

ODRŽAVANJE STABILNOG SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA S CO₂

Jurić, Ivan

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:128:795812>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-25**



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
Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

Ivan Jurić

ODRŽAVANJE STABILNOG SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA S CO₂

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

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

Ivan Jurić

MAINTAINING A STABLE CO₂ FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

FINAL PAPER

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Ivan Jurić


ODRŽAVANJE STABILNOG SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA S CO₂

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Mr. sc. Đorđi Todorovski, dipl. ing.

Karlovac, 2021.

 <p>VELEUČILIŠTE U KARLOVCU Karlovac University of Applied Sciences</p>	Klasa: 602-11/___-01/___
ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA	Datum:

Stručni / specijalistički studij: SIGURNOSTI i ZAŠTITE
(označiti)

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2021.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Ivan Jurić

Matični broj: 0416616045

Naslov: Održavanje stabilnog sustava za gašenje požara s CO₂

Opis zadatka:

- općenito o gorenju i sredstvima za gašenje požara (s naglaskom na CO₂ kao sredstvo za gašenje požara)
- općenito o stabilnim sustavima za gašenje požara u gospodarstvu
- detaljno o stabilnim sustavima za gašenje požara s CO₂ (vrste, namjena, opis dijelova, funkcioniranje, itd.)
- održavanje stabilnog sustava za gašenje požara s CO₂ (detaljan postupak, propisi...)
- uređaji i oprema za održavanje stabilnog sustava za gašenje požara s CO₂
- procesi održavanja stabilnog sustava za gašenje požara s CO₂ na odabranom objektu

Zadatak zadan:
06/2021

Rok predaje rada:
08/2021.

Predviđeni datum obrane:
09/2021.

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

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:
Lidija Jakšić, mag.ing.cheming

PREDGOVOR

Ovim se putem zahvaljujem svom stručnom osoblju i profesorima sa Specijalističkog stručnog studija sigurnosti i zaštite, koji su nam prenijeli svoje znanje iz područja zaštite od požara, a posebno mentoru mr.sc. Đorđi Todorovski koji je pružio svoju stručnu pomoć pri izradi ovog završnog rada.

Iznimno se zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je bila najveća podrška tijekom ovog studiranja. Zahvaljujem se i svim kolegama, te prijateljima i poznanicima koje sam stekao kroz ovo akademsko obrazovanje.

Hvala svima!

Ivan Jurić

SAŽETAK

Kako bi sustavi u gospodarstvu mogli obavljati funkcije za koje su projektirani moraju biti zaštićeni od mogućnosti i posljedica požara. Za to se brinu sustavi za zaštitu od požara. Požar kao jedna od nepogoda koje se mogu pojaviti u radnom prostoru može imati katastrofalne materijalne i nematerijalne posljedice. Iz tog razloga vrlo je bitno održavanje stabilnih sustava za gašenje požara. Ispravan sustav za gašenje požara ima vrlo veliku ulogu u spašavanju ljudi i imovine šticećenog prostora.

U radu je detaljno opisan rad stabilnog sustava za gašenje požara s CO₂ i njegovo održavanje. Sustav za gašenje požara s ugljičnim dioksidom jedan je od najstarijih sustava koji se koristi za automatsko gašenje požara. Ugljični dioksid pokazao se kao najpovoljnije sredstvo za gašenje požara u zatvorenom prostoru, posebno u onim uređajima koji se napajaju električnom energijom, kao i u tvarima koje razvijaju visoke temperature i omogućuju brzo širenje požara.

Ključne riječi: zaštita od požara, održavanje, stabilni sustavi za gašenje požara s CO₂

SUMMARY

In order for systems in the economy to perform the functions for which they were designed, they must be protected from the possibilities and consequences of fire. This is taken care of by fire protection systems. Fire as one of the disasters that can occur in the work area can have catastrophic material and non-material consequences. For this reason, maintaining stable fire extinguishing systems is very important. A proper fire extinguishing system plays a very big role in rescuing people and property of the protected area.

The paper describes in detail the operation of a stable system for extinguishing fires with CO₂ and its maintenance. The carbon dioxide fire extinguishing system is one of the oldest systems used for automatic fire extinguishing. Carbon dioxide has proven to be the most favorable means of extinguishing fires indoors, especially in those devices that are powered by electricity, as well as in substances that develop high temperatures and allow the rapid spread of fire.

Keywords: fire protection, maintenance, stable CO₂ fire extinguishing systems

SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	11
1.1. Predmet i cilj rada	11
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	11
2. OSNOVNI POJMOVI GORENJA.....	2
2.1. Gorenje	2
2.1.1. Goriva tvar	3
2.1.2. Zrak i kisik.....	4
2.1.3. Temperatura paljenja	5
2.2. Požar i eksplozija	5
2.2.1. Požar	5
2.2.2. Eksplozija	6
2.3. Produkti gorenja.....	7
3. SREDSTVA ZA GAŠENJE POŽARA.....	9
3.1. Voda	10
3.2. Pjena	11
3.3. Prah.....	12
3.4. Tekući plin FM-200	13
3.5. Priručna sredstva za gašenje požara.....	14
3.6. Ugljični dioksid – CO₂.....	14
3.6.1. Kemijska i fizikalna svojstva	16
3.6.2. Primjena.....	17
3.6.3. Toksičnost.....	18

4. STABILNI SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA U GOSPODARSTVU	20
4.1. Stabilni sustavi bez automatskog rada.....	21
4.1.1. Unutarnja hidrantska mreža	22
4.1.2. Vanjska hidrantska mreža	22
4.2. Stabilni sustavi s automatskim radom	23
4.2.1. Stabilni sustav za gašenje – sprinkler.....	23
4.2.1.1. Mokri sprinkler sustav	24
4.2.1.2. Suhi sprinkler sustav	25
4.2.2. Stabilni sustav za gašenje – drencher	27
4.2.3. Stabilni sustav za gašenje – halon	28
4.2.4. Stabilni sustav za gašenje – FM-200.....	29
4.2.5. Stabilni sustav za gašenje – Novec 1230	30
4.2.6. Stabilni sustav za gašenje – pjenom	30
4.2.7. Stabilni sustav za gašenje – ugljičnim dioksidom	32
4.2.7.1. Vrste sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom	33
4.2.7.1.1. Visokotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom ...	33
4.2.7.1.2. Niskotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom	34
4.2.7.2. Vrste zaštite objekata ugljičnim dioksidom	36
4.2.7.2.1. Potpuna zaštita ugljičnim dioksidom	36
4.2.7.2.2. Djelomična zaštita ugljičnim dioksidom.....	37
4.2.7.3. Osnovni dijelovi stabilnog sustava za gašenje požara s ugljičnim dioksidom	38
4.2.7.3.1. Vatrodojavna centrala	38
4.2.7.3.2. Spremnici s ugljičnim dioksidom.....	38
4.2.7.3.3. Ventilna stanica	40
4.2.7.3.4. Uređaj za vremensku odgodu ispuštanja ugljičnog dioksida ...	40
4.2.7.3.5. Cjevovod i mlaznice	41
4.2.7.3.6. Uređaj za ručno aktiviranje sustava	42
4.2.7.3.7. Vrste javljača požara	43

4.2.7.4. Opis funkcioniranja stabilnog sustava za gašenje požara s ugljičnim dioksidom	44
5. ODRŽAVANJE STABILNOG SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA S UGLJIČNIM DIOKSIDOM.....	46
5.1. Općenito o održavanju.....	46
5.2. Plan održavanja.....	46
5.2.1. Visokotlačni sustav	48
5.2.2. Niskotlačni sustav	48
5.3. Uređaji i oprema za održavanje stabilnog sustava za gašenje požara s ugljičnim dioksidom.....	50
5.3.1. Manometar	51
5.3.2. Teleskopski štap s dimilicom	52
5.3.3. Univerzalni mjerni električni instrument	53
5.3.4. Sredstvo veze	53
5.3.5. Zaporni sat	54
5.3.6. Komplet standardnog alata	54
6. PROCESI ODRŽAVANJA STABILNOG SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA S UGLJIČNIM DIOKSIDOM U CPS MOLVE	55
6.1. O kompaniji i pogonu.....	55
6.2. Opis sustava za zaštitu od požara	56
6.2.1. Zona generatora.....	61
6.2.2. Zona turbine	63
6.2.3. Tehnički proračun sustava za zaštitu od požara	64
6.3. Dužnosti korisnika sustava	66
7. ZAKLJUČAK	68
8. LITERATURA	69
9. PRILOZI.....	71
9.1. Popis slika	71
9.2. Popis tablica	72
9.3. Popis simbola (korištenih kratica)	72

1. UVOD

Jedan od najvećih čimbenika rizika u većini područja oduvijek je bio požar. Svaki požar, zapravo nekontrolirano izgaranje tvari, izravno ili neizravno uzrokuje štetu. Oštećenja od požara također mogu biti nematerijalna i materijalna. Materijalna šteta od požara velika je ne samo zato što uništava opremu i zalihe tehničkog sustava, već i zahtijeva naknadnu sanaciju oštećenog područja. Kao neizravna materijalna šteta u požaru, postoji i problem neispravnosti sustava zbog požara, popravci i popravak oštećenja podrazumijevaju da sustav stoji ili ne ostvaruje dobit. Tehnološkim napretkom tehničkih sustava, sustavi za gašenje požara kao jedan od tehničkih podsustava također su razvijeni u skladu sa svrhama zaštite. Sustavi ručnog gašenja kao što su aparati za gašenje požara i dalje su potrebni u borbi protiv požara, ali i nedovoljni u odnosu na moguće prijetnje požarom.

Stabilni sustavi za gašenje požara predstavljaju sigurnost i učinkovitost u gašenju nastalog požara jer djeluju na samom početku požara, te tako sprječavaju nastanak veće materijalne štete i gubitaka. Ovaj će se rad posebno baviti sustavom za gašenje požara ugljikovim dioksidom, njegovim osnovnim dijelovima, načinima gašenja, načinu održavanja sustava te prednostima i nedostacima koje ovaj sustav ima.

1.1. Predmet i cilj rada

Cilj ovog rada je pronaći i predložiti način održavanja stabilnog sustava za gašenje požara s CO₂, ukazati na probleme prilikom održavanja ovog sustava i dati metode za njihovo rješavanje.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Izvori podataka su prikupljeni iz stručne literature, internetskih stranica koje se bave tematikom i problematikom koju sam odabrao, te tvrtka koje se bavi ispitivanjem stabilnih sustava za gašenje požara kao i stečena znanja.

2. OSNOVNI POJMOVI GORENJA

2.1. Gorenje

Gorenje je kemijski proces, kod kojeg dolazi do oksidacije gorivih sastojaka nekog goriva uz oslobađanje topline, svjetlosti i produkata gorenja. Da bi došlo do gorenja moraju biti zadovoljena četiri neophodna uvjeta: goriva tvar, kisik, izvor topline te nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija što se grafički prikazuje kao „požarni tetraedar“ (Slika 1.). Nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija je mehanizam kojim se odvija gorenje tvari koje gore uz pojavu plamena (požari razreda A, B i C), dok primjerice kod gorenja metala nema tog uvjeta jer nema ni lančanih reakcija gorenja (požari razreda D). Uklanjanjem jednog od navedenih uvjeta gorenja, dolazi do prestanka gorenja.

Poznati primjer reakcije gorenja je upaljena šibica. Kad se udari šibica, trenje zagrijava glavu do temperature na kojoj kemikalije reagiraju i stvaraju više topline nego što može izaći u zrak, a one izgaraju plamenom. Ako vjetar otpuhuje toplinu ili su kemikalije vlažne, a trenje ne povišuje dovoljno temperaturu, šibica se gasi. Ispravno zapaljeno, toplina plamena podiže temperaturu obližnjeg sloja šibice i kisika u zraku uz nju. Kada se postigne ravnoteža između ukupne toplinske energije reaktanata i ukupne toplinske energije proizvoda (uključujući stvarnu toplinu i svjetlost), izgaranje se zaustavlja. Plamen ima definiran sastav i složenu strukturu. Gorenje odnosno izgaranje obuhvaća veliku raznolikost pojava sa širokom primjenom u industriji, znanostima, strukama i domu, a primjena se temelji na znanju iz fizike, kemije i mehanike, njihov međusobni odnos postaje osobito očit u širenju plamena.

Općenito govoreći, izgaranje je jedna od najvažnijih kemijskih reakcija i može se smatrati vrhunskim korakom u oksidaciji određenih vrsta tvari.



Slika 1. Požarni tetraedar [1]

2.1.1. Goriva tvar

Sve što zauzima neki prostor, ima određenu težinu i što primjećujemo našim osjetilima, zovemo tvarima ili materijalima. 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.

Prema tome tvari možemo podijeliti u dvije grupe i to: negorive i gorive tvari

Negorive tvari su one tvari koje se ne mogu zapaliti u običnim uvjetima, niti na višim temperaturama. Negorivim tvarima smatramo samo one tvari koje se ne spajaju s kisikom, niti se ne raspadaju na gorive tvari (vatrostalni materijali, gašeno vapno, beton, teflon i dr.). Voda je negoriva, ali pod određenim uvjetima može se raspasti na kisik i gorivi plin vodik.

Gorive tvari mogu se podijeliti u dvije grupe i to teško gorive tvari i gorive tvari. Teško gorive tvari: životinjska vlakna, PVC, poliamidi i dr. Goriva tvar je svaka tvar koja ima sposobnost brzog vezanja s kisikom. Prema agregatnom stanju podijeljene su na zapaljive plinove, zapaljive tekućine i gorive krutine. Krute gorive tvari su: drvo, ugljen, papir i dr. Tekuće gorive tvari su: naftni derivati, benzin, petrolej, ulja, boje, lakovi, alkohol i dr. Plinovite gorive tvari su: metan, propan, butan, vodik, acetilen, zemni plin. Za ocjenu vatrootpornosti jedne gorive tvari treba uzeti u obzir i druge okolnosti kao što su usitnjenost, vlažnost, čistoća, sadržaj kisika u tvari i dr.

Podjela tvari prema gorivosti:

- lako gorive - nakon zapaljenja nastavljaju gorjeti (papir, benzin, ulja i sl),
- teško gorive - nakon zapaljenja ne nastavljaju gorjeti već se gase. One mogu kontinuirano gorjeti samo dok su izložene plamenu (stiropor, kamena vuna),
- negorive - su one koje se ne zapale na temperaturi od 815.6°C u vremenu od 5 minuta (opeka).

2.1.2. Zrak i kisik

Zrak je smjesa plinova od kojih su neki međusobno u stalnom, a neki u promjenjivom omjeru. U stalne sastojke zraka ubrajaju se kisik 20,95%, dušik 78,08%, argon 0,93%, i u neznatnim količinama neki drugi plinovi (ksenon, kripton, neon, helij i dr.). U promjenjivim količinama dolaze ugljični dioksid, ozon, radon i vodena para. Za praktična i teoretska razmatranja o gorenju dovoljna je točnost ako zrak smatramo smjesom samo dva plina u odnosu 21% kisika i 79% dušika. Kisik je jedan od potrebnih uvjeta da bi moglo nastati gorenje. U slobodnom stanju nalazi se u zraku, a puno je vezan i u spojevima. Osobito opasni spojevi kisika su oni koji se upotrebljavaju za zavarivanje i rezanje metala jer s acetilenom i vodikom daje plamen vrlo visoke temperature. Zatim se upotrebljava u aparatima za disanje, kao sredstvo za oksidaciju i dr. 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 vol% (kisik se troši prilikom gorenja).
[1]

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 tvar ima svoju temperaturu paljenja i minimalnu energiju paljenja. S vatrogasnog gledišta to je jedan od najvažnijih podataka o zapaljivosti neke tvari.

2.2. Požar i eksplozija

2.2.1. Požar

Kada vatra poprimi takav razmjer da se njome ne može više vladati niti upravljati, u takvom slučaju govorimo o nastalom požaru (Slika 2.). U taktičkom pogledu nastali požari se klasificiraju na više načina i to po fazama razvitka gorenja odnosno obujmu, mjestu gdje s razvijaju i vrsti gorivog materijala. Najuobičajenija podjela požara je prema mjestu gdje se razvija i po fazama njihova razvoja.

Po mjestu gdje se požar razvija, dijele se na požare u zatvorenom prostoru (u objektu) i na požare na otvorenom prostoru (izvan objekata).

Po fazama, odnosno po intenzitetu izgaranja tvari dijele se na početne, razbuktale požare i živo zgarište, dok razbuktali požari mogu prerasti i u katastrofalne.

Početni požar smatra se onaj požar čije gorenje tvari karakterizira mali intenzitet izgaranja i sporo širenje vatre. Razbuktali požar karakterističan je po maksimalnom intenzitetu izgaranja, te po dostignutoj maksimalnoj temperaturi i po brzini širenja. Ovu fazu izgaranja prate i druge posljedice kao što su rušenje konstrukcija, jako zračenje topline, stvaranje mnogo dima, te zagušljivih i otrovnih plinova. Razbuktali požar može biti mali, veliki i katastrofalni.

Živo zgarište podrazumijeva zadnju fazu požara. Intenzitet izgaranja tvari je minimalan, ona je gotovo potpuno izgorjela, a srušene konstrukcije i drugi neizgorjeli materijal je djelomično zatrpan. U toj fazi ostaju skrivena žarišta vatre koja se mogu ponovo razbukitati, te je potrebno nakon gašenja organizirati dodatno vatrogasno dežurstvo na požarištu.

2.2.2. Eksplozija

Vatra koja se širi velikom brzinom i kod koje uz toplinu i svjetlost (plamen) osjetimo i prasak, zovemo eksplozijom (Slika 2.). Tvari koje mogu proizvesti eksploziju su eksplozivi, pare zapaljivih tekućina, zapaljivi plinovi i prašine (metalna i organska prašina).

Zapaljivi plinovi i pare tekućina u smjesi sa zrakom eksplodirati samo u određenom području koncentracija, odnosno području eksplozivnosti koje se nalazi između donje i gornje granice eksplozivnosti. To znači da eksplozivna smjesa plinova ili para ne smije biti ni presiromašna, a ni prezasićena. Pojava se eksplozije sprečava ako se isključe svi mogući izvori paljenja kao što su otvorena vatra, iskrenje, elektricitet, trenje, udar i sl.



Slika 2. Eksplozija i požar naftne rafinerije [1]

2.3. Produkti gorenja

Gorenje tvari može biti potpuno ili nepotpuno, što ovisi o količini zraka (kisika). Potpuno gorenje nastaje kada goriva tvar ima dovoljnu količinu zraka (kisika) da bi mogla potpuno izgorjeti.

Potpuno gorenje znači da je goriva tvar oksidirala i da su nastali oksidi elemenata iz kojih je goriva tvar bila sastavljena. Tvari kao što su drvo, papir, vosak, benzin i dr. pripadaju grupi organskih spojeva (koji sadrže ugljik i vodik), te kod potpunog gorenja nastaju njihovi oksidi ugljični dioksid (CO_2) i vodena para (H_2O).

Potpunim gorenjem nastaje vrlo malo dima, a plamen nema čađe ni gotovo nikakve boje. U praksi potpuno gorenje nastaje kod požara na otvorenom prostoru gdje vatra dobiva najveću moguću količinu zraka.

Ugljikov dioksid je plin bez boje, slabog kiselkastog okusa i mirisa, teži je od zraka oko 1,5 puta i ne gori, te se koristi i kao sredstvo za gašenje požara.

Nepotpuno gorenje znači da goriva tvar nije potpuno oksidirala, jer joj nije bila na raspolaganju dovoljna količina kisika iz zraka.

Nepotpunim gorenjem organska tvar izgori tek djelomično, te se kod toga uslijed povišene temperature tvar raspada i nastaje mnogo čađe, a umjesto ugljičnog

dioksida nastaje veća količina ugljičnog monoksida (CO). Ugljični monoksid je otrovan plin, bez boje, okusa i mirisa, što ga čini još opasnijim. Nešto je lakši od zraka, a udahnut sa zrakom u količini od svega 0,2% volumena, nakon kratkog vremena uzrokuje smrt, a deset puta manja koncentracija izaziva nesvjesticu. [1]

3. SREDSTVA ZA GAŠENJE POŽARA

Sredstva za gašenje požara su ona sredstva, odnosno tvari, kojima možemo prekinuti proces gorenja rashlađivanjem, ugušivanjem, izoliranjem, antikatalitički ili slično.

Podjela sredstava za gašenje požara daju nam tri vrste:

- glavna – voda,
- specijalna – pjena, FM-200, Novec 1230, ugljik-dioksid, prah,
- pomoćna – pokrivači, pijesak, ostalo.

Od “idealnog” sredstva za gašenje požara zahtijevamo sljedeća svojstva: dobro oduzimanje topline hladeći tvar koja gori, stvaranje atmosfere koja sprečava pristup zraku oko gorive tvari, nemogućnost spajanja sa svim drugim stvarima, nemogućnost provođenja el. energije, nezapaljivost u svim aktivnostima, nemogućnost raspadanja samog sredstva na zapaljive tvari, raspoloživost u dovoljnim količinama i pristupačna cijena.

Danas postoji puno različitih sredstava za gašenje požara, ali ni jedno od njih ne zadovoljava sve uvjete “idealnog” sredstva za gašenje požara. Tablica 1. prikazuje vrste požara i idealno sredstvo za gašenje određene vrste požara.

Tablica 1. Klase požara i sredstva s kojima se gase [3]

KLASE (VRSTE) POŽARA	TVARI KOJE GORE	NAČIN GAŠENJA
A	POŽARI KRUTIH TVARI gore plamenom ili žarom (isključujući metale) kao drvo, tekstil, ugljen, biljne tvari, plastika, slama, papir i sl.	Za gašenje požara klase A voda je najefikasnije sredstvo, a uspješno se koristi prah i pjena, dok se ugljični dioksid i FM- 200 iznimno koriste za manje površinske požare.

B	<p>POŽARI ZAPALJIVIH TEKUĆINA</p> <p>npr. benzin, benzol, razna ulja, masti, lakovi, asfalt, smole, vosak, eteri, alkohol i sl.</p>	<p>Za gašenje požara klase B najbolja su sredstva za gašenje pjena i prah. Ugljični dioksid za manje požare u zatvorenim prostorima te raspršena voda za teške ugljikovodike.</p>
C	<p>POŽARI ZAPALJIVIH PLINOVA</p> <p>metan, propan, butan, vodik, acetilen gradski plin i dr.</p>	<p>Za gašenje požara klase C najbolja su sredstva za gašenje prah, FM-200 i Novec 1230, a ugljični dioksid isto kao i kod klase B. Voda služi za hlađenje, dok se pjena ne koristi kod ove klase požara.</p>
D	<p>POŽARI LAKIH METALA</p> <p>gore jakim žarom, kao aluminij, magnezij i njihove legure, titan, i drugi, osim natrija i kalija</p>	<p>Za gašenje požara klase D može se koristiti samo specijalni prah. Dobra zamjena za njega može biti suhi pijesak. Ostala sredstva se ne koriste.</p>
F	<p>POŽARNE BILJNIH i ŽIVOTINJSKIH MASTI i ULJA</p>	<p>Požare klase F treba tretirati samo mokrim kemijskim aparatom za gašenje požara. Ova vrsta je posebno prilagođena za suzbijanje požara uzrokovanih mastima i uljima jer sadrže soli kalija koje smanjuju toplinu i guše kisik koji hrani vatru.</p>

3.1. Voda

Voda je jedno od osnovnih sredstava za gašenje požara. (Slika 3.) Za vodu znamo da je kemijski spoj između vodika i kisika (H_2O), stoga je potrebno napomenuti da se voda i kod gašenja može rastaviti na svoje elemente. To dovodi do neželjenih posljedica jer je vodik zapaljivi plin, a kisik podržava i pojačava gorenje. Zbog toga se manje količine vode ne smiju bacati na užareni koks, željezo, aluminij ili magnezij

jer zbog velike užarenosti i visoke temperature dolazi do rastavljanja vode i stvaranja zapaljivih eksplozivnih smjesa. Vodom se ne smiju gasiti ni požari na dimnjacima i drugim dimovodnim objektima. Voda se primjenjuje za gašenje požara, hlađenje posuda, apsorpciju plinova, razrjeđivanje kiseline, alkohola i sl. Najjeftinija je kao sredstvo gašenja požara, a ima je gotovo svugdje te se lako primjenjuje.



Slika 3. Gašenje požara vodom [1]

3.2. Pjena

Pjena je nestabilna masa koju čini mnoštvo mjehurića ispunjenih zrakom ili plinom, te je njeno djelovanje istodobno ugušujuće i ohlađujuće. Kao sredstvo za gašenje ima osobito značenje kod požara lako upaljivih tekućina (benzina, nafte, ulja i dr.). Danas se pouzdano pjenom mogu gasiti i najveći požari u rafinerijama, skladištima upaljivih tekućina, laboratorijima i sl.

Prema načinu stvaranja pjene razlikujemo:

- kemijsku pjenu – koju dobivamo pomoću plina ugljičnog dioksida, pjenila i vode. Dobije se na taj način da se međusobno pomiješaju otopina natrijevog bikarbonata, aluminijska sulfata i sredstava za pjenjenje u određenim omjerima. Kemijskom reakcijom između otopine natrijevog bikarbonata i aluminijska sulfata nastaje plin ugljični dioksid koji ispunjava mjehuriće i čini

pjenu s velikim volumenom i malom specifičnom težinom. Takva kemijska reakcija nosi oznaku PH. Kemijska pjena najbolji učinak ima za gašenja

- požara lako zapaljivih tekućina (Slika 4.),
- zračnu pjenu – dobivamo ju pomoću zraka pjenila i vode. Zračna pjena nastaje tako da se u otopinu vode i pjenila uvodi zrak, tako da su mjehurići pjene ispunjeni zrakom. Općenito za dobivanje zračne pjene koristimo razna sredstva. Njih nazivamo ekstraktima ili pjenilima. Prema broju pjenjenja koji pokazuje koliko je volumen nastale pjene veći od volumena otopine od koje je proizvedena postoje teška, srednje teška i laka pjena. Što je više zraka u sastavu pjene, to je pjena lakša.



Slika 4. Gašenje požara pjenom [1]

3.3. Prah

Prah je danas jedno od najpoznatijih i najrasprostranjenijih sredstava za suho gašenje zahvaljujući postupcima pomoću kojih su bitno usavršena dobra svojstva samog praha. (Slika 5.) Prah je po osnovnom kemijskom sastavu natrijev bikarbonat. Obogaćen je raznim dodacima kao što su silikati, fosfati ili karbonati što ga čini sipkim, da se uslijed dužeg stajanja u aparatima ne bi zgrudao ili upijao vlagu.

Prah je sredstvo koje gasi požara na principu antikatalitičkog i ugušujućeg djelovanja. Prah je jedno od najboljih sredstava za gašenje požara. Najbolji mu je efekt kod zapaljivih tekućina, plinova, električnih uređaja, odnosno instalacija pod naponom kao i predmeta od posebnog značaja osjetljivih na vlagu (novac, vrijednosni dokumenti, slike, skulpture i dr.). Kao pogonsko sredstvo u aparatima se upotrebljava ugljični dioksid, a kod većih aparata u specijalnim vozilima i aparatima pod stalnim tlakom i komprimirani dušik.



Slika 5. Gašenje požara prahom [1]

3.4. Tekući plin FM-200

FM-200 je tekući plin, kemijske formule CF_3CHCF koji se pod tlakom od 24,8 bara kod $20^{\circ}C$ drži u spremnicima, a služi kao djelotvorno sredstvo za gašenje i ima antikatalitičko djelovanje. U principu su to halogenizirani ugljikovodici kao što su klor, fluor, brom, jod i dr. Pod komercijalnim nazivom FM-200, u standardu NFPA 2001 se naziva HFC-227ea. Plin FM-200 je siguran za ljude koji bi se zatekli u prostoru u trenutku gašenja, bezbojan je i bez mirisa, bez opasnosti od povećanja tlaka u prostoru, nije električki vodljiv što izvrsno odgovara za zaštitu električnih uređaja i opreme, te gasi požar unutar deset sekundi od trenutka aktiviranja. Utjecaj na okoliš i ozonski omotač plina FM – 200 povoljniji je u odnosu na halon 1301 koji se koristio prije ovog plina. Vrijeme raspada u atmosferi za FM-200 iznosi 31-42 godine, dok je

za halon to čak 77 godina. Prema Montrealskom protokolu o tvarima koje oštećuju ozonski omotač iz 1987. godine, te kasnijim dopunama i izmjenama protokola, čiji je potpisnik i Republika Hrvatska, ograničeno je i djelomično zabranjeno korištenje halogeniziranih ugljikovodika, tako da se ovi aparati danas više ne proizvode, niti se stavljaju u upotrebu. [1]

3.5. Priručna sredstva za gašenje požara

Pijesak, zemlja i slični materijali koje ne gore spadaju u kruta pomoćna sredstva za gašenje požara. Uslijed pomanjkanja odgovarajućih sredstava za gašenje požara često se moraju upotrebljavati i pomoćna sredstva. Efikasno se upotrebljavaju za gašenje površinskih požara, odnosno za gašenje manjih požara. Tekstilni prekrivači najčešće se upotrebljavaju za gašenje manjih početnih požara, npr. zapaljivih tekućina u posudama, za gašenje plinova (boca) i kod požara na osobama.

3.6. Ugljični dioksid – CO₂

Ugljični dioksid (CO₂) je plin bez mirisa i boje, blago kiselkastog okusa, 1,5 puta teži je od zraka, a još se javlja i u obliku teško hlapljive bezbojne tekućine ili krute tvari poput snijega (suhi led). Ugljični dioksid ne gori s obzirom na to da je potpuno zasićen kisikom, pa se stoga više ne spaja s daljnjom količinom kisika i služi kao sredstvo za gašenje. Goriva se tvar s ugljičnom dioksidom upravo i gasi zbog pomanjkanja potrebne količine kisika. Ugljični dioksid nastaje punim sagorijevanjem gorivih tvari koje sadrže kemijski vezani ugljik. Gasi požare na principu tzv. ugušivanja, što se postiže istiskivanjem zraka iz zone gorenja, a ima i manji ohlađujući učinak prilikom gašenja. Naročito je dobar za gašenje u zatvorenom prostoru, požara na električnim uređajima i instalacijama pod različitim naponima električne energije, te požara zapaljivih tekućina i plinova. U aparatima se nalazi ukapljen u tekućem stanju, a prilikom korištenja kad izlazi iz aparata prelazi u

plinovito agregatno stanje pri temperaturi od $-78,51^{\circ}\text{C}$, te ima osim ugušujućeg i ohlađujući učinak gašenja. [1]

U suvremenoj zaštiti od požara plin ugljikov dioksid ima veliku primjenu. Kao sredstvo koristi se u ručnim prijenosnim aparatima i specijalnim vatrogasnim vozilima i stabilnim protupožarnim uređajima. Za ugljikov dioksid postoje razvijena aparatura i sustavi, a isto tako veliko iskustvo jer se ugljikov dioksid i inače mnogo koristi u industriji. Po svojoj stabilnosti ovo postrojenje nalazi primjenu odmah nakon sprinkler uređaja. Svojstva i sposobnost gašenja ugljikovim dioksidom se poboljšavaju miješanjem s drugim plinovima. Tako se može se koristiti širi temperaturni interval, a stupanj punjenosti za iste tlakove je veći. Ugljikov dioksid se najčešće koristi i kao pogonsko sredstvo za izbacivanje praha iz tijela aparata za gašenje koji su punjeni suhim prahom. Ugljikov dioksid ima najveću primjenu u kemijskoj industriji i to pri gašenju požara na električnim instalacijama, požara na skupim i preciznim uređajima gdje se moraju izbjeći oštećenja, požara u objektima gdje su vrijedni predmeti (arhive, bolnice, muzeji). Slika 6. prikazuje gašenje požara s vatrogasnim aparatom na bazi CO_2 .



Slika 6. Gašenje požara ugljičnim dioksidom [4]

3.6.1. Kemijska i fizikalna svojstva

Ugljik-dioksid je kiselkasti plin kemijske oznake CO₂, koji nastaje pri potpunom sagorijevanju ugljika i pri drugim kemijskim reakcijama kao što su termička raspadanja natrijeva hidrogenkarbonata i kalij bikarbonata, pri djelovanju kloridne kiseline na mramor. Molekula ugljičnog dioksida je pravocrtna i centrosimetrična. Dvije C-O veze jednake su i kratke (116,3 pm), a sastoje se od dvostruke veze. Ugljik-dioksid je dosta topljiv u vodi. Vodeni rastvor reagira kiselo (pH oko 4), zbog stvaranja ugljične kiseline: [4]



Tablica 2. prikazuje svojstva ugljičnog dioksida, dok tablica 3. prikazuje specifični volumen ovisno i temperaturi.

Tablica 2. Svojstva CO₂ [4]

Molekularna masa	44.01
Agregatno stanje	plinovito
Gustoća	1,562 g / L (čvrsti pri 1 -78,5°C) 1.977 g / L (plinoviti pri 0°C)
Talište	-78°C (194,7 K)
Vrelište	-57°C (216,6 K) (pod pritiskom od 5,185 bar)

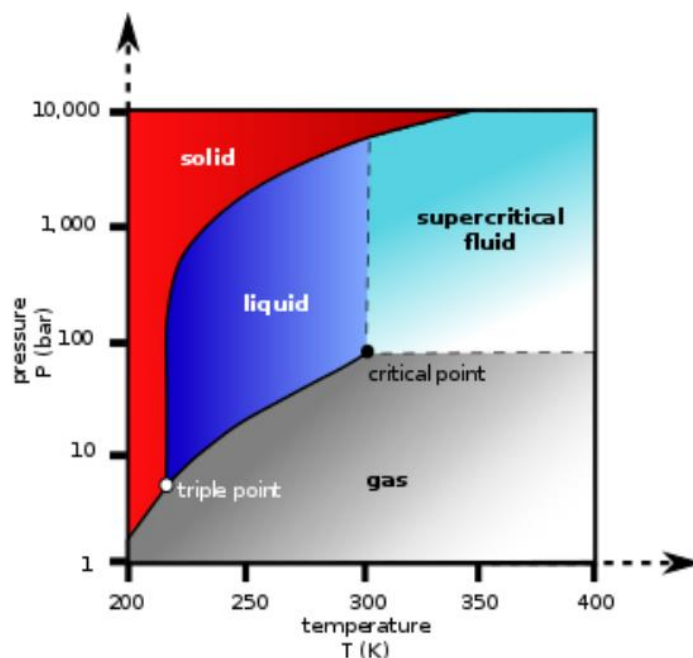
Tablica 3. Odnos volumena CO₂ ovisno o temperaturi [4]

Temperatura T/K	243	253	263	273	283	293	303	313
Specifični volumen, v/L kg ⁻¹	449	480	487	508	525	544	565	581

Specifična težina i specifični volumen mijenjaju mu se s temperaturom. Pri određenoj temperaturi i tlaku nalazi se u tekućem stanju uskladišten u čeličnim bocama na malom prostoru. Pri temperaturi od 304,3K (kritična temperatura) i tlaku 73 bar (kritični tlak) ugljikov dioksid nalazimo samo u plinovitom stanju. Za gašenje požara važan je odnos volumena plinovitog CO₂ prema tekućemu. Kao što je iz Tablice 3. vidljivo. Porastom temperature povećava se volumen plina, odnosno s padom

temperature njegov se volumen smanjuje. To se u praksi manifestira porastom ili padom tlaka, jer je volumen boce konstantan.

Ako se tekući CO₂ ohladi u staklenoj posudi, on se skrutne i nastane led koji se tali pri -56.85°C uz vlastiti tlak 5 bar. Pri atmosferskom tlaku i temperaturi -78.26°C sublimira kruti CO₂, a da se pri tome ne tali. Iz toga se može zaključiti da se CO₂ pojavljuje u sva tri agregatna stanja. Trojna točka je mjesto gdje se CO₂ pojavljuje u sva tri agregatna stanja, a nalazi se pri tlaku $p = 5,3$ bar i temperaturi -56.85°C. (Slika 7.) [4]



Slika 7. Fazni dijagram temperature i tlaka [4]

3.6.2. Primjena

Ugljikov dioksid se koristi u prehrambenoj i kemijskoj industriji. Koristi se često gdje je potreban plin pod tlakom, zato što nije toliko skup i nije zapaljiv. Da bi se dobio pod tlakom, plin se tlači na oko 60 bara, tako da stane znatna količina CO₂ u spremnike (plinske boce). Pojasevi za spašavanje, na brodovima, često sadrže spremnike s CO₂ za brzo napuhavanje. Aluminijske kapsule s CO₂, se često koriste za zračne pištolje, paintball markere, airsoft replike i za dobivanje gaziranih pića.

Brzo isparavanje tekućeg CO₂ se koristi za miniranje u rudnicima ugljena. Visoka koncentracija CO₂ se isto ponekad koristi za ubijanje štetočina u poljoprivredi.

Ugljični dioksid se isto tako koristi i za gašenje požara. Sam ne reagira na gašenje plamena, već plamen kisika izgladnjuje istiskujući ga. Neki uređaji za gašenje požara, posebno oni dizajnirani za električne požare, sadrže tekući ugljični dioksid pod pritiskom. Uređaji za gašenje ugljičnim dioksidom dobro rade na malim zapaljivim tekućinama i električnim požarima, ali ne i na uobičajenim zapaljivim požarima, jer ne hlade značajno goruće tvari i kad se ugljični dioksid rasprši, plamen se ponovno povećava pri izlaganju atmosferskom kisiku. Uglavnom se koriste u sobama sa serverima.

Ugljični dioksid se također široko koristi kao sredstvo za gašenje u sustavima zaštite od požara za lokalnu primjenu specifičnih opasnosti.

Sustavi zaštite od požara na bazi ugljičnog dioksida povezani su s nekoliko smrtnih slučajeva, jer može uzrokovati gušenje u dovoljno visokim koncentracijama. Pregledom sustava CO₂ utvrđen je 51 incident između 1975. i datuma izvještaja (2000.), koji je prouzročio 72 smrtna slučaja i 145 ozljeda.

3.6.3. Toksičnost

Sadržaj ugljičnog dioksida u svježem zraku (u prosjeku između razine mora i razine 10 kPa, odnosno oko 30 km nadmorske visine) varira između 0,036% (360 ppm) i 0,041% (412 ppm), ovisno o mjernom mjestu.

Ugljični dioksid je zagušujući plin i nije klasificiran kao toksičan ili štetan u skladu s globalno usklađenim sustavom klasifikacije i označavanja kemikalija Ekonomske komisije Ujedinjenih naroda za Europu primjenom OECD-ovih smjernica za ispitivanje kemikalija.

U koncentracijama do 1% (10 000 ppm), kod nekih će ljudi nastati pospanost, a plućima će se začepiti. Koncentracije od 7% do 10% (70 000 do 100 000 ppm) mogu uzrokovati gušenje, čak i u prisutnosti dovoljno kisika, što se očituje kao vrtoglavica, glavobolja, poremećaj vida i sluha te nesvjestica u roku od nekoliko minuta do sat

vremena. Fiziološki učinci akutne izloženosti ugljičnom dioksidu grupirani su pod pojmom hiperkapnija, podskupina gušenja.[4]

Još veće koncentracije ugljičnog dioksida u zraku dovode do sljedećih simptoma:

- 1% može dovesti do pospanosti prilikom dužeg izlaganja,
- kod 2% djeluje kao blago opojno sredstvo, povećava krvni pritisak i raste broj otkucaja srca, te slabi sluh,
- kod 5% utječe na smetnje kod dišnog sustava, nesvjesticu, zbunjenost, glavobolje, smanjen udisaj, a može se javiti i panika,
- kod 8% uzrokuje glavobolje, znojenje, slabljenje vida, drhtanje i gubitak svijesti, ako je izlaganje 5 do 10 minuta.

Zato se preporučuje da na radnom mjestu, gdje se radi 8 sati, koncentracija ugljičnog dioksida ne smije prijeći 0,5%. Zbog sigurnosti beba, djece, starih i ostalih sa srčanim smetnjama, ta koncentracija treba biti puno manja. Koncentracija veća od 4% se smatra opasnom po zdravlje.

Neka istraživanja su pokazala, da u zatvorenim prostorijama, koncentracija ugljičnog dioksida veća od 0,1%, izaziva nelagodu kod 20% prisutnih. Kod koncentracije veće od 0,2%, svi će prisutni osjetiti nelagodu, a mnogi će osjetiti mučninu i glavobolju. [4]

Pri koncentraciji od 25% nastupa brza smrt. Srce ljudi koji su bili izloženi djelovanju ugljikovom dioksidu, još neko vrijeme radi, jer ugljikov dioksid nije otrovan plin. Unesrećenoga treba hitno iznijeti na čisti zrak i pružiti mu prvu pomoć.

4. STABILNI SUSTAVI ZA GAŠENJE POŽARA U GOSPODARSTVU

Bez obzira na to da li je objekt zidan, montiran, drveni ili izgrađen od više vrsta materijala i je li riječ o zasebnom objektu, stambenoj zgradi, poslovnom prostoru, lokalu, proizvodnom pogonu, tvornici ili skladištu, namjena prostorne zaštite za gašenje požara svugdje je jednaka. Pravovremena informacija o mogućnosti nastanka i razvoja požara vrlo je bitna za samo sprječavanje nastanka požara odnosno gašenje u ranoj fazi nastanka požara.

U mjere aktivne protupožarne zaštite svrstavaju se ugrađeni uređaji za otkrivanje požara, ugrađeni uređaji za gašenje, uređaji za odvod dima i topline, sigurnosna i pričuvna rasvjeta, upravljanje vratima na evakuacijskom putu i uređaji za napajanje strujom u hitnim slučajevima. Uređaji za otkrivanje, dojavu i alarmiranje oči su sustava za aktivnu zaštitu od požara. Osnovna namjena tih uređaja je što ranije otkrivanje požara ili proizvoda sagorijevanja koji nastaju oksidacijom.

Najvažniji elementi sustava za dojavu požara su javljači koje dijelimo s obzirom na način rada i fenomene požara koji otkrivaju (temperatura, toplina, svjetlost, dim, plinovi). Važan dio sustava za otkrivanje, dojavu i alarmiranje je i centrala za dojavu požara. Njezina je uloga središnji nadzor nad sustavom za otkrivanje, dojavu i alarmiranje.

Princip djelovanja sustava za automatsko gašenje sličan je za sve plinove za gašenje požara, iako svaki način gašenja ima svoje prednosti i slabosti. Najočitija razlika može se uočiti u posljedicama gašenja s odgovarajućim sustavom za gašenje požara plinom. Tako sustavi za gašenje požara plinom FM-200, Novec 1230 i Argonite nisu štetni za ljude, okoliš ili skupu elektroničku opremu. Sprinkler sustavi nisu štetni za živa bića, ali mogu znatno oštetiti elektroničku opremu. Sustav za gašenje vodenom maglom je bolji, ali i podiže vlažnost zraka u prostoriji, što sigurno ne koristi računalima i ostalim komponentama u prostoru. Gašenje ugljikovim dioksidom ne šteti računalnoj opremi, ali je vrlo opasno za zdravlje ljudi i životinja, jer povećana koncentracija CO₂ može brzo prouzročiti gušenje.

Plinove za gašenje požara ne upotrebljavamo na otvorenom i u dobro prozračenim prostorijama, gdje je učinkovito gašenje vodenom maglom ili sprinkler sustavima. Sprinkler sustav i sustav gašenja vodenom maglom priključeni su na vodovod, dok se sustavi za gašenje požara plinom moraju skladištiti u posebnim cilindrima, tako da obujam uskladištenog plina ovisi o veličini prostora koji pokriva automatski sustav gašenja te od vrste sustava za gašenje koji se upotrebljava. Čista sredstva za gašenje ne smiju se upotrebljavati u požarima koji uključuju materijale navedene u nastavku, osim u slučajevima u kojima su prošli ispitivanja i rezultati zadovoljavaju nadležna tijela koja su izdala odobrenje: [5]

- kemikalije ili mješavine kemikalija, na primjer celulozni nitrat i prah, koji su u stanju brzo oksidirati bez prisutnosti zraka,
- reaktivni metali kao što su litij, natrij, kalij, magnezij, titan, cirkonij, uran i plutonij,
- kemikalije koje su auto-termički razgradive, na primjer određeni organski peroksidi i hidrazin.

4.1. Stabilni sustavi bez automatskog rada

U stabilne sustave za gašenje požara bez automatskog rada spadaju unutarnja i vanjska hidrantska mreža.

Suhu hidrantsku mrežu najčešće susrećemo u javnim otvorenim, poluotvorenim i podzemnim garažama, ili u industrijskim pogonima koji su poluotvorenog ili otvorenog tipa i gdje grijanje prostora nije moguće, a hidrantska mreža je neophodna. Suha hidrantska mreža izvodi se isto kao i mokra hidrantska mreža s hidrantskim ormarićima ili s ormarićima s bubnjem. Jedina razlika između suhe hidrantske mreže i mokre hidrantske mreže je uvjet, da se svi cjevovodi suhe hidrantske mreže moraju moći potpuno isprazniti (drenirati) poslije upotrebe ili poslije tlačne probe.

4.1.1. Unutarnja hidrantska mreža

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

Unutarnjom hidrantskom mrežom za gašenje požara moraju se štiti: [6]

- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim propisima,
- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim uvjetima građenja iz područja zaštite od požara,
- građevine za koje je to zahtijevano prostornim planom,
- građevine koje svojim značajkama spadaju u I., II. ili III. kategoriju ugroženosti od požara sukladno odredbama Pravilnika o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara,
- objekti čija je kota poda najviše etaže namijenjene za boravak ljudi najmanje 9 m iznad najniže kote površine uz stambeni objekt koja služi kao vatrogasni pristup,
- mjesta okupljanja većeg broja ljudi u građevinama,
- garaže i parkirališta u građevinama, čija je površina veća od 100m²,
- građevine i prostori namijenjeni trgovini čija je površina veća od 100m²,
- podzemne etaže površine veće od 100 m² – mjesta stalnog zavarivanja koja se nalaze unutar građevine.

4.1.2. Vanjska hidrantska mreža

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

Podzemni hidranti moraju biti obilježeni pločicama pomoću kojih se može utvrditi njegov položaj, a postavljaju se na najbliže objekte ili na posebno napravljene stupove.

Vanjskom hidrantskom mrežom za gašenje požara obvezatno se moraju štititi: [6]

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

4.2. Stabilni sustavi s automatskim radom

4.2.1. Stabilni sustav za gašenje – sprinkler

Sprinkler sustav za gašenje požara je siguran i jednostavan sustav, koji za gašenje koristi vodu pod tlakom. Osnovni dijelovi sustava su ventil koji u slučaju potrebe ima funkciju da propusti vodu na mjesto požara i cijevna mreža s mlaznicama koja je instalirana u štice u prostorima. Izuzetno je učinkovit za početna gašenja požara do dolaska vatrogasnih postrojbi i za lokaliziranje manjih požara. Požar se gasi na principu gašenja i hlađenja, a mogućnost pojave povratnih požara svedena je na minimum.

Sprinkler sustav je takav sustav koji sadrži integrirani cjevovod projektiran u skladu sa standardima protupožarnog inženjerstva te sadrži sustav vodoopskrbe, kontrolni ventil za vodu, hidraulično alarmno zvono i odvod za vodu. Dio sprinkler sustava koji se nalazi na vidljivim mjestima je sustav cjevovoda specifično dimenzioniran za neku građevinu odnosno područje te su na njega povezane sprinkler glave u sustavnom

uzorku. Sustav u pravilu reagira na toplinu ispuštenu prilikom izgaranja te izbacuje vodu na zapaljenu površinu. Unutar svakog sprinkler sustava dio vode prilikom aktivacije pušta se kroz posebne cjevovode koji imaju hidrauličko alarmno zvono koje daje intenzivan zvučni signal požara, od 100dB, a dio te vode ide na tlačnu sklopku koja dalje prosljeđuje signal požara na vatrodojavnu centralu.

Osnovna namjena sprinkler sustava je detekcija požara i gašenje požara vodom. Zaštita sprinkler sustavima već se dugo smatra optimalnom zbog toga što je omjer efikasnosti gašenja i ekonomičnost cijene instalacije u povoljnom omjeru. Ona omogućava istovremenu detekciju, dojavu i gašenje požara, a sanacija štete od požara svodi se samo na lokalnu zato što se prilikom požara aktiviraju samo one mlaznice koje su zahvaćene požarom.

Uštede za obnovu odnosno sanaciju štete korištenjem sprinkler sustava su znatne. U usporedbi s prostorima koji nemaju opremu za zaštitu od požara sprinkleri smanjuju postotak smrtnosti prilikom požara za 82%, a direktnu štetu imovine od požara za 68%.

Bitno je naglasiti kako je osim kvalitetne i pouzdane ugrađene opreme, preduvjet za ispravno funkcioniranje sustava redovito servisiranje i održavanje sprinkler sustava, a zakonska obaveza godišnji pregled i ispitivanje funkcionalnosti i ispravnosti. Slika 8. prikazuje shematski prikaz dijelova „mokre“ i „suhe“ sprinkler mreže.

4.2.1.1. Mokri sprinkler sustav

Mokri sprinkler sustav je automatski sustav na raspršenu vodu u kojem je cjevovod ispred i iza ventila napunjen vodom pod tlakom. Sustav se upotrebljava kada nema opasnosti od smrzavanja ni isparavanja vode u cijevima. Sprinkler mlaznice mogu biti instalirane kao viseće ili stojeće. Broj sprinkler mlaznica priključenih na jedan ventil ovisi o razni opasnosti šticećenog objekta. Za objekte koji imaju malu opasnost on nastanka požara iznosi 500 mlaznica po ventilu, a za objekte s velikim rizikom od

nastanka požara 1000 mlaznica po ventilu. Na slici 8 možemo vidjeti shematski prikaz svih elemenata mokrog sprinkler sustava.

Osnovni dijelovi:

- izvor vode,
- sistem cjevovoda,
- sprinkler stanica,
- mokri sprinkler ventil,
- alarmno zvono (hidraulično i električno),
- tampon boca,
- tlačna sklopka ili električni signalni uređaj,
- sprinkler mlaznice,
- vatrodojavni sustav.

4.2.1.2. Suhi sprinkler sustav

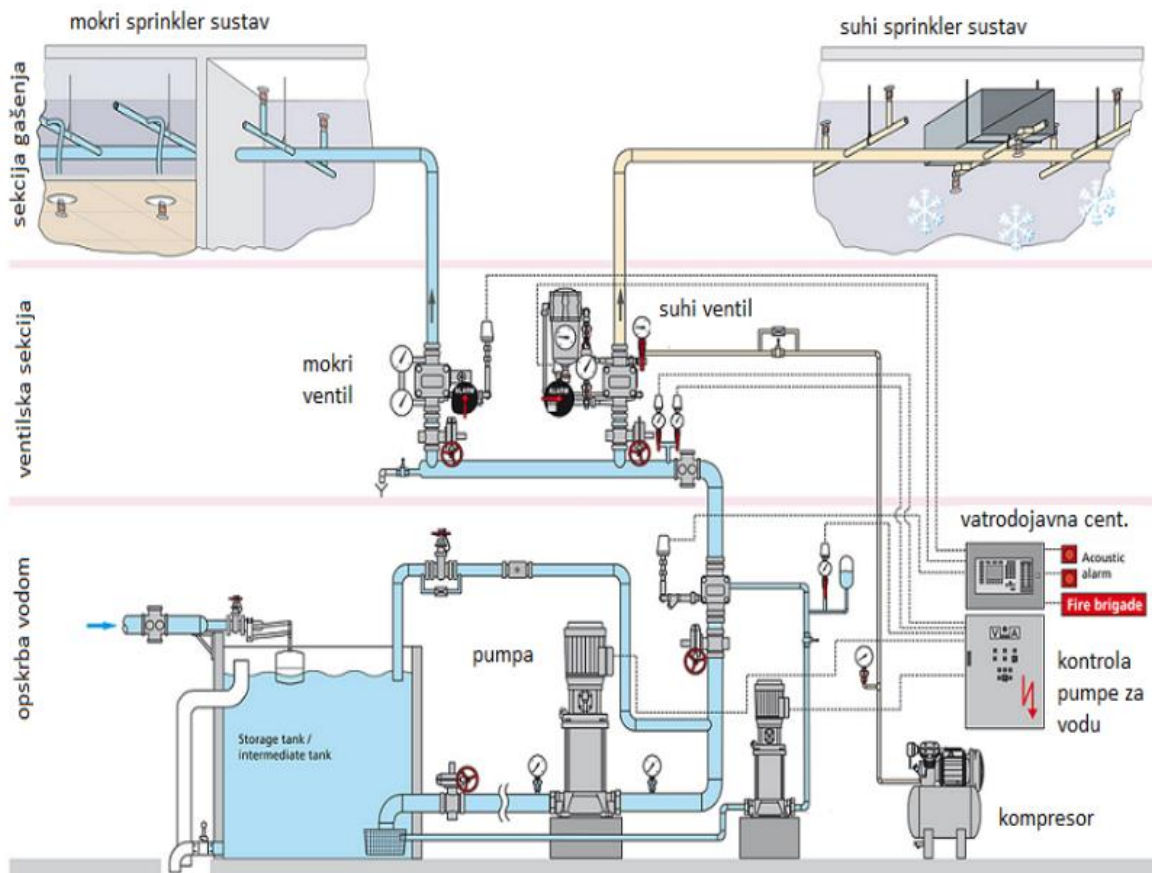
Suhi sprinkler sustav je automatski sustav na raspršenu vodu u kojemu su cijevi od sprinkler ventila do sprinkler mlaznica napunjene komprimiranim zrakom, a ostali dio cjevovoda ispred sprinkler ventila napunjen vodom pod tlakom. Suhi sprinkler ventili izrađuju se s ubrzivačem ili bez njega. Na slici broj 8 možemo vidjeti sve elemente suhog sprinkler sustava.

Maksimalni broj mlaznica po ventilu ovisi o opasnosti nastanka požara:

- za male opasnosti od požara – 250 komada s ubrzivačem, 125 komada bez ubrzivača,
- za srednje opasnosti od požara – 500 komada s ubrzivačem, 250 komada bez ubrzivača,
- za velike opasnosti od požara (uređaj mora imati ubrzivač) – 500 komada s ubrzivačem.

Osnovni dijelovi:

- zasun,
- suhi sprinkler ventil,
- ventil za ispust vode,
- ventil za punjenje sistema,
- kompresor,
- alarmni uređaj,
- tlačna sklopka,
- električno alarmno zvono,
- mlaznice,
- ventil za ispitivanje,
- uređaj za zrak,
- sigurnosni ventil.



Slika 8. Shematski prikaz dijelova „mokre“ i „suhe“ sprinkler mreže [2]

4.2.2. Stabilni sustav za gašenje – drencher

Sprinkler sustavu za zaštitu od požara sličan je drencher sustav za gašenje požara raspršenom vodom. Drencher sustav je sustav za gašenje požara s nizom mlaznica za raspršivanje vode ili stvaranje magle koje su stalno otvorene, a u slučaju požara gase sve mlaznice koje su cjevovodom priključene na zajednički ventil.

Drencher sustav je stabilni sustav za gašenje požara koji se projektira i izvodi za slučajeve kad je moguće brzo širenje požara, s ciljem usporavanja širenja požara i početnog gašenja požara. Najčešće se koristi za odvajanje dijela prostora (Slika 9.) koji je zahvaćen požarom (vodena zavjesa), hlađenje spremnika tekućina s niskom točkom zapaljenja.

Osnovna razlika u odnosu na sprinkler sustav prvenstveno je u tome što su mlaznice na cjevovodu otvorene. Cjevovod koji je povezan s izvorom vode preko drencher ventilne stanice i postavljen u štíćenom prostoru, nakon aktiviranja ventila dolazi do gašenja istovremeno u cijelom štíćenom prostoru.

Najčešću primjenu ovog sustava nalazimo u kazalištima, lakirnicama, naftnoj industriji, spremnicima goriva, kablovskim kanalima, postrojenjima za reciklažu.



Slika 9. Drencher sustav – vodena zavjesa [7]

4.2.3. Stabilni sustav za gašenje – halon

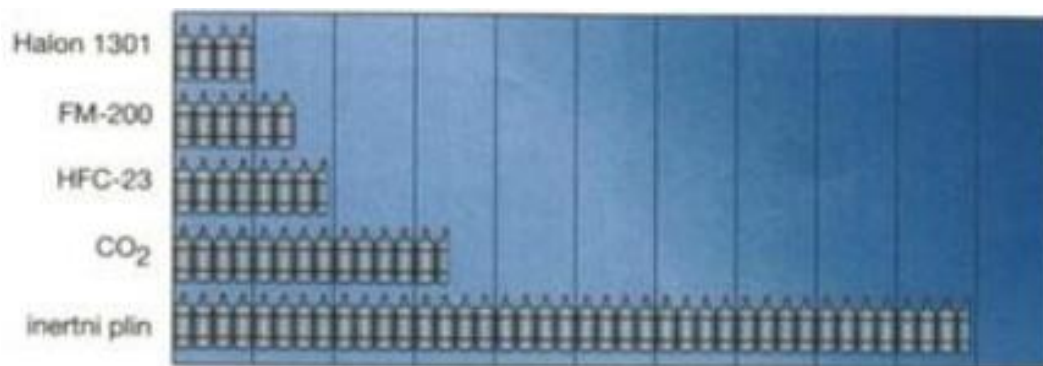
Halon je "Clear agent". Nacionalno udruženje za zaštitu od požara definira "Clear agent" kao "električno neprovodljivo, hlapljivo ili plinovito sredstvo za gašenje požara koje ne ostavlja talog pri isparavanju."

Haloni pripadaju supstancama koje uništavaju ozonski omotač. Zbog uništavanja ozonskog sloja haloni su u razvijenim zemljama izbačeni iz upotrebe 1. siječnja 1994., dok je za zemlje u razvoju u koje spada i Hrvatska određen krajnji rok 1. siječnja 2010. Izuzetak je primjene halona za kritične namjene. Na osnovu dozvole Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine (Član 4. propisa EU2037/2000),

moguće je za posebne namjene koristiti halonske aparate u sljedećim slučajevima: [8]

- u avionima - za gašenje požara motora, za zaštitu kabine za posadu i tovarnog prostora,
- za osobnu zaštitu službenih lica (vojska, policija, vatrogasci).

Slika 10. prikazuje različite količine plina potrebnog za gašenje prostora istog volumena.



Slika 10. Količina plina potrebnog za gašenje prostora istog volumena [7]

4.2.4. Stabilni sustav za gašenje – FM-200

FM-200 je bezbojni plin koji se pod pritiskom ukapljuje radi skladištenja. Ima nisku razinu toksičnosti i nadtlačen je dušikom do 24,8 bara (360psi). Brzo gasi najčešće pronađene požare kombinacijom kemijskih i fizičkih mehanizama.

Sustavi koji koriste FM-200 su vrlo pouzdani za pružanje učinkovitih rješenja zaštite od požara za imovinu, proizvodne pogone i skladišne prostore velike vrijednosti, kao i ljude koji rade u tim zaštićenim područjima. FM-200 ne sadrži brom ili klor, pa stoga ima nula potencijala za oštećenje ozonskog omotača.

Postojeći sustavi za kontrolu halona i CO₂ koji udovoljavaju zahtjevima relevantnih nacionalnih ili međunarodnih standarda idealno su pogodni za upotrebu s FM-200 i

mogu se modificirati tako da rade kao dio sustava FM-200. Zbog razlika u koncentraciji i fizikalnim karakteristikama plinova, prilikom izmjene postojećeg sustava bit će potrebno promijeniti ventil spremnika i mlaznice te vjerojatno cjevovode i spremnike za skladištenje. Međutim, zbog sličnosti u opremi, promjena iz Halona ili CO₂ u FM-200 može se postići uz minimalne smetnje i mali ili nikakav zastoj sustava.

4.2.5. Stabilni sustav za gašenje – Novec 1230

Tekućina Novec 1230 ne sadrži ni brom ni klor i ima nula potencijala za oštećenje ozona. Procjenjuje se da je atmosferski životni vijek tekućine Novec 1230 u rasponu od 3-5 dana, a s potencijalom globalnog zagrijavanja od 1, smatra se da tekućina Novec 1230 nema mjerljiv utjecaj na klimatske promjene.

Ovi karakteristike osiguravaju da tekućina Novec 1230 predstavlja istinski održivu tehnologiju. Kad požar izbije u poslužiteljskim sobama, podatkovnim centrima, muzejima i drugim osjetljivim okruženjima, rješenje ponekad može biti štetno poput požara.

Sustav za gašenje požara Novec 1230 koristi inertnu kemikaliju na bazi ugljika koja se snažno bori protiv požara, ali je sigurna za imovinu, ljude i okoliš. Izgleda poput vode, ali ne uzrokuje štetu koja je normalno povezana s vodom, jer ne sadrži vlagu. Rezultat su niži računi za popravak i manji utjecaj na poslovanje. Novec 1230 nema štetnog utjecaja na okoliš. Ima atmosferski vijek trajanja samo pet dana, dok najbliža kemijska alternativa ima atmosferski životni vijek od 33 do 36 godina.

4.2.6. Stabilni sustav za gašenje – pjennom

Pjena za gašenje mješavina je vode, zraka i pjene u određenim omjerima (zrak u pjenu zauzima najveći volumni udio). Omjer između volumena pjene i volumena mješavine vode i pjenila u pjenu naziva se ekspanzija pjene. S obzirom na ekspanziju, pjenu dijelimo na tešku (ekspanzija 4 – 20), srednju (ekspanzija 21 –

200) i laku pjenu (ekspanzija 200 – 1000), jer teška pjena sadrži najmanje zraka, laka pjena najviše. Pjenom je moguće gasiti čak i zapaljive tekućine jer pjena djeluje prigušujuće i istovremeno ima manju gustoću od tekućina. Zahvaljujući svojstvima vode, pjena za gašenje također provodi električnu energiju. Problem se može pojaviti i u slučaju visokih temperatura ili agresivnih tvari koje razgrađuju pjenu.

- kemijsku, koja nastaje kao reakcija otopine natrijevog hidrogen-karbonata (soda bikarbona), aluminijskog sulfata i saponina, pri čemu se ispušta ugljikov dioksid kojim su napunjeni mjehurići kemijske pjene,
- zračnu, kod koje su mjehurići napunjeni zrakom. Tvore ju voda, zrak i pjenilo (hidrolizirani proteini ili posebni deterdženti). Voda i pjenilo miješaju se u određenom omjeru. Razlikujemo tešku, srednje tešku i laganu pjenu. Pjena je lakša ako u njoj ima više zraka. Prikladna je za gašenje požara uslijed zapaljenja tekućina (npr. u naftnoj industriji). Lagana pjena prikladna je za gašenje požara razreda A, osobito u zatvorenim prostorima tako da se njome napuni prostor. Na taj se način pri gašenju uzrokuje manje štete nego pri gašenju vodom,
- mehaničku.

Princip gašenja pjenom je prije svega gušenje, jer je lakša od zapaljive tekućine i zato se zadržava na njenoj površini (Slika 11.). Na taj se način gorivo odvaja od kisika. Njen nedostatak je provođenje električne energije. Zato je ne smijemo upotrebljavati za gašenje uređaja pod električnim naponom i električnih instalacija. Priprema i upotreba pjene za gašenje relativno je jednostavna. S pomoću nje možemo doseći razmjerno veliki domet mlaza i veliki učinak gašenja.



Slika 11. Stabilni sustav za gašenje – pjenom [7]

4.2.7. Stabilni sustav za gašenje – ugljičnim dioksidom

Sustavi za gašenje ugljičnim dioksidom jedni su od najstarijih sustava za gašenje požara. Ovi sustavi koriste efekt gušenja, odnosno smanjenje količine kisika u zraku, te efekt hlađenja, odnosno oduzimanje topline isparavane iz okoline. Ovim sustavima najefikasnije se štite kemijski pogoni, elektroenergetska postrojenja, skladišta raznih zapaljivih materijala, lakirnice, tekstilni pogoni, tvornice gumenih proizvoda, brodovi i sl.

Za gašenje požara pomoću uređaja upotrebljava se tehnički ugljik-dioksid, koji je bez boje i mirisa i električki je nevodljiv. Njegova gustoća je 1,5 puta veća od zraka, a skladišti se u tekućoj fazi u čeličnim bocama ili u rezervoarima pod tlakom.

Volumni udjel CO_2 za gašenje požara guši čovjeka i može izazvati smrt. Maksimalno dopušteni udjel na radnome mjestu iznosi 0,5% što tijekom radnog vremena od 8 sati 5 dana u tjednu ne djeluje štetno na čovjekovo zdravlje.

Mehanizam gašenja požara očituje se na ugušujućem djelovanju, odnosno na sprječavanju dotoka kisika ili nekog drugog oksidansa do tvari koja je zahvaćena požarom.

4.2.7.1. Vrste sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom

Ovisno o vrsti i veličini prostora koji se štiti, zatim o tehničkim i požarnim karakteristikama strojeva i uređaja u ugroženom prostoru, ali kao i o činjenici da li se u tome prostoru nalaze ljudi, postoje dvije vrste sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom i to:

- visokotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom,
- niskotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom.

4.2.7.1.1. Visokotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom

Visokotlačni sustavi za gašenje požara s ugljikovim dioksidom dizajnirani su za manje objekte/prostore koji su osjetljivi na vlagu. Za razliku od svoje velike braće s niskim tlakom, ovi sustavi koriste manje spremnike pod tlakom (do 100 kilograma). Ovi spremnici se mogu međusobno povezati za brzo istovremeno istjecanje. Ova značajka sustavima s visokim tlakom daje razumnu dozu skalabilnosti, ali obično nedovoljnu da bi se mogla opravdati uporaba u većim ili više prostorijama. U ovom sustavu CO₂ je uskladišten u bocama pod tlakom od 50 do 60 bara i pri temperaturi okoline. Glavna mu je karakteristika da su boce s uskladištenim CO₂ spojene u tzv. Baterije (Slika 12.), od kojih se prvo aktivira tzv. pilot boca.

Sustav se može aktivirati ručno, pneumatski ili preko vatrodjave. U ovakvim sustavima obavezan je pred alarm, kako bi se upozorile osobe da napuste štićeni prostor, jer će u roku od 30 sekundi nakon alarmiranja početi istjecati CO₂ u prostor.

[9]

Dijelovi visokotlačnog sustava:

- spremnici s CO₂ volumena do 67 litara, punjeni do 50 kg CO₂ i opremljeni sa brzootvarajućim ventilima, nepovratnim ventilima, visokotlačnim crijevima i sabirnim cjevovodima povezani u tzv. bateriju boca,
- zonski ventil s pneumatskim cilindrima i polugama za ručno aktiviranje sustava,
- sustav pneumatskog aktiviranja, s ormarima opremljenim posebnom armaturom i uređajima za vremensku odgodu aktiviranja,
- razvodni cjevovodi, mlaznice, te akustični i optički signalni uređaji.



Slika 12. Visokotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom [7]

4.2.7.1.2. Niskotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom

Niskotlačni sustavi ugrađuju se na kopnene i brodske instalacije. Osnovna im je karakteristika da mogu skladištiti velike količine ugljičnog dioksida, pa se njima mogu štititi prostori velikih volumena.

Ovim se sustavima može štititi više zona gašenja, a mogu se aktivirati automatski, poluautomatski ili ručno. Spremnik niskotlačnog uređaja je izoliran i u sklopu sustava se nalazi rashladni uređaj koji održava konstantan tlak i temperaturu. U ovim spremnicima (Slika 13.) može se pohraniti i do 40 tona ugljičnog dioksida, a moguće su i kombinacije više spremnika.

Veliki sustavi za suzbijanje ugljičnog dioksida niskog tlaka dizajnirani su za vrlo velike objekte. Ovi projekti koriste izuzetno velike rashladne spremnike kapaciteta između 150 - 5 500 kilograma.

Spremnik CO₂ je izrađen od posebnog čelika otpornog na niske temperature, izoliran toplinskom izolacijom, pokazivačem nivoa ugljičnog dioksida u spremniku, sigurnosnom i ostalom posebnom armaturom, te postoljem na kojem su smješteni ostali dijelovi sustava. Radni tlak je oko 23 bara pri 18°C. [10]

Prednosti niskotlačnog sustava:

- veličina čitavog uređaja zauzima manje prostora nego baterije s bocama (ovisno o količini uskladištenog ugljičnog dioksida),
- nadopunjavanje spremnika je jednostavnije, dok se kod visokotlačnog sustava sve boce moraju odspojiti, odnijeti na punjenje, vratiti i opet montirati, te ispitati da li je sve ispravno jednostavnija i sigurnija zaštita za više zona,
- jednostavnije rukovanje u slučaju ručnog aktiviranja malim povećanjem cijene moguće je osigurati dvostruku količinu CO₂.



Slika 13. Spremnik niskotlačnog sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom

[4]

4.2.7.2. Vrste zaštite objekata ugljičnim dioksidom

Ugljični dioksid kao stabilan plin koji gasi požar efektom gušenja i hlađenja, prvenstveno je pogodan za potpunu ili cjelovitu zaštitu od požara ugroženih područja, ali i za lokalnu ili djelomičnu zaštitu, u vrlo širokom rasponu (industrijska postrojenja, unutarnji transformatori, lakirnice itd.).

4.2.7.2.1. Potpuna zaštita ugljičnim dioksidom

Potpuna zaštita je zaštita prostora zatvorenog od susjednih prostorija vatrootpornim zidovima i vratima zasićenjem ugljičnog dioksida. (Slika 14.) S potpunom zaštitom, vrata za evakuaciju automatski se zatvaraju kada se otvore ventili za ispuštanje ugljičnog dioksida, ali tako da se mogu ručno otvoriti. Zbroj površina otvora koji se ne mogu zatvoriti i nalaze se u donjoj polovici visine zaštićenog prostora, izražen u m^2 , ne smije prelaziti 3% veličine tog prostora. Aktiviranjem stabilnih uređaja, svaki prisilni protok zraka mora se istodobno automatski isključiti, a svi otvori u požarnom sektoru moraju se automatski zatvoriti.

Otvori koji se ne mogu zatvoriti i nalaze se u donjoj polovici visine požarnog sektora, a njihova površina ne prelazi $6 m^2$, zaštićeni su posebnim mlaznicama kako bi se stvorila zavjesa od ugljičnog dioksida. [4]

Minimalna potrebna količina ugljičnog dioksida po $1 m^2$ prostora određuje se ovisno o veličini požarnog sektora koji se štiti. (Tablica 4.)



Slika 14. Potpuna zaštita ugljičnim dioksidom [4]

Tablica 4. Količina ugljičnog dioksida ovisno o obujmu prostora [4]

Obujam prostorije (m ³)	Ugljični dioksid (kg/m ³)
1 do 100	1,00
od 100 do 300	0,95
od 300 do 500	0,90
od 500 do 1000	0,85
od 1000 do 1500	0,80
od 1500 do 2000	0,75
preko 2000	0,70

4.2.7.2.2. Djelomična zaštita ugljičnim dioksidom

Djelomična zaštita podrazumijeva zaštitu pojedinačnih predmeta ili dijelova prostora unutar prostorije (Slika 15.), a primjenjuje se i u slučajevima kada se unaprijed mogu utvrditi mjesta i veličine mogućih požara. Uspješno se primjenjuje na tekstilnim strojevima, procesnim pogonima, uljnim transformatorima, posudama za kaljenje, tiskarskim strojevima, spremnicima itd.

Oko objekta mora biti 5 m prostora koji će biti zaštićen u svim smjerovima u kojem ne smije biti tvari koja bi mogla prenijeti vatru. Propuštanje ugljičnog dioksida s djelomičnom zaštitom mora trajati manje od 30 sekundi. Ako ispušteni ugljični dioksid prelazi 5% ukupnog volumena prostorije, potrebno je ugraditi uređaj za polagani izlazak. [4]



Slika 15. Djelomična zaštita ugljičnim dioksidom [4]

4.2.7.3. Osnovni dijelovi stabilnog sustava za gašenje požara s ugljičnim dioksidom

4.2.7.3.1. Vatrodojavna centrala

Vatrodojavna centrala (Slika 16.) je glavni dio vatrodojavnog sustava. Njezin zadatak je ostvarivanje komunikacije s automatskim javljačima koji joj prosljeđuju informacije o stanju okoline u kojoj se nalaze. Na temelju dobivene informacije centralna jedinica vrši daljnje radnje u smislu prosljeđivanja alarma, obavijesti ili nekog naloga za izvršenje.

Kontinuirano nadziru funkcionalnost sustava za gašenje i po potrebi ih električno aktiviraju. Osim toga, komuniciraju sa sustavima za upravljanje rizikom.

Prostor u kojem se nalazi vatrodojavna centrala mora biti zasebni požarni sektor i dodatno zaštićen od utjecaja okoline.



Slika 16. Vatrodojavna centrala u stabilnom sustavu [7]

4.2.7.3.2. Spremnici s ugljičnim dioksidom

Spremnici za ugljikov dioksid razlikuju se ovisno o tome radi li se o visokotlačnom ili niskotlačnom stabilnom sustavu za gašenje požara. U visokotlačnom sustavu ćelija ugljičnog dioksida sastoji se od čeličnih spremnika u kojima je pohranjen ugljični dioksid, pneumatskih i mehaničkih ventila za boce, elektromehaničkog okidača,

vodilica utega s mikroprekidačem i blokadom, utega, okvira baterije sa zaštitnom mrežom i ručno aktiviranje.

Čelični spremnici proizvedeni su u skladu s Tehničkim propisima za proizvodnju i uporabu pokretnih spremnika za komprimirane, tekuće plinove i tlakove pod tlakom. Standardizirana punjenja boca u visokotlačnom sustavu su između 30 i 50 kg. Svaka boca mora imati izlazni ventil koji mora biti dizajniran tako da se njime može upravljati pojedinačno ili zajedno s ventilima drugih boca. Ti ventili omogućuju izlazak ugljičnog dioksida u razdjelnik. Svaka boca mora imati sigurnosni ventil i uređaj za kontrolu punjenja (vaga ili slično).

Ako kontrola boca pokaže smanjenje količine ugljičnog dioksida za više od 10%, moraju se zamijeniti ili dopuniti. Ventili s mehaničkim, odnosno s pneumatskim čepom. Pri aktiviranju ventila mehaničkom kapom, klip ventila je potiskuje sustav poluga u donji položaj, oslobađajući izlaz ugljičnog dioksida iz boce.

Na pneumatski pad pritisak ventila potiskuje tlak ugljičnog dioksida iz pobudne cijevi, koja je visokotlačnom gumenom cijevi povezana s pneumatskim čepom, i otpuštena. Ugljični dioksid izlazi iz spremnika kroz priključak razdjelnika.

Spremnici se izrađuju s jednim ili dva reda boca s ugljičnim dioksidom, a moguća je i gradnja s više od dva reda boca (ovisi o veličini štíćenog prostora). Baterija boca smještena je u posebnu prostoriju u kojoj je temperatura od -10 do 40°C.

Niskotlačni sustav za gašenje ugljičnim dioksidom koristi se za zaštitu velikih zatvorenih prostora poput spremnika i strojarnica velikih brodova. Ohlađeni ugljični dioksid čuva se pod tlakom od 15 do 25 bara i na temperaturi od -30 do -10°C u spremnicima s posebnom izolacijom. Radni tlak od 20 bara i temperatura od -21°C postižu se pomoću rashladne jedinice. Uz rashladnu jedinicu, postoje dva kompresora (radni i rezervni) sa zračnim ili vodenim hlađenjem. Spremnici se izrađuju u različitim kapacitetima punjenja (2-5 tona) hladno vučenog, sitnozrnog konstrukcijskog čelika i s opremom za mjerenje razine punjenja i alarmiranja, s dvostrukim sigurnosnim ventilima i priključcima za punjenje. [4]

4.2.7.3.3. Ventilna stanica

Ventilna stanica (Slika 17.) za uređaje s ugljičnim dioksidom se upotrebljavaju u situacijama kada se jednom stanicom zaštićuje više odvojenih prostora ili objekata. Tada se u slučaju požara sva količina ugljičnog dioksida iz stanice preusmjerava preko razdjelnih ventila u prostor koji je zahvaćen požarom.

Ventilna stanica povezana je s kolektorskim cjevovodom koji je izravno povezan sa sabirnom cijevi sustava. U trenutku aktiviranja, elektromehanički okidač oslobađa uteg koji svojim padom otvara razvodni ventil i omogućuje prolazak ugljičnog dioksida do mjesta požara. Padom utega zatvara i kontakt graničnog prekidača, odakle se signal o aktiviranju sustava šalje na upravljačku ploču vatrogasnog alarma.



Slika 17. Ventilna stanica u sustavu za gašenje požara ugljičnim dioksidom [7]

4.2.7.3.4. Uređaj za vremensku odgodu ispuštanja ugljičnog dioksida

Budući da je ugljični dioksid u koncentracijama za gašenje opasan po život, aktiviranje se iz sigurnosnih razloga dodatno odgađa za 30 sekundi, a gumbi za zaključavanje u gašenju nalaze se na unutarnjoj strani zaštićenih prostorija - blokira aktivaciju pritiskom i ponovno odbrojava 30 sekundi nakon puštanja.

U brodskim instalacijama ne koristi se automatsko aktiviranje, već isključivo ljudskom odlukom ručnim otvaranjem ventila na pilot spremniku u visokotlačnom

sustavu, koji aktivira pneumatski sustav za otvaranje razvodnog ventila za ugljični dioksid. Slika 18. prikazuje uređaj za vremensku odgodu ispuštanja ugljičnog dioksida.



Slika 18. Uređaj za vremensku odgodu ispuštanja ugljičnog dioksida [7]

4.2.7.3.5. Cjevovod i mlaznice

Cjevovod za dovod ugljičnog dioksida od mjesta skladištenja do mjesta upotrebe (mlaznica) izrađen je od čeličnih cijevi. Sigurnosni ventil postavljen na $2/3$ vrijednosti ispitivanog tlaka u cjevovodu postavlja se na cjevovod između uskladištenog ugljičnog dioksida i razdjelnih ventila. Uređaj za odvod vode mora biti instaliran na svakoj točki cjevovoda gdje se može sakupljati kondenzirana voda. Vanjska strana cjevovoda zaštićena je od korozije i mehaničkih oštećenja, a unutarnja od agresivnih para i plinova te mehaničkih nečistoća postavljanjem poklopaca na mlaznice koji odbijaju tlak u slučaju aktiviranja sustava.

Cjevovod mora biti tako dimenzioniran da niti na jednom mjestu za vrijeme rada sustava na visokotlačnom sustavu pri 21°C nije manji od 20 bara, a na niskotlačnom od 10 bara.

Mlaznice su krajnji element sustava gdje se ugljični dioksid raspršuje na štíćeni prostor, odabir broja, tipa i rasporeda mlaznica obavlja se prema prostoru, izrađuju se od nehrđajućeg materijala, promjer izlaznog otvora na mlaznici određuje se sukladno traženom protoku, najmanji promjer mora biti veći od 7 mm^2 . Mlaznice

moraju biti tako dimenzionirane da u zadanom vremenu gašenja na štíćenu površinu izbace dovoljnu količinu ugljičnog dioksida.

Na unutarnjim zaštitnim uređajima jedna mlaznica može zaštititi najviše 30 m². U požarnim sektorima višim od 3 m, mlaznice ugljičnog dioksida postavljaju se ispod stropa i na 1/3 visine vatrogasnog sektora, a kroz mlaznice na 1/3 visine vatrogasnog sektora oko 35% ukupne mase ispuštenog ugljičnog dioksida mora izaći. Slika 19. prikazuje različite tipove mlaznica za ispuštanje ugljičnog dioksida.



Slika 19. Različiti tipovi mlaznica za ispuštanje ugljičnog dioksida [7]

4.2.7.3.6. Uređaj za ručno aktiviranje sustava

Budući da je ugljični dioksid u koncentracijama za gašenje također opasan po život, iz sigurnosnih se razloga aktiviranje automatski odgađa na 30 sekundi, a sklopka za uključivanje/isključivanje u gašenju nalaze se na unutarnjoj strani zaštićenih prostorija - blokira aktivaciju pritiskom i ponovno odbrojava 30 sekundi do ponovnog otvaranja ventila. Na brodskim instalacijama ne koristi se automatsko aktiviranje, već isključivo ljudskom odlukom, tj. ručnim otvaranjem pilot ventila u visokotlačnom sustavu, koji aktivira pneumatski sustav za otvaranje ventila. Slika 20. prikazuje uređaji za ručno aktiviranje sustava.



Slika 20. Različiti tipovi uređaja za ručno aktiviranje sustava [7]

4.2.7.3.7. Vrste javljača požara

Bez obzira na korištenu tehnologiju, vatrodojavni detektori su najbitniji dio sustava jer je njihov pravilan odabir i smještaj preduvjet za rano otkrivanje požara. Suvremeni sustavi ranog otkrivanja i alarmiranja požara moraju otkriti i adekvatno reagirati kada je požar još u početnoj fazi gorenja.

Detektori požara razlikuju se ovisno o načinu aktiviranja (ručni i automatski javljači požara), te vrstama otkrivanja produkata izgaranja, ovisno o tome reagiraju li na plamen, dim ili temperaturu.

Vrste automatskih javljača požara:

- **dimni detektori** (aspiracijski, laserski, barijere, ionizacijski i optički),
- **termički detektori** (termodiferencijalni, termomaksimalni i kombinirani),
- **plameni detektori** (infracrveni i ultraljubičasti detektori),
- **javljači plina.**

Svjetlosna i zvučna signalizacija požara. U mnogim industrijskim i proizvodnim pogonima buka strojeva i opreme je nezaobilazan pojam. Iz tog razloga vrlo je bitna svjetlosna signalizacija požara koji po svojem intenzitetu i boji moraju biti različiti i upadljivi od svih ostalih signalnih lampica u pogonu.

Unutarnje i vanjske sirene zadužene su za zvučnu signalizaciju. Sirene moraju biti crvene boje, te mogu biti sa svjetlosnom signalizacijom ili bez.

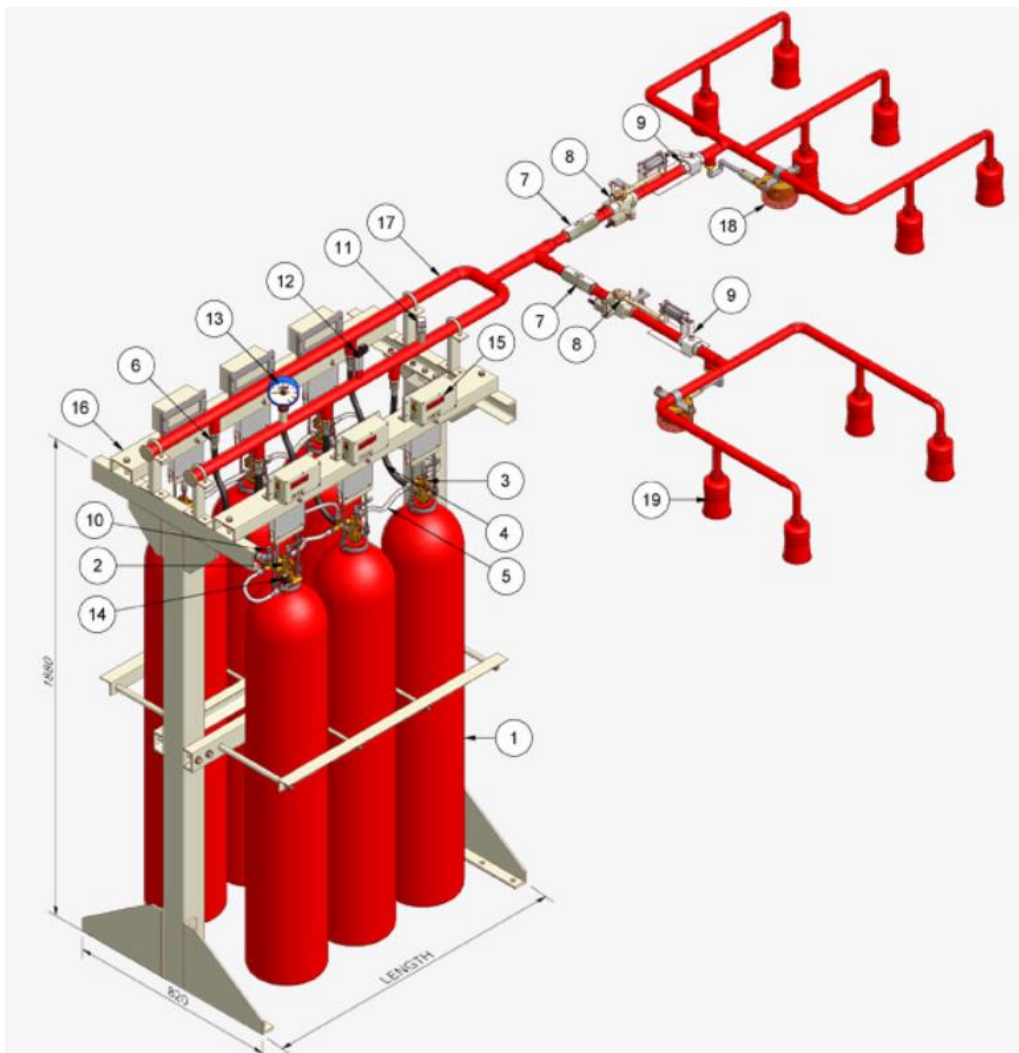
Nakon otkrivanja požara u zgradi zaštićenoj sustavom za gašenje ugljičnim dioksidom i gdje se očekuje zadržavanje određenog broja ljudi, postavljaju se

posebne sirene koje upozoravaju ljude koji su se našli u ugroženom području da napuste prostor jer će uskoro započeti gašenje pomoću ugljičnog dioksida. Također, zvuk sirene mora biti drugačiji i glasniji od ostalih zvukova koji se očekuju u prostoru zaštićenom sustavom gašenja.

4.2.7.4. Opis funkcioniranja stabilnog sustava za gašenje požara s ugljičnim dioksidom

Nakon detekcije požara putem ručnog javljača požara ili preko detektora požara, šalje se signal u vatrodojavnu centralu koja zaprima signal i raspoznaje ga kao požarni alarm. Paralelno s time, vatrodojavna centrala aktivira svjetlosnu i zvučnu signalizaciju o požaru u prostoru u kojem je detektiran požar, te aktivira sirenu za uzbuđivanje osoba u šticienom prostoru zbog gašenja požara s ugljičnim dioksidom, što je znak da osobe napuste prostor u što kraćem roku. To je vremenska odgoda, odnosno zatezno vrijeme aktiviranja sustava gašenja koje traje 30 sekundi od zaprimanja signala o požaru u šticienom prostoru, te u tome vremenu zatvaraju se svi otvori i vrata, te se gasi ventilacija u šticienom prostoru. Ukoliko osobe ne uspiju napustiti prostor u vremenskom periodu odgode aktiviranja gašenja, vrata na izlaznim putovima koja su se automatski zatvorila, imaju mogućnost i ručnog otvaranja. Nakon isteka zateznog vremena preko vatrodojavnog sustava aktivira se pilot boca u visokotlačnom sustavu preko pneumatskog ventila nakon koje se otvaraju i druge boce, te ugljični dioksid ispunjava cjevovod i dolazi do krajnjih elemenata sustava za gašenje, odnosno do mlaznica za disperziju ugljičnog dioksida u opožareni prostor. [2]

Slika 21. prikazuje Shematski prikaz izvedenog visokotlačnog sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom



Slika 21. Shema izvedenog visokotlačnog sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom [4]

- 1 – spremnik s ugljičnim dioksidom; 2 – glavni ventil; 3 – pomoćni ventil;
 4 - fleksibilno ispusno crijevo; 5 - fleksibilno crijevo za međusobno povezivanje;
 6 - nepovratni ventil; 7 - ugrađeni nepovratni ventil; 8 – osigurač ventila;
 9 - usmjereni ventil; 10 - ventil za odzračivanje; 11 - sigurnosni otpusni ventil;
 12 - prekidač; 13 – manometar; 14 - elektromagnetski ventil; 15 - digitalni pokazatelj mršavljenja; 16 - okvir za montiranje cilindra; 17 – razdjelnik; 18 - sirena;
 19 - mlaznica za pražnjenje ugljičnog dioksida; 20 - pokazatelj pražnjena

5. ODRŽAVANJE STABILNOG SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA S UGLJIČNIM DIOKSIDOM

5.1. Općenito o održavanju

Ove smjernice pružaju najmanju preporučenu razinu održavanja i inspekcije za sustave za gašenje požara s ugljikovim dioksidom i imaju za cilj pokazati da se sustav održava u ispravnom stanju. Ove su Smjernice namijenjene dopunjavanju uputa za održavanje odobrenih od proizvođača sustava za gašenje požara. Određene postupke održavanja i preglede mogu provoditi nadležne članove posade, dok bi druge trebale izvoditi osobe posebno obučene za održavanje takvih sustava. Plan održavanja trebao bi naznačiti koje dijelove preporučenih pregleda i održavanja treba dovršiti obučeno osoblje.

Kad god su sustavi za gašenje požara s ugljikovim dioksidom podvrgnuti inspekciji ili održavanju, trebaju se poštivati stroge sigurnosne mjere kako bi se spriječila mogućnost da pojedinci koji izvode ili svjedoče radnjama budu izloženi riziku. Prije izvođenja bilo kakvih poslova, treba izraditi sigurnosni plan koji će uzeti u obzir svo osoblje i uspostaviti učinkovit sustav komunikacije između inspeksijskog osoblja i dežurnog osoblja. Mjere za izbjegavanje slučajnih pražnjenja poput zaključavanja ili uklanjanja upravljačkih krakova s usmjerenih ventila ili zatvaranja i zaključavanja ventila blok-sustava trebaju se poduzeti kao početni postupak zaštite osoblja koje obavlja bilo kakvo održavanje ili inspekcije. Prije započinjanja posla svo osoblje treba obavijestiti o predstojećim aktivnostima.

5.2. Plan održavanja

Sustavi za gašenje požara s ugljikovim dioksidom trebaju biti u dobrom stanju i dostupni za neposrednu upotrebu. Održavanje i pregledi trebali bi se provoditi u skladu s planom održavanja, uzimajući u obzir osiguravanje pouzdanosti sustava. Plan održavanja na trebao bi biti uključen u sustav upravljanja sigurnošću i trebao bi se temeljiti na preporukama proizvođača sustava, uključujući: [10]

- postupci i upute za održavanje i inspekciju,
- potrebni rasporedi periodičnog održavanja i pregleda,
- popis preporučenih rezervnih dijelova,
- evidencija o pregledima i održavanju, uključujući korektivne radnje poduzete radi održavanja sustava u ispravnom stanju.

Postupak ispitivanja i održavanja proizvođača osigurava se vlasniku za ispitivanje i održavanje sustava. Ovaj postupak mora omogućiti početnu upotrebu opreme kao i povremene ispitne preglede i održavanje sustava. Aktiviranje, oštećenje i o obnavljanju zaštite odmah će se izvijestiti nadležno tijelo.

Nadležno osoblje najmanje jednom godišnje provjerava raspoloživu dokumentaciju iz priručnika za pregled i održavanje koji uključuje cjeloviti slijed postupaka, a cijeli skup sistemskih crteža i proračuna mora se održavati u zaštitnom kućištu. [10]

Postupak održavanja sastoji se od:

- provjere i testiranja rada sustava ugljičnog dioksida,
- provjera da nije došlo do promjena u veličini, vrsti i konfiguraciji opasnosti i sustava,
- provjeriti i testirati sva vremenska kašnjenja za rad sustava,
- provjeriti i ispitati rad svih zvučnih alarma,
- provjeriti i testirati sve vidljive signale za rad,
- provjera jesu li svi znakovi upozorenja postavljeni u skladu s propisima,
- provjeriti jesu li postupci prikladni i jesu li uređaji prijenosni,
- provjeriti i testirati svaki detektor pomoću metoda navedenih u NEPA 72.

Najmanje svakih 30 dana provodi se inspekcija kako bi se procijenilo operativno stanje sustava.

Sva crijeva sustava, uključujući ona koja se koriste kao fleksibilne spojnice ispituju se na 2500 psi (17.239 kPa) za visokotlačne sustave i na 900 psi (6205kPa) za niskotlačne sustave.

Cilj održavanja i ispitivanja nije samo osigurati da je sustav u punom radnom stanju, već će također navesti prijenosni nastavak tog stanja do sljedeće inspekcije. Testovi pražnjenja spremnika provodi se kada bilo koji parametar odstupa. Bilo koji prodor napravljen kroz ograđeni prostor zaštićen sustavom ukupnog ugljičnog dioksida odmah se važe. Metodom brtvljenja vraća se prvobitna ocjena vatrootpornosti kućišta. Izvještaj o održavanju s preporukama podnosi se vlasniku.

5.2.1. Visokotlačni sustav

Najmanje polugodišnje važu se svi visokotlačni spremnici i datum zadnjeg hidrostatskog ispitivanja mora biti označen na svakom spremniku. Visokotlačni spremnici koji se koriste u sustavu za gašenje požara ne smiju se puniti bez hidrostatičkog ispitivanja (i ponovnog označavanja) ako je od datuma posljednjeg ispitivanja proteklo više od 5 godina. Neprekidno u upotrebi bez pražnjenja, dopušteno je da bude u upotrebi najviše 12 godina od datuma posljednjeg hidrostatskog ispitivanja. Nakon 12 godina neprekidnog korištenja spremnici se moraju isprazniti, testirati i ponovno napuniti ako zadovolje sve uvijete ispitivanja. Ako bilo kada spremnik pokaže gubitak neto sadržaja veći od 10%, mora se napuniti ili zamijeniti. [11]

5.2.2. Niskotlačni sustav

Kod niskotlačnih sustava se najmanje tjedno moraju promatrati mjerači razine tekućine u spremnicima s niskim tlakom. Ako u bilo kojem trenutku spremnik pokaže gubitak veći od 10%, potrebno ga je napuniti, osim ako nisu osigurane minimalne potrebe za plinom.

Osobe koje pregledavaju, ispituju, održavaju ili upravljaju sustavima za gašenje požara s ugljikovim dioksidom moraju biti stručno osposobljene za funkcije koje obavljaju.

Postupak provjere ispravnosti sustava za gašenje požara, ako posebnim propisom nije drugačije određeno, sastoji se od: [11]

- pregleda odobrene projektne dokumentacije – pregleda izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje,
- pregleda isprava o uporabljivosti pojedinih elemenata sustava propisanih posebnim propisima kao i isprava o provedenim ispitivanjima propisanih posebnim propisima (npr. tlačne probe),
- provjera stanja sredstva sustava te stanja i ispravnosti rada pojedinih elemenata sustava,
- provjera ispravnosti međusobnih veza pojedinih elemenata sustava (povezanost, nepropusnost, prohodnost i dr.),
- provjera ispravnosti glavnog i pomoćnih izvora napajanja sustava pogonskom energijom,
- provjera ispravnosti rada dijelova sustava koji djeluju u sprezi s drugim sustavima,
- provjera slijeda operacija kod aktiviranja sustava uključujući mogućnost blokade,
- provjera oznaka te indikacija i signalizacije stanja sustava uključujući i stanje kvara,
- mjerenje radnih karakteristika sustava (vremena, količine, protoci, koncentracije, kvaliteta, fizikalne osobine, jakost signala i dr.),
- provjera ručnog i automatskog aktiviranja sustava simuliranjem stvarnog događaja,
- provjere ispravnosti rada sustava u cjelini,
- drugih ispitivanja i provjera koji su neophodni za utvrđivanje ispravnosti sustava.

Provjera ispravnosti sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom prema Pravilniku o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara (NN 44/12) sastoji se od: [11]

- pregleda odobrene tehničke (projektne) dokumentacije,

- pregleda izvedenog stanja u odnosu na projektirano,
- pregleda isprava o kakvoći elemenata sustava sukladno Pravilnika i isprava o tlačnoj probi dijelova sustava za koji su propisane tlačne probe,
- provjere slijeda otvaranja razvodnih ventila i ventila na bocama,
- provjere ispravnosti rada dijelova sustava za dojavu požara koji djeluju u sprezi s izvedenim sustavom – provjere ručnog aktiviranja, rada alarma i mjerenja jačine zvučnog signala,
- provjere mogućnosti blokade aktiviranja i blokade signalizacije,
- mjerenja zateznog vremena i provjere signalizacije na dojavnoj centrali
- provjere indikacije kvara i električnog napajanja,
- provjere ispravnosti rada zaštitnih uređaja i instalacija za sprečavanje nastajanja i širenja požara i eksplozija koji djeluju s izvedenim sustavom,
- provjere količine CO₂,
- mjerenja vremena trajanja ispuštanja medija (kod CO₂ sustava) – simuliranja primjene - ispuštanja medija (kod CO₂ sustava),
- ispitivanje savitljive spojne cijevi između spremnika plinskih sredstava i cjevovoda,
- i drugih ispitivanja koji su neophodni za utvrđivanje ispravnosti.

5.3. Uređaji i oprema za održavanje stabilnog sustava za gašenje požara s ugljičnim dioksidom

Kako bi ispitivanje svih tehnički zahtijevanih parametara sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom moglo biti izvedeno na kvalitetan i siguran način, u svrhu dobivanja pozitivnog izvješća o ispravnosti sustava, za ispitivanje se koristi sljedeća oprema: [11]

- uređaji za aktiviranje svih vrsta javljača požara,
- univerzalni mjerni električni instrument,
- uređaj za mjerenje kapaciteta akumulatorske baterije,

- sredstvo veze (2 komada),
- zaporni sat,
- mjerna traka,
- zvukomjer (0-120 dB) 44,
- higrometar,
- manometri odgovarajućih mjernih područja,
- uređaj za određivanje nagiba cjevovoda,
- komplet za određivanje protoka,
- komplet standardnog alata,
- vaga propisane točnosti,
- reduktor pritiska ispitnog plina,
- adapter za mjernu glavu s pripadajućim cijevima,
- druga neophodna oprema za utvrđivanje ispravnosti sustava.

5.3.1. Manometar

Manometar (Slika 22.) uređaj za mjerenje tlaka plinova, para ili tekućina. Ovisno o namjeni, koriste se i drugi nazivi: vakuumski mjerač se koristi za mjerenje niskih tlakova, barometar za mjerenje atmosferskog tlaka, manometar diferencijalnog tlaka mjeri razlike u tlaku. Plinske ili vodene cijevi koje puštaju može dovesti do nezgode ili štete koja može biti izbjegnuta s redovitim mjerenjem tlaka. Međutim, mjerenje tlaka također pomaže izbjeći štetu na rashladnim i ventilacijskim sustavima, plamenicima ili sustavima komprimiranog zraka, ili da se ista otkrije u ranom stadiju.



Slika 22. Digitalni manometar [12]

5.3.2. Teleskopski štap s dimilicom

Komplet za ispitivanje (Slika 23.) optičkih, toplinskih i CO detektora. Stvara dim, povećanu temperaturu i CO.



Slika 23. Teleskopski štap s dimilicom [12]

5.3.3. Univerzalni mjerni električni instrument

Univerzalni mjerni električni instrument (Slika 24.) je posebno dizajnirani za ispitivanje/testiranje električnih instalacija u industriji.



Slika 24. Univerzalni mjerni električni instrument [13]

5.3.4. Sredstvo veze

Sredstva veze (Slika 25.) su iznimno bitna pri samoj komunikaciji ako dođe do nesreće. Mobiteli isto tako mogu poslužiti kao sredstvo veze u krajnjem slučaju, no digitalno rješenje pruža kvalitetniju povezanost, sigurnost i učinkovitost.



Slika 25. Sredstvo veze [14]

5.3.5. Zaporni sat

Ispitivanje sustava obuhvaća i ispitivanje protoka i tlaka u određenom vremenu, stoga je zaporni sat (Slika 26.) vrlo bitan prilikom ispitivanja sustava.



Slika 26. Digitalni zaporni sat [15]

5.3.6. Komplet standardnog alata

Komplet standardnog alata (Slika 27.) sadržava mnoštvo alata koji prvenstveno služe za mjerenje, rezanje, rastavljanje i sastavljanje raznih spojeva i slično.



Slika 27. Komplet standardnog alata [15]

6. PROCESI ODRŽAVANJA STABILNOG SUSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA S UGLJIČNIM DIOKSIDOM U CPS MOLVE

Sustavi za zaštitu od požara moraju imati visok stupanj pouzdanosti ili biti u operativnom stanju. Kako bi se osigurala potrebna funkcija sustava, oni se moraju održavati na propisani način.

Ovaj dio rada opisuje postupak održavanja i ispitivanja stabilnog sustava za gašenje požara s ugljičnim dioksidom u Ininom postrojenju prerade plina CPS Molve.

Postrojenje prerade plina CPS Molve je postrojenje za obradu i pripremu prirodnog plina za transport. Plin se iz 34 proizvodne bušotine preko 6 plinskih stanica sabirno–transportnim sustavom doprema na obradu na postrojenje prerade plina Molve.

6.1. O kompaniji i pogonu

INA je srednja europska naftna tvrtka, s vodećom ulogom u hrvatskom naftnom poslovanju i snažnom pozicijom u regiji. INA Grupu čini nekoliko tvrtki u potpunom ili djelomičnom vlasništvu Grupe INA. INA je predana poslovanju u skladu s održivim razvojem, što znači da teži integriranju ekonomskih, okolišnih i socijalnih čimbenika u svoje svakodnevno poslovanje. Pokušavajući učiniti energiju dostupnom, INA želi biti pokretač društvenog i ekonomskog razvoja, brinući se o ljudima i okolišu, istovremeno potičući odgovorno poslovanje i lokalna partnerstva.

INA na kopnu proizvodi naftu, prirodni plin i kondenzat više od 65 godina.

Cijeli proces od proizvodnje, sabiranja i obrade ugljikovodika, do pripreme nafte za transport na daljnju obradu u rafineriji te otpremu prirodnog plina u plinski transportni sustav Republike Hrvatske ili direktnu prodaju kupcima.

Infrastruktura se sastoji od:

- proizvodne, utisne i mjerne bušotine sa svojom podzemnom i nadzemnom opremom,
- brojne stanice za mjerenje,

- sabiranje,
- kompresiju,
- obradu i otpremu,
- spremnici,
- mreža cjevovoda te velika postrojenja za obradu i frakcionaciju plina.

Objekt prerade plina Molve (Slika 28.) – centralno postrojenje za obradu proizvedenog plina kako bi bio pogodan za krajnje potrošače, dok se ugljični dioksid prethodno izdvojen iz smjese plina koristi u svrhu EOR projekta te utiskuje i trajno skladišti u Ininim naftnim ležištima.



Slika 28. Prikaz postrojenja za preradu plina CPS Molve [16]

6.2. Opis sustava za zaštitu od požara

Zaštitu od požara i tehnoloških eksplozija čini sveobuhvatni sustav organizacijskih oblika, mjera i aktivnosti koje poduzimaju stručne službe, osobe s

posebnim ovlaštenjima i odgovornostima i svi djelatnici radi provođenja u unapređivanja sustava zaštite od požara i tehnoloških eksplozija. Mjere i aktivnosti koje poduzimaju stručne službe, odnosno ovlaštene osobe i zaposlenici uvjetovane su specifičnostima proizvodnje i tehnoloških procesa. Predmetne mjere i aktivnosti usklađene su sa Zakonom, s podzakonskim aktima i s aktima investitora/vlasnika. Radi obavljanja poslova zaštite od požara formirana je služba za zaštitu od požara, profesionalna Vatrogasna postrojba. Preventivni i operativno preventivni poslovi zaštite od požara obavljaju se unutar organizacijskih jedinica koje imaju djelatnost zaštite od požara.

Zadaci profesionalne Vatrogasne postrojbe određeni su Zakonom i pravilnikom zaštite od požara, a obuhvaćaju:

- pripremu za gašenje požara s obzirom na ljudstvo, mobilnu tehniku i opremu, na samo gašenje požara, te na spašavanje ljudi i imovine ugroženih požarom ili eksplozijom. Nadzor i kontrolu ispravnosti vatrogasne opreme i tehnike, te sustava za dojavu i gašenje požara,
- redovni pregled vatrogasnih aparata,
- požarne straže pri zavarivanju i sličnim radovima kad je to propisano,
- intervencije u slučaju akcidenta i sličnih događaja kojih uzrok nije ni požar ni eksplozija,
- 0-24h dežurstvo u vatrogasnicama lokacije.

Ustroj motrenja, javljanja i uzbunjivanja obavlja se aktivnostima vatrogasne i čuvarske službe i njihovih ophodnji, odnosno instaliranom tehnikom i uređajima (instalacije za dojavu požara, prijenosni i stacionarni radiouređaji, te sustavi za uzbunjivanje).

Sustav za zaštitu od požara temelji se na programabilnoj centrali za dojavu požara koja je smještena u okviru upravljačkog kontejnera TEA 1. Kapacitet centrale je tako dimenzioniran da su zadovoljeni zahtjevi za ukupnim brojem adresa/petlji, odnosno da predmetna centrala može prihvatiti sve elemente predviđene za zaštitu pogonskog prostora TEA 1. Dispozicija, vrsta i količina

javljača, topologija dojavnih zona i način djelovanja sustava sukladni su sa zahtjevima zakonske i normizacijske regulative, Pravilnik o sustavima za dojavu požara NN56/99, preuzetim od RH stranim nacionalnim normama HRN VDE DIN 0833 dio 1 i 2 i europskoj normizaciji skupine EN54. [11]

Sustav za zaštitu od požara na TEA 1 temelji se na sljedećim elementima:

- centrali za dojavu požara,
- infracrvenim detektorima plamena,
- termičkim detektorima,
- optičkim detektorima dima,
- ručnim javljačima požara,
- tipkalima za ručno aktiviranje gašenja,
- zvučnoj i svjetlosnoj signalizaciji,
- lokalnim upravljačko-indikacijskim panelima,
- spremnicima s ugljičnim dioksidom,
- cijevnom razvodu i mlaznicama,
- uređajima za aktiviranje gašenja i signalizaciju statusa CO₂ spremnika.

Za prikaz informacija o stanju sustava predmetna centrala posjeduje upravljačko-indikacijski panel koji zvučno i tekstualno obavještava dežurno osoblje i osobe zadužene za gašenje požara, o stanju sustava i požarom zahvaćenim zonama. Predmetna centrala je smještena u okviru upravljačkog kontejnera skid jedinice. Uz informacije na glavnom upravljačko-indikacijskom panelu sustav se sastoji od tri lokalna upravljačka panela koji su smješteni s obje strane skid jedinice. Lokalni paneli koji se odnose na proctor turbine se sastoje od signalne bljeskalice, tri indikacijske lampice i tipkala za ručno aktiviranje gašenja. Lokalni panel koji se odnosi na prostor generatora se sastoji od signalne bljeskalice i ručnog javljača požara.

Sustav za zaštitu od požara predmetnog postrojenja je sučeljen s upravljačkim sustavom na razini prijenosa signala alarma, te prijenosom sklopnog signala

greške.u okviru kontrolne sobe osigurano je 0-24h dežurstvo. Tablica 5. prikazuje kako signali koji se prenose na upravljački sustav turbine utječu na rad sustava.

Tablica 5. Signali koji se prenose na upravljački sustav turbine [16]

Upravljački sustav	Logika
Otkriven požar	hitno isključivanje; otvorite kočnicu / zaustavite turbinu / zaustavite ventilator ventila / zatvorite zaklopke ventilacije
Gubitak težine CO ₂	aktiviran prekidač utega - alarm; inhibirati početak
Alarm greške	bilo koji kvar protupožarnog sustava - alarm; inhibirati početak
Izolirani CO ₂	ručni uređaj za blokiranje - alarm; inhibirati početak
Premošćivanje CO ₂	nadjačavanje prekidača s tipkama - alarm; inhibirati početak

U okviru prostora turbine (Ex prostor) ugrađeni su prostorno distribuirani automatski infracrveni detektori plamena i termički javljači požara (temperature aktiviranja 135°C) u protueksplozijskoj zaštiti. U okviru prostora turbine također su ugrađene sirena i bljeskalica u protueksplozijskoj zaštiti. Linije napajanja su zaštićene odgovarajuće dimenzioniranom zaštitom.

U okviru prostora generatora ugrađeni su prostorno distribuirani termički javljači požara (temperature aktiviranja 135°C) i optički detektor dima.

Sva oprema sustava za dojavu požara koja je ugrađena u Ex prostoru (termički detektori, infracrveni detektori plamena i elementi zvučne i svjetlosne signalizacije) posjeduje odgovarajući certifikat i namijenjena je za ugradnju u zonu.

Svi kabeli sustava su trajno nadzirani te u slučaju prekida vodiča, dozemnog spoja ili kratkog spoja na liniji centrale i upravljačkom sustavu prikazuju se informacije o kvaru sustava. [16]

Napajanje centrale je iz razvodnog ormara energetskeg napajanja preko zasebnog odvoda. u slučaju ispada glavnog napajanja sustav je opremljen sa svojim vlastitim baterijskim izvorom napajanja koji mu osigurava odgovarajuću autonomiju. U okviru prostora turbine instaliran je sustav za gašenje plinom CO₂.

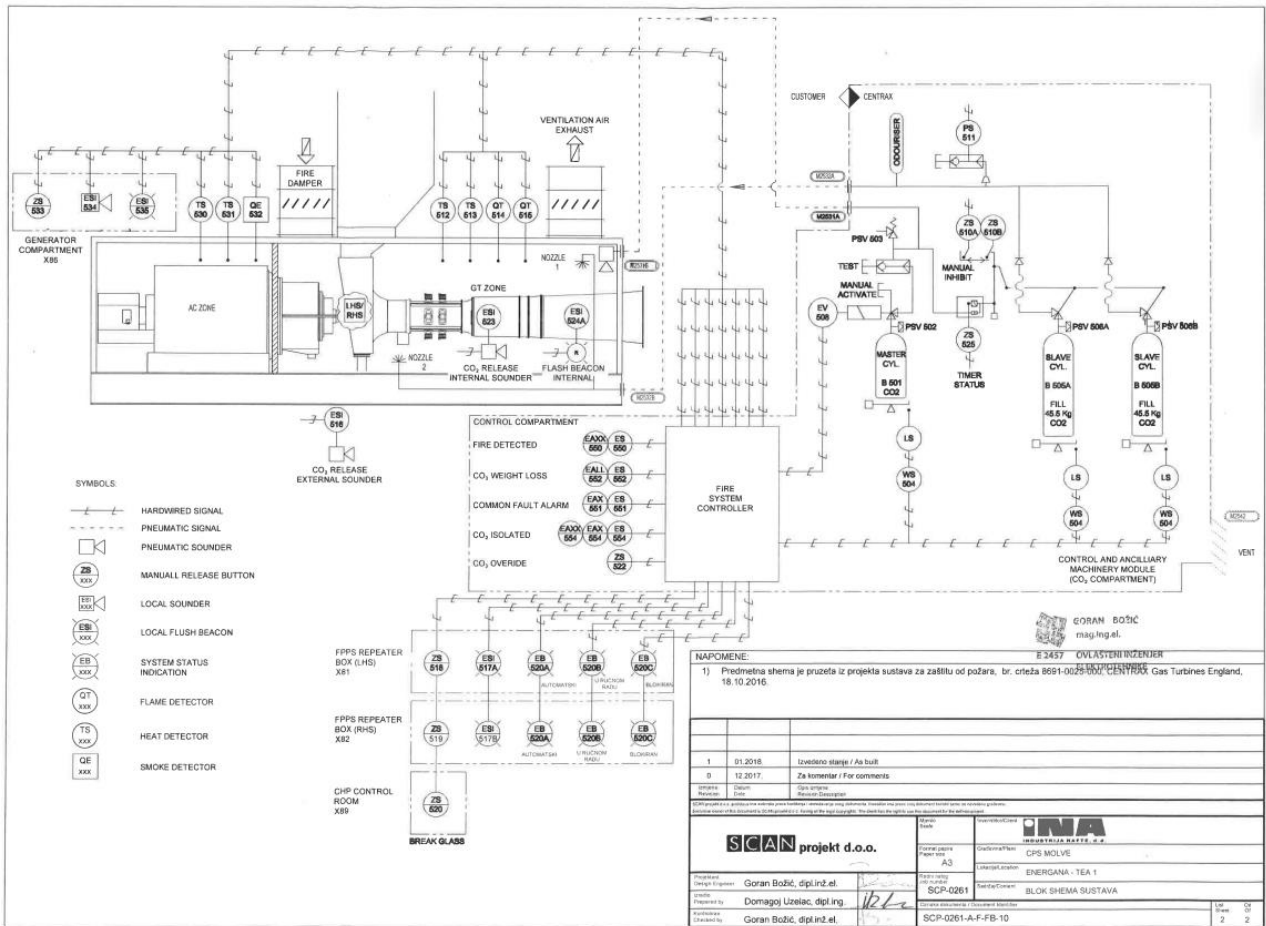
Sustav za gašenje je moguće aktivirati na tri načina:

- **automatski** – centrala sustava za zaštitu od požara aktivira stabilnu instalaciju za gašenje uslijed aktiviranja dva ili više automatskih javljača požara u okviru prostora turbine,
- **poluautomatski** - centrala sustava za zaštitu od požara aktivira stabilnu instalaciju za gašenje uslijed djelovanja na tipkalo za ručno aktiviranje gašenja. Predmetna tipkala su smještena sa svake strane skid jedinice (lokalni paneli X81 i X82) te u okviru kontrolne sobe (panel X89). predmetna tipkala su žute boje,
- **ručno** – stabilna instalacija za gašenje aktivira se izvlačenjem osigurača na poluzi s utegom.

Uz funkciju aktiviranja uslijed detekcije požara centrala za zaštitu od požara nadzire stanje sustava za gašenje te njegova stanja indicira na glavnom i lokalnim upravljačkim panelima X81 i X82 re na upravljačkom sustavu (HMI i radna stanica).

Sustav za zaštitu od požara koristi linijsku topologiju kabliranja te prekid indicira na centrali sustava. Primijenjeni kabeli su plašta crvene boje LSHF, E30. Kabeli su položeni nadzemno. Kabeli su položeni u kabelskim policama na magistralnim terasama odnosno u čeličnim zaštitnim cijevima na perifernim terasama. Kabeli su grupirani i učvršćeni na kabelske police po naponskim razinama. Svi kabeli na početku i kraju imaju oznake pripadnosti sustavu i redni broj (metalne i plastične pločice sukladno okolini primjene).

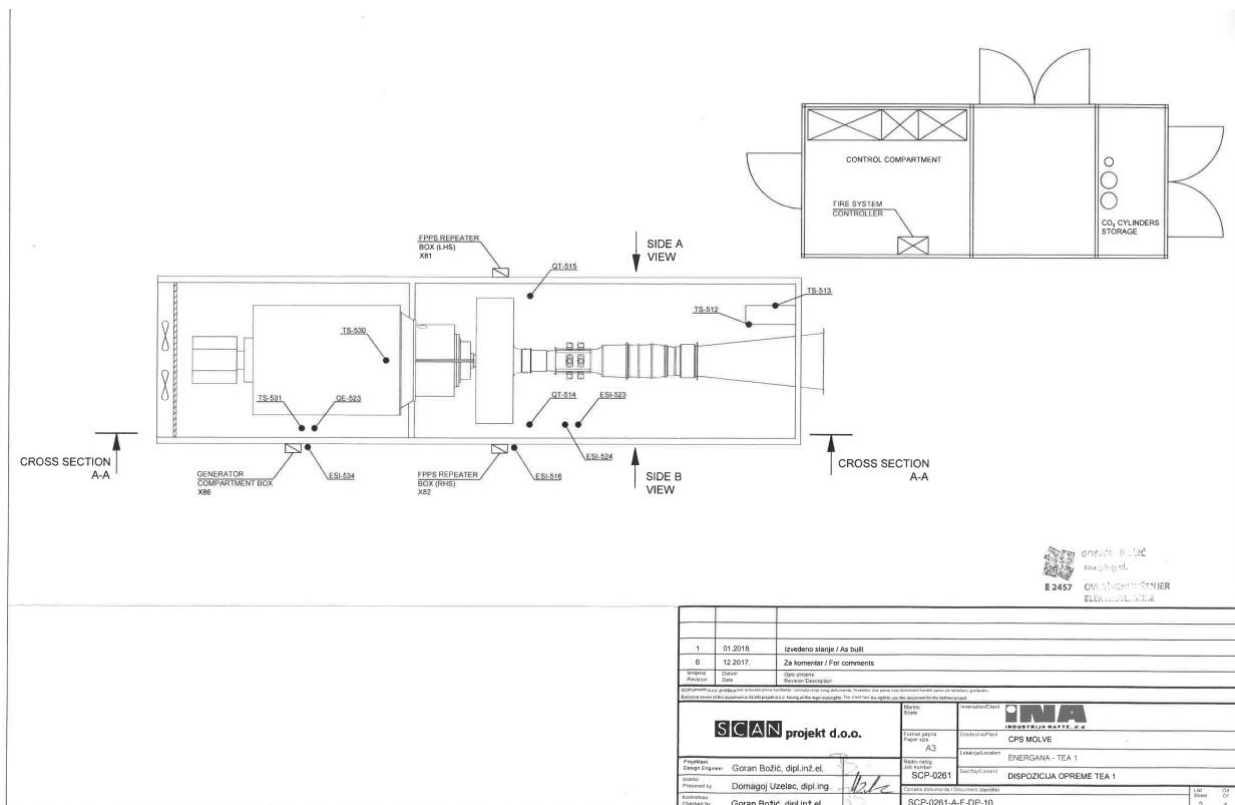
Sva metalna oprema predmetnog sustava (nosači, kabelske police i sl.) je spojena na sustav zaštićenog uzemljenja odnosno izjednačenja potencijala preko sabirnica za izjednačenje potencijala metalnih masa, a preko vodiča minimalnog presjeka 4mm². Slika 29. prikazuje blok shemu sustava. [16]



Slika 29. Blok shema sustava [16]

6.2.1. Zona generatora

Proradom bilo kojeg javljača u okviru prostora generatora (termički detektor ili optički detektor dima ili ručni javljač), centrala generira signal alarmna koji se prosljeđuje na upravljački sustav postrojenja koji pokreće sekvencu zaustavljanja turbine. Centrala za zaštitu od požara emitira zvučni signal alarma. Slike 30. i 31. prikazuju dispoziciju opreme generatora.



Slika 31. Dispozicija opreme generatora – 2 [16]

6.2.2. Zona turbine

Proradom jednog javljača u okviru prostora turbine (termički ili infracrveni detektor ili optički detektor plamena), centrala generira signal alarma koji se proslijeđuje na upravljački sustav postrojenja koji pokreće sekvencu zaustavljanja turbine i otvaranje rasteretnih ventila. Isključuje se ventilacija te se nakon isteka zateznog vremena od 10 sekundi zatvaraju zaklopke. Centrala za zaštitu od požara emitira zvučni signal alarma.

Proradom dva ili više javljača požara u okviru prostora turbine ili aktiviranjem bilo kojeg tipkala za ručno aktiviranje gašenja, centrala generira signal alarma i pokreće sekvencu gašenja. Signal alarma se također proslijeđuje na upravljački sustav postrojenja koji pokreće sekvencu zaustavljanja turbine i otvaranje rasteretnih ventila. Isključuje se ventilacija te se nakon isteka zateznog vremena

od 10 sekundi zatvaraju zaklopke. Centrala preko svojih izlaznih kontakata aktivira alarmne sirene i signalne bljeskalice ugrađene unutar prostora turbine i na vanjskoj strani skid jedinice.

Po zaprimljenom signalu s centrale za gašenje pilot cilindar aktivira zračnu sirenu koje je smještena u prostoru turbine i aktivira mehanički timer. Mehanički timer je podešen na zatezno vrijeme 30 sekundi. [16]

6.2.3. Tehnički proračun sustava za zaštitu od požara

Temeljem DIN VDE 0833 dio 1 i 2, proračun kapaciteta akumulatora temelji se na podacima (Tablica 6.) da postoji stalno 24h zaposjednuto radno mjesto (dežurni operater i dežurna-osoba-lje lokacijske vatrogasne postrojbe), postoji pomoćni izvor napajanja, te odzivu servisnog osoblja u roku 24h (treba biti sastavni dio ugovora investitora s održavateljem sustava) i na potrošnji modula kako slijedi:

Tablica 6. Proračun kapaciteta rezervnog napajanja [16]

RB.	TROŠILO	KOM.	I_n (mA)	I_a (mA)	I_{nuk} (mA)	I_{auk} (mA)	NAPOMENE
1.	FMZ 5000	1	235	335	235	335	
2.	X9800	2	100	150	200	300	
3.	WMX5000	4	0,25	15	1	60	
4.	DS10	2	0,5	420	1	840	
5.	BExS110E	1	0,5	265	0,5	265	
6.	BExBG05E	1	0,5	300	0,5	300	
7.	DMX3100	4	5,00	20	20	80	
8.	PY X-S-05	3	0,5	800	1,5	2400	
UKUPNO (mA)					459,50	4580	
<p>Popis skraćenica:</p> <p>A_h – kapacitet akumulatora (Ah)</p> <p>I_n – nazivna struja uređaja u mirnom stanju (mA)</p> <p>I_a – struja uređaja u alarmnom stanju (mA)</p> <p>I_{nuk} – ukupna struja svih uređaja u mirnom stanju (A)</p> <p>I_{auk} – ukupna struja svih uređaja u alarmnom stanju (A)</p> <p>t_n – vrijeme rada u normalnom stanju (h)</p> <p>t_a – vrijeme rada u alarmnom stanju (h)</p> <p>k – factor pražnjenja ($k=1,25$ za $t \leq 24h$)</p>					<p>Izračun:</p> $A_h = k (I_{nuk} \times t_n + I_{auk} \times t_a)$ $A_h = 1 (0,46 \times 24 + 4,6 \times 0,5)$ $A_h = 13,34Ah$		
<p>Zaključak:</p> <p>Rezervno napajanje sustava za zaštitu od požara je iz dvije akumulatorske baterije 12Vdc/26Ah čime je osigurana automija napajanja u trajanju 24h u mirnom stanju i 0,5h u alarmu. Akumulatorske baterije su u plinotijesnoj izvedbi bez održavanja. Izvor napajanja s UPS funkcijom sukladan EN54-4 je 230Vac/24Vdc/5A</p>							

6.3. Dužnosti korisnika sustava

Sukladno Pravilniku o sustavima za dojavu požara NN54/99 dužnosti korisnika sustava su sljedeće:

Prvo ispitivanje ili ispitivanje preuzimanja. Ispitivanje se obavlja prije tehničkog pregleda novo izgrađene građevine odnosno nakon rekonstrukcije sustava.

Periodično ispitivanje. Provjera ispravnosti koja se obavlja periodično, u propisanim vremenskim razmacima, nakon prvog ispitivanja.

Provjera ispravnosti djelovanja. Korisnik ili od njega ovlaštena osoba mora kod pokazivanja smanjenja trajne pogonske gorivosti sustava, neispravnog funkcioniranja sustava ili kod promjene koje utječu na nadzor sustava (npr. Prenamjena prostorije, preoblikovanje prostorije, promjena tehničkih parametara i sl.) provesti provjeru ispravnosti djelovanja. Stručna osoba zadužena za održavanje sustava utvrđuje se Općim aktom iz područja zaštite od požara vlasnika ili korisnika istog sustava. U slučaju smetnji na sustavu, a na inicijativu korisnika odnosno od njega ovlaštene osobe, obavezno se provjerava njegova ispravnost djelovanja od strane stručne osobe, te se sustav dovodi u ispravno stanje. Provjera ispravnosti djelovanja sustava obavlja se najmanje dva puta godišnje u približno istim vremenskim razmacima.

Pri tome se provjerava ispravnost:

- glavnih vodova,
- uređaja za pokazivanje odnosno upravljanje u centrali,
- uređaja za upravljanje u svezi s uređajima za prosljeđivanje signala, uređajima za upravljanje uređajima za uzbunjivanje i dr.,

- napajanje energijom,
- otpornost na utjecaj smetnji koje nisu uzete u obzir pogonskim mjerama (npr. prenamjena ili preoblikovanje prostora, promjena tehnoloških parametara i sl.).

Svi pogonski događaji koji se odnose na ispravno djelovanje sustava tijekom njegove upotrebe, a naročito slučajevi iz članka 54,-56, Pravilnika o sustavima za dojavu požara (NN br. 56/99), unose se od strane korisnika ili od njega ovlaštene osobe u knjigu održavanja.

U knjigu održavanja unose se i obavljene provjere ispravnosti djelovanja i provedene mjere od strane stručne osobe zadužene za održavanje sustava. Dužnost korisnika sustava je sklopiti ugovor o održavanju s jasnim opsegom i uvjetima održavanja. Ugovor treba minimalno sadržavati:

- definirani opseg, period i uvjet održavanja – periodičko ispitivanje funkcionalnosti, popravke i preventivno održavanje, instalacija novih inačica upravljačkog softwarea i sl.,
- definiranu cijenu održavanja za definirani period održavanja,
- najmanje 24 satni odziv u slučaju kvara.

7. ZAKLJUČAK

Zaštitu od požara i tehnoloških eksplozija čini sveobuhvatni sustav organizacijskih oblika, mjera i aktivnosti koje poduzimaju stručne službe, osobe s posebnim ovlaštenjima i odgovornostima i svi djelatnici radi provođenja u unapređivanja sustava zaštite od požara i tehnoloških eksplozija.

U procesnim postrojenjima cjelovit sustav zaštite od požara podrazumijeva sustav koji će u slučaju pojave opasnih tehnoloških parametara spriječiti mogućnost nastanka požara i tehnoloških eksplozija. Primarne mjere zaštite od požara i tehnoloških eksplozija postižu se kroz pravilno projektiranje, izvođenje, kontrolu ispravnosti i korištenje instalacija i uređaja koji sadrže zapaljive tekućine i plinove. Primarne mjere zaštite od požara i tehnoloških eksplozija su definirane posebnim propisima.

Automatski sustavi za dojavu i gašenje požara postali su nezamjenjiv segment modernog doba i industrije, kao i proizvodni pogoni i procesi. Ove sustave karakterizira iznimna brzina otkrivanja i gašenja požara.

Sustavi za gašenje požara s ugljikovim dioksidom pokazali su se vrlo pogodnima za gašenje požara u zatvorenom prostoru, posebno za one uređaje koji su pod naponom, kao i za one tvari koje vrlo brzo razvijaju visoke temperature i omogućuju nagli razvoj požara. Kvalitetnim održavanjem stabilnih sustava za gašenje postiže se visoka pouzdanost sustava čime se i do 68% smanjuju troškovi mogućeg nastanka požara.

Glavni nedostatak sustava za gašenje ugljičnim dioksidom jest činjenica da su koncentracije potrebne za gašenje požara izuzetno štetne za ljude jer ugljični dioksid istiskuje kisik iz prostorije i tako guši nastalu vatru. Stoga su u tim sustavima dizajnirani uređaji za odgađanje ispuštanja ugljičnog dioksida koji omogućavaju ljudima koji se nađu na području gdje je otkriven požar da napuste ugroženi objekt, kao i uređaji koji mogu ručno aktivirati ili prekinuti ispuštanje ugljični dioksid.

8. LITERATURA

- [1] **Karlović V.:** „*Procesi gorenja i gašenja*“, Hrvatska vatrogasna zajednica, Zagreb, 2010.
- [2] **Todorovski Đ.:** Kolegij „*Sustav vatrodojave i gašenja*“, PowerPoint prezentacija, Veleučilište u Karlovcu, 2021.
- [3] Ecowatch: Classes of Fires & Fire Extinguishers, www.ecowatch.com/, pristupljeno 10.7.2021.
- [4] CO₂system: Properties of CO₂ as extinguishing agents, www.co2system.in/, pristupljeno 10.7.2021.
- [5] Pravilnik o planu zaštite od požara (NN 51/12)
- [6] Pravilnik o hidranstkoj mreži za gašenje požara (“NN” 8/06)
- [7] ALING d.o.o.: Sustavi za gašenje požara, Internet stranica, <http://www.aling.hr/>, pristupljeno 15.7.2021.
- [8] **Šmejkal Z.:** „*Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara*“, Zagreb, 1991.
- [9] Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
- [10] Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne uređaje za gašenje požara ugljičnim dioksidom (Sl. 31/1989)
- [11] Pravilnik o uvjetima za obavljanje ispitivanja stabilnih sustava za dojavu i gašenje požara (NN 44/12)
- [12] Testo SE & Co.: CO₂ mjerni uređaji, www.testo.com/, pristupljeno 9.8.2021.
- [13] Metrel d.o.o.: Mjerni instrumenti, www.metrel.si/en/, pristupljeno 9.8.2021.
- [14] KL protektion d.o.o.: Sredstva veze, www.klprotektion.hr/, pristupljeno 9.8.2021.
- [15] Bauhaus: Alat, www.bauhaus.hr/, pristupljeno 9.8.2021.
- [16] Tehnička dokumentacija izvedenog stabilnog sustava za gašenje požara u Ininom postrojenju prerade plina CPS Molve.
- [17] Pravilnik o razvrstavanju građevina u skupine po zahtjevanosti zaštite od požara (NN 61/12)
- [18] NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems

- [19] CO₂ SYSTEM OPERATION and MAINTENANCE Vol. 5-12, U.S. Department of the Interior, 2005.
- [20] IFSEC Global: High pressure CO₂ system, www.ifsecglobal.com/, pristupljeno 12.7.2021.
- [22] Publicatieplatform Uitvoerings Content: CO₂ fire extinguishing installations, www.puc.overheid.nl/, pristupljeno 20.7.2021.
- [23] Siemens AG: Fire & Life Safety Services, www.siemens.com/, pristupljeno 20.7.2021.
- [24] Harrington J., Senecal J. A.: Carbon Dioxide Systems, www.researchgate.net/, pristupljeno 20.7.2021.

9. PRILOZI

9.1. Popis slika

Slika 1. Požarni tetraedar	3
Slika 2. Eksplozija i požar naftne rafinerije	7
Slika 3. Gašenje požara vodom	11
Slika 4. Gašenje požara pjenom.....	12
Slika 5. Gašenje požara prahom	13
Slika 6. Gašenje požara ugljičnim dioksidom	15
Slika 7. Fazni dijagram temperature i pritiska	17
Slika 8. Shematski prikaz dijelova „mokre“ i „suhe“ sprinkler mreže	27
Slika 9. Drencher sustav – vodena zavjesa.....	28
Slika 10. Količina plina potrebnog za gašenje prostora istog volumena.....	29
Slika 11. Stabilni sustav za gašenje – pjenom.....	32
Slika 12. Visokotlačni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom	34
Slika 13. Spremnik niskotlačnog sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom	35
Slika 14. Potpuna zaštita ugljičnim dioksidom	36
Slika 15. Djelomična zaštita ugljičnim dioksidom.....	37
Slika 16. Vatrodojavna centrala u stabilnom sustavu	38
Slika 17. Ventilna stanica u sustavu za gašenje požara ugljičnim dioksidom	40
Slika 18. Uređaj za vremensku odgodu ispuštanja ugljičnog dioksida	41
Slika 19. Različiti tipovi mlaznica za ispuštanje ugljičnog dioksida	42
Slika 20. Različiti tipovi uređaja za ručno aktiviranje sustava	43
Slika 21. Shema izvedenog visokotlačnog sustava za gašenje požara ugljičnim dioksidom	45
Slika 22. Digitalni manometar.....	52
Slika 23. Teleskopski štap s dimilicom	52
Slika 24. Univerzalni mjerni električni instrument.....	53
Slika 25. Sredstvo veze.....	53
Slika 26. Digitalni zaporni sat	54

Slika 27. Komplet standardnog alata	54
Slika 28. Prikaz postrojenja za preradu plina CPS Molve	56
Slika 29. Blok shema sustava	61
Slika 30. Dispozicija opreme generatora – 1	62
Slika 31. Dispozicija opreme generatora – 2	63

9.2. Popis tablica

Tablica 1. Klase požara i sredstva s kojima se gase	9
Tablica 2. Svojstva CO ₂	16
Tablica 3. Odnos volumena CO ₂ ovisno o temperaturi	16
Tablica 4. Količina ugljičnog dioksida ovisno o obujmu prostora	36
Tablica 5. Signali koji se prenose na upravljački sustav turbine	59
Tablica 6. Proračun kapaciteta rezervnog napajanja	65

9.3. Popis simbola (korištenih kratica)

CO₂ - Ugljični dioksid

CO - Ugljični monoksid

H₂O - Voda

H₂CO₃ - Ugljična kiselina

PVC - Polivinil hlorid

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development

EN 54 - European standards for fire detection and fire alarm systems

NFPA - National Fire Protection Association

NEPA - National Environmental Policy Act

HRN - Hrvatske norme

VDE - Verband Deutscher Elektrotechniker

DIN - Deutsches Institut für Normung

NN - Narodne novine

TEA - Turboelektrični agregat
EX - Protueksplozijska zaštita
X81,82 - Lokalni paneli
TCP - Zajednički ormar instrumentacije i energetike
HMI - Sučelje čovjek-stroj
LSHF - Low Smoke Halogen Free
CR - Kontrolna soba
CPS - Centralna plinska stanica