

ANALIZA ZONA OPASNOSTI SKLADIŠTA ZA ZAPALJIVE I OPASNE MATERIJE ANALYSIS OF HAZARD ZONES IN STORAGE FACILITIES FOR FLAMMABLE AND HAZARDOUS MATERIALS

Davor Pantić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA

Kratak sadržaj – U ovom radu sprovedena je analiza zona opasnosti za skladište zapaljivih i opasnih tečnosti, pri čemu je poseban akcenat stavljen na potencijalna isparenja i njihove efekte na prostor kao i na sistem ventilacije koji se koristi u tom prostoru. U radu su takođe objašnjeni načini obeležavanja opreme po evropskim i svetskim standardima i direktivama.

Ključne reči: analiza zone opasnost, ventilacija

Abstract – This paper presents an analysis of hazard zones for a storage facility containing flammable and hazardous liquids, with a particular emphasis on potential vapors and their impact on the working environment, as well as the ventilation system used in this area. The paper also explains the methods of equipment labelling according to European and international standards and directives.

Keywords: explosion, analysis of hazard zones, , ventilation system

1. UVOD

U ovom radu je sprovedena analiza zona opasnosti u skladištima zapaljivih i opasnih materija, koja uključuje sveobuhvatno razmatranje tehničkih, organizacionih i bezbednosnih aspekata. Fokus rada je na identifikaciji opasnosti od eksplozija, smanjenju rizika i implementaciji tehničkih mera zaštite kako bi se osigurala bezbednost u industrijskim postrojenjima, posebno u kontekstu skladištenja materija koje mogu izazvati eksplozivne atmosfere.

2. IDENTIFIKACIJA OPASNOSTI I TEHNIČKI STANDARDI

Uspostavljanje zakonskog okvira, kako na nacionalnom tako i na međunarodnom nivou, jedan je od najvažnijih aspekata u obezbeđivanju sigurnosti industrijskih postrojenja. Kroz analizu relevantnih zakonskih akata [1 i 2] identifikovane su obavezne zaštitne mere za skladišta zapaljivih materija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mirjana Laban, red. prof.

Izrada Dokumenta o zaštiti od eksplozije (EPD)- je obavezna za, svako preduzeće koje rukuje opasnim materijama.

Ovaj dokument sadrži sveobuhvatnu analizu potencijalnih izvora opasnosti, klasifikaciju zona opasnosti, i propisane mere zaštite koje moraju biti implementirane.

Osim toga, Zakonom je propisano da se analiza zona opasnosti mora sprovoditi ne samo za nove objekte, već i za postojeće objekte pri svakoj dogradnji, rekonstrukciji ili promeni u tehnološkom procesu. Ovo osigurava da su bezbednosne mere uvek ažurirane i prilagođene stvarnim uslovima u postrojenju.

3. UPRAVLJANJE VENTILACIJONIM SISTEMIMA I DETEKCIJA EKSPLOZIVNE ATMOSTERE

Ventilacioni sistemi igraju ključnu ulogu u prevenciji eksplozivnih atmosferskih uslova. U radu je analizirana efikasnost prirodne i veštačke ventilacije u prostorima skladištenja zapaljivih tečnosti. Prirodna ventilacija, ukoliko je pravilno dizajnirana, pruža najefikasniju zaštitu jer omogućava konstantan protok vazduha, čime se smanjuje koncentracija zapaljivih isparenja. Međutim, u određenim slučajevima je neophodna upotreba veštačkih ventilacionih sistema u Ex izvedbi (Oprema projektovana, izvedena i označena sa "Ex" je testirana i sertifikovana da zadovoljava specifične sigurnosne zahteve kakao bi se sprečile eksplozije), posebno u prostorima sa slabim prirodnim protokom vazduha.

Procena stepena ventilacije i njenog uticaja na prostore ugrožene eksplozivnim koncentracijama gasova, para i magla se u ovoj Analizi vrši u skladu sa postupkom datim u aneksu B standarda SRPS EN 60079-10-1.

3.1. Procena hipotetičke zapremine Vz

Minimalna ventilacija potrebna za smanjenje koncentracije zapaljivog materijala ispod donje granice eksplozivnosti može se izračunati koristeći sledeću formulu:

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{min} = \frac{\left(\frac{dV}{dt}\right)_{max} \cdot T}{k \cdot DGE_m \cdot 293} \quad (1)$$

Gde je:

- $(dV/dt)_{min}$ – minimalna zapremina protoka svežeg vazduha (zapremina u jedinici vremena, m^3/s)
- $(dG/dt)_{max}$ – maksimalna stopa ispuštanja na izvoru (masa u jedinici vremena, kg/s)

- DGE_m – donja granica eksplozivnosti (masa po zapremini, kg/m³)
- K – koeficijent sigurnosti koji se primenjuje kod DGE; k = 0,25 (za trajni i primarni izvor opasnosti) ili k = 0,5 (za sekundarni izvor opasnosti)
- T – Temperatura okolne sredine (izražena u kelvinima K)

Sa datim brojem promena vazduha u jedinici vremena i sa datom vrednošću C, koja predstavlja opštu ventilaciju date oblasti, hipotetička zapremina V_z potencijalno eksplozivne atmosfere koja nastaje oko izvora ispuštanja može se izračunati na osnovu sledeće formule:

$$V_z = \frac{(dV/dt)_{min}}{C} \quad (2)$$

Gde je:

- C broj promena svežeg vazduha u jedinici vremena

Za zatvoren prostor, vrednost C se izračunava prema sledećoj formuli:

$$C = \frac{dV_0/dt}{V_0} \quad (3)$$

Gde je:

- dV₀/dt – ukupan protok svežeg vazduha
- V₀ – ukupna zapremina na koju se primenjuje ventilacija ukupna zapremina na koju se primenjuje

3.2. Stepen ventilacije

Početne procene sugerišu da kontinuirani razred oslobađanja gasa obično odgovara zoni 0, dok primarni razred odgovara zoni 1, a sekundarni razred zoni 2. Ipak, ovo može varirati zbog uticaja ventilacije [3].

Zapremina V_z može se koristiti za procenu nivoa ventilacije kao jake, srednje ili niske za svaki razred oslobađanja gasa:

Jaka ventilacija (JV): Ova vrsta ventilacije smatra se jakom samo ako procena rizika pokazuje da je obim potencijalne štete zbog naglog povećanja temperature i/ili pritiska, usled paljenja eksplozivne gasne atmosfere, u zapremini V_z zanemarljiv.

Srednja ventilacija - Ako ventilacija nije ni jaka (JV) ili niska (NV), onda bi trebalo da se posmatra kao srednja (SV). Normalno, V_z će biti manja ili jednaka V₀. Ventilaciju treba posmatrati kao srednju ako kontroliše disperziju oslobođene zapaljive pare ili gasa. Vreme potrebno da se razredi eksplozivna atmosfera posle prestanka ispuštanja treba biti takvo da je ispunjen uslov ili za zonu 1 ili zonu 2, zavisno od toga da li je stepen oslobađanja primaran ili sekundaran.

Niska ventilacija - Ventilaciju treba posmatrati kao nisku (NV) ako V_z prelazi V₀. Najniža ventilacija se obično neće javljati u otvorenim situacijama, osim kada postoje ograničenja protoka vazduha, na primer, u jamama.

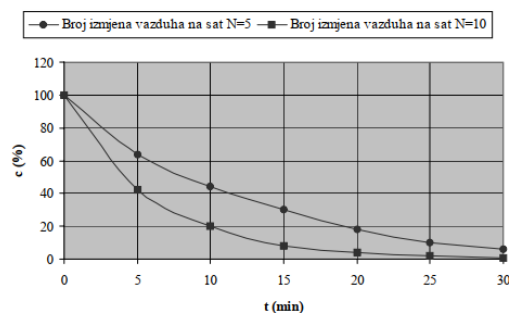
3.3. Primarna protiveksplozivna zaštita – ventilacija i ventilacioni sistemi

Ventilacija ima presudnu ulogu u upravljanju veličinom i trajanjem oblaka zapaljivih gasova ili para nakon njihovog oslobađanja. Pravilno postavljena ventilacija može značajno smanjiti mogućnost stvaranja eksplozivne atmosfere.

Shodno načinu kretanja vazduha u prostoru razlikujemo tri tipa ventilacije:

- **Prirodna ventilacija:** pokretanje vazduha pod uticajem vetra, razlika u pritisku između unutrašnjeg i spoljnog prostora ili temperaturnih razlika.
- **Opšta veštačka ventilacija:** ventilatori omogućavaju kontinuiranu cirkulaciju i zamenu vazduha u celom prostoru.
- **Lokalna veštačka ventilacija:** vazduh se veštački menja u određenim područjima, naročito oko izvora opasnosti.

Izračunavanje količine vazduha koji ulazi i izlazi iz prostorije uključuje pojam "broja izmena vazduha", što označava koliko puta u toku jednog sata vazduh u prostoriji treba da bude u potpunosti zamenjen (Sl.1).



Slika 1. Uticaj broja izmena vazduha na koncentraciju zapaljivih isparenja [4]

Razlikuje dva osnovna tipa ventilacije: nadgledana i kontrolisana.

Nadgledana ventilacija je prinudno provetravanje prostora u kome je strujanje vazduha nadgledano radom elektromotora ventilatora i vremenskim mernim pretvarača, tako da se pri ispadanju iz rada bilo kog ventilatora isključuju uređaji koji predstavljaju opasnost, a ponovo se mogu uključiti tek posle pet izmena vazduha u istom prostoru.

Kontrolisana ventilacija je prinudno provetravanje prostora u kome je strujanje vazduha kontrolisano kontrolnim uređajem i vremenskim mernim pretvarača, tako da se pri smanjenju ili prestanku strujanja vazduha isključuju iz rada uređaji koji predstavljaju opasnost.

3.4. Sistem detekcije eksplozivne atmosfere

Ovi sistemi predstavljaju dodatni nivo zaštite. U radu su analizirani standardi SRPS EN 60079-29-1, koji regulišu upotrebu detekcionih uređaja za identifikaciju potencijalno eksplozivnih atmosferskih uslova. Ovi uređaji omogućavaju pravovremeno otkrivanje zapaljivih

isparenja i aktiviranje sigurnosnih mera pre nego što dođe do kritične situacije.

4. KLASIFIKACIJA UGROŽENOG PROSTORA I ZONE OPASNOSTI PREMA ATEX

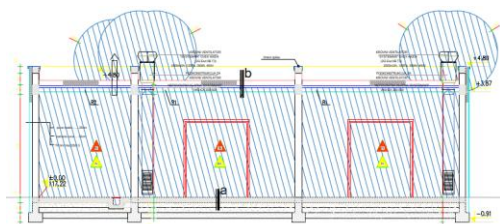
Nakon identifikacije i klasifikacije izvora opasnosti, može se utvrditi rizik od pojave eksplozivne atmosfere u određenom prostoru. Ovaj rizik zavisi od verovatnoće ispuštanja zapaljivih materija, svojstava samog izvora opasnosti i ventilacije prostora. Sledeći korak je definisanje i klasifikacija ugroženih prostora kao zona opasnosti.

Prema direktivi 1999/92/EC, ugroženi prostori su oni u kojima može doći do stvaranja eksplozivne atmosfere u koncentracijama koje zahtevaju primenu posebnih mera zaštite zdravlja i bezbednosti radnika. Prostori se klasifikuju u različite zone opasnosti na osnovu učestalosti i trajanja prisustva eksplozivne atmosfere (Sl.2). Prostori sa gasovima, parama i maglami se dele na: *Zona 0*, *Zona 1*, i *Zona 2*. Prostori ugroženi eksplozivnim prašinama se klasifikuju kao: *Zona 20*, *Zona 21*, *Zona 22*.



Slika 2. Grafički prikaz zona opasnosti [5]

Analiza zona opasnosti koja se sprovela u ovom radu se odnosi na magacin zapaljivih materija dimenzija 12,74 x16,24 m i najveće čiste te visine od 3,87 m u kojoj su uskladištene zapaljive materije razvrstane u prostoriji prema klasi zapaljivosti (Dizel gorivo, alkohol, razređivači na bazi sitola). Pregledom kompletnog objekta i direktnom primenom standarda [3], kao i sagledavanjem fizičko-hemijskih osobina uskladištenih supstanci, definisane su zone opasnosti za ceo objekat.(Sl.3)



Slika 3. Presek B-B sa prikazanim zonama opasnosti

Nakon sprovedene analize, unutrašnjost objekta klasifikovana je u zonu 2, a usvojen stepen zaštite za ceo objekat je EExIIGbT3 koji ispunjava postavljene zahteve.

5. OBELEŽAVANJE UREĐAJA U POTEJNIJALO EKSPLOZIVNIM SREDINAMA

Načini označavanja električne i neelektrične opreme koja se sme koristiti u ugroženim prostorima, u skladu sa domaćim i evropskim propisima sledeći.

Prema tim propisima, sva oprema mora biti označena vidljivim i trajnim oznakama na glavnom delu uređaja, uzimajući u obzir moguću hemijsku koroziju. Standard SRPS EN 60079-0, koji definiše način označavanja električne opreme, primenjuje se od decembra 2008. godine i zamenio je prethodni standard SRPS N.S8.011. Označavanje uređaja u skladu sa direktivom 1994/9/EC zahteva da oznake budu čitljive i trajne, te da sadrže sledeće podatke: naziv i adresu proizvođača, CE oznaku, tipsku oznaku, serijski broj, godinu proizvodnje i specijalnu oznaku protiv eksplozivne zaštite, sa simbolom grupe i kategorije uređaja. Za grupu II uređaja mora biti dodato slovo "G" za uređaje namenjene eksplozivnim gasovima i paramama, odnosno slovo "D" za eksplozivne prašine. CE oznaka, uvedena direktivom 93/68/EEC iz 1993. godine, označava usklađenost proizvoda sa zahtevima Evropske unije u pogledu bezbednosti, zdravlja i zaštite životne sredine. Srpski znak usaglašenosti ("3A") potvrđuje da je proizvod usklađen sa domaćim tehničkim propisima.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da primenom odgovarajuće opreme kao i projektovanjem odgovarajućih ventilacionih sistema rizik od eksplozije će se svesti na minimum. Zakonodavni okvir, kako domaći tako i međunarodni, naglašava značaj preventivnih mera u upravljanju rizikom od eksplozija. Direktive kao što su ATEX i domaći Zakoni o zaštiti od požara postavljaju temelje za bezbednosne standarde koji se moraju poštovati u svim industrijama koje rukuju opasnim materijama. U radu su detaljno analizirane ATEX direktive 2014/34/EU i 1999/92/EC koje regulišu bezbednosne zahteve za opremu i sisteme za zaštitu u potencijalno eksplozivnim atmosferama.

Ovaj rad pruža čvrste osnove za dalji razvoj procedura bezbednosti u ovoj oblasti, naglašavajući da je neophodno stalno usavršavanje tehnologija zaštite, kako bi se rad u industrijskim postrojenjima učinio što bezbednijim.

LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti od požara Sl. glasnik RS, br. 111/2009, 20/2015, 87/2018 i 87/2018
- [2] Zakon o zapaljivim tečnostima i gasovima Sl. glasnik RS", br. 54/2015
- [3] ISS, SRPS EN 60079-10-1, 2022.
- [4] R. M. Jovanov, Protiv eksplozivna zaštita električnih i neelektričnih uređaja i instalacija, Beograd: Institut za nuklearne nauke Vinča, 2014.
- [5] Appelton, Hazardous locations guide, Appelton

Kratka biografija:



Davor Pantić rođen je u Zenici 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja i požara odbranio je 2024.god. kontakt: davor.pantic1@gmail.com