

# Industrijska nesreća u Bhopalu

---

**Božić, Mario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*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:128:189728>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

Mario Božić

# **INDUSTRIJSKA NESREĆA U BHOPALU**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018.

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

Mario Božić

# **INDUSTRIAL ACCIDENT IN BHOPAL**

Final paper

Karlovac, 2018.

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

Mario Božić

# **INDUSTRIJSKA NESREĆA U BHOPALU**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Jovan Vučinić, prof. v. š.

Karlovac, 2018.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni studij Sigurnosti i zaštite  
Usmjerenje: Zaštita na radu

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Mario Božić                      Matični broj: 0416615075

Naslov: Industrijska nesreća u Bhopalu

Opis zadatka:

1. Uvod, 2. Država Indija, Prijestolnica Madhya Pradesh, Grad Bhopal, 3. Tvornica „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu, 4. Nesreća u postrojenju pesticida, 5. Indikatori koji su upućivali na predstojeću katastrofu, 6. Odvijanje nesreće u tvornici pesticida „Union Carbide“, 7. Odvijanje nesreće van tvornice „Union Carbide“ u Bhopalu, 8. Operacija „Faith“, 9. Slijed događaja nakon industrijske nesreće u Bhopalu, 10. Zaključak, 11. Literatura, 12. Prilozi

Zadatak zadan:  
06\2018

Rok predaje rada:  
09\2018

Predviđeni datum brane:  
09\2018

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Jovan Vučinić, prof. v. š.

Marijan Brozović v. pred.

## PREDGOVOR

Zahvaljujem svim profesorima na Veleučilištu u Karlovcu koji su me tijekom ovih godina usmjeravali, pomagali mi pri izvršavanju zadataka, osposobljavali i usavršavali za vrijeme studiranja te pokazivali svoju nedvojbenu profesionalnost, susretljivost i spremnost u razrješavanju različitih problema. Osobito se zahvaljujem svom mentoru, prof. dr.sc. Jovan Vučinić, prof. v. š., koji me je svojom stručnošću savjetovao i usmjeravao tijekom stručnog studija i pisanja Završnog rada, unatoč obvezama na Veleučilištu i u osobnom životu.

Zahvaljujem se svim svojim prijateljima i kolegama koji su me poticali, pružali pomoć i podržavali pri studiranju i u izradi Završnog rada.

Zahvaljujem se svim policijskim službenicima Policijske postaje Karlovac i Policijske uprave karlovačke koji su mi izlazili u susret i omogućili mi prisustvovanje na predavanjima i ispitima te vlastitom usavršavanju.

I na kraju zahvaljujem osobama bez kojih ovo ne bi postigao, a to su moji roditelji, sestra i djevojka koji nisu gubili nadu i povjerenje u mene, već su me puni ponosa poticali i usmjeravali kroz studij.

## SAŽETAK

Kroz ovaj Završni rad prikazat ću kako je došlo do Industrijske nesreće u Bhopalu. Ukazat ću kako je nedovoljna ozbiljnost, ne ulaganje u zaštitne i sigurnosne mjere prouzročilo takvu katastrofu da ljudi i u današnje vrijeme osjećaju posljedice. Analizirat ću sve primarne i sekundarne točke kritičnog događaja kako bi utvrdio: kako je došlo do curenje otrovnog plina Metil izocijanat-a, gdje su se dogodile pogreške, kakve su korake poduzeli radnici u cilju sprječavanja katastrofe te sve zaštitne i sigurnosne mjere za sprječavanje ili neutralizaciju otrovnog plina Metil izocijanat-a.

Ključne riječi: Industrijska nesreća, otrovni plin, Metil izocijanat, katastrofa, zaštitne i sigurnosne mjere.

## SUMMARY

Through this final work I will investigate how industrial accidents occurred in Bhopal. How insufficient seriousness, no investment in security and safety measures has caused such a disaster to make people feel the consequences still today. I will analyze all the primary and secondary points of the critical event in order to determine: How the Methyl Isocyanate poisonous gas leak occurred, where errors occurred, what steps were taken by workers to prevent disaster and all the protective and safety measures to prevent or neutralize the toxic gas of Methyl isocyanate.

Keywords: Industrial accident, poisonous gas, Methyl isocyanate, disasters, protective and safety measures.

## SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY .....	III
SADRŽAJ .....	IV
1. Uvod.....	1
1.1. Predmet i cilj rada .....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....	1
2. Država Indija, Prijestolnica Madhya Pradesh, Grad Bhopal .....	2
3. Tvornica „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu,.....	4
4. Nesreća u postrojenju pesticida .....	7
4.1. Što je Metil izocijanat (Methyl isocyanate) ili MIC.....	8
5. Indikatori koji su upućivali na predstojeću katastrofu.....	9
6. Odvijanje nesreće u tvornici „Union Carbide“ Corporation .....	11
6.1. Reakcija Metil izocijanat-a sa vodom .....	16
6.2. Sigurnosni sustavi za sprječavanje curenjem otrovnih plinova .....	18
7. Odvijanje nesreće van tvornice „Union Carbide“ u Bhopalu .....	21
7.1. Posljedice udisanja otrovno plina Metil izocijanat-a .....	24
8. Operacija „Faith“ .....	28
9. Slijed događaja nakon industrijske nesreće u Bhopalu .....	32
10. Zaključak .....	36
11. Literatura .....	38
12. Prilozi.....	41
12.1. Popis Simbola .....	41
12.2. Slike .....	41
12.3. Graf .....	42
12.4. Tablica .....	42



## **1. Uvod**

### **1.1. Predmet i cilj rada**

U radu su proučeni svi koraci i postupci radnika zaposlenih u tvornici pesticida „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu te svi nedostaci koji se očituju kroz neodgovornost, uštedu novca odgovornih osoba za tvrtku te zanemarivanje zaštitnih i sigurnosnih mjera.

### **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Kako bi što kvalitetnije i preciznije istražio problematiku ovoga rada korišteni su različiti izvori podataka: stručne literature, članci, mišljenja istražitelja, postojeća dokumentacija pa sve do edukativno dokumentarnih sadržaja na internetu.

## 2. Država Indija, Prijestolnica Madhya Pradesh, Grad Bhopal

Država Indija je smještena u Južnoj Aziji i pokriva veći dio Indijskog potkontinenta. Indija je druga najmnogoljudnija država na svijetu s više od milijardu stanovnika, koji govore više od sto različitih jezika. Indiju čine 28 država i 7 saveznih teritorija.



Slika. 1 Država Indija



Slika. 2 Zastava Republike Indije

U Indiji se nalazi prijestolnica po imenu Madhya Pradesh, smještena u samom centru Indije i često se naziva "*Heart of India*" što znači srce Indije. Madhya Pradesh je dom bogate kulturne baštine čiju titulu dokazuje brojnim spomenicima, veliki plato, spektakularni planinski lanci, vijugave rijeke.

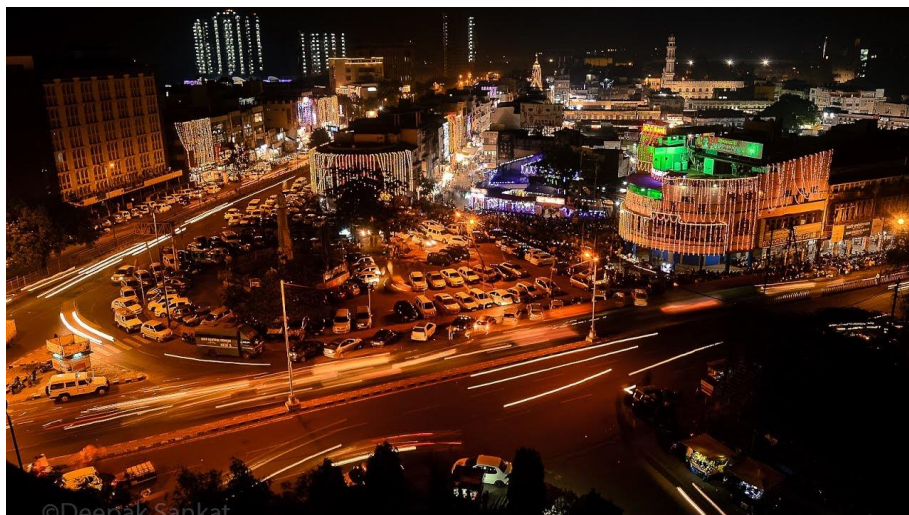


Slika 3. Madhya Pradesh u Indiji



Slika 4. Madhya Pradesh sa glavnim gradom Bhopalom

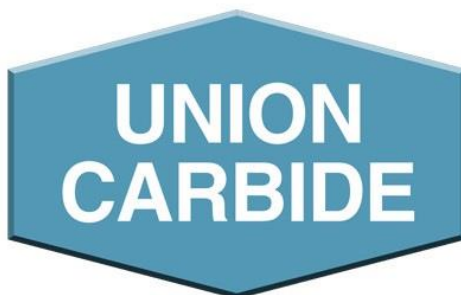
Bhopal je grad koji se nalazi u Indijskoj prijestolnici Madhya Pradesh. Poznat kao grad jezera, Bhopal je jedan od najzelenijih gradova u Indiji. Prema podacima iz 2001. godine u gradu je živjelo 1,458,416 stanovnika.



Slika 5. Grad Bhopal

### 3. Tvornica „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu,

Union Carbide India Limited (UCIL) je kemijska tvrtka osnovana 1934. godine, koja je zapošljavala oko 9.000 ljudi koji rade u 14 postrojenja u pet odjeljaka. Union Carbide Corporation (UCC) je bila 50,9% u vlasništvu UCIL-a i 49,1% u vlasništvu Indijski investitora, uključujući Vladu Indije i banke pod kontrolom države. [2.]



Slika 6. Simbol tvornice pesticida „Union Carbide“ u Bhopalu

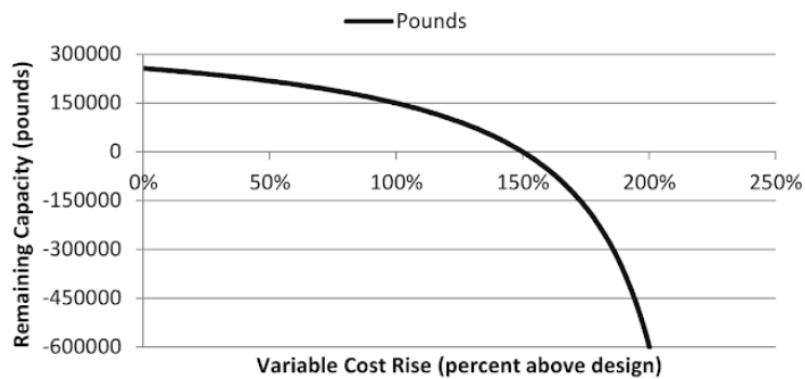
UCIL se bavio proizvodnjom baterija, plastike, karbonskih proizvoda, oprema za zavarivanje, industrijskim kemikalija, pesticida, insekticida itd.

Tvornica „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu, sagrađena je 1969. godine proizvodila je 7 vrsta pesticida/insekticida čija je proizvodnja zahtijevala vrlo opasne kemikalije. Proizvodnja je bila usmjerena na dobrobit poljoprivrednog sektora obzirom da povećava produktivnost te doprinosi značajnijem ispunjenju potreba ljudi za hranom i to u jednom od najnaseljenijih dijelova svijeta.



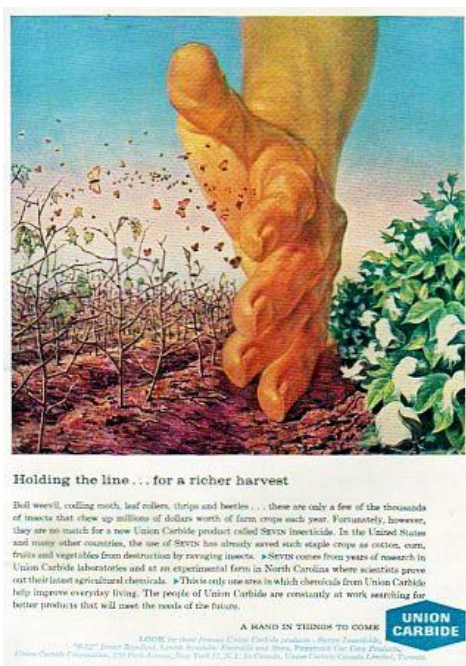
Slika 7. Tvornica u Bhopalu

Novi proizvodni pogon sankcioniran je već 1979. godine. UCIL je licenciran za proizvodnju 5000 tona insekticida. Proizvodnja MIC-a je iznosila za: 1981. godinu 2704 tona, 1982. godinu 2308 tona i 1983. godinu 1657 tona. Potreba za pesticidom bila je smanjena zbog uvoza novih proizvoda kao što su sintetički piretroidi. Prodaja pesticida na bazi MIC-a iznosila je samo 1500 tona u 1983. godini, u usporedbi s 2211 tona u 1982. godini. [2.]



Graf 1. Analiza proizvodnje

U 1950. i 1960. godinama Union Carbide Corporation napravila je reklamnu kampanju koja je bila ponešto jedinstvena u analizi komercijalnog uvjeravanja. Kampanja, namjerno nije bila drugačija od uobičajenog oglasa koje tvrtke koriste za promoviranje proizvoda.



Slika 8. Reklama pesticida - zaštita proizvoda od štetočina

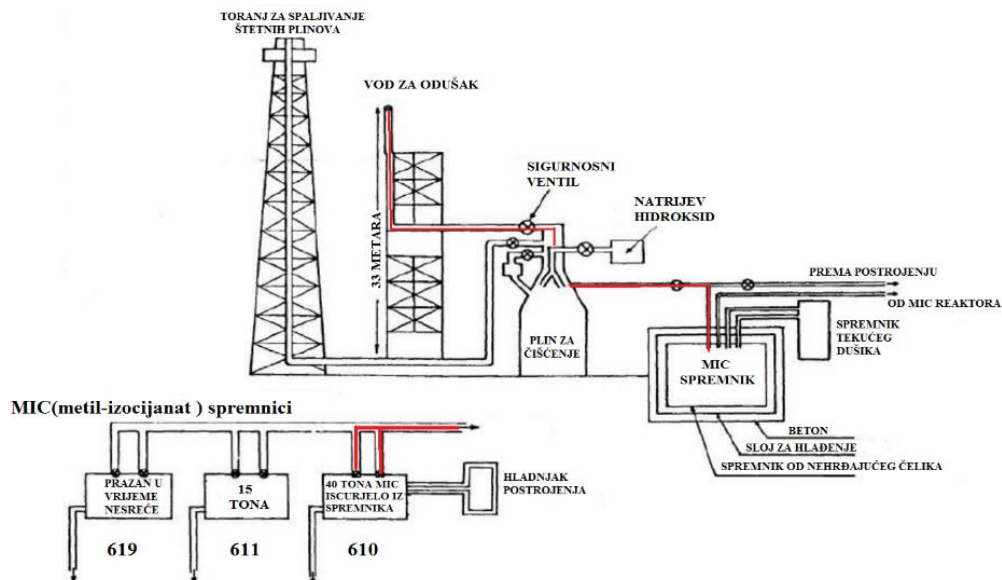


Slika 9. Reklama pesticida - bolji urod plodova

Međutim, u ovom slučaju, Union Carbide Corporation je koristila motiv "divovske ruke" kako bi privukao pažnju i prenijela svoju sposobnost industrijske veličine na čitatelje koji su pregledavali ove oglase. Na jednoj razini divovske ruke predstavljale su svemoguće "ruke-od-Boga". [18.]

#### 4. Nesreća u postrojenju pesticida

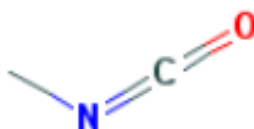
U noći sa 2. na 3. prosinca 1984., u postrojenju pesticida u Bhopalu, spremnik pun smrtonosnog plina **Metil izocijanat** (MIC – Methyl Isocyanate) počelo je emitirati u okoliš. Posljedica emisije je pogreška u pogonu, nedostatak u dizajnu, kvarovi pri održavanju, loša obuka i mjere koje su dovele do ugrožavanja sigurnosti prema sadašnjim i bivšim zaposlenicima te prema svim nezaposlenim u tvornici ali nastanjenim u blizini.



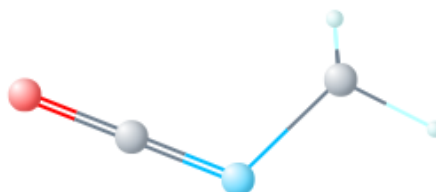
Slika 10. MIC spremnika i smjer curenja plina u okoliš

#### 4.1. Što je Metil izocijanat (Methyl isocyanate) ili MIC

- bezbojna tekućina
- koristi se za proizvodnju insekticida
- vrlo otrovan ako se udahne velika količina
- oštar miris, u malim koncentracijama se ne osjetiti
- može se apsorbirati kroz kožu
- prag mirisa: 2,1 ppm
- stopa pojavljivanja simptoma: trenutačna
- trajanje: od minute do sata
- gustoća: 923 kg/m<sup>3</sup>
- točka vrelišta: 39,5 °C
- molarna masa: 57,051 g/mol
- talište: -45 °C
- molekularna formula: CH<sub>3</sub>NCO ili C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NO
- Izvor / uporaba / druga opasnost: Intermedijar u proizvodnji; reagira s H<sub>2</sub>O, lako zapaljiv [17.]



Slika 11. 2D model Metil izocijanat-a



Slika 12. 3D model Metil izocijanat



Metil izocijanat je ispitivan za liječenje Nosokomialne pneumonije (Bolničke infekcije)

dijamant opasnosti	Podjela	Vrijednost	Opis
	Zdravlje	4	Može biti smrtonosna
	Zapaljivost	3	Može se zapaliti pod sobnom temperaturom
	Nestabilnost	2	Odmah reagira pri povišenim temperaturama i pod tlakom
	Posebna upozorenja	W	Burno reagira sa vodom

Tablica 1. NFPA 704 dijamant opasnosti Metil izocijanat-a [16.]

## 5. Indikatori koji su upućivali na predstojeću katastrofu

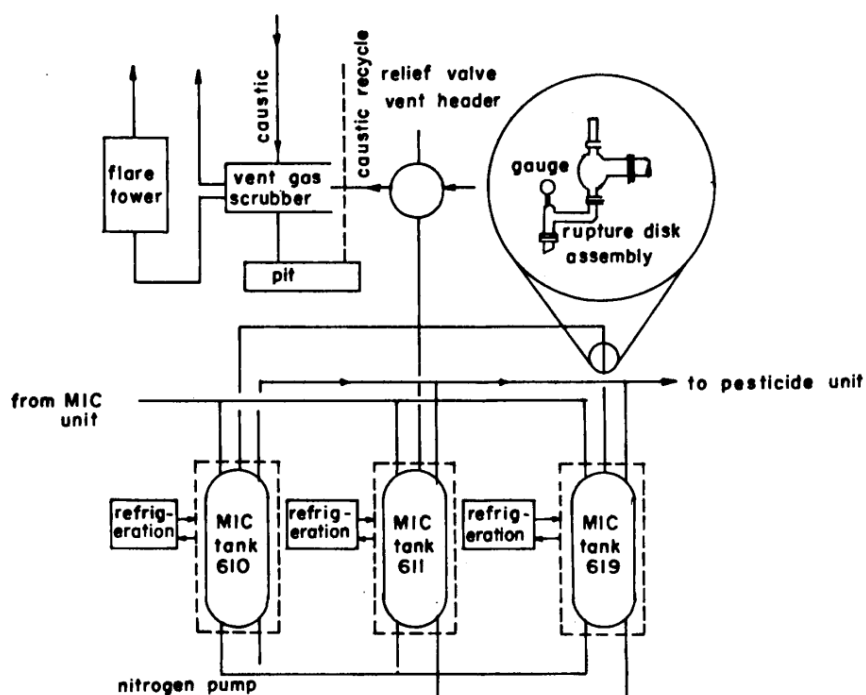
Zbog nedovoljne posvećenosti radnika zaštitnim sustavima jedinica za hlađenje bila je uklonjena u lipnju 1984. godine, indikator tlaka, indikator razine MIC-a u spremniku i alarmni pokazatelj temperature duže vrijeme nisu bili u funkciji jer operatori nisu posvećivali pozornost ispravnosti. [19.]

Dana 22. listopada 1984. godine postrojenje je zatvoreno zbog održavanja. Dana 26. studenoga 1984. godine operater je pokušao staviti MIC spremnik 610 pod tlak kako bi se potisnuo MIC u procesnu jedinicu, jer je spremnik sadržavao oko 42 tone MIC. Prilikom puštanja dušika, spremnik se nije uspio stlačiti što je upućivalo na curenje plina. Umjesto da je pokušao pronaći

mjesto curenja, nadzornik je odlučio potisnuti MIC iz spremnika 611 koji je imao oko 40 tona MIC.

MIC se pohranjivao u tri podzemna spremnika od nehrđajućeg čelika od kojih je jedan trebao biti prazan i služiti kao rezerva. Međutim sva 3 spremnika bila su puna štoviše neki su sadržavali MIC više od dozvoljenog.

Spremnici su se morali držati u hladnim skladištima tako da se temperatura skladišta drži približno oko 0°C, a ne oko 15°C, kao što je navedeno u sigurnosnom priručniku UCC-a. [13.]



Slika 13. Sistem spremanja Metil izocijanat-a [13.]

Dana 25. studenog 1984. godine toranj za spaljivanje štetnih plinova je odvojen, a vodovi koji povezuju RVVH i PVH bili su otvoreni.

Postojala su dva procesna ventilacijska voda RVVH i PVH. RVVH je vod (linija) za otrovne plinove od ventila za smanjenje tlaka do sustav počišćivanja (neutralizacije) plina. U slučaju da dođe do porasta tlaka u spremniku, plin se putem tog ventila oslobađa, pušta u spremnik i neutralizira reakciju. Druga linija za odzračivanje je izlazni procesni vod (PVH) koji vodi od spremnika do sistema

pročišćivača plina (VGS). Ova linija je povezana sa sustavom koji sadrži stlačeni dušik. Rutinsko oslobađanje procesnih plinova prolazi PVH na VGS. [19.]

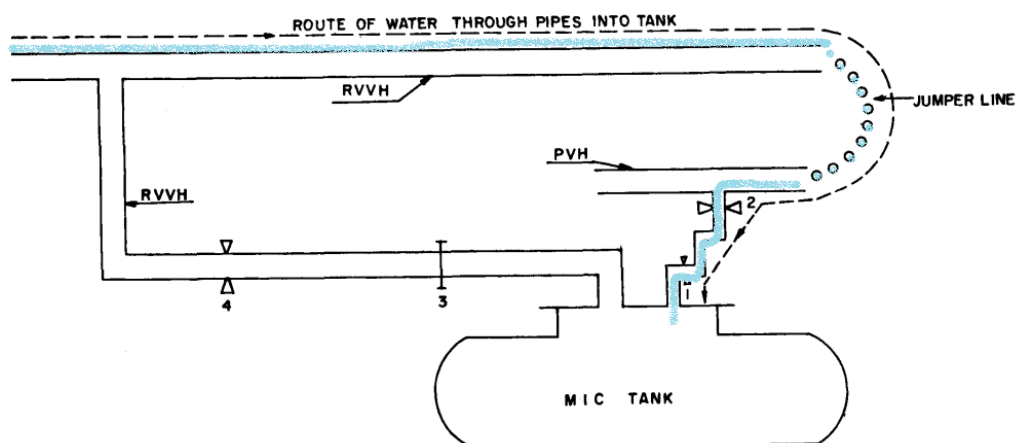
Dana 2. prosinca 1984. godine u jutarnjim satima date su upute o čišćenju vodova RVVH i PVH.

## 6. Odvijanje nesreće u tvornici „Union Carbide“ Corporation

### Slijed događaja:

- 21:15 sati počinje redovno održavanje sustava odnosno uklanjanje nečistoća iz sustava pomoću vode, tvornica Calcutta u vlasništvu Carbidea zatražila je novog operatera da očistiti cijev. Nadzornik Suman Dey rekao mu je da prikopča mlaznicu sa vodom na cijevi kako bi očistio unutrašnjost cijevi, ali postupak je zahtjeva da se na određenom djelu cijevi za sigurnost postavili blindu kako bi se onemogućio protok vode do spremnika 610. Blinda prilikom čišćenja nije postavljena, a određeni dio cijevi je zaobiđeni jer je ugrađen prečac, tzv. „pipeline jumper“ koji je spajao dvije procesne jedinice. [15.]
- 21:30 sati operator primjećuje da su linije blokirane,
- 22:00 sati voda napokon ističe iz sustava pa nadzornik MIC postrojenja naređuje nastavak pranje vodova
- 22:20 sati spremnik 610 je pod tlakom
- 22:45 sati izmjena smjene radnika
- 22:45 sati zbog skraćivanja dulje cijevnog sustava, nepostavljane blindi i nakupljanja nečistoća na mlaznicama za ispuštanje vode iz sustava,

voda iz RVVH i PVH vodova ulazi u spremnik 610 (procjena stručnjaka je da je ušlo oko 500 litara vode u spremnik)



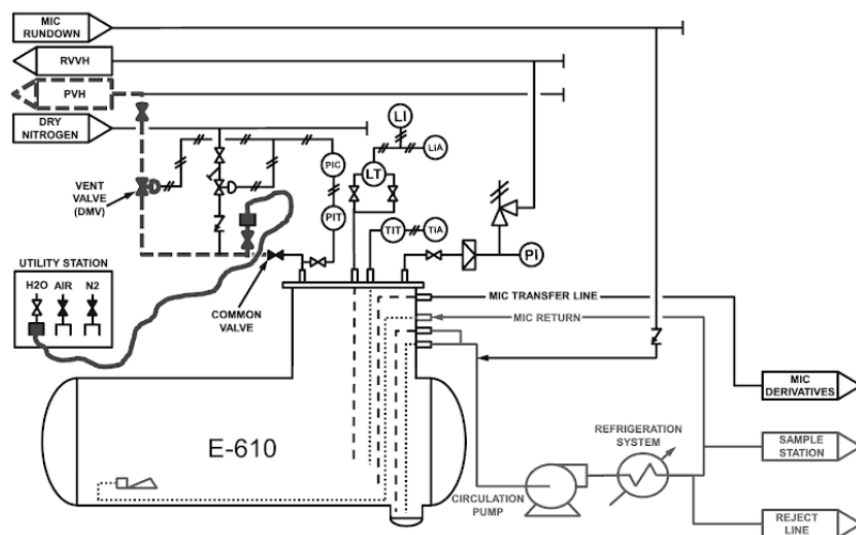
Slika 14. Ulazak vode u spremnik MIC-a

- 23:00 sati počinje reakcija u spremniku 610



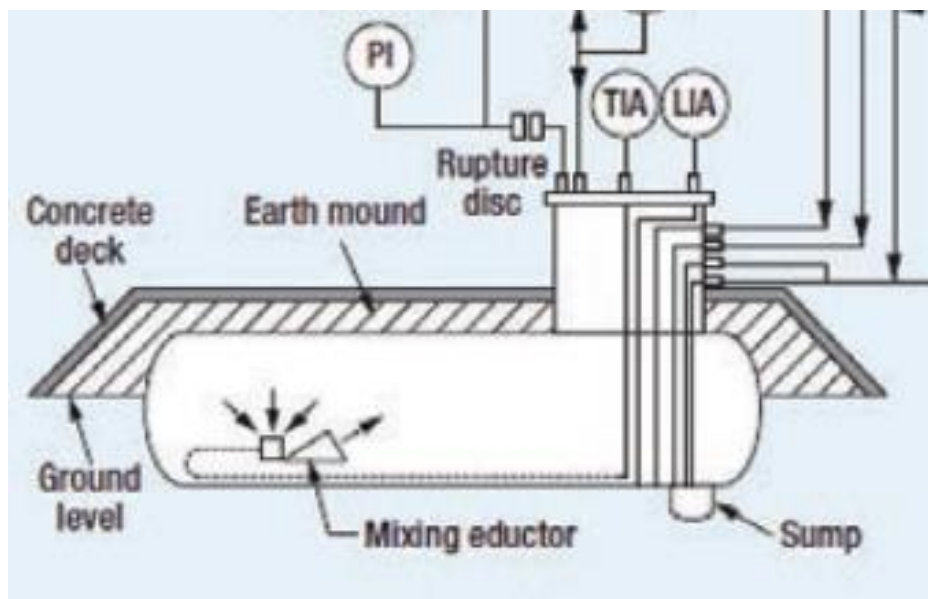
Slika 15. Reakcija Metil izocijanat-a i vode

- 23:30 sati radnici su otkrili da je došlo do propuštanje MIC-a što je kod njih izazvalo suzenje oči. Uočili su kapanje tekućine na visini oko 15 metara od zemlje i žućkasto-bijeli plin koji prati kapanje
- 23:45 sati nadzornik postrojenja Suman Dey obaviješten je o visokom tlaku i propuštanju MIC-a koji je dosegnuo temperaturu od 25°C što se nalazi na vrhu ljestvice, a tlak se brzo kretao prema tlaku od 40 Psi (Funti po kvadratnom inču) odnosno 275,79 kPa (kilo Pascal) točki u kojoj se otvara sigurnosni ventil za odušak. [15.]
- 23:50 sati MIC operator Qureshi vidi žuto kapanje iz voda RVVH, ali odlučuje situaciju tek popratiti nakon pauze obzirom da je isticanje plina u malim količinama tipično za takve industrije



Slika 16. Shematski prikaz vodova PVVH i PVH do spremnika 610 [1.]

- 00:00 sati nadzornik naređuje zaustavljanje čišćenje vodova
- 00:15 sati pauza za operatera Qureshi
- 00:20 sati nadzornik Suman Dey nakon što je ponovno obaviješten o propuštanju, potrčao je do spremnika kako bi istražio. Kada je stigao bio je užasnut. Dok je stajao na betonskoj ploči iznad spremnika, ploča se odjednom počela tresti čuo se strašan zvuk, zvuk vrenja kotla ispod betonske ploče. Ploča izrađena od 1.8 metara debelog sloja betona lomila se u dužini od 6 cm. Temperatura je bila toliko visoka da se nije mogao približiti na udaljenost manju od šest metara. Zatim je začuo glasan zvižduk i šum te vidio kako pod velikim tlakom iz visokog tornja VGS izlazi MIC i formira bijeli oblak koji se spuštao preko postrojenja i prema susjednoj četvrti.



Slika 17. Bokocrt MIC- spremnika

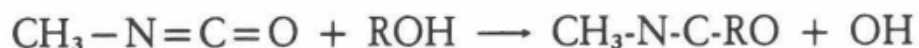
- 00:25 sati nadzornik Suman Dey otrčao je u kontrolnu sobu da uključi sustav za pročišćavanje (neutralizaciju) plina kako bi neutralizirao ispušt plina ali sustav nije radio. Mjerač protoka nije pokazivao da je počela cirkulirati kaustična soda - sredstvo za neutralizaciju. Nitko nije znao o kakvoj se koncentraciji kaustične sode radi jer analiza nije napravljena od listopada 1984. godine. [3.]
- 00:30 sati nadzornik Suman Dey je u kontrolnoj sobi postrojenja otkrio da je pokazivač tlaka porastao iznad 55 psi (Funti po kvadratnom inču) odnosno 379,211 kPa (kilo Pascal), te da je tlak prekoračio vrh ljestvice i time se aktivirao sigurnosni ventil koji je otvorio prolazi MIC-u iz spremnik
- 00:40 sati MIC operator Qureshi izvještava o curenju MIC-a kroz odzračnu liniju na visini od 33 metara i naređuje da se svi izvori vode u tom području isključe
- 00:50 sati kada je MIC operator Qureshi shvatio količinu curenje MIC-a, zatražio je da se prska voda na mjestu curenje. Ali ništa nije djelovalo. Vodeni mlaz nije dosegnuo do vrha tornja
- 01:00 sati upalio se alarm o curenju otrovnog plina, ali su ga isključili. Policijski službenik izvještava dežurstvo policijske postaje kako je nešto pošlo po zlu u UCIL-u
- 01:15 sati dežurstvo policijske postaje izvještava načelnika
- 01:30 sati djelatnici UCIL-a obavještavaju da je sve normalno
- 01:45 sati nadzornik obavještava voditelja UCIL-a o propuštanju MIC-a

- 02:00 sati Sigurnosni ventil je ponovno postavljen, ali 40 do 45 tona MIC već je emitiralo u okolinu
- 02:30 sati pali se javna sirena opasnosti

### 6.1. Reakcija Metil izocijanat-a sa vodom

Karbamati su esteri karbaminske kiseline. Karbamatni insekticidi se sintetiziraju reakcijom MIC s fenolima ili naftolima. Postoji alternativni put koji započinje s fazom reakcije fenola ili naftola s fosgenom, nakon čega slijedi reakcija s Metilamin-om. Ironično, kemijska industrija je odbijena u zahtjevu korištenja tekućeg MIC jer bi to zahtijevalo da se plinoviti fosgen-a čuvaju u skladištu. [13.]

Osnovna reakcija karbamilacije je

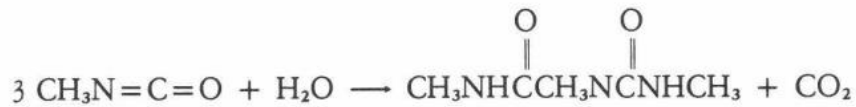


Reakcija MIC s vodom je važna u odnosu na izvještaje koje slijede. Postoje tri glavna puta koja vode do Metilamin, 1,3 Dimethylurea i 1,3,5 Trimethyl-biuret, odnosno:



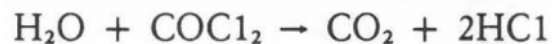


i

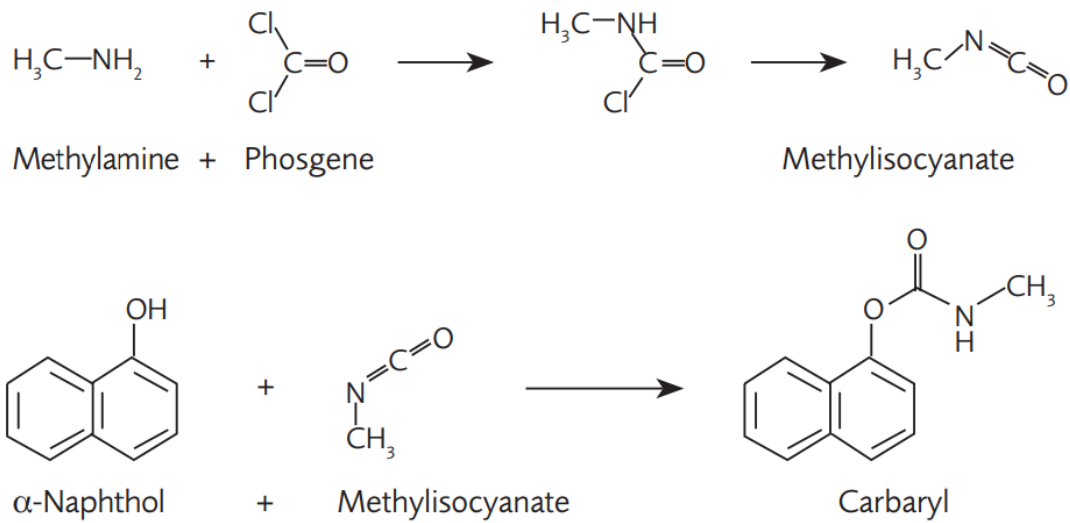


Mješavina reakcijskih produkata ovisi o relativnoj koncentraciji MIC i vode. Mala količina vode dodana tekućem MIC vjerojatno će proizvoditi Trimethyl-biuret pretežno. Smatra se da su oba spoja relativno bezopasna. Važno je napomenuti da se proizvode velike količine topline, tj. 580 BTU (British thermal unit) po kilogramu MIC ili 3.700 BTU po kilogramu H<sub>2</sub>O. Stoga je jedna velika opasnost za rukovanje MIC kontaktom s vodom.

Obzirom na prethodno navedeno postoje dvije mogućnosti burne reakcije:



1. Mogućnost - Rezultantni HCl može djelovati izravno kao inicijator za reakciju polimerizacije. Alternativno, HCl može reagirati s željezom u nehrđajućem čeličnom spremniku. Fozgen bi se mogao pokrenuti pod pretpostavkom jednostavnijih reakcija hidratacije. Potrebno bi bilo oko 1,5 tona vode da bi se dobilo dovoljno topline za isparavanje 50 tona MIC. Ovo se može smatrati samo ako su svi ventili između spojke crijeva za vodu i MIC spremnika bili otvoreni.
2. Mogućnost - je da je neki drugi zagađivač ušao u MIC spremnik, bilo preko sustava za odušak ili od sustav počišćivanja (neutralizacije) plina. [13.]

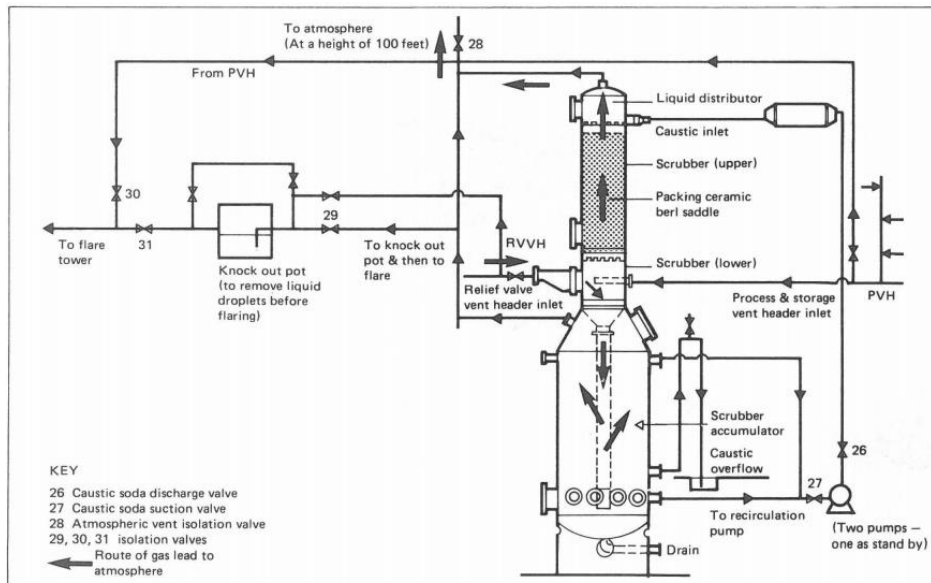


Slika 18. Kemijski proces tvornice u Bhopalu u proizvodnji Karbarila za Insekticid [20.]

## 6.2. Sigurnosni sustavi za sprječavanje curenjem otrovnih plinova

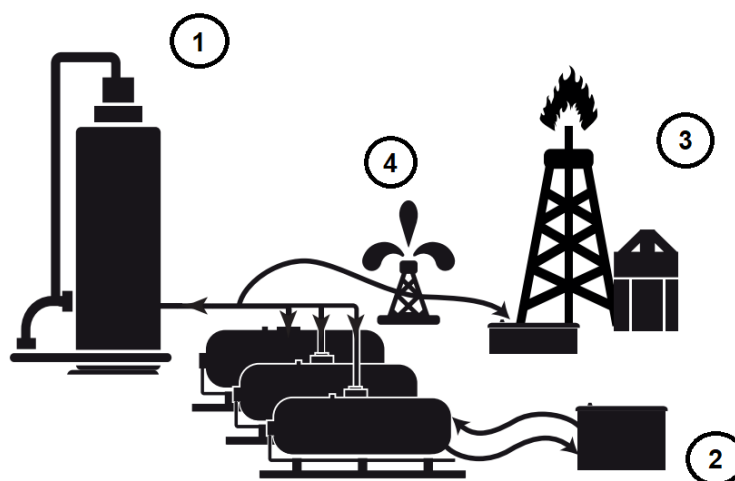
1. „Vent gas scrubber“ (VGS) odnosno sustav počišćivanja (neutralizacije) plina - ukoliko dođe do curenja bilo kojeg otrovnog plina isti se upumpavao u spremnik i potiče kroz kanal ispunjen kaustičnom sodom (Natrijevim Hidroksidom) koji neutralizira otrovni plin, te ga čini inertnim. U trenutku nesreće indikator nije radio. Da je VGS i bio ispravan ne bi mogao tako ogromnu količinu neutralizirati jer je bio namijenjen za manje količine plina.

2. Freon sustav za hlađenje spremnika - sustav za hlađenje tekućeg MIC je isključen i onesposobljen u lipnju 1984. godine kako bi se uštedio novac, a Freon je otpremljen u drugo postrojenje unatoč tome što je bilo protiv uputa o sigurnom radu propisno od UCC-a. Sustav za rashlađivanje je bio namijenjen da smanji egzotermne reakcije kako ne bi došlo do generiranja veće temperature koja bi izazvala nepoželjne reakcije.
  
3. Toranj za spaljivanje plina - cilj tornja je bilo spaljivanje lako zapaljivog MIC-a, koji se prethodno ne bi neutralizirao. U trenutku nesreće nedostajao je jedan dio cijevi kroz koji plin prolazi do tornja za spaljivanje plinova. Sporni dio cijevi uklonjen je zbog korozije i oštećenja i nikada nije zamijenjen iako je zamjena zahtijevala 2 sata posla. U slučaju rada u potpunosti bi eliminirao otpuštanje MIC u atmosferu.
  
4. Sistem za prskanje vode – problem sa sistemom za prskanje vode „vodene zavjese“, je taj što nije bilo dovoljno velikog pritiska zbog čega voda nije dosegla do voda za odušak (dimnjak) koji se nalazio na visini od 33 metara, namjena je bila da se plin veže za vodu i tom prilikom padne na tlo. Vodene mlaznice dosegnule su visinu od oko 10 metara. [20.]



Slika 19. „Vent gas scrubber“ - Sustav počišćivanja (neutralizacije) plina

1. Vent gas scrubber“ odnosno sustav počišćivanja (neutralizacije) plina;
2. Freon sustav za hlađenje spremnika;
- 3 Toranj za spaljivanje plina;
4. Sistem za prskanje vode



Slika 20. Sustav zaštite od curenja MIC-a [20.]



Slika 21. Kontrolna soba

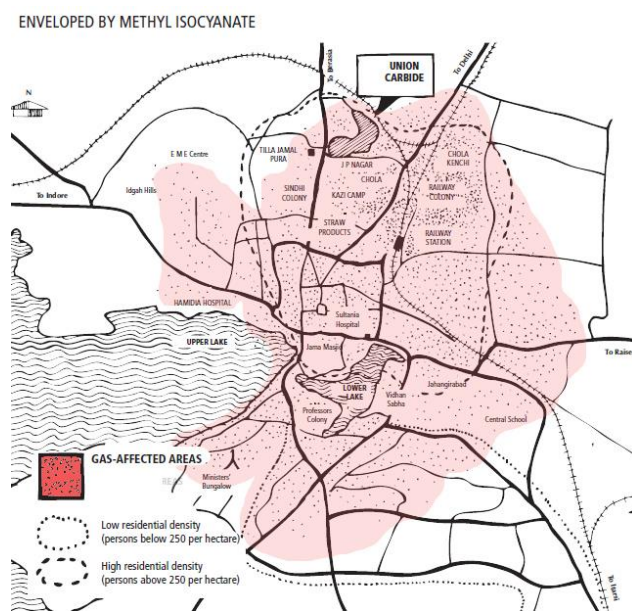
## 7. Odvijanje nesreće van tvornice „Union Carbide“ u Bhopalu

### Slijed događaja:

- 00:45 sati prve reakcije plina na ljudima, osjećaji: gušenja, kašlja, nadražene oči i povraćanje
- 01:00 sati Policija upozorena. Stanovnici područja su evakuirati Ravnatelj Union Carbide poriče curenje plina
- 02:00 sati prvi ljudi stižu u bolnicu Hamidia. Simptomi uključuju oštećenja vida i sljepoću, poteškoće pri disanju, pjena oko usta i povraćanje
- 02:30 sati sirene opasnosti čuju se izvan postrojenja
- 04:00 sati plinovi su staviti pod kontrolu
- 07:00 sati policijski razglas emitira: "Sve je normalno"

Nakon stvaranja reakcije u spremniku 610 i porasta tlaka u vodovima koji se zbog dotrajalosti manometara naglo očitao, te otkazivanja sustava za neutraliziranje otrovnog plina „Vent gas scrubber“ pod velikim tlakom Metil izocijanat bez prethodne neutralizacije izlazi iz tornja te se raspršuje u atmosferu.

Kako je te noći puhao jugoistočni vjetar otrovni plin se raširio po gradu Bhopala gdje je živjelo oko 500 000 ljudi. U prvim trenucima djelatnici koji su radili u kontrolnoj sobi bili su svjesni što se dogodilo ali nisu znali što napraviti i kako spriječiti nastalu situaciju.



Slika 22. Zahvaćeno područje MIC-om

Više od 500 000 ljudi izloženo je slučajnom propuštanjem gotovo 42 tone otrovnog plina Metil Izocijanat-a. Nevini su izgubili živote ili sposobnosti zbog nemara postrojenja i skupih troškova. [12.]

Događaji koji su upućivali na postojanje problematike sa tvornicom:

- 1981. godine do 1984. godine dogodilo se 5 nezgoda gdje su ljudi pošpricani kemikalijama
- pojavljivala su se mjesta curenja manje količine različitih otrovnih plinova koji su zanemareni, te su smatrani uobičajenim pojavama
- pojedini instrumenti nisu kalibrirani zbog uštede novca
- u prosincu 1981. godine preminuo je jedan radnik kojeg je slučajno pošpricao Fosgen, otrčao je do najbližeg tuša i skinuo opremu ali se odjeća ispod zaštitne oprema natopila Fosgenom i u kontaktu sa vodom isparila. Udahnuo je pare i naknadno umro u bolnici (Fosgen se koristio kao oružje u prvom svjetskom ratu.)
- zabrinutost sindikata vezano za sigurnosne probleme nisu riješeni, a čelnici sindikata koji su ih podizali otpušteni su
- lokalni novinar Raj Keswani uzastopno je skretao pozornost na sigurnosna pitanja u tvornici pesticida, ali je zanemaren
- UCC je izvršilo reviziju sigurnosti 1982. godine, ali nije pratio preporuke

Broj poginulih i ozlijeđenih povećan je zbog toga što:

- nije bilo alarma izvan postrojenja niti plana evakuacije;
- javne i hitne službe nisu bile svjesne opasnosti ili najpovoljnijih poteza u slučaju nesreće
- tvornica je smještena u blizini starog grada, autobusnih i željezničkih čvorišta
- stanovi su se nalazili u okolici tvornice

## 7.1. Posljedice udisanja otrovno plina Metil izocijanat-a

Metil izocijanat je jedan od naj otrovnijih i smrtonosnijih supstanca za čovjeka.

uzrokuje:

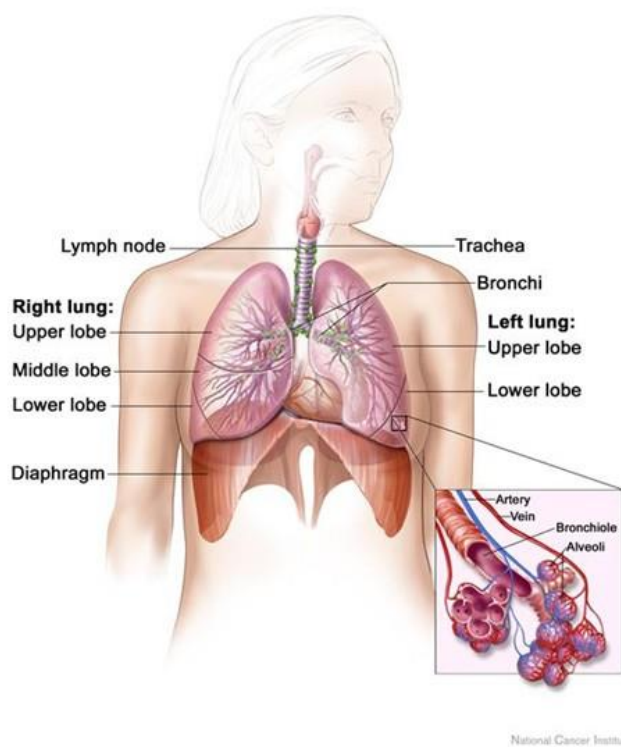
- bol u očima, može uzrokovati mrenu ili sljepoću
- reproduktivne probleme, kao što je zdjelična upalna bolest
- povećanje smrti novorođenčadi
- povraćanje
- probleme s disanjem
- bol u trbuhu koja vodi do kolapsa
- kemijske opekline na koži
- smanjenu funkcionalnost pluća
- srčani zastoj

Specifično kod MIC-a je da počinje isparavati na sobnoj temperaturi. Udisanjem manje količine potaklo bi fiziološki proces tijela odnosno reakcija vode i MIC-a iz organizma izlučila bi se pomoću suzenja očiju, curenje nosa, znojenja. U slučaju udisanja velike količine, MIC bi došao do tog djela u plućima gdje zrak preko alveola ulazi u krv što bi uzrokovalo gušenje.

Stanovnici koji su se nalazili u zahvaćenom području budili su se sa kašljanjem dok su im pluća bila puna tekućine. U roku od samo nekoliko sati tisuće ljudi je preminulo, a mnogi su umirali od srčanog zastoja i zatajenja disanja.

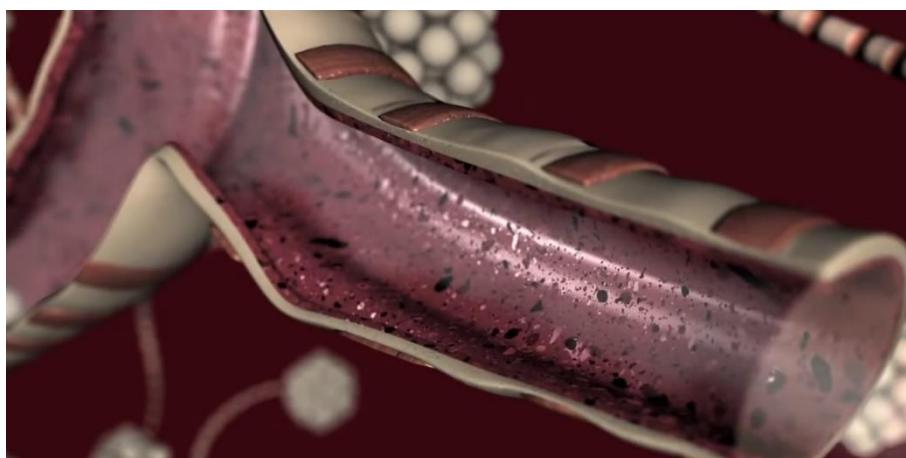
Mnogi ljudi koji su te noći osjećali navedene simptome počeli su od straha bježati, što je dovodilo do još većeg udisanja plina, a za posljedicu je imalo katastrofalni učinak, jer je plin Metil izocijanat-a (MIC) kojeg je žrtva udisala reagirao sa vodom u tijelu žrtve, što je forsirao pumpanje krvi i u male prostor u plućima što je prozračilo nemogućnost disanja. [5., 6.]



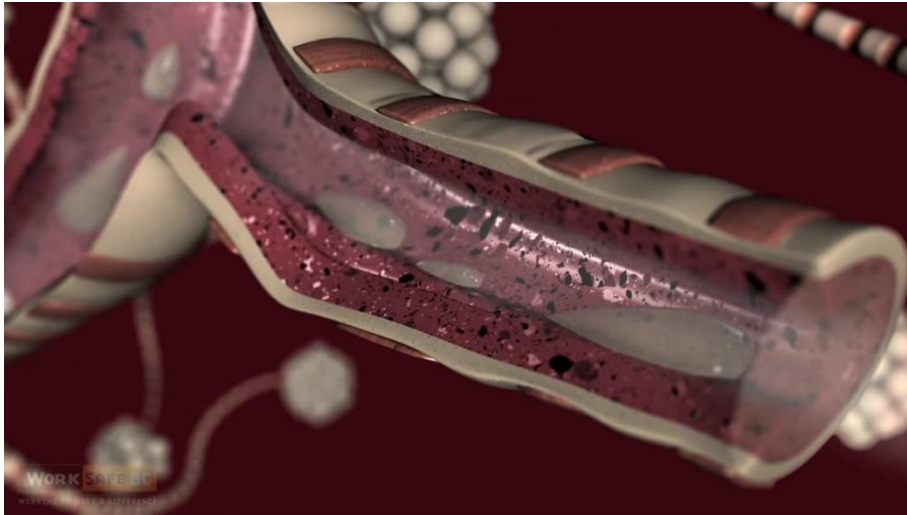


Slika 23. Nakupljanje MIC-a na mjestima dišnog sustava

Ljudi koji su udisali Metil izocijanat dobivali su napade slične osobama koje boluju od Asme, ne samo da je dovodilo do sužavanja bronhiole već i do stvaranja sluzi što je uzrokovalo gušenje u vlastitom sekretu odnosno „unutarnje utapanje“



Slika 24. Bronhiola prije udisanja MIC-a



Slika 25. Bronhiola nakon udisanja MIC-a

Vlada je zabilježila da je sporne noći umro oko 3,000 ljudi te u naknadnim danima do oko 5,295 ljudi, dok aktivisti tvrde da je 25,000 ljudi umrlo od posljedica u sljedećim godinama. [8.]



Slika 26. Stanje na ulicama nakon nesreće



Slika 27. Ulice u blizini postrojenja



Slika 28. Prepunjene bolnice žrtvama

Sljedeća generacija djece rođena je sa deformacijama, npr. iskrivljeni udovi, mišićno-koštani poremećaja, oštećenje mozga.

O posljedicama postrojenja izvještavalo se još jako dugo. Izvještavali su o uginuću 4.000 životinja (stoke, pasa, mačaka i ptica).



Slika 29. Uginule životinje od posljedica udisanja otrovnog plina



Slika 30. Uklanjanje uginulih životinja sa ulica Bhopala

## 8. Operacija „Faith“

Nakon tragične katastrofe dana 04.12.1984. godine, glavni direktor „Union Carbide“, Warren Anderson dolazi iz Amerike u Bhopal. Kada su javne vlasti shvatile da je on glavni odgovorni za navedeno postrojenje odmah ga uhićuju ali ga ne smještaju u zatvor već u luksuzni hotel koji je izgradio Union Carbide Corporation što je u to vrijeme bio jedan od najljepših hotela u Bhopalu. Nekoliko sati kasnije Warren Anderson plaća jamstvo i bježi iz Indije.



Slika 31. Glavni direktor „Union Carbide“ Corporation Warren Anderson

Stručna ekipa također dolazi u Bhopal kako bi istražila što se dogodilo sa postrojenjem te doznaju da se u postrojenju nalaze još dva spremnika koja sadrže oko 35 tona Metil izocijanat-a. Provjeravaju sve moguće načine kako ukloniti preostali MIC iz spremnika, ali nailaze na jedinu moguću solucija a to je da ponovno upale postrojenje koje je oduzelo već mnogo života. [3.,4.,]

Mnogi ljudi su se protivili tome da se ponovno upali postrojenje ali to je bila jedina mogućnost da uklone preostali Metil izocijanat na siguran način iako nisu poznavali tada još uzrok nesreće, pa time akciju uklanjanja preostalog MIC nazivaju „Operation Faith“

Obzirom da nije postajalo garancije da se neće ponovno dogoditi tzv. „Bhopal 2“ i da postrojenje neće eksplodirati ili plin isteći i usmrtili ljude, poduzeli su dvije sigurnosne mjere:

- organizirali su helikoptere koji su nosili vodu i oblijetali postrojenje
- oko čitavog postrojenja postavili su mokro platno



Slika. 32. Postavljanje mokrog platna oko postrojenja

Kada su zadovoljili sigurnosne postupke dana 16. prosinca 1984. godine, ponovno su upalili tvornicu. U tom trenutku nastaje panika na ulicama svi ljudi koji su bili sposobni napustiti Bhopal napustili su, dok oni koji nisu bili u mogućnosti zbog narušenog zdravstvenog stanja ostali su.

Trebalo je 7 dana da se preostali Metil izocijanat pretvori u 7 vrsta pesticida/insekticida. Nakon tog procesa sa sigurnošću su mogli reći da je postrojenje sigurno i da ne postoji više opasnosti.

Po završetku akcije „Operation Faith“ ljudi se vraćaju u grad, ali su jako ogorčeni zbog situacije, žele znati tko je to napravio i kako je nastala takva katastrofalna posljedica.

Ubrzo nakon par dana glavni direktor „Union Carbide“ Corporation, Warren Anderson na sjednici govori kako je netko namjerno sabotirao tvornicu i da nije

krivnja u njima. Kako vlada Indije nije htjela sudjelovati u istrazi u tajnosti u Bhopal šalju Michael J. Wright, ovlaštenu osobu za zdravlje i sigurnost na radu, United Steelworkers of America, U.S.A., koji je trebao istražiti događaj i utvrditi je li došlo do sabotiranja postrojenja ili neodgovornosti poslodavaca.

Nakon dužeg istraživanja zaključuje da je teorija o sabotaži tvornice bio samo pokušaj odvlačenja pozornosti od istine, a istina je da je tvornica bila u jako velikom minusu i svakim danom je gubila sve više i više novaca jer se precijenila sa proizvodnjom pesticida/insekticida zbog čega su menedžeri „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu napravili fundamentalne pogreške tako što su manje ulagali u tvornicu i njenu sigurnost kako bi uštedjeli novac s čim su pokušavali izbjeći propast tvrtke, a što je na kraju uzrokovalo industrijsku nesreću u tvornici „Union Carbide“ Corporation u Indiji i smrt mnogih ljudi. [3., 4.]

Tvornica u Bhopalu više nikada nije radila nakon curenja plina u prosincu 1984. godine.



Slika 33. Napuštena tvornica pesticida nakon 25 godina



Slika 34. Spremnik 610 gdje se dogodila reakcija



Slika 35. Neuklonjeni spremnik Fozgen-a [21.]

## 9. Slijed događaja nakon industrijske nesreće u Bhopalu

- prosinac 1984. godine: Warren Anderson, glavni direktor „Union Carbide“, je jedan od devetorice uhićenih. Ali oslobođen je uz jamčevinu od 2.000 dolara, nakon obećanja da će se vratiti. „Union Carbide“ Corporation osumnjičena je za kazneno djelo „Ubojstvo“
- veljača 1985. godine: Indijska vlada podnijela zahtjev za 3,3 milijarde dolara od „Union Carbidea“ Corporation na američkom sudu



- 1986. godine: sudac u SAD-u prebacuje sve parnice u Bhopal, Indija
- prosinac 1987. godine: CBI podnesi optužnicu protiv Warren Anderson i drugih optuženika, uključujući UCC (USA), Union Carbide (istočni) Hong Kong i UCIL.
- veljača 1989. godine: CJM, Bhopal, izdaje neodobreni nalog za uhićenje Warrena Andersona zbog neprestanih ignoriranja poziva suda
- veljača 1989. godine: Indijska vlada i „Union Carbide“ ukidaju izvanparnični sporazum, 470 milijuna dolara isplaćuje „Union Carbide“ Corporation
- veljača - ožujak 1989. godine: javni prosvjed protiv nepravednog rješenja nakon čega ponovno slijede brojna preispitivanja Vrhovnog sudu od strane skupina „The Bhopal Gas Peedith Mahila Udyog Sangatan“ (BGPMUS), „The Bhopal Gas Peedith Sangarsh Sahayog Samiti „ (BGPSSS) i drugih
- 1992. godine: dio od 470 milijuna dolara Indijska vlada isplaćuje žrtvama industrijske nesreće u Bhopalu
- veljača 1992. godine: Anderson je zakonom proglašen bjeguncem zbog zanemarivanja sudskih poziva
- studeni 1994. godine: unatoč brojnim peticijama preživjelih, Vrhovni sud dopušta da „Union Carbide“ Corporation prodaje udio u UCIL tvrtki McLeod Russell (India) iz Calcutta-e.
- kolovoz 1999. godine: „Union Carbide“ Corporation najavljuje spajanje s američkim Dow Chemicalsom.

- studeni 1999. godine: međunarodna organizacija „Greenpeace“ ispituje tlo, podzemne vode i bušotine u i okolo uništene tvornice „Union Carbide“ Corporation i pronalazi 12 hlapivih organskih kemikalija i žive u količinama do šest milijuna puta veće od očekivanog
- studeni 1999. godine: žrtve i organizacija preživjelih pokreću tužbu protiv „Union Carbidea“ Corporation i njegovog bivšeg glavnog direktora „Union Carbide“, Warren Anderson u saveznom sudu u New Yorku, optužujući Carbide zbog kršenja ljudskih prava, okolišnog prava i međunarodnog kaznenog prava
- veljača 2001. godine: „Union Carbide“ Corporation odbija preuzeti odgovornost za obveze UCIL-a u Indiji
- siječanj 2002. godine: istraživanje „Srishti“ i „Toxics Links“ otkriva olovo i živu u majčinom mlijeku majki koje žive u zajednicama u blizini tvornice.
- lipanj 2002: preživjeli industrijske nesreće pokreću prosvjed u New Delhiju kada doznaju da Indijska vlada podiže optužnicu protiv W. Andersona
- kolovoz 2002. godine: Indijski sud protiv W. Andersona vodi optužbe za ubojstvo, što zahtijeva njegovo izručenje. U međuvremenu, Britanska novine izvještavaju da je W. Anderson u New Yorku, dok Američke vlasti izjavljuju da ga ne mogu locirati
- listopad 2002. godine: prosvjedi za čišćenje bivše tvornice u Bhopalu, aktivisti govore da tvornica sadrži tisuće tona otrovnog otpada
- svibanj 2003. godine: Indijska vlada formalno upućuje svoj zahtjev za izručenje W. Andersona u SAD

- ožujak 2004. godine: Američki sud izjavljuje kako bi mogli organizirati „Dow Chemicals“ za čišćenje tla i podzemnih voda na napuštenoj tvornici ukoliko se Indijska vlada ne protivi. Indijska vlada prihvaća ponudu SAD-a
- lipanj 2004. godine: SAD odbacuju zahtjev Indije za izručenje W. Andersona, navodeći kako zahtjev ne ispunjava određene odredbe bilateralnog sporazuma o izručenju
- 19. srpnja 2004. godine: Vrhovni sud Indije naložio je središnjoj banci da isplati više od 15 milijardi rupija, što je dio izvornih 470 milijuna dolara primljenih kao naknada od 1992. godine
- 25. listopada 2004. godine: žrtve industrijske nesreće prosvjeduju zbog neuspjele isplate naknade žrtvama
- 26. listopada 2004. godine: Vrhovni sud Indije postavio je rok do 15. studenoga da isplati ostatak od 470 milijuna dolara kojega je Union Carbide Corporation plaćao kao naknadu
- lipnja 2010: 8 osuđenih, uključujući i tadašnjeg predsjednika uprave „Union Carbide“ Corporation Keshub Mahindra [14.]

## 10. Zaključak

Istraživanjem i proučavanjem industrijske nesreće koja se dogodila u tvornici „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu sa dana 02. prosinca 1984. godine na dan 03. prosinca 1984. godine došao sam do zaključka da od početka Industrijske revolucije pa sve do danas, sve zemlje svijeta teže ostvarenju primarnog cilja, a to je sve veća tržišna moć, odnosno stjecanja veće potražnje za njihovim proizvodima. Nerijetko tom prilikom zanemaruju se određeni nizovi sigurnosnih mjera i pravila. Prilikom osnivanja raznih industrija, čovjekova pohlepa u cilju ostvarivanja sve veće dobiti, smanjuje ulaganje u mjere sigurnosti i zaštite u industrijama te djelatnika i okoliša što ponekad dovodi i do katastrofalnih posljedica za daljnje naraštaje i eko-sustav.

Ova industrijska nesreća prouzrokovana je nizom faktora među kojima je najistaknutiji onaj ljudski. Zbog pohlepe i neulaganja kako u sustave zaštite tako i u obrazovanje radnika došlo je do nesreće koja ne samo da je uništila okoliš i živote više od pola milijuna ljudi već je zadala snažan ekonomski udarac cijeloj državi. Odjednom se država, koja je izgubila bitan izvor prihoda od pogona, morala brinuti o tisućama građana koji su uz zdravlje izgubili i radna mjesta.

Proučavajući cijelu tvornicu „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu uočio sam da niti jedan sustav ili indikator za sprječavanje curenja otrovnog plina nije radio, da se ljudi nisu pridržavali sigurnosnih mjera UCC-a prilikom čišćenja vodova odnosno nisu postavljali blindu kako bi potpuno onemogućili odlazak vode u spremnik MIC-a. Kada voda prilikom čišćenja nije izlazila iz mlaznica za ispuštanje vode iz sustava, radnici su se u počeli brinuti ali kada je potekla voda isključili su bilo koju mogućnost opasnosti. Na raznim dijelovima vodova postavljeni tzv. „pipeline jumper“ kako bi se uštedjelo na održavanju. Freon sustav za hlađenje spremnika i VGS - sustav počišćivanja (neutralizacije) plina bili su isključeni odnosno van uporabe zbog prevelikih troškova i preskupe kalibracije uređaja. Toranj za spaljivanje štetnih plinova je odvojen od procesnog sustava jer je uklonjen jedan dio voda zbog korozije i oštećenja te nikada nije

zamijenjen. Sistem za prskanje vode nedovoljno prilagođen i testiran. Učestalost javljanja manjih mjesta curenja plina potpuno se zanemarivalo i smatrano normalnim bez obzira što su radnici učestalo udisali štetne plinove.

Sve to dovodi do jednog zaključka, da je tvornici pesticida „Union Carbide“ Corporation u Bhopalu bila osuđena na propast. Bilo je pitanje vremena kada će se dogoditi. Na kraju trebali su preuzeti inicijativu i zatvoriti tvornicu prije katastrofe i time spasiti ljude i eko-sustav, a ne odgađati već unaprijed poznatu činjenicu o propasti tvornice koja je sve više i više tonula u dugove i svome kraju.

Kako se takvi i slični scenariji ne bi ponavljali u budućnosti važno je ulagati u postrojenja kao i u sustave zaštite te obučavati ljude koji njima upravljaju kako pravodobno i ispravno postupati u slučaju kvarova ili nesreća, a ne olakotno. Samo tako možemo biti sigurni da ovakve slike katastrofa ostavljamo u prošlosti.

## 11. Literatura

- [1.] Kenneth Bloch, (26th May 2016), Rethinking Bhopal - A Definitive Guide to Investigating, Preventing, and Learning from Industrial Disasters
- [2.] History of Union Carbide India Limited - <http://www.bhopal.com/History-of-UC-India-Limited> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [3.] Documentary The Bhopal Disaster INDIA Nat Geo Full 2014 720p HD - <https://www.youtube.com/watch?v=HsuUQzhP2Ds&t=1190s&index=3&list=WL> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [4.] Bhopal Gas Tragedy | World's Worst Industrial Disaster - <https://www.youtube.com/watch?v=FdyBy2s9I5c&t=9s&index=4&list=WL> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [5.] Seismic Seconds - The Bhopal Gas Disaster Part 1 of 3 - <https://www.youtube.com/watch?v=p0aGBPdpMTM&t=486s&index=6&list=WL> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [6.] Seismic Seconds - The Bhopal Gas Disaster Part 2 of 3 - <https://www.youtube.com/watch?v=-FYvWTO70FE> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [7.] Seismic Seconds - The Bhopal Gas Disaster Part 3 of 3 - <https://www.youtube.com/watch?v=aSZ9fuRzers&t=127s> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [8.] MIC - The deadly chemical - <https://www.youtube.com/watch?v=WeV8xLbajEc&t=0s&index=8&list=W> (pristup dana 27.08.2018. godine)

- [9.] Isocyanate Exposure  
<https://www.youtube.com/watch?v=xnDA43snhTY&t=0s&index=9&list=W>  
L (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [10.] Bhopal Gas tragedy: A chronology of events -  
<https://www.thehindu.com/news/national/Bhopal-Gas-tragedy-A-chronology-of-events/article16241552.ece> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [11.] Release of toxic gases in a pesticide plant Night from 2 to 3 December 1984 Bhopal - India [https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files\\_mf/FD7022Bhopal\\_Inde\\_08122014\\_GB\\_PA.pdf](https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD7022Bhopal_Inde_08122014_GB_PA.pdf) (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [12.] Bhopal gas disaster leaving dead  
<http://www.indiaenvironmentportal.org.in/media/iep/infographics/Bhopal%20Gas%20Disaster/index.htm> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [13.] BHOPAL: LESSONS FOR TECHNOLOGICAL DECISION-MAKERS -  
<https://core.ac.uk/download/pdf/52944763.pdf> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [14.] Bhopal: 25 years of poison  
<https://www.theguardian.com/environment/2009/dec/04/bhopal-25-years-indra-sinha> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [15.] The Bhopal disaster  
<http://cdn.cseindia.org/userfiles/THE%20BHOPAL%20DISASTER.pdf>  
(pristup dana 27.08.2018. godine)
- [16.] Methyl Isocyanate - <https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/1112>  
(pristup dana 27.08.2018. godine)

- [17.] Methyl Isocyanate –  
[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/methyl\\_isocyanate#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/methyl_isocyanate#section=Top) (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [18.] "...A Richer Harvest" Union Carbide Ads:  
1960s <http://www.pophistorydig.com/topics/union-carbide-1950s-1980s/>  
(pristup dana 27.08.2018. godine)
- [19.] An analysis of the Bhopal  
accident <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02688867.1987.9726622> (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [20.] Loss Prevention Bulletin - Improving process safety by sharing  
experience [http://www.icheme.org/~media/documents/lpb/lpb240\\_digimg.pdf](http://www.icheme.org/~media/documents/lpb/lpb240_digimg.pdf), (pristup dana 27.08.2018. godine)
- [21.] Union Carbide Bhopal Factory 2011 - Short Virtual Tour  
<https://www.youtube.com/watch?v=BEvg1KEbSBQ&t=202s&index=7&list=WL> (pristup dana 27.08.2018. godine)



## **12. Prilozi**

### **12.1. Popis Simbola**

UCIL - Union Carbide India Limited

UCC - Union Carbide Corporation

MIC - Metil izocijanat (Methyl Isocyanate)

RVVH - vod otrovnih plinova od ventila za smanjenje tlaka do pročišćivača  
otvora za prozračivanje

PVH - izlazna procesna linija

VGS - „Vent gas scrubber“ - sustav počišćivanja (neutralizacije) plina

### **12.2. Slike**

Slika. 1 Država Indija

Slika. 2 Zastava Republike Indije

Slika 3. Madhya Pradesh u Indiji

Slika 4. Madhya Pradesh sa glavnim gradom Bhopalom

Slika 5. Grad Bhopal

Slika 6. Simbol tvornice pesticida „Union Carbide“ u Bhopalu

Slika 7. Tvornica u Bhopalu

Slika 8. Reklama pesticida - zaštita proizvoda od štetočina

Slika 9. Reklama pesticida - bolji urod plodova

Slika 10. MIC spremnika i smjer curenja plina u okoliš

Slika 11. 2D model Metil izocijanat

Slika 12. 3D model Metil izocijanat

Slika 13. Sistem spremanja Metil izocijanat-a

Slika 14. Ulazak vode u spremnik MIC-a

Slika 15. Reakcija Metil izocijanat i vode

Slika 16. Shematski prikaz vodova PVVH i PVH do spremnika 610

Slika 17. Bokocrt MIC- spremnika

- Slika 18. Kemijski proces tvornice u Bhopalu u proizvodnji Karbarila za Insekticid
- Slika 19. „Vent gas scrubber“ - Sustav počišćivanja (neutralizacije) plina
- Slika 20. Sustav zaštite od curenja MIC-a
- Slika 21. Kontrolna soba
- Slika 22. Zahvaćeno područje MIC-om
- Slika 23. Nakupljanje MIC-a na mjestima dišnog sustava
- Slika 24. Bronhiola prije udisanja MIC-a
- Slika 25. Bronhiola nakon udisanja MIC-a
- Slika 26. Stanje na ulicama nakon nesreće
- Slika 27. Ulice u blizini postrojenja
- Slika 28. Prepunjene bolnice žrtvama
- Slika 29. Uginule životinje od posljedica udisanja otrovnog plina
- Slika 30. Uklanjanje uginulih životinja sa ulica Bhopala
- Slika 31. Glavni direktor „Union Carbide“ Warren Anderson
- Slika. 32. Postavljanje mokrog platna oko postrojenja
- Slika 33. Napuštena tvornica pesticida nakon 25 godina
- Slika 34. Spremnik 610 gdje se dogodila reakcija
- Slika 35. Neuklonjeni spremnik Fozgen-a

### **12.3. Graf**

Graf 1. Analiza proizvodnje

### **12.4. Tablica**

Tablica 1. NFPA 704 dijamant opasnosti Metil izocijanat-a