

POSLEDICE INDUSTRIJSKIH NESREĆA NA OKOLIŠ I LJUDSKO ZDRAVLJE

Vasko, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:128:972563>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



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 REPOZITORIJ

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

Filip Vasko

**POSLEDICE INDUSTRIJSKIH
NESREĆA NA OKOLIŠ I LJUDSKO
ZDRAVLJE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2023.

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

Filip Vasko

**CONSEQUENCES OF INDUSTRIAL
ACCIDENTS ON THE ENVIRONMENT
AND HUMAN HEALTH**

FINAL PAPER

Karlovac, 2023.

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

Filip Vasko

**POSLEDICE INDUSTRIJSKIH
NESREĆA NA OKOLIŠ I LJUDSKO
ZDRAVLJE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr.sc. Jasna Halambek, v.pred.

Karlovac, 2023.

PREDGOVOR

Temu završnog rada sam odabrao potaknut vremenskim nepogodama koje se događaju unazad nekoliko godina u svijetu, ali i na teritoriju Republike Hrvatske, te su danas su sve češće. Cilj rada je prikazati koje su to najveće industrijske nesreće u svijetu koje su za posljedicu imale značajnu štetnost za okoliš i ljudsko zdravlje.

Zahvaljujem svom mentoru dr.sc. Jasni Halambek, v.pred. na pomoći i usmjeravanju tijekom pisanja završnog rada.

Također, zahvaljujem se svojim bližnjima na podršci i pomoći tijekom studiranja.

SAŽETAK

Velike industrijske nesreće koje uključuju opasne kemikalije predstavljaju značajnu prijetnju ljudskom zdravlju i okolišu. Takve nesreće često uzrokuju znatne ekonomske gubitke i ometaju održivi rast. Ovaj završni rad obrađuje utjecaj industrijskih nesreća na okoliš i zdravlje ljudi. Industrijske nesreće, te njihov utjecaj definirani su kroz glavne pojmove prema Zakonu o zaštiti okoliša. Navedene su najveće nesreće kroz povijest sa istaknutim utjecajem na okoliš i zdravlje ljudi. U radu je također naveden primjer scenarija industrijske nesreće u Republici Hrvatskoj. U radu se također navode i odredbe kojih se moraju pridržavati sva industrijska postrojenja. Cilj ovoga rada je istaknuti najveće industrijske nesreće kroz povijest te navesti njihov štetan utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje.

Ključne riječi: industrijska nesreća, okoliš, zdravlje ljudi.

SUMMARY

Major industrial accidents involving hazardous chemicals pose a significant threat to human health and the environment. Such accidents often cause significant economic losses and hinder sustainable growth. This thesis deals with the impact of industrial accidents on the environment and human health. Industrial accidents and their impact are defined through the main terms according to the Environmental Protection Act. The biggest accidents throughout history with a prominent impact on the environment and human health are listed. The paper also provides an example of an industrial accident scenario in the Republic of Croatia. The paper also states the provisions that all industrial plants must comply with. The aim of this paper is to highlight the biggest industrial accidents throughout history and to list their harmful impact on the environment and human health.

Keywords: industrial accident, environment, human health

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	1
2. INUDSTRIJSKA NESREĆA.....	2
2.1. Mogući uzroci industrijskih nesreća	2
2.2. Zakonska regulativa	3
2.3. Mjere prevencije	6
2.4. Procjena rizika.....	8
3. PRIMJER SCENARIJA INUDSTRIJSKE NESREĆE U RH	12
4. NAJVEĆE SVJETSKE INDUSTRIJSKE NESREĆE KROZ POVIJEST.....	15
4.1. Nesreća u rudniku Senghenydd	16
4.2. Nesreća u rudniku <i>Benxih</i>	18
4.3. Plinska nesreća Bhopal	19
4.4. Nesreća naftne platforme <i>Piper Alpha</i>	21
4.5. Eksplozija u Tianjinu.....	22
4.6. Eksplozija u kemijskoj tvornici Xiangshui.....	24
4.7. Požar Grenfell Towera.....	26
4.8. Deepwater Horizon izlivanje nafte	28

5. ZAKLJUČAK	30
6. LITERATURA.....	32
7. PRILOZI.....	34
7.1. Popis slika	34
7.2. Popis tablica	34

1. UVOD

U današnjem svijetu koji se sve više tehnološki razvija, širenje industrije je nužno i neizbježno. Razvoj i povećanje industrije pridonosi ne samo u stvaranju novih radnih mjesta, već utječe i na promjene društveno-ekonomskog statusa, koji u cjelini pridonose poboljšanju ekonomske situacije zemlje. Takav rast i razvoj industrijalizacije utječe i na povećanje broja industrijskih nesreća. Uzroci industrijskih nesreća su uglavnom nepromjenjivi, a najčešće je riječ o ljudskoj pogrešci i lošoj provedbi propisa. Osim toga, velike industrije poput kemijske, naftne, kožarske, rudarske i industrije čelika koriste kao sirovinu u proizvodnji većinom materijale iz okoliša, odnosno zahtijevaju iskorištavanje prirodnih resursa koje uzrokuje promjene u lokalnom okolišu. U kasnijim fazama proizvodnje, odnosno u procesu saniranja otpadnih materijala, vrlo često takvi materijali dospijevaju u okoliš u velikim količinama. Ovakav način neadekvatnog odlaganja otpada ima značajan utjecaj na okoliš, a samim time i na zdravlje ljudi. Ukratko, prirodni materijali se u okolišu transformiraju u složene kemijske spojeve koji se teško razgrađuju da bi se mogli iskoristiti dalje u prirodnim procesima. Sve to dovodi do ekološke neravnoteže i uzrokuje štetan učinak na okoliš i ljudsko zdravlje [1].

Velike industrijske nesreće koje uključuju opasne kemikalije predstavljaju značajnu prijetnju ljudskom zdravlju i okolišu. Takve nesreće često uzrokuju znatne ekonomske gubitke i ometaju održivi rast. Istodobno, kemikalije igraju temeljnu ulogu u većini naših svakodnevnih aktivnosti. Poznato je da industrijske nesreće nameću jedinstven skup izazova javnozdravstvenom odgovoru na hitne situacije. Postoje kritične praznine u znanstvenim spoznajama o procjeni i kontroli javnozdravstvenih nesreća povezanih s industrijskim ispuštanjem opasnih materijala. Također postoji temeljni nedostatak poznavanja industrijskih nesreća među javnozdravstvenim i medicinskim zajednicama općenito [2].

Ovaj rad donosi pregled općih pojmova vezanih za industriju, industrijske nesreće i njihov utjecaj na ljudsko zdravlje. Zatim, navedene su mjere prevencije, procjena rizika te zakonska regulativa, kao i primjer potencijalne nesreće u Republici Hrvatsko (RH). U radu su također navedene najveće industrijske nesreće kroz povijest i njihov utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje.

2. INDUSTRIJSKA NESREĆA

Industrijska nesreća jest događaj koji je posljedica nekontroliranog slijeda događanja u tijeku neke radnje ili aktivnosti u postrojenju, tijekom proizvodnje i/ili upotrebe proizvoda, skladištenja i/ili rukovanja proizvodom ili tijekom odlaganja otpada. Velika nesreća jest događaj, odnosno, nekontrolirana pojava izazvana velikom emisijom, požarom ili eksplozijom i slično, a koji su uzrokovani nekontroliranim razvitkom događanja tijekom djelovanja u području postrojenja u kojemu su prisutne opasne tvari te jedna ili više tih opasnih tvari i/ili njihovih spojeva nastalih zbog događaja, odnosno, nekontrolirane pojave koji dovode u ozbiljnu trenutačnu ili odgođenu – naknadnu opasnost za ljudsko zdravlje i život, materijalna dobra i/ili okoliš unutar područja postrojenja i/ili izvan područja postrojenja. Postrojenje se pritom definira kao tehnička jedinica unutar područja postrojenja u kojemu se koriste, proizvode, skladište ili rukuje s opasnim tvarima, uključujući centre za gospodarenje otpadom. Postrojenje uključuje svu opremu, strukture, cijevi, alate, strojeve, privatne željezničke kolosijeke, pristaništa, dokove, postrojenja za ukrcaj i iskrcaj tereta, gatove, skladišta i slične objekte, plutajuće ili ne, potrebne za rad postrojenja. Područje postrojenja označava cijelo područje koje je pod kontrolom operatera i u kojem su prisutne opasne tvari u jednom ili više postrojenja, uključujući zajedničku ili s njima povezanu infrastrukturu ili djelatnost. Područje postrojenja može biti višeg ili nižeg razreda [3].

2.1. Mogući uzroci industrijskih nesreća

Najčešći uzroci industrijskih nesreća su slijedeći:

- Ljudski faktor – nepažnja prilikom manipulacije s opasnim tvarima, dopreme opasnih tvari, pretakanja, nepridržavanja uputa i nepažnje prilikom rukovanja opasnim tvarima, rukovanje instalacijama i uređajima na tehnički nedopušten način.
- Poremećaju tehnološkog procesa – procesni ili drugi poremećaj prateće i sigurnosne opreme spremnika (električna oprema, sigurnosni ventili, odušci i slično), zamor materijala, propuštanje spremnika, korozija, kvarovi većeg opsega na postrojenju i kvarovi opreme za pretovar.

- Prirodne nepogode jačeg intenziteta – olujno nevrijeme, orkansko nevrijeme, požar, potres, poledica, poplava, munja/elektrostatski izboj, temperatura (niska ili visoka).
- Namjerno razaranje – sabotaza, terorizam, organizirani kriminal, psihički nestabilne osobe [3].

2.2. Zakonska regulativa

Prema Zakonu o zaštiti okoliša stoji kako je cjelovito upravljanje zaštitom okoliša skup međusobno povezanih i usklađenih mjera i odluka kojima je svrha ostvarivanje jedinstvene zaštite okoliša, smanjivanje i izbjegavanje rizika po okoliš te ostvarivanje i poboljšanje njegove učinkovite zaštite. Pod pojmom emisija se podrazumijeva istjecanje ili ispuštanje smjesa i tvari, uključujući i radioaktivne tvari u plinovitom, čvrstom ili tekućem agregatnom stanju, kao i genetski modificirane organizme, i/ili ispuštanje buke, vibracije, topline iz nepokretnih ili difuznih izvora u zrak, tlo, more i vodu kao i ispuštanje organizama i svjetlosti iz određenih izvora u okoliš, nastalo kao rezultat čovjekove djelatnosti, ali i mikrobiološkog onečišćenja okoliša. Posebna granična vrijednost emisije je opisana koncentracija emisije kroz određeno vremensko razdoblje. Ciljevi zaštite okoliša su:

- trajna uporaba prirodnih dobara,
- uklanjanje posljedica onečišćenja okoliša,
- zaštita života i zdravlja ljudi,
- zaštita i poboljšanje kakvoće pojedinih sastavnica okoliša,
- sprječavanje i smanjenje onečišćenja okoliša,
- georaznolikost, zaštita biljnog i životinjskog svijeta, bioraznolikost i krajobrazne raznolikosti, te očuvanje ekološke stabilnosti,
- ostvarivanje održive proizvodnje i potrošnje,
- zaštita ozonskog omotača i ublažavanje klimatskih promjena,
- osiguranje i razvoj dugoročne održivosti,
- zaštita i obnavljanje kulturnih i estetskih vrijednosti krajobraza,
- unaprjeđenje stanja okoliša i osiguravanje zdravog okoliša i

- poboljšanje narušene prirodne ravnoteže i ponovno uspostavljanje njezinih regeneracijskih sposobnosti [4].

Kada prijeti opasnost od nepopravljive i stvarne štete za zdravlje ljudi i okoliša, poduzimanje neophodnih zaštitnih mjera ne smije se odgađati, pa čak ni u slučajevima kada ta opasnost nije do kraja istražena znanstveno. Kako bi osigurale provedbu učinkovitih mjera zaštite okoliša na svom području u Republici Hrvatskoj, zadužena je Vlada, županije, zatim veliki gradovi, Grad Zagreb, te ostali gradovi i općine. Javnost ima pravo biti pravodobno obaviještena o onečišćavanju okoliša, uključujući informacije o štetnim i opasnim tvarima i djelatnostima, kao i informacije o poduzetim mjerama za sprječavanje nesreća [4].

Svaka sastavnica okoliša mora biti zaštićena od onečišćenja pojedinačno. Glavne sastavnice su:

- zaštita tla i litosfere,
- zaštita šumskog područja,
- zaštita voda,
- zaštita zraka,
- zaštita mora i obalnog područja,
- zaštita od utjecaja opterećenja na okoliš,
- zaštita od štetnog utjecaja genetski modificiranih organizama,
- zaštita od buke,
- zaštita od ionizirajućih zračenja i nuklearna sigurnost,
- zaštita od štetnog utjecaja kemikalija,
- zaštita od svjetlosnog onečišćenja i
- gospodarenje otpadom [4].

Praćenje stanja okoliša podrazumijeva sustavno praćenje kakvoće okoliša, odnosno, promjena stanja okoliša i njegovih sastavnica. Obuhvaća slijedeće:

- praćenje utjecaja onečišćavanja okoliša na zdravlje ljudi,
- praćenje onečišćenja okoliša, odnosno, emisija u okoliš,
- praćenje proizvodnje otpada i njegovo gospodarenje,
- praćenje stanja očuvanosti prirode,
- praćenje utjecaja važnih gospodarskih sektora na sastavnice okoliša,

- praćenje prirodnih pojava, odnosno, praćenje i nadziranje hidroloških, meteoroloških, radioloških, erozijskih, seizmoloških i drugih geofizikalnih pojava,
- i praćenje drugih pojava koje utječu na stanje okoliša [4].

Za sigurnost i zaštitu svih pojedinih aspekata zaduženi su:

- Hrvatski sabor,
- Vlada,
- ministarstva i druga nadležna tijela državne uprave,
- županije i Grad Zagreb,
- veliki gradovi, gradovi i općine,
- Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost,
- pravne osobe s javnim ovlastima,
- osobe ovlaštene za stručne poslove zaštite okoliša,
- pravne i fizičke osobe odgovorne za onečišćivanje okoliša sukladno Zakonu i posebnim propisima, te druge pravne i fizičke osobe koje obavljaju gospodarsku djelatnost,
- udruge civilnog društva koje djeluju na području zaštite okoliša,
- te građani kao pojedinci, njihove skupine, udruge i organizacije [4].

Pod dokumentima održivog razvitka i zaštite okoliša u širem smislu podrazumijevaju se planovi i strategije, te izvješća i planovi koji se donose prema posebnim propisima u pojedinim sektorima i to za pojedine sastavnice okoliša i opterećenja. Temeljni dokumenti održivog razvitka i zaštite okoliša su:

- Strategija održivog razvitka RH,
- Plan zaštite okoliša RH,
- Program zaštite okoliša i
- Izvješće o stanju okoliša [4].

Standardi kakvoće okoliša koji sadrže granične vrijednosti pokazatelja za pojedine sastavnice okoliša i za osobito vrijedne, ugrožene ili osjetljive područne cjeline određuju se Zakonom, a ukoliko nisu Zakonski određeni tada ih propisuje Vlada RH [4].

2.3. Mjere prevencije

Ozbiljne posljedice ukazuju na to da bi se trebalo osigurati poduzimanje odgovarajućih mjera sigurnosti kako bi se osigurala visoka razina zaštite građana, okoliša i zajednice jer ekološke i gospodarske posljedice nesreće ne snosi samo pogođeni industrijski objekt. Općenito, industrijske nesreće uvelike utječu na sigurnost i zdravlje ljudi, ekonomiju (financijski gubitci u gospodarstvu), uništenje stambenih građevina, uništenje industrijskih građevina, kvarove strojeva i opreme te na nekontrolirano oslobađanje opasnih (toksičnih) tvari u okoliš [3].

U sprečavanju industrijskih nesreća veliku ulogu imaju operateri. Operater je pravna ili fizička osoba koja upravlja ili posjeduje neko područje postrojenja ili postrojenje, ili ima odlučujuću ekonomsku ulogu u tehničkom upravljanju područjem postrojenja. Prije puštanja u rad postrojenja, uključujući i probni rad, kao i za rad postojećih postrojenja, te prije značajne promjene u radu postrojenja namijenjenog obavljanju aktivnosti kojom je moguće prouzročiti industrijske emisije, operater je dužan ishoditi okolišnu dozvolu.

Obveze operatera su:

- identificirati opasnosti i poduzeti sve mjere potrebne za sprečavanje velikih nesreća, ublažavanje njihovih posljedica i poduzimanje mjera otklanjanja štete u okolišu,
- izraditi potrebne dokumente koji dokazuju da je operater uspostavio sustav upravljanja sigurnošću i da provodi politiku sprečavanja velikih nesreća radi kontrole opasnosti od velikih nesreća, kao i da ima plan za slučaj opasnosti,
- prijaviti podatke o prisutnosti opasnih tvari nadležnim institucijama, te informirati javnost i sve zainteresirane institucije za slučaj opasnosti od velikih nesreća, te
- kako bi smanjili rizik od domino-efekta¹, ako su objekti smješteni na neprikladan način ili toliko blizu da se povećava vjerojatnost velikih nesreća ili se

¹ Domino-efekt jest niz povezanih učinaka koji zbog međusobnog razmještaja i blizine područja postrojenja, postrojenja, odnosno, dijelova postrojenja ili grupe postrojenja i količina opasnih tvari prisutnih u tim područjima postrojenja povećavaju mogućnost izbijanja velike nesreće ili pogoršavaju posljedice velike nesreće. Više o tome dostupno na: file:///C:/Users/Korisnik/Desktop/Industrijska%20nesre%C4%87a_bro%C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf (pristupljeno 07.08.2023.)

pogoršavaju njihove posljedice, operateri surađuju pri razmjeni odgovarajućih informacija i obavješćivanju javnosti, uključujući susjedne objekte koji bi bili pogođeni [3].

Osim navedenog, obveze operatera za postrojenje su:

- osigurati redovito mjerenje emisije iz postrojenja,
- osigurati nadziranje utjecaja emisija na okoliš i o tome voditi propisani očevidnik,
- osigurati mjerenje emisija, odnosno, sudjelovanje u mjerenju emisija prema udjelu u onečišćenju okoliša postrojenja [4].

Obveze jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave su:

- izraditi vanjski plan civilne zaštite na temelju procjene velikih nesreća, uz detaljnu procjenu ugroženosti lokalnog stanovništva, okoliša i materijalnih dobara;
- prilikom izrade prostornih planova i pri donošenju odluka u skladu s propisom kojim se uređuje prostorno uređenje, posebno prilikom određivanja lokacija za nova postrojenja, odnosno, područja postrojenja, utvrđivanja promjena nastalih na postojećim postrojenjima i planiranja novih građevina kao što su stambena područja, javne površine, prometnice;
- prilikom izrade prostornih planova, jedinica lokalne samouprave, mora uzeti u obzir i udaljenost između postrojenja, odnosno područja postrojenja i stambenih zona, javnih mjesta i ekološki važnih područja, te korištenje dodatnih mjera od strane postojećih postrojenja, a sve radi izbjegavanja povećane opasnosti za ljudsko zdravlje, okoliš i materijalna dobra;
- jačati svijest ljudi o aktivnostima smanjenja rizika;
- provoditi i osiguravati uvjete za provođenje aktivnosti smanjenja rizika od katastrofa [3].

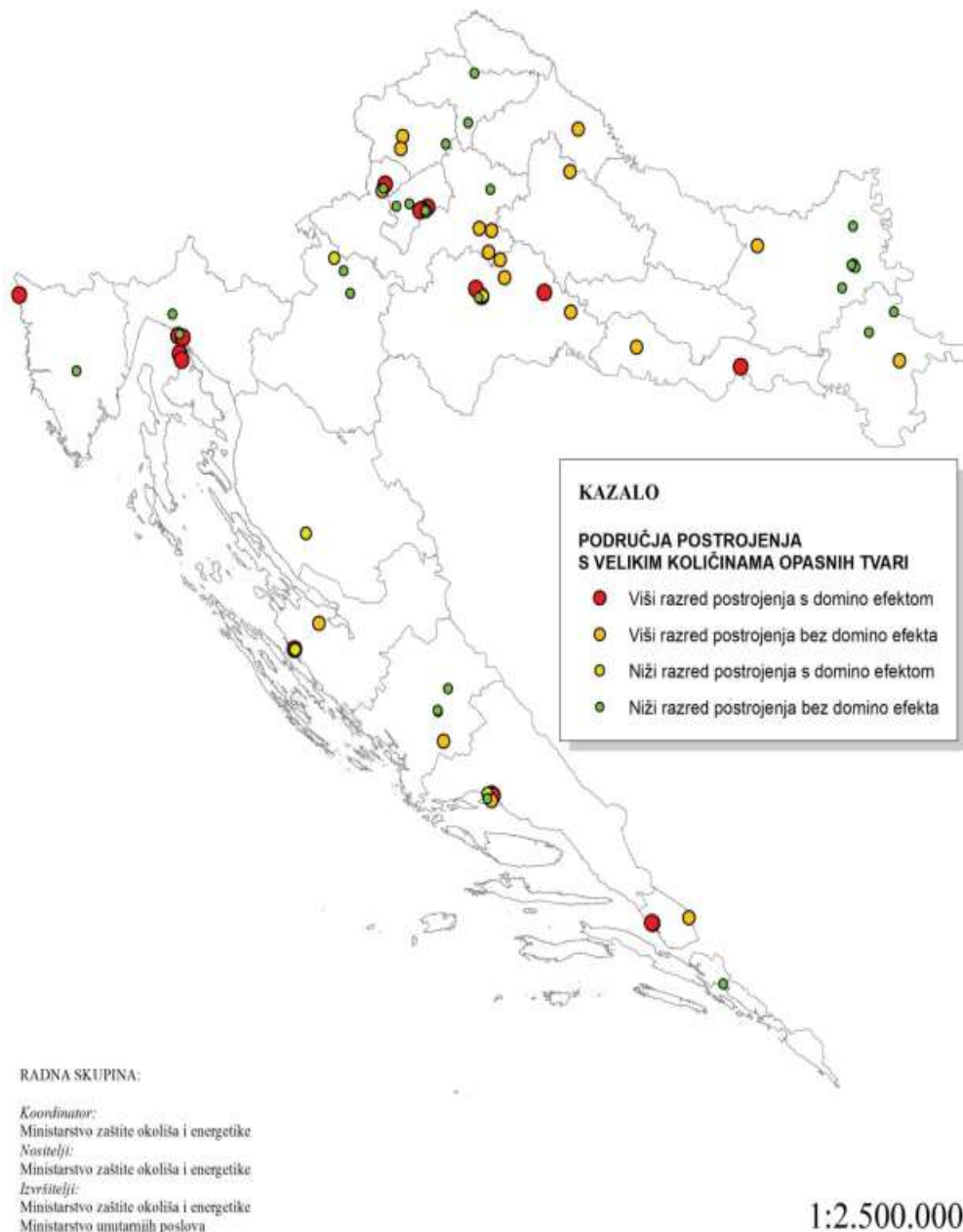
Lokalno stanovništvo mora biti upoznato s brojem industrijskih i drugih objekata, kao i s područjima postrojenja, njihovim tehnološkim karakteristikama i posjedujućim opasnim tvarima. Obveze stanovništva su i sudjelovati u izradi planova civilne zaštite putem tribina i javnih savjetovanja prije donošenja odluka na razini županija. Osim toga, obveze stanovništva su sudjelovati u s mišljenjima, pitanjima, primjedbama i prijedlozima tijekom javne rasprave i tijekom javnog uvida u postupku donošenja

prostornih planova, odnosno, prije planiranja gradnje. Stanovništvo je dužno upoznati se s načinom postupanja u opasnostima, nesrećama i katastrofama (što činiti prije, za vrijeme i nakon nesreće) i vanjskim planovima civilne zaštite [3].

2.4. Procjena rizika

Svaka država kreira svoj plan procjene rizika od industrijskih nesreća sa mogućim scenarijima, matricom rizika i intervencijama Ministarstva zaštite okoliša i energetike. Osim toga, svaki operater je dužan kreirati dokument o politici sprječavanja velikih nesreća. Dokument se izrađuje na temelju procjene rizika od nastanka nesreće, a kojim se obvezuje (kroz primjenu odgovarajućih mjera, postupaka, struktura i sustava upravljanja sigurnošću) visoki stupanj zaštite čovjeka i okoliša. Izvješćem o sigurnosti opisuju se sve mjere za sprječavanje velikih nesreća i struktura sustava upravljanja sigurnošću. U svrhu određivanja organizacije i načina upravljanja postrojenjem radi svođenja opasnosti od nastanka velike nesreće na najmanju moguću mjeru, izvješće o sigurnosti sadrži i unutarnji plan [3].

Unutarnji plan se definira kao plan za postupanje unutar postrojenja višeg razreda koji donosi operater, dok se vanjski plan definira kao plan mjera zaštite i aktivnosti koje će se poduzeti izvan područja postrojenja koji izrađuje nadležno tijelo županije/Grad Zagreb kako bi upravljalo rizicima i vanjskim posljedicama scenarija koji uključuju opasne tvari sukladno posebnom propisu kojim se uređuje zaštita i spašavanje. Opasna tvar je tvar, smjesa ili pripravak te je prisutna kao sirovina, proizvod, nusproizvod, ostatak ili međuproizvod uključujući i tvari za koje se može opravdano pretpostaviti da će nastati u slučaju nesreće, a koje mogu imati štetne posljedice za zdravlje ljudi, materijalna dobra i okoliš [5]. Procjena rizika za RH prikazana je na slici 1.



Slika 1. Procjena rizika industrijskih nesreća za RH [5].

Na slici 1. možemo uočiti kako su navedeni viši i niži razredi postrojenja. Prema Uredbi o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari, istaknuto je kako niži razred postrojenja označava ono područje postrojenja kod kojega su opasne tvari prisutne u količinama jednakim ili iznad graničnih količina prikazanih u tablici 1. viši razred postrojenja je naziv za područje postrojenja kod kojega su opasne tvari prisutne u količinama jednakim ili iznad graničnih količina kao što je također prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Popis opasnih tvari i granične količine kada se tvari smatraju opasnima za okoliš i ljudsko zdravlje [6]

REDNI BROJ	KATEGORIJE OPASNIH TVARI	DONJE GRANIČNE KOLIČINE OPASNIH TVARI U TONAMA	
		Male količine	Velike količine
1.	Vrlo otrovne tvari	5	20
2.	Otrovne tvari	50	200
3.	Oksidirajuće tvari	50	200
4.	Eksplozivna tvar prve skupine ²	50	200
5.	Eksplozivna tvar druge, treće i četvrte skupine ³	10	50
6.	Zapaljive tvari	5 000	50 000
7.a	Lako zapaljive tvari	50	200
7.b	Lako zapaljive tekućine	5 000	50 000
8.	Vrlo zapaljive tvari	10	50
9.a	Vrlo otrovno za organizme koji žive u vodi	100	200
9.b	Vrlo otrovno za organizme koji žive u vodi, ima dugotrajno štetno djelovanje u vodi	200	500

² Tvari i predmeti male eksplozivne opasnosti u slučaju zapaljenja ili poticanja na reakciju u prijevozu. Učinci su, uglavnom, ograničeni na ambalaži i ne treba očekivati znatna izbijanja dijelova većeg opsega ili veličine. Vanjski požar ne smije prouzročiti trenutačnu eksploziju gotovo cjelokupnoga sadržaja pakovanja. Više o tome dostupno na: <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=41487> (pristupljeno 08.08.2023.)

³ Druga skupina -tvari i predmeti velike eksplozivne opasnosti. Treća skupina - tvari i predmeti moguće opasnosti, ali ne velike eksplozivne opasnost. Treća skupina - tvari i predmeti koji mogu izazvati požar ili manju eksplozivnu opasnost ili su manje opasni ili oboje, ali nisu velike eksplozivne opasnosti. Više o tome dostupno na: <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=41487> (pristupljeno 08.08.2023.)

10.a	Ostale tvari – burno reagira s vodom	100	500
10.b	U dodiru s vodom oslobađa otrovni plin	50	200

3. PRIMJER SCENARIJA INUDSTRIJSKE NESREĆE U RH

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, te Ministarstvo unutarnjih poslova u svom priručniku iz 2019. godine donijeli su odredbe u skladu s Direktivom vijeća Europe (2012/18/EU od 4. srpnja 2012.) o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari, te su kreirali scenarij za slučaj industrijske nesreće na području postrojenja Objekti frakcionacije Ivanić Grad (OFIG) operatera INA – Industrija nafte d.d. [6].

Postrojenje OFIG obrađuje ulazni prirodni plin koji je s naftnih i plinsko kondenzatnih polja Posavine doveden kolektorom, te s prerade plina Molve. Takav prirodni plin se pothlađuje i ukapljuje. Frakcioniranjem se ukapljeni ugljikovodici razdvajaju na čiste komponente: propan, butan, izobutan, n-pentan, izopentan i stabilizirani prirodni benzin. Skladišteni propan jest ukapljeni plin nafte, također, isti je zagušljivac bez mirisa i boje. Lako je zapaljiv i eksplozivan. U slučaju njegova izlivanja, oslobođena tekućina vrlo brzo prelazi u plinovito stanje, te u kombinaciji sa zrakom kreira smjesu koja je eksplozivna. Propan je teži od zraka te se lako širi podrumima, kanalima, drenažnim sustavima i sličnim mjestima koja su udaljena od mjesta nesreće. Vrlo lako se može domino-efektom proširiti na infrastrukturu postrojenja [6].

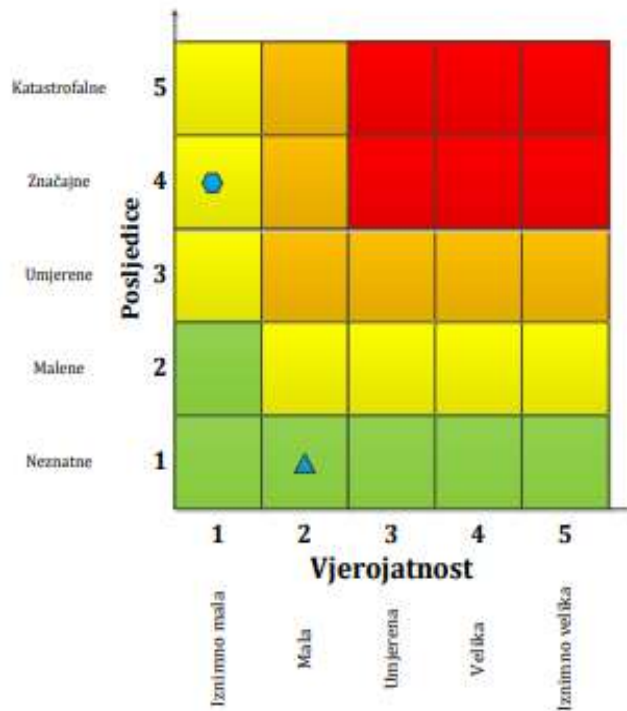
Kao najvjerojatniji događaj prepoznat je scenarij eksplozije i zapaljenja oblaka para propana na lokaciji vagon-punilišta, koje se dogodi uslijed propuštanja prilikom punjenja vagon cisterni te uz prisustvo inicijatora. Kao najgori mogući događaj s najgorim mogućim posljedicama prepoznat je scenarij ispuštanja propana iz jednom spremnika (200m^3) na lokaciji rezervoarskog prostora propana te ispuštanje potpune količine propana. Prema navedenom kreirana je matrica rizika kako je vidljivo na slici 2. Na slici je vidljivo kako je vjerojatnost nastanka ovog scenarija iznimno velika, a posljedice bi bile katastrofalne za ljudsko zdravlje i za okoliš [6].

RIZIK:

Industrijske nesreće

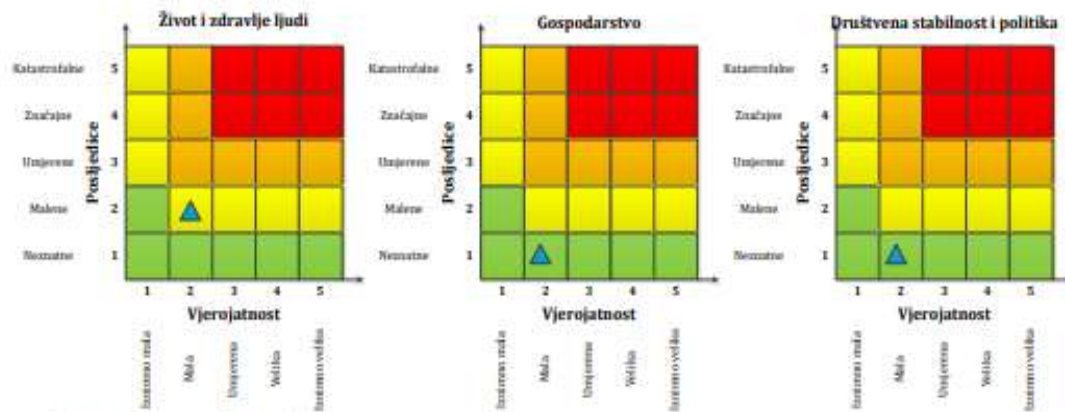
NAZIV SCENARIJA:

Industrijske nesreće na području postrojenja Objekti frakcionacije Ivanič-Grad operatera INA - INDUSTRIJA NAFTE d.d

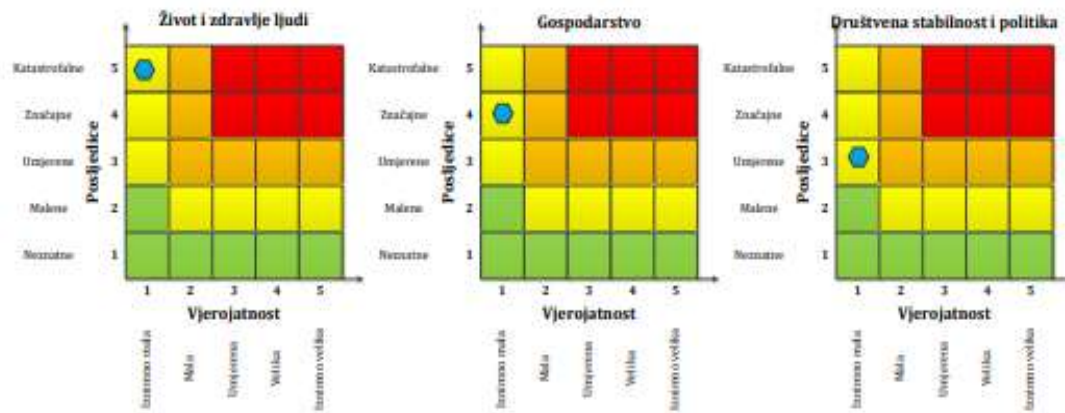


■	Vrlo visok rizik	Rizik se ne može prihvatiti, iznosi u iznimnim situacijama.
■	Visok rizik	Rizik se može prihvatiti ukoliko je stanje nije neprihvatljivo ili troškovi zaštite preveliki.
■	Umjeren rizik	Rizik se može prihvatiti ukoliko troškovi zaštite nisu preveliki.
■	Nizak rizik	Dodatne mjere nisu potrebne, osim učestujosti.

Najvjerojatniji neželjeni događaj



Događaj s najgorim mogućim posljedicama



Slika 2. Matrica rizika izlijevanja propana u INA-i [6].

INA u svom sigurnosno-tehničkom listu donosi mjere prve pomoći ukoliko dođe do ispuštanja ukapljenog naftnog plina. Prvo je potrebno izolirati mjesto nesreće od izvora plina, te prije ulaska u zatvorene prostore, potrebno je provjeriti atmosferu i osigurati provjetravanje, te koristiti osobna zaštitna sredstva. Mjere za pružanje prve pomoći su sljedeće:

- nakon udisanja – potrebno je unesrećenog udaljiti iz onečišćenog prostora na svježiji zrak, te potražiti liječničku pomoć u slučaju vrtoglavice, mučnine i glavobolje. Ukoliko dođe do nesvjestice, unesrećenog je potrebno odmah u bočnom položaju odvesti u bolnicu. U slučaju prestanka disanja, potrebno je osigurati prohodan dišni put te potražiti liječničku pomoć;
- nakon dodira s kožom – mogu nastati smrzotine, odjeću s unesrećenog je zabranjeno skidati, te je zahvaćeno područje potrebno isprati s puno vode barem 15 minuta i potom potražiti liječničku pomoć;
- nakon dodira s očima – mogu nastati smrzotine, potrebno je odmah ukloniti kontaktne leće, oči ispirati vodom barem 15 minuta te potražiti liječničku pomoć [7].

Ukoliko dođe do istjecanja ukapljenog naftnog plina u okoliš potrebno je spriječiti širenje proizvoda, te spriječiti istjecanje u odvod, osigurati provjetravanje i pustiti da proizvod ispari. U listu je također navedeno kako nema podataka na utjecaj istjecanja ukapljenog naftnog plina na mutaciju gena, kancerogenost, smanjenje plodnosti i štetno djelovanje na plod. Kao ni za štetno djelovanje na organizme na tlu i u vodi, te na biljke i kopnene životinje [6]. Istraživanja potvrđuju navedene iskaze, te prema istima stoji kako prisutnost ukapljenog naftnog plina u okolišu ne dovodi uvijek do izloženosti. Da bi izazvao bilo kakve štetne učinke na zdravlje, osoba mora biti u izravnom kontaktu s njim. Udisanje plina može izazvati uznemirenost, nejasan govor, mučninu, povraćanje, crvenilo, glavobolju i nedostatak koordinacije i ravnoteže. Izloženost visokim koncentracijama može uzrokovati probleme s disanjem i srcem, komu i smrt. Gušenje može nastati i zbog izloženosti visokim razinama. Dodir kože s ukapljenim plinom koji izlazi iz spremnika može izazvati ozeblina. Ne smatra se da uzrokuje povećani rizik od razvoja raka, no u većim količinama može negativno utjecati na plod, a kao štetan utjecaj na djecu nije dokazan. Također, nisu dokazani štetni utjecaji na okoliš [8].

4. NAJVEĆE SVJETSKE INDUSTRIJSKE NESREĆE KROZ POVIJEST

Industrijske katastrofe jedinstvene su po stupnju složenosti koji događaj podrazumijeva. Autor Lagadec navodi, "sam fenomen krize prolazi kroz transformaciju" [9]. Sama priroda postupaka i reagiranja se mijenja jer se osobe koje se nađu za vrijeme incidenta na licu mjesta više ne pozivaju na izvođenje dobro uvježbane tehničke ili logističke procedure, pa tako njihove sposobnosti procjene postaju manje sigurne. Donošenje odluka postaje manje centralizirano i više međuovisno te može biti pod utjecajem lokalnih i udaljenih središta djelovanja. Učinkovit odgovor mora biti multidisciplinaran i uključivati širok raspon stručnjaka [2].

Percepcija javnosti o riziku koji uključuje industrijske kemijske nesreće veća je od one za druge događaje s masovnim nesrećama slične veličine. Javnost je sklona ocjenjivati sve tehnološke opasnosti strože od prirodnih opasnosti slične veličine i pridavati im mnogo veću pažnju javnosti i percepciju rizika. Kao što je ranije u radu navedeno, industrijske nesreće mogu biti nenamjerne (zbog mehaničkog kvara ili pogreške radnika) ili namjerne prirode. Zapravo, glavna razlika između industrijskih katastrofa i onih izazvanih sabotazama, ratovanjem i terorizmom može biti razlika samo u zloj namjeri. Konačno, industrijske kemijske nesreće jedinstvene su među ekološkim katastrofama općenito po svom potencijalu dugoročnog utjecaja na ekološku održivost šireg područja. Mjesta na kojima se nesreća dogodila mogu imati dugotrajne toksične učinke još mnogo godina [2].

Incidenti koji uključuju ili spora ili eksplozivna ispuštanja kemikalija su česti i u porastu. Prije Drugog svjetskog rata ti su događaji uglavnom pogađali ljude koji su se bavili određenim zanimanjima (npr. rudari). Međutim, brzi rast i širenje kemijske industrije i uporaba nuklearne energije doveli su do ozbiljne opasnosti za ljude izvan takvih rizičnih radnih područja, kao i opasnosti za opći okoliš. Tehnološka sofisticiranost i industrijalizacija razvijenih zemalja, kao i zemalja u razvoju su porasli. Proizvodno skladištenje, transport i korištenje velikih količina i različitih tipova zapaljivih, eksplozivnih ili otrovnih kemikalija se povećalo. Mnoge od tih kemikalija su ili nove ili su rezultat kemijskih sinteza koje uključuju visoko reaktivne i toksične supstance. Rastuća gustoća naseljenosti u područjima gdje se kemikalije proizvode i transportiraju

povećala je broj potencijalno izloženih osoba. Primjerice, između 1988. i 1992. samo u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) prijavljeno je više od 34 000 događaja ispuštanja kemikalija. Studija iz 1989. pokazala je da se u prosjeku dnevno dogodi 1,6 hitnih događaja ispuštanja opasnih tvari u okoliš u SAD-u, što je kasnije rezultiralo smrću brojnih osoba, raznim ozljedama ili evakuacijom određenih područja [2].

Industrijske nesreće i njihove posljedice za javno zdravlje su u porastu, posebno jer društva s ograničenim iskustvom u zaštiti na radu i industrijskoj higijeni prolaze kroz brzu industrijalizaciju. Sve do 1970-ih, velike kemijske nesreće događale su se uglavnom u industrijaliziranim zemljama, gdje je postojao mnogo veća koncentracija industrije. Međutim, od 1970-ih pa nadalje, čak iako se još uvijek mnogo veći broj industrija nalazio u industrijaliziranim zemljama, broj nesreća u zemljama u razvoju stalno je rastao. Između 1945. i 1991. Indija, Brazil, Meksiko i Kina bile su vodeće u svijetu po broju ispuštanja kemijskih supstanci. Najveća industrijska kemijska katastrofa u svjetskoj povijesti dogodila se u Bhopalu u Indiji 1984. U Bhopalskoj katastrofi poginulo je više od 2500 osoba, a zahvaćeno je dodatnih 200 000 - 300 000 ljudi. Industrijske nesreće obuhvaćaju veliku većinu tehnoloških katastrofa u svim svjetskim regijama, uključujući i Aziju, gdje industrijske katastrofe još uvijek čine više od polovice svih takvih događaja [2].

4.1. Nesreća u rudniku Senghenydd

Katastrofa u rudniku Senghenydd iz 1913. bila je jedna od najvećih i najsmrtonosnijih nesreća u rudnicima ugljena u povijesti Ujedinjenog Kraljevstva. Katastrofa se dogodila 14. listopada 1913. u rudniku Senghenydd blizu Caerphillyja u Walesu i odnijela živote 439 rudara. Tragedija ostaje jedan od najznačajnijih događaja u povijesti rudarstva ugljena i služi kao podsjetnik na opasnosti s kojima se suočavaju rudari i važnost sigurnosti na radnom mjestu [10].

Rudnik Senghenydd bio je jedan od najvećih rudnika ugljena u Walesu, koji je proizvodio visokokvalitetni ugljen za rastuću industrijsku potražnju. Ujutro 14. listopada 1913. dogodila se eksplozija u rudniku, ubivši mnoge rudare, a druge zarobivši duboko pod zemljom. Kasnije je utvrđeno da je uzrok eksplozije nakupljanje plina metana koji je zapalila iskra iz stroja. Odgovor na katastrofu bio je trenutni, a spasilački timovi i

volonteri požurili su u rudnik kako bi pomogli u potrazi i spašavanju. Međutim, uvjeti u rudniku bili su podmukli, eksplozija je prouzročila veliku štetu i postojala je opasnost od daljnjih eksplozija koje su ometale timove za spašavanja. Unatoč naporima spasilaca, mnogi rudari ostali su zarobljeni pod zemljom nekoliko dana, a konačan broj poginulih iznosio je 439 muškaraca, među kojima su bili i dječaci. Industrijska nesreća u rudniku *Senghenydd* imala je dubok utjecaj na lokalnu zajednicu i širu rudarsku industriju. Tragedija je bila snažan podsjetnik na opasnosti s kojima se rudari svakodnevno suočavaju i potrebu za pojačanim mjerama sigurnosti u rudnicima. Katastrofa je također istaknula neadekvatne sigurnosne propise koji su bili na snazi u to vrijeme, što je dovelo do javnog negodovanja i poziva na reformu. Nakon katastrofe, proveden je niz istraga kako bi se utvrdio uzrok eksplozije i dale preporuke za poboljšanje sigurnosti u rudnicima. Istrage su otkrile da je primarni uzrok katastrofe bilo nakupljanje plina metana, koji nije bio adekvatno kontroliran ili praćen. Također su otkrili da je rudnik imao neadekvatnu ventilaciju i lošu sigurnosnu praksu te da spasioci nisu bili adekvatno obučeni da se nose s takvom katastrofom [10].

Industrijska nesreća u rudniku *Senghenydd* rezultirala je značajnim promjenama u rudarskoj industriji u Ujedinjenom Kraljevstvu. Uvedeni su novi sigurnosni propisi, uključujući poboljšane sustave ventilacije, ugradnju detektora metana i obveznu upotrebu sigurnosnih svjetiljki. Ove su promjene pomogle u sprječavanju sličnih katastrofa u budućnosti i poboljšanju radnih uvjeta za rudare. Nesreća u rudniku *Senghenydd* također je imala dugotrajan utjecaj na lokalnu zajednicu u Walesu. Gubitak toliko života u jednoj katastrofi bio je poražavajući, a mnoge su obitelji ostale bez hranitelja. Međutim, tragedija je okupila zajednicu i pomogla u podizanju svijesti o važnosti sigurnosti na radnom mjestu [10].



Slika 3. Nesreća u rudniku *Senghenydd* [10].

4.2. Nesreća u rudniku *Benxih*

Nesreća u rudniku Benxihu iz 1942. bila je jedna od najsmrtonosnijih nesreća u rudniku ugljena u povijesti Kine. Katastrofa se dogodila 26. travnja 1942. godine u rudniku Benxihu u provinciji Liaoning i odnijela živote 1549 rudara. Tragedija ostaje jedan od najznačajnijih događaja u povijesti rudarstva ugljena u Kini i služi kao podsjetnik na opasnosti s kojima se suočavaju rudari i važnost sigurnosti na radnom mjestu. Općenito, rudnik *Benxih* bio je jedan od najvećih rudnika ugljena u Kini, koji je proizvodio visokokvalitetni ugljen za rastuću industrijsku potražnju. Ujutro 26. travnja 1942. dogodila se eksplozija u rudniku, ubivši mnoge rudare, a druge zarobivši duboko pod zemljom. Kasnije je utvrđeno da je uzrok eksplozije nakupina ugljene prašine koju je zapalila iskra iz stroja. Odgovor na nesreću bio je trenutna, a spasilački timovi i volonteri požurili su u rudnik kako bi pomogli u naporima potrage i spašavanja. Unatoč naporima spasilaca, mnogi rudari ostali su zarobljeni pod zemljom nekoliko dana, a konačan broj poginulih iznosio je 1549 muškaraca [11].

Nesreća u rudniku *Benxih* imala je dubok utjecaj na lokalnu zajednicu i širu rudarsku industriju u Kini. Katastrofa je također istaknula neadekvatne sigurnosne propise koji su bili na snazi u to vrijeme, što je dovelo do javnog negodovanja i poziva na reformu. [11].

Godinama kasnije, nesreća u rudniku *Benxih* rezultirala je značajnim promjenama u rudarskoj industriji u Kini. Uvedeni su novi sigurnosni propisi, uključujući poboljšane sustave ventilacije, i ugradnju sustava za suzbijanje prašine. Ove su promjene pomogle u sprječavanju sličnih katastrofa u budućnosti i poboljšanju radnih uvjeta za rudare [11].



Slika 4. Nesreća u Benxih rudniku [11].

4.3. Plinska nesreća Bhopal

Bhopalska plinska tragedija, poznata i kao Bhopalska katastrofa, dogodila se 3. prosinca 1984. u Bhopalu u Indiji. Bila je to katastrofalna industrijska nesreća u tvornici pesticida *Union Carbide India Limited* (UCIL). Incident je rezultirao smrću najmanje 3787 ljudi i ozlijeđenima na tisuće drugih. To je i dalje jedna od najgorih industrijskih nesreća u povijesti i nastavlja imati trajan utjecaj na ljude Bhopala i svijeta. Uzroci katastrofe bili su kvar u sigurnosnim sustavima elektrane, nedostatak održavanja i loše rukovanje opasnim kemikalijama. Katastrofa nije rezultirala samo trenutnim smrtnim slučajevima i ozljedama, već i dugoročnim zdravstvenim utjecajima na ljude i štetom za okoliš [12].

Tvornica pesticida UCIL u Bhopalu osnovana je 1969. godine. Bio je to zajednički pothvat između *Union Carbide Corporation* (UCC), tvrtke sa sjedištem u SAD-u, i raznih indijskih investitora. Tvornica je proizvodila niz pesticida, uključujući vrlo otrovnu kemikaliju metil izocijanat (MIC). U vrijeme nesreće tvornica nije bila odgovorna samo za proizvodnju pesticida, već i za neodgovorno zbrinjavanje opasnog otpada. Tvrtka je bila odgovorna za svakodnevno poslovanje postrojenja, uključujući održavanje i sigurnosne postupke. Međutim, objavljeno je da su sigurnosni sustavi u postrojenju bili neadekvatni i da se nisu pravilno održavali. Ovaj nedostatak održavanja, zajedno s lošim rukovanjem opasnim kemikalijama, u konačnici je doveo do katastrofe. Nadalje, tvrtka je imala lošu sigurnosnu evidenciju i bilo je nekoliko manjih curenja plina u

godinama koje su prethodile nesreći. Ovi incidenti nisu bili pravilno riješeni, a tvrtka nije poduzela nikakve značajne korake za poboljšanje sigurnosti u postrojenju. UCIL je također smanjio troškove smanjenjem osoblja zaduženog za sigurnost tvornice, a preostalo osoblje nije bilo pravilno obučeno za rješavanje hitnih slučajeva ovih razmjera. Svi ovi čimbenici pridonijeli su tragičnom događaju koji se dogodio 3. prosinca 1984. godine [12].

Plin koji je iscurio bio je metil izocijanat koji je vrlo otrovan i može uzrokovati teške respiratorne probleme. Istjecanje plina počelo je oko 1 sat ujutro, a u roku od nekoliko sati tisuće ljudi pogođeno je otrovnim plinom. Mnogi su spavali i nisu imali pojma što se događa, dok su drugi pokušavali pobjeći iz tog područja. Neposredne posljedice katastrofe bile su razorne. Tisuće ljudi pogođeno je curenjem plina, pateći od teških respiratornih problema i opekline. Mnogi su umrli nekoliko sati nakon incidenta, dok su drugi umrli u danima i tjednima koji su uslijedili. Lokalne bolnice bile su pretrpane pacijentima, a mnogi su liječeni u improviziranim bolnicama i na ulicama. Katastrofa je također imala ozbiljan utjecaj na okoliš jer je otrovni plin ubio biljke i životinje na tom području. UCIL i lokalne vlasti sporo su reagirali na nesreću. *Union Carbide* isprva je odbacio odgovornost za curenje plina i pozivao se na to da je riječ o sabotazi. Lokalne vlasti također su kritizirane zbog sporog reagiranja i nepružanja odgovarajuće pomoći pogođenim zajednicama. Neposredne posljedice katastrofe bile su obilježene zbunjenošću i nedostatkom poduzimanja adekvatnih mjera, što je samo povećalo patnju stanovnika Bhopala [12].

Stanovnici Bhopala i okolnih područja i danas osjećaju dugoročne posljedice plinske tragedije u Bhopalu. Mnogi od preživjelih i dalje pate od respiratornih problema, neuroloških poremećaja i drugih zdravstvenih problema povezanih s izloženošću otrovnom plinu. Šteta za okoliš uzrokovana curenjem plina također se i dalje osjeća jer su otrovne kemikalije onečistile tlo i vodu u tom području. Godine 1989. *Union Carbide* se nagodio s indijskom vladom za 470 milijuna dolara. Pogođene zajednice i preživjeli smatrali su ovaj iznos nedovoljnim, te su tražili mnogo veću naknadu. Tekući problemi s kojima se suočavaju preživjeli i pogođene zajednice i dalje uključuju neadekvatnu naknadu troškova života, nedostatak pristupa zdravstvenoj skrbi i kontinuiranu kontaminaciju okoliša. Indijska vlada i *Union Carbide* kritizirani su zbog načina na koji su se nosili s katastrofom i neuspjeha u rješavanju dugoročnih posljedica. Unatoč

naporima pogođenih zajednica i preživjelih, plinska tragedija u Bhopalu ostaje tragična i neprekidna priča o korporativnom nemaru i neuspjehu vlade [12].



Slika 5. Tvornica u Bhopalu [12].

4.4. Nesreća naftne platforme *Piper Alpha*

Nesreća naftne platforme *Piper Alpha* 1988. bila je jedna od najgorih naftnih katastrofa nastalih na moru u povijesti naftne industrije. Katastrofa se dogodila 6. srpnja 1988. u Sjevernom moru, uz obalu Škotske, a živote je odnijela 167 radnika. Tragedija ostaje jedan od najznačajnijih događaja u povijesti naftne industrije i služi kao podsjetnik na opasnosti s kojima se suočavaju radnici u naftnoj i plinskoj industriji na moru. *Piper Alpha* bila je platforma za proizvodnju nafte kojom je upravljao *Occidental Petroleum*. Navečer 6. srpnja 1988. na platformi je izbio niz eksplozija i požara, ubivši mnoge radnike, a druge ozlijedivši. Kasnije je utvrđeno da je uzrok katastrofe curenje plina koji se zapalio, vjerojatno zbog kvara u sigurnosnim sustavima platforme. Odgovor na katastrofu bio je trenutni, a spasilački timovi i čamci požurili su na platformu kako bi pomogli u naporima potrage i spašavanja. Međutim, požari su se brzo širili i opasnost od daljnjih eksplozija ometala je spasilačke službe. Unatoč naporima spasilaca, mnogi su radnici ostali na platformi i nisu uspjeli pobjeći, a konačan broj poginulih iznosio je 167 muškaraca [13].

Nesreća *Piper Alpha* imala je dubok utjecaj na naftnu i plinsku industriju na moru, što je dovelo do pojačanog nadzora sigurnosnih praksi i uvođenja novih sigurnosnih propisa. Katastrofa je također istaknula neadekvatne sigurnosne propise koji su bili na snazi u to vrijeme, što je dovelo do javnog negodovanja i poziva na reformu kao i u prethodnim nesrećama. Nakon nesreće, održan je niz istraga kako bi se utvrdio uzrok eksplozija i požara te dale preporuke za poboljšanje sigurnosti u naftnim i plinskim poslovima na moru. Istrage su otkrile da je primarni uzrok katastrofe bio kvar u sigurnosnim sustavima platforme, koji nisu bili adekvatno održavani ili nadzirani. Također su otkrili da platforma ima neadekvatne sustave za gašenje požara, te da spasioци nisu bili adekvatno obučeni za suočavanje s takvom katastrofom [13].



Slika 6. Nesreća na naftnoj platformi *Piper Alpha* [13]

4.5. Eksplozija u Tianjinu

Eksplozije u Tianjinu 2015. bile su među najvećim industrijskim nesrećama u povijesti Kine. Katastrofa se dogodila 12. kolovoza 2015. u lučkom gradu Tianjinu i odnijela je živote 173 osobe, uključujući brojne vatrogasce i pripadnike hitne pomoći. Eksplozije su također uzrokovale veliku štetu okolnom području, utječući na tisuće ljudi i poduzeća. Tragedija ostaje jedan od najznačajnijih događaja u povijesti kineskog industrijskog sektora i služi kao podsjetnik na opasnosti koje predstavljaju opasne kemikalije i važnost sigurnosnih propisa. Eksplozije je izazvao požar u skladištu u luci

Tianjin, u kojem su bile uskladištene velike količine opasnih kemikalija, uključujući natrijev cijanid i amonijev nitrat. Vatra je zapalila kemikalije, uzrokujući dvije snažne eksplozije koje su poslale udarni val kroz grad i izazvale široka razaranja. Kasnije je utvrđeno da su uzrok požara bile neodgovarajuće sigurnosne mjere, uključujući nepropisno skladištenje opasnih kemikalija. Odgovor na katastrofu bio je trenutna, a spasilački timovi i hitne službe požurili su na mjesto kako bi pomogli u naporima potrage i spašavanja. Međutim, uvjeti na mjestu događaja bili su opasni, s rizikom od daljnjih eksplozija i ispuštanja otrovnih kemikalija koji su ometali napore spašavanja. Konačan broj poginulih iznosi 173 osobe [14].

Grad Tianjin u sjevernoj Kini ostao je u stanju šoka i razaranja nakon dvije velike eksplozije koje su zahvatile grad u kolovozu 2015. Prva eksplozija bila je jednaka snazi detonacije od tri tone TNT-a, dok je druga bila jednaka snazi od 21 tone TNT-a. Druga eksplozija bila je toliko snažna da su je iz svemira mogli vidjeti astronauti na Međunarodnoj svemirskoj postaji. Posljedice eksplozija bile su razorne. Više od 100 žrtava bile su osobe koje su prve reagirale i pokušavale zaustaviti razaranje i spasiti tuđe živote. Eksplozije su također uništile veliku količinu opreme, uključujući 12 428 automobila, 7 533 kontejnera i 304 zgrade. Šteta uzrokovana eksplozijama procijenjena je na preko milijardu dolara. Utjecaj eksplozija dopro je izvan industrijskog središta Tianjina u stambena područja, prisilivši tisuće ljudi da napuste svoje domove. Eksplozija je također imala veliki utjecaj na okoliš, budući da je u skladištu u kojem su eksplozije potekle skladišteno 700 tona vrlo otrovnih tvari. Krater koji je ostao nakon eksplozije napunio se otrovnom vodom, a uzorci vode uzeti s tog područja pokazali su visoke razine otrovnih kemikalija, uključujući natrijev cijanid. Srećom, otrovne tvari utjecale su samo na morski život u Tianjinu i nisu se proširile na ostatak zaljeva Bohai, a nije bilo dodatnih smrtnih slučajeva od katastrofe zbog trovanja. Stanovnici Tianjina morali su pokupiti komadiće i pokušati ponovno izgraditi svoje živote. Vlada i lokalne organizacije radile su zajedno kako bi pomogle onima koji su bili pogođeni katastrofom, ali proces oporavka bio je spor i težak. Sjećanja na eksplozije i gubitak života ostat će s ljudima u Tianjinu još mnogo godina [14].



Slika 7. Eksplozija u Tianjinu [14].

4.6. Eksplozija u kemijskoj tvornici Xiangshui

Eksplozija u kemijskoj tvornici *Xiangshui* 2019. dogodila se 21. ožujka 2019. u *Chenjiagang Chemical Industry*, Kina. Objektom je upravljala tvrtka *Tianjiayi Chemical* i koristio se za proizvodnju gnojiva ili pesticida. Eksplozija je rezultirala sa 78 mrtvih i 617 ozlijeđenih. Državno vijeće Kine službeno je priznalo ozbiljnost nesreće i nazvalo je "eksplozivnom nesrećom 3.21". Kemijska tvornica je imala povijest kršenja sigurnosnih mjera i onečišćenja okoliša, šest puta je kažnjena zbog kršenja zakona o onečišćenju i gospodarenju otpadom. Uzrok eksplozije još nije poznat, ali je radnik u tvornici izvijestio da je izbila vatra u cisterni za prirodni plin koja se proširila na spremnik za benzin. Lokalna vlada koristila je tehnologiju protiv dronova kako bi spriječila novinare da prate katastrofu i zabranila stranim medijima ulazak u područje katastrofe. Središnje povjerenstvo za disciplinsku inspekciju HKP-a i Državno nadzorno povjerenstvo izrekli su upozorenja i podnijeli istrage i kaznene prijave protiv 44 tvrtke i rukovoditelja zbog kršenja mjera zaštite na radu, onečišćenja okoliša i krivotvorenja certifikacijskih dokumenata [15].

Postrojenje se nalazilo u području s poviješću kemijskih nesreća, uključujući prethodnu eksploziju 2007., ispuštanje otrovnih plinova i eksplozije u drugim lokalnim tvornicama 2011. Eksplozija se dogodila u 14:48 po lokalnom vremenu i rezultirala je seizmičkim udarom magnitude 2,2 koji je detektirao Kineski centar za potrese. Eksplozija je izazvala brojne požare, uništila nekoliko zgrada i oštetila obližnje tvornice i urede. Eksplozija je bila toliko snažna da su je vidjeli sateliti i registrirali senzori za potres. Posljedice eksplozije otkrile su 170 metara širok i 2 metra dubok krater koji je trebalo ispuniti i neutralizirati kako bi se spriječila kontaminacija tla. Eksplozija je rezultirala izravnim ekonomskim gubitkom od približno 1,99 milijardi juana (oko 284,3 milijuna američkih dolara). Ali cijena ljudskih života i danak koji je uzeo obiteljima žrtava, kao i utjecaj na okoliš i zajednicu, ne mogu se kvantificirati u novčanim izrazima [15].

U studenom iste godine Državno vijeće odobrilo je izvješće o istrazi nesreće. Istragom je utvrđeno da je tvornica u vlasništvu *Jiangsu Tianjiayi Chemical Co. Ltd.* odgovorna za nesreću, jer je zanemarila zakone i propise koji se odnose na zaštitu okoliša i sigurnost proizvodnje u postupanju s kemijskim otpadom. Uzrok eksplozije bilo je spontano paljenje nitrificiranog otpada koji je dugotrajno ilegalno skladišten. Međutim, nije samo tvrtka kriva. Istražna skupina ukazala je na loše ponašanje u upravljanju izvanrednim situacijama, zaštiti okoliša, industriji, nadzoru tržišta, planiranju i drugim odjelima u provinciji Jiangsu. Istraga otkriva da tragedija Xiangshuija nije samo rezultat djelovanja jedne tvrtke, već kvara cijelog sustava. Središnje povjerenstvo CPC-a za disciplinsku inspekciju i Državno nadzorno povjerenstvo izdali su upozorenja izvršnom zamjeniku guvernera i zamjeniku guvernera Narodne vlade provincije Jiangsu te podnijeli istrage i kaznene prijave protiv 44 poduzeća i rukovoditelja zbog nezakonitog skladištenja opasnih tvari, značajnih povreda radnog prava sigurnosne mjere, onečišćenje okoliša i krivotvorenje certifikacijskih dokumenata [15].



Slika 8. Eksplozija u kemijskoj tvornici *Xiangshui* [15].

4.7. Požar *Grenfell Towera*

Požar u *Grenfell Toweru* 2017. bio je jedan od najsmrtonosnijih požara u stambenim zgradama u povijesti Ujedinjenog Kraljevstva. Katastrofa se dogodila 14. lipnja 2017. u *Grenfell Toweru*, javnoj stambenoj zgradi od 24 kata u Londonu, i odnijela je živote 72 osobe. Tragedija ostaje jedan od najznačajnijih događaja u povijesti javnog stanovanja i služi kao podsjetnik na opasnosti koje nose neodgovarajuće mjere zaštite od požara i važnost građevinskih propisa. *Grenfell Tower* bila je visoka javna stambena zgrada u kojoj su živjele stotine ljudi, od kojih su mnogi bili obitelji s niskim primanjima i doseljeničke obitelji. U večernjim satima 14. lipnja 2017. u zgradi je izbio požar koji se brzo proširio na ostale etaže i zahvatio cijelu konstrukciju. Kasnije je utvrđeno da su uzrok požara bile neadekvatne protupožarne mjere, uključujući korištenje zapaljivih obloga na vanjskoj strani zgrade. Unatoč naporima spasilaca, mnogi stanari ostali su zarobljeni u zgradi, a konačan broj poginulih iznosio je 72 osobe [16].

Zgradu od 23 kata koja se nalazi u sjevernom Kensingtonu, zapadni London, zahvatila je vatra i rezultirala jednom od najgorih modernih katastrofa u Ujedinjenom Kraljevstvu. Vatra je navodno nastala iz hladnjaka sa zamrzivačem u stanu na četvrtom katu i brzo se proširila na sve četiri strane zgrade. Utvrđeno je da je uzrok požara lako zapaljiva polietilenska ispuna vanjske obloge zgrade. Prva vatrogasna ekipa stigla je na mjesto

događaja u 00:59 sati, a u stan je ušla u 01:07 sati. Iako su prvo pretražili spavaće sobe, u kuhinju su ušli tek u 01:14 gdje su vidjeli “plameni zastor” iz hladnjaka-zamrzivača. U to vrijeme vatra se već proširila na obloge. Vatra se brzo proširila tornjem i dosegla gornji kat na istočnoj strani do 01:26. Inženjerka za zaštitu od požara, dr. Barbara Lane, identificirala je vatru koja se širi okomito uz stupove tornja i bočno duž obloge i prozora. Toranj *Grenfell* imao je protupožarnu politiku "ostani na mjestu", što je značilo da se stanovnicima savjetovalo da ostanu u svojim stanovima dok vatrogasne brigade ne stave požar pod kontrolu. Međutim, ova politika nije uspjela do 01:26 i mnogi su stanari ostali zarobljeni u svojim stanovima zbog gustog dima koji se širio jednim uskim stubištem. Vatrogasci su iz zgrade spasili ukupno 65 ljudi, a neki stanari spas su potražili u stanovima prijatelja i susjeda na katovima. Uputa o ostanku u stanovima konačno je prekinuta u 02:47 i 144 osobe su se uspjele evakuirati prije 01:38, ali samo 36 osoba nakon što je navođenje o ostanku prekinuto. Do 04:30 cijela zgrada bila je zahvaćena, a vatra je gorjela 24 sata [16].



Slika 9. Požar u *Grenfell Toweru* [16]

Konačan broj poginulih u požaru bio je 72 osobe. Najmlađa žrtva bila je šestomjesečna djevojčica, a najstarija 84-godišnja starica koja je živjela u Grenfell Toweru 34 godine. Zgrada je bila dio *Lancaster West Estatea*, socijalnog stambenog kompleksa od gotovo

1000 domova. Javnu istragu naredila je bivša premijerka Theresa May, a istraga je započela u prosincu 2017. Odvjetnici koji zastupaju preživjele i rodbinu žrtava počeli su davati iskaze istog mjeseca. Prva faza istrage, koja je ispitala što se dogodilo te noći, objavljena je u listopadu 2019. i pronašla je "sistemske propuste" u odgovoru londonske vatrogasne brigade [16].

4.8. *Deepwater Horizon* izlivanje nafte

Platforma *Deepwater Horizon*, u vlasništvu i pod upravom tvrtke *Transocean* za bušenje nafte na moru, a koju je iznajmila naftna kompanija BP, bila je smještena u nalazištu nafte *Macondo* u kanjonu Mississippija, dolini u kontinentalnom pojasu. Naftna bušotina iznad koje je postavljen nalazila se na morskom dnu 4993 stope (1522 metra) ispod površine i protezala se približno 18000 stopa (5486 metara) u stijenu. U noći 20. travnja val prirodnog plina probio se kroz betonsku jezgru koju je nedavno postavio izvođač radova *Halliburton* kako bi zatvorio bušotinu za kasniju upotrebu. Kasnije se kroz dokumente koje je objavio Wikileaks pokazalo da se sličan incident dogodio na platformi u vlasništvu BP-a u Kaspijskom jezeru u rujnu 2008. Obje su jezgre vjerojatno bile preslabe da izdrže pritisak jer su bile sastavljene od betonske smjese koja je koristila plin dušik za ubrzavanje stvrdnjavanja. Nakon što se oslobodio lomom jezgre, prirodni plin je putovao uzlaznom cijevi *Deepwater* platforme do platforme, gdje se zapalio, usmrivši 11 radnika i ranivši 17. Bušotina se prevrnula i potonula ujutro 22. travnja, puknuvši usponsku cijevi, kroz koja je isplaka za bušenje ubrizgana kako bi se suprotstavio pritisku nafte i prirodnog plina prema gore. Bez ikakve suprotstavljene sile, nafta se počela ispuštati u zaljev. Količina nafte koja je iscurila iz oštećene bušotine - koju je BP izvorno procijenio na oko 1000 barela dnevno - dužnosnici vlade SAD-a smatrali su da je dosegla vrhunac od više od 60 000 barela dnevno [17].

Iako je BP pokušao aktivirati uređaj za sprječavanje eksplozije, sigurnosni mehanizam dizajniran za zatvaranje kanala kroz koji je izvučena nafta, uređaj je pokvario. Forenzička analiza dovršena sljedeće godine utvrdila je da je skup masivnih oštrica poznatih kao slijepi rezni ramovi, dizajnirani za rezanje kroz cijev koja nosi naftu, bio neispravan jer se cijev savila pod pritiskom rastućeg plina i nafte [17].

Ekonomski izgledi u državama na obali Meksičkog zaljeva bili su loši jer je izlivanje utjecalo na mnoge industrije o kojima su stanovnici ovisili. Više od trećine federalnih voda u Zaljevu bilo je zatvoreno za ribolov na vrhuncu izlivanja, zbog straha od kontaminacije. Administracija tadašnjeg predsjednika SAD-a, Baracka Obame, unatoč poništenju odluke okružnog suda, ostavila je oko 8 000 do 12 000 privremeno nezaposlenih. Malo je putnika bilo spremno suočiti se s mogućnošću plaža zaprljanih naftom, ostavljajući one koji ovisе o turizmu da se bore za dopunu svojih prihoda. Nakon zahtjeva Obame, BP je stvorio fond od 20 milijardi dolara za one koji su pogođeni izlivanjem. Godinu dana kasnije isplaćena je gotovo trećina fonda, iako je nedostatak nadzora omogućio državnim tijelima da podnose silno napuhane zahtjeve, od kojih neki nisu bili povezani s izlivanjem. Do 2013. fond je bio uvelike iscrpljen [17].

Oporavak je bio postupan. Kako se nafta raspršila, dijelovi zaljeva počeli su se ponovno otvarati za ribolov u srpnju, a do listopada je većina zatvorenih područja ocijenjena sigurnima. Državne vlade su se trudile privući pozornost na neočišćene ili tek očišćene plaže reklamnim kampanjama, često koristeći sredstva BP-a. Nafta se nastavila ispirati na obalu u mnogim područjima, a velik dio nje nije se mogao ukloniti, bilo zbog logističkih razloga - prostirke uronjene nafte i organske tvari skupljene u zonama plime i oseke do kojih je bilo teško doći - ili zato što bi čišćenje nanijelo veću štetu na ekosustav. Moratorij na bušenje, koji je prvotno istjecao u studenom 2010., ukinut je sredinom listopada, iako nove dozvole za bušenje nisu izdane sve do veljače sljedeće godine nakon sve većeg pritiska vlade i industrije da se poveća domaća proizvodnja nafte [17].

5. ZAKLJUČAK

Industrijska nesreća se definira kao ispuštanje ili izlivanje štetnog materijala iz industrijskog izvora koje rezultira iznenadnim i ozbiljnim poremećajem funkcioniranja društva, uzrokujući široke ljudske, materijalne ili ekološke gubitke koji premašuju sposobnost pogođenog društva da se nosi s tim koristeći samo svoje resursa. Industrijske nesreće mogu se dogoditi kao posljedica požara, eksplozije, ispuštanja ili izlivanja štetnog materijala. Ove su nesreće jedinstvene po stupnju složenosti koji događaj podrazumijeva. Vrijeme, lokacija i lokalni vremenski uvjeti prirodni su čimbenici koji imaju značajan utjecaj na ozbiljnost i pojavu kemijskih katastrofa. U mnogim zemljama u brznoj industrijalizaciji su manje razrađene mjere za zaštitu okoliša, ljudskog zdravlja i sigurnosti. Ljudski čimbenici koji utječu na morbiditet i mortalitet industrijskih nesreća, također uključuju karakteristike ponašanja koje uključuje ljudsku pogrešku, obrasce lošeg lokacijskog naseljavanja stanovništva i nedostatak adekvatne edukacije.

Zakonska regulativa i propisi ovise od države do države. Brojne promjene na tom području dogodile su se tek nakon velikih nesreća koje su uzrokovale mnoge ljudske žrtve te veliku štetu za okoliš. U svakoj od nesreća može se uočiti kako ljudski čimbenik ima najveću ulogu jer su djelatnici bili nedovoljno educirani, nisu znali kako reagirati za vrijeme nesreće, ali i ono najgore, osobe na rukovodećim pozicijama su bile nemarne te su zanemarivale propisane standarde sigurnosti i zaštite. Sve je to dovelo do posljedica katastrofalnih razmjera čije se posljedice na nekim područjima osjećaju i danas. Republika Hrvatska u svojoj novijoj povijesti nije imala industrijsku nesreću većih razmjera, no, ipak posjeduje detaljno razrađenu zakonsku regulativu koje se moraju pridržavati svi industrijski pogoni. Osim toga, detaljno je razradila plan u slučaju katastrofe na primjerice industriji nafte i plina. Također, prema Zakonu, svi djelatnici moraju proći obuku zaštite na radu vođenu od strane stručnih i kvalificiranih osoba.

Kroz svjetsku povijest, brojne nesreće uzrokovale su izrazito štetne posljedice za ljudsko zdravlje i okoliš, te su neka područja i dan danas ne naseljiva. Sve je to, isto tako, utjecalo na planetu koja se danas suočava s brojnim problemima. Svakim danom pojavljuju se nove vremenske nepogode, nove bolesti ljudskog i životinjskog svijeta, te su brojne životinjske vrste čak i izumrle. Važno je ulagati u postrojenja, te u razne sustave njihove zaštite sa svrhom zaštite okoliša i ljudskog zdravlja, te adekvatno

obučavati zaposlenike postrojenja. Na nama svima je da budemo svjesni svojih postupaka, te svojim primjerom nastojimo poštovati propise i time čuvati planetu za neke buduće generacije.

6. LITERATURA

- [1] Mihailidou EK., Antonidais KD., Assael MJ.: „*The 319 major industrial accidents since 1917*“, *International Review of Chemical Engineering*, 20, (2008.), 10, 1 – 12.
- [2] Keim ME.: „*The public health impact of industrial disasters*“, *American Journal of Disaster Medicine*, 6 (2011.), 5, 265 – 272.
- [3] Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa: Što je smanjenje rizika od katastrofa i zašto je važno?, file:///C:/Users/Korisnik/Desktop/Industrijska%20nesre%C4%87a_bro%C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf, pristupljeno 07.08.2023.
- [4] Zakon o zaštiti okoliša, NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18.
- [5] Uredba o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari, NN 44/14, 31/17, 45/17.
- [6] Republika Hrvatska: Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA%20ZA%C5%A0TITA/PDF_ZA%20WEB/Procjena_rizika%20od%20katastrofa_2019.pdf, pristupljeno 07.08.2023.
- [7] Industrija nafte: Sigurnosno tehnički list, <https://www.ina.hr/app/uploads/2023/04/Ukapljeni-naftni-plin-Propan-butan-smjesa-smjesa-obogacena-propanom-autoplin.pdf>, pristupljeno 08.08.2023.
- [8] Public Health England: Liquefied Petroleum Gas (LPG) – General information, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/561039/liquefied_petroleum_gas_general_information.pdf, pristupljeno 08.08.2023.
- [9] Lagadec P.: „*Accidents, crises, breakdowns*“, Society of Chemical Industry, London, 1998.
- [10] Online safety trainer: The Shenghenydd Colliery Disaster of 1913, <https://www.onlinesafetytrainer.com/the-senghenydd-colliery-disaster-of-1913/>, pristupljeno 10.08.2023.

- [11] Online safety trainer: The Benxihu Colliery Disaster of 1942, <https://www.onlinesafetytrainer.com/the-benxihu-colliery-disaster-of-1942/>, pristupljeno 10.08.2023.
- [12] Online safety trainer: The story of the Bhopal Gas Tragedy, <https://www.onlinesafetytrainer.com/the-story-of-the-bhopal-gas-tragedy/>, pristupljeno 10.08.2023.
- [13] Online safety trainer: Piper Alpha Oil Platform Disaster of 1988, <https://www.onlinesafetytrainer.com/piper-alpha-oil-platform-disaster-of-1988/>, pristupljeno 10.08.2023.
- [14] Online safety trainer: The Tianjin Explosions of 2015, <https://www.onlinesafetytrainer.com/the-tianjin-explosions-of-2015/>, pristupljeno 10.08.2023.
- [15] Online safety trainer: Xiangshui Chemical Plant Explosion of 2019, <https://www.onlinesafetytrainer.com/xiangshui-chemical-plant-explosion-of-2019/>, pristupljeno 11.08.2023.
- [16] Online safety trainer: Grenfell Tower Fire of 2017, <https://www.onlinesafetytrainer.com/grenfell-tower-fire-of-2017/>, pristupljeno 11.08.2023.
- [17] Britannica: Deepwater Horizon oil spil, <https://www.britannica.com/event/Deepwater-Horizon-oil-spill/Cleanup-efforts>, pristupljeno 11.08.2023.

7. PRILOZI

7.1. Popis slika

Slika 1. Procjena rizika industrijskih nesreća za RH	10
Slika 2. Matrica rizika izlivanja propana u INA-i	14
Slika 3. Nesreća u rudniku Senghenydd	18
Slika 4. Nesreća u Benxih rudniku	20
Slika 5. Tvornica u Bhopalu	22
Slika 6. Nesreća na naftnoj platformi <i>Piper Alpha</i>	23
Slika 7. Eksplozija u Tianjinu	25
Slika 8. Eksplozija u kemijskoj tvornici <i>Xiangshui</i>	26
Slika 9. Požar u <i>Grenfell Toweru</i>	28

7.2. Popis tablica

Tablica 1. Popis opasnih tvari i granične količine kada se tvari smatraju opasnim za okoliš i ljudsko zdravlje	
--	--

11