

# TVARI KOJE U DODIRU S VODOM PROIZVODE OPASNE PLINOVE

---

**Banoža, Daria**

**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:128:762163>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-22**



**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 studij sigurnosti i zaštite

Daria Banoža

# **TVARI KOJE U DODIRU S VODOM PROIZVODE OPASNE PLINOVE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2023.

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

Daria Banoža

**SUBSTANCES THAT PRODUCE  
DANGEROUS GASES IN CONTACT  
WITH WATER**

FINAL PAPER

Karlovac, 2023.

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

Daria Banoža

# **TVARI KOJE U DODIRU S VODOM PROIZVODE OPASNE PLINOVE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Sebastijan Orlić

Karlovac, 2023.

## PREDGOVOR

Izražavam iskrenu zahvalnost najprije svom mentoru dr.sc. Sebastijanu Orliću koji je pratio proces izrade završnog rada. Također, zahvaljujem profesorima, asistentima i stručnom osoblju na prenesenom znanju tijekom svih godina studiranja.

Najposebnija zahvala ipak pripada mojoj obitelji i prijateljima, koji su bili uz mene tijekom moga školovanja, pružali neizmjernu podršku i ljubav i usmjeravali me na pravi put.

Daria Banoža

## SAŽETAK

Manipulacija kemikalijama jedna je od najopasnijih djelatnosti u mnogim industrijama, uključujući proizvodnju, preradu i skladištenje kemikalija. U dodiru s vodom, neke tvari mogu proizvesti plinove koji su opasni za zdravlje ljudi i okoliš. Ovi plinovi mogu biti otrovni, zapaljivi, eksplozivni ili reaktivni, što predstavlja velik rizik za radnike koji rade s tim tvarima, kao i za okoliš. U ovom završnom radu biti će razmatrane različite tvari koje mogu proizvesti opasne plinove u dodiru s vodom, uključujući kiseline, lužine, metale i druge kemikalije.

Ovaj rad ima za cilj podići svijest o opasnostima koje se mogu pojaviti u manipulaciji kemikalijama i pomoći u smanjenju rizika od proizvodnje opasnih plinova.

Ključne riječi: opasni plinovi, kemikalije, okoliš, voda, skladištenje, prerada

## ABSTRACT

Chemical handling is one of the most dangerous activities in many industries, including the production, processing and storage of chemicals. In contact with water, some substances can produce gases that are dangerous for human health and the environment. These gases can be toxic, flammable, explosive or reactive, which poses a great risk to workers who work with these substances, as well as to the environment. This final paper will consider various substances that can produce dangerous gases in contact with water, including acids, bases, metals and other chemicals.

This work aims to raise awareness of the dangers that can arise in the manipulation of chemicals and help reduce the risk of producing dangerous gases.

Keywords: dangerous gases, chemicals, environment, water, storage, processing

# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....	1
PREDGOVOR.....	2
SAŽETAK .....	3
ABSTRACT.....	3
SADRŽAJ .....	4
1. UVOD.....	6
2. ŠTETNE TVARI U INDUSTRIJI.....	7
2.1. Toksično (otrovno) djelovanje .....	8
2.2. Zapaljive i eksplozivne tvari .....	9
3. OSOBNA ZAŠTITNA OPREMA .....	10
4. PODJELA OPASNIH TVARI.....	13
4.1. Općenita podjela opasnih tvari.....	13
4.2. Klasifikacije opasnih tvari.....	14
4.3. Klasifikacija štetnih tvari .....	14
4.3.1. Fizikalna klasifikacija .....	14
4.3.2. Fiziološka klasifikacija.....	15
4.3.3. Kemijske klasifikacije.....	15
5. OPASNI PLINOVI .....	16
5.1. KLOR.....	16
5.2. KLOR-DIOKSID .....	17
6. KISELINE .....	17
6.1. SUMPORNA KISELINA.....	18
6.2. KLOROVODIČNA KISELINA.....	19
6.3. HIDROFLUORIČNA KISELINA.....	20
7. LUŽINE.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1. AMONIJAK.....	21
7.2. NATRIJEV HIPOKLORIT .....	22
8. METALI .....	22
8.1. NATRIJ .....	23
8.2. KALIJ .....	23
9. SIGURNA MANIPULACIJA S TVARIMA KOJE PROIZVODE OPASNE PLINOVE.....	25
10. ZAKLJUČAK .....	28

11.	LITERATURA .....	29
12.	PRILOZI .....	30
12.1.	POPIS SLIKA .....	30



## 1. UVOD

U mnogim industrijskim procesima, kao i u kućanstvima, tvari se često manipuliraju i skladište na način koji može dovesti do ozbiljnih rizika po zdravlje i okoliš. Posebno je opasno kada su ove tvari u kontaktu s vodom, jer takav kontakt može proizvesti opasne plinove. Mnoge kemikalije mogu reagirati s vodom kako bi proizvele plinove koji su otrovni, zapaljivi, eksplozivni i reaktivni, a koji su opasni i predstavljaju rizik za radnike koji rade s tim tvarima, kao i za okoliš.

Cilj ovog završnog rada je pružiti pregled različitih tvari koje u dodiru s vodom proizvode opasne plinove, opisati njihove karakteristike i opasnosti te dati preporuke za sigurnu manipulaciju s tim tvarima. Osim toga, u ovom radu bit će prikazani primjeri iz stvarnog života kako bi se ilustrirale posljedice nepravilne manipulacije s tim tvarima.

## 2. ŠTETNE TVARI U INDUSTRIJI

Štetnim, odnosno opasnim tvarima u industriji smatraju se one tvari koje zbog svojih svojstava mogu ugroziti život ljudi i prouzročiti materijalnu štetu. Svojstva koja podrazumijevamo su otrovnost, korozivnost, zapaljivost, eksplozivnost i sl..

To su sve one tvari koje za vrijeme proizvodnje, transporta, rukovanja, korištenja i skladištenja ispuštaju ili stvaraju zarazne, zapaljive, eksplozivne, iritirajuće, zagušljive, korozivne, toksične i druge opasne prašine, dimove, magle, plinove, vlakna ili pare u količinama koje mogu uzrokovati oštećenje zdravlja osoba koje s njima dolaze u dodir ili mogu izazvati materijalnu štetu.

Primjenu ovih tvari ne možemo izbjeći niti zanemariti, jer su one osnova tehnoloških procesa, iako spadaju među tvari koje su opasne za čovjeka i njegovu okolinu.

Jako je bitno, prilikom rada sa opasnim tvarima, na prvom mjestu sačuvati zdravlje zaposlenika koji njima rukuju i zaštititi njegovu okolinu.

Opasne tvari mogu biti:

- zapaljive
- eksplozivno opasne
- škodljive za zdravlje

Sve tvari štetne za zdravlje su one tvari koje su nagrizajuće, otrovne, zagušljive, kancerogene, nadražujuće, mutagene, teratogene, kronično ili akutno štetne itd., ili koje imaju neka druga štetna djelovanja za zdravlje.

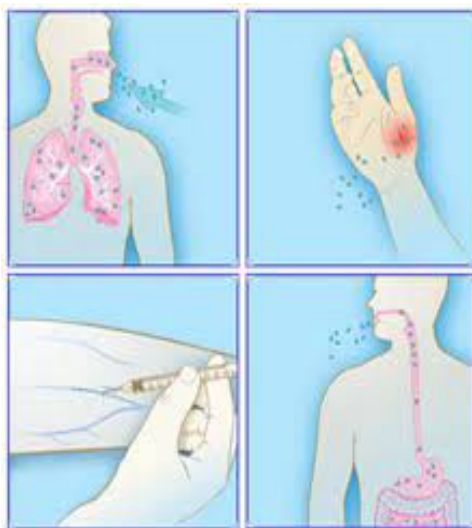


[1] piktogrami opasnosti

## 2.1. Toksično (otrovno) djelovanje

Toksičnost je svojstvo tvari da uzrokuje oštećenja u organizmu od onog trenutka kada dospije u isti.

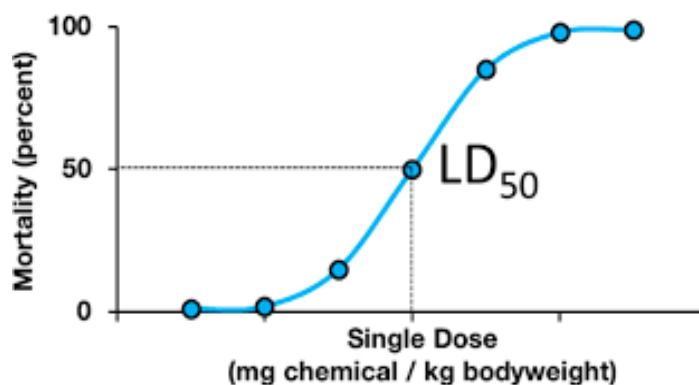
Toksikologija je znanost koja se bavi proučavanjem otrova, utjecaja na organizam, njihovih određivanja u tkivima i tjelesnim tekućinama. Razlika između lijeka i otrova je samo u primijenjenoj dozi.



[2] prikaz dospijeca toksičnih tvari u organizam

Izloženost otrovu može biti akutna i kronična, odnosno otrovna tvar može djelovati na organizam u kratkom vremenu (u par minuta do nekoliko sati) ili dugotrajno (danima, mjesecima ili godinama). Potrebno je znati razlikovati akutnu i kroničnu izloženost otrovu, od akutnog i kroničnog djelovanja otrova.

Potrebno je spomenuti vrijednost  $LD_{50}$  (srednja smrtna doza), koja označava izračunatu količinu ispitane tvari za koju se očekuje da će uzrokovati 50% smrtnosti cijele ispitivane populacije.



[3] grafički prikaz  $LD_{50}$  doze

## 2.2. Zapaljive i eksplozivne tvari

Većina opasnih tvari koje djeluju škodljivo na zdravlje su ujedno i zapaljive i eksplozivne, te je pri njihovom korištenju potrebno koristiti mjere zaštite od požara i eksplozije.

Neka značajna obilježja na koja treba posebno obratiti pažnju su:

- Temperatura plamišta-odnosi se na gorive tekućine čije pare ili maglice sa zrakom (kisikom) mogu tvoriti zapaljivu ili eksplozivnu smjesu. Temperatura plamišta je ona temperatura kod koje se iznad površine tekućine oslobađa dovoljna količina zapaljivih para, tako da je moguće njihovo privremeno zapaljenje ili kratkotrajno buknuće.
- Granice zapaljivosti i eksplozivnosti - one granice u kojima određena tvar, odnosno smjese zapaljivih plinova, para, prašina i maglica sa zrakom imaju sposobnost da se zapale ili eksplodiraju samo unutar određenog područja. Do zapaljenja nije moguće dovesti tvari ukoliko je njihova koncentracija niža od donje granice zapaljivosti (DGZ) odnosno eksplozivnosti (DGE) ili iznad gornje granice zapaljivosti odnosno eksplozivnosti.
- Kemijske opasnosti po zdravlje- odnosi se na procjenu rizika zdravlja uslijed izlaganja kemijskim tvarima. Postoje 4 stupnja škodljivosti:
  - stupanj 4 - pripisuje se tvarima koje uslijed vrlo kratke izloženosti mogu uzrokovati smrt ili velika trajna oštećenja
  - stupanj 3 - tvari koje kratkim djelovanjem mogu izazvati privremeno ili trajno oštećenje organizma, čak i ako se pruži brza liječnička pomoć
  - stupanj 2 se pripisuje tvarima koje mogu prouzročiti privremeno ili trajno oštećenje organizma ako se ne pruži brza liječnička pomoć
  - stupanj 1 imaju tvari koje izazivaju podražaj kože ili dišnih organa ili samo manju trajnu oštećenost organizma, ako se ne pruži brza liječnička pomoć
  - stupanj škodljivosti 0 podrazumijevaju tvari koje u požaru ne stvaraju veće opasnosti od obične zapaljive tvari klase A prema HRN Z.CO.003



[4] oznake zapaljivih i eksplozivnih tvari

### 3. OSOBNA ZAŠTITNA OPREMA

Osobna zaštitna oprema (OZO) skup je sigurnosnih mjera i opreme koja se koristi kako bi se smanjio rizik od ozljeda i bolesti na radnom mjestu. Koristi se u različitim industrijama i sektorima, uključujući građevinarstvo, industriju, medicinu, laboratorije, poljoprivredu i mnoge druge.

U nastavku prikazat ću nekoliko primjera osobne zaštitne opreme:

1. Kacige – koriste se za zaštitu glave od ozljeda uzrokovanih padom predmeta, udarima ili udarcima. Često su obvezne na gradilištima i drugim radnim mjestima gdje postoji rizik od ozljede glave.



[5] zaštitna kaciga

2. Zaštitne naočale – koriste se za zaštitu očiju od kemikalija, prašine, štetnih plinova, krhotina ili bilo kakvih drugih tvari koje mogu uzrokovati ozljede oka. Postoje razni tipovi naočala, uključujući obične zaštitne naočale, naočale s prozirnim lećama, naočale s bočnim zaštitama itd.



[6] zaštitne naočale

3. Respiratori se koriste za filtriranje i čišćenje zraka koji se udiše kako bi se smanjila izloženost opasnim česticama, plinovima ili kemijskim tvarima. Respiratori mogu biti jednokratni ili višekratni, ovisno o vrsti filtracije koju pružaju.



[7] zaštitna maska

4. Zaštitna odjeća – ova vrsta odjeće dizajnirana je za zaštitu tijela od različitih opasnosti na radnom mjestu. To može uključivati zaštitu od kemikalija, topline, električne energije, prskanja tekućina ili ozljeda oštrim predmetima. Primjeri zaštitne odjeće uključuju radne kombinezone, antistatičke odjevne predmete, sigurnosne prsluke, termalne odjevne predmete i dr.



[8] zaštitna odjeća

5. Zaštitne rukavice – rukavice se koriste kako bi se zaštitile ruke od ozljeda, kemijskih tvari, oštrih predmeta, topline ili hladnoće. Različite vrste rukavica pružaju različitu razinu zaštite ovisno o potrebama radnog mjesta.



[9] zaštitne rukavice

6. Zaštita sluha – uključuje slušalice ili ušne čepove koji se koriste kako bi se smanjila izloženost buci na radnom mjestu. Bučna okruženja mogu prouzročiti trajna oštećenja sluha stoga je važno koristiti adekvatnu zaštitu.



[10] antifoni i zaštitni čepići

## 4. PODJELA OPASNIH TVARI

### 4.1. Općenita podjela opasnih tvari:

1. štetni plinovi- prodiru u organizam, nadražuju sluzokožu, najtoksičniji plin je CO



[11] oznaka opasnih tvari

2. štetne tekućine- zapaljive tekućine pri temperaturi od 50°C imaju tlak para niži od 3 bara, lako isparavaju, pare su u dodiru sa zrakom zapaljive i eksplozivne



[12] oznaka zapaljivih tvari



### 3. štetna prašina, dimovi i magla

#### 4.2. Klasifikacije opasnih tvari:

- KLASA 1. Eksplozivne tvari i artikli
- KLASA 2. Plinovi pod pritiskom, tekući i bez pritiska
- KLASA 3. Zapaljive tekućine
- KLASA 4.1. Zapaljive krute tvari
- KLASA 4.2. Samozapaljive tvari
- KLASA 4.3. Tvari koje u dodiru s vodom proizvode opasne plinove
- KLASA 5.1. Oksidirajuće tvari
- KLASA 5.2. Organski peroksidi
- KLASA 6.1. Otrovnost tvari
- KLASA 6.2. Infektivne tvari
- KLASA 7. Radioaktivni materijali
- KLASA 8. Korozivne tvari
- KLASA 9. Razne opasne tvari i predmeti

U tvari koje mogu proizvesti opasne plinove u dodiru s vodom ubrajamo također i kiseline, baze i metale te druge kemikalije.

Tvari koje u dodiru s vodom proizvode opasne plinove obuhvaćaju tvari sklone hidrolizi, koje pritom oslobađaju zapaljive plinove sklone stvaranju eksplozivnih smjesa sa zrakom.

#### 4.3. Klasifikacija štetnih tvari

##### 4.3.1. Fizikalna klasifikacija

U industriji se štetne tvari najčešće klasificiraju na sljedeći način:

Prašine ili čvrsti aerosoli su krute čestice, različite veličine i oblika koje su proizvedene drobljenjem, rukovanjem, brušenjem i raznim drugim mehaničkim postupcima sa organskim ili anorganskim tvarima.

Dimovi odnosno čvrsti i kapljeviti aerosoli, su krute čestice nastale kondenzacijom para rastaljenih metala i kapljivih tvari, neki oksidiraju sa kisikom iz zraka.

Maglice tj. kapljeviti aerosoli, sitne su kapljice tekućine koje nastaju kondenzacijom para ili na bilo koji način raspršivanjem čestica tekućine u zrak.

Pare su plinoviti oblik tvari koja se najčešće pojavljuju pri normalnoj temperaturi i tlaku kao tekuća ili kruta tvar.

Plinovi su čestice plinovite tvari, a koja je u tom stanju pri normalnoj temperaturi i normalnom tlaku. U tekući oblik prelazi snižavanjem temperature i/ili povećanjem tlaka.

Ova klasifikacija ne obuhvaća sve grupe tvari koje mogu biti štetne, ali je praktična.

#### **4.3.2. Fiziološka klasifikacija**

Ova klasifikacija je najzastupljenija u toksikologiji, odnosno tamo se najviše primjenjuje. Po ovoj klasifikaciji štetne tvari se razvrstavaju prema njihovom djelovanju na organizam.

Fiziološka klasifikacija podrazumijeva:

Zagušljivce; to su tvari koje onemogućuju disanje, prema mehanizmu djelovanja dijele se na inertne (obične) i kemijske zagušljivce.

- Obični zagušljivci; djeluju razrjeđenjem kisika u zraku i na taj način onemogućavaju ili samo otežavaju disanje. U obične zagušljivce ubrajamo inertne plinove, ugljični dioksid, vodik, dušik, metan i etan.
- Kemijski zagušljivci; to su zagušljivci koji se vežu na hemoglobin, blokiraju enzime koji sudjeluju u prijenosu kisika putem krvi.

Nadražljivce ili iritanse, djeluju nagrizajuće na tkiva, uzrokuju upalu i iritaciju sluznica nosa, očiju, grla i kože.

Anestetike i narkotike; to su nadražljivci koji djeluju na središnji živčani sustav, znakovi djelovanja su opijenost, pospanost, vrtoglavica, bezvoljnost, nesvijest i u krajnjem slučaju smrt.

Sistemske otrove; to su one štetne tvari koje svojim djelovanjem oštećuju pojedine organe.

Ostale štetne tvari: -fibrogene prašine

-inertne prašine

-alergeni

-infektivni mikroorganizmi

#### **4.3.3. Kemijske klasifikacije**

Osnova ove klasifikacije jest kemijska struktura određenih štetnih tvari. Prednost ove podjele je činjenica da tvari iste kemijske grupe posjeduju slična svojstva i djelovanja.

## 5. OPASNI PLINOVI



[13] oznake opasnosti u transportu

### 5.1.KLOR

Klor je kemijski element rednog broja 17 i atomske mase 35,453(2). Označava se simbolom Cl i najrasprostranjeniji je halogeni element u prirodi. Zbog velike kemijske reaktivnosti u prirodi ga nema u elementarnom stanju.

Najčešće se nalazi u kloridima ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  i  $\text{MgCl}_2$ ), kojih ima u morskoj vodi, isušenim slanim jezerima i podzemnim nalazištima.

Elementarni klor ima gustoću 2,5 puta veću od zraka ( $2,9 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$  pri  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ), zelenkasto-žute je boje i pritiskom i hlađenjem se lako pretvara u žutu tekućinu normalnog vrelišta.



[14] oznake i upozorenja za skladište klora

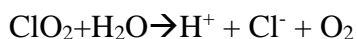
Kada se pomiješa s vodom može proizvesti plinove poput klornog plina i hipoklornog plina, koji su vrlo otrovni. Najčešće se koristi za dezinfekciju vode. Pri niskim koncentracijama i pri kraćem djelovanju nadražuje samo sluznicu dišnih organa, a ako je volumni udio u zraku veći za samo 1%, nekoliko udisaja može biti smrtonosno.

U I. svjetskom ratu se koristio kao bojni otrov upravo iz razloga jer je jaki nadražljivac. Male količine nadražuju oči i kožu te reagira još i sa vlagom sluznice nosa, grla i gornjih dišnih puteva. Uzrokuje bronhitis i nakupljanje vode u plućima, a dodir sa tekućim klorom uzrokuje ozeblina i sljepoću.

## 5.2. KLOR-DIOKSID

Klor-dioksid ( $\text{ClO}_2$ ) je kemijski spoj koji se sastoji od jednog atoma klora i dva atoma kisika. To je plin bez boje, mirisa i okusa koji se koristi u industriji za dezinfekciju vode, plina i površina, kao i u proizvodnji papira i drugih proizvoda.

Kada se klor-dioksid miješa sa vodom, reakcijom se stvara kisik ( $\text{O}_2$ ) i kloridni ioni ( $\text{Cl}^-$ ) prema slijedećoj jednažbi:



Ova reakcija proizvodi kisik koji je koristan za održavanje razine kisika u vodi, što je važno za održavanje zdrave ekologije vodnih sustava. Kloridni ioni ne predstavljaju opasnost po zdravlje ljudi ili životinja, jer se kloridni ioni često nalaze u prirodi.

Međutim, kada se klor-dioksid koristi u prevelikim količinama ili u neprikladnim uvjetima, može doći do stvaranja drugih spojeva koji mogu predstavljati zdravstveni rizik. Primjerice, kada se klor-dioksid dodaje vodi koja sadrži organske tvari, može doći do stvaranja trihalometana (THM) i drugih kloriranih spojeva. Ovi spojevi su povezani s rizikom od razvoja karcinoma i drugim zdravstvenim problemima.

Od velike je važnosti da se klor-dioksid koristi samo u preporučenim koncentracijama i uvjetima i da se primjenjuje samo u vodi koja je prikladna za obradu. To može uključivati korištenje sustava za filtriranje vode ili drugih sustava za pročišćavanje vode koji uklanjaju organske tvari prije nego se primjeni klor-dioksid. Također je bitno pratiti razinu klor-dioksida u vodi i redovito testirati vodu kako bi se osiguralo da je sigurna za uporabu.

## 6. KISELINE

Kiseline su tvari koje sadrže pozitivni vodikov ion (hidron)  $\text{H}^+$  i imaju niske vrijednosti pH. Kada se kiseline razrijede vodom, mogu proizvesti opasne plinove. Primjerice, kada se koncentrirana sumporna kiselina ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) razrijedi vodom, proizvodi se toplina i stvara se sumporni dioksid ( $\text{SO}_2$ ), što može biti vrlo opasno za disanje. Klorovodična kiselina ( $\text{HCl}$ ) proizvodi klorovodični plin ( $\text{HCl}$ ) koji kada se razrijedi s vodom, postaje opasan plin koji izaziva iritaciju očiju, nosa i pluća.

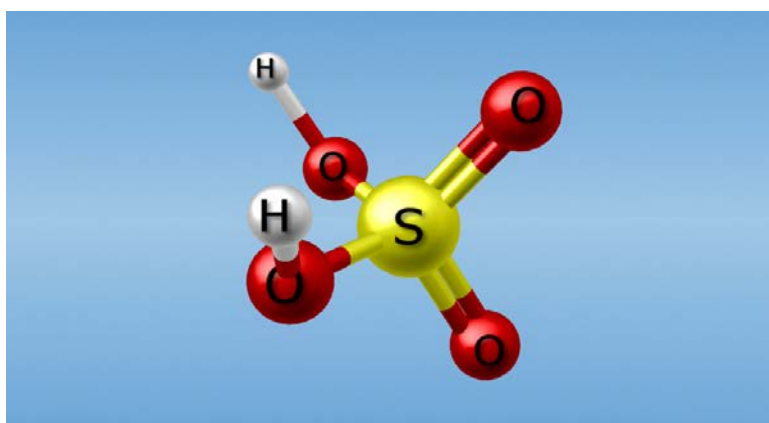


[15] oznaka za opasnost od opasnih kiselina

## 6.1. SUMPORNA KISELINA

Sumporna kiselina ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) je jaka, bezbojna do svijetlo-žuta i visoko-korozivna kiselina. Ona je jedna od najvažnijih industrijskih kemikalija i koristi se u raznim industrijama i laboratorijskim postupcima.

Neke od karakteristika sumporne kiseline su te da je to vrlo topla kiselina što znači da se jako dobro otapa u vodi, pri čemu se oslobađa velika količina topline. Njena kemijska formula je  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , a molarna masa iznosi oko 98 g/mol.



[16] prikaz sumporne kiseline u kemijskom obliku

Sumporna kiselina je bezbojna kiselina sa jakim mirisom, njena gustoća je visoka, oko  $1,84 \text{ g/cm}^3$ , a točka vrenja je oko  $337^\circ\text{C}$ . Proizvodi se kroz kontinuirani proces zvan kontakt-metoda. U ovom procesu sumpor (S) oksidira do sumpor dioksida ( $\text{SO}_2$ ), koji dalje oksidira do sumpor trioksida ( $\text{SO}_3$ ). Nakon toga  $\text{SO}_3$  se rastvara u vodi kako bi se formirala sumporna kiselina.

Ova kiselina ima širok spektar primjene u industriji; koristi se u proizvodnji gnojiva, deterdženata, boja i pigmenata, baterija, lijekova, eksploziva, tekstila i mnogih drugih proizvoda. Također se koristi u procesima rafinacije nafte u proizvodnji papira.

Sumporna kiselina jako je reaktivna i korozivna, može izazvati opekline na koži i oštetiti materijale kao što su tkanine, drvo, metal i beton. Snažni je dehidrator i može izvući vodu iz mnogih supstanci. Jako je opasna i zahtijeva opreznu manipulaciju.

Izloženost sumpornoj kiselini može izazvati ozbiljne iritacije i oštećenja očiju, kože, dišnih puteva i probavnog sustava. Ako se nepravilno odlaže može biti jako štetna za okoliš. Pri radu sa sumpornom kiselinom potrebno je nositi adekvatnu zaštitnu opremu, uključujući naočale, rukavice i zaštitnu odjeću koja je otporna na kiseline, uz pridržavanje svih sigurnosnih uputa i propisanih procedura pri radu s njom.

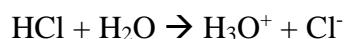


[17] sumporna kiselina

## 6.2. KLOROVODIČNA KISELINA

Klorovodična kiselina (HCl) je anorganska kiselina koja se sastoji od elemenata klora i vodika. Kada klorovodična kiselina dođe u doticaj s vodom, događa se reakcija koja je poznata kao hidroliza. Klorovodična kiselina je jaka kiselina dok je voda (H<sub>2</sub>O) neutralna tvar. Kada se ove dvije tvari pomiješaju, vodikov ion (H<sup>+</sup>) iz klorovodične kiseline prelazi na molekulu vode stvarajući hidronijev ion (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>). Taj proces uzrokuje stvaranje kloridnog iona (Cl<sup>-</sup>) iz klorovodične kiseline.

Kemijska jednažba klorovodične kiseline s vodom može se prikazati na sljedeći način:



Ova reakcija rezultira stvaranjem kloridnih iona (Cl<sup>-</sup>) i hidronijevih iona (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>). Hidronijevi ioni čine otopinu kiselom, dok kloridni ioni nisu reaktivni u vodi.

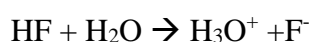
Bitno je napomenuti da hidroliza klorovodične kiseline u vodi uzrokuje oslobađanje topline. Ova reakcija također povećava koncentraciju hidronijevih iona u otopini, što dovodi do snižavanja pH vrijednosti vode i čini je kiselom.

### 6.3. HIDROFLUORIČNA KISELINA

Hidrofluorična kiselina (HF) je jedna od najjačih anorganskih kiselina. Kada dođe u dodir s vodom, hidrofluorična kiselina također prolazi kroz proces hidrolize. Međutim, hidrofluorična kiselina ima neke posebne karakteristike i opasnosti koje je važno uzeti u obzir.

Ova kiselina ima sposobnost prodrijeti kroz kožu tkiva i reagirati s kalcijem u tijelu. Stoga je vrlo važno voditi računa o sigurnosnim mjerama i koristiti odgovarajuću zaštitnu opremu pri radu s ovom kiselinom.

Hidroliza hidrofluorične kiseline s vodom rezultira stvaranjem hidronijevih iona ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) i fluoridnih iona ( $\text{F}^-$ ) u otopini. Kemijska jednadžba hidrolize hidrofluorične kiseline može se prikazati na sljedeći način:



Hidrofluorična kiselina ima sposobnost oslobađanja slobodnog fluorovodičnog (HF) plina kada se rastopi u vodi. Ovaj plin je izuzetno opasan i može izazvati ozbiljne opekline, oštećenje pluća i druge ozbiljne zdravstvene probleme ako se udahne ili dođe u dodir s kožom ili sluznicama. Bitno je naglasiti da ova kiselina zahtijeva posebne mjere opreza pri rukovanju. Uvijek treba raditi u dobro ventiliranom prostoru i koristiti odgovarajuću zaštitnu opremu; naočale, rukavice, odjeću, respiratore koji su otporni na HF plin.

U industriji se primjenjuje u procesima graviranja stakla, u proizvodnji fluoroorganskih spojeva i fluoridaciji metala.

## 7. LUŽINE

Lužine su tvari koje sadrže hidroksidne ione  $\text{OH}^-$  i imaju visok pH. Kad se lužine razrijede s vodom, također mogu proizvesti opasne plinove. Primjerice, kad se natrijev hidroksid ( $\text{NaOH}$ ) razrijedi vodom, proizvodi se toplina i stvara se vodik ( $\text{H}_2$ ), koji može biti vrlo opasan zbog eksplozivnosti. Amonijak ( $\text{NH}_3$ ) nastaje kada se razrijedi amonijev hidroksid ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) u vodi i može biti opasan za disanje. Lužine su također poznate po svojoj sposobnosti da neutraliziraju kiseline i tvore soli i vodu u kemijskim reakcijama koje se nazivaju neutralizacije.

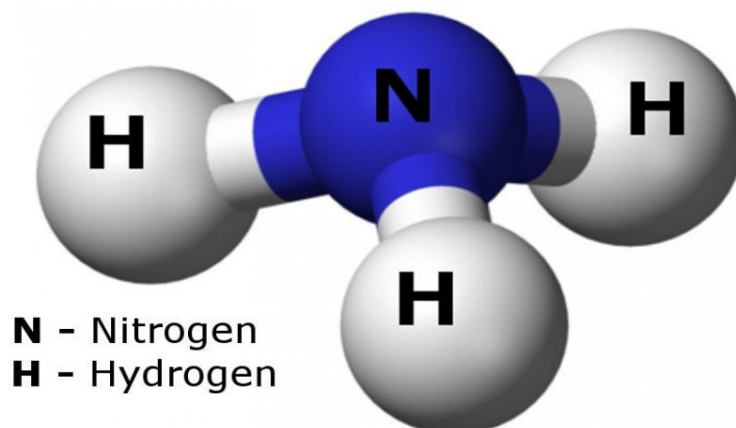
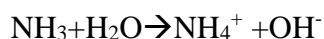
Lužine i kiseline su dva suprotna pojma u kemiji i jako su važne kategorije kemijskih spojeva koji imaju različite karakteristike i ponašanja.

Lužine obično imaju gorak okus i osjećaj klizavosti kada se dodirnu. Lužine nisu nužno opasne ili štetne tvari. Mnoge lužine se koriste u medicini, industriji i svakodnevnim proizvodima. Međutim, jako je bitno pažljivo s njima rukovati i pridržavati se sigurnosnih uputa kako bi se izbjegle moguće štetnosti.

## 7.1. AMONIJAK

Amonijak (NH<sub>3</sub>) je kemijski spoj koji se sastoji od jednog atoma dušika i tri atoma vodika. To je plin bez boje sa vrlo ostrim i specifičnim mirisom. U industriji se koristi za proizvodnju gnojiva, kemikalija, plastičnih materijala, boja, tkanina i drugih proizvoda.

Kada amonijak dođe u dodir s vodom, dolazi do reakcije koja stvara vrlo opasne plinove. Ova reakcija se naziva hidroliza, a odvija se prema sljedećoj jednačbi:



[18] prikaz amonijaka u kemijskom obliku

Rezultat ove reakcije je formiranje amonijevih (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) i hidroksidnih (OH<sup>-</sup>) iona.

Hidroksidni ioni mogu uzrokovati opekline i iritaciju kože i sluznice. Amonijevi ioni mogu također biti opasni; ako se nalaze u visokim koncentracijama, mogu uzrokovati oštećenja pluća i respiratornog sustava.

Jako je važno da se amonijakom rukuje sa velikom pažnjom i izbjegava izlijevanje u vodu ili bilo koju drugu tekućinu.

Ukoliko se ne može izbjeći korištenje amonijaka, potrebno je poduzeti odgovarajuće mjere opreza kako bi se smanjio rizik od stvaranja opasnih plinova. Potrebno je također koristiti zaštitnu opremu kao što su respiratori i rukavice. Rad sa amonijakom mora se obavljati u dobro ventiliranom prostoru.

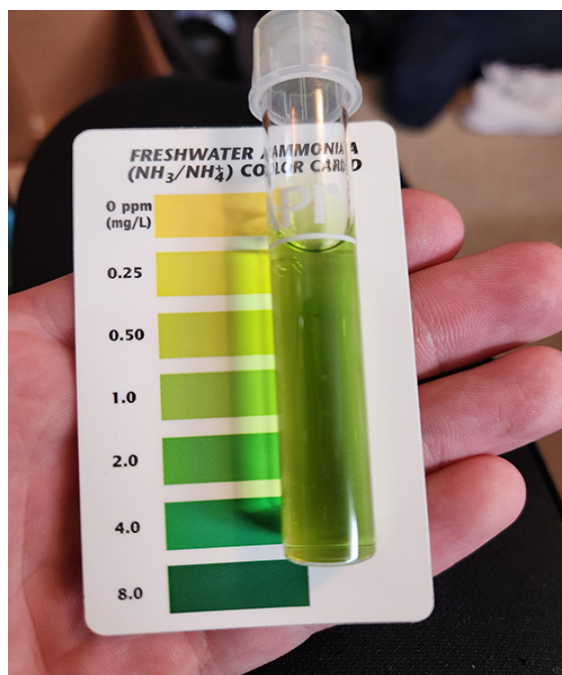
Amonijak također može reagirati s drugim tvarima, stvarajući druge opasne plinove. Primjerice, kada se amonijak pomiješa s klorom može se stvoriti kloramin, plin koji može stvoriti ozbiljne iritacije očiju, nosa i grla. Kloramin također može biti vrlo opasan kada se inhalira, jer može uzrokovati oštećenje respiratornog sustava.

Prilikom korištenja amonijaka u kemijskoj industriji, postoje strogi protokoli i sigurnosne mjere koje treba slijediti kako bi se smanjio rizik od nezgoda i ozljeda. To uključuje strogo praćenje koncentracije amonijaka u zraku, korištenje zaštitne opreme i strogo pridržavanje propisa i pravila koja reguliraju rukovanje amonijakom.

U domaćinstvu amonijak se često koristi kao agens za čišćenje, ali se treba koristiti oprezno i samo u dobro prozračenim prostorijama. Treba se izbjegavati miješanje



amonijaka sa drugim kemikalijama, posebno s klorom, jer to može dovesti do stvaranja opasnih plinova.



[19] amonijak u mješavini s vodom

## 7.2. NATRIJEV HIPOKLORIT

Natrijev hipoklorit (NaOCl) je kemijski spoj koji se sastoji od natrija, kisika i klora. To je vrlo učinkovit dezinficijens i široko se koristi za dezinfekciju pitke vode, bazena i drugih površina koje mogu biti izložene bakterijama i drugim mikroorganizmima.

Kada se natrijev hipoklorit dodaje u vodu, reagira s vodom i stvara se hipokloritna kiselina (HOCl) i hidroksidni ioni (OH<sup>-</sup>), prema sljedećoj jednačbi:



Hipokloritna kiselina je ključni dezinfekcijski agens koji ubija bakterije i druge mikroorganizme. Međutim, ako se hipokloritna kiselina dodaje u vodu koja sadrži organske tvari, poput algi ili bakterija, može doći do stvaranja spojeva poznatih kao trihalometani (THM), koji mogu biti opasni po zdravlje.

## 8. METALI

Mnogi metali reagiraju s vodom kako bi proizveli opasne plinove.

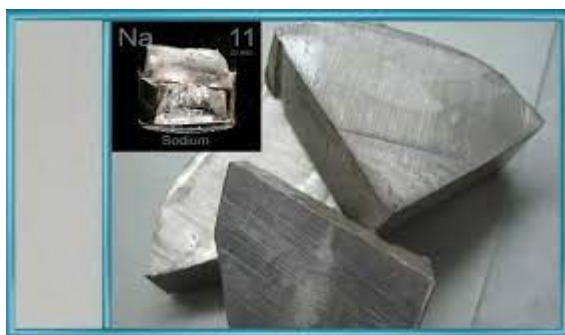
Primjerice, natrij (Na) i kalij (K) reagiraju s vodom kako bi proizveli vodik (H<sub>2</sub>), koji može biti vrlo opasan zbog svoje eksplozivnosti. Aluminij (Al) u reakciji s vodom proizvodi

vodik ( $H_2$ ) i aluminijev oksid ( $Al_2O_3$ ), što može biti jako opasno ako se ne manipulira na siguran način.

## 8.1. NATRIJ

Natrij je kemijski element koji pripada skupini alkalijskih metala i ima kemijski simbol Na. To je srebrno-bijeli metal koji je vrlo reaktivan s vodom i zrakom. Što se tiče njegove reaktivnosti, izuzetno je reaktivan metal, što znači kada dođe u dodir s vodom, on reagira i stvara natrijev hidroksid (lužinu) i oslobađa vodik. Ova reakcija može biti intenzivna i praćena oslobađanjem plina i vodika što može biti jako opasno.

Natrij se koristi u različitim industrijama. Natrijevi spojevi koriste se u proizvodnji deterdženata, stakla, sapuna, papira i drugih proizvoda. Također se koristi u industriji metalurgije za dobivanje drugih metala i njihovih spojeva.



[20] natrij-metal

Prilikom rukovanja s natrijem, potrebno je poduzeti posebne sigurnosne mjere. Natrij se obično čuva u uljnoj ili inertnoj atmosferi kako bi se spriječila reakcija s kisikom ili vodom. Prilikom korištenja natrija, potrebno je nositi zaštitnu opremu poput zaštitnih rukavica i naočala.

Natrij se nikada ne smije odlagati u otpadne vode ili bacati u obično smeće. Obzirom da jako brzo reagira s vodom može izazvati požar ili eksplodirati. Odlaganje natrija treba se obaviti u skladu sa lokalnim propisima i preporukama za sigurno odlaganje s ovim metalom.

## 8.2. KALIJ

Kalij je kemijski element koji također pripada alkalijskim metalima. Kemijski simbol je K.

Kalij je srebrno-bijeli metal s mekanom teksturom i ima relativno nisku gustoću i točku taljenja te je vrlo reaktivan s vodom i kisikom. Esencijalni je nutrijent za život organizama, u ljudskom tijelu ključan je za regulaciju ravnoteže elektrolita, održavanje ravnoteže tekućina, rad srca i funkciju mišića.

Može se pronaći u raznim prehrambenim izvorima: voće, povrće, mliječni proizvodi, meso, riba i orašasti plodovi. Prehrana bogata kalijem može pomoći u održavanju zdravlja srca i krvožilnog sustava.

U industriji se koristi za razne svrhe, njegovi spojevi koriste se u proizvodnji gnojiva, stakla, sapuna... Također se koristi u metalurškim procesima i pri izradi baterija.

Kada dođe u dodir s vodom, reagira s njom stvarajući lužinu kalijev hidroksid i oslobađa vodik. Ta reakcija može biti intenzivna i praćena oslobađanjem topline i plina.

Kalij se obično čuva pod uljnom zaštitom kako bi se spriječila reakcija s vodom i kisikom. Ne smije se odlagati na deponije ili u otpadne vode.



[21] kalij

### 8.3. ALUMINIJ

Aluminij je kemijski element s atomskim brojem 13 i kemijskim simbolom Al. Bitne karakteristike aluminija vezane za fizička svojstva su te da je to srebrno-bijeli, mekani i lagani metal. Ima nisku gustoću i visoku toplinsku vodljivost. Otporan je na koroziju zbog zaštitnog sloja oksida koji se formira na površini metala.

Aluminij ima široku primjenu u raznim industrijama zbog svojih karakteristika. Koristi se u proizvodnji letjelica, vozila, građevinskih materijala, konzervi, elektro-energetskih vodova, ambalaže, elektroničkih uređaja itd. Također se koristi u proizvodnji legura s drugim metalima kako bi im se poboljšale određene karakteristike. Aluminij je jedan od najrecikliranih metala na svijetu. Recikliranje aluminija ima brojne prednosti jer štedi energiju, resurse i smanjuje emisije stakleničkih plinova. Takav aluminij može se koristiti za proizvodnju novih proizvoda.



[22] aluminij

Osim kiselina, lužina i metala postoje i druge tvari koje u dodiru s vodom proizvode opasne plinove. Primjerice klor ( $\text{Cl}_2$ ) proizvodi se kada se klorov dioksid ( $\text{ClO}_2$ ) ili hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) razrjeđuju u vodi. Klor može biti opasan za disanje i može izazvati iritaciju očiju, nos i pluća.

U većini slučajeva sumpor se odvaja od ostalih plinova kao sumporovodik ( $\text{HS}$ ), a zatim pretvara u elementarni sumpor Clausovim postupkom, koji uključuje djelomično spaljivanje sumporovodika u sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), uz naknadnu reakciju između ta dva spoja kako bi se dobio elementarni sumpor.

Spojevi natrija, kalija i kalcija ubrajaju se u treću kategoriju. U reakciji s vodom, ove tvari stvaraju iskrinu, dok druga kategorija ovih tvari oslobađa plinovitu smjesu koja može biti jako reaktivna.

Krute tvari koje u dodiru s vodom tvore zapaljive plinove su tvari koje u reakciji s vodom razvijaju plinove koji stvaraju eksplozivne smjese sa zrakom ukoliko dođu u dodir s izvorom paljenja, plamenom ili iskrom. Npr. kalcijev karbid,  $\text{CaC}_2$ , nije zapaljiv, no u reakciji s vodom oslobađa plin koji je eksplozivan i naziva se etin, tj, acetylen.

Zbog izbjegavanja mogućih neželjenih ishoda, kalcijev karbid bitno je čuvati dalje od vode i vlage. Obzirom na veliku kemijsku reaktivnost, prilično je opasan po zdravlje ukoliko bi došlo do udisanja, gutanja ili kontakta s kožom pri čemu uzrokuje iritaciju i opekline. U slučaju zapaljenja, nikako se ne smije koristiti voda za gašenje.

## 9. SIGURNA MANIPULACIJA S TVARIMA KOJE PROIZVODE OPASNE PLINOVE

Za sigurnu manipulaciju jako je bitno pružanje obuke o sigurnosnim mjerama pri rukovanju ovim tvarima, obilježavanje opasnih područja i označavanje opasnih tvari. Također, mora biti izrađen plan za hitne slučajeve i redovito provođenje vježbi za situacije u slučaju opasnosti.

Kako bi se smanjio rizik od ozljeda i štete okolišu, bitno je skladištiti i manipulirati ove tvari na siguran način.

Postoji nekoliko mjera opreza koje se mogu poduzeti:

- Ograničiti ili izbjegavati manipulaciju ovim tvarima kad god je to moguće
- Prije manipulacije provjeriti sigurnosne upute i upozorenja na etiketama proizvoda
- Koristiti osobnu zaštitnu opremu (npr. respirator, rukavice, naočale)
- Manipulirati tvarima u dobro prozračenim područjima
- Manipulirati tvarima daleko od vatre, iskre ili otvorenog plamena
- Izbjegavati manipulaciju ovim tvarima u blizini električnih uređaja ili opreme
- Provjeriti jesu li sve kanalizacijske i ventilacijske cijevi ispravne i otvorene
- Provjeriti jesu li svi otvori za ventilaciju otvoreni

Sigurna manipulacija tvarima koje proizvode opasne plinove ključna je za zaštitu zdravlja i sigurnosti ljudi, kao i za očuvanje okoliša. Postoji nekoliko općih smjernica koje je potrebno slijediti prilikom rukovanja takvim tvarima:

1. **Obrazovanje:** prvo i najbitnije potrebno je educirati se o tvarima s kojim osoba rukuje ili radi, proučiti sigurnosne informacije, materijalne sigurnosne listove (MSDS) i bilo kakve posebne upute za rukovanje tim tvarima. Također, potrebno je osigurati da svi koji rade s tim tvarima budu educirani i upoznati s pravilima sigurnosti.
2. **Oprema:** koristiti odgovarajuću zaštitnu opremu kao što su; zaštitne naočale, rukavice, odijelo i respirator, ovisno o vrsti tvari i razini opasnosti koju predstavlja. Oprema treba biti ispravno održavana i redovito provjeravana.
3. **Ventilacija:** raditi s opasnim plinovima samo u dobro prozračenim prostorima. Ako se rad odvija u zatvorenom prostoru potrebno je osigurati dobru ventilaciju kako bi se plinovi mogli raspršiti. U nekim slučajevima može biti potrebno koristiti posebne sustave za ventilaciju.
4. **Sigurno skladištenje:** opasne tvari trebaju biti pravilno pohranjene na sigurnom mjestu. Potrebno je slijediti upute za skladištenje navedene u materijalnom sigurnosnom listu i osigurati da su spremnici čvrsti, čisti i označeni.
5. **Postupanje uslijed curenja:** ukoliko dođe do curenja opasnog plina, potrebno je odmah poduzeti mjere za zaustavljanje curenja ako je to sigurno, evakuirati područje i obavijestiti nadležne osobe ili službe za hitne situacije.
6. **Pravilno odlaganje:** opasni plinovi se nikada ne smiju ispuštati u okoliš. Za pravilno odlaganje takvih tvari potrebno je pratiti smjernice i propise za pravilno odlaganje, te se obratiti lokalnim vlastima ili specijaliziranim tvrtkama za uklanjanje opasnih tvari kako bi smo se informirali o pravilnom postupku.

7. Planiranje hitnih situacija: podrazumijeva postojanje jasnog plana za postupanje u slučaju hitne situacije. Osigurati da svi zaposlenici znaju postupati u takvim situacijama, uključujući evakuaciju, upotrebu vatrogasnih aparata i pružanje prve pomoći.
8. Komunikacija i obavještanje: omogućiti dobru komunikaciju između svih zaposlenika koji rade s opasnim plinovima. Redovito obavještavati kolege o sigurnosnim postupcima, promjenama u postupcima ili novim saznanjima o tvarima s kojim se radi.
9. Redovito održavanje opreme: održavati opremu koja se koristi za rukovanje opasnim plinovima podrazumijeva redovitu provjeru ventila, cijevi, sustava za ventilaciju i druge relevantne dijelove kako bi se osigurala njihova ispravnost i spriječili mogući propusti.
10. Pravilno postupanje s otpadom: otpad koji nastaje prilikom rukovanja opasnim plinovima treba pravilno odlagati. Odvajati otpad prema propisanim smjernicama i pravilima.

Bitno je naglasiti da ove smjernice pružaju općenite smjernice za sigurnu manipulaciju opasnim plinovima. Uvijek se treba pridržavati specifičnih uputa proizvođača, lokalnih propisa i propisanih postupaka za rukovanje određenim tvarima. Ukoliko postoje nedoumice ili potreba za specifičnim savjetima, nužno je obratiti se stručnjaku za sigurnost ili regulatornom tijelu koje se bavi tim područjem.

## 10.ZAKLJUČAK

Tvari koje u dodiru s vodom proizvode opasne plinove mogu biti vrlo opasne po zdravlje i okoliš. Potrebno je imati svjesnost u vezi opasnosti koje ove tvari predstavljaju i poduzeti mjere opreza kako bi se smanjio rizik od ozljeda i štete okolišu. Osiguravanje sigurne manipulacije ovim tvarima ključno je za održavanje sigurnog i zdravog radnog okruženja.

Također, jako je važno educirati radnike i širu javnost o opasnostima ovih tvari i načinima ponašanja prilikom doticaja istih. Bitno je pratiti zakonska ograničenja i propise koji reguliraju manipulaciju ovim tvarima i njihovo odlaganje, kako bi se smanjio rizik od nezakonitog odlaganja i zagađenja okoliša.

Edukacija radnika i pridržavanje sigurnosnih uputa i propisa te redovita provjera sustava ventilaciju i odvod plinova samo su neke od mjera koje se mogu poduzeti kako bi se osigurao siguran radni prostor i očuvao okoliš.

## 11.LITERATURA

1. Wikipedia, Klasifikacija opasnih materija,  
[https://sh.wikipedia.org/wiki/Klasifikacija\\_opasnih\\_materija](https://sh.wikipedia.org/wiki/Klasifikacija_opasnih_materija)
2. Wikipedia, Opasne tvari / safety and health at work EU-OSHA  
<https://osha.europa.eu/hr/themes/dangerous-substances>
3. Završni rad „PRIJEVOZ OPASNIH TVARI“ Zubak Jurica, University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu
4. Diplomski rad „NAČINI PAKIRANJA I PRIJEVOZ OPASNIH TVARI NA PRIMJERU TVRTKE PLIVA HRVATSKA D.O.O.“ Grgurić Mateja, Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti
5. „KEMIJSKE I BIOLOŠKE OPASNOSTI“ Zlatko Jurac, Karlovac, Veleučilište u Karlovcu



## 12. PRILOZI

### 12.1. POPIS SLIKA

- [1] Piktogrami opasnosti
- [2] Prikaz dospijeca toksičnih tvari u organizam
- [3] Grafički prikaz LD50 doze
- [4] Oznake zapaljivih i eksplozivnih tvari
- [5] Zaštitna kaciga
- [6] Zaštitne naočale
- [7] Zaštitna maska
- [8] Zaštitna odjeća
- [9] Zaštitne rukavice
- [10] Antifoni i zaštitni čepići
- [11] Oznaka opasnih tvari
- [12] Oznaka zapaljivih tvari
- [13] Oznake opasnosti u transportu
- [14] Oznake i upozorenja za skladište klora
- [15] Oznaka za opasnost od opasnih kiselina
- [16] Prikaz sumporne kiselikne u kemijskom obliku
- [17] Sumporna kiselina
- [18] Prikaz amonijaka u kemijskom obliku
- [19] Amonijak u mješavini s vodom
- [20] Natrij-metal
- [21] Kalij
- [22] Aluminijski