

# Detekcija opasnih tvari

---

**Grgić, Damir**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*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:128:043003>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-06**



**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  
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Damir Grgić

**DETEKCIJA OPASNIH TVARI**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Damir Grgić

**DETEKCIJA OPASNIH TVARI**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
Dr.sc. Jurac Zlatko, prof.v.š.

Karlovac, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Usmjerenje: Zaštita od požara

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Grgić Damir

Matični broj: 0416609524

Naslov: DETEKCIJA OPASNIH TVARI

Opis zadatka:

1. Uvod
2. Opasne radne tvari
3. Metode detekcije tvari i uređaji
4. Zakonski propisi
5. Zaključak

Zadatak zadan:

02.2015.

Rok predaje rada:

05.2015.

Predviđeni datum obrane:

05.2015.

Mentor:

Dr.sc. Jurac Zlatko, prof.v.š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Trbojević Nikola, prof.v.š.

## **PREDGOVOR**

Tijekom izrade svog završnog rada stručnu pomoć pružio mi je Dr.sc. Jurac Zlatko prof.v.š., te mu se ovim putem zahvaljujem.

Zahvalan sam svim profesorima Stručnog studija sigurnosti i zaštite na radu koji su mi prenijeli svoje znanje, te pružili daljnju motivaciju za kontinuirani rad i usavršavanje.

Ujedno tako zahvaljujem se svima koji su me podržali tijekom moje izobrazbe, a posebno svojoj obitelji.

## **SAŽETAK**

Kako se opasne tvari sve više proizvode, prerađuju ili koriste, njihovo štetno djelovanje na život i zdravlje zaposlenika postaje sve značajnije zbog mogućnosti nastanka ozljeda na radu i njihovim dugotrajnim djelovanjem na zdravlje zaposlenika. Stoga zaposlenici moraju biti osposobljeni za rad na siguran način, te moraju biti upoznati sa opasnostima koje proizlaze iz rada s opasnim tvarima i kako se te opasnosti otklanjaju.

Najpreciznija ocjena izloženosti neke skupine radnika može se izraditi na temelju rezultata dinamičkih mjerenja pojedinačnih izloženosti svakog ispitanika. Da bi se na alternativni način odredila izloženost opasnim tvarima, potrebno je odabrati prikladne analitičke metode za određivanje očekivanih kemijskih štetnosti.

## **SUMMARY**

How dangerous goods are increasingly produced, processed or used , their harmful effects on the lives and health of our employees is becoming increasingly important because of the possibility of the occurrence of occupational injuries and their long-lasting effect on the health of employees . Therefore, employees must be trained to work in a safe manner , and must be aware of the dangers arising from working with hazardous substances and how to eliminate such hazards .

The most accurate assessment of exposure to some groups of workers may be developed based on the results of dynamic measurements of individual exposure to each participant . To alternatively determine exposure to dangerous substances , it is necessary to select appropriate analytical methods for determining the expected chemical hazards .

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPASNE RADNE TVARI.....	2
2.1. Klasifikacija opasnih tvari.....	2
2.1.1. Eksplozivne tvari i predmeti punjeni eksplozivom.....	3
2.1.2. Plinovi.....	4
2.1.3. Zapaljive tekućine.....	5
2.1.4. Zapaljive krute tvari i krute tvari koje se zagrijavanjem tale.....	5
2.1.5. Tvari sklone samozapaljenju i samozagrijavanju.....	6
2.1.6. Tvari koje u kontaktu s vodom stvaraju zapaljive plinove.....	7
2.1.7. Oksidirajuće tvari.....	7
2.1.8. Organski peroksidi.....	8
2.1.9. Otrovnost tvari.....	8
2.1.10. Infektivne tvari.....	9
2.1.11. Radioaktivne tvari.....	10
2.1.12. Nagrizajuće i nadražujuće tvari.....	10
2.1.13. Razne opasne tvari i predmeti.....	11
2.2. Detekcija opasnih tvari.....	11
2.2.1. Kemijska detekcija.....	13
2.2.2. Biološka detekcija.....	14
2.3. Osobna zaštitna sredstva.....	16
2.3.1. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu dišnih organa.....	16
2.3.2. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu glave.....	18
2.3.3. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu tijela.....	19
2.3.4. Zaštitne rukavice i zaštitna obuća.....	19
3. METODE DETEKCIJE TVARI I UREĐAJI.....	21
3.1. Instrumentalne metode.....	21
3.2. Kromatografija.....	22
3.2.1. Plinska kromatografija (GC).....	24
3.2.2. Tekućinska kromatografija (LC).....	25
3.2.3. Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (HPLC).....	26
3.3. Spektrometrija.....	27
3.3.1. Spektroskopija vidljivim i ultraljubičastim svjetlom (UV/Vis).....	29



3.3.2. Infracrvena spektroskopija.....	30
3.3.3. Ramanova spektroskopija.....	30
3.4. Kemijska luminescencija.....	31
3.5. Elektrokemijske metode.....	32
3.5.1. Kulometrija.....	32
3.5.2. Polarografija.....	33
3.5.3. Elektrokemijska osjetila.....	34
3.6. Optičke metode.....	35
3.6.1. Refraktometrija.....	35
3.6.2. Interferometrija.....	35
3.7. Uređaji (detektori).....	36
4. ZAKONSKI PROPISI.....	43
4.1. Opasnosti i mjere zaštite.....	43
4.2. Izbor problema.....	45
5. ZAKLJUČAK.....	48
6. POPIS SLIKA.....	49
7. POPIS LITERATURE.....	50

## 1. UVOD

Suvremena zakonska rješenja koja reguliraju sigurnost i zaštitu zdravlja na radu obvezuje poslodavce na izradu procjene rizika oštećenja zdravlja radnika. U Europskoj uniji to pitanje riješeno je transponiranjem Direktive Vijeća 89/391 (EEC 1989) u nacionalna zakonodavstva država članica.

Najtočnija ocjena izloženosti neke skupine radnika može se izraditi na temelju rezultata dinamičkih mjerenja pojedinačnih izloženosti svakog ispitanika.

Da bi se na alternativni način odredila izloženost, potrebno je ne samo odabrati prikladne analitičke metode za određivanje očekivanih kemijskih štetnosti, nego i razraditi postupak i strategiju mjerenja čiji će rezultati najbolje odražavati pravu izloženost na jednostavan i ekonomičan način.

Direktnim pristupom smatra se mjerenje osobne izloženosti izravnim dinamičkim mjerenjima ili određivanjem koncentracija onečišćujućih tvari naknadnom analizom osobnog uzorka, pri čemu je uzorkovanje izvedeno dinamički.

Razina izloženosti pojedinim kemijskim tvarima može se pratiti i metodama "biološkog monitoringa" ili biološkog praćenja. Međutim, tada je na osnovu analize karakterističnih pokazatelja u biološkim uzorcima (krv, urin, izmet ili kosa) moguće samo procijeniti stvarnu izloženost. Ove metode također predstavljaju direktan pristup ocjeni osobne izloženosti.

Indirektan pristup ocjeni izloženosti podrazumijeva da mjerenjima nisu obuhvaćena mjerenja osobne izloženosti, pa se izloženost procjenjuje na osnovu podataka dobivenih mjerenjem koncentracija opasnih i štetnih tvari u mikrookolini ili mikrookolinama gdje ispitanici borave i vremena njihova zadržavanja u istim.

Sadržaj ovog rada govori o opasnim tvarima koja imaju štetna svojstva, njihovoj klasifikaciji, te o samoj detekciji kako bi se moglo nadzirati zdravlje ljudi i okoliša od opasnih tvari gdje su potrebne razne metode i analize za razvijanje sustava da bi se brzo prepoznale prisutnosti takvih tvari na određenom području. Za potrebe detekcije razvijeni su razni uređaji koji rade na različitim principima, a služe za brzo otkrivanje opasnih i štetnih tvari i alarmiranje ljudstva koje može biti ugroženo izlaganjem djelovanju opasnih tvari. Takvo informiranje nam učinkovitije pomaže o odabiru i upoznavanju osobnih zaštitnih sredstava, kao i poznavanje zakonskih propisa, koja nam određuje sve potencijalne opasnosti i poduzimanje mjere zaštite.

## 2. OPASNE RADNE TVARI

Opasnim tvarima smatraju se takve tvari koje mogu ugroziti zdravlje ili život ljudi, pritom je važno ponašanje te tvari prilikom ulaska u ljudski organizam, mogu izazvati zagađivanje okoliša (tla, vode, zraka) ili nanijeti materijalnu štetu, koja sadrže opasna svojstva na temelju njihove prirode i stanja zbog svojih osobina i dokazanih toksičnih, nagrizajućih, nadražujućih, zapaljivih, eksplozivnih ili radioaktivnih učinaka. [3]

Mogu se pojaviti kao tekućine, plinovi ili krutine, te u raznim oblicima kao opasne prašine, dimovi, plinovi, magle i pare, tako da mogu u organizam dospjeti udisanjem. Odnosno, opasnim tvarima smatraju se i sirovine od kojih se proizvode opasne robe i otpadi ako sadrže svojstva opasnih tvari. [2]

Opasne tvari definirane su zakonima, propisima i međunarodnim ugovorima.

Obzirom na svojstva i način djelovanja na organizam, kemijske štetne tvari mogu biti:

- tvari štetne po zdravlje,
- zapaljive tvari,
- reaktivne tvari.

Postoji više načina kako štetna tvar može ući u organizam, a to su:

- dišnim putovima – inhalacijom ili udisanjem,
- probavnim sustavom – ingestijom ili gutanjem, jedenjem,
- apsorpcijom preko kože – dermalno,
- ostali načini – preko placente trudnice na dijete u utrobi, rektalno.

### 2.1. Klasifikacija opasnih tvari

Opasne tvari se klasificiraju:

- |           |   |
|-----------|---|
| Klasa 1   | Eksplozivne tvari i predmeti punjeni eksplozivom,               |
| Klasa 2   | Plinovi,  |
| Klasa 3   | Zapaljive tekućine,   |
| Klasa 4.1 | Zapaljive krute tvari i krute tvari koje se zagrijavanjem tale, |
| Klasa 4.2 | Tvari sklone samozapaljenju i samozagrijavanju,                 |
| Klasa 4.3 | Tvari koje u kontaktu s vodom stvaraju zapaljive plinove,       |
| Klasa 5.1 | Oksidirajuće tvari,   |
| Klasa 5.2 | Organski peroksidi,   |
| Klasa 6.1 | Otrovne tvari,  |
| Klasa 6.2 | Infektivne tvari,   |

Klasa 7	Radioaktivne tvari,
Klasa 8	Nagrizajuće i nadražujuće tvari,
Klasa 9	Razne opasne tvari i predmeti.

### **2.1.1. Eksplozivne tvari i predmeti punjeni eksplozivom (Klasa 1)**

Eksplozivi su čvrste tvari ili tekuće kemijske tvari ili smjese tvari koje imaju svojstva da pod utjecajem vanjskog djelovanja (trenje, udar, toplina) trenutačnim kemijskim razlaganjem oslobađaju plinove i energiju.

Klasifikacijska šifra:

- 1.1. tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od masovne eksplozije,
- 1.2. tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od »ispaljivanja« ali ne masovne eksplozije,
- 1.3. tvari i predmeti kod kojih postoji opasnost od zapaljenja i manja eksplozivna opasnost ili »ispaljivanje« ali ne opasnost od masovne eksplozije,
- 1.4. tvari i predmeti koji ne predstavljaju značajnu opasnost,
- 1.5. vrlo neosjetljive tvari kod kojih postoji opasnost od masovne eksplozije,
- 1.6. ekstremno neosjetljive tvari kod kojih ne postoji opasnost od masovne eksplozije.

Slova kompatibilnosti eksplozivnih tvari i predmeta imaju slijedeće značenje:

A - primarno eksplozivna tvar (upaljač),

B - predmet koji sadrži primarnu eksplozivnu tvar (upaljač) i koji nema više od dva djelotvorna zaštitna uređaja,

C - potisna eksplozivna tvar (upaljač) ili druga brzo izgarajuća eksplozivna tvar ili predmet koji takvu tvar sadrži,

D - sekundarno detonirajuća eksplozivna tvar ili crni barut ili predmet koji sadrži sekundarno detonirajuću eksplozivnu tvar, u slučaju bez aktivatora i bez potisnog punjenja,

E - predmet sa sekundarnom detonirajućom eksplozivnom tvari, bez aktivatora, a potisnim punjenjem (osim onoga koji sadrži zapaljivu tekućinu ili želatinu ili hipergoličku tekućinu),

F - predmet sa sekundarnom detonirajućom eksplozivnom tvari, s vlastitim upaljačem, s potisnim punjenjem (osim onoga koji sadrži zapaljivu tekućinu ili želatinu ili hipergoličku tekućinu) ili bez potisnog punjenja,

G - pirotehnička tvar ili predmet koji sadrži tu tvar, ili predmet koji sadrži eksplozivnu tvar kao i onu koja ima svjetlosne, zapaljive, suzne ili dimne učinke (osim vodom aktivirajućih predmeta ili onih koji sadrže fosfor, fosfine, piroforičku tvar, zapaljivu tekućinu ili želatinu ili hipergoličku tekućinu),

H - predmet koji sadrži eksplozivnu tvar i fosfor,

J - predmet koji sadrži eksplozivnu tvar i zapaljivu tekućinu ili želatinu,

K - predmet koji sadrži eksplozivnu tvar i otrovne kemikalije,

L - eksplozivna tvari ili predmet koji sadrži eksplozivnu tvar, a predstavlja poseban rizik, te treba biti na više načina izoliran,

N - predmet koji sadrži samo izrazito najosjetljivije detonirajuće tvari,

S - tvar ili predmet tako zapakiran ili napravljen da su bilo kakvi opasni utjecaji nehotečajnog aktiviranja ograničeni pakiranjem, osim kada je pakiranje oštećeno vatrom, no i u tom slučaju izloženosti vatri, tvar ili predmet ne smije imati djelovanje rasprskavanja krhotina takvima da ograničavaju i sprječavaju gašenje požara ili druge intervencije u neposrednoj blizini paketa.

### **2.1.2. Plinovi (Klasa 2)**

Plinovi su tvari koje na 50 °C imaju tlak pare viši od 300 kPa (3 bar) ili koja je kod 20 °C i standardnog tlaka od 101,3 kPa u potpunom plinovitom stanju.

Klasifikacijska šifra:

- stlačeni (potpuno plinoviti pri –500 °C),
- ukapljeni (djelomično tekući iznad –500 °C),
- ohlađeno ukapljeni (djelomično tekući pri niskim temperaturama),
- plinovi u otopini (rastopljeni u tekućem otapalu),
- aerosolni sprejevi,
- ostali predmeti koji sadrže plinove pod tlakom,
- plinovi koji nisu pod tlakom ali su predmet posebnih zahtjeva (uzorci plinova).

Slovne oznake za plinove imaju slijedeće značenje:

A - zagušljivi,

O - oksidirajući,

F - zapaljivi,

T - otrovni,

TF - otrovni i zapaljivi,

TC - otrovni i nagrizajući,  
TO - otrovni i oksidirajući,  
TFC - otrovni, zapaljivi i nagrizajući,  
TOC - otrovni, oksidirajući i nagrizajući.

### **2.1.3. Zapaljive tekućine (Klasa 3)**

Zapaljive tekućine ili smjese tekućina su one koje na temperaturi od 50 °C imaju tlak para niži od 300 kPa (3 bara), a plamište niže i/ili jednako 61 °C. Zapaljive tekućine mogu se zapaliti, uz dovoljnu količinu zraka, i bez dovoda vanjskog izvora samozapaljenja. Temperature samozapaljenja znatno su više od plamišta ili vrelišta neke zapaljive tekućine. Temperatura pri kojoj tekućina vrije i prelazi u paru naziva se vrelištem. Pri temperaturi vrelišta tlak para zapaljive tekućine jednak je atmosferskom tlaku.

One zapaljive tekućine kod kojih je vrelište nisko opasnije su glede nastanka požara i/ili eksplozija, jer im je pri normalnim temperaturama tlak para veći, pa je veća i količina para iznad tekućine čime je povećana vjerojatnost nastanka eksplozivnih smjesa.

Klasifikacijska šifra:

F - zapaljive tekućine bez dopunske opasnosti i to:

F1 - zapaljive tekućine s plamištem ne iznad 61°C,

F2 - zapaljive tekućine s plamištem iznad 61°C koje se prevoze na temperaturi višoj od temperature plamišta,

FT - zapaljive tekućine, otrovne i to:

FT1 zapaljive tekućine otrovne,

FT2 pesticidi,

FC - zapaljive tekućine, nagrizajuće,

FTC - zapaljive tekućine, otrovne i nagrizajuće,

D - zapaljivi desenzibilirani eksplozivi.

### **2.1.4. Zapaljive krute tvari i krute tvari koje se zagrijavanjem tale (Klasa 4.1.)**

Zapaljive krute tvari jesu krute tvari koje se, kada su u suhom stanju mogu lako zapaliti u dodiru s plamenom ili iskrom (sumpor, celuloid, nitroceluloza, crveni fosfor i dr.), ali nisu sklone samozapaljenju.

Klasifikacijska šifra:

F - zapaljive krute tvari bez dopunske opasnosti i to:

F1 - organske,  
F2 - organske, rastaljive,  
F3 - anorganske,  
FO - zapaljive krute tvari, oksidirajuće,  
FT - zapaljive krute tvari, otrovne i to:  
    FT1 - organske, otrovne,  
    FT2 - anorganske, otrovne,  
FC - zapaljive krute tvari, nagrizajuće,  
FC1 - organske, nagrizajuće,  
FC2 - anorganske, nagrizajuće,  
D - kruti desenzibilirani eksplozivi bez dopunske opasnosti,  
DT - kruti desenzibilirani eksplozivi, otrovni,  
SR - tvari koje spontano kemijsko reagiraju,  
SR1 - za koje nije nužna kontrola temperature,  
SR2 - za koje je nužna kontrola temperature.

#### **2.1.5. Tvari sklone samozapaljenju i samozagrijavanju (Klasa 4.2.)**

Samozapaljive tvari krute su tvari koje se pale u dodiru s zrakom ili vodom bez posredovanja drugih tvari (bijeli i žuti fosfor, cinkovi-alkili, otpaci, nitrocelulozni filmovi, sirovi pamuk, rabljene krpe i dr.).

Klasifikacijska šifra:

S - tvari sklone samozapaljenju bez dopunske opasnosti i to:

S1 - organske, tekuće,  
S2 - organske, krute,  
S3 - anorganske, tekuće,  
S4 - anorganske, krute,

SW - tvari sklone samozapaljenju koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove,

SO - tvari sklone samozapaljenju, oksidirajuće,

ST - tvari sklone samozapaljenju, otrovne i to:

ST1 - organske, otrovne, tekuće,  
ST2 - organske, otrovne, krute,  
ST3 - anorganske, otrovne, tekuće,  
ST4 - anorganske, otrovne, krute.

### **2.1.6. Tvari koje u kontaktu s vodom stvaraju zapaljive plinove (Klasa 4.3.)**

Tvari koje stvaraju zapaljive plinove u dodiru s vodom su tvari koje u dodiru s vodom razvijaju plinove koje se pale u dodiru s plamenom i iskrom (natrij, kalij, kalcij, kalcijev karbid, alkalni silicidi i dr.).

Klasifikacijska šifra:

W - tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove, bez dopunske opasnosti i predmeti koje sadrže takve tvari i to:

W1 - tekuće,

W2 - krute,

W3 - predmeti,

WF1 - tvari koje u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive plinove, tekućine, zapaljive tvari,

WF2 - tvari koje u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive plinove, krutine, zapaljive tvari,

WS - tvari koje u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive plinove, krute tvari, samozapljive,

WO - tvari koje u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive plinove, oksidirajuće tvari, krute tvari,

WT - tvari koje u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive plinove, toksične tvari i to:

WT1 - tekuće,

WT2 - krute,

WC - tvari koje u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive plinove, nagrizajuće i to:

WC1 - tekuće,

WC2 - krute,

WFC - tvari koje u dodiru s vodom oslobađaju zapaljive plinove, zapaljive, nagrizajuće.

### **2.1.7. Oksidirajuće tvari (Klasa 5.1.)**

Oksidirajuće tvari su tvari koje se u dodiru s drugim tvarima razlažu i pritom mogu uzrokovati vatru (kloriti, perklorati, vodena otopina vodikova peroksida, peroksid alkalnih metala i njihove smjese i dr.). Oksidacija je proces spajanja s kisikom. Gorenje je proces oksidacije uz pojavu topline i svjetlosti.

Klasifikacijska šifra:

O - oksidirajuće tvari bez dopunske opasnosti ili predmeti koje sadrže takve tvari i to:

O1 - tekuće,

O2 - krute,



O3 - predmeti,  
OF - oksidirajuće krute tvari, zapaljive,  
OS - oksidirajuće krute tvari, samozapaljive,  
OW - oksidirajuće krute tvari, koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove,  
OT - oksidirajuće tvari, otrovne i to:  
    OT1 - tekuće,  
    OT2 - krute,  
OC - oksidirajuće tvari, nagrizajuće i to:  
    OC1 - tekuće,  
    OC2 - krute,  
OTC - oksidirajuće tvari, otrovne, nagrizajuće.

#### **2.1.8. Organski peroksidi (Klasa 5.2.)**

Organski peroksidi su tvari s višim stupnjem oksidacije koje mogu izazvati štetne posljedice za zdravlje ili život ljudi ili oštećenje materijalnih dobara, a manje su osjetljive na eksploziju od dinitrobenzena u dodiru s plamenom ili na udar, odnosno trenje.

Klasifikacijska šifra:

P1 - organski peroksidi za koje nije nužno organizirati temperaturu,

P2 - organski peroksidi za koje je nužno organizirati temperaturu.

#### **2.1.9. Otrovnost tvari (Klasa 6.1.)**

Otrovne tvari su tvari sintetičkog, biološkog ili prirodnog podrijetla i preparati proizvedeni od tih tvari, koji uneseni u organizam ili u dodiru s organizmom mogu ugroziti život ili zdravlje ljudi ili štetno djelovati na okoliš.

Prema stupnju opasnosti otrovne tvari se dijele na:

- vrlo opasne tvari,
- opasne tvari,
- manje opasne tvari.

Klasifikacijska šifra:

T - otrovne tvari bez dopunske opasnosti i to:

T1 - organske, tekuće,

T2 - organske krute,

T3 - organometalne,

T4 - anorganske, tekuće,  
T5 - organske, krute,  
T6 - tekuće, koje se koriste kao pesticidi,  
T7 - krute, koje se koriste kao pesticidi,  
T8 - uzorci,  
T9 - ostale otrovne tvari,  
TF - otrovne tvari, zapaljive i to:  
    TF1 - tekuće,  
TF2 - tekuće, koje se koriste kao pesticidi,  
TF3 - krute,  
TS - otrovne krute tvari, samozapaljive,  
TW - otrovne tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove,  
TW1 - tekuće,  
TW2 - krute,  
TO - otrovne tvari, oksidirajuće i to:  
    TO1 - tekuće,  
    TO2 - krute,  
TC - otrovne tvari, nagrizajuće i to:  
    TC1 - organske, tekuće,  
    TC2 - organske, krute,  
    TC3 - anorganske, tekuće,  
    TC4 - anorganske, krute,  
TFC - otrovne tvari, zapaljive, nagrizajuće.

#### **2.1.10. Infektivne tvari (Klasa 6.2.)**

Infektivne tvari su one tvari koje šire neugodan miris ili sadrže mikroorganizme ili njihove toksine uključujući bakterije, viruse, parazite, gljivice ili kombinaciju hibrida ili mutanata koji su poznati i za koje se zna da mogu uzrokovati infektivne bolesti kod ljudi i životinja.

Klasifikacijska šifra:

I1 - infektivne tvari koje djeluju na ljude,  
I2 - infektivne tvari koje djeluju samo na životinje,  
I3 - bolnički otpad,  
I4 - dijagnostički uzorci.

### **2.1.11. Radioaktivne tvari (Klasa 7.)**

Radioaktivne tvari su tvari čija specifična aktivnost premašuje 74 bekerela (0,002 mikrokirija) po gramu.

### **2.1.12. Nagrizajuće i nadražujuće tvari (Klasa 8.)**

Nagrizajuće (korozivne) tvari su tvari koje u dodiru s drugim tvarima i živim organizmima izazivaju njihovo oštećenje ili uništenje (sulfatna kiselina, nitratna kiselina, brom, mravlja kiselina, natrijev hidroksid i dr.),

Klasifikacijska šifra:

C1-C10 - nagrizajuće tvari bez dopunske opasnosti i to:

C1-C4 - kisele tvari i to:

C1 - anorganske, tekuće,

C2 - anorganske, krute,

C3 - organske, tekuće,

C4 - organske, krute,

C5-C8 - lužnate tvari i to:

C5 - anorganske, tekuće,

C6 - anorganske, krute,

C7 - organske, tekuće,

C8 - organske, krute,

C9-C10 - ostale nagrizajuće tvari i to:

C9 - tekuće,

C10 - krute,

C11 - predmeti,

CF - nagrizajuće tvari, zapaljive,

CF1 - tekuće,

CF2 - krute,

CS - nagrizajuće tvari, samozapaljive,

CS1 - tekuće,

CS2 - krute,

CW - nagrizajuće tvari koje u dodiru s vodom razvijaju zapaljive plinove,

CW1 - tekuće,

CW2 - krute,

CO - nagrizajuće tvari, oksidirajuće i to:

CT - nagrizajuće tvari, otrovne i to:

CT1 - tekuće,

CT2 - krute,

CFT - nagrizajuće tvari, zapaljive, tekuće, otrovne,

COT - nagrizajuće tvari, oksidirajuće, otrovne.

### **2.1.13. Razne opasne tvari i predmeti (Klasa 9)**

Ostale opasne tvari i predmeti tvari su koje za vrijeme prijevoza predstavljaju opasnost za sudionike prometa, pučanstvo i okoliš, a ne mogu se svrstati u klase od 1 do 8 (azbest, suhi led, magnetni materijali i sl.).

Klasifikacijska šifra:

M1 - tvari koje udisane kao prašina mogu naštetiti zdravlju,

M2 - tvari i uređaji koji zapaljeni mogu stvarati dioksin,

M3 - tvari koje razvijaju zapaljive pare,

M4 - litijeve baterije,

M5 - zaštitne automobilske naprave-zračni jastuci,

M6-M8 - tvari štetne za okoliš i to:

M6 - tekuće tvari koje zagađuju vode,

M7 - krute tvari koje zagađuju vode,

M8 - genetski modificirani mikroorganizmi i organizmi,

M9-M10 - tvari povišene temperature i to:

M9 - tekuće,

M10 - krute,

M11 - ostale tvari koje tijekom prijevoza predstavljaju opasnost, a koje ne pripadaju ostalim klasama.

## **2.2. Detekcija opasnih tvari**

Da bi se moglo nadzirati zdravlje ljudi i okoliša od opasnih tvari poput radioloških, bioloških, kemijskih i nuklearnih agensa, bilo je potrebno razviti sustav za brzo prepoznavanje prisutnosti takvih tvari na određenom području. Taj proces naziva se detekcija.

Globalni terorizam donio je i povećanu prijetnju od napada nuklearnim, biološkim i kemijskim sredstvima. Kako je takav napad gotovo nemoguće predvidjeti, važna je brza detekcija i precizno otkrivanje u najranijoj fazi. Jedna od prijetnji sigurnosti i

kvaliteti okoliša je nekontrolirano širenje opasnih tvari i oružja, koji svojom nestabilnošću mogu prouzročiti opasnosti posebno u području kemijskog, biološkog i nuklearnog (NBK) oružja. [4] Velike količine bojnih otrova nalaze se u morskim dubinama te se dešavalo da ribari u mreži izvuku kemijsko streljivo. Možemo se samo nadati da će djelovanjem morske vode doći do hidrolitičke razgradnje kemijskih bojnih otrova na neotrovne ili manje otrovne kemijske spojeve te da se neće desiti teže posljedice za okoliš kad jednom kemijske tvari počnu curiti van. Razne kemikalije, biološki patogen otpad i radioaktivni izvori, nuklearni otpad i sl. mogu u određenim situacijama biti upotrijebljena u terorističke svrhe te stvoriti teške posljedice za zdravlje ljudi i okoliša u određenom području.

Detekcija je vitalna jer nas informira o riziku boravka u određenom prostoru, bilo da je u pitanju otvoreni ili zatvoreni. Detekcija bi bila najbolja kad bismo putem detektora u vrlo kratkom vremenu dobili informaciju o kojoj je otrovnoj tvari riječ i u kojoj koncentraciji. Zahvaljujući najmodernijim sensorima i analitičkim tehnologijama pouzdano otkriva nuklearne i kemijske prijetnje. A pravodobno otkrivanje prijetnje znači dovoljno vremena za provedbu raznih zaštitnih mjera.

Postoje tri vrste oružja za masovno uništenje, te tvari koje zbog svojih karakteristika mogu poslužiti za kreiranje oružja poput tzv. prljavih bombi. [4] Te tri vrste su:

- Nuklearno oružje

Pojava nuklearnog oružja iz temelja je promijenila shvaćanje vođenja rata. Nuklearno oružje nije zabranjeno i postoje dva oprečna stava u međunarodnoj zajednici. Temeljne znanstvene pretpostavke za konstrukciju nuklearnog oružja stvorene su tijekom dvadesetih i tridesetih godina prošlog stoljeća. Može se reći kako je ovaj tip oružja najtipičniji primjer oružja za masovno uništavanje. Svojim sveobuhvatnim djelovanjem pogađa sve žive organizme i materijalne objekte s kratkoročnim i dugoročnim posljedicama. [4]

- Kemijsko oružje

Ideja o primjeni kemijskih sredstava u ratu stara je koliko i povijest čovječanstva. Pod pojmom kemijskog oružja smatraju se bojni otrovi i sredstva koja slute za njihov prijenos na cilj. Prema Konvenciji o zabrani kemijskog oružja ono je definirano kao otrovne kemikalije osim ako je u svrhu koje nisu zabranjene Konvencijom, streljiva i naprave koje izazivaju smrt ili štete, ali i svaka oprema napravljena za izravnu uporabu u namjeni da izazove smrt ili štetne posljedice. Tijekom prošlog stoljeća prva metoda

uništavanja kemijskog oružja bilo je njegovo zakopavanje u zemlju, spaljivanje ili odbacivanje u vode, posebno u mora. [4]

- **Biološko oružje**

Prema definiciji UN-a iz 1969. godine pod biološki ratne agense svrstavamo žive organizme koji su prirodno ili infektivno izvedeni, koji mogu uzrokovati bolest ili smrt ljudi, životinja, biljaka ovisno o učincima i sposobnostima razmnožavanja u čovjeku, životinji ili biljki koju napadaju. Dok je nuklearno oružje kompleksno i skupo te zahtjeva napredne prijenosne sustave, kemijsko je lakše i jeftinije za proizvesti no teško prenosivo do cilja i lako za presresti uz pomoć protuzračne obrane. Biološko oružje je relativno jeftino i lako za proizvesti, i uporabu je nemoguće na vrijeme otkriti, što predstavlja dodatnu opasnost. [4]

### **2.2.1. Kemijska detekcija**

Kemijska detekcija nije samo namijenjena za vojnu upotrebu nego se razvija i za civilnu potrebu u raznim segmentima ljudskog djelovanja poput industrije, carine, vatrogastva, policije i dr. Kemijska je detekcija najrazvijenija jer je kemijska industrija jedna od najraširenijih i najrazvijenijih industrija, [1] a sama primjena kemikalija vrlo raširena, zbog čega su i opasnosti koje mogu prouzročiti otrovne kemikalije vrlo velike. Detekcija bojnih otrova i opasnih industrijskih kemikalija zasniva se na nekoliko različitih principa. Tako razlikujemo spektrometriju mobilnih iona (Ion Mobility Spectroscopy - IMS) , infracrvenu i Raman spektroskopiju (InfraRed Spectroscopy - IRS i Raman Spectroscopy - RS), kolorimetričku kemiju (Colorimetric Chemistry - CC), plameno- ionizacijsku detekciju (Flame Ionization Detection - FID), rendgensku detekciju (X-ray detection), neutronska detekciju (Neutron detection) i dr. [8]

Detekcija je vitalna jer nas informira o riziku boravka u određenom prostoru, bilo da je u pitanju otvoreni ili zatvoreni. Detekcija bi bila najbolja kad bismo putem detektora u vrlo kratkom vremenu dobili informaciju o kojoj je otrovnoj tvari riječ i u kojoj koncentraciji. Problem je taj što su često u pitanju vrlo male koncentracije otrovnih kemikalija te postojeći detektori nemaju dovoljnu osjetljivost za detektiranje ili je riječ o smjesi različitih tvari koja se ispituje te detektor nema dovoljnu selektivnost prema traženom spoju. Sofisticirani detektori koji odmah na mjestu odrede vrstu tvari i koncentraciju nisu razvijeni pa su uvedene dvije razine detekcije opasnih tvari i bojnih otrova, detekcija i identifikacija.

Detekcija je prvi korak gdje će se u najkraćem razdoblju otkriti o kojoj vrsti tvari je riječ (tako ćemo znati kolika opasnost prijeti), i ponekad kolika je približna koncentracija.

Identifikacija je sljedeći korak koji će nam točno otkriti o kojoj je pojedinoj tvari riječ (npr. nećemo samo znati da je riječ o živčanim bojnim otrovima nego i da je to sarin) i kolika je koncentracija u pojedinom uzorku. Jasno je da je identifikacija zahtjevniji postupak, koji pak traži i takvu instrumentaciju i većinom se obavlja u stacionarnim laboratorijima jer zahtijeva standardizirane laboratorijske uvjete tijekom analize. [10]

Detekcija se većinom odvija na mjestu događaja, na terenu.

Neke svrhe detekcije su: uzbunjivanje, potvrda dekontaminacije ili čistog područja, verifikacija i identifikacija, mapiranje širenja kontaminacije, mapiranje područja dekontaminacije.

Različiti tipovi kontaminacije često zahtijevaju različite tipove detekcije, nekad je to kontaminacija zraka otrovnim parama, ponekad je zatrovano tlo ili voda, ili ljudi i oprema tekućim otrovnim kemikalijama. Za vojne postrojbe, ali i ljude koji zbog potrebe posla moraju ući u kontaminirano područje, vrlo je bitno znati o kojoj je vrsti otrovnih tvari riječ da bi se rabila zahtijevana razina zaštitne opreme.

Za ulazak u područje koje je zatrovano smrtonosnim bojnim otrovima zahtijeva se puna razina zaštite koja uključuje: zaštitnu masku, odijelo, rukavice, čizme i zaštitnu kapuljaču. Nošenje je takve opreme zahtjevno i bitno smanjuje radnu sposobnost ljudstva. Osoba pod punom zaštitom ne radi sama, skraćuje se vrijeme rada, smanjuje se percepcija prostora i stvari koje se nalaze oko nje, smanjuje se mogućnost komunikacije i mobilnosti.

Ako je razina zaštite prevelika u odnosu na opasnost, bitno smo smanjili djelotvornost ljudstva, a ako je premala, onda kao da je i nema, čak je i protuproduktivna jer stvara iluziju zaštite. [7]

### **2.2.2. Biološka detekcija**

Biološka detekcija je NBK mjera tzv. ranog otkrivanja (first response) prisutstva biološkog agensa (patogena) u nekom prostoru. Biološka detekcija zraka "na daljinu" bez uzimanja uzorka, zbog specifičnosti problematike ima niz nedostataka. Iako postoje biološki detektori za detekciju bioloških agensa u zraku koji rade uglavnom po načelu brojanja i određivanja veličine čestica, takav način detekcije se zbog lažnog odziva izbjegava. Po tom načelu primjerice radi LIDAR tehnologija (Light Impulse Detecting and Ranging) koja rabi za analizu zraka na daljinu lasersku tehnologiju, ali

on zbog raznih nečistoća u zraku može dati lažni odziv. [6] S druge strane detektori koji samo broje čestice po jedinici prostora u zraku, mogu primjerice u situaciji blizu pivovare ili farmaceutske tvornice dati signal na biološku kontaminaciju.

Lažni odziv odnosno pogrešan rezultat detekcije dodatno pridonosi stvaranju panike i raznih komplikacija u daljnjim procedurama, posebice ako je detektor smješten na izvidničkom vozilu. Danas na tržištu postoji mnogo raznih vojnih bioloških detektora i proizvođačima je stalo do toga da svoje proizvode predstave u najboljem svijetlu i prodaju ga. Oni vam neće reći za njihove mane i nedostatke kao što je lažni odziv.

Lažni odziv se događa zbog toga što su mikroorganizmi prirodno svugdje rasprostranjeni i nemoguće je sa sigurnošću utvrditi prisutstvo namjerne biološke kontaminacije "na daljinu". Stoga se biološkim detektorima može koristiti samo u "očekivanoj taktičkoj situaciji". Kako je "očekivana taktička situacija" vezana za borbeni napad, teško je zamisliti, s obzirom na broj država potpisnica Konvencije te moderne sigurnosne prijetnje da će se tako nešto dogoditi u budućnosti.

Drugim riječima, biološka detekcija "na daljinu" bez uzorkovanja i identifikacije je besmislena u kontekstu modernih prijetnji i tehnologija. Biološka identifikacija je NBK mjera kojoj je krajnji cilj identificirati biološki agens do razine vrste ili soja. Razina vrste ili soja je "ime i prezime" bakterije ili virusa i osnovni je, ali ne i jedini važan podatak o biološkom agensu.

Detektori u pokretnim laboratorijima koji na licu mjesta mogu uzeti uzorak zraka i analizirati ga na biološki agens su preskupa tehnologija koju upotrebljavaju samo najbogatije i najveće zemlje svijeta, ali te mjere se već ubrajaju u identifikaciju biološkog oružja.

Protubiološke mjere je najbolje provesti slanjem robota ili stručnog NBC tima od četvero ljudi u kontaminirano područje koji će izvršiti uzorkovanje i donijeti uzorke koji se zatim analiziraju u laboratoriju preciznim molekularnim i mikrobiološkim metodama u roku od pola sata.

Za razliku od mikroorganizama, detekcija bakterijskih toksina i agensa tzv. srednjeg spektra (mid spectrum agents - MSA) može se provesti koristeći se metodama kemijske detekcije kao što su Raman i FTIR spektrometrija. [8] Toksinska kontaminacija zraka na otvorenom prostoru se ne može dogoditi, to je zabluda, jer su toksini nestabilni proteinski spojevi, pa ovo vrijedi samo za zatvorene prostore, a i tu je po nekim istraživanjima upitna kontaminacija koja može biti opasna za zdravlje. [7]



### 2.3. Osobna zaštitna sredstva

Osobe koje sudjeluju u prijevozu opasnih tvari izložene su njihovom štetnom i opasnom djelovanju, pa se zato moraju i primjereno zaštititi od tih djelovanja. Zakon o prijevozu opasnih tvari, također, propisuje da se u vozilu kojim se prevoze opasne tvari moraju nalaziti odgovarajuća osobna zaštitna sredstva, koja će to sredstva biti ovisi o fizikalno-kemijskim i toksikološkim svojstvima opasne tvari. [9]

Osobna zaštitna sredstva, prikazana na Slici 1., koja se najčešće primjenjuju prilikom transporta i rukovanja opasnim tvarima mogu se podijeliti na:

- osobna zaštitna sredstva za zaštitu dišnih organa,
- osobna zaštitna sredstva za zaštitu glave,
- osobna zaštitna sredstva za zaštitu tijela.



Slika 1. Osobna zaštitna sredstva

#### 2.3.1. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu dišnih organa

Sredstva za zaštitu dišnih organa možemo podijeliti u dvije osnovne skupine:

- aparati ovisni o okolnom zraku,
- aparati neovisni o okolnom zraku.

Aparati ovisni o okolnom zraku obično su u obliku filter maske, prikazane na Slici 2. Za uspješnu primjenu filter maske moramo poznavati vrstu onečišćenja koja se javlja u dotičnom prostoru, budući da prema vrsti onečišćenja biramo odgovarajući filter.

Osim odgovarajućih oznaka i boja, filteri se razlikuju i prema klasama. Svaka vrsta filtera svrstava se u jednu od tri klase:

- klasa 1 - mogućnost prihvata plinova i para mala, mogućnost zadržavanja čestica mala,
- klasa 2 - mogućnost prihvata plinova i para srednja, mogućnost zadržavanja čestica srednja,
- klasa 3 - mogućnost prihvata plinova i para visoka, mogućnost zadržavanja čestica visoka.

Oznaka filtra A1 znači: filter za pare organskih spojeva s vrelištem do 65 °C, s malom mogućnošću prihvata.

Oznaka filtra P2 znači filter za čvrste i tekuće čestice, sa srednjom mogućnošću zadržavanja.

Oznaka filtra E2-P3 znači: filter za klorovodik (sumpordioksidi sa srednjom mogućnošću prihvata u kombinaciji s filterom za čvrste i tekuće čestice s visokom mogućnošću zadržavanja.

Odgovarajući filter se odabire prije uporabe filter maske prema vrsti i intenzitetu onečišćenja.

Aparati neovisno o okolnom zraku obično se izrađuju u obliku maski koje se spajaju na crijevo ili uređaj sa stlačenim zrakom. Dakle, neovisno o vrsti onečišćenja i intenzitetu zagađenosti okolnog prostora osiguran je vlastiti izvor zraka (ili iz drugih prostora pomoću crijeva - cijevni aparati, ili iz boca s komprimiranim zrakom - dišni ili izolacijski aparati). Noviji tipovi maski su tako napravljeni da imaju priključak na koji se prema potrebi stavi ili odgovarajući filter (pa u tom slučaju funkcioniraju kao filterske maske) ili se priključe na izvor zraka (funkcioniraju kao dišni ili izolacijski aparat).

Maske se čuvaju u originalnim kutijama ili dozama za nošenje, a nakon svake uporabe se čiste i osuše, što osigurava veću trajnost maske. Također je potrebno povremeno kontrolirati nepropusnost maske. U atmosferi gdje je velika prisutnost prašine koriste se polumaske ili respiratori. Danas na tržištu postoji velik izbor različitih respiratora, kao npr. respiratori za zaštitu od:

- opterećujuće i neotrovne fine prašine,
- opterećujuće grube prašine,
- fine prašine s ventilom za izdisanje,
- čvrstih i tekućih čestica s ventilom za izdisanje.



Slika 2. Zaštitna maska

### 2.3.2. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu glave

Pri radu sa raznim tekućinama (pretakanjima, prijevozu) često se ozlijede oči. Za zaštitu očiju najpoželjnije je uzeti odgovarajuće naočale otporne na određene kemikalije. Umjesto naočala može se koristiti i štitnik za lice (vizir) u kombinaciji sa kacigom ili bez nje, prikazano na Slici 3.

Ako se u radu s kemikalijama očekuje razvijanje para ili oslobađanje kiselina, tada je najbolje upotrijebiti pokrov za glavu ispod kojeg se može koristiti odgovarajuća zaštita za dišne organe.



Slika 3. Zaštitna kaciga i zaštitne naočale

### 2.3.3. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu tijela

U osobna zaštitna sredstva za zaštitu tijela spadaju radne pregače, zaštitna odijela, prikazano na Slici 4., te kombinezoni.

Ovisno o vrsti opasne tvari sa kojom se dolazi u dodir, izabire se odgovarajuća odjeća. Bitno je pri tome da je materijal od kojeg je ta odjeća napravljena otporan na opasnu tvar koja se koristi. Obično se takva odjeća izrađuje od PVC-folija, gume, posebnih vrsta najlona i sl.



Slika 4. Zaštitno odijelo

### 2.3.4. Zaštitne rukavice i zaštitna obuća

Zaštitne rukavice također se biraju ovisno o vrsti opasne tvari, prikazane na Slici 5. Obično su izrađene od pamučnog trikoa, velura ili sličnih materijala (unutrašnjost rukavice), koji je prevučen s nekoliko slojeva odgovarajućeg zaštitnog materijala (PVC-a, guma, butilvitona i sl.). Izrađuju se u nekoliko veličina i dužina.

Za zaštitu nogu koriste se zaštitne cipele, čizme ili zaštitne gamaše, prikazane na Slici 6. Prije uporabe jednog od ovih zaštitnih sredstava moramo znati vrstu opasne tvari (npr. pri rukovanju eksplozivnim tvarima koriste se tzv. pirotehničke cipele s elektrovodljivom gumom, dok npr. pri razlijevanju slabije koncentriranih kiselina dovoljno će biti na već postojeću obuću staviti zaštitne gamaše).



Slika 5. Zaštitne rukavice



Slika 6. Zaštitna obuća

### **3. METODE DETEKCIJE TVARI I UREĐAJI**

Otkrivanje i određivanje koncentracije opasnih i štetnih tvari u radnoj atmosferi obavlja se najrazličitijim metodama. Razvojem tih metoda bavi se, u prvom redu, analitička kemija. Prema grčkoj riječi „analysis“, što znači razlaganje cjeline na njene sastavne dijelove, nauka o metodama određivanja sastava supstanci nazvana je analitička kemija. Analitička kemija se dijeli na kvalitativnu i kvantitativnu. U kvalitativnoj analizi se dokazuje iz kojih se sastavnih dijelova, odnosno elementarnih jedinki ili čestica (atoma, molekula) sastoji analizirana supstanca, dok se u kvantitativnoj analizi određuju količine ovih sastavnih dijelova.

Pojednostavljeno rečeno, kvalitativna analiza daje odgovor na pitanje što je prisutno u uzorku, a kvantitativna na pitanje koliko je nečega prisutno.

Izbor analitičke metode kojom će se određivati opasne i štetne tvari u radnom prostoru ili na radnim mjestima gdje su te tvari prisutne, danas je nezamisliv bez suradnje kemičara, stručnjaka zaštite na radu ili inženjera koji poznaje prirodu tehnološkog procesa odgovornog za emisiju opasnih i štetnih tvari i specijalista medicine rada.

Prema vrsti konačnog određivanja (opažanja ili mjerenja), analitičke metode mogu biti klasične kemijske metode, te fizičko-kemijske metode. U fizičko-kemijskim metodama mjeri se ili promatra neko fizičko svojstvo sustava pomoću prikladnih instrumenata, pa se te metode nazivaju i instrumentalnim metodama analize. [5]

#### **3.1. Instrumentalne metode**

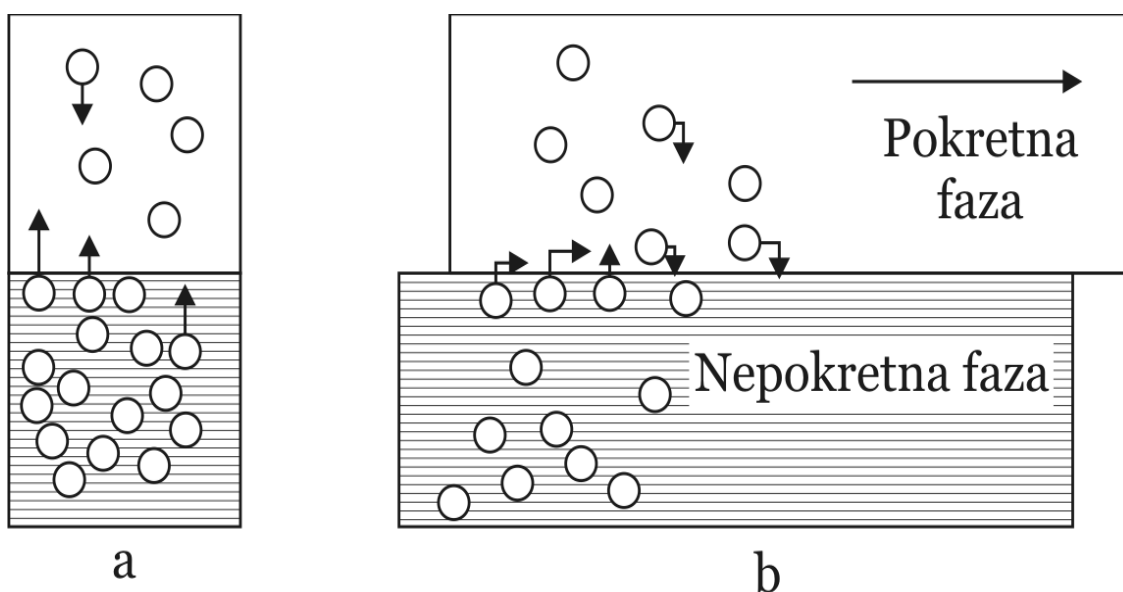
Instrumentalne metode analize su one metode analize kemijskog sustava u kojima se za dobivanje podataka o analitu upotrebljavaju instrumenti, bez obzira na način pobuđivanja kemijske promjene u uzorku (dovođenjem energije ili dodavanjem kemijskog reagensa). Obično se radi o složenim uređajima koji podatke o reagiranju ispitivanog sustava na izazvane promjene prevode u električni oblik pogodan za registraciju ili dalju elektroničku obradu. Za razliku od instrumentalnih metoda, u kemijskim (tzv. klasičnim) analitičkim metodama za opažanje ili mjerenje promjena dovoljni su jednostavni uređaji neelektrične prirode.

Instrumentalne metode su brojne i različite, a najpoznatije su: elektrokemijske, u koje spadaju potenciometrija, konduktometrija, kulometrija, zatim optičke i termokemijske metode, te automatska analiza. Među najstarijim instrumentalnim metodama su spektrometrijske metode koje se baziraju na interakciji uzorka i energije, a kao

posljedicu interakcije mjerimo elektromagnetsko zračenje ili zračenje raznih čestica (elektrona, protona, iona). Od poznatijih metoda svakako treba spomenuti kromatografske analitičke metode, kojih ima više vrsta i odlikuje ih velika osjetljivost uz istodobno malu potrebnu količinu uzorka. [5]

### 3.2. Kromatografija

Kromatografija je metoda odjeljivanja i analiziranja tvari, koja se zasniva na različitoj sorpciji sastojaka smjese na nekom prikladnom sorbentu, tj. na tvari sa sposobnošću sorpcije (površinskog vezivanja ili upijanja drugih tvari). Prilikom kromatografskog odjeljivanja postoji reverzibilno međusobno djelovanje između sastojaka smjese, pokretne (mobilne) faze i sorbenta (nepokretne faze). Pokretna faza (neki plin ili tekućina) nosi sastojke smjese i kreće se iznad sorbenta. Prilikom svog putovanja molekule sastojka smjese neprestano se sorbiraju i desorbiraju, prikazano na Slici 7. Nepokretna (stacionarna) faza mora biti tako odabrana da je zadržavanje molekula na njoj selektivno, pa različiti sastojci putuju različitom brzinom i tako se jedan od drugoga odjeljuju.



a – dinamička ravnoteža molekula između mirujućih faza,

b – model kromatografskog procesa.

Slika 7. Raspodjela između dviju faza

Kromatografska analiza ne zaostaje u mnogim svojim karakteristikama za kemijskim analitičkim metodama, a ima pred njima i nekih prednosti. Većina je kromatografskih aparatura relativno jednostavna i jeftina, a često se i s vrlo malim količinama uzorka postiže visoka osjetljivost. Posebna je odlika kromatografije što omogućuje odvajanje i analiziranje i takvih tvari kojih prisutnost u smjesi nije poznata, a često je i neočekivana.

Kromatografske metode i njihove mogućnosti razlikuju se s obzirom na agregatno stanje pokretne i nepokretne faze. U plinskoj kromatografiji pokretna faza je plin, a u tekućinskoj kromatografiji to je tekućina. Dalja podjela unutar tih dviju osnovnih grupa proizlazi iz razlike u primijenjenoj nepokretnoj fazi. U plinskoj kromatografiji kao nepokretna faza može služiti tekućina nanosena na čvrsti nosač (plinsko-tekućinska kromatografija) ili to može biti čvrsti adsorbens (plinsko-adsorpcijska kromatografija). U tekućinskoj kromatografiji podjela je s obzirom na nepokretnu fazu mnogo šira, jer osim tekućine ili adsorbensa kao nepokretna faza može služiti ionski izmjenjivač i neionski umreženi polimer (gel).

Uz adsorbens kao nepokretnu fazu (adsorpcijska kromatografija) mogu se primijeniti tri načina izvedbe kromatografskog procesa:

- eluiranje ili ispiranje, u kojem struja inertne pokretne faze nosi sastojke smjese razdvajane na nepokretnoj fazi,
- frontalna analiza, u kojoj je pokretna faza sama razdvajana smjesa,
- istiskivanje, prilikom kojeg se pokretna faza adsorbira jače od svakog sastojka u razdvajanoj smjesi i tako istiskuje sastojke s adsorbensa.

Na tekućoj nepokretnoj fazi (razdjelna kromatografija) proces separacije je selektivno otapanje sastojaka, pa je tehnika izvođenja gotovo uvijek eluiranje ili ispiranje.

Plinsko-kromatografska separacija može se izvesti samo u zatvorenom sustavu s nepokretnom fazom smještenom u koloni, a tekućinska kromatografija provodi se i u koloni (kolonska kromatografija) i na otvorenim ploham (plošna kromatografija-papirna i tankoslojna). Osim što se plinski kromatografi učestalo koriste za laboratorijsko analiziranje uzorkovanih smjesa plinova, proizvode se također i prenosivi uređaji za terenska mjerenja.

U najjednostavnijem slučaju uzorak čiste tekućine zahtijeva razrjeđivanje odgovarajućim otapalom prije analize, dok primjerice uzorci iz okoliša minimalno zahtijevaju ekstrakciju otapalom i koncentriranje prije analize. Najčešće korištene kromatografske metode u detekciji i identifikaciji su: GC, LC i HPLC. [5]



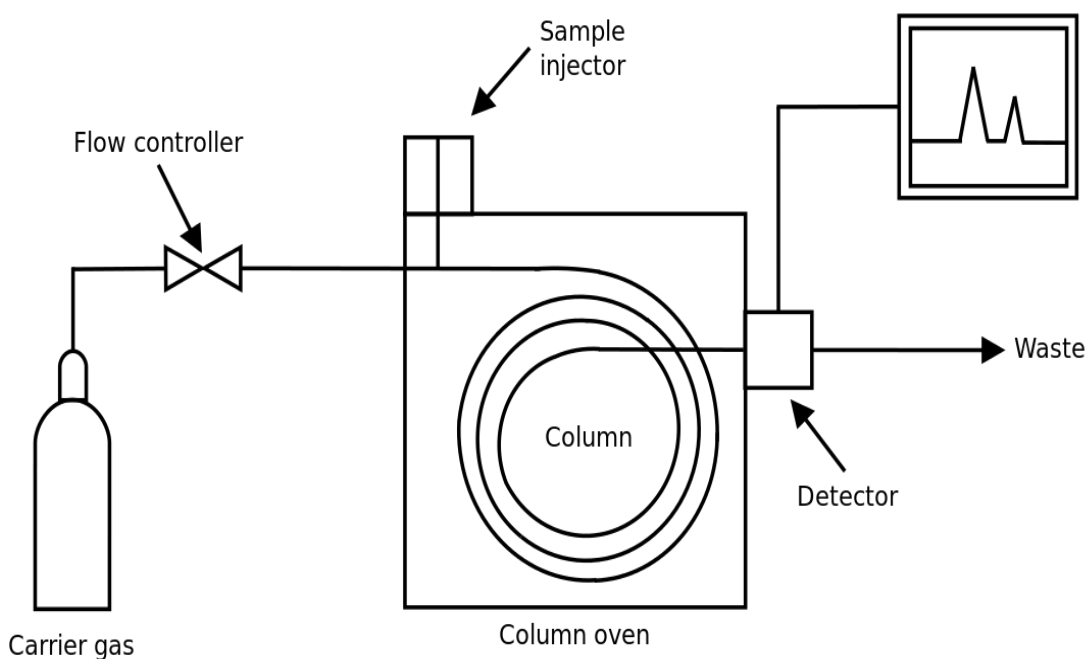
### 3.2.1. Plinska kromatografija (GC)

Plinska kromatografija (eng. Gas Chromatography - GC) je metoda razdvajanja i detekcije hlapljivih organskih spojeva i nekih anorganskih plinova iz smjese. GC je nastala 1950. godine i danas se razvila u jednu od temeljnih tehnika u kemijskoj analizi. U GC dolazi do particioniranja plinskog uzorka između inertnog plina kao mobilne faze i tekuće ili čvrste stacionarne faze.

Uređaj za GC se naziva plinski kromatograf, prikazan na Slici 8. Kao mobilna faza (plin nosač) najčešće se upotrebljavaju helij, dušik, vodik ili smjesa argona i metana. Izbor plina ovisi od uzorka i detektora, a najviše se koristi helij. Uzorak se unosi pomoću injektora (ručnog ili automatskog) i nošen plinom prelazi u stupac. Stupci za GC koji su se u početku koristili su tzv. pakoirani stupci.

Danas su u uporabi kapilarni stupci, zbog bolje učinkovitosti razdvajanja. Unutarnji zidovi kapilarnog stupca su presvučeni čvrstim poroznim materijalom ili viskoznom tekućinom. U GC se koristi više vrsta detektora, čiji se izbor vrši na osnovi komponente koja se analizira.

Međutim podaci dobiveni ovim detektorima mogu dati jake kolaborativne dokaze o prisutnosti opasnih tvari, no ne mogu se koristiti za potpunu potvrdu. Stoga je potrebna uporaba GC s jednom ili više spektrometrijskih tehnika kao što je primjerice MS. [10]

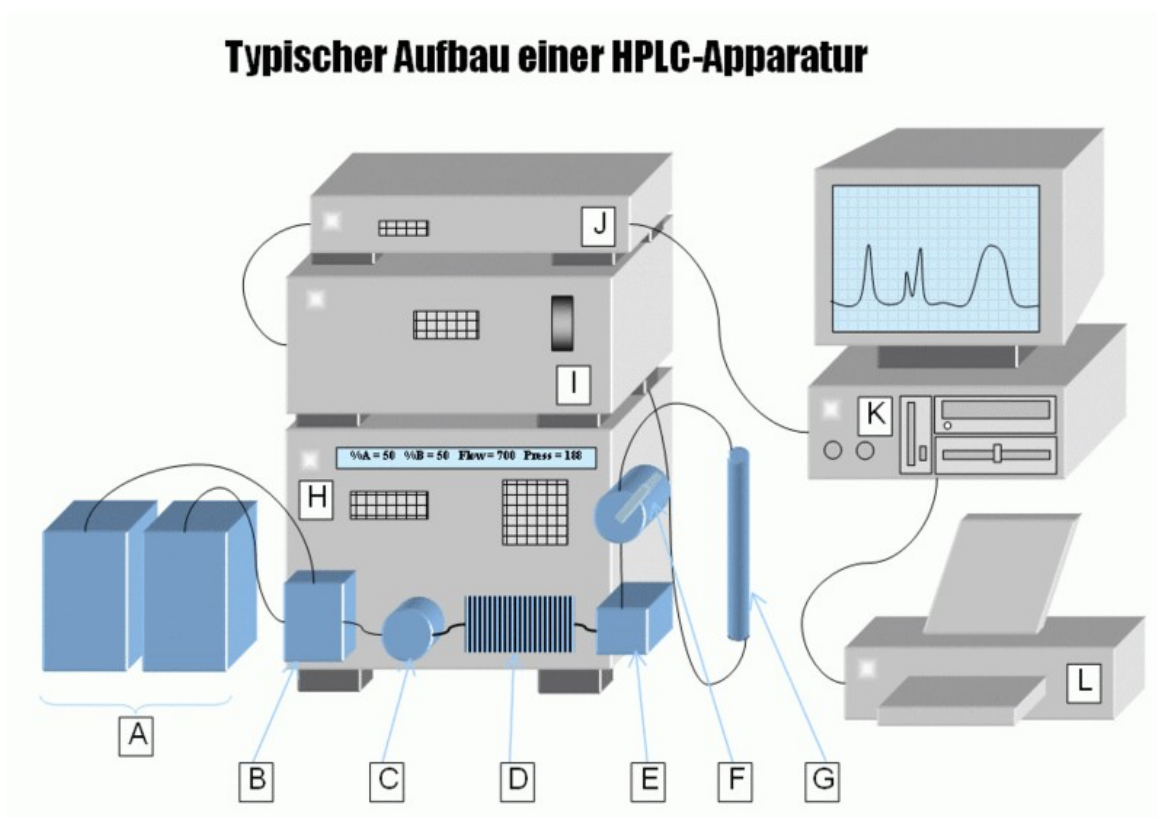


Slika 8. Skica uređaja za plinsku kromatografiju

### 3.2.2. Tekućinska kromatografija (LC)

Tekućinska kromatografija (eng. Liquid Chromatography - LC) je razdvajanje tvari na osnovi razmještanja između čvrste stacionarne faze i tekuće mobilne faze. Postoje dvije vrste LC: klasična i LC visoke djelotvornosti (HPLC). Klasična LC koristi velike stupce, duljine i do 50 cm, pakirane poroznim materijalom, a mobilna faza prolazi gravitacijski, pa je stoga mali protok i metoda nije posebno učinkovita.

HPLC je suvremenija analitička tehnika kod koje se mobilna faza dovodi pomoću pumpe, prikazano na Slici 9. Uzorak se ubacuje pomoću ručnog ili automatskog injektora. Stupci za HPLC su punjeni silikatnim ili polimernim materijalom. Postoji više vrsta detektora za HPLC. Najčešće se koristi UV-VIS detektor, a osim njega i fotodiodni, fluorescentni, elektrokemijski i drugi. Na osnovi polarnosti razlikuje se LC na normalnim i obrnutim fazama. Razdvajanje na normalnim fazama podrazumijeva da je stacionarna faza polarna (npr. silikatna), a mobilna faza nepolarna (npr. heksan). Kod razdvajanja na obrnutim fazama stacionarna faza je nepolarna (npr. C-18 ugljikovodici), a mobilna faza polarna (npr. voda i metanol). [10]



Slika 9. Skica uređaja za tekućinsku kromatografiju

### 3.2.3. Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (HPLC)

Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (engl. High performance liquid chromatography - HPLC) je oblik kromatografije na stupcu koji se često koristi u analitičkoj kemiji. Ponekad se u literaturi može naći i naziv "Tekućinska kromatografija pod visokim tlakom" (engl. High pressure liquid chromatography - HPLC). HPLC se koristi za razdvajanje komponenti iz smjese na osnovi kemijskih interakcija između tvari koja se analizira i stacionarne faze u stupcu.

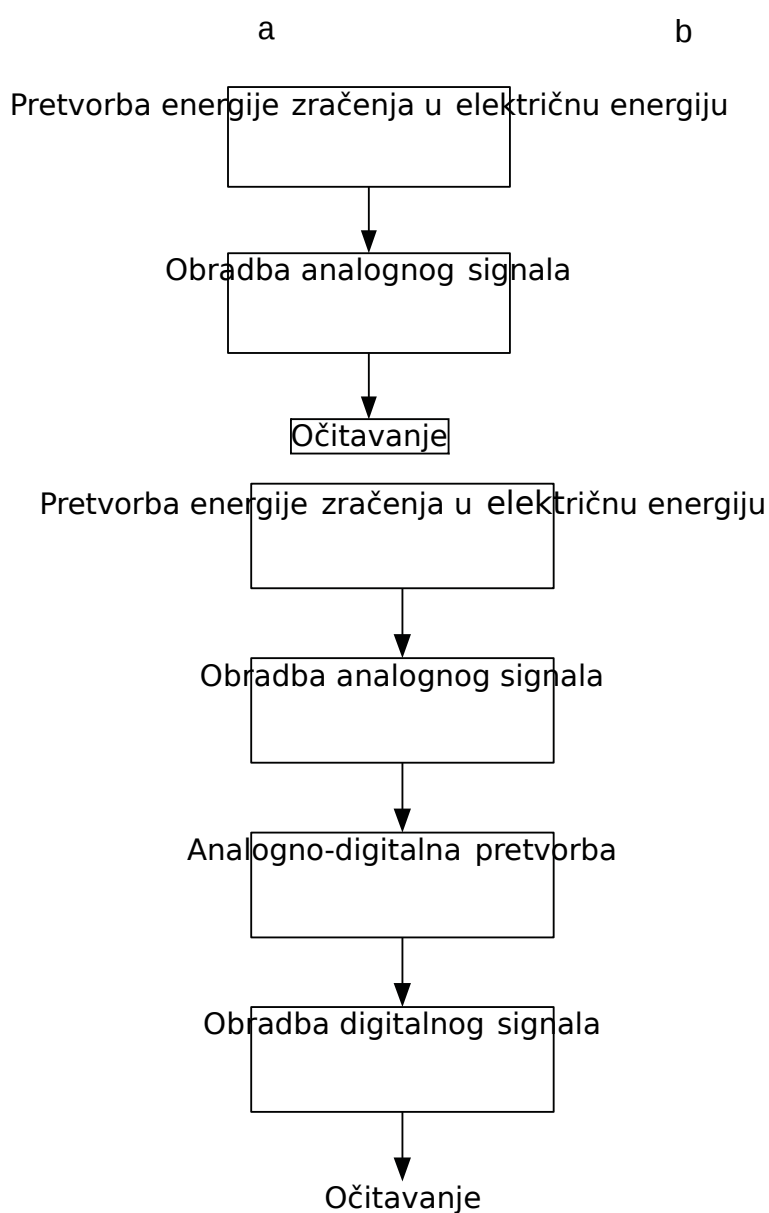
Princip rada HPLC-a uređaja, prikazan na Slici 10., je forsiranje prolaska analizirane tvari ili smjese kroz stupac (cijev punjenu materijalom sačinjenim od sitnih čestica, a time i velike površine) pumpanjem tekućine (mobilne faze) pod visokim tlakom kroz sam stupac. Postupak predviđa unošenje malog volumena uzorka u tok mobilne faze i na temelju specifičnih kemijskih i fizičkih interakcija, dolazi do različitog zadržavanja komponenta smjese. Vrijeme zadržavanja ovisi o prirodi tvari koja se analizira, stacionarnoj fazi i sastavu mobilne faze. Vrijeme u kojem se tvar eluira (dođe do kraja stupca) naziva se retencijsko vrijeme i karakteristično je za određenu tvar. Korištenje visokog tlaka povećava linearnu brzinu i daje komponentama manje vremena za zadržavanje, što poboljšava rezoluciju kromatograma. Koriste se uobičajena otapala, čista ili u bilo kojoj kombinaciji (npr. voda, metanol, organska otapala i dr.). Voda može sadržavati i neki tampon, kako bi se poboljšalo razdvajanje. Moguće je koristiti i gradijentno eluiranje, što podrazumijeva promjenu sastava mobilne faze u tijeku eluiranja. [10]



Slika 10. Suvremeni uređaj za tekućinsku kromatografiju visoke djelotvornosti

### 3.3. Spektrometrija

Spektrometrija je grana analitičke kemije koja se bavi mjerenjem spektra, tj. intenziteta izdvojenih dijelova nekog zračenja u ovisnosti o nekom njegovu svojstvu (energiji, valnoj duljini, frekvenciji). Pritom se zračenjem (radijacijom) smatra bilo koji oblik energije koju materijalne čestice ili elektromagnetski valovi usmjereno nose kroz prostor. Glavni su koraci spektrometrijskog mjerenja generiranje signala, njegovo detektiranje i/ili pretvorba, pojačanje, procesiranje ili modifikacija te izlaz ili očitavanje. Očitavanje može biti zapisanog i pokaznog tipa, a informacija se u oba slučaja može prezentirati u analognom ili digitalnom obliku, prikazano na Slici 11.



a – analogni oblik, b – digitalni oblik

Slika 11. Tipična mjerna shema očitavanja analognog signala

Kao i druge instrumentalne metode, tako su i spektrometrijske metode relativne, što znači za razliku od apsolutnih metoda, kao što je npr. gravimetrija, zahtijevaju uspoređivanje poznatog i nepoznatog uzorka. Za uspoređivanje se upotrebljavaju standardni uzorci koji se mjere pod istim uvjetima kao i nepoznati uzorci. [5]

Na slici 12. prikazan je spektrometar apsorpcije infracrvenog zračenja kakav je u uporabi u Laboratoriju za molekulsku spektroskopiju Instituta Ruđer Bošković (IRB) u Zagrebu.



Slika 12. Spektrometar apsorpcije infracrvenog zračenja (IRB, Zagreb)

Vrste spektrometrijskih metoda:

- metoda koju preporuča NIOSH za mjerenje profesionalne izloženosti nitroznim plinovima spada u metode u kojima se mjeri elektromagnetsko zračenje nakon apsorpcije. U tu skupinu spada i spektrometrija apsorpcije infracrvenog zračenja, koja je također značajna za ispitivanje profesionalne izloženosti.
- laserska spektrometrija je još jedan vid analize zraka značajnog potencijala za primjenu pri podzemnim radovima. Moguća je primjena dvaju sistema. Jedan je pomoću diferencijalne apsorpcijske jedinice koja koristi dva slična lasera, jedan je

ugodan za apsorpciju valnih dužina plina kojeg treba indicirati i jedan na nešto drugačiju valnu duljinu.

- druga laserska tehnika za analizu plina je metoda svjetlosne detekcije koja se oslanja na Raman efekt. Pobuđivanje plina monokromatskom radijacijom iz lasera uzrokuje stvaranje sekundarne radijacije. Sekundarna radijacija ima rasap zračenja. Spektar ovog sekundarnog zračenja je moguće analizirati kako bi se iskazala koncentracija plina koje ga je uzrokovalo.

Spektrometri se prema rasporedu jedinica koje obavljaju osnovne funkcije mogu svrstati u one s jednim ili dvije zrake. U spektrometru s jednom zrakom jedinice su poredane u nizu pa zračenje, odnosno signal, putuje od jedne jedinice do druge.

U spektrometru s dvije zrake tok se zračenja dijeli. Slijepi se uzorak stavlja u jedan, a nepoznati uzorak u drugi snop, što omogućuje njihovu istodobnu usporedbu.

Posljedica toga je da se takvim spektrometrima ne mora dva puta mjeriti da bi se dobio jedan analitički podatak. Obje konstrukcije imaju prednosti i nedostatke, ali će konstrukcija s dvije zrake svakako imati prednosti kad su varijable koje utječu na mjerenje samo djelomično pod kontrolom, jer se smanjuju pogreške nastale zbog promjena napona, intenziteta izvora, odziva detektora i sl. Konstrukcija s dvije zrake upotrebljava se također kad se zahtijeva uporaba zapisne sprave i automatsko djelovanje, te onda kada se traži diferencijalno mjerenje.

Upravljanje spektrometrom može biti ručno, automatizirano i pomoću računala. Prilikom ručnog upravljanja analitičar provodi bitne korake pri mjerenju.

Zahvaljujući ugrađenim povratnim vezama i servomotorima spektrometar s automatiziranim upravljanjem ne zahtijeva posluživanje, te je za provođenje analize potreban samo rukovatelj koji odabire način rada i pokreće spektrometar. Kad se rad spektrometra upravlja digitalnim računalom vezanim uz spektrometar, ono odabire uvjete prikupljanja podataka radi dobivanja potrebne informacije. [6]

### **3.3.1. Spektroskopija vidljivim i ultraljubičastim svjetlom (UV/Vis)**

Primjenjuje se ponajprije za kvantitativnu analizu. Ima široku primjenu za identifikaciju i određivanje brojnih anorganskih i organskih spojeva, kao što su pesticidi i bojni otrovi te njihovi simulanti. Ultraljubičasti (UV) spektri obično se snimaju s otopinama uzoraka u otapalima (etanol, heksan) koja ne apsorbiraju zračenje. Djelovanjem zračenja ultraljubičastog (UV) i vidljivog područja (Vis) elektromagnetskog spektra dobiva se energija koja premješta elektrone neke molekule iz njegova osnovnog u pobuđeno

stanje. Svjetlo iz izvora koji emitira u području valnih duljina od 200-400 nm za UV, odnosno od 400 do 800 nm za Vis područje, prolazi kroz uzorak koji je, ako je potrebno, razrijeđen otapalom. Prizma ili optička mrežica omogućuje izdvajanje monokromatskog snopa kod svake pojedine valne duljine unutar navedenih područja. Kontinuiranim mijenjanjem valne duljine i usporednim registriranjem intenziteta izlazne zrake, dobiva se spektar u kojem su valne duljine nanosene prema postotku apsorpcije. Dobiveni spektar daje podatke o optičkim svojstvima neke tvari. [5]

### **3.3.2. Infracrvena spektroskopija**

Infracrvena je spektroskopija jedna od najčešćih spektroskopskih tehnika koje se rabe u analizi organskih i anorganskih spojeva. Jednostavno rečeno mjeri se apsorpcija različitih IR frekvencija u uzorku pozicioniranih na putanji IR zrake.

Glavni cilj IR spektroskopije je definiranje kemijskih funkcionalnih skupina u uzorku. Različite funkcionalne skupine apsorbiraju karakteristične frekvencije IR zračenja. Budući da je apsorpcija IR zračenja svojstvo tvari i nije vezano uz njezino agregatno stanje, to znači da se na ovaj način mogu analizirati kruti, tekući i plinoviti uzorci. IR zračenje obuhvaća dio elektromagnetskog spektra valnog broja od 13 000 do  $10\text{ cm}^{-1}$  te valne duljine od 0,78 do 1000 m. Vezan je na crveni kraj vidljivog spektra na visokim frekvencijama i na mikrovalno područje na niskim frekvencijama. Pozicija IR apsorpcije se obično prikazuje valnim brojem i valnom duljinom. Najviše se rabi valni broj koji se definira kao broj valova u jedinici duljine i izravno je proporcionalan frekvenciji kao i energiji IR apsorpcije.

Transmitacija (T) je odnos snage zračenja koju emitira uzorak (I) u odnosu na snagu ulaznog zračenja u uzorak (I<sub>0</sub>). Apsorbancija (A) je logaritam s bazom 10 recipročne vrijednosti transmitacije (T). Te vrijednosti daju bolji kontrast intenziteta jakih i slabih veza u molekulama. Podaci koji su prikupljeni za određene spojeve nalaze se u bazi podataka jer svaki spoj ima jedinstven IR spektar. Tijekom analize se uspoređuju dobiveni podaci (IR spektar) s podacima (različitim IR spektrima) u bazi podataka te ako imamo poklapanje ili bolje reći podudaranje, riječ je o istom kemijskom spoju. Isto je Ramanovo raspršenje karakteristika tvari te se ta tehnika rabi na sličan način u analizi kemijskih spojeva. [5]

### **3.3.3. Ramanova spektroskopija**

Ramanova spektroskopija uključuje molekulske vibracije i vibracije kristalne rešetke i zbog toga je osjetljiva na sastav, kemijske veze, kemijsku okolinu, faze i kristalne

strukture tako da uzorci mogu biti u bilo kojoj formi: plina, tekućine, otopine, kristalne ili amorfne krutine.

Ramanov fenomen je posljedica zračenja uzorka monokromatskom fotonskom zrakom (laser), od kojeg se većina apsorbira, reflektira ili je ponovo emitira uzorak. Međutim, malena frakcija fotona djeluje s uzorkom.

Tijekom tog međudjelovanja jedan dio energije se emitira do elementarnih čestica od kojih je tvar sastavljena (elektroni, ioni i slično). To uzrokuje promjenu u njihovu energetskom položaju iz osnovnog u virtualno pobuđeno stanje. Ti položaji su energetski nestabilni i čestice teže vraćanju u osnovni energetski položaj jednim od sljedećih triju različitih procesa.

Ramanova spektroskopija koju je otkrio Raman dvadesetih godina prošlog stoljeća nije bila osobito zanimljiva desetljećima zbog nedostatka monokromatskog izvora i odgovarajućih detektora.

Ramanova spektroskopija se ponovno budi otkrićem lasera i CCD detektora. [8]

### **3.4. Kemijska luminescencija**

Kemijskom luminescencijom smatra se emisija elektromagnetskog zračenja (obično vidljivog spektra) iz tvari oslobođena pri nekim egzotermnim kemijskim reakcijama. Te su kemijske reakcije obično oksidacije, pa se tako kemijska luminescencija događa na isti način kao i luminescencija anorganskog kemijskog elementa fosfora kada se on promatra na vlažnom zraku. Prvi put je to primijećeno 1699. godine, a radi se o kemijskoj reakciji u plinskoj fazi.

Jedna druga reakcija u plinskoj fazi je osnova detekcije dušikova oksida u komercijalnim izvedbama analitičkih instrumenata koji se primjenjuju za ispitivanja kvalitete vanjskog zraka. Ozon se pridodaje dušikovu oksidu s kojim formira dušikov dioksid u aktivnom stanju:



Aktiviran  $\text{NO}_2 (\text{A})$  luminescira svjetlost u širokom spektru od vidljivog do infracrvenog područja, jer se vraća na niže energijsko stanje. Fotomultiplikator i prateća elektronika broji fotone čija je količina proporcionalna količini prisutnog  $\text{NO}$ . Da bi se utvrdila količina dušikova dioksida,  $\text{NO}_2$ , u uzorku (koji ne sadrži  $\text{NO}$ ), to ga se prvo mora pretvoriti u dušikov monoksid,  $\text{NO}$ , na način da se uzorak propusti kroz pretvarač kako bi se provela prethodno objašnjena aktivacija ozonom [5]. Reakcija s ozonom rezultira



stvaranjem fotona čiji je broj proporcionalan NO koji je proporcionalan NO<sub>2</sub> prije nego što je pretvoren u NO. U slučaju kada uzorak sadrži NO i NO<sub>2</sub>, primjenom gore spomenute reakcije dolazi se do pojedinačnih količina NO i NO<sub>2</sub> u uzorku zraka, uz pretpostavku da je uzorak prošao kroz pretvarač. Ako mješoviti uzorak ne prolazi kroz pretvarač, reakcija s ozonom rezultira aktivacijom NO<sub>2</sub> (A) samo u odnosu na sadržaj NO u uzorku.

Tada se NO<sub>2</sub> u uzorku ne aktivira u reakciji s ozonom. Iako je neaktivni NO<sub>2</sub> prisutan s aktiviranim NO<sub>2</sub> (A), otpuštena energija proporcionalna je samo s aktiviranim dijelom uzorka, izvornim NO. U završnom koraku, oduzima se NO od (NO + NO<sub>2</sub>) da bi se došlo do količine NO<sub>2</sub>. [5]

### 3.5. Elektrokemijske metode

Elektrokemijske metode čine skupinu onih instrumentalnih analitičkih postupaka kod kojih informaciju odnosno podatak o koncentraciji, aktivitetu ili nekom drugom podatku određivane molekulske vrste dobivamo posredstvom međusobno razmjernih električnih veličina (napona, struje ili naboja).

Elektrokemijske metode su vrlo zastupljene u analitici, a neke od važnijih su npr. kulometrija, polarografija i amperometrija. [5]

#### 3.5.1. Kulometrija

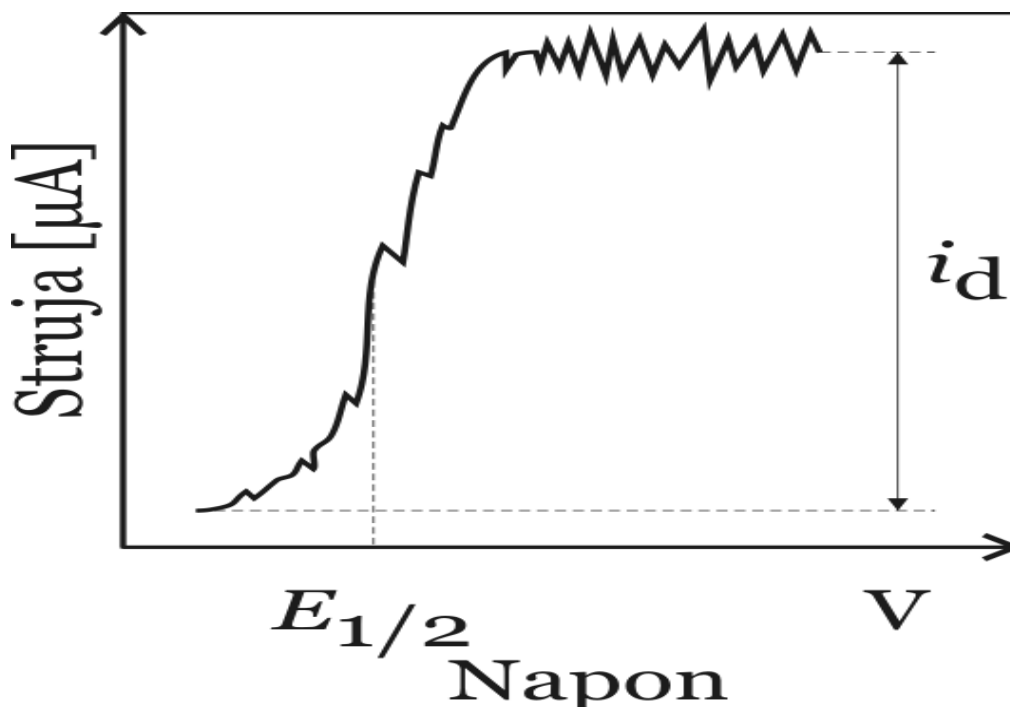
Kulometrijska analiza zasniva se na količini elektriciteta koja prolazi kroz neki sustav koji se pokorava Faradayevim zakonima. To znači da se na svakoj elektrodi u elektrokemijskoj ćeliji odvija po jedna reakcija. Kulometrijska analiza može biti direktna ili indirektna. U direktnoj analizi gravimetrijski se određuje masa depolarizatora izlučenog na elektrodi. Indirektna ili posredna kulometrijska analiza sastoji se u elektrokemijskom stvaranju reaktanta koji kemijski reagira sa tvari koja se određuje, pa se tako znatno proširuju mogućnosti primjene. Odnos između molarne mase tvari, jakosti električne struje, trajanja elektrolize i broja ekvivalenta nastalog reaktanta (Faradayev zakon) određen je izrazom:

$$m = \frac{MIt}{n96487}, \quad [5]$$

gdje je  $m$  masa tvari izdvojena na elektrodi (u gramima),  $M$  molarna masa tvari (g/mol),  $I$  jakost struje (u amperima),  $t$  vrijeme (u sekundama),  $n$  broj izmijenjenih elektrona po molekuli. Na temelju toga izračunava se količina reaktanta, pa prema tome i količina analizirane tvari. Kulometrija je vrlo točna metoda, jer se dva bitna parametra, struja i vrijeme, mogu vrlo točno mjeriti. [5]

### 3.5.2. Polarografija

U polarografskoj analizi prati se ovisnost jakosti električne struje o naponu nametnutom elektrokemijskoj ćeliji posebne izvedbe (polarografska ćelija). Ovom se elektrokemijskom metodom kvalitativno i kvantitativno određuju kemijski sastojci u otopinama u koje su uronjene elektrode. Signal pobude je električni napon, a mjerena fizikalna veličina jest električna struja ćelije. Postupnim povećanjem napona na elektrodama struja ostaje gotovo konstantna dok se ne postigne napon potreban za redukciju jednog sastojka otopine. Za vrijeme redukcije struja naglo raste do nove vrijednosti, na kojoj opet ostaje konstantna dok se ne postigne napon potreban za redukciju slijedećeg sastojka itd. Nagli porasti struje označavaju se u dijagramu struja-napon (polarogram) kao polarografski valovi, prikazano na Slici 13.



$i_d$  – difuzijska struja,  $E_{1/2}$  – poluvalni potencijal

### Slika 13. Tipični polarogram

Polarografski valovi za različite sastojke otopine nalaze se na različitim naponima ( $E_{1/2}$ ), pa se na temelju toga kvalitativno određuju različiti sastojci otopine. Visina vala id, podatak je iz kojeg se određuje količina prisutnih sastojaka. [5]

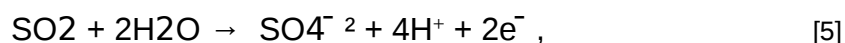
#### 3.5.3. Elektrokemijska osjetila

Poznato je i iz prethodno opisanih elektrokemijskih metoda jasno da se elektrokemijska mjerenja provode u elektrokemijskoj ćeliji. Ona se sastoji od najmanje dviju elektroda uronjenih u otopinu koja provodi električnu struju (elektrolit). Elektrode su elementi ćelije na kojima nastaje analogna električna veličina koju mjerimo.

Tako razlika potencijala između elektrode i otopine nastaje uranjanjem elektrode u otopinu koja sadržava molekulsku vrstu s kojom elektroda ostvaruje elektrokemijsku reakciju. Tada elektroda ima ulogu osjetila, tj. pretvornika koji fizikalnu veličinu molekulske vrste prisutne u otopini pretvara u razliku potencijala na dodirnoj površini elektroda-otopina.

Elektrokemijska se osjetila često koriste za određivanje kisika i toksičnih plinova u radnim atmosferama. Svako osjetilo konstruirano je za određivanje jedne plinovite tvari. U osnovi, elektrokemijska osjetila su elektrokemijske ćelije koje se sastoje od elektroda od plemenitih kovina uronjenih u elektrolit. Kada plin difundira u elektrolit, ovisno o tipu ćelije dolazi ili do promjene jakosti izlazne struje elektrokemijske ćelije koja je proporcionalna koncentraciji plina ili do uspostave ravnotežnog elektrodnog potencijala u ćeliji.

U amperometriji, konstantni napon vanjskog izvora propušta se preko elektroda elektrolitne ćelije kako bi izazvao daljnju polarizaciju elektroda. Uzorak plina dovodi se do međuprostora između elektrolita i jedne od elektroda, npr. radne elektrode. To se može postići difuzijom uzorkovanog plina kroz šuplju i propusnu radnu elektrodu ili plinopropusnu membranu. Elektrokemijska reakcija između elektroda/elektrolita mijenja brzinu pri kojoj se elektroni oslobađaju toku kroz elektrolit i prikupljaju na pomoćnoj elektrodi. Na primjer, u elektrokemijskom osjetilu sumporova dioksida, oksidacija se odvija na slijedeći način:



Rezultirajuća promjena u jakosti struje proporcionalna je koncentraciji sumporova dioksida u uzorkovanom plinu.

U potenciometriji, mjeri se razlika potencijala između elektroda elektrokemijske ćelije uz ravnotežne uvjete, tako da kroz ćeliju ne teče struja. Oba tipa ćelija podložna su interferenciji s ometajućim plinovima. Ovo se ublažava odgovarajućim odabirom materijala korištenog za izradu elektroda i elektrolita, primijenjenom polarizirajućem naponu i prikladnim odabirom filtara. Usprkos pažljivom odabiru elektroda i elektrolita, finom baždarenju potencijala radne elektrode i primjeni filtara, teško je proizvesti katalizator koji neće reagirati sa aktivnijim plinom od onoga koji se nastoji odrediti. Naposljetku, korištenje filtra obično rezultira sporijim odzivom ćelije odnosno osjetila.

Elektrokemijska osjetila u stvari mjere parcijalni pritisak plina, ne i njegovu koncentraciju. To zahtijeva kalibriranje instrumenta kada se prenosi kroz značajne promjene u atmosferskom tlaku, što će se dogoditi prenošenjem iz jednog u drugi horizont jame. [5]

### **3.6. Optičke metode**

Najpoznatija optička metoda koja se upotrebljava za ispitivanje optičkih, kristalografskih i morfoloških svojstava najraznovrsnijih materijala (tlo, ugljen, koks, rude, minerali, keramika, drvena građa i dr.) zove se mikroskopija. Za mjerenje profesionalne izloženosti najčešće se koristi refraktometrija i interferometrija. [5]

#### **3.6.1. Refraktometrija**

Refraktometrija je optička instrumentalna metoda koja se temelji na lomu elektromagnetskog zračenja na prijelazu iz jedne sredine u drugu s različitom fizičkom gustoćom, a nastaje zbog razlike u brzinama prolaza tog zračenja kroz te dvije sredine. Brzina širenja elektromagnetskih valova u nekoj tvari, a zbog toga i indeks loma, ovisi o nekoliko fizičkih svojstava. Pokazalo se da je indeks loma povezan s brojem, nabojem i masom vibrirajućih čestica u tvari kroz koju zračenje prolazi. Broj vibrirajućih čestica u spoju određen je brojem atoma i vrstom elektronskih veza.

Indeks loma doveo se u vezu i s gustoćom i relativnom molekulskom masom za klase spojeva koje imaju relativno konstantan broj čestica na jedinicu mase. [5]

#### **3.6.2. Interferometrija**

Interferometrija se zasniva na načelu superpozicije, koji vrijedi za sva valna gibanja. Kako pri zbrajanju (superpoziciji) dvaju ili više valova nastaje interferencija, moguće je tu pojavu iskoristiti za različita mjerenja. To je zato jer pri superpoziciji dvaju valova jednakih frekvencija rezultatna interferencija određena je faznom razlikom između tih valova - ako su valovi u fazi doći će do konstruktivne interferencije, a ako to nisu dolazi do destruktivne interferencije.

Uređaji kojima se opaža interferencija zovu se interferometri. [5]

### **3.7. Uređaji (detektori)**

Detektori se selektiraju prema sljedećim odredbama: selektivnost, osjetljivost, detekcijski limit, područje dinamičnog odgovora, mogućnost kvantitativne analize, učestalost krivog odziva, vrijeme odgovora, otpornost na vremenske prilike, vrijeme namještanja detektora i zagrijavanja, kalibriranje/verifikacija u terenskim uvjetima i dr.

U novije je doba težište na razvoju što osjetljivijih i selektivnijih instrumenata detekcije. U prošlosti su razvijane ručne metode detekcije uporabom detekcijskih papirića, detekcijskih cjevčica, enzima. Iako je takav način detekcije često djelotvoran, on zahtijeva određeno vrijeme i radnje koje se moraju ručno poduzeti u kontaminiranom području u zaštitnoj opremi pa nije praktičan. Detekcijski papirići koji su najpraktičniji, često nisu dovoljno pouzdani.

Razvoj instrumenata za detekciju vezan je i uz potrebu nadzora (monitoringa) određenog područja što je prilično jednostavnije odraditi uporabom instrumenta nego manualnim metodama.

Za potrebe detekcije razvijeni su razni uređaji koji rade na različitim principima, a služe za brzo otkrivanje RNBK tvari i alarmiranje ljudstva koje može biti ugroženo izlaganjem djelovanju opasnih tvari. Oduvijek je postojala ideja razvoja univerzalnog uređaja koji bi omogućavao detekciju svih opasnih tvari, ali zbog složenosti te različitih principa rada kod detekcije RNBK tvari od tog se odustalo te su razvijeni radiološki, biološki i kemijski detektori.

Kemijski detektori su uređaji kojima se služi pri nadzoru određenog područja, monitoringa ili pregleda dekontaminacije. Ti detektori su robusne građe, autonomni, mobilni i jednostavni za rukovanje. Najveći je problem tih uređaja relativno niska selektivnost u odnosu na osjetljivost pa često imamo pogrešan odziv ili lažni alarm. To može stvoriti čitav niz problema u slučaju kad postoji opasnost od kemijske ugroze jer stavljanje i skidanje zaštitne opreme slijedeći razine opasnosti i zaštite može bitno zakomplicirati život. No mora se napomenuti da kemijski detektori ne služe samo za

detektiranje opasnosti od kemijskog oružja nego mogu poslužiti pri detekciji eksploziva, narkotika i drugih opasnih kemijskih tvari.

Važno je znati koju vrstu detektora ćemo upotrijebiti za koju svrhu da bismo dobili najbolje rezultata na terenu. U tome nam je potrebno iskustvo i dobro poznavanje kemije. [10]

- Jedan od takvih detektora, prikazan na Slici 14., je detektor GDA 2 je namijenjen za kemijsku detekciju najčešćih opasnih plinova uključujući bojne otrove. Može detektirati amonijak, kisele organske plinove, male kolorirane molekule kao i druge elektropozitivne i elektronegativne molekule. Pošto ima četiri različita senzora, može detektirati gotovo sve opasne spojeve koji se rabe u industriji i znanosti.

Dizajniran je za upotrebu prilikom prvog dolaska na sumnjivo područje vojske, policije i vatrogasaca. [10]



Slika 14. Detektor GDA 2

- Postoje senzori koji su osjetljivi na točno određenu vrstu plina ili plinova pa neki komercijalni detektori pružaju mogućnost dogradnje detektora s više desetaka različitih senzora za pojedine plinove što je osobito korisno u nadzoru raznih industrijskih procesa, u zaštiti okoliša nadzorom gospodarenja otpadom, u vatrogastvu kad se ide

na različite intervencije te se može sumnjati na opasnost od određenih plinova te se senzorom na pojedini plin dobije mnogo veća selektivnost i osjetljivost uređaja nego kad je riječ o univerzalnim detektorima.

Jedan od takvih detektora, prikazan na Slici 15., je Dräger X-am 7000. [10]



Slika 15. Detektor Dräger X-am 7000

- Automatski IMS detektori, prikazani na Slici 16., rabe se za detekciju živčanih, krvnih i kožnih bojnih otrova, ali sofisticiraniji mogu detektirati na tisuće različitih tvari. Baziraju se na ionizaciji para spojeva kod atmosferskog pritiska te se mjeri vrijeme leta iona u električnom polju i razlika u vremenu što je karakteristika određene tvari. [10]



Slika 16. Detektor IMS

- Detektori koji se zasnivaju na generiranju iona pomoću radioaktivnog izvora imaju cijev s pregradom na jednom kraju gdje se prikupljaju ioni detektirane tvari. Takav detektor, prikazan na Slici 17., je poznat pod imenom Rapid Alarm Identification Detector (RAID).

RAID 1 detektor ima više mogućih upotreba, može služiti kao ručni detektor ili kao stacionarni detektor za pregled moguće kontaminacije. Detektira sve važnije bojne otrove kao i odabrane toksične industrijske kemikalije. [10]





Slika 17. Detektor RAID XP

- Drugi princip koji se rabi jest plamena fotometrija, FPD (Flame Photometric Detector). U plamenu vodika gori uzorak zraka te se fotometrom mjeri promjena boje plamena. Često se traži prisutnost fosfora ili sumpora. Primjeri za te detektore su francuski AP2C (Appareil Portatif pour le Contrôle Chimique) i izraelski CHASE. Za nadzor djelotvornosti dekontaminacije najbolji su FPD (plameno-fotometrijski detektori), prikazan na Slici 18. [10]



Slika 18. Detektor FPD

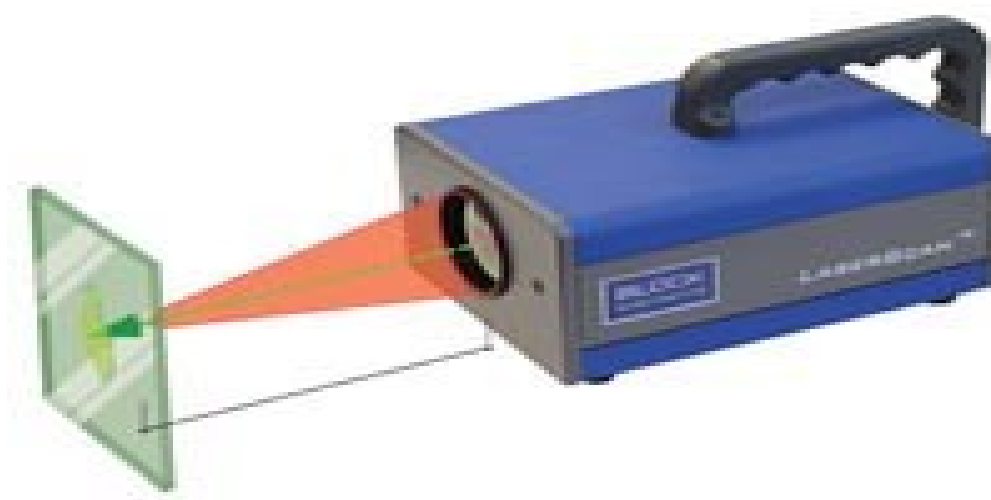
- Gaset DX4030 detektor, prikazan na Slici 19., može mjeriti anorganske i organske plinove s niskim detekcijskim limitom i to više od 25 plinova istodobno. Može služiti u razne svrhe te ga mogu rabiti vojnici, policija, carina kao i u različitim industrijskim procesima te za praćenje kvalitete zraka.

Rabi FTIR detekciju te omogućuje mjerenje u koncentraciji različitih spojeva što je vrlo važno u slučaju kad se događaju brze promjene u koncentraciji opasnih spojeva na određenom prostoru. [10]



Slika 19. Detektor Gaset Calcmeter DX4030

• Noviji FTIR detektori, prikazan na Slici 20., mogu mjeriti organske i anorganske plinove s vrlo niskim detekcijskim limitima. Istodobno se može mjeriti i više desetaka plinova. Mogu se mjeriti otrovni industrijski plinovi poput fosgena, hidrogen cijanida i arsina koji su razni industrijski nusproizvodi ili prekursori, do mjerenja najotrovnijih živčanih, krvnih i kožnih bojnih otrova. Takvi uređaji rabe se i u pregledu opasnih tvari prilikom prekograničnog prometa na graničnim prijelazima, riječnim i morskim te zračnim lukama. Uređaji se mogu rabiti i u svrhu praćenja čistoće industrijskih procesa, nadzora zagađenja i slično istodobnim praćenjem više različitih plinova. FTIR spektrometri su zamijenili disperzivne spektrometre u većini modernih detektora zbog svoje superiornosti u brzini i selektivnosti. Oni su znatno povećali mogućnosti IR spektroskopije te omogućuju analizu koja prije njih nije bila moguća klasičnim disperzivnim spektrometrom. Umjesto sekvencijskog gledanja svake komponente frekvencije kao kod disperzijskog IR spektrometra, sve frekvencije se ispituju simultano u FTIR spektroskopu. Osnovne komponente FTIR spektroskopa su: izvor zračenja, interferometar i detektor. [10]



Slika 20. Detektor FTIR

Identifikacija bojnih otrova na terenu poprimila je iznimnu važnost pa se sve više počela razvijati oprema koja može dati informaciju u stvarnom vremenu ili vrlo blizu stvarnog vremena. Stoga ne čudi što je uloženo znatan napor na razvoj prijenosnih terenskih MS i GC-MS instrumenata, jer se ova tehnologija smatra najvećom nadom za dokazivanje bojnih otrova u terenskim prilikama.

Uzorkovanje i analize u terenskim uvjetima ostaju sastavni dio strategije OPCW i znanstvenici uključeni u verifikaciju bojnih otrova trenutačno se koriste specijaliziranim terenskim prijenosnim GC-MS instrumentima.

Tako je u novije vrijeme razvijeno izvidničko vozilo FOX M93A1, prikazano na Slici 21., koje predstavlja NBK izvidnički sustav, a koje je namijenjeno za identifikaciju i verifikaciju bojnih otrova na terenu. To je mobilni sustav opremljen daljinskim osjetljivim alarmom kemijskih agensa M21, pasivnim IR detekcijskim uređajem, kao i MM-1 mobilnim masenim spektrometrom. Mobilni instrumenti korišteni u FOX-u su po prirodi manje osjetljivi i selektivni nego instrumenti kojima se koriste u stacionarnom laboratoriju jer su općenito ograničeni svojom veličinom, težinom, potrošnjom energije i moraju biti izrađeni tako da podnesu više razine vibracija. Međutim manja osjetljivost i selektivnost se nadoknađuju činjenicom da se FOX može dovesti na mjesto kemijskog napada, čime se ne zahtijeva dodatno vrijeme potrebno za slanje uzorka s mjesta uzorkovanja do laboratorija.

Fox je vrlo mobilno oklopno vozilo s potpuno opremljenim NKB laboratorijem. Zahvaljujući najmodernijim sensorima i analitičkim tehnologijama pouzdano otkriva nuklearne i kemijske prijetnje. A pravodobno otkrivanje prijetnje znači dovoljno vremena za provedbu raznih zaštitnih mjera.

Na vozilu je instaliran i najmoderniji biološki laboratorij koji omogućava otkrivanje prijetnji utemeljenih na uporabi virusa, bakterija ili toksina. Virus, bakterije i toksini se u tom laboratoriju mogu brzo analizirati i precizno identificirati. [10]



Slika 21. Izvidničko vozilo FOX M93A1

## 4. ZAKONSKI PROPISI

### 4.1. Opasnosti i mjere zaštite

Prilikom obavljanja bilo kojeg rada u raznim tehnologijama dolazi do mogućnosti za nastanak ozljeda ili privremenog ili trajnog oštećenja zdravlja radnika. Ozljede se ne događaju samo u proizvodnim procesima koji koriste strojeve što predstavljaju mehaničke opasnosti, već su češće u proizvodnim procesima koji za rad koriste opasne tvari.

Da bi se što više spriječilo događanje ozljeda, oboljenja, te profesionalne bolesti radnici moraju biti kvalitetno educirani za rad na siguran način, te upoznati s tvarima koje se koriste u proizvodnji, opasnosti i mjeri zaštite kod rada s njima. Sigurnost na radu se postiže primjenom odgovarajućih pravila i provedbom mjera zaštite na radu, koje su prilagođene rizicima koje se želi spriječiti. Rizik u načelu prvo treba prepoznati, potom proučiti i odabrati odgovarajuću mjeru zaštite za sprečavanje danjih ozljeda prilikom rada.

Poslodavac je dužan primjenom manje opasnih i štetnih tehnologija, radnih postupaka i radnih tvari stalno unaprjeđivati stanje zaštite na radu.

Prema odredbama članka 47. Zakona o zaštiti na radu, poslodavac je dužan ako koristi opasne radne tvari primjenjivati pravila zaštite na radu sljedećim redoslijedom:

- ukoliko je moguće prema vrsti poslova i stanju tehnike koristiti zatvorene sustave.
- ukoliko nije moguće spriječiti oslobađanje opasnih plinova, para i aerosola, treba ih odvojiti s mjesta nastanka izvan radnog okoliša na način da ne onečišćuje životni okoliš.
- ukoliko nije moguće odvoditi opasne plinove, pare i aerosoli s mjesta nastanka, onda ih je potrebno ograničiti na najmanju moguću mjeru:
  1. količinu opasne tvari,
  2. broj zaposlenika koji su izloženi djelovanju opasnih tvari,
  3. vrijeme izlaganja radnika utjecaju opasnih tvari.

Zaštita na radu je sastavni dio organizacije rada i izvedbe radnog postupaka, te se mora provoditi primjenom pravila zaštite na radu (propisana, ugovorena i priznata pravila), naređenih mjera inspektora rada i uputa poslodavca.

Propisana pravila su utvrđena zakonima, propisima nadležnih ministarstava i hrvatskim normama, a dijele se na:

- osnovna pravila – pravila kojima se otklanja ili smanjuje opasnost na sredstvima rada, njima se utvrđuju zahtjevi koje mora zadovoljiti sredstvo rada tijekom upotrebe (članak 9. Zakona o zaštiti na radu).
- posebna pravila – pravila koja se odnose na radnike i na način obavljanja radnog postupka, a primjenjuju se ako se osnovnim pravilima ne može otkloniti opasnost za život i zdravlje radnika (članak 10. Zakona o zaštiti na radu). [11]

Ugovorena pravila su ona pravila iz kolektivnih ugovora, sporazuma zaposleničkog vijeća s poslodavcem, ugovora o radu i sl.

Priznata pravila su pravila preuzeta iz stranih propisa ili u praksi provjereni načini kojima se otklanjaju ili smanjuju opasnosti i štetnosti na radu, sprječava nastanak ozljeda, profesionalnih bolesti i drugih bolesti. Primjenjuju se ako ne postoje propisana pravila. Ukoliko se primjenjuju priznata pravila, treba voditi računa da se odaberu ona pravila koja su povoljnija za sigurnost i zaštitu zaposlenika i drugih osoba, (članak 11. Zakona o zaštiti na radu).

Naređene mjere su one mjere koje je naredio inspektor rada. [11]

Upute poslodavca predstavljaju sažet pregled prava i dužnosti. Time se omogućuje da se brzo i na jednom mjestu nađe odgovor na pitanje tko je za što nadležan ili odgovoran kod poslodavca.

Sredstva za rad su objekti namijenjeni za rad s pripadajućim radnim i pomoćnim prostorijama i prostorima s instalacijama i uređajima, strojevima, prijevozna sredstva, skele i ostale površine s kojih se obavlja rad i po kojima se kreću zaposleni, a koji se nalaze izvan objekta za rad.

Zaštita na radu se provodi s ciljem da se radnicima osiguraju radni uvjeti bez opasnosti za život i zdravlje, odnosno da se izbjegnu ozljede, profesionalne bolesti i bolesti vezane za rad.

U slučajevima kada pravilima zaštite na radu nije moguće zaštititi radnike, jedna od mogućnosti je da se skрати radno vrijeme. Takvo skraćeno radno vrijeme računa se kao puno radno vrijeme (Zakon o radu, članak 32.).

Raditi na siguran način, treba naučiti. Zato je temeljna obaveza poslodavca osposobiti radnike za samostalan rad na siguran način. [11]

## 4.2. Izbor problema

Poslodavci imaju zakonsku i moralnu obavezu da zaštite zdravlje i sigurnost radnika. Obavezni su radnicima davati odgovarajuće obavijesti i pisane upute o opasnostima, štetnostima i naporima u svezi s djelatnosti koju obavljaju, a koje mogu ugroziti zdravlje njih samih. Kada obavljaju svoje radne zadatke radnici su izloženi određenim opasnostima, naporima štetnostima koje mogu uzrokovati ozljede, bolesti, te im ugroziti život i zdravlje. [9]

Štetnim tvarima po zdravlje smatraju se tvari i proizvodi od tih tvari koji uneseni u ljudski organizam ili u dodiru s organizmom mogu ugroziti život i zdravlje. Pritom je važno ponašanje te tvari prilikom ulaska u ljudski organizam.

Obzirom na svojstva i način djelovanja na organizam, kemijske štetne tvari mogu biti:

- tvari štetne po zdravlje,
- zapaljive tvari,
- reaktivne tvari.

Kemijska tvar ne može štetno djelovati ukoliko nije ušla u organizam ili došla u kontakt s njime.

Postoji više načina kako štetna tvar može ući u organizam, a to su:

- dišnim putovima – inhalacijom ili udisanjem,
- probavnim sustavom – ingestijom ili gutanjem, jedenjem,
- apsorpcijom preko kože – dermalno,
- ostali načini – preko placente trudnice na dijete u utrobi, rektalno.

Većina štetnih tvari koje se koriste pri radu mogu biti raspršene u zraku u obliku prašine, maglice, dimova, plina i para, tako da mogu u organizam dospjeti udisanjem.

Djelovanje štetne tvari na organizam može biti akutno i kronično.

Kemijske tvari postaju dio našeg življenja na način da potpomažu mnoge naše aktivnosti, ali se pri tome ne smije zaboraviti da ukoliko se ne upotrebljavaju pravilno ugrožavaju naše zdravlje, ali i truju okoliš. [9]

Pod pojmom opasna tvar podrazumijeva se svaka tvar koja može prouzročiti opasne ili štetne učinke koji mogu biti trajni ili prolazni:

- trajni učinci opasne tvari - vezani su za razaranja tkiva, a očituju se u trajnom oštećenju organa ili dijelova organa,

- prolazni učinci opasne tvari - ubrzavaju ili usporavaju procese u organizmu, ovisno o koncentraciji opasne tvari.

Kako se opasne tvari sve više proizvode, prerađuju ili koriste, njihovo štetno djelovanje na život i zdravlje zaposlenika postaje sve značajnije zbog mogućnosti nastanka ozljeda na radu i njihovim dugotrajnim djelovanjem na zdravlje zaposlenika. Zbog toga je Zakonom o zaštiti na radu poslodavac obavezan primjenom manje opasnih i štetnih tvari unaprijediti stanje zaštite na radu (čl.45.). [11]

Poslodavac koji u tehnološkom procesu koristi opasne tvari dužan je te tvari označiti na propisan način (u skladu s pravilima zaštite na radu i uputama proizvođača).

Kada nije moguće pravilima zaštite na radu ili organizacijskim mjerama otkloniti ili ograničiti opasnosti po život i zdravlje radnika, poslodavac mora osigurati odgovarajuća sredstva zaštite.

Rukovanje kemijskim tvarima bez odgovarajućih sredstva zaštite, radnika izlaže riziku da određenu količinu tih tvari apsorbira i na taj način ugrozi život i zdravlje.

Zakon o zaštiti na radu obavezao je poslodavce na:

- provedbu zaštite na radu,
- izradu programa osposobljavanja za rad na siguran način,
- određivanje poslova s posebnim uvjetima rada,
- korištenje osobnih zaštitnih sredstava,
- ispitivanje radnog okoliša, strojeva i uređaja,
- provođenje zaštite od požara i eksplozija.

Zakon o zaštiti na radu zabranjuje poslodavcu da rasporedi radnika na rad na poslovima, ako prethodno nije osposobljen za siguran rad na siguran način. Radnik radi na siguran način kada radne zadatke može obaviti bez ugrožavanja vlastitog života i zdravlja, te života i zdravlja drugih osoba.

Ako rade na poslovima pri kojima su izloženi djelovanju opasnih tvari radnici moraju biti osposobljeni za rad na siguran način. Moraju biti upoznati sa opasnostima koje proizlaze iz rada s opasnim tvarima i kako se te opasnosti otklanjaju. Pravilnikom o poslovima s posebnim uvjetima rada propisani su poslovi s posebnim uvjetima rada.

Poslovi s posebnim uvjetima rada su oni poslovi koje može obavljati samo radnik koji osim općih uvjeta za zasnivanje radnog odnosa ispunjava i posebne uvjete glede dobi života, spola, stručne spreme, zdravstvenog stanja i psihičkih sposobnosti.



Poslodavac ne smije rasporediti radnika na poslove s posebnim uvjetima rada ako prethodno nije na propisani način utvrdio da on ispunjava posebne uvjete. Na takvim poslovima ne mogu raditi osobe mlađe od 18 godina. Glede spola također postoje određena ograničenja, ali na način da je utvrđeno na kojim poslovima ne smije raditi žena za vrijeme trudnoće i za vrijeme dojenja djeteta.

Prije rasporeda na poslove s posebnim uvjetima rada radnici se podvrgavaju takozvanim prethodnim pregledima na kojima se utvrđuje da li radnici ispunjavaju tražene uvjete. Ukoliko ne ispunjavaju te uvjet ne mogu biti raspoređeni na te poslove. Kako bi se osiguralo da ne dođe do oštećenja zdravlja radnika, utvrđena je obaveza poslodavca da u propisanim vremenskim razmacima upućuje radnike na periodičke preglede.

Ako se prilikom takvih pregleda, utvrdi da radnik više ne ispunjava sve uvjete za obavljanje tih poslova, ili da je došlo do oštećenja zdravlja, radnik više ne smije raditi na takvim poslovima.

Poslodavac mora za svakog radnika imati odgovarajuće isprave o ispunjavanju posebnih uvjeta. Poslodavac mora proces rada tako planirati, pripremiti i provoditi da osigura kvalitetnu zaštitu radnika i okoliša. Tehnologiju rada mora razraditi tako da uzme u obzir sve čimbenike sigurnosti (organizacijske, tehničke i osobne) i u vezi s tim izraditi upute za rad na siguran način. Radne postupke mora tako pripremiti i organizirati tako da ne utječu na život i zdravlje radnika.

Kada se osnovnim pravilima zaštite ne mogu otkloniti opasnosti i štetnosti, poslodavac je obavezan radnicima osigurati odgovarajuća sredstva zaštite. Mora skrbiti da radnici ta zaštitna sredstva i koriste prilikom obavljanja radnih zadataka.

Poslodavac je dužan osobna zaštitna sredstva redovito pregledavati da bi se utvrdilo da li je došlo do kakvih promjena koje bi tijekom upotrebe mogle ugroziti sigurnost i zdravlje radnika.

Osobna zaštitna sredstva koja nisu u skladu s propisima zaštite na radu ne smiju se koristiti. [11]

## 5. ZAKLJUČAK

Kako bi se smanjio rizik od nezgoda, poduzima se niz organizacijskih i tehničkih mjera za smanjenje prisutne opasnosti. Znanje i iskustvo su, zasigurno, najvažniji čimbenici. Interes je svakog društva smanjiti štete i štetne posljedice na najmanju moguću mjeru. To se može postići prevencijom akcidenta, tj. utvrđivanjem i analizom potencijalnih opasnosti u svim fazama rada s opasnim tvarima.

Za učinkovit odgovor na izazove u radu s opasnim tvarima potrebno je neprestano razvijati znanstveno-istraživačke i stručne resurse koji mogu reagirati brzom detekcijom i kvalitetnom identifikacijom RNKB agensa, te učinkovitim uklanjanjem posljedica kontaminacije.

Smatram da su znanstveno-istraživački rad, stručna izobrazba i obuka dobitna kombinacija u borbi protiv RNKB agensa i očuvanja zdravlja radnika od opasnih i štetnih tvari, i pojava.

## 6. POPIS SLIKA

Slika 1. Osobna zaštitna sredstva.....	16
Slika 2. Zaštitna maska.....	18
Slika 3. Zaštitna kaciga i zaštitne naočale.....	18
Slika 4. Zaštitno odijelo.....	19
Slika 5. Zaštitne rukavice.....	20
Slika 6. Zaštitna obuća.....	20
Slika 7. Raspodjela između dviju faza.....	22
Slika 8. Skica uređaja za plinsku kromatografiju.....	24
Slika 9. Skica uređaja za tekućinsku kromatografiju.....	25
Slika 10. Suvremeni uređaj za tekućinsku kromatografiju visoke djelotvornosti.....	26
Slika 11. Tipična mjerna shema očitavanja analognog signala.....	27
Slika 12. Spektrometar apsorpcije infracrvenog zračenja (IRB, Zagreb).....	28
Slika 13. Tipični polarogram.....	33
Slika 14. Detektor GDA 2.....	37
Slika 15. Detektor Dräger X-am 7000.....	38
Slika 16. Detektor IMS.....	38
Slika 17. Detektor RAID XP.....	39
Slika 18. Detektor FPD.....	40
Slika 19. Detektor Gasmeter Calcmet DX4030.....	40
Slika 20. Detektor FTIR.....	41
Slika 21. Izvidničko vozilo FOX M93A1.....	42

## 7. POPIS LITERATURE

- [1] S.H.Pine; Organska kemija, Školska knjiga, Zagreb
- [2] Franović M; Opasne radne tvari. – Zagreb: IPROZ, 1999.
- [3] Šmer Pavelić, -.; Opasne tvari. – Zagreb: MiStar, 2000.
- [4] Nuklearno, kemijsko, biološko i toksinsko oružje, Pučko otvoreno učilište, Zagreb, 2004.;
- [5] H.H. Hill, Jr., S.J. Martin Conventional analytical methods for chemical warfare agents. Pure Appl. Chem. 74, (2002) 2281-2291.
- [6] GRIFFITHS, P. R., AND J. A. DE HASETH, Fourier Transform Infrared Spectrometry. New York: Wiley, 1986.
- [7] NATO AEP-10 Handbook for sampling and identification of biological and chemical agents volume 1 Procedures and techniques, Edition 5 (2000)
- [8] Coupry C, Lautie A; Raman studies on surface of artefacts; REV METALL-PARIS 98, 789, 2001.
- [9] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu
- [10] [www.hrvatski-vojniki.hr](http://www.hrvatski-vojniki.hr)
- [11] [www.smithdetection.com](http://www.smithdetection.com)
- [12] [www.nn.hr](http://www.nn.hr)

