

UNIVERZITET U BEOGRADU
FIZIČKI FAKULTET

Prof. dr DRAGOLJUB BELIĆ

F I Z I K A I E K O L O G I J A

Recenzenti: Prof. dr Milan Kurepa
 Dr Zorka Vukmirović
 Prof. dr Đura Krmpotić

Recenzija rukopisa prihvaćena na sednici Naučno-nastavnog veća
Fizičkog fakulteta od 15.03.1989. godine

Štampanje odobreno na sednici Naučno-nastavnog veća
Fizičkog fakulteta od 18.12.1991. godine

Izdaje: Fizički fakultet, PMF Beograd, P.B. 550, 11000 Beograd
Štampa: "Studio plus", Dušanova 13, Beograd (format B5)

Beograd 1992.

S A D R Ž A J

I BIOSFERA I EKOLOGIJA - PROBLEMI ZAGADJENJA	4
1.1. Uticaj zagađene sredine na zdravlje ljudi	10
1.2. Radna sredina kao deo životne sredine	15
1.3. Sistemi informisanja u oblasti zaštite i unapredjenja životne sredine	17
1.4. Sistematizacija porekla zagađivača	23
II PROBLEMI ZAŠTITE OKOLINE - NORMATIVNI I ZAKONSKI PROPISI	26
2.1. Kriterijumi i mere za zaštitu i kvalitet okoline i uloga društva	27
2.2. Principi za definisanje granica doza	29
2.3. Maksimalno dozvoljene koncentracije polutanata - MDK	29
2.4. Higijensko-tehnička zaštita na radnom mestu	46
III ZAGADJIVANJE I ZAŠTITA VODE	49
3.1. Ispitivanje zagađjenosti i klasifikacija voda	51
3.2. Mogućnost prečišćavanja otpadnih voda	61
3.3. Neke nove tendencije u zaštiti i ekonomiji voda.	72
IV ZAGADJIVANJE I ZAŠTITA VAZDUHA	76
4.1. Uticaj aerozagađivača na ljudski organizam	82
4.2. Savremene metode ispitivanja zagađjenosti vazduha. Uzimanje uzoraka	85
4.3. Metode analize gasova i para	85
4.4. Fizičke metode ispitivanja zagađjenosti vazduha	89
4.5. Osobine, nalaženje i detekcija pojedinih polutanata	100
4.6. PREČIŠĆAVANJE ZAGADJENIH OTPADNIH GASOVA	110
4.7. Aerozagađjenje i klimatski uslovi	138
V KORIŠĆENJE TLA I MINERALNIH SIROVINA. PROSTORNO PLANIRANJE I URBANIZAM	143
5.1. Posledice nepravilnog iskorišćavanja zemljišta na okolinu	143
5.2. Korišćenje prirodnih sirovina i devastiranje zemljišta	145
5.3. Prostorno planiranje i urbanizam kao elementi životne sredine	152
VI ENERGIJA, OPTEREĆENJE SREDINE OD ENERGETSKIH DELATNOSTI	161
6.1. Izvori i vrste opterećenja sredine od energetskih delatnosti	164
6.2. Elektroenergetika i opterećenje sredine	165
6.3. Eksploatacija nafte i gasa i okolina	167
6.4. Hidroelektrane, pumpno-akumulacione hidroelektrane i okolina	171
6.5. Korišćenje uglja i opterećenje okoline	172
6.6. Mere kontrole i zaštite okoline od zagađivanja	175
VII NUKLEARNA POSTROJENJA-POTENCIJALNO OPASNI OBJEKTI	177
7.1. Specifičnosti nuklearne energije	177
7.2. Nuklearni i klasični rizici	178

7.3. Doze izlaganja-ozračivanja	179
7.4. Radioaktivni efluenti	180
7.5. Zaustavno-zadržavajuća oprema	181
7.6. Toplotno opterećenje	181
7.7. Radioaktivni otpadni materijal	182
7.8. Nuklearni rizik i analize akcidenata	182
7.9. Uticaj nuklearne elektrane na klasičnu sigurnost	184
7.10. Nuklearno postrojenje i okolina, izbor lokacije	185
VIII POGON MOTORNIH VOZILA I ZAGADJIVANJE OKOLINE	186
8.1. Analiza sastava izduvnih gasova SUS motora	194
8.2. Tendencije razvoja pogona motornih vozila sa aspekta zaštite okoline	205
IX BUKA KAO SPECIFIČAN OBLIK ZAGADJENJA	211
9.1. Uzroci stvaranja buke	213
9.2. Buka kao izvor oštećenja sluha	214
9.3. Merenje i analiza buke	218
9.4. Zaštita od štetnog dejstva buke	219
X AEROZAGADJENJE I KOROZIJA	222
10.1. Klasifikacija štetnog dejstva gasovitih polutanata po zonama i vrsti	222
10.2. Štetno dejstvo otpadnih gasova na metalne površine	226
10.3. Mogućnost zaštite i sanacije od agresivnog dejstva štetnih gasova	230
10.4. Ponašanje opreme zaštićene sintetičkim smolama	233
XI BEZOTPADNE TEHNOLOGIJE. RECIKLIRANJE POSTUPAKA I SIROVINA	235
11.1. Bezotpadne tehnologije	235
11.2. Recikliranje-model za iskorišćavanje postupaka i sirovina	238
XII PROBLEMI TOPLOTNOG OPTEREĆENJA OKOLINE	244
12.1. Izvori energije i energetska ravnoteža	245
12.2. Globalni efekti toplotnog opterećenja	250
12.3. Mikroklimatski i ekološki efekti	253
12.4. Budućnost leži u "čistim" energijama	257
XIII OPASNOST OD PUŠENJA DUVANA	261
PRILOG I: Tabela vrednosti dozvoljenih koncentracija za gasove, pare, otrovne prašine, dimove i magle, JUS. Z. BO: 001 VIII 1971, Sl. List SFRJ br.35/1971	263
PRILOG II: PRORAČUN KONCENTRACIJE POLUTANATA EMITOVANIH IZ DIMNJAKA INDUSTRIJSKIH I ENERGETSKIH OBJEKATA	283
LITERATURA	287

BIOSFERA I EKOLOGIJA - PROBLEMI ZAGADJENJA

Pitanja čovekove okoline, u smislu problema koji se javljaju njenim zagadjenjem, u poslednje vreme postaju isto toliko važna i razmatrana kao najveći problemi današnjeg čovečanstva, kao pitanja mira, pitanja ishrane ili industrijalizacije nerazvijenih delova sveta. Razmatraju se u školama, istraživačkim organizacijama, državnim telima i organima, na međunarodnim skupovima i u Ujedinjenim nacijama.

Veliki kvantitet nagomilanih problema okoline radja se kao novi kvalitet koji svojom ozbiljnošću prevazilazi granice medju zemljama i narodima. Čitavo čovečanstvo se postepeno, ali neminovno, pokreće u akciji očuvanja, racionalnijeg i boljeg korišćenja, preobražaja i ulepšavanja, kao i bogaćenja svestranog ambijenta zvanog čovekova okolina ili životna sredina. Ova akcija, nažalost, još uvek ne doseže potrebni obim i sadržinu u odnosu na ozbiljnost problema sa kojima se suočavamo, ali isto tako kako je borba za opstanak nametnula pojavu degradacije životne sredine, ista ta borba za opstanak zahteva i zahtevaće sve veću pažnju i napore za očuvanje i unapredjenje životne sredine.

Životna sredina predstavlja sastavni i nerazdvojni deo celokupne biosfere, tankog Zemljinog omotača obuhvaćenog životom, koji se uglavnom proteže izmedju nadmorske visine od 3000 metara do 90 metara ispod nivoa mora. Ona se održava tipičnošću biohemijskih procesa, kruženjem materije i proticanjem energije u globalnim razmerama. Nastala je kao rezultat evolutivnog delovanja živog sveta i sredine u toku više stotina miliona godina.

Ova integralna biološka sredina uzajamno je povezana čineći funkcionalne sisteme čiji opstanak uslovljavaju unutrašnji regulacioni mehanizmi, kao i odnosi sa sredinom. U subordinaciji nadgradnje ovih sistema javljaju se prirodni hijerarhijski odnosi od molekularnog nivoa do biosfere, kao jedinstvenog i za sada jedino poznatog najvišeg nivoa organizacije materije.

Evolucija ovih sistema odvijala se nezavisno od čoveka. Pojavom čoveka javlja se u biosferi nova kategorija odnosa vezana za razvoj svesti. Skraćena definicija Ekologije da je to 'nauka koja se bavi proučavanjem odnosa živih bića prema mrtvoj i živoj sredini koja ih okružuje', sa aspekta sa koga sada pokušavamo da shvatimo posmatrane odnose, nije potpuna, jer svrstava čoveka u pojam 'živa bića', iako bi trebalo da njegove aktivnosti budu tretirane odvojeno od ostalih životinja i biljaka. Ovom odnosu čovek svojom svešću i aktivnošću daje jednu, kvalitativno sasvim novu komponentu. Uslovljen svojom biološkom sredinom i nasledjem, čovek je kao organizovano biće u stanju da svojom svešću i

tehnologijom menja i modifikuje prirodu. Izmedju ostalog, degradirajući čitave ekosisteme drastičnim eliminisanjem osnovnih zakonitosti prirodne ravnoteže, on uslovljava i svoju neposrednu budućnost, uključujući neposredno i postojeće društvene odnose. Upravo društveni odnosi i kulturni aspekti čovekovog ponašanja čine osnovu njegovog odnosa prema životnoj sredini mnogo složenijom i kvalitetno drugačijom u odnosu na sve druge vrste. Pri svemu tome ne sme se zaboraviti da čovek može održati svoje vitalne sposobnosti i opstati kao društveno biće jedino pod uslovom da uskladi i reguliše odnose pre svega unutar svoje zajednice, a zatim i sa ostalim živim organizmima u svojoj sredini i neminovnim prirodnim zakonima, što nije ni lako ni jednostavno.

Na Zemlji sada živi preko šest milijardi ljudi. Svake godine taj broj se uveća za trostruki broj stanovnika Jugoslavije. Broj stanovnika Jugoslavije uveća se za nekoliko stotina hiljada, što predstavlja jedan grad srednje veličine, kao na primer Ljubljana ili Sarajevo.

Da bi obezbedio dovoljnu količinu kvalitetnih sirovina za ishranu, vode i drugih životnih potreba, čiji broj takodje stalno raste, čovek u procesu proizvodnje ostvaruje maksimalnu mobilizaciju i izvanredan napredak nauke, tehnike i tehnologije. Intenzivna proizvodnja, utrošak ogromnih količina sirovina i energije, znači istovremeno i sve veću akumulaciju 'štetnih materija' i nusproizvoda koji mogu negativno da utiču na prirodu i na samog čoveka. Medjutim nauka, tehnika i tehnologija ne mogu biti činioци koji bi sami po sebi ugrožavali životnu sredinu, već su to ponašanje čoveka i neadekvatni društveni odnosi u kojima se odvijaju savremeni tokovi razvoja u velikom delu sveta.

— . —

Dakle, u rešavanju svojih egzistencijalnih problema čovek neminovno unosi određene supstance i energiju u životnu sredinu. Kada te supstance ili energija direktno ili indirektno ugrožavaju njegovo zdravlje, opstanak pojedinih ekosistema, prirodne izvore dobara i proizvode, ili se mogu pojaviti kao izvor opasnosti, nazivamo ih POLUTANTIMA ili ZAGADJIVAČIMA.

Oba ova izraza su preuzeta iz strane literature. Izraz polutant preuzet je iz engleskog jezika i to iz američke literature, gde se i čitava ova problematika radja i razvija, što je i normalno obzirom na dugogodišnji primat Amerike u industrijskom razvoju. Izraz zagadjivač potiče od ruske reči zagad koja je našem jeziku prilagodjena navedenim izrazom. U našoj stručnoj literaturi susreću se oba izraza, ali preovladava mišljenje da bi trebalo usvojiti termin polutant. Razlozi za ovo su dvojaki. Prvo, prihvatanjem izraza polutant na izvestan način se odaje priznanje prvenstvu porekla i razvoja problematike životne sredine u razvijenim zemljama zapada. Izraz zagadjenje bi bio bliži našem jeziku, ali sa druge strane može da unese izvesne nepreciznosti u smislu nerazlikovanja štetne materije od objekta koji je emituje, na primer. Stoga ćemo nadalje uglavnom koristiti termin **polutant**.

U savremenom svetu prvenstveni razlozi degradacije životne sredine su ekonomski. Osnovni uzroci su:

- intenzivna industrijalizacija,
- razvoj saobraćaja,
- porast gustine naseljenosti stanovništva i
- intenzivna urbanizacija.

Polutanti se u životnoj sredini javljaju uglavnom u sledećim oblicima:

- štetni gasovi,
- štetne tečnosti,
- štetne čvrste materije,
- zračenje, elektromagnetno i radioaktivno,
- buka, kao specifičan oblik zagađenja,
- toplota,
- vibracije,

i u širem smislu

- neestetska i nesocijalna rešenja vezana za životnu sredinu.

Navešćemo ovde neke od najozbiljnijih polutanata životne sredine, radi ilustracije:

- Ugljenmonoksid, sa emisijom od oko 15 milijardi tona godišnje na planeti,
- Ugljendioksid, sa 5-6 milijardi tona godišnje,
- Sumpordioksid, sa oko 150 miliona tona,
- Oslobođene čestice u vazduhu od 20 miliona tona,
- Oksidi azota, oko 53 miliona tona, itd.

Osim što direktno utiču na zdravlje čoveka, ovi polutanti, što je posebno ukazano na Štokholmskoj konferenciji UN 1972. god., su opasni kao potencijalni uzrok promene klime na planeti zbog izuzetno velikog zagađenja atmosfere. Ovo posebno upozorava obzirom da navedene količine polutanata eksponencijalno rastu. Na primer emisija CO₂ je porasla za zadnjih dvadeset godina od 250 miliona na 5-6 milijardi tona godišnje (oko 30 puta). Dakle na svakog stanovnika Zemlje emituje se 1 tona. Samo polovina ove količine može da se apsorbuje fotosintezom sa sadašnjim kapacitetom biljnog omotača na Zemlji, koji se inače smanjuje.

Dalje, ozbiljni polutanti su isparljivi ugljovodonici i njihovi produkti oksidanti, uključujući i ozon, fluoridi, isparljivi zagađivači vazduha, živa, olovo, kadmijum, fosfati, nitrati i nitriti, soli, alhisulfokiseline, hlorovani ugljovodonici, polihlorovani bifenili, derivati karbonskih kiselina, azbest, policiklični aromatični ugljovodonici, nafta, organske materije, čvrsti otpaci, nikotoksilni patogeni organizmi, jonizujuće zračenje, nejonizujuće zračenje, toplota, buka. To su dalje arsen, heterociklična jedinjenja kao pesticidi, pojedina jedinjenja kao dodatci hrani - nitriti, fosfati, hormoni i antibiotici, itd...

Što se tiče poznavanja stanja zagađenosti životne sredine, neophodno je ukazati da su ovi problemi poznati još od pre drugog svetskog rata i da su u cilju njihovog rešavanja donošeni normativni propisi i formirane odgovarajuće službe i ranije. Medjutim tek u zadnje vreme, naročito poslednjih 30 godina, naglim razvojem hemijske industrije, naročito masovnom upotrebom pesticida u poljoprivredi, šumarstvu i komunalnoj higijeni, skrenuta je pažnja javnosti od strane naučnih radnika i na moguće posledice intoksikacije korisnih organizama, pa i samog čoveka. Praćenjem rasprostiranja pesticida i drugih polutanata utvrđeno je da se oni ne zadržavaju samo na tretiranoj površini ili neposrednoj blizini izvoru zagađenja, već da kao nepromenjene supstance ili njihovi degradacioni proizvodi mogu dospeti vazduhom vodom ili lancem ishrane na vrlo velike razdaljine, na hiljade kilometara. Pomenimo radi ilustracije i pojavu kiselih kiša koje padaju povremeno nad Skandinavskim poluostrvom, a potiču od sumpordioksida emitovanog iz velikih industrijskih centara Nemačke i Engleske; ili taloženje čestica produkata sagorevanja i pepela u krajevima u kojima na hiljade kilometara u okolini nema industrijskih objekata. Obimna stručna i naučna istraživanja pokazuju da je cela naša planeta neravnomerno, ali u celini, zagađena.

Na osnovu brojnih tragičnih pojava, kao što su masovne akutne intoksikacije 1952. godine u Londonu za vreme zagađene magle kada je za nekoliko dana umrlo 4000 ljudi; akutne i hronične intoksikacije živom - pojava bolesti pod nazivom 'minamata' sa stopom smrtnosti od 40%; akutne i hronične intoksikacije kadmijumom - bolest poznata pod nazivom 'itaji-itaji' sa stopom smrtnosti od 50% i tragičnim posledicama na novorodjenčad i druge, kao i masovne pojave uništenja ptica, riba, gajenih i šumskih biljaka (primer 'doline smrti' u okolini Žerajeva kod Mežica gde je okolna vegetacija potpuno uništena zbog ispuštanja 15 tona SO₂ dnevno u atmosferu iz topionica (poredjenja radi jedna termoelektrana dnevno ispušta nekoliko puta, pa čak i 20 puta više sumpordioksida u vazduh), lovne divljači, insekata i drugih korisnih organizama - pokrenuti su posle 1968. godine najšira javnost i državni svih razvijenijih zemalja. Organizacija Ujedinjenih nacija, sve njene agencije i medjuvladine i nevladine organizacije pozvane su na širu mobilizaciju na zaštiti životne sredine.

Navešćemo samo neke globalne probleme, čiji smo svedoci, koji zahtevaju mobilizaciju čitavog čovečanstva. Pre svega to je problem tzv. efekta staklene bašte-pojave narušavanja balansa apsorbovane i emitovane sunčeve radijacije u atmosferi Zemlje usled prisustva velikih koncentracija sumpordioksida, što može da promeni klimu na zemlji, odnosno da dovede do otapanja leda na polovima. Zatim je tu pojava smanjenja debljine ozonskog omotača u atmosferi koja je rezultat uticaja molekula fluoro-hloro-karbona iz industrije freona i sprejeva. Jedan ovakav molekul može da razgradi stotine molekula ozona čime se smanjuje sposobnost apsorpcije ultravioletnog zračenja sa Sunca i time dovodi u opasnost živi svet na Zemlji. Svedoci smo širokih akcija na smanjenju emisije ovih jedinjenja i njihovoj

supstituciji. Poseban problem globalnih razmera je deponovanje radioaktivnog otpada nuklearnih elektrana, koji još nije rešen, mada se broj reaktora iz dana u dan povećava.

Što se tiče naše zemlje, u pogledu zagadjenja životne sredine ne zaostajemo mnogo za industrijski razvijenim zemljama. Zagadjenost vazduha u mnogim gradovima i industrijskim centrima, kao što su Kosovska Mitrovica, Bor, Pančevo, Zenica, Trepča, Celje, itd., dostigla je ozbiljne razmere. Koncentracije pojedinih agenasa su ponegde i desetine puta veće od tzv. maksimalno dozvoljenih. Posledice ovakvog stanja se ispoljavaju kako direktno povećanjem broja obolelih i onespoblijenih lica, tako i uništavanjem vegetacije i materijalnih dobara u bližoj i daljoj okolini. Posebno su uočljive posledice kratkotrajnog zagadjenja vazduha pesticidima i drugim polutantima na vegetaciju. Tako je 1965. god. nekoliko hiljada hektara voćnjaka ostalo usled sterilnosti bez ploda. Slična pojava masovne sterilnosti ispoljena je na inače normalno razvijenoj pšenici 1970. godine na preko 19.000 hektara.

Ispitivanja takodje pokazuju da je većina naših reka zagadjena. Dunav, Drava, Mura, Begej i još neke reke na pojedinim mestima označene su kao potpuno zagadjene. Zabrinjavajuća je i činjenica da je naš najveći hidrosistem Dunav-Tisa-Dunav sa svojih 14.000 km kanalske mreže takodje veoma zagadjen i da je u toku sistematskih petogodišnjih ispitivanja porast zagadjenja pojedinim agensima povećan za 3,5 puta. Stepem i obim zagadjenja Jadrana takodje upozoravaju. Treba već sada preduzimati mere da ne dodjemo u situaciju sličnu onoj na reci Kajahoga. Ta reka koja se uliva u jezero Iri kod Lirlendama, SAD, toliko je zagadjena uljima i raznim otpacima, da kada se jednom zapalila gorela je duže vremena i dva mosta na njoj su izgorela. Većina reka u SAD je inače, kao i Velika jezera, veoma zagadjena tako da je tamo razradjen projekat NAVAP koji bi u cilju snabdevanja čistom vodom obuhvatao skretanje kanadskih reka ka jugu, odnosno kroz teritoriju SAD.

Zanimljiv je podatak da od 8,5 m³ vode 1 m³ troši stanovništvo, a ostatak industrija. Od 10 m³ vode u vodotokove se vraća 3 m³ zagadjene vode, koji mogu da zagade i do 90 m³ tekuće vode.

Desetogodišnja ispitivanja zagadjenosti hrane pesticidima i njihovim degradacionim produktima ukazuju da se opšta tendencija pogoršavanja stanja nastavlja iz godine u godinu i da je dostigla zabrinjavajuće razmere. Analiziranje preko 2.000 uzoraka mleka, mlečnih proizvoda, masti, mesa, konzerviranih proizvoda, voća, povrća, hleba i drugih prehrambenih proizvoda u naša 23 grada ukazuje da samo 17,5 % proizvoda nije zagadjeno, a da je čak 41,1% higijenski neispravno, sa sadržajima štetnih materija većim od dozvoljenih. Najveći broj uzoraka neispravnih namirnica utvrđen je u Osjeku(63,3%), Zrenjaninu(52,6%), Sarajevu, Novom Sadu, Nišu, Zaječaru, a relativno manje u Titogradu, Prištini, Peći, Beogradu, Rijeci, Mostaru, Skoplju.

Rezultati ispitivanja zagađenosti zemljišta u gotovo 100 lokaliteta naše zemlje otkrivaju ostatke pojedinih štetnih jedinjenja ne samo u lokalitetima u kojima se vrši intenzivna obrada, već i na onim mestima u kojima ova jedinjenja nisu primenjivana.

Zbog zagađenog vazduha 28% svih oboljenja stanovništva kod nas odnosi se na respirativne organe. U tekstilnoj industriji u Leskovcu taj broj se penje na 48%. Zatim dolaze kožne infekcije, oboljenja očiju, bolesti srca (tempo života), itd. Najmanji je udeo nesrećnih slučajeva.

Zagađenost životne sredine ima takodje uticaj i na jačanje odbrambene moći zemlje. Utvrđena je zavisnost između stepena zagađenja pojedinih regiona, porasta broja oboljenja i smanjenja stepena sposobnosti stanovništva. Prema jednoj anketi iz 1971. godine u Zagrebu je samo 66,8% pregledanih mladića bilo sposobno za vojsku, u zagrebačkoj opštini Centar 59%, u Sarajevu 66,7%; dok je u Kostajnici (100 km od Zagreba) bilo sposobno 88,6%, u Višegradu 82%, u Kolašinu 90,2%, itd. Sam pojam rata sa aspekta zagađenja čovekove okoline, posebno uz upotrebu atomskog, hemijskog i biološkog oružja, po svojim katastrofalnim posledicama po čoveka i okolinu, izlazi iz okvira ovog kursa.

- . -

Već smo istakli da je glavni i najveći uzročnik zagađenja industrija i to direktno procesom proizvodnje ili preko samih proizvoda. Na prvi pogled zaštita od zagađenja određenim industrijskim objektima je poduhvat koji zahteva velika ulaganja bez vidne materijalne dobiti. No, i vrlo jednostavnim računom, kao i nekim već navedenim primerima problema u industrijski razvijenim zemljama, ovo jednostrano mišljenje se može negirati. Povucimo za početak paralelu između poslovanja 'uredjenog' i 'zapuštenog' preduzeća. Kao prvo u pogledu nerada i loše organizacije rada, produktivnost u neuredjenom preduzeću je manja, drugo, bolovanja i povrede na radu odnose i do 20% dohotka (u 1970. godini zbog bolovanja, izazvanih lošim radnim uslovima izgubljeno je kod nas 7% radnog vremena).

Proračuni pokazuju da naučno-tehnološka rešenja za otklanjanje ili neutralizaciju zagađenja povećavaju investicije pri gradnji objekata u proseku za 2,5-11%. Francuski statističari su izračunali da najistaknutije grane zahtevaju investicije od 5-15% i to: 15% grana pulpi i hartije, 12% proizvodnja aluminijuma, 10% proizvodnja cementa i 8% termoelektrane. U Švedskoj šest industrijskih grana troše 7,7% kapitalnog budžeta za sprečavanje zagađenja. U razvijenim zemljama za zaštitu sredine troši se 2% nacionalnog dohotka, a kod nas to iznosi 0,6 promila, odnosno 0,06%. Postavlja se trivijalna dilema - da li proširivanjem kapaciteta zaposliti još 100 radnika i pri tome ugroziti nekoliko hiljada drugih, ili suzbijati posledice zagađenja u korenu.

Razvijene zemlje zapada su već suočene sa ovim problemima i uveliko se bore za okolinu. U SAD i drugim razvijenim zemljama zatvaraju se preduzeća koja ne otklanjaju uzroke zagađenja. Nesreća je što se neka od tih preduzeća dislociraju u nerazvijene zemlje i zemlje u razvoju. U nekim zemljama osim administrativnih predviđene su i stimulatívne mere zaštite od zagađenja. U ministarstvu za ljudsku okolinu Francuske preduzimaju se i konkretne mere. Za zaštitu, recimo, vode od zagađenja preduzeća mogu dobiti od potrebnih investicija 30% subvencija i 20% u vidu zajma od strane vlade. U Švedskoj u okviru programa razvoja od 1969. godine fabrike dobijaju od vlade 25% ukupnih troškova za zaštitu sredine, nepovratno.

Kao što se iz ovih primera vidi, problem zaštite životne sredine od zagađenja nije nerešiv. Treba ga prvenstveno potpuno i sveobuhvatno sagledati, a zatim uložiti napore i primeniti rešenja koja postoje i koja se stalno usavršavaju.

U širem smislu reći, pitanja čovekove okoline nisu samo zagađenost vazduha i vode, zatrovanost vegetacije, nagomilani otpaci i štetni proizvodi. To su samo simptomi koji ukazuju da postoje unutrašnji uzroci bolesti koje treba lečiti. Čovekova okolina je kompleksnost delovanja mnogobrojnih pojava i faktora u prirodi i društvu koja izričito zahteva podizanje i proširenje nove kulture rada i življenja.

U zaštiti i preobražaju čovekove okoline treba angažovati najrazličitije društvene faktore i potencijale:

- Nauku i istraživanje, praćenjem, otkrivanjem pojava, njihovom analizom, novim rešenjima i naročito unapredjivanjem projektovanja i tehnoloških rešenja,
- Privredu, da svoj bilans aktivnosti unosi ne samo kao dobit u fondove, nego i u svestranu brigu za ljude, zbog kojih se zapravo i organizuju sve aktivnost,
- Obrazovanje, zdravstvo i druge službe u povezanosti sa svim društvenim faktorima u borbi za adekvatno prosvetovanje,
- Sve društvene organizacije i snage u sveobuhvatnom sagledavanju problematike i aktivnom odnosu prema njoj.

1.1. Uticaj zagađene sredine na zdravlje ljudi.

Zadržaćemo se ovom prilikom pregledno na uticaju polutanata vazduha i vode na zdravlje čoveka. O uticaju na biljni i životinjski svet nećemo posebno govoriti, mada se mogu istaći brojni primeri katastrofalnih posledica njihovog dejstva i to ne samo u okolini velikih industrijskih centara.

Jedan od prvih primera masovnog trovanja stanovništva zagađenim vazduhom između dva rata je katastrofalni slučaj u dolini Meze u Belgiji, kada je umrlo 60 ljudi, a polovina stanovništva industrijalizovane okoline obolela. Sledeći slučaj koji je izazvao veću reakciju javnog mnjenja i ukazao na novu opasnost koja pretila industrijskim naseljima bio je incident trovanja u američkom gradu Donori, koji je tada, posle drugog svetskog rata imao 10 hiljada stanovnika i gde je bilans bio

17 mrtvih i preko 5000 obolelih. Odmah posle Donore dogodila se katastrofa u Londonu od 5. do 9. decembra 1952. godine, kada je za samo nekoliko dana umrlo 4000 gradjana. Očevidci ove katastrofe se sećaju dramatičnog događaja navodeći podatke o raspadanju najlonskih čarapa i preteranom prljanju lica i rublja. Preporuka o korišćenju gasne maske pri izlasku na ulicu u opštem uzbuđenju nije bila ni malo neuobičajena. U Londonu je još od 1936. godine bilo uvedeno sistematsko merenje zagadjenosti vazduha. Utvrđeno je da do trovanja nisu dovele samo visoke koncentracije polutanata (4,3 mg čadji na m³; 1,3 ml SO₂ na m³), već i prisustvo guste magle i smoga bez bočnog strujanja vazduha koje bi dovelo do vertikalnog razredjenja zagadjenosti.

Navedeni slučajevi trovanja stanovništva izazvali su interesovanje za izučavanje mogućih masovnih hroničnih oboljenja, posebno organa za disanje. Ispitivanja u Engleskoj pokazala su da veći gradovi, preko 100.000 stanovnika, imaju znatno veću opštu smrtnost od manjih naselja, Smrtnost od oboljenja organa za disanje u selima bila je dva puta manja. U 422 grada SAD praćena je povezanost smrtnosti stanovništva sa koncentracijom sumpordioksida u vazduhu. Utvrđjen je porast smrtnosti u doba veće koncentracije SO₂. Pri koncentraciji većoj od 0,5 mg/m³ smrtnost je bila za 2100 slučajeva veća od očekivane, dok je za koncentracije manje od 0,3 mg/m³ smrtnost bila za 1400 slučajeva manja. U Čikagu je u raznim četvrtima grada na osnovu podataka sa mernih taćaka praćena koncentracija SO₂ i poredjena sa brojem slučajeva infarkta. Povišen sadržaj SO₂ uticao je na broj oboljenja srca i krvnih sudova koja su se često tragićno završavala. Takodje je u jednoj drugoj studiji utvrđjeno povećanje smrtnosti od svih oboljenja pri koncentraciji čadji u vazduhu većoj od 0,5 mg/m³, a naroćito pri koncentracijama većim od 1 mg/m³. I kod nas ovakve analize u poslednje vreme pokazuju slične rezultate.

Dugotrajno prisustvo polutanata u odredjenoj sredini izaziva hronićna oboljenja stanovništva. Veće koncentracije štetnih materija imaju obićno tragićne posledice, odnosno mogu ozbiljno da ugroze zdravlje ljudi.

HRONIĆNI BRONHITIS nastaje oštećenjem trepetljivog sloja bronhijalne sluznice koji se nalazi na ulazima bronhijalnih šupljina i sagradjen je od cilindrićnih ćelija prekrivenih sa oko dvesto treplji sa ulogom da strane ćestice uklanjaju van bronhijalnog stabla. Povećane koncentracije stranih ćestica ometa ovaj mehanizam uništavanjem pomenutih treplji, kao i celog sloja ćelija, na njihovom mestu ostaju ćelije vezivnog tkiva bez opisanih funkcija ćime se otežava disanje i smanjuje otpornost prema bakterijama i virusnim infekcijama. U jako zagadjenim sredinama svaki peti stanovnik boluje od ove bolesti. U centru Beograda, recimo, broj obolelih dostiže 50 na hiljadu stanovnika, dok je broj obolelih u širem centru dva puta manji. U malim, relativno čistim gradovima (Ivanjica, Čajetina) broj obolelih je pet puta manji.

BRONHIJALNA ASTMA pored uticaja nasledja u velikoj meri je posledica zagadjenosti sredine u kojoj se boravi. Slučajevi astme su veoma retki u planinskim krajevima, dok se u zagadjenim industrijskim krajevima susreće i po deset obolelih na hiljadu stanovnika. U New Orleans-u je opisana epidemija astme čak sa 250 smrtnih slučajeva.

POJAVA RAHITISA, oboljenja koje se češće susreće u centralnim delovima gradova sa većim obimom zagadjenja, posledica je indirektnog uticaja zagadjenog vazduha. Zagadjen vazduh zbog apsorpcije i rasejanja slabije propušta ultravioletnu svetlost, koja inače potpomaže stvaranju vitamina D u koži i pravilnom okoštavanju skeletnog sistema.

OŠTEĆENJE OČIJU nastaje zbog neposrednog kontakta sluznice očiju sa polutantima: čvrstim česticama, parama, gasovima, kiselinama, bazama i drugim jedinjenjima. Ove čestice nadražuju sluznicu, izazivaju otok, proširenje krvnih sudova i crvenilo uz stvaranje povoljnih uslova za razvoj bakterija i pojavu hroničnih oboljenja očiju.

SMRTONOSNA TROVANJA ugljen-monoksidom bila su ranije veoma česta. Ovaj gas se lako vezuje za krvni pigment - hemoglobin u crvenim krvnim zrnima i sprečava dovod kiseonika u organizam. Količina vezanih krvnih zrnaca dobija se množenjem procenta količine ugljen-monoksida u vazduhu trostrukim brojem vremena izloženosti zagadjenju u minutima, za organizam u mirovanju, ili petostrukim brojem pri fizičkom naprezanju. Na prometnim ulicama susreće se procenat vezivanja i do 20%. Posledice se izražavaju u nervnoj napetosti, pojavi glavobolje, osetljivosti na svetlost, usporenim reakcijama, itd. Smrtnost nastaje samo na mestima sa velikim koncentracijama CO: ložišta na ugalj, garaže, i sl.

Izmenjena životna sredina i posebno ona zagadjena hemijskim materijama, prema dosadašnjim ispitivanjima, izazuva povećan broj obolelih od RAKA i RADJANJE PSIHIČKI I FIZIČKI ZAOSTALE DECE. Utvrđeno je da materije sa kancerogenim dejstvom poseduju i mutagene osobine, da utiču na promenu naslednih osobina. Gotovo 90% kancerogena ima i mutageno dejstvo. Kancerogeno dejstvo zagadjene sredine može da bude direktno i indirektno. Direktno kancerogena materija može da izmeni strukturu žive ćelije i da dovede do pojave raka u napadnutom tkivu. Medjutim, moguće je i indirektno dejstvo u slučaju aktivacije materija bez kancerogenog dejstva. Utvrđeno je da se pod uticajem fermentata iz samog organizma može da izazove kancerogeno dejstvo materije, kao i pod uticajem fermentata bakterija prisutnih u organizmu. Nitriti i nitrati mogu da se transformišu u veoma štetne kancerogene - nitrozoamine. Ove pojave se objašnjavaju složenom odbrambenom reakcijom organizma, sa znatnom ulogom neuropsihičke komponente. Zbog nedovoljne ispitanosti podela kancerogena i mutagena je još nepotpuna. Najlogičnije je deliti ih po hemijskoj strukturi. Jedna grupa fizičara predlaže podelu po potencijalu disocijacije. Još uvek se najčešće

sreće podela po mestu nalaza: kancerogeni iz vazduha, iz vode, u hrani, tlu, građevinskom materijalu.

Fizički faktori sredine, kao što je **RADIJACIJA**, mogu da budu kancerogeni i da izazivaju mutagena dejstva. Sva zračenja, naročito radioaktivna, pri dugotrajnom dejstvu ili kraćem dejstvu većeg intenziteta izazivaju promene u organizmu. Poznato je da mornari, često izloženi sunčevom zračenju, obolevaju od raka izloženih delova kože, naročito po licu. Sam pronalazač radioaktivnosti H. A. Bekerel oboleo je od raka na rukama. Genetski efekat radioaktivnih materija jasno je ispoljen uticajem radioaktivnih otpadaka odlaganih u more na stvaranje riba-monstruma sa krajnje izmenjenim fizičkim osobinama. To je uticalo da se sa odlaganjem radioaktivnih otpadaka u more i okeane prestane.

KANCEROGENI IZ VAZDUHA u prvom redu izazivaju oboljenja organa za disanje. Rak pluća je bio sasvim retko oboljenje. Godine 1930. u SAD je od te bolesti umrlo 3000 ljudi, 1950. umrlo je 18000, 1962. god. 41000, a 1971. god. 67000. Sličan porast zapažen je i kod nas. U Beogradu je 50-tih godina od raka pluća umiralo 12 stanovnika na 100.000, a nepunu deceniju kasnije taj broj se u centralnim delovima grada sa povećanim sadržajem kancerogena benzopirena povećao na 32. U perifernim opštinama grada takav porast nije konstatovan. Uticaj zagadjene sredine na broj obolelih od raka pluća posebno je ispitivan i utvrđen u Londonu i okolnim industrijskim centrima. Preduzimanjem mera zaštite vazduha od zagadjanja, kojima je zagadjenost od čadji i sumpordioksida u Londonu i Njujorku smanjena za tri puta, konstatovano je smanjenje broja obolelih od raka pluća. Eksperimenti sa životinjama potvrđuju gornje zaključke. Kada se miševima unesu virusi u pluća oni obolevaju od upale pluća. Medjutim, ukoliko se virusi unose sa nekim zagadjivačem, tada se umesto zapaljenja javlja rak pluća. Dejstvom kancerogena, odnosno mutagena na oplodjenu ćeliju radjaju se mentalno ili fizički zaostale osobe. U čistim, nezagadjanim krajevima Australije ovakvih pojava gotovo da nema. U umereno zagadjanim sredinama procenat ovakvih slučajeva je od 3% do 5%, dok se u sredinama sa većim zagadjenjem penje i do 15%, što ukazuje na potrebu posebne brige za buduće generacije.

AZBESTOZA je bila česta bolest u rudnicima azbesta. Porast proizvodnje azbesta od 200.000 tona u 1980. godini na više od 4 miliona tona godišnje danas i činjenica da je utvrđeno kancerogeno dejstvo azbesta upućuju na predostrožnost čak i izvan mesta direktno ugroženih ovim materijama. U slučaju profesionalne izloženosti dejstvu azbesta znaci oboljenja se otkrivaju na plućnom tkivu, a u slučaju dejstva zagadjene gradske atmosfere na plućnoj i trbušnoj maramici. Pri obdukciji 500 leševa u Keptaunu kod 26,4% su nadjene promene izazvane dejstvom azbesta. Slične promene su utvrđene i kod grupe zemljoradnika koji su radili na poljima izloženim zagadjanju azbestne industrije. Kao dobar izolacioni materijal azbest je puno korišćen u industriji. Otkrivanjem njegovog negativnog dejstva na organizam u razvijenim zemljama se vode ozbiljne kampanje za izbegavanje

azbesta. Na pariskom univerzitetskom centru Jussie vodjena je široka kampanja, praćena štrajkovima i demonstracijama, da se sredina zaštititi od zagadjenja azbestom koji je pri gradnji univerziteta kao dobar izolator bio postavljen na tavanicama izmedju spratova u direktnom kontaktu sa atmosferom prostorija. Nakon toga, azbest je uklonjen, ili gde to nije bilo moguće, izolovan.

AZOTOVA JEDINJENJA, u prvom redu azotovi oksidi koji se stvaraju pri povišenim temperaturama u visokim pećima, termoelektranama i u velikim kolićinama u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, izazivaju porast hroničnih oboljenja organa za disanje. Azotdioksid posebno utiće na smanjenje otpornosti organizma. Duže izlaganje izaziva otok pluća, smanjuje elastićnost tkiva.

NITRATI, soli azotne kiseline i nitriti, soli azotaste kiseline direktno se vezuju za hemoglobin iz krvi stvarajući methemoglobin, čime se blokiraju krvna zrnca i otežava proces razmene kiseonika u krvi. Ubrzano disanje i gušenje pri većim koncentracijama zagadjivaća mogu da uzrokuju i smrt. Veće kolićine ovih jedinjenja sreću se u podzemnim i tekućim vodama, gde dospevaju prilikom tretiranja zemljišta veštaćkim đubrivima ili izlivanjem kanalizacionih voda. U Americi je konstatovano više slućajeva negativnog dejstva vode zagadjene nitratima, naroćito na malu decu. Nitrati sprećavaju napredovanje dece. Taj problem je u jednom gradu rešen tek prelaskom na novi sistem snabdevanja pijaćom vodom.

Istraživanja na METALIMA ukazala su da je dobar broj metala kritićan u ekološkom znaćaju. Neki metali su kancerogeni, a većina ima toksićno dejstvo. Naroćito je opasna upotreba metala kao katalizatora i stabilizatora na bazi olova koje je veoma toksićno. Nikal ima kancerogeno dejstvo. Mangan ima znaćajno toksićno dejstvo. Poznata su teška akutna trovanja arsenom. Aluminijum izaziva stomaćne tegobe i poremećaje u reprodukciji. Bakar u većim kolićinama dovodi do oštećenja jetre. Upotreba bakarnih sudova dovodila je često do trovanja. Selen remeteći odnos fluora u organizmu izaziva jako krvarenje zuba. Olovo je ozbiljan kumulativni otrov za ćoveka, izaziva oštećenje jetre i centralnog nervnog sistema, zatim bubrega i krvnih sudova. Ovim metalima, kao najopasnijim zagadjivaćima svakako treba pridrućiti živu i kadmijum. Metali i njihove soli dolaze do ćoveka najćešće u hrani, vodi, vazduhu i usled profesionalne izloženosti.

POLIHLOROVANI BIFENILI često se upotrebljavaju u industriji boja, lakova, plastićnih materija, u elektrodistribuciji i industriji kaućuka. Takodje se stvaraju primenom hlora u dezinfekciji otpadnih voda. Dovode do promena na koži u vidu crvenila i pigmentacije, izazivaju gnojavu sekreciju oćiju, praćena mukom i povraćanjem. Neki su izrazito kancerogeni i imaju mutagena dejstva.

TENZITI ILI DETRERDŽENTI ne predstavljaju izrazitu opasnost za ćoveka u manjim kolićinama, ali njihova velika upotreba često moće da dovede do većih koncentracija u podzemnim ili površinskim vodama slabijeg protoka. Pri unošenju većih kolićina u organizam moće da dodje do bolova u stomaku, grćeva, usporenog disanja i poremećaja probavnog trakta.

PESTICIDI, hemijske supstance koje se upotrebljavaju za uništavanje insekata, štetnih korova, gljiva i glodara mogu štetno da utiču na korisne insekte, pčele, ptice i neku divljač. Prvi veći incident ove vrste bio je pomor ptica i divljači na područjima tretiranim dieldrinom u Engleskoj. Pesticidi čoveka ugrožavaju preko hrane, vode i vazduha. To su veoma postojani spojevi. Smatra se da čitavih 10% od korišćenih količina biva spirano kišom i dospeva preko zemljišta u vodu za piće. Tvrdi se da se u svakom uzorku tkiva mogu otkriti tragovi pesticida. Ostaci DDT-a najčešće se susreću u masnom tkivu, mozgu i nadbubrežnoj žlezdi. Nagomilavanje pesticida u organizmu utvrđeno je i u našoj zemlji, čak i u majčinom mleku. Oštri znaci trovanja DDT-em opažaju se pri unošenju samo 700 do 1.000 mg u organizam. Količina do 30 g izaziva smrt.

ADITIVI su hemijske materije koje se dodaju namirnicama radi poboljšavanja njihovog izgleda, povećanja trajanja, stabilnosti i vrednosti. Detaljnija ispitivanja ovih materija, kojih već ima nekoliko hiljada, pokazala su da izvestan broj štetno deluje na čoveka. Toksičnost aditiva zavisi od njihove prirode, a veoma je važno i produženo dejstvo nekih na kancerogenezu i na dužinu života, kao i uticaj na potomstvo.

Sumpor u vidu anhidrida i sulfida upotrebljava se u proizvodnji vina gde se dodaje u količini od 50 do 500 mg/l. Kod čoveka utiče na organe za varenje uništavajući korisne bakterije u crevima, nepovoljno utiče i na vitamin B. Salicilna kiselina-"salicil", često upotrebljavano sredstvo za konzervaciju voća i povrća oštećuje krvne sudove uz moguća krvarenja izazivajući erupciju po koži. Borna kiselina može da ošteti bubrege i da se gomila u masnom tkivu. Nitrati i nitriti se dodaju većini suhomesnatih proizvoda, a već smo istakli da su štetni po zdravlje. Fosforpentoksid se namirnicama dodaje radi produženja roka trajanja obzirom da vezuje vodu, a takodje je štetan.

Dimljenje kao postupak konzerviranja mesa, kod nas dosta rasprostranjen, ukoliko se izvodi brzo i toplim postupkom može da stvara u mesu veoma kancerogene materije kao što je benzopiren. Utvrđeno je da čak jedna trećina dimljenih proizvoda sadrži benzopiren. Iz ovog razloga npr. u Japanu je česta pojava oboljenja i smrti od raka želuca zbog česte upotrebe soljene i dimljene ribe u ishrani. U Americi se sve više pažnje posvećuje higijenskoj obradi i pripremi namirnica. Napušta se upotreba pikantnih prženih jela i više se koristi kuvana i higijenski pripremljena hrana što je dovelo do smanjenja broja obolelih od želuca.

Antioksidansi se upotrebljavaju za održavanje boje smrznutog i konzerviranog voća i povrća. Neki od njih oštećuju tiroidnu žlezdu, drugi utiču na jetru, a neki na proces reprodukcije. Preterana upotreba šećera i soli za poboljšavanje ukusa hrane takodje može štetno da deluje u smislu izazivanja degenerativnih oboljenja i podizanja krvog pritiska.

VEŠTAČKE BOJE kao aditivi se u zadnje vreme mnogo koriste za poboljšajnje izgleda namirnica. Dodaju se specijalitetima sa roštilja, suhomesnatim

proizvodima, sirevima, margarinu, maslacu, alkoholnim pićima (pivo, rakija, vino). Posledice unošenja boja u organizam mogu da budu najrazličitije: Smatra se da su boje, izmedju ostalog, najopasniji izazivači kancerogenih oboljenja.

MIKOTOKSINI, gljivični otrovi su takodje štetne materije koje se često mogu sretati u okolini (nehigijenski uslovi stanovanja).

Posle navedenih podataka, svakako ćemo ovoj problematici pristupiti sa više ozbiljnosti, koju ona i zaslužuje.

1.2. Radna sredina kao deo životne sredine

Od prvih dana industrijalizacije do danas, sredstva za proizvodnju su usavršavana, a mehanizacija i automatizacija proizvodnog procesa su u stalnom porastu. To je, umnogome, uslovalo promenu materijalnih elementata radne sredine. Budući da se pri organizovanju proizvodnje i konstrukcije sredstava rada vodi računa o bezbednosti na radu, prirodno je očekivanje izostanka negativnog uticaja radne sredine na čoveka. Medjutim, ne samo da negativan uticaj nije izostao, već su se pojavili njegovinovi oblici.

Interesantno je napraviti pregled povreda na radu u pojedinim privrednim granama i grupacija privrede u odnosu na 1.000 osiguranika, koje se po broju povredjenih nalaze u granicama iznad jugoslovenskog proseka. Godine 1974. u proizvodnji i preradi uglja bilo je 164 povredjenih, brodogradnji 163, metalnoj industriji 119, obojenoj metalurgiji 116, drvnoj indusstriji 101, proizvodnji i preradi papira 97, proizvodnji i preradi nemetala 90, crnoj metalurgiji 88, hemijskoj industriji 77, industriji građevinskog materijala 75, prehrambenoj industriji 75, industriji gume 66 i elektroindustriji 63 povredjenih. Podaci socijalnog osiguranja pokazuju da je većina uzroka povredjivanja na radu subjektivne prirode. Analizirajući, medjutim, svaki slučaj ponaosob, došlo se do zaključka da se koreni razloga ipak nalaze u objektivnim uslovima rada. Nisu u pitanju samo tehnički i drugi uslovi radne sredine, već mnoge hemijske i druge štetnosti: razna zagađenja vazduha, štetne prašine, otrovna isparenja i gasovi, rad na visokim ili niskim temperaturama ili materijalima opasnim po zdravlje.

Sve intenzivnija automatizacija traži sve manju fizičku angažovanost čoveka, što sa druge strane, zbog osećanja odgovornosti, preopterećuje čoveku pažnju i povećava trajnu napetost za komandnim pultom, što može dovesti do psihičkog oboljenja radnika. Istraživanja su pokazala da je negativan uticaj radne sredine i u uslovima automatizacije evidentiran, mada materijalni činioci ne utiču direktno na čoveka.

U oblasti zaštite zdravlja ljudi u radnoj ili životnoj sredini, do 1974. godine je kod nas u Jugoslaviji postojalo preko 320 pravno definisanih propisa. Od toga, 70 su zakoni, 5 uredbe i 246 podzakonski propisi. Federacija je donela 143 propisa

(od toga 13 zakona), a republike i pokrajine 178 (od toga 49 zakona). Na zaštitu vazduha, vode, buke i zaštitu od jonizujućih zračenja odnosi se 121 pripis, na urbanizam i stanovanje 64, na radnu sredinu 65, namirnice i predmete opšte upotrebe 72.

Sa napretkom tehnike i tehnička zaštita postaje sve prisutnija i efikasnija, čime se smanjuju opasnosti po radnikov fizički integritet. U proučavanju uzroka koji dovode do pojave povreda na radu i profesionalnih oboljenja, nedovoljno je istražen uticaj društvenih odnosa u radnoj sredini i van nje.

Radna sredina se može posmatrati kao fizička i socijalna, sa aspekta činilaca koji je stvaraju a to su: sredstva za rad, neposredna radna okolina i skup društvenih odnosa koji se uspostavljaju tokom procesa rada. Dakle, radnik, materijalni procesi rada i celokupnost odnosa u koje ljudi stupaju u toku rada predstavljaju osnovne komponente radne sredine. Da bi se radna sredina u potpunosti definisala, potreban je multidisciplinarni pristup. Radnu sredinu u konstelaciji sa životnom sredinom ne treba posmatrati kao dve paralelne sfere, već kao dve usko medjuzavisne oblasti iste celine, koja je kao takva predmet ovog kursa.

Sve veća pažnja se širom sveta poklanja zaštiti moralnog i psihičkog integriteta radnika. Dobri ili loši međjuljudski odnosi mogu stvoriti pozitivan ili negativan odnos prema radu. U većini slučajeva ti odnosi nisu određeni samo subjektivnim komponentama radnika, već i njegovim i realnim položajem kako u formalnoj organizaciji rada, tako i dublje, u društveno-ekonomskim odnosima.

Pored nabrojanih elemenata, značajan uticaj na čoveka na radnom mestu imaju organizacija radnog procesa, pozitivna korelacija stepena stručnosti radnika sa stepenom tehnologije, ovladavanje celokupnim sredstvima društvene reprodukcije, kulture rada, organizovanje i uredjenje radne sredine kao integralnog dela životne sredine, organizovanje vanradnog vremena, slobodnih aktivnosti, itd.

1.3. Sistemi informisanja u oblasti zaštite i unapredjenja životne sredine

Svest o problemima zagadjenja čovekove okoline javlja se otprilike u isto vreme kada se javlja i kriza inforamcija. Najviše je iznenadio upravo onaj trenutak prelaska kvantiteta u novi kvalitet, kada je shvaćeno da se ne radi o jednostavnom nagomilavanju podataka ili otpadaka, već o menjanju celokupnog načina života, menjanju čije su posledice dalekosženog karaktera, koje će imati svoj odjek u životu ovih i budućih generacija.

Nagao razvoj svih oblasti čovekovog delovanja usledio je u periodu posle drugog svetskog rata. Nagomilavane su nove činjenice, fantastičko brzo se razvijala industrija, tehnologija, energetika i paralelno sa njima gomilani su problemi ograničenog životnog prostora i ograničenih sirovinskih resursa. Uzimajući sve ovo u

obzir i znajući da danas živi oko 90% naučnika koji su ikada živeli u svetu, može se predočiti koliko je priliv informacija i koliki trud treba uložiti da bi se one kvalitetno obradile i bile stavljene na korišćenje. Teškoće u formiranju dobrog i celovitog sistema informisanja u oblasti zaštite i unapredjenja čovekove životne sredine pothranjuju se činjenicom da je to jedna nova i mlada disciplina u kojoj treba izgradjivati i fundament i nadgradnju, koja i da je to oblast izuzetne kompleksnosti koja se može sagledavati samo na multidisciplinarnim principima.

Prema izvesnoj analizi sekundarnih publikacija (a to su samo zbornici abstrakata, kratkih sadržaja naučnih članaka objavljenih u primarnim publikacijama-časopisima), načinjenoj prema univerzalnoj decimalnoj klasifikaciji, UDK, već pre dvadesetak godina u svetu je izlazilo:

u grupi 577 (opšti životni uslovi)	18 časopisa
614,7 (kriza okoline)	10 "
628 (pročišćavanje voda, otpaci)	13 "
551 (uticaj okoline)	21 časopis.

Uopšte se smatra da se količina informacija (merena brojem abstrakta objavljenih u sekundarnim časopisima) udvostručava svakih 8 godina. U novim disciplinama to se događa znatno brže, za manje od 7 godina. Ako se setimo podatka da danas živi 90% naučnika koji su ikada živeli, onda se taj odnos u oblasti zaštite i unapredjenja čovekove životne sredine penje na 99,9%. Samo pre dvadesetak godina broj onih koji su se bavili ovim problemima mogao se nabrojati na prste, dok ih danas samo u SAD ima oko milion, a u celom svetu još nekoliko puta više. Isti je slučaj i sa publikacijama sa tog područja. Danas u svetu izašli više od 200 primarnih časopisa (koji objavljuju originalne radove) strogo naučnog karaktera i više od 1000 popularnog karaktera (biltena, pregleda). Desetine najboljih sekundarnih časopisa ("Current Contents", "Environmental Abstracts", itd.) prate nekoliko hiljada posebnih i multidisciplinarnih časopisa i drugih izvora informacija, što je porast bez presedana u jednoj naučnoj disciplini. Očigledno da je pravi odgovor na nastalu situaciju razrada informacionog sistema koji je u stanju uz najmanje gubitke i sa najvećom tačnošću da sakupi, prenese, izvrši selekciju i omogući korišćenje informacija.

Danas se smatra da informacijanje supstance ili konkretno biće, već više odnos između setova i grupa strukturiranih različitosti. Po definiciji radne grupe UNISYST-a (United Nations Information System) informacioni sistem je jedinstvena integracija ljudi, metoda, načina organizacije, software i hardware elemenata, čije koordinirano delovanje omogućuje mnogobrojnim i udaljenim zajednicama korisnika pribavljanje svih ulaznih podataka koji su za njih bilo kada važni, bez obzira na poreklo i fizičku lokaciju, na različitim mogućim formatima za izlazne podatke koje

sami odabiraju prema svojim navikama u sakupljanju informacija, sposobnosti i potrebama.

Izgradnja takvog sistema jedan je od primarnih zadataka današnjeg stupnja razvoja ekološke svesti i borbe za zaštitu i unapredjenje čovekove okoline.

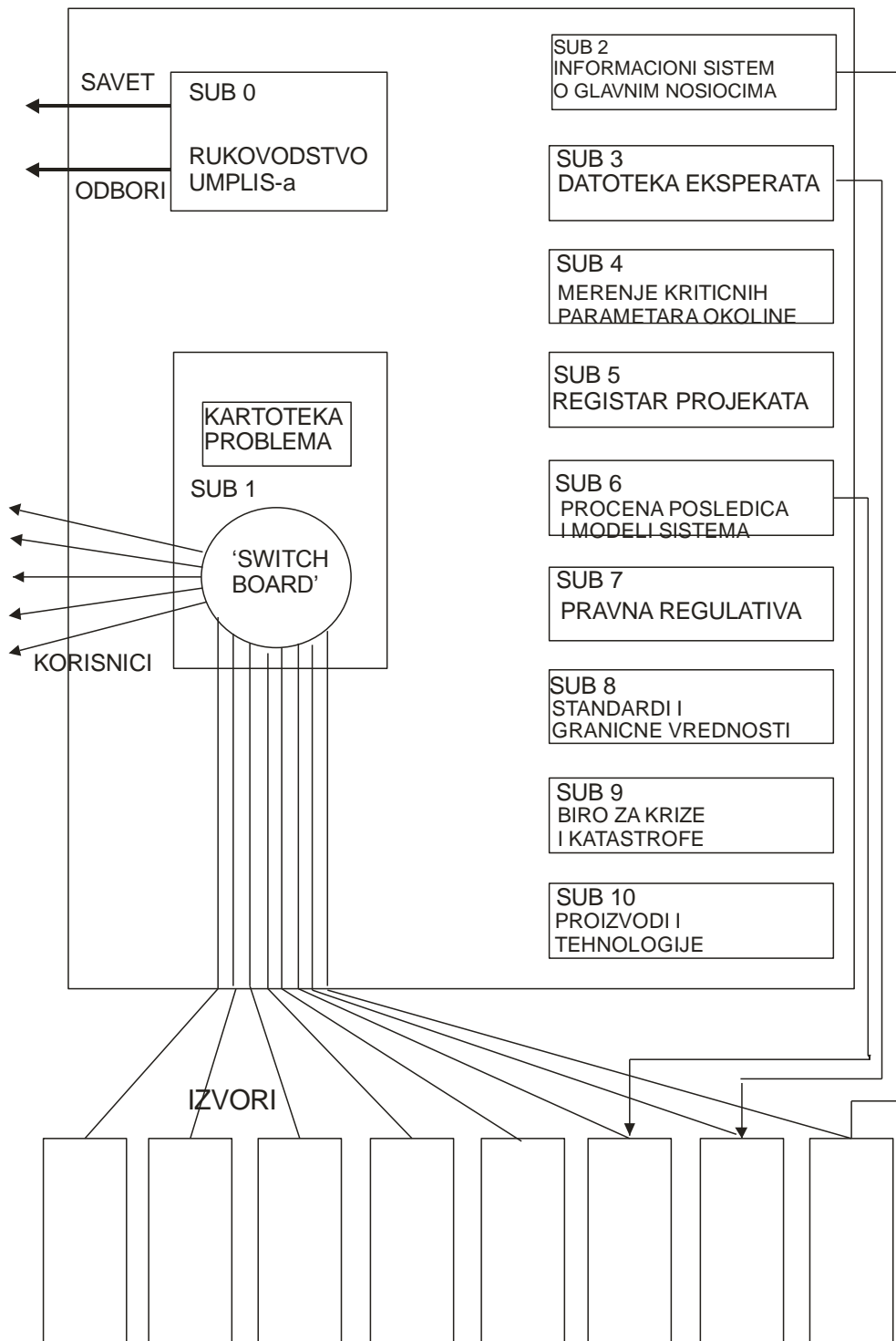
Posmatrajući situaciju sa razvojem informacionog sistema za područje zaštite i unapredjenja čovekove okoline u svetu, primećuje se da su najveći proizvođač i potrošač (preko 50% ukupnog broja) ovih informacija SAD. Stoga je i stepen razvoja informacionog sistema, obrada sekundarnih časopisa i prelaz na trake i mikrofilm tamo najdalje odmakao. Medjutim, učinjeni naponi u SAD su neceloviti. Česte su pojave dupliranja i glomaznosti pojedinih sistema, koji su necentralizovani i često se sa teškoćama dolazi do željenih podataka.

Ujedinjene nacije i njihove specijalizovane agencije još uvek su prisutne uglavnom preko preporuka i priručnika, organizovanjem sastanaka eksperata itd., a ne kao stvarni inicijator organizovanog okupljanja, bez obzira da li se govori o UNISYST-u (United Nation Information System) ili UNEP-u (United Nation Environment Programme) i razvoju GEMS-a (Global Environment Monitoring System) na čemu radi posebna grupa SCOPE-a (Scientific Committee on Problems of the Environment), koji je organ ISCU (International Council of Scientific Unions). Ono što za sada postoji su informacione službe i informacioni centri, a ne informacioni sistem, kaže se u izveštaju radne grupe za UNISYST.

Pre izvesnog vremena u Ženevi je počeo sa radom IRS (International Referral System for Sources of Environmental Information) u okviru UNEP-a. Preporuka br. 101 Konferencije UN u Stokholmu (juni 1972.godine) ukazala je na potrebu osnivanja takvog sistema kako bi se uneo red u ogroman broj nagomilanih informacija o stanju okoline. IRS je zamišljen kao mehanizam koji će povezati korisnike sa izvorima informacija, a ne kao banka podataka. Posebnu pažnju IRS će obratiti definisanju i koordinaciji upotrebe nacionalnih, regionalnih i sektorskih centara za razmenu informacija o okolini, utvrdjivanju zadataka koji se dupliraju i identifikaciji onih koji se uošte ne obavljaju, te standardizaciji obrade podataka. U svojoj prvoj fazi informacije koje daje IRS sadržavaće, uglavnom, popis organizacija, institucija (eksperata) i sl. koji mogu odgovoriti na postavljeno pitanje. Time izvor i korisnik stupaju u direktnu komunikaciju.

Jedan od najvažnijih pokušaja stvaranja informacionog sistema za ovo područje na nacionalnom planu je svakako i sistem UMPLIS (Umweltplanungs-informations system), o čijem je osnivanju vlada SR Nemačke donela poseban zakon.

Osnovni postavljeni zadaci ovog sistema su: priprema zakona, preduzimanje mera za sprovođenje zakona, koordinacija na saveznom, pokrajinskom, komunalnom i medjunarodnom nivou, potsticanje istraživanja i razvoja, osnivanje službi za stalno merenje, nadzor i kontrolu kritičnih parametara okoline, izrada programa i pravaca-



Slika 1.1. Šema rada UMPLIS-a.

politike zaštite, unapredjenje obrazovanja u postojećim stručnim oblastima i razvoj novih, javno delovanje i zaštita potrošača, pravovremeno informisanje javnosti o stanju okoline i merama preduzetim za njenu zaštitu i unapredjenje, obrada i priprema metoda i pomoćnih sredstava za zaštitu okoline.

Ovaj sistem, između ostalog, navodimo kao dosada najcelovitije zamišljen i razradjen sistem informisanja iz oblasti zaštite i unapredjenja čovekove okoline. UMPLIS je zamišljen kao niz podсистema čija podela ne odgovara čisto administrativnim jedinicama. Pojedini sistemi mogu biti vodjeni sa jednog mesta, a isto tako se sa jednog mesta mogu voditi i više sistema. Šema rada sistema prikazana je na slici 1.1. Navedeni podsystemi (subsystemi) izvršavaju određene zadatke. Sub 1 je centralna tačka koja povezuje sve delove sistema, korisnike, izvore informacija te se uključuje i u međunarodni sistem. Sub 2 je datoteka podataka. Sub 4 predstavlja vezu sa sistemom monitoringa. Sub 6 brine o zaštiti potrošača, s obzirom na kvalitet proizvoda i usluga i njihovo delovanje na čoveka i okolinu. Ovaj sistem je izgradjivan u periodu 1965-70. godine.

Pri izgradnji i oživotvorenju jednog informacionog sistema, zadatak koji i našu zemlju očekuje u najskorijoj budućnosti, mora se nastojati da se izbegne komercijalizacija koja je u jednoj ovako širokoj oblasti veoma moguća. To se dogodilo sa EIC (Environment Information Center) iz Njujorka, a i sa nizom drugih. Ne treba zaboraviti da i informacija neadekvatno i neblagovremeno plasirana može predstavljati otpad, protiv koga se borimo.

Informacioni sistem iz oblasti zaštite i unapredjenja čovekove okoline kod nas ne postoji i za sada se ne vidi nikakav pokušaj ozbiljnije sistematizacije informacija iz ove problematike.

Šta kod nas postoji? Postoje službe, centri, najrazličitije publikacije, a do sada nisu izvršeni ni najminimalniji pokušaji da se načine samo popisi šta se sve na tom području zbiva. I samo nabranje najrazličitijih institucija, projekata, časopisa i ostalog je u izvesnom smislu pionirski pokušaj.

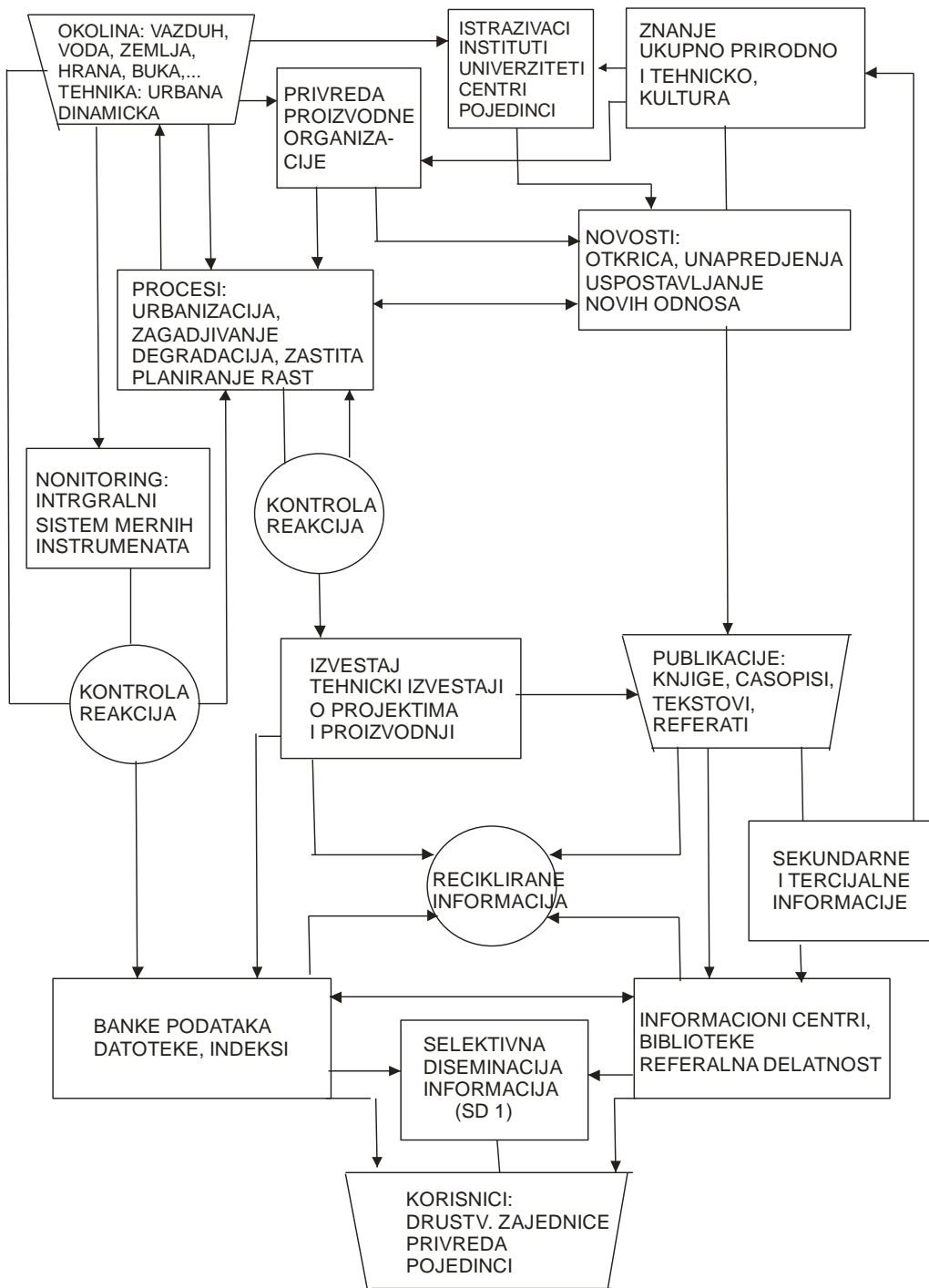
Jugoslovenski centar za naučnu i tehničku dokumentaciju (JCTND) prati najveći broj stranih časopisa i izdaje 22 serije dokumentacionih biltena, od kojih su za nas neki interesantni, a posebno je važan bilten "Otpadne vode i zagađenje vazduha" (Serija D-7). Vojno-tehnički institut, Sektor za dokumentaciju i informacije izdaje "Bibliografiju prispelih knjiga, članaka iz stručnih časopisa i drugih dokumenata" sredjenu po UDK. Jugoslovenski bibliografski institut izdaje "Bibliografiju knjiga" i "Bibliografiju izabranih članaka" iz 3.000 časopisa i listova. Savet Akademije nauka izdaje "Bulletin Scientifique". Pored niza lokalnih i uskostručnih izdanja treba istaći napore velikih biblioteka na saveznom nivou koje su sve aktivnije u stvaranju posebnih bibliografija i u priključivanju na određene informacione sisteme. Dva najveća projekta iz ovog područja su "Čovek i biosfera" i "Jadran III". Treba takodje spomenuti i INDOK-centar za zaštitu i unapredjenje

okoline Sveučilišta u Zagrebu, koji izdaje mesečni bilten KO-INDOK, sa obiljem informacija iz najrazličitijih izvora.

Za postavljanje i razvoj informacionog sistema iz ove oblasti kod nas, treba sagledati i rešiti niz problema. Prva pretpostavka za organizaciju sistema bila bi da se na odredjen način sredi ogromna postojeća dokumentacija u nizu organizacionih jedinica koje se bave ovim problemom. Kada je reč o novim informacijama treba ujednačiti puteve njihove prezentacije. Veliki broj naših naučnih institucija bavi se uspešno problematikom zagađenja, a da svoja iskustva i ne publikuje. Trebalo bi izabrati strane časopise i sisteme koje treba pratiti uz dopunjavanje, a ne uz dupliranje činjenica i informacija. Odlučiti da li sistem zasnivati na komuniciranju abstraktima ili samo naslovima članaka. Trebalo bi sa više interesovanja pratiti rad naših naučnih institucija, jer se većina radova ili ne štampa ili štampa u stranim časopisima, a to su radovi koji zbog konkretne problematike treba najviše da nas interesuju. Treba razviti sistem monitoringa, organizovati mrežu automatskih mernih uredjaja (koji kontrolišu emisiju, stanje vode, vazduha, itd) spojenih sa kontrolnim sistemima i bankom podataka koja neprestano generira nove (numeričke) informacije o stanju (kvalitetu) okoline. Takodje treba sistematizovati svu zakonsku regulativu iz ove oblasti.

Najvažnije je u svemu ovom pravilno sagledati i postaviti jednu šemu o celokupnom toku informacija i njihovoj interakciji sa okolinom. U tu svrhu prilažemo šemu na slici 1.2. Polazi se od pretpostavke da je čovek okružen sa dve sfere: fizičkom okolinom u koju se uključuju svi mediji u kojima živimo i intelektualnom okolinom koja uključuje celokupni postojeći fond znanja. Razvoj uopšte se zasniva podjednako na korišćenju materijalnih i intelektualnih resursa, a tok informacija o razvoju se posmatra u neprestanoj interakciji sa okolinom. Polazeći odavde do zainteresovanog korisnika moraju stići sve relevantne informacije kako o najnovijim tehničkim dostignućima koja se odnose na datu problematiku tako i o trenutnom stanju okoline. Monitoringom sakupljeni podaci moraju u banci podataka relativno brzo biti obradjeni i takvi biti dostavljeni na raspolaganje na efikasan način, uz minimalne gubitke vremena.

Svaki sistem, pa i ovaj o zaštiti i unapredjenju čovekove okoline mora posedovati hijerarhičnost. Jedna od njegovih najbitnijih osobina je kontrolabilnost, sposobnost sistema da metodom samoregulacije ili kontrolom izvana utiče na menjanje pojedinih subjekata sistema. Informacioni sistem je jedan od kompleksnih sistema koji uključuje i zatvorene i otvorene sisteme. Neke od njegovih komponenti funkcionišu samostalno, putem samoregulacije, dok je u većini slučajeva prisutno svesno, čovekovo upravljanje. U celokupan sistem informisanja moraju se uključiti neke već postojeće službe (kakva je INDOK), a moraju se razvijati i nove službe i podsistemi koje se u njega uključuju.



Slika 1.2. Šema interakcije okolina-informacije.

Ono što je činjenica, jedan ovakav sistem informisanja kod nas se zbog stanja okoline, mora razvijati. Druga, porazna, činjenica je da se na tome još gotovo ništa ne radi. Čak i "Osnove zajedničke politike dugoročnog razvoja SFR Jugoslavije do 1985. godine" iako problemima zaštite okoline posvećuje znatnu pažnju, o informisanju ne kazuje mnogo, mada je to jedini put da se pokrene prava i sveobuhvatna akcija u ovoj oblasti.

Činjenica je da za samu akciju zaštite i unapredjenja okoline treba izdvojiti velika materijalna sredstva, za sistem informisanja, takodje. Ali i sa time treba blagovremeno početi, jer kasnije će ta cena biti još veća.

1.4. Sistematizacija porekla zagadjivača.

Kako se iz prethodnog izlaganja može zaključiti, veoma je teško napraviti valjanu sistematizaciju izvora i porekla zagadjenja, i to upravo zbog složenosti i multidisciplinarnog karaktera problematike životne sredine. Navešćemo ovde jedan pokušaj sistematizacije porekla zagadjenja preuzet iz američke literature.

1.4.1. Zagadjenje vazduha

Ukupno zagadjenje vazduha može se predstaviti, do na oblik funkcije F, sledećom zavisnošću:

$$ZV = F(SI, MI)$$

ili

$$ZV = F(PI, PE, PS)$$

gde su:

- ZV - zagadjenje vazduha
- SI - stacionarni izvori zagadjenja
- MI - mobilni izvori
- PI - porast industrije
- PE - porast energetike i
- PS - porast saobraćaja.

Nije teško utvrditi medjusobnu zavisnost progresa i tehnološko-industrijskog razvoja sa zagadjivanjem vazduha.

1.4.2. Zagadjenje vode

Zagadjenje vode može se takodje predstaviti funkcijom sledeće zavisnosti:

$$WP = F(SI, MI)$$

iii

$$WP = F(\text{IOV}, \text{KOV}, \text{OVS}, \text{OVR})$$

gde su:

W - zagađjenje vode

IOV - industrijske otpadne vode (porast industrije)

KOV - komunalne otpadne vode (razvoj urbanih celina)

OVS - otpadne vode saobraćaja (porast saobraćaja) i

OVR - otpadne vode rudarstva (intenzifikacija eksploatacije ruda).

Odavde opet proizilazi direktna zavisnost tehnološko-industrijskog progressa i zagađjenosti voda.

1.4.3. Zagađivanje tla

Zagađivanje tla može se kao i u prethodnim slučajevima izraziti funkcionalnim zavisnostima oblika:

$$ZT = F(\text{SI}, \text{MI})$$

iii

$$ZT = F(\text{PP}, \text{PE}, \text{PS}, \text{PI})$$

gde su:

ZT - zagađjenje tla

PP - porast poljoprivredne proizvodnje

PE - razvoj energetike

PS - porast saobraćaja i

PI - porast industrijske proizvodnje.

1.4.4. Oblik funkcionalne zavisnosti

Sumirajući gore izneto, globalno se može zaključiti da celokupno zagađivanje životne sredine može da se predstavi jednostavnim izrazom:

$$\text{CZ} = F(\text{ZV}, \text{ZW}, \text{ZT})$$

U svim posebnim slučajevima stanje sredine u opštem slučaju zavisi od stepena razvijenosti zemlje. Najgrublja analiza za oblik funkcionalne zavisnosti stanja sredine od stepena razvoja zemlje daje stepenu funkciju:

$$\text{CZ} = K \cdot (\text{CD})^n$$

gde su:

CZ - celokupno zagađjenje životne sredine

K - koeficijent
CD - razvoj zemlje, i
n - eksponent.

Navesti konkretne vrednosti za koeficijent i eksponent je složeniji postupak, na kome se nećemo zadržavati.

1.4.5. Vrste zagadjivanja

Vrste zagadjivanja mogle bi se takodje raščlaniti i zagadjenje izraziti na sledeći način:

$$CZ = F(MZ, HZ, BZ, RZ, ZB)$$

gde su:

MZ - mehaničko zagadjivanje
HZ - hemijsko zagadjivanje
BZ - biohemijko zagadjivanje
RZ - radijaciono zagadjivanje i
ZB - zagadjivanje bukom

O vrstama zagadjjenja posebno će biti govora kasnije u tekstu, uz napomenu da je ova sistematizacija samo jedan pokušaj koji problematiku zagadjjenja i njenu sistematizaciju samo načinje.

II

PROBLEMI ZAŠTITE OKOLINE - NORMATIVNI I ZAKONSKI PROPISI

Ceni se da danas postoji nekoliko stotina hiljada veštački stvorenih supstanci od kojih su preko 12.000 opasne po zdravlje. Samo je za mali broj (oko 600) ispitano ponašanje prema živoj materiji, i njihove količine, u spoljnoj sredini kao i u zatvorenom radnom prostoru, su normirane.

Problem zagadjenja i zaštite čovekove okoline je relativno nov. Šire razmere dobija tek u zadnje tri decenije, mada se čovek i ranije sretao sa mehaničkim prirodnim zagadjivačima, kao što su prirodna prašina, polenov prah, prašina iz vulkana, sa ogolelih terena i pustinja. Svedoci smo povremenog taloženja sitnog peska iz Sahare i u našim krajevima. Protiv ovih zagadjivača, sitnih čestica u ograničenom obimu, kod čoveka je razvijen fini mehanizam samoodbrane. Pronalaskom vatre i posebno korišćenjem uglja za loženje, javlja se skokovit porast zagadjenja, kojem čovek nije više u stanju da se biološki prilagodjava.

Zagadjivanje od uglja, sa velikim količinama sumpora, može da bude veoma neprijatno. Iz tog razloga britanski parlament je 1773. godine doneo odluku kojom se zabranjuje upotreba uglja za loženje. Javni stav prema ovom zagadjivaču tada još nije bio postojan. Godine 1707., ribari su na reci Fubo razbili parni brod fizičara Denisa Papena (pronalazač Papenovog lonca) smatrajući da će im zagaditi reku i rasterati ribu.

Početak industrijske revolucije i razvojem tehnologije (u prvo vreme proizvodnjom kamene sode za pravljenje sapuna) problemi zagadjenja dobijaju na težini. U Engleskoj se još 1819. godine javljaju zakonski pokušaji regulisanja zagadjenja vazduha. Prvi opšti zakon izradjen je 1849., a 1853. godine donete su preporuke za smanjenje emisije dimnih gasova. Zakon o predvidjenim merama donet je 1886., a sada važeći izglasan je 1956. godine.

U našoj zemlji organizovana akcija potekla je 1965. godine kada je donet Savezni zakon o zaštiti vazduha od zagadjenja. zakon o zaštiti vazduha od zagadjenja SR Srbije donet je 1973. godine. Borba za zaštitu čovekove sredine ustavom je kod nas regulisana Ustavnim amandmanom XXX. Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom o maksimalno dozvoljenim koncentracijama - MDK škodljivih gasova, para i aerosola u atmosferi radnih prostorija i radilišta donet je prvi put 1964. - JUS Z. BO. 001., a proširen je 1971. godine. Koncentracija toksičnih materijala u otpadnim vodama, koje se ispuštaju u recipijente, regulisane su u našoj zemlji vrednostima maksimalno dozvoljenih koncentracija-MDK ("Sl. list SFRJ", 1966) koje treba da predstavljaju univerzalnu vrednost za bilo koji vodotok, organizam i mešavinu toksičnih materija. Sa ovim propisima upoznaćemo se nešto kasnije.

Pun zamah borba za očuvanje životne sredine dobija na Štokholmskoj konferenciji Organizacije Ujedinjenih Nacija. Na ovoj konferenciji, održanoj juna 1972. godine, pored veoma obimnog materijala Pripremnog komiteta OUNi Sekretarijata konferencije, sve zemlje učesnice i predstavnici agencija i organa Ujedinjenih Nacija i pojedinih međunarodnih organizacija izložili su svoje stavove i izveštaje o aktivnostima na rešavanju ovih problema, a neke zemlje su podnele i veoma jasne i precizno definisane programe i projekte rešavanja problema okoline.

I pored nekih slabosti Štokholmske konferencije, nastalih zbog opšte poznatih razloga, ona će sigurno predstavljati istorijsku prekretnicu u organizovanom mobilisanju cele svetske zajednice u rešavanju problema zaštite životne sredine. Naša zemlja se ne samo kao član pripremnog komiteta konferencije i njen učesnik, već i u svim agencijama Ujedinjenih nacija i mnogim međuvladinim i nevladinim organizacijama i bilateralnim odnosima veoma aktivno angažovala, zalažući se za iznalaženje, usvajanje i dosledno sprovođenje suštinskih rešenja, kako na globalnom, tako i na regionalnom planu, prvenstveno u saradnji sa susednim zemljama.

Usvajajući opšte društveni značaj zaštite životne sredine, već dugo se na nacionalnom planu vrše brojna ispitivanja zagadjenosti vazduha, vode, prehrambenih proizvoda, zemljišta i živih organizama pojedinim toksičnim supstancama, a dobijeni rezultati, iako nedovoljni i nepotpuni, ukazuju, da je stanje opšte zagadjenosti naše životne sredine veoma ozbiljno i da se iz godine u godinu naročito u pojedinim lokalitetima, drastično pogoršava.

Sve ovo impliciralo je jednu organizovaniju akciju u borbi za zdraviju čovekovu životnu i radnu sredinu. Sazreli su uslovi da se sa pokušaja parcijalnih rešavanja pojedinih problema predje na sveobuhvatniju, širu društveno organizovanu akciju. Taj korak je kod nas učinjen osnivanjem "Jugoslovenskog saveta za zaštitu i unapredjenje čovekove okoline", na osnivačkoj skupštini održanoj u Beogradu 1. i 2. februara 1973. godine. Iz statuta i programa ove institucije, kao i iz daljeg rada (Bled-74, Mostar-76,...) jasno se vide njeni zadaci u borbi za očuvanje i unapredjenje životne sredine.

2.1. Kriterijumi i mere za zaštitu i kvalitet okoline i uloga društva.

Kompleksnost i sveobuhvatnost životne sredine sa njenim prirodnim i stvorenim vrednostima i sa mnogim uzajamnim vezama, uslovili su nekoliko pristupa problemima sredine. Svi oni imaju svoje prednosti i nedostatke:

Ekološki pristup tretira čoveka kao živo biće, kao integralni deo prirode, zanemarujući ponekad činjenicu da je čovek i društveno biće koje mora da proizvodi na bazi prirodnih dobara, da ih menja kao osnov svoje egzistencije.

Zdravstveni aspekti su zapisani i u našem Ustavu: "Čovek ima prava na zdravu sredinu". Ako se preusko shvate, tretiraju odnos čoveka prema sredini ne kroz proizvodnju, već kroz standard.

Prostorni planeri smatraju da se većina problema sredine može rešiti planskim pristupom, pogodnim rasporedom privrede prema gradovima i drugim prirodnim dobrima. Ovaj prilaz odlično rešava probleme sredine u gradovima, ali ne rešava probleme sredine u njihovoj biti, jer ne otklanja uzroke i žrtvuje određene prostore.

Tehnološki pristup polazi od toga da tehnologija kvari i da će ona sve i popraviti, čime se u suštini afirmiše potrošački pristup.

Ekonomski pristup često podređuje trajne ciljeve trenutnim interesima dohotka, razmatra se cena mera zaštite, a ne cena već postojećih šteta.

Pravni pristup smatra da dobri propisi mogu rešiti sve probleme sredine, što bar iz iskustva naše zemlje nije tačno.

Jedan od najopasnijih pristupa je **demografski pristup** koji uzročnike svih problema zagađenja sredine vidi u "demografskoj eksploziji", čime se svesno potiskuju potrebe razvoja zemalja i regija u razvoju, sadašnje potrebe većeg dela čovečanstva.

Sva ova manje-više jednostrana gledišta treba prevazići i objediniti u jedan opšti, sveobuhvatniji i adekvatniji prilaz.

Pri razmatranju zagađenja treba biti oprezan i sa upotrebom termina za odgovarajuće pojave. Tako, na primer, termin "čovekova okolina ili sredina" svodi problem na čoveka, pojednostavljuje problem, termin "životna sredina" više odgovara globalnim razmatranjima, uključujući i druge oblike žive materije, kao i prirodne resurse.

Još u Nacrtu zakona, a kasnije i u Zakonu o zaštiti čovekove životne sredine od zagađenja (1975) istaknuta je složenost predstojeće akcije i teškoće u njenoj realizaciji:

1. U obzir se moraju uzeti konkretni uslovi i stepen razvoja privrede, ljudi i okoline (ne prihvatiti apriori gotove programe i norme drugih zemalja i sredina).
2. Na donošenju propisa moraju raditi stručni-naučni timovi zasnovani na multidisciplinarnom principu, što odgovara kompleksnosti problematike.
3. Zakonski i normativni propisi treba da obuhvataju "resorske i teritorijalne" aspekte i da budu prilagodjeni republikama i pokrajinama posebno.
4. Ono što ni u svetu nije rešeno je problem tretiranja istovremenog delovanja više zagađivača (ukupno štetno dejstvo više polutanata). Kako u tom slučaju limitirati ukupno dejstvo?
5. Adekvatno rešenje zahtevalo bi minimiziranje zagađivača kontinualno smanjenje, dok za sada zakonski normativi daju samo diskretne granice prisustva zagađivača.

6. Sa pravno-ekonomskog stanovišta propisane sankcije u vidu relativno niskih novčanih kazni ne stimulišu trajno otklanjanje uzroka zagađenja.

No, sa akcijom se mora početi, pa makar i sa izvesnim propustima u početku.

2.2. Principi za definisanje granica doza

Pod dozom ćemo podrazumevati određenu količinu neke materije koja može da izazove odgovarajuće efekte (povoljne ili štetne). Nas zanima, u prvom redu, uticaj doze na čoveka i u tom kontekstu meri se u jedinicama težine u odnosu na težinu čoveka. Maksimalno dozvoljena doza MDD je količina koja izaziva određeni štetni efekat. Ako se ova količina usrednji na prosečnog čoveka dolazimo do definicije maksimalno dozvoljenog unošenja-MDU. Odavde se relativno lako izračunava maksimalno dozvoljena koncentracija-MDK date štetne materije (u vodi, vazduhu,...), ako se znaju čovekove potrebe za određeno vreme. Pomenućemo još i maksimalno dozvoljenu emisiju ili ispuštanje-MDE, koja predstavlja meru količine polutanta koji određeni objekat ispušta u okolinu.

Ne ulazeći u biološke definicije i granice doza (somatske, genetske,... za pojedince, radnike, grupe stanovnika... za celo telo, neki organ, za datu sredinu, vazduh, vodu, ... za način ugrožavanja-ingestijom, inhalacijom...) mora se odmah podvući da ma kakva bila doza-ne postoji idealna zaštita zbog:

- prirode štetnih materija,
- prirode čoveka (različita osetljivost i odbrambene sposobnosti),
- nepostojanja idealne tehnologije (zaštitnih mera),
- nejednakih uslova izlaganja štetnim dejstvima, i
- nepoznavanja efekata simultanog dejstva različitih polutanata.

Posledice izlaganja radnika i stanovništva štetnim materijama definišu se na osnovu medicinskih indikatora, statistički, a predviđaju se na osnovu zakona verovatnoće. Pri tome vrsta i veličina štetnog uticaja, vreme izlaganja jedinice i način ekspozicije nisu jedine komponente. Iz tog razloga treba definisati prag određenih štetnih posledica (opet srednji zbog bioloških razlika), prag za određenu akciju, tj. meru zaštite, posebno onu koja bi obezbedila da se prag neželjenih štetnih posledica ne dostigne.

Ovo određivanje neke granične vrednosti ne obezbeđuje apsolutno izbegavanje štetnih posledica; za jedan deo ljudi posledice su moguće, takodje moguće posledice su za količine ispod praga, ne moraju da budu izrazite, ali postoje.

2.3. Maksimalno dozvoljene koncentracije polutanata - MDK

Da bi voda (vazduh) bila upotrebljiva za piće (disanje) i uopšte za ljudsku upotrebu, mora imati određene osobine, tj. određene sastojke, a ne sme imati

neke druge sastojke preko određene granice. Granica koja određuje maksimalno dozvoljenu količinu neke štetne materije u jedinici zapremine posmatrane sredine naziva se Maksimalno Dozvoljena Koncentracija-MDK. Očigledno je da je MDK po svojoj suštini NORMA KVALITETA, granica tolerisanja. Najviše se primenjuje na vodu, vazduh u atmosferi i radnim prostorijama, na životne namirnice, radioaktivno zračenje i drugo.

Osnovna prednost ove norme je što se lako i neprekidno meri. Jedinice su obično mg/ml, mg/cm³, ml/m³, Ci/m³, itd. Kao mera štetnosti pogodnija je MDU, ali se teže kontroliše.

Raznolikost normi o MDK

U savremenoj industriji identifikovano je preko 8000 potencijalno štetnih materija (gasova, aerosola, tečnosti, para; bilo da su toksične, iritirajuće, korodivne, kancerogene,...), (SAX). Svake godine se pronadje i pusti u promet ne mali broj novih hemijskih supstanci potpuno neispitanog dejstva na čoveka i živi svet. Medjutim, statistike pokazuju (Occupational Safety and Health, No 20, 1970.) da je u propisima 19 zemalja (odnosno 27 ako se uračunaju i prikazane države iz sastava SAD) obuhvaćeno svega 655 štetnih gasova, para i aerosola, kao i 47 mineralnih, biljnih i drugih štetnih sastojaka prašine, tj. ukupno manje od 9% od popisanog broja. Treba reći da je izbor pojedinih država bio još uži (propisi SSSR-445 štetnih materija, Rumunija-420, Jugoslavija-350, Nemačka, Poljska i SAD-210 do 260, Bugarska, Finska i Madjarska-po oko 120, ČSSR-70, Japan-80, Italija-5, itd.).

Još veće razlike postoje medju propisanim MDK vrednostima u pojedinim zemljama:

-Za amonijak istočnoevropske zemlje (sem ČSSR) imaju pet puta nižu vrednost od zapadnih zemalja. Jugoslavija je usvojila polovinu vrednosti zapadnih zemalja.

-Za arsenik sve vrednosti se kreću od 0,3-0,5 mg/m³.

-Za CO₂ propisane vrednosti su iste, s tim što Bugarska, Madjarska, Egipat, Japan, Poljska i SSSR uopšte nemaju MDK za ovaj gas.

-Za CO istočnoevropske zemlje do 30 mg/m³, zapadne 66-100 mg/m³. Jugoslavija je usvojila polovinu vrednosti zapada.

-Za DDT-Finska, Poljska, Rumunija, SAD, SFRJ imaju vrednost od 10 mg/m³, ostale istočnoevropske zemlje deset puta manju, a Egipat i Japan "nemaju problema" sa DDT-em.

-Za olovo vrednosti MDK se razlikuju i do 20 puta, za Hg 50 puta, za vinilhlorid razlike su 43 puta. Razlike usvojenih normi MDK, u raznim zemljama, za veoma rasprostranjen i štetan polutant SO₂ ilustrovane su u tabeli 2.1.

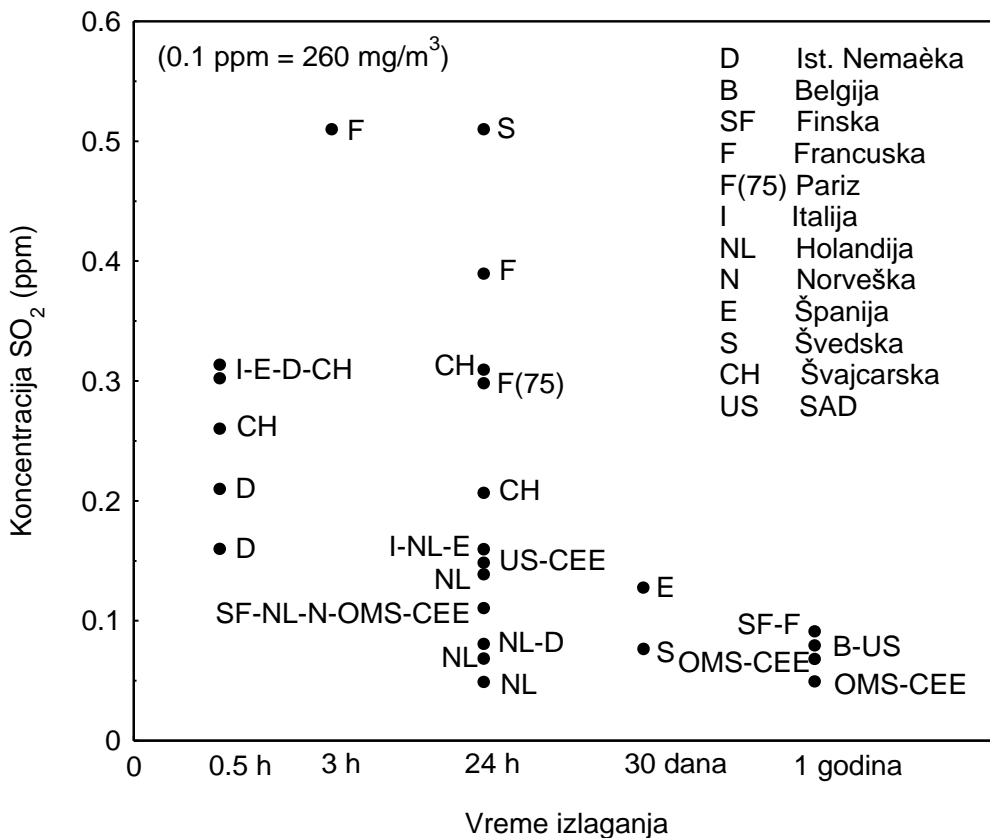


Tabela 2.1. Raznolikost vrednosti MDK za SO₂ u vazduhu.

Ove razlike svakako zavise i od stepena razvoja zemlje i stanja zagadjenosti, ali isto tako sadrže i informaciju o različitoj brizi pojedinih društava o svojim radnicima i stanovništvu. Medjutim, treba uzeti u obzir i činjenicu koliko se propisane norme poštuju u određenim zemljama.

2.3.1. MDK zagadjivača vode

Koncentracije toksičnih materija u otpadnim vodama koje se ispuštaju u recipijente regulisane su u našoj zemlji Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim koncentracijama, (Sl. list SFRJ, 1966.), koje treba da predstavljaju univerzalnu vrednost za bilo koji vodotok, organizam i mešavinu toksičnih materija.

Uobičajeni prilaz problemu toksičnih otpadnih voda kod nas je da se, na osnovu propisa o MDK ili literaturnih podataka, odredi stepen delovanja i stepen potrebnog prečišćavanja. Medjutim, u većini slučajeva nisu poznate komponente kompleksnih otpadnih voda koje su odgovorne za toksičnost, zatim, što je još važnije nisu dovoljno poznati efekti kombinovanog delovanja istovremeno prisutnih toksičnih materija.

Pored ovoga informacije o toksičnosti mnogih supstanci ili potpuno nedostaju ili su kontradiktorne. Iz navedenih razloga i kada je poznat hemijski sastav i stepen toksičnosti pojedinih komponenata otpadnih voda na akvatične organizme, procenjivanje ukupnog toksičnog delovanja na prijemne vodotoke samo na osnovu hemijske analize vrlo je nepouzđano. U takvoj situaciji borba protiv zagadjenja postaje još komplikovanija i svako rešenje dispozicije toksičnih industrijskih otpadnih voda postavlja pred projektante i organe kontrole zagadjenja voda niz pitanja i nepoznanica.

Našim zakonskim propisima kojima se regilišu MDK toksičnih materija nije propisano kako treba postupiti kada otpadne vode istovremeno sadrže veći broj toksičnih materija.

Prema sovjetskoj literaturi (Fridjand i Rubleva, 1958; Žukov, 1962; Čerkinskij, 1972.) ako toksične materije koje se nadju istovremeno u otpadnoj vodi imaju istu vrstu delovanja, njihovo dejstvo se sabira, vrednost MDK mora se smanjiti proporcionalno broju tih supstanci. Ovaj princip bi i mi trebali usvojiti.

Nasuprot stavu o mogućnostima univerzalne primene i objektivnosti kriterijuma MDK, razvojem naučne discipline toksikologije otpadnih voda javljaju se sve oštriji zahtevi za uvođenjem standardnih eksperimentalnih metoda za procenu toksičnosti u svakom konkretnom slučaju.

U svrhu zaštite vode, u nas, već je doneto nekoliko pravilnika i propisa o kvalitetu i zaštiti voda:

- Pravilnik o opasnim materijama, koje se ne mogu unositi u vode, Sl. list SFRJ, br. 3/66 i 7/66;
- Pravilnik o higijensko-tehničkim merama za zaštitu vode za piće, Sl. list SFRJ, br. 44/60 i 11/62;
- Pravilnik o vrstama i načinu promatranja i ispitivanja kvantitativnih i kvalitativnih promena vode, Sl. list SFRJ br. 42/66;
- Rešenje JUS iz oblasti ispitivanja voda, Sl. list SFRJ br. 29/74.

Za sada ćemo se zadržati na pregledu MDK za pojedine toksične supstance prema "Pravilniku o opasnim materijama koje se smeju ispuštati u vodotok" (Sl. list SFRJ, 1966). Vrednosti MDK iz ovog pravilnika navedene su u tabeli 2.2, u jedinicama mg/l.

Tabela 2.2.

SUPSTANCA	MDK (mg/l)	POKAZATELJ ŠTETNOSTI.
živa	0.005	sanitarno-toksični
olovo	0.05	"
cijanidi	0.01	"
bakar	0.1	opšte-sanitarni
cink	1.0	"
hrom	0.05	"
deterdženti (kao ABS)	0.5	"
trinitrorezorcin	nije normiran	"

Prema zvaničnom tumačenju pravilnika, MDK se odnose na koncentraciju zagadjuvača u prijemnom vodotoku u tački potpunog mešanja.

Što se tiče kanalizacije kao recipijenta, Pravilnikom se postavljaju zahtevi da otpadne vode iz naselja, industrije, kao i ostale koje se puštaju u kanalizaciju, ne smeju sadržati:

- štetne gasove (sumporvodonik, sumpor-dioksid, vodonične okside, cijanovodonik, hlor i slične supstance),
- zapaljive i eksplozivne supstance,
- čvrste i viskozne supstance, kao: pepeo, slama, otpatci metala, plastika, drvo, staklo, dlake, meso, talozi od prečišćavanja vode,
- kisele, alkalne i agresivne materije,
- ostale štetne materije.

U javnu kanalizaciju ne smeju se puštati otpadne vode iz bolnica, klaonica, veterinarskih stanica, kafilerija i sličnih ustanova, ako nisu prethodno dezinficirane, kao i otpadne vode koje mogu štetno uticati na instalacije, gradjevine i uređaje javne kanalizacije. Odredjene su granične vrednosti štetnih materija koje mogu imati otpadne vode prilikom puštanja u javnu kanalizaciju, i to u sledećim količinama:

- organske materija i lako isparljivi derivati nafte	u tragovima
- ulja i masti	100 mg/l
- fenol	0,5 "
- hrom	2 "
- bakar	2 "
- cink	2 "
- nikal	3 "
- gvoždje	15 "
- olovo	2 "
- cijanid	2 "
- detedženti	
anjon aktivni	10 "
nejonogeni	10 "
katjon aktivni	5 "
- radioaktivni materijal sa zračenjem do	4×10^{-12} Ci/l

2.3.2. MDK zagadjuvača vazduha u atmosferi

Vazduh je najvažnija komponenta čovekove životne sredine. Njegovo zagadjuvanje je veoma štetno zbog uticaja na zdravlje, uništavanja vegetacije, pospešivanja korozije, dejstva na boju, itd. O sastavu čistog vazduha govorićemo kasnije. Sada ćemo upoznati propise o MDK polutanata vazduha, kako atmosfere, tako i zatvorenog radnog prostora. Zadržaćemo se posebno na pregledu Zakona SR Srbije o zaštiti vazduha od zagadjenja i Jugoslovenskog standarda o MDK škodljivih materija u vazduhu prostorija i radilišta.

Zakon SR Srbije o zaštiti vazduha od zagađivanja donet je 1973. godine. Navešćemo ovom prilikom neke od članova ovog zakona koji se odnose na našu problematiku.

Član 1.

U cilju zaštite zdravlja stanovništva, životne sredine i materijalnih dobara od štetnog dejstva zagađenog vazduha ovim zakonom određuju se uslovi i mere zaštite od zagađenja vazduha i utvrđuje se nadzor nad objektima koji mogu zagađivati vazduh.

Član 2.

Pod zagađivanjem vazduha podrazumeva se ispuštanje odnosno ubacivanje u vazduh gasa, pare, dima, prašine i drugih materija iz pojedinih izvora u količinama koje mogu štetno uticati na zdravlje stanovništva, životnu sredinu i materijalna dobra.

Pod zagađenim vazduhom u smislu ovog zakona podrazumeva se vazduh u kome ima štetnih materija iznad maksimalno dozvoljene koncentracije.

Član 3.

Industrijski i drugi objekti i postrojenja ne smeju ispuštati u vazduh dim tamniji od broja 2 Ringelmanove skale duže od 4 minuta u toku jednog časa ili 14 minuta u toku 8 časova.

Brodovi u luci, lokomotive u železničkoj stanici ili pri prolasku kroz naselje i lokomobili ne smeju ispuštati dim tamniji od broja 2 Ringelsove skale duže od 3 minuta u toku jednog časa.

Motori sa unutrašnjim sagorevanjem (benzinski i dizel motori) ne smeju ispuštati u vazduh, i to:

- benzinski motori - ugljenmonoksid u količini većoj od 4,5 Vol % pri radu motora u praznom hodu,
- dizel motori-crni dim preko granice utvrđene posebnim propisom.

Industrijski i drugi objekti ne smeju ispuštati u vazduh štetne materije u količinama koje će koncentraciju ovih materija dovesti iznad maksimalno dopuštenih granica u vazduhu:

Tabela 2.3.

Red. broj	MATERIJA	srednjodnevna konc. mg/m ³	pojedinačna konc. mg/m ³
1.	Sumpordioksid	0.15	0.5
2.	Čadj	0.05	0.15
3.	Olovo	0.0007	-
4.	Olovosulfid	0.0017	-
5.	Arsen kao neorg. jedinjenja	0.003	-
6.	Ugljendisulfid	0.01	0.03
7.	Ugljenmonoksid	1	3.0
8.	Azotni oksid kao NO ₂	0.085	0.085

9. Fluorovodnik	0.006	0.02
10. Oksidansi	-	0.135
11. Uljovodnici korigovani na metan	-	0.125
12. Pepeo i inertna prašina	do 300 mg/m ² na dan	

Republički odnosno pokrajinski organ uprave nadležan za poslove zdravlja može propisati maksimalno dozvoljene koncentracije štetnih materija i za druge zagadivače koji se mogu ispuštati iz pojedinih izvora zagadivanja, kao i metodologiju i način praćenja i utvrđivanja štetnih materija u vazduhu.

Član 6.

U postupku izrade urbanističkih planova mora se od republičkog odnosno pokrajinskog organa uprave nadležnog za poslove sanitarne inspekcije pribaviti mišljenje da li su obezbedjeni uslovi za zaštitu od zagadivanja vazduha.

Član 7.

Izgradnji i rekonstrukciji objekata iz člana 4. tačka 1. ovog zakona može se pristupiti samo ako investiciono-tehnička dokumentacija za izgradnju odnosno rekonstrukciju obezbedjuje uslove potrebne za zaštitu vazduha od zagadjenja. Investiciono-tehnička dokumentacija o izgradnji odnosno rekonstrukciji objekata mora da sadrži podatke o vrsti i obimu zagadivanja vazduha do koga će doći puštanjem objekta u rad... Izgradjeni i rekonstruisani objekti ne mogu se upotrebljavati dok se ne uvidi da njihov rad neće prouzrokovati zagadivanje vazduha iznad utvrdjenih granica.

2.3.3. Standard o MDK škodljivih materija vazduha radnih prostorija i radilišta

Radi sticanja uvida, a takodje i radi eventualne lične upotrebe, u daljem tekstu priložen je standard o "MDK škodljivih gasova, para i aerosola u atmosferi radnih prostorija i radilišta", JUS. Z. BO: 001 VIII-1971, Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1.1 1972, Rešenje br. 24-3698/1 od 15.VII 1971; Službeni list SFRJ br. 35/1971.

MAKSIMALNO DOPUŠTENE KONCENTRACIJE ŠKODLJIVIH GASOVA, PARA I AEROSOLA U ATMOSFERI RADNIH PROSTORIJA I RADILIŠT

1. Predmet standarda

1.1. Ovaj standard propisuje maksimalno dopuštene koncentracije (u daljem tekstu "MDK") pojedinih škodljivih gasova, para i aerosola (dimova i prašine) u vazduhu radnih prostorija, radnih mesta i radilišta, (u daljem tekstu "radna mesta"), koje ne zahtevaju primenu mera higijensko-tehničke zaštite, odnosno primenu odgovarajućih ličnih zaštitnih sredstava.

1.2. Ako se u vazduhu radnih mesta istovremeno nadju dve ili više vrsta gasova, para, magle, dimova ili prašine tada se u pogledu ocene opasnosti po zdravlje zaposlenih lica, odnosno potreba sprovođenja zaštitnih mera pri radu, mora zatražiti mišljenje nadležne ustanove.

1.3. MDK date u tablicama ne odnose se na atmosferu naselja.

2. Opšta objašnjenja

2.1. Supstance u koncentracijama navedenim u tabelama ovog standarda, prema dosadašnjim istraživanjima i iskustvima, ne bi smele da izazovu oštećenje zdravlja normalnih, zdravih radnika, pri normalnim uslovima rada i osmočasovnom radnom vremenu.

To ne znači da navedene koncentracije ne izazivaju nikakve promene u organizmu. Izvesne promene mogu da postoje, ali su one, po pravilu, takve prirode da u svakom zdravom organizmu posle redovnog odmora (16 sati), nastaje potpun oporavak (*restitutio ad integrum*). Zato treba nastojati da u vazduhu radnih prostorija, radnih mesta i radilišta bude što manje škodljivih supstanci, odnosno da njihova koncentracija bude što manja, a ispod u ovom standardu navedenih vrednosti, što se u većini slučajeva može postići primenom odgovarajućih higijensko-tehničkih zaštitnih mera.

Vrednosti MDK u tabelama ovog standarda ne mogu se smatrati kao isključiv osnov za donošenje zaključaka o eventualnoj opasnosti po zdravlje zaposlenih lica. Kratkotrajna prekoračenja MDK nekih škodljivih supstanci mogu biti bezopasna, dok češća prekoračenja u toku osmočasovnog radnog vremena mogu već dovesti do oštećenja zdravlja. Kod nekih škodljivih materija može i samo jedno prekoračenje dovesti do oštećenja zdravlja.

Ustanovljena koncentracija u radnoj atmosferi ne može se smatrati kao jedino merilo za ocenu stvarne opasnosti za zdravlje zaposlenih lica, jer se moraju uzeti u obzir i drugi elementi koji mogu potencirati štetno dejstvo pojedinih supstanci kao što su: forsiran rad, povišena temperatura i vlažnost vazduha ili povećani vazdušni pritisak. Ona se ne može smatrati ni kao jedino merilo za ocenu stvarnog ili pretpostavljenog oštećenja zdravlja zaposlenog lica. Konačan zaključak o posledicama po zdravlje može se doneti samo na osnovu medicinskog nalaza.

2.2. Vrednosti MDK škodljivih supstanci, navedene u ovom standardu privremenog su karaktera. Na osnovu iskustava i opažanja u toku njihove praktične primene i na osnovu rezultata naučnih istraživanja u ovoj oblasti, one će po potrebi biti menjane.

3. Definicija

Maksimalno dopuštenom koncentracijom smatra se ona koncentracija škodljivih gasova, para i aerosola (u daljem tekstu "škodljivih supstanci") u vazduhu radnih mesta koja ne prouzrokuje oštećenje zdravlja pri svakodnevnom osmočasovnom radu (pri normalnim klimatskim uslovima i neforsiranom disanju) a izražava se:

- za gasove i pare: u mg mase po m³ vazduha ili u cm³ zapremine po m³ vazduha (ppm-delova na milion),
- za otrovne prašine, dimove i magle: mg/m³ vazduha,
- za mineralne prašine: mg/m³ vazduha i brojem čestica u cm³ vazduha.

Tabela 2.4. Izvodi MDK gasova i para; kompletna tabela je u prilogu na kraju knjige.

Red. broj	NAZIV SUPSTANCE	Vrednosti MDK u	
		mg/m	ppm
1.	Acetaldehid (etanat)	360	200
2.	Acetilhlorid	3,3	1
3.	Aceton	800	336
4.	Arsenik	0,5	-
5.	Cijanovodonik	0,3	0,27
6.	Etilmerkurihlorid	0,005	-
7.	Karbonilnikla	0,007	0,001
8.	Metilizocijanat	K	-
9.	Nikotin	K	-
10.	Olovo	0,15	-
11.	Ozon	+	0,1
12.	Radijum, rastvorljive soli		-
13.	Sumpordioksid	+	10
14.	Ugljendioksid		9000
15.	Uljenmonoksid	58	50
16.	Ugljendisulfid	K	50
17.	Volfram, rastvorljivi	1	-
18.	Vodoniksulfid		10
19.	Živa	K	0,1
20.	Živina organska jedinjenja	K	0,01

Znak + obeležava materije koje imaju akutno toksično dejstvo, pa se granične vrednosti ne bi smele prekoračiti ni za kratko vreme.

Znak ++ obeležava materije koje pri povoljnoj ekspoziciji deluju kumulativno.

Znak +++ obeležava kancerogene ili senzibilišuće materije za koje nije data granična vrednost, no ne sme se dopustiti kontakt bilo kojim putem i unošenje u organizam ni u tragovima. Oznaka K se odnosi na kancerogene materije.

4. Vrednost MDK škodljivih supstanci

4.1. MDK i drugi podaci o delovanju pojedinih škodljivih supstanci dati su:

- za gasove, pare, otrovne prašine, dimove i magle azbučnim redom u tabeli I (2.4),
- za mineralnu i organsku prašinu u tabeli 2.5.,
- za mineralnu i organsku prašinu izraženu brojem čestica u kubnom cm, tabela 2.6.

4.2. U tabeli II.4. date su vrednosti dozvoljenih koncentracija za gasove, pare, otrovne prašine, dimove i magle.

Vrednosti MDK u mg/l mogu se preračunati u ppm (1 ppm=10⁻⁶; 1% = 10.000 ppm) ili obrnuto prema sledećim obrascima

$$\text{mg/l} = \text{ppm} \times \frac{M}{22.4} \times 10^3 ; \quad \text{mg/m}^3 = \text{ppm} \times \frac{M}{22.4}$$

$$\text{ppm} = \text{mg/l} \times \frac{22.4}{M} \times 10^{-3} ; \quad \text{ppm} = \text{mg/m}^3 \times \frac{22.4}{M}$$

gde je: M - molekulska masa supstance.

4.3. U tabeli 2.5. date su maksimalno dozvoljene koncentracije ukupne i respirabilne mineralne i organske prašine, izražene u % mase. Pod respirabilnom prašinom podrazumeva se masa prašine koja prolazi kroz selektor (elutriator, ciklon) sledećih karakteristika

Aerodinamički prečnik (prečnik čestice oblika kugle gustine 1)	% prolaza kroz selektor
manje od 2 mikrometra	90
iznad 2 do 2,5 "	75
iznad 2,5 do 3,5 "	50
iznad 3,5 do 5 "	25
iznad 5 do 10 "	0

4.4. U tabeli II.6. date su maksimalno dozvoljene koncentracije mineralne i organske prašine po broju čestica u cm³ vazduha.

4.5. Ocena zapašenosti vazduha na radnim mestima daje se na temelju određivanja ukupne i respirabilne koncentracije prašine.

Medjutim, privremeno ako ne postoje mogućnosti određivanja respirabilne prašine, ocena se može dati i samo na temelju ukupne koncentracije.

U slučaju različitih rezultata, dobivenih na temelju ukupne koncentracije i broja čestica prašine, merodavna je ocena na temelju ukupne koncentracije.

4.6. Vrednost koncentracije iz tabele 2.5. i broja čestica iz tabele 2.6. ne odnose se na prašine koje izazivaju specifične toksične efekte. Vrednost MDK tih prašina date su u tabeli 2.4.

Vrednosti MDK iz tabele 2.5 i 2.6. ne mogu se primeniti u slučaju vrlo kratkih ekspozicija velikim koncentracijama prašine.

Tabela 2.5. MDK ukupne i respirabilne prašine

Red. broj	P R A Š I N A	Respirabilna mg/m ³	Ukupna mg/m ³
1.	MDK za mineralnu prašinu izračunava se prema SiO ₂ po ⁺	10xmg/m ³ %respSiO+2	30xmg/m ³ %SiO+2
2.	Prašina granita	2	6

3. Prašina azbesta	1	3
4. Prašina staklene i mineralne vune	4	12
5. Prašina uglja bez SiO ₂	3	10
6. Prašina silikata sa manje od 10% SiO ₂ (talk, olivin, liskun)	4	12
7. Prašina mineralna, sa manje od 1% SiO ₂ (glinica, korund, karborund, vapnenac, portland-cement, barit, apatit, fosforit i sl.)	5	15
8. Prašina plastičnih materija (polivinilhlorida, aminoplasta, fenoplasta)	3	10
9. Prašina pamuka, lana, svile, konoplje	1	5
10. Prašinabiljnog i životinjskog porekla bez SiO i toksičnih materija	3	10

+ % SiO₂ odnosi se na % slobodnog SiO₂ i pod tim se podrazumevaju tri krisalne modifikacije: kvarc, kristalbalit i trimidit.

++ Formule za izračunavanje MDK po masi odnose se samo na kvarc, dok za kristalbalit i trimidit treba dobijene vrednosti iz formula deliti sa 2.

5. Ispitivanje

5.1. Radne organizacije, odnosno poslodavci dužni su da vode računa o osobinama škodljivih supstanci koje se upotrebljavaju pri radu ili se mogu pojaviti na radnim mestima, o zadržavanju i kretanju zakonskih lica, kao i o stepenu opasnosti do kojeg su, ili mogu da budu, izložena ova lica. Oni su dužni da obezbede periodično ili trajno ispitivanje zagadjenosti atmosfere radnih mesta pojedinim otrovnim supstancama. Preporučuje se kontinuirano ispitivanje zagadjenosti vazduha.

5.2. Ispitivanje koncentracija škodljivih supstanci u vazduhu radnih mesta mora da bude zasnovano na detaljnom poznavanju tehnološkog procesa i s tim u vezi mogućnosti stvaranja pojedinih škodljivih supstanci. Po potrebi, treba izvršiti kvalitativnu analizu vazduha radnih mesta, kao i analizu sirovina, poluproizvoda, sporednih i gotovih proizvoda i pomoćnih sredstava, sa toksikološkog gledišta.

5.3. Ispitivanje koncentracije supstanci.

5.4. Pošto vrednosti dozvoljene koncentracije u tabelama 1 do 3 važe za temperaturu od 20 C i v škodljivih supstanci u vazduhu radnih mesta vrši se na uzorcima uzetim u neposrednoj blizini organa za disanje radnika, npr. na 1,5 m od površine na kojoj se nalazi radnik, odnosno na mestima i u vremenskim razmacima koji su karakteristični za pravilnu ocenu trenutne ili dnevne izloženosti zaposlenih lica dejstvu određenih azdušni pritisak 760 mm žive, to sve ispitivanjem nadjene vrednosti treba svesti na tu temperaturu i pritisak. Prilikom ispitivanja treba voditi računa o eventualnim kolebanjima zagadjenosti vazduha u toku dana, odnosno drugih vremenskih perioda, koja mogu biti posledica tehnološkog procesa. Tim kolebanjima treba prilagoditi i vreme ispitivanja.

Prilikom proveravanja koncentracije prašine (tabela 2.5.) treba uzimati uzorke kroz duži vremenski period po mogućnosti nekoliko sati, a za proveravanje koncentracije prašine na bazi tabele 2.6. treba uzimati uzorke u raznim fazama tehnološkog procesa.

5.5. Odredjivanje zagadjenosti vazduha na uzetim uzorcima vrši se prema metodama propisanim posebnim standardima (u pripremi), odnosno po propisima drugih nadležnih institucija.

Tabela 2.6. MDK mineralne i organske prašine.

Red. broj	P R A Š I N A	Broj čestica ++ u cm ³ +++
1.	Mineralna prašina sa 70 do 100% SiO ₂ +	110
2.	Mineralna prašina sa 50 do 70%	135
3.	Mineralna prašina sa 30 do 50%	200
4.	Mineralna prašina sa 15 do 30%	300
5.	Mineralna prašina sa 5 do 15%	600
6.	Mineralna prašina sa oko 5%	880
7.	Mineralna prašina sa manje od 1%	1750
8.	Prašina azbesta	175
9.	Prašina talka, liskuna (muskovita)	700
10.	Prašina grafita	530

+ % SiO₂ odnosi se na % slobodnog SiO₂ i pod tim se podrazumevaju tri kristalne modifikacije - kvarc, kristobalit i trimidit.

++ Broj čestica prašine odnosi se na prašinu do 5 mikrona veličine. Taj broj je odredjen metodom impindžera (impinger), a izračunava se po formuli

$$\frac{8800}{\%SiO_2 + 5} \frac{\text{čestica}}{\text{cm}^3}$$

Ako se merenje vrši konimetrom, vrednosti iz tebele povećavaju se za 10%.

+++ Brojevi čestica prašine sa SiO₂ odnose se na kvarc i kristobalit.

- * -

U narednom prilogu, radi poredjenja i kao dopunu našim daćemo izvode o MDK zagadjivača za mineralnu prašinu, kancerogene i druge opasne materije iz američkih propisa.

I - MINERALNA PAŠINA

Silicijum

a) amofran..... 700 čestica/cm

b) kristalan:

- kvarc

1. Granična vrednost u čestica na kubni centimetar:10600/(%SiO₂+10)

2. Granična vrednost, težinski izražena, prašina koja se udiše:
(10 mg/m)/(% kvarca koji se udiše +2)

3. Granična vrednost, težinski izražena - ukupna prašina koja se udiše ili ne udiše-.....(30 mg/m)/(% kvarca +3)

- kristobalit, tridimit: uzeti pola računa vrednosti na osnovu formula za određivanje mase kvarca.

c) rastopljeni silicijum: koristiti formule koje su označene za kvarc.

Silikati (koji sadrže manje od 1% slobodnog silicijuma):

- perlit (portlandski cement)1060 čestica/cm³
- steatit, talk (ne u obliku azbesta) 700 "
- azbest (svi tipovi), fibrozni talk, tremolit.....5 vlakana/cm³ manjih od 5 mikrona
- tripalj formula za kvarc pod 2.

Grafit (prirodni) 530 čestica/cm³

Ugali, prašina koja se udiše:

- sa manje od 5% kvarca: 2 mg/m³
- sa više od 5% kvarca: koristiti formulu za kvarc

Nefibrozna prašina

Razne vrste prašine koje sadrže manje od 1% slobodnog silicijuma ili drugih toksičnih nečistoća, na primer: krečnjak, cement, malter, perlit, celuloza, skrob, mineralna vuna, stakleno vlakno manje od 7 mikrona prečnika, itd.:

- 1060 čestica/cm³ ili 10 mg/m³ (kao ukupna prašina), ili
- 5 mg/m³ (kao respiratorna prašina).

II - KANCEROGENE SUPSTANCE

Ovde će biti navedene supstance, koje se koriste u industriji, čije je kancerogeno dejstvo dokazano ili koje su već izazvale kancerozna oboljenja u eksperimentima na životinjama.

Za sada se lista kancerogenih supstanci može podeliti na tri dela i to: supstance za koje je određena granična vrednost, supstance za koje nisu bili dovoljno definisani uslovi čovekove radne sredine da bi im se mogla odrediti granična vrednost i supstance čija se granična vrednost ispituje i koje se, kako se očekuje, upoređuju sa prethodnim.

a) Supstance, ili udružene supstance u jednom proizvodnom postupku, koje imaju priznato kancerogeno ili kokancerogeno dejstvo, i za koje su tačno određene granične vrednosti koncentracija, su:

proizvod	granična vrednost
- azbest, svi oblici	5 vlakana/cm ³ dužih od 5 mikrona
- arsen (trioksid), proizvodnja As ₂ O ₃ :	0.05 mg/m ³
SO ₂ :	6 ppm (plafonska vrednost)
Sb ₂ O ₃ :	0.05 mg/m ³
- hrom (ruda), obrada (CrO)	0.1 mg/m ³
- organska policiklična jedinjenja (rastvorljiva frakcija u benzolu)	0.2 mg/m ³
- nikel (niklsulfid), dimovi, prašina, izraženi kao Ni	1 mg/m ³
- simetrični dihlordimetiloksid	1 ppm

Napomena: zajedno sa gore navedenim proizvodima i dim cigarete može da poveća opasnost od kancerogenog oboljenja bronhija.

b) Supstance koje zajedno deluju pri jednom proizvodnom postupku, koje imaju priznato kancerogeno dejstvo bez granične vrednosti koncentracije:

- 4-aminodifenil,
- benzidin (proizvodnja),
- b-naftilamin,
- 4-nitrodifenil

c) Supstanca za koju se očekuje određivanje granične vrednosti zbog nedavnog otkrića kancerogenog dejstva je trenutno:

- hloretilen (vinilhlorid).

Što se tiče proizvoda nabrojanih pod b) ne dozvoljava se nikakav dodir, bilo da se radi o njihovom prodiranju kroz kožu, respirativnim putevima ili oralnim putem. "Nikakav dodir" uslovljava potrebu za postizanje hermetičnosti radnog procesa pomoću najboljih tehničkih metoda i zaštitom radnika zaštitnom opremom koja isključuje svaki kontakt sa kancerogenim supstancama bilo kojim putem.

Supstance za koje se sumnja da imaju kancerogeno dejstvo na čoveka

Supstance, ili udružene supstance u jednom proizvodnom postupku za koje se sumnja da imaju kancerogeno dejstvo na čoveka, na osnovu:

- ograničenih epidemioloških podataka, izuzimajući razmatranje pojedinih slučajeva, ili
- isticanja, putem oglada, kancerogenog dejstva na jednu ili više životinjskih vrsta, jesu:

Supstanca ili postupak	granična vrednost
- Antimon (antimontrioksid), proizvodnja	0.05 mg/m ³
- Benzol	10 ppm
- Benzopiren	-
- Berilijum	2 ug/m ³
- Kadmijum (kadmijumoksid), proizvodnja	0.05 mg/m ³
- Dimetilkarbamidhlorid	-
- Hromati olova i cinka	0.1 mg/m ³
- 4,4'-diaminodifenilmetan	-
- 3,3'-dihlorbenzidin	-
- 3,3'-dihlor-4,4'-diaminodifenolmetan	0.02 mg/m ³
- 1,1'-dimetilhidrazin	0.5 ppm
- Dioksidivinlcikloheksan	10 ppm
- Epihlorhidrin	5 ppm
- Heksametilfosfortriamid	-
- Hidrazin	0.1 ppm
- Monometrilhidrazin	0.2 ppm
- Nitroamini	-
- a-propiolakton	-
- Dimetilsulfat	1 ppm
- Talijum	0.1 mg/m ³
- Trihlormetan	10 ppm

III - OPASNE SUPSTANCE BEZ GRANIČNE VREDNOSTI

1. Politetrafluoretilen, proizvodi razlaganja

Termičko razlaganje fluorougljeničnog lanca u vazduhu dovodi do stvaranja oksidnih proizvoda sa sadržajem ugljenika, fluora i kiseonika. Ovi proizvodi se razlažu hidrolizom u alkalnom rastvoru, a kvantitativno doziranje fluorida u vazduhu ukazuje na stepen opasnosti od izlaganja. Pošto još uvek nije tačno utvrđena toksičnost ovih proizvoda, ne postoji granična vrednost, ali se preporučuje njihovo minimalno održavanje u vazduhu.

2. Benzini

Budući da se u velikoj meri razlikuje sastav benzina, nije više moguće koristiti za sve benzije jednu istu graničnu vrednost. Granična vrednost zavisiće od sadržaja aromatičnih ugljovodonika. Ova vrednost trebalo bi da bude određena na osnovu sadržaja benzola, drugih aromatičnih ugljovodonika i aditiva, koji se određuju doziranjem.

IV. "PREDLOŽENE" IZMENE I DODATAK

U niže navedenoj tabeli nalaze se:

- supstance za koje do sada nije određena granična vrednost,
- supstance za koje se preporučuje nova, izmenjena granična vrednost.

Ove granične vrednosti bivaju prihvaćene za trajne vrednosti ukoliko se u periodu od dve godine pokažu valjanim.

a) Gasovi, isparenja i aerosoli

Supstance	ppm	mg/m ³	(1)
Trioglikolna kiselina	1	5	
Butilakrilat	10	55	
Glutaraldehid (aktivan ili ne)	0.3	1.2	P
Valerijanska kiselina	50	175	
Antimontrioksid, rukovanje i primena (kao Sb)	-	0.5	
Antimontrioksid (proizvodnja)	-	0.05	C
Atrazin	-	10	
Benzol	10	30	+C
Boraks-Natrijmtetaborat			
Kadmijum (kadmijumoksid), proizvodnja	-	0.05	PC
Kalcijumhidroksid	-	5	
Kalcijumoksid	-	2	
Hloretilen - Vinilhlorid	-	-	C
Hrom (ruda hroma), prerada (kao CrO ₃)	-	0.1	C
Kobalt (dimovi i prašina)	-	0.05	
Cijanamid	-	2	
4,4'-diaminodifenilmetan	-	-	C
Dihlorfluoretan	500	2100	
Propilendinitrat	0.2	2	P+
Vinilcikloheksandioksid	10	60	C
Karbonifluorid	5	15	
Heksametilfosforieamid	-	-	C
Hidrazin	0.1	0.1	
Nikl (niklsulfid) pečeni (kao Ni)	-	1	C
Fenilmerkaptan	0.5	2	
Trimetilfosfit	0.5	2.6	
Natrijmtetaborat	-	1	
Natrijmtetaborat, dekahidrat	-	5	
Natrijmtetaborat, pentahidrat	-	1	
Dimetilsulfat	1	5	PC
1,2,4-trihlorbenzol	5	40	P
Trihlormetan	10	50	C
2,4,6-trinitrotoluol	-	0.5	P
Cink (cinkhromat), kao CrO ₃	-	0.1	
Arsenik, proizvodnja	-	0.05	C
Kalcijum (kalcijumoksid)	-	2	-
Kaptanol	-	0.1	+
Dikrotofos	-	0.25	+
Izoforon-dizocijanat	0.01	0.06	+
Dioksation	-	0.2	-
2,4-epoksicikloheksan-1-epoksietil			
Karbonifluorid	5	15	
Mangan (tetraoksid)	-	1	

(1) Dodatni podaci dobijeni iz američke dokumentacije:

+ = toksičnost preko kože, P = "plafonske" vrednosti; C = kancerogeno dejstvo

b) Mineralna prašina

Amorfni silicijum:

- totalna prašina 5 mg/m³
- respiratorna prašina (manja od 5 mm) 2 mg/m³

Prirodna dijatomejska zemlja-

- respiratorna prašina 1,5 mg/m³

V - DOZVOLJENA PREKORAČENJA ZA KRATKOTRAJNA IZLAGANJA

U niže navedenoj tabeli faktor prekoračenja graničnih vrednosti definiše amplitudu dozvoljenog prekoračenja te iste granične vrednosti za supstance koje nemaju "plafonsku" vrednost.

Primeri dati u navedenoj tabeli pokazuju da koncentracija nitrobenzola, na primer, čija granična vrednost iznosi 1 ppm ne treba nikada da prekoračuje 3 ppm. Nasuprot tome, supstance sa "plafonskom" vrednošću ne dozvoljavaju faktor prekoračenja i njihova koncentracija treba da bude uvek jednaka ili manja od granične vrednosti.

Supstanca	Granična vrednost ppm	Koeficijent prekoračenja	Prihvatljiva g.v. za kratko izlaganje
Nitrobenzol	1	3	3
Ugljentetrahlorid	10	2	20
Trimetilbenzol	25	1.	40
Aceton	1000	1.25	1250
Bortrifluorid	1 P	-	1
Butilamin	5 P	-	5
Za sve supstance		faktor prekoračenja	
Granična vrednost izmedju		0 i 1	3
ppm		1 i 10	2
ili		10 i 100	1.5
mg/m ³		100 i 1000	1.25

Dešava se da nije naveden najpogodniji faktor za svaku supstancu posebno: na primer, dozvoljeno prekoračenje za CO iznosi 400 ppm za 15 minuta.

Frekvencija prekoračenja treba da bude takva da prosečna granična vrednost, ponderisana u funkciji vremena, ne bude nikada prekoračena.

2.4. Higijensko-tehnička zaštita na radnom mestu.

Pojam higijensko-tehničke zaštite na radnom mestu je po obimu znatno širi od problematike zaštite od zagađenja na radnom mestu, ali ne iscrpljuje problematiku zaštite životne sredine od zagađenja. Zbog postojanja

navedenog preseka sa tematikom našeg interesovanja upoznaćemo se u kratkim crtama sa HTZ-merama na radnom mestu.

HTZ predstavlja skup mera, normi i propisa kojima se nastoji da se radnom čoveku obezbedi što veći stepen sigurnosti na radnom mestu. Ove mere proističu iz Zakona o zaštiti na radu, koji daje podlogu za donošenje niza propisa, naredbi i preporuka o regulisanju konkretnih uslova rada na radnom mestu za različite delatnosti, a u zavisnosti od konkretnih uslova i opasnosti pri radu, kako stalnih, tako i eventualnih.

Radi uvida i sticanja potpunije slike o ovoj problematici priložićemo ovde izvode iz Zakona o zaštiti na radu SR Srbije iz 1974. godine (Sl. glasnik SR Srbije br 49/1974)

Član 1.

Zaštita na radu obuhvata mere usmerene na stvaranje bezbednih uslova rada.

Bezbedni uslovi rada ostvaruju se primenom savremenih, tehničkih, zdravstvenih, socijalnih, vaspitnih i drugih mera radi sprečavanja i otklanjanja opasnosti, štetnosti i ostalih uzročnika koji mogu da izazovu ugroženost odnosno oštećenje ljudskog organizma na radu ili u vezi sa radom.

Član 20.

Opšte mere zaštite na radu odredjuju se, za radna mesta odnosno poslove, ukoliko za odredjena radna mesta odnosno poslove ili uslove rada nisu predvidjene posebne mere zaštite na radu.

Opšte mere zaštite na radu odnose se posebno na:

- investicione objekte odnosno prostorije i prostore u kojima radnici rade ili se kreću;
- zaštitne naprave i druge vidove obezbedjenja na orudjima za rad;
- bezbednost kretanja radnika na radu i u transportu,
- suzbijanje prekomerne buke i vibracija,
- bezbednost od električne estruje,
- zaštita od štetnih zračenja,
- zaštita od opasnih i štetnih materija (gasova, pare, magle, prašine i dr.);
- obezbedjenje od požara i eksplozije;
- osvetljenje i mikroklimu u radnim prostorijama, održavanje higijenskih uslova rada i dr.

Član 37.

Posebne mere zaštite na radu odredjuju se za posebne vrste poslova, pri kojima se, zbog specifičnih opasnosti i štetnosti, zaštita ne može obezbediti opštim merama zaštite na radu.

Posebne mere zaštite na radu odredjuju se naročito na poslovima:

- koji se izvode pod zemljom (rudarstvo, tunelogradnja i dr.);
- koji se izvode pod vodom (kesonski radovi, ronilački i dr.);
- na otvorenom prostoru (poljoprivreda, građevinarstvo, šumarstvo, eksploatacija kamena, gline, šljunka, peska, nemetala i dr.);
- koji se izvode na visinama odnosno izdignutim mestima (radovi u visokogradnji i dr.);
- na pokretnim objektima (suvozemni, vazdušni, vodeni saobraćaj i dr.);
- pri hemijsko-tehnološkim procesima i sl.

- . -

Obim do sada donetih mera o higijensko-tehničkoj zaštiti na radnom mestu, kako opštih tako i posebnih-konkretnih, najbolje se može sagledati iz "Zbornika propisa o zaštiti na radu - sa komentarom i tehničkim propisima". Drugo izmenjeno i dopunjeno izdanje ovog Zbornika u tri toma i na 3400 stranica štampano je u Nišu, 1978. godine.

U okviru opštih propisa Zbornik sadrži 23 opšta propisa o zaštiti na radu u SFRJ donetih po republikama i pokrajinama u vidu zakona, pravilnika, preporuka i naredaba.

Od posebnih propisa o zaštiti na radu Zbornik sadrži 136 posebnih propisa u vidu zakona, preporuka i naredaba. Ovi posebni propisi odnose se u detaljima na konkretne uslove rada određenih radnih mesta i po problematici su svrstani u sledećih 11 oblasti:

- električna industrija,
- sudovi pod pritiskom,
- rad pod posebnim uslovima,
- zaštita od požara i eksplozije,
- hemijska industrija,
- jonizujuća zračenja,
- rudarstvo,
- građevinarstvo,
- metalna industrija,
- crna metalurgija, i
- industrija nemetala.

U pojedinosti ovih propisa se nećemo upuštati posebno na ovom mestu, ali neke problematike ćemo susretati u daljem izlaganju.

III

ZAGADJIVANJE I ZAŠTITA VODE

Smatramo da nije potrebno govoriti o ulozi vode u čovekovom svakodnevnom životu posebno. Pored toga u zadnje vreme voda ima sve veći značaj u razvoju svetske ekonomije. Nalazimo je na celoj našoj planeti, ali zavisno od godišnjeg doba i vremenskih prilika, u različitim i ograničenim količinama. Prema proceni, na zemlji ima oko 1,4 milijarde km³ vode, od čega 97,2% otpada na slanu vodu mora i okeana. Dalje, na polovima i planinama nalazi se oko 2% vode stalno zamrznute u led. Na zemlji nalazimo samo oko 0,8% od ukupne količine rezervi slatke vode, kao površinske i podzemne, koje su u stalnom pokretu-od isparavanja, do padavina i rečnih tokova, jezera i mora.

Na površinu Jugoslavije godišnje padne 256 km³ vode u obliku padavina, a sa njene površine ispari 133 km³ vode, tako da u tokovima ostaje 123 km³, koje reke odnose u mora.

Ako se razmotri prirodan proces isparavanja i vraćanja vode na Zemlju u obliku padavina, vidi se da je to jedan vrlo efikasan sistem PREČIŠĆAVANJA slobodnih voda. Uz ovo prečišćavanje, koje se odigrava u gornjim slojevima litosfere, održavaju se prirodne vode u stanju koje omogućava život na Zemlji.

Svim živim organizmima neophodna je voda za zadovoljenje osnovnih životnih potreba. Ona mora odgovarati osnovnim kriterijumima čistoće. Osim zadovoljenja bioloških potreba, čovek koristi izvesnu količinu vode za održavanje lične higijene. Medjutim, razvojem civilizacije čovek troši sve više vode, kao primarnu ili sekundarnu sirovinu u svrhu izrade materijalnih dobara, koja se u toku tehnološkog procesa proizvodnje zagadjujue, te se kao takva ne može više upotrebiti. U početku kada je voda uzimana za zadovoljenje ličnih potreba i kada je količina površinskih čistih voda bila velika, zagadjenje površinskih i podzemnih recipijenata (prihvatnika) nije se uopšte osećalo.

Kasnije, sve većim i bržim razvojem raznolike industrije i povećavanjem pratećih naselja i urbanih sredina dolazi do naglog povećanja potreba za čistom tehnološkom i pitkom sanitarnom vodom. U prvom naletu razvoja svetske industrijalizacije upotrebljene otpadne vode se ne prečišćavaju, već se u svom novostvorenom obliku ispuštaju u površinske ili podzemne vodotoke, zagadjujući i onako sve manje rezerve pitke i tehnički upotrebljive vode.

Danas se potrošnja vode kreće od 10 do 1500 l/dan po stanovniku dok u slučajevima visokog standarda potrošnja dostiže i 3000 l/dan po stanovniku, što zavisi od sredine u kojoj ljudi žive i organizovanosti snabdevanja. Kod nas je u

posleratnom periodu zabeležen veoma brz porast broja stanovništva koje se organizovano snabdeva vodom (vodovodi).

Količine vode koje se neprekidno troše u industriji daleko su veće. Navešćemo, radi pregleda, potrebe za relativno čistom vodom po jedinici proizvoda u različitim industrijskim granama:

Tabela 3.1. Utrošak čiste vode po jedinici proizvoda

Industrija	potreba vode
Elektroindustrija	
- hladjenje velikih kondenzatora, na 1000 kW	280-350 m ³
- električni hladnjaci za vazduh, na 1000 kW	350-450
Hemijska industrija	
- proizvodnja koksa, na 1 t	8-10
- proizvodnja koncentr. sump. kiseline	10-15
- natrijva šalitra	20-75
- azotna kiselina	170-270
Prehrambena industrija	
- proizvodnja 1 t šećera iz repe	25-35
- klanica na 1 t mesa	4-6
- za 1 t sira	28-32
Industrija masti, sapuna itd.	
- za 1 t masti	4
- za 1 t glicerina	30
- za 1 t želatina	1800-2200
- za 1 t lepila od kosti	300-400

Sa druge strane, izvorišta, tj. prirodni bazeni iz kojih se voda crpi, ne samo da ne zadovoljavaju potrebe već se njihov kapacitet naglo smanjuje. Osim toga, broj izvorišta pitke ili upotrebljive vode se smanjuje, jer industrija povećanjem i izgradnjom novih kapaciteta ne grade i odgovarajuće uređaje za prečišćavanje otpadnih voda. Porast zagadjenja voda povezan je sa porastom industrijskih otpadaka, otpadnih voda urbanih sredina i upotrebom pesticida i gnojiva u poljoprivredi. Kvalitet vode na zemlji sve se više pogrošava i potreba za njenom zaštitom sve je izraženija.

Zadržaćemo se ovde ukratko na pregledu vrsta i izvora zagadjenja vode.

- Gradska otpadna voda sadrži otpatke koji pri raspadanju troše kiseonik rastvoren u vodi, a takodje uzrokuju neprijatan ukus, miris i boju vode. Infektivna sredstva u vodi podrazumevaju bakterije i ostale mikroorganizme koji mogu izazvati oboljenja ljudi i životinja.
- Mineralna gnojiva u vidu jedinjenja azota i fosfora stimulišu rast vodenog rastinja i posebno algi. Prekomerna vodena vegetacija sprečava pravilno korišćenje vode

za gradsku i industrijsku upotrebu, a njenim se raspadanjem stvara neprijatan miris i povećava biološka potrošnja kiseonika. Obogaćenje vode hranljivim materijama se naziva eutrofikacija i štetno je jer vodi uništenju recipijenta.

- Organske materije u vodi obuhvataju deterdžente, pesticide, razne industrijske otpadne proizvode, kao i produkte raspadanja drugih organskih materija. Često su vrlo otrovne i teško biološki razgradive.
- Neorganske materije i minerali dospevaju u vodu putem gradskih i industrijskih otpadnih voda. Neke su vrlo otrovne i mogu onemogućiti upotrebu vode za piće i industrijsku upotrebu.
- Sedimentne materije podrazumevaju mineralne čestice i čestice tla koje se spiraju u vodu sa zemljišta za vreme intenzivnih padavina ili sa obradivih površina za vreme poplava. Povećana količina sedimenta ima negativan efekat na biljni i životinjski svet u vodi zbog smanjenog intenziteta Sunčevog zračenja koje dospeva kroz takvu vodu.
- Radioaktivne materije mogu dospeti u vodu iz raznih izvora, a najviše iz otpadaka rudnika uranijuma i torijuma, iz postrojenja koja preradjuju rude, odnosno jedinjenja ovih metala (nuklearne centrale), različite industrije i medicinskih i naučnih ustanova.
- Toplota se u vodotokove dovodi iz termoelektrana i u manjoj meri drugih industrijskih postrojenja koja koriste ogromne količine vode za hladjenje. Pri tome se temperatura vode može podići i za nekoliko stepeni, što negativno utiče na akvatični svet i ograničava dalje korišćenje vode.

3.1. Ispitivanje zagađenosti i klasifikacija voda.

Za zagađenje voda i otpadnih voda postoje različiti pokazatelji. Zbog prisustva niza otpadnih materija, kojima se menja prirodni kvalitet vode, potrebno je imati izvesne kriterijume kvaliteta vode. Ovi se generalno mogu svrstati u fizičke, hemijske i biološke pokazatelje.

Fizički pokazatelji obuhvataju temperaturu, miris i ukus, boju, mutnoću, rezidualne čvrste materije, transparentnost i provodljivost vode.

TEMPERATURA vode prilikom uzimanja uzorka za analizu je važna za niz ostalih odredjivanja: procenta zasićenja rastvorenim kiseonikom, korelacija sa biološkom aktivnošću, izračunavanja različitih formi alkaliteta, saliniteta, kao i za druge laboratorijske analize. Temperatura je takodje važna i pri prečišćavanju vode - efikasnost koagulacije flokulanata i brzina filtriranja kroz peščane filtre se smanjuje sa opadanjem temperature. Smanjuje se takodje i efikasnost hlorsisanja vode. Sa porastom temperature povećavaju se brzine hemijskih reakcija i raste toksičnost metala. Postoje i neki korisni efekti povećane temperature - zbog opadanja gustine i viskoznosti i pojačanog isparavanja suspendovane materije se lakše i brže talože, a takode takodje je ubrzan i rast i razvoj akvatičnog života.

MIRIS I UKUS vode potiču od rastvorenih aromatičnih i isparljivih materija. Većina organskih i neke neorganske materije rastvorene u vodi prouzrokuju odgovarajući miris.

BOJA vode se određuje vizuelno. Čista voda je bezbojna, osim u velikim volumenima kada pokazuje plavkastu boju. Treba praviti razliku između istinske boje, koja potiče od rastvorenih otpadnih materija i primetne boje, koja potiče još i od koloidnog suspendovanog materijala. Primetna boja se određuje na nefiltriranom uzorku, a istinska boja na filtratu.

Boja se određuje upoređivanjem boje uzorka sa poznatim koncentracijama obojenih materija. Najčešće se upotrebljava platino-kobaltna metoda, gde se za jedinicu boje uzima boja dobijena rastvaranjem 1 mg/l platine, u obliku hloroplatinata ($PtCl_2$), u rastvoru koji sadrži određenu količinu kobalt-hlorida ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$). Na terenu se boja vode određuje posmatranjem uzorka u staklenoj boci prema belo podlozi. Intenzitet se određuje sa slabo obojena, obojena i jako obojena. Prirodna voda je često obojena žućkasto zbog prisustva organskih jedinjenja, posebno huminske kiseline iz tla kroz koje je voda prošla. Jedinjenja gvoždja i mangana daju vodi crvenkastosmedju boju.

MUTNOĆA je posledica prisustva koloidno rastvorenih materija, organske ili neorganske prirode. Može biti prirodna, nanošenjem čestica gline, peska i mulja posle jakih kiša, ili može biti posledica ulivanja neprečišćenih gradskih i industrijskih otpadnih voda. U osnovi mutnoća je posledica optičke aktivnosti koloidno rastvorenih čestica, koje ne propuštaju direktno ulazno svetlo, nego ga rasipaju i absorbuju. Određivanje mutnoće se bazira na upoređivanju intenziteta rasejane svetlosti od strane uzorka sa intenzitetom rasejanja od strane neke standardne referentne suspenzije - najčešće rastvora silikatne zemlje u vodi, ili u zadnje vreme rastvora polimernog formazina. Sve češće se određivanje vrši nefelometrijski, tj. merenjem intenziteta rasejane svetlosti pod pravim uglom u odnosu na upadni zrak.

REZIDUALNE ČVRSTE MATERIJE obuhvataju rastvorene ili suspendirane čvrste tvari koje zaostanu nakon isparavanja vode (rezidualni ostatak). Prirodna voda može sadržati znatne količine rastvorenih materija (mineralna voda), za piće su najpogodnije vode do 500 mg/l rezidualnog ostatka. Vode sa većom količinom ostatka, tzv. tvrde vode, nisu pogodne ni za industrijsku upotrebu. Ukupni rezidualni ostatak se deli na nefiltrirajući (suspendirani) i filtrirajući (rastvoreni), od kojih prvi pri filtriranju ostaje na filtru a drugi ne. Ukupni rezidualni ostatak se određuje isparavanjem uzorka vode i merenjem ostatka. Dalje se često vrši razdvajanje volatilnog i fiksiranog ostatka žarenjem na 820 ± 50 K čime se utvrđuje količina ostatka organskog porekla (volatilni).

TRANSPARENTNOST je pokazatelj usko povezan sa bojom vode i rezidualnim ostatkom. Može se precizno određivati instrumentalno (merenjem vertikalne ekstinkcije i spektralnih karakteristika vode), ali se u praksi zbog jednostavnosti više koristi metoda Seki-jevog (Secchi) diska. Ovom metodom

transparentnost se određuje kao srednja vrednost dubine vode na kojoj se bela ploča (disk) prečnika 20 cm gubi iz vidnog polja i to u senci. Transparentnost se kreće od nekoliko santimetara do preko 40 m.

PROVODLJIVOST se odnosi na sposobnost provodjenja električne struje zbog prisustva jona rastvorenih tvari. Jedinica je Simens - recipročna vrednost OM-a. Meri se pomoću merne ćelije - para elektroda zaronjenog u posudi oblika pravougaone prizme i Vitstonovog mosta. U razblaženim rastvorima provodljivost je direktno proporcionalna koncentraciji ukupno rastvorenih čvrstih tvari:

$$G(\text{provodljivost}) = K \times C(\text{ukupno rastvorene tvari})$$

K se kreće od 0,55 do 0,9 u zavisnosti od prirode rastvorene tvari i temperature. Sveža destilovana voda ima provodljivost od 0,5 do 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mikro-Simensa/cm). Stajanjem, provodljivost raste zbog apsorpcije CO_2 i NH_3 . Pijaća voda ima provodljivost od 50 do 1500, a neke industrijske otpadne vode i do nekoliko desetina hiljada mikrosimensa/cm.

Postoje i drugi fizički pokazatelji, kao stepen radioaktivnosti, gustina, viskoznost, itd., ali se redje određuju.

Hemijski pokazatelji obuhvataju kiselost i baznost, tvrdoću, redoks-potencijal i specifične hemijske analize.

KISELOST I BAZNOST se određuje na osnovu pH vrednosti. Pri $\text{pH}=7$ voda je neutralna. Kisele vode imaju povećanu koncentraciju H jona, tj. niži pH, a alkalne povećanu koncentraciju OH jona, odnosno veći pH. Kiselost vode potiče od slabih kiselina, kao što je ugljena i većina organskih kiselina, zatim od soli metala koje jako hidrolizuju (npr. soli gvoždja i aluminijuma), te od slabo prisutnih jakih mineralnih kiselina. Kiselost je važan pokazatelj kvaliteta vode. Prirodne vode imaju pH najčešće od 6 do 8, a redje od 3 do 10. Kisele vode su agresivne i potpomažu koroziju, a utiču i na pojedine hemijske i biološke procese.

Kvantitativno se kiselost određuje pomoću količine baze potrebne da se neutrališe dati uzorak vode do određenog pH. Prema tome, kiselost zavisi od završne tačke indikatora upotrebljenog u određivanju. Nezagadjene prirodne vode sadrže znatne količine rastvorenog ugljendioksida. Takve vode su obično alkalne zbog prisustva bikarbonatnog jona HCO_3^- , koji nastaje delovanjem podzemnih voda na krečnjak: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. U prisustvu bikarbonata i karbonata titracija vode do $\text{pH}=8,3$ odgovara stehiometrijskoj neutralizaciji karbonske kiseline do bikarbonata. Kako indikator fenolftalein menja boju blizu te pH vrednosti, to se promena njegove boje od bezbojne do svetloljubičaste uzima za završnu tačku titracije ukupne kiselosti vode. Kod industrijskih otpadnih voda, koje sadrže mineralne kiseline, soli aluminijuma, gvoždja, mangana i ostalih hidrolizujućih katjona, uzorak

vode se prethodno oksidira i prokuva sa hidrogenperoksidom, H_2O_2 , da bi se ubrzala hidroliza. Titracija takvih voda se vrši do metil-oranžne završne tačke, $pH=3,7$.

Alkalitet voda potiče primarno od sadržaja karbonata, bikarbonata i hidroksida. Najčešće se izražava u $mg\ CaCO_3/l$. Sam po sebi alkalitet vode nije opasan. Određuje se pomoću količine kiseline potrebne da se uzorak vode neutralizuje do određenog pH .

TVRDOĆA VODE se odnosi na sadržaj kalcijuma i magnezijuma, kao i drugih viševalentnih metala, aluminijuma, gvoždja, mangana, stroncijuma i cinka. Tvrdi voda izaziva taloženje sapuna odnosno stvaranje kamena u posudama za vodu (bojlerima, kotlovima). Inače ne predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje. Tvrdi voda se deli na dva dela:

- karbonatna tvrdoća, koja potiče od metalnih jona vezanih kao bikarbonati i
- nekarbonatna tvrdoća-od metalnih jona u obliku sulfata, hlorida i nitrata.

Tvrdoća se određuje titracijom sa nekim helatnim reagensom, npr. etil-diamintetra-sirćetnom kiselinom, EDTA. Indikator je obično eriohrom-blek-T. Prema količini $CaCO_3$ u mg/l vode se po tvrdoći mogu podeliti na: meke 0-75, umereno tvrde 75-150, tvrde 150-300 i vrlo tvrde preko 300 mg/l .

REDOKS-POTENCIJAL predstavlja odnos koncentracija oksidiranog (Ox) i reduciranog (Red) oblika polutanta. Potencijal potreban za prelaz elektrona sa oksidanta na reducent je dat sa:

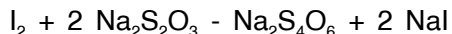
$$E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln((Red)/(Ox))$$

gde je E° normalni elektrodni potencijal, pri kojem je $(Ox)=(Red)$, R je gasna konstanta, T temperatura, n broj elektrona koji se razmeni u reakciji, a F Faradejeva konstanta.

Gotovo sva oksidirajuća sposobnost vode potiče od rastvorenog kiseonika. Rastvoreni kiseonik predstavlja jedan od najvažnijih pokazatelja kvaliteta vode. Čiste površinske vode sadrže oko 10 mg/l kiseonika. U prisustvu organskih materija koncentracija kiseonika se znatno smanjuje zbog potrošnje na njihovoj razgradnji. Produkti razgradnje u prisustvu aerobnih bakterija su relativno inertni molekuli CO_2 , NH_3 i H_2O .

Rastvoreni kiseonik se određuje volumetrijski(jodometrijski) tzv. Vinkler-ovom metodom. Uzorku vode koji se ispituje doda se izvesna količina neke rastvorive soli mangana, $Mn(II)$, npr. $MnSO_4$. Zatim se doda jaka baza, koja istaloži divalentni $Mn(OH)_2$ do hidroksida viših valentnih stanja mangana, npr. $MnO_2 \cdot xH_2O$ ili $Mn(OH)_4$. Dodavanjem kiselog rastvora alkalijskog jodida oslobadja se elementarni jod - zbog oksidacije od strane $Mn(IV)$, i to u količini koja je ekvivalentna koncentraciji

prvobitno rastvorenog kiseonika. Nastali jod se titrira sa tiosulfatom uz skrob kao indikator:



Kod zagadjenih voda, mikroorganizmi razgradjuju otpadne materije pri čemu troše rastvoreni kiseonik. Količina organskih materija se može odrediti bilo direktno, preko određivanja ukupnog organskog ugljenika, bilo indirektno, putem određivanja biohemijske potrošnje kiseonika (BPK), ili hemijske potrošnje kiseonika (HPK). Prvi način je teži i zahteva odgovarajuću instrumentalnu opremu TOC (total organic carbon analizatori bazirani na principu sagorevanja uzorka i određivanja CO₂ bilo infracrvenom spektroskopijom, bilo gasnim hromatografom), dok su drugi načini (BPKM i HPKM) jednostavniji, ali i manje precizni.

Prema metodi biohemijske potrošnje kiseonika-BPKM, uzorak vode (prethodno razblažen ako se očekuje znatna potrošnja kiseonika), se prvo zasiti kiseonikom, a onda inkubira na konstantnoj temperaturi (obično 293 K) određen period vremena - obično 5 dana, pa se određivanje tada označava kao BPK5. Pri tome dolazi do oksidacije organskih materija, pri čemu se troši rastvoreni kiseonik. Nakon 5 dana se odredi preostala količina kiseonika, a BPK5 vrednost se dobija oduzimanjem.

Oksidacija organskih jedinjenja teče relativno sporo i obično se ne završi u toku datog vremena (5 dana). Jednostavnija jedinjenja, kao na primer glukoza, u tom periodu potpuno oksidiše, dok su gradske vode tek delimično oksidisane (65%). Tome treba dodati i činjenicu da se kiseonik takodje troši i za oksidaciju azotovih jedinjenja- nitrifikaciju (stvaranje NO₃ iz niževalentnih jedinjenja azota. Medjutim rast nitrificirajućih bakterija je sporiji, pa se taj efekat javlja tek nakon 8-10 dana i označava se kao druga faza oksidacije. Zbog toga se kao precizniji pokazatelj uzima BPK20, dvadesetodnevna biohemijska potrošnja kiseonika.

Opterećenje vode organskim materijama svakako zavisi od porekla vode. Otpadne vode domaćinstva imaju zagadjenje ekvivalentno 350-500 mg/l, BPK5. Neke industrijske otpadne vode imaju sledeća opterećenja:

Tabela 3.2.

	BPK5, mg/l	
- proizvodnja špiritusa		260-300
- " konzervi mesa		do 750
- " kože		900
- " platna		1500
- " vune		2000
- " koksa		4000
- plinogeneratorske stanice		20000

Osim ovih organskih zagadjenja postoje i zagadjenja uljima iz raznih tvornica i uljnih postrojenja, kao što su razne pumpne stanice, rafinerije nafte i servisne

radionice. Dok su veliki industrijski pogoni manje-više obuhvaćeni organizovanim prečišćavanjem otpadnih voda, dotle su servisne radionice vrlo opasni zagadivači. U istu grupu spadaju i samostalna menjanja ulja u raznim motorima i ispuštanja balasnih otpadnih voda, odnosno ulja iz tankera na otvorenom moru. Na primer, jedan litar otpadnog mašinskog ulja u stanju je da zagadi oko milion litara vode, i to na granici štetnosti.

Da bi se odredila BPK potrebno je čekati od 5 do 20 dana. Da bi se to izbeglo, a da bi se uključile i one organske materije koje se veoma sporo razgradjuju, često se vrši odredjivanje hemijske potrošnje kiseonika-HPK. Većina organskih materija se razgradjuje kuvanjem sa smešom hromne i sumporne kiseline. Po ovoj metodi uzorak vode se tretira poznatom količinom nekog jakog oksidirajućeg sredstva ($K_2Cr_2O_7$ ili $KMnO_4$), koje brzo oksidira najveći deo organskih materija. Preostali oksidans se onda odredi povratnom titracijom nekim redukcionim sredstvom (gvoždjell-amonijum-sulfat). Pri tome treba paziti na eventualno prisustvo hlora u vodi i treba ga odstraniti živall-sulfatom. Aromatski hidrokarboni piridin i lančani alifatski hidrokarboni se ne mogu odrediti ovim metodama.

SPECIFIČNE HEMIJSKE ANALIZE se odnose na pojedine polutante kao što su halogenidi, azot, fosfor i sumpor u svojim jedinjenjima i posebno tragovi različitih metalnih jona u vodi-zbog svoje toksičnosti. Najpogodnije su različite instrumentalne metode kao atomska apsorpciona spektroskopija (plamena i besplamena), polarografske analize(klasična, kvadratnih talasa, anodna striping voltometrija) i spektrofotometrija, odnosno kolorimetrija.

Biološki pokazatelji obuhvataju bakteriološko ispitivanje vode, saprobiološke metode i kompleksne toksikološke metode.

U vodi se gotovo uvek nalaze mikroorganizmi koji potpomažu razgradnju organskih materija i time doprinose biološkom samoprečišćavanju vode. Voda za piće međutim ne sme sadržati mikroorganizme (bakterije i virusi) zbog mogućnosti prenošenja raznih bolesti (kolera, tifus, dizenterija, infektivni hepatitis, i dr.).

BAKTERIOLOŠKO ISPITIVANJE VODE se sastoji u odredjivanju gustine kolimorfnih bakterija u vodi. Te bakterije potiču iz creva toplokrvnih životinja i služe kao indikator prisustva fekalnih materija. Posebno su nepoželjne patogene bakterije.

Standardna metoda bakteriološkog ispitivanja vode se sastoji u brojanju kolimorfnih bakterija *Escherichia coli*. Uzorak vode se inkubira 48 sati na 308 K u test-tubi, ispunjenoj laktozom kao hranjivim supstratom. Prisustvo bakterija se vidi po zamućenju, pa se sadržaj tube razlije preko ploče od agar-gela. Inkubacija se nastavi još 24 sata, nakon čega se pod mikroskopom utvrđuje broj kolonija bakterija razmnoženih na ploči. U zadnje vreme se takodje koristi tehnika filtriranja preko membrane.

Na osnovu broja bakterija u 100 cm³ vode određuje se kvalitet vode: manje od 1 - pijaće vode; 10-100 normalne, nezagadjene vode; 1000-5000 sumnjive vode (blago zagadjene fekalijama); 10-100 hiljada opasne vode jako zagadjene fekalijama i preko 100 hiljada fekalni otpaci, kanalizaciona voda.

SAPROBIOLOŠKE METODE ispitivanja kvaliteta vode služe za kompletnu procenu kvaliteta vode, zajedno sa fizičkim, hemijskim i bakteriološkim ispitivanjima, i zasnovane su na poznavanju flore i faune površinskih voda. Izvesne biljke i životinje služe kao indikatori zagadjanja jer uspevaju tamo gde se dešava truljenje organskih materija. Određivanje njihovog broja i učestalosti predstavlja osnov tzv. saprobiološkog određivanja kvaliteta vode.

Prema Sladeček-u, zavisno o stepenu zagadjanja, vode se mogu podeliti u četiri grupe: katarobne (K), limnosaprobne (L), eusaprobne (E) i transsaprobne (T) vode. Katarobne su najčistije, bez ikakvog zagadjanja. Tu spadaju čiste podzemne i površinske i vode iz vodovoda za piće. Limnosaprobne su površinske tekuće ili stajaće vode, manje zagadjene i upotrebljavaju se u industriji. Eusaprobne su otpadne vode sa visokim sadržajem organskih materija koje su razgradive biohemijskim putem uz pomoć mikroorganizama. Najzagadjnije su transsaprobne vode, kod njih ne može doći do samoprečišćavanja. Najčešće su toksične ili sadrže veće količine neorganskih soli, ili su radioaktivne. U njima ne mogu opstati živi organizmi.

Katarobne vode se ne dele u podgrupe. Limnosaprobne se dele na:

1. ksenosaprobne (x)
2. oligosaprobne (o)
3. betamezosaprobne (β)
4. alfamezosaprobne (α) i
5. polisaprobne vode (p).

Eusaprobne vode se takodje dele na podgrupe:

6. izosaprobne (i)
7. metasaprobne (m)
8. hipersaprobne (h) i
9. ultrasaprobne vode (u).

Transsaprobne vode se dele u tri podgrupe:

10. antisaprobne (a)
11. radiosaprobne (r) i
12. kriptosaprobne (c).

Limnosaprobne vode imaju BPK5 od 1 do 50, eusaprobne do 1500, a transsaprobne preko toga. Mogućnost samoprečišćavanja opada sa rednim brojem podgrupe, pri čemu je za transsaprobne nemoguća.

Sistem saprobnih organizama se upotrebljava u katarobnim i limnosaprobnim vodama. Prema stepenu zagadjenosti organskim materijama u vodama koje se

najčešće nalaze u čovekovoj okolini, indikatroski organizmi se dele u četiri grupe(2-5), a paralelno i kvalitet voda u četiri klase.

Oligosaprobni biljni i životinjski oblici se nalaze u čistim ili vrlo malo zagadjenim vodama (planinski potoci i jezera).Tu su zastupljene razne vrste algi i viših vodenih biljaka, a od životinjskih vrsta larve raznih insekata i crva. Ovi organizmi su veoma osetljivi na promene pH, rastvorenog kiseonika i na organske polutante.

Betamezosaprobne vode su relativno čiste, tu spadaju velika jezera i reke u srednjim i donjim tokovima, ali udaljene od urbanih i industrijskih centara. Zastupljena je vodena makrovegetacija, a prisutni su puževi, školjke, račići, i larve insekata, te razne vrste vodozemaca i riba. Većina ovih organizama ne trpi duže fluktuacije u kvalitetu vode.

Alfamezosaprobne vode su nižeg kvaliteta, ustajale vode i kanali i reke ispod velikih urbanih i industrijskih centara. U njima najviše žive razni mikroorganizmi koji su otporni na fluktuacije sadržaja kiseonika, pH i na amonijak, ali su osetljivi na vodonik- sulfid. Zastupljene su i neke otpornije vrste riba. Oksidacioni procesi organskih materija su usporeni.

Polisaprobne vode su najteže zagadjene vode gradskim i industrijskim otpadnim vodama. U njima opstaju samo jednoćelijski mikroorganizmi.

Za odredjivanje saprobnosti vode najčešće se koristi Pantl-Buk-ov stepen saprobnosti: $S=S(hxs)/Sh$, gde je h-abundanca (zastupljenost) u indeksima od 1 do 5 (1-jedna specija, 3-abundan-tna specija, 5-masovno pojavljujuća specija), a s-saprobna valenca individualne specije.

KOMPLEKSNE TOKSIKOLOŠKE METODE ili biomonitoriranje vode se uvode zbog nepotpunog poznavanja uticaja pojedinih zagadjuvača na živi svet u vodi ili onaj koji vodu koristi i još više zbog nerešenog problema ponašanja ukoliko se u vodi nadje istovremeno više polutanata sličnog dejstva. Stoga se u zadnje vreme radi na uvodjenju standardnih eksperimentalnih metoda za procenu toksičnosti u svakom konkretnom slučaju.

Ilustracije radi, navešćemo kriterijume toksičnosti jedne takve kompleksne toksikološke metode. Rezultati ispitivanja toksičnosti otpadnih voda prikazuju se kao zapreminski procenti otpadnih voda u razblaženju sa vodom prijemnog vbodotoka pri kojem u kompleksnom ogledu kratkog trajanja ne nastaju nikakve promene u respiraciji mešovite kulture heterotrofnih mikroorganizama (metoda Borovičkova i Zahradke, 1964.) niti u izgledu i asimilaciji končastih zelenih algi (metoda SEV-a, 1966). Kod viših organizama-predstavnika faune dna (Tubifex tubifex), zooplanktona (Daphnia magna) i srednje osetljivih riba (Lebistes reticulatus) kao meru akutne toksičnosti moguće je koristiti koncentraciju ispitivane otpadne vode u razblaženju pri kome je 50% ispitivanih test-organizama u stanju da preživi u izabranom periodu ekspozicije (ASTM, 1965).

3.1.1. Klasifikacija voda

Rezultati fizičko-hemijskih, bakterioloških i saprobioloških analiza služe za ocenu stepena zagadjenosti voda, odnosno njihovu klasifikaciju po kvalitetu. Vode se dele u 4 klase. Podela se vrši na osnovu pokazatelja navedenih u tabeli (Sl. list SFRJ, br. 6, str. 145, 1978. godine).

Vode I klase su najčistije prirodne vode, izvorišta reka i njihovi gornji tokovi. Upotrebljavaju se za piće ili u prehrambenoj industriji. Naseljavaju ih plemenite vrste riba (salmonidi). Nemaju miris, vidljivu boju niti otpadne tvari.

Vode II klase su još uvek relativno čiste. Mogu se koristiti za rekreaciju i uz određeno prečišćavanje za snabdevanje gradova vodom. Ne smeju imati miris ni boju, a ostali pokazatelji su navedeni u tabeli.

Vode III klase su zagadjene prolaskom kroz gusto naseljene i industrijske oblasti. Imaju miris i vidljivu boju, ali se još uvek mogu koristiti u poljoprivredi i nekim granama industrije. Pokazatelji za ove vode imaju znatno više granične vrednosti.

Vode IV klase su sve one vode koje ne spadaju u prethodne tri klase. Vrlo su zagadjene i moraju se prečišćavati ako se hoće upotrebljavati u određene svrhe.

Tabela 3.3. Granične vrednosti pokazatelja kvaliteta voda pojedinih klasa.

Pokazatelj kvaliteta	I	II	III	IV Klasa
Rastvoreni O ₂ (mg/l)	>8	>6	>4	>3
Zasićenost sa O ₂				
-saturacija	90-105	75-90	50-75	30-50
-supersaturacija	-	105-115	115-125	125-130
BPK5 (mg O ₂ /l)	<2	>4	<7	<20
HPK iz utroška KMnO ₄				
(mg O ₂ /l)	<10	<12	<20	<40
Nefiltrirajući ostatak				
(mg/l)	<10	<30	<80	<100
Ukupni rezidualni				
ostatak (mg/l)	<350	<1000	<1500	-
pH vrednost	6,8-8,5	6,8-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0
Najverovatniji broj				
kolimorfnih klica	<2000	<100000	<200000	-
-u vodi za kupanje	-	20000	-	-
Stepen biol.produktivnosti	oligo-	umereno		

(samo za jezera)	trofni	eutrofni	-	-
Stepen saprobnosti po Libmannu (samo za površinske vode)	oligo-saprobn	β - α mezosap.	α - β mezosap.	-
Toksične materije	ne smeju se nalaziti ni u jednoj klasi iznad propisane granice			
Stepen radioaktivnosti koje se u toku jedne godine mogu izliti u reku izračunavaju se po sledećem obrascu:	Ukupna radioaktivnost tečnih otpadnih tvari $(F \times A_i) / (Q \times (MDK)_i) < 1$			
gde je: F-faktor sigurnosti (neimenovan broj) koji zavisi od radioloških i hidroloških osobina reke; Q-prosečan godišnji protok reke (m ³); A _i -ukupna radioaktivnost i-tog radionuklida u Ci (MDK) _i -dozvoljena koncentracija i-tog radionuklida u vodi za piće u Ci/m ³ .				

3.1.2. Eutrofikacija voda.

Eutrofikacija predstavlja prirodni proces koji je rezultat geološkog starenja zatvorenog vodenog bazena (jezera). Hranljive materije dospevaju u jezero putem voda koje se u njega ulivaju. U jezerima koja sadrže malo hranjivih materija (organske materije i neorganske soli) vode imaju nizak nivo ukupno rastvorenih materija, nisku mutnoću i relativno malu biološku populaciju. Takva jezera su oligotrofna (grčki: oligo-malo, trophein-hraniti). Geološkim starenjem na vremenskoj skali od desetina hiljada godina i ispiranjem sa okolnog sliva nivo hranjivih materija u jezeru postepeno raste i jezera postaju eutrofna (grčki: eu-dobar). Jezero postepeno prelazi iz oligotrofnog stanja, preko mezotrofnog u eutrofno stanje i na kraju preko močvare biva potpuno zatrpano. Proces starenja i iščezavanja jezera naziva se **eutrofikacija**.

Ovaj se proces, međutim, može ubrzati ukoliko u jezero dospevaju hranjive materije (kao posledica čovekove aktivnosti) u količinama znatno većim od prirodnih. U tom slučaju su česte pojave tzv. cvetanja algi, njihovog ubrzanog razmnožavanja sva dok se ne potroše zalihe odgovarajućih elemenata koji im pogoduju. U tom momentu alge izumiru što uzrokuje povećanu potrošnju kiseonika iz vode, a to dovodi do izumiranja i ostalih organizama. Na dnu se akumuliraju velike količine sedimenta, što na kraju vodi ka ubrzanom iščezavanju jezera.

Eksperimentalno je dokazano da je fosfor najvažniji element koji uzrokuje eutrofikaciju, pa se proces može usporiti smanjenjem količine fosfora koji dospeva u jezero (uglavnom iz mineralnih đubriva i rastvorenih detergenata).

3.2. Mogućnost prečišćavanja otpadnih voda.

U svrhu očuvanja fonda izvorišta voda sve otpadne i zagađene vode treba do izvesnog stepena prečistiti. Današnji stupanj razvoja svih naučnih grana i disciplina, u širem smislu tehnike i hemije, te razvoj tehnologije, apsolutno omogućuje zdrav i čist životni ambijent, jer se može prečistiti gotovo svaka vrsta otpadne vode.

U primeni su razne vrste prečišćavanja, koje uglavnom mogu prečistiti otpadne vode do stepena koji sa raznih gledišta nije opasan po ljudsko zdravlje.

Metode pročišćavanja su: mehaničke, hemijske i biološke.

MEHANIČKE METODE PREČIŠĆAVANJA VODE sastoje se u uklanjanju mikro i makrosuspendiranih čestica iz vode, organskog i anorganskog porekla. U tu svrhu služe razne vrste taložnica: peskolovi, flotatori ulja, itd. Princip rada ovih uređaja zasniva se na različitim specifičnim težinama suspendiranih čestica i vode. Pre nego što voda dodje u te uređaje, iz nje se uklanjaju sve plivajuće makrotvari, kao papir, ostaci drveta, plastike, itd., i to na sistemu grubih i finih usitnjavanja makrotvari u napravama koje se nazivaju kominutori. Njihova primena je vrlo široka. Flotatori uglavnom služe za odvajanje tvari lakših od vode, kao što su sve vrste ulja i masti. Razne vrste flotatora primenjuju se u tehnici pročišćavanja otpadnih voda u naseljima, kao i specifičnim industrijskim granama.

HEMIJSKI NAČIN KONDICIONIRANJA se koristi pri flokulaciji i neutralizaciji. Flokulacijom se naziva proces stvaranja pahuljica-flokula, dodavanjem vodi izvesnih hemikalija, oko kojih se hvataju suspendirane čestice koje lebde u vodi. Kako se optimalna vrednost pH vode kreće od 6 do 8, prethodno se mora izvršiti neutralizacija, bilo sa alkalnog ili kiselog područja, na optimalnu vrednost. Ovde se mogu primeniti i razne druge hemijske reakcije koje imaju zadatak da grade nerastvorne i rastvorljive spojeve (jedinjenja). Neke od hemijskih reakcija su dobro poznate, te se primenjuju u standardnim metodama, dok se mnoge specifične reakcije moraju prethodno laboratorijski ispitati. Postoje različite hemijske metode i uglavnom su patentirane.

BIOLOŠKI POSTUPCI PREČIŠĆAVANJA. U prva dva postupka se radi na selekciji, tj. odstranjivanju nepoželjne organske, odnosno pretežno anorganske materije, suspendirane ili rastvorene u otpadnoj vodi. Time se postiže to da se u trećoj fazi, tj. u biološkom pročišćavanju, obradi, i principu samo organska materija, odnosno jedinjenja. Kako je već ranije istaknuto razlaganje organskih jedinjenja događa se pod uticajem bakterija. U aerobnom postupku se biodekompozicija organske materije događa uz prisustvo kiseonika, u anaerobnom bez prisustva kiseonika u vodi. Sve

dok u nekom vodotoku ima i najmanja količina kiseonika biološki procesi su aerobni. Kada se sav kiseonik utroši, tada su procesi biorazgradnje anaerobni.

Prirodni aerobni procesi odvijaju se u rekama i jezerima. Sav istrošeni kiseonik voda ponovo rastvori, te je na taj način u stanju razložiti izvesnu količinu zagadjenja bez intervencije čoveka. Takav proces je samoprečišćavanje ili autopurifikacija.

U svrhu biološke razgradnje, otpadnoj vodi se na veštački način može dovesti veća količina kiseonika u kraćem ili dužem periodu: To dovodjenje kiseonika, pomoću vazduha iz atmosfere može se postići na sledeće načine:

1. Doziranjem vazduha pomoću kompresora niskog pritiska kroz sistem cevi položen uz dno bazena. Na obodu cevi nalazi se sistem sićušnih otvora koji služe da raspršavaju čestice vazduha koji ulazeći u vodi ostavlja istoj deo svog kiseonika. Regulacijom kapaciteta kompresora može se regulisati i količina dodavanja kiseonika. Ovo je jedan od najboljih metoda biološkog ozračivanja vode u bazenima.

2. Horizontalni rotori, u stvari valjci, imaju radijalne nastavke poput ježevih igala. Ovi nastavci za vreme rotacije mešaju i raspršuju vodu u kapljice. Na taj način se površina vode povećava a time i mogućnost rastvaranja, odnosno apsorpcije kiseonika. Takvih valjaka ima raznih oblika. Patentirani su, dužine od 0,80-7,00 m. Raspršivanje vode može se izvesti i pomoću naprava sličnih rozeti tuša. Prirodno ozračivanje voda događa se na vodopadima.

3. Vertikalne turbine, slične su gornjim, ali imaju niz prednosti. Kod njih su sekundarna taložnica i aeracioni bazen spojeni u jedan objekat radi slobodnog komuniciranja, a pod uticajem kretanja vode u aeracionom bazenu.

4. Prokapnici rade na principu prokapavanja vode preko tela od lomljenog kamena. Voda se preko kamena preliva u tankom sloju te zbog kontakta velike površine sa vazduhom prima veću količinu kiseonika. U novije vreme umesto kamena upotrebljava se plastični medij-saće sastavljeno od tankih plastičnih listova, tzv. "flokler", u kojem je raspršivanje vode jednoličnije, a efekat rastvaranja kiseonika je mnogo veći nego kad je telo ispunjeno kamenom.

Paradoksalno je opšteprihvaćeno mišljenje da su vrela i vodopadi "zdravi" i da se kada pada kiša najlepše spava i odmara. Iz gornjeg izlaganja je jasno da se u takvim slučajevima kiseonik iz vazduha intenzivno apsorbuje, a san je posledica zamora organizma usled njegovog nedostatka. Ovu hipotezu treba proveriti.

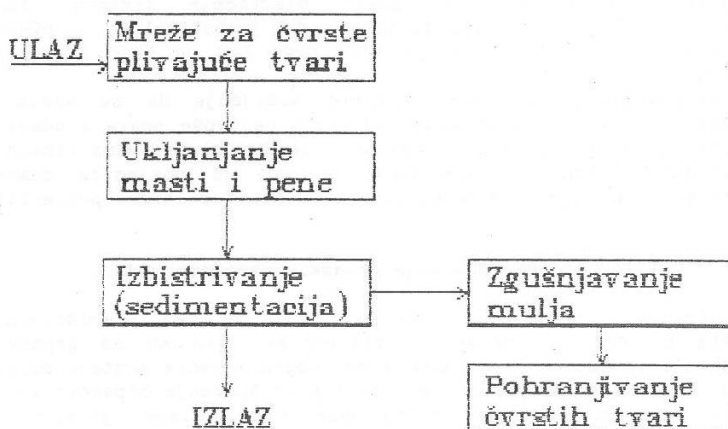
3.2.1. Prečišćavanje gradskih otpadnih voda.

Otpadna voda iz kanalizacije često se bez prečišćavanja ispušta u reke ili druge vodoprijemnike. Ako su sa gradskim pomešane i industrijske otpadne vode, vodoprijemnik postaje bezživotan. Prema tome neophodno je vršiti prečišćavanje otpadnih voda. Proces prečišćavanja se obično dele u dve klase: primarno i sekundarno prečišćavanje. Primarno je zasnovano na fizičko-hemijskim tehnikama

uklanjanja suspendiranog materijala pomoću procedjivanja, usitnjavanja, koagulacije, flokulacije i sedimentacije. Time se znatno smanjuje biološka potrošnja kiseonika. Sekundarno prečišćavanje predstavlja biohemijski proces uklanjanja organskih materija zaostalih nakon primarnog tretmana. To se postiže ponovnom filtracijom ili sedimentacijom, oksidacijom kiseonikom iz vazduha, odnosno razgradnjom pomoću aerobnih mikroorganizama. Ukoliko se voda želi nakon prečišćavanja ponovo upotrebljavati (recikliranje vode), prečišćavanje treba da bude još potpunije, što se postiže putem tzv. tercijarnog tretmana. Na taj način se iz vode može ukloniti do 99% otpadnih materija.

PRIMARNO PREČIŠĆAVANJE počinje sa preliminarnim procesima uklanjanja većih agregata plivajuće ili suspendirane čvrste tvari, kao i ulja, masti i nafte, ako su prisutni u većim količinama. To se postiže propuštanjem otpadne vode preko metalnih mrežica-sita različite finoće, koje mogu biti fiksirane ili pokretne, ili kroz mlinove koji usitnjavaju krupniji materijal.

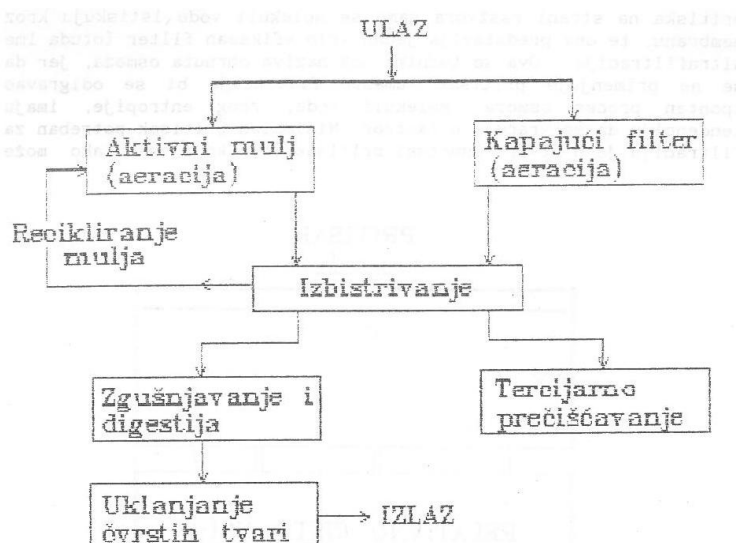
Nakon toga voda ulazi u bazene za izbistrivanje u kojima se vrši sedimentacija suspendovanih sitnijih čestica čvrstih otpadaka. U slučaju koloidnih rastvora sedimentacija je veoma duga, pa se može ubrzati aglomeracijom do one veličine kada počinje sedimentacija (koagulacija koloida). Sedimentacija se može ubrzati dodavanjem izvesnih hemikalija, ali pri tome treba voditi računa o njihovoj eventualnoj štetnosti. Voda se pre ispuštanja iz sedimentacionih bazena hlorira, a talog zgušnjava i digerira anaerobnom fermentacijom, tj. stabilizacijom u odsustvu slobodnog kiseonika. Procesom primarnog prečišćavanja može se ukloniti 30-40% ukupne biohemijske potrošnje kiseonika(BPK) i oko 60% suspendirane tvari. Rastvorive neorganske materije (minerali), fosfor, azot i refraktorne organske materije se mnogo teže uklanjaju (najviše do 20%).



Slika 3.1. Šematski prikaz primarnog prečišćavanja vode.

SEKUNDARNO REČIŠĆAVANJE je druga faza prečišćavanja i predstavlja biohemijski proces koji se odvija pod uticajem mikroorganizama iz vode. Vode poseduju prirodnu sposobnost samoprečišćavanja da u prisustvu kiseonika bakterije razgradjuju organske materije do ugljendioksida i vode. Otpadna voda nakon primarnog prečišćavanja ulazi u bazene u kojima se nalazi biološki aktivan mulj. Mulj se održava u suspendovanom stanju pomoću struje vazduha koji se dovodi odozdo. Vazдушna struja održava turbulenciju i suspenziju aktivnog mulja, a takodje snabdeva bakterije u mulju kiseonikom potrebnim za njihov metabolizam. Nakon uvodjenja vazduha, otpadna voda dolazi u bazene za izbistrivanje, gde se vrši sedimentacija čvrstog materijala, koji se nakon zgušnjavanja (filtracijom ili sušenjem) uklanja iz sistema i pohranjuje. Prethodno se jedan deo mora reciklirati u ulazni bazen radi održavanja bakterijskih kolonija. Putem aktivnog mulja može se ukloniti i do 95% BPK i suspendovanih materija.

Sekundarno prečišćavanje se može izvršiti i preko tzv. kapajućih filtara. Voda se dovodi u rotirajuće šuplikave cevi iz kojih kapa preko nekog grubog, hrapavog materijala (kamenje) na kojem se nagradio biološki aktivan film. Bakterije iz ovog filma transformišu organske materije kao i u aktivnom mulju u stabilna jedinjenja.



Slika 3..2. Šematski prikaz sekundarnog prečišćavanja.

Kako smo već istakli nakon sekundarnog taloženja mulj se odvodi na ugušćivanje, filtriranje, a zatim sušenje ili paljenje, što zavisi od vrste i dalje primene mulja. Neke vrste mulja se mogu primeniti u poljoprivredi za gnojenje obradivih površina.

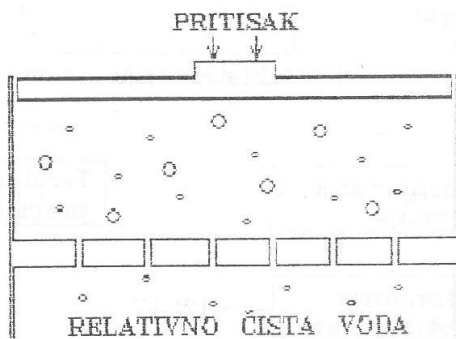
TERCIJARNO PREČIŠĆAVANJE se primenjuje ako se želi dobiti voda relativno dobrog kvaliteta. Cilj je ukloniti preostali BPK, KPK, ukupni organski ugljenik,

mineralne materije, teške metale, jedinjenja azota i fosfora, patogene klice i niz ostalih polutanata. Ovo predstavlja kompleksan problem i zahteva primenu u isto vreme nekoliko različitih tehnika. Češće se primenjuje za tretiranje industrijskih otpadnih voda.

Od tehnika za prečišćavanje najčešće se primenjuju adsorpcija na aktivnom uglju i ultrafiltracija, mada je razvijen i niz drugih metoda.

Adsorpcija na aktivnom uglju uklanja oko 90% suspendovanih čvrstih tvari i oko 80% organskih materija. Aktivni uglj ima ogromnu površinu po jedinici mase, tako da se može upotrebiti za adsorpciju niza različitih molekula, a uklanja efikasno i miris i neprijatan ukus pijaće vode. Kada su adsorpciona mesta zasićena, tj. kada se dostigne kapacitet adsorpcije, pribegava se regeneraciji aktivnog uglja grejanjem na 1225 K u atmosferi vazduha i vodene pare, pri čemu oksidišu organske materije.

Ultrafiltracija se primenjuje za uklanjanje molekularnih i jonskih polutanata čiji je prečnik ili hidratacioni omotač veći od prečnika molekula vode. Kao filtri služe osmotske membrane - obično od celuloznog acetata, sa veoma malom veličinom pora. Pošto čestice polutanta većeg prečnika ne mogu da prodju kroz pore, primenom pritiska na strani rastvora samo se molekuli vode istiskuju kroz membranu, te ona predstavlja jedan vrlo efikasan filter (otuda ime ultrafiltracije). Ova se tehnika još naziva obrnuta osmoza, jer da se ne primenjuje pritisak,



Slika 3.3. Šematski prikaz ultrafiltracije: (•) molekuli vode, (o) molekuli polutanta.

umesto filtracije bi se odigravao spontan proces osmoze. Molekuli vode, zbog entropije, imaju tendenciju da se vraćaju u rastvor. Minimalan pritisak potreban za filtraciju je u stvari osmotski pritisak (p), koji se lako može izračunati ako se poznaje molarna koncentracija (M) rastvora iznad membrane:

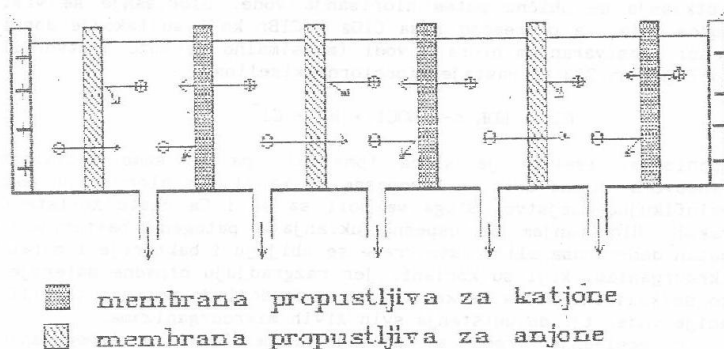
$$p = nRT/V = MRT$$

Da bi se obrnuo normalan osmotski pritisak, moraju se upotrebiti znatni pritisci. Najveći problem pri tome je često pucanje krhkih membrana. Ultrafiltracijom se uklanja 88% rastvorenih tvari, 84% KPK, 98% fosfora i oko 75% jedinjenja azota.

Primenjuje se najčešće u tretiranju industrijskih otpadnih voda i u desalinizaciji morske vode.

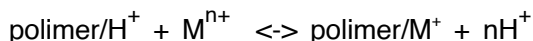
Uklanjanje rastvorenih jonskih tvari, prvenstveno soli iz morske vode, može se uspešno vršiti isparavanjem ili zamrzavanje rastvora vode, ali su ovi postupci skupi. Stoga se najčešće primenjuju elektrodijaliza i jonska izmena.

Elektrodijaliza se zasniva na migraciji jona pod uticajem jakog električnog polja. Izvodi se u ćelijama čiji su krajevi suprotno naelektrisani, što prouzrokuje kretanje anjona i katjona u suprotnom smeru. Ćelija je podeljena u manje delove pomoću membrana, koje su propustljive samo za anjone ili samo za katjone. Njihovim naizmeničnim rasporedom može se postići da u pojedinim delovima ćelije joni migriraju van ostavljajući samo dejonizovanu vodu, dok se u drugim delovima vrši koncentrisanje jonskih tvari. Ako su prisutne organske materije one mogu da blokiraju proces zagušivanjem membrana, pa se ove moraju periodično ispirati. To umanjuje efikasnost elektrodijalize, ali se njome i dalje uklanja 40-50% rastvorenih neorganskih materija.



Slika 3.4. Šematski prikaz ćelije za elektrodijalizu

Jonska izmena se koristi često u laboratorijama za dejonizaciju vode umesto destilacije, u industriji za uklanjanje tvrdoće vode (omekšavanje), a sve češće i za prečišćavanje, posebno za uklanjanje jona metala. Proces se zasniva na osobini nekih prirodnih ili sintetičkih materijala (jonoizmenjivača) da menjaju svoje jone za jone iz vode kad voda prolazi kroz kolone napunjene jonoizmenjivačima. Prirodni jonoizmenjivači (alumosilikati-zeoliti) imaju relativno mali kapacitet i hemijski su nestabilni, dok sintetički materijali (organski polimeri na kojima su pričvršćene jonizirajuće grupe) imaju znatno veći kapacitet i stabilniji su pa se gotovo isključivo oni koriste. Na polimernoj matrici jonoizmenjivača se nalaze pozitivni ili negativni naboji, koji privlače suprotno naelektrisane jone iz rastvora. Katjonski jonoizmenjivači se prvo aktiviraju propuštanjem jake kiseline (ili koncentrovanog rastvora nekog jednovalentnog metala koji nije štetan po okolinu) pri čemu se jonoizmenjivač pretvara u H^+ formu. Ako se zatim kroz kolonu propusti rastvor koji sadrži neki metalni jon, metal se veže za polimer, a oslobadja se ekvivalentna količina H^+ jona:

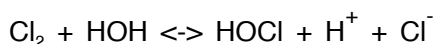


Slično ovome polimer se može dovesti u hidroksilnu formu-OH, koja se upotrebljava za zamenu anjona iz otpadne vode:



Ako se otpadna voda propusti kroz oba jonoizmenjivača, rastvoreni katjoni će istisnuti H jone, a anjoni OH jone, koji se zatim jedine stvarajući vodu. Ovo je veoma efikasan način prečišćavanja, ali je skup i zahteva čestu regeneraciju jonoizmenjivača.

Uklanjanje bakterija i virusa se efikasno postiže u sekundarnom prečišćavanju. Ostatak bakterija i virusa ipak može biti značajan i otklanja se obično putem hlorisanja vode. Hlorisanje se vrši hlorom (Cl₂), a povremeno i sa ClO₂ i ClBr koji su takodje dobri agensi. Rastvaranjem hlora u vodi (maksimalno se može rastvoriti oko 7 g/l na 293 K) nastaje hipohlorna kiselina



Hipohlorna kiselina je slaba (ph=7,5), pa je samo delimično disosovana. Njene soli su bezopasne, a kao i sam hlor imaju jako dezinfikujuće dejstvo. Stoga se soli sa Na i Ca često koriste u praksi. Hloriranjem se uspešno uklanjaju patogene bakterije i znatan deo virusa, ali u isto vreme se ubijaju i bakterije i ostali mikroorganizmi koji su korisni, jer razgrađuju otpadne materije. Ako se količina hlora ne kontroliše može doći do potpune sterilizacije vode, tj. do uništenja svih živih mikroorganizama.

U poslednje vreme se počinje razmišljati o izbegavanju hloriranja vode jer je naslućeno da se pojedina organska jedinjenja mogu pretvoriti u hloroderivate od kojih su neki kancerogeni (polihlorirana aromatska jedinjenja). Zato se kao alternativa sve češće primenjuje ozoniranje vode. Time se izbegava stvaranje nekih opasnih jedinjenja, troškovi su otprilike isti, a prednost je što se popravlja ukus vode.

Uklanjanje azota i fosfora. Azot u negativnom trovalentnom stanju se može ukloniti jednostavnim povećanjem pH rastvora, pri čemu se izdvaja gasoviti amonijak (amonifikacija). Vrednost pH se povećava najčešće dodavanjem vodi CaO ili Ca(OH)₂. Pri sekundarnom prečišćavanju preovladavaju oksidirajući uslovi, pri čemu jedinjenja azota potpuno oksiduju (nitrifikacija). Ako se nakon toga dodaju denitrificirajuće bakterije, vrši se redukcija oksidovanih oblika azota (denitrifikacija) do elementarnog azota, koji se izdvaja u vidu gasa. Denitrifikacija se najlakše vrši u prisustvu metanola-CH₃OH. Navedenim postupcima se uklanja i do 90% ukupnog azota iz gradske otpadne vode.

Fosfor u vidu fosfata se najlakše uklanja koagulacijom sa kalcijum oksidom, aluminijum-sulfatom ili gvoždje-hloridom. Nastali talog je često koloidan, pa se teško sleže. Taloženje se ubrzava malim količinama nekog anjonskog polielektrolita kao flokulanta. Na ove načine se uklanja i do 90% rastvorenih fosfata.

3.2.2. Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda.

Metode prečišćavanja industrijskih otpadnih voda su, obzirom na raznovrsnost industrijskih zagađenja, veoma različitog karaktera i zavise od specifičnosti polutanata. Navešćemo najčešće korišćene metode.

Neutralizacija podrazumeva dovodjenje pH vrednosti vode u interval 6-8. Kisele vode se neutrališu alkalnim sredstvima kao što su alkalne otpadne vode, kreč, krečnjak, amonijak, natrijum-hidroksid ili natrijum karbonat. Alkalne vode se neutrališu kiselim sredstvima kao što su kisele otpadne vode, sumporna kiselina, hlorovodonična kiselina ili otpadni gasovi bogati ugljendioksidom. Neutralizacija se odvija u dve faze. U prvoj se vrši gruba neutralizacija nekom otpadnom vodom ili jeftinim hemikalijama, a druga predstavlja precizno doterivanje pH sa NaOH ili H₂SO₄, uz instrumentalnu kontrolu.

Hemijska oksidacija i redukcija mogu uspešno da uklone iz vode cijanide, šestovalentni hrom, fenole, a takodje i da poprave miris i boju otpadne vode. Kao oksidansi najčešće se koriste hlor i njegova jedinjenja (hipohlorit, hlor-dioksid), KMnO₄ i ozon. Najčešće se koristi tečni hlor, zbog niske cene. Njime se izbeljuju obojene vode, sprečava se stvaranje biološke sluzi, vrši dezinfekcija, a služi i za izbistrivanje u primarnom prečišćavanju. Za hemijsku redukciju najviše se koristi gvoždje(II)-sulfid, natrijum-metasulfit i sumpor-dioksid.

Sedimentacija se primenjuje na vode sa visokom koncentracijom suspendiranih i taložnih tvari, kao i nerastvorivih ulja i masti. U stanju mirovanja otpadne vode dolazi do taloženja ovih tvari koje se zatim mehanički odstranjuju.

Izbistrivanje je sličan postupak. Može se pospešiti dodavanjem koagulanata u vidu soli gvoždja i aluminijuma (sulfati, aluminati ili hloridi). U prisustvu alkalija iz ovih soli nastaju odgovarajući voluminozni hidroksidi velike površine, koji unutar taloga obuhvata suspendirane tvari i na taj ih način uspešno uklanjaju. Takodje se mogu koristiti i neki organski flokulanti koji su često efikasniji.

Filtracija predstavlja propuštanje otpadne vode kroz kolone napunjene najčešće peskom ili aktivnim ugljem. Omogućuje potpuno uklanjanje suspendovane materije pre konačnog ispuštanja u vodotok.

Flotacija je proces suprotan sedimentaciji. Plivajuće otpadne tvari, gustine bliske gustini vode, i koloidne tvari se vrlo teško talože. Ako se u bazen uvodi vazduh pod pritiskom stvaraju se mehurići koji pri izbijanju na površinu za sobom povlače plivajuće tvari na površinu, odakle se ove lako uklanjaju.

Jonska izmena je već ranije opisana. Ovde ona služi za uklanjanje teških metalnih jona, joniziranih organskih materija i minerala. Najefikasnija je za uklanjanje radioaktivnih materija.

Laguniranje predstavlja držanje otpadne vode u bazenima ili lagunama duži vremenski period. Pri tome pored sedimentacije dolazi i do biološke stabilizacije organskog materijala.

Adsorpcija se vrši pomoću aktivnog uglja. Organske materije i druga jedinjenja koja daju miris i boju vodi prijanjaju za površinu adsorbensa bilo da je on u vidu praha sasutog u vodu u bazenu za izbistrivanje, bilo da je u granulovanom obliku u kolonama za filtriranje otpadne vode.

Incineracija ili sagorevanje se primenjuje za vode koje sadrže materije sa toplotom sagorevanja dovoljno velikom da omogući dalje spontano ili uz mali utrošak dodatnog goriva sagorevanje istih. Uklanja upotrebljene rastvarače i ulja. Mora se voditi računa o eventualnom zagadjenju vazduha pri sagorevanju.

Tornjevi za hladjenje služe za rashladjivanje otpadne vode. To se postiže propuštanjem vode preko kaskadnih tornjeva pri čemu se voda meša sa vazduhom.

TEŠKI METALI I NJIHOVO UKLANJANJE. Mnogi metali, čak i u tragovima, pokazuju toksično dejstvo. Toksičnost olova, kadmijuma, žive, antimona, arsena i berilijuma dobro je poznata. Niz drugih metala pokazuje toksičnost pri povećanim koncentracijama, mada se prihvata i teza da su metali toksični u svim količinama. Kao polutanti metali su biološki nerazgrađivi i ne mogu se fiksirati sedimentacijom. Neki metali (živa, arsen, selen, telur) podležu biohemijskim transformacijama u metalo-organska jedinjenja mnogo toksičnija od anorganskih oblika. Mnogi akvatični organizmi koncentrišu metale u organizmu do nekoliko stotina puta više nego u okolini. Toksičnost metala zavisi u stvari od koncentracije slobodnog metalnog jona, a ne od ukupne koncentracije metala.

Metali u vodu dospevaju iz industrijskih postrojenja za preradu, završnu obradu i galvanizaciju metala. Za metale se postepeno odbacuje u kontroli koncept propisivanja MDK, već se ide ka konceptu nulte koncentracije.

Za uklanjanje metala iz vode najjednostavnije je taloženje u obliku nerastvornih hidroksida, najčešće kalcijum-hidroksida ili oksida. Ako se radi o vrednim metalima, za koje se isplati recikliranje, primenjuje se elektrodepozicija-elektroliza. Uklanjanje manje aktivnih metala (Cu,Ni) lako se vrši cementacijom na otpacima gvoždja ili kositrenim limenkama isečenim u sitne komadiće. Redoksi-reakcijama ovi metali zamenjuju atome gvoždja, a ovo se zatim izdvaja koagulacijom sa kalcijum-oksikom. Metali se mogu izdvajati i sa nevodnim rastvaračima, helatnim reagensima sa kojima metali grade stabilne komplekse (reagensi su etilendiamin-tetrasirćetna kiselina, 8-quinolinol, nitrilotrisirćetna kiselina i acetil-aceton). Takodje se uspešno mogu primeniti jonska izmena i adsorpcija na aktivnom uglju.

3.2.3. Primer sanacije Paličkog jezera.

Navedene mogućnosti prečišćavanja otpadnih, zagadjenih voda nemaju samo teorijsko značenje. Najbolji dokaz za to je, kod nas, primer sanacije Paličkog jezera. Zadržaćemo se, radi pregleda na ovom poduhvatu.

Na osnovu višegodišnjeg proučavanja, izradjen je program prečišćavanja gradskih otpadnih voda i sanacije Paličkog jezera koji je obuhvatao sledeće zadatke:

- isušivanje jezera,
- odstranjivanje mulja,
- ponovno punjenje jezera,
- korišćenje vode
- prečišćavanje otpadnih voda:
 - a) prečišćavanje industrijskih voda,
 - b) centralno prečišćavanje otpadnih voda,
 - c) treći stepen prečišćavanja.

Reći ćemo ovom prilikom nešto o prečišćavanju otpadnih voda.

a) Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda

Zbog svog heterogenog sastava industrijske otpadne vode čine posebnu kategoriju u tehnologiji prečišćavanja. Svaka industrija, naime, ima svoje karakteristične otpadne vode, ali se i industrijske otpadne vode srodnih grana medjusobno razlikuju zavisno od primenjivane tehnologije i sastava finalnih proizvoda. Stoga su pojedina industrijska preduzeća rangirana prema stepenu zagadjenosti otpadnih voda. Uredjaje za primarno prečišćavanje prvo su izgradili najveći zagadjivači kao što su: industrija mesa i konzervi "29. novembar", hemijska industrija "Zorka", fabrika kože "Panonija", itd.

b) Centralni uredjaj za prečišćavanje otpadnih voda

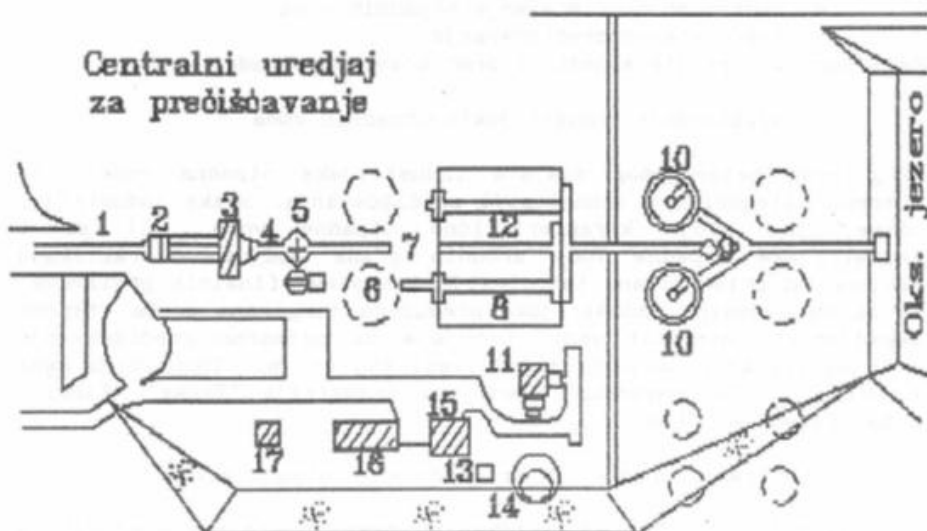
Na slici III.5 predstavljeni su šema centralnog uredjaja za prečišćavanje i medjusobni odnosi pojedinih delova Paličkog jezera. Otpadne vode iz gradskih domaćinstava, primarno prečišćene industrijske vode i atmosferske padavine usmeravaju se na centralni uredjaj za prečišćavanje, u kome se otpadne vode prečišćavaju aktivnim muljem. Pravac kretanja otpadnih voda je sledeći: crpkama se voda podiže na uredjaj, zatim prolazi kroz peskolov, odakle dospeva u bazen za aeraciju (u koji se ubacuje vazduh) i pošto prodje kroz naknadni taložnik, odlazi u tri oksidaciona jezera, od kojih se samo prvo obogaćuje kiseonikom.

Na tom putu otpadne vode se prečišćavaju 80-90% u odnosu na BPK5. Mulj koji se stvara u procesu prečišćavanja, izdvaja se, podvrgava posebnoj obradi,

a zatim se odnosi za nasipanje Aleksandrovačkog rita. Time se ujedno ubrzava zasipanje ovog močvarnog trsika.

Oksidaciona jezera izgradjena su u okolini koja je bila puna trske i mulja između puta za Sentu i nasipa istočno od njega. Na istom mestu nalazi se i jedan retacioni bazen (za sakupljanje kišnice) koji služi za akumulaciju padavina pre prečišćavanja.

Oksidaciona jezera sastoje se od tri međusobno povezana dela, ukupne površine 17,6 ha i prosečne dubine 2,5 m. Posle mehaničkog i biološkog prečišćavanja, voda prelazi iz prvog jezera u drugo, zatim u treće i tek nakon zadržavanja od 25 dana dospeva u prvi ribnjak. Prečišćavanje se u ovim jezerima nastavlja pod aerobnim uslovima. Posle toga voda mora sadržati najmanje 5 mg/l kiseonika, jer se uliva u ribnjak.



Slika 3.5. Šema uređaja za prečišćavanje Paličkog jezera. 1. Glavni kolektor, 2. Gruba rešetka, 3. Crpna stanica, 4. Fina rešetka, 5. Peskolov, 6. Vodomer, 7. Razdelna gradjevina, 8. Aeracioni bazen, 9. Razdelna gradj., 10. Naknadni taložnik, 11. Crpna st.za mulj, 12. Stabilizac. bazen, 13. Crpka za višak mulja, 14. Zgušnjivač mulja, 15. Izvod vode, 16. Komandna zgrada.

Biološko prečišćavanje aktivnim muljem pokazalo je dobre rezultate i našlo opštu primenu. Voda koja napušta uređaj za prečišćavanje, već je dobrog kvaliteta, ali sadrži jedinjenja fosfora i azota. Ta jedinjenja ne predstavljaju naročitu opasnost za reke, ali u jezerima mogu da izazovu masovnu pojavu algi.

c) Treći stepen prečišćavanja

U industrijski razvijenim zemljama, gde se otpadne vode već odavno prečišćavaju, uočeno je u vezi sa zaštitom površinskih voda, naročito jezera, da

puštanje prečišćenih otpadnih voda u jezera izaziva naglo razmnožavanje algi. Počelo se tragati za uzročnicima te pojave. Prilikom kontrole uređaja za prečišćavanje utvrđeno je da je stepen efikanosti njihovog rada dobar, tj. da su organsku materiju razlagali na mineralne soli. Kasnija ispitivanja sve su se više koncentrisala na jedinjenja fosfora i azota i pokazala da ova dva elementa imaju centralni značaj u razmnožavanju vodenih biljaka, posebno algi. Nametao se, dakle zaključak, ako se u jezerima želi sprečiti obojenost od algi, nije dovoljno primeniti samo mehaničke i biološke uređaje za prečišćavanje, jer se tim putem količina jedinjenja fosfata i azota bitno ne smanjuje.

Treći stepen prečišćavanja zasniva se zapravo na hemijskom tretiranju vode. Doziranjem odgovarajućih materija za flokulaciju, a zatim taloženjem, može se odstraniti 80-90% fosfata.

3.3. Neke nove tendencije u zaštiti i ekonomiji voda.

3.3.1. Podizanje šuma u slivovima za akumuliranaje površinske pitke vode.

Dalji industrijski i opšte društveni razvoj, porast broja stanovnika, gustine naseljenosti i povećanje životnog standarda uslovljavaju povećanje potreba i stalni porast potrošnje vode. Najveći deo ovih potreba (oko 90%) kod nas pokriva se iz rezervi podzemnih voda, dok je učešće površinske vode još uvek neznatno. Zbog ograničenosti rezervi podzemne vode već sada se susrećemo sa deficitom vode u mnogim područjima.

U industrijski razvijenim zemljama, pored utrdjivanja rezervi podzemnih voda, izučen je i mogući stepen njihovog iskorištenja. Tako, na primer, u SR Nemačkoj današnje potrebe vode iznose oko 20 milijardi m³, a procenjuje se da će oko 2000. godine biti potrebno oko 30 milijardi m³. Od postojećih rezervi podzemnih voda moguće je iskoristiti oko 16 mlrd m³, od čega se polovina već koristi. Za dobivanje vode sada i u buduće računa se na korišćenje površinske vode. Njen udeo već danas iznosi oko 40% potrošnje. Upotrebljive količine ove vode veće su, oko 30 mlrd m³. Time bi se snabdevanje pitkom vodom rešilo za duže vreme pod uslovom da se održi kvalitet vode površinskih jezera i izgradi više veštačkih akumulacija. Kao izrazit primer veštačkog akumuliranja površinske pitke vode i moderan sistem iskorišćavanja navodi se brana Sauer u SR Nemačkoj, ukupna zapremina jezera od 62 miliona kubnih metara i površine slivnog gravitacionog područja od 428 km².

Da bi se dobila voda visokog kvaliteta u prirodnim i veštački izgardjenim jezerima, neophodno je prilagoditi sistem njihovog iskorištavanja i uopšte tretiranja zemljišta na slivu. Obimno pošumljavanje slivnog područja pokazalo se kao naročito delotvorno za održavanje visokog stepena kvaliteta vode i zdrave jezerske biosfere. U takvim slučajevima dugi niz godina održan je najbolji kvalitet vode, bez

obogaćivanja hranljivim materijama i planktonima. Nasuprot tome tamo gde dominira poljoprivreda već se javlja problem eutrofije-prouzrokovana je postepenim obogaćivanjem jezera hranljivim materijama, i posebno fosfatima. Šumski potoci sadrže (1,5 mikroorganizama/l) oko 10 puta manje fosfata nego potoci koji dreniraju vodu sa poljoprivrednih područja.

Otuda se nameće zaključak: u užem i širem području sliva akumulacionog jezera (bazena) treba podići vodozaštitni pojas šume oko obalne zone širine 100 m (zaštitna zona I), koji treba da zadovolji sledeće funkcije i zahteve:

- Obalni vodozaštitni pojas šume služi kao barijera površinskom oticaju uslovljenom padavinama, to sprečava transport produkata erozije i otpadaka iz neposredne blizine,
- sprečava eolsku eroziju (nanošenje vetrom),
- povećava trenje i smanjuje brzinu vode u koritu prijemne reke,
- prvi redovi šume treba da su četinari, da ne bi lišće padalo na površinu vode i raspadanjem umanjivalo količinu rastvorenog kiseonika,
- ne treba gajiti monokulture, već razno drveće.

Na vodozaštitnu zonu I nastavlja se zona II, do 1 km. Kao i u prethodnoj zoni, treba izbegavati monokulture četinara, kako zbog veće otpornosti šume nekim zarazama, tako i zbog kiselosti tla i stvaranja kiselina koje štetno deluju na kvalitet vode.

U zaštitnoj zoni III, koja obuhvata ostali deo sliva, moguće je normalno gospodarenje šumama. Treba izbegavati naglo krčenje šuma jer to izaziva povećano oslobađanje nitrata i fosfata mineralizacijom tla, što šteti kvalitetu vode. Centralni problem u celom slivnom području čini uloga pesticida, pre svega insekticida i herbicida. Njihovu upotrebu treba izbegavati.

3.3.2. Recirkulacija vode kao mera unapredjenja životne sredine

Učitelj zen-budizma pita učenika - da li si se jutros umio. Jesam. Šta si sa vodom uradio. Prolio sam je. Nisi dobro postupio, trebao si njome da opereš pod, a zatim da zaliješ cveće!

Problem tehnološko-tehničkih i ekonomskih mogućnosti sistema za snabdevanje industrijskom vodom, u pogledu zaštite i unapredjenja životne sredine uopšte, pripada "sprečavanju gubitka vode i zagadjenja vode, uključujući recirkulaciju upotrebljene vode", koju je OUN ocenila kao jednu od četiri najvažnije komponente u okviru problema "izvora vode", pri čemu je podvučeno sledeće:

"Kao deo napora potrebnih za zaštitu postojećih snabdevača vode i njihovog povezivanja sa novim izvorima, trebalo bi učiniti napore za minimiziranje gubitka vode koji rastu zbog industrijske upotrebe. Ovi gubici mogu se sprečiti do značajnog

opsega efikasnom upotrebom i ponovnom upotrebom vode... Brzi porast industrijske proizvodnje uslovio je enormnu potrošnju vode. Unapredjeni tretman vode i ponovna upotreba vode neće samo povećati kapacitete (izvora) sveže vode, već će takodje u velikoj meri smanjiti zagađivanje voda kao sastavnog dela čovekove životne okoline".

Što se tiče snabdevanja industrije vodom na raspolaganju su dvojaki sistemi:

a) protočni,

b) recirkulacioni

- recirkulacioni sistem sa kulama za hladjenje vode prirodnim ili prinudnim strujanjem atmosferskog vazduha,
- sa evaporativnim kondenzatorima-hladnjacima sa prirodnim ili prinudnim strujanjem atmosferskog vazduha,
- sa kombinacijom frigoričnih postrojenja i kula za hladjenje vode ili evaporativnih kondenzatora-hladnjaka.

Protočni sistemi za snabdevanje industrijskom vodom karakteristični su po tome što se voda posle upotrebe u tehnološkim operacijama kondenzacije i hladjenja (u neposrednom ili posrednom dodiru sa kondenzovanim ili hladjenim fluidom) odvodi u kanalizaciju ili se koristi u sporedne svrhe. Ovi sistemi se veoma često primenjuju u zemljama u razvoju. Vrlo su neekonomični, a njihovom primenom ugrožavaju se izvori vode.

Recirkulacioni sistemi snabdevanja industrijskom vodom karakterišu se time što se voda posle upotrebe u tehnološkim operacijama kondenzacije i hladjenja ponovo upotrebljava uz prethodnu pripremu (hladjenje). Ovi sistemi su veoma ekonomični i u potpunosti udovoljavaju zahtevima za tehnološka, energetska termo-sanitarna postrojenja. Pojedini tipovi sistema su već pobrojani. Ovakvi sistemi se isplate u periodu od 4 meseca do 2 godine. Za rad je potrebna i sveža voda dobrog kvaliteta, zbog isparavanja, i to u obimu 3-5% masenog protoka recirkulacione vode, koja se takodje mehanički prečišćava.

Recirkulacioni sistemi, dakle, pružaju široke tehnološko-tehničke i ekonomske mogućnosti u dva smera:

- u zahtevima tehnoloških, energetskih i termo-sanitarnih postrojenja,
- u zahtevima zaštite i unapredjenja čovekove životne sredine (štednjom izvora vode).

I pored toga što je problematika recirkulacionih sistema relativno dobro proučena ona još uvek nije u potpunosti obuhvaćena sa istraživačko-razvojnog aspekta.

S obzirom na značaj na štednju izvora vode, predloženo je donošenje zakonskih propisa o obaveznoj primeni recirkulacionih sistema snabdevanja vodom za potrebe tehnoloških, energetskih i termo-sanitarnih postrojenja na široj industrijskoj skali.

3.3.3. Primer korišćenja otpadnih materijala iz zagađene vode

Ilustracije radi, pogledajmo tabelu 3.4. o vrednosti crvenog mulja jugoslovenske proizvodnje, kod koje ćemo izraziti količinu vrednosti njegovih sastojaka. Radi se upravo o crvenom mulju, kakav se u proseku očekuje u proizvodnji tvornice glinice Mostar u Mostaru.

Tabela 3.4.

Sastav crvenog mulja-Mostar (%)	1 tona mulja sadrži (kg)	cena din/toni	vrednost u dinarima
Al ₂ O ₃	105,4	1.253	132
Fe ₂ O ₃	537,6		
sirovo gvoždje	375,8	1.665	626
SiO ₂	55,6		
TiO ₂	71,3	10.100	720
ZnO ₂	1,4	18.930	26
Na ₂ O	30,6	2.580	79
Ukupna vrednost			1.583

Kako se očekuje da će se u tvornici glinice Mostar proizvoditi godišnje 368,080 tona crvenog mulja u vrednosti od $368,080 \times 1.583,36 = 582,803.148,80$ din., što je više od vrednosti istovremeno proizvedene glinice, inače glavnog proizvoda te tvornice. A taj crveni mulj se smatra i odbacuje kao otpadak i predstavlja još i veliki ekološki problem!

U toku višegodišnjeg rada u laboratorijskim, poluindustrijskim i industrijskim razmerama za pojedine faze postupka, izradjen je kod nas postupak KOMPLEKSNE OBRADNE CRVENOG MULJA u kojem se iskorišćavaju sve komponente sadržane u crvenom mulju, uključujući i sve retke elemente i retke zemlje. Utvrđena je takodje i ekonomičnost toga postupka.

Inače, ranije se kod nas crveni mulj ispuštao sa otpadnom vodom u reke. Štete su bile dvojake: materijalni gubitak retkih elemenata sastojaka mulja, a crveni mulj je kao zagađivač veoma štetan po ekosistem reke.

Ovo nije jedini primer gde se ova dva efekta preradom otpadnih voda mogu istovremeno pozitivno rešiti.

IV

ZAGADJIVANJE I ZAŠTITA VAZDUHA

"Aer plus occidit, quam gladius"

"Vazduh ubija više nego mač"

Očuvanje čistoće vazduha je postalo jedan od najvažnijih zadataka našeg vremena. Pod zagadjivanjem vazduha podrazumeva se prisustvo stranih sastojaka u vazduhu u količinama većim od uobičajenih, koji mogu uticati na zdravlje i raspoloženje čoveka ili oštetiti materijalna dobra.

Utvrđeno je da ukupna masa atmosfere iznosi $5,3 \times 10^9$ tona (5,3 miliona milijardi tona). Ma kako ova brojka izgledala velikom, analize pokazuju da mi ipak živimo u veoma ograničenom prostoru. Ako se tome doda vrlo brz porast stanovništva, onda naš prostor postaje sve tešniji, a materijalni i energetski izvori za zadovoljenje čovekovih potreba sve siromašniji. Ograničenost atmosfere u kojoj živimo se već nazire. Ovo se posebno ogleda u nelokalnom karakteru pojava vezanih za zagadjenje. Kisele kiše koje padaju u Švedskoj dolaze od sumpordioksida iz engleskih i nemačkih industrijskih oblasti, fina prašina iz visokih dimnjaka često zasipa krajeve udaljene nekoliko stotina pa i hiljada kilometara, gde takvi izvori i ne postoje, itd.

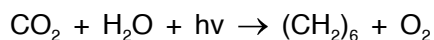
Da bi mogao da živi, čovek, kao i sva ostala živa bića, mora da diše. Disanjem unosi kiseonik u organizam, a izbacuje ugljendioksid. Ako za 5-6 minuta kiseonik ne stigne u krv, moždane ćelije bivaju trajno oštećene, a ako to traje duže, nastupa smrt. Odrasla osoba udahe 15 puta u minuti, svaki put oko pola litre vazduha. To znači oko 7,5 litara u jednom minutu, 450 litara na čas, odnosno u granicama 7000-35000 litara na dan. To je velika količina vazduha koji dnevno prodje kroz čovečiji organizam. Ako u takvom vazduhu ima i vrlo malih količina polutanata i ako se oni sakupljaju u organizmu, moguće je da se nagomilaju u tolikoj meri da izazivaju oboljenja pa i smrt. Stoga se u zaštiti životne sredine mora voditi računa i o vrlo malim količinama polutanata.

Čist vazduh predstavlja smešu većeg broja gasova, koja je približno jednakih odnosa na celoj Zemlji. Jedna primesa koja može znatnije da varira jesde vodena para i to u zavisnosti od vlažnosti vazduha. Zbog toga kada se govori o sastavu vazduha misli se na suv vazduh, a njegovi sastojci navedeni su u tabeli 4.1.

Tabela.4.1. *Sastojci čistog vazduha*

Simbol	Sastojak	% zapreminski	% težinski
N ₂	azot	78,088	75,527
O ₂	kiseonik	20,949	23,143
Ar	argon	0,930	1,282
CO ₂	ugljendioksid	0,0318	0,0456
Ne	neon	1,80E-3	1,25E-3
He	helijum	5,24E-4	7,24E-4
CH ₄	ugljovodonici, metan	1,40E-4	7,75E-5
Kr	kripton	1,14E-4	3,30E-4
N ₂ O	oksid azota	5E-5	7,6E-5
Xe	ksenon	8,6E-6	3,90E-5
H	vodonik	5E-5	3,48E-6
NO ₂	azotdioksid	1E-7	3E-7
O ₃	ozon	2E-6	6E-6
SO ₂	sumpordioksid	2E-8	9E-8
CO	ugljenmonoksid	1E-5	2E-5
NH ₃	amonijak	1E-6	1E-6

Najvažniji sastojak vazduha je kiseonik. Bez njega nije moguć život živih organizama, pa ni čoveka. Smatra se da je najveći deo kiseonika biološkog porekla, potiče iz fotosinteze:



Ovo stvaranje kiseonika je u prvom redu vezano za zelene suvozemne biljke i alge u slatkim vodama i morima. Uništavanjem šuma i zagadivanjem reka i mora, sistematski se narušavaju ovi izvori kiseonika. No, ti procesi smanjenja kiseonika još uvek nemaju zabrinjavajuće razmere. Kiseonik u vazduhu nije trenutno najkritičniji sastojak na koji se danas misli kada se govori o zagadjenju vazduha. To se više odnosi na sastojke koji se pojavljuju u atmosferi ili zbog "aktivnosti" same Zemlje ili još više zbog aktivnosti samog čoveka. Ti sastojci mogu biti neutralni ili mogu da ometaju u izvesnoj meri organizam kao jšto to čine vodena para ili neutralne prašine. Mnogo su opasniji otrovni sastojci koji već u maloj količini mogu akutno ili kumulativno da oštećuju ili truju žive organizme pa i čoveka.

Sastav čistog vazduha se menja u zavisnosti od promena i procesa koji se dešavaju u prirodi, kao i od posledica ljudskih delatnosti. Izvori ovih zagadjivanja su različitog porekla i prikazani su u tabeli 4.2.

Kao što se iz tabele vidi, vazduh se može zagadjevati gasovima, aerosolima i čvrstim česticama. Smatra se da gasovni predstavljaju oko 90% mase zagadjivača, a 10% čine čvrste čestice.

Ako se uporede prirodni izvori sa izvorima nastalim čovekovom delatnošću, usled koncentrisanosti ovih drugih uticajni su štetni sastojci koji nastaju aktivnošću čoveka i napretkom tehnike nego sastojci koji nastaju zbog fizičkih aktivnosti same Zemlje i njene biosfere.

Tabela.4.2. *Izvori zagađenja vazduha*

Vrsta zagađenja	Izvor
CO ₂	Vulkani, sagorevanje fosilnih goriva, životinje (disanjem)
CO	Motorni sa unutrašnjim sagorevanjem, vulkani, hemijska i srodne industrije
Sumporna jedinjenja	Bakterije, sagorevanje fosilnih goriva, vulkani, morski talasi, hemijska industrija
Ugljovodonici	Motorni sa unutrašnjim sagorevanjem, bakterije, biljke
Jedinjenja azota	Bakterije, procesi sagorevanja, atmosferska električna pražnjenja, industrijski procesi
Čestice	Vulkani, dejstvo vatre, procesi sagorevanja, industrijski procesi, meteori, morski talasi, šumski požari

U tabeli 4.3. prikazaćemo pregled najvećih izvora zagađivanja u industrijski razvijenoj zemlji (SAD), u milijardama kg/god.

Tabela.4.3. *Najveći izvori zagađivanja u SAD*

Izvor	Oksidi sumpora	oksidi azota	ugljen-monoks	čestice	ugljo-vodonici
Termoelektrane	12	4	1	4	1
grejanje	6	1	2	1	1
motorna vozila	1	6	60	1	10
industrija	10	2	2	6	4
deponije smeća	1	1	1	1	1

Iz tabele se vidi da su za razvijenu zemlju najveći izvori zagađenja, veštačkim polutantima, sledeći činioци:

- a) ložišta u gradovima,
- b) industrija i energetika,
- c) saobraćaj i
- d) deponije smeća.

a) Ložišta u gradovima

Sagorevanje je hemijski proces pri kome se sagorljivi elementi goriva (ugljenik, vodonik i dr.) vezuju sa kiseonikom iz vazduha, uz razvijanje toplote i pojavu plamena. Ono je potpuno ukoliko gorivo pri sagorevanju oslobodi svu količinu toplote koju sadrži u sebi. Ukoliko jedan deo gorivnih elemenata ne sagori, sagorevanje je nepotpuno. Nepotpuno sagorevanje prate pojave čadji, ugljenmonoksida, ugljo-vodonika, letećeg koksa i sl. Pri potpunom sagorevanju dimni gasovi se sastoje iz ugljen-dioksida, vodene pare, kiseonika i azota, a ukoliko gorivo sadrži i sagorljiv sumpor, dimni gasovi sadrže i sumpor-dioksid. Ostali sastavni delovi su u zanemarljivim količinama.

Medju značajne zagaditelje vazduha, naročito u gradovima spadaju kotlarnice centralnog grejanja i peći za lokalno grejanje. U ovom slučaju zagadjenje zavisi kako od broja grejnih objekata, tako i od kvaliteta goriva, kvaliteta sagorevanja i stepena iskorišćenja kotlova i peći.

Jedan od osnovnih uzroka visoke emisije zagadivača iz ložišta za grejanje je kvalitet goriva. Pojedine vrste uglja, pored visokog sadržaja pepela nastalog sagorevanjem, vlage i naklonosti ka stvaranju šljake zbog niske tačke topljenja, sadrže i visok procenat isparljivih materija-volativa, što dovodi do stvaranja čadji, ugljovodonika, ugljenmonoksida i drugih materija štetnih za okolinu. Od ložišnih ulja koja se koriste u ložištima manjih kapaciteta najpogodnija su ona sa malim sadržajem sumpora i mineralnih primesa.

Na emisiju iz kotlova za centralno grejanje znatno utiče konstrukcija kotla, kao i usaglašenost kotla sa gorivom. Poznata je činjenica da se kotlovi konstruišu za određenu vrstu goriva. Ukoliko je gorivo drugačijih karakteristika (sadržaj vlage, pepela, isparljivih materija, krupnoće zrna, viskoziteta ložišnog ulja, toplotne moći, itd.) sagorevanje je lošije i emisija štetnih materija veća.

Štetne materije koje emituju kotlovi za centralno grejanje u vidu čvrstih čestica sastoje se od letećeg pepela, letećeg koksa i čadji. U gasovite zagadivače spadaju uglavnom ugljen-monoksid, sumporni oksid, azotni oksidi i ugljovodonici.

Leteći pepeo nastaje uglavnom sagorevanjem čvrstih goriva, pri čemu jedan deo pepela u vidu praha biva ponesen strujanjem gasovitih produkata sagorevanja. Sastoji se od mineralnih primesa (oksidi, sulfidi, itd.). Neka ložišta ulja takodje sadrže pepeo. Oblik i veličina zrna letećeg pepela zavise od termičkih i mehaničkih uticaja boravka u ložištu.

Leteći koks kod čvrstih goriva nastaje nepotpunim sagorevanjem čestica uglja iz kojih su izašle isparljive materije, a koje nisu sagorele zbog nedostatka kiseonika ili usled nedovoljne temperature. Leteći koks se formira i kod tečnih goriva nepotpunim sagorevanjem kapljica.

Čadj kod čvrstih goriva nastaje nepotpunim sagorevanjem isparljivih sastojaka, uglavnom ugljovodonika. Pri sagorevanju koksa čadj se ne stvara. Čadj

nastaje i pri sagorevanju ulja za loženje i to iz sitnih čestica kondenzovanih nesagorelih ugljovodonika. Čestice čadji su veoma male, ispod 0,1 mikron, pa se zbog toga teško izdvajaju i dugo se posle emitovanja zadržavaju u atmosferi. U pogodnim uslovima čestice čadji se spajaju u prave pahuljice, veličine i do 5 mikrona, koje često sadrže kondenzovane kiseline (sumporna...).

Ugljen-monoksid se javlja nepotpunim sagorevanjem ugljenika i to kod svih goriva koja sadrže ugljenik.

Ugljovodonici nastaju kod švel-procesa pri sagorevanju uglja, kada izostane naknadno sagorevanje (usled nedostatka sekundarnog vazduha ili nedovoljne temperature u ložištu). Kod tečnih goriva javlja se zbog neregulisanog rasprskavanja i paljenja goriva, a kod gasovitih u slučaju loše stagbilisanog plamena. Osim zagadjivanja okoline, oni najviše smanjuju stepen iskorišćenja goriva.

Sumporni oksidi (dioksid i trioksid) javljaju se u gasovitim produktima sagorevanja zbog prisustva sagorljivog sumpora u gorivu. Količina toplote oslobodjena sagorevanjem sumpora je neznatna u odnosu na štetno dejstvo njegovih oksida po okolinu.

Azotni oksidi (monoksid i dioksid) nastaju u plamenu pri visokim temperaturama.

Naglasimo da su neki zagadjivači, nastali sagorevanjem u ložištima vezani za kvalitet sagorevanja (leteći koks, čadj, ugljenmonoksid, ugljovodonici), dok drugi nastaju zbog njihovog prisustva u gorivu.

b) Industrija i energetika

Potrebe za energijom su iz godine u godinu u sve većem porastu. Udeo električne energije je u ukupnoj proizvodnji energije na vodećem mestu. Danas se u energetskim bilansima mnogih zemalja 60-80% električne energije dobije iz termoelektrana uz upotrebu uglja i mazuta kao goriva. U porastu je potrošnja niskokaloričnih ugljeva i mazuta koji sadrže sumpor. Zbog toga se u okolinu izbacuju ogromne količine dimnih gasova. Očekuje se da će se sadašnja dominantnost proizvodnje električne energije iz termoelektrana na fosilno gorivo održati do kraja ovoga stoleća, s tim što će udeo nuklearnih elektrana rasti, a udeo proizvodnje iz hidroelektrana opadati. Rezerve uglja u svetu koje su procenjene iznose najmanje 8000 milijardi tona odnosno oko 90% od ukupnih svetskih rezervi fosilne energije u odnosu na 10% koliko zajedno čine nafta i prirodni gas.

Pri sagorevanju goriva u termoenergetskim postrojenjima u atmosferu se, osim pepela, emituju sledeća jedinjenja: produkti potpunog sagorevanja (ugljen-dioksid, vodena para i azotovi oksidi); produkti nepotpunog sagorevanja (nesagoreli ugljenik, ugljovodonici i ugljenmonoksid) i druge gasovite materije koje nastaju sagorevanjem primesa sadržanih u gorivu (sumpor-dioksid i neka druga jedinjenja). Termoenergetska postrojenja-termoelektrane i toplane emituju, od navedenih, u

najvećim količinama dve štetne materije: pepeo i sumpordioksid. Pri tome emisija jednog izvora može biti znatna, na primer termoelektrana od 2000 MW pri današnjem stanju tehnike emituje 15-30 tona SO₂ na sat.

I kod ovih objekata koncentracija štetnih sastojaka u dimnim gasovima zavisi od režima procesa sagorevanja u ložištu kotla i od fizičkog i hemijskog sastava goriva. Uticaj nepotpunog sagorevanja na formiranje štetnih materija i na toplotne gubitke najbolje se vidi iz sledećeg primera: Jedan kilogram ugljenika sagorevši potpuno sa 1866 m³ kiseonika daje 1,866 m³ ugljendioksida i oslobadja 8100 kcal. Ukoliko 1 kg ugljenika sagori sa 0,933 m³ kiseonika, proizvede se 1,866 m³ ugljen-monoksida i svega 2440 kcal. Osim toga što se pojavljuje ugljen-monoksid koji zagadjuje okolinu, on sa sobom odnese 5660 kcal/kg ugljenika.

Pored energetike industrijski zagadioci obuhvataju:

- hemijsku industriju
- metalurgiju
- industriju građevinskog materijala
- drvenu industriju
- tekstilnu industriju
- industriju papira
- proizvodjače pare

HEMIJSKA INDUSTRIJA spada u veoma ozbiljne zatgadioce atmosfere, kao i vode i tla. Posebno se u tome ističu: rafinerije nafte i petrohemijska industrija, neorganska hemijska industrija, proizvodnja veštačkih vlakana, rudnici mineralnih sirovina i sirovina za hemijsku industriju i organska hemijska industrija. Navedene grupe industrija ispuštaju u atmosferu oko 90% prašine i 95% zagadjenih gasova cele hemijske industrije, ostalo odlazi na farmaceutsku industriju, ind. boje i lakova, gume, preradu plastičnih masa, itd.

RAFINERIJE NAFTE i petrohemijska industrija zagadjuju okolni vazduh jedinjenjima sumpora (sumpor-dioksid, sumpor-vodonik, merkaptani i dr.). Sva ona vode poreklo iz sirove nafte. Ova grupa industrija zagadjuje vazduh i ugljovodonicima, amonijakom i vrlo otrovnim tetraetil-olovom.

NEORGANSKA HEMIJSKA INDUSTRIJA obuhvata proizvodnju sumporne, azotne, fosforne i hlorovodonične kiseline, zatim veštačkih đubriva i hlora.

U oblasti METALURGIJE u atmosferu se najčešće ispuštaju sledeće štetne materije:

- prašina u obliku oksida, karbonata, itd., od kojih su naročito štetni oksidi olova, arsena, kadmijuma, posebno berilijuma i pare metalnog olova,
- gasovi u obliku sumpornih oksida, sumporne kiseline, fluoro-vodonične kiseline, oksida ugljenika itd.

Istraživanja u jednoj koksari u Francuskoj pokazala su da pri dnevnoj preradi 2000 tona uglja u metalurški koks, na dan se emituje oko 3,5 tona štetnih materija u atmosferu.

c) Saobraćaj

Vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem su najveći zagadjivači vazduha u velikim gradovima. Ona zagadjuju atmosferu sledećim polutantima: ugljen-dioksid, ugljen-monoksid, ugljovodonici, oksidi azota, jedinjenja olova, čadj, kancerogene materije i drugo.

Od uslova paljenja i sagorevanja, kao i od vrste korišćenog goriva zavisi koji će od navedenih zagadjivača biti dominantan u izduvnoj smeši sagorelih gasova. S obzirom na ovaj momenat SUS-motori se dele na: klipne motore (paljenje varnicom), dizel motore (paljenje kompresijom) i avionske gasne turbine.

Na emisiju štetnih materija utiče pored ostalog i sastav smeše: odnos vazduh-gorivo, zatim temperatura sagorevanja, brzina rasprostiranja plamena i režim rada motora. Pokazalo se da motori kod kojih se gasna smeša pali varnicom daju najviše ugljovodonika i ugljen-monoksida; dizel motori zbog gotovo potpunog sagorevanja emituju relativno malo ugljen-monoksida i ugljovodonika, dok je količina azotovih oksida relativno velika i iznosi 4-10 grama NO_x po milji (1,6 km); avionske gasne turbine daju najmanje štetnih sastojaka. Motori na benzinski pogon, kojima se kao antidetonator dodaje tetraetilolovo, ispuštaju jedinjenja olova, koja intenzivno zagadjuju okolinu saobraćajnica.

Motorna vozila emituju štetne sastojke pretežno iz tri izvora: izduvna grana, 100% CO, 100% NO_x i 60% CH, isticanje iz kartera 20% CH i isparavanje iz rezervoara 20% CH. Iz ranije navedene tabele o zagadjivačima vidi se da motorna vozila stoje ubedljivo na prvom mestu kao izvor zagadjivanja ugljen-monoksidom.

d) Smetlišta (deponije smeća)

Kao izvori zagadjenja okolnog vazduha značajne su i deponije smeća koje sadrže čvrste otpatke poreklom iz domaćinstva, ugostiteljstva, tržnica, trgovina, industrije itd. Njih čine kuhinjski otpaci, pepeo, drvo, sintetičke materije, metali, auto-gume, razni organski i neorganski otpaci industrije, jalovina preostala od prerade mineralnih sirovina, deponije pepela i dr.

4.1. Uticaj aerozagadjivača na ljudski organizam.

U pogledu dejstva zagadjivača na ljudski organizam, sve štetne materije se mogu podeliti na četiri grupe: nadražljivci, zagušljivci, narkotici i sistemski otrovi. Medjutim, štetni su i aerosoli koji nisu sistemski otrovi, na primer silicijum-dioksid, ugljena prašina, neki alergeni (bakterije i plesni).

Tabela 4.4. *Uticaj graničnih koncentracija nekih zagadjivača*

pri izlaganju od 8 časova na dan.

Materija	Prvi utisci	ppm zapreminski
GASOVI		
Hlorovodonična kiselina	nadražaj grla	5
Fluorovodonična kiselina	krvarenje zuba, nadražaj grla	3
Amonijak	nadražaj očiju	100
CO ₂	nadražaj grla i pluća	5000
SO ₂	nadražaj grla i pluća	10
SO ₃	nadražaj grla i pluća	10
Benzol	gadjenje, vrtoglavica	35
Hlor	nadr. grla, pluća, očiju	1
Arsenovodonik	vrtoglavica, nesvestica	0.05
Sumporvodonik	paraliza	20
NOx	nadr. grla, pluća, očiju	25
CO	glavobolja, vrtoglavica, muka, povraćanje	100
Ozon	nadražaj sluznica, teško disanje, astenija	1
PRAŠINE, DIMOVI		
mg/m ³		
H ₂ SO ₄	opekotine, nadražaj nosa, grla, očiju, gušenje, glavobolja	1
Fluoridi	nadr. grla, očiju, zapaljenje bronhija i kože	2.5
Dim oksida gvoždja	nadražaj nosa i grla	15
Dim oksida cinka	nadražaj očiju, groznica nerava	15
Olovo	anemija, slabost, gubitak apetita metalni ukus, konstipacija i olovno čupanje	15

Prema dejstvu na pojedine organe, otrovi se mogu podeliti na one koji deluju na krv i izazivaju promene u njenom sastavu, zatim na one koji deluju na pluća, na jetru i na nervni sistem.

Radi preglednosti navešćemo na početku tabelarni pregled, tabela 4.4., uticaja najistaknutijih aerzagadjivača na ljudski organizam u zavisnosti od koncentracije, a kasnije ćemo govoriti o nekim zagadjivačima opširnije.

U tabeli 4.5. dat je pregled uticaja najistaknutijih gasovitih polutanata na čoveka u zavisnosti od njihove koncentracije u vazduhu.

Tabela 4.5. Uticaj nekih gasova na čoveka u zavisnosti od koncentracije .

Koncentracija (ppm)	Izazvani utisci
---------------------	-----------------

	Hlor (Cl_2)	
600		smrtonosan
10-600		gadjenje
1		nadražaj
0.05		olfaktivna granica
	Sumporvodonik (H_2S)	
700		brzo smrtan
400-700		opasan (30 min. i manje)
170-300		lokalno jako nadraženje
70-150		laki simptomi
2-30		jako osetan miris
0.3		osetljiv miris
0.1		slabo osetljiv miris
0.025		granica osetljivosti
	Sumpordioksid (SO_2)	
100		jak nadražaj
10-50		nadražaj
1-10		protivrečni simptomi
0.3-1		granica osetljivosti
	Azotovi oksidi (NO_x)	
40-80		plućni edem
10-20		obrazovanje metemoglobina
1-2		manji nadražaj
0.1		granica osetljivosti
	Ugljendioksid (CO_2)	
4815		smrtonosan
3210-3850		opasan
1150		jaki simptomi trovanja
320-510		simptomi
160-230		lak ili nikakav uticaj
	Ozon (O_3)	
1700		smrtonosan za nekoliko minuta
1-10		glavobolja, nadražaj, nesvestica
0.4-1		otežano disanje
0.1		nadražaj
0.04		MDK
0.01-0.015		granica osetljivosti
	Ugljenmonoksid (CO)	
4000		smrtonosan
1500-2000		opasan
1000-1200		neprijatni simptomi

600-700	vidan uticaj posle jednog časa
400-500	bez vidnog uticaja
100	dopušćena višećasovna koncentracija
Amonijak (NH ₃)	
5000-10000	brzomrtan
2500-6500	opasan
400-700	nadražuje
300-500	MDK za jedan čas
100	MDK za duže vreme

4.2. Savremene metode ispitivanja zagadjenosti vazduha. Uzimanje uzoraka.

Štetne materije u atmosferi mogu se podeliti prema svojim fizičkim osobinama na: a) gasove i pare i b) aerosole.

a) Gasovito stanje neke materije oznaćava da se ona nalazi iznad svoje kritiće temperature, dok parom nazivamo gasni oblik (fazu) materije ispod njene kritiće temperature. Nema ošćrih granica izmedju ova dva stanja, npr. cijanovodonićna kiselina kljuća na 26 C i obićeno se naziva gasom.

b) Aerosoli su fino rasporedjene sitne ćvrste, tećne ili kondenzovane ćestice u vazduhu ili nekom drugom gasu, npr. obićena prašina. Zatim to mogu biti kapljice sumporne kiseline fino raspršćene u vazduhu. Metalni dimovi nastaju hladjenjem para metala, npr. olova pri ćemu se sitne olovne ćestice presvuku odmah slojem oksida. U aerosole spadaju još i neki produkti sagorevanja.

Metode i instrumenti za uzimanje uzoraka vazduha

Metode za uzimanje uzoraka mogu se podeliti prema prirodi prisutnih nećistoća (poćev od gasovitih do ćvrstih ćestica), zatim prema uslovima sakupljanja (u vodama, dimnim kanalima ili okolnom vazduhu) i najzad prema trajanju uzimanja uzorka na dugotrajne (kontinualne) ili kratkotrajne(trenutne) postupke.

Glavni uslovi koje treba zadovoljiti prilikom uzimanja uzorka su sledeći:

- odabrati takvo mesto, vreme, broj i ućestalost, kao i metodu uzimanja uzorka, da on zaista bude reprezentativan, tj. da pokazuje pravo stanje sredine,
- izbeći greške prilikom razdvajanja razlićitih nećistoća koje se ćesto nalaze istovremeno u vazduhu, a potrebno ih je odrediti posebno i
- izbeći najćešću grešku, a toje promena uzorka za vreme ili posle njegovog uzimanja (misli se na eventualnu hemijsku promenu).

Metoda uzimanja treba da bude uskladjena sa analitićkom metodom obrade uzorka.

4.2.1. Uzimanje uzoraka gasova i para.

METODA DETEKCIJE ILI OTKRIVANJA je najjednostavnija, a odmah daje i rezultate. Koriste se papirići natopljeni hemikalijama ili cevčice sa poroznim materijalom koji je takodje natopljen odgovarajućim hemikalijama. Ovo je orijentaciona, ali vrlo korisna metoda. Vazduh u dodiru sa papirom ili provlačenjem kroz cevčicu menja joj boju ukoliko ima zagadivača. Intenzitet boje zavisi od koncentracije. Cevčica može da bude baždarena, tako da broj obojenih podeoka odgovara koncentraciji zagadivača u vazduhu.

UZIMANJE UZORAKA VAZDUHA U FUDBALSKU GUMU (ili sličan balon) primenjuje se za sve gasove ukoliko ne sadrže sumpor. Najčešće se koristi za CO i CO₂. Uzorak se može održati po 24 časa bez promena. Za veće zapremine vazduha koriste se vreće od polietilina, spolja ojačane, koje su pogodne i za sumporne gasove, formaldehid i druge, ali ne i za aerosole zbog pojave elektrostatičkog naelektrisanja.

APSORPCIONE METODE uzimanja uzorka se često koriste. Vazduh se provlači kroz pogodne tečnosti u kojima se gas ili para apsorbuju (zadržavaju). Kao tečnosti za apsorpciju obično služe destilovana voda, alkohol, razblažena azotna kiselina ili specifični rastvori. Takodje se koriste i čvrsti apsorberi: aktivni uglja, silikagel, kalcijum-hlorid i sl. Ceo sistem za apsorpciju sastoji se od pumpe (ručne ili električne), merača protoka vazduha i posude ispiralice u kojoj se sakuplja uzorak. Aparati za merenje protoka, gasometri ili rotometri, treba da budu veoma tačni, da sadrže manometar i termometar kako bi se zapremina provučenog vazduha mogla korigovati na normalne uslove.

ASPIRACIONE METODE se primenjuju kod nekih specifičnih automatskih mernih uređaja. Najčešće su to kolektori pod smanjenim pritiskom, sudovi pod visokim vakuumom ili sudovi za sabiranje gasnog uzorka. Zagadjen vazduh se tankim cevima od "inertnog" materijala uvodi u interakcionu zapreminu gde se pod atmosferskim ili nižim pritiskom u stacionarnom ili protočnom režimu podvrgava složenim interakcijama na atomsko-molekularskom nivou. U odredjenim namenskim merenjima uzorak se uzima postupkom koji simulira disanje uz pomoć tzv. veštačkih pluća.

4.2.2. Uzimanje uzoraka čvrstih čestica.

Lebdeće čestice raspršene u atmosferi, različitih veličina od delova do nekoliko stotina mikrona, u zavisnosti od veličine i specifične težine zadržavaju se kraće ili duže u atmosferi. Čestice koje se brže talože sakupljaju se slobodnim padanjem bilo na horizontalnu čvrstu podlogu premazanu odgovarajućim slojem, bilo taloženjem preko levka postavljenog na veću plastičnu bocu. Na pločama se hvataju

čestice polena, a u boce prašina gradskog vazduha organskog i neorganskog porekla. Ove metode daju približne i nesigurne rezultate zbog zbijanja manjih čestica u veće, uticaja vetra, itd.

Ovo se izbegava direktnim posmatranjem stanja u vazduhu ili ispusnim gasovima. Primer optičke metode je skala po Ringelmanu, koja se koristi za određivanje kvaliteta dimnih gasova. Ova skala se sastoji od pet kvadrata-mrlja obeleženih brojevima od 1 do 5. Skala se drži u visini oka posmatrača i poredi sa gustinom dima koji izlazi iz dimnjaka. Oznaka 0 označava čistu atmosferu, a 5 crni dim. Koristi se za inspekciju grada, ali zavisi od položaja i objektivnosti posmatrača.

Mnogo su značajnije čestice koje se duže zadržavaju u vazduhu i mogu se udahnuti i zadržati u plućima. To je tzv. respirabilna prašina, čestice veličine od 0,1 do 10 mikrona (PM2.5 i PM10). Osim što su najštetnije po zdravlje ove čestice smanjuju vidljivost i učestvuju u reakcijama pri stvaranju smoga.

TERMORECIPITATOR je uređaj za uzimanje i analizu uzoraka respirabilne prašine. Koristi se pojava da se čestice koje lebde u vazduhu odbijaju od ugrejane tanke žice i sakupljaju na hladnoj staklenoj ploči prevučenoj specijalnim premazom, a zatim se pod mikroskopom broje uz pomoć specijalne mrežice.

KASKADNI IMPAKTOR takodje daje podatke o broju čestica po frakcijama. Čestice nošene strujom vazduha udaraju u prepreke, gube na brzini i padaju te se tako razdvajaju po frakcijama.

GRAVIMETRIJSKIM metodama meri se promena težina specijalnih filtara ili podloga koje zadržavaju čestice pare i posle uzimanja uzorka. I ovde dolazi do sabijanja manjih čestica u veće, pa se može dobiti samo ukupna količina prašine, ili pak, izvršiti hemijska analiza uzorka, što je takodje korisno.

NEFELOMETRIJOM se meri svetlost rasuta na česticama koje lebde u određenoj zapremini vazduha, a za kontinualno automatsko merenje postoje beta-brojači koji uzimaju uzorke vazduha u trajanju od 1 minut do 16 časova.

4.3. Metode analize gasova i para.

Ove metode se dele na hemijske, fizičko-hemijske i fizičke metode. Sa druge strane metode za merenje koncentracije gasnih zagadivača se mogu podeliti u tri generacije.

U prvu generaciju svrstavaju se klasične **HEMIJSKE** metode određivanja koncentracija. Određena količina vazduha se propušta kroz rastvore hemijskih reagenasa, pri čemu se izdvajaju pojedini sastojci. Zatim se vrši kvantitativna hemijska analiza. Osnovne karakteristike ovih metoda su: velika osetljivost i tačnost, selektivnost, ali i veoma spor odgovor.

Od hemijskih metoda pomenućemo najčešće korišćene: kolorimetrija, turbidimetrija i hromatografija.

Kolorimetrija je vrlo česta metoda širokih mogućnosti. Zasniva se na merenju jačine obojenja rastovra u kome je uzorak apsorbovan, pod uslovom da je ova jačina upravno srazmerna koncentraciji-količini gasa u uzorku. Postoje posebne metode za određivanje metalnih dimova i prašine, formaldehida, azotovih oksida, hlora, amonijaka, fluora, ugljen-monoksida itd. Posle hemijske obrade uzorka jačina nastale boje određuje se serijom standardnih rastvora vizuelno ili pomoću jednostavnih kolorimetara.

Turbidimetrija, odnosno nefelometrija je metoda merenja zamućenosti nekog rastvora pomoću čestica prisutnih u njemu. U prvom slučaju se meri količina svetlosti koju su čestice apsorbivale (ekstinkacija), a u drugom svetlost koju su one odbile. Metode su veoma osetljive, npr. SO₂ se takodje određuje u obliku barijum-sulfata do 0,005 ppm.

Hromatografija omogućava vrlo brzo otkrivanje tragova jona minerala sa osetljivošću od oko 1 mg u nekim slučajevima. Veliki broj supstanci može da se odredi i dokaže u koloni ili na specijalnom papiru odakle se uzorci sakupljaju (eluiraju) pomoću specijalnih rastvarača. Koristi se za određivanje benzopirena u gradskom vazduhu.

Drugu generaciju čine **FIZIČKO-HEMIJSKE** metode. Ovde se takodje koriste pripremljeni rastvori, ali se kvantitativna analiza ne vrši hemijskim putem, već metodama kolorimetrije, spektrofotometrije, kulometrije, kondukometrije, itd. Kako se odgovor javlja u vidu električnih signala, ove metode omogućuju neprekidno beleženje koncentracije supstance tokom vremena. Skraćenje u dobijanju odgovora se ovde postiže baš u stadijumu merenja, a ne pri prikupljanju uzoraka.

Treću generaciju sačinjavaju čiste **FIZIČKE** metode. Ovde nije potrebno uzimati uzorke vazduha i propuštati ih kroz rastvore, već se merenje vrši neposredno na uzorku. Metode se zasnivaju na emisiji i apsorpciji zračenja različitih talasnih dužina ili interakciji elektrona sa česticama koje ulaze u sastav vazduha. Osnovne osobine ovih metoda su: velika (trenutna) brzina odgovora, neposredno beleženje rezultata, velika osetljivost i selektivnost.

Zahteve savremene privrede i tehnologije delimično zadovoljavaju metode druge, a u potpunosti samo metode treće generacije. Pri tome se kalibracije merenja metodama druge i treće generacije vrše pomoću metoda prve generacije. Ovde ćemo se detaljnije zadržati samo na metodama treće generacije.

4.4. Fizičke metode ispitivanja zagađenosti vazduha.

4.4.1. Spektrofotometrijske metode.

Ove metode se zasnivaju na principima apsorpcije ili rasejanja elektromagnetnog zračenja u vidljivom delu spektra. Kroz uzorak ispitivanog vazduha se propušta snop svetlosti. Dva signala, srazmerna intenzitetu upadnog i

propuštenog ili rasejanog snopa, se elektronski obraduju i kao jedini podatak se neposredno dobija koncentracija ispitivane supstance.

Koncentracija obojenih supstanci se uglavnom meri pomoću vidljivog dela spektra. Za neobojene supstance koristi se na isti način ultraljubičasti deo spektra.

Poslednjih godina naročitu primenu ima spektrofotometrija u infracrvenom delu spektra, pošto se može primeniti i na mnoge organske supstance, bilo da su u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju ili rastvoru. Svaki molekul ima svoj karakterističan infracrveni spektar. Pomenućemo samo neke supstance koje su zagadjuvači i mogu se meriti ovom metodom: smeše estara, aldehida, hlorirani ugljovodonici, benzol, ugljenmonoksid, ugljendioksid, cijanovodonična kiselina, ozon, itd. Metoda je izuzetno osetljiva (do mikro-grama supstance).

Opisana metoda dobila je značajno mesto i uz primenu klasičnih izvora, no korišćenje lasera izazvalo je kvalitativnu promenu. Ona se ogleda u povećanju intenziteta svetlosti u datom domenu i u većoj osetljivosti.

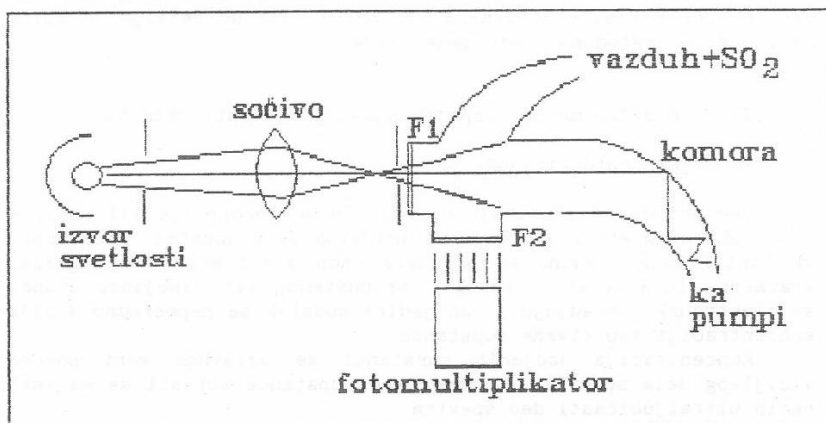
4.4.2. Fluorescentna metoda.

Fluorescentne metode zasnivaju se na apsorpciji upadnog zračenja na molekulima, uz naknadnu emisiju svetlosti većih talasnih dužina, manje frekvence, odnosno manje energije od energije fotona upadnog zračenja (fluorescencija). To znači da se nakon pobudjivanja deekscitacija vrši u neko od energijskih stanja koja su iznad prvobitnog (osnovnog) stanja čestice. To ovoj metodi obezbedjuje izrazitu selektivnost, pošto i upadni i emitovani foton moraju da imaju tačno određene energije. Šematski je metoda prikazana na slici 4.1., za slučaj sumpordioksida.

Snop upadne svetlosti cinkove spektralne lampe talasne dužine 213,8 nm, izdvojen interferencionim filtrom F1, propušta se kroz komoru kroz koju protiče vazduh zagadjen sumpordioksidom. SO₂ se pobudjuje i emituje fluorescentnu traku u intervalu 220-420 nm, sa maksimumom na 320 nm. Emitovano fluorescentno zračenje se obično detektuje pod uglom od 90 u odnosu na prvobitni smer zračenja. Filter F2 propušta samo fluorescentno zračenje koje se usmerava na fotomultiplikator i brojačku elektroniku. Intenzitet odnosno broj fluorescentnih fotona je srazmeran

$$I_s = \beta \cdot I_0 \cdot (1 - e^{-\varepsilon \cdot l \cdot p})$$

gde je I₀ intenzitet upadnog zračenja, β fluorescentni prinos odnosno količnik intenziteta fluorescencije i intenziteta apsorpcije, ε je koeficijent apsorpcije ili verovatnoća da foton bude apsorbovan po jedinici dužine predjenog puta i jedinici pritiska, l je predjeni put fotona sa koga se vrši detekcija i p predstavlja parcijalni pritisak SO₂, koji je jednačinom gasnog stanja povezan sa koncentracijom sumpordioksida u vazduhu.



Slika 4.1. Šematski prikaz fluorescentne metode za određivanje koncentracije sumpordioksida

Za merenja nije potrebno poznavati sve navedene veličine iz gornjeg izraza. Obično se izvrši eksperimentalna kalibracija uređaja poznatim koncentracijama pa se nepoznate koncentracije određuju sa kalibracionog grafikona.

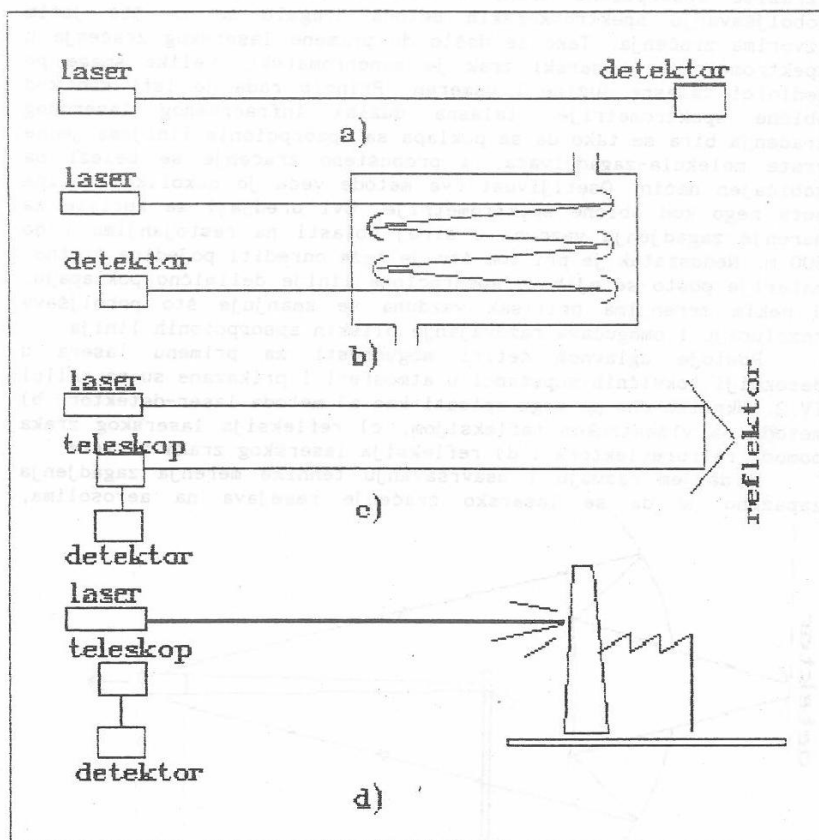
4.4.3. Metoda plamene apsorpcione spektrometrije.

Atomska apsorpciona spektrometrija u obliku plamene metode je vrlo pouzdana analitička tehnika za određivanje koncentracije metala u vazduhu-olova, kadmijumja, cinka, bakra, gvoždja, hroma, itd. Ona se razvila iz plamene fotometrije, jedne od emisionih metoda. Uzorak se raspršuje u plamenu na vrlo velikoj temperaturi do atomskog stanja. Dalja tehnika je ista kao kod spektrofotomera: biranjem najpogodnije talasne dužine svetlosti koja se propušta kroz atomizirani uzorak dolazi do apsorpcije, a propuštena svetlost se pogodnim mernim uređajem beleži i daje rezultat. Osetljivost ove metode se kreće od delova ppm do delova na bilion (ppb) delova vazduha.

4.4.4. Metode LASER i LIDAR tehnike.

Ugljen-dioksid i voda su naročito ometali rad u infracrvenom delu spektra pošto ova dva višeatomska molekula imaju vrlo izrazite apsorpcione trake u bliskom delu spektra. U daljem poboljšavanju spektroskopskih metoda tragalo se za što jačim izvorima zračenja. Tako se došlo do primene laserskog zračenja u spektrometriji. Laserski zrak je monohromatski, velike snage po jedinici talasne

dužine i usmeren. Princip rada je isti kao kod obične spektrometrije: talasna dužina infracrvenog laserskog zračenja bira se tako da se poklapa sa apsorpcionim linijama jedne vrste molekula-zagadjivača, a propušteno zračenje se beleži na uobičajen način. Osetljivost ove metode veća je nekoliko stotina puta nego kod obične spektrometrije. Ovi uređaji se koriste za merenje zagadjenja vazduha u široj oblasti na rastojanjima i do 500 m. Nedostatak je pri tom što je teže odrediti pojedine štetne materije pošto se njihove apsorpcione linije delimično poklapaju. U nekim merenjima pritisak vazduha se smanjuje što poboljšava rezoluciju i omogućava razdvajanje bliskih apsorpcionih linija.



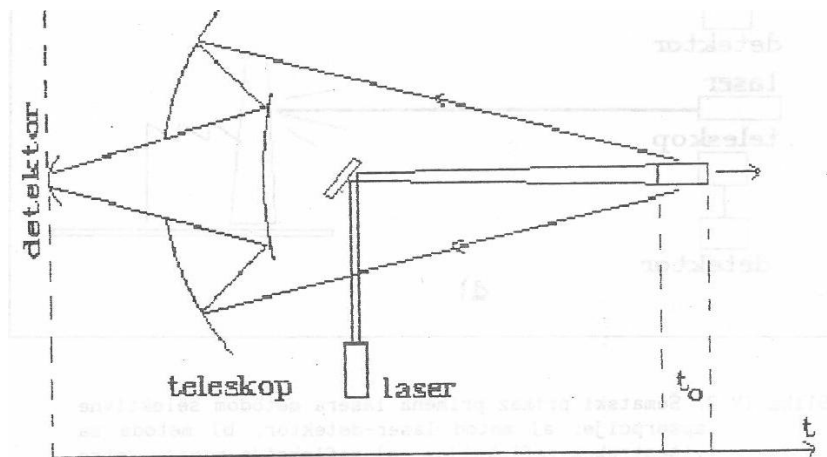
Slika 4.2. Šematski prikaz primena lasera metodom selektivne apsorpcije: a) metoda laser-detektor, b) metoda sa višestrukom refleksijom, c) refleksija laserskog zračenja pomoću retro reflektora, d) refleksija laserskog zračenja od mete.

Postoje uglavnom četiri mogućnosti za primenu lasera u detekciji toksičnih supstanci u atmosferi i prikazane su na slici 4.2. Ukratko one se mogu opisati kao a) metoda laser-detektor, b) metoda sa višestrukom refleksijom, c) refleksija laserskog zračenja pomoću retroreflektora i d) refleksija laserskog zračenja od mete.

U daljem razvoju i usavršavanju tehnike merenja zagadjenja zapaženo je da se lasersko zračenje rasejava na aerosolima, čvrstim česticama i toksičnim

supstancama u vazduhu. Kako su sve ove metode slične klasičnoj radarskoj tehnici, to je novi uređaj nazvan LIDAR. Laser se ovde koristi kao izvor elektromagnetnog zračenja, dok su prijemnici obično bili fotodetektor (fotomultiplikatori, fotodiode i slično).

Lidar se sastoji od impulsnog ili kontinualnog lasera, čije se zračenje rasejava na česticama ili molekulima u atmosferi, tzv. Ramanovo rasejanje. Rasejano zračenje se vraća nazad, prikuplja pomoću teleskopa i upućuje na fotodetektor, slika 4.3. Ne ulazeći u rad lidara, istaknimo da i ovde intenzitet rasejanog zračenja daje informaciju o koncentraciji čestica polutanata u atmosferi.

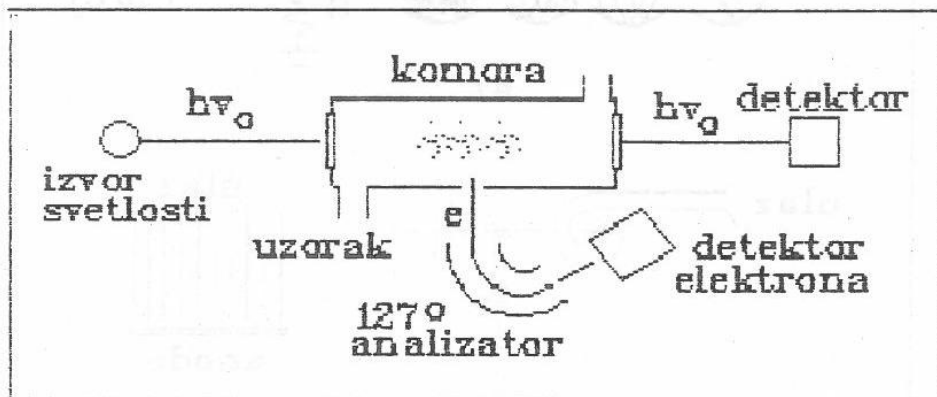


Slika 4.3. Šematski prikaz lidar sistema

Ove dve poslednje tehnike, LASER i LIDAR, još su u razvoju, ali su njihove prednosti očigledne: jednostavan nadzor u većim oblastima i pouzdano otkrivanje izvora zagađenja.

4.4.5. Fotoelektronske metode.

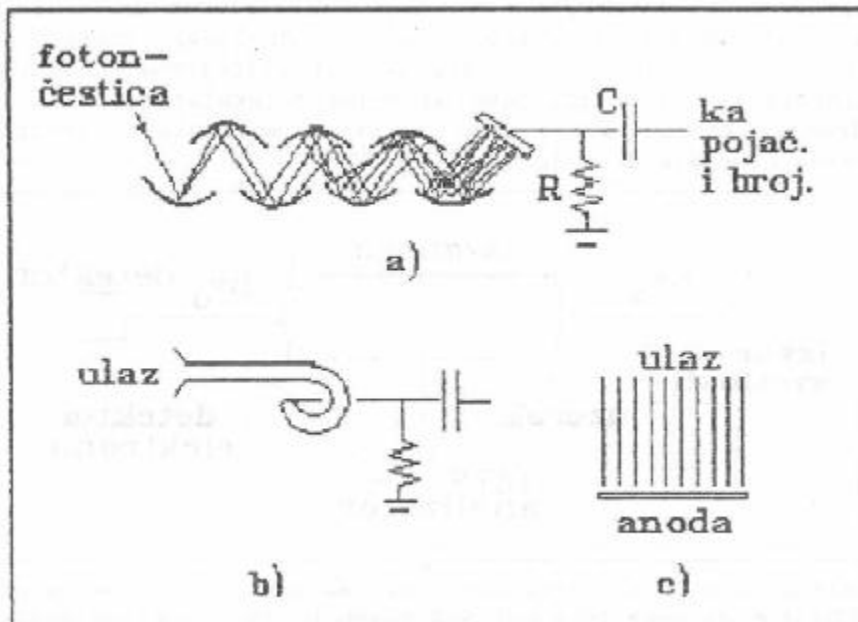
Ove metode se zasnivaju na procesu fotoelektričnog efekta atoma ili molekula, odnosno na njihovoj jonizaciji. Na uzorak gasa se upućuje monohromatski snop elektromagnetnog zračenja. Zbog relativno velike energije veze elektrona u atomu obično se koristi vakuum ultravioletno-VUV a takodje i meko x-zračenje. Atomi ili molekuli u gasu apsorbiraju fotone; u nekim slučajevima je energija fotona dovoljna za izbacivanje jednog ili više elektrona. Fotoelektroni se detektuju i pogodnim analizatorom analiziraju. Za svaku vrstu molekula postoji tačno određena energija veze elektrona, a time i energija fotoelektrona. Detekcijom fotoelektrona koji potiču samo od jedne molekularne vrste, moguće je odrediti koncentraciju samo te vrste molekula. Principijelna šema ovog uređaja data je na slici 4.4.



Slika 4.4. Šema fotoelektronske metode za analizu gasova

Obzirom da ovde prvi put susrećemo potrebu analize energije i detekciju naelektrisanih čestica, ukratko ćemo razmotriti njihove principe. Za analizu energije naelektrisanih čestica koriste se razni tipovi kondenzatora. Oblik trajektorije recimo elektrona u pločastom kondenzatoru zavisice isključivo od njegove ulazne energije (selektor brzina). Bolje razdvajanje čestica različitih energija se postiže u kondenzatorima sa fokusirajućim svojstvima. Takvi su cilindričan analizator sa uglom skretanja od 127 stepeni, prikazan na slici, aksijalni cilindrični kondenzator, polusferni kondenzator. Koriste se takodje i analizatori sa kombinacijom električnih i magnetnih polja. Postavljanjem definišućih otvora na mestu izlaza čestice iz analizatora izdvajaju se samo one koje imaju tačno određenu energiju. Variranjem napona na pločama kondenzatora može se snimiti čitav spektar kinetičkih energija čestica, analogno spektrometrima sa prizmom ili rešetkom kod snimanja optičkih spektara.

Za detekciju naelektrisanih čestica većeg intenziteta koristi se Faradejev kavez i osetljiv ampermetar. Za veoma male intenzitete, medjutim, koriste se fotomultiplikatori i njihove modifikacije. Princip rada fotomultiplikatora prikazan je na slici 4.5.a. Čestica (ili foton) izbija sa osetljivog katodnog sloja jedan elektron koji se ubrzava potencijalnom razlikom do sledeće elektrode gde sekundarnom emisijom izbacuje nekoliko novih elektrona. Proces se ponavlja više puta na sukcesivnim elektrodama i na anodi nastaje strujni impuls od nekoliko desetina miliona elektrona koji se pojačava i detektuje kao takav pomoću brojačke elektronike. Savremenija verzija fotomultiplikatora je tzv. kanalni multiplikator čestica-channeltron. Princip rada je ovde identičan kao kod običnog fotomultiplikatora, ali je osetljivost znatno veća. Ostale performanse su mu bolje i manjih je dimenzija, slika 4.5.b. Napomenimo takodje da se u zadnje vreme izradjuju snopovi kanalnih multiplikatora u vidu ploča, slika 4.5.c, sa otvorima od desetina mikrona koji omogućuju određivanje prostornog rasporeda čestica iz fizičkog eksperimenta.



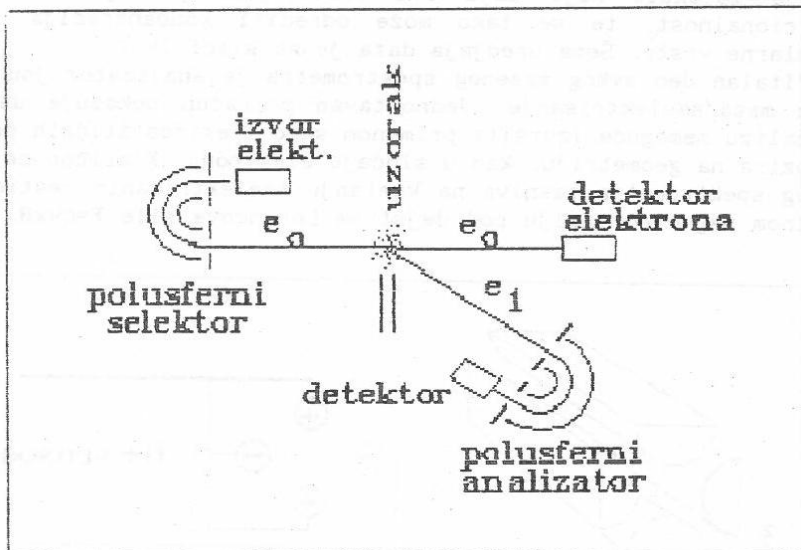
Slika 4.5. Uredjaji za detekciju naelektrisanih čestica, a) fotomultiplikator, b) kanalni multiplikator, c) pločasti višekanalni multiplikator

4.4.6. Metode zasnovane na interakciji elektrona sa atomskim česticama

Ove metode se veoma intenzivno koriste za kvantitativnu i kvalitativnu analizu gasova. Do sada je više primenjivana masena spektroskopija, no nisu zanemarljive ni mogućnosti elektronske spektroskopije.

Metoda elektronske spektroskopije (ili ispravnije elektron-elektronske spektroskopije šematski je prikazana na slici 4.6.

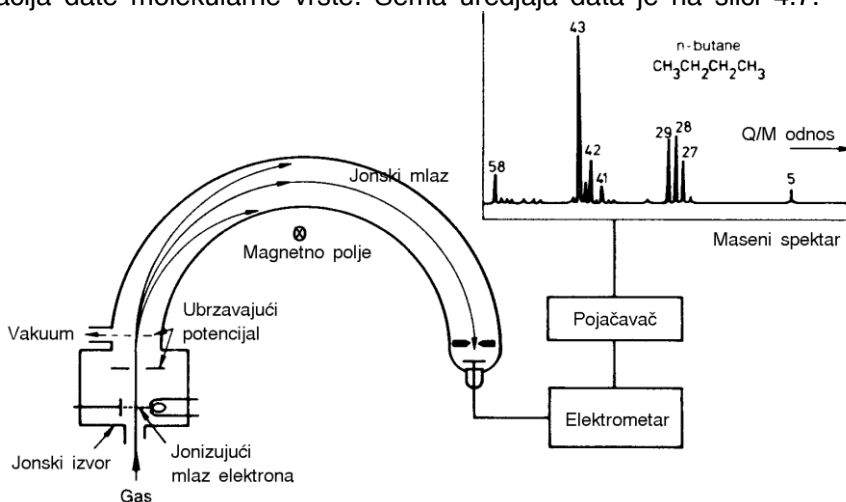
Snop elektrona određene energije i male energijske širine upućuje se u interakcionu komoru gde dolazi do interakcije sa atomima ili molekulima vazduha. Jedan od mogućih procesa interakcije je pobudjivanje energijskih nivoa atomskih čestica. U svakom procesu pobudjivanja elektroni izgube tačno određen iznos energije, karakterističan za datu atomsku ili molekulsku vrstu. Snop elektrona posle interakcije podvrgava se energijskoj analizi a detektuje se samo ona energijska grupacija koja odgovara procesu pobudjivanja nekog energijskog nivoa čestica posmatranog gasa. Na taj način je moguće meriti koncentraciju date vrste čestica.



Slika 4.6. Šematski prikaz uređaja za analizu gasova na principu elektronske spektrometrije

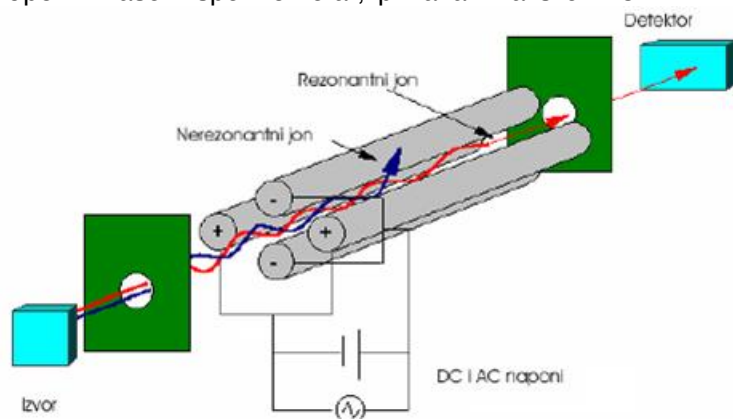
4.4.7. Metoda masene spektrometrije.

Metode masene spektrometrije su mnogo razradjenije od metoda elektronske spektrometrije. Fizičku osnovu ove metode čine procesi jonizacije atoma ili molekula udarom elektrona. Svaka molekulska vrsta daje naelektrisane fragmente određenih osobina. Analiza se sastoji u identifikovanju jona nastalih u procesu jonizacije i kvantitativnom određivanju broja takvih jona. Između broja jona i broja molekula koji daju ovu vrstu jona postoji direktna proporcionalnost, te se tako može odrediti koncentracija date molekularne vrste. Šema uređaja data je na slici 4.7.



Slika 4.7. Šematski prikaz metode masene spektrometrije za utvrđivanje sastava gasova

Vitalan deo svakog masenog spektrometra je analizator jona po odnosu masa/naelektrisanje. Jednostavan proračun pokazuje da je ovu analizu nemoguće izvršiti primenom samo elektrostatičkih polja bez obzira na geometriju. Klasično se rad masenog spektrometra zasniva na kretanju naelektrisanih čestica u normalnom magnetnom polju pod dejstvom Lorencove sile $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$. Pogodno je koristiti sektorsko (obično 60 ili 90 stepeni) promenljivo polje proizvedeno solenoidom sa jezgrom odgovarajućeg profila. Pored ovog masenog spektrometra koristi se i tzv. spektrometar iz vremena preleta (time-of-flight), koji ubrzava čestice i razdvaja ih na osnovu vremena za koje pređu zadato rastojanje. U zadnje vreme češće je u upotrebi kvadrupolni maseni spektrometar, prikazan na slici 4.8.



Slika 4.8. Kvadrupolni maseni spektrometar

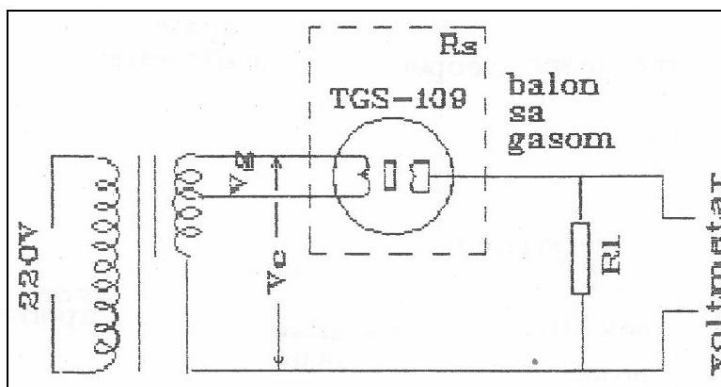
Prednosti ovog spektrometra su u korišćenju samo električnih polja, jednostavnijoj konstrukciji i većoj kompaktnosti tako da se može koristiti i u mobilnim uređajima. Sastoji se iz četiri uzdužne elektrode paraboličnog preseka između kojih se kreću joni. Na naspramne elektrode se dovodi stalan potencijal suprotnog predznaka i na njega se superponira napon manje amplitude sinusoidnog oblika. U zavisnosti od odnosa napona i frekvencije promenljivog napona kroz medjuelektrodni prostor će biti propušteni samo joni određenog odnosa mase/naelektrisanje.

Ova metoda se najviše koristi za merenje zagadjenosti vazduha u okolini rafinerija petroleja. Osetljivost metode je oko 100 ppm.

4.4.8. Poluprovodnička metoda.

Ova metoda se zasniva na činjenici da otpor nekih oksida, u prvom redu SnO_2 , zavisi od prisustva redukujućih gasova (CO , metan, etan, propan, butan). Takodje se njihova provodnost može lako kontrolisati dodavanjem primesa plemenitih metala. Veliki broj gasnih senzora se koristi za detekciju eksplozivnih gasova, praćenje zagadjenosti vazduha, analizu gasnog sastava, itd.

Ukoliko se poluprovodnik nalazi u vazduhu adsorbovani kiseonik na površini vezuje elektrone iz provodne zone poluprovodnika čime se smanjuje koncentracija slobodnih nosioca naelektrisanja. Na taj način je smanjena provodnost, a povećana otpornost gasnog senzora. Kada se u okolini poluprovodnika nadje redukujući gas, na primer CO, kiseonik se desorbuje gradeći CO₂, a vezani elektron se kao slobodan vraća u provodnu zonu. Tako se povećava provodnost i smanjuje otpornost senzora. Broj vezanih atoma kiseonika na površini senzora, pored ostalog, direktno zavisi od koncentracije redukujućeg gasa u okolini.



Slika 4.9. Šema veze poluprovodničkog senzora

Na slici 4.9. prikazana je šema veze gasnog senzora u električnom kolu, za komercijalni senzor TGS-109. Propuštanjem različitih koncentracija redukujućeg gasa kroz balon oko senzora meri se napon na R_L , V_{out} . Odatle je otpor senzora

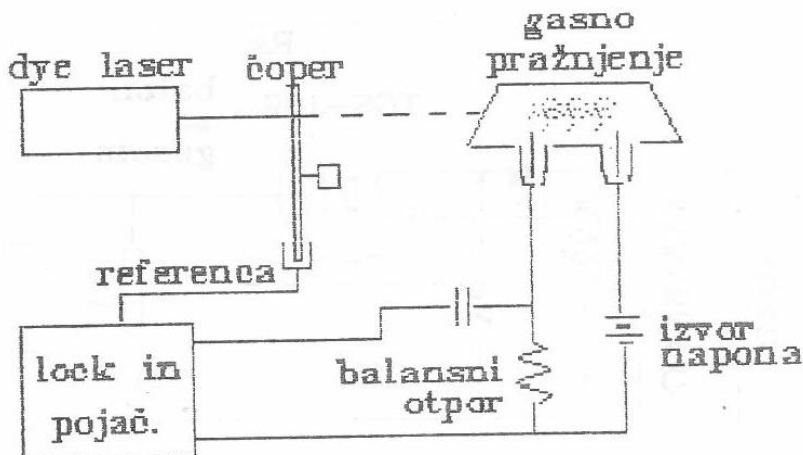
$$R_s = (V_c/V_{out}-1)R_L$$

Zavisnost otpora senzora od koncentracije redukujućeg gasa je eksponencijalno opadajuća funkcija do neke granične vrednosti za datu temperaturu. Kada se snimi ova zavisnost nepoznatu koncentraciju je lako odrediti grafičkim putem, nakon merenja odgovarajućeg otpora senzora.

4.4.9. Metoda zasnovana na, optogalvanskom efektu.

Optogalvanski efekat je promena električnih osobina (provodnosti) gasnog pražnjenja izazvana apsorpcijom zračenja talsnih dužina koje odgovaraju prelazima prisutnih atoma ili molekula u viša energijska stanja. Prisustvo ekscitovanih čestica u pražnjenju omogućuje intenzivniju jonizaciju istih (različiti procesi jonizacije su pri tom mogući: jonizacija udarom elektrona, asocijativna jonizacija, hemijonizacija, kao i jonizacija sudarom para ekscitovanih čestica), a time i stvaranje većeg broja naelektrisanih čestica koje direktno utiču na elektroprovodnost pražnjenja. Efekat je

značajan čak i pri malim koncentracijama pobudjenih čestica. Obzirom na selektivnost ekscitacije, metoda omogućuje određivanje prisustva i kvantitativno određivanje malih koncentracija primesa u nosećem gasu pražnjenja, te se u principu može primeniti za određivanje koncentracije različitih polutanata u vazduhu. Princip metode je prikazan na slici 4.10.

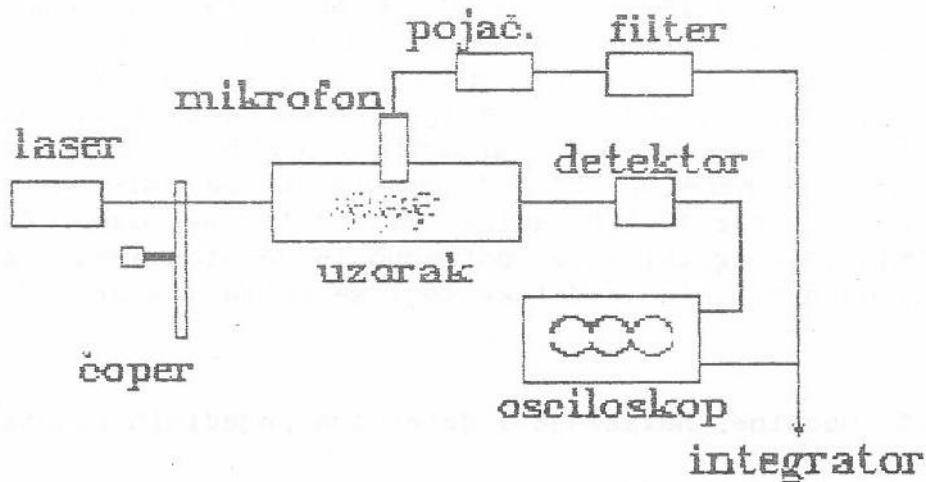


Slika 4.10. Šema metode zasnovane na optogalvanskom efektu

Za analitičku primenu optogalvanskog efekta može se uspešno koristiti prozračivanje plamena laserskim snopom na atmosferskom pritisku u vazduhu (Goldsmith i Lawler, Contemp. Phys. 1981, Vol 22., No.1, 235-248).

4.4.10. Optoakusticka spektroskopija.

Metoda optoakustičke spektroskopije kao i selektivne apsorpcije bazira se na pronalaženju ko incidencije između apsorpcionih maksimuma apsorbera i talasne dužine laserskog zračenja. Princip rada ove metode je jednostavan i prikazan je na slici 4.11. Apsorber se nalazi u komori za uzorke koja se osvetljava modulisanim laserskim zrakom. Apsorbovano zračenje se preko međumolekularnih sudara pretvara u termalno kretanje molekula gasa. Ovo dovodi do modulisane promene pritiska u komori što se može detektovati pomoću osetljivog mikrofona. Ukoliko se laserski zrak moduliše na frekvenci koja odgovara akustičnoj rezonanci komore za uzorke dobija se povećanje osetljivosti za više od 100 puta. Ovom metodom je u komori od desetak santimetara detektovano nekoliko delova butana na 10 delova atmosfere, kao i koncentracije reda veličine 0,1 ppm amonijaka.



Slika 4.11. Šema primene optoakustične spektroskopije

Mesto i uloga fizičara u zaštiti životne sredine

Posle ovog pregleda metoda za detekciju i merenje koncentracija zagadivača u vazduhu, a kao što ćemo kasnije videti i u delu o otklanjanju zagadivača, uloga fizičara u celokupnoj ovoj problematici postala je veoma značajna. S obzirom na profil stručnog znanja stečenog utoku školovanja mesto fizičara u borbi protiv zagadjenja čovekove životne i radne sredine je prevashodno u pronalaženju novih metoda detekcije, razradi automatskih metoda merenja i postavljanju primarnih standarda za kalibraciju istih.

Pronalaženje novih metoda detekcije uključuje primenu već poznatih ili potpuno novih pojava i orudja fizike za identifikaciju odredenih atomskih ili molekulskih vrsta, izučavanje uticaja prisustva drugih molekula na mogućnost merenja (selektivnost) i uticaja spoljašnjih uslova (temperature, vlažnosti). Danas su aktuelni radovi na primeni laserske spektrometrije (apsorpcione spektrofotometrije), no radi se dosta i na drugim pojavama.

Automatske metode merenja su značajne kada se sem selektivnosti, osetljivosti i tačnosti zahteva i velika brzina odgovora. Ovo je slučaj na primer, kada treba brzo reagovati na uzorak vazduha u slučaju kvara postrojenja u nekoj od opasnih grana tehnologije. Takodje i uređaji za sakupljanje i obradu podataka uz pomoć računara zahtevaju detektore sa brzim odgovorom.

Postavljanje primarnih standarda uslovljeno je razvojem različitih procesa merenja, tj. činjenicom da se isto merenje može izvesti na više različitih načina, različitim metodama. Kako svaka metoda ima svoja ograničenja, potrebno ih je standardizovati. To je još jedan od ozbiljnih zadataka koji se postavlja pred fizičare.

4.5. Osobine, nalaženje i detekcija pojedinih polutanata.

UGLJEN-MONOKSID (CO)

Nalaženje: ugljen-monoksid je najrasprostranjeniji otrov u industriji jer se stvara svuda gde dolazi do nepotpunog sagorevanja. Gasovi iz visokih peći sadrže 25-30% ugljen-monoksida. U električnim pećima se takodje stvara mnogo ovoga gasa. Gasovi u autogaražama koji nastaju usled nepotpunog sagorevanja benzina sadrže oko 12% ugljen-monoksida, kao i gasovi iz izduvnih cevi motornih vozila (za koje je propisima ograničen sadržaj najviše na 4,5%). U tunelima ima uvek i ugljen-monoksida pored sumpor-dioksida. U rudnicima posle eksplozije mina stvara se ugljen-monoksid pored ugljen-dioksida, zavisno od količine vazduha. U velikim gradovima kao u Parizu, Londonu, pa i u Beogradu, dolazi do pojave koncentracija ugljen-monoksida koje su na granicama dopuštenih vrednosti, a često i veće.

Osobine: ugljen-monoksid je gas bez boje i mirisa, pa je zbog toga i opasan. Lakši je od vazduha (spec. težina 0,967), ali se prostire neočekivano. Gori plavičastim plamenom. Kao dobro gorivo on je sastojak generatorskog gasa, kao i vodenog i svetlećeg gasa. U hemijskom smislu je izrazito redukciono sredstvo, što znači da vezuje kiseonik. Na ovoj osobini se zasnivaju neke metode dokazivanja njegovog prisustva u vazduhu, kao redukcija hromne i jodne kiseline, paladijum-hlorida itd.

Otrovnost: ugljen-monoksid se vezuje za hemoglobin (glavni sastojak krvi i prenosilac kiseonika u krvi) i stvara vrlo postojano jedinjenje karboksihemoglobina, dok je oksihemoglobin koji nastaje pri udisanju čistog vazduha znatno nepostojaniji. Sklonost vezivanja (afinitet) hemoglobina je oko 200 puta veća prema ugljen-monoksidu nego prema kiseoniku. Pri koncentracijama od 0,06% nastaju znaci trovanja kroz 1 čas, od 0,15% opasnost nastupa i pre 1 časa, a pri koncentracijama od 0,4% smrt nastupa kroz pola do jednog časa.

MDK za ugljen-monoksid za radne prostorije i osmočasovno radno vreme iznosi prema JUS-u 50 ppm, odnosno 58 mg/m³. Granična koncentracija za atmosferu naselja za duži vremenski period iznosi 1 mg/m³.

Detekcija: za otkrivanje prisustva ugljen-monoksida na licu mesta, vrlo su praktični papirići natopljeni sa 1% rastvorom paladijum-hlorida. Trake filter-papira stoje u rastvoru paladijum-hlorida jedan minut, osuše se, zatim potope u 15-postotni rastvor natrijum-acetata, osuše se i gotove su za upotrebu. Na terenu se uzme uzorak vazduha u bocu od 500 ml istresanjem vode na licu mesta, zatim se zbog gasova koji mogu da ometaju ovu reakciju, stavi u bocu nekoliko kapi bromne vode i lagano kvase zidovi boce, a posle 5 minuta stavi se jedno zrno natrijum-hidroksida i boca zatvori. Posle 10 minuta stavi se u bocu vlažna traka natopljena paladijum-hloridom i posmatra se izlučivanje metalnog paladijuma pod dejstvom prisustnog

ugljen-monoksida. Jačina sivog do crnog obojenja upoređuje se sa uobičajenom skalom (tabela 4.6.).

Opisanim načinom se lako može utvrditi da li ima ili nema ugljen-monoksida u nekoj prostoriji ili smeši gasova i vazduha. Međutim, za tačno određivanje ugljen-monoksida u vazduhu ili za njegovo kvantitativno određivanje postoje mnoge hemijske i fizičke metode za rad u laboratoriji, kao i razni aparati pogodni za rad na terenu.

Tabela 4.6

Koncentracije CO (%)	Vreme (min.)	Reakcija
0.1-0.3	3	tragovi paladijuma
	5	svetlosiva boja
	10	tamnosaiva boja
0.02-0.06	5	nema reakcije
	10	svetlosiva boja
	20	siva boja
0.01	10	nema reakcije
	20	svetlosiva boja
0.005	nekoliko sati	tragovi paladijuma

Kada se želi na brz i jeftin način doći do prvih rezultata o zagadjenosti vazduha, koriste se detektorske cevčice. Ispitivani vazduh se provlači kroz specijalno pripremljene cevčice sa silikagelom koji je natopljen hemikalijama koje menjaju boju u prisustvu ugljen-monoksida. Posle provlačenja određene količine vazduha nastaje obojena mrlja čija je dužina srazmerna koncentraciji ugljen-monoksida. Aparat sa cevčicama i malom ručnom pumpom pogodan je za rad na terenu; provera se može obaviti za nekoliko minuta, a najčešće se pri tom koriste:

1. kalijum-paladosulfat, koji žutu boju menja u crnu;
2. smeša jod-pentoksida i oleuma (pušeće sumporne kiseline), koja se menja od bezbojne do plavkasto zelene boje;
3. smeša paladijum-sulfata i amonijum-molibdata, koja se menja od žute boje preko niza zelenih do plave (boje se upoređuju prema standardnoj kartici).

Najmanja količina ugljen-monoksida koja se sa sigurnošću može otkriti je 10 mg/m³, a sa ovim cevčicama se može raditi u opsegu koncentracija od 5-200 mg/m³. Izradjuje ih firma Dreger (Sr Nemačka) i američka firma MSA. Potrebna količina vazduha za ovu brzu analizu iznosi oko 100 cm do 1 litra, što zavisi od prisutnih koncentracija ugljen-monoksida. Sva ova ispitivanja pomoću cevčica smatraju se polukvantitavnim, jer je moguća greška od 10%.

Postoji niz laboratorijskih analitičkih metoda koje ovde ne možemo detaljno opisivati. Navešćemo samo neke od njih koje se koriste za kvantitativno određivanje: metode koje se zasnivaju na reakciji živinog oksida i ugljen-monoksida,

zatim na katalitičkoj ili elektrolitičkoj oksidaciji CO u CO₂, dalje elektrohemijske i kolorimetrijske metode, kao i spektrofotometrijske metode u infracrvenom delu spektra.

Gasna hromatografska metoda se često koristi za merenje ugljen-monoksida u gradskom vazduhu. Postiže se tačnost određivanja od 0,5%-2%, zavisno od koncentracija koje se mere. Najmanja koncentracija koja se ovom metodom može otkriti iznosi približno 0,02 ppm (0,04 mg/m³), a postoji više vrsta analizatora, sa različitim opsezima od 0 do 50 ppm (0-58 mg/m³).

Najveću primenu u praćenju koncentracija ugljen-monoksida u velikim gradovima imaju tzv. nedisperzioni infracrveni apsorberi (NDIR). Oni omogućuju kontinualno merenje i beleženje rezultata. Ovi analizatori imaju nekoliko prednosti: ne zahtevaju nikakve hemijske rastvore, potpuno su nezavisni od temperaturnih promena vazduha, vrlo su osetljivi u širokom rasponu koncentracija i vrlo brzo, gotovo trenutno, daju rezultate. Ipak ima i nekih ograničenja za njihovu još širu primenu: osetljivi su na vibracije, skupi su i nešto manje osetljivi u oblasti niskih koncentracija. Najniža koncentracija koja se može otkriti je oko 10 mg/m³. Ovi analizatori su idealni za kontinualno praćenje koncentracija ugljen-monoksida preko mreža stanica kakve postoje u najvećim gradovima u svetu.

UGLJEN-DIOKSID (CO₂)

Nalaženje: u sastavu čistog atmosferskog vazduha ugljendioksid učestvuje sa 0,03%. U štetnim koncentracijama može se naći pri procesima vrenja-fermentacije (u pivarama) ili tihe fermentacije (u silosima žitarica), zatim pri proizvodnji suvog leda (kada isparava kao gas), i obavezno pri svakom sagorevanju organskih materija. Sakuplja se na niskim mestima u rudnicima, bunarima, u podrumima.

Osobine: ugljen-dioksid je gas bez boje i mirisa, teži je od vazduha (spec. tež.=1.52 g/cm³), kiselog karaktera i rastvaranjem u vodi gradi slabu ugljenu kiselinu.

Otrovnost: ugljen-dioksid izaziva pojačano disanje u manjim koncentracijama, dok u većim izaziva opijenost i gušenje. Iako se smatra kao običan zagušljivac, nije potpuno bezopasan za procese u organizmu. Pri koncentracijama od 1% ubrzava disanje, pri 10% je nepodnošljiv, izaziva nesvesticu, a može nastupiti i smrt. Tada deluje kao narkotik-opija, pošto zauzima mesto kiseonika u krvi.

Kako se poslednjih decenija naglo povećava gustina naseljenosti na zemlji, a time i svi otpadni proizvodi ljudske delatnosti u koje spada i ugljen-dioksid, zapaženo je i povećanje njegovih koncentracija u slobodnoj atmosferi. Naučnici su utvrdili vrlo savesnim opažanjima da bi ovo moglo dovesti u budućnosti do značajnih poremećaja i posledica po sav živi svet na zemlji, tzv. efekat staklene bašte.

Maksimalno dopuštena koncentracija (MDK) ugljen-dioksida za radne prostorije i osmočasovno radno vreme iznosi, prema JUS-u, 5.000 ppm, odnosno 0,5%. Detekcija i tačno određivanje količina ugljen-dioksida u radnim prostorijama obavlja se samo u slučajevima kada se samim procesom stvara ugljen-dioksid ili troši kiseonik i kada ne postoji nikakvo provetravanje.

Obično se uzorak vazduha uzima u fudbalsku gumu, dobro stegne štupaljkom, a zatim se u laboratoriji vazduh iz gume uvede u rastvor barijum-hidroksida i posle 3-4 sata određuje titracijom sa oksalnom kiselinom (titracija je određivanje jačine baze kiselinom i obrnuto). Na osnovu količine barijum-hidroksida utrošenog na vezivanje sa ugljen-dioksidom može se posredno saznati koncentracija ugljen-dioksida u uzetom uzorku vazduha.

Za praćenje finih promena niskih koncentracija ugljen-dioksida u spoljnoj atmosferi može se koristiti isti aparat-nedisperzivni analizer u infracrvenom delu spektra-kao i za ugljen-monoksid, s tom razlikom što se aparat mora prethodno izbaždariti sa poznatim koncentracijama ugljen-dioksida. Osetljivost ovog aparata je izvanredna i rezultati se dobijaju gotovo trenutno.

SUMPOR-DIOKSID (SO₂)

Nalaženje: velike količine sumpor-dioksida razvijaju se pri prženju i topljenju sulfidnih ruda, pri preradi nafte, sagorevanju fosilnih goriva, proizvodnji sumporne kiseline. Sumpor-dioksid se razvija u znatnim količinama i pri beljenju tekstila, kože, hartije itd. Ranije se upotrebljavao i za konzerviranje životnih namirnica što je vrlo štetno, jer se sumpor-dioksid u želucu oslobadja pod dejstvom hlorovodonične kiseline. Stoga je njegova upotreba u te svrhe zabranjena.

Osobine: sumpor-dioksid je nezapaljiv gas, bez boje, oštrog mirisa, specifične težine 2,279 g/cm³, rastvara se dobro u vodi. U vazduhu postoji kao gas ili rastvoren u vodenim kapljicama. Na vlažnom vazduhu delimično prelazi-oksidiše se u sumpor-trioksid, koji se lako spaja sa vodenom parom i daje vrlo nagrizajuću sumpornu kiselinu. Sumpor-trioksid i sumporna kiselina su jaki uzročnici korozije.

Otrovnost: sumpor-dioksid je zagušljiv gas koji nadražuje organe za disanje već pri koncentracijama od 4 ppm (0.01 mg/l). Po karakterističnom mirisu se poznaje pri koncentracijama od 0.008 do 0.03 mg/l; već koncentracija od 0.05 mg/l izaziva kašalj, a ona od 1.0-1.3 mg/l opasna je posle kraćeg udisanja. Koncentracija od 1.5 mg/l izaziva smrt posle pola do 1 časa.

Maksimalno dopuštena koncentracija (MDK) sumpor-dioksida za radne prostorije i osmočasovno radno vreme prema JUS-u, iznosi, 4 ppm, odnosno 10 mg/m³. Granična koncentracija za atmosferu naselja za duži vremenski period iznosi 0.15 mg/m³. Detekcija sumpordioksida u vazduhu se vrši pomoću papirića natopljenih 1% rastvorom kalijum-jodata i 1% rastvorom skroba, koji poplave u atmosferi koja sadrži sumpor-dioksid, ali pri visokim koncentracijama sumpor-

dioksida nestaje plave boje. Sumpor-dioksid se može kvantitativno odrediti ako se ispitivani vazduh provlači kroz ispiralicu sa vrlo razblaženim rastvorom joda i 2 kapi skroba, koji je plave boje, sve dok se ne obezboji. Na osnovu zapremine provučenog vazduha, iz posebnih tablica, lako se može izračunati koncentracija sumpor-dioksida, prema tabeli 4.7.

Za rad u laboratoriji, bez skupe opreme, vrlo je prikladna metoda kojom se SO₂ pretvara u sulfat, a ovaj se određuje titracijom ili merenjem zamućenosti (posle dodavanja barijum hlorida).

Tabela 4.7. Odredjivanje sumpor-dioksida jodom.

Mililitri vazduha	ppm	Mililitri vazduha	ppm
50	224	1200	10.2
100	122	1300	9.4
150	91	1400	8.6
200	61	1500	8.1
250	48	1600	7.6
300	40.7	1700	7.2
400	30.5	1800	6.7
500	22.4	1900	6.4
600	20.3	2000	6.1
700	17.4	2100	5.8
800	15.3	2200	5.5
900	13.6	2300	5.3
1000	12.2	2400	5.1
1100	11.1	2500	4.8

Vrlo pouzdane analitičke metode za odredjivanje SO₂ u kontinualnom režimu zasnivaju se na principima kolorimetrije, provodljivosti, elektrohemijske difuzije i gasne hromatografije kombinovane sa plamenom fotometrijom. Ove metode se, počev od 1960. god. intenzivno koriste za mreže mernih stanica u velikim gradovima i industrijskim zonama.

Opisaćemo dve metode za ispitivanje sumpor-dioksida koje se najviše koriste u takvim monitoring-sistemima.

Pararozanilinska metoda se zasniva na zadržavanju, apsorpciji sumpor-dioksida iz vazduha u rastvoru tetrahlor-merkurata. Dodavanjem još nekih hemijskih reaktiva dobija se jako obojeno jedinjenje pararozanilin-metil-sulfinska kiselina. Jačina nastale boje meri se kolorimetrom ili spektrafotometrom i zavisi upravo od količine prisutnog sumpor-dioksida.

Ova metoda zahteva vrlo jednostavnu aparaturu za uzimanje uzoraka vazduha, ali i vrlo dobro opremljenu laboratoriju i izvežbano stručno osoblje. Razradom ove metode uklonjene su sve smetnje, tako da je ona danas specifična za sumpor-dioksid. Mogu se meriti koncentracije od 25 do 1000 mikrograma po kubnom metru. Jedina nezgoda ove metode je to što se boja dužim stajanjem pomalo gubi - 1% za jedan dan. U hladnoj klimi mora se obratiti pažnja da se uzorcine smrznu prilikom sakupljanja. Cena ovih uređaja i opsluživanja monitoring-stanice koja se koristi ovom metodom je umerena. Pararozalinska metoda je preporučena kao najpouzdanija laboratorijska metoda kojom treba uporedjivati ostale metode za određivanje sumpor-dioksida u vazduhu.

Druga metoda koja se često koristi u monitoring-sistemima je acidimetrijska metoda (lat. acidum-kiselina). Uzorak vazduha se provlači kroz razblaženi rastvor vodonik-peroksida u kome se sumpor-dioksid zadržava i istovremeno oksidiše stvarajući sumpornu kiselinu. Ova se titrira sa alkalijama, a preračunavanjem se dobija koncentracija sumpor-dioksida u uzorku.

U zadnje vreme se u monitoring stanicama, kao i u proizvodnim pogonima sve češće koristi fluorescentna tehnika za određivanje koncentracija SO_2 , koja je ranije već opisana.

AZOTNI OKSIDI (NO_x)

Nalaženje: azotna kiselina kao jako oksidaciono sredstvo ima vrlo raširenu primenu. Pri radu s njom razvijaju se gasovi smeša azotnih oksida, od kojih je azot-dioksid najopasniji. Na radnim mestima se smeše azotnih oksida mogu naći u industrijama boja, eksploziva, pri procesima sagorevanja na vrlo visokim temperaturama, u cinkografiji, galvanoplastici, pri čišćenju metala itd.

Osobine: azot-dioksid je predstavnik ove smeše gasova i vidljiv je još u bezopasnim koncentracijama kada se u toku ranijihz hemijskih procesa razvija u obliku mrkocrvenih para. Medjutim, pri sagorevanju na visokim temperaturama u smeši prevladjuje azot-monoksid. U atmosferi se azot-monoksid ubrzo oksidiše u azot-dioksid.

trovnost: kako se azot-dioksid slabo rastvara u vodi, pa i u tečnostima i ljudskom organizmu, njegovo otrovno dejstvo dolazi do izražaja tek posle izvesnog perioda od momenta udisanja mrkocrvenih para, i to u dubini pluća. Tada može da nastane edem (otok) pluća i gušenje. Važno je napomenuti da koncentracija azotnih oksida koja se čulom mirisa može jedva osetiti, deluje većeveoma štetno (to je koncentracija od 0,2 mg/l). Koncetracija od 0.5 mg/l je opasna po život posle nešto dužeg zadržavanja u tako zagadjenom vazduhu.

Maksimalno dopuštena koncentracija azotnih oksida za radne prostorije i osmočasovno radno vreme iznosi, prema JUS-u, 3,6 ppm odn. 9 mg/m³. Granična koncentracija za atmosferu naselja za duži vremenski period iznosi 0,086 mg/m³.

Detekcija: pomoću detektorskih cevčica može se približno odrediti koncentracija azotdioksida ili smeše azotnih oksida, dok za otkrivanje azot-monoksida ne postoje usavršene detektorske cevčice. Pomenute cevčice mogu se koristiti za koncentracije veće od 0,5 ppm (0,94 mg/m³). Stoga nalaze primenu za brzo i jeftino utvrđivanje eventualne opasnosti na radnim mestima.

Glavna teškoća pri analizi vazduha u kome postoji smeša azotnih oksida, jeste u tome što je sastav smeše nepostojan. Stoga se, obično, azotmonoksid nekim pogodnim oksidacionim sredstvom prethodno pretvori u azot-dioksid, pa se oba sastojka smeše određuju kao azot-dioksid. Od niza laboratorijskih i automatskih metoda za određivanje azotovih oksida ovde ćemo navesti dve.

Salcmanova metoda se zasniva na specifičnoj reakciji jona nitrata sa dijazobojom pri čemu se stvara jako obojenje čija se jačina određuje kolorimetrijski. Ova metoda je veoma osetljiva. Izvesne smetnje unose ozon i neki drugi gasovi u većim koncentracijama. Sa ovim ograničenjem Salcmanova metoda se preporučuje kao praktična i dobra.

Medjutim, kao najpouzdanija laboratorijska metoda, sa kojom treba upoređivati ostale, smatra se hemiluminiscentna metoda. Ova metoda je novijeg datuma i zahteva vrlo skupu aparaturu. Zasniva se na reakciji između azot-monoksida i ozona u gasnoj fazi pri sniženom pritisku ili pritisku bliskom atmosferskom. Koncentracije azot-dioksida mere se ovom metodom indirektno, pošto se prethodno izmeri fotometrom jačina svetlosti nastale reakcijom azot-monoksisa sa ozonom. U jednom konvertoru se azot-dioksid potpuno redukuje do azot-monoksida da bi se u daljem postupku mogla meriti oba gasa. Po završenom merenju vrednost za azot-monoksid oduzima se od vrednosti za smešu azot-monoksida i azot-dioksida i dobija se vrednost za azot-dioksid. Merenja sa hemiluminiscentnim analizatorima smatraju se za vrlo pouzdana, ali su potrebni veliko iskustvo i specijalna oprema za pripremu standardnih gasova NO i NO₂ i baždarenje aparature. Metoda se može primeniti za merenje koncentracija azot-dioksida počev od 0,005 do 10 ppm (9,4 do 18.900 mikrograma u kubnom metru. Ukupno vreme za merenje NO, zatim NO+NO₂ i oduzimanje ta dva rezultata, što se obavlja elektronski, iznosi manje od jednog minuta.

Uobičajeni štetni gasovi u vazduhu, kao ozon, azot-dioksid, ugljen-monoksid ili sumporni oksidi ne ometaju uopšte hemiluminiscentnu reakciju azot-monoksida sa ozonom. Moguće smetnje od amonijaka, koji se može takodje oksidisati do azotdioksida u termalnom konvertoru, mogu se izbeći ako konvertor radi na temperaturama ispod 300 C. Nepostojana azotna jedinjenja kao peroksiacetil-nitrat (PAN) i organski nitriti takodje se razlažu pod dejstvom toplote do azot-monoksida i mogu izazvati smetnje u nekim zagadjenim atmosferama.

HLOR (Cl₂)

Nalaženje: hlor ima široku upotrebu kao oksidaciono sredstvo, zatim za sterilizaciju pijaćih voda, za hloriranje mineralnih i organskih jedinjenja, za beljenje tekstila i papira, u vojnoj industriji za dobijanje fozgena, a oslobadja se pri elektrolitičkom dobijanju hlora.

Osobine: hlor je težak zelenožuti gas (spec. težina je 2,5 g/cm³) oštrog i teškog mirisa koji nadražuje nos i grlo. U hemijskom pogledu hlor je jako oksidaciono sredstvo usled svoje velike sklonosti spajanja (afiniteta) prema vodoniku.

Otrovnost: hlor nadražuje pluća. Po mirisu se mogu otkriti koncentracije od 3,5 ppm (0,01 mg/l), koje su već opasne po zdravlje. Koncentracije od 0,1-0,15 mg/l izazivaju smrt kroz 30 minuta do jednog časa. Udisanjem koncentracija od 2,5 mg/l nastupa trenutna smrt.

Maksimalno dopuštena koncentracija hlora za radne prostorije i osmočasovno radno vreme iznosi, prema JUS-u, 0.5 ppm, odn. 2 mg/m³. Granična koncentracija za atmosferu naselja i duži vremenski period iznosi 0,03 mg/m³.

Detekcija: niske koncentracije hlora koje mogu biti škodljive ako se udišu duži vremenski period, ne mogu se otkriti po mirisu, ali postoji osetljiva hemijska reakcija za njihovo otkrivanje: to je jod-skrobna hartija koja se boji u plavo u prisustvu najmanjih količina hlora, mada ona nije specifična.

Tabela 4.8. Odredjivanje koncentracije hlora

Mililitri vazduha	Koncentracija mg/l			
	Standard I	II	III	IV
100	0.450	0.575	0.190	0.098
200	0.275	0.155	0.106	0.053
300	0.170	0.100	0.068	0.035
400	0.125	0.075	0.050	0.026
500	0.100	0.060	0.040	0.020
600	0.085	0.050	0.034	0.017
700	0.075	0.045	0.026	0.014
800	0.060	0.038	0.023	0.012
900	0.055	0.034	0.022	0.011
1000	0.050	0.030	0.020	0.010

Metoda sa orto-tolidinom, koju preporučuje Britansko-naučno društvo, može se primeniti i za radne prostorije i za analizu vazduha u naseljima industrijskih područja. To je kolorimetrijska reakcija hlora sa orto-tolidinom, pri kojoj se javlja boja od sasvim bledožute do izrazito žute. Apsorpcioni rastvor (u kome se gasoviti hlor zadržava tj. apsorbuje) priprema se na sledeći način: 1 g orto-tolidina rastvori se u 100 ccm koncentrovane hlorovodonične kiseline i dopuni vodom do jednog

litra. Istovremeno se pripremi niz obojenih standardnih rastvora pomoću kalijum-bihromata. Vazduh se provlači kroz malu ispiralicu sa 10 cm apsorpcionog rastvora do pojave boje jednog od standarda. Koncentracija hlora može se lako izračunati iz tabele 4.8.

OZON (O₃) I OKSIDANSI

Nalaženje: ozon se dosta retko sreće u vazduhu radnih prostorija, međutim, u vazduhu naselja i donjim slojevima atmosfere ozon je gotovo redovan sastojak. Poreklo atmosferskog ozona je nedovoljno poznato.

Pojam "oksidansi" obuhvata sve one materije u vazduhu, izuzev kiseonika, koje imaju oksidirajuće osobine, tj. lako odaju kiseonik. Više od polovine ukupnih oksidanasa otpada na ozon. Pored njega su važni još oksidansi u gradskom vazduhu: azot-dioksid (NO₂) i peroksi-acetil-nitrat (PAN).

Oksidansi nastaju kao rezultat fotohemijjskih reakcija pod uticajem sunčeve svetlosti. Ova pojava je prvo zapažena u Los Andjelesu, pa je takav foto-oksidacioni smog dobio naziv još i "smog Los Andjelesa". (Izraz "smog" nastao je spajanjem dve engleske reči: smoke (dim) i fog (magla), da bi ubrzo bio prihvaćen i u drugim jezicima).

Šta je, zapravo, smog? Sastav i štetno dejstvo sastojaka smoga razjašnjeni su tek na primeru i sistematskom ispitivanju ove pojave u Los Andjelesu. Pored prirodnih čestica soli (donesene vetrom sa okeana) i prašine, koje lebde u vazduhu, u stvaranju smoga učestvuju i otpadne prašine, dimovi i gasovi iz industrijskih i domaćih ložišta, a kao glavni uzročnici zagađivanja vazduha u Los Andjelesu smatraju se motorna vozila. Oko 2,5 miliona vozila oslobadja svakodnevno 1.100 tona ugljovodonika (pretežno para benzina). Pored ovih izvora tu su i proizvodi sagorevanja gasa, ulja, prerada petroleja, isparenja benzina i spaljivanje čvrstih otpadaka.

Ozon je hemijski vrlo aktivan, pošto lako otpušta kiseonik i stupa u dejstvo sa raznim sastojcima vazduha. Opšte priznata Hagen-Smitova teorija najpotpunije objašnjava ove reakcije i stvaranje smoga. Činjenica da smoga gotovo nema noću ukazuje da se smog stvara fotohemijjski, od nešistoća u vazduhu, a pod dejstvom sunčeve svetlosti. Osnovni reagensi su pri tom oksidi azota, ugljovodonici i aldehidi.

Osobine: ozon nadražuje sve puteve organa za disanje, nos, grlo i prodire mnogo dublje u pluća nego recimo sumporni gasovi. Ozon nadražuje naročito sluznice očiju i suzne kanale, pa izaziva suzenje. Koncentracije od 0,3 ppm odn. 0.04 mg/m³ u toku nekoliko časova su otrovne kako za ljude tako i za biljke. Pored ovih štetnih uticaja na živi svet, ozon razara i mnoga dobra, npr. kaučuk.

Dokazivanje prisustva ozona i oksidanasa u vazduhu može se izvršiti laboratorijskim ili automatskim metodama. Hemiluminiscentna metoda je vrlo pogodna za kontinualno praćenje ozona u vazduhu. Zasniva se na reakciji etilena

sa ozonom u gasnoj fazi. Ozon brzo stupa u reakciju sa etilenom i daje ozonid koji se brzo raspada uz emitovanje svetlosti. Jačina ove svetlosti upravno je srazmerna koncentraciji ozona u vazduhu i meri se fotohemijski. Automatski analizator je pouzdan, lako se njime rukuje, visoko je selektivan i vrlo osetljiv.

Ova metoda je pogodna za koncentracije od 0,005 do nešto više od 1 ppm (10-2000 mg/m³). Aparatura se mora prethodno baždariti sa poznatim koncentracijama ozona, koji se dobija iz generatora ozona. Tačnost metode zavisi od tačnosti određivanja ozona iz generatora. Druge oksidišuće i redukujuće materije ne utiču na ovu metodu, te je stoga i preporučena za kontinualna merenja u gradskom vazduhu.

Za merenje ukupnih oksidanasa postoji niz hemijskih metoda prilagodjenih za automatsko praćenje. Istovremeno se meri i ozon koji se smatra za glavni oksidans. Metoda po Bajersu i Salcmanu, sa neutralnim rastvorom kalijum-joda, NPKJ-metoda, daje podatak o čisto oksidacionim osobinama zagađenog vazduha, bez pojedinačnih podataka. Ova metoda zasniva se na kolorimetrijskoj tehnici: svi oksidansi se apsorbuju (zadržavaju) u 1% rastvoru neutralnog kalijum-joda i oslobođeni jod se meri na datoj talasnoj dužini do 30 minuta. Fotometrijsko merenje nastalog obojenja jednog kompleksa treba brzo uraditi jer se obojeni rastvor (jedni kompleks) brzo kviri. Smetnje ovom određivanju potiču najviše od sumpor-dioksida, pa treba izvršiti korekciju rezultata. Ako ima sumpor-dioksida u većim koncentracijama (10 do 100 puta više od oksidanasa), onda ga treba ukloniti pre početka analize provodjenjem vazduha preko sloja natopljenog hrom-trioksidom. Ovom metodom oksidansi se mogu meriti u posegu od 0,01 do 10 ppm (20-20.000 g/m³). Ona nije skupa. Od aparature zahteva se jedino spektrofotometar za ultravioletni deo spektra za merenje intenziteta obojenja jednog kompleksa.

LEBDEĆE ČESTICE

Lebdeće čestice sastoje se i od čvrstih i od tečnih čestica raspršenih u atmosferi, čiji se prečnik kreće od delova mikrona do nekoliko stotina mikrona. Štetno dejstvo smeše lebdećih čestica ne potiče samo od njenog hemijskog sastava nego i od njenih fizičkih osobina, pa je stoga potrebna vrlo brižljiva analiza vazduha.

Najznačajniji deo smeše čine one čestice koje se najduže zadržavaju, lebde u vazduhu. To je respirabilni deo, a odnosi se na veličinu od oko 0,1 do oko 5-10 mikrona. One su značajne ne samo u zdravstvenom pogledu nego i zato što imaju veliki udeo u smanjenju vidljivosti i što ulaze u atmosfere reakcije.

Gravimetrijske metode za određivanje mase čestica sastoje se u merenju filtera pre i posle uzimanja uzoraka, što se obavlja u toku 24 časa. Za fotometrijske metode čestice se sakupljaju na filteru u vremenu od jednog do 24 časa. U ovom slučaju se meri propuštanje ili odbijanje svetlosti na nataloženom materijalu.

Za upoređivanje predlaže se gravimetrijska metoda sa uzimanjem uzoraka velike zapremine. Vazduh se provlači stalnim protokom kroz izmereni filter sa staklenim vlaknima. Ponovnim merenjem težine filtera dobija se direktno masa čestica. Prednost ove metode je veliki uzorak, pa se, po potrebi, mogu odrediti i tragovi zagadjujućih materija. Aparaturom može da rukuje i manje obučeno osoblje. Cena nabavke i održavanja je vrlo skromna.

Rezultati dobijeni gravimetrijskim uredjajem obično su oko dva puta veći od onih dobijenih merenjem refleksije mrlje dima, odnosno fotometrijskom metodom, pošto ona obuhvata uglavnom tamne čestice u vazduhu, a one nisu ni u kom slučaju srazmerne ukupnoj količini lebdećih materija.

Potpunija slika o stepenu zagadjenosti gradskog vazduha može se dobiti kada se koriste obe metode, gravimetrijska i reflektometrijska. Prva daje vrednost ukupne količine lebdećih materija na jednom području, a druga samo udeo čestica crnog dima u ukupnom zagadjenju vazduha.

4.6. Prečišćavanje zagadjenih otpadnih gasova

Tehnika zagadjuje vazduh u svim vidovima u kojima se polutanti mogu javljati: prašinom (čvrste čestice), tečnostima (kapljice), parama (u vidu molekula) i gasovima (u vidu molekula). Dok se polutant u prva dva vida može primetiti, molekuli su nevidljivi, zbog čega ova zagadjenja mogu biti opasnija, jer se teže otkrivaju. Nazivaćemo sve oblike pojave polutanata ubuduće česticama, radi pojednostavljenja izlaganja.

Veličine čestica se uobičajeno mere mikronima. Oštro oko može da registruje veličine do 20-30 mikrona. Molekuli su hiljade puta manji od mikrona. Navešćemo veličine pojedinih čestica polutanata u mikronima, radi sticanja predstave o njihovim dimenzijama, tabela 4.9.

Tabela 4.9. Uporedne veličine čestica polutanata

Vrste čestica	veličina u mikronima	javljaju se kao
molekuli	0.0002-0.005	gasovi i pare
nevidljive sitne	0.001-1	aerosoli;postojani
koloidne		dimovi i magle
vrlo sitne	0.1-10	fine prašine i raspršnice iz industrije (sprejevi)
srednje	10-100	obična prašina
grube	veće od 100	grube prašine i kapi kiše

Ova raznolikost u veličinama čestica zagadivača implicira i različite metode za njihovo otklanjanje.

I ovde se potvrđuje poznati zakon dijalektike da se promenom kvantiteta (u našem slučaju veličina čestica) menja kvalitet (način izdvajanja). U svrhu izdvajanja se koristi promena ponašanja čestica prema silama koje na njih deluju. Pod istim uslovima na sve čestice deluju iste sile, ali različitim intenzitetom. Ima, uglavnom devet sila koje deluju na čestice polutanata:

- 1) sila Zemljine teže - F_g
- 2) sila potiska - F_b
- 3) sila inercije - F_i
- 4) centrifugalna sila - F_c
- 5) sila pritiska - F_p
- 6) sila otpora - F_r
- 7) termodinamička sila - F_t
- 8) sila turbulentnih udara - F_u
- 9) elektrostatička sila – F_e

Ukoliko se čestice kvase, pojavljuje se još i sila površinskog napona F_s . Pored ovih sila može da se pojavi još niz drugih koje prouzrokuju rastvaranje polutanta u vodi, odnosno njegovo vezivanje za čvrste površine. Te nove sile nazivamo fizičko-hemijskim silama. Ako se čestice i hemijski menjaju, navedenim silama dodaju se i vrlo složene hemijske sile.

Svih navedenih devet sila deluju istovremeno pod datim uslovima na svaku vrstu čestica: na molekule, na fine čestice dima, na zrnca prašine i na kapljice, ali dejstvo na čestice različitih veličina nije jednako. Na velike, teške čestice, dakle, na one koje imaju veliku masu, deluje jače sila Zemljine teže. Na ove čestice isto tako jako utiču inercione kao i centrifugalna sila. Površina malih čestica prema masi je znatno veća nego kod velikih čestica, pa značajnu ulogu mogu da imaju sile koje deluju na površinu: to su elektrostatičke sile i sile površinskog napona. Sile pritiska se, recimo, najviše primenjuju za izdvajanje polutanata na sitastom cedilu filtera, dakle za izdvajanje relativno krupnijih čestica iz vazduha.

Fizičko-hemijske sile se koriste pri izdvajanju sitnijih čestica polutanata, u prvom redu molekula. Ove sile se javljaju pri rastvaranju zagadivača u rastvorima za ispiranje, ili pri njegovom vezivanju za čvrstu površinu određenih supstancija, ili pri kondenzaciji.

Hemijskim silama se, podesnim reakcijama, štetni molekuli hemijski menjaju u bezopasne, čak i korisne.

Tabela 4.10. Veličina čestica i sile za njihovo izdvajanje

Veličina čestica	Vrsta sila	Naziv uređaja
Grube:teške čestice velike mase	Zemljina teža, inercione	Taložni kanali, udarni izdvajači
Sitne:lake čestice male mase	Inercione,centri- fugalne,pritiska	cikloni, filtri ispiralice
Koloidne:vrlo male mase velike površine	Elektrostatičke, povr.-napona, fizičko-hemijske	elektrofiltri, mokri izdvajači
Molekuli:zanemarljivo male mase i povrč.	fizičko-hemijske, i hemijske sile	apsorberi,adsorberi reaktori spaljivači

Veličina čestica polutanta ne određuje jednoznačno zagađenu sredinu. Sasvim drugačije se ponašaju čestice kada su rasute, rasejane (dispergovane) po vazduhu, a drugačije po vodi. Stoga se uvodi pojam "disperzioni sistem". Njega čine i čestice i sredina u kojoj se nalaze, tj. u kojoj su dispergovane. Ukoliko su čestice manje, utoliko je disperzija viša ("visokodispergovani sistemi"), te je i raspodela čestica u njima ravnomernija. Prema najgrubljoj klasifikaciji sisteme možemo podeliti na gasovite (čestice rasejane po gasu) i tečne disperzione sisteme (čestice rasejane po tečnosti). U ovom izlaganju interesuju nas pretežno gasoviti disperzioni sistemi. U tabeli 4.11. dati su tehnički i meteorološki nazivi disperzionih sistema.

Tabela 4.11. Tehnički i meteorološki naziv gasovitih sistema prema veličini čestica

Opseg veličina čestica u vazduhu u mikronima	Naziv sistema
TEHNIČKI:	
	Molekuli
0.0002-0.005	smeša gasova i para
	Čvrste čestice
0.001-1	dimovi
1-150	prašine
	Čestice tečnosti
0.01-10	magle
10-5000	rasprašnica (sprej)
METEOROLOŠKI:	
0.01-3	smog
2-100	oblaci, gusta magla
50-200	rosulja
200-400	sipeća kiša
400 i veće	kiša

Ovde će biti reči o svim gasovitim disperzionim sistemima: smešama gasova, dimovima, prašinama, maglama i raspršnicama. Opisaćemo postupke i uređaje koji se najčešće koriste za prečišćavanje zagadjenih otpadnih gasova, odnosno vazduha.

Do sada je razvijen čitav niz aparata i uređaja za prečišćavanje zagadjenih otpadnih gasova. No pre no što predjemo na njih, iz istorijskih razloga ćemo se ukratko zadržati na pojavi ispuštanja zagadjenih gasova kroz industrijske dimnjake u više slojeve atmosfere, čime se ispušteni gasovi razredjuju i smanjuje koncentracija polutanata.

4.6.1. Ispuštanje zagadjenih gasova kroz dimnjake u više slojeve atmosfere.

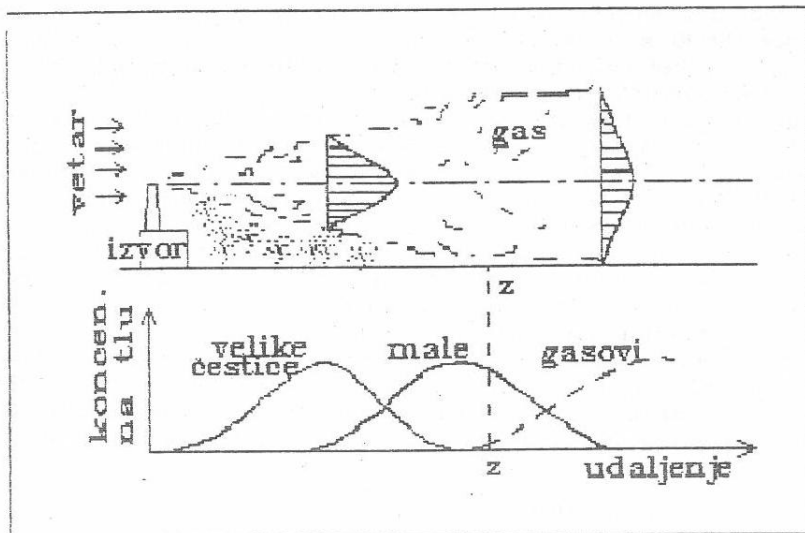
Ovo je najstariji način zaštite životne sredine od neposrednog zagadjivanja. Istine radi treba reći da je on imao sasvim drugi cilj. Da bi gorivo u industrijskim ložištima (pa i u domaćinstvima) što bolje sagorevalo, neophodna je dovoljno jaka "promaja", kojom se u ložište unose potrebne količine vazduha. To se postiže primenom dimnjaka; u industriji visokim dimnjacima. Što kroz te dimnjake odlaze i zagadjivači, može se smatrati kao srećna okolnost, jer, svojevremeno, na taj momenat niko nije obraćao pažnju. Kroz industrijske dimnjake ispuštaju se zagadjeni gasovi u više slojeva atmosfere, gde se mešaju sa čistim vazduhom. Time se razblažuju i postaju manje štetni.

U većini industrijski razvijenih zemalja gas koji se ispušta u atmosferu ne sme da ima veću koncentraciju zagadjivača od dozvoljene. Da bi se udovoljilo ovom zahtevu otpadnim gasovima se pre nego što izadju iz dimnjaka dodaje čist vazduh uz pomoć dopunskih ventilatora. Treba istaći da ovaj postupak u suštini nije konačno rešenje osnovnog zadatka, jer ne vodi stvarnom smanjenju količine zagadjivača koji se ispušta u vazduh.

Princip rada industrijskog dimnjaka je jednostavan. Težak i hladan spoljni vazduh istiskuje kroz dimnjak lakše tople dimne gasove, nadvišavajući za D_h otvor dimnjaka. Kritičan parametar za efikasnost razblaženja dimnih gasova je visina dimnjaka u odnosu na tzv. temperaturno inverzioni sloj. Dim koji izlazi iz višeg dimnjaka, iznad temperaturno inverzionog sloja, razblažuje se i odnosi strujama vazduha dalje u atmosferu, a onaj iz nižeg dimnjaka, ispod temperaturno inverzionog sloja, ne može da se širi naviše i zato jako zagadjuje vazduh i životnu sredinu. Ukoliko je razlika temperature izmedju izlaznih gasova i okolnog vazduha veća utoliko će brzina isticanja gasova biti veća a time i visina penjanja. Stoga se gasovi ispuštaju zagrejani na oko 200 C. Na taj način se istovremeno sprečava i kondenzacija vodene pare, a time i vlaženje dimnjaka.

Pored navedenih činilaca, visinu dimnjaka određuju i meteorološki uslovi sredine. Potrebno je poznavati smer kretanja vetrova, njihovo učešće tokom cele godine, jačinu, pored drugih opštih meteoroloških podataka. Tek posle deseto-

godišnjeg merenja ovakvi podaci postaju dovoljno verodostojni. Slika 4.12. pokazuje kako se iz dimnjaka rasprostiru čvrste i gasovite čestice.



Slika 4.12. Rasprostiranje čestica iz dimnjaka

Čvrste čestice su različitih veličina, i u prirodi i u tehnici (npr. leteći pepeo iz dimnjaka). Pretpostavlja se da se pored čvrstih čestica nalaze uvek i gasoviti zagadivači. Na gornjem delu slike crtičastim linijama je prikazano kako se rasprostire gasoviti zagadivač. On se konusno širi dobijajući oblik nepravilnog horizontalnog konusa. U sredini je koncentracija zagadivača uvek najveća; udaljavanjem od dimnjaka ona postepeno opada. Na samim ivicama konusa pada na nulu. U tački Z zagadivač dodiruje zemlju; to znači da će nadalje zagadivati vazdušne slojeve neposredno iznad nje, ali manjim koncentracijama.

Iz dimnjaka nošene promajom, izleću i čestice pepela ili prašine. One najteže padaju uz sam dimnjak, a lakše dalje od njega. U donjem sloju slike prikazano je kako se menja količina dve veličine čestice koje padnu na zemlju. Pod normalnim atmosferskim uslovima, ako je brzina vetra mala, najveća je koncentracija čestičnih zagadivača na rastojanju od 5 do 10 visina dimnjaka.

Dimnjak treba da bude oko 2,5 puta viši od okolnih uzvišenja i gradjevina; inače, one mogu da stvaraju jake vrtloge vazduha, što izaziva i nepredvidiva komešanja. Brzina izlaznih gasova treba da bude 20-30 m u sekundi. Ukoliko bi bila manja, moglo bi se desiti da i vetrovi male brzine obaraju dim iz dimnjaka, što bi moglo jako zagaditi neposrednu okolinu.

Nedostatak dimnjaka je da sa porastom visine, njegova cena naglo raste. Ako je dimnjak viši od 300 metara, on postaje toliko skup da je jeftinije preći na neki drugi postupak prečišćavanja otpadnih gasova. Ako ni ovakvo rešenje ne zadovoljava, treba menjati sirovine, odnosno tehnologiju procesa.

Danas se sa dosta tačnosti može izračunati potrebna visina dimnjaka. Pri tom se polazi od količine i temperature izlaznih gasova i od meteoroloških uslova. Uzimaju se u obzir oni činioci koji su najčešći u datom delu podneblja.

Navešćemo jedan primer proračuna koncentracije štetnih materija emitovanih iz dimnjaka. Najveća koncentracija štetnih materija C_m (mg/m^3), koja se dobija u prizemnim slojevima atmosfere pri lošim atmosferskim uslovima, može se izračunati iz sledećeg obrasca:

$$C_m = \frac{a \cdot K \cdot b \cdot m}{H^2} \cdot \left(\frac{n}{V \cdot \Delta T} \right)^{3/2}$$

a - koeficijent, zavisi od mesnih geografskih uslova, dimenzija $\text{s}^{2/3} \cdot \text{C}^{1/3}$.

K - količina ispusnih štetnih primesa u gr/s (SO_2 , CO_2 , pepeo)

n - broj dimnjaka iste visine ukoliko ih ima više

H - visina dimnjaka

V - ukupna zapremina izlaznih gasova (m^3/s)

T = $T_g - T_v$ ($^{\circ}\text{C}$) - razlika temperature izlaznih gasova i okolnog vazduha,

m - bezdimenziona konstanta, zavisi od protoka dimnih gasova

b - bezdimenziona konstanta, zavisi od brzine taloženja primesa iz atmosfere

Zamenom C_m sa maksimalno dozvoljenom koncentracijom za odgovarajući zagadjivač (C_{MDK}) i transformisanjem dobija se vrednost minimalne visine dimnjaka za maksimalno opterećenje kotla:

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{a \cdot K \cdot b \cdot m}{C_{MDK}}} \cdot \left(\frac{n}{V \cdot \Delta T} \right)^{3/2}$$

Detaljan proračun koncentracija polutanata je veoma složen postupak i podrazumeva glomazan matematički aparat, kao i niz empirijskih pretpostavki posebno u vezi sa uticajem klimatskih faktora. U Prilogu II je ilustrovana primena Gausovog modela disperzije za proračun koncentracije polutanata emitovanih iz tzv. tačkastog izvora (dimnjaka).

Ukoliko u okolini dimnjaka postoje uzvišenja koja mogu menjati tokove strujanja vazduha i time usmeravati zagadjivače u nepredvidivim pravcima, mora se pristupiti ispitivanjima na fizičkim modelima. To su, u stvari, jako smanjeni modeli dimnjaka, zgrada i okoline. Oni se stavljaju u vazdušne tunele ili kanale ispunjene vodom, pa se pomoću proizvedenog dima ili obojenog mlaza vode proučava kako se ovakve vidljive struje šire kroz modele. Pogodnim inženjerskim postupcima ova saznanja se mogu preneti na stvarne, prirodne uslove.

Nagla industrijalizacija učiniće primenu dimnjaka sve neprihvatljivijom i kritičnijom, jer su količine zagadivača koji se ispuštaju u atmosferu ogromne, a mogućnosti dimnjaka ograničene. Utoliko pre što se u atmosferu ispuštaju različiti zagadivači i njihovo istovremeno (sinergetsko) dejstvo utiče nepovoljno na atmosferu, stvarajući jedinjenja koja postepeno ugrožavaju celokupno čovečanstvo (kisele kiše u Skandinaviji).

4.6.2. Aparati i uređaji za prečišćavanje zagadjenih otpadnih gasova.

Zadatak prečistača je da omoguće što potpunije i što jeftinije prečišćavanje gasova. Videli smo da se aparati i uređaji za prečišćavanje gasova biraju prema veličini čestica koje treba ukloniti. Da bi se to postiglo, potrebno je da se u takvim uređajima stvaraju polja sila koje najjače deluju baš na čestice koje treba ukloniti iz struje gasa.

Prikazana podela aparata i uređaja zasniva se na silama kojima se oni služe pri prečišćavanju gasova. To je, čini se, jedini ispravan pristup ovom zadatku. Pri tome treba uvek uzeti u obzir relacije: veličina čestica - najpodesnije sile - aparat koji ostvaruje polje tih sila - efikasnost prečišćavanja.

Sile kojima se u prečistačima deluje na čestice podeljene su u tri grupe:

- fizičke: zemljina teža, inercione, centrifugalne, elektrostatičke i sila pritiska;
- fizičko-hemijske: površinske, medjumolekulske, termodinamičke;
- hemijske: medjumolekulske, medjuatomske, kohezivne, termodinamičke.

Prema navedenim grupama sila, postoje tri grupe postupaka prečišćavanja i to fizički koji se koriste za izdvajanje krupnih i sitnih čestica, Fizičko-hemijski za vrlo sitne čestice i molekule i hemijski postupci uglavnom za molekule.

Napominjemo da čestice koje izdvajaju fizički prečistači ostaju u nepromenjenom obliku u vidu nagomilane prašine, tečnosti ili mulja. Fizičko-hemijski prečistači daju tekodje hemijski nepromenjene čestice koje izdvoje, jedino što su u koncentrisanom i čistijem obliku; tako se, na primer, sumpor-dioksid može koncentrisati od 2% na preko 90%. Ovakvi koncentrovani zagadivači mogu biti upotrebljeni kao sirovina za nove industrijske procese, odnosno mogu se vratiti u proizvodnju. Hemijski prečistači menjaju vrstu molekula zagadivača tako da se dobijaju nova jedinjenja. Teži se da novonastali molekuli dobijaju upotrebnu vrednost, tj. da se mogu primeniti kao nova sekundarna sirovina; mada se u većini slučajeva prevode u bezvredne, ali i bezopasne supstance.

PODELA PREČISTAČA GASOVA PREMA POSTUPCIMA KOJIMA SE SLUŽE
I PREDLOG NAZIVA PREMA TOJ PODELI

A. Fizički postupci

I - Mehanički izdvajači (otprašivači i otkapljivači)

1. Gravitacioni taložnici
 - a) taložni kanali
 - b) taložne komore
2. Centrifugalni taložnici:
 - a) cikloni
 - b) multicykloni
 - c) mehanički rotacioni
3. Inercioni izdvajači:
 - a) udarni
 - b) obilazni (žaluzinski)
 - c) venturi (kapljičasti) ispirajući-samorasprsní orošivači
 - d) penasti
4. Filtri:
 - a) nepokretno cedilo
 - vrečasto
 - ravno
 - s punjenjem
 - b) pokretno cedilo
 - namotajno
 - s beskrajnom trakom

II - Elektrostatički izdvajači:

1. jednozonalni
2. dvozonalni
3. kombinovani

B. Fizičko-hemijski postupci

I - Toplotni izdvajači:

1. kondenzatori

II - Apsorpcioni izdvajači:

1. kapljičasti apsorberi
2. apsorberi s punjenjem
3. apsorberi s podovima

III - Adsorpcioni izdvajači:

1. adsorberi s nepokretnim adsorbensom
2. adsorberi s pokretnim adsorbensom

C. Hemijski postupci

I - Proste hemijske reakcije:

1. reaktori iz proste brze reakcije
(neutralizacija, redukcija, oksidacija)

II - Katalitičke reakcije:

1. reaktori za homogenu katalizu
2. reaktori za heterogenu katalizu

III - Piroliza:

1. šaržne peći
2. protočne peći

IV - Sagorevanje:

1. peći za prosto sagorevanje
2. peći za kataličko sagorevanje

Data podela fizičkih izdvajaja bila bi još složenija da su uzeti u obzir i postupci za izdvajanje suvih i mokrih čestica. Isto tako treba naglasiti da je mnogo složenija podela fizičko-hemijskih i hemijskih postupaka, ali u ovom tekstu u to nećemo ulaziti. U praksi se pokazalo, međutim, da je od svih ovih postupaka samo njih desetak tehnički prihvatljivo.

OCENA VALJANOSTI RADA UREDJAJA ZA PREČIŠĆAVANJE GASOVA

Da bi se sagledala valjanost i upotrebljivost nekog uređaja, potrebno ga je razmotriti sa više strana, i to prema:

- stepenu izdvajanja zagadivača,
- utrošku energije,
- sigurnosti rada i
- postojanosti konstrukcionog materijala

Stepen izdvajanja zagadivača (η) je najvažniji kriterijum pri oceni valjanosti rada. On označava odnos izdvojene količine zagadivača (Q_i) i ukupne količine (Q_u) koju je gas sadržao pre prečišćavanja. Prema tome:

$$\eta = \frac{Q_i}{Q_u}.$$

Količina zagadivača se daje obično u težinskim jedinicama, odnosno u jedinicama mase. Pošto je ukupna količina zagadivača veća od izdvojene, ovaj odnos je manji od jedinice. Ako 1 m³ gasa pre prečišćavanja ima 5 g prašine, a posle izdvajanja ostaje 1 g tada je $\eta = 0.8$. Da se ne bi radilo o brojevima manjim

od jedinice često se ovaj broj pomnoži sa 100, i tako se stepen izdvajanja zagadjuvača dobija u procentima.

Utrošak energije je takodje značajan pri oceni rada prečistača. Energija se najčešće troši: za potiskivanje gasova i savladavanje otpora pri prolazu kroz aparate i vodove; za pokretanje vode i raspršivanje; troši se i električna energija, kojom se napajaju najčešće ventilatori, pumpe i kompresori, elektrofiltri.

Sigurnost rada je značajna za svaki industrijski uređaj. Treba da je obezbedjena stabilnost rada i nezavisnost stepena izdvajanja od količine gasa i sadržaja zagadjuvača u njemu. Mnogi prihvatljivi postupci prečišćavanja propali su jer su se aparati s vremenom zagušivali, začepljavali česticama ili su u njima stvarane naslage koje bi onemogućavale dalji pravilan rad. Prosti aparati, bez složenih uređaja, u tehnički nerazvijenim sredinama su bolji od onih sa skupom elektronskom opremom. Postojanost konstrukcionog materijala u odredjenim radnim uslovima veoma je značajna za trajan rad uređaja. Pošto ovi materijali dolaze u dodir sa vrelim i vlažnim, kiselim ili alkalnim gasovima, često punim oštrih čestica prašine, oni treba da budu otporni prema koroziji, ali isto tako i na udare čestica koje ih mogu vrlo brzo razoriti ili pohabati.

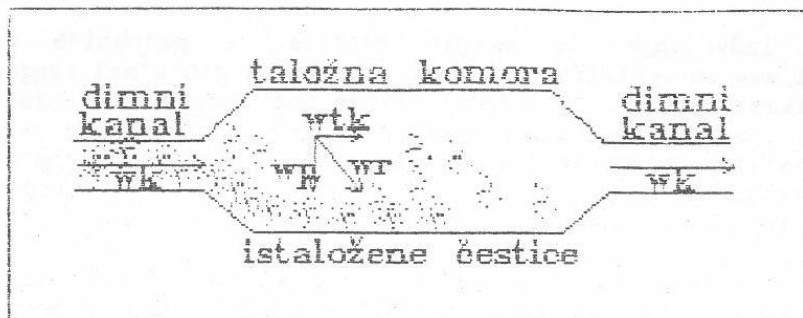
Većinu navedenih efekata nije moguće predvideti unapred. Stoga, po pravilu, naročito ako su u pitanju novi aparati, ili se prečišćavaju otpadni gasovi novih sastava, odnosno, ako se žele primeniti novi konstrukcioni materijali, treba sprovesti eksperimentalna ispitivanja u praksi, pa tek onda se odlučiti za nove postupke i aparate, odnosno materijale.

A. FIZIČKI POSTUPCI IZDVAJANJA ZAGADJIVAČA

A.1. Mehanički izdvajači (otprašivači i otkapljivači)

A.1.1. Gravitacioni taložnici - taložni kanali i komore

Iz gasa koji struji kroz taložne kanale i komore talože se grube čestice prašine ili kapi tečnosti. Šema rada taložnih otprašivača prikazana je na sl. 4.13.



Slika 4.13. Presek taložne komore sa brzinama strujanja i taloženja, (duže strelice označavaju veće brzine)

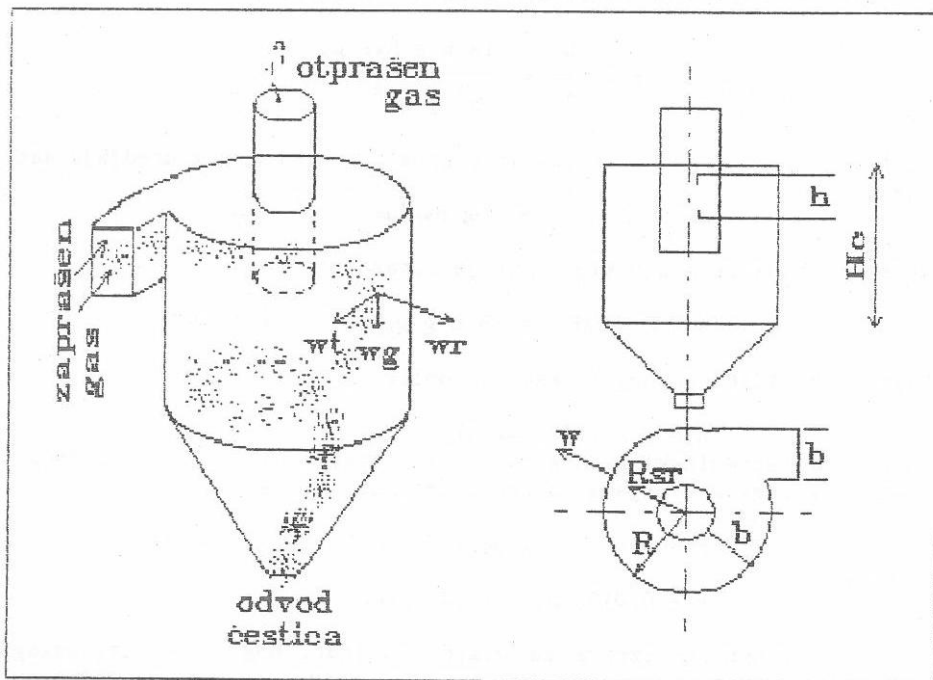
Prikazan je uzdužni presek kroz koji protiče zaprašeni gas. Na jednom mestu je dimni kanal proširen; ako je proširenje duže, reč je o taložnom kanalu, a ako je kraće i šire, u pitanju je taložna komora.

Kroz dimne kanale gasovi brzo struje (w_k), što onemogućava taloženje čestica. U taložnoj komori brzina strujanja (w_{tk}) je znatno manja, brzina padanja (w_p) ista, pa je brzina taloženja (w_r) usmerena ka dnu taložnika; tako se čestice izdvajaju iz struje gasa.

Brzina taloženja (w_r) je posledica dejstva Zemljine teže (w_p), pa se ovi otprašivači nazivaju i gravitacioni taložnici. Zbog slabog dejstva Zemljine teže izdvajaju se samo veće čestice do 80 mm; što znači da je reč o grubom otprašivanju. Za ovakvo prečišćavanje potrebna je mala količina energije, a rukovanje i održavanje je jednostavno.

A.1.2. Centrifugalni taložnici cikloni

Za izdvajanje još manjih čestica, a potpunije većih, upotrebljava se centrifugalna sila. Zapršeni gas ulazi tanečijalno u ciklon i zbog cilindričnog oblika počinje da kruži oko odvodne cevi. Zbog brzog kružnog kretanja, brzinom w_t , javlja se centrifugalna sila koja usmerava čestice ka zidu ciklona, saopštavajući im brzinu w_r , kao što je prikazano na slici 4.14. Zbog ovoga čestice će udarati o zidove aparata i padati niz njih u sabirni levak.



Slika IV.14. Prikaz rada ciklonskog otprašivača

Centrifugalna sila, koja deluje na čestice u ciklonu, može biti više desetina puta veća od Zemljine teže. Stoga je moguće u njemu izdvojiti vrlo sitne čestice, i do 10 mm ali je za to potrebna energija znatno veća nego u taložniku.

Radi sagledavanja načina rada ciklonskog uređaja u zavisnosti od veličine čestica i zahteva za višim stepenom izdvajanja zagađivača, navešćemo jedan primer proračuna dimenzija ciklonskog uređaja, uz pomoć crteža na istoj slici. Polazeći od obrasca za radijalnu brzinu ($w=w_r$) izdvajanja čestica iz gasnog fluksa

$$w = \frac{d^2 \gamma w_k^2}{18gR_{sr} \mu_g}$$

sa $w_k = w_u/k$, k-koeficijent degradacije ulazne brzine (1.4), pri čemu je w_u -brzina gasa na ulazu, d-prečnik čestica, γ -specifična težina čestica, μ_g - koeficijent apsolutnog viskoziteta gasa. Vreme taloženja čestica na maksimalnom putu - b biće:

$$\tau = \frac{b}{w} = \frac{18bgR_{sr} \mu_g}{d^2 \gamma w_k^2}$$

Put koji predje gas u prstenastom prostoru ciklonskog uređaja dat je izrazom:

$$L_{sr} = \tau w_k = \frac{18bgR_{sr} \mu_g}{d^2 \gamma w_k}$$

Broj obrtaja gasa u ciklonu dat je izrazom:

$$n = \frac{L_{sr}}{2\pi R_{sr}} = \frac{9bg\mu_g}{\pi d^2 \gamma w_k}$$

Izraz za visinu gasnog fluksa ima oblik:

$$h = V / (3600w_k b)$$

gde je V-zapreminski protok gasa. Za potrebnu visinu cilindričnog dela ciklonskog uređaja na kraju se dobija izraz

$$H = hn = \frac{9Vg\mu_g}{3600\pi d^2 \gamma w_k^2}$$

odnosno

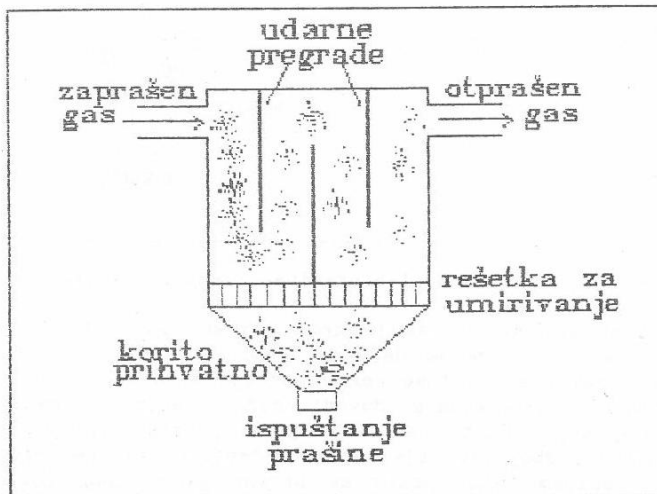
$$H = 0.0153 \frac{V \mu_g}{d^2 \gamma w_k^2}$$

Iz navedenog izraza za visinu cilindričnog dela ciklonskog uređaja vidi se da je ona obrnuto srazmerna drugom stepenu dimenzija čestice, obrnuto srazmerna specifičnoj težini čestice i direktno srazmerna koeficijentu apsolutnog viskoziteta.

MULTICIKLONI su kombinacije više ciklona redno nadovezanih jedan na drugi čime se postiže znatno veći efekat izdvajanja čestica. Medjutim, u ovom slučaju veći je i utrošak energije.

A.1.3.a) Inercioni izdvajачi - udarni otprašivači.

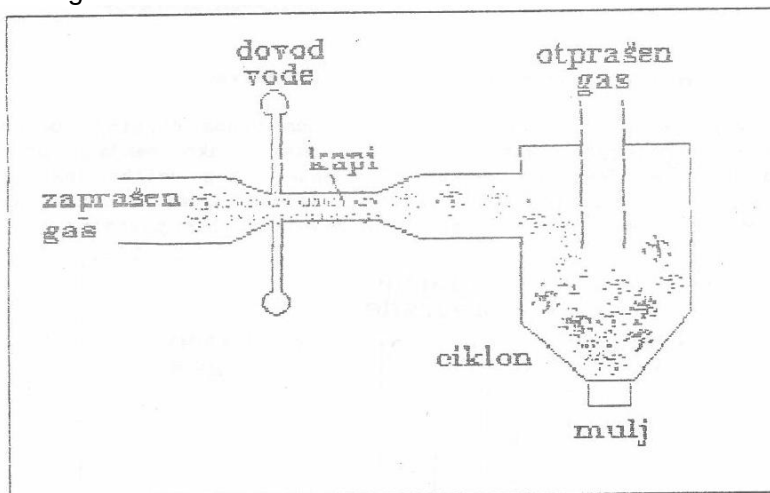
Zaprašeni gas struji velikom brzinom prema čvrstoj, udarnoj površini. Molekuli gasa, zbog male mase, lako menjaju pravac obilazeći je. Čestice, znatno veće mase, zbog velike inercije, udaraju o ove površine, gube brzinu i izdvajaju se iz struje gasa (sl.4.15). Tako izdvojene padaju duž vertikalnih površina i kroz rešetku za umirivanje u prihvatno kolo. Odavde se povremeno ispuštaju. Pošto su u ovom aparatu izazvane inercione sile (F_i) veće od gravitacionih (F_g) moguće je u njima izdvajati i sitnije čestice, od oko 60 mikrona. Energija potrebna za rad ovih otprašivača je pet puta veća nego u taložniku. Pomoću njih se uklanja do 60% grube i srednje fine prašine.



Slika 4.15. Udarni višestepeni otprašivači.

A.1.3.c) Venturi, kapljičasti izdvajači.

U ovim otprašivačima zaprašeni gas se dovodi u dodir sa velikim brojem kapi vode. Zbog nastale razlike između brzine zaprašenog gasa (time i čestica u njemu) i kapi vode, počinju da dejstvuju inercione sile koje dovode do sudara sitnih čestica prašine sa znatno većim kapima vode. Prašina se "lepi" za kapi, i vezuje s njima u čestice velike mase. Na kraju uređaja nalazi se ciklon koji zaprašene kapi lako izdvaja iz gotovo čistog gasa. Na slici 4.16. prikazana je venturi-ispiralica, odnosno venturiotprašivač gasa.



Slika 4.16. Venturi-otprašivač (venturi-skraber)

Zaprašeni gas se potiskuje kroz široku cev koja se zatim postupno sužava. U suženom delu i čestice i gas imaju veliku brzinu. Pritisak gasa na tome mestu postaje vrlo mali: zbog toga će gas usisavati vodu, koja se dovodi kružnim cevima, i pretvarati je u bezbroj kapi. Pošto nastale kapi u početku nemaju brzinu gasa, o njih će, zbog inercije, udarati čestice prašine lepeći se za njih. U daljem letu, pošto se brzina gasa, zbog povećanja preseka, smanjuje, a brzina kapi, zbog velike mase, i dalje ostaje velika, dolazi do novih sudara; sada će velike kapi udarati o sitne čestice i tako ih sakupljati.

Ako se bolje razmotri ovo zbivanje, videće se da venturi-otprašivač predstavlja aglomerat-uredjaj u kome se veličine čestica povećavaju međusobnim spajanjem. Zahvaljujući povećanoj masi, ciklon stavljen na kraj uređaja može lako da izdvoji velike kapi. Pomoću venturi-skrabera mogu se izdvajati čestice i od jednog mikrona. No energija, potrebna za ovo, nekoliko puta je veća od energije potrebne za otprašivanja prethodnim uređajima.

Ovde treba uočiti jednu značajnu novinu. Venturi-otprašivači su istovremeno i ispiralice (skraber), pošto rade s vodom. U njima čestice prašine i rastvoreni gasovi prelaze iz gasovite u tečnu sredinu. Time je rešen samo delimično problem zaštite

životne sredine. Zagadjivača više nema u gasovima, ali je zato prešao u vodu; da bi se voda smela ispustiti, potrebno je i nju naknadno prečišćavati. Kad god se radi o mokrim prečišćivačima, treba voditi računa o tome da se nastala voda mora naknadno prečišćavati.

Postoji veliki broj tipova venturi-otprašivača. Oni se stalno proučavaju i usavršavaju. Pri tom koeficijenti izdvajanja prašine prelaze 99% za finije čestice, ali je utrošak energije vrlo velik.

A.1.4. Filtri, cedioni izdvajači.

Za ove otprašivače je karakteristična primena filtera-cedila. Cedilo čini sitasta ili porozna površina, sa otvorima određenih veličina. Otvori moraju biti manji od veličine čestica koje želimo izdvojiti. Time im se sprečava prolaz kroz cedilo. Ovo je takozvani "efekat sita".

S jedne strane cedila dovodi se zaprašeni gas pod natpritiskom; s druge strane cedila pritisak je manji. Zbog toga molekuli gasa struje kroz cedilo, a čestice se zadržavaju na njemu. Kada se nakupi dovoljno prašine na cedilu, prekida se filtriranje, cedilo se izlaže potresima ili gasu koji struji u suprotnom pravcu, čime se čestice odvajaju od cedila i padaju u prihvatni sud. Ovako očišćeno cedilo spremno je za ponovno filtriranje. U nekim slučajevima i cedilo i izdvojena prašina se odbacuju.

Cedila se izrađuju od tekstilnih prirodnih i veštačkih vlakana, prema temperaturi u kojoj će raditi, i prema vrsti gasova (agresivni, itd.) sa kojima se radi. Ukoliko su gasovi vlažni, cedilo se zaguši jer se prevuče finim blatom, pa je filtriranje onemogućeno. Razlikujemo dve vrste filtera.

a) Filtri s vrećastim cedilom. Kao što sam naziv kaže, reč je o filtru sa cedilom u vidu vreće (i kućni "aspiratori" imaju oblik vrećice). Dužina vreće industrijskih filtera iznosi i preko dva metra, a prečnik im je preko 20 cm. U industriji desetine i stotine ovakvih vreća povezane su u celovit sistem; tako se dobija veliki kapacitet, koji odgovara velikim količinama otpadnih gasova. Vreće su zatvorenim delom okrenute naviše i pričvršćene za nosače. Nosači se, radi stresanja, mogu pokretati brzo naviše i naniže. Otvoreni krajevi vreća su okrenuti i pričvršćeni za nepokretne površine sa otvorima.

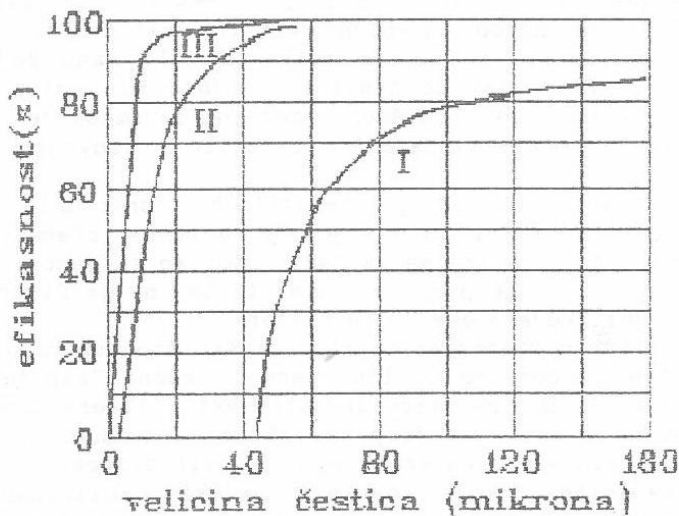
Zaprašeni vazduh se ventilatorom usisava u vreće. izdvojena prašina ostaje na unutrašnjoj površini, a gas prolazi kroz cedilo, vreću. Kada se nakupi dovoljno prašine, obustavlja se usisavanje, a vreće se stresaju. Oslobodjene od prašine, vreće se ponovo upotrebljavaju.

Koeficijent očišćenosti gasova na filtrima vrlo je visok, preko 99%. No i pored toga, ovaj otprašivač ima nekoliko nedostataka: pri prolazu vazduha kroz cedilo i sloj prašine, nastaju veliki otpori; to zahteva i veliku potrošnju energije; vlažna prašina onemogućuje rad filtra; na povišenim temperaturama, ako su cedila

od organskih vlakana, mogu da budu oštećena ili da se zapale. Stresanje, odnosno čišćenje cedila, zahteva takodje znatne količine energije. Pored svega ovi filtri su u mnogim slučajevima nezamenljivi.

b) Filtri sa namotajnim cedilom. U ovom slučaju cedilo, obično hartija ili bezvredna tkanina, u vidu široke trake neprekidno se pokreće. Klube svežeg cedila se odmotava, prolazi kroz prostor za cedjenje i zaprašeno namotava se na drugo klube. Zbog male vrednosti, ova cedila se ne čiste, nego se zajedno sa prašinom odbacuju. Stepem prečišćavanja na njima vrlo je visok. Pomoću ovih cedila je moguće izdvojiti najfinije čestice, čak i mikroorganizme. Zbog sitnih pora ovakvog cedila, otpori pri prolazu vazduha su veliki i za njihov rad je potrebna još veća energija nego za prethodne otprašivače.

Vrednija cedila, načinjena, na primer, od vrlo fine tanke žice u vidu beskrajne trake-mreže, razapeta su između dva valjka. na jednoj strani ove trake gas se cedi, a drugom stranom ona prolazi kroz tečnost, obično ulje, gde se ispira radi ponovne upotrebe.



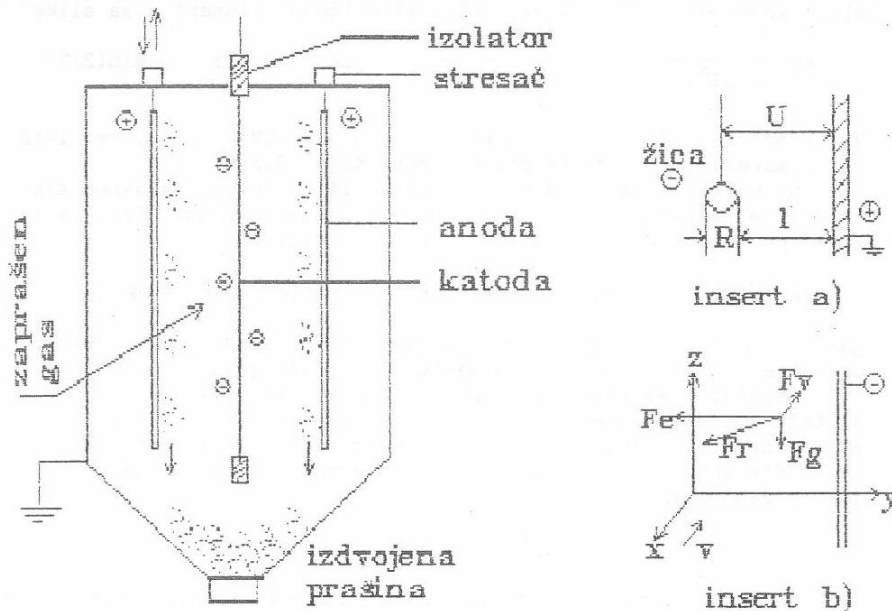
Slika 4.17 Uporedna analiza efikasnosti pojedinih izvajača u zavisnosti od veličine čestice polutanata. I mehanički odvajači koji koriste sopstvenu težinu čestica, II efikasnost centrifugalnih odvajača, III primena elektrostatičkih odvajača

A.II. Elektrostatički izvajači.

Radi sagledavanja efikasnosti elektrostatičkih izvajača u poredjenju sa mehaničkim osvrnimo se na početku na grafikon koji upoređuje efikasnost pojedinih izvajača u funkciji veličine čestica polutanata, slika 4.17. Evidentne su prednosti upravo elektrofiltara.

Elektrostatički odvajači prašine i kapljica počivaju na poznatom principu da se istoimeno naelektrisana tela odbijaju, a raznoimena privlače. Da bi se ovaj princip sproveo u elektrostatičkim taložnicima, čestice prašine ili kapljice naelektrisu

se negativno, a površine po kojima treba da se talože, pozitivno. Zbog međusobnog privlačenja ove negativne čestice biće privučene pozitivnim elektricitetom taložnih elektroda, zadržavajuće se na njima i tako izdvajati iz struje gasa (slika 4.18).



Slika 4.18. Uprošćen presek i princip rada elektrostatičkog taložnika.

Negativno naelektrisane elektrode, zbog jakog električnog polja, odašilju velikom brzinom ogroman broj elektrona (-) prema pozitivnoj taložnoj elektrodi. U svom letu elektroni udaraju o čestice na koje naidju, zahvataju se, i naelektrišu ih svojim negativnim elektricitetom. Zbog privlačenja, ove, sada negativno naelektrisane čestice kretaće se sve brže prema pozitivnoj taložnoj elektrodi. Kada udare o nju, delom se razelektrišu, ali se ipak zadrže na njoj. Posle odredjenog vremena (pola do dva sata), kada se nakupi dovoljno prašine na taložnoj elektrodi, prestaje provodjenje zaprašenog gasa i napajanje strujom, i počinje otresanje ovih elektroda da bi izdvojene čestice otpale u sabirne sudove. Posle ovog proces otprašivanja se nastavlja.

Pokazalo se da negativne elektrode u vidu žice najbolje odašilju, emituju, elektrone. Zbog toga su emisione elektrode u vidu zategnutih žica poredjane podužno izmedju ravnih taložnih elektroda. Da bi se dobilo što jače električno polje izmedju emisionih i taložnih elektroda, stavlja se izmedju njih vrlo visok napon, do 70.000 volti. Zbog ovog napona rad na elektrostatičkom taložniku je opasan;

opasnost se smanjuje time što se pozitivne elektrode i spoljne kućište taložnika uzemljuju.

Osvrnućemo se na neke detalje iz rada i efikanosti izdvajanja elektrofiltara. Maksimalno elektrostatičko polje na pozitivnoj ploči koje potiče od naelektrisane žice iznosi (insert a sa slike)

$$K_m = \frac{U}{R \frac{\ell - R}{\ell + R} \ln \left[\frac{1 + \sqrt{\ell^2 - R^2}}{R} \right]}; \quad \text{za } \ell \gg R \text{ je } K_m = \frac{U}{R \ln(2/R)}$$

Na primer u elektrofiltru TE-Kosovo je $U=70$ kV, $R=0,3$ cm, $\ell=12$ cm, a maksimalna vrednost polja iznosi $K_m = 63,5$ kV/cm.

Na naelektrisanu česticu u elektrofiltru deluju uglavnom sledeće sile: elektrostatička sila ($F_e=F_k$), sila potiska (F_v) i sila zemljine teže (F_g), videti insert b), na slici:

$$F = F_k + F_v + F_g; \quad F_k = qK, \quad F_v = \rho Av/2, \quad F_g = mg$$

gde je: ρ -gustina gasa, v -brzina proticanja gasa i A -projekcija površine na koju deluje aerodinamički pritisak gasa.

Dejstvo elektrostatičke sile, zbog velikih vrednosti K je u slučaju naelektrisane čestice dominantno, tako da se ostale sile mogu zanemariti. Otuda potiče i velika efikanost elektrofiltara.

Efikanost elektrofiltara ili stepen izdvajanja pepela iz dimnih gasova data je tzv. Dojčovom formulom:

$$\eta = (1 - e^{-wf}) \cdot 100 \quad (\%)$$

gde je w - srednja brzina taloženja (cm/s) naelektrisanih čestica u električnom polju elektrofiltra, a $f = S/Q$ - koeficijent elektrofiltra kao odnos površine pozitivnih ploča (m^2) i protoka gasa kroz elektrofiltrar (m^3/s).

Povećanje efikasnosti elektrofiltra se, obično, ne ostvaruje povećanjem faktora f , odnosno površine elektrofiltra već pogodnijim oblikom elektroda ili povećanjem brzine taloženja w , pri čemu je ona data sa:

$$w = \frac{0.11 \cdot K^2}{\mu} \cdot r \quad (4 < w < 10 \text{ m/s})$$

gde je K -jačina elektrostatičkog polja, r -prečnik čestice pepela i μ -dinamička viskoznost gasa.

Uobičajena vrednost za μ je $2,36 \times 10^{-6}$ Kps/m², odakle je $w = 4.650 \cdot K^2 r$. Efikasnost elektrofiltra η se povećava uvećanjem električnog polja K odnosno napona medju elektrodama U, ali samo do vrednosti nešto niže od granice proboja elektrofiltra, uspostavljanja gasnog pražnjenja. Oblik negativne elektrode znatno utiče na efikasnost. U zadnje vreme koriste se žice oštih profila koje efektom "šiljaka" emituju više elektrona.

Frakciono izdvajanje čestica u elektrofiltru odnosi se na izdvajanje čestica pepela različitih veličina. Srednja efikasnost elektrofiltra pri tom je data sa:

$$\eta_{sr} = \eta_1 F_1 / 100 + \eta_2 F_2 / 100 + \dots + \eta_n F_n / 100$$

gde je:

F_i - granulaciona frakcija u %,

η_i - frakcioni stepen izdvajanja

Količina neizdvojenih čestica bi bila:

$$K_i = 3,6 Z_{pi} (1 - \eta_i / 100) Q = 3,6 Z_{ki} Q \quad (\text{kg/h})$$

Z_{pi} - početna koncentracija čestica po frakcijama (gr/m³)

η_i - efikasnost izdvajanja frakcije

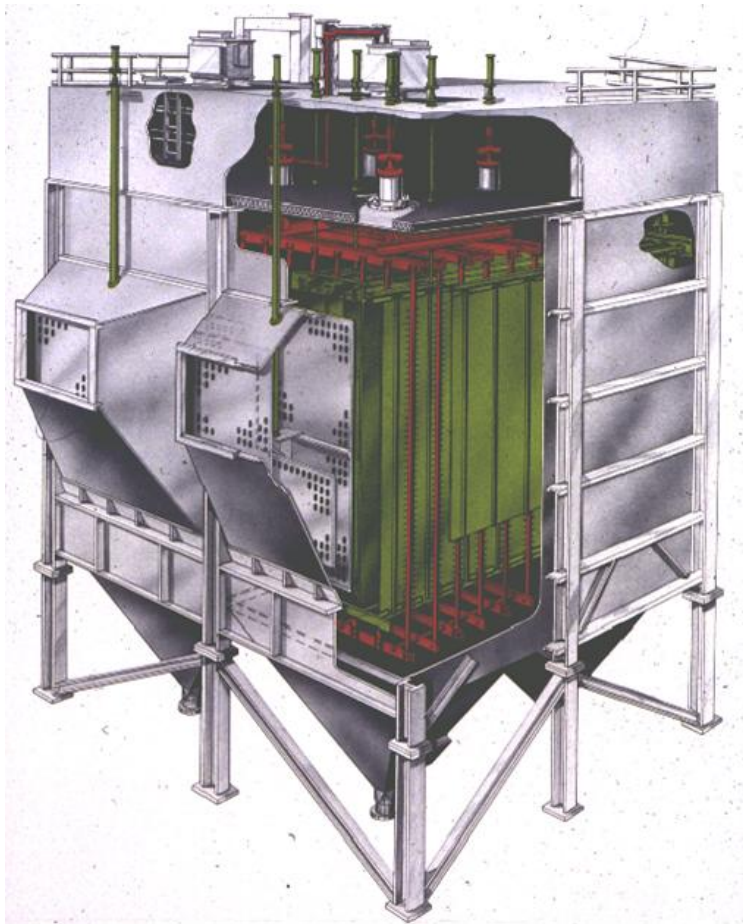
Q - protok gasa (u m³/s)

Z_{ki} - krajnja koncentracija čestica frakcije (gr/m³).

Napomenimo još da se pored različitih oblika negativne elektrode koristi istovremeno i više negativnih elektroda u vidu rešetke, da se vrše prilagodjavanja oblika pločastih elektroda, kao i da se koriste sistemi redno vezanih elektrofiltra čime se postiže znatno veći stepen efikasnosti izdvajanja.

Veličina elektrostatičkog uređaja za prečišćavanje zavisi od količine gasa koju treba da prečisti. Obično je u pitanju više desetina hiljada, odnosno stotina hiljada, pa i miliona kubnih metara na čas. U takvim slučajevima taložne elektrode imaju visinu reda veličine 10 m, a dužinu i veću, obrazujući tako velike taložne površine. Postavljene su na 20-40 cm rastojanja jedna od druge, a izmedju njih, na svakih dvadesetak centimetara, razapete su emisione elektrode. Izgled jednog elektrofiltra na termoelektrani prikazan je na slici 4.18a. Ukupnim gabaritom podseća na četvorospratnu zgradu.

Najskuplji deo elektrostatičkih otprašivača je visokonaponski jednosmerni napajač. U suštini, oni troše male količine energije. Najveća količina energije troši na rad ventilatora. Otpori pri proticanju gasa kroz ove taložnike vrlo su mali, ali s obzirom na velike količine gasa, postaju značajni. Zbog visoke cene, ovi taložnici se upotrebljavaju pretežno za prečišćavanje otpadnih gasova zagadjenih izrazito štetnim česticama i kapima, ako ih ima u velikoj količini. Koriste se u velikim postrojenjima, toplanama, metroima, a redovno se nalaze na termoelektranama.



Slika 4.18.a. Izgled elektrostatičkog taložnika čestica. Na osnovu važeće domaće i EU regulative granična vrednost emisije (GVE) ovih filtara iznosi 50 mg/m^3 (svedeno na 0°C , 1013 mbar , $6\% \text{ O}_2$ i suv gas).

Stepen prečišćavanja elektrostatičkim izdvajачima čestica je izvanredno visok, preko 99%. Ovo zavisi uveliko i od fizičko-hemijskih osobina samih čestica. Pored navedenih, elektrostatički taložnici imaju još nekoliko značajnih osobina:

- izdvajaju čvrste i tečne čestice,
- izdvajaju čestice i manje od 1 mikron u prečniku,
- mogu da rade na visokim temperaturama, kao i sa agresivnim gasovima,
- smanjuju koncentraciju prašine i ispod 1 mg/m^3 ,
- pod povoljnim uslovima mogu da uklone i 99,9% čestica.

U tabeli 4.12. prikazane su dimenzije čestica u nekim zagadjenim industrijskim otpadnim gasovima, kao i opsezi primene najpodesnijih prečišćavača za njihovo izdvajanje, iz koje se vide prednosti elektrofiltara za izdvajanje najsitnijih čestica.

Tabela 4.12. Veličine čestica nekih aerosola i opseg dejstva aparata za njihovo uklanjanje.

Opseg veličina čestica					
0.01	0.1	1	10	100	1000
					kapi kiše pesak za livenje
				kiša koja sipi skrob kukurza prašina kamenog uglja	
			cementna prašina leteće soli		
		prirodni dim bakterije magle sumporne kiseline			
	metalurške prašine i destilati sislikozne prašine obična čađ amonijačni dimovi				
	konvertorski destilati magle inja				
	destl. Matrenovih peći dimovi ZnO i PbO				
	atmosferska prašina dim duvana virusi				
		Opseg dejstva aparata			
				taložne komore	
				cikloni prečnika od 1 - 2 m cikloni malog prečnika do 1m ispirajući (skraber)	
				vrećasti filtri	
				filtri s vlaknastim cedilom	
				venturi ispirajući	
				filtri s cedilom od hartije	
				elektrotaložnici	

B. FIZIČKO-HEMIJSKI POSTUPCI IZDVAJANJA ZAGADJIVAČA

Za razliku od fizičkih postupaka izdvajanja čestica, gde pretežno deluju fizičke sile, kod fizičko-hemijskih postupaka (kad su u pitanju manje čestice) koriste se sile koje deluju između samih molekula, odnosno koloidnih čestica. U nekim slučajevima ove sile su bliske hemijskim silama; one ipak ne utiču na stvaranje postojanih jedinjenja novih vrsta molekula. Pojam fizičko-hemijskih sila obuhvata veći broj sila; o njima ovde nećemo opširnije govoriti. Sve su one vezane za međusobno privlačenje ili odbijanje molekula. Pri tom i temperatura od koje zavisi brzina kretanja molekula, odnosno jačina oscilacija njihovih delova, ima veliki uticaj.

Hladjenjem para dolazi do kondenzacije, jer privlačne sile između molekula postaju veće od odbojnih sila pa molekuli prelaze u tečno stanje. Ovo je osnova postupka kondenzacije. Zagrevanjem se postiže obrnut efekat, što vodi isparavanju tečnosti.

Fizičko-hemijske sile se javljaju i pri rastvaranju gasova u tečnostima. U tom smislu dolazi do međusobnog privlačenja molekula koji se rastvaraju i molekula tečnosti u kojoj se oni rastvaraju. Hladjenjem se rastvorljivost gasova povećava, a zagrevanjem se smanjuje. Na ovim osobinama počiva fizičko-hemijski postupak prečišćavanja gasova, nazvan apsorpcija.

Molekuli gasova i para zavisno od njihove prirode, mogu biti fizičko-hemijskim silama vezani i za čvrste površine. I u ovom slučaju na nižim temperaturama ove sile su veće, pa se adsorbuje veća količina molekula gasova i para. Ako se temperatura poveća, smanjuje se količina ovako vezanih molekula. Na toj osobini počiva treći značajni fizičko-hemijski postupak, nazvan adsorpcija.

Na fizičko-hemijskim silama počivaju, dakle, tri važna fizičko-hemijska postupka izdvajanja zagadjivača:

- hladjenjem - u termičkim kondenzatorima,
- apsorpcijom - u tečnim apsorberima,
- adsorpcijom - u čvrstim adsorberima.

Izdvajanje hladjenjem. Često se dešava da otpadni gasovi hemijske industrije sadrže znatne količine para različitih tečnosti. Ove pare se hladjenjem mogu prevesti iz gasovitog u tečno stanje i tako izdvojiti iz gasa. Hladjenjem se jedan deo tečnosti izdvaja u vidu kapi, koje se fizičkim postupcima mogu izdvojiti iz zagadjene sredine.

Ako su molekuli para istovremeno i molekuli zagadjivača, onda se na ovaj način gas može uspešno prečišćavati. Hladjenje, naročito na niskim temperaturama, prilično je skupo. Zato se ovakav postupak izdvajanja koristi samo tamo gde se za hladjenje može koristiti atmosferski vazduh, a redje voda.

Iz mnogih procesa, naročito pri preradi uglja, izlaze gasovi visoke temperature; oni sadrže pare organskih jedinjenja koja nazivamo katranima. Ove pare se mogu lako kondenzovati atmosferskim vazduhom i prevesti u tečno stanje.

Tako se, s jedne strane, dobija katran, skupocena hemijska sirovina, a, s druge strane, njegove pare ne odlaze u atmosferu i ne zagadjuju je. Ovakvi kondenzatori sastoje se od širokih cevi, složeni u cik-cak linije; oko njih spolja struji vazduh. Zagadjeni gas prolazi kroz cevi; pare se kondenzuju i slivaju ka donjim delovima cevi, odatle se u tečnom stanju lako otaču. Hladjenje cevi može se pojačati primenom ventilatora.

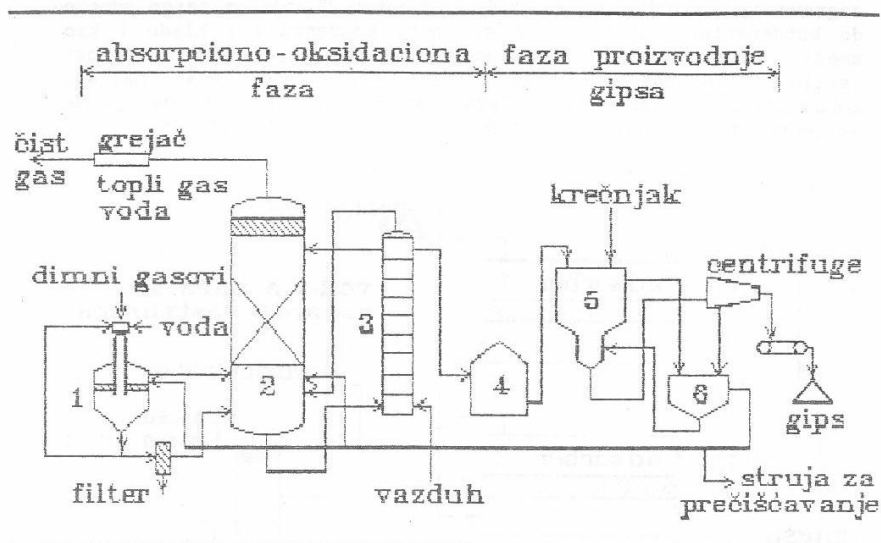
Izdvajanje apsorcijom. Videli smo da apsorpcija počiva na rastvaranju gasova, odnosno para u tečnostima. Neki gasovi se u određenoj tečnosti rastvaraju bolje od drugih, što znači da će ih biti više rastvoreno u njoj. Na taj način je moguće i razdvajati molekule gasova jedne od drugih. Pri apsorciji se pojavljuju i slabe hemijske sile. Ukoliko su one veće, rastvoreni molekuli su jače vezani za tečnost. Najzad, ako su hemijske sile vrlo jake, postaju nova jedinjenja. Ukoliko su molekuli jače vezani za rastvarač (tečnost), utoliko je efikasnost veća. Zbog toga se vrlo često kiseli gasovi (sumpor-dioksid, sumpor-vodonik, itd.) rastvaraju u slabo alkalnim tečnostima i, obrnuto, bazični gasovi (amonijak, amidi, amin) rastvaraju se u slabo kiselim tečnostima.

Pošto je većina rastvarača skupa, bilo bi neefikasno da se oni posle apsorcije odbace. U većini slučajeva oni se regenerišu. To se najčešće postiže zagrevanjem nastalog rastvora. Pri ovome se gas oslobadja, često vrlo čist, i zagrejana tečnost, gubeći gas, postaje takodje čista. Ona se zatim hladi i ponovo vraća u proces za narednu apsorciju. Prema tome, u tehnici rada sa apsorbentom postoje dve faze:

- apsorpcija, rastvaranje gasova (na hladno), i
- desorpcija, istiskivanje gasa (uz grejanje).

Apsorbenti se sastoje, obično od kolone, desetak metara visoke cilindrične cevi, u koju se odozdo uvodi zagadjeni gas, a odozgo, preko tuševa, apsorbentna tečnost. Da bi došlo do što boljeg dodira između gasa i tečnosti, ova se u samoj koloni prelijeva preko specijalno podešenih elemenata. Apsorbentna tečnost koja izlazi iz kolone zagreva se, oslobadja gas i, posle hladjenja vraća na vrh kolone, radi ponovne apsorcije. Apsorbentni uređaj liči na malu fabriku, a to često i jeste.

Na slici 4.19. prikazan je jedan japanski postupak za prečišćavanje dimnih gasova, u prvom redu, za uklanjanje sumpor-dioksida. Delimično prečišćeni i ohladjeni dimni gasovi uvode se u apsorbent u koji se odozgo uvodi razblažena sumporna kiselina. Ona rastvara sumpor-dioksid, a zatim se uvodi u oksidacionu kolonu radi oksidacije sumpor-dioksida vazduhom, koji se u nju udvaja sa donje strane. Nastala sumporna kiselina odvodi se najvećim delom u reaktor, gde se meša sa krečnjakom gradeći gips. Posle cedjenja i pranja, nastali gips se može primeniti u građevinarstvu. Kao što se vidi, štetni sumpor-dioksid se pretvara u bezopasni i koristan gips. Postoje desetine različitih apsorbentnih postupaka za prečišćavanje otpadnih štetnih gasova. U većini slučajeva oni daju koncentrovan zagadjuvač koji se može opet u industriji korisno upotrebiti.



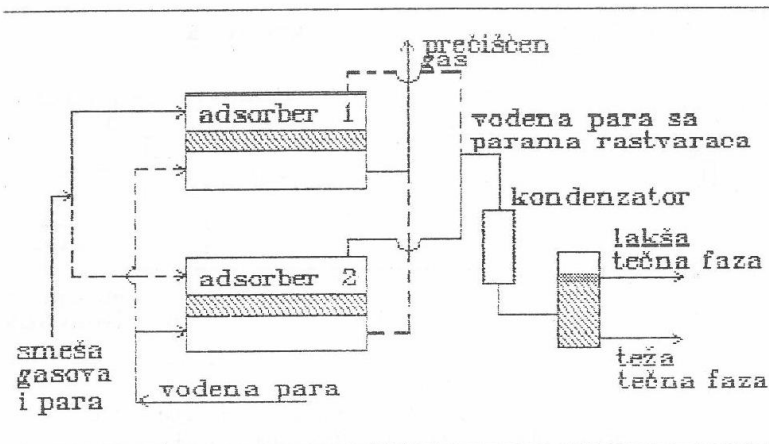
Slika 4.19. Chyoda-japanski postupak za izdvajanje SO_2 , 1-predskraber, 2-apsorber, 3-oksidacija, 4- H_2SO_4 rezervoar, 5-kristalizator, 6-rezervoar za matičnu lužinu.

Adsorpcija je fizičko-hemijska pojava vezivanja molekula za površinu čvrste materije. Ako ovakva materija ima vrlo veliku spoljašnju i unutrašnju površinu i ako se po njoj lako vezuju molekuli gasova i para, naziva se adsorbensom. Jedan od najboljih apsorbera je aktivni uglj. Jedan gram aktivnog ulja ima ukupnu unutrašnju i spoljašnju površinu od preko 1.000 m². Silikagel, infuzorijske zemlje, aktivna glina, takodje su adsorbensi.

Pored fizičko-hemijskih medjumolekulskih sila kojima se molekuli gasova vezuju za površinu adsorbensa, mogu se pojaviti i slabije ili jače hemijske sile. U nekim slučajevima one su toliko jake da pri adsorpciji nastaju nova jedinjenja: Tako se za adsorbens, mogu vezati mnogo veće količine molekula, ali to nije uvek dobro jer je u takvim slučajevima teško regenerisati adsorbens radi ponovne upotrebe. Kao i pri apsorpciji, za adsorbciju su potrebne što niže temperature, a za desorpciju što više. Tako se dolazi do tehničkih ciklusa rada adsorbera, aparature u kojoj se odigrava adsorpcija.

Adsorberi su, obično, cilindri pregradjeni sitastim dnom. Na te pregrade se naspe do pola metra visine adsorbens, koji ima oblik krupnijih zrnaca, 3-5 mm veličine. Gas koji treba prečistiti dovodi se u prostor iznad adsorbensa; prolazi kroz sloj naniže, gas se oslobadja molekula koje sloj adsorbuje, i iz donjeg dela sistema izalzi prečišćen (sl. 4.20.). Kada se adsorbens zasiti molekulima, potrebno je da ih se oslobodi desorpcijom. To se postiže udvavanjem vodene pare u adsorbens. Pri tom se, zbog zagrevanja, adsorbovani molekuli izdvajaju i vodenom parom odnose do kondenzatora. U njemu se sve pare kondenzuju i hlade i kao smeša tečnosti odlaze u posude za razdvajanje. Lakša tačnost isplivava na površinu teže. Teža

tečnost je voda, nastala kondenzovanjem vodene pare. Razdvajanjem ovih tečnosti dobija se sa jedne strane desorbovana tečnost i voda sa druge strane.



Slika 4.20. Šema adsorpcione baterije.

Da bi adsorpcija mogla teći neprekidno, obično se sprežu po dva adsorbera u jednu celinu. Dok se u jednom adsorberu odigrava adsorpcija, drugi se desorbuje vodenom parom, zatim suši toplim vazduhom i hladi. Tako pripremljen počinje fazu adsorpcije, dok se prvi izlaže desorpciji.

Postupkom adsorpcije mogu izvanredno dobro da se prečišćavaju gasovi, ali je skup jer su adsorbensi skupi; osim toga, zahteva i mnogo energije.

C. HEMIJSKI POSTUPCI PREČIŠĆAVANJA

Hemijski postupci prečišćavanja služe se hemijskim reakcijama da bi uklonili ili promenili nepovoljne osobine molekula zagadivača. Prema vrsti hemijskih reakcija, moguće je hemijske postupke prečišćavanja podeliti u četiri grupe: Proste hemijske reakcije, Katalitičke reakcije, Prolizu i Sagorevanje. Svakoj grupi odgovara odgovarajući, najpogodniji tip uređaja za prečišćavanje.

Proste hemijske reakcije. Pri tom se menja vrlo brzo samo jedan deo molekula, onaj koji ga čini nepogodnim. Oksidacijom ugljen-monoksida kiseonikom dobija se ugljen-dioksid; dodiranjem azotnih oksida sa razblaženim rastvorom sode, ovi kiseli gasovi se trenutno neutrališu itd.

Katalitičke reakcije. Većina hemijskih reakcija na nižim temperaturama teče vrlo sporo. Ako se radi povećanja brzine reakcije povećaju temperature, nastali proizvodi mogu i dalje da se raspadaju. Da bi se udovoljilo ovim suprotnim zahtevima, koriste se katalizatori. To su supstancije koje već u malim količinama ubrzavaju reakcije na niskim temperaturama, pri čemu se same ne menjaju.

Katalizatori mogu biti gasoviti, tečni i čvrsti. U prečišćavanju zagađenih gasova, obično se najčešće upotrebljava heterogena kataliza; pri tom je katalizator tečan ili čvrst. Napomenimo da se u japanskom procesu za prečišćavanje otpadnih gasova sumpor-dioksid oksidiše vazduhom u prisustvu katalizatora rastvorenog u vodi. Čvrsti katalizator ima oblik zrnaca nasutih u slojeve. Prolazeći kroz ovakve slojeve katalizatora, molekuli zagađivača se posle određene reakcije menjaju, i gas se na taj način prečišćava. Primena katalizatora je naročito značajna ako su količine zagađivača vrlo male. U tom slučaju nije potrebno zagrevati ogromne količine gasova i vazduha do visokih temperatura, jer se željena oksidacija, uz katalizator, odigrava već na znatno nižim temperaturama. To vodi znatnoj uštedi toplotne energije. Na ovaj način se pomoću vazduha odstranjuju molekuli neprijatnog mirisa.

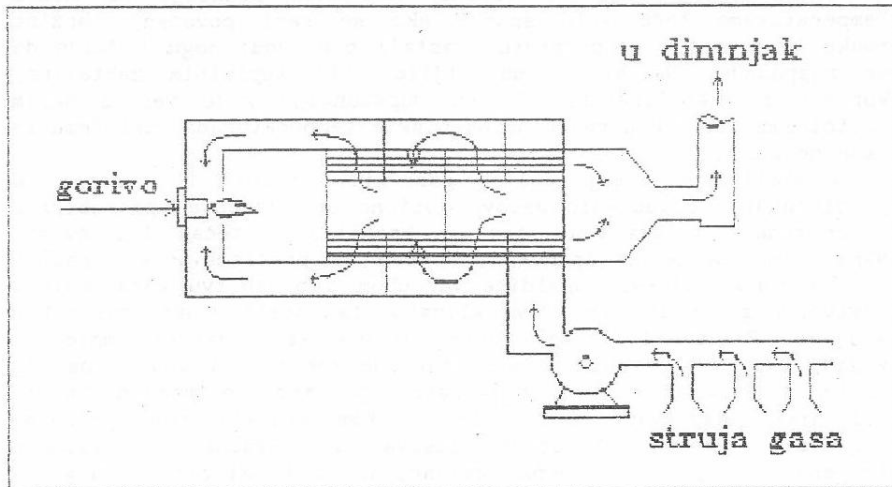
Sudovi u kojima se odigravaju katalitičke reakcije nazivaju se katalitički reaktori. Da bi ovakve reakcije u njima bile što uspješnije, potrebno je da se mogu lako podešavati željeni pritisak i temperatura, bilo da se hlade ili zagrevaju. Na primer, vrlo otrovna cijanovodonična kiselina, uz dodatak vazduha, u prisustvu katalizatora sagoreva u bezopasne sastojke: azot, vodu i ugljen-dioksid.

Piroliza je razaranje većih organskih molekula u manje, pod dejstvom povišene temperature. Ukoliko je temperatura viša, ovakve zagrejane supstancije raspadaju se na svoje manje fragmente. Mnogi zagađivači gasova: molekuli katranskih para, kapi ulja, čestice polukoksa, često su vrlo opasni (uzročnici raka). Ako ih je iz bilo kojih razloga nemoguće sagoreti onda se izlažu povišenoj temperaturi. Pri njihovom raspadanju postaju manji, mnogo bezazleniji molekuli: ugljen-dioksida, vodonika, metana itd. Ovako nastale gasove moguće je i lakše transportovati i preradjivati. Na ovaj način se mogu delimično razarati i materije neprijatnog mirisa.

Sagorevanje je, za razliku od pirolize, oksidacija, dakle hemijska reakcija uz vezivanje kiseonika. Sama oksidacija je relativno prosta hemijska reakcija. Medjutim sagorevanje, naročito organskih jedinjenja, je znatno složenije. Tom prilikom, zbog povišene temperature, dolazi prvo do pirolize, pa se tek posle toga nastali manji molekuli oksidišu.

Ako je dovoljno kiseonika i ako je temperatura dovoljno visoka, krajnji proizvod sagorevanja organskih jedinjenja su: ugljen-dioksid, voda, oksidi azota i sumpora, ukoliko je ovih elemenata bilo u prvobitnom jedinjenju. To znači da se sva organska jedinjenja, ukoliko sadrže samo ugljenik i vodonik, mogu vrlo lako sagorevanjem prevesti u ugljen-dioksid i vodu.

Ako otpadni gas pri sagorevanju oslobodi toliko toplote da i dodati vazduh može zagrejati na 600 C do 700 C, onda nema naročitih problema pri realizaciji ovoga postupka. Ukoliko otpadni gas ne može da oslobodi dovoljnu količinu toplote, mora mu se dodati dopunsko gorivo. To je ili gas više kalorične moći ili tečno gorivo (sl.4.21.).



Slika 4.21. Spaljivanje otpadnih gasova sa dopunskim gorivom

Da bi se uštedelo na toploti, vrelí gasovi koji izlaze iz spaljivača, prolaze kroz cevi i odvođe se u dimnjak. Hladni zagadjeni otpadni gas i vazduh provode se oko ovih vrelíh cevi, oduzimaju toplotu ispusnim gasovima i tako zagrejani spaljuju. Na taj način se može uštedeti ogromna energija.

Po opštem mišljenju, sagorevanje zagadjivača predstavlja najgore rešenje, jer većina složenih molekula može naći mnogo bolju i potpuniju primenu.

CENA IZDVAJANJA ZAGADJIVAČA

Cena zaštite vazduha od zagadjenja zavisi od količine zagadjenog gasa, vrste i količine polutanata koje treba ukloniti i od stepena prečišćavanja koji treba postići.

Pokazalo se da cena prečišćavanja gasova vrlo brzo raste sa stepenom prečišćavanja. Na cenu prečišćavanja otpadnih gasova utiču:

- cena izgradnje uređaja za prečišćavanje,
- troškovi energije (najčešće električne i toplotne),
- utrošak vode i hemikalija,
- održavanje i opsluživanje,
- interes na uloženi kapital.

Po pravilu, najefikasniji uređaji za prečišćavanje gasova su najskuplji; konstrukcija im je složena, a često troše i znatne količine energije. Elektrostatički taložnici čine u ovome izvestan izuzetak.

Tabela 4.13.

Vrsta uređj.	Efikas. %	Instaliranje	Utrošak energije	Utrošak vode	Održavanje	Interes	Ukupno godišnje
Ciklon	65.3	9400	1.690	-	60	940	2690
Elektro filter	98.5	88300	1000	-	400	8830	10230
Vrećasti filter	99.9	62100	1870	-	3250	6210	11285
Venturi skraber	99.8	40600	9400	1210	320	4060	15000
Mehaničke Ispiralice	98.5	51000	22700	850	200	5100	28850

U tabeli 4.13. dati su uporedni podaci troškova različitih prečistača prašine za uređaje koji prečišćavaju oko 100.000 m³/čas otpadnih gasova. Iako su u ovoj tabeli troškovi održavanja pogona, interesa na uloženi kapital i ukupni godišnji izdaci dati u engleskim funtama iz 1969. godine oni imaju svoju visoku informativnu vrednost. Iz njih se može videti poredjenjem koliki su izdaci za iste stavke, za različite tipove uređaja za otprašivanje.

Da bi se mogli porediti stepeni izdvajanja čestica u navedenoj tabeli u svim slučajevima se radilo sa istim sastavom prašine. Treba ukazati na veliku količinu energije koja se troši radom mehaničkih ispiralica. Brzim obrtanjem njihovih delova voda se raspršava u sitne kapi i tako dovodi u tesan dodir sa gasom. Korisno je istovremeno uočiti da su mokri izdvajači skuplji jer se nastali mulj mora naknadno prečišćavati. Vrlo visok stepen izdvajanja imaju vrećasti filtri i venturi-skraberi; ne treba zaboraviti da su prvi ograničeni na specijalne uslove rada.

Fizičko-hemijsko prečišćavanje gasova može biti i znatno skuplje jer se radi sa vrlo složenim uređajima, gotovo malim fabrikama. Medjutim ovakvi uređaji mogu dati čiste koncentrovane zagadjivače, koji vrlo često imaju industrijsku primenu kao primarne ili sekundarne sirovine. To može znatno da pojeftini ove postupke prečišćavanja.

Pokazalo se da instalacije za prečišćavanje otpadnih gasova mogu da iznesu i do 10%, pa i više, ukupno instaliranih uređaja industrije koja se njima služi. Svemu ovome treba dodati energiju, pogon, specijalno obučene radnike, što još više povećava cenu prečišćavanja. Ali i ti troškovi nisu veliki kad je reč o zaštiti životne sredine.

4.7. Aerozagadjenje i klimatski uslovi.

Zagadjenost vazduha tesno je povezana sa klimatskim uslovima, određenog lokaliteta, u oba smera: kao uticaj vremenskih prilika na održavanje visokih koncentracija zagadjivača i kao uticaj sve većih količina zagadjivača u atmosferi na postepeno smanjenje klimatskih uslova.

4.7.A) Uticaj vremena na zagadjenost vazduha zasniva se na prisustvu ili odsustvu klimatskih elemenata kao što su strujanje vazduha, vlažnost, itd. koji mogu da utiču na koncentraciju polutanata u atmosferi. Na primjer, dim iz dimnjaka se brzo prenosi pri turbulentnim strujanjima vazduha čime se smanjuje koncentracija, dok se pri temperaturnoj inverziji i tihom vremenu sakuplja u sloju inverzije, slabo je pokretan i tada se javljaju veće koncentracije polutanata.

Najpovoljniji uslovi su oni koji ne omogućavaju stvaranje velikih koncentracija zagadjivača pospešujući intenzivno rasturanje štetnih materija. Jaka turbulencija vazduha je najpogodnija. Obzirom na poreklo turbulencija može biti mehanička i termodinamička. Mehanička turbulencija, vrtloženje, nastaje kretanjem vazduha preko neravnog terena, značajnu ulogu ima u gradovima. Ovaj fenomen je, recimo, korišćen pri izgradnji naših primorskih mesta (Korčula) radi boljeg "provetravanja" grada. Pojava mehaničke turbulencije važna je i za pravilno funkcionisanje dimnjaka, kao načina za smanjenje koncentracija zagadjivača u atmosferi. Mehanička turbulencija nastaje i prilikom kretanja vozila u saobraćaju, što treba uzimati u obzir prilikom izgradnje saobraćajnica.

Mnogo značajnija je turbulencija koju stvaraju termodinamički procesi u vazduhu. Toplotno mešanje vazduha, prolazak hladnog fronta, izaziva jako turbulentno strujanje kao i snažne padavine koje intenzivno "čiste" prizemne slojeve vazduha, smanjujući tako koncentracije štetnih materija.

Najnepovoljniji meteorološki uslovi, sa gledišta zagadjenosti vazduha, nastaju kada vazduh miruje, a postoji i jaka inverzija temperature.

Tiho vreme sa dosta vlažnosti i kondenzacionih jezgara omogućava pojavu jakih magli. U hladnom periodu, u određenim vremenskim situacijama, ovako formirane magle mogu da traju danima (već pominjana londonska magla). Tada su, obično, kombinovane sa smogom što može da izazove neželjene posledice. U zimskom periodu, u ovakvim situacijama, odsustvo intenzivnog sunčevog zračenja, kraći dani, ne omogućavaju veće zagrevanje Zemljine površine, što podrazumeva odsustvo jačih vertikalnih strujanja vazduha. Velika vlažnost, kao i dugotrajno noćno odavanje toplote zračenjem, uz tiho vreme, izazivaju nastajanje magli, posebno u dolinama.

U dolinama je ovaj proces hladjenja pojačan, jer dolazi do nagomilavanja hladnog vazduha, koji se spušta sa okolnih uzvišenja. Kada se dolina napuni vazduhom, kaže se da je nastalo "jezgro hladnog vazduha". Ono se odlikuje vrlo

jakom inverzijom temperature, što znači da temperatura raste sa visinom. Na maloj visinskoj razlici od 100-150 m temperatura može da bude niža u dolini i za 15 C. Takva mesta se u narodu zovu "mrazišta".

U inverzionom sloju nema vertikalnog strujanja vazduha, pa ni bočnog. Usled toga, recimo, dimnjaci niži od inverzionog sloja, izbacuju štetne materije u jedan sloj vazduha ograničene visine. Ove materije se gomilaju stvarajući velike koncentracije i veliko zagadjenje vazduha (primer Sarajeva).

4.7.B) Uticaj zagadjenog vazduha na klimu u zavisnosti od intenziteta zagadjenja, može da ide dotle, da se u lokalitetima velikog zagadjenja stvaraju i održavaju posebni klimatski ili mikroklimatski uslovi. Takodje se strahuje, ukoliko se nastavi sa ovakvim tempom zagadjenja, da to može da izazove klimatske promene na čitavoj planeti.

Osnovni pokretač svih mehanizama atmosfere na zemlji je Sunčevo zračenje. Od promena toplotne energije u atmosferi i njene raspodele u prostoru zavisi opšta cirkulacija atmosfere i stvaranje, razvoj i intenzitet dinamičkih procesa i sistema od kojih zavise meteorološki procesi i klima uopšte. Strane otpadne materije, čestice zagadjivača uvazduhu, procesima apsorpcije i rasejanja, znatno smanjuju dotok Sunčeve energije na Zemlju, koja se zbog toga slabije zagreva, kao i prizemni sloj atmosfere.

Sa sigurnošću se izvodi zaključak da nema meteorološkog elementa na koji zagadjenost vazduha ne utiče u manjoj ili većoj meri. Najočiglednije se ta zavisnost uočava poredjenjem klimatskih faktora većeg grada i njegove okoline. Ovo važi, uopšte, za sve meteorološke faktore i sve zagadjene lokalitete.

Vidljivost u gradovima i industrijskim reonima je znatno umanjena. To se najjednostavnije primećuje iz aviona. Gradovi su obavijeni sivkastim omotačem koji ponekada ne omogućava raspoznavanje ulica i zgrada. Istovremeno se neki izdignuti delovi mogu lepo videti. U kontroli zagadjenosti vazduha vidljivost je značajan meteorološki parametar koji je uvršten u programe meteoroloških meenja.

Magla i sumaglica se često javljaju noću i češće su u zimskom periodu. Mogu da traju i po nekoliko dana; tada je u industrijskim gradovima povećan broj smrtnosti dece i starih i bolesnih osoba. Prema podacima prikupljenim u Engleskoj, u zimskom periodu gradovi imaju 100%, a u letnjem 30% više magli nego okolna sela.

Sunčevo zračenje znatno slabi pri prolasku kroz sloj vazduha koji sadrži čestice zagadjivača i to na svim, a posebno na najmanjim talasnim dužinama. Na osnovu merenja utvrđeno je da je kratkotalasno zračenje u gradovima, u proseku, 10-12% manje nego u njihovoj neposrednoj okolini. Ultravioletno zračenje u gradovima Engleske je leti za 5%, a zimi čak za 30% manje nego u njihovoj okolini. Ovo, pored ostalog, izaziva oboljenje male dece od rahitisa. Stoga se u Engleskoj već uveliko radi na "čišćenju" i zaštiti gradskih naselja.

Oblačnost iznad gradova je povećana u odnosu na stanje u njihovoj okolini. Razlozi za to su slični onima koji potpomažu stvaranje magli. Primarnu ulogu, svakako, ima termičko opterećenje gradskih sredina; topliji i lakši vazduh se diže uvis a na njegovo mesto dolazi hladan i vlažan iz okoline koji doprinosi povećanju oblačnosti.

Vlažnost vazduha u gradovima je manja nego u njihovoj okolini, i to iz dva razloga. Prvo, vazduh u gradovima je topliji, a kao drugo gradsko tlo je prekriveno asfaltom i betonom tako da sve padavine otiču u kanalizaciju i ne postoji naknadno isparavanje, kao što je to slučaj u okolini. Relativna vlažnost u gradovima je danju u proseku za 10%, a noću za 20-30% manja od vlažnosti vazduha u okolini.

Količina padavina u znatnoj meri zavisi od zagadjenosti vazduha. Razlozi za to su: mnoštvo čestica potencijalnih jezgara kondenzacije, postojeća gradska cirkulacija vazduha, promena strujanja vazduha zbog urbane geometrije i povećanja vlažnosti zbog procesa sagorevanja.

Engleski meteorolog, Ašvort, utvrdio je još 1929. godine na osnovu desetogodišnjih podataka jedne gradske meteorološke stanice, da su tamo padavine u radnim danima za 13% veće nego nedeljom ili praznikom kada fabrike ne rade.

U jednom mestu u blizini Čikaga, koje se nalazi na pravcu preovladjujućih vetrova iz Čikaga, primećeno je da su količine padavina srazmerne količinama proizvedenog čelika. Na istom mestu količine padavina bile su srazmerne broju dana sa "smogom" u Čikagu. Na druga dva mesta, koja se ne nalaze na pravcu preovladjujućih vetrova iz Čikaga, a bila su mu čak i bliže, u posmatranom periodu nisu primećene nikakve promene u količini padavina u vezi sa izradom čelika. Očigledno da je zagadjeni vazduh Čikaga prouzrokovao primećene promene u režimu padavina na posmatranoj stanici. Pored toga, na ovoj stanici primećen je povećan broj dana sa grmljavinama i pljuskovitim padavinama.

Pretpostavlja se da su ovako drastične promene režima padavina na ovom mestu prouzrokovale visoke koncentracije čestica leda i toplota koju su proizveli industrijski pogoni. Poznato je da su čeličane veliki proizvođači čestica leda, koje imaju bitnu ulogu u stvaranju elemenata padavina. Ovde treba pomenuti da je eksperimentalno utvrđeno da izduvni lonci automobila stvaraju kristale leda, što takodje utiče na povećanje padavina.

Snežne padavine u gradovima takodje imaju svoje osobenosti. U nekim vrlo zagadjenim gradovima primećeno je da se snežne padavine javljaju ranije i kasnije prestaju nego u njihovoj okolini. I pored toga u gradovima ima manje snega, pošto se on, usled više temperature brže topi, takodje se i uklanja.

Uticaj zagadjenosti vazduha, kojoj je uzrok čovek, na vremenske procese i klimu veoma su vidljivi. Ovde su za sada u pitanju pojedini lokaliteti, veći gradovi i pojedine industrijske oblasti. Uticaj zagadjenja na globalne promene klime za sada nije eksplicitno utvrđen. U tim razmerama količine zagadjivača u atmosferi još su relativno male. Uticaj zagadjenog vazduha na klimu može se za sada posmatrati

samo na osnovu nekih primera većih prirodnih zagađenja. Od prirodnih izvora, vulkanske erupcije su najmoćniji izvori zagađenja: Jedna od najvećih erupcija na Zemlji svakako je erupcija vulkana Krakatau, 27. avgusta 1883. godine. Tom prilikom u vazduh je izbačeno oko 20 000 miliona tona raznih materijala na oko 30 km visine. Ova erupcija se direktno, a i preko posledica osetila na celoj Zemlji. Došlo je do bitnih promena u atmosferi, koje su uticale na vreme i klimu na Zemlji: temperatura je opala, oblačnost i padavine su se povećale, a vetrovi pojačali. Klima je postala znatno oštrija. Nekoliko godina zime su bile hladnije i duže, leta kratka i prohladna sa dosta padavina. Što se veštačkih izvora zagađenja tiče u zadnje vreme se veoma ozbiljno predviđaju ogromne posledice koje mogu da nastanu usled sve intenzivnije emisije otpadnih gasova u atmosferu.

4.7.C) Uticaj gradova na klimu već smo donekle sagledali iz prethodnog izlaganja. Gradovi imaju specifičan uticaj na razvoj meteoroloških procesa, što se vidi iz analize meteoroloških parametara. Na njih utiču struktura grada, masa i visina zgrada, velika koncentracija betona, čelika i asfalta, industrija, grejanje i jak saobraćaj. Prizemni slojevi vazduha u gradovima imaju veoma složeno polje vetra, koje zavisi od geometrije grada. To kanališe strujanje vazduha, smanjuje brzinu vetra i povećava turbulenciju: Usled toga nastaje vrlo složeno ponašanje otpadnih materija u prizemnim slojevima vazduha. U pojedinim situacijama, naročito iznad velikih gradova, dolazi do lokalne cirkulacije vazduha. Ovo strujanje vazduha je zasnovano na istim principima kao i lokalni vetrovi, nastaje usled temperaturne razlike iznad grada i njegove okoline, zbog povećanog termičkog opterećenja gradske sredine.

Vazduh iznad grada je topliji pa se diže uvis, a na njegovo mesto dolazi svežiji vazduh iz okoline. Vazduh koji se diže uvis, hladi se, počinje da se spušta, dolazeći na mesto hladnijeg koji je otekao ka gradu. Tako nastaje zatvorena lokalna cirkulacija.

U gradovima sa mnogo trgova, ulica i gradjevina od čelika i betona, sa malim površinama zelenila, koje se stalno smanjuju, vazduh se brže zagreva. Tome znatno doprinose veliki saobraćaj, industrija i grejanje. Zbog svih ovih uticaja dnevna, sezonska i godišnja kolebanja temperature vazduha u gradovima su manja od kolebanja temperature vazduha u okolini. Inače prosečna temperatura vazduha u gradovima je za 2-3 stepena viša nego u okolini.

Relativna vlažnost vazduha u gradovima je niža od vlažnosti vazduha u okolini. Gradski vazduh je uvek bogat mnoštvom otpadnih materija, koje stvaraju veliku mehaničku zamućenost i vrlo ograničenu vidljivost. Ovo, takodje, povoljno utiče na pojavu magli i sumaglica a doprinosi povećanju padavina, što znatno utiče na smanjeno primanje sunčeve energije i na izračavanje primljene toplotne energije.

Značajne razlike u vrednostima meteoroloških činilaca ukazuju da gradovi imaju sopstvenu klimu, koja se dosta razlikuje od njihove okoline. na osnovu toga

nastao je termin "gradske klime". Što je grad veći, veći je i njegov uticaj na meteorološke procese i činioce. Veliki uticaj na "gradsku klimu" ima reljef tla. Gradovi su obično gradjeni u dolinama reka, što znatno utiče na vlažnost vazduha, pojavu magli i sumaglica. Delovi gradova koji su u dolini imaju ponekad jaku maglu, čak i jak "smog", dok se viši delovi grada kupaju u suncu. To je česta pojava i u Beogradu. Zbog toga u dolinama reka koje protiču kroz gradove, ne bi trebalo olako donositi odluke o gradnji stambenih objekata, bolnica, škola i dr. Ovi delovi grada nisu pogodni ni za gradnju velikih zagadivača vazduha, tj. fabrika, toplana, elektrana i dr.

V

KORIŠĆENJE TLA I MINERALNIH SIROVINA PROSTORNO PLANIRANJE I URBANIZAM

5.1. Posledice nepravilnog iskorišćavanja zemljišta na okolinu.

Tlo, površinski omotač Zemlje, jedan je od činilaca čovekove životne sredine. Na tlu se zasniva život biljaka, životinja i čoveka. Tu se proizvodi hrana, vlakna, drvo, skaupljaju se rezerve vode. Pored toga, tlo, biljni pokrivač i voda nisu samo izvori poljoprivredno-šumskih dobara, to su istovremeno i faktori ravnoteže životne sredine. Nepravilno iskorišćavanje tih prirodnih bogatstava može dovesti do njihove degradacije, a ona uslovljava narušavanje ravnoteže zaštitnih i razornih snaga životne sredine.

Nepravilno iskorišćavanje šuma, pašnjaka i obradivih površina remeti njihovu zaštitnu funkciju. Na nedovoljno obraslim šumskim površinama, preterano iskorišćavanjem pašnjacima, na golim, preoranim nagnutim i strmim površinama smanjuje se upijanje voda i povećava njihovo oticanje. Ubrzano oticanje izaziva erozione procese vodom, kao što snažni vetrovi izazivaju eolske erozione procese.

Odnosno čestica, bilo vodenom, bilo eolskom erozijom, osiromašuje tlo, pogoršava uslove za proizvodnju i kvalitet, te i prinosi opadaju. Opadanje kvaliteta i prinosa je samo deo šteta koje uzrokuje erozija tla. Odnosno tle u suspenzijama vodotoka zamućuje-zagadjuje vodoopskrbne objekte, akumulacije, zatrpava druga tla, objekte i naselja. Nabujali vodotoci od pre naglog pritanja ruše, plave, zagadjuju nizine. Svedoci smo katastrofalnih poplava, visokih mutnih vodostaja u kišnim i vrlo niskih vodostaja u suvim periodima.

Erozija tla je uništila ogromna prostranstva poljoprivrednog i šumskog zemljišta sveta, i naše zemlje.

Prema podacima vodoprivrednih ustanova i projektnih elaborata, od pre desetak godina, procenjuje se za područje SFRJ da se pod procesima ubrzane vodne i eolske erozije nalazi:

- | | |
|--|------------------------|
| a) Pod procesima ekscesivne (preterano jake) ubrzane vodene i eolske erozije | 25.500 km ² |
| b) Pod procesima jake vodene i eolske erozije | 36.500 km ² |
| c) Pod procesima srednje jake erozije | 72.300 km ² |
| d) Pod procesima početne ubrzane erozije | 51.800 km ² |

što ukupno čini 186.200 km² ili 18.620.000 ha, a to predstavlja 72,8% ukupne površine Jugoslavije (255.804 km²).

Još 1955. godine erozija tla je proglašena našim primarnim privrednim i društvenim problemom. Narasle ideje i saznanja o potrebi spasavanja životne sredine podvlače još više taj društveni problem. Ovo tim više jer poljoprivreda i šumarstvo obuhvataju najveći kompleks čovekove okoline sveta, a i naše zemlje.

To nas suočava sa potrebom preispitivanja postojećih načina iskorišćavanja tla i biljnih parkova sa ekološkog aspekta. Osvetljavanje stanja zemljišnog fonda uz postojeće kategorije iskorišćavanja je put za uočavanje ekološki pogrešnih akcija i aktivnosti u njegovom iskorištavanju. To bi trebalo da postane put za utiranje ekološki uravnoteženih, konzervacionih sistema iskorišćavanja prirodnih bogatstava.

Područje Mediteranskog basena ocenjeno je najugroženijom i najerodiranijom oblasti sveta. I naša zemlja je suočena sa nasledjem jako oštećenog zemljišnog fonda, na kršu, čije se degradiranje nastavlja jer se na tom planu ništa ne čini. Ovi krajevi kod nas svode se na vinogradarski zemljišni fond koji predstavlja najbolji primer za uočavanje posledica nepravilnog iskorištavanja zemljišta.

Na primer, u Mostarskoj kotlini, na kraju prošlog veka, 1890. godine na 12 katastarskih opština kotline bilo je 1567 ha vinograda. Sredinom ovog stoleća zatečeno je 567 ha vinograda. Površine se i dalje smanjuju. Na istom području se posle 1948. godine podižu vinogradi društvenog sektora, što donekle ublažava ovaj regresivni tok, no ipak nekadašnji fond vinogradarskog zemljišta je smanjen za oko 1000 ha. Smanjivanje vinogradarskih površina posledica je niza uzroka: filokserna invazija, savremeni tokovi industrijalizacije, odliv radne snage, neorganizovanost proizvodnje na individualnom sektoru, urbanizacija kotline, itd. Ovo napušteno zemljište pretovreno je u neplodne pašnjake, koji su zbog oskudne mediteranske vegetacije podložni intenzivnijoj eroziji nego kad su tu bili vinogradi.

Erozija je izmenila osobine bivšeg vinogradarskog tla (koje je u davnoj prošlosti bilo pošumljeno i veoma plodno), a time i mogućnosti njegovog iskorištavanja. Površine vrlo jako erodirane faze tla po dubini izgubljene su sada i za vinogradarstvo i druge obradive kulture. Na njima preostaje kao mogućnost samo pošumljavanje radi očuvanja i obnove preostalog siromašnog tla.

Površine slabo i umereno erodirane faze otežavaju obnovu i održavanje vinograda u zavisnosti od karaktera matičnog supstrata. Podizanje vinograda kao i njihovo održavanje postaje sve skuplje i nesigurnije. Tlo postaje pliće, skeletnije, lošijeg vodnog režima, prinosi su nesigurni bez navodnjavanja i pojačane gnojidbe. Kvalitet je ugrožen u poremećenom prirodnom dozrevanju.

Proizilazi da posledice erozije u tim krajevima ugrožavaju vinogradarsko-vinarsku privredu, ugrožavaju zemljišni fond uopšte, pogoršavaju i ugrožavaju i životnu okolinu. Navedeni primer Mostarske kotline medjutim nije usamljen. On može poslužiti samo za ilustraciju posledica nepravilnog iskorišćavanja zemljišta koje se susreće na svakom koraku.

Posledice erozije ukazuju na potrebu spasavanja preostalog zemljišnog fonda, biljnog pokrivača i voda. To traži mobilizaciju svih snaga u program koji će

biti deo sveukupnog programa za zaštitu i unparedjenje čovekove životne sredine. Na tom planu je potrebno:

- Ubrzati naučno-istraživački rad u otkrivanju zloupotreba u iskorištavanju tla, biljnih parkova i voda; ubrzati istraživanje naših konzervacionih sistema za iskorištavanje prirodnih bogatstava, koji će pored ekonomskih i tehnoloških, respektovati i ekološke kriterije.
- Uvoditi konzervaciono-pedagoško istraživanje i kartiranje pre upotrebe zemljišta za dugogodišnje kulture. Ono bi moralo registrovati efekte prethodnog iskorištavanja i oštećenost zemljišnog fonda.
- Iskorišćavanje zemljišta u okviru razvoja poljoprivrede, šumarstva, vodoprivrede, hidroenergetike, urbanizacije i ruralizacije moralo bi se zasnivati na detaljnoj kartografiji zemljišta po klasama proizvodne sposobnosti, koje uključuju kako mere popravljavanja tako i obavezne mere čuvanja analogno riziku koji postoji u kontekstu ekoloških prilika za sve korisnike.

5.2. Korišćenje prirodnih sirovina i devastiranje zemljišta.

Korišćenje primarnih sirovina u svetu u poslednjih 20-30 godina dostiže prosečnu godišnju stopu rasta od 6 pa i više procenata. U periodu između 1950. i 1970. godine proizvodnja aluminijuma uvećana je za pet puta, bakra četiri puta, cementa preko četiri puta, sumpora i gvozdene rude četiri puta, itd. U istom periodu svetska energetska proizvodnja je trostruko porasla.

Postojećim tehnološkim postupcima, koji se primenjuju, ogroman procenat prirodnih sirovina i energije neiskorišćen se vraća u biosferu ugrožavajući ekološku ravnotežu u njoj. Taj procenat se kreće i do 50% a količina otpadaka se procenjuje i na 40 milijardi tona godišnje.

Na bazi primene do sada poznatih tehnoloških postupaka za eksploataciju, procenjivanjem energetskog i mineralnog potencijala Zemlje, eksperti OUN i stručnjaci Tehnološkog instituta u Masačusetsu (SAD) procenjuju rezerve kamenog uglja na 1.077 milijardi tona (godišnja proizvodnja ove rude iznosi 2.207 miliona tona), mrkog uglja i lignita 340,4 milijarde (godišnja proizvodnja 828 miliona tona), nafte 74,3 milijarde (godišnja proizvodnja 2,8 milijardi tona, prirodnog gasa 32.500 milijardi kubnih metara). Proračunato je, zatim, da rezerve gvoždja iznose 100 milijardi tona (dovoljno za 137 godina eksploatacije), a rezerve obojenih metala, srebra, cinka i urana pri savremenom tempu korišćenja mogu biti iscrpene do 2.050 godine. Rezerve hroma se procenjuju na 775 miliona tona, a sadašnja godišnja potrošnja je 1,85 miliona tona. Računajući da je stopa rasta potrošnje ovog metala 2,6% rezerve će biti iscrpljene za 95 godina.

Platina, zlato, cink i olovo su već deficitarni. Procene svetskih eksperata treba prihvatiti samo uslovno naglašavajući da poznati tehnološki postupci

dozvoljavaju istraživanja površinskih slojeva Zemljine kore, sa neznatnim prodiranjem u dubinu.

Pojedine bušotine dosežu do 3-5 km, a napravljena su samo delimična istraživanja morskog dna, iako se već sada 1/6 ukupne svetske proizvodnje nafte dobija iz bušotina ispod mora. I pored otežavajućih okolnosti prilikom proučavanja rezervi podvodnih nalazišta, podaci pokazuju da se na dubinama od šest kilometara u Tihom okeanu nalaze ležišta koja sadrže 45% mangana, 1% kobalta, 1,44% nikla i 1,8 bakra. Dalje, znatne količine soli i drugih jedinjenja hemijskih elemenata nalaze se rastvoreni u morskoj vodi, pa se od jedne tone okeanske vode može dobiti 30 kilograma različitih soli i 43 hemijska elementa.

Pri ocenjivanju rezervi pomenutih potencijala nisu uračunate količine koje se pojavljuju kao prateća komponenta uz osnovnu rudu i u jedinjenjima, koje ostaju u rudači, najčešće neiskorišćene. U otpadnim vodama i gasovima se takodje nalaze izvesne količine koje ne bi trebalo zanemariti.

Korišćenje postojećih resursa, razumno i planski, omogućuje obezbedjivanje sirovina i energije u potrebnoj meri sve do ovladavanja novim tehnološkim postupcima, i korišćenja energije dobijene iz atomskih elektrana, geotermičke, sunčeve i drugih vidova obnovljive energije.

Istraživanja sprovedena do sada, treba takodje istaći, predstavljaju samo dva hiljadita dela onoga što može da bude istraženo. Imajući u vidu ovaj podatak i veliki procenat neiskorišćenosti sirovina (kod uglja 20%, kod obojenih metala 15-30%, kod kalijumovih soli do 50%, a pri proizvodnji nafte i do 5%) može se zaključiti da trenutno stanje nije alarmantno, ali i koliko je važna promena i usaglašavanje postojećih postupaka i tehnologija dobijanja i pravilnog korišćenja sirovina.

5.2.1. Mineralne sirovine kao deo čovekove okoline.

Ekonomski, socijalni, politički i strategijski značaj mineralnih sirovina, odnosno njihovog prisustva u čovekovoј sredini i njihova eksploatacija, izdvaja mineralne sirovine kao pozitivni i izuzetno značajan elemenat čovekove sredine, koji je do sada isključivo kao takav sagledavan i ocenjivan. Sa druge strane, prisustvo pojedinih vrsta mineralnih sirovina u Zemljinoј kori, njihovo istraživanje, eksploatacija, prerada i sve prateće aktivnosti, u izvesnom broju slučajeva javljaju se kao potencijalno negativan sadržaj čovekove okoline.

Kompleksno sagledavanje mesta i značaja mineralnih sirovina, ocenjivanje sa aspekta ovih protivrečnosti a ne samo u cilju opravdanosti ulaganja u istraživanje i eksploataciju, ili zahteva tržišta, koje je redovno van područja pojavljivanja i korišćenja određene vrste mineralne sirovine, dovešće svakako do iznalaženja adekvatnijih rešenja u cilju očuvanja sredine.

Intenziviranjem istraživanja i eksploatacije ležišta mineralnih sirovina, koja su imala svoje izdanke na površini, saznanja iz ove oblasti postala su sve bogatija,

dok se broj neotkrivenih i neistraženih izdanaka naglo smanjio. U cilju otkrivanja novih, ekonomski interesantnih koncentracija najraznovrsnijih mineralnih sirovina, moralo se "silaziti" ispod površine zemlje za pronalaženjem takozvanih "slepih" rudnih tela. Uvodjenjem novih metoda istraživanja, koja se sve više zasnivaju na interdisciplinarnim znanjima, dolazi i do razvoja novih naučnih i stručnih geoloških disciplina. Tako je geohemijskim istraživanjem sadržaja i raspodele elemenata u stenama, zemljištu, vodama i vegetaciji, u cilju iznalaženja mineralnih koncentracija koje nemaju izdanaka na površini, utvrđeno, da i sama mineralna priroda, bez uticaja čoveka ili sa njegovim delimičnim posredovanjem, može da stvori uslove, koji, u manjoj ili većoj meri, ugrožavaju opstanak ili normalni razvitak živog sveta.

Izdvajanjem geohemijskih provincija i geohemijskih oblasti sa povećanim sadržajem ili deficitom nekih hemijskih komponenata, utvrđena je korelacija rasprostranjenja određenih bolesti i geohemijskih karakteristika sredine. Uzročna povezanost između deficita u jodu i endemske strume poznata je već više godina. Ispitivanja su pokazala da se rak i multipla skleroza mogu povezati sa geološkom podlogom i sa nedostatkom ili obilnošću pojedinih elemenata u ljudskoj ishrani. Velika smrtnost od bolesti srca i krvnih sudova u nekim oblastima, proučava se sa stanovišta uticaja geohemijske sredine, a u istom pravcu traga se i za uzročnicima endemske nefropatije. Do sada dobijeni rezultati ukazuju na uzročnu povezanost između koncentracije mikroelemenata u prirodi (Cd, Cr, Mo, Sr, As, F i dr.) i rasprostranjenja mnogih degenerativnih oboljenja kod čoveka. U tom smislu, izuzetna pažnja se poklanja odnosu geohemijske sredine i geografske patologije.

Povećan ili smanjen sadržaj pojedinih elemenata u određenim područjima, utiče u određenoj meri i na razvoj celokupnog biljnog i životinjskog sveta, dovodeći do promena ili sprečavajući razvoj jedinki ili vrsta. Na osnovu ovoga već su razradjene pojedine metode istraživanja ležišta mineralnih sirovina, čiji rezultati imaju mnogo širi značaj. Prisustvo određenih koncentracija mineralnih materija u Zemljinoj kori dovodi i do odgovarajućih promena u hemijskom sastavu podzemnih i površinskih voda.

Pod uticajem egzogenih faktora (voda, vetar, kiša, sunce, led, sneg, itd) na mineralne sirovine dolazi do niza hemijskih reakcija i promena koje mogu znatno uticati na okolinu. Oksidacijom sulfidnih minerala, recimo, dolazi do oslobađanja izvanredno korozivne sumporne kiseline, koja može da rastvara većinu elemenata sa kojima dodje u dodir, snižava pH vrednost vodenih tokova i snabdeva ih znatnim količinama minerala, itd. Suspendovane mineralne čestice imaju veliki kapacitet absorpcije rastvorenih mineralnih materija, što zavisi i od veličine čestica i od mineralnog sastava. Utvrđeno je da alevolitska i glinovita frakcija i organska materija adsorbuju najveće količine radionukleida i da glinoviti rečni muljevi sa organskom materijom pokazuju 20 puta veći intenzitet zračenja od prosečnog peskovitog sedimenta, itd.

Čovekovim delovanjem, istraživanjem ruda, eksploatacijom, pripremom i preradom minealnih sirovina, može doći, i dolazi, do novih i mnogo većih poremećaja u životnoj sredini. Kao posledice teških poremećaja izazvanih neadekvatnom upotrebom i korišćenjem mineralnih sirovina, koji su doveli do znatne degradacije sredine i koja se ne može, ili može veoma teško izlečiti, mogu se navesti sledeći slučajevi:

- tereni i područja intenzivno napadnuti industrijskim toksičnim polutantima (okoline topionica, flotacija, separacija, i sl.),
- posebno jako erodirani tereni (što je često posledica geološke gradje tla i razvoja biljnog sveta na njemu, ali veoma često i čovekove neracionalne delatnosti),
- tereni sa velikim nagomilavanjem rudničke jalovine,
- deponije zgre, šljunka, topioničke, flotacijske i separacijske jalovine i sl.,
- napušteni površinski kopovi, rudarski pogoni i istražna radilišta,
- napušteni kamenolomi, peskare, šljunkare, ciglane, pozajmišta zemljišta, i druga mesta gde je vršena eksploatacija, neke mineralne sirovine, o kojima se po prestanku radova više ne vodi računa.

Eksploatacijom, pripremom i naročito preradom mineralnih sirovina, dolazi često i neizbežno i do zagadjivanja vazduha, osiromašenja, promene režima i zagadjanja podzemnih i površinskih voda, štetnim materijalima koji su hemijske (ugljenmonoksid, ugljen-dioksid, sumporna, azotna, amonijačna i fluorna jedinjenja), fizičke (razne vrste čvrstih aerosola) i radioaktivne prirode.

Vodeni tokovi u blizini postrojenja za obogaćivanje ili preradu mineralnih sirovina (flotacije, separacije i sl.) zagadjeni su od ispuštenih otpadnih voda u tolikoj meri da predstavljaju prave industrijske kanale u kojima je uništen biljni i životinjski svet. Izgradnjom vodenih akumulacija za ovakva postrojenja obavezno dolazi do poremećaja vodenih tokova, poremećaja režima podzemnih i površinskih voda a samim tim i do poremećaja ekosistema.

Ovo sve ukazuje da mineralne sirovine in situ ili delovanjem čoveka (istraživanje, eksploatacija, priprema i prerada) mogu dovesti i da dovode do degradacije čovekove okoline, koje nekada mogu biti katastrofalne i dovesti u pitanje živi svet pa i čoveka u njoj. (Jedan takav slučaj je Rudarsko-metalurško-hemijski kombinat olova i cinka "Trepča" u Zvečanu-Kosovska Mitrovica, gde pod uticajem štetnih gasova i prašine sa jalovišta, u široj okolini godinama nije bilo ptica, domaće životinje nisu mogle opstati, tek svaka druga trudnica normalno je nosila i radjala).

5.2.2. Iscrpljenost i neobnovljivost ležišta mineralnih sirovina.

Relativno intenzivna eksploatacija praktično svih mineralnih sirovina ima za posledicu da su neka ležišta potpuno ili delimično iscrpljena, dok su neka, pod uticajem kretanja na svetskom tržištu, pada cena i monopolskih tendencija, obustavila dalju eksploataciju.

Realnost o iscrpljenosti i neobnovljivosti ovih izvora prirodnog bogatstva, tek zadnju deceniju počinje da okupira naučnu i stručnu javnost. Tako dolazi i do prvog definisanja pojmova o iscrpljenosti ležišta-relativne i apsolutne iscrpljenosti. Pod apsolutnom iscrpljenošću ležišta podrazumeva se slučaj kada je praktično sva mineralna supstanca otkopana, dok je relativna iscrpljenost uglavnom posledica nerentabilnosti i neekonomičnosti proizvodnog procesa. Ovo može biti uslovljeno niskim sadržajem korisne komponente, nepovoljnim prirodnim uslovima, skupim i neadekvatnim tehnološkim postupkom za preradu ili obogaćivanje, padom cena itd., kada dolazi do prekida eksploatacije ili slučaja da istraženo i pripremljeno ležište iz navedenih razloga ne bude pušteno u eksploataciju.

Intenzitet apsolutne iscrpljenosti (tipični primeri su, za antimon-Bujanovac, Crni Vrh, zapadna Srbija; za hromit-Raduša, Deva i dr.; Gornja Lipa, Mali Krivelj i brojna rudna tela Bora i Majdanpeka za bakar, više ležišta barita, magnezita, pegmatita, mangana i nafte) može se sagledati iz podataka o ukupnim količinama najvažnijih mineralnih sirovina, koje su otkopane posle rata u Jugoslaviji, tabela 5.1.

Sabiranjem navedenih količina dobijenih mineralnih sirovina samo u Jugoslaviji u posleratnom periodu dolazi se do količine od oko 1 milijarde tona, što je po obimu i težini jednako nekoj većoj planini. Raspoložive rezerve pomenutih mineralnih sirovina, koje su do sada istražene i utvrđene, znatno su veće od do sada izvadjenih količina, ali se pri tome mora imati u vidu činjenica da su mineralne sirovine, za razliku od drugih prirodnih bogatstava neobnovljive, što je od posebnog značaja kada se razmatra problematika mineralnih sirovina i čovekove okoline.

Tabela 5.1.

Mineralna sirovina ili primarni proizvod	Dobijena količina od 1946-1973.god. u SFRJ
Energetske sirovine	
-nafta	34.379.000 tona
-prirodni gas	8.388.000.000 m ³
-ugalj (sve vrste)	580.944.000 t
Sirovine i proizvodnja metala	
a) Rude	
-gvoždje	56.171.000 t
-bakar	120.884.000 t
-olovo i cink	55.051.000 t

-boksit	31.619.000 t
-hrom	2.344.000 t
-antimon	2.422.000 t
-mangan	323.356 t
-živa	5.200.000 t
b) Metali i njihovi proizvodi	
-sirovi čelik	36.333.000 t
-ferolegure	1.386.536 t
-bakar (blister)	1.600.000 t
-bakar (elektrolitički)	1.310.422 t
-olovo (rafinisano)	2.260.276 t
-cink	952.541 t
-aluminijum (blokovi)	734.914 t
-antimon (regulus)	53.604 t
-živa	13.821 t
-srebro	2.589 t
-bizmut	2.348 t
-selen	130 t
-zlato	56 t
-koncentrat volframa	835 t
Sirovine i proizvodnja nemetala	
-magnezit	7.634.000 t
-azbest (ruda)	5.500.000 t
-azbest (vlakno)	168.067 t
-barit	2.150.000 t
-feldspat	620.000 t
-gips	3.400.000 t
-kvarcni pesak za staklo	10.700.000 t
-vatrostalna glina (sirova)	4.250.000 t
-liskun	1.660 t
-cement	71.170.000 t

Iscrpljenost i neobnovljivost ležišta mineralnih sirovina sve više će dovesti i do krize sirovina u svetu i do trajne orijentacije na istraživanje i eksploataciju siromašnijih nalazišta, koja sadrže veoma male količine korisnih komponenti, što će za posledicu imati otkopavanje znatno većih količina rude (na primer danas je za dobijanje 1 tone bakra potrebno iskopati oko 10 puta veću količinu rude nego u prvim posleratnim danima, dok će se ovaj odnos puštanjem u eksploataciju Velikog Krivelja, povećati još za nekoliko puta), a time i degradacija većih površina tla kopanjem, kao i odbacivanjem jalovine posle prerade.

Realno je očekivati, da će posle dosadašnjih relativno uspešnih početnih rezultata, prostranstva i vode mora i okeana biti sredina iz koje će se dobijati raznovrsne mineralne sirovine, što će opet imati za posledicu nova i značajna zagadjenja i ovih sredina.

Supstitucija mineralnih sirovina, kao delimično rešenje, koja je često uslovljena i kretanjima na svetskom tržištu, ali koja uz intenzivnije istraživanje i otkrivanje novih ležišta i novih vrsta mineralnih sirovina, uz stalno usavršavanje tehnologije dobijanja, prerade i pripreme minealnih sirovina i uz krajnje racionalnu eksploataciju i preradu, može doprineti, uz ostale napore, očuvanju čovekove sredine.

5.2.3. Socijalno-psihološki aspekti eksploatacije sirovina.

Pojave i ležišta mineralnih sirovina obično se nalaze u bespućima i nepristupačnim terenima. Počev od istražnih, a zatim pripremnih i eksploatacionih radova, u tim sredinama započinje u odredjenom obimu industrijalizacija i urbanizacija, koji, pored opšteg društvenog progressa, nesumnjivo dovodi i do niza nepovoljnih uticaja, koji se često ispoljavaju kroz narušavanje fizičkog i mentalnog zdravlja stanovništva.

Prelaz iz stočarske, voćarske ili agrarne sredine u novu industrijsku, koja i jeste i nije privlačna, dovodi do niza konfliktnih situacija, do značajnih kolebanja i pomeranja u socijalnoj strukturi, fluktuaciji radne snage, do širih migracionih kretanja na liniji selo-industrijsko naselje.

Po pravilu, većinu zaposlenih u novootvorenim rudnicima čine meštani tog područja, koji obavljaju dve aktivnosti-na radnom mestu u rudniku i u poljoprivredi, prihvatajući tako dve vrste navika, dve vrste obaveza i dva načina življenja.

Poslovi radnog mesta, u rudniku, takvog čoveka opterećuju novim obavezama i naporima; da bude tačan, u odnosu na vreme da radi svaki dan bez obzira na godišnje doba i vremensku situaciju, da radi u ograničenom prostoru, u odredjenom ritmu, po normi, da radi u grupi, kada materijalna stimulacija najčešće nije takva da bi ga jače motivisala na definitivno opredeljenje za taj posao, pri čemu porodične obaveze i tradicionalne norme predstavljaju teško rešive probleme. Zato radnici i dalje ostaju vezani za poljoprivredu i poljoprivredne radove. Ovakva kompromisna rešenja uz uticaj faktora koji proizilaze iz specifičnosti radnog mesta (odgovornost, opasnost od povreda, fizičko i psihičko naprezanje, vlaga, buka, prašina, rad u smenama, obavezna dokvalifikacija, obuka na novim mašinama i opremi, fluktuacija neposrednih rukovodilaca, organizacione promene i sl.) često dovode do razvijanja neurotičnih stanja, do pojave pravih epidemija alkoholizma i povećanog broja nesreća na radu.

Profesionalna oboljenja (najizrazitiji je primer silikoza), ostavljaju na osobu katastrofalne posledice, koje se teško mogu meriti sa svim pozitivnim efektima eksploatacije mineralnih sirovina.

Sve ovo ukazuje da aktivnosti vezane za mineralne sirovine odnosno razvoj rudarstva u odredjenom kraju, prate odgovarajuće promene života i životne sredine. Neke su usko povezane sa industrijskom proizvodnjom i urbanizacijom, a determinisane su ekonomskim razvojem i procesima prostorne i društvene pokretljivosti.

Tako procesi smanjenja fizičke udaljenosti i procesi tehnicizacije sredine bitno ekološki menjaju sredinu. Promene se najočiglednije ispoljavaju u izmeni prostorne strukture i prostornom pomeranju stanovništva. Rudnici i rudarska naselja postaju tačke koncentracije stanovništva, gde brzo raste populacioni obim i gustina naseljenosti. Menja se areal naselja i narušava prostorni i socijalni integritet, što prate pojave prostorne segregacije sa elementima socijalnog diferenciranja.

Znatno olakšan saobraćaj, izmedju rudarskih i drugih naselja omogućava njihovo izlaženje iz prostorne, ekonomske, socijalne i kulturne izolacije. Javlja se relativno nagao prelazak sa seoske kulture rada i života na kulturu industrijskog društva. Menja se atmosfera društveno-kulturnog života, zadobijajući obeležja žurbe, krize slobodnog vremena sa izraženom orijentacijom za potrošnjom materijalnih dobara.

Početak eksploatacije neke mineralne sirovine, razvojem rudnika i rudarskog naselja, započinje i proces odlivanja iz seoskih naselja obrazovanijeg, mladjeg i sposobnijeg dela društva, što ima za posledicu da seoska naselja, lagano ali izrazito, ulaze u proces starenja, gubeći svoj vitalitet.

5.3. Prostorno planiranje i urbanizam kao elementi životne sredine

Urbanizam je nastao kao tekovina organizovane ljudske borbe za stvaranjem uskladenih odnosa izmedju ljudi i prirode koja ih okružuje, u kojoj žive. On je u svom osnovnom pristupu-svesno menjanje prirode radi njenog uskladjivanja sa potrebama za rad i život ljudi. To menjanje je bivalo različito u raznim istorijskim periodima, na raznim nivoima društvenog razvoja.

Razvojem civilizacije, rastom nauke i tehnike-narastale su i ljudske moći. Otkrivanje prirodnih zakona značilo je i upoznavanje prirode i njenih moći, značilo je i stasalost ljudi da sve više koriste prirodu, da sve "ravnopravnije" uspostavljaju odnose sa njom. Spoznajom prirode rasle su i ljudske sposobnosti za sve zamašnjim intervencijama u njoj, rasle su sposobnosti ljudi da dosežu do sve većeg stepena usaglašenih odnosa: čovek-prirodna okolina.

Urbanizam, kao deo prostornog planiranja, doživljava znatan napredak kroz istoriju:

- Izrastaju organizovani gradovi kao trajnije vrednosti u odnosu na stihijne snage prirode. Ljudi i njihova naselja bivaju sve redje žrtve prirode, sve manje ih uništavaju prirodne katastrofe.
- Urbanizam u Evropi, pre razvoja moderne industrije, dostigao je velike rezultate u izgradnji gradova prevashodno kao estetsko-humanitarnih tvorevina za stanovanje i življnje. Gradovi su dosegali vrhunske domete u arhitekturi, vajarstvu i hortikulturi.
- Nastaje sve veća tehnicizacija ljudskih naselja i paralelno sa ovim zamašna eksploatacija prirodnih dobara.
- Urbanizam postaje i naučno-tehnička disciplina a ne samo kulturno-humanitarna delatnost, kakva je bila u svom začetku.

Urbanizam postaje obimna i značajna aktivnost, profesionalna oblast i delatnost, a nauka i tehnika ne samo potreba nego i društvena nužnost. Pored prakse formira se i teorija urbanizma, a urbanistički planovi postaju zakoni. Prostorno planiranje razvija se sve više i van granica gradova; urbanizam počinje da se utapa u širu kategoriju planiranja-u prostorno planiranje; od urbanizacije naselja, gradova, sela preko regionalnih prostornih planiranja do zemaljskih prostornih planiranja. Paralelni procesi odvijali su se u ekonomskim i društvenim planiranjima.

Od "azbuke" urbanističke planske prakse na prvom mestu je dokumentacija o prirodnim osobenostima i uslovima. Analiza tih uslova je prvenstveno usmerena ka koncentracijama podobnosti koje priroda nudi i ka upoznavanju nepogodnosti koje može da ispolji u odnosu na rad ljudi, da bi se došlo do što skladnijeg odnosa između prirode i intervencija koje se predviđaju planom.

Medjutim, urbanizacija koja se odvija kao rezultat delovanja razvojnih snaga daje brojne primere razaranja (ili blaže rečeno - nebrige) i ugrožavanja prirodne sredine. U praksi su, često, ciljevi urbanizma i urbanizacije pretvarani u svoju suprotnost.

Ovde treba naglasiti da prostornim planovima nije pokrivena cela teritorija jedne države, postoje "prazni prostori" nedefinisani i nekontrolisani prostornim planovima. I drugo, ljudske potrebe za korišćenjem prirodnih dobara narasle su van urbaniziranih teritorija. Sva ta kretanja dostizala su i dostižu obime bukvalnog i veoma često stihijskog menjanja prirodne sredine, što nam je u nasledje ostavilo prostore kojima ne bi mogli da budemo zadovoljni.

Svemu ovome treba dodati i zahteve "ekonomike" u potrošačkom društvu. U društvu tržišne proizvodnje priroda je data vrednost koja se može neograničeno i bez posledica eksploatisati. Ona praktično nije cenjena kao najširi životni okvir i dugoročni preduslov za život organizovanih ljudskih celina.

Prevazilaženje ovakvih stavova u društvenom smislu moguće je promenom odnosa društva prema vrednostima prirode, a to znači i dugim i drugačijim društvenim interesima i odnosima. U tom pogledu mi imamo društvene preduslove, ali naš društveni sistem je u takvoj fazi razvoja u kojoj su sve prisutniji elementi tržišne privrede, pa i posledice o kojima se govori u odnosu na zaštitu prirodne okoline.

Već dugo vremena se prostorno-planerska teorija zalaže za kompleksnije prilaženje u prostornom planiranju, kako u pogledu širine teritorijalnih zahvata (regionalno, nacionalno prostorno planiranje), tako i u smislu povezivanja prostornog, privredno-ekonomskog i društvenog planiranja.

U posleratnom periodu imali smo fazu velike i burne urbanizacije u čitavoj Jugoslaviji. Nalazimo se pred drugom fazom urbanizacije, odlučujućom po mnogim faktorima za budući život i razvoj. U prvoj smo postigli puno uspeha. Tu su mnogi rezultati unapredjenja radne i životne sredine, kako po većim gradovima i manjim naseljima, tako i u selima; da podsetimo na komunalne uredjaje, vodovod i kanalizaciju, na energetska snabdevenost, posebno elektrifikaciju, na saobraćaj i saobraćajnice, na mreže zdravstvenih, prosvetnih i šire kulturnih službi i organizacija itd. Postignuto je da naše prirodne vrednosti i lepote, planine, jezera i more, zatim istorijsko-umetničke tvorevine, spomenici širom naše zemlje - da sve te vrednosti aktivno koriste najširi slojevi stanovništva. Regionalnom urbanizacijom, izgradnjom saobraćajnica, ugostiteljsko-turističkih i sportsko-rekreativnih kapaciteta, sva ova prirodna i istorijsko-umetnička dobra postala su aktivne vrednosti u životu ljudi.

Medjutim isto tako, dolazilo je do sve obimnijih negativnih poremećaja prirode. Tako su kod nas danas prisutne brojne pojave oštećene, pa i razorene ljudske okoline, po pravilu najviše baš u urbanizovanim sredinama. Te pojave su sve ozbiljnije u delovima gde je intenzivna industrijsko-proizvodna delatnost.

Ono što nam predstoji u narednom periodu u cilju saniranja i unapredjenja životne sredine, bili bi sledeći zadaci:

- Da ispravimo negativnosti nastale dosadašnjom nestručnom urbanizacijom, uočavajući propuste u dosadašnjem radu, u pravcu zaštite, poboljšanja i unapredjenja životne sredine.

- Da izbegnemo negativne pojave do kojih bi neminovno došlo ukoliko ne bismo posvetili više pažnje sredini u daljem društvenom i privrednom razvoju (a što je poznato iz primera zemalja koje su već na nivou proizvodno-privredne razvijenosti i urbanizacije ka kojoj idemo i koje nisu uspele da izbegnu negativne posledice).

- Da angažujemo urbanizam u konkretnu borbu za zaštitu i unapredjenje čovekove sredine, planiranjem i ostvivanjem dugoročnih mera, strateških programa, za rehabilitaciju razorene prirode, za njeno dovodjenje do stanja uskladenosti sa razvojem i potrebama društva u celini.

5.3.1. Urbanizam kao element zaštite životne sredine.

Nova građevinska tehnologija omogućila je industrijalizaciju izgradnje i bitno izmenila fizionomiju stambenih objekata u smislu koncentrisanosti i povećanja volumena. Sa druge strane, automobilizam je omogućio da se objekti za rekreaciju i odmor grade na većim udaljenostima od mesta stanovanja, tako da je jedna permanentna cirkulacija stanovništva stvorila dvostruku urbanizaciju u pravcu iz sela u grad i u pravcu iz grada u prirodu.

U periodu energetske krize saobraćaj je neprestano izložen pritiscima štednje energije. Kad se početkom sedamdesetih godina povodom svetske energetske krize raspravljalo o politici štednje energije, između ostalog je preporučena ne samo štednja već i smanjenje potreba za saobraćajem. Ovakav stav svetske organizacije (OECD) predstavlja neposrednu intervenciju u politici urbanizacije i aktivne zaštite sredine, jer nameće skraćivanje udaljenosti između mesta prebivanja, rada i rekreacije, uslovljavajući "zbijenu" urbanizaciju.

Načela takozvanog zoninga u teoriji urbanizma predstavljaju prostornu podelu privrednih delatnosti, stanovanja i rekreacije u strogo ograničenim, namenski određenim zonama. Osim toga, nastojanje stanovništva da prostorno približe sredinu u kojoj stanuju i rade i prirodnu sredinu u naselju individualnih kuća, umesto očekivanog komfora, donela je i neudobnosti, povećanje potreba za saobraćajem, prvenstveno automobilskim, stvara nove zagađivaće sredine, proširuje neproizvodni period dnevnog angažovanja na račun slobodnog vremena, a sve to radja nove oblike socijalne diferencijacije.

Zbog svega ovoga, formirale su se dileme: zbijena ili decentralizovana urbanizacija, dilema između prednosti života u gradu i života u prirodi, dilema između grupnih prebivališta gradskog tipa u zgusnutom, gradskom tkivu ili u ambijentu porodične kuće.

Urbanizacija je, kao neposredna posledica industrijalizacije, motorizacije i porasta ličnih dohodaka stanovništva, još uvek snažnija od bilo kojeg metoda konvencionalnog planiranja koje u svakom slučaju predstavlja više interpretaciju automatskih procesa urbanizacije, nego sredstvo srednjivanja odnosa između prirode i društva putem racionalne prostorne podele stanovanja, rada i rekreacije.

Budući da se vrednost sredine može smatrati kao specifičan test vrednosti društvenih sistema i jedan od važnijih kriterijuma po kome će se ceniti društvo u celini, predstoje neminovne, radikalne promene u smislu transformacije strategije urbanizma i prostornog planiranja. Te promene bi trebalo da se ogledaju u sledećem: 1. u pogledu sadržine, 2. u pogledu oblika, 3. u pogledu prostorne dispozicije i 4. u pogledu učešća čoveka.

1. Problem se pojavio u mnogome i zbog toga što se čovek, koristeći resurse prirode, našao i izvan i iznad nje. U uslovima stihijske industrijalizacije i urbanizacije u kojoj čovek ima isključivo ulogu eksploatatora došlo je neminovno

do dezintegracije sa okolinom. Razvoj društvenih odnosa nameće potrebu izmene odnosa čoveka prema prirodi, tako da ona više ne bude njegova okolina, ona suštinski postaje njegova sredina.

2. Društvo se još uvek nalazi u raskoraku izmedju mogućnosti koju tehnika pruža i posledica koje ona ostavlja iza sebe. To ne znači odricanje od tehničkog progressa, vraćanje primitivnijim tehnologijama, izgradnji individualnih zgrada, već treba pronaći način da se uskladi prirodno i izgradjeno. Samo tako, ne diskriminišući ni jedno ni drugo, moguće je ostvariti integraciju životne sredine kao integralne komponente društva.
3. Savremeni tokovi urbanizacije uslovljavaju razmeštaj aktivnosti u prostoru u skladu sa razmeštajem stanovništva, što će uticati na koncentrisanje ljudi u gradovima, a sa druge strane, usloviće povremene migracije iz gradskih u seoska područja. Osim toga, porast fonda slobodnih dana koji kod nas iznosi blizu 120 (trećina godine), skraćivanje radne nedeljne i radnog vremena dovešće do ravnomernijeg odnosa izmedju radnih i slobodnih dana, što će usloviti ravnotežu pri upoređivanju važnosti i davanja prioriteta mestu stanovanja i rada u odnosu nad mestom rekreacije i odmora. Ova bitna i sve aktuelnija promena mora dovesti do kvalitetnijih transformacija u koncepcijama prostornog uređenja, do uravnoteženijeg prostornog i urbanističkog razvitka seoskih područja umesto njihove diskriminacije.
4. Da bi se ostvarila neposredna sprega sredine i onoga koji je uživa, neophodno je problemu prilaziti podrazumevajući da je čovek, istovremeno, i subjekat i objekat stvaranja.

Prema tome, da bi čovek uspostavio korektan i human odnos sa svojom sredinom mora postojati preduslov da motivi pojedinca i društva budu jedinstveni, što takodje, uslovljava integritet ljudske svesti i društvene prakse.

Samo ovako kompleksnom analizom koncepcije, oblikovanja, dispozicije i akcije može se uspešno ostvarti reintegracija: čoveka i sredine, sadržine i oblika, urbane i prirodne sredine, čovekovih aspiracija i društvene prakse.

5.3.2. Prostorno planiranje i životna sredina.

Vrlo često do sada, pa i sada, naročito ako se nagomilala problematika koja se hitno mora rešavati veliki objekti, od šireg društvenog značaja i važnosti za zajednicu i okolinu, podižu se ili se vrše pripreme za podizanje na brzinu, bez prethodnih istraživačkih i studijskih analiza okoline, već se u pojedinim slučajevima gledaju uski interesi investitora ili jedne privredne grane. Sličan slučaj je i sa manjim objektima, gde investitori nameću svoje zahteve, vodeći računa ponekada isključivo o sopstvenim interesima, a ne sagledavajući štetne posledice koje će se negativno odraziti na radnu i životnu sredinu.

Posledice koje su nastale usled jednostranog rešavanja pojedinih pitanja na poslovima planiranja, projektovanja, lociranja i izgradnje raznih objekata na životnu sredinu su ogromne, a njihova sanacija zahteva ogromna materijalna sredstva i umeće.

Burni posleratni razvoj većine naših gradova, gde su od mnogih malih naselja postali veći gradovi ili industrijski centri, nije često dozvoljavao da se sinhronizovano prati razvoj svih mogućih službi, neophodnih za razvoj nekog područja. Nedostatak ili nekompleksnost stručnih službi, a naročito nedostatak kadrova iz oblasti planiranja, imali su za posledicu velike greške i propuste, koji su se negativno odrazili na životnu sredinu.

Glavni problem koji se pojavljuje pri izradi projekata jeste što se ne izvrše sve potrebne pripreme i obavi sav istraživački rad, pre nego što se pristupi samom projektantskom radu. Prvi propust je od strane investitora, koji često žele da dodju do jeftinih projekata, a samim tim i do jeftinijih objekata; drugi je od strane projektantskih organizacija, koje zbog nekompletnosti stručnih kadrova, ili raznih vidova uštede, ne izvrše sve potrebne predradnje, a samim tim ne kompletiraju projekte.

Kod velikih objekata, koji svojim procesom rada znatno utiču na zagadjivanje životne sredine, moralo bi se nastojati da se pre početka bilo kakvih radova izvrše sva moguća istraživanja i ispitivanja, pa da se nakon sredjivanja i proučavanja dobijenih rezultata pristupi izradi kompletnih projekata. Ukoliko se usvoji takva praksa, kasnije se ne javljaju problemi oko otklanjanja štetnih posledica nekog objekta, bez obzira na veličinu i namenu, na okolnu životnu i radnu sredinu.

Jedan od karakterističkih primera gde nedostatak kompletnih projekata utiče kako na rok izgradnje i prekoračenja investicionih ulaganja, tako i na zagadjivanje životne sredine jeste, fabrika cementa u Pljevljima. Za ovaj industrijski objekat, koji spada u značajne zagadjivače životne sredine, prilikom početka radova nisu bili kompletirani projekti. Čak ni kada je objekat bio u završnoj fazi nisu bili završeni svi projekti, kao na primer ozelenjavanje fabričkog kruga i urbanizacija uže i šire okoline.

Sličan je slučaj i sa pripremnim radovima za izgradnju termoelektrane Pljevlja I i Pljevlja II. Iako se o njihovoj izgradnji govorilo više od deset godina, nisu bila izvršena obiljnija ispitivanja i istraživanja o budućoj štetnosti ovog zagadjivača na užu i širu životnu okolinu.

Kada se radi o velikom aerzagadjivaču, kao što su to termoelektrane od 2 x 220 MW, čije će pogonsko gorivo biti ugalj i koje će biti smeštene u Pljevljskoj kotlini, kao karakterističan primer o oprečnosti mišljenja može da posluži sledeće:

Primarijus dr Radomir Mišić, specijalista za komunalnu higijenu, posetio je Pljevlja i nakon svestranog upoznavanja sa terenom i potrebnom dokumentacijom, dao je 20. avgusta 1974. god. mišljenje o predvidjenoj lokaciji za termoelektrane - Pljevlja, sa aspekta životne sredine:

"Predložena lokacija u predelu Kalušića (Maljevac) u zapadnom krilu Pljevaljske kotline nije pogodna za smeštaj ma kog industrijskog pogona koji se smatra jakim aerzagadivačem, a u koje nedvosmisleno spadaju termoelektrane čije je pogonsko gorivo uglj, pa prema tome i planirane termoelektrane Pljevlja od 220 MW. Sticajem prirodnih okolnosti kao što je klima i reljef ovog područja, u celoj Pljevaljskoj kotlini lociranje bilo kakvog jačeg zagadivača smatra se kontradiktornim."

Ovo mišljenje obrazloženo je činjenicom da u Pljevljskoj kotlini 67% vremena odlazi na tiho vreme sa posebnim klimatskim uslovima i gde i bez prisustva velikih zagadivača ima izrazito veliki broj oboljenja disajnih organa. Nasuprot ovom, za isti lokalitet, stoji mišljenje grupe stručnjaka od 19. septembra iste godine, koje se pored ostalog temelji i na sledećim činjenicama: - Da je lokacija određena još 1962. godine i da su od tada vršena sva potrebna ispitivanja sem na aerzagadivanju okoline.

- Da je sirovska baza, odnosno snabdevanje ugljem veoma povoljno.
- Da je transport šljake i pepela lako rešiv.
- Da je prenos elektroenergije, s obzirom na lokaciju prenosnog postrojenja, vrlo povoljan.

Ovo je uticalo da ista komisija podvuče sledeće:

"...S obzirom na stepen gotovosti investiciono-teničke dokumentacije vezano za izabranu lokaciju, svako njeno pomeranje značilo bi nove istrage i studije. Ovo bi odložilo izgradnju termoelektrane za godinu dana, što bi imalo katastrofalne posledice za privredu Crne Gore, zbog nedostatka električne energije. ... Na bazi svega iznetog u ovom izveštaju, mišljenja smo da je odabrana lokacija iza Velike Plieši tehnohemijski najpovoljnija, a u pogledu aerzagadjenja prihvatljiva. U pogledu zaštite od zagadivanja lokacije Zenica i Židovići nemaju nikakve bitne prednosti. Posebno se procenjuje da je lokacija Brvenica neprihvatljiva zbog neistraženosti. Potrebna istraživanja bi odložila izgradnju termoelektrane za preko godinu dana."

Na osnovu datog mišljenja komisija je predložila sledeće:

- odrediti postojeću zagadjenost grada Pljevlja,
- odrediti dozvoljenu zagadjenost grada i kotline od termoelektrane,
- odrediti adekvatnu visinu dimnjaka na osnovu rezultata izvršenih meteoroloških merenja i usvojenih kriterija,
- dati analizu zagadjenosti grada Pljevlja i okoline u karakterističnim vremenskim uslovima,
- u vreme probnog pogona obratiti pažnju i kontrolisati ostvarenje predviđenog rada elektrofilara i sistema za opepeljavanje,
- u vreme probnog pogona predvideti merenja stepena zagadjenosti,
- preporučuje se i posle probnog pogona da se povremeno vrše kontrole zagadivanja okoline,

- pošto je izabrana lokacija iza Velike Plješi-Kališići blizu grada, preporučuje se da se razmotri mogućnost grejanja novih naselja grada tehničkom vodom termoelektrane. Ovo bi znatno doprinelo smanjenju zagađenosti grada od lokalnih zagađivača.

Na osnovu svega može se zaključiti da nisu izvršene sve potrebne pripreme, bez kojih se ne može pristupiti izradi projekta ovako ozbiljnih objekata, kao što su termoelektrane 2 x 220 MW.

I u jednom i u drugom navedenom primeru nailazimo na slučajeve da se veliki objekti, kao što su cementara i termoelektrana, grade bez predhodnih sagledavanja svih činilaca koji će uticati na pravilan tok, kako izrade potrebnih planova i projekata, tako i tempa izgradnje i završetka objekta. Uočljivo je da se u oba slučaja nije vodilo računa o zaštiti životne sredine.

Izbor pravilne lokacije nekog objekta, a naročito onog koji je na listi zagađivača životne sredine, od velikog je značaja i važnosti. Ako postoje čvrsta urbanistička rešenja i perspektivni planovi razvoja nekog naselja, bez obzira na njegovu veličinu, oko izbora lokacije ne može biti ništa sporno niti će pak doći do ugrožavanja životne sredine.

Sasvim je drugačija situacija u naseljima gde ne postoje urbanistički planovi, niti su sagledani kratkoročni i dugoročni planovi razvoja. U tom slučaju moguće je napraviti vrlo grube greške, koje je kasnije teško ispraviti, a štetne posledice teško otkloniti.

Karakteristični primeri pogrešnih lokacija u odnosu na naselja mogu da se nadju u mnogim mestima. Jedan od školskih primera pogrešno locirane idnustrije u odnosu na naselje je Azotara-Goražde. Podignuta je uzvodno od naselja, a svojim otpadnim vodama zagađila je Drinu, tako da je grad ostao bez svoje lepe reke i plaže. Da se uzeo u obzir ovaj momenat i da je azotna industrija locirana ispod naselja, prema železničkoj stanici Kopači, grad bi imao čistu reku. Takodje se na gradsko naselje, strujanjem vazduha niz rečnu dolinu ne bi nanosili štetni gasovi, čije se štetne posledice već uveliko osećaju i jasno manifestuju na voću, povrću i ostalom rastinju.

Aako se uporede ostala naselja iz ovog regiona, zaključuje se da su industrijski pogoni locirani takodje uzvodno i u Priboju, Novoj Varoši i Prijepolju.

Za Prijepolje i Priboj reka Lim, a samim tim i njihove plaže izgubljene su kada je puštena u rad Fabrika sulfatne celuloze u Ivangradu. Pored zagađenosti vodotoka, oba naselja imaju izrazito aerozagađivnje, s obzirom da su svi industrijski pogoni, značajnih kapaciteta, locirani u bližoj ili daljoj okolini naselja uzvodno, tako da vetar duvajući niz reku direktno donosi zagađeni vazduh.

Sličan je slučaj i sa Novom Varoši. Industrija gumenih i galvanaskih proizvoda smeštena je tako reći u samoj varoši i to na gornjoj strani. Slapovskim strujanjem vazduha nanose se neprijtni mirisi, dim i čadj.

Za navedene primere pogrešnih lokacija može se naći i opravdanje. Većina ovih industrijskih postrojenja podignuta je u prvim posleratnim godinama, kada se ni u razvijenim industrijskim zemljama, sa visokim nacionalnim dohotkom po glavi stanovnika, nije mogla obziljno sagledati problematika oko zagadjivanja životne sredine.

Medjutim, zabrinjavajuća je činjenica što se sada - u vreme kada se širom sveta, pa i u našoj zemlji, čine ogromni naponi i javlja masovan pokret za zaštitu životne sredine, još neuništenih prirodnih vrednosti i retkosti - prave grube greške lociranjem idnustrijskih objekata u neposrednoj blizini gradova iako su ti privredni objekti koji se podižu ili se žele podići na listi velikih zagadjivača (na primer hemijska fabrika "Bazna hemija" u Bariču, nedaleko od Obrenovca i uzvodno od Beograda).

Govorili smo da sada o velikim zagadjivačima okoline, no često, na prvi pogled manji zagadjivači u odredjenom sklopu okolnosti mogu da predstavljaju veliki problem. U poslednje vreme se i u manjim mestima sve više podižu toplane manjih i većih kapaciteta. Zavisno od lokacije naselja i njegovih mirkoklimatskih uslova s jedne strane i od kapaciteta toplane s druge strane, zavisice njen štetan uticaj na okolinu. Pri izgradnji manjih toplana, koje služe za zagrevanje manjih objekata ili stambenih blokova, niti se prilikom izgrade projekata niti kasnije u toku izgradnje predvidja ma i najprimitivniji filter za smanjenje aerzagadjjenja.

Da bi ubuduće imali zdraviju životnu i radnu sredinu, a mnoge prirodne vrednosti sačuvali do uništenja, neophodno je da se zakonskim propisima reguliše sledeće:

1. Tek uz prethodno detaljna ispitivanja i istraživanja svih činilaca koji utiču na zagadjivanja radne i životne sredine, pristupiti izradi kompletnih projekata odredjenog objekta, pri čemu svi poslovi moraju biti stručno i savesno obavljani.
2. Za sve objekte koji imaju uticaja na radnu i životnu sredinu a naročito za objekte sa liste zagadjivača, mora se pronaći najpogodnija lokacija u odnosu na životnu sredinu.
3. Svi objekti koji se podižu a imaju uticaja na radnu i životnu sredinu, moraju biti kompletno završeni uz eliminisanje svih štetnih uticaja na okolinu, uz vodjenje računa da se što manje poremeti prirodna celina i uredi okolni prostor.

VI

ENERGIJA. OPTEREĆENJE SREDINE OD ENERGETSKIH DELATNOSTI

Svaki izvor energije, svaka tehnologija i transport energije od resursa do potrošača na određen način opterećuju životnu sredinu.

Razvoj proizvodnje i potrošnje energije u Jugoslaviji znatno je izmenjen posle takozvane energetske krize 1973. godine, od kada je razvoj energetike trebalo većim delom da se oslanja na domaće izvore. Takva politika sadržana je u Osnovama dugoročne politike razvoja Jugoslavije od 1975. do 1985. godine. Zbog nedoslednog sprovođenja, međutim, povećano je učešće uvozne energije u ukupnoj potrošnji primarne energije. Ovo učešće je u 1965. godini bilo 16,6%, a u 1970. 29,7%, u 1975. 32% i u 1980. godini 38,8%.

Tabela 6.1. Potrošnja primarne energije (u peta-dzulima, 10¹⁵J)

Godina	1965.		1970.		1975.		1980.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Ugalj	301,68	50,92	292,69	34,25	400,65	33,39	484,04	29,08
Sirova								
nafta	139,35	23,53	321,79	37,65	487,89	40,66	666,88	40,07
Od toga								
uvoz	48,79	8,23	196,50	22,99	325,23	27,10	480,93	28,89
Prirodni								
gas	11,88	2,00	34,92	4,09	56,89	4,74	119,52	7,18
Od toga								
uvoz	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidro-								
energija	90,23	15,23	148,10	17,33	195,94	16,33	282,95	16,99
Ugalj za koksovanje								
uvoz	49,28	8,32	57,13	6,68	59,53	4,88	111,15	6,68
Ukupna primarna								
energija	592,42	100	854,63	100	1199,9	100	1664,5	100
Od toga								
uvoz	98,07	16,66	253,63	29,68	384,76	32,06	646,08	38,81
Potrošnja energije po stanovniku								
u kg EU	1.000		1.420		1.992		2.612	

*Računato kao toplotni ekvivalent prema srednjem stepenu iskorišćavanja termoelektrana.

Podatci o potrošnji primarne i proizvodnji sekundarne energije u periodu između 1965. i 1980. godine u Jugoslaviji navedeni su u tabelama 6.1. i 6.2.

Potrošnja uglja u 1980. godini povećana je za 62% u odnosu na 1965. godinu, potrošnja naftinih derivata za više od 4,5 puta, prirodnog gasa za preko 10 puta, hidroenergije više od dvostruko, a ukupna potrošnja energije povećana je 2,8 puta.

U tom periodu učešće uvozne energije iznosilo je 46% a struktura potrošnje energije (podaci iz 1979.) bila je sledeća: industrija je trošila oko 39%, saobraćaj 23%, poljoprivreda 8%, a ostala potrošnja kretala se oko 30%. Učešće elektroenergetike u potrošnji primarne energije bilo je oko 37%. Električna energija učestvovala je u ukupnoj finalnoj potrošnji sa oko 18%, a u industrijskoj potrošnji sa oko 24%.

Tabela 6.2. Proizvodnja sekundarne energije

Godina	1965.		1970.		1975.		1980		
	Jed. mere	Koli- čine PJ	Koli- čine	PJ	Koli- čine	PJ	Koli- čine	PJ	
Električna energija	TWh	15,52	55,87	26,02	93,67	40,04	144,59	59,45	214,02
-Hidro	TWh	8,98	32,33	14,74	53,06	19,50	70,20	28,16	101,37
-Termo	TWh	6,54	23,54	11,28	40,61	20,54	73,97	31,29	112,65
Derivati nafte	10 ⁶ t	3,17	139,35	7,32	321,79	10,76	473,02	14,90	655,00
Koks	10 ⁶ t	1,25	36,71	1,31	38,33	1,35	39,59	2,62	76,78
Ukupna proizvodnja sekundarne energije	PJ	-	202,08	-	453,79	-	656,78	-	945,80

Praveći plan o potrošnji energije u prirodu do 2.000 godine, pošlo se od određenih pretpostavki u pogledu stope rasta društvenog proizvoda ukupne privrede, promena u strukturi privrede i rasta industrijske proizvodnje, orijentacije na ekonomičnije i racionalnije korišćenje energije, kao i od mogućnosti uvoza.

Procenjivanjem prirodnih potencijala i razvoja privrede, računa se da bi razvoj proizvodnje i potrošnje uglja mogao da se odvija po prosečnoj godišnjoj stopi prosečno od 11,8% i to od 1986 do 1990.-7,5%; od 1991. do 1995.-9,1% i od 1996. do 2.000. godine 6,3%, tabela 6.3.. Tako se planira da učešće u ukupnoj potrošnji primarne energije bude 44,26% u 2000. godini.

Na bazi dosadašnjih rezervi, procenjuje se da bi proizvodnja nafte u 1985. godini dostigla nivo od 5, a 2000. godine 8 miliona tona.

Proizvodnja prirodnog gasa mogla bi 1985. da bude 5,0 milijardi Nm , a 2000. godine oko 12 milijardi Nm godišnje.

Tabela 6.3. Plan proizvodnje i potrošnje primarne energije

Godina		1980.	1985.	1990.	1995.	2000.

UGALJ						
Proizvodnja	10 ⁶ t	47,09	77,0	120,0	185,0	250,0
	PJ	484,04	789,63	1166,19	1765,44	2407,41

SIROVA NAFTA						
Proizvodnja	10 ⁶ t	4,2	5,0	5,0	7,0	8,0
	PJ	185,95	219,75	263,76	307,72	351,68
Uvoz	10 ⁶ t	11,9	14,0	16,0	19,0	22,0
	PJ	480,93	615,44	725,34	835,24	967,12
Potrošnja	10 ⁶ t	16,1	19,0	22,5	26,0	30,0
	PJ	666,88	835,19	989,10	1142,96	1318,80

PRIRODNI GAS						
Proizvodnja	10 ⁶ tm	1,8	5,0	8,5	10,2	12,2
	RJ	65,52	180,0	306,0	375,2	439,20
Uvoz	10 ⁶ tm	1,5	3,0	3,0	4,0	4,0
	PJ	54,0	108,0	108,0	144,0	144,0
Potrošnja	10 ⁶ tm	3,3	8,0	11,5	14,2	16,2
	PJ	119,52	288,0	414,0	511,2	583,20

HIDROENERGIJA	TWh	28,1	31,0	45,0	50,0	65,0

UGALJ ZA KOKSOVANJE						
Uvoz	10 ⁶ t	5,5	4,7	4,7	4,7	4,7
	PJ	111,15	147,58	147,58	147,58	147,58

URAN						
Proizvodnja	t	-	129,0	120,0	240,0	240,0
	PJ	-	55,81	55,81	111,62	111,62
Uvoz	t	-	-	-	-	240,0
	PJ	-	-	-	111,62	
Potrošnja	PJ	-	55,81	55,81	111,62	223,24

Ostali vidovi	PJ	-	10,0	37,30	78,41	105,00

UKUPNO	PJ	1664,50	2437,71	3262,14	4263,61	5438,35

Hydroenergija koristi tek 45% ukupnog hidroenergetskog potencijala, a planira se da bi proizvodnja u 2000. godini mogla da dostigne vrednost od 55 do 65 TWh.

Učešće nuklearnih sirovina u ukupnom energetsom potencijalu je malo zbog nedevojljne istraženosti. Planirano je da se do 1985. godine koriste sirovine iz ležišta urana Žirovski vrh za potrebe nuklearne elektrane u Krškom (120 tona urana do 1990. godine). Računa se da će se proizvodnja urana u periodu između 1995. godine udvostručiti i zadržati na tom nivou do 2000-e godine.

Uljni škriljci, kao alternativni izvor tečnih goriva imaju u našoj zemlji u periodu koji dolazi veliki značaj. Smatra se da bi do 2000. godine moglo doći do eksploatacije 30 miliona tona.

Pored pomenutih, obnovljivi izvori energije (geotermalna, biomasa, vetar, sunčeva energija) sve više će dobijati u značaju, pa se očekuje da njihovo učešće u 2000.-oj godini bude oko 2%.

6.1. Izvori i vrste opterećenja sredine od energetske delatnosti.

Svi energetske procesi: eksploatacija, transport goriva i energije, centralizovana konverzija energije, skladištenje, pretvaranje energije kod krajnjih potrošača u većem ili manjem obimu opterećuju životnu sredinu. Stepenn ovog opterećenja zavisi od njegovog karaktera i koncentracije odnosno od intenziteta negativnog delovanja na zdravlje ljudi, biosvet i materijalna dobra.

Pri postojećoj orijentaciji razvoja energetike u Jugoslaviji, elektroenergetika predstavlja jedan od najznačajnijih potrošača primarne energije. Sa gledišta opterećenja okoline, u ovoj kategoriji, su najznačajnije termoelektrane na lignit sa odgovarajućim površinskim kopovima. Sem toga i velike hidroelektrane sa odgovarajućim akumulacijama imaju potvrđen negativan uticaj na okolinu.

Učešće nuklearnih elektrana u opterećenju sredine za sada je kod nas zanemarljivo, a ne očekuje se ni do kraja veka njihova intenzivnija aktivnost u proizvodnji energije.

Drugi značajan koncentrisani izvor opterećenja sredine su urbani centri, pre svega zbog toga što je u njima i najveća koncentracija ljudi i što postojeći trendovi urbanizacije nagoveštavaju njihovo intenziviranje. Zbog toga, opterećenju životne sredine od energetike u velikim urbanim centrima treba posvetiti naročitu pažnju.

6.2. Elektroenergetika i opterećenje sredine.

Nivo potreba u mineralnim sirovinama, a posebno u njihovom asortimanu u nekom društvu zavisi od stepena naučnog i tehničkog razvoja. U Jugoslaviji je proizvodnja čvrstih mineralnih sirovina u poslednjih dvadeset godina porasla preko 7 puta, dok je u svetu taj porast, u proseku, iznosio trostruko.

Razvoj rudnika koji proizvode čvrste mineralne sirovine uslovljava sve češće pojavljivanje površinske eksploatacije, oko 75% ukupne proizvodnje istih otpada na površinsku eksploataciju. U pomenutom obimu ukupne proizvodnje mineralnih sirovina oko 40% se odnosi na površinske kopove uglja. Proširivanjem eksploatacionih površina neminovno dolazi do narušavanja ekološke ravnoteže i zagadjenja životne sredine. Prema gruboj proceni se u Jugoslaviji na prostoru od oko 30.500 ha nalaze površine pogodne za površinsku eksploataciju uglja, što predstavlja oko 0,12% ukupne površine zemlje, odnosno 0,21% obradivih površina Jugoslavije. Posmatrano po republikama, rezerve su rasporedjene prema tabeli VI.4.

Tabela 6.4. Raspored potencijalne površinske eksploatacije uglja

Republika	% od ukupne površine	% obradivih povr.
SR Bosna i Hercegovina	0,19	0,40
SR Makedonija	0,19	0,40
SR Srbija bez SAP	0,14	0,23
SAP Kosovo	0,16	3,00

Uticaj površinske eksploatacije uglja na čovekovu okolinu.

Štetan uticaj od površinske eksploatacije uglja na čovekovu okolinu nastaje najčešće iz dva razloga: kao posledica tehnološkog postupka koji se koristi i kao posledica korišćenja određenih sredstava i opreme u tehnološkom postupku.

Princip savremene tehnologije u površinskoj eksploataciji uglja sastoji se od odstranjivanja jalovih materija pokrivača mehaničkim načinom da bi se došlo do prvih slojeva potrebnih za eksploataciju.

Tehnologija površinske eksploatacije uglja ima negativan uticaj na čovekovu okolinu u tom smislu što zagadjuje u izvesnoj meri vazduh i vodu, narušava reljef, snižava nivo podzemnih voda, a u celini gledano-narušava do tada postojeću ekološku ravnotežu. Ovakav oblik degradacije zemljišta dovodi i do niza socijalnih problema i zahteva obaveznu rekultivaciju zemljišta, odnosno vraćanje zemljišta posle eksploatacije u prvobitno stanje.

Zagadjivanje vazduha i vode.

Otkrivanjem gornjih slojeva zemljišta - pokrivnih materijala stvorile su se otvorene površine podložne atmosferskom razlaganju koje svojim česticama, hemijski ili mehanički zagadjuju vodu koja spontano ili pumpama stiže u rečne tokove.

Sa druge strane, u sušnom periodu, usled najmanjih kretanja vazduha dolazi do zaprašivanja atmosfere što se proširuje na površinu znatno veću od one koja je neposrednom eksploatacijom zahvaćena.

Oba pomenuta negativna uticaja mogu se eliminisati sasvim jednostavno: prskanjem etaža i površina na koje se ugalj odlaže u toku sušnih perioda, zasađivanjem trava sa snažnim korenom koj bi vezivale teren i formiranjem taložnika pre pumpanja vode u vodotokove.

Narušavanje reljefa i rekultivacija zemljišta.

Usled primene tehnologije površinske eksploatacije uglja, odnosno skidanjem gornjeg sloja pokrivke i njenim sakupljanjem i odlaganjem na određeno mesto, neminovno dolazi do narušavanja postojećeg reljefa.

Obnavljanje ili prilagodjavanje novonastalog reljefa i njegova rekultivacija ili promena namene korišćenja može se postići na više efikasnih načina. Depresije nastale otkopavanjem potrebno je napuniti otpacima ili nekim drugim materijama, prekriti tankim slojem zemlje i zasaditi travu ili bagrem sa snažnim, površinskim korenjem koje će biti u stanju da veže zemlju i tako spreči njenu eroziju. Sem direktne intervencije i vraćanja reljefa u prvobitan izgled, novonastalim površinama se može izmeniti namena. Tako se površine na kojima je eksploatacija završena mogu namenski pretvoriti u površine sa objektima za rekreaciju, turizam i slično. Osim toga, duboke i dovoljno velike jame i obodni rovovi mogu se koristiti kao akumulaciona jezera, za melioraciju, navodnjavanje itd.

Iskustva DR Nemačke sa jezerima formiranim u napuštenim ležištima uglja pokazuju kako se na pravi način može koristiti, naizgled, beskorisna površina. Na mestu bivših površinskih otkopa Gluckauf i Niemtsen nalaze se jezera sa objektima za rekreaciju i odmor, a osim toga voda jezera služi za regulaciju obližnjeg vodotoka.

Interesantan je primer i sa rovovima preostalim posle površinske eksploatacije otkopa Lanbusch. U rov ovog površinskog otkopa su nekad odvodjene kisele vode bogate gvoždjem iz obližnjeg aluminijumskog kombinata Laut. Došlo je do međusobne reakcije, tako da je novonastali kvalitet otpadne vode ostao zadovoljavajući a ova voda mogla je da se priključi vodama reke Schwarze Elster.

Rekultivacija.

Opšti proces rekultivacije površine posle površinske eksploatacije uglja, odvija se u dve faze: rudarsko-tenička i biološka.

Rudarsko-tehnička rekultivacije se sastoji u pripremi terena posle izvršenih rudarskih radova, kako bi se iste površine koristile za biološku rekultivaciju, izgradnju rekreacionih objekata, služile vodoprivredi i slično. Ova rudarsko-tehnička rekultivacija obuhvata ravnanje i planiranje svih površina, izradu stabilnih kosina, nasipanje plodne zemlje, melioracione radove, izgradnju pristupnih puteva, itd. Sve radove oko rekultivacije finansiraju i pred zakonom su obavezna rudarska preduzeća odnosno organizacije koje su vršile eksploataciju uglja.

Biološka rekultivacija predstavlja niz mera za oživljavanje i oplodjavanje zemlje posle završene rudarsko-tehničke rekultivacije, a to su: ozelenjavanje, priprema zemljišta za ponovnu poljoprivrednu proizvodnju, pošumljavanje, navodnjavanje i slično.

Korišćenje opreme u tehnološkom procesu eksploatacije.

Korišćenje opreme i mašina pri površinskoj eksploataciji uglja neminovno dovodi do opterećenja radne i životne sredine na određenoj površini. Stepent opterećenja sredine zavisi od primenjene opreme i gustine u njenom razmeštanju na površinskom otkopu, a ogleda se u zagadjenju i stvaranju buke.

Do zagadjivanja vazduha dolazi usled prisustva izduvnih gasova mašina koje se koriste (SUS mašine), produkata atmosferske oksidacije materijala koji se prevoze (sumpor pri prevoženju uglja sa sadržajem pirita), prašine izazvane vetrom ili pri kretanju mašina, gasovima iz samozapaljivog uglja itd.

Na površinama gde se počinje sa eksploatacijom, a i kasnije, veliki problem predstavlja buka. Pravilnim razmeštajem i smanjenjem koncentracije mašina koje istovremeno rade na relativno malom prostoru, zamenom starih mašina sa električnim pogonom i korišćenjem odgovarajuće opreme HTZ, dejstvo buke je potrebno svesti na minimum.

6.3. Eksploatacija nafte i gasa i okolina

Po mestu i načinu nastanka, tehnologijom kojom se eksploatiše i preradjuje kao i po fizičko-hemijskim osobinama, nafta i gas mogu da imaju znatno negativno dejstvo na životni prostor, uopšte.

Kako su lokaliteti naftnih nalazišta smešteni duboko pod zemljom (i u kontinentalnom delu, i ispod morskog dna), to je tehnologija istraživanja i eksploatacije imala svoju specifičnost. Opasnosti od zagadjenja okoline još u

istraživačkom postupku bile su stalno prisutne zbog spontanij erupcija fluida, kao što su nafta, prirodni gas, gasoviti ugljovodonici, slana voda ugljendioksid, sumporvodoni i drugi. Zbog neuporedivo lakšeg pristupa objektima, zbog intervencije pri sputavanju slobodnih energija i karaktera sredine, kopno je u znatnoj prednosti u odnosu na ležišta koje se nalaze ispod mora, jer se u vodenoj sredini izlivena materije ne mogu ni lokalizovati ni ukloniti.

Fizičko-hemijske karakteristike izlivenih gasovitih i tečnih fluida su takve da zagadjuju zemlju, vodu i vazduh do tog stepena da ugrožavaju postojanje biljnog i životinjskog sveta. Dostignuti nivo tehnike i tehnologije svodi ove pojave na najmanju meru, mada su, zbog specifičnosti nalazišta, opasnosti uvek prisutne.

Značaj nafte i gasa za privredu je takav, da se vrše istraživanja i na mestima gde se pojave i najmanje indikacije postojanja izvora. Često su ta istraživanja vršena i u urbanim sredinama (Kikinda, Bečej), praćena intenzivnim erupcijama CO₂ (Bečej). Stoga će politika razvoja biti tako orijentisana da će intenzivirati istraživanje na morskoj obali, ostrvima ili pod morem, a smanjiti otvaranje novih bušotina u kontinentalnom delu.

Kod proizvodnje nafte i gasa na moru, proizvedeni fluidi se sa platformi transportuju do obale cevovodima (nafta, gas) ili se skladište u plivajućim rezervoarima (nafta), dok se neželjeni gasovi transportuju do obale, ili odredjenm tehnološkim postupkom još sa platforme vraćaju u ležišta. Trenutna praksa je, najčešće, spaljivanje gasa na samoj platformi, mada najsavremenije tehnologije koje se koriste u svetu, omogućavaju spaljivanje i sagorevanje gasa pod pritiskom ispod morskog nivoa.

Pored izlivanja nafte, problemi nastaju i od vezanog gasa kao i od isplaka za bušenje, slanij i obradjenij, već iskorišćenij voda. Svako prisustvo slane vode, ugljendioksida i sumpordioksida uz visoke pritiske i visoke temperature, čine sredinu izrazito agresivnom u odnosu na koroziju. Zbog toga su neophodne posebne mere zaštite i specijalni materijali otporni na koroziju.

Zagadjivanje vazduha.

Bilo da su u pitanju istraživanja, odnosno eksploatacija nafte i gasa na kopnu ili na moru, zagadjivanje vazduha može nastati kao posledica sagorevanja gasa na bakljama, nekontrolisanim erupcijama gasovitij ugljovodonika sa većim sadržajem tečnih, lako isparljivij komponentata, sa većim sadržajem CO₂ ili H₂S ili nekontrolisanim erupcijama "čistog" ugljendioksida i sumporvodonika. Do zagadjivanja vazduha može doći i isparavanjem lakšij frakcij sirove nafte u slučaju njenog izlivanja u procesu proizvodnje kao i u slučaju nekontrolisani erupcija.

Zagadjivanje vode.

Zagadjivanje vode je jedan od najvećih problema koji se pojavljuju, naročito pri krorišćenju naftnih rezervi sa morskog dna. Kvalitet vode dobijen neposredno iz bušotina mora da odgovara određenim standardima, propisima regulisanim da bi mogla da bude puštena u prirodne vodotoke ili se, u protivnom, određenim tehnološkim postupcima utiskuje u ležište.

Zagadjivanje vode gasom može se dogoditi iz dubokih rezervoara za vodu, ukoliko u kontakt sa vodom dođu H₂S i ugljovodonici rastvorljivi u vodi.

Najneprijatnije posledice zagadjivanja voda nastaju usled izlivanja nafte u morskoj sredini. Ukoliko se radi o manjim količinama, izlivi se mogu eliminisati i time ublasžiti negativan uticaj na okolinu. Ako se, medjutim, pojave veće količine nafte, posledice mogu da budu katastrofalne u smislu poremećaja ekološke ravnoteže i uništavanja živog sveta ekosistema mora.

Zagadjivanje čvrstim otpacima i bukom.

Zagadjivanje čvrstim otpacima i bukom, bilo pri istraživnju ili eksploataciji nafte, su prisutni ali relativno mali tako da u odnosu na druge ne predstavljaju alarmantan ekološki problem.

Pri transportu nafte i gasa ne pojavljuju se naročiti problemi u smislu zagadjivanja. Sa druge strane, uz gasovode i naftovode vezane su kompresorske i pumpne stanice - koje se lociraju, najčešće van urbanih sredina zbog buke koju stvaraju (35-90 db). U cilju zaštite propisima su odredjena odstojanja cevovoda i zgrada, a preporučuje se i podizanje drvoreda sa svake strane cevovoda.

Istraživanje i proizvodnja nafte ne zahtevaju angažovanje većih površina zemljišta, mada zakon obavezuje i rafinerije i preduzeća koja se bave istraživanjima na sanaciju i rekultivaciju zemljišta.

Bituminozni pesci i uljni škriljci.

Tehnologije kojima će se vršiti eksploatacija bituminoznog peska i uljnih škriljaca nagoveštavaju znatno zagadjenje okoline. Zbog potencijala kojima naša zemlja raspolaže, planira se da će se do kraja veka znatna količina energije dobijati upravo iz ovih sirovina.

Za proizvodnju nafte iz bituminoznog peska postoje tri već izgradjenja metoda: ekstrakcija ili sagorevanje u ležištu, površinske metode eksploatacije ili ekstrakcija na površini uz vraćanje otpadnih materija na prvobitno mesto otkopavanja i - kombinovane podzemne termičke metode.

Proizvodnja nafte iz bituminoznog peska zagadjuje vazduh emisijom velikih količina SO₂, NO_x i manjih količina H₂S zavisno od odabrane metode ekstrakcije.

Neminovno, pored zagadjivanja vazduha dolazi do zagadjivanja vode. Sem toga voda može biti zagadjena usled prisustva rastvorenih minerala, ugljovodonika i suspenzije čvrste faze, pa je neophodno da voda bude tretirana u zatvorenom ciklusu kako bi se problem zagadjivanja sveo na minimum. Zbog drastično promenjenih bioloških uslova nekog mikropodručja, događaju se znatne promene u flori i fauni sa mnogo problema oko uspostavljanja prirodne ravnoteže.

Kod eksploatacije uljnih škriljaca zagadjivanje vazduha je još izraženije, pa preostaje još mnogo rada na usavršavanju metoda zaštite i sanacije sredine ugrožene korišćenjem njenih prirodnih potencijala.

Opterećenje okoline produktima prerade nafte i gasa.

Osim opterećenja životne sredine koja nastaju ispitivanjem i korišćenjem naftnih izvorišta, izvesna opterećenja se pojavljuju i pri preradi nafte i njenih pratećih proizvoda. Da bi negativan uticaj bio što manji, u oblasti prerade nafte izvsna poboljšanja treba očekivati u sledećem smislu:

1. Koristiti u većoj meri cevni transport za sirovu naftu, prirodni gas, derivate i petrohemijske proizvode kako bi se gubici i zagadjivanja sveli na minimum.
2. Razvijati sve veću primenu katalitičkih procesa koji smanjuju emisije štetnih jedinjenja po jedinici preradjene sirovine.
3. Razvijati procese za katalitičko reformiranje, izomerizaciju, alkalaciju i proces za proizvodnju bezolovnih antidetonatora što dovodi do smanjivanja sadržaja olovnih jedinjenja i poboljšanja kvaliteta izduvnih gasova, odnosno vazduha u velikim gradovima.
4. Osavremeniti metode obrade otpadnih voda sve širom primenom biološkog tretmana.
5. Prikupljati otpadne materijale i sekundarne sirovine i posebno korišćena ulja, plastiku i gumu što pored ekonomskog, ima i pun ekološki smisao.

Vodeći računa o razvoju tehnike i ekonomskim aspektom zaštite, standardizacija može da bude veoma značajan instrument u zaštiti čovekove okoline, ali tako napravljena da se uklapa u lokalne uslove i za potrebe pojedinih industrijskih grana.

Izemnom izvesnih ekoloških, tehničkih i ekonomskih parametara u naftnoj industriji stvoreni su uslovi za izmenu trenutno postojećih standarda:

1. Sadržaj sumpora u motornim gorivima trebalo bi redukovati na polovinu u sledećih pet godina.
2. Sadržaj sumpora u rezidualnim gorivima (mazut) smanjiti na 1% (max) za gradska naselja, a sukcesivno smanjivati u svim industrijskim gorivima na ispod 2% do 1985. godine.
3. Sadržaj olova u motornim benzinima redukovati na 0.35 gr/l, a od 1985. godine na 0,15 gr/l.

4. Uvesti srednju gradaciju motornog benzina do 93 ROB.
5. Ograničiti sadržaj aromata u motornim benzinima na 30%.
6. Sukcesivno pooštravati standarde za sadržaj ugljenmonoksida, uljovodonika i azotnih oksida u izduvnim gasovima automobila i dimova iz industrijskih peći.

Vodeći računa o svim potrebnim ekonomskim momentima i potrebama društva, dugotrajnim planskim radom jedino se može doprineti da okolina bude čistija i zdravija.

6.4. Hidroelektrane, pumpno-akumulacione hidroelektrane i okolina

Neravnomeran raspored padavina tokom godine uslovljava da vodni potencijal reka bude nestabilan posmatrano kroz godišnja doba i u jednom dužem vremenskom periodu. Isto tako, posmatrajući teritoriju naše zemlje, geografski položaj, klimu, konfiguraciju zemljišta i geološke karakteristike, jasno se uočava nesklad, u teritorijalnom smislu rasporeda vodnih tokova i drugih hidroenergetskih potencijala.

Izgradnjom akumulacionih bazena može se obezbediti potreba za vodom svih korisnika, i istovremeno korigovati problem neravnomernog režima vodotokova. Poseban značaj akumulacioni bazeni imaju u elektroprivredi kao objekti hidroelektrana i pumpno-akumulacionih hidroelektrana. Postojanje akumulacionih bazena i režim rada hidroelektrana i pumpno-akumulacionih hidroelektrana bitno utiču na postojeću ekološku ravnotežu, a takodje pokazuju i parcijalne uticaje na čoveka, zemljište, vodu, klimu, biljni i životinjski svet.

Uticaj na čoveka ogleda se u tome što realno utiče na promenu životnog standarda, urbanizaciju naselja, razvoj industrije, poljoprivrede, ribolova, plovidbe, rekreacije, turizma, razvoj infrastrukturnih objekata u zoni uticaja akumulacije, mogućnost zapošljavanja, promene zanimanja; u celini, bitno utiče na ukupnu ekonomiju regiona.

Život organizovan neposredno uz akumulaciona jezera i druge hidroenergetske objekte ima svoje sociološke i psihološke karakteristike. Naselja se formiraju dužinom vodotoka zbog pozitivnih promena koje su se dogodile, o kojima je govoreno, dok je sa druge strane, stanovništvo tih naselja opterećeno mogućnošću neželjenih posledica usled mogućih preliivanja, rušenja brane, raznih diverzija i drugo.

Što se tiče zdravstvenog uticaja na čoveka, ova područja imaju svoje specifičnosti koje se ogledaju kroz pojavu karakterističnih epidemija, prisustvo insekata itd., ali preventivnom sveukupnom zaštitom ovi negativni uticaji se mogu znatno ublažiti.

Negativni uticaji postojanja hidroenergetskih objekata na zemljište i morfologiju postojećih vodotoka stalno su prisutni; plavljenje naselja, spiranje i

odnošenje obradive zemlje, uništavanje useva, istorijskih i arheoloških vrednosti. Stabilnost obala stalno je ugrožena i nivo podzemnih voda izložen promenama.

Promenom prirodnog hidrološkog i hidrobiološkog režima vodotoka, menja se režim nivoa i protoka vode u zoni uticaja akumulacije, režim nanosa, leda, fizičko-hemijskih i bioloških svojstava vode.

Prisustvo velikih površina vode akumulacionih bazena, znatno utiče na promenu mikroklima regiona, temperaturni režim vode i vazduha koji se ogleda kroz smanjenje amplitude temperaturnih kolebanja, povećava se vlažnost vazduha, menja režim vetrova itd.

Promena hidrološkog i hidrobiološkog režima vodotoka odražava se na uslove razvoja biljnog i životinjskog sveta. Stepem ovih promena zavisi od novonastalog kvaliteta vode, veličine akumulacionih jezera i svih ostalih komponenti koje su uzročnici promena mikroklima. Najizraženije i najuočljivije promene dogođaju se u zoni uspora vodotoka, nizvodno od akumulacije i u zoni promena nivoa podzemnih voda.

Sem promena vegetacije u kopnenom delu ekosistema, dolazi do bitnih promena i poremećaja u ekosistemu voda u delovima akumulacionih jezera i nizvodnom rečnom toku. Ekološka zakonitost u biljnom svetu, neminovno dovodi do promena u životinjskom svetu što se najviše odražava na ribe, divljač, ptice, insekte, čak i domaće životinje.

U zavisnosti od stepena i vrste uslovljenih promena, blagovremenim reagovanjem primenom zaštitnih mera, anticipiranjem novih promena u neminovnom lancu dogođanja mogli bi se znatno ublažiti negativni uticaji promene sredine i podsticati pozitivni efekti.

6.5. Korišćenje uglja i opterećenje okoline.

Budući da ugalj u našoj zemlji učestvuje sa 86% u ukupnom energetskom potencijalu, predviđa se da će osnova budućeg razvoja energetike ukupne Jugoslavije bit zasnovana na uglju. Razvojem tehnike i tehnologije oplemenjivanja uglja (sušenje, briketiranje, gasifikacija itd.) nadoknadiće se, delimično, posledice od nepovoljne strukture i kvaliteta.

Procenjeno je da lignit u ukupnom potencijalu ugljenih rezervi ima udela sa preko 83%. Kvalitet lignita je vrlo različit, jer se sadržaj vlage kreće od 36-50%, pepela od 14-30%, sumpora od 0,5-1,2%, a donja toplotna moć od 6.300 - 11.300 kJ po kilogramu. I mrki ugalj koji predstavlja značajan energetski potencijal zemlje ima visok sadržaj pepela od 16-37%, sumpora 2,5-5% pri čemu je donja toplotna moć 10.700 - 21.300 kJ. Zbog svega ovoga prisutni su značajni ekološki problemi koji se moraju pratiti paralelno sa razvojem energetike.

Osnovno obeležje narednog perioda je izgradnja koncentrisanih termoenergetskih kapaciteta i velikih kapaciteta prerade čvrstih goriva u blizini velikih

lignitskih bazena, uz ukрупnjavanje agregata, što omogućava niža specifična ulaganja, veću ekonomiju i bolje iskorišćenje lignita. U tom pogledu poseban značaj ima izgradnja izvora za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije i izgradnja sistema centralizovanog snabdevanja toplotnom energijom. Zbog smanjivanja negativnog uticaja na okolinu, ovakve izvore potrebno je dislocirati na periferiju ili na lokaciju specijalno određenu u blizini grada, čime se smanjuje i uticaj produkata sagorevanja na atmosferu naselja. Izgradnjom sistema centralizovanog snabdevanja toplotnom energijom znatno se poboljšavaju uslovi životne sredine u gradovima i industrijskim centrima, što ima veliki značaj jer omogućuje masovnije povećanje korišćenja čvrstih goriva u gradovima.

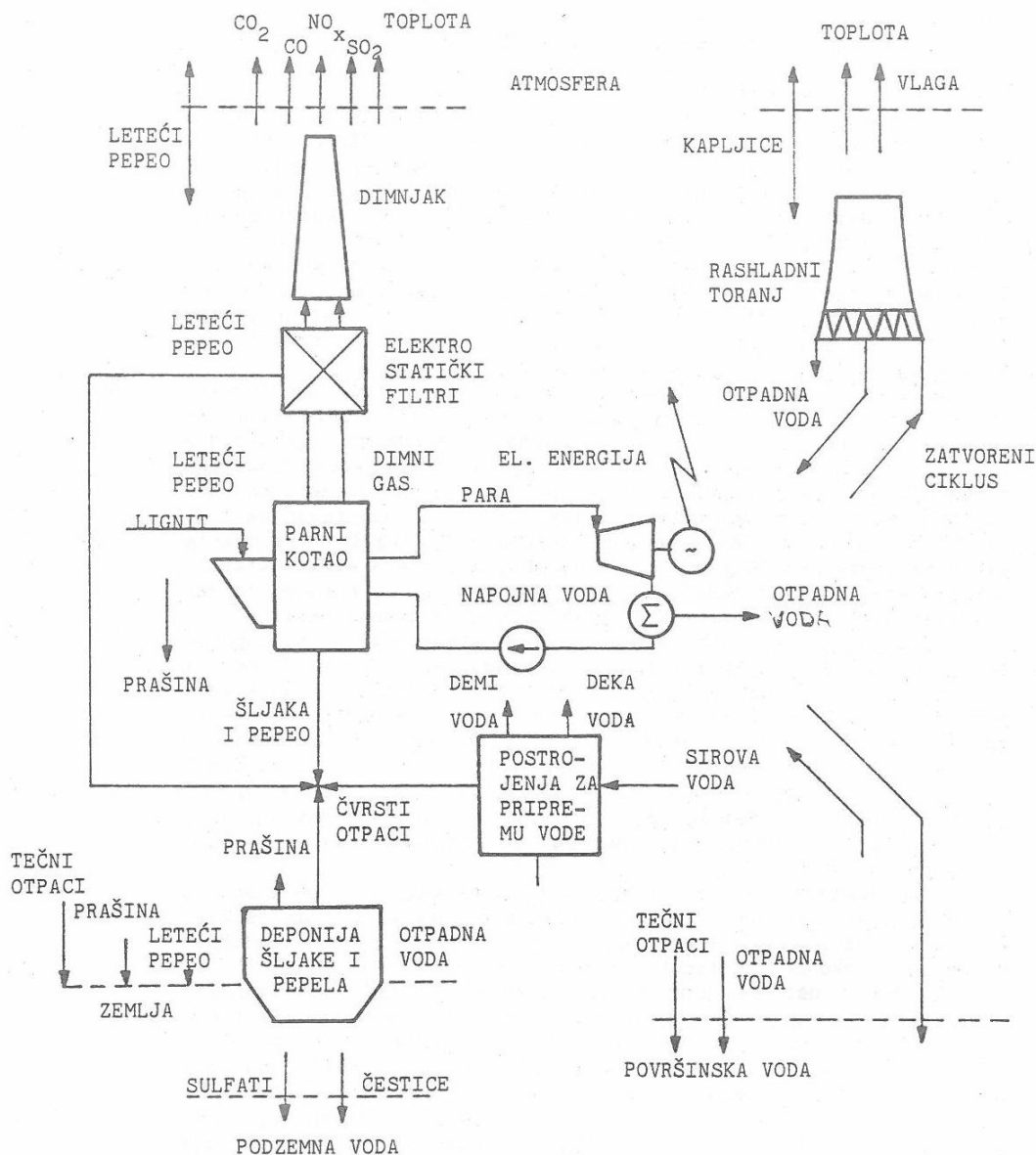
S obzirom da su hidropotencijali u našoj zemlji relativno mali, a da posedujemo značajne rezerve niskokaloričnih lignita, to se očekuje da termoelektrane budu glavni izvori električne energije do 2000. godine. Kako su uticaji termoelektrana na okolinu višestruki, intenzivni i uglavnom nepovoljni sa aspekta ekologije, to se mora računati i sa znatnim materijalnim ulaganjima u smislu zaštite sredine. Negativni uticaji termoelektrana ogledaju se kroz emisiju štetnih materija, potencijalnih zagadjivača vazduha, vode i tla, ispuštanja otpadne toplote, zvučnih uticaja, narušavanje prirodnog pejzaža, itd.

Emisija štetnih materija iz termoelektrana obuhvata dimne gasove, prašinu, šljaku, pepeo i otpadne vode, a njihov uticaj na okolinu prikazan je na šemi sa slike 6.1. Najčešće komponente dimnih gasova su čadj, pepeo, oksidi ugljenika, azota, sumporai neki drugi sastojci od kojih je najštetniji SO₂ jer sadrži gotovo sav sagorljivi sumpor iz goriva. Sumporni oksidi utiču štetno na čoveka, životinjski i biljni svet, a kod metala ubrzavaju koroziju. Kombinacija sumpornih oksida sa dimom i vlagom poznata je kao smog londonskog tipa, javlja se u specifičnim meteorološkim uslovima i specifičnoj konfiguraciji terena i predstavlja najneprijatniji način zagadjivanja gradske atmosfere.

Emisija čestica pri radu termoelektrana potiče iz ležišta kotla, od deponije uglja i deponije šljake i pepela. Dok se čestice, zagadjivači sa deponija raznose vetrom na ograničenom rastojanju od dimnjaka, one koje bivaju izbačene kroz dimanjak, dospevaju na veću udaljenost, koja opet zavisi od visine dimnjaka, veličine čestica, meteoroloških uslova itd. Kako sagorevanjem lignita nastaju velike količine pepela (0,3 - 0,5 kg/KWh, sa dimnim gasovima krene oko 70 g/s), to je neophodna primena elektrostatičkih filtera koji zadržavaju i preko 99% pepela, pa njihovo održavanje predstavlja najznačajniji preduslov za očuvanje okoline.

Ispuštanjem otpadnih voda i uticajem atmosferilija na deponije uglja, šljake i pepela, dolazi do zagadjenja i površinskih i podzemnih voda. Po uzročnicima i načinu zagadjivanja, otpadne vode mogu biti zauljene, fekalne, kišne, hemijske i termički zagadjene. Zavisno od kvaliteta otpadnih voda i vrsta zagadjivača odabiraju se postupci i metodi za prečišćavanje, neutralizaciju i dekontaminaciju voda. Zagadjivanje vode koje potiče od deponije uglja, šljake, pepela i otpadnog uglja

dogadja se rastvaranjem sulfata, bikarbonata i drugih neorganskih i organskih materija pod uticajem atmosferilija.



Slika 6.1. Šematski prikaz štetnih uticaja termoelektrane.

Sagorevanjem lignita u termoelektranama iskoristi se samo oko 35% energije, koja se pretvori u električnu energiju, dok ostatak energije biva razmenjen sa okolinom tako što 15% odlazi sa dimnim gasovima, a oko 50% se ispušta preko rashladne vode.

Najveće uštede goriva i najveći stepen efikasnosti pretvaranja energije dobija se pri korišćenju rashladnog sistema sa protočnim hladjenjem, gde se zagrejana otpadna voda ispušta u reku. Pri tome treba uzeti u obzir da potencijal naših vodotoka nije veliki i ne može da prima neograničenu količinu energije pa se zato treba orijentisati na povratno hladjenje-zatvorenog tipa. Ispuštanje otpadne toplote u veštačke akumulacije i korišćenje površine vodenog ogledala za prenošenje toplote i predavanje atmosferi, jedan je od vidova oslobodjenja energije rashladnih voda.

Kako su termoelektrane često dislocirane u odnosu na jezera, reke i druga izvorišta, to se pribegava izgradnji rashladnih tornjeva kod kojih se koristi latentna topota vode za hladjenje rashladne vode. I ovaj, kao i drugi načini razmene toplote imaju nedostataka u smislu neželjnog uticaja na promenu mikroklimе kroz pojavu oblaka, magle, povećane vlažnosti, što uslovljava i promene u ekološkom smislu, šire gledano. Svakako da je najcelishodnije pomenutu energiju iskoristiti za toplifikaciju naselja ili druge tehnološke postupke.

6.6. Mere kontrole i zaštite okoline od zagadjivanja.

U celini posmatrano, potpunije i racionalnije korišćenje energije dobijene iz uglja uz minimalno opterećenje okoline može se postići primenom tehničko-tehnoloških i prostorno-urbanističkih metoda.

Tehnicko-tehnoloski metod obuhvata postupke vezane za poboljšavanje kvaliteta goriva pre sagorevanja, disulfurizaciju dimnih gasova, unapredjenje procesa sagorevanja i izbor najpovoljnijih karakteristika energetske opreme.

Najekonomičniji metodi prečišćavanja su fizički metodi a obuhvataju pranje, drobljenje i sitnjenje uglja, odstranjivanje piritnog sumpora (magnetna separacija ili primena vazdušnih ciklona), i anorganskog materijala koji pri sagorevanju ostavlja pepeo.

Proces disulfuracije dimnih gasova je jedan od efikasnih metoda koji se koriste. Sem toga, ekonomski prihvatljive rezultate i efikasne u smislu smanjenja degradacije životne sredine, dao je metod iskorišćavanja elektrofiltarskog pepela kao sirovine u cementnoj industriji gradjevinskog materijala.

Nedostatak odgovarajućih ekonomski prihvatljivih tehnologija, čijom primenom bi životna sredina bila zaštićena u potrebnom stepenu, upućuje na razvoj kontrolnog sistema za praćenje zagadjivanja životne sredine. Dosadašnja iskustva pokazuju da je potrebno postojanje automatskih stanica za praćenje zagadjivanja vazduha i tla koje će blagovremeno delovati u karakterističnim vremenskim situacijama i dopineti ublažavanju neželjenih uticaja.

Prostorno-urbanistički metod kome se, s pravom, poklanja sve više pažnje, u osnovi ima cilj da zaštiti energetska potencijala zemlje i životnu sredinu sa aspekta uređenja prostora i razmeštaja energetskih objekata.

Neadekvatnom i nedoslednom politikom planiranja može se dogoditi da prator iznad ležišta bude ispunjen objektima čije prisustvo će u velikoj meri da poskupi iskorišćavanje tih rezervi. Izgradnja većeg broja agregata sličnih kapaciteta smanjiće specifična investiciona ulaganja zbog racionalnijeg i ekonomičnijeg korišćenja zajedničkih objekata. Vodeći računa da koncentracija rezervi na samo nekoliko lokaliteta omogućuje otvaranje velikih površinskih kopova kapaciteta više miliona tona uglja i da zahtevi za ekonomičnim i racionalnim korišćenjem nalažu da se lignit koristi u okviru ekonomskog radijusa transporta (oko 40 km), dovelo je do izgradnje termoelektrana u neposrednoj blizini velikih površinskih kopova uglja (Kolubarski basen, Kostolac, Kosovo).

Sa aspekta očuvanja životne sredine, pri izgradnji termoelektrana postoje izvesna ograničenja s obzirom na optimalnu proizvodnju uglja, raspoložive rezerve i ekološki kapacitet lokacije. Kod lignitnih bazena ugrožavanje životne sredine je jedan od najvažnijih ograničavajućih faktora, pa zato sa dužnom pažnjom treba prići analizi kontrole ekološkog kapaciteta sredine. Ekološki kapacitet bilo koje sredine je bez izuzetka ograničen i zavisi od: lokalnih klimatskih uslova, raspoloživosti rashladne vode, karakteristika uglja i pepela, lokacije, orografije, pojedinih karakteristika termoelektrane, opreme, tehnologije i niza drugih faktora.

Primenom strategije decentralizacije lokacije direktno se utiče na smanjenje štetnih uticaja, odnosno povećanje ekološkog kapaciteta okoline. Iskustva pokazuju da se primenom ove strategije kapacitet povećava sa 4.000 MW na 7.000 i 8.000 MW, što može da ima suštinski značaj u razvoju termoenergetike.

VII

NUKLEARNA POSTROJENJA-POTENCIJALNO OPASNI OBJEKTI

Savremena idnustrijska proizvodnja po svom odnosu prema okolini (isključujući one delatnosti koje deluju pozitivno ili neutralno) može se podeliti u dva vida:

- ona koja stalno štetno deluje na okolinu ispuštajući pri radu štetne efluente u vazduh, vodu ili tlo,
- ona koja sadrži potencijalne opasnosti koje se mogu osloboditi same u vanrednim okolnostima, tj. ona koja sadrži velike količine zapaljivih, eksplozivnih, korodivnih, zagušljivih i sličnih materija u dobro šticećenim rezervoarima ili procesima, a koji u slučaju vanrednih uslova (požara, zemljotresa, poplave, akcidenta, diverzije ili rata) mogu da budu ispuštene u okolinu.

Jedan od najizrazitijih predstavnika druge grupe je svakako nuklearna privreda. Medjutim, bez obzira na to što su u pitanju najopasniji procesi pri kojima se stvaraju veoma štetne radiotoksične materije, dokazuje se da je nuklearna privreda do sada najsigurnija ne samo po radnike, već i po minimalnom uticaju na okolinu.

7.1. Specifičnosti nuklearne energije.

Nuklearne elektrane i drugi objekti nuklearne energetike i industrije uopšte imaju nekoliko specifičnosti:

- neophodni su kao perspektivni izvori za rešavanje energet ske krize,
- ne narušavaju pejzaž više nego drugi slični objekti,
- sadrže potencijalne opasnosti na koje su čula čoveka neosetljiva,
- u normalnom radu ispuštanjem štetnih efluenata mnogo manje utiču na okolinu nego mnoge druge privredne grane,
- sadrže vanredno velike potencijalne opasnosti koje se mogu osloboditi u okolinu samo u vanrednim okolnostima ili u slučaju koincidencije više ozbiljnih akcidednata,
- vrše psihički pritisak na javnost, koja se sa nuklearnom energijom više upoznala preko njenih destruktivnih dejstava nego korisnih.

Osnovna opasnost u okolini nuklearnih postrojenja je direktno zračenje i ispuštanje radioaktivnih materija koje zrače ili koje mogu raznim putevima dospeti u čovekov organizam i tako ugroziti zdravlje pa i život. Upravo zbog ovakvih opasnosti pri gradnji nuklearnih objekata preduzete su takve mere preventivne zaštite da je u normalnim uslovima povećanje fona usled minimalnog ispuštanja efluenata samo 1%

doze od prirodnog zračenja okolne sredine. Zbog takvih mera nuklearna energetika dugo je bila neekonomična u odnosu na klasičnu. Međutim poskupljenjem energetske resursa, kao i zbog sve strožih mera za zaštitu okoline-nuklearna energija postaje sve kompetitivnija, jer već sadrži sve neophodne mere za zaštitu okoline.

Mnoge od mera koje se preduzimaju u nuklearnoj tehnologiji, počev od visokog stepena pogonske sigurnosti i pouzdanosti opreme, strogog izbora pogonskog kadra i specijalne obuke, vrlo strogih eksploatacionih normi, pa sve do posebnih siguronosnih i zaštitnih sistema koji se ogledaju u postojanju specijalne zaustavno-zadržavajuće opreme čiji je osnovni i jedini zadatak da u slučaju nekog akcidenta, kada može doći do neželjenog ispuštanja radioaktivnih efluenata u okolinu, deluju tako da događaj potpuno drže pod kontrolom, da sve radioaktivne materije prikupe i smeste na za to predviđena mesta-i sve to potpuno automatski. Mnoga od ovih rešenja se uz manja ili veća prilagodjavanja mogu primenjivati i u klasičnoj proizvodnji. To bi pre svega bili sistemi za višestruko korišćenje vode, filtri i drugi hvatači za gasove i čestice, posebni sistemi unutrašnje ventilacije, raspored pritisaka u postrojenjima da vazduh struji od spolja ka unutra, kontrola ispuštanja svih efluenata, kontrola posledica ispuštanja u okolinu kao sastavni deo tehnološkog procesa, prilagodjavanje ispuštanja u vazduh meteorološkim uslovima itd.

7.2. Nuklearni i klasični rizici.

U 22 godine nuklearne aktivnosti u SAD uloženo je 2.5×10^9 ljudi/časova. Za to vreme evidentirane su 7693 povrede na poslu, od kojih je ozračeno samo 36 (0,5%). to znači da se na milion ljudi/časova dogodi 2.45 akcidenata, a ozračivanje je manje od 0,01 po akcidentu na milion ljudi/časova.

Ukoliko je opšte prihvaćeno da ako je rizik 10 /god./osobi neprihvatljiv i da traži preduzimanje mera, da ako je 10 rizik koji zahteva određena ulaganja na povećanje sigurnosti, da rizik od 10 predstavlja samo individualnu opasnost na čijem nivou deluju javne službe (vatrogasci, milicija) i da konačno rizik od 10 (jedan na milion osoba godišnje) ne utiče na stanovništvo u celini, pogledajmo jedan prikaz klasičnih i nuklearnih rizika, dat u tabeli 7.1.

Kao što se vidi nuklearni rizik je znatno manji od ostalih. Pažljivim upoređivanjem dolazi se do zaključka da su i akcidenti na klasičnoj opremi u nuklearnim postrojenjima manji nego u klasičnoj privredi zbog većeg kvaliteta opreme. Takodje, akcidenti koji uključuju makar i najmanje ozračivanje koje bi predstavljalo opasnost-stvarno predstavljaju retkost. Cifra od 7×10^{-3} u vrhu liste jedina ne predstavlja smrtnost, već samo verovatnoću ozračivanja dozom 1-10 rema, što je inače red veličine doze koja se normalno prima pri rendgenskom pregledu i ne predstavlja opasnost po zdravlje.

Treba takodje uočiti razliku izmedju opasnosti za profesionalca koji radi sa izvorom zračenja (10^{-7}) i evidentiranog stepena opasnosti po slučajnog stanovnika u okolini nuklearne elektrane (10^{-12}) da bi se shvatilo kolika je pažnja posvećena kod nuklearnih postrojenja ne samo zaštiti radnika, već posebno zaštititi okolnog stanovništva. Naravno, to i košta. Medjutim, treba pretpostaviti da će masovna primena mera nuklearne tehnike u klasičnoj privredi usloviti njihovo pojeftinjenje.

Tabela 7.1. Pregled rizika po stanovništvo od raznih delatnosti

10^{-2}	suma svih udesa
7×10^{-3}	ozračivanje do 10 rema pojedinca (bezopasno) u slučaju velikih radijacopnih udesa
1.6×10^{-3}	nastanak raka od svih poznatih uzroka
10^{-3}	prirodna smrtnost muškarca
5×10^{-4}	smrtnost od pušenja
$2-3 \times 10^{-4}$	samoubistva, saobraćajni akcidenti
10^{-4}	prirodna smrtnost žena, padovi, zagadjenost vazduha industrijskim akcidentima, uključujući nuklearnu privredu, bez ozračenja
3×10^{-5}	smrtnost od vatre i struje (i u domaćinstvu)
10^{-5}	industrijski akcidenti (mladji od 20 god.), trovanja leukemija od prirodnih uzroka, rak od X zračenja, avionski akcidenti
$4-5 \times 10^{-6}$	davljenje hranom, zagadjenje od energetskih postrojenja, železnički akcidenti
2×10^{-6}	prirodne nesreće, trovanja
10^{-6}	prirodna smrtnost, rak tiroide od prirodnih uzroka
2×10^{-7}	eksplozija sudova pod pritiskom
10^{-7}	zračenje u normalnim radnim uslovima
$10^{-9} - 10^{-10}$	katastrofalni akcidenti na nuklearnom reaktoru
$10^{-10} - 10^{-12}$	smrt u okolini nuklearnog reaktora u slučaju akcidenta sa maksimalno teškim posledicama.

(Prim.: brojke rizika označavaju verovatnoću smrtnog slučaja za jednu osobu u jednoj godini-izvor USAEC i IAEA).

7.3. Doze izlaganja-ozračivanja.

Kao osnovna norma prilagodjavanja nuklearnog objekta okolini usvojena je doza dozvoljenog izlaganja stanovništva ozračivanju. Pri utvrđivanju ove doze pošlo se od činjenice da postoji prirodno zračenje (kosmičko, sa tla, iz vazduha, zgrada i od unošenja hrane koja sadrži prirodne radioaktivne materije) od koga prosečan pojedinac primi godišnje 110 do 125 mrema. Pored toga savremen čovek koristi

veštačke izvore zračenja (svetleći sat, boje, televizor, rendgen aparat, leti avionom, ide češće na more i planine gde je veće kosmičko zračenje, izvlači iz utrobe zemlje rude, uglj, naftu i sl. koje sadrže prirodne radioaktivne materije) među koje spada i nuklearna energija. Svi ovi izvori dopunjavaju u srednjem godišnju dozu prosečnog čoveka severne hemisfere na oko 170 mrema. Ova dopuna se smatra dozvoljenom srednje indikativnom "genetski značajnom dozom", pri kojoj ne dolazi do genetskih promena u stanovništvu. Normalno je da su za profesionalce dozvoljene veće doze, jer oni čine samo mali deo ukupnog stanovništva. Pri ovome bi granica ozračivanja za pojedinca na granici lokacije nuklearne elektrane bila 5 mrema godišnje (što je tačno za reaktore BWR tipa, a 100 puta manje za reaktore PWR tipa, koji se najčešće grade). Takodje je srednje ozračivanje pojedinca u krugu od 6 km oko 1 mrem (važi za BWR tip, a 100 do 1000 puta je manje za PWR tip).

Kada se ovde govori o dozi misli se na sva ozračivanja, iz svih izvora i svim putevima, preko vazduha, vode, životnih namirnica ili direktno i sve to usredjeno. Za izučavanje dejstva zračenja u okolini definišu se specijalne kritične grupe stanovništva (profesionalci, deca, odojčad), kritični putevi ozračivanja, kritični putevi unošenja radioaktivnih materija u organizam, kritični radionukleidi, kritični organi i tkiva u kojima se oni talože i sl. Takodje treba naglasiti da se radi o dozama za celo telo, dok su doze za pojedine organe ili delove tela i veće bez štetnih posledica.

Iz ovih doza ozračivanja stanovništva izvode se sekundarne i tercijalne norme kao: maksimalno dozvoljene koncentracije u vodi i vazduhu, maksimalno dozvoljeno unošenje, akcidentalne doze, dozvoljeno ispuštanje (emisija), definiše se stepen sigurnosti zaustavno-zadržavajuće opreme, stepen disperzije u okolini, i saglasno-pristupa se odgovarajućem uredjenju okoline, postavljanju mernih stanica i sl.

7.4. Radioaktivni efluenti.

Radioaktivne materije u nuklearnim postrojenjima nastaju u samom procesu rada na dva načina. Najviše ih nastaje u samom procesu fisije u nuklearnom gorivu, međutim ovi materijali mogu dospeti u prirodu samo u slučaju akcidenta i posle probijanja tri barijere. Međutim neki radioaktivni materijali nastaju kao posledica jakog zračenja iz jezgra reaktora, aktiviranjem fluida, konstruktivnih materijala, produkata korozije i sl. Ovi materijali se mogu lakše osloboditi u okolinu.

Radioaktivni plemeniti gasovi nastaju u reaktorima tipa BWR 10^2 do 10^4 Ci/MWe-god, a u PWR nešto više od 10 Ci/MWe-god, ali je njihov doprinos preko dimnjaka dozi okoline oko 10 do 30 mrem/god. U oba tipa reaktora nastaje godišnje 50-100 mCi aerosola po postrojenju i 0.5 Ci halogenih elemenata. Tečnih efluenata nastaje tipično 0.03 Ci/MWe-god, koji se ako se izbacuju razredjuju do 20 pCi/litar.

Kod BWR reaktora nastaje oko 0.05 Ci/MWe-god tricijuma, a kod PWR 10 do 20. Ipak je okolina PWR nešto bolje zaštićena.

Ako se uzme u obzir da će energetska kriza zahtevati povećanu gradnju nuklearnih postrojenja, samo će plemeniti gasovi zahtevati dodatna sredstva za preventivne mere zaštite okoline, a od tečnih-tricijum. Međutim, ovi problemi će tokom ovog veka biti samo lokalni, tj. neće predstavljati problem planete (kao što su to poremećaji u zagrevanju atmosfere zbog emisije CO₂). Čak i na lokacijama sa više nuklearnih postrojenja, uključujući i nuklearne reaktore i postrojenja za preradu goriva kapaciteta od 5 do 10 tona na dan, neće predstavljati posebne probleme. U daljoj budućnosti zbog većeg korišćenja plutonijumskog goriva (oplodni brzi reaktori) porašće problem efluenata u blizini postrojenja za preradu, više nego za nuklearnu elektranu. Smatra se da će razvoj zaustavno-zaštitne opreme biti kompenziran manjim dozama koje će primati profesionalci zbog usavršavanja mera direktne zaštite. Međutim, rešavanje problema ispuštanja efluenata povećaće problem radioaktivnog otpada.

7.5. Zaustavno-zadržavajuća oprema.

Izuzimajući ono što je rečeno o razvoju ove opreme za hvatanje plemenitih gasova i tricijuma, smatra se da će zaustavno-zadržavajuća oprema i ovakva kakva je danas do kraja ovog veka obezbediti da se ozračenje stanovništva ne poveća za više od 1% prirodnog zračenja.

U ovu opremu spadaju: tuševi za hladjenje goriva, da ne bi došlo do njegovog topljenja i ispuštanja fisionih produkata; tuševi za obaranje pritiska i temperature, a time i za spiranje fisionih produkata sa zidova zgrade (kontejnmenta) i opreme; bazeni za prihvatanje; postrojenje za prvu preradu; ventilacioni sistem; kompresori; filtri; skraberer; rezervoari za gasove i sl., i najzad, sama reaktorska zgrada-kontejnment, koja je potpuno nepropusna (dozvoljeno curenje 0.01% zapremine na dan).

7.6. Toplotno opterećenje.

Toplotno zagadjenje od svih termičkih postrojenja verovatno neće postati svetski problem u dogledno vreme. Međutim, lokalno će ti problemi postajati sve teži ukoliko raste termička snaga jedinica, ukoliko bude više objekata na jednoj lokaciji, jednoj reci ili jezeru, i ukoliko problem lokacije i raspoložive vode bude postajao sve teže rešiv.

Zbog toga rešenja treba tražiti u pažljivom izboru lokacije, razvoju metoda hladjenja, (što neće biti lako jer kule za hladjenje doprinose lokalnim maglama), a za nuklearna postrojenja kod kojih snaga ide na 100 MWe, odn. oko 300 MWt po jedinici-problemi su još teži zbog velikih jedinica i pojava termičkih udara u slučaju

prestanka rada. Inače nema drugih razlika u tretiranju klasičnih i nuklearnih termoelektrana u ovom pogledu. Nije isključeno zbog toga podizanje nuklearnih elektrana na obalama mora i na pučini.

Za lokalne efekte u raznim zemljama važe različite norme.

7.7. Radioaktivni otpadni materijal.

Radioaktivni otpadni materijal koga proizvodi svako nuklearno postrojenje i o kome se sve više govori, nije nikako lokalni problem, tj. ne predstavlja lokalnu opasnost, već je problem na svetskom nivou, zbog sve većeg akumuliranja radioaktivnog materijala, čije pitanje nije rešeno na samom izvoru.

Dok je otpadni radioaktivni materijal u krugu nuklearnog postrojenja, on je pod kontrolom i ne ugrožava nikoga. Naravno da postoje metode da se taj radioaktivni materijal učini bezopasnim za okolinu i da se stokira na neko bezbedno mesto na teritoriji zemlje koja je iz njega izvukla energiju i druge koristi (mada time problem otpada nije rešen u apsolutnom smislu). Pomenute metode su detoniranje koncentrovanog materijala, gasifikacija i sl., čak i vrlo jako razredjenje pre ispuštanja, itd. Pripremljen otpad se najčešće deponuje u neki napušteni suvi rudnik, tunel i sl. i ostavlja se pod kontrolom. Sve to naravno košta, pa su korisnici nuklearne energije smislili da je bolje da se radioaktivni otpad baca u more i tako se od nacionalnog problema pravi međunarodni.

Problem radioaktivnog otpada nije naravno jednostavan. SAD proizvodi godišnje 125 miliona tona otpada ukupno, od čega na sva energetska postrojenja otpada samo 12%. Sa 10 industrijskog rizika na godinu, to u SAD daje čak i 20.000 smrtnih slučajeva prouzrokovanih štetnim materijama iz otpada.

Međutim, jedna nuklearna elektrana od 1000 MW koja radi 300 dana godišnje proizvede samo 1 tonu radioaktivnog otpada godišnje što posle prerade daje 1 m visokoaktivnog otpada i oko 2 m srednje radioaktivnog otpada. Nikada nuklearne elektrane neće uspeti da proizvedu takve količine otpadaka kao samo jedna klasična privredna grana.

Neosporno je da će ovaj problem sledećih dekada postati značajan i da već sada traži ozbiljan rad na nalaženju odgovarajućih rešenja. Pri tome ne treba zaboraviti da radioaktivni otpad, dok je pod kontrolom, nikada ne može predstavljati takvu opasnost kao kada bi se bacao u more.

7.8. Nuklearni rizik i analize akcidenata.

Videli smo da je nuklearna industrija daleko sigurnija od kalsične i sa stanovništa zaštite na radu i sa stanovišta zaštite okoline, tj. i radnika i stanovnika okoline, zbog: striktno sprovedenih tehničkih i administrativnih mera, kontrole kvaliteta opreme i najzad, zbog primene metoda analize sigurnosti i izrade

sigurnosnih dokumenata (izveštaja o sigurnosti). Smatra se da u ceni investicija sigurnosno-zaštitne mere učestvuju sa 20-60%, zavisno od tipa reaktora, lokacije i od zemlje.

Medjutim, da bi se zadržao isti stepen sigurnosti zbog naglog razvoja nuklearne industrije-biće potrebno i dalje razvijati sigurnosne mere. To je uslovljeno novim tehnološko-nuklearnim razvojem (brzi brideri), to zahteva porast snage po jedinici, porast gustine snage i sl., u čemu u kalasičnoj industriji i tehnicu nema ničega sličnog. Sve ovo traži odgovarajući razvoj metoda analize i provere sigurnosti. Pored toga, moguće je da će moderno društvo uopšte revidirati svoje kriterijume sigurnosti i zaštite okoline, kao što je to u nuklearnoj tehnologiji već jednom uradjeno.

Godine 1950. za analizu sigurnosti postrojenja i okoline bio je referentan maksimalni mogući akcident (MMA), pri kome se nuklearno gorivo topi zbog loma glavne cevbi na oba kraja, uz istovremeni otkaz celokupnog pomoćnog električnog napajanja, kada je i snaga reaktora na početku akcidenta veća od očekivane zbog greške instrumenata. Medjutim od 1973. godine ovaj akcident više nije referalni, jer se jednostavno nikada nije dogodio u takvom obimu. MMA danas predstavlja prskanje glavne cevi, ili lom male, pomoćno električno napajanje funkcioniše (ima tri pomoćna izvora), snaga je ona koja se očekuje i u momentu akcidenta nema drugih nenormalnosti.

Medjutim, kako se danas raspolaže podacima o pouzdanosti opreme, o koincidenciji nepovoljnih opštih i posebno meteoroloških uslova u okolini, kako se raspolaže posebnim sigurnosnim i redundantnim sistemima, to se u analizi sigurnosti nuklearnih postrojenja sa pravom odomaćio probabilistički pristup, zasnovan na realnim statističkim podacima iz pogona i prakse.

Kako ove metode mogu biti interesantne i za klasična potencijalno opasna postrojenja, to će se dati osnovni pristupi analize sigurnosti, odn. akcidentalne analize.

Svaki nuklearni sistem prikazuje se na dva načina - preko analize sistema (tj. pouzdanosti u izvršenju osnovnih funkcija) i analize osobina (efikasnost, mogućnost da postigne i izdrži date performanse) u normalnom radu i u slučaju akcidenta, kada se prikazuju i moguće posledice, a posebno radiacione (ozračivanje osoblja, ispuštanje efluenata u okolinu i njihovo širenje, procena posledica po stanovništvo). U ovim analizama se se obično uzima "referantno postrojenje", uz unošenje odgovarajućih izmena u opremi i okolini.

Analizi sistema može se prići sa gledišta graničnih uslova, bilo postrojenja bilo okoline, pouzdanosti komponenti, a raznim metodama:

- detaljnom pojedinačnom verifikacijom kriterijuma i normi i proverom koliko ih oprema zadovoljava
- inžinjskom ocenom zasnovanom na iskustvu
- kvantitativnom analizom pouzdanosti, ili kombinovano - što je i najbolje.

Analize osobina moraju se vršiti u nekoliko domena, kao na pr.: kakav je odziv celog sistema na prelazna stanja, kako kontejnment izdržava akcident gubitka hladioca, kako sistemi reaguju na pad pritiska ili akcident reaktivnosti i slično, skoro isključivo preko više ili manje razvijenih kompjuterskih modela.

Zbog važnosti ovih karakteristika sistema bilo bi poželjno da odgovarajuće metode prihvati nadležno državno telo, da ih osoblje reaktora poznaje i da se obavezno primenjuju u proračunima.

U odnosu na primene, SIGURNOSNE ANALIZE obuhvataju:

1. Analizu projekta sa aspekta zaštite radnika, pouzdanosti komponenti, funkcionalnosti, kvaliteta materijala i gradnje, normalnosti rada, sudbine i kretanja efluenata, kontrole radnih režima i opreme u radu, mehaničkih komponenti, kritičnosti, odvodjenja toplote...
2. Akcidentalne analize: nenormalna i prelazna stanja i akcidente radioaktivnosti, gubitka hladioca, tipičnog akcidenta, interakcije rashladjivača, goriva i metala, mogućnost eksplozije, širenja posledica, ponašanje barijera, kretanje pritiska, temperature, fisionih produkata, širenje posledica u okolini.
3. Predviđanje i kontrolu mogućih opasnih stanja i mera za ograničenje reaktivnosti, dejstvo sigurnosnih sistema, kontrole nenormalnih stanja, redundantne sisteme, opominjućiu signalizaciju, statističke procene mera.
4. Ograničenje posledica: sigurnosno-zaštitne mere, zaustavno-zadržavajuća oprema, sistem za prinudno hladjenje, za obaranje pritiska i temperature, dupli kontejnment, ventilacione sisteme, filtre, dimnjak, napajanje energijom, rezervoare za sakupljanje efluenata.

7.9. Uticaj nuklearne elektrane na klasičnu sigurnost.

Vrlo stroge sigurnosne i zdravstvene norme koje su u nuklearnoj tehnologiji primenjivane od samog početka, kao i mere zaštite okoline-sve su više prisutne u klasičnoj tehnologiji, a naročito:

- razvoj i primena modela difuzije ispuštenih efluenata u vazduh i vodu i izučavanje njihovog daljeg kretanja i uticaja na okolinu
- razvoj metoda i programa za predviđanje ekoloških posledica u okolini u slučaju normalnog i akcidentalnog ispuštanja
- prihvatanje pojma "kapacitet okoline"
- prihvatanje sistematskih sigurnosnih analiza u opasnim aktivnostima (pre svega u javnom transportu i sl.)
- prihvatanje ocene seizmičkih, meteoiroloških, hidroloških i geografskih faktora, sem ekonomskih, i uzimanje u obzir stanovništva i drugih aktivnosti u okolini
- prihvatanje preliminarnog izučavanja lokacije.

7.10. Nuklearno postrojenje i okolina, izbor lokacije.

Danas kada ljudsko društvo pritiskuju sve više problemi nedostatka energije, a istovremeno i zaštite okoline - ono se mora dobrim delom okrenuti i ka nuklearnoj energetici, koja je dugo vremena bila zaobilažena, pa čak i zabranjivana iz drugih razloga. Svaki zastoj može još više, u ovom pogledu, da ugrozi okolinu, jer za razvoj energetike, uz očuvanje okoline, nuklearna energetika ima veliku perspektivu.

Pošto se nuklearne elektrane proizvode skoro konfekcijski, to niti ima smisla praviti projekat za svaku posebno, prilagodjenu željenoj lokaciji, niti obrnuto. Nuklearni objekat mora da zadovolji uslove o kojima je govoreno. Neke zemlje (SAD i SRN) imaju projektne kriterijume zvanično usvojene od nadležnih organa, prema kojima svaki objekat zadovoljava osnovne uslove sigurnosti za svaku lokaciju. Stvar je izučavanja date lokacije i drugih organa (od lokalnih do saveznih) da ocene stepen sigurnosti i da ga prihvate ili definišu dopunske uslove.

Konkretni uslovi ocenjuju se na osnovu poznavanja stanja na lokaciji, a pre svega podatka o seizmičnosti, hidrogeološkim uslovima, meteorološkim i klimatskim uslovima, flori i fauni, naseljenosti, o privrednim aktivnostima, saobraćaju, komunikacijama i sl. Moraju se naravno poznavati i ekološki uslovi i moraju se imati norme zaštite okoline da bi se mogle unapred proceniti posledice pretpostavljenih, a mogućih akcidenata i na osnovu proračuna utvrditi da li predviđene sigurnostno-zaštitne mere zadovoljavaju ili ne, da li se moraju postavljati dopunski uslovi i koji.

Na prvi pogled izgleda da svi imaju isti interes: proizvođači opreme da elektrana radi bez zastoja i akcidenata zbog reklame, "operator" - korisnik ima isti interes zbog ostvarenja planirane proizvodnje energije, okolno stanovništvo zbog porasta standarda uz očuvanje bezbednosti, vlasti zbog svega zajedno. Jedino u slučajevima gde nema dovoljno sredstava za obezbeđenje dopunskih zaštitnih mera, počinje svuda prisutna igra oko preraspodele odgovornosti. Zbog toga većina zemalja gradnju nuklearnih postrojenja reguliše zakonom.

Specifične mere sigurnosti nuklearnih postrojenja obezbeđuju ne samo integritet tehnologije, već vrlo dobro uklapaju objekte u okolinu, unoseći u nju minimum uticaja uopšte, pogotovu štetnih. Izuzetak čine slučajevi težih akcidenata, kada ovo više nije tačno i kada po pravilu slede katastrofalne posledice. Takve situacije ipak predstavljaju singularitete i njima se ovde nećemo posebno baviti.

VIII

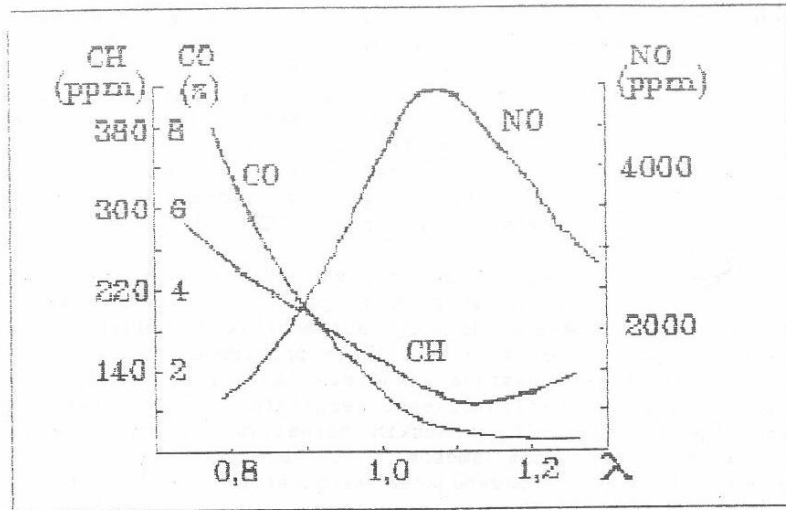
POGON MOTORNIH VOZILA I ZAGADJIVANJE OKOLINE

Zagadjenost vazduha, kao što smo već videli, najizrazitija je u razvijenim industrijskim oblastima i gradovima sa razvijenim komunikacijama, a smatra se da udeo polutanata emisije produkata sagorevanja motornih vozila iznosi čak i do 50% ukupnog zagadjenja. Činjenica da danas u svetu ima preko 500 miliona putničkih automobila, od kojih svaki izbacuje u atmosferu - prema gruboj proceni - oko 600 kg štetnih sastojaka godišnje, najslikovitije pokazuje svu kompleksnost ovog problema. To je istovremeno i imperativ za donošenje niza zakonskih propisa o ograničenju emisija toksičnih komponenata sagorevanja motornih vozila.

Postojeći jedinstveni evropski propisi limitiraju dve grupe otrovnih sastojaka u izduvnim gasovima: ugljenmonoksid (CO) i nesagorele ugljovodonike (CH), a američki federalni standardi obuhvataju još i azotove okside (NO).

Današnji razvoj motora sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS motora), kao najšire zastupljenijih, usmeren je u velikoj meri (pored smanjenja potrošnje) rešavanju problema aerzagadjenja, a faktori koji su još do pre nekoliko godina izgledali primarni: povećanje broja obrtaja, stepena kompresije, specifične snage, itd., potisnuti su u drugi plan. Prvi pokušaji smanjenja procenta ugljenmonoksida i ugljovodonika kod motora sa klasičnim sistemom sagorevanja postignuti su "osiromašenjem smeše". Na priloženom dijagramu, slika 8.1., data je zavisnost promene koncentracije toksičnih komponenata izduvnih gasova u funkciji sastava smeše λ , (apscisna osa predstavlja odnos količine vazduha i goriva u procesu sagorevanja, $\lambda=1$ predstavlja smešu sa odnosom 14,5 kp vazduha/1 kp goriva). Iz dijagrama se vidi da je emitovana količina CO i CH minimalna za vrednost koeficijenta količine vazduha $\lambda = 1.1$ (jako siromašna smeša). Međutim, stupanjem na snagu novih propisa o ograničenju azotovih oksida u izduvnim gasovima u SAD, 1971. godine, ovakvo rešenje nije se moglo prihvatiti kao konačno. Najveće količine azotovih oksida javljaju se baš pri sastavu smeše pri kome su minimalne vrednosti za CH i CO, a njihova ukupna količina (ovde se misli na NO) proporcionalna je maksimalnoj temperaturi ciklusa. Optimizacija po sva tri parametra kod motora standardne konstrukcije predstavlja velike zahteve na sistemu stvaranja smeše, sistemu sagorevanja, uvođenjem raznih filtara i naknadnim dogorevanjem produkata sagorevanja u termičkim i katalitičkim reaktorima. Menjanje kvaliteta i kvantiteta smeše postiže se njenim zagrevanjem u usisnom vodu, vrtloženjem, dopunskim raspršivanjem, razredjivanjem vazduhom i izduvnim gasovima. Ovo poslednje rešenje, recirkulacija izduvnih gasova, poznato pod stručnim skraćenicom kao sistem EGR, prihvaćeno je u SAD kao serijsko rešenje za redukciju NO. Sistem

omogućava široko podešavanje karburatora ($\lambda = 0.8-1$), a potreban kiseonik se dovodi sa sekundarnim vazduhom.



Slika 8.1. Količina emitovanih polutanata u funkciji koeficijenta količine vazduha (odnosa količine vazduha i goriva u procesu sagorevanja- λ)

Naknadno smanjivanje količine ugljenmonoksida i nesagorelih ugljovodonika, kao produkata nepotpunog sagorevanja, postiže se termičkim reaktorima. U novijoj verziji ove ideje, termički reaktori su zamenjeni izduvnim granama sa niskom termičkom inercijom. Međutim, zbog visoke radne temperature, koncentracija azotmonoksida se čak povećava, pa se ovaj katalizator može koristiti samo u kombinaciji sa EGR sistemom ili katalitičkim konvertorom. Termički a i monolitčki katalizator od plemenitih metala, koji se nalazi u konvetoru, vrlo je osetljiv na čestice olova u gorivu. Proučava se sistem za prikupljanje olovnih čestica, a rezultati pokazuju da sistem sa anglomeratom smanjuje sadržaj olovnih čestica u izduvnim gasovima od 93-96%.

Neki novi sistemi za kontrolu, koji su dali najbolje rezultate, koriste više rešenja u kombinaciji. Na primer, AMERIKAN MOTORS koristi sistem: modifikacija motora + recirkulacija izduvnih gasova + ubrizgavanje vazduha + oksidirajući katalizator. GENERAL MOTORS koristi: modifikacija motora + recirkulacija izduvnih gasova + ubrizgavanje vazduha + termički i oksidirajući katalizator. U Evropi, na primer, REANULT na vozilu R16 koristi ubrizgavanje vazduha + oksidirajući katalizator.

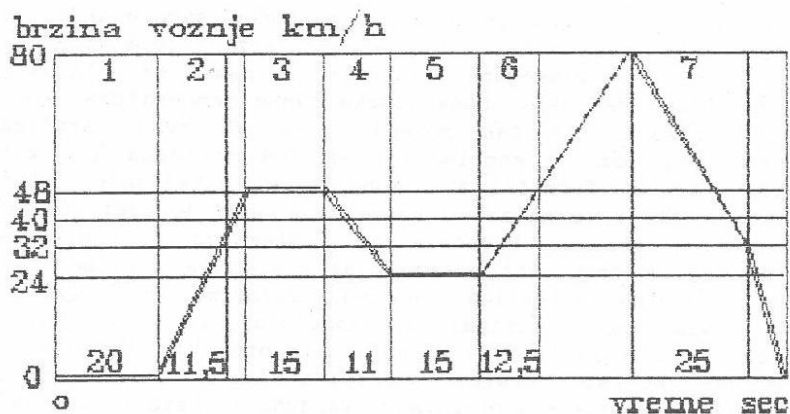
Ovi podaci uzeti su iz Federalne agencije o zaštiti čovekove sredine iz radova na zadovoljenju standarda za 1975. godinu u SAD, koji su krajnje strogi. Dopunski troškovi za automobile koji će zadovoljiti ove standarde iznosiće najmanje 500-800 dolara, s tim što će se povećati potrošnja goriva i svakako porasti troškovi održavanja vozila i zamene delova.

S druge strane, pak, osnovni program evropskih proizvođača su ekonomična i malolitražna vozila, što uveliko otežava izbor rešenja za smanjenje toksičnosti izduvne emisije. Na primer, primena sistema EGR, sa recirkulacijom izduvnih gasova od 14%, smanjuje snagu motora od 86 na 70 KS, a ekonomičnost goriva oko 5-7%, pa će to odlučiti primenu ovakvog sistema na evropska malolitražna vozila ili će modifikovati njegovu primenu.

Jedinstveni evropski propisi o dozvoljenim koncentracijama toksičnih komponenata u izduvnim gasovima sadržani su u pravilniku br. 15 Ekonomske komisije za Evropu (ECE), čiji je suosnivač i Jugoslavija.

Savezni sekretarijat za privredu preuzeo je sve korake da ovaj pravilnik stupi na snagu kod nas od 1.1.1975. godine. Ovo nameće velike obaveze domaćoj automobilskoj industriji da se uhvati u koštac sa ovim ne tako lakim problemom.

Zavodi "Crvena zastava", kod nas najveći proizvođač vozila, u tom smislu već postižu izvesne rezultate. Kao prvo rešenje radi zadovoljenja trenutnih evropskih normativa, je prelazak na rad motora sa "siromašnom smešom.". U zajednici sa proizvođačem motora "21. maj", proizvođačem karburatora IPM i institutom za motorna vozila u Vinči, praktično, ostvarenje ovog rešenja postignuto je uvođenjem takozvanog "antitoksičnog" karburatora. Ovi karburatori rade sa koeficijentom viška vazduha oko - 0,9, vrše homogenu pripremu smeše, omogućavaju bolje sagorevanje, a samim tim i smanjenje koncentracije ugljenmonoksida i nesagorelih ugljovodonika u izduvnim gasovima.

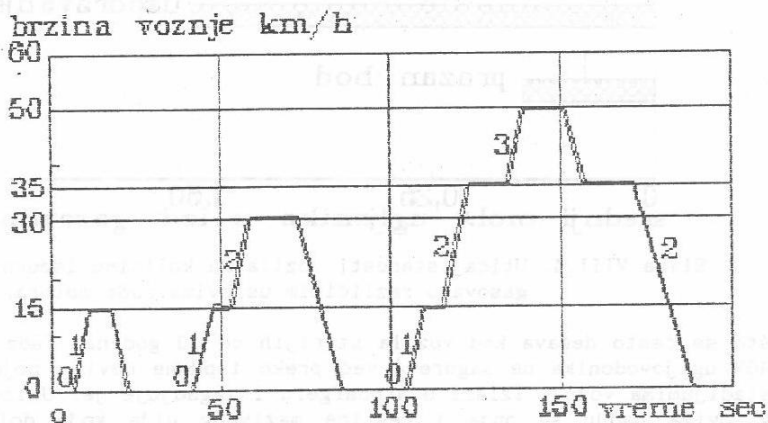


Slika 8.2. Šematski prikaz rada motora pri uzimanju uzoraka u Kalifornija testu.

Nije dovoljno samo identifikovati pojedine komponente u smeši izduvnih gasova motornih vozila, već treba i odrediti način uzimanja uzoraka pri određenim uslovima rada motora. U SAD se za to primenjuje Kalifornija-test. Vožnja prema Kalifornija-testu predstavlja uslove vožnje u američkim gradovima. Test se sastoji od sedam ciklusa, slika 8.2, koji se mogu podeliti na dva dela: hladni start od 1 do 4 i vrući start od 6 do 7. Uslovi vožnje su dosta oštri, brzina dostiže do 80 km/h.

Test traje 170 sekundi. Za vreme dok se vrši testiranje specijalnim instrumentima meri se sadržaj CO, ugljovodonika, i NO. Količina emisije računa se na osnovu analize uzorka, koji se uzima kod tačno određenih uslova (km/h) i tako dobijene vrednosti množe se faktorima korelacije koji statističko-matematičkim metodom omogućuju pravilno sudelovanje propisanih režima vožnje u konačnoj vrednosti emisije.

Kod Kalifornija-testa veća pažnja poklanja se sadržaju ugljovodonika u ispusnim gasovima, njihovoj reaktivnosti i mogućnosti sudelovanja u stvaranju smoga. Evropa nije potpuno prihvatila uslove rada motora prema Kalifornija-testu. Veća pažnja poklanja se emisiji CO, koji se u većoj količini stvara prilikom praznog hoda (pri normalnoj vožnji 2,5%, a pri praznom hodu 5%), odnosno čestog stajanja motora. Evropski gradovi razlikuju se od američkih, kritične i dozvoljene brzine su manje, a zastoji u gradskom saobraćaju vrlo su česti. Pomenimo na ovom mestu uvođenje tzv. ekoloških semafora, i u Beogradu, koji imaju displej za očitavanje vremena pre paljenja zelenog svetla, čime se vozaču omogućuje da isključi motor za vreme čekanja i time izbegne povećanu emisiju polutanata pri radu motora u praznom hodu.

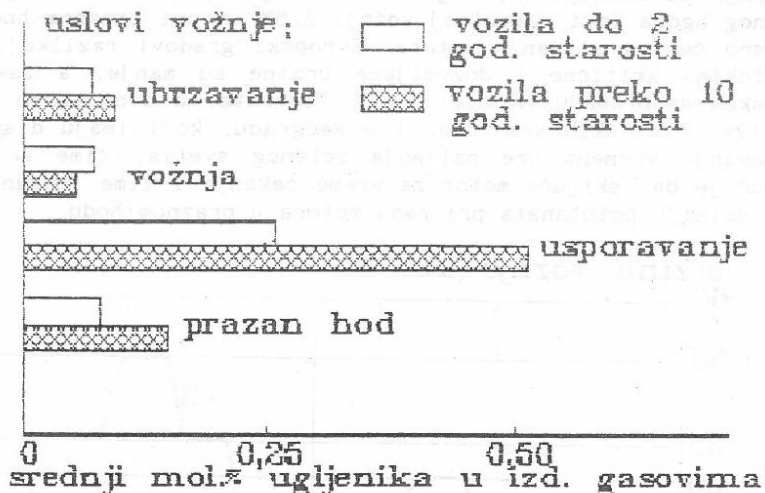


Slika 8.3. Šematski prikaz rada motora pri uzimanju uzorka u Evropa-testu.

Evropa-test (slika 8.3) simulira vožnju gradom sa čestim stajanjem i naglim ubrzanjem, a čitav test traje 195 sek. Maksimalna brzina dostiže 50 km/h. Za vreme dok traje celo ispitivanje, ispusni gas ulazi u plastičnu vrećicu i uzima se srednji uzorak čitavog testa.

Zbog vrlo male stvarne koncentracije u odnosu na ukupnu količinu ispusnih gasova, tek primenom najnovijih metoda za određivanje, kao što je plamenojonizujući detektor u gasnoj hromatografiji, bilo je moguće identifikovati sastav ugljovodonika u ispusnim gasovima motornih vozila. Do danas je identifikovano oko 200 raznih vrsta ugljovodonika C1 do C10. Najviše se istražuju ugljovodonici koji sadrže atom kiseonika, azota ili sumpora. Pogodnim kombinacijama gasne hromatografije i infracrvene spektrofotometrijske tehnike moguće je danas odrediti

njihov sadržaj. U ovim i ostalim metodama za analizu i određivanje koncentracija zagadivača u izduvnim gasovima motornih vozila detaljnije ćemo govoriti kasnije.



Slika 8.4. Uticaj starosti vozila na količinu ispusnih gasova u različitim uslovima rada motora.

Na količinu ispusnih gasova kod motornih vozila veliki uticaj ima ispravno održavanje, starost motora, stadijum vožnje, opterećenje motora, zapremina, konstrukcija i dr. Uticaj starosti vozila na ukupnu količinu ispusnih gasova prikazan je na grafikonu na slici 8.4. Crni dim obično je znak neispravnog sagorevanja, što se često dešava kod vozila starijih od 10 godina. Tada preko 40% ugljovodonika ne sagoreva već preko ispusne cevi u pojedinim stadijumima vožnje izlazi u atmosferu i zagadjuje je. U izduvnim gasovima nadju se onda i čestice mazivnog ulja koje dolaze u cilindar preko prstenova na klipnu motora.

Tabela 8.1. Ukupan uticaj promenljivih motora na emisiju ispusnog gasa

Promenljive motora	Ugljovodonici	CO	NOx
Odnos vazduh-gorivo	min 16	min 15	Max 15 do 16
Vreme prepaljenja	max kod GMT	lagano raste sa vremenom	opterećenje
Opterećenje	-	-	raste s opterećenjem
Brzina	raste	-	-
Odnos kompresije	raste s odnosom kompres.	-	raste s odnosom kompres.

Na količinu ispusnih gasova, kao i na pojedine komponente u njima utiče niz mehaničkih karakteristika motora, što je prikazano u tabelama 8.1. i 8.2.

Automobilska industrija danas je preduzela niz poduhvata na poboljšanju dovoda i distribucije goriva, konstrukcije komora za sagorevanje i modifikaciju

isposnog sistema. Uticaj pojedinih delova sistema na sastav isposnih gasova dat je u tabeli 8.2.

Tabela 8.2. Uticaj mehaničkih karakteristika motora na pojedine komponente emisija

Šta utiče?		Šta se stvara			
		CO	CHy	NOx	PbO
Prostor pre sagorevanja					
vazduh	temperatura	–	+		+
gorivo	aditivi				
rasplin.	gran.destilata	–	+		
	gubitak ispar.	+	+	–	
smeša	mešavina	+	+		
	mešanje	+	+		
	pritisak	–	+		

Motor, korito					
	vol. cilindra	–	–		
	oblik cilindra	–	+		
	ventili	+	+		
	temp.hladjenja	–	+	+	
	ostatak goriva	+	+		

Ispusni sistem					
	pritisak	+	+		
	filter		–	–	–
	recirkulacija	+	+		
	temperatura	+	+		
	katalizator	+	+		

+ = jak uticaj na emisiju

– = slab uticaj na emisiju

Odavde slede i zahtevi za poboljšanjem pojedinih delova sistema kao i uticaj na pojedine sastavne delove isposnih gasova kod motornih vozila. Nove naprave mogu se podeliti na četiri osnovne grupe:

1. Poboljšanje sistema rasplinjača.
2. Recirkulacija isposnih gasova i ponovno sagorevanje.
3. Katalizator u isposnom loncu.
4. Recirkulacija benzina iz rezervoara i oduška rasplinjača kao i mešanje sa mešavinom vazduha i goriva.

Od mnogobrojnih sistema koji su se do danas pojavili pomenućemno samo neke na kojima rade poznate automobilske industrije i koji su do danas ugradjeni u motorna vozila.

Kompanija Krajsler i Ford omogućile su ugradjivanjem uređaja CAP (Cleaner Air Package) stvaranje siromašne mešavine i smanjenje CO i ugljovodonika u ispusnim gasovima. Ovaj sistem primenjen je na kolima u SAD (južni delovi već od 1968. godine). Kompanija General Motors ugradjuje u svoja vozila Man-Air-Ox sistem koji je sastavljen iz pumpe za vazduh, usisne cevi i ispusnog ventila.

Kompanija Volkswagen nastoji da poboljša sistem za ubrizgavanje i rasplinjač. Kompanija Tojota radi na At-Pt katalizatoru. Ovaj katalizator je pokazao odlične rezultate, uklanja 90% CO i 70% ugljovodonika iz ispusnih gasova.

NOR uređaj (Nitrogen Oxid Reduction) vrlo je koristan. Ugradjuje se u SAD i smanjuje sadržaj NO u ispusnim gasovima od 75 do 85%. Ovaj uređaj ispusne gasove recirkulira i meša ih sa mešavinom vazduh-gorivo. To je jedini uređaj koji smanjuje sadržaj NO, a istovremeno delimično uklanja CO i CO₂ iz ispusnih gasova.

Kako ugljovodonici i većina njihovih derivata predstavljaju jedinjenja koja su često otrovna ili postaju otrovna pod uticajem spoljnih faktora, potrebno je da se zna koji ugljovodonici stvaraju reaktivna jedinjenja u ispusnim gasovima. Sposobnost pojedinih vrsta ugljovodonika da učestvuju u stvaranju reaktivnih jedinjenja (aldehida, ketona, peroksida), odnosno onih jedinjenja koja će moći dalje da učestvuju u fotohemijским reakcijama, nazivamo oksidacioni kapacitet. Tabela 8.3. pokazuje odnos reaktivnosti pojedinih vrsta ugljovodonika.

Tabela 8.3. Oksidacioni kapacitet nekih ugljovodonika

Ugljovodonici	Aldehidi	Peroksidi	Aerosoli
Heptan	5,2 ppm	0,2	inertan
Hepten-1	17,6	1,7	malo aktivan
Hepten-2	100,6	5,5	vrlo aktivan
Hepten-3	199	5,3	vrlo aktivan
2-metil-buten-1	97,7	4,3	vrlo aktivan

Trgovački benzini sadrže i razne aditive. Od svih aditiva najviše problema izaziva antidetonator, tetra-etil-olovo, zbog sadržaja olova, koje kasnije prelazi u ispusne gasove. Koncentracija olova u benzinu kreće se oko 0.75 gr/lit, odnosno 0.11% težinski. Od te količine 30-50% izlazi sa izduvnim gasovima u gradskoj vožnji. Tetra-etil-olovo ili druge antidetonatorske komponente koje se dodaju benzinu sadrže etilen-bromid i etilen-dihlorid, čiji je zadatak da pretvore olovo u olovne halide. Ovi imaju veći volatilitet pri višoj temperaturi motora i na taj način omogućuju olovu da izadje sa ispusnim gasovima u atmosferu. Veličina olovnih čestica kreće se od 0.2 do 5 mikrona i može se utvrditi pomoću specijalnih elektrotaložnika, koji se montiraju na ispusnu cev vozila. Kod drumskih ispitivanja utvrđeno je da koncentracija olovnih čestica zavisi od uslova vožnje i brzine.

Količina olova u ispusnim gasovima nije proporcionalna sadržaju tetra-etil-olova u gorivu, već zavisi od uslova taloženja olovnih jedinjenja u komori za

sagorevanje, na filteru, u ispusnom loncu i ispusnoj cevi vozila. U gradskoj vožnji koja se sastoji od čestog praznog hoda, usporavanja i ubrzavanja u kratkim razmacima, uslovi rada motora pogodni su da se talože olovne čestice te samo jedan deo olova odlazi u atmosferu. Prilikom duge vangradske vožnje, naročito u početku, emisija olovnih čestica naglo se povećava. Zbog visoke temperature ranije nataložene čestice olovnih jedinjenja se lome i preko ispusne cevi izlaze u atmosferu.

Uticaj tetra-etil-olova na sastav ispusnih gasova ispitan je na 120 vozila uz preko pet miliona predjenih kilometara. Prilikom ispitivanja utvrđeno je da postoji vrlo veliki individualni uticaj pojedinih kola na emisiju ispusnih gasova prilikom upotrebe etiliziranog i neetiliziranog benzina.

Velika pažnja je posvećena ispitivanju uticaja olovnih aditiva na fotohemijsku reakciju ispusnih gasova i potencijalnu mogućnost pojedinih komponenata da učestvuju u stvaranju smoga. Cilj ispitivanja bio je da se utvrdi kakav uticaj imaju olovni aditivi na stvaranje račvastih olefina u odnosu prema ukupnoj količini ugljovodonika u ispusnim gasovima kod benzinskih motornih vozila. Rezultati izvršenih ispitivanja po metodi Kalifornija testa i "general-motor" metoda pokazuju da olovni aditivi koji su prisutni u etiliziranom benzinu ne utiču na reaktivnost kao ni na sastav ispusnih gasova, tabela 8.4.

Tabela 8.4. Fotohemijska reaktivnost ispusnih gasova etiliziranog i neetiliziranog benzina.

	Etilizirani benzin	Neetilizirani benzin
GM indeks	3,46	3,41
"Kalifornija" reaktivnost %	54	56
Koncentracija ugljovodonika ppm	1170	1180

Iz poredjenja Kalifornija-testa i Evropa-testa vidi se da se u SAD određuje sadržaj CO, NO i CH u ispusnim gasovima, a u Evropi samo sadržaj CO. Tabela 8.5. daje poredjenje dozvoljenih vrednosti za pojedine zagadivače.

Tabela 8.5. Emisije motornih vozila i standardi

	CO	NOx	Ugljovodonici
Normalna emisija	3,5%	1500 ppm	900 ppm
SAD	1,5%	350 ppm	275 ppm
Kalifornija	1,0%	350 ppm	180 ppm
Z E T	2,5%		

Uklanjanje sadržaja olovnih jedinjenja: tetra-etil-olova i drugih olovnih jedinjenja, kao i drugih antidetonatora iz motornih vozila, zahteva dodavanje tim benzinima druge visoko-oktanske komponente da bi se dobio propisani oktanski broj. Cena ovakvog benzina bila bi mnogo viša jer su za njegovo dobijanje potrebna skupa postrojenja. Izmena komponenata motornih benzina ima vrlo mali uticaj na poboljšanje sastava ispusnih gasova.

Sadržaj olovnih jedinjenja nije ograničen i ima mali uticaj na aerozagadjenje.

Mnogi autori su mišljenja da nema mesta uzbuji. Automobilska industrija je do danas izvršila mnoge izmene na pojedinim delovima kod uređaja za sagorevanje kod auto-motora i time se omogućilo smanjenje koncentracije CO, NO i CH ispod dozvoljene granice, u pojedinim zemljama. Ipak ostaje, pored stalnog povećanja broja motornih vozila, otvoreno pitanje da li do te, nekako propisane granice, tolerisati zagadivanje?

8.1. Analiza sastava izduvnih gasova SUS motora.

Na ni malo trivijalna pitanja zagadjenja čovekove okoline, u prvom redu aerozagadjenje motornim vozilima, do odgovora se može jedino doći odgovarajućim naučno-tehničkim studijama problema, počev od njegovog nastajanja do posledica. Preduslov otklanjanja neželjenih posledica je pronalazak uzroka i načina formiranja toksičnih komponenata u izduvnim gasovima motora.

Za razliku od razvijenih zapadnih zemalja, kod nas su problem toksičnosti izduvnih gasova, način nastajanja štetnih komponenti, uticajni faktori na koncentraciju toksičnih komponenti u izduvnim gasovima, mogućnost smanjenja štetne izduvne emisije udeo transporta u opštem zagadjenju, nivo toksičnosti u gradovima i slični problemi veoma malo istraženi, pogotovu ne onako ozbiljno i sa onakvim potencijalom kakav oni zahtevaju. Kod nas su veoma retke motorske laboratorije, koje poseduju odgovarajuću opremu za studiozno izučavanje izduvne emisije tako da je i sama problematika u celini nedovoljno poznata.

Brži razvoj gasnih analizatora specijalno namenjenih ispitivanjima motora uočen je tokom drugog svetskog rata, u težnji za ostvarenjem što efikasnijeg sagorevanja radi povećanja snage motora. Međutim, najznačajnije razdoblje i najveći značaj i uloga analize izduvnih gasova, javili su se šezdesetih godina ovoga veka porastom problema zagadjenja vazduha od strane motornih vozila. Ovim je rastao i značaj i zahtevi koji se postavljaju pred adekvatnom analizom izduvnih gasova motora. Uvodjenje zakonskih propisa o kontroli sastava izduvnih gasova nalagalo je i uvođenje odgovarajućih uporednih metoda i ciklusa za ispitivanje sastava emisije, zašto su pre svega bili potrebni pouzdani analizatori.

Pri svemu ovome glomazni kalsični hemisjko-apsorpcioni uređaji nisu više zadovoljavali. Bilo je potrebno razviti nove uređaje koji bi relativno jednostavno davali brze i pouzdane rezultate. Najveći problem predstavlja ispitivanje sastava

izduvnih gasova u prelaznim režimima rada motora, koji znatno doprinose emisiji štetnih komponenata. Zbog toga ispitivanje sa uzimanjem diskretne količine uzorka uglavnom ne može dati svrsishodne rezultate, već se zahteva kontinualno merenje koncentracija pojedinih komponenata sa aparatima što je moguće manjeg vremena reagovanja. Pri tome se u pojedinim slučajevima, pored tačnosti, traži i izuzetna osetljivost analizatora, jer se često radi o ppm-skim koncentracijama.

Specijalan problem pri tačnom određivanju sastava izduvnih gasova predstavlja uzimanje uzorka. Naknadne reakcije u uzorku mogu znatno izmeniti sastav koji se dobija tokom analize. I u tom slučaju kontinualna analiza predstavlja razumno rešenje. Takodje, kondenzacija izvesnih sastojaka (naročito težih ugljovodonika) u uzorku, kao i odstranjivanje taloga, vodene pare i čvrstih čestica, predstavljaju specifičnosti koje se moraju imati na umu pri analizi izduvnih gasova motora.

Jednom rečju, analizator izduvnih gasova motora treba da bude tačan, osetljiv i da ima što je moguće kraće vreme reagovanja, uz jednostavnu konstrukciju i razumnu cenu uređaja. Ovi razlozi su tim složeniji ukoliko se ima u vidu kompleksan sastav izduvnih gasova motora. Zbog toga je važno razmotriti u galvnim crtama mogućnosti merenja koncentracija pojedinih važnih sastojaka emisije. Razmotrićemo analizu gasnih komponenti emisije s obzirom da su tu gornji problemi najviše izraženi.

8.1.1. Određivanje koncentracije ugljenmonoksida - CO.

Klasičan način određivanja koncentracije ugljenmonoksida je pomoću hemijsko-apsorpcionih analizatora, tzv. Orsat aparata. Princip analize ovom metodom zasniva se na sposobnosti izvesnih rastvora da potpuno apsorbuju pojedine gasovite materije, pri tome reagujući sa njima hemijski. Uobičajeno je njihova apsorpciona moć posebno izražena prema jednom gasu ili grupi srodnih gasova, dok je prema drugima zanemarljivo mala. Zahvaljujući tome moguće je ne samo kvalitativno nego i kvantitativno odvajanje pojedinih komponenti.

Za određivanje CO koristi se mešavina kuprohlorida i vodenog rastvora amonijaka. Pri ovoj apsorpciji važno je voditi računa da isti rastvor reaguje i sa kiseonikom i teškim ugljovodonicima.

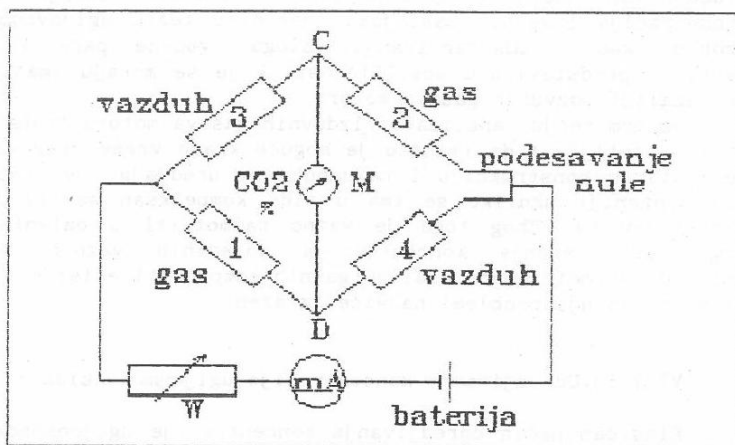
Ova metoda analize odlikuje se relativno velikom tačnošću, ispod 1%, ukoliko se radi o relativno prostijem sastavu smeše gasova (manji broj komponenata). Veliki nedostatak je relativna sporost reagovanja, glomaznost uređaja i složenost rukovanja.

Slične nedostatke imaju i dosada veoma često primenjivane apsorpciono-kolorimetrijske metode. Ovde se najčešće koristi smeša jodpentoksida suspendovanog u pušećoj sumpornoj kiselini, koja u reakciji sa CO daje produkt smeđe boje. Merenje udela po ovoj metodi vrši se ili upoređenjem intenziteta

obojenja sa raznim etalonima ili vremena pojave obojenja ili merenjem veličine obojenog dela rastvora, ili nekom drugom spektrometrijskom metodom.

Tačnost ove metode je mala. Greška iznosi od 5 do 10%, a može biti i 30%. Uzimanje uzorka je nekontinualno i sporo, ali posebno korišćenjem Drager-ovih cevčica može da posluži za orijentaciono određivanje sastava gasa pošto je rukovanje veoma jednostavno.

Za orijentaciono ispitivanje koncentracije CO pri određenim uslovima ispitivanja takodje se može koristiti i termokonduktivna metoda, koja koristi različite toplotne provodljivosti gasnih komponenti. Ako se električni provodnik smesti u gasnu sredinu, njegova temperatura će biti utoliko niža ukoliko je viša toplotna prvoodljivost te gasne sredine, i obrnuto. Na tom principu konstruisan je gasni analizator, slika 8.5.



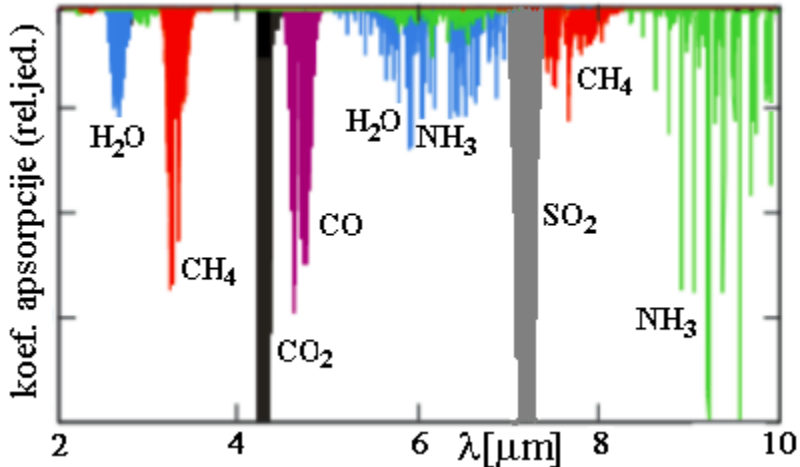
Slika 8.5. Šema termokonduktivnog analizatora.

Medjutim, ova metoda je dosta nepogodna za višekomponentne sisteme gde uvek postoji opasnost od isprepletanog uticaja različitih komponenti. Zbog toga joj je tačnost mala, mada je prosta za rukovanje, jednostavne konstrukcije i jeftina. Vrší kontinualno merenje, ali sa relativno dugim vremenom reagovanja (nekoliko sekundi). Pri ispitivanju motora može se koristiti za orijentaciono kontinualno merenje koncentracije H₂ ili CO₂ u izduvnim gasovima, ili za određivanje pojedinih ugljovodonika pri gasnoj hromatografiji.

Tek nakon usavršavanja infracrvenih analizatora sredinom i krajnjem prošle decenije, stvoreni su uslovi za optimalno merenje koncentracija CO u izduvnim gasovima. Pojava ovih analizatora je znatno doprinela istraživanju uzroka i pronalaženju mogućnosti u rešavanju problema aerzagadjenja od motornih vozila.

Princip rada analizaotra zasniva se na svojstvu većine heteroatomskih gasova da apsorbuju infracrveno zračenje u opsegu spektra karakterističnom za dati gas. U tom području u stvari leže sopstvene frekfencije oscilovanja molekula gasa, tako da pri poklapanju frekfencije zračenja sa njom nastaje pobudjivanje vibracija

molekula, odnosno predaja dela energije zračenja, tj. apsorpcije karakterističnog opsega zračenja, slika 8.6a. Talasna dužina maksimalne apsorpcije u infracrvenom spektru za CO je 4,6 mikrona. Najčešći oblik izvodjenja ovih analizaotra šematski je prikazan na slici 8.6b.



Slika 8.6a. Opsezi apsorpcije IC zračenja na raznim molekulima. Za CH₄ maksimum je na 3.4 μm , za CO₂ na 4.2, za NH₃ na 6.2, za SO₂ na 7.3 μm .

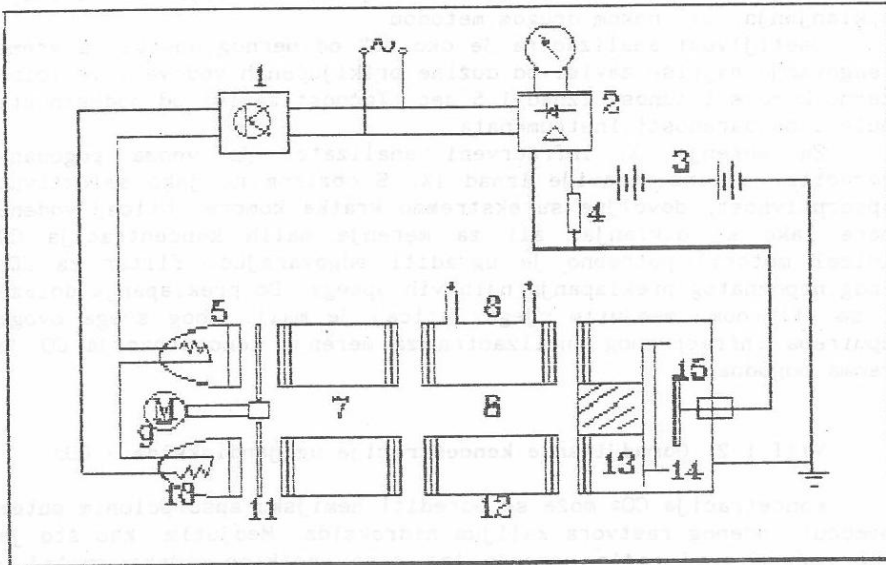
Korišćeni analizaotri su najčešće nedisperzionog tipa, odnosno bez spektralnog razlaganja infracrvenog zračenja. Merenje se vrši upoređivanjem energija mernog i referentnog zraka u prijemniku. Pre toga, merni zrak prolazi kroz apsorpcionu komoru kroz koju struji merni gas. Protok gasa mora da je konstantan i održava se pomoću regulacionog ventila i prati na protokomeru. Referentni gas prolazi kroz komoru ispunjenu gasom koji ne vrši apsorpciju. Razlika energije zračenja u prijemniku je proporcionalna intenzitetu apsorbovanog zračenja u radnoj komori.

Komore prijemnika su ispunjene komponentom čija se koncentracija meri, tako da pod dejstvom apsorpcije dela energije mernog i referentnog zraka u spektralnog opsegu definisanom komponentom u prijemniku dolazi do promene pritiska. Razlika pritisaka daje signal proporcionalan koncentraciji merene komponente u apsorpcionoj komori (kapacitivni manometar).

Veličina mernog signala iz prijemnika zavisi od intenziteta apsorpcije energije iz infracrvenog spektra od strane merene komponente i broja molekula merene komponente u apsorpcionoj komori, koji opet zavisi od veličine komore i pritiska u njoj. Dužina komore bira se tako da se dobije linearnost pokazivanja pri potrebnoj osetljivosti, odnosno što je koncentracija merene komponente veća to je potrebna dužina komora manja i obrnuto. Pritisak u komori se obično indirektno reguliše regulacijom protoka mernog gasa. Od veličine protoka gasa zavisi i brzina

reagovanja, tako da je potrebno pri svim uslovima ispitivanja i baždarenja održavati isti protok.

Posebno važan problem pri izboru i radu sa infracrvenim analizatorima predstavlja odstranjivanje uticaja komponente, čiji se merni opseg poklapa sa opsegom merene komponente. Uklanjanje ovih uticaja vrši se ili postavljanjem čvrstih optičkih filtara koji propuštaju određene opsege zračenja ili ugradnjom filtrirajućih komora ispunjenih komponentom čiji se uticaj otklanjanja, ili nekom drugom metodom.



Slika 8.6b. Šema infracrvenog analizatora CO: 1-stabilizator napona; 2-pojačavač; 3-izvor jednosmernog napona; 4-otpornik; 5-izvor mernog zraka; 6-apsorpciona komora; 7-filtrirajuće komore; 8-merne komore; 9-elektromotor; 10-izvor referentnog zraka; 11-rotirajuća blenda; 12-uporedna komora; 13-prijemnik; 14-membrana; 15-pol kondenzatora.

Osetljivost analizaotra je oko 10% od mernog opsega, a vreme reagovanja najviše zavisi od dužine priključenih vodova i veličine merne komore i iznosi iznad 1,5 sec. Tačnost zavisi od podešenosti nule i baždarenosti instrumenata.

Za merenje CO infracrveni analizator je veoma pogodan, naročito za koncentracije iznad 1%. S obzirom na jako selektivnu apsorptivnost, dovoljne su ekstremno kratke komore. Uticaj vodene pare lako se otklanja, ali za merenje malih koncentracija CO (dizel motori) potrebno je ugraditi odgovarajući filtar za CO₂ zbog nepoznatog preklapanja njihovih opsega. Do preklapanja dolazi i sa etilenom, međjutim njegov uticaj je mali. Zbog svega ovoga upotreba infracrvenog analizaotra za merenje koncentracija CO je veoma pogodna.

8.1.2. Određivanje koncentracije ugljendioksida - CO₂.

Koncentracija CO₂ može se odrediti hemijsko-apsorpcionim putem pomoću vodenog rastvora kalijum hidroksida. Međutim, kao što je već rečeno ovaj način merenja ima samo enciklopedijski značaj u ovoj oblasti. Slično je i sa kolorimetrijskim metodama, pri kojima je korišćen i bezbojan hidrazin da bi se stvorio plavo-ljubičasti rastvor.

Infracrveni analizatori su praktično idealni za merenje koncentracija CO₂, pogotovu ako se ima u vidu njihova koncentracija u izduvnim gasovima. Pri tome CO₂ poseduje veliku moć apsorpcije u infracrvenom području, zbog čega se moraju koristiti veoma kratke apsorpcione komore (u suprotnom može doći do zasićenja-upijanja celokupne energije datog opsega). Talasna dužina maksimalne apsorpcije za CO₂ je 4,2 mikrona. Osim otklanjanja taloga i čvrstih čestica, nikakav drugi filter nije potreban.

8.1.3. Određivanje koncentracije ugljovodonika - CH.

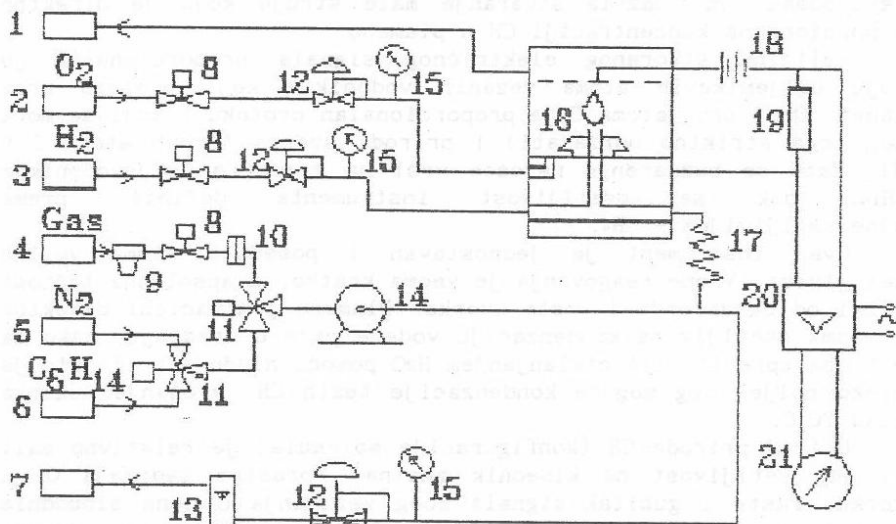
Ugljovodonici se mogu odrediti apsorpcijom pomoću bromne vode ili dogorevanjem u kombinovanom apsorpcionom aparatu. Međutim, zbog sporosti i komplikovanosti, ove metode, nisu više u upotrebi. Za orijentaciona merenja mogu poslužiti Drager-ove cevčice, gde CH apsorbuje pušuća sumporna kiselina, pri čemu se javlja smeđe obojenje.

Iako je za kontinuanu analizu veoma interesantna, primena infracrvenih analizaotra za merenje CH ima znatnih nedostataka, sa obzirom na različitu moć apsorpcije raznih ugljovodonika. Ukoliko je prijemnik ispunjen srednjim ugljovodonikom-heksanom, reagovanje analizaotra na pojedine parafinske CH je približno proporcionalno njihovoj molekulskoj težini. Međutim, takav prijemnik slabije reaguje na olefine, a veoma slabo na acetilen i aroamate. Znači, signal infracrvenog analizaotra zavisi od sastava i vrste CH u izduvnim gasovima, koji opet zavise od vrste korišćenog goriva i radnih uslova motora. Zato pokazivanje indikatora više ukazuje na prisustvo CH, nego njihovu stvarnu koncentraciju.

Znatno realnije rezultate pri merenju CH daje plameno jonizaciona metoda. Plamen vodonika u vazduhu sadrži zanemarljivo mali broj jona, tako da mu je elektroprovodnost veoma mala. Ako u tom plamenu sagoreva još neka čestica, pogotovu organskog porekla (kao npr. CH), nastaje jaka jonizacija i stvara se veći broj jona koji poboljšavaju elektroprovodnost plamena.

Šema ovog uređjaja data je na slici 8.7. U struju nosećeg gasa koji održava plamen (H₂) uvodi se određena količina mernog gasa, čija se koncentracija određuje. Odnos protoka H₂/uzorak zavisi od uslova rada i željene osetljivosti. Osetljivost se poboljšava smanjenjem odnosa H₂/uzorak. Pod dejstvom napona od

oko 100- 400 V u blizini plamena se stvara elektrostaticko polje, tako da u slučaju stvaranja jona dolazi do njihovog usmerenog kretanja prema elektrodama. To izaziva stvaranje male struje koja je direktno proporcionalna koncentraciji CH u plamenu.



Slika 8.7. Šema plameno-jonizacionog detektora: 1-izlaz gasa, 2-dovod vazduha ili O₂; 3-dovod H₂; 4-merni gas; 5-nulti gas; 6-baždarni gas; 7-višk gasa; 8-elektro-ventil; 9-taložnik; 10-prečistač; 11-razvodni ventil; 12-regulacioni ventil; 13-protokomer; 14-pumpa; 15-manometar; 16-gorionik; 17-kapilara; 18-izvor struje; 19-otpor; 20-pojačavač; 21-pokazni instrument.

Veličina stvorenog električnog signala proporcionalna je broju ugljenikovih atoma vezanih vodonikom koji prolaze kroz plamen. Ovaj broj atoma C je proporcionalan protoku (koji se mora zbog toga striktno održavati) i prirodi uzorka (broju atoma C u CH). Zato se baždarenje najčešće vrši sa srednjim ugljovodnikom C₆H₁₄, dok se osetljivost instrumenta definiše prema najneosetljivijem - CH₄.

Ovaj instrument je jednostavan i poseduje veoma veliku osetljivost. Vreme reagovanja je veoma kratko, a apsolutna tačnost zavisi od baždarenja i vrste uzorka. Plameno jonizacioni detektor je veoma osetljiv na kondenzaciju vodene pare u uređaju, tako da to treba sprečiti ili otklanjanjem H₂O pomoću hladnjaka ili što je daleko bolje zbog moguće kondenzacije težih CH, grejanjem uzorka iznad 70° C.

Uticaj prirode CH (konfiguracije molekula) je relativno mali ali je osetljivost na kiseonik znatna. Porastom sadržaja O₂ u uzorku, raste i gubitak signala zbog vezivanja C jona slobodnim kiseonikom. Ovaj nedostatak se uklanja povećanjem odnosa H₂/uzorak, ali na račun osetljivosti instrumenta.

Plameno jonizacioni detektor se najčešće koristi u sklopu gasnog hromatografa pri određivanju udela pojedinih CH u uzorku. Medjutim, ovakva vrsta analize vrši se samo u specijalnim slučajevima (radi određivanja reaktivnosti uzorka, na pr.), tako da odstupa od uobičajenog postupka. Iako je ovaj uređaj veoma

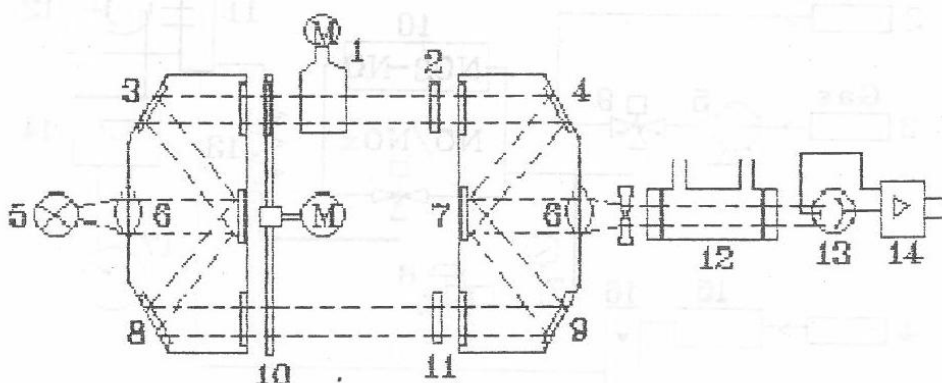
precizan i koristan, on je relativno skup, zahteva znatno iskustvo i traži dosta vremena za kompletnu analizu.

Gasna hromatografija je inače dosta efikasna metoda za razdvajanje višekomponentnih sistema. To je fizičko-hemijski metod razdvajanja smeše na sastavne komponente. Razdvajanje se postiže kretanjem smeše iznad sloja rastvora na račun različite rastvorljivosti pojedinih komponenata smeše u njemu. Zbog toga izvesne komponente bivaju manje zadržane pri kretanju preko stacionarnog sloja a druge više, usled čega dolazi do razdvajanja.

8.1.4. Odredjivanje koncentracije azotovih oksida - NOx.

Sve do skora, najviše problema zadavalo je merenje NO u izduvnim gasovima motora. Tome su doprinosile kako male koncentracije, tako i nedovoljno razvijena merna tehnika. U prvo vreme najviše su se koristile apsorpciono kolorimetrijske metode, kao što su P.D.S. metoda (pomoću fenol-disumporaste kiseline), Saltzman-ova metoda i dr. Pored toga, za merenje NO je moguće koristiti i metodu masene spektrometrije, premda je njena primena vršena samo sa nekoliko pokušaja. Sve ove metode, iako relativno tačne, nisu pogodne za normalnu, brzu i kontinualnu analizu.

NO poseduje relativno slabu moć apsorpcije infracrvenog zračenja u opsegu od 5,0 do 5,5 mikrona, dok je NO₂ praktično neosetljiv u tom području. Za analizu NO može se uspešno primeniti infracrveni analizator sa dužom apsorpcionom komorom, međutim treba paziti na preklapanje sa CO, CO₂, H₂O i nekim CH. Zbog toga se obavezno moraju primeniti otpički filtri ili filtrirajuće komore. Izvesnu nesigurnost predstavlja i stabilnost sastava merne komponente NO prilikom punjenja prijemnika.

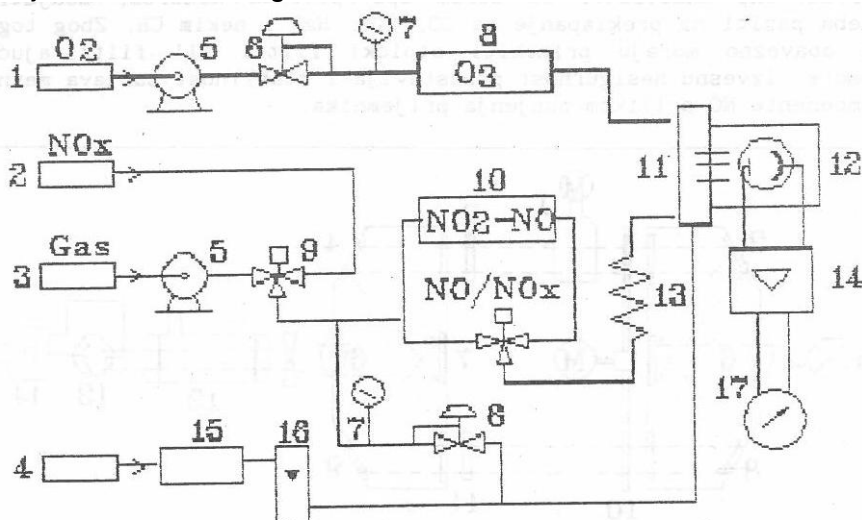


Slika 8.8. Šema fotometrijskog analizatora za NO₂: 1-baždarni elemenat; 2-merni filter; 3-4-8-9- ravno ogledalo; 5-svetlosni izvor; 6-sočivo; 7-ožljebljeno ogledalo; 10-rotirajuća blenda; 11-referentni filter; 12-merna komora; 13-foto-ćelija; 14-pojačavač signala.

Azot dioksid poseduje veoma izrazitu moć apsorpcije u ultravioletnom području. Zato se za merenje NO_2 može uspešno primeniti ultravioletni fotometrijski analizator, čija je jedna varijanta izvedbe prikazana na slici 8.8. I kod njega se merni signal dobija upoređivanjem jačine svetslosti merenog i referentnog zraka. Prijemnik detektora je fotočelija.

Za merenje gasnih komponenti uzorka kompleksnog sastava (kao što je izduvni gas), merna komora se postavlja na putu mernog zraka, na mestu filtra 2, dok se na mestu filtra 11 stavlja referentna komora sa gasom koji ne apsorbuje zračenje. Osetljivost ovih detektora je veoma dobra, a takodje i vreme reagovanja. Tačnost zavisi od baždarenja i kvaliteta baždarnog gasa (s obzirom na nestabilnost NO_2). Merni gas se obavezno prečišćava i odstranjuje H_2O , a protok mu se održava konstantnim.

Azot monoksid se takodje može odrediti pomoću fotometrijskog detektora, ukoliko se najpre oksidiše (pomoću katalizatora, većeg pritiska i temperature) u NO_2 . Medjutim, ova metoda je nešto nepreciznija i sa slabijim vremenom reagovanja. Iako je složenija, ipak se uspešno može primeniti za merenje koncentracije NO u izduvnim gasovima.



Slika 8.9. Principijelna šema hemiluminiscentnog analizatora: 1-ulaz; 2-ulaz baždarnog gasa; 3-ulaz uzorka; 4-izlaz gasa; 5-pumpa; 6-regulacioni ventil; 7-manometar; 8-generator O_3 ; 9-razvodni elektroventil; 10- NO_2 pretvarač; 11-reakciona komora; 12-foto čelija; 13-kapilara; 14-pojačavač; 15- O_1 skupljač; 16-protokomer; 17-instrument.

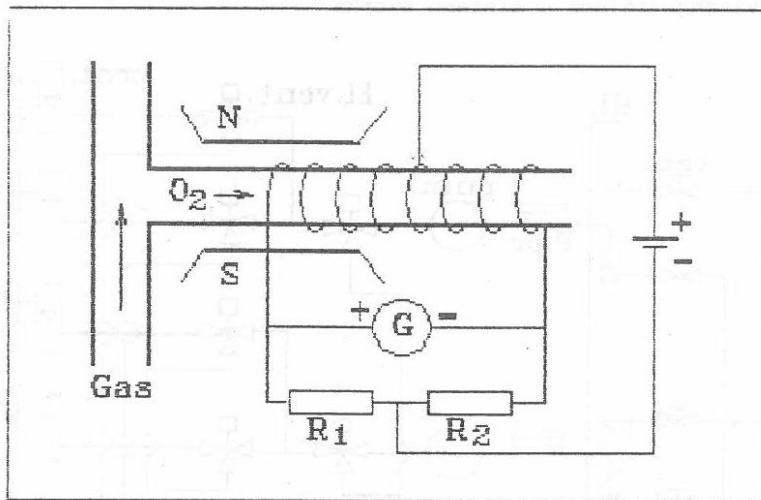
Smatra se da je danas najpovoljnija metoda za merenje azotmonoksida tzv. hemiluminiscentna metoda, razvijena tek u najnovije vreme. Principijelna šema rada prikazana je na slici 8.9, a rad analizatora je baziran na svojstvu reakcije NO sa ozonom O_3 , pri kojoj se stvara azotdioksid NO_2 , kiseonik O_2 i 10% elektronski ekscitiranog NO_2 , koji pri prelasku u osnovno stanje emituje svetlost određene

talasne dužine. Intenzitet svetlosti emisije je proporcionalan masenom protoku NO u komori za reakciju. Ukupna emisija azotnih oksida meri se tako što se NO₂ najpre redukuje pomoću katalizatora.

Ovaj analizator se odlikuje velikom osetljivošću na NO i praktičnom neosetljivošću na ostale gasove. Pored toga, poseduje i bolje vreme reagovanja u odnosu na infracrveni analizator, tako da se sve više koristi.

8.1.5. Određivanje koncentracije kiseonika - O₂.

Termomagnetni analizator je praktično najpovoljniji za merenje udela O₂ u izduvnim gasovima motora. Njegov princip rada je baziran na znatno većoj magnetnoj osetljivosti O₂ u odnosu na ostale gasovite materije. Pri tome se koristi osobina da se magnetna osetljivost O₂ smanjuje sa porastom temperature. Šematski prikaz ovakvog uređaja dat je na slici 8.10.



Slika 8.10. Princip rada termomagnetnog analizatora

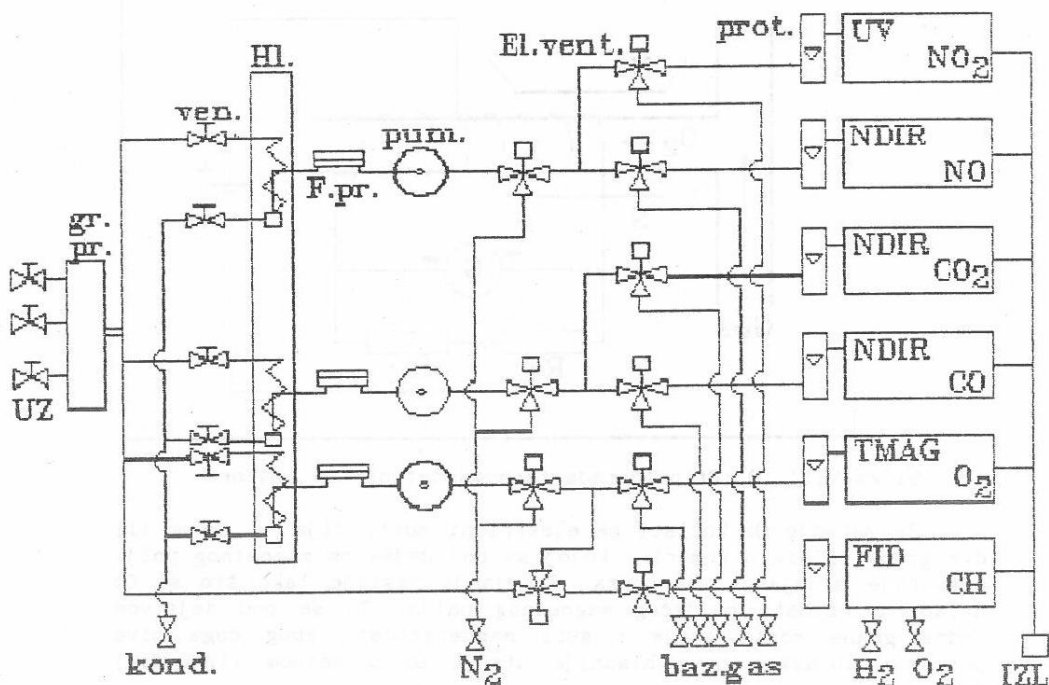
Za merenje O₂ koristi se električni most, čija se jedna ili dve grane nalaze u komori u kojoj se pod dejstvom magnetnog polja ostvaruje strujanje kiseonika. Strujanje nastaje tako što se O₂ uvlači u oblasti najjačeg magnetnog polja. Tu se pod dejstvom jedne grane mosta greje i gubi magnetičnost, zbog čega biva potisnut dolaskom nove hladnije struje O₂ u mernom (izduvnom) gasu.

Ovaj analizator je relativno jednostavan i lak za rukovanje. Vršiti kontinualno pokazivanje, ali sa slabim vremenom reagovanja. Tačnost pokazivanja zavisi od baždarenja instrumenta, a zavisi i od podešenosti (savršene horizontalnosti) merne komore.

8.1.6. Instalacija za analizu izduvnih gasova motora.

Kao što je već naglašeno, poseban problem predstavlja uzimanje i priprema uzoraka za kontinualnu analizu. Mesto uzimanja uzorka može znatno uticati na izmerenu vrednost, kako s obzirom na produžene reakcije u izduvnom vodu (naročito CH i NO) tako i s obzirom na ravnomernost raspodele. Obično je najpogodnije mesto na pravom, ravnom delu izduvne cevi nakon nekog mešača (kao što je izduvni lonac) na udaljenju od oko 1 metar od motora.

Važno je sprečiti naknadne reakcije u vodu uzorka. Da bi se sprečio gubitak izvesnih komponenti, najbolje je odmah smanjiti temperaturu uzorka i "zamrznuti" reakcije u njemu. Pri tome treba imati na umu mogućnost gubitka nekih kondenzovanih CH. Na apsorpciju u sistemu je osetljiv NO₂ i naročito CH u dodiru za izvesnim plastičnim materijama (polivinil hlorid, polietilen i dr.). U vezi sa CH, najpovoljniji su polivinilhlorid i fluor ugljenik (teflon). Radi smanjenja apsorpcije, važno je sprečiti stvaranje taloga u sistemu uzorka.



Slika 8.11. Šema instalacije za laboratorijsko ispitivanje sastava izduvnih gasova.

S obzirom na uticaj vodene pare na pokazivanje izvesnih analizatora, njeno otklanjanje u specijalnom hladnjaku je obavezno. Time ne samo da se štiti analizaotr, već se i temperatura uzorka održava konstantnom. Pritisak uzorka se kontroliše protokometrom, tako da se pri svim uslovima rada i baždarenju održava

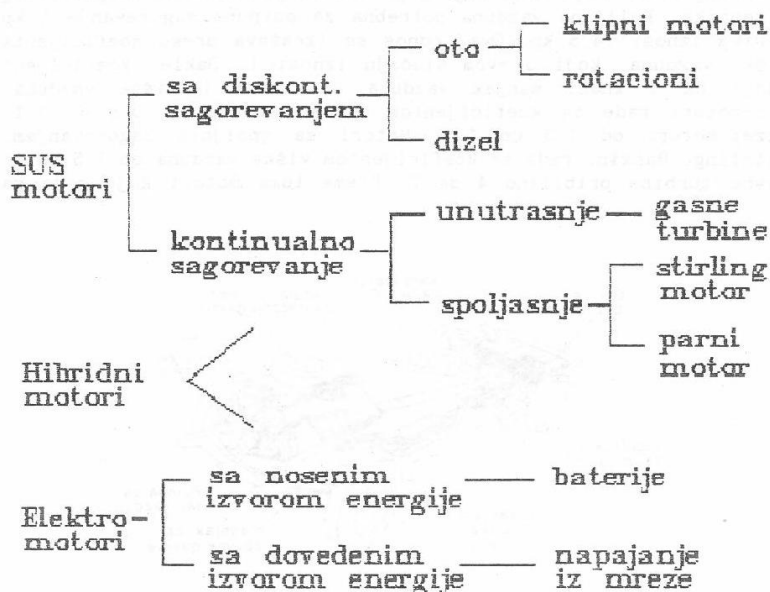
isti protok. Prečišćavanje uzorka i otklanjanje čestica obavezno je i mora mu se posvetiti ozbiljna pažnja.

Ilustracije radi, na slici 8.11. prikazana je šema instalacije za ispitivanje sastava izduvnih gasova motora Zavoda za motore Mašinskog fakulteta u Beogradu.

Napomenimo još na kraju i problem kvaliteta i stabilnosti baždarnih gasova, s obzirom da tačnost očitavanja zavisi od njih.

8.2. Tendencije razvoja pogona motornih vozila sa aspekta zaštite okoline

Drumski saobraćaj, koji je ovde od posebnog značaja, karakterističan je po vozilima na različite pogone. Na šemi slike 8.12 prikazane su vrste pogona za vozila u drumskom saobraćaju, a najbrojniji su motori sa unutrašnjim sagorevanje, tj. oto- i dizel-motori. Danas se u drumskom saobraćaju gotovo isključivo koriste automobili sa oto-motorom, pravolinijskog kretanja klipa; vankel-motorima rotacionog i dizel-motori pravolinijskog kretanja klipa. Ovi motori imaju diskontinualno unutrašnje sagorevanje goriva, tj. gorivo nije upaljeno stalno za vreme radnog ciklusa. U težnji za što manjim sadržajem otrovnih izduvnih gasova, istraživalo se korišćenje različitih pogona motornih vozila. Poznati su motori sa kontinualnim unutrašnjim sagorevanje, u koje spadaju gasne turbine i sa kontinualnim spoljnim sagorevanje, npr. Stirling-motor i parni motor. Ispituju se i motori na električni pogon, posebno sa izvorima energije koje je moguće nositi na vozilu (baterije). Kombinacija električnog pogona i motora sa unutrašnjim sagorevanjem naziva se hibridnim motorom.

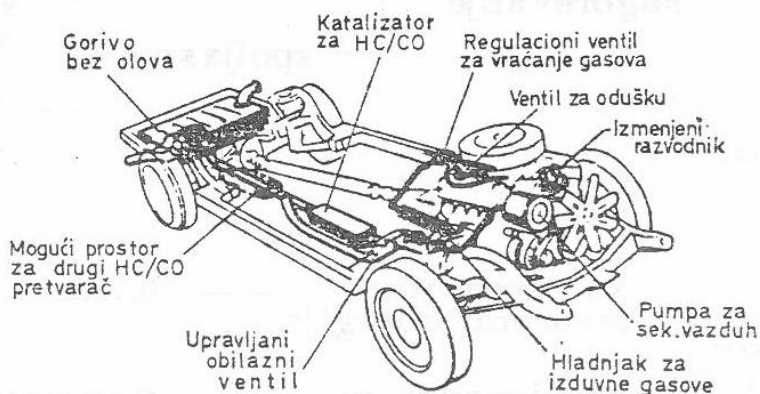


Slika 8.12. Vrste pogona vozila u drumskom saobraćaju.

Ukoliko želimo da sagledamo dalje pravce razvoja motora s obzirom na nisku emisiju izduvnih gasova, moramo najpre predočiti uslove nastajanja ovih škodljivih materija, naročito za najmasovnije oto- i dizel-motore. U prvom redu to su ugljovodonici, koji se ne rastvaraju, već se nose u rezervoaru goriva. Oni delimično isparavaju pre sagorevanja, a delimično odlaze u izduvnu cev kao produkti nepotpunog saogrevanja. Tipični predstavnik nepotpunog sagorevanja je ugljenmonoksid. Oksidacija u CO je brza, ali dalja oksidacija u CO₂ zahteva dodatan kiseonik, visoku temperaturu (preko 2000° C) i dovoljno vremena. Primera radi, vreme sagorevanja smeša u oto-motoru iznosi približno 5 milisekundi, a to je premalo za oksidaciju, pa je, izmedju ostalog, oto-motor najotrovniji u pogledu emisije ugljenmonoksida.

Jedan od važnih uslova za sagorevanje goriva u vezi sa stvaranjem materija koje zagadjuju vazduh je količina raspoloživog kiseonika. Količina vazduha potrebna za potpuno sagorevanje 1 kp goriva iznosi 14.5 kp. Ovaj odnos se izražava preko koeficijenta viška vazduha, koji u ovom slučaju iznosi 1. Dakle, koeficijent manji od 1 znači manjak vazduha, a iznad 1 višak vazduha. Oto-motori rade sa koeficijentom viška vazduha od 0.8 do 1.1, dizel-motori od 1.3 do 1.5. Motori sa spoljnim sagorevanjem, Stirling, Rankin, rade sa koeficijentom viška vazduha od 1.5 do 2, gasne turbine približno 4 do 7. Prema tome motori koji rade sa koeficijentom bliskim jedinici, imaju problema sa sagorevanjem CO, CH i nešto manje sa NO. Medjutim motori koji rade sa većim koeficijentom viška vazduha u principu neće imati problema sa CO, ali će imati povećanu emisiju NO, slika VIII.1.

Ovo služi kao orijentacija, jer u praksi znamo da ne postoje stalno isti uslovi rada. To utiče na stvaranje i razvod smeše. Za stvaranje štetnih materija važni su i lokalni meteorološki uslovi, jer motori često rade u velikom rasponu spoljnih temperatura, nižim od -30 a i višim od +30 C. Problem izduvnih gasova, dakle, uopšte nije jednostavn, a postojeća rešenja na motorima samo su niz kompromisa.

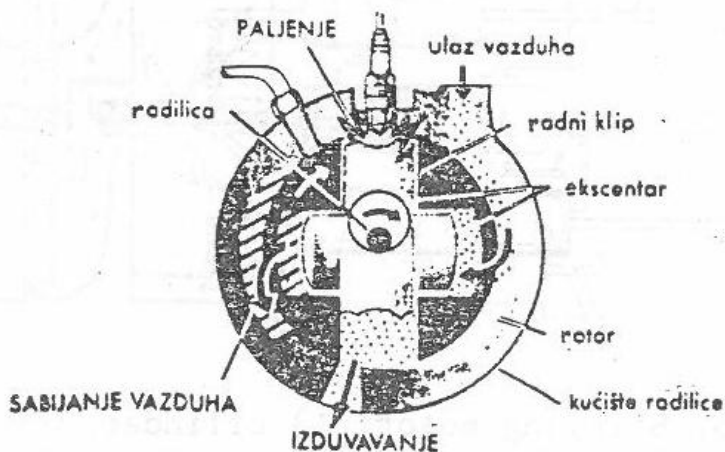


Slika 8.13. Automobil sa oto-motorom i uređajima za prečišćavanje izduvnih gasova (prema Kampou).

Navešćemo primer jednog rešenja "čistog" motora koji radi na manjim koeficijentima viška vazduha, samim tim smanjuje se stvaranje azotnih oksida, dok se u jednom termičkom ili katalitičkom reaktoru, priključenom na izduvni sistem motora naknadno oksidišu ugljenmonoksid i ugljovodonici. Ovo je svakako neekonomičan i skup postupak. Termički reaktori rade tek od 800 do 1000 °C. Nije potrebno naglašavati delovanje ovih reaktora kada je motor hladan. U ovom pogledu bolji su katalizatori koji rade već pri nižim temperaturama, ali su skupi i kratkog veka. Ilustracije radi, na slici 8.13., prikazano je šta bi sve na jedno vozilo moralo da se ugradi da bi ono ispunilo nade u pogledu kvaliteta izduvnih gasova.

U pogledu toksičnosti emisije izduvnih gasova, posleratna konstrukcija Vankel-motora, iako originalna zbog principa rotacionih klipova, ne ispunjava u potpunosti savremene zahteve. Pored visoke specifične snage ima visoku potrošnju goriva i zahteva uređaj za dogorevanje izduvnih gasova. Visoki proizvodni troškovi uslovlili su da se ovaj motor ne proizvodi u velikim serijama.

Novija konstrukcija rotacionog motora javlja se sedmesetih godina, a izumitelj je Bob Kerol (SAD), šematski je prikazan na slici 8.14.



Slika 8.14. Shema novog rotacionog motora (B. Kerol).

Novina u ovom rotacionom motoru je više konstrukcione prirode. Britanski stručnjaci za rotacione motore navode visoku specifičnu snagu i dobru emisiju izduvnih gasova u pogledu toksičnosti. To su za sada samo teorijske pretpostavke, a prototipna izvedba ovog motora i sva neophodna merenja pokazaće pravu sliku ove nove konstrukcije.

Problemi toksičnosti izduvnih gasova i ograničene rezerve tečnih goriva u svetu navele su konstruktore motora da se angažuju na pitanju varijantnih goriva za motore budućnosti, posebno oto- i dizel-motore.

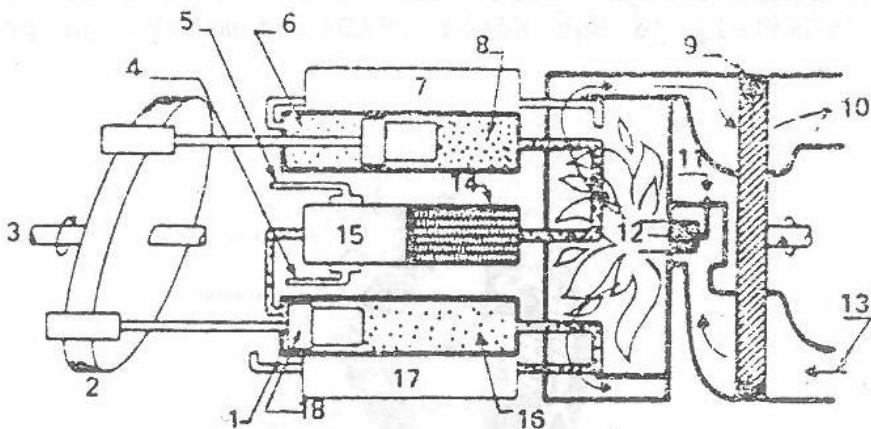
Od interesantnih varijantnih goriva pomenućemo metanol (metil alkohol), koji se može proizvesti prevodjenjem metana preko katalizatora uz prisustvo pare, ali i

iz uglja. Prema tome, metanol bi bio ekonomično gorivo, posebno što mu je oktanski broj 235, i to bez aditiva kao što je olovo. Međutim, jedan od negativnih faktora u njegovoj primeni je velika toplota isparavanja.

Vodonik kao varijantno gorivo za motore sa unutrašnjim sagorevanje, proizveden elektrolizom iz vode, mogao bi biti primarni izvor energije. Pri njegovom korišćenju ne pojavljuju se ugljenmonoksid i ugljovodonici u izduvnim gasovima, ali je emisija azotnih oksida znatno povećana, a snaga motora smanjena. Još niz faktora: snabdevanje, skladištenje vodonika, opasnost od eksplozije i dr., ne dozvoljavaju njegovu masovnu primenu.

Jedan od potencijalnih pogona je svakako Brajton-motor ili gasna turbina. Grane turbine u komori za sagorevanje razvijaju temperature koje nisu više od 1000 C. To daje povoljne preduslove u pogledu viška vazduha i ne suviše visokih temperatura. Potrošnja goriva je povoljna, emisije štetnih izduvnih gasova su male, a troškovi održavanja nisu veliki.

Predstavnik motora sa kontinualnim spoljnim sagorevanjem je Stirling-motor, čijem razvoju je doprinela firma "Filips" Šematski je prikazan na slici VIII.15.



Slika VIII.15. Stirling-motor: 1) cilindar; 2) oscilujuća ploča; 3) izlazna osovina; 4) izlaz iz hladnjaka; 5) ulaz u hladnjak 6) prostor za hladno sabijanje; 7) hladnjak-regenerator; 8) prostor za širenje u vrućem stanju; 9) obrtni predgrejač vazduha; 10) izduvna cev; 11) gorivo; 12) gorionik; 13) vazduh iz kompresora; 14) regenerator; 15) hladnjak; 16) radni fluid - vodonik; 17) hladnjak-regenerator; 18) klip sa dvostrukim dejstvom.

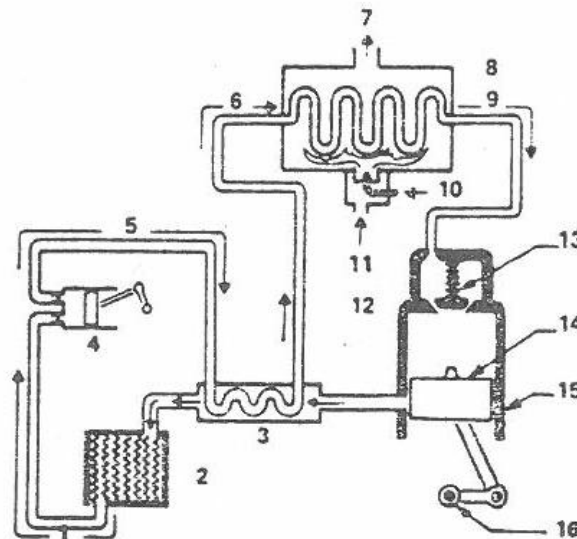
Kod ovog motora gas se sabija u prostoru za hladno sabijanje odakle se pri konstantnoj zapremini potiskuje preko hladnjaka, regeneratora i grejača u prostor za širenje u vrućem stanju. Topli gas se širi i nakon toga potiskuje opet preko grejača, regeneratora i hladnjaka u hladni prostor. Gorionik radi sa pregrejanim vazduhom na oko 700 °C i koeficijentom viška vazduha od 1.5 do 2.5 usled čega produkti sagorevanja imaju prosečnu temperaturu od 1700 do 2000 °C. I pored ovakvih uslova rada postoji mogućnost stvaranja azotnih oksida. Prednosti

Stirlingovog motora su mala potrošnja, tih rad i mala emisija toksičnih izduvnih gasova. Nedostatak je velika zapremina, utrošak materijala, velika težina i otuda visoka cena.

Jedan od interesantnih pogona budućnosti je i parni motor koji radi prema Rankinovom procesu. Šematski je ovaj motor prikazan na slici 8.16. Toplota dobijena sagorevanjem smeše gorivo/vazduh prenosi se u odvojen zatvoren sistem koji sadrži fluid za kondenzaciju. Ovaj fluid (voda, freon) isparava, pregreva se u kotlu i širi radi odavanja snage a zatim se ponovo kondenzuje radi dalje upotrebe.

Parni motori u zavisnosti od toga koji medijum koriste, vodu ili freon, nemaju suviše visoke temperature. I ovde nailazimo na pojavu azotnih oksida, ali u vrlo malim količinama.

Električni automobili, s obzirom na prirodu njihovog pogona, nemaju emisije izduvnih gasova i praktično ne proizvode buku. Na prvi pogled oni bi bili idealna zamena za postojeća vozila, posebno u gradskom saobraćaju. Da bi električna vozila bila konkurentna vozilima sa termičkim motorima, potrebno je trajno rešiti tehnologiju akumuliranja energije tj. baterija.



Slika 8.16. Rankinov motor: 1) radni fluid; 2) kondenzator; 3) grejač vode za napajanje; 4) pumpa za napajanje; 5), 6) radni fluid; 7) izduvna cev; 8) kotao; 9) para; 10) gorivo; 11) vazduh od kompresora; 12) ekspander; 13) usisni ventil; 14) klip; 15) cilindar; 16) radilica.

Poznavajući osobinu fosilnih goriva da akumuliraju energiju, navodimo primer da se iz 1 kp goriva može dobiti 150 puta više mehaničke energije nego iz 1 kp olovne baterije. Istraživane su baterije na principu olova i sumporne kiseline, gvoždja i nikla, cinka sa odgovarajućim elektrodama, a i primenljivost različitih elektromotora, kao tiristorskih, indukcionih i slično.

U suštini električni automobili ipak nisu automobili koji ne zagađuju okolini, jer osnovni izvor energije je električna centrala koja radi na principu sagorevanja jedne vrste goriva. Tome treba dodati i eventualna isparenja koja potiču iz samih baterija.

Na kraju pomenimo i hibridne motore, koji su kombinacija električnog i termičkog pogona bilo koje vrste. Pri tom se javlja niz konstrukcionih problema, a visoki su i troškovi proizvodnje.

Iz svega izloženog proizilazi da se opredeljenje u pogledu pogona vozila u budućnosti danas još ne može sagledati. Istraživanja oto-motora, sa tzv. slojevitim punjenjem, pokazala su znatna poboljšanja u pogledu toksičnosti izduvnih gasova, tako da u pogledu prognoza u budućnosti predstavljaju veoma interesantno rešenje. U principu, zadovoljenje ekstremno niskih propisa o emisiji moglo bi se postići samo po cenu ekonomičnosti. Činjenica je da se dekontaminacija izduvnih gasova ničim ne može postići sve dok radi ma koja termička mašina. Stoga bi dalja istraživanja trebalo usmeriti na prečišćavanje izduvnih gasova svih motora koji rade sa unutrašnjim sagorevanjem, bez obzira da li se ugrađuju u automobile ili se koriste u druge svrhe.

IX

BUKA KAO SPECIFIČAN OBLIK ZAGADJENJA

Buka kao faktor životne sredine je postala predmet istraživanja tek u novije vreme, kada je postalo jasno da suviše jaka buka štetno utiče na čovekovo zdravlje i primetno smanjuje proizvodnost njegovog rada. Pri izučavanju buke javila se potreba da se, pre svega, tačno oceni jačina buke i da se ona izrazi u brojčanim veličinama, a ne samo opisno. Bilo je potrebno odrediti jedinicu mere jačine buke.

Buka nije ništa do zvuk većeg intenziteta. Obzirom da se radi o mehaničkim talasima, njihov intenzitet je moguće izraziti ili preko gustine energije ili preko pritiska koji talas vrši na prepreku. Srednja gustina energije talasa je data sa:

$$\varepsilon = \frac{\rho \cdot A^2 \omega^2}{2} \quad (9.1)$$

gde je ρ gustina sredine, A amplituda, a ω kružna učestanost talasa.

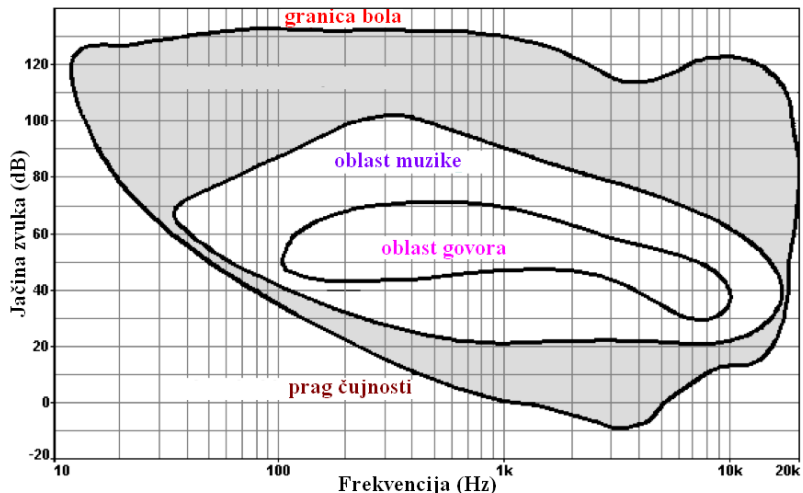
Pritisak talasa na prepreku je po Lebedevu dat izrazom:

$$P = \frac{\varepsilon \cdot (\gamma + 1)}{2} \quad (9.2)$$

gde je ε srednja gustina energije, a γ odnos specifičnih toplota c_p/c_v pri konstantnom pritisku i zapremini. Kako ni jednu od ovih veličina nije pogodno direktno meriti, za merenje intenziteta zvuka usvojen je Weber-Fehner-ov psihofizički zakon po kome se intenzitet određuje na osnovu odnosa datog intenziteta i prosečnog praga čujnosti zvuka na frekvenci od 1000 Hz. Reč je dakle o tzv. subjektivnoj jačini zvuka izraženoj formulom:

$$L = k \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad (9.3)$$

Za $k=1$ usvojena jedinica jačine zvuka je Bel, prema imenu pronalazača telefona, a za $k=10$ jedinica je deset puta manja i obeležava se sa dB, decibel. Na slici 9.1. prikazana je subjektivna jačina zvuka u oblasti čujnosti za razne frekvencije zvuka.



Slika 9.1. Subjektivna jačina zvuka u funkciji frekvencije.

Radi ilustracije, navešćemo neke primere jačine zvuka: šapat na dva koraka od našeg uha ima jačinu 10 decibela. Isto toliko ima i šum lišća pri slabom vetru, dok glasan govor ima oko 65 decibela. Originalnost ovog načina merenja jačine buke sastoji se u tome što razlici jačine od jednog bela odgovara odnos snage buke 10, razlici od dva bela-odnos 100, razlici od tri bela-odnos 1000, itd. Ako se zna da jedan automobilski motor proizvodi buku jačine 60 bel (60 decibela), a šuštanje lišća pri tihom vetru 1 bel, onda jačina buke automobilskog motora premašuje jačinu šuštanja lišća, ne šest, nego 100.000 puta. U tabeli 9.1 naveden je niz primera za ocenu jačine buke.

Tabela 9.1. Primeri za ocenu intenziteta buke

Šum lišća	do 20 dB
Šapat	do 30 dB
Glasan govor	do 60 dB
Rad pisaće mašine	do 70 dB
Rad više pisaćih mašina	do 78 dB
Unutrašnjost autobusa - tramvaja	70-80 dB
Kotlarnica	85-95 dB
Kovačnica	90-105 dB
Limarnica	95-100 dB
Pneumatski čekić	98-112 dB
Radionica za izradu eksera	105-115 dB
Klipni avionski motor	110-120 dB
Sirena transatlantika	120-140 dB
Rad mlaznog aviona	120-140 dB
Eksplzija topa najvećeg kalibra	do 160 dB
Buka pri ispaljivanju rakete Saturn	do 174 dB

U svakoj sredini u kojoj se pojavljuje zvuk intenziteta većeg od 80 dB potrebno je preduzeti mere zaštite (Zakon o profesionalnoj nagluvosti - Službeni list od 10. decembra 1958. godine, tačka 34), jer nepovoljno utiče na rad srca, povećanje krvnog pritiska, oštećenje sluha, itd.

Inače i za manje intenzitete buke, u zavisnosti od sredine propisane su granične vrednosti. Radi ilustracije u tabeli 9.2. navodeno je nekoliko primera maksimalno dozvoljenog intenziteta buke.

Tabela 9.2. Primeri maksimalno dozvoljenog intenziteta buke

Bolnica (bolesničke sobe)	do 15 dB
Biblioteka	do 20 dB
Stanovi (dnevni boravak)	30-40 dB
Stanovi (spavaće sobe)	20-30 dB

Pored navedenih primera u fabrikama motora, posebno u pogonima obrade metala, svaka mašina proizvodi intenzivnu buku. Treba naglasiti da ukupna buka u proizvodnim pogonima nije prost zbir pojedinačnih buka. Drugim rečima, ako jedna mašina radilica proizvodi buku od 60 decibela, a druga, na primer, 80 decibela, tada jačina buke u toj prostoriji ne iznosi 140 decibela. Ukupna buka je manja, što je posledica medjusobnog odnosa jedinica za jačinu buke.

9.1. Uzroci stvaranja buke.

Osnovni uzroci buke strojeva, uređaja ili aparata, su mehaničkog, aerodinamičkog (hidrauličkog) i elektromagnetskog porekla.

Mehanička buka nastaje zbog pokretanja raznih delova mašina. Pri tim kretanjima, naročito ako su ona periodična, dolazi do vibracija pojedinih delova u pokretu, koje se prenoisi i na ostalu konstrukciju. Ako je frekvencija uzbudnih sila u čujnom području, a konstrukcija je takva da se mahanička energija može transformisati u zvučnu, stroj postaje izvor buke. Karakteristika takve buke je da njen spektar sadrži mnogo diskretnih frekvencija.

Aerodinamička buka nastaje zbog strujanja ili kretanja gasa ili pare. Ova pojava se redovno susreće kod ventilatora, kmpresora, a često i na drugim rotirajućim delovima, ukoliko su im brzine dovoljno velike. Ako se laminarno strujanje vazduha u nekom kanalu poremeti naglim skretanjem, postavljanjem nekakve zapreke, stvara se vrtlog, odnosno izvor zvuka. Isticanje gasa u slobodan prostr, kao i sagorevanje na sličan način stvaraju buku. Kretanje čvrstog tela, odredjenom brzinom, u vazduhu izaziva takodje zvučne efekte. Strujanje tečnosti, analogno strujanju gasa, može uzrokovati buku. Aerodinamička buka ima uglavnom karakter šuma, tj. njena je spektralna gustina snage u širokom frekventnom opsegu

konstantna. Ponekad, međutim, može zbog periodičnih promena strujanja doći do isticanja pojedinih tonova, "efekat sirene".

Buka elektro-magnetskog porekla sureće se na električnim strojevima i transformatorima. U krajnjoj liniji, ova buka bi se mogla svrstati u "mehaničku" buku. Obzirom na ogroman broj električnih strojeva i aparata kojima smo okruženi na radnom mestu i u privatnom životu, te obzirom na neke posebne osobine te buke, praktično ju je izdvojiti u posebnu kategoriju.

Elektromagnetska buka nastaje zbog mehaničkih vibracija aktivnih delova električnih uređaja i aparata izazvanih elektromagnetskim silama. Te su sile najčešće prapratna pojava nesavršene transformacije električne energije u magnetsku ili električne energije jedne vrste u električnu energiju druge vrste. Naravno da se vibracije sa elektromagnetski aktivnih delova stroja prenose na pasivne delove konstrukcije, koji takodje mogu postati dodatni izvori buke. Elektromagnetska buka ima diskretan spektar.

Buka strojeva, aparata i uređaja zaslužuje danas posebnu pažnju. Njihova upotreba je sastavni deo života savremenog čoveka, od stana u kome živi, preko saobraćaja, do mesta na kome radi.

9.2. Buka kao izvor oštećenja sluha.

Problem oštećenja sluha usled delovanja buke poznat je već čitav vek. Oštećenja sluha su istovremeno i prva profesionalna oboljenja, prvi oblik profesionalnog invaliditeta registrovan u medicini. Već tada, pre sto godina primećeno je da kovači koji duže vremena rade u prostorijama sa intenzivnom bukom dobijaju sasvim specifičan oblik nagluvosti. Oni na prvi pogled imaju normalan sluh, mogu da čuju svog sagovornika kada govori glasno, ali ne i ako počne da šapuće. Ovaj oblik profesionalnog oštećenja sluha, izazvan štetnim delovanjem buke velikog intenziteta, ušao je u medicinu pod nazivom "kovačka nagluvost". Na žalost, u to vreme ova vrsta nagluvosti nije se mogla detaljno ispitati, pošto nije bilo odgovarajućih metoda, odnosno preciznih aparata za finija ispitivanja stanja sluha. Uvodjenjem zvučnih viljuški, pri lekarskim pregledima utvrđeno je da kovači imaju potpuno dobar sluh u niskim i srednjim frekvencijama, dok do redukcije sluha dolazi u visokim frekvencijama.

Godine 1820. Litler opisuje zamor sluha zbog delovanja buke velikog intenziteta. Čitav niz istraživača (Tybeea 1826. godine, Fosbrocke 1831. godine) opisuje nagluvost kod kovača, a Rosa 1837. godine opisuje isti tip nagluvosti kod metalčkih radnika.

Još 1866. godine Chippendale je preporučio kovačima upotrebu čepova od vate, kao meru zaštite protiv štetnog dejstva buke na radnom mestu.

U drugoj polovini prošloga veka, a zatim izrazito, i sve više u našem veku, buka je postala redovan pratilac velikog broja čovekovih delatnosti, a njeno destruktivno dejstvo neprekidno se povećava i to upredo sa procesom industrijalizacije i urbanizacije savremenog sveta.

Postoji više teorija o nastanku oštećenja neuroepitelijalnih ćelija Kortijevog organa. Postoji shvatanje da akustični nadražaji velikog intenziteta utiču na slušne ćelije, ometajući izgradnju proteina i dovodeći do inhibicije RNA (ribonukleinske kiseline). Vosteen smatra da se funkcija kohle može normalno odvijati kod intaktnih metabolitičkih procesa. Prema jednoj teoriji, svaka hipoksija Kortijevog organa izaziva smetnje u sprovođenju zvučnih impulsa. Vaskularne promene, u stvari vaskularis, direktno se odražavaju na zvučnu sprovodljivost.

Rauchov-a ispitivanja 1966. godine posebno se baziraju na biohemijskim promenama u slušnoj ćeliji, nervnim vlaknima i sinapsama. On smatra da inhibicija stvaranja acetilholina pod dejstvom buke velikog intenziteta dovodi istovremeno do oštećenja u samim slušnim ćelijama i nervnim vlaknima. U slučaju akustične traume nastaje sa jedne strane poremećaj vaskularizacije i odvijanja metaboličkih procesa u uslovima hipoksije, a sa druge strane postoji funkcionalna preopterećenost sa inhibicijom stvaranja acetilholina.

Što se tiče oštećenja sluha i kliničke slike akustične traume, simptom tinitusa je uvek prisutan i predstavlja prodromalni simptom evidentne nagluposti. Tinitus (zujanje), predstavlja nadražaj kohle, dok naglupost predstavlja njeno oštećenje. Nastale patoanatomske promene uglavnom su lokalizovane na bazilarnom zavoju kohle. Smatra se da ove promene na frekvenciji od 4.000 Hz i susednim nižim i višim tonovima najbrže nastaju zbog toga što se nalaze nasuprot fenestro ovalis u bazilarnom zavoju kohle, pa su zato najviše izložene udaru zvučnih talasa.

Po Hilding-u degenerativne promene nastaju u Deitersovim ćelijama. Bekesy smatra da degenerativne promene nastaju na frekvenciji od 4.000 Hz usled stvaranja vrtloga uslovljenih hidrodinamikom u kohlei kao i stvaranjem dvostrukih vrtloga.

U svojoj biohemijskoj teoriji, Bokesy iznosi pretpostavku da degenerativne promene zahvataju i nervne fibrile gangliona spirale - odgovorne za frekvenciju od 4.000 Hz. Kod akutne akustične traume, kada se radi o ekspoziciji velikoj buci, dešavaju se promene i u srednjem uhu.

Faktori koji uslovljavaju pojavu akustične traume su sledeći:

1. Celokupni intenzitet buke-ali naročito intenzitet veći od 90 dB izaziva patološke promene na kohlei, bez obzira na frekventni spektar;
2. Spektar buke;
3. Kontinualnost ili diskontinualnost buke; i
4. Trajanje i vrsta delovanja buke, i po novim opažanjima
5. Stanje vaskularizacije unutrašnjeg uha.

Ima mnogo faktora koji favorizuju oštećenje sluha usled dejstva buke:

- a) stanje vaskularnog sistema,
- b) stanje neurovegetativnog sistema;
- c) virusne i druge infekcije;
- d) uživanje alkohola, nikotina i u većim količinama kofeina;
- e) upotreba raznih sedativa i drugih lekova;
- f) poseban faktor koji se nikako nesme zanemariti jeste individualna vulnerabilnost i otpornost čula sluha. Taj faktor nije ni do danas objašnjen.

Inače zna se da je vreme potrebno za oporavljanje čula sluha proporcionalno vremenu delovanja buke, tj. što je ekspozicija bila duža to je vreme oporavka duže i obrnuto;

- g) starost ispitanika ima poseban značaj, jer se kod mlađih ljudi čulo sluha brže oporavlja posle zamora, dok kod starijih počinje da deluje involutivni zakon.

Pri različitoj ekspoziciji, odnosno trajanju delovanja buke na kohleu, razlikujemo tri stadijuma:

- Prvi stadijum adaptacije, nagluvost je kratkotrajna i po prestanku delovanja buke sluh se vraća na normalan, uz odredjen vremenski interval odmora.
- U drugom stadijumu zamora poremećen je ceo mehanizam adaptacije i zamora usled dugog delovanja, te se uporedo sa prvim znacima nagluvost, kojima prethodi zujanje, javljaju i degenerativne promene na spoljnim ciliarnim ćelijama bazalnog zavoja i gangliona. U ovom stadijumu proces je još reverzibilan ukoliko se prekine dejstvo buke.
- U trećem stadijumu traume, promene su trajno izražene. Smatra se da su promene trećeg stadijuma definitivne ako se nadje gubitak sluha pri audiometrijskim ispitivanjima 6 meseci posle njegove pojave. Tada je proces ireverzibilan.

Buka se po intenzitetu deli na:

- Prvi stepen od 30 do 60 fona (ili dB),
- Drugi stepen od 65 do 90 fona,
- Treći stepen od 90 do 110 fona i
- Četvrti stepen od 110 do 130 fona.

Frekventni opseg je takodje različit i može da ide u obimu od 40 do 10.000 Hz:

- Vrlo niske frekfencije od 40 do 63 Hz,
- Niske frekfencije od 80 do 125 Hz,
- Srednje frekfencije od 160 do 500 Hz i
- Visoke frekfencije od 630 do 10.000 Hz.

Prvi stepen buke od 30 do 65 fona izaziva opštu reakciju organizma, koja zavisi od individualne osetljivosti. Samo kod jako osetljivih osoba na buku ova reakcija može biti jače izražena (opšta uznemirenost, razdražljivost, glavobolja, trzanje u snu itd.). Ovaj intenzitet buke ne izaziva naročite promene u zdravih osoba. To je buka koja se čuje u kućama prometnih ulica razvijenih gradova pri zatvorenim prozorima. Još su stari Grci pre dve ipo hiljade godina u starogrčkoj koloniji grada Sibarisu tražili da se stanovništvo pridržava reda kjoji će omogućiti tišinu u gradu i miran san. Noću je bilo zabranjeno proizvoditi jake zvuke, a kovači su se morali odseliti izvan grada. Danas je neprekidna buka koju proizvode vozila na ulicama postala opterećenje za gradsko stanovništvo. Urbanistička rešenja za zaštitu od buke znatno kasne za tempom porasta saobraćaja. Zbog toga se sve češće čuju opravdani zahtevi stručnjaka da se prevoz dozvoli samo vozilima gradskog saobraćaja, a privatnim vozilima zabrani ulaz u gradove.

Borba protiv buke od saobraćaja vodi se i na druge načine. Interesantan je način zaštite od buke u najprometnijim delovima Pariza. Na više mesta, kao i pored velikog bolničkog centra na putu od Orly-a do Pariza, pored autoputa podignbut je betonski zid debljine preko metar, visine nekoliko metara i dužine 5-6 stotina metara. Sa spoljne strane zida gaje se puzavice koje imaju zadatak da još više amortizuju zvučne vibracije. Istovremeno zid služi i za delimično odbijanje zagadenih gasova prema prostoru na levoj strani autoputa.

Buka od 65 do 90 fona, pored psihičkog dejstva, prouzrokuje izrazitu reakciju neurovegetativnog sistema, ali je zdrav organizam može da podnese bez većih štetnih posledica.

Ovakva buka se čuje na većim stanicama, mehanografima, u prostorijama u kojima se istovremeno radi na većem broju pisaćih mašina i u velikim fabrikama. Ova buka deluje vrlo štetno na čovečije čulo sluha i na čitav organizam.

Treći stepen buke, najveći izdržljiv, od 90 do 110 i 120 fona, registruje se u dizel-lokomotivama i to u čitavom frekfentnom opsegu od 430 do 10.000 Hz.

No, pored buke tako velikog intenziteta tu su uvek prsutne i vibracije koje još više senzibiliraju organe percepcije slušnih draži.

Buka preko 110 do 130 fona je neizdrživa za ljudsko uho, i čovek je dugo ne izdržava. Kako naš krvotok reguliše vegetativni nervni sistem, to je razumljivo što buka prouzrokuje poremećaj u funkciji ovog sistema, koji će reagovati i poremetiti normalnu cirkulaciju krvi.

Kako se vidi buka je opasna za radnike, naročito ako su joj direktno izloženi. I u slučajevima manjeg intenziteta štetno deluje dekoncentrišući i umanjujući radne sposobnosti radnika.

9.3. Merenje i analiza buke.

Konstruišući aparate za merenje nivoa i intenziteta buke, fizičari su nastojali da naprave takve instrumente koji bi posedovali svojstva slična čovečijem uhu. U traženju načina za merenje nivoa buke korišćeni su sledeći postupci:

- a) metod upoređivanja zvuka po Barkhauzenu
- b) metod maskiranja zvuka po Wegelu, Lanu i Galetu.

Prvi metod upoređuje buku koja treba da se izmeri sa bukom koja je unapred poznata i određena (etalon) i čiji se nivo prilagođava postojećoj buci, sve dok se obe ne nadju na istom nivou.

Druga metoda, metoda maskiranja zvuka uzima jedan odredjeni etalonirani zvuk koji se povećava ili smanjuje i dostiže onaj nivo koji će učiniti da buka koja postoji spolja postane nečujna. Tada se, obično, kaže da je etalonirani zvuk maskirao postojeću buku.

I jedna i druga metoda zahtevaju prilično vremena za ispitivanje, a takodje i veoma izvežbano uho koje je u stanju da oceni kada su se dva zvuka izjednačila u intenzitetu. Prvi postupak je otežan činjenicom da struktura etalonirane buke i one koja se ispituje najčešće nije ista. Razlike koje postoje u spektru etalonirane i ispitivane buke mogu u velikoj meri da ograniče mogućnosti ovog metoda.

Isto tako je teško i nepouzđano, usled niza subjektivnih i objektivnih okolnosti, uhom odrđiti pravi trenutak kada počinje maskiranje etaloniranim zvukom, pa su to razlozi koji ograničavaju primenu ovog metoda merenja buke. Zbog svega pomenutog fizičari su nastojali da konstruišu takav aparat koji bi, pre svega, mogao tačno da registruje intenzitet i visinu zvuka. Tako je konstruisan sonometar (fonometar) kojim može tačno da se izmeri nivo postojećeg zvuka, ondosno buke. Aparat se sastoji iz sledećih delova:

- mikrofona
- atenuatora
- filtra odzivnih karakteristika "A,B,C"
- elektronskog pojačivača
- pokaznog instrumenta.

Aparat se napaja jednosmernom ili naizmeničnom strujom.

Medjunarodna komisija za elektroniku (IEC) od 1961. godine standardizuje tri frekventne karakteristike uz pomoć tzv. subjektivnog filtra koji, u stvari, predstavlja niskofrekventno pojačalo ugrađeno u sonometar. Ovim delom aparata postiže se da se izmereni intenzitet zvuka približava subjektivnoj proceni jačine zvuka. Ovo se postiže tako što frekventna karakteristika subjektivnog filtra za ovu svrhu koristi izvrnute ekvifonske linije. Tri frekventne karakteristike koje predstavljaju subjektivni filter obeležene su slovima "A, B i C" i odgovaraju izvrnutim ekvifonskim linijama.

"A" karakteristika odgovara 40 fonskoj liniji.

"B" karakteristika odgovara 70 fonskoj liniji.

"C" karakteristika odgovara 100 fonskoj liniji.

"A" karakteristika se upotrebljava prilikom merenja u onim prostorijama u kojima intenzitet zvuka ne prelazi nivo od 55 dB.

"B" karakteristika se upotrebljava za merenje intenziteta zvuka na nivou između 55-85 dB.

"C" karakteristiku koristimo za merenje nivoa iznad 85 dB.

Koristeći ovaj metod može se snimiti ceo dinamički frekventni opseg buke u zadovoljavajućim granicama tačnosti. Zatim se postojeće vrednosti A, B i C karakteristika zamenjuju u Koksovoj formuli i dobija osnovna vrednost strukture zvuka.

Preciznije merenje zvuka koje bi dalo verniju sliku o zvučnim pojavama, može se obaviti korišćenjem oktavnih filtara.

Ukoliko je potrebno još preciznije merenje i poznavanje dinamike zvučnih pojava, merenje se vrši trećinsko-oktavnim filtrima.

I jedan i drugi metod propisuje međunarodna komisija za standardizaciju zvuka (JEC) a odnosi se na frekventan opseg od 64 Hz-8000 Hz.

9.4. Zaštita od štetnog dejstva buke.

Poznavajući štetno dejstvo buke, ne samo na čulo sluha već i na čitav organizam, u svim sredinama gde je potrebno, treba prići problemu zaštite od buke. Zaštita od buke razlikuje se, najčešće, u dva smisla: A) zaštita od buke na radnom mestu i B) zaštita stanovništva od buke.

A) Metod zaštite od buke na radnom mestu realizuje se na sledeći način:

- a) izborom mašina koje stvaraju manju buku
- b) učvršćivanjem delova mašina koje lupaju
- c) dobrom izolacijom i utemeljivanjem (ankerovanjem) mašina kako bi se sprečilo širenje zvuka putem podloge
- d) oblaganjem podova materijalima koji upijaju zvuk
- e) ogradjivanjem bučnih mašina ili delova u akustične oklope
- f) postavljanjem apsorpcionih barijera za smanjenje zvučnih uticaja mašina kojima radnik neposredno ne upravlja
- g) gradjenjem kabina koje ne propuštaju zvuk.
- h) skraćivanjem radnog vremena.

Korišćenjem nekih od ovih mogućnosti, akustičnom korekcijom radne prostorije nivo bučnosti u proseku može da se smanji za 5-10 dB.

Najčešće korišćeni apsorpcioni materijali su: filc, neki tekstilni produkti (vuna, pamuk, staklena vuna), perforirani materijal i sl.

Ukoliko raspoloživa sredstva opšte zaštite nisu dovoljna da nivo buke spuste na tolerantnu vrednost, treba primeniti sredstva lične zaštite: različite tipove antifona i štitnika za uši.

B) Metodi zaštite stanovništva od buke izalze iz okvira radne u životnu sredinu i sastoje se u sledećem:

- a) odabiranje adekvatne lokacije objekta u odnosu na naselje
- b) zatvaranje celih pogona u zgrade
- c) zaštita ventilacionih otvora prigušivačima
- d) postavljanje zvučnih barijera.

Samo pravilnom primenom metoda zaštite na radnom mestu i okolnog stanovništva može se obezbediti zdrava i bukom opterećena sredina do vrednosti koja nije štetna po ljudsko zdravlje.

Smanjenje zvučne snage nekog izvora je najprirodniji način da mu se smanji buka, ali je istovremeno i najsloženiji. Da bi neki stroj ili uređaj postao i zvučni izvor, potrebno je da sile koje se razvijaju tokom njegovog rada izazovu vibracije stroja ili jednog njegovog dela na čujnim frekvencijama. Da bi te vibracije stvarale buku, tj. neželjeni zvuk, zvučna snaga stroja mora biti dovoljno velika. Prema tome, pri aktivnom smanjenju buke nekog izvora treba ili smanjiti uzbudne sile ili sprečiti njihovo širenje na kritične delove konstrukcije, odnosno smanjiti, sprečiti transformaciju mehaničke energije u zvučnu.

Smanjenje uzbudne sile vrlo često zadire u samu bit radnog procesa stroja, pa je obično vrlo teško postići ga, a često i nemoguće. U svakom slučaju takav posao zahteva vrsnog specijalistu. Mehaničke i elektromagnetske buke su rezonantne pojave čiji se nivo može uopšteno predstaviti izrazom:

$$L = 20 \log \left(\frac{F \cdot N_{ak}}{f_u^2 / F_v^2} \right) \times C$$

gde je F uzbudna sila, F_v i f_u vlastita i uzbudna frekvencija, a N_{ak} faktor kojim se označava stepen pretvaranja mehaničke u zvučnu energiju.

Dakle, nivo buke može više zavisi od blizine vlastite i uzbudne frekvencije, nego od samog iznosa uzbudne sile. Prema tome, pri istraživanju akustičkih pojava treba voditi računa o mehaničkim svojstvima uređaja. Medjutim, konstrukcije strojeva, odnosno svih tehničkih izvora buke vrlo su složene, pa nije uvek moguće proračunati njihove frekventne karakteristike, neophodna su i eksperimentalna ispitivanja prototipskih modela uređaja.

Teorija stvaranja i prostiranja zvuka, to jest proračun zvučne snage, frekventnih karakteristika i oblika zvučnog polja danas su rešeni samo za neke vrlo jednostavne slučajeve: kugla koja pulsira ili osciluje, beskonačno dugačak cilindar, bezkonačno velika ravna ploča, itd. Oblici postojećih strojeva sa akustičkog gledišta

su još složeniji nego sa mehaničkog, pa je za istraživanje zvučnih karakteristika takvih izvora eksperimentalno ispitivanje neophodno.

Akustično izoliranje izvora buke može biti vrlo delotvoran način smanjenja buke, ali je njegova primena ograničena. Efikasni izolacioni oklopi zahtevaju mnogo prostora, pa nisu primenjivi za serijske proizvode ili za izvore malog volumena. U načelu, takvi oklopi ne bi smeli imati nikakvih otvora, jer im oni smanjuju delovanje. Vrlo mnogo strojeva i uređaja zahteva čestu pogonsku kontrolu i nadzor, što otežava konstrukciju oklopa. Oklopi za strojeve moraju imati otvore ili prolaze za cevi, što poskupljuje njihovu izradu i smanjuje efekat.

Izrada oklopa postaje naročito složena kada moraju imati otvore za dovod i odvod svežeg vazduha. Takve otvore treba prigušiti posebnim prigušivačima, što takodje može biti složen tehnički zadatak.

Teorija i konstrukcija oklopa i prigušivača je prilično razvijena za jednostavnije slučajeve. Pri razvoju specijalnih oblika neophodna su i eksperimentalna istraživanja. Predviđene karakteristike oklopa i prigušivača potrebno je uvek eksperimentalno proveriti.

AEROZAGADJENJE I KOROZIJA

Kao što je već istaknuto, od štetnog dejstva zagađenog vazduha ne trpe samo ljudi i živi organski svet. I na metalima i ostalim materijalima nastaju velika oštećenja korozivnim dejstvom zagađivača okolne sredine usled čega industrija trpi velike gubitke. Tako se na primer korozijom u svetu ošteti svake godine oko 100 miliona tona čelika, što iznosi oko 20% od ukupne svetske proizvodnje čelika.

Pored direktnog nagrizanja metala, štete su velike i od isticanja fluida kroz sitne otvore nastale korozijom na cevovodima. Dalji gubici nastaju zbog zamene i popravke oštećenih delova zbog čega se obustavlja proizvodnja. Velika sredstva se u svetu troše na razvoj i proizvodnju sredstava za zaštitu od korozije. Tako su na primer štete od korozije u SAD u 1949. godine iznosile oko 6 milijardi dolara, ne računajući štete na vojnim objektima, atomskim reaktorima i slično. Danas, u eri veće industrijalizacije ti gubici su svakako daleko veći.

10.1. Klasifikacija štetnog dejstva gasovitih polutanata po zonama i vrsti.

Metali se u prirodi ne nalaze u čistom stanju (izuzev nekih plemenitih) već u obliku oksida, sulfida, sulfata i dr. Izdvojeni iz ruda i preradjeni u predmete za svakodnevnu upotrebu, alate, opremu, teže da se vrate u svoj prvobitni, termodinamički stabilniji oblik. Usled toga se na metalnim površinama dejstvom okolne sredine dešavaju promene pod imenom korozija metala.

Pri povišenim temperaturama iznad 100 °C pri običnom atmosferskom pritisku i bez prisustva vlage dolazi do hemijske korozije, tj. do direktne hemijske promene na metalima (termička obrada metala, korozija u prisustvu organskih i neprovodnih tečnosti i dr.).

U prisustvu elektrolita dolazi do elektrohemijske korozije. Elektrohemijska korozija spada u oksido-redukcione procese. U svim slučajevima elektrohemijske korozije (bez obzira na kome je metalu u dodiru sa elektrolitom došlo do korozije) anodne reakcije se sastoje iz oksidacije čvrstog metala do njegovog jona:



Kod korozije legure mogu istovremeno postojati više anodnih reakcija. Na primer anodne reakcije za Al-Cu leguru mogu biti:

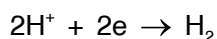


Moguće anodne reakcije mogu se relativno lako predvideti.

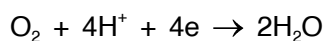
Korozija u elektrohemisjkom smislu nastupa kada čvrsti metal oksiduje do pozitivno naelektrisanog jona metala u rastvoru. Ova pojava se dešava na anodi, višak elektrona prolazi kroz metal na katodu odakle bivaju udaljeni reakcijom redukcije.

Kod katodnih reakcija ima više mogućnosti, tj. mogu da nastupe različiti tipovi reakcije, kao na primer:

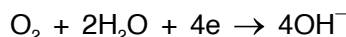
-razvijanje vodonika u kiselim rastvorim



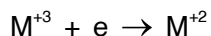
-redukcija kiseonika u kiselim rastvorima



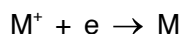
-redukcija kiseonika u kiselim ili alkalnim rastvorima



-redukcija metalnog jona



-izdvajanje metala



Izdvajanje vodonika i redukcija kiseonika su najčešće reakcije. Na površini metala koja korodira mogu istovremeno nastati različite katodne reakcije. Reducent mora sadržati vstu koja može biti redukovana na katodi i jon koji je sposoban da kompletira električno kolo izmedju anode i katode (tj. korodent mora biti elektrolit).

Elektrohemijska korozija nastaje kontaktom metala i vode ili vodenih rastvora. Ovde spada interkristalna korozija koju omogućava postojanje različitih potencijala izmedju granice zrna (ili izmedju faze nataložene na granicu zrna) i osnovnog metala, kao i galvanska korozija kod sistema dvaju metala i elektrolita.

Atmosferska korozija koja praktično spada u najčešći i najrasprostranjeniji vid korozije pripada takodje elektrolitičkoj koroziji. Elektrolit kod atmosferske korozije predstavlja sloj vlage na površini metla obrazovan od vodene pare iz atmosfere u kome su često rastvoreni prašina, pepeo, industrijski gasovi i dr. Sadržaj vodene pare se jako menja u zavisnosti od klimatske zone i godišnjeg doba, od 4%

(zapreminski) u tropskim predelima i 1% u umerenim do 0.01% preko zime u hladnim zonama Zemlje.

Pored stalno prisutne vlage na koroziju metala su od uticaja i količina i oblik atmosferskog taloga, sadržaj kiseonika, primese iz vazduha, temperatura i njene promene, zatim razna zračenja i mehanička naprezanja pokretanjem vazduha. Intenzitet ovih uticaja, njihovo trajanje, redosled i način smenjivanja zavisni su od klime.

Ustanovljeno je da je opšti materijalni efekat delovanja korozije u atmosferskim uslovima upravo proporcionalan vremenu delovanja sloja vlage na površinu metala. Prema tome, pošavši od meteoroloških karakteristika date oblasti (podrazumevajući broj dana sa snegom i kiošom, maglom, rosom i dr.) moguće je orijentaciono proračunati srednje vreme korozije metala u različitim oblastima zemlje, a pošavši od ukupnog vremena vlaženja u toku godine odrediti i brzinu korozije. U SSSR-u postoje karte korozije metala u seoskoj atmosferi nezagadjenj industrijskim gasovima i talozima. Tehnoklimatske karte za našu zemlju još ne postoje.

Neka interesantna ispitivanja korozione postojanosti metala i legura u atmosferskim uslovima i raznim klimatskim područjima naše zemlje vršena su od strane saradnika Tehnološkog instituta u Beogradu. Korozione stanice su postavljene u karakterističnim klimatskim reonima naše zemlje: u Kumboru, koga karakteriše primorska klima, u Hadžićima gde preovladjuje uticaj kontinentalne sa karakteristikama planinske klime, u Nikincima gde preovladjuje tipična kontinentalna klima sa karakteristikama panonskog područja i seoskom atmosferom i u Beogradu, kog karakteriše kontinentalna klima sa specifičnim uticajem panonske klime i industrijskom atmosferom. Praćeno je 14 vrsta metala i legura u toku od 3 i 5 godina.

Prema ovim ispitivanjima najveću korozionu otpornost od svih ispitivanih metala i legura posedovao je Al (99,5%). Od legura aluminijuma najveću korozionu otpornost posedovao je alumen (najmanju korozionu stabilnost pokazao je u primorskoj klimi). Duran, pak, posedovao je najmanju klimatsku otpornost. Mesing Ms 63 pokazao je najveću otpornost od svih legura bakra. Od osam ispitivanih vrsta čelika (hladna valjana čelična traka, Č 1431, hromolibdenski čelik, Č OCR-4V, Č HCMO, brzorezni čelik RBC-4 4144) najveću korozionu stabilnost pokazao je prokron special čelik 2Č 4570. Isti ima najveću korozionu otpornost u Nikincima, a najmanju u Kumboru.

Pored dosad nabrojanih klimatskih faktora od velikog značaja za korozionu postojanost metala je sadržaj nečistoća u vazduhu. Nečistoće kao što je poznato mogu biti prirodnog i industrijskog porekla. U nečistoće prirodnog porekla spadaju prašina, pepeo i dim nastali velikim požarima, pesak, morska so i dr. Ove nečistoće mogu biti organskog i neorganskog porekla, rastvorene i nerastvorene u vodi. Prisustvo industrijskih gasova i prašina u atmosferi najčešće veoma ubrzava procese korozije metala. Kod metala koji se u nezagadjenj atmosferi prevlače

kompaktnim zaštitnim oksidnim slojem isti se oštećuje i čini da često i postojaniji metali korodiraju. Sastav primesa vazduha je različit u raznim industrijskim zonama i zavisen je od vrste industrije. Taloženje industrijske prašine u industrijski razvijenim zemljama je do preko dva puta veće, a u industrijskim zonama i višestruko veće od taloženja prirodne prašine. Tako su na primer srednje vrednosti godišnjih taloga prašine u gr/m za neka mesta:

u Rotgeštatu (30 km severno od Londona)	4
u Londonu	365
u Harkovu (centar industrijskog grada)	456
u Harkovu (industrijska oblast grada)	1470

Najveće količine industrijske prašine nastaju sagorevanjem goriva. Pri sagorevanju mrkog uglja kroz dimnjak odlazi 30 - 50% nasagorelih čestica, a pri sagorevanju ugljene prašine 19 - 40%. Kod elektrana koje koriste visokokalorična goriva na svakih 100.000 KWh date snage ode u vazduh 47 t pepela za 24 h. Prema sastavu i rastvorljivosti industrijskih taloga 67% je nerastvorljivo u vodi od čega je 44% pepela, 22% čadji i 1% smole, a 33% od ukupne količine je rastvorno od čega su 10% sulfati, 3% hlorna jedinjenja, 0,7% amonijak i 20% ostalo.

Brz razvoj industrije i saobracaja prouzrokovao je takodje i veliki porast koncentracije agresivnih gasova u atmosferi. Od štetnih sastojaka gasova koji se susreću u okolini na prvom mestu po svom korozionom dejstvu stoje produkti sagorevanja sumpora-SO₂. U dodiru sa vodom SO₂ daje vrlo agresivnu sumpornu i sumporastu kiselinu. Zatim dolaze neki gasni odvodi sa sadržajem H₂S, Cl₂, jedinjenja fluora, NH₃, HCN, As, pare Hg. Slabije korozivno dejstvo pokazuju CO, nezasićeni ugljovodonici (etilen, acetilen, propilen). Pored toga ispusni industrijski gasovi mogu sadržati Cs, Cu, Pb, Zn, Sn, i druge metale (koji mogu katalisati pojedine procese korozije) i na kraju same produkte proizvodnje.

Smatra se da srednja količina SO₂ kod termocentrala koje sagorevaju ugalj iznosi 6.8 gr/KWh, a kod termocentrala na tečna goriva 20.6 gr/KWh. Sve ostale industrije koje koriste ugalj i tečna goriva za proizvodnju toplotne energije proizvode u istom odnosu SO₂.

Emisija SO₂ i prašine predstavlja 2/3 od ukupne količine emitovanih nečistoća u pojedinim idnustrijskim zonama. U narednoj tabeli data je raspodela nečistoća unutar industrijskih oblasti.

Tabela 10.1. Prosečan sastav industrijske emisije

Nečistoća	mil.t/god.	procenata
SO ₂	22	48
Prašina	10	21
CO ₂	6	12.5
NO, NO ₂	6	12.5
CO	4	8
Ukupno	48	100

10.2. Štetno dejstvo otpadnih gasova na metalne površine.

Procesi korozije nastaju na površinama izloženim agresivnom dejstvu okolne sredine. Kod korozionih promena na čitavoj površini imamo površinsku koroziju. Kod mestimične, lokalne korozije dolazi do mestimičnog propadanja pojedinih delova površine metala. U zavisnosti od dubine i prečnika mesta oštećenih korozijom razlikujemo koroziju u obliku pega, Pitinovu koroziju i medjukristalnu koroziju (kada se oštećenje prostire po granicama kristala).

Lokalni oblici oštećenja znatno su teži, opasniji od površinske korozije pošto se kod ovih korozionih procesa oštećenja dešavaju u dubljim slojevima metala. U tim slučajevima pored znatnih gubitaka metala propada i celokupna skupa konstrukcija i oprema.

Po karakteru kontakta metala sa elektrolitom razlikujemo koroziju:

- a) pri potpunom kontaktu sa elektrolitom,
- b) pri nepotpunom kontaktu sa elektrolitom,
- c) pri povremenom kontaktu sa elektrolitom i
- d) strujnu koroziju.

U svim ovim slučajevima dolazi do elektrohemijske korozije, no istovremeno medju njima postoji suštinska razlika koja se pre svega odražava u različitoj brzini procesa korozije.

Osnovni pokazatelji brzine korozije su dubina prodiranja korozije (uzeta kao karakteristika lokalne korozije) ili debljina sloja korozije primenjena za ocenu ravnomernog propadanja. U oba slučaja brzina korozije može biti izražena u milimetrima na godinu nezavisno od prirode metala ili legure. Za odgovarajuću karakteristiku korozionog ponašanja metala razradjena je skala korozione postojanosti (GOST 5272-5).

Pri ravnomernoj koroziji debljina prokorodiranog sloja, ili drugim rečima dubina korozije l u mm/god može biti izražena u jedinicama koje karakterišu brzinu korozije - K , najčešće izraženu masom metala izloženog koroziji, koja nestaje sa jedinice površine u jedinici vremena ($\text{gr/m}^2\text{h}$). Za gvoždje formula ima sledeći oblik:

$$K = \frac{l \cdot \gamma}{8.76} = l \cdot 0,895 \text{ (gr/m}^2\text{h)}$$

gde je γ specifična težina metala ($\gamma_{\text{Fe}} = 7.86$).

Prikazivanjem maksimalne dubine prodiranja i srednje dubine prodiranja, irazčunate iz gubitka mase, može se suditi o stepenu neravnomernosti korozije. O ovom faktoru treba voditi računa pri izračunavanju veka (trajnosti) cevovoda visokog pritiska (gasnih cevovoda) ili hemijskih aparata. U kolikoj meri neravnomerna

korozija izazvana pojavom lokalnih korozionih centara dovodi do bržeg snižavanja veka trajanja, ne može se zaključiti pošavši isključivo od gubitka mase. Poslednje je posebno važno pri konstrukciji sudova i aparata od legura aluminijuma čija korozija ima jako izražen neravnomeran Pitin-ov karakter. Kao pokazatelj korozione postojanosti uzima se i promena mehaničke čvrstoće sa vremenom.

Na osnovu pokazatelja korozione postojanosti prognozira se koroziono ponašanje metala i legura za duži vremenski period, ili drugim rečima, vek trajanja do pojave prvog propadanja usled korozije po čitavoj debljini materijala.

Prognoziranje korozionog ponašanja metalne konstrukcije nije moguće bez analize svih faktora korozije-kako unutašnjih tako i spoljašnjih. Pod unutrašnjim faktorima se podrazumeva hemijska struktura i sastav legure, naponski sastav, tj. sve što karakteriše metal, a pod spoljašnjim sve što karakteriše okolnu sredinu.

Vernon je pokazao da se korozija gvoždja dešava samo u atmosferi sa preko 60-70% relativne vlažnosti vazduha. Ispod ove kritične vlažnosti vazduha praktično ne postoji korozija u nezagadenoj atmosferi u atmosferskim temperaturnim relacijama. Za aluminijum ova vrednost iznosi do 85%. Aluminijum gradi debeli oksidni sloj koji ga štiti od atmosferske vlage. Do smanjenja postojanosti filma dolazi dužim dejstvom vazduha relativne vlažnosti iznad 90%. Isto važi i za kalaj.

Procesi korozije se menjaju u zagadenoj atmosferi, tj. menja se kritična vlažnost, brzina korozije, kao i sastav produkata korozije. Atmosferski talozi koji sadrže rastvorene gasove znatno utiču na brzinu korozije, bilo rastvaranjem gasova i prašine ili spiranjem istih sa površine metala.

Uticaj atmosferskog zagadjenja na koroziju ispitivan je kako radovima Vernona, tako i Prestona, Senjala, Badvara, Bartola i Beraneka, Petersona i Vilkinsona.

Kako je najčešće nečistoća vazduha SO_2 , sa njime su vršena brojna ispitivanja. Hadson je pokazao da postoji direktan odnos izmedju koncentracije SO_2 na odredenom mestu i brzine korozije mekog čelika i cinka.

Interesantna laboratorijska ispitivanja vršena su na mekom čeliku, bakru i cinku u prisustvu SO_2 , H_2S i NH_3 . Eksperimenti su izvodjeni na temperaturi od 40 °C u prisustvu vodene pare, sa različitim sadržajem SO_2 . Brzina korozije (po površini uzorka) odredjivana je prema uvećanju težine uzorka ili prema gubitku metala posle uklanjanja produkata korozije.

Pri izlaganju mekog čelika atmosferi različite vlažnosti (58-99%), u odsustvu bilo kakvih nečistoća, praktično nije došlo do korozije, izuzev nekoliko pega pri vlažnosti iznad 80%. Primenom osetljive temperaturne kontrole sprečavana je kondenzacija vodene pare. U ovakvim uslovima dolazilo je do veoma slabe korozije.

Kada je uveden SO_2 (0.3% zapreminski) u toku jednonedeljnog izlaganja zapaženo je znatno dejstvo gasa na različite metale, pri čemu se ovo dejstvo smanjivalo od mekog čelika prema aluminijumu sledećim redom: meki čelik, cink, bakar, aluminijum. Za svaki metal je postojala odredjena kritična vrednost relativne

vlažnosti, iznad koje je korozija bila brža. Na primer, za meki čelik kritična vrednost relativne vlažnosti bila je 60%, za čelik i cink 40%, a za aluminijum 80%.

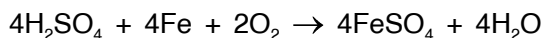
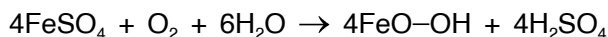
Izlaganja vrlo visokim koncentracijama SO₂ i u prisustvu visokog sadržaja vodene pare u vazduhu nisu dovela do korozije ako je sprečavana kondenzacija vlage na uzorcima. Vernon je još ustanovio da je za otpočinjanje korozije na gvoždju kritična vrednost relativne vlažnosti 70%.

Sa povećanjem koncentracije SO₂ povećava se brzina korozije. Brzina korozije za meki čelik ima najveću vrednost pri koncentracijama SO₂ od 0.9%. Sastav produkata korozije menja se takodje u zavisnosti od koncentracije SO₂ i brzine korozije. Maksimalna vrednost brzine korozije je u vezi sa različitim produktima korozije obrazovanim pri različitim koncentracijama SO₂ (do 0.9% i iznad 0.9% SO₂). Barton je takvo ponašanje objasnio prisustvom hidroksida gvoždja u produktima korozije s niskim sadržajem sumpora koji se obrazuje pri koncentraciji SO₂ do 0.5% i inhibicijom reakcije usled niskih vrednosti pH okolne sredine.

Na brzinu korozije utiče takodje i hrapavost površine. Hrapave površine korodiraju znatno brže. Ovo se objašnjava ne samo uvećanjem površine nego i zbog povećanja kondenzacije vodene pare na neravnim površinama.

Ako se predmeti koji su prethodno bili izloženi dejstvu SO₂ gasa u vlažnoj atmosferi naknadno izlože čistoj vlažnoj atmosferi korozija se i dalje nastavlja. Na brzinu korozije u ovom slučaju utiču koncentracija SO₂ u prethodnom izlaganju, relativna vlažnost i vreme prethodnog izlaganja.

Proces korozije gvoždja u prisustvu SO₂ otpočinje upijanjem SO₂ kao i njegovim rastvaranjem u sloju kondenzata na površini metala. SO₂ se vazдушnim kiseonikom oksiduje do trioksida i u dodiru sa vlagom prelazi u sumporastu i sumpornu kiselinu. Reakcijom sa gvoždjem obrazuju se različiti produkti, kao sulfati, sulfidi, slfiti, tiosulfati i dr. Nastali produkti korozije se delom hidrolizuju, na primer:



Regeneracijom sumporne kiseline produžava se proces korozije. Korozija metala zavisi na taj način od vremena izlaganja dejstvu SO₂ i vlage. Proces korozije se nastavlja hidrolizom produkata korozije i po uklanjanju predmeta iz zagađene atmosfere.

Prema radovima Vernona najmanja korozija bakra je pri koncentraciji SO₂ od 0.85%. Ovo se objašnjava time što se pri ovoj koncentraciji obrazuje normalni bakar sulfat, dok pri višim i nižim koncentracijama produkti korozije sadrže ili kiseliniski ostatak ili ostatak hidroksida bakra.

Ispitivanja korozije različitih metala u atmosferi H₂S gasa su pokazala da brzina korozije raste kod mekog čelika do 60% relativne vlažnosti vazduha, zatim

do 80% opada, a zatim opet raste. Korozija cinka praktično ne nastaje, a korozija bakra iako vrlo slaba, raste sa povećanjem vlažnosti. Rezultati ovih eksperimenata navedeni su u tabeli 10.2.

Tabela 10.2. Korozija metala u atmosferi sa H₂S.

Koncentracija H ₂ S	Relativna vlažnost%	Gubici u težini uzorka 4,4x2,2		
		Meki čelik	Bakar	Cink
1%	10	6.2	-	-
	20	2.4	-	-
	30	19.7	-	-
	40	33.0	-	-
	50	41.6	4.0	0.4
	60	46.0	5.0	0.5
	70	12.9	4.0	0.4
	80	10.5	4.6	0.2
	89	45.0	6.8	0.2
	94	64.0	7.8	0.2

U industrijskoj atmosferi se pored sumpornih gasova u većim količinama nalaze još i CO₂ i CO. Ovi gasovi su (prema poslednjim ispitivanjima) od manjeg značaja za koroziju metala. Kod aluminijuma koji je amfoternog karaktera prisustvo CO i CO₂ u vlažnoj atmosferi može dovesti do oštećenja površinskog oksidnog sloja i do pojave Pitinove korozije (korozije debljih slojeva).

U praksi se koroziono dejstvo okoline (u cilju ispitivanja korozivne postojanosti materijala) može izvršiti na dva načina: prirodnim pute, tj. dugotrajnim izlaganjem prirodnim uslovima i veštačkim putem-skraćenim, ubrzanim postupkom, izlaganjem materijala u komorama sa otežanim uslovima i većim koncentracijama.

Razradjeno je više metoda za ispitivanje korozije:

- rasprašivanjem rastvora kuhinjske soli,
- dejstvom industrijske atmosfere,
- potapanjem predmeta u smešu kaolina i vode, a potom izlaganjem u vlažnoj atmosferi,
- ispitivanjem u kiselinama i bazama.

Mnoge zemlje su izradile svoje nacionalne standarde za ova ispitivanja: DIN, ASTM, GOST, preporuke medjunarodne komsije IC u čiji su rad uključene mnoge zemlje, medju kojima i naša, naši naciobnalni standardi-JUS.

10.3. Mogućnost zaštite i sanacije od agresivnog dejstva štetnih gasova.

Najefikasnija mera zaštite od agresivnog dejstva štetnih gasova bila bi uklanjanje uzroka štete tj. sprečavanje emisije štetnih gasova u atmosferu. No to nije jednostavan put. U svetu su danas u tom cilju angažovani mnogobrojni stručnjaci različitih profesija. Napravljeni su mnogobrojni projekti uređjaja za potpunije sagorevanje, filtraciju i apsorpciju štetnih gasova i prašine. Razvijaju se novi procesi za dobijanje pojedinih proizvoda uz emisiju neškodljivih gasova, no iste je moguće uvoditi i planirati uglavnom kod izgradnje novih fabrika.

Drugi način sprečavanja korozije je zaštita metalnih površina od dejstva agresivnih gasova i para.

Medjutim kako svi materijali, kako je već istaknuto, teže da predju u termodinamički stabilniji oblik, to svi proizvodi (metalne konstrukcije, kao i njihove zaštite) postepeno propadaju. Apsolutna zaštita ne postoji. Metali se mogu samo za duže ili kraće vreme zaštititi od propadanja, medjutim ni to nije jednostavno i pored velikog broja zaštitnih sredstava.

Postoji više načina da se metali zaštite od korozije, tj. da se brzina korozije smanji i njihovo propadanje odgodi.

U prvu grupu spadaju zahvati u strukturu materije u toku izrade: legiranje, termička i mehanička obrada. U ovom stadijumu se može na otpornost metala prema koroziji uticati na tri osnovna elementa: anodnu polarizovanost, katodnu polarizovanost i omski otpor legure. Dalje se na korozionu postojanost može uticati izradom legura koje po površini stvaraju oksidni sloj sa visokim zaštitnim osobinama, uklanjanjem tzv. cundera i visokom mehaničkom obradom površine.

Zaštita se zatim može izvesti delovanjem na površinu inhibicionim sredstvima koja se adsorbuju po površini. Ova vrsta zaštite je privremenog karaktera i upotrebljava se kod transportovanja, lagerovanja, između operacija u izradi, itd.

Najčešće primenjivan način zaštite je zaštita metalnih površina zaštitnim prevlakama.

Zaštitne prevlake se mogu podeliti uopšte na nemetalne i metalne. Nemetalne prevlake delimo dalje na organske i neorganske. U neorganske spadaju: cement, cementno-azbestne, oksidne, silikatne, fosfatne, fluoridne, sulfidne i dr. U organske prevlake spadaju prevlake od raznih organskih materijala nanetih u obliku premaza, slojeva plastičnih masa, emajla.

Često se organska i neorganska zaštitna sredstva kombinuju u cilju povećanja zaštitnih osobina. Tako se na primer često vrši fosfatiranje pa onda nanošenje organske prevlake u cilju obezbedjenja veće adhezije organske prevlake za metal.

Kod metalne zaštite razlikujemo anodne i katodne prevlake. U odnosu na čelik su na primer prevlake od cinka anodne, a prevlake od bakra katodne. Pri narušavanju cinkove prevlake u dodiru sa elektrolitom dolazi do korozije cinka koji

na taj način deluje na čelik kao zaštita. Pri narušavanju prevlake od bakra u dodiru sa elektrolitom brzina korozije čelika raste pošto je u ovome galvanskom spregu čelik anoda.

Sve širu primenu u tehnici dobijaju prevlake na organskoj bazi sa nemetalnim prahovima kao puniocima. Najčešće se u ovu svrhu upotrebljava cink zbog svoga jako negativnog potencijala.

Organske prevlake se uglavnom upotrebljavaju za zaštitu metalnih površina od atmosferskog uticaja. Osnovu za organska zaštitna sredstva čine ulja, prirodne i sintetičke smole i mogu se nanaositi u obliku raznih premaza (boje i lakovi) ili u obliku praha koji se naknadno otapa zagrevanjem.

Sintetičke smole se na osnovu fizičkog ponašanja dele na fluidoplaste, termoplaste, duroplaste i gumiplaste. Često se vrši mešanje termoplasta i duroplasta radi dobijanja boljih osobina prevlaka. U istom cilju se smolama dodaju plastifikatori, očvršćivači, punioci. Neke od najčešće upotrebljivanih organskih smola su epoksidne, polivinilhloridne, silikonske, poliuretanske, melaminske, fenolne, poliamidne i dr.

Izbor prevlake se vrši prema agresivnom dejstvu sredine. Pri izboru se pored osobina osnovnog materijala mora voditi računa o osobinama ostalih komponenata kompozicije koje treba takodje da budu postojane i da ne reaguju sa agresivnom sredinom.

Postojanost i vek prevlake pored toga zavise i od tehnologije nanošenja prevlake, debljine prevlake kao i od pripreme metalnih površina.

Prevlake na bazi sušivnih ulja ustupaju mesto sintetičkim smolama koje se odlikuju boljim mehaničkim osobinama i manjom osetljivošću na vlagu.

Kvalitet zaštitne prevlake zavisi u mnogome od kvaliteta pripreme površine pod prevlakom. Loše pripremljena podloga daje i od najbolje izabranog materijala lošu prevlaku usled slabe adhezije prevlake za podlug. Postoji više načina pripreme površina, i to:

- mehanička priprema, priprema abrazivom, priprema gasom,
- hemijska priprema,
- elektrohemijska priprema.

Kod pripreme abrazivom se čestice peska ili čelične kuglice nošene vazduhom pod pritiskom bacaju velikom brzinom na metalnu površinu sa ciljem da se mehaničkim putem otklone nečistoće (oksidi, stari premazi) i proizvede ravnomerno hrapava površina podloge koja poboljšava spajanje metala sa prevlakom. Za predmete sa tankim zidom, pritisak vazduha ne sme biti veći od 1 atmosfere, a dimenzije zrna peska od 1 - 1.5 mm. Za deblje zidove pritisak vazduha iznosi 2.5 - 3 at, a dimenzije zrna do 2.5 mm. Peskiranjem se potiče dobar stepen čišćenja, uklanja se rdja i cunder. Postupak je relativno jeftin.

Kod pripreme plamenom gasa, preko metalne površine se brzo prelazi plamenom visoke temperature. Postupak plamenom ne uklanja svu rdju i cunder i zbog toga retko daje zadovoljavajuće rezultate.

Hemijskom pripremom se vrši uklanjanje masti. U upotrebi su razni organski rastvori kao i deterdženti.

Nagrizanjem bazama, kiselinama i solima dolazi do razudjivanja metalnih površina. Fosfatiranje je takodje postupak nagrizanja pri kome elektrohemijomskom reakcijom dolazi do izdvajanja nerastvornih fosfatnih jedinjenja. Medju ovim jedinjenjima prevladjuje tercijarni fosfat:



Daljim tretiranjem kalijumbihromatom se nagrade slojevi gvoždje-fosfata i gvoždje-hromata koji dalje štite od korozije i služe kao odličan medjusloj za organske prevlake.

U zavisnosti od agregatnog stanja organskih sintetičkih smola primenjuju se sledeće metode nanošenja:

- 1) oblaganje,
- 2) plakiranje-oblaganje metalnih limova,
- 3) nanošenje prevlaka iz rastopa, rastvora i suspenzija,
- 4) nanošenje prevlaka iz tečnih sintetičkih smola, nanošenje sintetičkih smola u obliku pasta i prahova.

Zaštitne prevlake se nanose na suhu, sveže peskiranu ili fosfatiranu i obezmaščenu podlogu premazivanjem četkom, prskanjem, uronjavanjem, elektrostatičkim ili elektroforetskim postupkom. Nanete prevlake se umrežavaju sušenjem na vazduhu ili zagrevanjem što zavisi od uslova u eksploataciji. Za primenu u uslovima povišene vlage izradjuju se prevlake sa dva ili više premaza kako bi se izbegla defektnost prevlaka.

U poslednjih nekoliko godina je jako proširena izrada prevlaka od prahova sintetičkih smola. Ovi potupci su jednostavni i ekonomični. Razvijeno je više postupaka za nanošenje ovih prevlaka. Razvijeni su i prilagodjeni raznim postupcima prahovi sintetičkih smola kao: PVC, polietilenske, poliamidne, epoksidne i u poslednje vreme poliestarske. Prahovi se nanose na obezmaščenu i sveže pripremljenu površinu (peskiranu ili fosfatiranu). Često se u cilju povećanja adhezije vrši i prajmiranje tj. prskanje specijalno pripremljenim sredstvima.

Nanošenje prevlaka se kod jednih postupaka vrši na taj način što se na zagrejanu površinu predmeta nanosi prah, a kod drugih se prah nanosi na hladnu površinu metla, a sinterovanje se vrši naknadnim zagrevanjem u peći.

Ovim postupcima je moguće dobiti prevlake debljine od 50 mikrona do 1 mm. Prevlake mogu biti višeslojne, sa slojevima od različitih materijala. Ispitivanja ovakvih prevlaka su vršena kod nas u Institutu "Mihajlo Pupin".

10.4. Ponašanje opreme zaštićene sintetičkim smolama.

Koliko će zaštitna prevlaka odgovarati svojoj nameni zavisi od niza faktora, ali u prvom redu od toga da li je pravilno odabran materijal za zaštitu, da li je izradjena odgovarajuća priprema podloge i da li je pri nanošenju podloge i umrežavanju dobijena ravnomerna zaštitna prevlaka bez defekata.

Da bi se sprečilo nepovoljno delovanje okolne atmosfere potrebno je dalje da zaštitna prevlaka bude neporozna kako bi se sprečilo prodiranje štetnih atmosferskih taloga i rastvorenih gasova kroz prevlaku i njihovo koroziono dejstvo na podlogu. Ovo se u prvom redu postiže nanošenjem tankog sloja prevlake koji svojom debljinom obezbeđuje neporoznost preklapanjem pora nastalih na dodiru čestica praha. Najkritičnija mesta u pogledu debljine prevlake su ivice i rogljevi.

Mikrosnimci prevlaka kod kojih je usled previsokih temperatura došlo do stvaranja produkata razlaganja pokazuju da kod takvih prevlaka po površini ostaju posle očvršćavanja pore u obliku kratera na mestima prolaska gasova kroz sloj prevlake ili zarobljeni mehurovi gasa u samom sluju prevlake.

U takvim prevlakama se stvaraju i naprezanja pri očvršćavanju koja ubrzavaju pucanje prevlake i pojavu korozije metala.

Ako je dobro izvršen izbor materijala prema nameni, prevlake dobijene sinterovanjem organskih prahova imaju zbog svoje kompaktnosti sloja i do 10 puta duži vek od prevlaka dobijenih iz rastvora i emulzija.

Na osnovu rezultata dobijenih klimatskim ispitivanjima prevlaka, može se na osnovu uticaja vrste sintetičkih smola na zaštitno dejstvo prevlake zaključiti sledeće:

- prevlake od prahova polietilena poseduju dobre mehaničke osobine, dobru adheziju za površinu metala, praktično ne upijaju vlagu, poseduju otpornost prema dejstvu hemikalija, tako da mogu biti upotrebljene za izradu zaštitnih prevlaka za teže eksploatacione uslove. Mana mu je veliko skupljanje, usled čega dolazi do odvajanja prevlake od podloge. Zaobljavanjem ivica i prajmiranjem podloge mogu se sprečiti pojave velikih napona u prevlaci i njeno pucanje,

- prevlake od poliamidnih prahova poseduju veliku čvrstoću, otpornost prema abraziji, dobru adheziju prema podlozi, dobru hemijsku postojanost, visoku tačku topljenja, ali i veće upijanje vlage. Dobro pripremljene, odmašćene i prajmirane površine mogu se njima uspešno zaštititi u blažim klimatskim uslovima,

- prevlake od polivinil-hlorida imaju takodje dobre mehaničke osobine, veoma su otporne na dejstvo hemikalija, imaju nisku cenu praha, dobro podnose dejstvo povišene temperature i vlage te se sa uspehom mogu primeniti za izradu zaštitnih prevlaka za upotrebu u oblastima blažih klimatskih uslova, ali i u atmosferi sa prisustvom morske soli, sumporne kiseline i sl.,

- prevlake od epoksidnih smola su najpovoljnije za izradu zaštitnih prevlaka zbog svojih mehaničkih osobina, hemijske postojanosti, malog upijanja vlage, dobre adhezije, temperaturne postojanosti. Cena ovog praha je nešto veća od cene ostalih prahova.

XI

BEZOTPADNE TEHNOLOGIJE. RECIKLIRANJE POSTUPAKA I SIROVINA

11.1. Bezotpadne tehnologije.

Vreme je pokazalo da je danas neophodan nov pristup rešavanju problema zaštite čovekove okoline, gde se naročita pažnja obraća sprečavanju pojave zagadjenja. Ovaj nov pristup, vezan u prvom redu za industrijske postupke, nazvan je bezotpadnom tehnologijom. On uzima sve više maha i u radu i u planiranju rada na ovom širokom polju čovekove delatnosti.

Bezotpadna tehnologija obuhvata sve postupke proizvodnje i potrošnje dobara. Ona počinje dobijanjem i oplemenjivanjem sirovina i energije, pa preko proizvodnje dobara zaključuje sa nastalim otpacima, trdeći se da i njih pretvori u "sekundarne sirovine", odnosno korisne otpatke. (Pod sekundarnom sirovinom se podrazumeva svaki otpadak koji nastaje pri proizvodnji ili posle potrošnje osnovnog dobra, koji može biti upotrebljen kao nova sirovina za proizvodnju nekog drugog dobra). Ranije se najveća pažnja obraćala na štetne sastojek ispuštene u životnu sredinu i na skupe postupke kojima se oni uklanjaju. Zahvaljujući svojoj širini, ali ipak vezanoj za tehnološke procese, bezotpadna tehnologija mnogo obećava sa ekonomskog, sicijalnog i tehnološkog aspekta. Bezotpadna tehnologija kao praktična primena znanja, metoda i sredstava, pruža čoveku najsmišljenije korišćenje prirodnih dobara i istovremeno zaštitu životne sredine.

Razume se da se u većini slučajeva pri ovome rdi o novim potupcima za dobijanje sirovina i njihovoj primeni za proizvodnju, o novim proizvodnim postupcima, koji će ekonomično preradjivati i otpatke. Da bi se otpaci mogli što bolje koristiti potrebno je da se "projektuju", a to znači da im se daju određene osobine za unapred predviđenu primenu. Detaljnim ispitivanjem celokupnog sistema postojeće proizvodnje i potrošnje, traže se rešenja zasnovana na nauci na osnovu kojih treba da se stvaraju novi uslovi rada i novi procesi, uz što bolje korišćenje raspoloživih materijala i energije.

Evo nas pred mnoštvom ciljeva koji uglavnom zahtevaju novine, što je posebno podvučeno. Gde ih naći? Svakako tamo gde počinje svaki napredak - u neiscrpnom stvaralaštvu ljudskog duha, kojim se čovek borio protiv svih ograničenja i uvek uspevao. Tako će nesumnjivo dobiti još jednu, za celo čovečanstvo značajnu bitku: za zaštitu životne sredinbe. U krajnjoj liniji ona se vodi za čoveka, a takva borba se uvek isplati.

11.1.1. Primeri zamene toksičnih reagenasa netoksičnim u procesu flotacije u cilju zaštite radne i životne sredine.

Flotacija je proces koncentracije mineralnih sirovina, koji za odvajanje korisnih od nekorisnih minerala koristi flotacijske reagense, tj. brojna organska i neorganska jedinjenja. Neka od njih su veoma toksična. Posebno cijanidi i reagensi dobijeni na bazi fenola. Njihova primena u flotaciji zahteva posebne zaštitne mere na radu. Sa druge strane nekorisni materijali zajedno sa otpadnom vodom odvođeni se na jalovišta iz kojih se voda ispušta u prirodne vodotoke, i zbog sadržaja rastvorenih toksičnih reagenasa zagadjuje čovekovu životnu sredinu. Ovo uništava oklonu rastinje, biljni i životinjski svet u rekama i jezerima.

Zagadjivanje voda otpadnim vodama iz postrojenja za pripremu mineralnih sirovina može biti organskim, toksičnim i inertnim materijalima.

Ukoliko se zagadjivanje vrši organskim materijama (fenoli i sl.) u vodi dolazi do njihovog razlaganja, pri čemu se troše postojeće količine vazduha i kiseonika, a nedostatak kiseonika povlači nestajanje organizama koji su osetljivi na nedostatak kiseonika u vodi.

Uticađ toksičnih materijala (fenoli, cijanidi, amonijak, soli teških metala, joni teških metala i sl.) na život u vodi nije dovoljno proučen. No ipak, zna se da i mala zagadjenost ovim materijama dovodi do osiromašjenja živog sveta u vodi. Posebno je štetno dejstvo fenola i u malim koncentracijama. Fenoli ne samo što troše kiseonik za svoje razlaganje, već su toliko otrovni da izazivaju uginuće svih živih organizama u vodi. Iste posledice za žive organizme u vodi ima prisustvo cijanida.

Inertne materije nisu otrovne, ali je utvrđeno da štetno utiču na razmnožavanje riba i drugih organizama u vodi. U inertne materije, iz postrojenja za pripremu mineralnih sirovina, spada jalovina predstavljena zrnima nekorisnih minerala koji se odbacuju iz postrojenja. Vrlo sitne čestice jalovine povećavaju zamućenost vode, onemogućuju fotosintezu, usled čega često izumiru biljke koje predstavljaju hranu vodenih životinja.

Radi trajnijeg rešavanja zaustavljanja porasta zagadjivanja životne sredine, neophodno je uvođenje tehnoloških postupaka koji ne daju otpadne materije, uvođenje i razvijanje tehnologije hvatanja, prerade i neutralizacije štetnih materija koje zagadjuju okolinu i zamena materijama koje to manje ili nikako ne čine. Svakako da je pri tome neophodno koristiti najnovija saznanja nauke i tehnike, u okviru internacionalne naučne saradnje.

Navešćemo nekoliko primera gde je uvođenje novih reagenasa umesto reagenasa na bazi fenola i cijanida omogućilo da se dobiju vrlo dobri tehnološki rezultati flotiranja mineralnih sirovina, uz istovremeno eliminisanje prisustva fenola i cijanida u otpadnim vodama.

Rudnik bakra Majdanpek, jedan od najvećih ove vrste u svetu, puštanjem flotacije u rad 1961. godine, imao je tehnološki proces koji je uključivao upotrebu natrijumcijanida kao deprimatora pirita. Potrošnja cijanida bila je vrlo velika, s obzirom na kapacitet postrojenja za flotacijsku koncentraciju od 3.600.000 t. On je sa jalovinom na jalovište i dalje sa otpadnim vodama dospevao u reku Pek. Ubrzo je zapaženo da se suši drveće koje se nalazilo u kontaktu sa ovom otpadnom vodom. Primećeno je da i riba beži u donji tok Peka.

Ispitivanja zagadjenosti duž toka reke Pek, određivanjem biotičkog indeksa po Woodiwisu, koji omogućuje potpuno pouzdane zaključke o stepenu zagadjenosti reka, pokazala su da Pek u svom gornjem toku, pre dolaska u Majdanpek, ima biotički indeks 10. Ovakav indeks imaju čiste reke u kojima mogu da žive najosetljiviji organizmi. S druge strane, potpuno devastirane reke imaju biotički indeks 0, i u njima ne mogu da žive nikakvi organizmi. Nakon proticanja kroz Majdanpek, posle prijema otpadnih voda flotacije i gradske otpadne vode, Pek se potpuno zagadi, pa je praktično prazan u pogledu živih organizama. Biotički indeks kreće se između 0 i 1. Tek u blizini Neresnice obnavlja se živi svet u reci i biotički indeks dostiže vrednost 4.

Da bi se sprečilo zagadjivanje otpadnih voda cijanidima pokušalo se sa deprimiranjem pirita povećanjem jona OH u flotacijskoj pulpi, tj. povećanom potrošnjom kreča, kako bi se flotiranje minerala bakra vršilo pri pH vrednosti pulpe preko 11. Rezultati su vrlo brzo pokazali da se povećanjem potrošnje kreča i izbacivanjem upotrebe cijanida u tehnološkom postupku flotiranja minerala bakra ostvaruju vrlo selektivni koncentracije sa zadovoljavajućim iskorišćenjem bakra.

Kada se zna da je Majdanpek danas utrostručio svoju proizvodnju i da postiže izuzetne tehnološke rezultate u flotaciji i bez upotrebe cijanida, može se sagledati ogroman značaj izbacivanja iz upotrebe cijanida za zaštitu okoline. Život u reci Pek se ponovo uspostavio.

Ovome treba dodati poseban napor stručnjaka u Majdanpeku, koji su omogućili da se preko 95% otpadne vode ponovo vraća u proces flotiranja, tako da izuzetno mali procenat otpadne vode odlazi u Pek. Na ovaj način ne samo što je smanjeno odlaganje ogromnih količina zagadjene vode u reku, već je znatno smanjena i potrošnja flotacijskih reagensa, posebno kreča.

Kada se već govori o rudniku bakra u Majdanpeku, treba reći da se u tehnološkom postupku flotacije koristi i reagens aeroflot 31, flotacijski reagens proizveden na bazi fenola, od koga ipak jedan deo odlazi sa jalovinom na jalovište, a odatle sa otpadnom vodom u reku Pek. Ranijih godina potrošnja ovog reagensa bila je dosta velika. Zadnjih godina čine se napori da se i on izbaci iz upotrebe. Sa uspehom ga zamenjuju reagensi-kolektori na bazi alkohola, umesto fenola, kao što su aeroflot 238 i reagensi-penušači kao što je daufrot 250. Tako je i njegoa upotreba svodjena na minimum, a u nekim periodima rada i potpuno izbačena.

Najpoznatiji naš rudnik cinkove rude Trepča u flotacijskom postrojenju u Zvečanu do pre dvadesetak godina u ciklusu flotiranja minerala olova kao kolektor upotrebljavao je ditiofosfate, koji su istovremeno služili i kao penušači. Ovi reagensi sadrže krezilnu kiselinu, odnosno veoma toksične fenole.

Kako je važeći zakon o zaštiti voda zahtevao da sva postrojenja koja ispuštaju otpadne vode u okolne vodotokove reše pitanje otpadnih voda do kraja 1975. godine, to su u rudniku Trepča bile preduzete mere da se iznadju odgovarajući flotacijski reagensi koji bi zamenili ditiofosfate.

Izvršena su obimna laboratorijska, poluindustrijska i industrijska istraživanja u cilju zamene ditiofosfata ksantatima. Najobimnija ispitivanja izvršena su sa kalijumetil i kalijumamil ksantatima. Opiti flotiranja rude olova iz rudnika Stari Trg ksantatima pokazali su da se mogu postići zadovoljavajući rezultati, kako u pogledu kvaliteta koncentrata olova, tako i u pogledu iskorišćavanja olova u koncentratu.

Treba pomenuti i dobro poznati problem zagadjivanja reke Tare otpadnim vodama flotacije rudnika Brskovo u Mojkovcu. Tehnološki proces flotiranja polimineralne rude olova, bakra, cinka i piritu uključuje upotrebu kako fenolnih tako i cijanidnih reagenasa. Sa obzirom na značaj reke Tare, nadležni organi nisu dali dozvolu za puštanje u rad flotacijskog pogona, iako je već bio izgrađen. Kao rešenje za ispuštanje otpadnih voda, i to veoma skupo rešenje, predviđeno je da se jalovište, prostor za smeštaj jalovine sa otpadnim vodama, obloži plastičnim folijama, koje treba da spreče oticanje vode u sliv Tare.

Rudarski institut u Beogradu vršio je ispitivanja u cilju zamene fenolnog kolektora aeroflota-31 ksantatima, a toksičnog cijanida natrijumsulfitom, natrijumsulfatom i natrijumsulfidom.

Dobijeni rezultati pokazuju da je moguće uspešno zameniti fenolne ditiofosfate i cijanide netoksičnim reagensima. Šta više, takva otpadna voda se i ne mora ispuštati u vodotok, već se može ponovo vraćati u proces proizvodnje, dakle reciklirati.

11.2. Recikliranje-model za iskorišćavanje postupaka i sirovina.

Po svemu izgleda da čovek nije dobro ekonomisao sirovinama u prošlosti. On, kao da tek danas traži puteve da bi bolje ekonomisao energijom, sirovinama, vremenom i svim bogatstvima prirode, kojima ga je ona zasipala. Pre današnje populacione eksplozije, njihov nedostatak se nije toliko ni zapažalo.

U vreme kada je na zemlji živelo svega nekoliko stotina miliona ljudi nije bilo ni potrebno štedeti sirovine kojih je bilo u izobilju. Nije bilo današnje, za sirovinama uvek gladne industrije, pa je lako shvatiti koliko su površina i utroba zemlje bile pošteđene od svake prekomerne eksploatacije.

Danas na zemlji živi preko 5 milijardi stanovnika. Demografi tvrde da će se do kraja ovog veka taj broj popeti na oko 6 milijardi. Pri tome treba imati na umu

da su sa povećanjem populacije rastle potrebe u sirovinama i energiji, ne samo zbog povećanja broja ljudi, već i zbog težnje svih da lepše, lakše i bolje žive. Čak zaboravljajući u tom savrmenom trendu da preterivanje u tom smislu može da ima fatalne posledice po zdravlje i vek čoveka.

Izgradjivanje novih kapaciteta za dobijanje energije pomoću sagorevanja fosilnih goriva, u svetu i kod nas, nametnulo je probleme sve većeg zagadjivanja atmosfere i sve težeg dobijanja potrebnog goriva. Pored problematike sprečavanja zagadjivanja, nametnula se potreba boljeg ekonomisanja sirovinama.

Naše, jugoslovenske, mogućnosti u tom smislu su značajne o čemu, između ostalog, govori i činjenica da se naše društvo već počelo kretati u tom smeru. Naročito je značajna činjenica da je veoma često moguće, samo primenom savrmenijih i ekonomičnijih rešenja, doći do pozitivnih rezultata bez većih ulaganja. U našim uslovima, povratno korišćenje sirovina katkada bi bilo moguće čak i samom boljom organizacijom, tamo gde je kasno da mislimo na savremenija rešenja.

11.2.1. Recikliranje gradskog smeća.

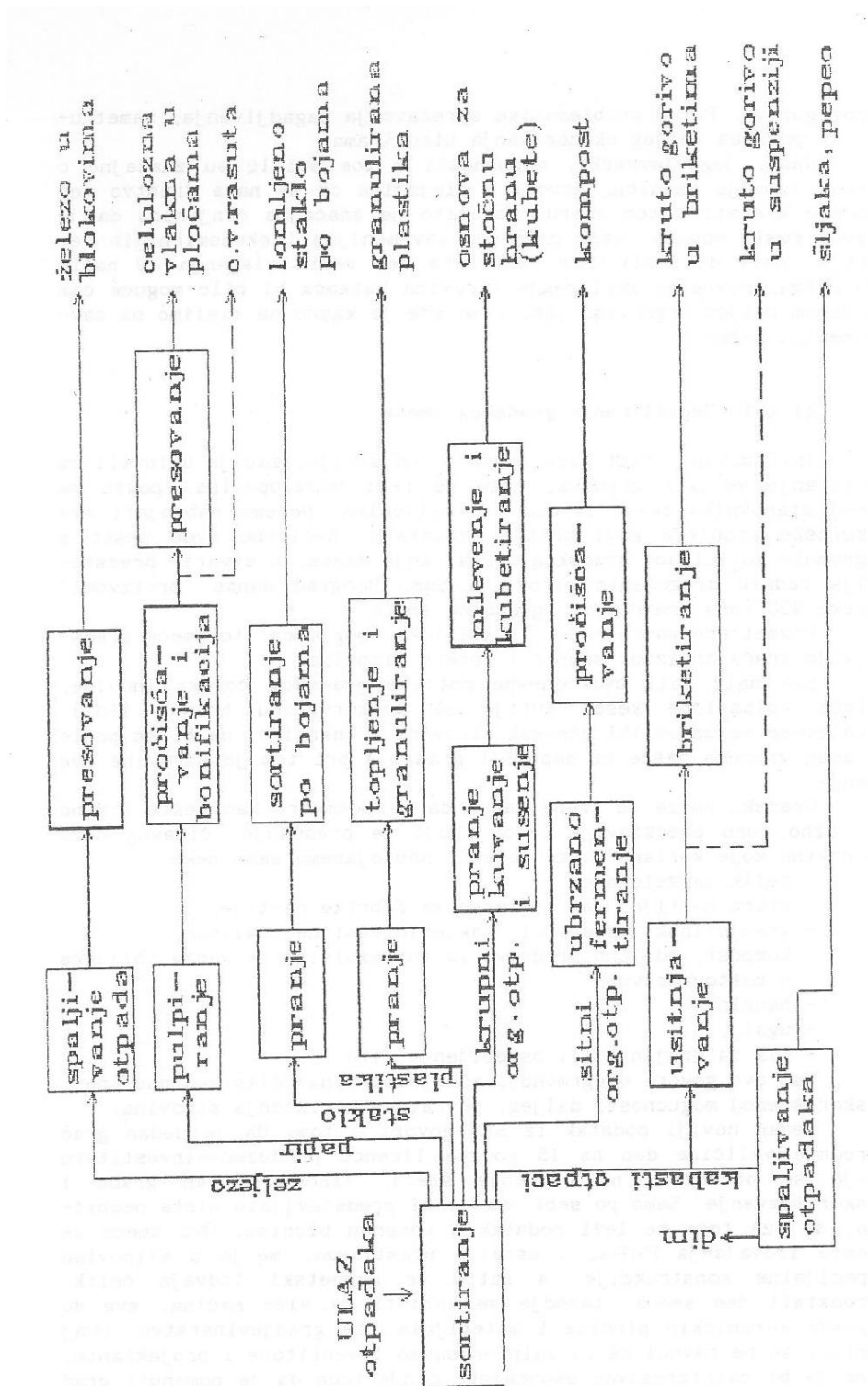
Intenzivan porast populacije i industrijalizacije usloveli su stvaranje velikih gradova, može se reći megalopolisa, pošto se broj stanovnika često izražava u milionima. Nećemo nabrojati sve ekološke probleme koji pritom izrastaju. Reći ćemo ovde nešto o ogromnim količinama gradskog smeća, koje danas, u stvari, predstavlja rudnik dragocenih sirovina. Samo Beograd danas "proizvodi" preko 800 tona dnevno tzv. gradskog smeća.

Posmatrano savremenim i analitičkim pogledom, to smeće predstavlja značajan izvor skupih i retkih sirovina.

Sve male, ali svakodnevne potrebe gradskog čoveka (novine, flaše, plastične kese, kutije za konzerviranu hranu, itd.), proizvode se uz veliki utrošak sirovina i energije, da bi se posle kraćeg vremena našle na deponiji grada. A pri tom je sirovina sve manje.

Gradsko smeće ne treba danas da se posmatra kao nešto štetno i ružno, ono predstavlja izvor, koji ne presušuje, čitavog niza sirovina koje korisno služe čoveku. Nabrojaćemo samo neke:

- čelik za železare,
- stara hartija, kao sirovina za fabrike hartije,
- gradjevinski materijal, bakteriološki neutralisan,
- kompost, odlično sredstvo za intenziviranje rasta biljaka u baštovanstvu,
- benzin,
- ugalj,
- gas za grejanje ili osvetljenje, itd ...



Slika 11.1. Blok šema postrojenja za recikliranje smeća.

Već ovo govori o ogrmonoj, a najčešće, naročito kod nas, ne iskorišćenoj mogućnosti daljeg, povratnog korišćenja sirovina.

Jedan noviji podatak iz SAD govori o tome da je jedan grad srednje veličine dao na 15 godina licencu preduzeću-investitoru koje se obavezalo na čišćenje smeća, iznošenje van grada i iskorišćavanje. Samo po sebi ovo ne bi predstavljalo ništa neobično, da iza toga ne leži podatak o unosnom biznisu. Ovo smeće se posle izdvajanja PVC-a, i ostalih plastikuma, melje u mlinovima specijalne konstrukcije, a zatim se magnetski izdvaja čelik. Preostali deo smeća, takodje se koristi na više načina, sve do izrade keramičkih pločica i materijala za gradjevinarstvo. Ovaj primer se ne navodi da bi zainteresovao investitore i projektante, već da bi zainteresovao ekonomiste činjenicom da je pomenuti grad dao licencu preduzeću, uz uslov da ništa ne ulaže a deli sa preduzećem 50% dobiti od prodaje čelika, keramičkih pločica itd.

Dobijanje čeličnih, pakiranih proizvoda za železare sa deponija gradskog smeća, danas je veoma poznata stvar. Manje je poznat postupak dobijanja veštačkog đubriva, tzv. "komposta" iz preradjenog gradskog smeća, razume se posle izdvajanja čelika i PVC.

Jedan primer "postrojenja za recikliranje otpadaka" prikazan je na priloženoj šemi, slika 11.1.

Prema tvrdjenju švajcarskih stručnjaka koji istražuju mogućnosti korišćenja gradskog smeća, iz jedne tone smeća, mogu se dobiti:

- 153 kg gasa za grejanje ili osvetljenje,
- 40 kg čvrstog goriva,
- 120 kg benzina i
- 150 kg uglja.

Postupak se naziva "piroliza" i sastoji se u izlaganju smeća temperaturama od 500 do 900 C, u zatvorenim sudovima i potpuno bez prisustva kiseonika.

Švajcarski stručnjaci ističu da ovaj proces ne samo što bi ublažio akutnu energetska krizu u svetu, već bi rešio i jedan od krupnih urbanih problema koji danas čini deponovanje smeća.

11.2.2. Recikliranje u postupcima proizvodnje celuloze i papira.

Mora se odmah naglasiti, da se u našim uslovima ne radi samo o povratnom korišćenju-recikliranju, već i o supstituciji sirovina značajnih za opstanak (drvo), jeftinijim jednogodišnjim biljkama.

Industrija celuloze i papira odmah dovodi u asocijaciju naše proredjene šume, a ovde nam stoje na raspolaganju dva metoda:

- recikliranje, povratno korišćenje stare hartije, i
- supstitucija klasičnih sirovina, četinarskog i listopadnog drveta, jednogodišnjim biljkama, a posebno kukuruzovinom.

Postupak ponovnog korišćenja stare hartije je odavno poznat, mada u našim ulsovima nije još dovoljno primenjen.

Na polju supstitucije klasičnih sirovina kod nas je već nešto učinjeno. Fabrika u Kočanima bazira proizvodnju celuloze i hartije na korišćenju slame od pirinčane biljke, a fabrika u Lipljanu ima tehnologiju usmerenu prema slami od žitarica kao sirovini. Još nekoliko fabrika nastoje da deficitnu sirovinu koju predstavlja bukva, jela i ostali lišćari i četinari, zamene drugim sirovinama.

Svako nastojanje i uspeh u ovom pravcu predstavlja vliki značaj, jer i bez deficitarnosti sirovina-šuma predstavlja pravu fabriku kiseonika, toliko potrebnog za opstanak. Nastojanja o kojima je reč težila su i korišćenju barske trske i kukuruzovine.

Barsku trsku, na pimer, veoma uspešno koristi Rumunija, eksploatišu je racionalno, na bezbrojnim tresetnim ostrvima delte Dunava. Mi nemamo iste mogućnosti što se tiče barske trske, ali imamo ih u kukuruzovini. Prema nekim statistikama Jugoslavija ima pod kukuruzom oko 2,000.000 ha. Iako postoje rešenja za dobijanje dobre celuloze iz kukuruzovine (kuhač za celulozu tipa "Pandira" ili kvašenje obične kukuruzovine kiselinama, slično kao pri korišćenju južnoafričke biljke bagase), pa i iskustva, kukuruzovinu koristimo kao podlogu u stajama i kao gorivo u nkim selima Banata. Uglavnom se posle berbe spaljuje, zbog opasnosti od tzv. kukuruznog moljca.

11.2.3. Recikliranje u proizvodnji energije iz fosilnih goriva.

Jedan od najopasnijih zagadjivača naše atmosfere je pored ugljenmonoksida i ugljendioksida, svakako sumpordioksid. Čvrste čestice i sumpordioksid koji se neprekidno ispuštaju u atmosferu Zemlje u ogrmonim količinama, predstavljaju eminentan ekološki problem, koji nije potebno dalje apostrofirati.

Činejnica da je samo u 1973. godini, iz termoelektrana koje sagorevaju ugalj u SAD, u atmosferu otišlo više od 7 miliona tona SO₂, govori dovoljno o veličini i značaju ovog zagadjivanja.

Bez pretenzije da se kritikuju bilo čija rešenja, u inostranstvu ili kod nas, mora se naglasiti, da se danas proizvodnja sumporne kiseline na osnovu komercijalno iskorišćenih drugih sirovina, a ne onih za desulfurizaciju otpadnih gasova u energetici ili idnustriji, smanjila zbog toga što se sve više koriste metodi za ponovno korišćenje otpadnih gasova. Danas se dobar deo sumporne kiseline, koja je vuek imala i ima dovoljno potrošača, dobija baš prečišćavanjem otpadnih gasova iz energetske ili idnustrijske postupaka.

U svetu su već u probnom pogonu postrojenja gde se u cilju proizvodnje električne energije sagorevanjem uglja, još u samom ložištu ne dozvoljava stvaranje SO₂, pošto se ugljena prašina uduvava pneumatski u ložište prekriveno istopljenim gvoždjem. Na taj način zbog afiniteta gvoždja prema sumporu, ovaj se odmah

vezuje za gvoždje. Prelivanjem krečnjakom koji takodje ima afinitet prema sumporu, dobija se vrsta zgure koja se uspešno koristi za izgradnju drumova. Korist je ovde očigledna, nije dopušteno stvaranje SO_2 i ne zagadjuje se vazduh, dobio se sumpor za tržište i na kraju građevinski materijal solidne vrednosti.

Danas postoje sledeći postupci za ispiranje sumpora iz otpadnih gasova:

- pomoću krečnjaka (CaCO_3) ili kreča ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) čime se dobija gips besprekornog kvaliteta,

- suspenzijom vode i lebdećih čestica, samo radi odstranjivanja sumpordioksida, bez pretenzije za dobijanjem uzgrednog proizvoda,

- suspenzijom magnezijumoksida, radi prečišćavanja otpadnog gasa i dobijanja sumpora ili sumporne kiseline,

- pomoću aktivnog uglja, u svrhu prečišćavanja i dobijanja razblažene sumporne kiseline itd.

Potrebno je na kraju naglasiti da u svetu postoji već oko 200 ovakvih termoenergetskih postrojenja koja su, moglo bi se reći, ekološki i ekonomski potpuno zrela. Još nekoliko desetina nalaze se u izgradnji.

- / -

Budućnost ukazuje nesumnjivo na razvoj koji će ne samo da smanji ili spreči zagadivanje, već će nekonvencionalnom organizacijom i tehnološkim postupcima, koji su u svom nastojanju imali i vidne ekološke momente, omogućiti:

- dobijanje dragocenih sirovina iz gradskog smeća, otpadnih voda i industrijskih otpadaka, i na taj način recikliranjem smanjiti potrošnju novih sirovina,

- recikliranjem će se rešiti mnogi problemi otpadaka. Ovo se naročito odnosi na problematiku velikih gradova, proizvodjače energije, proizvodnju i proizvodjače sintetičkih materijala, celuloze papira itd,

- recikliranjem i daljim istraživanjem u tom smislu svet može da dobije novu, ekološki i humanistički posmatrano, potpuniju i čistiju sliku budućnosti.

XII

PROBLEMI TOPLOTNOG OPTEREĆENJA OKOLINE

Pozabavićemo se mogućim uticajem proizvodnje i potrošnje energije na Zemlji sa gledišta toplotnog opterećenja biosfere i u odnosu na energetske ravnotežu planete. Izbegava se termin "toplotno zagađenje", koji se ponegde primenjuje i kada za to nema razloga, pošto pod zagađenje možemo podvesti samo ona opterećenja koja prelaze neki određeni nivo sa gledišta mogućih posledica. Ovaj problem postaje iz dana u dan sve aktuelniji usled eksponencijalnog rasta potrošnje energije u svetu. Računa se da će svetska potrošnja energije, koja je 1973. godin iznosila oko 230 miliona TJ na oko 3,8 milijardi stanovnika, dostići i milijardu teradžula negde oko 2000. godine. Usled velike neravnomernosti proizvodnje ove energije po površini planete, već danas u nekim većim ili manjim oblastima gustina oslobodjene energije od strane čoveka postaje samerljiva sa gustinom energije sadržane u prirodnim pojavama. Čovek počinje da deluje na prirodne pojave, a usled globalnih kretanja u atmosferi, problem postaje sve više međunarodni. Imaju opravdanja sumnje da usled emisija koje prate proizvodnju energije u centralnoj Evropi, Skandinavci dobijaju neželjene poklone u vidu sumpora u vodama i na poljima.

Nema potrebe da se ovde ističe uloga koju energija ima na današnjem stepenu razvoja čovečanstva. Poznato je da postoji značajan stepen korelacije između nacionalnog dohotka i potrošnje energije po stanovniku. Poznato je takodje, da ogromne razlike koje postoje u potrošnji energije po stanovniku u različitim zemljama (potrošnja po stanovniku u SAD je 250 puta veća od potrošnje u Nigeriji) predstavlja značajan element nestabilnosti u svetu. Stoga je dalje povećanje potrošnje energije na Zemlji neumitan faktor daljeg razvoja društva i ne samo da mora pratiti porast naseljenosti, već negde mora biti nekoliko puta veći od ovoga da bi se bar ublažile postojeće razlike.

Na današnjem stepenu razvoja postoji potražnja za energijom u različitim vidovima. Osnovne oblasti potrošnje su proizvodnja električne energije, mehanička energija za pogon vozila u saobraćaju, toplotna energija za industrijske procese i toplotna energija za komercijalne i kućne potrebe. U SAD ove oblasti su zastupljene u potrošnji primarne energije sa oko 25, 15, 35 i 25%, respektivno. U svetskim razmerama učešće električne energije je nešto niže, ispod 20%, a takodje i učešće energije u saobraćaju, koje iznosi oko 10%. Kod nas, iako smo navikli da kada kažemo energija mislimo prvenstveno na električnu energiju, proizvodnja ove učestvuje u ukupnoj potrošnji energije sa oko 20%.

Bez obzira na izvor primarne energije i vid potrošnje, po zakonima termodinamike, energetske transformacije koje vode od oslobađanja primarne energije do krajnje upotrebe, u konačnom bilansku, svode se na disipaciju u toplotu koja povećava unutrašnju energiju biosfere. Na prvi pogled nema uticaja kako se proces vodi, određena količina primarne energije dovešće do određenog toplotnog opterećenja biosfere. U stvari, treba početi od potreba, a koliko će primarne energije biti potrebno za zadovoljenje određene potrebe i te kako zavisi od toga kako se proces vodi. Izvor primarne energije takodje je od značaja po opterećenje biosfere, o čemu će biti govora kasnije. Ovaj, da ga nazovemo globalni vid opterećenja biosfere, od uticaja je na ravnotežu prirodnih energetskih procesa u njoj i biće posebno razmatran.

Dok globalni vid toplotnog opterećenja predstavlja više problem budućnosti, drugi jedan specifičan vid već danas je veoma aktuelan u svetu i upravo postaje aktuelan i kod nas. Radi se o lokalnom opterećenju okoline od strane velikih potrošača primarne energije, u prvom redu termoelektrana i nuklearnih elektrana. U ovom slučaju, usled velike koncentracije energije, neposredno je ugrožena bliža okolina postrojenja, i to sa onim delom energije koji na osnovu zakona termodinamike predstavlja gubitak u termodinamičkom ciklusu i mora se predati neposrednoj okolini, koja igra ulogu toplotnog ponora. U ovom slučaju toplotno opterećenje životne sredine direktno zavisi od termodinamičkog stepena delovanja postrojenja, a koji će deo neposredne okoline biti ugrožen zavisi od izbora načina hladjenja kondenzatora. Uticaji mogu biti raznovrsni, od uticaja na ekosisteme okoline-do uticaja na mikroklimu.

12.1. Izvori energije i energetska ravnoteža.

Daleko najznačajniji kontinualni izvor energije na Zemlji je sunčevo zračenje. U značajnije kontinualne izvore energije možemo ubrojiti još i energiju gravitacionih sila, koja se odražava u energiji plime i oseke. Za biosferu, praktično, kontinualan izvor energije predstavlja i kondukcija geotermalne toplote kroz Zemljinu koru. Pregled veličina kontinualnih izvora energije dat je u tabeli 12.1.

Tabela 12.1. Kontinualni izvori energije u TW ($1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W} = 31.5 \times 10^6 \text{ TJ/god} = 8.75 \times 10^{12} \text{ KWh/god}$)

- Sunčeva radijacija na gornjoj granici atmosfere	178000
- Kondukcija geotermalne toplote	32
- Energija plime i oseke	3
- Svetska potrošnja energije 1973. godine	7

Pored kontinualnih izvora Zemlja raspolaže i potencijalnim izvorima energije sadržane u gorivima-fosilnim, nuklearnim i termonuklearnim. Fosilna goriva-tečni i čvrsti ugljovodonici, prirodni gas i ugalj, rezultat su uskladištenja neznatnog dela sunčeve energije tokom nekih 600 miliona godina. Ukupne zalihe (pod zalihama se podrazumevaju dokazane rezerve i potencijalno moguća nalazišta) teško je proceniti i zavise od toga koje se rude smatraju ekonomski iskoristivim. Jedna orijentaciona procena izražena u energetskim ekvivalentima data je u tabeli 12.2.

Tabela 12.2. Zalihe potencijalnih izvora energije u 10^9 TJ

<u>Fosilna goriva:</u>	
Ugljevi i ligniti	260
Nafta	40
Prirodni gas	20
Škriljci i ostali čvrsti ugljovodonici	50
<u>Nuklearna goriva:</u>	
Izgaranje u reaktorima - konvertorima	10
Izgaranje u oplodnim reaktorima	5000
<u>Termonuklearna goriva:</u>	
Litijum	1300
Deuterijum (1% od sadržaja u okeanima)	10
<u>Geotermalna energija:</u>	
Prirodni izvori (vrole vode i pare)	40
Energija iz stena do dubine od 10 km (2%)	10

Od ukupne energije dozračene od Sunca (Q_s) veći deo se apsorbuje (Q_a), a manji reflektuje u prostor (Q_r):

$$Q_s = Q_a + Q_r = [C_a + A_a + (Q+q)(1-d_p)] + [C_r + A_r + (Q+q)d_p]$$

globalni albedo (d_g) definiše se sa:

$$d_g = Q_r/Q_s$$

i iznosi oko 36%.

Gornji iznos dat je kao bilans Sunčevog zračenja u TW u tabeli 12.3.

U navedenoj tabeli $Q=55120$ TW predstavlja direktno dozračenu energiju na površinu Zemlje a $q=39120$ TW energiju difuzovanog zračenja (rasejanje u atmosferi), dok $d_p=0.115$ predstavlja srednji albedo površine.

Da bi se održala energetska ravnoteža, apsorbovana energija mora biti odzračena u svemir u vidu infracrvenog zračenja površine (I_{ps}) i atmosfere (I_{as}):

$$I_g = I_{ps} + I_{as} = Q_a$$

U stvari proces je znatno složeniji usled uzajamnog dejstva površine i atmosfere. Na osnovu Stefan-Boltzmanovog zakona emisija površine:

$$I_{pe} = e \cdot s \cdot T_p^4 = I_{pa} + I_{ps}$$

Tabela 12.3. Bilans Sunčevog zračenja u TW.

Dozračeno	Q_s	177800
=====		
Reflektovano:		
Oblaci	C_r	42591
Gasovi, vodena para, čestice	A_r	10140

Reflektovano od atmosfere	Q_{ar}	52731
Reflektovano od površine	$(Q+q)d_p$	10817

Ukupno reflektovano	Q_r	63548
=====		
Apsorbovano:		
Oblaci	C_s	4732
Gasovi, vodena para, čestice	A_s	25690

Apsorbovano u atmosferi	Q_{aa}	30422
Apsorbovano na površini	$(Q+q)(1-d_p)$	83830

Ukupno apsorbovano	Q_a	114252
=====		

delimično dolazi u prostor (I_{ps}), a delimično se apsorbuje u atmosferi (I_{pa}). Sa svoje strane atmosfera emituje:

$$I_{ae} = I_{br} + I_{as}$$

delimično u prostor (I_{as}) a delimično na površinu (I_{br}), tako da je neto emisija površine:

$$I_{np} = I_{pe} - I_{br}$$

a neto emisija atmosfere:

$$I_{na} = I_{ae} + I_{pa}$$

Gornji bilans dat je brojčano u tabeli 12.4., koja predstavlja bilans infracrvenog zračenja u TW.

Tabela 12.4. Bilans infracrvenog Sunčevog zračenja u TW.

I_{pe}	174 420
I_{ps}	13 621
I_{pa}	160 899
I_a	239 996
I_{as}	100 731
I_{br}	139 265
I_{np}	35 154
I_{na}	79 098
I_g	114 252

Kada ne bi bilo atmosfere koja igra ulogu neke vrste "staklene bašte", temperatura površine iznosila bi $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, a ovako srednja temperatura površine Zemlje iznosi oko $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kao rezultat površina prima više energije nego što odaje, tako da joj je radijacioni bilans pozitivan:

$$R_p = (Q+q)(1-d_p) - I_{np} = 48676\text{ TW}$$

dok je za ovaj iznos radijacioni bilans atmosfere negativan:

$$R_a = -R_p + Q_{aa} - I_{na} = -48676\text{ TW}$$

Ravnoteža se uspostavlja najvećim delom procesom isparavanja sa površine i kondenzacijom u atmosferi, a delimično i konvektivnim prelazom toplote površina-atmosfera. Posledica ciklusa isparavanja i kondenzacije je precipitacija, tako da godišnje dolazi do transfera vodene mase od oko $100\ 000\text{ km}^3$ sa okeana na

kontinente. Manji deo (oko 40 000 km³) napaja rečne tokove što pri prosečnoj visinskoj razlici od oko 800 m rezultira u oko 8 TW energije, od čega se računa da je oko 1.5 TW teorijski iskoristivo u hidroenergetskim postrojenjima.

Gornji bilansi su srednji za planetu. U stvari intenzitet Sunčevog zračenja, albedo površine i drugi faktori, pa dakle i radijacioni bilans, zavise od mesta na planeti i to uglavnom od geografske širine. Radijacioni bilans polova je negativan dok je oko ekvatora oko 50% veći od srednjeg. Usled manjeg albeda vodenih površina u odnosu na površinu kopna, radijacioni bilans okeana je veći nego kod kopna. Usled ovoga dolazi do globalnih atmosferskih strujanja prema polovima i sa okeana prema kopnu. Energija sadržana u ovim strujanjima ocenjuje se na oko 400 TW, od čega je praktično iskoristivo preko turbina na vetar negde između 1 i 10 TW. Napomenimo još i da usled zagrevanja površine okeana i globalnih okeanskih strujanja tople vode po površini od ekvatora prema polovima i hladne vode u dubini u obrnutom smeru, dolazi do gradijenta temperature u okeanima, koji na nekim mestima iznosi i 20 °C na 300 m dubine. Ova energija takodje se teorijski može iskoristiti.

Iz prethodnog izlaganja proizilazi nekoliko važnih zaključaka. Prvo, Sunčeva energija, direktno ili indirektno, potencijalno predstavlja veoma značajan kontinualni izvor energije, pri čemu se ovde misli na kontrolisano iskorišćenje energije. Ako se uzme da se samo 1% površine kopna koristi za sabiranje dozračene energije onda to iznosi oko 200 TW. Nećemo ovde ulaziti u mogućnosti ovog direktnog korišćenja u vidu toplote ili čak pretvaranjem u električnu energiju. Napomenimo da se radi o celoj Zemlji i da je osnovni problem u maloj gustini dozračenog toplotnog fluida, koja za geografsku širinu od oko 40° u srednjem iznosi 0.5 kW/m². Energija Sunca posredno se već koristi u vidu hidroenergije. Učešće hidroenergije u ukupnoj svetskoj potrošnji iznosi svega oko 2%, ali u odnosu na proizvodnju električne energije ovaj procenat je znatno veći, a kod nas i veoma značajan. Najzad, potencijalno je moguće koristiti Sunčevu energiju posredno preko korišćenja energije vetra i energije usled temperaturnog gradijenta u okeanima. Jedna procena potencijalno iskoristivih kontinualnih izvora Sunčeve energije data je u tabeli 12.5.

Tabela 12.5. Potencijalno iskoristivi izvori Sunčeve energije.

Direktno korišćenje Sunčeve energije (zračenje sa 1% površine kopna)	200 TW
Hidroenergetski potencijal	1.5 TW
Energija vetra	2 TW
Energija okeana (temperaturni gradijent)	1 TW

Drugi značajan zaključak je da se korišćenje Sunčeve energije, direktno ili indirektno kvalitativno razlikuje, u odnosu na energetske bilans planete, od dobijanja energije iz goriva i korišćenja geotermalne energije. Naime, sva energija oslobođena hemijskim ili nuklearnim reakcijama iz goriva direktno opterećuje energetske bilans planete. Posebno korišćenje sunčeve energije (hidroenergija, energija vetra) ne opterećuje ovaj bilans direktno, dok se u slučaju neposrednog korišćenja sunčeve energije bilans neznatno narušava usled promene albeda.

Najzad iz izloženog proizilazi da energetske bilans planete zavisi od niza faktora, čiji je uticaj često nedovoljno poznat. Promena odnosa površina pod ledom, vodom i kopnom utiče na promenu albeda. Promene u oblačnosti, sadržaju vodene pare, različitih gasova ili čvrstih čestica u atmosferi takodje igraju značajnu ulogu. Ove promene mogu da dovedu do promena u radijacionom bilansu, odnosno mogu uticati na promene u globalnim strujanjima u atmosferi i okeanima. Promene u globalnim strujanjima mogu dovesti do daljih promena u pogledu sastava atmosfere, oblačnosti, albeda itd.

12.2. Globalni efekti toplotnog opterećenja.

Današnja potrošnja energije u svetu zasnovana je sa preko 95% na oslobađanju potencijalne energije fosilnih goriva. Do kraja ovog veka računa se da će uticaj fosilnih goriva nešto opasti, ali uglavnom na račun korišćenja nuklearnog goriva. U oba slučaja ukupna količina oslobođene potencijalne energije direktno opterećuje energetske bilans planete, pitanje je samo u kojoj meri. U oba slučaja, kada se radi o proizvodnji električne energije mora se odvoditi otpadna toplota, što pri današnjem stepenu tehnološkog razvoja rezultira u pospešenom isparavanju. U slučaju protočnog hladjenja, računa se da se oko 40% otpadne toplote odvodi u konačnom bilansu na račun latentne toplote isparavanja, dok ovaj procenat u slučaju hladjenja preko vlažnih rashladnih tornjeva ide i do 80%. U slučaju fosilnih goriva, proizvodnja energije praćena je dodatnom emisijom vodene pare sadržane u gorivu, kao i emisijama ugljendioksida, sumpordioksida i čvrstih čestica ili čadji. Ove emisije utiču na sastav atmosfere pa, dakle, i na toplotni bilans planete.

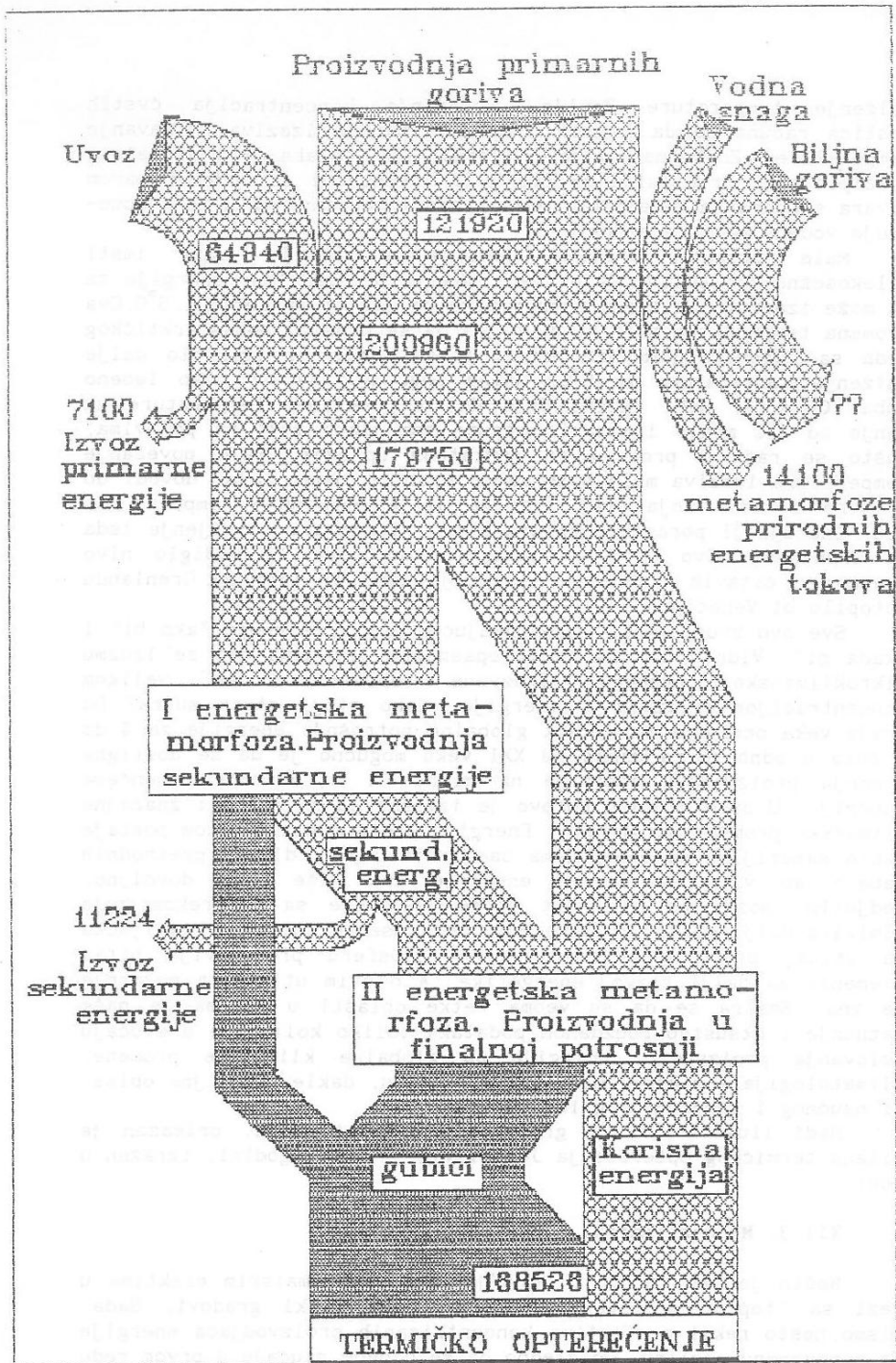
Ovome treba dodati da je toplotno opterećenje biosfere usled proizvodnje energije u stvari veće od energije oslobođene iz goriva. Naime, investicije u energetska postrojenja takodje je moguće prevesti u energiju. Računa se da je jedan dolar investicija ekvivalentan energiji od oko 1 GJ. Na taj način, na primer, da bi se došlo do ukupnog toplotnog opterećenja, na svaki kWh električne energije iz jedne nuklearne elektrane treba dodati ne samo oko 2 kWh energije u otpadnoj toploti, već još i oko 1 kWh energije uložene u postrojenje. Iz ovoga, dakle, proizilazi da ni energija proizvedena u hidroelektranama nije bez uticaja na toplotno opterećenje, jer treba uključiti energiju uloženu u izgradnju postrojenja, osim u slučaju da je i ova dobijena od hidroenergije.

Uticaj na globalnu ravnotežu, dakle, postoji. Ostaje da se vidi koliko je ovaj uticaj značajan danas, a koliko može biti značajan sutra.

Kao što smo napomenuli ukupna potrošnja primarne energije u svetu iznosila je 1973. godine oko 8 TW. Iz prethodnih tabela se vidi da usredjeno po površini planete ovo iznosi oko 0.05% Sunčeve energije dozračene na kontinente ili oko 0.015% od radijacionog bilansa planete, tako da je globalni uticaj neznačajan, bar za sada. Usled neravnomernosti proizvodnje energije u svetu, opterećenje pojedinih zemalja ili regiona znatno je veće. U Evropi ono dostiže 0.35% od dozračene energije. U zemljama Beneluksa ono ide na skoro 2%, a u naseljenim oblastima Japana i preko 2%. Na istočnoj obali SAD od Bostona do Vašingtona opterećenje prelazi 5%, a u Rurskoj oblasti i 20%.

Specijalno je značajno toplotno opterećenje velikih gradova. Tako za Centralni Njujork ono premašuje za faktor 6 dozračenu energiju. Usled ovoga dolazi do efekta "toplotnih ostrva". Temperatura grada je za nekoliko stepeni viša od temperature okoline. Usled toga, čak i pri odsustvu vetra, uspostavlja se atmosferska cirkulacija koja u krajnjoj liniji dovodi do promena u radijacionom bilansu okoline gradova. Ukoliko u gradu ili blizini postoje intenzivni izozri vodene pare, npr. rashladni tornjevi elektrana, možće se konstatovati porast učestalosti oblačnosti i/ili kišenja. Za sada nije dovoljno jasno kakav je uticaj "toplotnih ostrva", gradova ili regiona, na kontinentalnu klimu. Postoje opravdane pretpostavke, da će, ukoliko to već nije slučaj, dovoljno veliki gradski kompleksi biti u stanju da dovedu do klimatskih promena značajnih razmera. Istraživanja ovih pojava su sve intenzivnija u svetu.

Kao što smo već napomenuli, sagorevanje fosilnih goriva dovodi do emisije vodene pare, CO₂, SO₂ i čvstih čestica. Za zadnjih 100 godina konstatovano je povećanje koncentracije CO₂ u atmosferi za oko 15%. Eksponecijalni porast koncentracije konstatuje se u zadnjih 10 godina, tako da se računa da će do kraja veka koncentracija porasti za daljih 20%. Povećanje koncetracije CO₂ dovodi do pospešivanja delovanja atmosfere kao "staklene bašte", odnosno do porasta temperature površine. Neka predvidjanja daju porast temperature Zemlje od nekih 0.5 °C usled povećanja koncentracije do kraja veka. Uticaj povećanja koncentracije čvstih čestica i vodene pare preko promena u oblačnosti može biti dvojak. S jedne strane apsorpcija infracrvenog zračenja u atmosferi se povećava, što utiče na povišenje temperature površine. S druge strane globalni albedo se takodje može povećati, što može izazvati sniženje temperature Zemlje. Povećanje koncentracija čvstih čestica računa se da u neto efektu verovatno izaziva snižavanje temperature. Značajna uloga u formiranju oblaka u eventualnoj precipitaciji pripisuije se SO₂ koji, reagujući sa vodenom parom stvara sumporastu kiselinu, veoma higroskopnu supstancu koja apsorbuje vodenu paru iz atmosfere.



Slika 12.1. Bilans termičkog opterećenja Jugoslavije u 1970. god. izražen u Tcal.

Male promene srednje temperature Zemlje mogu imati dalekosežne posledice. Na primer, smanjenje dozračene energije za 1% može izazvati sniženje temperature na Zemlji za nekih 1.5 °C. Ova promena temperature bila bi dovoljna da se proširi pojas arktičkog leda sa odgovarajućim smanjenjem albeda, što bi izazvalo dalje sniženje temperature za 5 °C, usled čega bi nastalo novo ledeno doba. Obrnuto, neki računi daju da bi povećanje temperature za manje od 1 C moglo izazvati potpuno topljenje leda na polovima, pošto se radi o procesu sa povratnom spregom. Malo povećanje temperature izaziva malo pomereanje granice leda, koje dovodi do promene albeda, koja opet izaziva dalje povećanje temperature, itd. Značajniji porast temperature može izazvati topljenje leda na Grenlandu. Ovo bi bilo katastrofalno, jer bi podiglo nivo okeana za čitavih 7 metara! Topljenje samo 5% leda na Grenlandu potopilo bi Veneciju.

Sve ovo zvuči pomalo zastrašujuće, a sadrži mnogo "ako bi" i "kada bi". Videli smo da danas opasnosti još nema ako se izuzmu mikroklimatske promene izazvane oblastima sa velikom koncentracijom proizvodnje energije. Kako stoji stvar sutra? Do kraja veka ocenjuje se porast globalne potrošnje energije za 4 do 5 puta u odnosu na danas. U XXI veku moguće je da se dostigne srednja proizvodnja energije na nivou 1% od dozračene Sunčeve energije. U ovom slučaju gotovo je izvesno da će nastati značajne klimatske promene na planeti. Energija proizvedena čovekom postaje dakle samerljiva sa energijama sadržanim u prirodi. Iz prethodnih tabela se vidi da zaliha energije ima više nego dovoljno, međutim, možda po prvi put čovek se sreće sa preprekom koja limitira dalji porast proizvodnje. Sve više se dolazi do zaključka da uticaj proizvodnje energije na biosferu predstavlja bitan elemenat za dalji razvoj energetike. A o ovim uticajima najmanje se zna. Smatra se da su veoma retke oblasti u kojima je naše neznanje i odsustvo pouzdanih podataka toliko koliko je u slučaju delovanja proizvodnje energije na globalne klimatske promene. Klimatologija i mikroklimatologija postaju, dakl, ozbiljne oblasti naučnog i inženjerskog istraživanja.

Radi ilustracije, na grafikonu na slici 12.1. prikazan je bilans termičkog opterećenja Jugoslavije u 1970. godini, izražen u Tcal.

12.3. Mikroklimatski i ekološki efekti.

Nešto je već rečeno o odredjenim mirkoklimatskim efektima u vezi sa "toplotnim ostrvima", koja čine veliki gradovi. Sada bismo nešto rekli o efektima koncentrisanih proizvođača energije na neposrednu okolinu. Očigledno da se u ovom slučaju u prvom redu radi o termoelektranama, bilo na fosilna, bilo na nuklearno gorivo, mada u istu kategoriju spadaju i odredjeni industrijski procesi, na primer u metalurgiji.

Na osnovu zakona termodinamike, termoelektrane koje rade u ciklusima toplotnih mašina, nužno odaju jedan deo oslobodjene primarne energije toplotnom ponoru u vidu otpadne toplote. Količina otpadne toplote zavisi od stepena korisnosti postrojenja (h). Na današnjem nivou tehnologije savremena postrojenja na fosilna goriva dostižu $h = 0.4$, dok je u proseku u industrijskim zemljama stepen korisnosti oko 30%. Kod nas se planiraju termoelektrane sa $h = 0.35$, a u proseku stepen korisnosti je oko 25%. Nuklearne elektrane na današnjem stepenu razvoja imaju niže stepene korisnosti - oko 33%. Ako se još uzme u obzir da termoelektrane deo otpadne toplote ispuštaju kroz dimnjak, grubo se može uzeti da je količina otpadne toplote koju treba odvesti u kondenzatore za oko 50% veća kod nuklearnih nego klasičnih elektrana.

Ukupna količina otpadne toplote opterećuje biosferu neposredne okoline termoelektrane. Koji deo biosfere će biti opterećen zavisi od načina hladjenja kondenzatora. Gde god za to postoje uslovi, gde god postoji dovoljan protok vode iz neke reke, jezera ili mora i dovoljno bilska sirovinska baza, primeniće se protočno hladjenje, jer ne samo da su specifične investicije niže, već je i stepen iskorišćenja za oko 2% viši usled niže temperature u kondenzatoru u odnosu na povratno hladjenje. U ovom slučaju imamo termalno opterećenje voda-reka, jezera ili mora. Gde ne postoje uslovi za protočno hladjenje primenjuje se povratno hladjenje uz upotrebu tornjeva za hladjenje, a toplotno se opterećuje atmosfera. Danas su gotovo isključivo u primeni vlažni tornjevi za hladjenje, gde se osnovni efekat hladjenja (80%) postiže isparavanjem određene količine vode koja se odnosi u atmosferu. Pošto se u svetu već nagoveštava kriza vode, to se ozbiljno radi na primeni suvih tornjeva za hladjenje koji su zbog svojih velikih investicionih troškova za sada retko u primeni. Tornjevi za hladjenje zamenjuju se u nekim slučajevima veštačkim jezerima, bazenima ili kanalima sa raspršivanjem. Efekti su slični kao i kod rashladnih tornjeva. Napomnimo još da se na nekim rekama sa promenljivim protokom tokom jedne godine primenjuje i kombinovani sistem hladjenja, pri čemu se tornjevi koriste samo u priodima niskih voda.

12.3.1. Toplotno opterećenje voda.

Toplotno opterećenje voda nužno povlači za sobom porast temperature u određenom stepenu. Temperatura predstavlja jedan od osnovnih faktora koji regulišu hemijske i biološke procese u vodi. toplotno opterećenje voda, kada predje određenu meru, može izazvati negativne efekte na ekosisteme voda i njihov kvalitet. U literaturi se pominje oko 60 različitih mogućih efekata. Razmotrićemo samo osnovne.

Uticađ na bilans kiseonika. Kiseonik je neophodan element svih bioloških procesa. Raćuna se da je za ekosisteme voda optimalna koncentracija kiseonika od 4-5 mg/l, mada na primer minimalna neophodna koncentracija za ribe iznosi 0.5-2.5

mg/l. Kiseonik se troši mehanizmom samoprečišćavanja-oksidacije hemijskih efluenata. Porastom temperature smanjuje se koncentracija kiseonika pri saturaciji (na 20 C-8.84 mg/l, na 40 C-6.6 mg/l). S druge strane, nastaje intenzifikacija svih hemijskih reakcija, pa se i samoprečišćavanje ubrzava. Biološki procesi se takodje ubrzavaju tako da ribama treba više kiseonika, jer im je aktivnost veća. Vidi se da je koncentracija kiseonika na povišenim temperaturama još uvek dosta visoka, a da li je i dovoljna zavisi od toga koliko je reka hemijski zagadjena.

Uticao na ekostiteme voda. Temperatura je bitan faktor u biološkim procesima koji tuiče na rast, reprodukciju, otpornost na intoksikaciju, smrtnost, itd., ne samo riba već i algi, protozoa, insekata, itd. Ostaje otvoreno pitanje u kojoj meri se ovaj uticaj ispoljava na pojedine oblike života u rekama. U svakom slučaju ovaj uticaj u velikoj meri zavisi od vrste akvaorganizama.

Letalna temperatura veoma varira za pojedine vrste riba. utvrđeno je, medjutim, da za većinu vrsta negde na 30-35 C dolazi do naglog opadanja broja riba i protozoa, mada je utvrđena i odredjena moć aklimatizacije. Navodi se da čak porast temperature za odredjene vrste riba može i korisno poslužiti za intenzivnu akvakulturu. Na primer, optimalna temperatura za šarane iznosi 27-32 C. Utvrđeno je medjutim da porast temperature iznad 30 C može stimulisati prevremeni rast nekih vrsta, da utiče na smanjenje otpornosti riba na hemijsku i bakteriološku intoksikaciju i da stimuliše pojavu nepoželjnih vrsta algi. Značajan je uticaj termičkog šoka, prirodne dnevne fluktuacije temperature reka su 1-2 C tako da se smatra da nagli porast ili pad temperature od 3-5 C može imati nepoželjne posledice.

Svi ovi efekti nisu u dovoljnoj meri kvalitativno utvrđeni, što se odražava na veoma značajan obim istraživanja u svetu na ovom polju. S druge strane, propisi koji regulišu toplotno opterećenje voda u pojedinim zemljama, pošto su u nedovoljnoj meri zasnovani na naučnim činjenicama, teže da budu na sigurnoj strani. Ovo, razume se, može imati nepovoljnih ekonomskih efekata. U većini zemalja se maksimalna temperatura vode ograničava na 30 C. I kod nas postoji zakonski propis koji ograničava temperaturu reka na 28 C. U mnogim zemljama propisuje se takodje da porast temperature reka na granici zone mešanja ne sme preći 3-5 C. Pri tome se zona mešanja definiše kao onaj deo reke neposredno uz izliv tople vode, u kome je temperatura iznad dozvoljenih ograničenja. Vodi se računa da ova zona ne zauzme više od polovine protočnog preseka reke, kako bi se ribama dozvolilo da je izbegnu. Kako smo već naglasili, temperaturski efekti zavise u velikoj meri od tipa reke i ekosistema u njoj, te se o tome mora voditi računa pri donošenju propisa.

U mnogim priobalnim idnustrijski razvijenim zemljama reke su već u potpunosti opterećene toploto ili hemijski i uveliko se ide na korišćenje mora kao toplotnog ponora. Usled velikog toplotnog kapaciteta mora, ne može nastati značajniji porast temperature osim u zoni mešanja uz izliv. Usled manje intenzivnog mešanja u ovom slučaju zona mešanja može da ima značajne razmere i da ugrozi

priobalni ekosistem. Stoga se i ovde uvode ograničenja u odnosu na porast temperature na granici zone mešanja.

O svim ovim efektima neophodno je voditi računa pri projektovanju novih elektrana zašto su potrebne opsežne i kompleksne studije i istraživanja. Pre svega neophodno je sačiniti eko-studije iskoristivih voda, kako bi se znalo o kakvim ekosistemima se radi. Zatim, potrebno je utvrditi sposobnost pojedinih voda, specijalno reka i jezera, da odaju toplotu atmosferi, odnosno sposobnost samohladjenja, kako bi se došlo do kapaciteta odredjenih voda da prime odredjena toplotna opterećenja. Najzad, u svakom pojedinom slučaju potrebno je izučavati uslove izlivanja tople vode kako bi se odredila zona mešanja i uslovi za mešanje.

Problem postaje aktuelan od momenta kada se počnu graditi elektrane većeg jediničkog kapaciteta reda 500 do nekoliko hiljada megavata, što je upravo sada slučaj i u našoj zemlji.

12.3.2. Toplotno opterećenje atmosfere.

Kao što je rečeno, kada ne postoje uslovi za protočno hladjenje, primenjuju se rashladni tornjevi i to, za sada, osim retkih izuzetaka, vlažni rashladni tornjevi. U ovom slučaju 80% efekta hladjenja postiže se isparavanjem 1-2% od ukupne količine vode potrebne za hladjenje kondenzatora, koju treba obezbediti. Za veće kapaciteta grade se tornjevi od 100-170 m visine, tako da se postiže prirodna cirkulacija. Kod manjih kapaciteta cirkulacija se ostvaruje ventilatorima, pri čemu su visine znatno manje (20 m). Na izlazu tornjeva pojavljuje se gusta perjanica, prezasićena vodenom parom i kapljicama, koja ostaje vidljiva zavisno od meteoroloških uslova i nakon desetak kilometara.

Ovi tornjevi mogu uticati na mikroklimu bliže ili dalje okoline elektrane. S druge strane, kao u slučaju visokih perjanica može doći i do uticaja na mikroklimu šireg regiona. U slučaju visokih tornjeva sa prirodnom cirkulacijom znatno je manji uticaj na mikroklimu neposredne okoline (magljenje, vlaženje) ali se zato perjanica ispušta na veće visine te mogu imati uticaja na klimu šireg regiona, mada ovi efekti nisu dokazani. Treba pomenuti još jedan izuzetno neprijatan uticaj na okolinu do koga može doći pri sagorevanju fosilnih goriva. Radi se o tome da se pri odredjenim meteorološkim uslovima, dim iz dimnjaka koji sadrži SO₂ može kombinovati sa vlažnom perjanicom iz rashladnog tornja. Kao rezultat toga na tulu se može pojaviti sumporasta kiselina.

- . -

U odnosu na globalno toplotno opterećenje biosfere, moguća su dva izlaza iz situacije. Videli smo da energetika zasnovana na potencijalnoj energiji goriva stoprocentno toplotno opterećuje biosferu, pa čak i više od toga, ako se dodaju

efekti emisija gasova i čestica u slučaju fosilnih goriva. Jedan, dakle, put vodi preko korišćenja kontinuiranih izvora, u prvom redu Sunčeve energije, čije je korišćenje znatno više u ravnoteži sa prirodom. Ni u ovom slučaju, ako se izuzmu hidroelektrane, kod nas nema ozbiljnih pokušaja, iako se u svetu, a i kod nekih naših suseda, na tome veoma ozbiljno radi.

Druga mogućnost, koja je nekako bliža, i gde i kod nas dolazi do nekih inicijativa, je ono što se u svetu naziva "konzervacija energije" a što se svodi na štednju odnosno na otklanjanje nepotrebnog rasipanja. Manje zemlje nego što je naša, npr. Holandija, ozbiljno prilaze ovom problemu, koji je i veoma kompleksan. Radi se o povišenju efikasnosti energetske konverzije primenom novih tehnologija. U pitanju su takozvani "totalni sistemi" energetike, gde se kombinuje proizvodnja električne energije sa daljinskim grejanjem ili dobijanjem procesne toplote za idnustriju. Radi se o korišćenju otpadne toplote velikih potrošača energije za razvoj intenzivne agrikulture, akvakulture ili za dobijanje pitke vode. Radi se i o velikim uštedama koje su moguće racionalnim projekotvanjem zgrada i njihovom adekvatnom izolacijom, kao i o energetske optimizaciji industrijskih procesa. Ovim lista mogućnosti nije iscrpljena.

Ispitivanja su pokazala da se kod nas po jedinici proizvoda u industriji troši oko 5 puta više energije nego recimo u Holandiji ili Švedskoj. Očigledno da tu leže velike mogućnosti uštede i smanjenja daljeg, neracionalnog, investiranja u energetiku.

12.4. Budućnost leži u "čistim" energijama.

Motivi koji čoveka rukovode u traženju izlaza iz postojeće energetske situacije nisu toliko ograničenost klasičnih energetske izvora, kao što su ugljik, nafta, zemni gas, itd., već stečena i veoma proširena svest o po opstanak opasnom, sve većem narušavanju ravnoteže u prirodi daljim crpljenjem većine uobičajenih energetske goriva, kao i postupaka kojima pretvaramo energiju tih goriva u električnu energiju.

Danas možemo slobodno da kažemo da se već nalazimo u prelaznoj fazi sa dobijanja električne energije iz "prljavih" izvora i postupaka, u smislu zagadivanja životne sredine, i to na svetskom planu, na dobijanje potrebne energije iz "čistih" izvora i postupaka. Bezbrojni su pokušaji da se postupci dobijanja električne energije na prvom mestu uskalde sa zahtevima i potrebama životne sredine, bez obzira na to da li je reč o postupcima kojima dobijamo električnu energiju pomoću sagorevanja uobičajenih goriva ili o postupcima dobijanja energije iz, recimo, nuklearnih elektrana.

Nabrojaćemo samo nekoliko najpoznatijih tendencija ili rešenja, koja jasno obeležavaju taj trend ka zaštiti životne sredine pri dobijanju energije.

Uklanjanje sumpora iz dima termoelektrna danas je veoma razvijeno i ceni se da ima već oko 70 postupaka. Na taj način ne samo da se sprečava da otrovni SO₂ iz dimnjaka termoelektrana zagadjuje vazduh, već se često dobijaju i uzgredni proizvodi, kao sumporna zgura, koja se preradjuje u čist sumpor, granulirano gvozdje, itd.

U svetu se veoma mnogo radi na proizvodnji gasa iz uglja. Ovde je reč o sagorevanju uglja u prahu, a proizvod koji se dobija je čist sintetički metan, koji služi u industriji i domaćinstvu, a može da se transportuje kroz cevovode slične onima za zemni gas.

Već smo pomenuli usavršavanje pojedinih postupaka u nuklearnim elektranama, što predstavlja veliku nadu savremenog čoveka za period medjufaze, tj. dok čovek ne predje na korišćenje čistih energetskih izvora i postupaka.

Naveli smo, takodje rešenja i istraživanja sa novim gorivom, za motore automobila-metanolom, odnosno njegovom smešom sa benzinom, što bi takodje predstavljalo značajan korak i unapredjenje za zaštitu vazduha koji dišemo, iako tu tek elektromobil izgleda kao "čisto" rešenje.

Ovaj trend je veoma utešan jer se može konstatovati da se svuda u svetu radja svest o neophodnosti revolucionarnog raskidanja sa zastarelim tehnologijama koje su nas trovale, a istovremeno i svest o neophodnosti stvaranja novih tehnologija koje to neće činiti.

Tehnološka rešenja medjufaze biće, sigurno, uskoro prevazidjena čistim tehnologijama, od kojih će čovek dobijati potrebnu energiju iz čistih izvora, kao što su to energija Sunca, energija vetra, energija plime i oseke okeana, energija temperaturne razlike u okeanima, itd.

12.4.1. Mogućnost korišćenja Sunčeve energije.

Već danas se u specijalizovanim prodavnicama nekih zemalja u svetu može kupiti, na primer, solarni bojler za grejanje vode u domaćinstvima. Bojler standardne veličine koji koristi Sunčevu energiju zadovoljava potrebe porodice od 5 članova, daje dnevno oko 500 l tople vode. Iako je ovo zagrevanje vode pomoću Sunčeve energije svakako najjednostavnija primena Sunčeve energije, podvlačimo značaj i učestalost, i podsećamo da se oko 2/3 sve proizvedene energije u svetu koristi za zagrevanje vode i vazduha. Ovakvo rešenje dobijanja tople vode za domaćinstva bilo bi od značaja, jer bi povoljno uticalo i na suzbijanje procesa uništenja šuma u svetu, a velikim delom smanjilo primenu dobijanja energije sagorevanjem uobičajenih goriva, što bi opet rezultiralo velikom smanjenju zagadjenja vazduha.

Dalje primene na kojima se danas u svetu istraživača intenzivno radi bile bi sledeće:

- Kuvanje i sušenje hrane, što predstavlja jedan od glavnih problema ishrane u nekim zemljama u razvoju, gde su izvori hrane oskudni i gde, pored toga, zbog

nedostatka tehnike za očuvanje, konzerviranje i sušenje, propada ionako oskudna letina. Sušenje žitarica, voća i ribe Sunčevom energijom ima, pored ostalog još i znatne prednosti pred drugim postupcima.

- Destilacija i desalinacija vode je takodje područje gde bi se Sunčeva energija mogla dobro da koristi kao energija koja bi omogućila prečišćavanje nečiste i slane vode pretvarajući je u zdravu, pogodnu za svakodnevnu upotrebu ili vodu za piće.

- Hladjenje pomoću solarne energije bilo bi, na primer, veoma korisno za sela gde nema električne energije, dok bi rashladjivanje postrojenja u tropskim krajevima moglo da postane veoma efikasan način za poboljšanje produktivnosti rada.

- U svetu se takodje radi na korušenju Sunčeve energije za topljenje metala i oksida nekih metala, zašta su potrebne visoke temperature. U ovoj oblasti je i naša zemlja imala jednu od prvih uspešnih primena, jer je prof. ing. Cirilu Rekaru sa Metalurškog fakulteta u Ljubljani uspelo još 1951. godine u Portorožu, da u žiži parabolčnog solarnog ogledala od 4 m postigne temperature od 3.000 i više stepeni C.

- Pumpe za vodu koje pokreće Sunčeva energija takodje su predmet istraživanja u svetu. Sunčeve pumpe za vodu koje funkcionišu na bazi termodinamičkog postupka još uzvek su suviše skupe. Medjutim, radi se mnogo na rešenju koje bi koristilo standardne pumpe pokretane pomoću malih Sunčevih genratora.

- U svetu se, takodje, vrše probe na izradi elektrna na bazi termodinamičkih procesa pa se očekuje da bi do u najskorije vreme mogle u svetu već da rade Sunčane elektrane od 1-10 MW, a nešto kasnije i do 100 MW.

- Čak i kod danas veoma skupog postupka pretvaranja Sunčeve enrgije u električnu pomoću fotoelektričnog efekta, postupka koji se primenjuje kod kosmičkih letelica, ima izgleda da se troškovi izrade solarnih ćelija smanje. Na taj način bi ovaj, veoma pogodan način pretvaranja sunčeve energije u električnu postao koristan i pristupačan čoveku.

- Rešenja arhitekata treba veoma mnogo da doprinesu najširem načinu korišćenja Sunčeve energije, a posle nekih pokušaja u svetu može se mirno i sa mnogo pouzdanja očekivati čisto i jeftino grejanje u stanovima.

12.4.2. Mogućnost korišćenja energije vetra.

I ova, jedva ili nikako iskorišćena čista energija, ima svoj koren u Sunčevoj energiji, pošto dolazui iz atmosfere kojoj Sunce daje energiju toplote, koja se pri atmosferskim promenama pretvara u mehaničku-vetar.

U poslednje vreme raste intresovanje za korišćenje energije vetra. Polako se vraćaju iz zaborava stare, napuštene vetrenjače.

Konstatuje se da u svetu, naročito u Severnoj Americxi, postoje po farmama rasute stotine hiljada vetrenjača, sa namenom da pumpaju vodu. Isto tako, da u svetu ne radi nekoliko hiljada vetrenjača koje bi trebalo poraviti, koristiti i...

održavati. Dobrim delom to više nisu klasične vetrenjače, već su to turbine na vetar, još prilično skupe. Ipak ove turbine, jednom nabavljene mogu se idealno koristiti na odgovarajućim lokacijama kao glavni ili rezervni generatori za domaćinstvo i daju dovoljno električne energije za osvetljenje kuće, kao i za električne uređaje u domaćinstvu.

Ovo bi bili individualni energetske uređaji na vetar, koji bi omasovljeni, svakako doprineli energetske bilansu u svetu. Glavna korist, medjutim, dolazila bi od elektricnih centrala na vetar koje se nalaze u fazi istraživanja. To su eksperimentalni turbogeneratori na vetar, visoki katkada i po 100 i više metara, koji se nalaze u priobalnim područjima mora, a imaju gneratore, više njih, od po 1250 kW ili jače. Ceni se da bi tri do četiri ova tornja-vetrenjače moglo da snabdeva elektricnom strujom grad od 10.000 do 15.000 stanovnika. Eksperimenti i ulaganja sredstava u ove projekte govore nam o tome da smo mi, s obzirom na rezultate tih eksperimenata opet na putu da počnemo krostiti energiju vetra.

...

Pomenućemo samo, na ovom mestu, još neke izvore energije budućnosti, kao što su dobijanje nafte iz uljnih škriljaca, geotermička energija, energija gasne plazme, odnosno kotrolisane termonuklearne fuzije na kojoj se u razvijenim zemljama danas intenzivno radi, itd.

XIII

OPASNOST OD PUŠENJA DUVANA

Pre nekoliko godina stručnjaci za bezbednost na radu razmatrali su problem sadržaja ugljenmonoksida u Njujorškom tunelu "Holend" (Holland) i pošto je on bio veći nego što su dozvoljavali propisi Biroa za standarde radnika, oni su diskutovali u jednoj hotelskoj sobi o metodama poboljšanja. Za to vreme u istoj sobi nalazio se instrument koji je merio koncentraciju CO. Zapaženo je da je sadržaj CO u sobi, ispunjenoj dimom, bio znatno veći nego onaj u tunelu "Holend".

Jedan od zagadjivača atmosfere koji potiče iz ispusnih gasova motornih vozila je azot dioksid. Ovaj gas akutno nadražuje. Prema Abelsonu, "Koncentracija NO₂ u visini od 3 ppm zapaža se u Los Andjelosu, a sadržaj od 5 ppm smatra se opasnim. Dim cigareta sadrži 250 ppm NO₂".

Pojdinačno zagadjivanje vazduha, koje potiče od pušenja cigareta još je opasnije po zdravlje zbog velike razlike u koncentraciji zagadjivača raznih vrsta. Dok količina zagadjivača u veoma zagadjenim industrijskim oblastima varira od 0.02 do 0.2 mgr količina koja pitiče iz dima dve cigarete iznosi 21 mgr, što predstavlja 100 do 1000 puta veće količine.

Predlog EPA u pogledu saniranja atmosfere naselja sastoji se u tome da se što više smanjuju aditivi benzina, sa potpunim eliminisanjem olova kao dodatka. Važno je napomenuti da se olovo i arsen nalaze u dimu cigarete takodje, što znači da i pušenje, pored aerozagadjjenja komunalne sredine može uticati na povećanje koncentracije olova u krvi.

Stoks i Campbell dokazali su vezu izmedju mortaliteta od raka pluća, urbanističkih fakotra, nivoa benzopirena u vazduhu, kao i pušenja. U narednoj tabeli prikazaćemo stopu mortaliteta na 100 hiljada stanovnika od raka pluća muških osoba u ruralnom (R), mešovitom (M) i urbanom ambijentu (U). Cifre sa indeksom g označavaju starost stanovnika, tabela 13.1.

Ova tabela ubedljivo pokazuje značajan uticaj urbanizacije na porast indeksa mortaliteta od raka pluća s jedne strane (makroaerozagadjjenje) i dramatični udeo pušenja u etiologiji ove praktično neizlečive bolesti.

Još 1761. godine engleski lekar John Hill upozorio je medicinsku javnost o kancerogenomd dejstvu burmute, koji je po njegovom mišljenju izazvao opasni "polipozis". Zbog ovog otkrića taj zaslužni lekar bio je proglašen od nekih svojih kolega za šarlatana. Nakon 14 godina posle publikacije Hill-a, Sir Persival Pott utvrdio je hemijsku kancerogenoezu i 1775. godine opisao je rak odžačara inkriminišući čadaj kao nosioca kancerogenih materija.

Tabela 13.1. Stopa mortaliteta na 100 hiljada od raka pluća.

Status pušenja	45-54 g.			56-64 g.			65-74 g.			u Liverpulu		
	R	M	U	R	M	U	R	M	U	R	M	U
Nepušači	0	0	31	0	0	174	70	0	336	14	0	131
Lulaši	0	0	104	34	59	143	145	26	232	41	0	143
Slabi puš.	69	57	112	70	224	378	154	259	592	87	153	297
Umereni	90	83	138	205	285	386	362	435	473	183	132	287
Teški	117	214	265	626	362	543	506	412	588	363	303	395
Broj smrtnih slučajeva	16	26	124	25	56	232	27	36	188	68	118	539

Ovom prilikom navešćemo rezultate kanadske ankete koju je sproveo E.A. Besti sa saradnicima od 1955-1962. godine. Anketa je obuhvatila 78 hiljada muškaraca i 14 hiljada žena, te utvrdila da postoji korelacija između broja popušenih cigareta i porasta stope mortaliteta od raka pluća pušača prema nepušačima istog doba starosti. Pri dnevnom pušenju preko 10 cigareta rizik umiranja od raka pluća raste za 900%, pri pušenju 11-12 cigareta 1541% a pri pušenju preko 31 cigarete za 1631% ili više nego za 16 puta.

Pušački staž takodje je od velikog uticaja. Naime, ako pušački staž iznosi 5 godina rizik raka pluća povećava se prema nepušaču za 1.6, a pri stažu do 29 godina za 4.1, dok pri stažu do 40 godina za 14.2. puta.

PRILOG I.

Tabela 2.4.(nastavak) Vrednosti dozvoljenih koncentracija za gasove, pare, otrovne prašine, dimove i magle. JUS. Z. BO:001 VIII -1971, Sl. list SFRJ br. 35/1971.

Redni broj.	NAZIV SUPSTANCE	Vrednosti mg/m	MDK u ppm
1	2	3	4
1.	Acetaldehid (etanat)	360	200
2.	Acetilhlorid	3,3	1
3.	Acetilentetrabromid (tetrabrometan), sinonim 541	14	1
4.	Acetofenol (metilfeniketon)	100	20
5.	Aceton (2-propanon dimetilketon)	800	336
6.	Acetoncianhidrin	1	-
7.	Acetonilaceton (2,5-diketoheksan)	350	78
8.	Acetonitril (metilcijanid)	70	40
9.	Akrolein (propenal: alilaldehid)	0.25	0.1
10.	Akrilamid	K 0.3	-
11.	Akronitril (vinilcijanid)	K 45	20
12.	Aldrin (HHDN)	K 0.25	-
13.	Alifatični ugljovodonici (alkani; alifatični karbonhloridi) - vajtšpirit, ligroin (smeša zasićenih ugljovodonika tačke ključanja od 120 do 200 C) kao i 79 i 368	300	-
14.	Alilalkohol (kao i 18)	K 5	2
15.	Alilgildiletar (AGE)	+ 45	10
16.	Alilhlorid	3	1
17.	Alilpropildisulfid	12	2
Alkoholi:			
18.	- alilalkohol (kao i 14)	K 5	2
19.	- izoamilalkohol	100	27
20.	- izobutilalkohol, sinonim 93	200	66
21.	- butilalkohol, sinonim 92	200	66
22.	- decilalkohl - prim. (primarnil)	200	-
23.	- diacetonilalkohol	240	50
24.	- etilalkohol (etanol), sinonim 209	1900	1000
25.	- heksilalkohol - prim.	100	-
26.	- heptilalkohol - prim.	100	-
27.	- metilalkohol (metanol), sinonim 378	50	40
28.	- metilamilalkohol (metilpentonal; metil- -izo-butilkarbinol)	100	-

1	2	3	4
29.	- alilkrotonilalkohol	0,5	-
30.	- nonilalkohol - prim.	200	-
31.	- oktafluoramilalkohol	20	-
32.	- oktilalkohol - prim.	100	-
33.	- propargilalkohol	1	-
34.	- izopropilalkohol (izopropanol; dimetilkarbinol) sinonim 493	200	-
35.	- tetrafluorpropilalkohol	20	-
36.	Alodan (5,6-bis(hlormetil)-heksahlorciklohepten)	0.5	-
37.	Amilacetat, sinonim 242	100	20
38.	Aminazin	K 0.3	-
39.	Amini-alifatični (C15 do C19)	1	-
40.	Aminoenantska kiselina (7-aminoheptanska kiselina)	8	-
41.	Aminoanizol (anizidin), sinonim 54	0.5	-
42.	Amino-2,4-dihlorfenoksisirćetna kiselina	1	-
43.	Aminoetanol (aminotilalkoholo; kolamin), sinonim 210	6	3
44.	5-amino-8-hidroksi-3,7-dibpom-1,4 naftohinonimin	1	-
45.	Aminopiridin	2	-
46.	Amonijumsulfumat ("Amat"), sinonim 523	15	-
47.	Amonijak	35	50
48.	Anhidrid arsenove (arsenske) kiseline	0.5	-
49.	Anhidrid borne kiseline, sinonim 85	15	-
50.	anhidrid buterne kiseline (anhidrid butanske kiseline; anhidrid maslačne kiseline)	10	1.5
51.	Anhidrid ftalne kiseline, sinonim 285	12	-
52.	Anhidrid sirćetne kiseline	20	5
53.	Anilin (aminobenzen)	K 5	0.25
54.	Anizidin e.p-izomeri (metoksianilin, aminoazinol), sinonim 41	K 0.5	-
55.	Antimon	0.5	-
56.	Antimon (V), oksidi i sulfidi prašina	2	-
57.	Antimon (III), oksidi i sulfidi prašina	1	-
58.	Antimonvodonik (antimon-hidrid), kao Sa)	0.5	-
59.	Antrahinon u vidu prašine	5	-
60.	ANTU (alfa-natiltiourea)	0.3	-

1	2	3	4
61.	Arsenik (kao As_2O_3)	0.5	-
62.	Arsenova kiselina (arsenatna (V)-kiselina)	0.3	-
63.	Arsenvodonik (arsen-hidrid), (kao As_2O_3)	0.2	0.05
64.	Azinofosmetil (metil-O, O-dimetil-S-4-okso-1,2,3-benzotriazin-3-metilfosforditionat; gution), sinonim 290	K 4	-
65.	Azotna kiselina (nitratna kiselina)	25	10
66.	Azotdioksid (nitrogen-dioksid)	9	5
67.	Azotmenoksid (nitrogen-monoksid)	30	25
68.	Azotrifluorid (nitrogen (III)-fluorid; NF_3)	29	10
69.	Bakar - dim	0.1	-
70.	Bakar - prašina	1	-
71.	Bakar (II)-silikat	4	-
72.	Bakartrihlorfenol	0.1	-
73.	Barijum (rastvorljiva jedinjenja)	0.5	-
74.	Benzen (benzol)	K 50	15
75.	Benzidin	K -	-
76.	Benzilacetat (fenilmetilacetat), sin 249	94	15.3
77.	Benzilholrid (alfa-hlortoluol)	5	1
78.	Benzin, laki, tačke ključanja od 40 do 120 °C	500	-
79.	Benzin za lakove (vajtšpirit, tačke ključanja od 120 do 200 °C) kao i 13 i 368	300	-
80.	Benzohinon (hinon), sinonim 312	0.4	0.1
81.	Benmzoilperoksid	5	-
82.	Benzotrihlorid (fenilhloroform)	1	-
83.	Berilijum	0.001	-
84.	Bishlormetilnaftalin	0.5	-
85.	Boroksid (bortriksid; anhidrid borne kiseline), sinonim 49	15	-
86.	Bortrifluorid (borfluorid)	3	1
87.	Brom	0.7	0.1
88.	Bromoform (tribrommetan)	K 5	0.5
89.	Bromvodonik (hidrogen-bromid)	7	2.1
90.	1,3-Butadien (viniletan; viniletan; divinil)	500	227
91.	Butanon (metiltilketon), sinonim 395	200	70
92.	Butanol (butilalkohol=, sinonim 21	200	66

1	2	3	4
93.	7-Butanol (izo), sinonim 20	200	66
94.	Butanol, tereijarni (2-metil-2-propanol; trimetilkarbinol)	200	66
95.	n-Butilacetat, sinonim 248	200	42
96.	Butilamin	K 15	5
97.	Butil-"celosolv" (etanol-,2-butoksi; etilenglikolmonobutiletar) sinonim 231	240	50
98.	- Butilen (2-metilpropen)	100	-
99.	Butilakrilat, sinonim 240	10	0.2
100.	Butilglicidietar (BGE)	270	50
101.	Butilglikol (etilenglikolmonobutiletar)	120	-
102.	Butilhromat, (kao CrO ₃)	K 0.1	-
103.	Butihnerkaptan	1.7	0.5
104.	Butilmetakrilat, sinonim 243	10	0.17
105.	n-Butiltoluen	60	10
106.	3-Butil-tritiofosfat (Butifos)	K 0.2	-
107.	1.4-Butindiol (pare, aerosoli i kondenzat)	1	-
108.	Cijanbenzil (benzacijanid)	0.3	-
109.	Cijanhlorid (hlorcijan)	1	0.39
110.	Cijanidi (kao CN)	K 5	-
111.	Cijanovodonik (hidrogen-cijanid)	0.3	0.27
112.	"Celiosoly" (cioksietanol, etilengliko- moloetilenator), sinonimi 212 i 232	K 540	100
113.	"Celiosoly"-cetacat (etoksietilacetat; etilglikulacetat), sinonimi 213 i 233	120	25
114.	Cinkoksid	5	-
115.	Cinkonijum - jedinjenja (kao Zr)	5	-
116.	"Crag" (Natrijum 2- (2,4-dihlorfenoksi) -etanolhidrogensulfat)	15	-
117.	Cikloheksan (heksahidrobenzen; heksame- tilen)	1050	300
118.	Cikloheksanol (heksahidrofenol)	200	50
119.	Cikloheksanon (ketoheksametilen)	200	50
120.	Cikloheksen	1015	300
121.	Cikloheksanon-2-eksim (kaprolaktam)	200	50
122.	Cikloheksilamin (eksahidroanilin; aminocikloheksan)	20	-
123.	Cikloheksilaminhromat	K 2	-
124.	Cikloheksilaminkarbonat	200	-

1	2	3	4
125.	Ciklopentadien	200	75
126.	Ciklopentadieniltrikarbonilmangana	0.1	-
127.	DDT (dihlordifeniltrihloretan)	K 0.1	-
128.	DDVP (dimetildihlorvinilfosfat)	K 0.1	-
129.	2,4 D (2,4-dihlorfenoksisirćetna kiselina)	10	-
130.	Dekaboran (B10H14)	K 0.3	0.05
131.	Dekalin (dekanidronaftalen; dekahidro- naftalin)	100	17
132.	Demeton (smeša-o,o-dietiletil-O-tio- etilfosfortionat I40,o-dietil-S-etil- tioetilfosfortionat II,2:1;"Sistoks R"), sinonim 518	K 0.1	-
133.	Diacetonilalkohol (diaceton; 4 hidro- ksi-4-metilpentanon-2)	240	50
134.	Diazometan (azimetilen)	0.4	0.2
135.	Diboran (boroetan; B2H6)	0.1	0.1
136.	1,2-Diborometan (etilendibromid)	K 190	25
137.	Dibutilfosfat	5	1
138.	Dibutilftalat	5	-
139.	Dicikloheksilamin	150	19
140.	Dieldrin (1,2,3,4,10,10-heksahlor- -6,7-epoksi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-oktahidro- -1,4,5,8-dimetanonnaftalin; HEOD)	K 0.25	-
141.	Dietilamin	75	25
142.	Dietilaminoetanol (N-dietol-amino- etanol)	K 50	10
143.	Dietilaminoetilmerkaptan	K 1	-
144.	Dietiletar (etiletar; etar), sinonim 220	300	75
145.	Dietilkarbonat	980	-
146.	Difenil	1	0.2
147.	Difenilmetandiizocijanat (MDI), sino- nim 418	0.2	0.02
148.	Difenilpropan	5	-
149.	Difluordibrommetan	860	100
150.	Diglicidiletar	2.8	0.5
151.	3,4-Dihloranilin	K 0.5	-
152.	o-Dihlorbenzen	150	25

1	2	3	4
153.	p-Dihlorbenzen	450	75
154.	Dihlordifluormetan ("Freon 12"), sinonim 268	4950	1000
155.	1,3-Dihlor-5,5-dimetilhidantoin (di- hlorhidrin)	0,2	-
156.	1,1-Dihloreten, sinonim 229	50	12,5
157.	1,2-Dihloreten	50	12,5
158.	1,2-Dihloretilen (1,2-dihloreten)	50	12,5
159.	1,2-Dihloretiletar	K 90	15
160.	Dihlorfeniltrihlorsilan	1	-
161.	Dihlormetan (metilenhlorid), sinonim 419	500	144
162.	Dihlormetiloksiklobutan	0.5	-
163.	dihlormonofluormetan ("Freon 21")	4200	1000
164.	2,3-Dihlor-1,4-naftohinon	-	-
165.	1,1-Dihlormitroetan	60	10
166.	1,2-Dihlorpropan (propilendihlorid)	350	75
167.	Dihlortetrafluoretan ("Fereon 114")	4950	564
168.	p-Dihidroksibenzen (hidrohinon), sino- nim 311	2	-
169.	Dilzobutilen	4600	-
170.	Diizobutylketon (2,6-dimetil-4-hepta- non), sinonim 182.	290	50
171.	Diizopropilamin	K 20	5
172.	Dimetoksimetan (metilal), sinonimi 185 i 385	3100	1000
173.	Dimetilacetamid	K 35	10
174.	Dimetilamin	1	0.5
175.	Dimetilaminobenzen; (dimetilanilin; kislidin), sinonim 366	3	0.6
176.	N,N-Dimetilanilin	K 0.25	0.05
177.	Dimetilbenzen (ksilen), sinonim 365	50	12
178.	Dimetilbenzlamini	5	-
179.	Dimetildibrom-2-dihloretilfosfat ("Dibrom")	3	-
180.	Dimetildioksan	10	-
181.	Dimetilformamid	K 10	3.3
182.	dimtilheptanon (diizobutylketon), sinonim 170	290	50
183.	1,1-Dimetilhidrazin	K 1	0.5
184.	Dimtilnitrozoamin	-	-

1	2	3	4
185.	Dimetiloksimetan (formal; metilal; metilendimetiletar), sinonim 172 i 385	3100	1000
186.	Dimetilftalat	5	-
187.	Dimetilsulfat	K 5	1
188.	Dimetilteftalat	0.1	-
189.	Dinil (25% difenila i 75% difenil-oksida)	10	-
190.	Dinitriladipinske kidrlin	20	-
191.	Dinitrobenzen	K 1	-
192.	o-Dinitrokrezol	K 0,05	-
193.	Dinitrofluorbutilfenol	0.05	-
194.	Dinitro-2-izopropilfenol (4,6)	0.05	-
195.	Dinitrofenol	0.05	-
196.	Dinitrodanbenzen (dinitroticijanbenzen)	2	-
197.	Dinitrotoluen	K 0.5	-
198.	Dioksan (dietilendioksid)	K 360	100
199.	Dipropilenglikolmetiletar	K 600	100
200.	Diptal (diizopropiltrihtloraliltiokarbamat)	1	-
201.	Dioktilftalat, sekundarni (diethylheksil-ftalat)	5	-
202.	Endrin	0.1	-
203.	Ekstralin	K 20	-
204.	Epihtlorhidrin (htlorpropilenoksid)	K 18	5
205.	EPN (=etil=-p-nitrofenilbenzentriofosfonat)	0.5	-
206.	1,2-Fpoksipropan (propilenoksid)	240	100
207.	2,3-Epoksi-1 propanol (glicidol), sinonim 288	150	50
208.	Etantiol (etilmerkaptan), sinonim 223	1.25	0.5
209.	Etanol, sinonim 24	1900	1000
210.	Etanolamin (monoetanolamin; kolamin; 2-aminoetanol), sinonim 43	6	3
211.	Etarsulfonat (p-htlorfenil-p-htlorbenzosulfonat, pare i aerosoli)	2	-
212.	Etksietanol (/etilenglikolmonoetiletar), sinonim 112, 232 i 289	K 540	100
213.	Etoksietilacetat ("Cellosolv"), sinonim 113, 233	120	25
214.	Etilacetat (etilestar sirćetne kiseline), sinonim 250.	200	29

1	2	3	4
215.	Etilacetoacetat	K 270	61
216.	Etilakrilat, sinonim 241	100	25
217.	Etilamin (aminoetan)	18	10
218.	Etilbenzen (feniletan)	435	100
219.	Etilbromid (brometan)	890	200
220.	Etiletar (dietiletar; etar) sinonim 144	300	75
221.	Etilformiat, sinonim 245	300	100
222.	Etilhlordid	260	100
223.	Etilmerkaptan (etantiol; etilsulfhidrat), sinonim 208	1,25	0,5
224.	Etilmerkurihlordid, sinonim 375	0.005	-
225.	Etilmerkurifosfat	0.005	-
226.	Etisilikat	85	10
227.	Etiltoluen	50	-
228.	Etilendiamin (1,2-diaminometan)	2	0,7
229.	1,1-Etilendihlorid (dihloretran), sinonim 156	50	12.5
230.	Etilenglikoldinitrat	K -	0.02
231.	Etilenglikolmonobutiletar (butil- -Cellosolv"), sinonim 97	240	50
232.	Etilenglikolmonoetiletar ("Cellosolv") sinonimi 112 i 212	540	100
233.	Etilenglikolmonoetiletaracetat ("Cell- osolv"-acetat), sinonimi 113 i 213	120	25
234.	Etilenglikolmonometiletar (metil- "Cellosolv"), sinonim 389	80	25
235.	Etilenglikolmonometiletaracetat (metil-"Cellosolv"-acetat), sinonim 390	120	25
236.	Etilenhlordidrin (2-hloretilalkohol, glikolhlordidrin)	K 16	5
237.	Etilenimin (aziridin)	K 0.1	0.05
238.	Etilenoksid	18	10
239.	Etilensulfid	K 0.1	-
Estri:			
240.	-butilestar akrilne kiseline, sinonim 99	10	0.2
241.	-etilestar akrilne kiseline, sinonim 216	100	25
242.	-metilestar akrilne kiseline, sinonim 383	20	6

1	2	3	4	.
243.	-butilestar metakrilne kiseline, sinonim 104	10		0.17
244.	-metilestar metakrilne kiseline, sinonim 411	50		12
245.	-etilestar mravlje kiseline, sinonim 221	300		100
246.	-metilestar mravlje kiseline, sinonim 398	250		100
247.	-amilestar sirćetne kiseline, sinonim 37	100		20
248.	-butilestar sirćetne kiseline, sinonim 95	200		42
249.	-benzilestar sirćetne kiseline, sinonim 76	94		15.3
250.	-etilestar sirćetne kiseline, sinonim 214	200		29
251.	-heksilestar sirćetne kiseline (sek.) sinonim 304	295		50
252.	-metilestar sirćetne kiseline sinonim 381	300		100
253.	-propilestar sirćetne kiseline, sinonim 494	200		95
254.	-vinilestar sirćetne kiseline, sinonim 595	10		-
255.	-propilestar propilenske kiseline, sinonim 502	70		14
256.	Fenilglicidiletar (FGE)	60		10
257.	Fenilhidrazin (hidrazobenzen)	K	22	5
258.	Fenilmetildihlorsilan		1	-
259.	p-Fenilendiamin (p-diaminobenzen)	K	0.1	-
260.	Feniletilen (feniletan; siren), sinonim 520		420	100
261.	Fenol (karbolna kiselina; hidroksi- benzen)	K	5	1.2
262.	Ferbam (feridimetilditiokarbonat)		15	-
263.	Ferovanadijum (prašina)		1	-
264.	Fluor		0.2	0.1
265.	Fluorcirkonat		1	-
266.	Fluoridi (kao F)		1	-
267.	Fluorovodonik (hidrogen-fluorid)		1.7	2.5

1	2	3	4
268.	Freon 12 (difluordihlormetan "F-12"), sinonim 154	4950	1000
269.	Freon 11 (trihlormonofluormetan "F-11")	5600	1000
270.	"Fiberglas"-staklena vuna sa fenolform- aldehidnim smolama	5	-
271.	Formaldehid (formalin, formol)	1	0.8
272.	Fosdrin (2-karbometoksi-1-metilvinil- dimetilfosfat; mevinfos)	K 0.1	-
273.	Fosfamid (0.0-dimetil-S-metilkarba- midmetiltiofosfat)	0.5	-
274.	Fosfor-beli, žuti	0.1	-
275.	Fosforna kiselina (fosfatna kiselina)	1	-
276.	Fosforna kiselina, anhidrid (fosfor- pentoksid)	1	-
277.	Fosforoksihlorid	1	-
278.	Fosforpentahlorid	1	-
279.	Fosforpentasulfid	3	0.5
280.	fosforvodonik (hidrogen-fosfid; fosfin)	0.1	0.065
281.	Fosgen (karbonilhlorid)	0.4	0.1
282.	Furan (furfuran; tetrol)	0.15	-
283.	Furfurilalkohol (furilkarbinol)		
284.	Furfurol (furfural; furfuraldehid; furol)	K 20	5
285.	Ftalni anhidrid, (anhidrid ftalne kiseline), sinonim 51	12	-
286.	Germanijum i oksidi	2	-
287.	Germanijumtetrahlorid	1	-
288.	Glicidol (2,3-epoksi-1-propanol), sinonim 207	150	50
289.	Glikolmonoetiletar (etoksietanol), sinonimi 112, 212 i 232	540	100
290.	Gution (azinfosmetil), sinonim 64	4.0	-
291.	Gvoždje (III)-oksid, dim	10	-
292.	Hafnijum	0.5	-
293.	n-Heksan	1800	500
294.	Heksaetiltetrafosfat (HEPT)	0.5	-
295.	Heksahloran (heksahlorcikloheksan;HCH)	0.5	-
296.	Heksafluorid sumpora, sinonim 527	6000	1000

1	2	3	4
297.	heksahlorbenzen	0.9	-
298.	1,2,3,4,5,6-Heksahlorcikloheksan, gama-izomer ("Lindan"), sinonim 369	K 0.5	-
299.	Heksahlorciklopentadien	K 9,1	-
300.	Heksahloretnan (perhloretnan)	K 10	1
301.	Heksahlorenaftalin	K 0.2	-
302.	Heksametilendiamim (1,6-diaminoheksan)	1	0.2
303.	Heksametilendiamindiizocijanat	0.05	-
304.	Heksilacetat-sekundarni, sinonim 251	295	50
305.	Heksogen (ciklo-trimetilentrinitroamin)	1	-
306.	heksanon, sinonim 388	410	100
307.	Heptahlor (1,4,5,6,7,8,8-heptahlor-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-meta-noiden)	K 0.5	-
308.	n-Heptan	2000	500
309.	Hidrazin (diamin)	K 1,3	1
310.	Hidrazoična kiselina	1.8	1
311.	Hidrohinon (p-dihidroksibenzen), sinonim 168	2	-
312.	Hinon (benzohinon), sinonim 80	0.4	0.1
313.	Hlor	2	0.5
314.	Hloracetaldehid	3	1
315.	Hloracetofenol (fenacihlorid)	0.3	0.005
316.	p-Hloranilin	K 0.05	0.012
317.	m-Hloranilin	K 0.05	0.012
318.	Hlorbenzen, mono (fenilhlorid; monohlorbenzen)	350	75
319.	Hlorbrommetan (metilenhlorbromid)	1050	200
320.	Hlorbutadien (hloropren)	90	25
321.	Hlordan (1,2,4,5,6,7,8,8-oktahlor-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoindan)	0.5	-
322.	Hlordifenil (53% Hlora)	K 0.5	-
323.	Hlordifenil (42% Hlora)	K 1	-
324.	Hloridioksid	K 0.1	-
325.	m-Hlorfenilizocijanat	0.5	-
326.	p-Hlorfenilizocijanat	0.5	-
327.	Hlorindan (oktahlorendometilenheksahidroindan)	0.01	-
328.	Hlorkamfen (sa 60% hlora)	0	-

1	2	3	4
329.	Hlormetiltrihlorsilan	1	0.17
330.	Hlornaftalin (hlornaftalen), (koji sadrži više od 5 Cl atoma u mol.)	0.5	-
331.	1-Hlor-1-nitropropan	100	20
332.	Hloroform	240	50
333.	Hloropren (2-hloro-1,3-butadien; hlor- butadien)	K 90	25
334.	Hlorpelargonska kiselina	5	-
335.	Hlorpikrin (trihlornitrometan)m sino- nim 460	0.7	0.1
336.	-Hlorsiren	50	-
337.	o.p-Hlortoluen	395	-
338.	Hlortrihluorid	0.4	0.1
339.	Hlorovodonik (hidrogen-hlorid; hloro- vodonična kiselina; sona kiselina	7	5
340.	Hromna kiselina i hromati (hromatna kiselina i hromati), (kao CrO ₃)	0.1	-
341.	Hrom-metal, netopive soli (kao Cr)	1.0	-
342.	Itrijum	1	-
343.	Izoforon	140	25
344.	Izopren (3-metil-1,3-butadien)	40	-
345.	Izopropilglicidiletar (IGE)	K 240	50
346.	Jod	1	0.1
347.	Kadmijum (metal-prašina)	0.2	-
348.	Kadmijumoksid	0.1	-
349.	Kalaj (neorganska jedinjenja kao Sn)	2	-
350.	Kalaj (Organska jedinjenja kao Sn)	K 0.1	-
351.	Kalcijumarsenat (krečni arsenat; trikalcijumarsenat)	0.1	-
352.	Kalcijumoksid	5	-
353.	Kamfor	2	-
354.	Kapronska kiselina	5	-
355.	Karbaril ("Sevin"; 1-naftil-N-metil- karbonat)	5	-
356.	karbin (4-hlor-2-butilil-N-(3-hlorfenil karbamat; barban)	0.5	-

1	2	3	4	.
357.	karbonatcikloheksilamina (cikloheksilaminkarbonat)	10	-	
358.	Karbonilnikla, sinonim 442	0.007	0.001	
359.	Katran (isparljive komponente, rastvorljive u benzinu)	0.2	-	
360.	Keten (karbometilen)	0.9	0.5	
361.	Kerozin, lož ulje, petrolej tačke ključanja od 150 do 300 C	100	-	
362.	Kobalt-metalni dim, prašina	0.1	-	
363.	Krezoli svi izomeri (metilfenol)	K 22	5	
364.	Krotonaldehid (2-butenal)	6	2	
365.	Ksileni (dimetilbenzen), sinonim 177	50	12	
366.	Ksilidini (dimetilanilin), sinonim 175	K 3	0.6	
367.	Laurilmerkaptan (dodecilmrkaptan)	42	-	
368.	Ligroin kao i 13 i 79	300	-	
369.	Lindan (gama-heksahlorcikloheksan), sinonim 298	K 0.5	-	
370.	Litijumhidrid	0.025	-	
371.	Magnezijum oksid (dim)	15	-	
372.	Malation (karbofos; 0,0-dimetiltiofosfat-dimetilmerkaptosukcionat)	K 0.5	-	
373.	Mangan i jedinjenja, kao i Mn	2	-	
374.	Merkaptofos (0,0-dietil-beta-etilmerkaptotiofosfat+izoheksacikloheksan)	0.02	-	
375.	Merkuran (smeša etilmerkurihlorida i gama-izomera heksahlorcikloheksana, sinonim 224	K 0.005	-	
376.	Mezitoloksid	100	25	
377.	Metafos (metilparation; dimetil-4-dinitrofeniltiofosfat)	0.1	-	
378.	Metanol (metilalkohol), sinonim 27	50	40	
379.	Metakrilna kiselina	715	-	
380.	Metasistoks (0,0-dimetil-S-2-(etil-sulfini)-etilfosfortionat)	K 5	-	
381.	Metilacetat, sinonim 252	K 300	100	
382.	Metilaceten (alilen; propin)	1650	1000	
383.	metilakrilat, sinonim 242	20	6	

1	2	3	4
384.	Metilakrolein	5.8	-
385.	Metilal (dimetoksimetan; formal; metilen-dimetiletar), sinonim 172 i 185	3100	1000
386.	Metilamin (monometilamin, aminometan)	12	10
387.	Metilbromid (brommetan) K	80	20
388.	Metilbutilketon (heksanon), sinonim 306	410	100
389.	Metil-"Cellosolv" (etilenglikolmono-metiletar, sinonim 234	80	25
390.	Metil-"Cellosolv"-acetat sin 235 K	120	25
391.	Metilcikloheksan	2000	500
392.	Metilcikloheksanol	470	100
393.	Metilcikoheksanon K	460	100
394.	Metildipropilenglikoletar K	600	100
395.	Metiletilketon (butanon; MEK), sinonim 92	200	70
396.	Metiletiltiofos	0.03	-
397.	Metilfluorfenildihlorsilan	1	0.1
398.	Metilformiat, sinonim 246	250	100
399.	Metilfuran (silvan)	1	0.3
400.	Metilglikol	80	25
401.	Metilheksilketon	10	-
402.	Metilhlorakrilat	5	1
403.	Metilhlorid	50	25
404.	Metilhloroform	1080	200
405.	Metilizobutilkarbinol (metilamil-alkohol) K	100	25
406.	Metilizobutilketon	410	100
407.	Metilizocijanat K	0.05	-
408.	Metil-n-amilketon (2-heptanon)	465	100
409.	Metiljodid K	28	5
410.	Metilmerkaptan	1	0.5
411.	Metilmetakrilat, sinonim 244	50	12
412.	1-Metilnaftalin (1-metilnaftalen)	20	-
413.	2-Metilnaftalin (2-metilnaftalen)	20	-
414.	Metilnitrofos (dimetil-4-nitro-3-metilfeniltiofosfat) K	0.1	-
415.	Metilpropilketon (2-pentanon), sinonim 472	700	200
416.	Metilstiren	480	200

1	2	3	4
417.	Metilsistoks (Demetonmetil)	K 0.1	0.01
418.	Metilen-bis-4-fenilizocijanat (MDI; difenilmetandiizocijanat), sinonim 147	0.2	0.02
419.	Metilenhlorid (dihlormetan), sinonim 16	500	144
420.	Metoksihlor (metoksi DDT; 2,2-bis-p-metoksifenil-1,1,1-trihloretoan)	15	-
421.	Mezitoloksid	10	25
422.	Mineralno ulje	5	-
423.	Molibden (nerastvorna jedinjenja kao Mo)	15	-
424.	Molibden (rastvorna jedinjenja kao Mo)	5	-
425.	Monobutilamin	200	-
426.	Monohlordimetiletar (računato na Cl)	0.5	-
427.	Monohlorcikloheksan	50	-
428.	Monoizopropilamin	1	-
429.	Monoetilanilin	K 9	2
430.	Monoetilhidrazin	K 0.35	0.2
431.	Morfolin (tetrahidro-1,4-oksazin; ditilenimidoksid)	K 70	20
432.	Mravlja kiselina (mtanska kiselina)	K 9	5
433.	Nafta (iz katrana) solvent nafta	100	25
434.	Nafta (prirodna sirova) sa pretežno lako isparljivim ugljovodonicima	300	-
435.	Nafta (prirodna sirova) sa pretežno teško isparljivim ugljovodonicima	100	-
436.	Naftilamin	K -	-
437.	Naftalin (naftalen)	50	10
438.	Natrijumfluoracetat (1080)	K 0.05	-
439.	Natrijumhidroksid (kamena soda; kaustična soda)	2	-
440.	Natrijumrodanid	50	-
441.	Nikl (metal rastvorna jedinjenja)	0.5	-
442.	Niklkarbonil (nikltetrakarbonil), sinonim 358	0.007	0.001
443.	Nikotin	K 0.5	-
444.	m-Nitroanilin	K 0.1	0.01
445.	o-Nitroanilin	K 0.5	0.08
446.	p-Nitroanilin	K 6	1
447.	Nitroanizol	3	0.4

1	2	3	4
448.	Nitrobenzen	5	1
449.	Nitrobutan	30	7
450.	Nitrocikloheksan	1	0.2
451.	dNitroetan	30	10
452.	Nitroglicerín (nitroglicerol, glicerol-trinitrat)	K 2	0.2
453.	Nitrohlórbenzen	1	-
454.	Nitroksilen	5	-
455.	Nitrometan	30	12
456.	N-nitrozodimtilamin (dimetilnitrozoamin)	K -	-
457.	1-Nitropropan	90	25
458.	2-Nitropropan	90	25
459.	Nitrotoluen (metilnitrobenzen)	K 17	3
460.	Mitrotrihlormetan (hlórpikrin), sinónim 335	0.7	0.1
461.	Oktahlórnaftalin (oktahlórnaftalen)	K 0.1	-
462.	Oktan	2350	500
463.	Oktanón	200	-
464.	Oksálna kiselína	1	-
465.	Olovo (dim i prášina)	0.15	-
466.	Olovoarsenát	0.15	-
467.	O.M.P.A. (oktametilpirofosforamid: "Pestox")	0.2	-
468.	Osmijumtetroksid	0.02	-
469.	Ozón	0.1	-
470.	Paration (0,0-dietil-0-p-nitrofeniltiofosfat)	K 0.1	-
471.	Pentan	1500	500
472.	Pentanón (metilpropilketon), sinónim 415	700	200
473.	Pentafluorid sumpóra (sulfur-pentafluorid; sumpórpentafluorid), sinónim 530	0.25	0.025
474.	Pentaborán (borhidrid)	0.01	0.005
475.	Pentadecilamin	1	-
476.	Pentahlórbenzen	0.5	-
477.	Pentahlóretan	40	5

1	2	3	4
478.	Pentahlorfenolat natrijuma	K 0.1	-
479.	Pentahlorfenol	K 0.5	-
480.	Pentahlornaftalin	K 0.5	-
481.	Perfluorizobutilen	0.1	-
482.	Perhloretilen (terahloreten; tetra- hloretilen), sinonim 551	10	1.5
483.	Perhlorilfluorid (ClFO ₃)	13.5	3
484.	Perhlormetilmerkaptan	0.8	0.1
485.	Petrolej, kerozin, lož ulje, tačke ključanja 150-300 C (kao i 361)	100	-
486.	Pikolini smeša (metilpiridini)	5	-
487.	Pikrinska kiselina (2,4,6-trinitrofenol), sinonim 581	K 0.1	-
488.	Piretrum	5	-
489.	Piridin	15	5
490.	Platina, rastvorljive soli	0.002	-
491.	Polihlorpinen	0.2	-
492.	Porofor (n-metiluretanbenzosulfohidra- zin)	200	-
493.	i-Propanol (izo), sinonim 34	200	-
494.	n-Propilacetat, sinonim 254	200	95
495.	i-Propilacetat (izo)	200	95
496.	i-Propilamin	K 12	5
497.	i-Propilbenzen (kumol)	K 980	400
498.	i-Propiletar (diizopropiletar)	2100	500
499.	i-Propilglicidiletar	240	50
500.	-Propiolakton (beta)	-	-
501.	n-Propilnitrat	110	25
502.	Propilpropionat, sinonim 255	70	15
503.	Propilendihlorid	350	350
504.	Propilenimin	K 5	2
505.	Propilenoksid	240	100
506.	Renacit II (trihlortiofenol+trihlor- fenoldisulfid)	5	-
507.	Renacit IV (cinkopentahlortiofenol)	2	-
508.	RArijum-metal, dim, prašina	0.1	-
509.	Radijum, rastvorljive soli	0.001	-

1	2	3	4
510.	Ronel (0,0-dimetil-0-/2,4,5-trihlorfenil/tiofosfat)	15	-
511.	Rotenon	5	-
512.	Selen-jedinjenja (kao Se)	0.1	-
513.	Selen, amorfan	2	-
514.	Selenheksafluorid	0.2	-
515.	Selenvodonik (hidrogen-selenid)	0.1	0.03
516.	Simazin (2-hlor-4,6-bis-etil-amino-sim-triazin)	2	-
517.	Sirćetna kiselina (octena kiselina)	25	10
518.	Sistoks (demeton), sinonim 132	K 0.11	-
519.	Srebro	0.01	-
520.	Stiren (stirol), sinonim 20	420	100
521.	Strihnin	0.15	-
522.	Sublimat	0.1	-
523.	Sulfamatamonijuma ("Amat"), sinonim 46	15	-
524.	Sulfurilfluorid (sulfonilfluorid)	20	5
525.	Sulfirohlorid (sulfonilhlorid)	5	0.9
526.	Sumpordioksid	10	4
527.	Sumporheksafluorid, sinonim 296	6000	1000
528.	Sumpormonohlorid	6	1
529.	Sumporna kiselina	1	-
530.	Sumporpentafluorid, sinonim 473	0.25	0.025
531.	Sumporvodonik (hidrogensulfid; vodonik-sulfid), sinonim 600	10	7
532.	T-2,4,5 (/2,4,5-trihlorfenoksi/-sirćetna kiselina)	K 10	-
533.	Talijum	K 0.1	-
534.	Tantal	5	-
535.	TEDP (tetraetilditiopirofosfat)	K 0.2	-
536.	Teflon (tetrafluoretilen) produkti njegovog raspadanja	-	-
537.	Telur	0.01	-
538.	Telurheksafluorid	0.02	-
539.	Terpentin	560	100
540.	TEPP (tetraetilpirofosfat)	K 0.05	-
541.	Tetrabrommetan, sinonim 3	14	1
542.	Tetrabromacetilen	14	1
543.	Tetraetilolovo (TEO)	K 0.005	-

1	2	3	4
544.	Tetrahloretan (1,1,2,2-tetrahloretan)	K 7	1
545.	Tetrahidrofuran	590	200
546.	1,1,1,2-Tetrahlor-2,2-difluoretan	4170	500
547.	1,1,2,2-Tetrahlor-1,2-difluoretan	4170	500
548.	Tetrahloretan (acetilentetrahlorid)	K 35	5
549.	Tetrahlormetan (ugljentetrahlorid; karbontetralorid)	65	10
550.	Tetrahlornaftalin	K 2	-
551.	Tetrahloretilen (perhloretilen) sino- nim 482	10	1.5
552.	Tetrahlorheptan	1	0.1
553.	Tetrahlornanon	1	-
554.	Tetrahlorpentan	1	0.11
555.	Tetrahlorpropan	1	0.13
556.	Tetrahlorundekan	5	-
557.	Tetraetoksisilan	20	-
558.	Tetralin (tetrahidronaftalin)	100	-
559.	Tetrametiltiuramidisulfid (tiram, tiura)	5	-
560.	Tetrametilolovo (TMO), kao Pb	K 0.005	-
561.	Tetranitrometan	8	1
562.	Tetril (trinitrofenilmetilnitramin)	K 1.5	-
563.	Tiofen (tiofuran)	20	-
564.	Tionilhlorid (sumporoksihlorid)	25	-
565.	Tiofosforilhlorid	7	-
566.	Titan	10	-
567.	Titandioksid (titanovo belo)	15	-
568.	Toluen (toluol)	200	60
569.	Toluidin (o,m,p)	K 5	1.2
570.	Toluendiizocijanat	0.14	0.02
571.	Torijum	0.05	-
572.	Trietilamin	100	25
573.	Trietoksisilan	1	-
574.	Trifluormonobrommetan	6100	1000
575.	1,2,2-Trifluor-1,1,2-trihloretan	2600	1000
576.	Trihljlorbenzen	10	0.13
577.	Trihloretilen (trilen)	250	50
578.	3-Trihlormetafos (0-mtil-0-etil- -0-2,4,5-trihlorfeniltiofosfat)	0.3	-
579.	Trihlornaftalin	K 5	-

1	2	3	4
580.	Trihloropropan	300	50
581.	Trinitrofenol (pikrinska kiselina), sinonim 487	K 0.1	-
582.	Trinitrotoluen (trotil; TNT)	K 1.5	-
583.	Trinitrokrezilfosfat	0.1	-
584.	Trifenilfosfat	3	-
585.	Ugljendioksid (karbon-dioksid)	9000	5000
586.	Ugljendisulfid (karbon-sulfid)	K 50	15
587.	Ugljenmonoksid (karbon-monoksid)	58	50
588.	Ugljentetrahlorid (karbon-tetrahlorid)K	65	10
589.	Uran, nerastvorna jedinjenja	0.25	-
590.	Uran, rastvorna jedinjenja	0.05	-
591.	Valerijanska kiselina	5	-
592.	Vanadijum (kao V ₂ O ₅ -dim)	0.1	-
593.	Vanadijum (kao V ₂ O ₅ -prašina)	0.5	-
594.	Varfarin (3-/ -acetonilbenzil/-4- -hidroksikumarin; kumafen)	0.1	-
595.	Vinilacetat, sinonim 254	10	-
596.	Vinilbutiletar (butilviniletar)	20	-
597.	Vinilhlorid (hloreten; hloretilen)	300	75
598.	Viniltoluen	50	11
599.	Vodonikperoksid (idrogen-peroksid; perhidrol)	1.4	1
600.	vodoniksulfid (hidrogen-sulfid; sumpor- vodonik), sinonim 531.	10	7
601.	Volfram, kao W-rastvorljivi	1	-
602.	Volfram, kao W-nerastvorljivi	5	-
603.	Živa	K 0.1	-
604.	Živina organska jedinjenja	K 0.01	-

1)kao ...znači: obračunato na (npr. kao As₂O₃-obračunato na As₂O₃)
Slovo K obeležava mogućnost resorpcije kroz kožu
Znaci +, ++, +++, obeležavaju vrednosti MDK identične sa vrednosti-
ma provizorne internacionalne liste koja je usvojena na Drugom
internacionalnom simpozijumu o dopuštenim koncentracijama, održa-
nom aprila 1963. godine u Parizu.

PRILOG II

PRORAČUN KONCENTRACIJE POLUTANATA EMITOVANIH IZ DIMNJAKA INDUSTRIJSKIH I ENERGETSKIH OBJEKATA

Postoji više metoda i relacija koje su našle široku primenu u praksi za određivanje raspodele koncentracija polutanata u vazduhu, od kontinualnih izvora. Takve relacije su Sutton, Bosanquet i Pearson, Calder, Cramer, Monin i Hay i Pasquill-ova. Bez obzira na razlike u oblicima raspodela koje su ovi autori koristili, razlike u konačnim oblicima formula ogledale su se u oblicima kojima su specificirane vrednosti za difuzione koeficijente.

Polazne osnove za ovakva razmatranja su jednačine kontinuiteta za atmosferski vazduh kao noseći medij i posebno za polutant. Rešavanje ovih jednačina, koje podrazumeva detaljno poznavanje gustina i brzina vazduha i polutanta u velikoj je sprezi sa poznavanjem niza meteoroloških činilaca na datom lokalitetu. Najšire prihvaćen način za razvoj računskog postupka je Pasquill-ov metod (razvijen 1962. godine). On definiše visinu dimnog oblaka, $H(m)$, i ugaonu širinu q , tako da koncentracija na krajevima oblaka iznosi 10% od vrednosti duž x -ose koja se poklapa sa pravcem prostiranja oblaka, odnosno pravcem brzine vetra (z -osa određuje vertikalni pravac). Za praktične ciljeve obično se koristi Pasquill-ov metod u obliku koji je uveo Gifford, gde su disperzioni koeficijenti dimnog oblaka definisani preko relacija:

$$H = 2,15 \cdot \sigma_z \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}(\theta/2) = 2,150 \frac{\sigma_y}{x} \quad (2)$$

U ovom obliku mogu se disperzioni koeficijenti smatrati kao standardne devijacije disperzije materijala u dimnom oblaku koji difunduje te je jednačina za određivanje koncentracija pri zemlji oblika Gauss-ove raspodele:

$$X(x,y,0,h) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left\{-\left(\frac{y^2 \sigma_y^2}{2} + \frac{h \sigma_z^2}{2}\right)\right\} \quad (3)$$

gde je: Q - jačina izvora polutanta (gr/s)

u - srednja brzina vetra (m/s)

h - efektivna visina dužnog oblaka (m)

Za vrednosti σ_y i σ_z koriste se procenjene vrednosti u karakterističnim vremenskim uslovima, koje je dao Gifford, u obliku familija krivih, prema Pasquill-ovoj kategorizaciji vremenskih uslova (slike 1. i 2. u ref.3). Učestanost pojava pojedinih kategorija može se proceniti na osnovu rutinskih meteoroloških podataka.

Vrednost srednje brzine vetra određuje se iz relacije:

$$\bar{u} = \frac{u}{n+1} \left\{ \frac{h}{za} \right\}^n \quad (4)$$

jer se pošlo od činjenice da svi slojevi vazduha do efektivne visine dimnog oblaka jesu disperzioni slojevi. U prethodnoj relaciji je:

u - brzina vetra merena na visini z_a ,

n - Sutton-ov faktor stabilnosti.

Efektivna visina dimnjaka je:

$$h = h_0 + \Delta h \quad (5)$$

gde je: h_0 - stvarna visina dimnjaka,

Δh - visina nadvišenja dimnog oblaka i određuje se zavisno od kategorije meteoroloških uslova na jedan od sledećih načina.

U neutralnoj i nestabilnoj atmosferi (kategorije A, B, C i D)

$$\Delta h = 1,6 \frac{F^{1/3}}{u_1} (X^*)^{2/3} \frac{2/5 + (16/25)(X/X^*) + (11/5)(X/X^*)^2}{(1 + 4/5 + X/X^*)^2} \quad (6)$$

gde su:

$$F = 3,8 \times 10^{-5} \times Q_H \text{ (m}^4/\text{s)} \quad (7)$$

Q_H - toplotna energija gasa ispuštenog iz dimnjaka

$$X^* = 2,16 \cdot F^{2/3} \cdot h_0^{3/5} \quad (8)$$

u_1 - srednja brzina vetra u intervalu od h_0 do $h_0 + \Delta h$

Za elektrane kod kojih je toplotna emisija kroz dimnjak veća od 20 MW, koristi se relacija:

$$\Delta h = \frac{1,6 \cdot F^{2/3} \cdot X^{2/3}}{\bar{u}_1} \quad (9)$$

smatrajući da se konačna visina nadvišenja dimnog oblaka dobija pri $x = 10 h_0$.

Relacije (6) i (9) su eksperimentalno proveravane za neutralne uslove i dobijeno je izvanredno slaganje. Iste se relacije preporučuju i za nestabilne uslove ali uz odgovarajuću rezervu, jer nisu eksperimentalno proverene za iste.

U stabilnoj atmosferi

Ukoliko u stabilnim uslovima duva vetar приметnih brzina, koristi se relacija:

$$\Delta h = 2,9 \left(\frac{F}{\bar{u}_1 S} \right)^{1/3} \quad (10)$$

gde je:

$$S = \frac{g}{T} \frac{\delta\theta}{\delta z} \quad (11)$$

U prethodnoj relaciji je $\delta\theta/\delta z = dT/dz + 1^\circ\text{C}$ i predstavlja gradijent potencijalne temperature okolnog vazduha, a T apsolutna temperatura okolnog vazduha.

Za slučaj veoma slabih vetrova koristi se relacija Morton, Taylor i Turner-a,

$$\Delta h = 5,0 \frac{F^{1/4}}{S^{3/8}} \quad (12)$$

Inverzioni sloj na većim visinama

Za slučaj inverzionih slojeva na većim visinama određuje se razlika temperatura između dimnog oblaka i okolnog vazduha pa ako je θ' veće od porasta potencijalne temperature kroz inverzioni sloj, DTi, računato na gornjoj strani inverzionog sloja dim će prodreti kroz taj sloj. Vrednost θ' se izračunava za slučaj da je ispod inverzionog sloja vazduh miran prema relaciji:

$$\theta' = 10 \frac{T F^{2/3}}{g z^{5/3}} \quad (13)$$

a ako duva vetar brzine u,

$$\theta' = 4,0 \frac{T}{g} \frac{F}{g \cdot u \cdot z^2} \quad (14)$$

gde je z radijus dimnog oblaka.

U uslovima kada postoji vetar ispod inverzionog sloja koristi se rezultat one relacije koja daje manju vrednost za θ' .

Temperatura dimnih gasova na visini ispod samog inverzionog sloja lako se određuje na osnovu poznavanja radijusa dimnog oblaka z, koji se može uzeti da je jednak visini nadvišenja dima.

Pomoću relacije (3) se praktično određuju srednje vrednosti koncentracija za vreme koje odgovara vremenu određivanja vrednosti za σ_y i σ_z . Ova vremena obično iznose 10 - 30 min, te se praktično pomoću relacije (3) određuju koncentracije koje propisi o dozvoljenim nivoima zagađenja definišu kao pojedinačne. Za određivanje srednjih koncentracija za vreme 1 do 8 sati, neophodno je uzeti u obzir odstupanje pravca vetra od dominantnog pravca u takvim intervalima. Za to se koristi relacija:

$$X_t = X_{t_0} \left(\frac{t}{t_0} \right)^b$$

gde je:

- t_0 - vreme merenja koeficijenta σ_y i σ_z ,
- t - vreme trajanja emisije,
- b - koeficijent zavisan od meteoroloških uslova
 - 0,65 za vrlo nestabilne uslove
 - 0,5 za nestabilne uslove
 - 0,35 za neutralne uslove
 - 0,2 za stabilne uslove

Reference za Prilog II:

1. F. Pasquill: Atmospheric Diffusion, Van Nostrand, Co., New York 1962.
2. G.A. Briggs: Plume Rise: A Recent Critical Review, Nuclear Safety, January - February 1971.
3. Application of Meteorology to Safety at Nuclear Plants, IAEA, Vienna 1968.
4. H. Mohry et al: Meteorological and Numerical Determination of Immission concentrations in the Spheres of Influence of large Emitting Plants as Evaluation Basis for Territorial Planning, 9th World Energy Conference, Detroit 1974. Preprint 2.1-6.
5. R. Le Quinio: Evaluation de la diffusion d'effluents gazeux en atmosphere libre a partir d'une source ponctuelle continue abaque et commentaires, Raport CEA-R Septembre 1969.

L I T E R A T U R A:

1. Mr. Ivan Božić, Velimir Ljubić, Dr Slobodan Djurdjević, Dušan M. Stojanović: Šta je humana ekologija, Radnički Univerzitet, Zaštita čovekove sredine, I kolo-Ekologija, Rad, Beograd 1977
2. Dr Slobodan Djurdjević: Uticaj zagađene sredine na zdravlje čoveka, Rad, Beograd, 1977.
3. Milica Kovačević, Dr Slobodan Končar-Djurdjević: Izvori zagađjenja i očuvanje kvaliteta vazduha, Rad, Beograd, 1977.
4. Radena Plavšić: Savremene metode ispitivanja zagađjenosti vazduha, Rad, Beograd, 1977.
5. Dušan M. Stojanović: Vreme i aerozagađjenje, Rad, Beograd 1977.
6. Dr Slobodan Končar-Djurdjević: Prečišćavanje zagađenih otpadnih gasova, Rad, Beograd, 1977.
7. Dr Vera Sudarski-Hack, Zlatko Zechner: Zaštita vodenih tokova od zagađivanja, Rad, Beograd, 1977.
8. Dr Djula Seleši: Jezero ponovo živi, Rad, Beograd, 1977.
9. Branko Miler: Automobilski motori kao zagađivači čovekove sredine, Rad, Beograd, 1977.
10. Association pour le developpement du droit mondial: La defense de l homme contre les pollutions, Editions A.Pedone, Paris 1970.
11. Evaluation du cout de la prevention de la pollution atmosferiquedans l industrie en France, Situation en 1970 et previsions pour la periode 1971-1975 (VI plan), La Documentation Francaise, Paris 1974.
12. Radiation Dosimetry, procedings of the onternational summer school on radiation protection, Vol. 1 and 2, Cavtat 21-30 septembar 1970. Ed I. Mirić, Inst. Boris Kidrič, Beograd 1971
13. P.G. Burke and B.L. Moisviwitsch, Atomic processes and applications, Nrth-Holland publishing company, 1976.
14. Zbornik referata sa savetovanja: Zaštita vazduha od zagađivanja, Jugoenergetik, Beograd, 1970.
15. Zbornik referata sa II savetovanja: Zaštita vazduha od zagađivanja, Jugoenergetik, Beograd, 1971.
16. Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Zbornik radova naučno stručnog skupa "Naše tehničko-tehnološke i ekonomske mogućnosti zaštite i unapredjenja čovekove životne sredine", Mostar, 20-21 marta, 1975, Vol. I.
17. Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Zbornik radova naučno stručnog skupa "Naše tehničko-tehnološke i ekonomske mogućnosti zaštite i unapredjenja čovekove radne i životne sredine", Vol. II, Mostar, 20-21 mart 1975.

18. Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Zbornik radova naučno stručnog skupa "Naše tehničko-tehnološke i ekonomske mogućnosti zaštite i unapređenja čovekove radne i životne sredine", Vol. III, Mostar 20-21 mart 1975.
19. Jugoslovenski savez za zaštitu i unapređenje čovekove sredine "Čovek i životna sredina", časopis, izlazi dvomesečno adresa urednika: Beograd, Zmaj Jovina 21/I.
20. Jugoslovensko društvo za čistoću vazduha, sekcija za SR Srbiju, Zbornik referata sa savetovanja "Metode i metodologija ispitivanja zagadjenosti vazduha, Beograd, decembar 1974.
21. D.Tuhar: Zagadjivanje zraka i vode, Svjetlost, Sarajevo, 1974
22. Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, II Kongres o zaštiti voda, Zbornik radova, Ohrid 1981.
23. Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Akumulisanje, tretman, transport i evakuacija voda, zbornik radova, Subotica 1981.
24. Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Optimalan pristup zaštiti i korišćenju voda, zbornik rdova, Ljubljana 1983.
25. N. Konjević, Principi rada i mogućnosti primene laserske tehnike za detekciju toksičnih supstanci u atmosferi, Zbornik referata Jugoslovenskog društva za čistoću vazduha SR Srbije sa savetovanja "Metode i metodologija ispitivanja zagadjenoti vazduha, Beograd 1974.
26. P.L.Hanst, A.S. Lefohn and B.W.Gax, Detection of atmospheric pollutants at parts-per-billion levels by infrared spectroscopy Applied Spectroscopy 27 (1973) 188.
27. M.V.Kurepa i L.Vušković, Kritički osvrt na metode merenja koncentracije ugljen monoksida u vazduhu, Savetovanje "Metode i metodologija isp. zagadjenosti vazduha",Beograd 1974, p 77.
28. M.H.Bortner, R.H.Kummler and L.J.Jaffe, Water, Air and Soil Pollution 3 (1974) 17.
29. S.F.Singer, Global effects of enviromental pollution, D. Riedel Publ. CO., 1970.
30. N.Djurić-Predrag i M.V.Kurepa, kritički osvrt na metode merenja koncentracije sumpor dioksida u vazduhu, Savetovanje "Metode i metodologija ispitivanja zagadjenosti vazduha", Beograd, 1974, p.96.
31. W.Leithe, The analysis of air pollutions, Air arbor Science publishers, Inc, 1971.
32. M.Gentilizza, Problemi pri izboru metoda za odredjivanje sumpordioksida u atmosferi, Savetovanje "Metode i metodologija ispitivanja zagadjenosti vazduha", Beograd, 1974, p.116.
33. J.Jureta i M.Kurepa, princip rada i mogućnosti masne spektrometrije za odredjivanje zagadjenosti vazduha, "Metode i metodologija ispitivanja zagadjenosti vazduha", Beograd, 1974, p. 144.

34. R.Uzunović, M.Stanojević i V.Solaja, merenje buke i vibracija transformatora i zaštita okoline, JUKEM, Zbornik VII Jugoslovenski simpozijum električnih merenja i merne opreme III, Ohrid, p.1131.
35. N.Djurić-Predrag i M.Kurepa, Kontinualni kulonometrijski merač koncentracije sumpor-dioksida u vazduhu, JUKEM, Ohrid 1976, p. 1166.
36. I.Čadež, L.Vušković i M.Kurepa, Sistem za spravljanje smeše male koncentracije sumpordioksida u vazduhu, JUKEM, Ohrid 1976, p.1175.
37. L.Vušković i I.Čadež, Fluorescentni detektor koncentracije sumpordioksida, JUKEM, Ohrid 1976, p.1182.
38. Centar za urbanu tehnologiju, "Sistem za praćenje i kontrolu zagađenosti vazduha u Beogradu-dijagnoza stanja", Beograd 1981.
39. M. Kurepa i L. Vušković, Ispitivanje fine strukture međudelovanja elektrona i atomskih čestica, Simpozijum: Savremena fizika i njene društvene implikacije, Beograd 1981.
40. N.Konjević, Laserska spektroskopija, Simpozijum: Savremena fizika i njene društvene implikacije, Beograd 1981, p.195.
41. M.Gavrilović, B.Savić i I.Andonovska, Postupak za proračun zagađenja vazduha u okolini dimnjaka industrijskih i energetskih objekata, Zbornik Jug. društva za čistoću vazduha SR Srbije, sa savetovanja "Metode i metodologija ispitivanja zagađenosti vazduha", Beograd 1974, p. 283.