

Protupožarna zaštita na tankerima za prijevoz ulja

Vičević, Marino

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:621259>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-20**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

MARINO VIČEVIĆ

**PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA TANKERIMA ZA PRIJEVOZ
ULJA**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA TANKERIMA ZA PRIJEVOZ
ULJA
FIRE PROTECTION ON OIL TANKERS**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Tehnologija prijevoza tekućih tereta

Mentor: dr. sc. Igor Rudan

Student: Marino Vičević

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082827

Rijeka, srpanj 2023.

Student: Marino Vičević

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082827

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA TANKERIMA ZA PRIJEVOZ ULJA izradio samostalno pod mentorstvom dr.sc.Igor Rudan.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student:



Marino Vičević

Student: Marino Vičević

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082827

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student:



Marino Vičević

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je „Protupožarna zaštita na tankerima za prijevoz ulja“. U radu će se analizirati specifičnosti samoga tereta koji se prevozi, njegove potencijalne opasnosti prilikom prijevoza morem te mjere predostrožnosti koje se primjenjuju u svrhu izbjegavanja nastanka požara odnosno eksplozije. Spomenut će se radnje koje mogu prouzročiti samim požarom te će se obraditi i osnovni pojmovi kao što su gorenje, preduvjeti da bi došlo do gorenja, a naposljetku gašenje nastalog požara. Kako bi se uopće izbjegle navedene havarije potrebno je poznavati međunarodne propise i konvencije sve u svrhu što boljeg upravljanja brodovima u dijelu protupožarne zaštite.

Ključne riječi: Protupožarna zaštita, tankeri za prijevoz ulja, požar, gorenje, eksplozija, gašenje požara

SUMMARY

The topic of this final paper is „Fire Protection on oil tankers“. The paper will analyze the specifics of the cargo being transported, its potential dangers during sea transportation, and the precautionary measures that are applied to avoid the occurrence of fire or explosion. Actions that can be caused by the fire itself will be mentioned, and basic concepts such as burning, preconditions for burning to occur, and finally extinguishing the resulting fire will be covered. In order to avoid the aforementioned accidents, it is necessary to know international regulations and conventions, all for the purpose of the best possible management of ships in the area of fire protection.

Keywords: fire protection, oil tankers, fire, burning, explosion, fire extinguishing

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
2. MEĐUNARODNI PROPISI VEZANI ZA PROTUPOŽARNU ZAŠTITU	2
2.1. SOLAS.....	2
2.2. ISM PRAVILNIK.....	3
2.3. FSS PRAVILNIK.....	4
2.4. FTP PRAVILNIK.....	5
3. OSNOVNA SVOJSTVA TERETA KOJI SE PREVOZI	6
3.1. TLAK PARE	6
3.2. ZAPALJIVOST	6
3.2.1. Područje zapaljivosti.....	7
3.2.2. Utjecaj inertnog plina na zapaljivost	8
3.2.3. Točka zapaljivosti.....	8
3.2.4. Klasifikacija tekućina po zapaljivosti	8
3.3. GUSTOĆA PLINOVA UGLJIKOVODIKA	9
4. OPASNOST OD POŽARA NA BRODU	10
4.1. OSNOVNI POJMOVI O GORENJU	10
4.1.1. Trokut gorenja.....	10
4.1.2. Klase požara.....	11
4.2. IZVORI ZAPALJENJA	12
4.2.1. Pušenje	12
4.2.2. Poslovi s plamenom.....	13
4.2.3. Statički elektricitet.....	13
4.2.4. Prijenosni električni uređaji, mobiteli i aluminij	14
4.3. EKSPLOZIJA U TANKU	15
5. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA I PREVENCIJA	16

5.1. GAŠENJE POŽARA	16
5.2. UTJECAJ RAZLIČITIH SREDSTAVA NA POŽAR ZAPALJIVIH TEKUĆINA.....	17
5.2.1. Voda	17
5.2.2. Pjena.....	17
5.3. FIKSNI PROTUPOŽARNI SUSTAVI	18
5.3.1. Protupožarne pumpe, glavni protupožarni cjevovodi, hidranti i vatrogasna crijeva	18
5.3.2. Međunarodna priključnica s kopnom.....	19
5.3.3. Sustav gašenja požara prskanjem	19
5.3.4. Sustav gašenja požara pjenom	20
5.3.5. Sustav gašenja požara ugljičnim dioksidom	22
5.4. SUSTAV INERTNOG PLINA KAO PREVENCIJA U SPREČAVANJU NASTANKA POŽARA ILI EKSPLOZIJE U TERETNIM PROSTORIMA	23
5.4.1. Ukrcaj i prijevoz.....	23
5.4.2. Zapaljiva koncentracija pri iskrcaju tereta.....	25
5.4.3. Svojstva i načini dobivanja inertnog plina.....	25
5.4.4. Inertiranje tankova.....	26
5.5. PRIJENOSNI APARATI ZA GAŠENJE.....	27
5.6. PROTUPOŽARNE MJERE I POSTUPCI NA TERMINALIMA.....	28
6. ZAKLJUČAK.....	33
LITERATURA	34
POPIS SLIKA.....	35
POPIS TABLICA	36

1. UVOD

„Protupožarna zaštita na tankerima za prijevoz ulja“ tema je ovoga rada koji se sastoji od 6 poglavlja. Prvo poglavlje je uvodno. Drugo poglavlje uključuje međunarodne propise iz protupožarne zaštite. U to ulaze Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS), Međunarodni kodeks upravljanja sigurnošću (ISM), Međunarodni kodeks za protupožarne sigurnosne sustave (FSS) te Međunarodni kodeks o načinima protupožarnog ispitivanja (FTP). Treće poglavlje odnosi se na osnovna svojstva tereta koji se prevozi tankerima za prijevoz ulja kao što su tlak pare, zapaljivost te gustoća ugljikovodika. U tom poglavlju detaljno će se analizirati karakteristike tereta koji se prevozi, a koje su izravno povezane sa potencijalnim zapaljenjem na samome brodu. Bez dovoljno znanja o samome teretu koji se prevozi nemoguće bi bilo provesti i adekvatnu protupožarnu zaštitu na brodovima. Sljedeće četvrto poglavlje proučava opasnosti od požara. Za početak opisani su osnovni pojmovi o gorenju. Nadalje, istaknuti su potrebni uvjeti kako bi se zatvorio trokut gorenja te su navedene različite klase požara koje se mogu pojaviti na brodu. Također, opisani su i mogući izvori zapaljenja kao što su pušenje, radovi s plamenom te statički elektricitet koji može nastati na više načina. Peto poglavlje, ujedno i najopširnije, obuhvaća protupožarnu zaštitu i prevenciju kojom se nastoji izbjeći nastanak požara. Opisani su načini gašenja požara te se nadalje opisuju djelovanja različitih sredstava, konkretno vode i pjene, na gašenje požara zapaljivih tekućina. Zatim su navedeni i objašnjeni fiksni protupožarni sustavi te sustav inertnog plina i njegova uloga u prevenciji nastanka požara u teretnim prostorima. Na kraju poglavlja definirane su mjere protupožarne zaštite koje se provode dok se brod nalazi na terminalu. Posljednje šesto poglavlje odnosi se na zaključak cjelokupnog rada.

2. MEĐUNARODNI PROPISI VEZANI ZA PROTUPOŽARNU ZAŠTITU

Uloga međunarodnih propisa je utvrditi standarde za siguran prijevoz ulja morem. Propisi koji se primjenjuju na ove brodove su poprilično strogi, ali i učinkoviti budući da su dokazano smanjili broj nezgoda u pomorskoj industriji kroz protekle godine. Propisi koji se primjenjuju kao takvi nisu statički te se konstantno mijenjaju da li kroz razna okupljanja stručnjaka iz svijeta pomorstva ili zbog pomorske nezgode koja se dogodila, a sve u svrhu unaprjeđenja upravljanjem sigurnošću na tankerima koji prevoze ulja.

2.1. SOLAS

SOLAS konvencija (Međunarodna konvencija o sigurnosti ljudskih života na moru ili „International Convention for the Safety of Life at Sea“) donesena je 1914. godine u Londonu kao rezultat potonuća broda Titanic iz 1912. godine. Danas je na snazi izmjena konvencije iz 1974. godine. Glavna zadaća SOLAS konvencije je povećanje sigurnosti putnika, posade, tereta i brodova u međunarodnoj plovidbi na način da svakom brodu koji vije zastavu države potpisnice konvencije, određuje minimalne tehničke i sigurnosne standarde za brodsku opremu, brodsku konstrukciju te standarde kod izvođenja radnih operacija. Cilj je bio postići ujednačavanje te povećanje kvalitete brodova koji plove budući da se smatra da što su kvaliteta i sigurnost veća tako je i broj pomorskih nezgoda i nesreća manji. SOLAS je strukturiran u 14 poglavlja. Najvažnije poglavlje po pitanju protupožarne zaštite na tankerima za prijevoz ulja je poglavlje 2.2.- Konstrukcija, protupožarna zaštita, otkrivanje i gašenje požara. Poglavlje se sastoji od sljedećeg:

- Dio A – Općenito
- Dio B – Prevencija požara i eksplozije
- Dio C – Suzbijanje požara
- Dio D – Evakuacija
- Dio E – Alternativna izvedba i smještaj
- Dio G – Posebni zahtjevi¹.

¹ SOLAS 1974., IMO, London, 1974.

Važno je posebno istaknuti dio B poglavlje 5 gdje se govori o teretnim prostorima na tankerima- razmještaj teretnih prostora, pumpi tereta, prostoru nadgrađa, koferdama. Nadalje, govori se o ventilaciji tankova, razmještaju otvora za ventiliranje na palubi kao i sigurnosnim ventilima na sustavu ventilacije. Isto tako govori se o ventilaciji prostora pumpi tereta kao i prostora kojima posada ima pristup. Govori se i o sustavu inertnog plina koji služi kao glavno sredstvo sprečavanja nastanku požara kada je riječ o teretu koji se prevozi.²

Nadalje, u poglavlju 2.2. nalaze se zahtjevi o sigurnosti od požara kako za tankere tako i za ostale brodove. Sljedeći zahtjevi sadržani su u propisima ovog poglavlja:

- Brod je podijeljen u glavne i vertikalne zone termalnim i strukturnim pregradama,
- Odvajanje prostorija posade toplinskim i strukturnim pregradama od ostatka broda,
- Ograničena uporaba gorivih materijala,
- Detekcija požara u odjeljku u kojem je nastao,
- Obuzdavanje i gašenje požara u odjeljku u kojem je nastao,
- Zaštita da postoji način bijega odnosno pristup sredstvima za gašenje požara,
- Dostupnost i spremnost aparata za gašenje požara te minimiziranje mogućnosti zapaljenja zapaljivih para tereta.

2.2. ISM PRAVILNIK

ISM pravilnik (International Safety Management Code) je Međunarodni kodeks upravljanja sigurnošću za siguran rad brodova i za sprečavanje zagađenja. Međunarodna pomorska organizacija (IMO-International Maritime Organization) usvojila je ISM pravilnik 1993. godine. Cilj ISM pravilnika je osigurati međunarodne standarde za sigurno upravljanje na brodovima te kako bi se spriječilo zagađivanje okoliša. Svaka kompanija (vlasnik broda ili osoba ili organizacija odgovorna za održavanje i posadu broda prema ugovoru o najmu ili ugovoru o upravljanju) treba posjedovati te konstantno razvijati, implementirati te održavati sustav upravljanja sigurnošću broda SMS (Safety Management System). Sustav za sigurno vođenje broda sadrži navedene operativne zahtjeve:

- politika sigurnosti i politika zaštite okoliša,

² Prof.dr.sc.Robert Mohović, predavanja Rukovanje teretom 1

- upute i postupke kako bi se osigurao siguran rad na brodu i zaštita okoliša u skladu s međunarodnim propisima i propisima države zastave,
- razine ovlasti između, i unutar, osoblja na moru i kopnu,
- postupke za prijavljivanje nezgoda, opasne okolnosti te neusklađenosti,
- postupci za pripremu i odgovor na kritične situacije,
- postupci za unutarnje prosudbe i vrednovanje od strane rukovodstva.

Kako bi se osiguralo vođenje svog broda na siguran način te omogućila veza između kompanije (brodarskog poduzeća) i broda, kompanija mora imenovati osobu na kopnu koja ima izravan pristup najvišoj razini upravljanja. Odgovornost, ali i ovlasti imenovane osobe trebale bi uključivati praćenje sigurnosnog aspekta i aspekta zaštite okoliša u vođenju svog broda, te osigurati da se upute odgovarajuća sredstva i podrška s kopna. Jasno su regulirane odgovornosti i ovlasti zapovjednika. Kompanija mora jasno definirati i potkrijepiti dokazima odgovornost zapovjednika glede:

- primjene sigurnosne politike i politike zaštite okoliša kompanije,
- motiviranje posade u praćenju te politike,
- izdavanje odgovarajućih naredbi i uputstava na jasan i jednostavan način,
- provjere da je posebnim zahtjevima udovoljeno,
- pregleda sustava za sigurno upravljanje i izvješća o nedostacima upravi na kopnu.

Nadalje, kompanija mora osigurati da sustav upravljanja sigurnošću koji se koristi na brodu sadrži jasnu izjavu kojom se navode ovlasti zapovjednika. Osim toga dužna je svaki brod popuniti obučenom, kvalificiranom i zdravstveno sposobnom posadom koja zadovoljava nacionalne i međunarodne zahtjeve te treba utvrditi programe za obuku i vježbanje radi pripreme za akciju uzbune.³

2.3. FSS PRAVILNIK

FSS pravilnik (International Code for Fire Safety Systems) je međunarodni kodeks za protupožarne sigurnosne sustave. Uloga ovog kodeksa je pružanje specifičnih standarda inženjerskih specifikacija za protupožarni sistem koje zahtijeva poglavlje 2.2. Međunarodne konvencije o sigurnosti ljudskih života na moru. Kodeks je ustrojen u 15 poglavlja u kojima su detaljno navedeni različiti tehnički zahtjevi za različite protupožarne sustave i opremu,

³ Grabovac, I.: Doprinos nekih međunarodnih konvencija sigurnosti plovidbe, Pomorski zbornik, 40. 2002.

uključujući sustave za otkrivanje požara te alarmne sustave, sustave za gašenje požara, ventilacijske sustave i sustave za napuštanje u slučaju nužde. FSS pravilnik je osmišljen kako bi osigurao svim brodovima da su opremljeni učinkovitim protupožarnim sustavima koji zadovoljavaju međunarodne standarde kao i da je posada broda obučena da ih pravilno koristi.

2.4. FTP PRAVILNIK

FTP pravilnik (International code for application fire test procedures) je međunarodni kodeks o načinima protupožarnog ispitivanja. Pravilnik je stupio na snagu 1. srpnja 1998. godine te se u njemu opisuju postupci ispitivanja materijala koji se koriste na brodovima. Osim materijala opisuju se i postupci ispitivanja brodske konstrukcije. Osnovna svrha FTP pravilnika je odobriti međunarodne zahtjeve koji se odnose na laboratorijsko ispitivanje te načine ispitivanja požara. Nadalje, u pravilniku se opisuju načini ispitivanja brodograđevnih konstrukcijskih materijala kao i materijala prema zapaljivosti koji se koriste za finalno oblaganje paluba i pregrada. Također se opisuju načini ispitivanja zapaljivosti osnovne palubne obloge.

3. OSNOVNA SVOJSTVA TERETA KOJI SE PREVOZI

Kako bi se prijevoz nafte odvio na siguran način za sam brod, posadu broda te okoliš važno je poznavati njezina fizička te kemijska svojstva. Samim poznavanjem određenih svojstava tereta kao što su tlak pare, zapaljivost i gustoća ugljikovodika moguće je na adekvatan način prevenirati požar budući da se teret ponaša po nekim ustaljenim zakonitostima.

3.1. TLAK PARE

Sirova nafta i naftni derivati su mješavine ugljikovodika. Točke vrenja kreću se od -162°C za spoj kao što je metan pa sve do $+400^{\circ}\text{C}$ za neke spojeve. Isparljivost bilo koje mješavine spojeva primarno ovisi o količini više isparljivih komponenti, a to su one sa nižom točkom vrelišta. Isparljivost je zapravo težnja nafte i naftnih derivata da proizvode plin. Ta težnja da nafta i naftni derivati proizvode plin opisuje tlak pare. Kada se nafta ili naftni derivati ukrcaju u tank počinju isparavati te oslobađaju plin u prostor iznad. Osim što nafta ili naftni derivati teže isparavanju isto tako imaju težnju ka kondenzaciji te povratak u tekuće stanje, a ravnoteža se postiže s određenom količinom plina koji je ravnomjerno raspoređen u tanku. Tlak koji stvara ovaj plin naziva se tlak pare. Pravi tlak pare je najveći tlak pare koji je moguć na bilo kojoj specifičnoj temperaturi. Pravi tlak pare proporcionalan je porastu temperature nafte odnosno naftnih derivata. Iako je pravi tlak pare nafte dobar pokazatelj njezine sposobnosti stvaranja plina teško ga je izmjeriti pa se umjesto njega mjeri apsolutni tlak pare. Provodi se u standardnom aparatu na način da se uzorak tekućine unosi u ispitnu posudu pri atmosferskom tlaku. Tekućina unutar ispitne posude mora iznositi jednu petinu njezina volumena. Posuda se zatim zatvori i uroni u vodenu kupelj gdje je potom zagrijana na 37.8°C . Nakon toga posuda se protrese kako bi se brzo uspostavila ravnoteža uvjeta. Porast tlaka zbog isparavanja potom se očita na mjerачu tlaka koji je spojen na posudu.

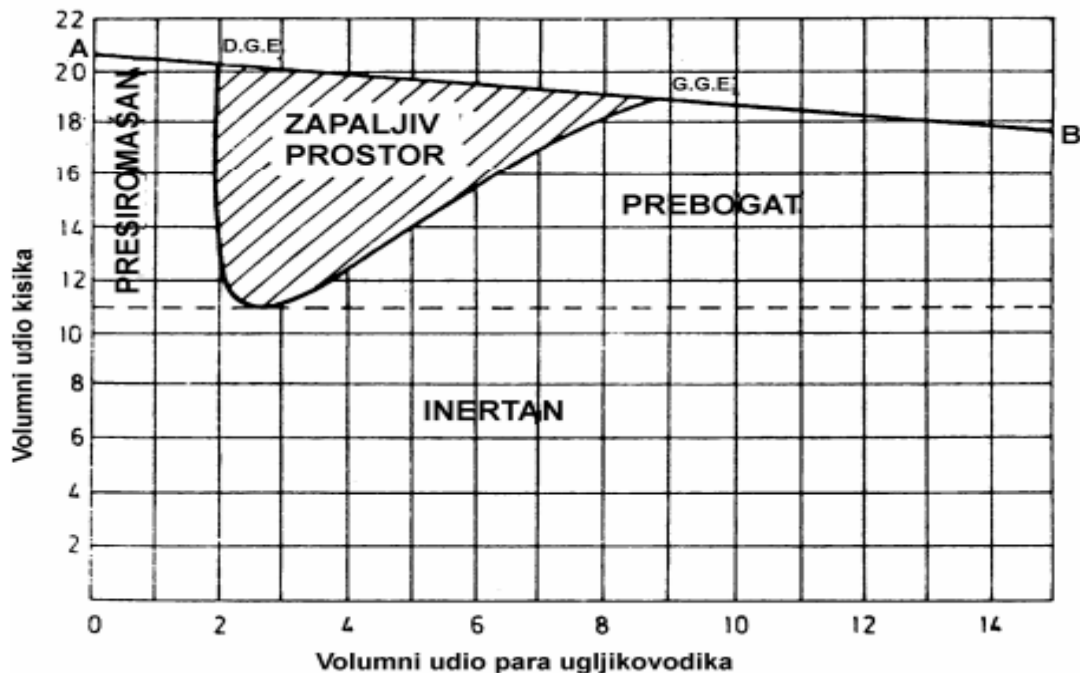
3.2. ZAPALJIVOST

Zapaljivost je sposobnost tvari da krene sa sagorijevanjem te da se održava u tom stanju dok je izložena izvoru topline. U procesu gorenja plinovi ugljikovodika reagiraju s kisikom iz

zraka te kao produkti gorenja nastaju ugljikov dioksid i voda. Ta reakcija proizvodi dovoljno topline da nastane plamen koji zatim putuje mješavinom zraka i plinova ugljikovodika.

3.2.1. Područje zapaljivosti

Smjesa plinova ugljikovodika i zraka ne može se zapaliti osim ako se ne nalazi unutar određenih granica koje se nazivaju granicama eksplozivnosti. Donjom granicom eksplozivnosti (Lower flammable limit- LFL) naziva se najmanji prostorni udjel zapaljivih plinova i para pri kojemu je eksplozija moguća. Na isti je način određena i gornja granica eksplozivnosti (Upper flammable limit – UFL), i to kao najveći prostorni udjel zapaljivih plinova i para pri kojima je eksplozija još moguća.⁴ Smjese kod kojih je udio zapaljivih plinova i para niži od donje granice eksplozivnosti nazivaju se siromašnim smjesama dok one smjese čiji je udio zapaljivih plinova i para veći od gornje granice eksplozivnosti nazivaju se prebogatim smjesama. U nastavku ovog potpoglavlja prikazan je dijagram zapaljivosti na primjeru smjese para sirove nafte i atmosferskog zraka. Na prikazanom dijagramu donja granica eksplozivnosti je kod 20.4% kisika te 2% para ugljikovodika. Gornja granica eksplozivnosti je kod 19% kisika te 9% para ugljikovodika. Pravac AB označuje smjesu atmosferskog tlaka i para sirove nafte.



Slika 1 Dijagram eksplozivnosti

Izvor: Kurtela, Ž.: Osnove brodstrojstva, Sveučilište u Dubrovniku, 2000.

⁴ Zec, D., Sigurnost na moru, Pomorski fakultet, Rijeka, 2001.

3.2.2. Utjecaj inertnog plina na zapaljivost

Inertni plin je plin koji ne gori i ne podržava gorenje te kao takav ima ogromnu ulogu na zapaljivost same smjese. Tipičan predstavnik plina za inertiranje je dušik. Ubacivanjem inertna u tank povećava se donja granica eksplozivnosti, a smanjuje se gornja granica eksplozivnosti. Vraćajući se na dijagram iz prethodnog potpoglavlja može se očitati da ako je sadržaj kisika u zraku ispod 20.8% dobivaju se pravci miješanja koji su paralelni s pravcem AB te leže ispod njega. Kada se u tanku nalazi 11% kisika i manje, više ne postoji opasnost od eksplozije zato što eksplozivna smjesa sadrži nedovoljnu količinu kisika da podrži eksplozivno izgaranje. Ukoliko se u atmosferi tanka nalazi manje od 2% para ugljikovodika, smjesa je presiromašna te neovisno o sadržaju kisika neće doći do eksplozije. Isto tako ako je koncentracija para veća od gornje granice zapaljivosti, smjesa je prebogata te ne može doći do eksplozije. Ako se u atmosferi u tanku nalazi manje od 11% kisika, neovisno o sadržaju para ugljikovodika eksplozija je nemoguća jer nema dovoljne količine kisika koja bi podržala eksplozivno izgaranje. Iako je na primjeru dijagrama vidljivo da ispod 11% kisika u atmosferi nema opasnosti od moguće eksplozije, zahtjevi terminala su nešto stroži. Više o samom sustavu inertnog plina opisat će se u petom poglavlju gdje je opisana uloga inertnog plina kao preventivne radnje u svrhu izbjegavanja požara na brodu, a sve kao dio protupožarne zaštite.

3.2.3. Točka zapaljivosti

Točka zapaljivosti je najniža temperatura na kojoj se oslobađaju zapaljive pare u dodiru s izvorom paljenja.⁵ Na toj temperaturi nakon izgaranja plinova i para gorenje prestaje budući da nema dovoljnog dotoka zapaljivih plinova i para koji bi podržali trajno gorenje.

3.2.4. Klasifikacija tekućina po zapaljivosti

Tekućine se mogu podijeliti u dvije skupine pa tako mogu biti zapaljive i nezapaljive. Nezapaljive su one tekućine čija je točka zapaljenja 60°C i više od toga. Ove tekućine proizvode, kada su na bilo kojoj normalnoj temperaturi okoline, ravnotežne koncentracije plina ispod donje granice zapaljivosti. U tu skupinu ulaze goriva, teško ulje i dizel ulje. Sljedeće su zapaljive tekućine čija je točka zapaljenja ispod 60°C. Neke tekućine mogu proizvesti ravnotežnu smjesu plin/zrak unutar zapaljivog raspona kada se nalazi unutar normalnog raspona temperature okoline. Primjeri takvih tekućina su mlazno gorivo i kerozin. Ipak ostala većina daje ravnotežne smjese plin/zrak iznad gornje granice zapaljivosti. Primjeri takvih tekućina su benzin i većina sirove nafte. Klasifikacija zapaljivosti se utvrđuje metodom ispitivanja u

⁵ Matković, M., Protupožarna zaštita na brodovima, 8. izdanje, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2000.

zatvorenoj posudi (Closed cup test). Ispitivanje se izvodi na način da se u zatvorenu posudu ulije određena količina tekućine pri temperaturi na kojoj ne može doći do paljenja. Nakon toga tekućina se postepeno zagrijava te se iznad površine dovodi izvor paljenja dovoljno visoke temperature. Kao izvor paljenja se najčešće koristi električna iskra. Kako raste temperatura raste i koncentracija para iznad površine zbog sve veće brzine odvajanja molekula tekućine s površine. Koncentracija para će nastaviti rasti sve dok pri nekoj temperaturi broj molekula u prostoru iznad površine tekućine ne bude dovoljan da se uz vanjski izvor paljenja, zapali i naposljetku izgori.

3.3. GUSTOĆA PLINOVA UGLJIKOVODIKA

Gustoća smjesa plinova kada nastaju iz normalnih naftnih derivata, kada su nerazrijeđeni zrakom, svi su veće gustoće od zraka. Učinci slojevitosti susreću se u operacijama rukovanja teretom te mogu dovesti do opasnih situacija. Tablica broj jedan pokazuje gustoće plina u odnosu na zrak. U tablici su prikazani propan, butan i pentan koji otprilike predstavljaju smjesu plinova koju može proizvoditi sirova nafta.

Gustoća u odnosu na zrak			
Plin	Čisti ugljikovodik	50% volumena ugljikovodika/ 50% volumena zraka	Donja granica zapaljivosti smjesa
Propan	1.55	1.25	1.0
Butan	2.0	1.5	1.0
Pentan	2.5	1.8	1.0

Tablica 1 Propan, Butan i Pentan: Gustoća u odnosu na zrak

Izvor: Izradio student po uzoru na tablicu iz ISGOTT 5

4. OPASNOST OD POŽARA NA BRODU

Na svakom brodu postoji realna opasnost od mogućeg nastanka požara. Uzroci nastanka požara mogu biti mnogi. Danas su požari na svim tipovima tankera rijetki budući da su standardi vrlo visoki, ali potencijalna opasnost uvijek postoji te stoga sve operacije tijekom rukovanja teretom trebaju biti nadgledane i provjeravane. Isto tako i razni poslovi na brodu kao što su poslovi s plamenom trebaju biti usklađeni s propisima vezanim uz sigurnost jer se jedino na taj način može potencijalni nastanak požara svesti na minimum.

4.1. OSNOVNI POJMOVI O GORENJU

Gorenje je kemijski proces u kojem se spajaju goriva tvar i kisik pri čemu se oslobađa svjetlosna i toplinska energija. Gorenje je brzi oblik oksidacije. Oksidacija je kemijski proces u kojem se kisik spaja elementima od kojih je neka tvar građena. U tom procesu stvara se toplina koja se zatim oslobađa. Neki oksidacijski procesi stvaraju vrlo malo topline kao npr. kod korozije željeza dok isto tako postoje i procesi u kojima se oslobađa vrlo velika količina topline što je slučaj s izgaranjem nafte. U nekim procesima oksidacije dolazi do trenutačnog spajanja gorive tvari i kisika. Primjer toga je reakcija zapaljivih plinova kao što su propan i butan. Takve oksidacije događaju se trenutačno te imaju svojstva eksplozije. Po svemu navedenom može se utvrditi da oksidacija može biti polagana, brza i trenutačna. Polagana oksidacija je ona u kojoj nema pojave vatre (prije spomenuta korozija željeza), brza je ona u kojoj se pojavljuje vatra (gorenje) te trenutačna koja može biti s pojavom i bez pojave vatre (eksplozija).

4.1.1. Trokut gorenja

Da bi došlo do procesa gorenja, moraju biti ispunjeni određeni uvjeti:

- goriva tvar,
- prisutnost kisika to jest tvari koja podržava gorenje,
- toplina potrebna za postizanje temperature paljenja.

Navedeni uvjeti prikazani su trokutom izgaranja na slici broj 2.








Slika 2 Trokut gorenja

Izvor: Zec, D., Sigurnost na moru, Pomorski fakultet, Rijeka, 2001.

4.1.2. Klase požara

Prema vrsti gorive tvari požari se mogu klasificirati na način na koji je to prikazano u sljedećoj tablici.

Klasa	Vrsta gorive tvari	Sredstvo za gašenje
A	Požari krutih tvari koje gore plamenom ili žarom (isključujući metale): drvo, tekstil, ugljen, biljne tvari, plastika, slama, papir i sl.	 A voda pjena prah
B	Požari zapaljivih tekućina: benzina, benzola, ulja, masti, lakova, asfalta, smole, voska, etera, alkohola i drugih	 B pjena prah CO ₂ (halon)
C	Požari plinovitih tvari: metana, butana, propana, vodika, acetilena, gradskog plina i drugih	 C prah CO ₂ halon
D	Požari lakih metala koji gore jakim žarom: aluminij, magnezij i njihove legure, titan, elektron i drugi osim natrija i kalija	 D D – prah
E	Požari vrste A do D, u blizini električnih postrojenja odnosno požari kablova, sklopki, motora, generatora, transformatora	 E CO ₂ prah halon

Slika 3 Klase požara

Izvor: Matković, M., Protupožarna zaštita na brodovima, 8. izdanje, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2000.

4.2. IZVORI ZAPALJENJA

Do procesa izgaranja ili eksplozije dolazi ako je prisutna određena količina energije potrebna za paljenje smjese plinova ili para i zraka. U nastavku su navedeni neki mogući izvori zapaljenja na brodu.

4.2.1. Pušenje

Pušenje kao potencijalni izvor zapaljenja, na tankerima za prijevoz ulja dopušteno je samo u posebnim prostorijama (smoking designated rooms). Pušenje je zabranjeno na palubi i bilo kojem mjestu gdje može doći do pojave para tereta. Prilikom operacija ukrcaja odnosno iskrcaja tereta potrebno je postrožiti pravila o pušenju uključujući i potpunu zabranu ako to predstavlja sigurnost operacije s teretom. Posebne prostorije namijenjene pušenju trebaju biti dogovorene od strane odgovornog časnika i predstavnika terminala i to prije nego krenu operacije s teretom. Sve osobe uključene u manipulaciju s teretom moraju biti informirane o tome. Šibice i upaljači trebaju se koristiti samo u dozvoljenim prostorijama te ih je zabranjeno nositi na palubi ili prostorima gdje može doći do pojave para tereta. Nadalje, sve osobe koje dolaze na brod ne smiju nositi sa sobom navedene stvari kao ni bilo što, što može izazvati iskrku i moguće zapaljenje.



Slika 4 Oznaka zabrane pušenja istaknuta na palubi

Izvor: <https://safety4sea.com/imo-adopts-interim-recommendations-safe-carriage-industrial-personnel/>

4.2.2. Poslovi s plamenom

Poslovi gdje se koriste otvoreni plamen, iskre ili drugi izvori zapaljenja koji mogu rezultirati požarom ili eksplozijom smatraju se poslovima s plamenom. Popravci na tankerima su prisutni na dnevnoj bazi te zahtijevaju rad s otvorenim ili prigušenim plamenom. U te poslove se ubrajaju varenje, rezanja metala ili uklanjanje korozije. Kako bi se postigla maksimalna sigurnost prilikom izvođenja tih radnji te kako ne bi došlo do mogućih opasnosti za brod ili posadu primjenjuju se takozvane dozvole za rad (work permits) to jest u ovom slučaju dozvola za rad s plamenom (hot work permits). Dozvola za poslove s plamenom mora biti izdana i odobrena od strane zapovjednika broda. Navedena dozvola se koristi kako bi se odredile moguće opasnosti prilikom izvođenja posla te kako bi se upotrebom sigurnosnih mjera uspješno izbjegle. Sve te mjere koje se koriste ne čine posao sigurnim jer posao s plamenom je sam po sebi opasan, međutim poštivanjem mjera mogućnost nastanka nesreće se drastično smanjuje. Neke od mjera predostrožnosti koje se poduzimaju prije izvođenja posla s plamenom, a provjerene su od strane zaduženog časnika su:

- Provjeriti područje gdje će se posao obavljati i uvjeriti se da u blizini nema zapaljivih tvari koje bi mogle izazvati požar prilikom rada,
- Uvjeriti se uređajem za mjerenje atmosfere da nema zapaljivih plinova,
- Časnik koji je u brodskoj straži treba biti obaviješten o obavljanju posla,
- Oprema za izvođenje posla treba biti pregledana i ispravna,
- Posao s otvorenim plamenom ne smije smanjiti kvalitetu i sposobnost protupožarne zaštite,
- Nadgledati posao i imati pri sebi aparat za gašenje i crijevo ako je moguće.

4.2.3. Statički elektricitet

Statički elektricitet je naboj koji nastaje kao posljedica trenja razdvajanjem pozitivnih i negativnih naboja na električki neutralnim objektima. Statički elektricitet najčešće može nastati prilikom operacija ukrcaja odnosno iskrcaja te tijekom pranja tankova, mjerenja količine tereta u tanku, prilikom ubacivanja inertnog plina, te pri uzimanju uzoraka tereta. Tijekom navedenih operacija može doći do nakupljanja električnog naboja koji se može osloboditi u elektrostatskim pražnjenjima s dovoljno energije potrebnom da se zapali smjesa ugljikovodika. Ako se ne nalazi prisutnost zapaljive atmosfere ne može doći do zapaljenja. Postoje tri faze koje mogu dovesti do opasnosti od statičkog elektriciteta i sve tri faze su nužne kako bi došlo do zapaljenja u zapaljivoj atmosferi. Faze koje vode do potencijalnog statičkog elektriciteta su:

- Odvajanje naboja,
- Nakupljanje naboja,
- Elektrostatičko pražnjenje.

Razne vrste ulja to jest tekućina koje prevoze tankeri sastoje se od pozitivnih i negativnih iona i u normalnim su uvjetima električki neutralna. Preraspodjela iona se događa kada tekućina dođe u kontakt s krutom tvari (npr. cijev) što dovodi do nastajanja dvostrukog električnog sloja gdje dolazi do preraspodjele iona, koji graniče s površinom tekućina/kruta tvar, kako bi proizveli sloj iona s istim električnim predznakom. Blizu ovog sloja, ali malo dalje od površine formira se sloj iona suprotnog predznaka. Kada su tekućine i krute tvari razdvojene, ioni koji su u kontaktu s krutom tvari ostaju vezani za njih dok tekućine gube neke od svojih iona i oni postaju elektrostatički nabijeni. Naboji koji su razdvojeni će se pokušati preraspodijeliti što će najviše ovisiti o električnoj vodljivosti tekućine. Sirova nafta i voda su primjeri tekućina koje imaju visoku električnu vodljivost. Kada se govori o odvajanju naboja on je izravno povezan s brzinom strujanja tereta u cjevovodima. Što je veća brzina strujanja tereta u cjevovodima brže je i odvajanje naboja. Opasnost od nastanka statičkog elektriciteta se smanjuje tako da se uspori brzina strujanja tereta u cjevovodima ili dodavanjem anastatika čija je uloga povećavanje električne vodljivosti. Nadalje, bitno je prilikom ukrcaja/iskrcaja tereta uzemljiti cjevovode na kopneno uzemljenje. Ako kod operacije ukrcaja ili iskrcaja nadolazi oluja potrebno je zaustaviti sve manipulacije s teretom, zatvoriti sve ventile, ventilacijske otvore, ulaze u tankove te nastaviti s operacijama kada oluja prođe.

4.2.4. Prijenosni električni uređaji, mobiteli i aluminij

Sva električna oprema uključujući i ručne svjetiljke mora biti certificirano sigurna (intrinsically safe). U tu skupinu ulaze UHF/VHF prijenosni uređaji, prijenosni radio uređaji, elektronički kalkulatori, kamere, fotoaparati i mnogi drugi. Uređaji s vrlo malim baterijama kao što su ručni satovi ili pacemaker ne predstavljaju značajnu opasnost od mogućeg iskrenja.

Mobilni telefoni smiju se koristiti na palubi broda i na terminalima samo ako su certificirano sigurni. Svaka osoba koja dolazi na brod i posjeduje certificirano sigurni mobilni uređaj mora biti spremna priložiti dokaz o tome. Iako prijenos energije od mobilnih telefona koji nisu sigurno certificirani su nedovoljne da bi proizvele iskru, baterije mogu sadržavati dovoljnu energiju da ju proizvedu pod uvjetom da su oštećene ili ako dođe do kratkog spoja.

Oprema izrađena od aluminijske kao što su prijenosna skala i skele ne smije biti korištena na mjestima gdje može doći do nastanka zapaljivih smjesa. Razlog tomu je što aluminij može izazvati iskrenje ako se nađe u kontaktu s korozijom čelika.

4.3. EKSPLOZIJA U TANKU

Eksplodija u tanku tereta će djelomično ili u potpunosti razbiti prostorne granice te se pretvoriti u veliki požar. Ako se eksplozija dogodila kada je tank bio pun teretom malo se toga može učiniti. Međutim, ako je eksplozija u tanku nastala dok je brod plovio u balastu postoje veće šanse za nešto postići. Nakon eksplozije zapovjednik i posada broda moraju uzeti u obzir sljedeće:

- Moguća izolacija požara postavljanjem „vodenog zida“ oko ruba požara,
- Zaustavljanje prijenosa topline u prostore nastambi prskanjem po pregradi,
- Korištenje sustava za gašenje požara pjenom,
- Prilagođavanje brzine broda i kursa kako bi se minimiziralo širenje požara i spriječilo daljnja strukturalna oštećenja,
- Ispuštanje sredstva za gašenje požara u prostore pumpnih stanica kako bi se spriječilo širenje vatre iz tanka tereta⁶.

⁶ Tanker manual VMS/TNK/01, materijali postavljeni na Merlin stranici kolegija TPTT (I.Rudan)

5. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA I PREVENCIJA

Najbolja protupožarna zaštita jest poduzimanje preventivnih mjera. Moderni tankeri opremljeni su sofisticiranom protupožarnom opremom koja je ujedno i vrlo pouzdana. Međutim i najskuplja i najsofisticiranija oprema je beskorisna ako članovi posade nisu educirani i upoznati sa samim korištenjem opreme. Svaki član broda mora biti upoznat s planom protupožarne zaštite. U tom planu prikazani su smještaji prijenosnih aparata za gašenje, sredstvima za gašenje požara, načinima gašenja, dužnostima članova posade u takvim situacijama itd. Nadalje, na tankerima za prijevoz ulja treba obratiti pozornost na prostore u koje se dovodi inertni plin. Ne smije se ulaziti u zatvorene prostore te tankove bez aparata za disanje i osobne opreme bez da je ustanovljeno da je atmosfera sigurna za rad. Prije nego se ulazi u zatvorene prostore potrebno je ispitati količinu kisika, prisustvo eksplozivne smjese kao i prisutnost otrovnih tvari u tim prostorima. Kako je već prethodno navedeno najbolja protupožarna zaštita je prevencija, međutim ako zakaže prevencija, gašenju nastalog požara treba pristupiti u što kraćem mogućem vremenu. Posada broda treba poznavati postupke gašenja požara različite prirode. To se postiže periodičnim edukacijama gdje posada broda izvodi protupožarne vježbe (Fire Fighting Drills). Redovitim protupožarnim vježbama posada se susreće s mogućim opasnostima koje ih mogu zadesiti na brodu. Uloga tih vježbi je omogućiti posadi da uvijek postupke i zaduženja koja bi im pripala u mogućoj nastaloj opasnoj situaciji.

5.1. GAŠENJE POŽARA

Svaka vatra se može ugasiti pod uvjetom da se ukloni jedan od njezinih elemenata koji zajedno kada se spoje čine trokut gorenja. Gledajući s aspekta prijevoza ulja, gorivu tvar je nemoguće ukloniti budući da tankeri za prijevoz ulja prevoze i do nekoliko stotina tisuća tona nafte odnosno naftnih derivata. Sljedeća metoda koja je ujedno i primjenjivija je oduzimanje topline budući da je toplina neophodna za postizanje temperature paljenja. Jedno od najefektivnijih rashladnih sredstva je zasigurno voda, koja poprskana na vatru, poprilično brzo se pretvara u paru te upija i odvodi toplinu. Iako je voda dobro poznata po svojim rashladnim svojstvima koja su idealna te sasvim dovoljna za ugasiti požar klase A, za gašenje požara ostalih klasa pribjegava se drugim sredstvima. Ostala rashladna sredstva kao što je npr. pjena, iako ima rashladna svojstva, uspoređujući s vodom njezin je rashladni učinak minimalan. Gašenje požara

penom odvija se na način da prekrije gorivu površinu te pritom sprječava pristup kisika gorivoj tvari. S obzirom da pjena ima nisku gustoću, zadržava se na površini tekućine te se koristi kao primarno sredstvo pri gašenju požara tekućih tvari. Posljednji način kako prekinuti trokut gorenja je uklanjanjem kisika. Opće je poznato da vatra neće opstati u nedostatku kisika koji s gorivom tvari i dovoljno topline zatvara trokut gorenja. Postoje dva načina kako se može utjecati na vatru putem kisika. Prvi način je osiromašivanjem atmosfere na način da postotak kisika padne ispod vrijednosti pri kojoj vatra može izgarati (10-15%). Sljedeći način je gušenjem vatre specifičnim sredstvima koja svojim djelovanjem onemogućuju ulazak kisika koji bi nastavio "hraniti" vatru.

5.2. UTJECAJ RAZLIČITIH SREDSTAVA NA POŽAR ZAPALJIVIH TEKUĆINA

Glavna uloga sredstava za gašenje požara je prekinuti proces gorenja. Osnovno sredstvo koje se koristi je voda, međutim kako je već i prije navedeno ona nije pogodna za sve vrste požara. U ovom poglavlju opisan će se utjecaj vode i pjene na požar zapaljivih tekućina.

5.2.1. Voda

Voda vrlo učinkovito snižava temperaturu gorive tvari kao ni jedno drugo sredstvo. Zbog navedenog svojstva pogodna je za gašenje požara u obliku žara i plamena. Zbog činjenice da vode ima u velikim količinama te da se lako može prenositi u većim količinama te da uz to nije otrovna, našla je široku primjenu. Za požare koji uključuju tekućine ugljikovodika voda se koristi da bi se ohladile zahvaćene površine te na taj način smanjilo širenje požara. Voda se kod takvih požara koristi u obliku raspršenog mlaza ili vodene magle kako bi se stvorio prostor između požara i ljudi i opreme s druge strane koji ga gase. Ipak treba imati na umu da voda može raznositi tekućinu koja gori i izvan zahvaćenog područja. Nadalje, kapljice vode ako se nađu unutar zapaljive tekućine, mogu se pretvoriti u paru koja će zatim zbog naglog širenja istisnuti zapaljenu tekućinu u obližnji prostor. Voda se ne smije koristiti kao sredstvo za gašenje požara na električnoj opremi jer provodi struju budući da u sebi sadrži otopljene soli.

5.2.2. Pjena

Pjena se koristi kao sredstvo za gašenje požara zapaljivih tekućina. Pjena gasi na način da prekrije gorivu površinu te na taj način onemogućuje pristup kisika prema gorivoj tvari. Ovisno o omjeru vode i pjenila spram ukupnom volumenu pjene, može se podijeliti na tešku,

srednju i laku. Teška pjena je ona kod koje taj omjer iznosi od 1:3 do 1:15 to jest ima koeficijent ekspanzije između 3 i 15. Kod srednje pjene taj koeficijent iznosi od 15 do 150 dok laka ima koeficijent ekspanzije od 200 do 1000.

Teška pjena se naziva još i proteinska budući da se proizvodi iz bjelančevina životinjskog podrijetla. Sam naziv "teška pjena" dolazi zbog vode čiji je udio u pjenu oko 8%. Težina teške pjene je negdje oko 150 kg/m³. Za dobiti 100 litara mješavine treba oko 700 litara zraka.

Srednja pjena dobiva se iz sintetskih pjenila. Težina pjene iznosi oko 11 kg/m³ te je za 100 litara mješavine potrebno 1500 litara zraka.

Laka pjena proizvodi se na bazi masnih alkohola. Koristi se za gašenje požara u zatvorenim prostorima. Na otvorenim prostorima struja zraka će raznositi pjenu pa gašenje zbog toga nije učinkovito. Težina lake pjene iznosi oko 1 kg/m³ te je za dobiti 100 litara mješavine potrebno 80 000 litara zraka.

5.3. FIKSNI PROTUPOŽARNI SUSTAVI

Među fiksnim protupožarnim sustavima na brodu ističu se sustav gašenja požara prskanjem, pjenom i sustav gašenja ugljičnim dioksidom. Uloga fiksnih sustava je izuzetno važna budući da ako se požar otkrije na vrijeme moguće ga je ugasiti što bi bez samih tih sustava bilo izuzetno teško.

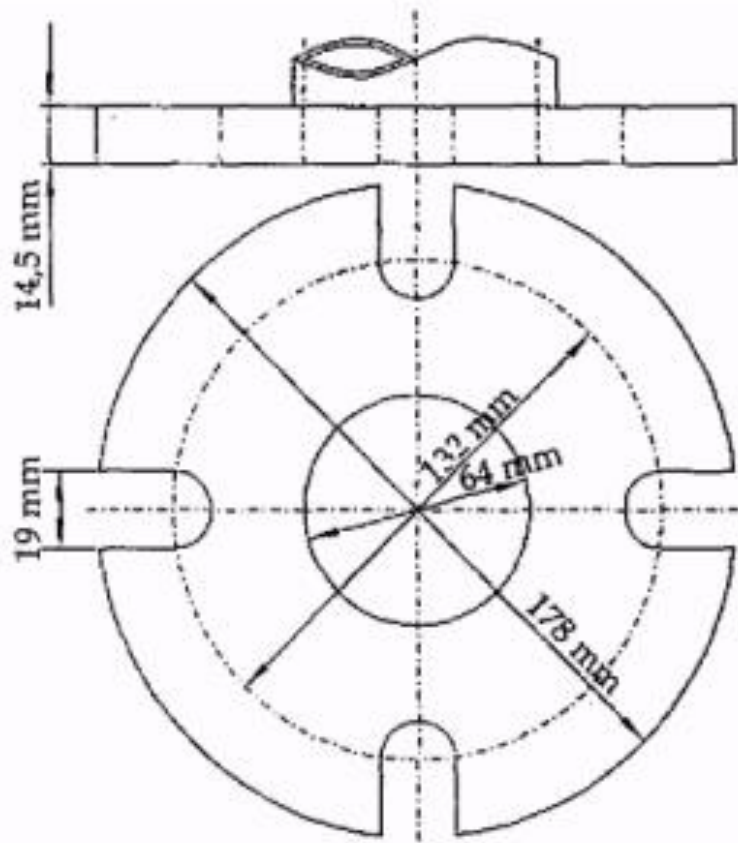
5.3.1. Protupožarne pumpe, glavni protupožarni cjevovodi, hidranti i vatrogasna crijeva

Zahtjevi za brodsku protupožarnu opremu određeni su propisima države u kojoj je brod registriran. Ti propisi se temelje na SOLAS konvenciji te sukladno tim propisima svaki brod mora biti opremljen protupožarnim crpkama, glavnim protupožarnim cjevovodom, hidrantima te vatrogasnim cijevima. Protupožarne crpke moraju zadovoljiti kapacitet od 25 m³/sat te svaka crpka mora opskrbiti najmanje dva mlaza vode. Protupožarna crpka spojena je s brodskim palubnim protupožarnim sustavom preko sustava ventila, a pogon protupožarne crpke omogućuje neovisni elektromotor ili dizel motor čiju će energiju osigurati generator za nuždu. Hidranti su raspoređeni tako da najmanje dva mlaza vode mogu doseći bilo koji dio broda dok je brod u navigaciji. Udaljenost između dva hidranta na palubi iznosi najviše 40 m, dok je u

zatvorenom prostoru duplo manja te ne smije biti veća od 20 m. Vatrogasna crijeva trebaju biti dovoljne dužine kako bi mlaz vode mogao dospjeti do svakog područja gdje je prijeko potrebno. Vatrogasne cijevi spremljene su u ormarićima koji se nalazi u neposrednoj blizini hidranata. Ukoliko se palubni sustav napaja preko kopna to će se učiniti preko međunarodne prirubnice.

5.3.2. Međunarodna priključnica s kopnom

Međunarodna priključnica za kopno mora udovoljavati zahtjevima koji su propisani SOLAS konvencijom. Međunarodna priključnica treba biti izrađena od čelika ili nekog drugog jednakovrijednog materijala te projektirana za tlak od 1,0 MPa u službi.



Slika 5 Međunarodna priključnica s kopnom

Izvor: Bićanić, Sigurnost na moru, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split 2013

5.3.3. Sustav gašenja požara prskanjem

Sustav gašenja požar prskanjem to jest “sprinkler” sustav koristi se za gašenje požara u prostorijama nadgrađa. Na stropu prostorije koja se štiti postavljen je sprinkler-ventil koji je podešen da reagira ako temperatura u određenoj zoni dostigne 68°C. Kada se postigne ta temperatura, kao posljedica djelovanja vatre doći će do pucanja staklene cjevčice te će se otvoriti ventil. Zbog nastalog pada pritiska unutar dovodnih cijevi otvorit će se poklopac posebnog ventila koji se nalazi u razdjelnoj stanici kako bi se osigurale dostatne količine vode iz spremnika s vodom pa sve do otvorenog sprinklera. Ovaj sustav je automatski te se pri

aktiviranju oglašava zvučni alarm u kombinaciji sa svjetlosnim. Isključivanje se vrši ručno, ali samo kada je vatra u potpunosti ugašena. Sprinkler sustav može biti izveden u suhoj i mokroj varijanti. Suh je ako je sistem cjevovoda do sprinklera bez vode, dok je mokar onaj čiji se cjevovod nalazi pod tlakom vode. Sprinkler sustav izveden u suhoj varijanti će se koristiti u područjima gdje se može očekivati zaleđivanje vode.

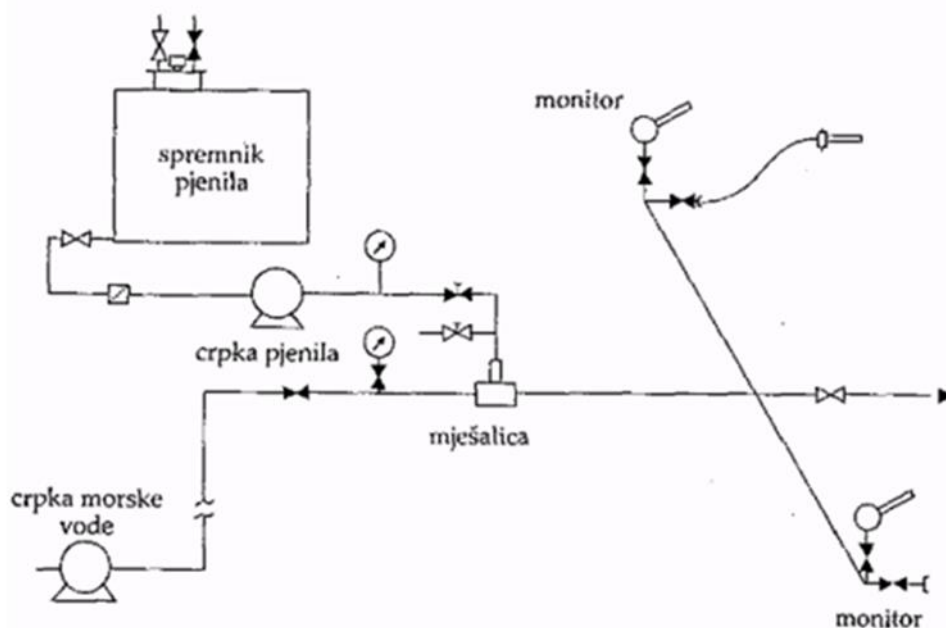
5.3.4. Sustav gašenja požara pjenom

Sustav za gašenje pjenom koristi se za gašenje požara u strojarnici (laka pjena), pumpnim stanicama (srednja pjena) i za gašenje požara na palubi (teška pjena).

Sustav za gašenje lakom pjenom koristi se za gašenje požara u strojarnici. Sustav čine pumpa za morsku vodu, cjevovod, spremnik za pjenilo te ugrađena prskalica koja ispušta pjenu. U zračnu struju se ubacuje mješavina vode i pjenila te se tako stvara pjena. Sustav mora u minuti proizvesti minimalno 1 m visine pjene za najveću površinu štice prostorije. Količina pjenila mora biti dostatna za stvaranje barem 5 puta više pjene od volumena prostorije koja se štiti.

Sustav za gašenje srednjom pjenom koristi se za gašenja požara u pumpnim stanicama.

Sustav za gašenje teškom pjenom koristi se za gašenje požara na palubi tankera za prijevoz ulja. Sustav čini pumpa za morsku vodu, spremnik za pjenilo, miješalica, cjevovod i monitor.

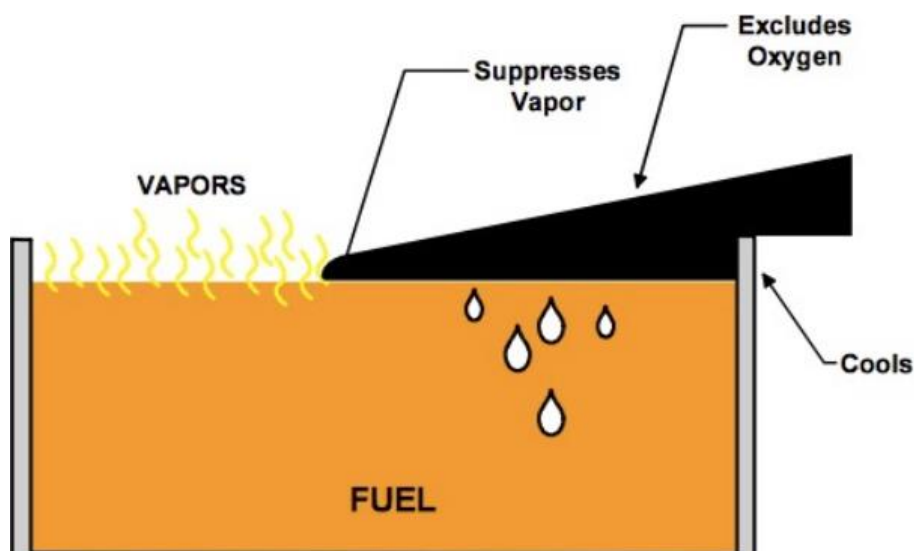


Slika 6 Palubni protupožarni sustav gašenja teškom pjenom

Izvor: Bićanić, Sigurnost na moru, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, 2013.

Postoje dvije izvedbe sustava. Kod prve izvedbe se pjena može dobavljati svim prskalicama iz jedne miješalice, dok kod druge izvedbe svaka prskalica ima svoju miješalicu. Miješalica dotoku vode dodaje 3 do 6% pjenila, a miješanje se odvija u cjevovodu, na putu do prskalice.⁷ Sustav treba moći proizvesti pjene da pokrije cijelu površinu tankova. Kapacitet prskalice treba najmanje iznositi 3l/min/m² površine koje se štiti. Domet monitora mora biti najmanje za 1/3 veći od najudaljenije točke koja se štiti. Sustav za gašenje teškom pjenom mora proizvesti dovoljnu količinu pjene da može pokriti opožarenu površinu pjenom do visine 150 mm u vremenu ne dužem od 5 minuta. Pjena gasi požar na sljedeće načine:

- Sprječava pristup zraka zapaljivim parama,
- Eliminira ispuštanje pare zapaljene tekućine,
- Odvaja plamen od površine zapaljene tekućine,
- Hladi površinu zapaljene površine te hladi okolne metalne površine.



Slika 7 Gašenje požara u tanku tereta

Izvor: <https://www.myseatime.com/blog/detail/a-comprehensive-guide-of-fixed-fire-fighting-foam-system>

Kako bi posada broda bila sigurna da sustav ispravno funkcionira rade se testiranja svih elemenata protupožarnog sustava. Svake godine sustav mora biti testiran barem do maksimalnog radnog pritiska. Nadalje, u priručniku za SMS treba provjeriti postoje li kakvi posebni zahtjevi tvrtke za testiranje. Testiranje se sastoji od sljedećih koraka:

- Zatvoriti sve ventile protupožarnog cjevovoda i cjevovoda pjene,

⁷ Bićanić, Sigurnost na moru, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split 2013.

- Otvoriti monitor na najisturenijem prednjem dijelu broda,
- Startati protupožarnu pumpu pri najvećem pritisku,
- Polako zatvoriti monitor,
- Provjeriti da li je negdje došlo do curenja pjene⁸.

Isto tako potrebno je provjeriti da li je došlo do curenja kod nekog od monitora prilikom testiranja. Ako je došlo do curenja treba provjeriti da li je ventil od monitora dobro zatvoren. Ako se ispostavi da je ventil bio dobro zatvoren znači da nije ispravan te ga treba zamijeniti. Nakon toga potrebno je odrediti procjenu rizika budući da za vrijeme popravka sustav ne bi bio dostupan za korištenje.



Slika 8 Monitor za gašenje požara na palubi

Izvor: materijali postavljeni na Merlin stranici kolegija TPTT (I.Rudan)

5.3.5. Sustav gašenja požara ugljičnim dioksidom

Sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom koristi se najčešće za gašenje požara u strojarnici, ali se može koristiti i u prostorijama pumpi. Ako se koristi za gašenje požara u strojarnici, ukupna količina dovedenog plina mora iznositi:

⁸ Capt Rajeev Jassal, A comprehensive guide of fixed fire fighting foam system, <https://www.myseatime.com/blog/detail/a-comprehensive-guide-of-fixed-fire-fighting-foam-system>, preuzeto: 28.06.2023.

- 40% bruto volumena najveće prostorije, isključujući grotlište do visine na kojoj njegova horizontalna površina iznosi 40%,
- 35% bruto volumena najveće prostorije, uključujući i grotlište.

Za prethodno navedeno računa se za gustoću ugljičnog dioksida od 0.56 m³/kg. Za prostor strojarnice vrijedi da 85% propisanog volumena CO₂ mora biti ispušteno unutar 2 minute. Kod gašenja požara u strojarnici pomoću ugrađenog CO₂ sustava valja voditi računa da prilikom oglašavanja zvučnog alarma za ispuštanje ugljičnog dioksida treba što prije napustiti prostor strojarnice. Prije samog ispuštanja CO₂ treba provjeriti jesu li svi članovi posade napustili prostor strojarnice te isto treba provjeriti da li su vrata i otvori zatvoreni. Nadalje, treba isključiti ventilaciju kao i dovod goriva i maziva. Prednost gašenja CO₂ sustavom je u tome što za razliku od drugih sredstava ugljični dioksid ne nanosi dodatnu štetu povrhu onih koje su nastale kao posljedica požara. Strojarnica se smije otvoriti nakon minimalno 36 sati, ali i kasnije ovisno o opsegu požara prije ispuštanja ugljičnog dioksida. Sustav se sastoji od spremnika s CO₂ pod tlakom koji su opremljeni sigurnosnim ventilom, spojnih cijevi s ventilima, manometara, upravljačke ploče u ormariću, uzbudne posude s plinom, cjevovoda i mlaznica.

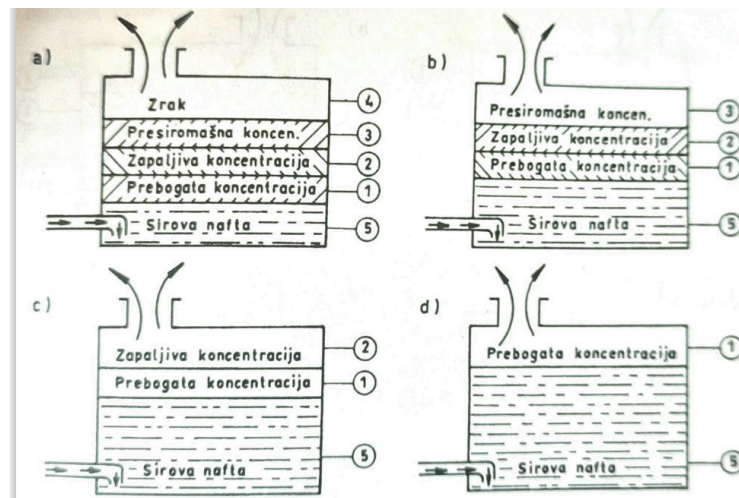
5.4. SUSTAV INERTNOG PLINA KAO PREVENCIJA U SPREČAVANJU NASTANKA POŽARA ILI EKSPLOZIJE U TERETNIM PROSTORIMA

Primjena sustava inertnog plina na tankerima za prijevoz ulja potaknuta je brojnim nesrećama na moru čije su posljedice bile katastrofalne. Ako tankovi tereta ne bi bili inertirani opasnost od eksplozije bi bila stalna. Pri rukovanju sirovom naftom najveća opasnost javlja se pri operaciji iskrcanja tereta. Tijekom iskrcanja zapaljive pare miješaju se sa zrakom te pritom stvaraju eksplozivnu smjesu. Po SOLAS konvenciji postotak kisika u inertnom plinu ne smije prelaziti 8%, međutim mnogi terminali zahtijevaju da ne prelazi 5%.

5.4.1. Ukrcaj i prijevoz

Prije samog početka ukrcanja tereta, tankovi moraju biti propisno inertirani. Tijekom ukrcanja kako teret ulazi u tankove postepeno istiskuje inertni plin kroz sigurnosni ventil koji se nalazi na palubi. U slučaju da prije krcanja tereta tank nije inertiran punio bi se parama ugljikovodika te bi se u tanku mogle stvarati različite zone koncentracije koje su već navedene u potpoglavlju „Utjecaj inertnog plina na zapaljivost”. Na sljedećoj slici prikazan je ukrcaj

tereta u tank koji prethodno nije inertiran. Može se uočiti kako teret postepeno ulazi u tank tako se i u različitim fazama ukrcaja mijenjaju i koncentracije u tanku.



Slika 9 Faze ukrcaja tekućeg tereta bez prisutnosti inerta u tankovima tereta

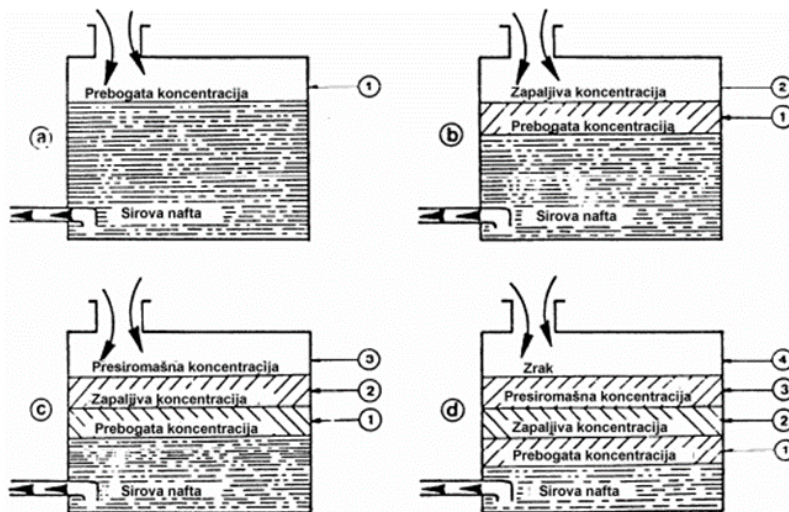
Izvor: P. Komadina: Tankeri, Rijeka 1994.

Tijekom prijevoza sirove nafte odnosno naftnih derivata, a da je tank nakrcan teretom i prisutan je predtlak inertnog plina, u teoriji nije potrebno dalje inertirati tank. Ipak, u praksi se pokazalo da sustav inertnog plina katkada treba aktivirati ako tlak padne ispod 0.02 bara. Razlog tomu može biti moguće propuštanje tankova zbog lošeg brtvljenja sonde odušnika i poklopaca.⁹ Nastavi li tlak i dalje padati, stvorit će se prebogata koncentracija ugljikovodika te će se uključiti alarm, a ventilator će tlačiti inertni plin do vrijednosti tlaka od 0.06 bara. Tijekom plovidbe treba mjeriti tlak unutar tanka čija najmanja vrijednost smije iznositi 0.02 bara. Ako rezultat mjerenja ne pokaže zadovoljavajuće vrijednosti tankove je potrebno nadopuniti plinom za inertiranje.

⁹ P. Komadina: Tankeri, Rijeka 1994.

5.4.2. Zapaljiva koncentracija pri iskrcaju tereta

Kao što je već napomenuto, operacija iskrcaja tereta slovi za vrlo opasnu radnju budući da se tijekom navedene operacije stvara eksplozivna smjesa nastala miješanjem para tereta i kisika. Upravo zbog toga tijekom iskrcaja tereta treba biti uključen sustav inertnog plina na način da se uvodi s laganim nadtlakom. Kada se koristi ventilator inertnog plina valja provjeriti da li je dotok zraka u potpunosti zatvoren, jer bi u tom slučaju efekt inertiranja bio manji te opasnost za nastanak od požara i eksplozije znatnije povećana. Na sljedećoj slici prikazano je u fazama kako bi izgledao iskrcaj tekućeg tereta u fazama bez inertiranja tankova. Valja primijetiti da su prisutne identične faze kao kod ukrcanja tereta, ali u obrnutom redoslijedu.



Slika 10 Faze iskrcaja tekućeg tereta bez prisutnosti inerta u tankovima tereta

Izvor: Kurtela, Ž.: Osnove brodogradarstva, Sveučilište u Dubrovniku, 2000.

5.4.3. Svojstva i načini dobivanja inertnog plina

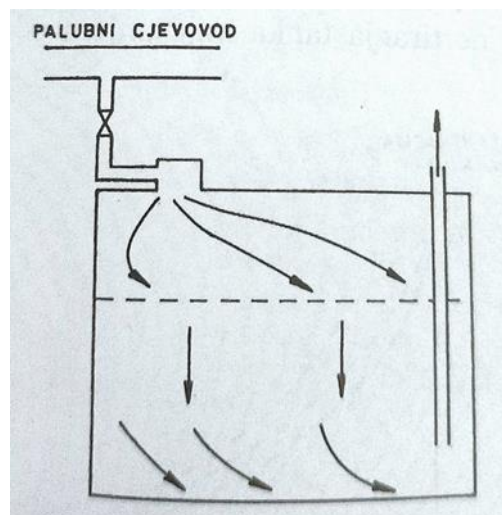
Kada se govori o inertnom plinu, dušik koji je njegov tipični predstavnik pokazao se kao izvrsno rješenje za korištenje pri prijevozu svih vrsti tereta. Međutim, iako vrlo pogodan za korištenje, čist dušik se izuzetno rijetko koristi jer je za proizvesti čist dušik potreban povećani iznos. Budući da na tankerima za prijevoz ulja nije potreban čist dušik već je prihvatljivo da u sebi sadrži i manji udio drugih plinova, on se tamo ne koristi. Njegova upotreba korisna je na tankerima za prijevoz kemikalija gdje neka od kemikalija može reagirati s nekim plinom koji se nalazi u inertnom plinu, što nije slučaj kod tankera za prijevoz ulja. Na tankerima za prijevoz ulja inertni plin dobiva se iz ispušnih plinova iz kotlova, ispušnih plinova pomoćnih motora te se još može koristiti generator inertnog plina.

5.4.4. Inertiranje tankova

Tankovi tereta mogu se inertirati na dva osnovna načina. Razlikuje se inertiranje:

- Potiskivanjem
- Miješanjem

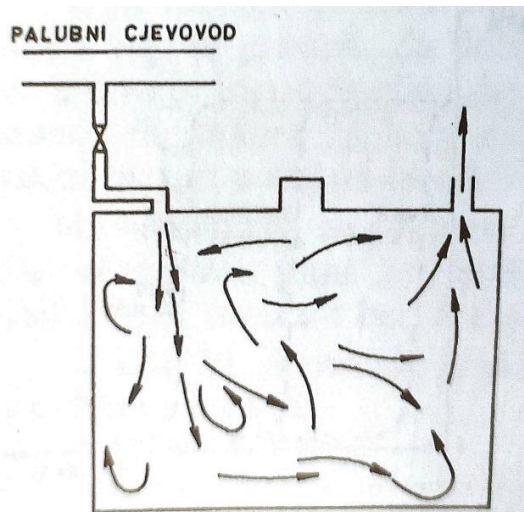
Kod metode inertiranja tanka potiskivanjem, inertni plin ulazi u tank vrlo malom brzinom pritom potiskujući eksplozivne pare, koje zatim odlaze u atmosferu putem odušnika. Važno je da brzina uvođenja inertnog plina bude mala kako bi se izbjegnulo nekontrolirano miješanje plina za inertiranje i para tereta. Način uvođenja inertnog plina potiskivanjem se zapravo temelji na činjenici da je inertni plin nešto lakši od para ugljikovodika. Kako inertni plin ulazi od vrha tanka, zadržava se iznad para tereta te ih potiskuje prema dnu tanka. Pare koje su zapaljive se odvoде u atmosferu putem otvora za ventilaciju. Prednost ovakvog načina inertiranja je relativno mala količina inertnog plina potrebnog za inertiranje, što za posljedicu ima mogućnost istovremenog inertiranja više tankova.



Slika 11 Inertiranje potiskivanjem

Izvor: Grupa autora. Inertni plin. Fakultet za pomorstvo i saobraćaj, 1988.

Sljedeća metoda inertiranja je uvođenje inertnog plina unutar tanka metodom miješanja. Inertni plin ulazi u tank velikom brzinom, dolazi do miješanja s parama tereta te kako se proces nastavlja prvotna koncentracija unutar tanka progresivno pada. Važno je napomenuti da inertni plin mora ulaziti velikom brzinom, za razliku od prošlog načina, kako bi mogao doći do dna tanka. Inertiranje tanka se na ovaj način odvija brže negoli kod potiskivanja. Zbog velike brzine plina potrebne za potpuno miješanje, moguće je inertirati manji broj tankova.



Slika 12 Inertiranje miješanjem

Izvor: Grupa autora. Inertni plin. Fakultet za pomorstvo i saobraćaj, 1988.

5.5. PRIJENOSNI APARATI ZA GAŠENJE

Svi tankeri za prijevoz ulja opremljeni su prijenosnim aparatima za gašenje. Isto tako na brodovima se moraju nalaziti rezervna punjenja za ponovno punjenje korištenih aparata. Svi aparati za gašenje moraju biti u dobrom stanju te spremni za korištenje u bilo kojem trenutku. Brodski SMS treba sadržavati postupke kako se treba održavati na samome brodu. Nadalje, kod aparata za gašenje mora biti provjerena ispravnost lokacije, tlak punjenja te stanje. Ta provjera se vrši jednom godišnje od strane ovlaštenih osoba koje to provjeravaju. Kada se nastoji objasniti što su uopće aparati za gašenje dolazi se do odgovora da su to uređaji koji omogućuju izbacivanje sredstva za gašenje požara manjih razmjera to jest onih koji su tek u začetku. Sredstvo za gašenje izbacuje se u obliku mlaza predviđenog dometa. To se vrši pomoću unutarnjeg tlaka koji omogućuje izbacivanje sredstva u željenom smjeru. Aparat mora biti tako izrađen da isključi mogućnost povrede osobe koje s njim rukuje ili se nalazi u neposrednoj blizini prilikom upotrebe aparata.

Prema sredstvu za gašenje pojedini aparat može biti napunjen sljedećim:

- Vodom,
- Prahom,
- Pjenom,
- Ugljičnim dioksidom.



Slika 13 Prijenosni aparati za gašenje

Izvor: <https://www.ifsecglobal.com/global/choose-right-type-fire-extinguisher/>

5.6. PROTUPOŽARNE MJERE I POSTUPCI NA TERMINALIMA

Pri dolasku na terminal brod mora jasno istaknuti na dnu ili pri vrhu brodske skale zabranu korištenja svih potencijalno opasnih sredstava i uređaja koji mogu izazvati iskrenje te prouzročiti požar. Nadalje, zabranjen je i pristup neovlaštenim osobama.

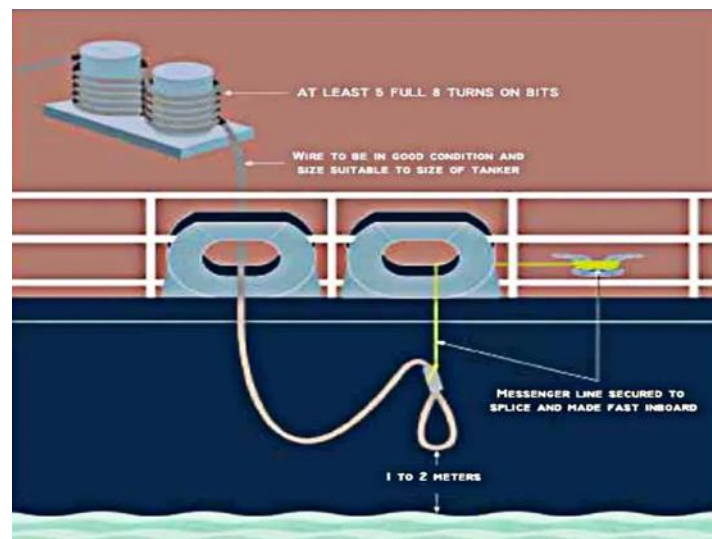


Slika 14 Zabrane istaknute na dnu ili vrhu brodske skale

Izvor: ISGOTT 5

Osim što brod mora istaknuti zabranu korištenja navedenih stvari, terminal je isto tako dužan postaviti odgovarajuće znakove i obavijesti na prikladnom jeziku koji trebaju biti postavljeni na ulazu u područje terminala. Nadalje, u sklopu protupožarne zaštite potrebno je uzemljiti cjevovod za ukrcaj/iskrcaj tereta što je već navedeno u potpoglavlju o statičkom elektricitetu.

Jedna od mjera predostrožnosti koja se koristi na terminalima je protupožarno čelik-čelo (fire wire). Postavlja se na pramcu i krmi prema strani mora te omogućuje tegljačima da mogu otegliti brod na sigurnu udaljenost u slučaju nastanka požara ili eksplozije. Čelik-čelo je pričvršćeno za bitvu s najmanje pet namotaja te se ne smije nalaziti olabavljeno na palubi već direktno sa bitve prolazi kroz zjevaču. Kraj protupožarnog čelik-čela se nalazi na visini 2 metra od visine mora (međutim neki terminali mogu imati drugačije zahtjeve te treba voditi o tome računa) te je pričvršćeno s konopom kojim se tijekom ukrcaja/iskrcaja održava zahtijevana visina iznad mora.



Slika 15 Protupožarno-čelik čelo

Izvor: <https://www.seamanmemories.com/what-are-fire-wires-or-emergency-towing-off-pennants/>

U sljedećoj tablici nalaze se smjernice o minimalnim prekidnim opterećenjima i duljinama čelik-čela za sve veličine brodova. Važno je napomenuti da duljina čelik-čela može varirati ovisno o položaju bitvi i nadvođu broda.

Nosivost (kDwt)	Min. Prekidno opterećenje	Duljina
Manje od 20	30 tona	25m
20-100	50 tona	45m
100-300	90 tona	60m
300+	110 tona	70m

Tablica 2 Smjernice za minimalno prekidno opterećenje i duljinu čelik-čela

Izvor: Izradio student po uzoru na tablicu iz ISGOTT 5

Dok se sa strane mora nalaze protupožarna čelik-čela, sa strane terminala se nalazi sustav priveza s brzo otpuštajućim kukama (Quick release mooring hooks) koji omogućuje brzo udaljavanje broda s terminala čak i ako je u potpuno nakrcanom stanju. Ovaj sustav je sve više prisutan na terminalima zbog svoje jednostavnosti i praktičnosti, a uz to podiže sigurnost na veću razinu.



Slika 16 Kuke za brzo otpuštanje

Izvor: <https://youtu.be/nsu4fGbAmGE>

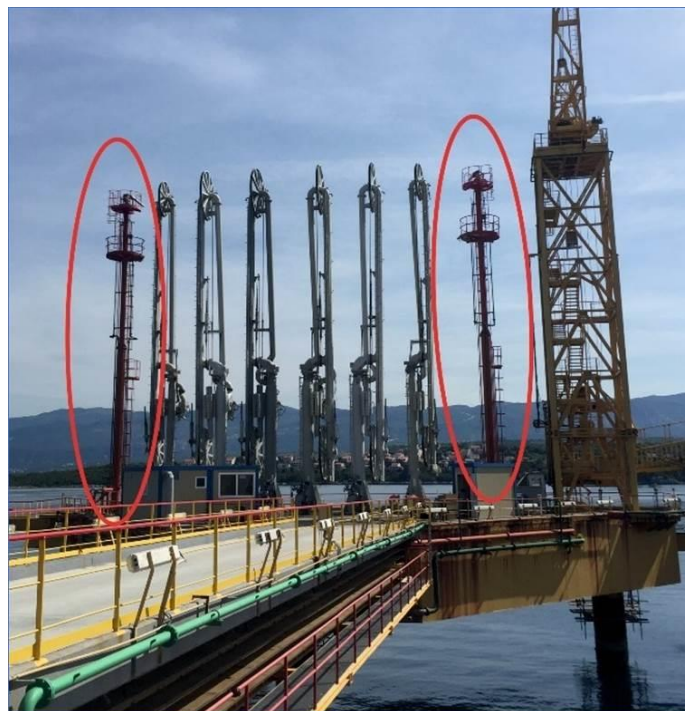
U slučaju da je došlo do izvanredne situacije kao što je npr. požar, kuke se mogu automatski otpustiti preko računalnog programa te se na taj način dodatno zaštićuje i ljude budući da sustav odradi svoju ulogu klikom na „release hooks“ i potom „confirm release“. Naredna slika prikazuje otpuštanje kuka nakon što je potvrđeno klikom.



Slika 17 Otpuštanje kuka

Izvor: <https://youtu.be/nsu4fGbAmGE>

Manifold predstavlja područje visokog rizika. Ako na manifoldu dođe do curenja tereta postoji opasnost od nastanka požara. Ako je došlo do curenja treba prekinuti manipulacije s teretom te zahvaćeno područje prekriti pjenom za gašenje kako bi se uklonila opasnost od mogućeg nastanka požara.



Slika 18 Protupožarni tornjevi na terminalu JANAF

Izvor: materijali postavljani na Merlin stranici kolegija TPTT (I.Rudan)

Zato prije samog početka manipulacija s teretom treba poduzeti sljedeće korake:

- Protupožarni cjevovod mora biti pod tlakom tijekom operacija s teretom,
- Mlaznica za pjenu s ejektorom, spojena na protupožarno crijevo i hidrant,
- Dodatna mlaznica spojena na crijevo i hidrant,
- Ne manje od 75 litara smjese pjene spremno za korištenje¹⁰.

¹⁰ Tanker manual VMS/TNK/01, materijali postavljeni na Merlin stranici kolegija TPTT (I.Rudan)

6. ZAKLJUČAK

Požar na brodu predstavlja jednu od situacija koja se potencijalno može javiti, a od koje svi pomorci strepe. Kako bi se to spriječilo postoje strogi propisi vezani uz protupožarnu zaštitu, a svi protupožarni sustavi izrađuju se i ugrađuju na temelju odredbi SOLAS konvencije uz nadzor klasifikacijskih zavoda. Ono što nalažu propisi u kombinaciji s educiranom posadom koja je sposobna provesti propise u djelo, rizik nastanka požara odnosno eksplozije se drastično smanjuje. Valja ponoviti da preventivne mjere čine najvažniji dio protupožarne zaštite. Kada je riječ o tankerima za prijevoz ulja koji su specifični zbog tereta koji prevoze, inertni plin se ističe kao najvažniji te ujedno i najefikasniji u preventivnom djelovanju protiv nastanka požara. Naravno, protupožarni sustav se neće sastojati od samih preventivnih mjera već sadrži u sebi i mjere koje se moraju poduzimati ako preventivne mjere zakažu. Kada se govori o samome teretu na ovim brodovima, preventivne mjere su vrlo vjerojatno i jedine koje se mogu poduzeti. U praksi se pokazalo da neovisno o svojoj opremi koji brod posjeduje ako dođe do požara nafte ili naftnih derivata lako dolazi do eksplozije pa su sva djelovanja nakon toga zakašnjela i uzaludna. Ipak, uvijek postoji vjerojatnost da se požar može dogoditi u strojarnici, prostorijama nadgrađa, prostorijama pumpi itd. Tamo pri gašenju požara manjih razmjera veliku ulogu mogu imati aparati za gašenje požara, a pri većim razmjerima i ugrađeni sustavi koji mogu kvalitetno zaustaviti nastali požar.

LITERATURA

1. Zec, D., Sigurnost na moru, Pomorski fakultet, Rijeka, 2001.
2. Grabovac, I.: Doprinos nekih međunarodnih konvencija sigurnosti plovidbe, Pomorski zbornik, 40. 2002.
3. Kurtela, Ž.: Osnove brodstrojarstva, Sveučilište u Dubrovniku, 2000.
4. International Safety Guide for Oil tankers and Terminals (ISGOTT 5), International Chamber of Shipping, 2006.
5. Matković, M., Protupožarna zaštita na brodovima, 8. izdanje, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2000.
6. Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, Protupožarna zaštita
7. Dr.sc. Dubravko Vučetić, Brodski električni sustavi, Pomorski fakultet u Rijeci, 2018.
8. Dr.sc. Predrag Kralj, Brodski energetske sustavi, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2017.
9. Ljubo Stipanić, Protupožarna zaštita na brodovima, II. Izdanje
10. G. Victory, C.Eng., F.I.Mar.E. and I. H. Owen, C.Eng., M.I.Mar.E., Fire fighting equipment and its use in ships, 1981.
11. Edward w. Reaney, Fire fighting on ships, 1975.
12. Greg S. Marton, Tanker operations, A Handbook for the Ships Officer, 1978.
13. P. Komadina: Tankeri, Rijeka, 1994.
14. SOLAS 1974., IMO, London, 1974.
15. Grupa autora. Inertni plin. Fakultet za pomorstvo i saobraćaj, 1988.
16. Bićanić, Sigurnost na moru, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, 2013.
17. Tanker manual VMS/TNK/01, materijali postavljeni na Merlin stranici kolegija TPTT (I.Rudan)
18. Prof.dr.sc.Robert Mohović, predavanja Rukovanje teretom 1
19. FSS Code, International Code for Fire Safety Systems, 2015.
20. FTP Code, International Code for Application of Fire Test Procedures, 2010.

INTERNETSKI IZVORI

1. Capt Rajeev Jassal, A comprehensive guide of fixed fire fighting foam system,<https://www.myseatime.com/blog/detail/a-comprehensive-guide-of-fixed-fire-fighting-foam-system>, preuzeto: 28.06.2023.
2. 5 types of fire extinguishers: A guide to using the right class, <https://www.ifsecglobal.com/global/choose-right-type-fire-extinguisher/>, preuzeto 30.06.2023.
3. What are fire wires or Emergency Towing-Off Pennants, <https://www.seamanmemories.com/what-are-fire-wires-or-emergency-towing-off-pennants/>, preuzeto 30.06.2023.
4. Quick release Mooring Hooks, <https://youtu.be/nsu4fGbAmGE>, preuzeto 30.06.2023.
5. IMO adopts interim recommendations on the safe carriage of industrial personnel, <https://safety4sea.com/imo-adopts-interim-recommendations-safe-carriage-industrial-personnel/>, preuzeto 01.07.2023.

POPIS SLIKA

Slika 1 Dijagram eksplozivnosti	7
Slika 2 Trokut gorenja	11
Slika 3 Klase požara	11
Slika 4 Oznaka zabrane pušenja istaknuta na palubi	12
Slika 5 Međunarodna priključnica s kopnom	19
Slika 6 Palubni protupožarni sustav gašenja teškom pjennom	20
Slika 7 Gašenje požara u tanku tereta	21
Slika 8 Monitor za gašenje požara na palubi	22
Slika 9 Faze ukrcaja tekućeg tereta bez prisutnosti inerta u tankovima tereta	24
Slika 10 Faze iskrcaja tekućeg tereta bez prisutnosti inerta u tankovima tereta	25
Slika 11 Inertiranje potiskivanjem	26
Slika 12 Inertiranje miješanjem	27
Slika 13 Prijenosni aparati za gašenje	28
Slika 14 Zabrane istaknute na dnu ili vrhu brodske skale	28
Slika 15 Protupožarno-čelik čelo	29
Slika 16 Kuke za brzo otpuštanje	30
Slika 17 Otpuštanje kuka	31
Slika 18 Protupožarni tornjevi na terminalu JANAF	31

POPIS TABLICA

Tablica 1 Propan, Butan i Pentan: Gustoća u odnosu na zrak	9
Tablica 2 Smjernice za minimalno prekidno opterećenje i duljinu čelik-čela	30