

# POŽARI U PROSTORIMA UGROŽENIM EKSPLOZIVNOM ATMOSFEROM

## UVOD

Najveći broj požara koji su bili predmet istraživanja vještaka Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“ obuhvaćao je požare u objektima i postrojenjima, ali jedan dio požara koji su bili predmet vještačenja dogodio se na prometnim sredstvima, najviše na vozilima i plovilima.

Požari na vozilima, pored toga što se događaju kao posljedica prometnih nesreća, dijelom su i posljedica tehničkih kvarova ili namjernog izazivanja požara. Pored navedenog, a o istima će biti riječ u ovome radu, jedan dio požara na vozilima, većinom na autocisternama, događa se prilikom pretakanja goriva, odnosno punjenja ili pražnjenja spremnika za gorivo.

Požari prilikom pretakanja goriva mogu biti posljedica različitih nepravilnosti prilikom rukovanja, ali do istih također može doći zbog pojave statičkog elektriciteta.

## STATIČKI ELEKTRICITET KAO UZROČNIK PALJENJA EKSPLOZIVNE SMJESE

Protueksplozijska zaštita obuhvaća između ostalog: pojavu opasnih eksplozivnih smjesa pli-

nova, para i prašina sa zrakom, koje postoje ili mogu nastati u industrijskim pogonima, izvore opasnosti i uzroke paljenja eksplozivnih smjesa u tehnološkim procesima, metodologiju utvrđivanja ugroženog prostora i klasifikaciju zona opasnosti, karakteristike pojedinih vrsta protueksplozijski zaštićenih električnih uređaja i njihovu primjenu u zonama opasnosti, te izvođenje električnih instalacija, pravilnu montažu, održavanje, periodične preglede, popravke i ispitivanja protueksplozijski zaštićenih električnih uređaja.

Ako u nekom prostoru postoji zapaljiva tekućina, kada se stvore neki povoljni uvjeti za isparavanje te tekućine, dolazi do miješanja para zapaljive tekućine sa zrakom. Najniža koncentracija pare, koja mora postojati u smjesi sa zrakom da bi došlo do eksplozije, naziva se donja granica eksplozivnosti (DGE). Ako je koncentracija pare u smjesi sa zrakom niža od te granice, neće doći do eksplozije. Najviša koncentracija pare u smjesi sa zrakom kod koje može doći do eksplozije, naziva se gornja granica eksplozivnosti (GGE). Iznad te granice smjesa ne može eksplodirati jer je prevelika količina pare u odnosu na kisik da bi nastala eksplozija. Ona eksplozivna smjesa, koja sadrži upravo toliko pare i kisika kod koje dolazi do eksplozije, naziva se stehiometrijska smjesa (SS).

Eksplozivna smjesa neće se zapaliti sama od sebe, već je za paljenje potreban neki izvor topli-

ne (uzročnik paljenja) koji će smjesu ugrijati na neku određenu temperaturu kod koje će se ona zapaliti. Najniža temperatura pri kojoj se zapaljiva tvar (u obliku plina, pare, magle ili prašine) pomiješana sa zrakom unutar granica eksplozivnosti, može zapaliti ili eksplodirati bez stranog izvora paljenja, naziva se temperatura paljenja.

Potencijalni uzročnici paljenja eksplozivnih smjesa su otvoreni plamen i užareno tijelo, te mehanička ili električna iskra.

Uzročnici paljenja eksplozivne smjese, kada se radi o električnim uređajima ili instalacijama u ugroženim prostorima, nastaju u normalnom radu ili zbog kvara, a najčešće su sljedeći: električna iskra ili luk u sklopnim uređajima, električni uređaji koji se u normalnom pogonu ili zbog greške zagrijavaju, kvarovi na električnoj instalaciji ili uređajima tipa zemljospoj ili kratki spoj, atmosfersko pražnjenje, te pražnjenje akumuliranog elektrostatičkog naboja koje je vrlo podmukli uzročnik paljenja kad se ostvare uvjeti za električni proboj ili u zraku ili na električnoj izolaciji.

Električni uređaji se grade tako da je malo vjerojatna koincidencija eksplozivne atmosfere i električnog uzročnika paljenja te atmosfere, a to je između ostalog zadaća protueksplozijske zaštite električnih uređaja i instalacija.

Statički elektricitet je jedan od podmuklijih uzročnika požara i eksplozija, te posebnu pozornost treba posvetiti pojavi statičkog elektriciteta u prostorima i procesima gdje je moguća pojava eksplozivne atmosfere jer i relativno vrlo mala elektrostatička pražnjenja imaju dovoljnu energiju da prouzroče eksploziju.

Nastane li u nekom prostoru eksplozivna atmosfera, te istodobno s postojanjem takve eksplozivne atmosfere dođe do elektrostatičkog izbijanja dovoljne energije (energije veće od minimalne energije paljenja – MEP), može se zapaliti eksplozivna atmosfera, odnosno dogoditi eksplozija.

Ako se ne može spriječiti nastanak eksplozivne atmosfere u nekom prostoru, potrebno je onemogućiti da pojava statičkog elektriciteta u tom

prostoru bude potencijalni uzročnik paljenja u obliku elektrostatičkog izbijanja.

Procesi pri manipulaciji zapaljivim i eksplozivnim plinovima i parama koji su osobito ugroženi pojavom statičkog elektriciteta su: punjenje i pražnjenje boca ukapljenog naftnog plina, punjenje malih i srednjih plastičnih spremnika, pretakanje goriva iz autocisterni i vagon-cisterni u nadzemne ili podzemne spremnike, te punjenje goriva u spremnike motornih vozila.

Eksplozivna atmosfera benzinskih ili dizelskih para najčešće nastaje kod autocisterni oko priključka na autocisterni i oko fiksnih priključaka cjevovoda, a kod automobila oko otvora za punjenje spremnika automobila. Benzin i dizel klasificiraju se kao slabo vodljive tekućine, te protokom kroz cjevovode uzrokuju nastanak statičkog elektriciteta, koji ako se ne kontrolira, može izazvati paljenje eksplozivne smjese. Primarna mjera zaštite je adekvatno uzemljenje i izjednačenje potencijala te na taj način sprečavanje akumuliranja kritične količine naboja.

Obično se na benzinskim postajama uzemljenje autocisterni provodi sklopkama protueksplozijske izvedbe s pripadajućim klijestama za uzemljenje. U objektima gdje se pretakanje provodi crpkama ili kompresorima, uzemljenje autocisterni može se izvesti i kontrolnicima uzemljenja. Općenito se smatra da je objekt elektrostatički zadovoljavajuće uzemljen ako otpor uzemljenja nije veći od  $10^6 \Omega$  (1 M  $\Omega$ ), a u literaturi se navodi i podatak da pri spajanju i punjenju zapaljivih tekućina iznos otpora uzemljenja ne smije biti veći od 10  $\Omega$ . Ako se prekorači otpor uzemljenja, uređaji ne dopuštaju punjenje ili prekidaju proces punjenja.

## PRIMJERI POŽARA KOD PRETAKANJA GORIVA

### Požari i eksplozije kod punjenja autocisterni

Navedena su dva primjera požara i eksplozije koji su se dogodili prilikom punjenja autocisterni gorivom na autopunilištu u krugu rafinerije.

Prvi od navedenih slučajeva dogodio se kada je vozač autocisterne punio autocisternu dizelskim gorivom uz pomoć kolege, pri čemu je u jednom trenutku došlo do požara i eksplozije na autocisterni.

Očevidom ekipe za očevid i inspektora zaštite od požara utvrđena su oštećenja na punilištu i oštećenja na autocisterni koja su posljedica požara i eksplozije (slika 1).



*Slika 1. Posljedice požara i eksplozije kod punjenja autocisterne*

Pored gotovo potpunog uništenja autocisterne kao posljedica požara i eksplozije nastala su značajna mehanička i termička oštećenja na punilištu. Od posljedica požara i eksplozije ozlijeđena su dvojica vozača.

Vještačenjem na temelju sudskog spisa i priložene dokumentacije utvrđeno je da je uzrok požara i eksplozije autocisterne zapaljenje para goriva za vrijeme punjenja. Kao mogući uzročnik zapaljenja para goriva navodi se električna iskra zbog elektrostatičkog izbijanja radi lošeg uzemljenja autocisterne.

Drugi primjer požara i eksplozije na autocisterni dogodio se u sličnim okolnostima, na autopunilištu također kod punjenja autocisterne gorivom, ali su posljedice bile znatno manje kako u pogledu oštećenja autocisterne i punilišta, tako i u pogledu stradavanja ljudi.

Vještačenjem na temelju sudskog spisa i priložene dokumentacije utvrđeno je da je do zapaljenja para goriva prilikom utakanja došlo zbog

oštećenja električne instalacije na krovu autocisterne (slika 2).



*Slika 2. Posljedice požara na krovu autocisterne*

### Požar u punionici plina

Sljedeći primjer dogodio se u punionici plina kada je prilikom punjenja plinskih boca curio plin. Zbog inicijalno nastalog požara eksplodirale su uskladištene plinske boce i nastale su velike materijalne štete u prostoru punionice (slika 3).



*Slika 3. Posljedice požara u punionici plina*

### Požar vozila kod istakanja goriva

Požar osobnog vozila buknuo je u automehaničarskoj radionici prilikom pokušaja istakanja goriva iz spremnika vozila u koje je greškom umjesto dizelskog goriva natočen benzin. Vozilo je potpuno izgorjelo, a u požaru je opekline zadobio jedan od „majstora“.

Očevidom na opožarenom vozilu i komparativnim pregledom vozila istog tipa utvrđeno je

da je uzrok požara stvaranje eksplozivne smjese benzinskih para i zraka zbog pokušaja istakanja goriva iz spremnika na nepravilan način (prekidanjem cjevovoda povrata goriva u spremnik s donje strane vozila). Zapaljenje smjese benzinskih para i zraka moglo je nastati na jedan od sljedećih načina: otvorenim plamenom, mehaničkom iskrom ili električnom iskrom.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA UZROKA POŽARA KOD PRETAKANJA GORIVA

Požari i eksplozije autocisterni na utakalištu u rafineriji dogodili su se zbog zapaljenja para goriva prilikom punjenja. U prvom navedenom slučaju zbog velikih oštećenja autocisterne i opreme na punilištu nije bilo moguće sa sigurnošću utvrditi jesu li i na koji način autocisterna i postrojenje za punjenje bili uzemljeni pa je kao najvjerojatniji uzrok zapaljenja pretpostavljen statički elektricitet.

U drugom navedenom slučaju požara autocisterne utvrđeno je da je ista bila uzemljena preko uređaja za odvođenje statičkog elektriciteta sa spremnika autocisterne, a koji ne dopušta transport goriva u spremnik ako uzemljenje nije pravilno priključeno. Prema utvrđenim tragovima zaključeno je da je do zapaljenja došlo zbog kvara na električnoj instalaciji na krovu spremnika autocisterne.

Ostala dva navedena slučaja požara najvjerojatnije su uzrokovana ljudskom radnjom, u pr-

vom slučaju prilikom punjenja boca plinom, a u drugom slučaju prilikom nepravilnog istakanja pogrešno utočenog goriva iz spremnika osobnog vozila.

## ZAKLJUČAK

U radu su opisani primjeri realnih slučajeva požara i eksplozija u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom koji su nastali prilikom pretakanja goriva, odnosno plina.

Navedeni požari i eksplozije autocisterni prilikom punjenja gorivom pokazuju da u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom u kojima se prilikom pretakanja goriva stvara statički elektricitet vrlo važnu ulogu iz razloga sigurnosti igraju sljedeći činitelji: ispravna oprema za uzemljenje autocisterni i postrojenja, tehnološka disciplina korisnika u navedenim postrojenjima (odgovarajuća odjeća i obuća i poštovanje uputa za rad), te tehnička ispravnost autocisterni.

Preostala dva primjera požara ukazuju na moguću utjecaj ljudskog faktora koji može dovesti do katastrofalnih posljedica. U prvom slučaju požara u punionici plina, koja je bila izvedena s električnom instalacijom u protueksplozijskoj izvedbi, isključena je mogućnost stvaranja zapaljive plinske smjese i iniciranja požara zbog tehničkog uzroka. Kod požara vozila prilikom istakanja goriva radilo se o nepravilnom načinu rada.

*Nenad Papić, dipl. ing. elektroteh.*

*Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja  
„Ivan Vučetić“, MUP RH, Zagreb*