se odvija požarno opasan tehnološki proces, trebala bi sigurnosnim razmacima biti odvojena od ostalih, kao posebna cjelina. Ukoliko to nije moguće, takav prostor se od drugih može odvojiti građevnim sastavnicama i konstrukcijama. Građevne sastavnice i konstrukcije koje služe sprečavanju širenja požara, a mogu se naći u gotovo svim gospodarskim građevinama su zidovi, stupovi, prozori, vrata, međukatne konstrukcije i krovovi.

### 3.2. Tehničko-tehnološke mjere zaštite od požara

Pod tehničko-tehnološke mjere zaštite od požara u prvom redu spada osposobljenost radnika i poznavanje tehnološkog procesa. Uz osposobljenost radnika, vrlo je važno osigurati uređaje, instalacije i sustave za rano otkrivanje, dojavu, sprečavanje i gašenje požara – sustavi za dojavu požara (vatrodojavni sustavi), stabilni sustavi za gašenje požara, hidrantska mreža, detektori plina ili eksplozivne atmosfere, električne instalacije u sigurnosnoj izvedbi, sustavi za zaštitu od statičkog elektriciteta). Odabir sustava ovisi o samom procesu – sudjeluju li u procesu zapaljive, samozapaljive ili eksplozivne tvari, koliko je požarno opterećenje (količina i nagomilanost zapaljive robe), postoji li mogućnost stvaranja statičkog elektriciteta, radi li se u uvjetima povišenog tlaka i temperature, osobine strojeva i aparata koji se koriste pri radu (materijali i konstrukcije, armature, način vođenja i nadzora procesa, raspored uređaja u sustavu, hermetizacija, ugrožava li pogonski uređaj susjedne uređaje i procese). [1]

### 3.3. Organizacijske mjere zaštite od požara

Organizacijske mjere obuhvaćaju postupke organizacijske prirode kojima se poduzimaju mjere za otklanjanje uzroka požara, sprečavanje nastanka i širenja požara. U te se postupke ubrajaju provedba obrazovanja radnika za rad na specifičnom mjestu u gospodarstvu, osposobljavanje radnika za gašenje početnih požara, opremanje radnih prostora opremom za gašenje požara, organiziranje vatrogasnih postrojbi sastavljenih od radnika, označavanje

požarnih puteva, kontinuirani nadzor nad sustavima za otkrivanje i gašenje požara, izricanje zabrane pušenja ili izazivanja otvorenog plamena na određenim prostorima, suradnja s drugim tijelima izvan gospodarstva, a u svrhu zaštite od požara. [1]

### 3.4. Normativne mjere zaštite od požara

Normativne mjere zaštite od požara su one propisane pravilnicima koji reguliraju tijek postupaka pri radu ovisno o grani gospodarstva, određenom tehnološkom procesu te službama i djelatnostima uključenim u rad. Primjerice, Zakon o zaštiti od požara propisuje mnoge općenite normativne mjere. [1]

## 4. POPIS ZAKONA I PROPISA

Popis važećih propisa zaštite od požara gospodarskih objekata:

- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
- Pravilnik o planu zaštite od požara (NN 51/12)
- Pravilnik o zahvatima u prostoru u postupcima donošenja procjene utjecaja zahvata na okoliš i utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša u kojima Ministarstvo unutarnjih poslova, odnosno nadležna policijska uprava ne sudjeluje u dijelu koji se odnosi na zaštitu od požara (NN 88/11)
- Pravilnik o sadržaju općeg akta iz područja zaštite od požara (NN 116/11)
- Pravilnik o sadržaju elaborata zaštite od požara (NN 51/12)
- Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe (NN 35/94, 55/94-ispravak, 142/03)
- Pravilnik o zaštiti od požara u skladištima (NN 93/08)
- Pravilnik o temeljnim zahtjevima za zaštitu od požara elektroenergetskih postrojenja i uređaja (NN 146/05)
- Pravilnik o vatrogasnim aparatima (NN 101/11)
- Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/06)
- Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN 44/12)
- Pravilnik o provjeri tehničkih rješenja iz zaštite od požara predviđenih u glavnom projektu (NN 88/11)
- Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja (NN 141/11)
- Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13, 87/15).



## 5. SILOSNO POSTROJENJE I TEHNOLOGIJA OBRADE ŽITARICA

Silos je riječ grčkog podrijetla (siros) što u prijevodu znači "jama za držanje žita". To je građevina za pohranu rasutih materijala. Silosi se najčešće koriste za skladištenje žitarica, ugljena, piljevine, drvenih peleta, cementa i sličnih rasutih tvari. U poljoprivredi se silosi koriste za skladištenje žitarica.

### 5.1. Silosna postrojenja

Silosna postrojenja je naziv za postrojenja koja se u poljoprivredi koriste za prijam, predčišćenje, sušenje i skladištenje poljoprivrednih proizvoda, u ovom slučaju žitarica. Glavna namjena silosnih postrojenja jest zrnje, koje je na oranici ubrano vlažno i onečišćeno, doraditi u kvalitetnu sirovinu. Kako bi ta sirovina postala standardni prehrambeni proizvod, potrebno je pri obrad poštivati propisane kriterije. [5]

Silosno postrojenje mora sadržavati određene objekte, tj. uređaje, koji u tehnološkom procesu idu redom:

- uređaj za prijam zrna iz vozila
- predčistač za uklanjanje oraničnih primjesa
- spremnik za vlažno zrno prije odlaska u sušaru
- sušaru s opremom za punjenje i pražnjenje
- finu čistinicu koja je obvezna za veća postrojenja
- skladišni prostor za suho zrno s odgovarajućim instrumentima i opremom za punjenje i pražnjenje, kontrolu sadržaja i dopunsko propuhivanje. [5]

#### 5.1.1. Silos

Silos je spremnik koji je vrlo visok, naspram svoje (relativno male) širine. Može biti izgrađen od betona, čelika, drva ili plastike, ovisno o potrebi. Može imati ravno ili konusno dno. Stavljanjem više silosa u građevnu cjelinu, nastaje

postrojenje koje nazivamo silos, a pojedinačni spremnik tad nazivamo komorom silosa (slika 5., slika 6., slika 7.).



Sl.5. Čelični silos [6]



Sl.6. Čelični silos sa 4 komore silosa [7]



Sl.7. Betonski silos sa 42 komore silosa [8]

Prema namjeni, a ovisno o kapacitetu i trajanju skladištenja, dijele se na lučke silose, pretovarne silose, mlinske silose, poljoprivredne silose. Prema načinu gradnje, dijele se na kružne, kvadratne, poligonalne. Poligonalni silosi se još dijele na šesterokutne i osmerokutne (tablica 1.).

Tab.1. Najčešće tlocrtne dimenzije ovisno o obliku silosa [5]

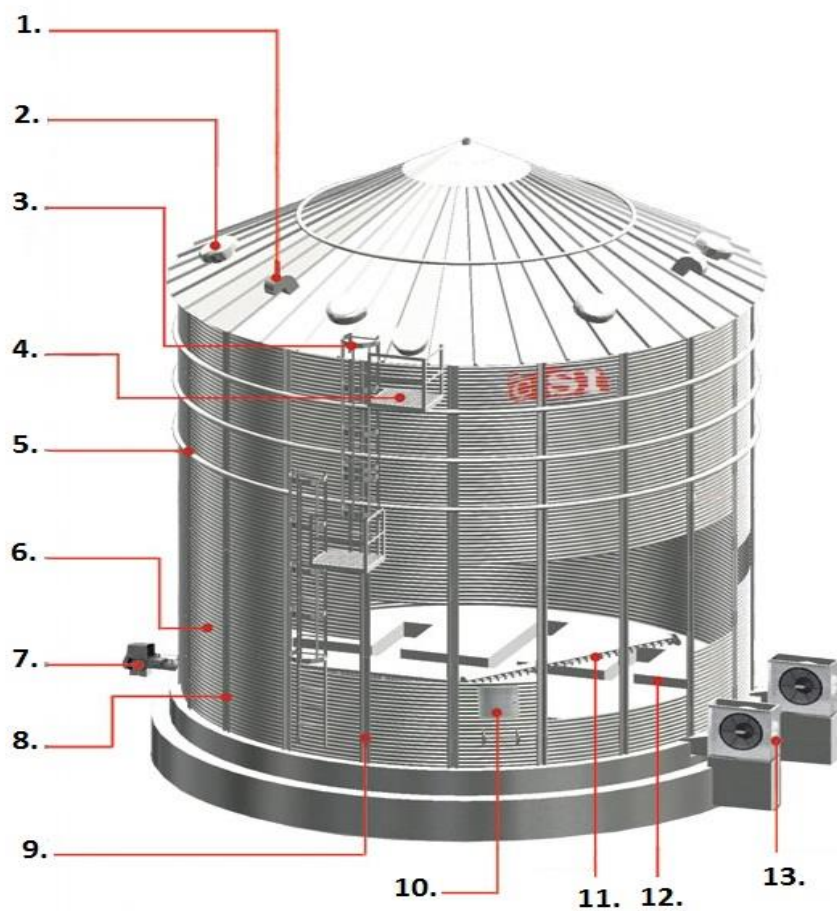
Oblik komore silosa	Tlocrtna dimenzija, $\phi$ [m]
Kružni	4 – 25
Pravokutni	4 – 5
Šesterokutni	4 – 6
Osmerokutni	4 – 8

Kapacitet silosa najčešće je zahtjevan od naručitelja, ovisno o potrebama. Trenutno najveći silos na svijetu ima zapremninu od  $44532 \text{ m}^3$  i kapacitet 35000t.

## 5.1.2. Dijelovi silosa

Na slici 8. navedeni su redom sljedeći dijelovi:

- 1. ventilacijski otvor
- 2. uređaj za kontrolu temperature
- 3. ljestve
- 4. sigurnosna platforma
- 5. sigurnosni obruč
- 6. čelična oplata
- 7. elevator za punjenje ili spiralni transporter
- 8. čelični potpornji
- 9. indikator zapunjenosti
- 10. pristupni otvor
- 11. puž za pražnjenje – lančasti ili pužni transporter
- 12. temelj silosa
- 13. ventilatori, rashladni sistem (slika 8.).



Sl.8. Silos i njegovi osnovni dijelovi [9]

Moderni silos možemo podijeliti u tri cjeline:

- galerija silosa
- tijelo silosa
- pod silosa. [10]

U galeriji silosa, koja se nalazi na vrhu silosa, smješteni su transporteri čiji je glavni zadatak ravnomjerna raspodjela žita po silosu (slika 9.).



Sl.9. Galerija silosa [10]

Tijelo silosa je dio između galerije silosa i poda silosa. Može biti kružnog, pravokutnog ili poligonalnog oblika.

Pod silosa je dio pri samom dnu, u kojem su smješteni transporter i otvori za pražnjenje silosa. Pod silosa može biti izveden kao ravan pod ili kao konus (slika 10.). [10]



Sl.10. Transportna traka u podu silosa [10]

## 5.2. Tehnološki procesi silosa

Prijenos, prerada, sušenje i skladištenje, četiri su tehnološka procesa silosa.

Kod prijena, žitarice se vozilima dovoze na preradu. Najčešće se dovoze u kamionima, kamionima s prikolicom, tegljačima ili posebnim cisternama konstruiranim za prijevoz žitarica.

U procesu prerade vrši se mjerenje mase, mjeri se količina vlage, te se iz zrnene mase uklanjaju veće strane čestice i oranične primjese (zemlja, kamenje, djelovi drugih biljaka). Nakon toga, žito se sprema u spremnik za vlažno zrno, u kome čeka daljni transport do sušare.

U sušaru se žito doprema uređajima za punjenje. Nakon postupka sušenja žita do određenog postotka vlage (ispod 16%), uređajima za pražnjenje sušare žito se prebacuje u finu čistionicu, u kojoj se iz zrnene mase izdvajaju preostale sitne strane čestice (pijesak, živi ili mrtvi žitni nametnici, sitni lom zrna, dijelovi ljuske).

Nakon sušenja, zrno se transporterima (elevatorima, spiralnim transporterima) doprema do skladišnog prostora – silosa ili komore silosa. Skladišni prostor za suho zrno je opremljen odgovarajućim instrumentima za praćenje promjena u zrnenoj masi, opremom za punjenje i pražnjenje, opremom za kontrolu sadržaja te opremom za dopunsko propuhivanje uskladištene mase. Bez obzira na vrstu i konstrukciju, svaki silos mora imati sustav za početno hlađenje, koji hladi žitarice na temperaturi od 4°C do 10°C. Pravilno očišćena, osušena i ohlađena na 10°C, zrnena masa žita može se sigurno skladištiti od 6 do 10 mjeseci, uz najbolju održivost kakvoće. Temperatura se u silosu, nakon skladištenja, održava prirodnom i prisilnom ventilacijom. Prirodna ventilacija ostvaruje se provjetravanjem kroz otvore, provjetravanjem kroz okna ili ventiliranjem preko krovnih produžetaka, dok se prisilna ventilacija ostvaruje ventilatorima.

Ukoliko se detektira pojava rasta temperature u silosu ili komori silosa, pokreće se postupak eleviranja. Eleviranje je prebacivanje uskladištene mase iz punog u prazno skladište, kako bi se dio zrnja kojem je porasla temperatura pomiješao s zdravim dijelom. Na taj način se, miješanjem, sprečava samozagrijavanje i samozapaljenje. Za potrebu eleviranja, barem jedno od skladišta mora biti prazno ili napola puno, kako bi postojao slobodan prostor za prebacivanje zrnja. Osim eleviranja iz jednog u drugo skladište, postoji i proces eleviranja posebnim elevatorom koji ima dugi puž, tako da vuče zrnje od dna skladišta prema vrhu, miješajući zrnje iz svih dijelova skladišta i izbacivajući ga na vrh uskladištene mase. [5], [10], [11]



## 6. UZROCI NASTANKA POŽARA SILOSA ZA ŽITARICE

Svaka zrnena masa u svom sastavu, osim osnovnog zrnja, sadrži i dijelove ili zrna drugih biljaka ili korova, zemlju, kamenčiće, itd. Nakon odvajanja grubljih nečistoća iz početne zrnene mase, ostaje nam masa čiji sastav je:

- zrna osnovne kulture
- različite frakcije primjesa mineralnog i organskog podrijetla
- mikroorganizmi
- zrak u međuprostoru između zrnja
- zaražena ili od različitih štetočina oštećena zrna. [1]

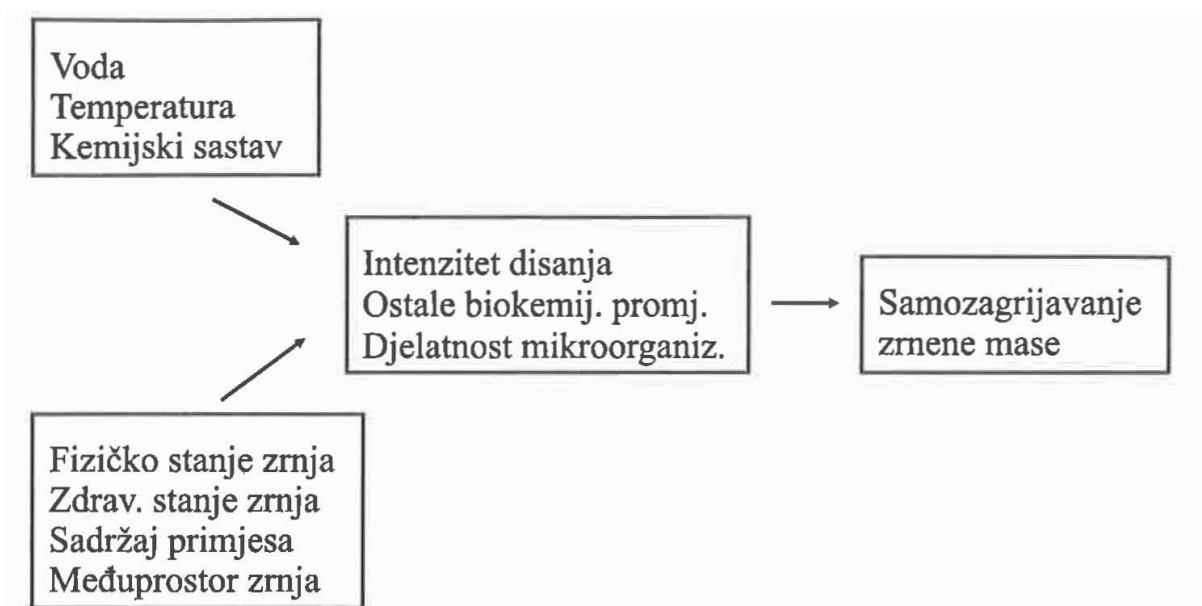
### 6.1. Disanje zrna

Dozrelo žito i sjeme žita su živi organizmi, koji „dišu“, tj. održavaju normalne životne funkcije tipične za organizam zrna žita. Važno je ovdje napomenuti da su životne funkcije zrna žita, tijekom skladištenja pod normalnim uvjetima, svedene na minimum, najmanju moguću mjeru.

Proces disanja zrna je biološki proces oksidacijskog razlaganja glukoze, što znači da je za disanje zrna prijeko potreban kisik, a uz kisik, potreban je i određeni udio vode u zrnju. Budući da se reakcija disanja odvija pod normalnim tlakom i temperaturom, u njoj sudjeluju i mnogi enzimi koji to omogućuju. Disanjem, tj. razlaganjem glukoze, oslobađaju se toplina i vlaga. To je enzimski proces koji ima svoj temperaturni maksimum – na određenoj temperaturi se proces najbrže odvija. Na višim temperaturama dolazi do smanjenja intenziteta disanja zbog toga što više temperature inaktiviraju prisutne enzime. Intenzitet disanja zrnja kod kojeg je udio vlage ispod 16% vrlo je slab, dok s povećanjem vlage raste, a optimalna temperatura za različite postotke vlažnosti je oko 50°C. Ukoliko je udio vlage u zrnju 22%, a temperatura okoline 25°C, svakih 24 sata temperatura zrnene mase će se disanjem povećati za 7°C, sadržaj vode će se povećati za 0,058%, a gubitak suhe tvari će iznositi 0,1% - prema podacima o ovisnosti intenziteta disanja o udjelu vode i temperaturi. [1]

## 6.2. Samozagrijavanje

Samozagrijavanje je proces postupnog skupljanja sve veće i veće količine topline koja nastaje uslijed egzotermnih kemijskih reakcija. Primarni uzrok samozagrijavanja jest disanje zrna. Ono s jedne strane povećava temperaturu zrnene mase, a s druge strane povećava vlažnost zrnene mase. Povećanje vlažnosti pogoduje razvitku mikroorganizama koji, uz postojeće, doprinose samozagrijavanju (slika 11.). [1], [12]



Sl.11. Utjecaj pojedinih čimbenika na proces samozagrijavanja [1]

Miroorganizmi se razvijaju tek u prisutnosti vlage, a obzirom na vlažnost sredine u kojoj se razvijaju, svrstavamo ih u tri skupine:

- kserofiti (optimalna vlažnost sredine 70 – 80 %) – plijesni
- mezofiti (optimalna vlažnost sredine 80 – 90 %) – plijesni
- hidrofiti (optimalna vlažnost sredine 90 – 100 %) – bakterije i gljivice

S obzirom na temperaturu sredine u kojoj se razvijaju, svrstavamo ih također u tri skupine:

- termofili

- mezofili
- psihrofili.

Temperaturni raspon djelovanja mikroorganizama vrlo je širok, od  $-8^{\circ}\text{C}$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ , dok je raspon optimalnih temperatura od  $10^{\circ}\text{C}$  do  $60^{\circ}\text{C}$ . Na razvoj mikroorganizama utjeće i fizičko stanje zrna. Oljušteno, naprslo i mehanički oštećeno zrno podložnije je razvoju mikroorganizama. [1]

### 6.2.1. Razdoblja samozagrijavanja

Početno razdoblje – temperatura vlažne zrnene mase je između  $24^{\circ}\text{C}$  i  $30^{\circ}\text{C}$ . Javlja se slab zagušljiv miris, boja žitarica se ne mijenja. Posljedice samozagrijavanja mogu se odstraniti ventiliranjem.

Drugo razdoblje – temperatura vlažne zrnene mase je između  $34^{\circ}\text{C}$  i  $38^{\circ}\text{C}$ . Žitaice postaju sve vlažnije, a zrnje počinje tamniti.

Treće razdoblje – temperatura vlažne zrnene mase je od  $38^{\circ}\text{C}$  do  $50^{\circ}\text{C}$ , pa i više. Žitarice pocrne, a zrnje omekša. U ovom razdoblju se temperatura povećava najbrže i ako ne postoji način odvođenja topline, dolazi do samozapaljenja.

### 6.2.2. Oblici samozagrijavanja

Postoje tri oblika samozagrijavanja uskladištene zrnene mase.

#### 1) Lokalno samozagrijavanje

Nastaje u uvjetima skladištenja kod nehomogene raspodjele vode po čitavoj zrnenoj masi. Ako u silos (skladište) dospije određena količina žita s povećanim udjelom vode i koncentrira se u određenom prostoru, tad ona postaje jezgra samozagrijavanja. Zbog slabe vodljivosti topline i vlage, samozagrijavanje je lokalizirano i ne širi se naglo. Tek ako se u takvom stanju žito zapusti, uz djelovanje žitnih nametnika, jezgra postaje opasna za čitavu zrnenu masu. Ukoliko se primjeti da je došlo do lokalnog samozagrijavanja, potrebno je započeti eleviranje, kako bi se zdravo zrnje pomiješalo s

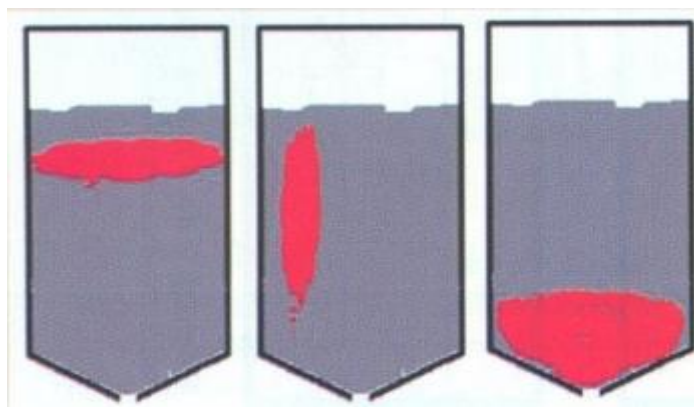
pokvarenim. Na taj način je moguće zaustaviti lokalno samozagrijavanje (slika 12.). [1], [10]



Sl.12. Shema lokalnog samozagrijavanja [10]

## 2) Samozagrijavanje po slojevima

Nastaje kao posljedica izolacijskih svojstava materijala od kojeg je izgrađen silos ili kao posljedica pogrešno odabranog vremena za djelatnu ventilaciju. Samozagrijavanje po slojevima može biti okomito ili vodoravno, pri vrhu ili pri dnu, ovisno o uzroku samozagrijavanja i samoj građevini. Primjerice, ukoliko se toplija zrnena masa sipa na hladno dno silosa, ona se hladi uz povećanje vlažnosti. Tu, zbog prije objašnjenih procesa, nastaje samozagrijavanje. Taj oblik samozagrijavanja je vrlo opasan zbog toga što se zagrijani i vlažni zrak diže i probija u gornje slojeve, pokrećući proces samozagrijavanja i u gornjim slojevima (slika 13.). [1], [10]



Sl.13. Shema samozagrijavanja po slojevima [10]

### 3) Samozagrijavanje cijele mase žitarica

Nastaje kao posljedica povećane vlažnosti cjelokupne uskladištene zrnene mase. [1]

## 6.3. Samozapaljenje

Samozapaljenje je pojava kod koje se neka tvar (u ovom slučaju, žito) zapali bez prisutnosti iskre ili otvorenog plamena. Temperatura samozapaljenja žita je najniža temperatura koja je potrebna da započne samoodrživo izgaranje žita. Također, povećanje temperature uzrokuje naglo povećanje egzotermnih reakcija, što dovodi do pojave tinjanja, plamena ili žara.

Samozapaljenje nastaje uslijed samozagrijavanja. Žito će se zapaliti procesom samozapaljenja tako što mu uslijed samozagrijavanja raste temperatura, a ne postoji odvod temperature u okolinu. Temperatura se u tom slučaju zadržava i skuplja oko žarišta. Tinjanje se širi sitnim prostorima između zrnja, te se time povećava žarište. Ukoliko se žarište proširi do površine uskladištene mase, pojavljuje se plamen. Općenito, kako bi došlo do požara tvari ili mase tvari koja je izložena samozagrijavanju, moraju biti ispunjeni određeni uvjeti:

- tvar ili masa tvari mora biti organskog podrijetla
- samozagrijavanje mora biti toliko jako da potakne samoubrzavajuće samozagrijavanje (toplinski bijeg)
- toplinski bijeg mora uzrokovati tinjanje u žarištu uskladištene mase
- tinjajuće izgaranje mora se probiti do vanjske površine mase, tj. do izvora kisika. [10], [12], [13]

## 6.4. Zapaljenje i eksplozija prašine

Još jedna velika opasnost od nastanka požara silosa za žitarice jest zapaljenje prašine žitarica. Kod manipulacije zrenom masom i kroz tehnološke

procesu silosa, pojavljuje se velika količina prašine, pogotovo u podrumskim skladištima. Ta prašina se može nakupljati na konstrukciji silosa, a u nekom dijelu tehnološkog procesa (punjenje, pražnjenje, transport) može biti uskovitlana u zraku u obliku oblaka. Uskovitlana prašina (oblak) će se zapaliti i eksplodirati puno prije nego nataložena prašina. Obzirom da je prašina sastavljena od vrlo sitnih čestica, oblak ima vrlo malu masu, a veliku reakcijsku površinu. Prašina koja je nataložena se prvo mora zapaliti kako bi se izgaranjem dio uskovitlao. Moguće je da se kovitlanje dogodi i uslijed atmosferskih promjena (vjetra) ili strujanjem zraka uslijed tehnoloških procesa. Mogući izvori energije paljenja prašine su:

- samozagrijavanje i samozapaljenje
- pregrijani ležajevi
- rasvjetna tijela
- pregrijani oklopi elektromotora ili ostalih električnih uređaja
- statički elektricitet
- iskrenje
- otvoreni plamen (tablica 2.). [1], [10]

Tab.2. Temperature samozapaljenja nekih vrsta žitne prašine [5]

Vrsta prašine	Temperatura samozapaljenja	
	Oblaka prašine [°C]	Sloja prašine [°C]
Kukuruz	400	250
Pšenica, zob	430	230
Sjemenje trave	490	180
Riža	440	220
Pšenica netretirana	500	220
Kukuruzni škrob	380	330

## 6.5. Ostali mogući uzroci nastanka požara i eksplozija

Silos koji nisu izgrađeni u novije vrijeme, a još postoje i u upotrebi su, opasni su u pogledu zaštite od požara zbog načina gradnje. Nekada su se silosi gradili dijelom od opeke, a dijelom od drva. Zbog prisutnosti drva kao mogućeg izvora nastanka ili širenja požara, ti silosi spadaju u rizičnu skupinu.

Osim što su građeni od opeke i drva, mnogi stari silosi nemaju izvedenu gromobransku instalaciju u skladu s tehničkim propisima, a obzirom na visinu samog silosa, vrlo su pogodni kao mjesto udara groma.

Suhoća zrnene mase veoma utječe na mogućnost stvaranja požara – dovezena i uskladištena zrnena masa ne smije sadržavati postotak vode veći od dopuštenog.

Moguća opasnost nastanka požara jesu neispravni termometri za mjerenje temperature zrnene mase. Ukoliko termometri nisu ispravni, nije moguće pravovremeno utvrditi povećanje temperature zrnene mase u određenom dijelu silosa, što dovodi do samozapaljenja uskladištene mase.

Neispravni rad elevatora potencijalna je opasnost za nastanak požara.

Neispravnost bilo kojeg dijela električne instalacije također je opasnost od nastanka požara. Neke od mogućih opasnosti zbog neispravnosti dijelova električne instalacije:

- zagrijavanje elektromotora (zbog nakupljanja prašine na ventilacijskim otvorima motora ili zbog nedovoljne prozračnosti sklopa u kome je motor)
- iskrenje četkica elektromotora
- nedovoljno ili neredovito podmazivanje ležajeva (što dovodi do zagrijavanja istih)
- taloženje prašine na elektromotorima ili rasvjetnim tijelima
- neuzemljeni elektromotor (ili više njih)
- neispravni osigurači

- neispravni, zastarjeli, nepravilno postavljeni ili nepravilno dimenzionirani kabeli
- neispravne razvodne sklopke i ostali sklopovi kojima se upravlja radom određenog dijela silosa ili silosa kao cjeline.

Neispravno i nestručno rukovanje opremom također je velika opasnost za nastanak požara. Tu treba spomenuti redovito održavanje uređaja i opreme, osposobljavanje zaposlenog osoblja za rad s novim ili nepoznatim dijelovima silosa, te održavanje dostatne pozornosti zaposlenog osoblja. Nastanak požara ili eksplozija uvijek su posljedica neprovedenih mjera zaštite od požara, neovisno o tome jesu li nastali propusti u tehničkim, organizacijskim, normativnim ili drugim mjerama zaštite. [1], [13]

## 6.6. Mjere zaštite od požara silosa za žitarice

Tehničko-tehnološke mjere:

- motorni pogoni silosa moraju imati termičku zaštitu
- lančasti transporteri moraju imati kontrolu zapunjenosti i zaštitu za isključenje u slučaju pucanja lanca
- elevatori moraju imati zaštitu za isključenje u slučaju preopterećenja ili pucanja trake
- sve komore silosa moraju imati senzore temperature
- sjeme prije skladištenja mora biti osušeno, postotak vlage smije biti između 15,5% i 17,5%
- nužno je spriječiti vlaženje zrna uslijed neispravne građevinske konstrukcije silosa ili loše termoizolacije i hidroizlacije
- ne skladištiti sjeme nejednake vlažnosti u istu komoru silosa
- ne skladištiti toplo sjeme u hladne komore silosa
- ne ventilirati sjeme zrakom visoke vlažnosti.

Električnim uređajima koji služe upravljanju procesima u silosu i komandnim pločama za nadzor silosnog postrojenja smiju upravljati samo stručno osposobljene osobe koje su ujedno i odgovorne za taj posao. Također,



uređaji i komandne ploče redovito se moraju kontrolirati i držati ispravni. Prostor oko uređaja za upravljanje ili komandnih ploča ne smije se ni u kom slučaju zakrčivati (npr. kutijama, nepotrebnim stolicama, stolovima ili ormarima), kako se ne bi ometalo upravljanje i nadzor. U slučaju uočenih nedostataka, osoblje zaduženo za rad na električnim uređajima mora pravodobno intervenirati. Osim osoblja koje s njima radi, kontinuirani nadzor nad električnim uređajima, instalacijama i cjelokupnom postrojenju mora organizirati i provoditi služba održavanja, vodeći računa da ne dođe do požara.

Za vrijeme rada cijelog postrojenja ili samo jednog njegovog dijela svi radnici moraju biti na određenim mjestima, kako bi cjelokupno postrojenje bilo stalno pod nadzorom. To omogućuje normalan i nesmetan rad postrojenja. Sprečava se mogućnost dugotrajnog zastoja elevatora i prijenosnika, zbog čega može doći do klizanja remenja na elektromotorima – klizanjem remenja povećava se trenje, čime se povećava i temperatura, a to može dovesti do zapaljenja.

Tijekom punjenja silosa važno je, između ostalog, voditi brigu i o protočnosti i ispravnosti transportnih cijevi kako žito nebi zastajalo ili se prosipalo po elektromotorima i prijenosnom remenju. Moguć je zastoj prijenosa, zastoj automatske vage ili elevatora, što u krajnjoj liniji može dovesti do nastanka požara zbog preopterećenja elektrouređaja ili elektroinstalacija.

Na usipnom košu mora biti ugrađena rešetka ili žičana mreža koja služi sprečavanju upadanja većih predmeta u silosno postrojenje. Eventualno upadanje većih predmeta moglo bi uzrokovati kvar na prijenosniku, elevatoru ili postrojenju za čišćenje zrnene mase. Zabranjeno je pušenje u blizini usipnog koša. Otvor usipnog koša treba imati i metalni poklopac, kako bi se koš po završenom radu zatvorio.

Stroj za grubo čišćenje treba redovito održavati čistim i tehnički ispravnim, te sa njega uklanjati suvišne predmete poput krpa, dijelova vreća, papira, metalnih dijelova, kamenja. Ukoliko se sa stroja konstantno ne uklanjaju

suvišni predmeti, javlja se mogućnost upadanja nekih od tih predmeta u silosno postrojenje, gdje bi mogli izazvati trenje, iskrenje i u konačnici izbijanje požara.

Gromobranska instalacija mora biti izvedena u skladu s tehničkim zahtjevima, te ju je potrebno redovito nadzirati, kako bi se otklonili eventualni nedostaci.

Podrumski prostor ispod silosa, tavanski i stubišni prostor treba stalno biti prazan i čist. Svakodnevno treba čistiti postrojenje i prostorije od prašine i otpadnog zrnja, kako bi se spriječio nastanak eksplozije prašine. Sakupljači prašine moraju biti izrađeni od negorivih materijala i smješteni izvan cjeline silosa. [1], [13]

## 7. TAKTIKA GAŠENJA POŽARA SILOSA ZA ŽITARICE

### 7.1. Općenito o gašenju požara silosa za žitarice

Odabir taktike za gašenje požara silosa ili komore silosa u kojoj su uskladištene žitarice ovisi o mjestu nastanka požara, konstrukciji silosa, količini uskladištene mase, okolnim objektima, te dostupnoj opremi i sredstvima za gašenje u krugu silosa. Ispred gašenja, prednost imaju evakuacija i spašavanje ljudi u krugu silosa zahvaćenog požarom. Važno je napomenuti da je sama taktika gašenja požara silosa ili komore silosa uglavnom slična za sve slučajeve.

Požar u silosu moguće je ugasiti nakon izbacivanja uskladištene mase koja nije zahvaćena požarom. To uvjetuje težnja da se od zapaljenja spasi što veća količina neopožarenog žita. Nakon izbacivanja nezapaljenog žita, zapaljena masa koja ostane u silosu gasi se unutar samog silosa. Pripremanje i omogućavanje izbacivanja, kao i sam proces izbacivanja nezapaljene mase, dugotrajan je i opasan posao.

Ukoliko je požar nastao samozapaljenjem, u silosu postoje krute nakupine izgorjele žitne mase. Te nakupine mogu biti različitih oblika i veličina, a mogu biti i po cijeloj površini dijela silosa u kome su nastale, formirajući tzv. most. Vatrogasci pristupaju otvaranju otvora za izbacivanje zrnene mase, ukoliko je to moguće. Ako nije, potrebno je izrezati otvor kroz koji će se izbaciti zrnena masa – vatrogasci specijalnim alatima na silosu prave otvore za izbacivanje. Manje krute nakupine izgorjelog žita mogu ometati izbacivanje žita zastojima na otvoru, dok most potpuno zaustavlja dio žita, i to onaj dio iznad njega, koji gori. Drugi scenarij, potpuno zaustavljanje dijela žitne mase, vrlo je opasan. Nakon što se isprazni dio ispod mosta, postoji mogućnost da isti popusti i propadne zajedno s žitom koje zadržava iznad sebe. Pad takve cjeline na dno silosa može razbiti silos ukoliko je dno konusno, oštetiti silos ukoliko je dno ravno, te u oba slučaja proizvesti veliki oblak prašine koji može vrlo lako

eksplozirati, obzirom na to da padom i rasprskavanjem užarene mase postoji izvor paljenja oblaka.

Oblak prašine može nastati i kod samog izbacivanja žita. Da se prašina ne bi podigla, iznad otvora kroz koji se ispušta zrnje, prska se raspršenim mlazom vode ili vodenom maglom. Na taj način, voda skuplja čestice prašine te ih uklanja iz zraka. Prskanje mora trajati od početka do kraja ispuštanja zrnja, te mora biti intenzivno. Čak i mali oblak, ako eksplodira, može omesti vatrogasce u akciji gašenja, što može biti pogubno.

Nakon što je izbacivanje žita dovršeno, pristupa se gašenju žarišta požara i ostatka žita koje gori. Vodenim mlazom je potrebno razbiti i usitniti prije spomenute krute nakupine izgorjelog žita. Najefikasniji mlaz za gašenje požara žita jest vodena magla, no u najvećoj mjeri se, zbog manjka armature i tehnike za proizvodnju vodene magle, koristi raspršeni mlaz. Puni mlaz koristi se kod razbijanja krutih dijelova ili mostova koje čine krutine.

Slijedeći problem koji se javlja kod gašenja jest mogućnost uništavanja jednog dijela konstrukcije silosa ili čak cijelog silosa. Obzirom da temperatura unutar silosa može narasti i do 900°C, to uzrokuje promjene u samom materijalu od kojeg je silos izgrađen. Kako bi se pristupilo ispuštanju žita iz silosa, potrebno je ugasiti plamteći dio požara, koji je najčešće nastao na vrhu silosa, uslijed plamenog probijanja ili uništenja krovnog dijela silosa. Djelovanjem vode na materijal i naglim hlađenjem, može doći do temperaturnog šoka materijala i pucanja istog. To može biti opasno za silos i za osoblje intervencije, tj. vatrogasce. Druga opasnost jest močenje uskladištenog žita koje je u požaru, zbog toga što voda povećava masu žita, čime se povećava i opterećenje cijelog silosa.

Transportne trake na dnu silosa izrađene su najčešće od sintetike ili gume, pa je moguće da se zapale pod utjecajem požara. Ukoliko dođe do njihovog zapaljenja, pojavljuju se otrovni plinovi, koji mogu biti pogubni za osoblje intervencije. Također, samim gorenjem žitarica nastaje opasna, čak i otrovna atmosfera unutar i okolo silosa. To uvjetuje obavezno korištenje

izolacijskih aparata prilikom intervencije. Zbog same složenosti požara silosa za žitarice, akcija gašenja može potrajati i nekoliko dana, te iziskuje puno tehnike i ljudstva. [1], [10], [13]

## 7.2. Taktika gašenja eventualnog požara na odabranom silosu

Slijedeći tekst pisan je pod pretpostavkom da je komora silosa, označena na fotografijama, u požaru.

Scenarij požara: buknuo je požar u komori silosa u kojoj je uskladištena pšenica. Nakon rasplamsavanja požara pri vrhu u unutrašnjosti komore, propala je krovna konstrukcija komore, što je omogućilo izlazak plamena iz iste, te ugrožavanje okolnih komora silosa. Vremenski uvjeti u trenutku nastanka požara: sunčano i vruće, bez vjetra (slika 14.).



Sl.14. Komora silosa na kojoj je izbio požar [14]

Slika 14. fotografirana je na samom kraju farme, u dijelu u kome je smješteno silosno postrojenje. Tu se vidi da su, izbijanjem požara na

označenoj komori silosa, ugrožene susjedne komore, te gospodarski objekt ispred komore. Vozila kraj komore silosa u trenutku izbijanja požara nije bilo. Osim plamena, iz komore silosa se razvija gusti crni dim.

Obzirom na uočeno stanje, i činjenicu da je atmosfera oko komore kontaminirana opasnim i otrovnim produktima gorenja, vrlo je važno da osoblje intervencije bude u potpunosti zaštićeno. To znači, da vatrogasci, osim odijela, čizmi, kacige, opasača i rukavica, moraju na sebi imati i potkapu i izolacijski aparat. Samo tako opremljeni vatrogasac smije pristupiti gašenju ovog požara (slika 15.).



Sl.15. Pravilno opremljeni vatrogasac [15]

Uz nabrojenu osobnu zaštitnu opremu, poželjno je da vatrogasac kod sebe ima termo-kameru, kako bi mogao ustanoviti u kom dijelu komore silosa je žarište požara, tj. najviša temperatura (slika 16.).



Sl.16. Termo-kamera za vatrogasce [16]

Uz termo-kameru, preporučuje se imati i eksplozimetar (uređaj za mjerenje eksplozivnosti atmosfere i detekciju zapaljivih i eksplozivnih plinova u zraku), te detektor raznih opasnih plinova, konstruiran posebno za vatrogasce. Tu dodatnu opremu nosi jedan ili dvojica vatrogasaca, koji kontroliraju uvijete atmosfere te o tome obavještavaju ostale vatrogasce i sudionike intervencije (slika 17., slika 18.).



Sl.17. Eksplozimetar [17]



Sl.18. Detektor raznih opasnih plinova [18]

Pravilno opremljeni vatrogasci pristupaju gašenju požara po određenom redosljedu. Prva na redu je akcija evakuacije i spašavanja. U ovom slučaju, sve osobe koje su se zatekle u krugu silosa (zaposlenici), napustile su krug silosa, tako da nema potrebe za evakuacijom ili spašavanjem. Nakon provjere postoji li potreba za evakuacijom i spašavanjem, zapovjednik naređuje zatvaranje postojećih plinskih vodova na glavnom ventilu, kao i isključenje struje na glasnoj sklopki.

Prije početka akcije gašenja, dolaskom na mjesto intervencije, vrlo je važno dobro rasporediti vozila i ljudske snage. U ovom slučaju, na intervenciju stižu 3 vozila JVP-a, navalno vozilo s 6 vatrogasaca, autocisterna s 2 vatrogasca, autoljestve s 2 vatrogasca, te jedno vozilo DVD-a, autocisterna s 4 vatrogasca. Raspored vozila prikazan je na slici 19.





Sl.19. Raspored vatrogasnih vozila [14]

Objašnjenje slike 19.: Crveni krug je komora silosa u kojoj je izbio požar, dok je plavi krug položaj hidranta. Broj 1 je navalno vozilo, broj 2 je autocisterna, broj 3 su autoljestve, broj 4 je autocisterna (DVD). Vozila 1, 2 i 3 su u blizini požara, dok vozilo broj 4 vrši relejnu dobavu vode vozilu broj 2. Udaljenost između vozila 4 i 2 je oko 60 metara.

Nakon raspoređivanja vozila, dio vatrogasaca se priprema za gašenje, a dio povlači vodene pruge za opskrbu vozila vodom iz hidranta. Započinje prva faza gašenja požara, gašenje vršnog požara unutar komore silosa. Vatrogasci na tlu razvlače vodene pruge te započinju hlađenje okolnih komora silosa. Hlađenje okolnih objekata obavlja se direktnim polijevanjem raspršenim mlazovima ili punim mlazovima u „cik-cak“ liniji. Hlađenje bi se moglo obavljati i pomoću vatrogasne armature tzv. 'vodeni štit', no ta armatura troši velike količine vode, što u ovom slučaju, obzirom da u krugu silosa postoji samo jedan hidrant kao izvor vode, nije poželjno. Slika prikazuje komoru u kojoj je nastao

požar (unutar crvenog kruga) i okolne komore koje je potrebno ohladiti (slika 20.).



Sl.20. Prikaz objekata okolo komore zahvaćene požarom [14]

Vatrogasac na krovu autocisterne broj 2 i vatrogasna grupa iz košare autoljestve gase požar pri vrhu komore silosa i natapaju dio zapaljene mase. Vatrogasac na krovu autocisterne koristi puni mlaz praveći njime 'cik-cak' ili 'Z' liniju. Vatrogasna grupa u košari autoljestve, zbog mogućnosti bližeg prilaska požaru, gasi požar pri vrhu komore koristeći raspršeni mlaz. Djelovanje vatrogasaca je uspješno. Nakon nekog vremena, ugašen je vršni požar.

Termo-kamerom je zabilježeno da je žarište požara u gornjem dijelu komore. Taj podatak govori da je požar vjerojatno nastao samozapaljenjem. Obzirom da je žarište u gornjem dijelu komore, pretpostavlja se da je samozapaljenje krenulo iznad polovice komore, te da ispod trenutnog žarišta postoji već ugašeni dio žita, kao posljedica dugotrajnog procesa samozapaljenja. Također, javlja se i pretpostavka da se iznad polovice komore silosa nalaze kruti dijelovi ili čak most, kao posljedica nepotpunog izgaranja. Obzirom na sve navedeno i činjenicu da požar nije u potpunosti ugašen, da je

ugašen samo pri vrhu, slijedeći korak jest ispuštanje pšenice iz silosa. Položaj žarišta u komori silosa prikazan je kao crna elipsa s crvenim rubom (slika 21.).



Sl.21. Položaj žarišta požara u komori silosa [14]

Potrebno je iz komore silosa izbacivanjem spasiti pšenicu koja se nalazi ispod žarišta, zbog toga što je sva pšenica iznad žarišta zahvaćena požarom, do samog vrha. Za izbacivanje pšenice koriste se postojeći otvori na dnu silosa, nema potrebe za pravljnjem novih. Izbacivanje se obavlja mehanički, ručnim otvaranjem otvora i ispuštanjem pšenice iz silosa. U ovom slučaju, dio pšenice bi se mogao pužem za pražnjenje prebaciti u susjedni silos, no tim postupkom bi se mogao prebaciti i dio užarene mase. Uz to, u početku akcije gašenja su obustavljeni svi tehnološki procesi silosa, zbog isključenja struje u cijelom pogonu. Otvor za pražnjenje nalazi se sa stražnje strane komore silosa, okrenut prema ogradi cijelog postrojenja. Prostor između ograde i komore silosa dovoljno je velik za ispuštanje cijele mase pšenice, što se vidi na slici 22.



Sl.22. Prostor između komore silosa i ograde [14]

Prije otvaranja otvora za izbacivanje, dio vatrogasaca koji su hladili susjedne komore, prebačen je na prskanje prostora iznad otvora, te su prskanjem započeli prije no što je pšenica počela ispadati. Prskanje se obavlja kako bi se "pohvatala" prašina koja nastaje ispadanjem pšenice, te se time spriječila pojava oblaka prašine, koji je eksplozivno opasan. Kada je krenulo ispadanje pšenice, uočeno je da je pšenica suha, te da se stvaraju velike količine prašine. To znači da se voda, koja je ubačena u komoru silosa kako bi se ugasio vršni požar, nije probila do donjih dijelova pšenice. Nadalje, to nameće zaključak da na sredini komore postoji most krutine. Most na sredini komore opasan je zbog toga što iznad sebe zadržava veliku količinu zapaljene pšenice, natopljene vodom. Sva ta masa opterećuje komoru silosa koja je oslabljena djelovanjem visokih temperatura uslijed izgaranja, a moguće i dodatno oslabljena uslijed temperaturnog šoka, tj. uslijed naglog polijevanja vruće oplata komore hladnom vodom. Uz dodatno opterećenje i mogućnost urušavanja ili prevrtanja silosa, moguće je i popuštanje mosta, te pad cijele te mase na dno komore silosa, što bi moglo oštetiti ili uništiti dno. Slika prikazuje pretpostavljenu pozicija mosta krutine (slika 23.).





Sl.23. Most krutine ispod žarišta požara [14]

Izbačena je sva količina pšenice koja nije zahvaćena požarom i spriječeno je nastajanje oblaka prašine. Naknadno je kroz otvor u donji dio komore silosa ubačena određena količina vode, koja je isprala stijenke i dno komore, te tako pokupila preostalo žito i čestice prašine koje bi mogle stvoriti eksplozivnu atmosferu.

Termo-kamerom se ponovno pregledava komora silosa i utvrđuje se da je žarište na istom mjestu kao i prije. Vatrogasna grupa u košari autoljestve obavještava zapovijednika da je pšenica pri vrhu komore u istoj razini kao i nakon gašenja vršnog požara, te da postoji samo unutanje izgaranje, bez naznaka mogućnosti ponovnog rasplamsavanja. Koristeći reflektor u "ex-izvedbi", vatrogasac provjerava unutrašnjost komore. Pregledom utvrđuje istinitost pretpostavke o mostu krutine u gornjem dijelu komore silosa. Sljedeći postupak koji je nužno poduzeti u ovom slučaju jest ispuštanje tj. izbacivanje izgorjele pšenice koja se nalazi iznad mosta. Taj postupak uključuje pravljenje otvora za izbacivanje i to iznad razine žarišta. Zapovijednik odlučuje da će se napraviti kružni otvor promjera oko jedan metar. Vatrogasna grupa opremljena izolacijskim aparatima, sjekirama, škarama za rezanje lima, i vodenom 'C'

prugom, diže se u košari autoljestve na visinu na kojoj je odlučeno da će napraviti otvor. Obzirom da nije bilo moguće hidrauličnim alatima izraditi otvor na toj visini, zbog prekratkih cijevi alata i mnogih opasnosti koje se javljaju korištenjem hidrauličnih alata, vatrogasci sjekirama nasilno prave otvor. Crni krug iznad žarišta na slici prikazuje položaj napravljenog otvora (slika 24.).



Sl.24. Položaj otvora za ispust opožarene pšenice [14]

Nakon što je napravljen otvor za izbacivanje opožarene pšenice, dio pšenice je odmah ispao u obliku pougljenjenog zrnja, dok je dio ispao u obliku krutina. Svu masu koja je ispala, odmah po ispadanju, vodom natapaju dvije vatrogasne grupe na tlu, i to raspršenim mlazom. Preostali dio mase je vatrogasna grupa iz košare autoljestvi, kroz krovni dio komore, počela gasiti i razbijati punim mlazom. Kako je ubačena voda razbijala krute dijelove, tako su oni zajedno s vodom izlazili kroz prisilno napravljeni otvor. Nakon što je ispala većina pougljenjenog zrnja i krutina, vatrogasci su punim mlazom pokušali razbiti most. To im nije uspjelo zbog debljine i čvrstoće samog mosta.

U pomoć je pozvano malo navalno vozilo s ugrađenim visokotlačnim sklopom, jer se takve nakupine (mostovi) najlakše razbijaju mlazom vode pod

visokim pritiskom (iznad 100 bara). Visokotlačni sklop spomenutog vozila sastoji se od visokotlačne dvoradne klipne pumpe, spremnika za vodu od 300 litara, spremnika pjenila 25 litara, te visokotlačne cijevi duljine 60m. Cijeli sklop prikazan je na slici (slika 25.).



Sl.25. Visokotlačni sklop malog navalnog vozila [14]

Djelujući s vrha prema dnu komore, presiječen je most debljine 80-ak cm, te je isti pao na dno komore silosa bez ikakvih većih posljedica za silos ili vatrogasce. Nakon toga, sva pougljenjena masa razgrnuta je i još jednom natopljena, kako bi se spriječilo eventualno ponovno aktiviranje požara.

Nakon uspješno obavljene akcije gašenja, bez ljudskih žrtava i većih materijalnih šteta po komoru silosa, jedina velika nastala šteta jest ona nastala izgaranjem određene količine uskladištene pšenice.

### 7.3. Gašenje požara sustavom "CCS Cobra"

Sustav "CCS Cobra" (Cold Cutting System – sustav hladnog rezanja) je sustav za gašenje, koji omogućuje gašenje požara nastalog u nekom zatvorenom prostoru, bez ulaska u taj prostor.

Sustav radi pomoću hidraulične vodene pumpe, koju pogoni motor s unutarnjim izgaranjem ili elektromotor. Pumpa proizvodi pritisak do 300 bara uz protok vode od 50l/min. Gubitak pritiska na 100m cijevi iznosi otprilike 50 bara. "CCS Cobra" bez problema probija različite materijale, opeku, betonske zidove, krovove, čelične zidove, drvo, slojeve nasipa, pa čak i sigurnosna vrata (slika 26.).



Sl.26. Mlaznica "Cobra" sustava [20]

Cobra sustav na izlazu koristi pritisak vode od otprilike 250 bara za probijanje različitih materijala. Uz visoki pritisak, a kako bi se olakšalo probijanje nekog materijala, u vodu se dodaje abrazivna tvar koja pospješuje rezanje ili bušenje (slika 27., slika 28.).



Sl.27. Rad sustavom "Cobra" [20]





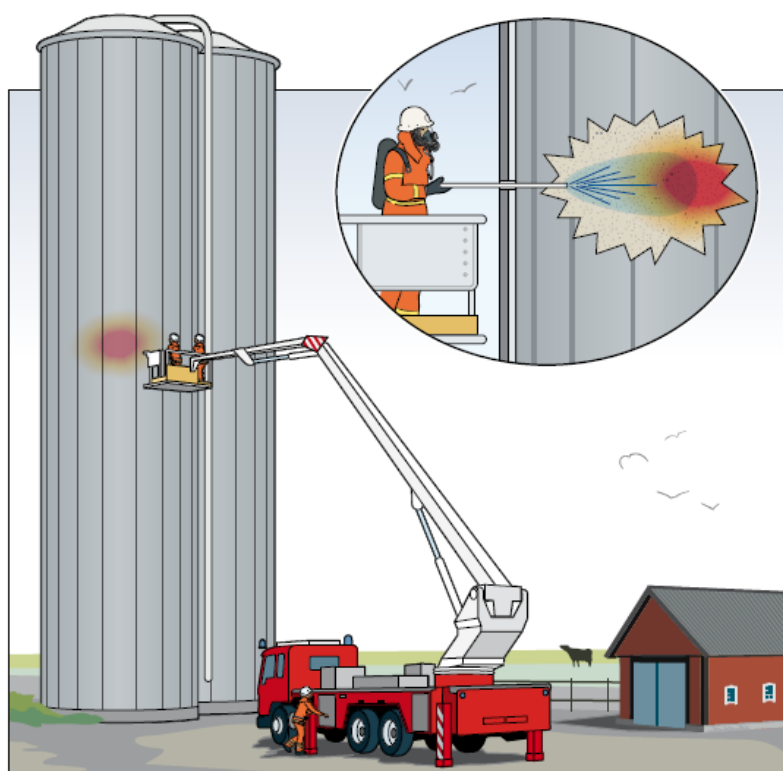
Sl.28. Primjer probijanja betona sustavom "Cobra" [20]

Na taj način, moguće je mlazom visokog pritiska rashladiti gorivu tvar koja se nalazi u zatvorenom prostoru, te time brzo ugasiti požar. Važno je napomenuti da sustav, zbog visokog pritiska vode, koristi vrlo male količine vode za gašenje (slika 29.).



Sl.29. Mlaz sustava u zatvorenom prostoru [20]

Korištenje opisanog sustava kod gašenja prikazanog požara silosa za žitarice uvelike bi izmijenilo taktički nastup gašenja. Iz košare autoljestve bi se najprije "Cobrom" mogao ugasiti plamen koji je izbijao kroz vrh komore silosa, a nakon toga bi se moglo vrlo brzo i efikasno ugasiti tinjajući požar unutar komore silosa. Umjesto ispuštanja cijele mase netaknute pšenice, najprije bi se probijanjem silosa u visini žarišta ugasio unutarnji požar, a nakon toga bi se na isti način razbio i usitnio nastali most. Tek nakon toga, pristupilo bi se ispuštanju kompletne mase pšenice iz silosa. Osim što bi se uštedilo na vremenu i što bi se uvelike ubrzalo gašenje požara, izbjeglo bi se ispuštanje pšenice zaostale ispod žarišta, prskanje prašine, razbijanje lima i pravljenje otvora (slika 30.).



Sl.30. Gašenje požara silosa korištenjem sustava "CCS Cobra" [19]

## 8. ZAKLJUČAK

Silos za žitarice je, uzimajući u obzir sve nabrojene tehnološke cjeline i procese pojedine cjeline, te opasnosti i mogućnosti nastanka požara, požarno vrlo opasan. To je gospodarski objekt koji uslijed požara trpi velike gubitke, što gubitke tehnike, što gubitke uskladištene mase.

Opisanom taktikom na odabranom primjeru prikazano je na koji način teče vatrogasna intervencija gašenja požara, koje su moguće opasnosti po vatrogasce, te načini mogućeg sprečavanja pojave opasnosti. Važno je ponovno spomenuti da je ovo samo jedan od mogućih taktičkih zahvata požara silosa za žitarice, no u globalu, svi su međusobno vrlo slični.

Na kraju, uzmemo li u obzir moguće požarne opasnosti silosa za žitarice i informacije o broju požara istih u Republici Hrvatskoj, zaključujemo da su zaposlenici silosnih postrojenja školovani, vrlo dobro osposobljeni za rad, vrlo odgovorni. Također, može se zaključiti i da se, u svim dijelovima proizvodnje žitarica, prihvaćaju i primjenjuju razvijeni koncepti zaštite od požara, sve u svrhu zaštite ljudskih života i prirodnih resursa.

## 9. LITERATURA

[1] Gulan I.: *"Protupožarna tehnološka preventiva"*, Biblioteka Nading, Zagreb, (1997.), ISBN 953-96015-4-1

[2] Izvor slike:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/GMAW\\_welding.af.ncs.jpg/300px-GMAW\\_welding.af.ncs.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/GMAW_welding.af.ncs.jpg/300px-GMAW_welding.af.ncs.jpg), pristupljeno 28.7.2016.

[3] Izvor slike: <http://www.zerosurge.com/wp-content/uploads/pop2mov.gif>, pristupljeno 28.7.2016.

[4] Izvor slike: <http://www.fml.eu.com/wp-content/uploads/2013/03/Compartmentation.jpg>, pristupljeno 28.7.2016.

[5] Krička T., Kiš D., Matin A., Brlek T., Bilandžija N.: *"Tehnologija mlinarstva"*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Agronomski fakultet u Zagrebu, Osijek, (2012.), ISBN 978-953-6331-89-5

[6] Izvor slike:

[http://www.ctbworld.com/~ctbworld/uploads/photos/600/brock/BrockShur\\_StepComBin105\\_32OH0810\\_0023.jpg](http://www.ctbworld.com/~ctbworld/uploads/photos/600/brock/BrockShur_StepComBin105_32OH0810_0023.jpg), pristupljeno 28.7.2016.

[7] Izvor slike:

[http://www.ctbworld.com/~ctbworld/uploads/photos/600/brock/Chapin\\_0307\\_51398\\_21.jpg](http://www.ctbworld.com/~ctbworld/uploads/photos/600/brock/Chapin_0307_51398_21.jpg), pristupljeno: 28.7.2016.

[8] Izvor slike:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Port\\_Giles\\_silos.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Port_Giles_silos.jpg), pristupljeno 28.7.2016.

[9] Izvor slike: <http://maxstone-bg.com/wp-content/uploads/2011/12/dtsENG.jpg>, pristupljeno 28.7.2016.

[10] Jurman S.: Prašina i gorenje skladištene robe u silosima,

<http://www.vatrogasci-osijek.hr/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=129>., pristupljeno 18.7.2016.

[11] Šimundić B.: "*Prehrambena roba, prehrana i zdravlje*", Fakultet za turistički i hotelski menadžment u Opatiji, Opatija, (2008.), ISBN 978-953-6198-61-0

[12] Kulišić D.: "Opće značajke pojava samozagrijavanja i samozapaljenja tvari (1. Dio)", Sigurnost, 48 (2006.), 2, 141-174

[13] Lišić M.: Sprečavanje nastanka eksplozije prašine tokom gašenja požara u ćelijama silosa, [http://www.atex.ba/extern/documents/ex-tribine/2012/tema3/304%20-%20Mirsad%20Lisic%20-%20SPRECAVANJE%20NASTANKA%20EKSPLOZIJE%20PRASIN\\_rad.pdf](http://www.atex.ba/extern/documents/ex-tribine/2012/tema3/304%20-%20Mirsad%20Lisic%20-%20SPRECAVANJE%20NASTANKA%20EKSPLOZIJE%20PRASIN_rad.pdf), pristupljeno 23.7.2016.

[14] Vlastiti izvor

[15] Izvor slike: <http://www.vatrogasni-portal.com/images/news/nacional%20jembrih.jpg>, pristupljeno 28.7.2016

[16] Izvor slike: <http://www.flir.com/uploadedImages/Firefighting/Products/K33-K53/K33-2b.jpg>, pristupljeno 28.7.2016.

[17] Izvor slike: <http://www.bercu.be/images/OldhamGasEX.JPG>, pristupljeno 28.7.2016.

[18] Izvor slike: [http://www.draeger.com/sites/assets/PublishingImages/Products/cin\\_x-am\\_5000/x-am\\_5000\\_st-9468-2007\\_310x267.jpg](http://www.draeger.com/sites/assets/PublishingImages/Products/cin_x-am_5000/x-am_5000_st-9468-2007_310x267.jpg), pristupljeno 28.7.2016.

[19] Persson H.: Silo Fires, <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27144.pdf>, pristupljeno 29.7.2016.

[20] Šiplika D.: Požar sušare u Valpovu, diplomski rad

## 10. PRILOZI

### 10.1. Popis slika

Sl.1.	Iskre nastale zavarivanjem.....	3
Sl.2.	Kratki spoj unutar električne komponente .....	6
Sl.3.	Načini sprečavanja širenja požara s građevine na građevinu .....	10
Sl.4.	Objekat podijeljen na požarne sektore protupožarnim konstrukcijama	11
Sl.5.	Čelični silos .....	16
Sl.6.	Čelični silos sa 4 komore silosa .....	16
Sl.7.	Betonski silos sa 42 komore silosa.....	17
Sl.8.	Silos i njegovi osnovni dijelovi .....	19
Sl.9.	Galerija silosa .....	20
Sl.10.	Transportna traka u podu silosa .....	20
Sl.11.	Utjecaj pojedinih čimbenika na proces samozagrijavanja .....	24
Sl.12.	Shema lokalnog samozagrijavanja .....	26
Sl.13.	Shema samozagrijavanja po slojevima .....	26
Sl.14.	Komora silosa na kojoj je izbio požar .....	36
Sl.15.	Pravilno opremljeni vatrogasac .....	37
Sl.16.	Termo-kamera za vatrogasce .....	37
Sl.17.	Eksplozimetar .....	38
Sl.18.	Detektor raznih opasnih plinova .....	38
Sl.19.	Raspored vatrogasnih vozila .....	39
Sl.20.	Prikaz objekata okolo komore zahvaćene požarom .....	40
Sl.21.	Položaj žarišta požara u komori silosa .....	41
Sl.22.	Prostor između komore silosa i ograde .....	42
Sl.23.	Most krutine ispod žarišta požara .....	43
Sl.24.	Položaj otvora za ispust opožarene pšenice .....	44
Sl.25.	Visokotlačni sklop malog navalnog vozila .....	45
Sl.26.	Mlaznica "Cobra" sustava .....	46
Sl.27.	Rad sustavom "Cobra" .....	46
Sl.28.	Primjer probijanja betona sustavom "Cobra" .....	47

Sl.29. Mlaz sustava u zatvorenom prostoru .....	47
Sl.30. Gašenje požara silosa korištenjem sustava "CCS Cobra" .....	48

## 10.2. Popis tablica

Tab.1. Najčešće tlocrtne dimenzije ovisno o obliku silosa .....	17
Tab.2. Temperature samozapaljenja nekih vrsta žitne prašine .....	28