ENERGIJA, DRUŠTVO I OKOLINA

Božo Udovičić

1989.

Energija i okolina

Knjiga IV

GRAĐEVINSKA KNJIGA

Božo Udovičić

ENERGIJA, DRUŠTVO I OKOLINA

Knjiga IV

Energija i okolina

IRO "GRAĐEVINSKA KNJIGA"
Beograd, 1989.

Prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.
znanstveni savjetnik u Institutu za elektroprivredu i redovni profesor u dopunskom radu na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu i Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu.

Suizdavači na ovoj ediciji su:

1. **SOUR Združena elektroprivreda Beograd, Carice Milice 2**
2. **Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb, Proleterskih brigada 37**
3. **Institut za elektroprivredu iz Zagreba, Proleterskih brigada 37**

Izdavanje knjiga pomogli su:
INA, Zagreb, Proleterskih brigada 78
INA - Naftaplin, Zagreb, Šubićeva 29

Recenzenti:

Prof. dr Zigfrid Gerke
dr Željko Pavlović

Crteži: Mihaela Tomić

ISBN 86-395-0198-x

Za IRO "Građevinska knjiga"
Milan Višnjić, direktor - glavni urednik
Milica Dodić, odgovorni urednik
Olga Arsenijević, urednik
Sonja Cicović, korektor
Dragan Paunović, tehnički urednik i korice

Tiraž: 600 primeraka
Štampa: Štamparija "Bakar" - Bor

suradnicima i prijateljima

PREDGOVOR

Na početku pisanja ove edicije (Energija, društvo i okolina) nisam bio svjestan složenosti i kompleksnosti materije koju sam htio i želio obraditi. Tog sam saznanja postao svjestan tek onda kad sam se počeo pripremati i pisati ovu knjigu (četvrtu po redu).

Polazeći od spoznaje nastanka Zemlje i života na njoj, kao i održanja razvoja flore i faune do današnjih dana, bilo je potrebno pregledati i pročitati veoma veliki broj knjiga, časopisa i referata, te stvoriti koncepciju pisanja ovog dijela edicije.

Održanje i razvoj flore i faune bili su mogući zahvaljujući korištenju energije i postojanju atmosfere. Ta uska povezanost, međusobna isprepletenost i utjecajnost pridobivanja, pretvorbi i korištenja energije s okolinom opisana je u ovom dijelu edicije koji nosi naslov "Energija i okolina".

Kod pisanja ove knjige došla je do izražaja sva interdisciplinarnost znanosti, koju je, u granicama mogućnosti i saznanja, bilo potrebno uvažiti i to od filozofije življenja preko sociološko-društvenih kretanja i stremljenja, do praktičnih tehničko-tehnoloških rješenja.

Svako se društvo, bez obzira da li se radi o čovječanstvu ili društvu po etničkoj ili prostornoj pripadnosti, želi razvijati i živjeti višim (boljim) standardom. Ta želja može biti opravdana samo do one granice do koje ne postane sama sebi protivnoj. Naime, svaki razvoj i svako povećanje standarda traži i troši više energije i stvara sve više različitog otpada, a veća potrošnja energije i veće količine otpada na različite načine zagađuju okolinu. To zagađenje može biti i fatalno za razvoj društva ukoliko se ne uvaže neophodno potrebni (dovoljni) zahtjevi za očuvanjem okoline.

Poznata je uloga kisika i ozona za život i klimu na zemlji. Pridobivanjem, pretvorbama i korištenjem (u industriji, u transportu, u širokoj potrošnji i poljoprivredi) energije troši se kisik i stvaraju se zagađivači okoline (ugljični monoksid i dioksid, sumporni dioksid, dušični oksidi i dr.), koji remete ravnotežu u okolini (povećana potrošnja kisika, utjecaj na debljinu sloja ozona, kisele kiše, radioaktivnost itd.).

U knjizi su prikazana moguća zagađenja zraka, vode, tla, stvaranja buke i vibracija, te mijenjanje izgleda okoline.

Pored zagađenja okoline različitim vrstama otpadaka, detaljnije su opisane pojave i opasnosti od promjene debljine sloja ozona, od kiselih kiša i od radioaktivnosti.

Na kraju knjige navedena su moja razmišljanja, o odnosu razvoja društva i ekološkog razvoja, te mogućnosti očuvanja okoline u budućnosti.

P.S.

Malom nesmotrenošću u drugoj knjizi "Energetske pretvorbe i bilance" izostao je popis korištene literature, pa se isti prilaže na kraju ove knjige. Koristim priliku da se na ovaj način ispričam čitateljima koji su željeli koristiti ili pogledati popis literature.

Autor

NAPOMENA AUTORA

Na kraju ove edicije ne mogu a da se posebno ne zahvalim samoupravnim organima Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske na čelu s predsjednikom Poslovodnog odbora Vojislavom Roksandićem, dipl.ing. koji su mi svojim razumijevanjem, (financijskom pomoći i oslobađanjem od drugih obveza), omogućili brži i efikasniji rad na ediciji. Bez tog razumijevanja i te pomoći ovaj rad zasigurno ne bi još dugo vremena ugledao svjetlo dana. Također se zahvaljujem svojim najbližim suradnicima u Institutu za elektroprivredu koji su mi (na bilo koji način) pomogli pri izradi edicije.

SADRŽAJ

1. OSNOVNE SPOZNAJE O ŽIVOTU NA ZEMLJI 1

1.1 Postanak zemlje i atmosfere 1
1.2 Kisik i postanak života na Zemlji 4
1.3 Uloga ugljičnog dioksida i amonijaka za stvaranje života 7
1.4 Ozon i njegova uloga u atmosferi 8
1.5 Različiti utjecaji na ozonski sloj i posljedice tih utjecaja 10
1.6 Ugljični dioksid i promjena klime 12
1.7 Utjecaj ugljičnog dioksida na vegetaciju 17

2. EKOLOGIJA I OKOLINA 18

2.1 Općenito o ekologiji, okolini i zagađenju 18
2.2 Vrsta zagađivača i vrste zagađenja okoline 19
2.3 Energija i okolina 20
2.4 Rizik zagađenja 22
2.5 Globalni i lokalni problemi zagađivanja 25

3. ZAGAĐENJE OKOLINE KOD PRIDOBIVANJA I PRIJEVOZA PRIRODNIH OBLIKA ENERGIJE 27

3.1 Zagađenje okoline kod pridobivanja goriva rudarenjem 27
3.2 Zagađenje okoline kod istraživanja i pridobivanja nafte i plina 30
3.3 Utjecaj sječe biomase na okolinu 35
3.4 Utjecaj prijevoza prirodnih oblika energije na okolinu 37

4. ZAGAĐENJE OKOLINE UVJETOVANO PRETVORBAMA OBLIKA ENERGIJE 40

4.1 Zagađenje okoline kod postupka isplinjavanja i rasplinjavanja ugljena 40
4.2 Zagađenje okoline uvjetovano radom rafinerija i degazolinaža 42
4.3 Zagađenje okoline uvjetovano radom postrojenja za proizvodnju električne energije 45
4.3.1 Općenito 45
4.3.2 Utjecaj izgradnje i rada hidroelektrana na okolinu 45
4.3.3 Utjecaj izgradnje i rada klasičnih termoelektrana na okolinu 48
4.3.4 Utjecaja izgradnje i rada nuklearnih elektrana na okolinu 52
4.3.5 Utjecaj izgradnje i rada novih izvora električne energije na okolinu 59

5. ZAGAĐENJE OKOLINE IZ INDUSTRIJSKIH POSTROJENJA, PROMETNIH SREDSTAVA I ŠIROKE POTROŠNJE 66

5.1 Zagađenje okoline iz industrijskih postrojenja 66
5.2 Zagađenje okoline iz prometnih sredstava i prijenosnih postrojenja 69
5.3 Zagađenje okoline iz postrojenja i trošila široke (opće) potrošnje 79

6. ZAGAĐENJE ZRAKA, VODE I TLA 82

6.1 Zagađenje zraka 82
6.1.1 Općenito o zagađenju zraka 82
6.1.2 Ograničenja i mjerenje zagađenja zraka 85
6.2 Zagađenje voda 87
6.2.1 Fizikalno-kemijsko-biološka zagađenja voda 87
6.2.2 Termalno zagađenje voda 89
6.3 Zagađenje i dekontaminacija zemljišta 94
6.3.1 Načini zagađenja zemljišta 94
6.3.2 Štetni efekti djelovanja zagađenog zemljišta 95

7. ZAGAĐENJE OKOLINE OTPACIMA, STVARANJEM BUKE I VIBRACIJA, TE PROMJENOM IZGLEDA 97

7.1 Zagađenje okoline otpacima 97
7.1.1 Vrste otpadaka 97
7.1.2 Opasni otpaci 98
7.1.3 Prerada otpada 99
7.1.4 Zagađenje metalima 100
7.2 Stvaranje buke i vibracija 101
7.3 Promjena estetskog izgleda okoline 103

8. SPECIFIČNE POJAVE KOD ZAGAĐENJA OKOLINE 105

8.1 Kisele kiše 105
8.1.1 Općenito o pojmu kiselosti 105
8.1.2 Nastanak kiselih oborina 107
8.1.3 Utjecaj kiselih kiša na zagađenost voda 109
8.1.4 Utjecaj kiselih kiša na šume 111
8.1.5 Raspostranjenost kiselih kiša u Evropi 114
8.2 Radioaktivnost 116
8.2.1 Općenito o radioaktivnosti 116
8.2.2 Djelovanje radioaktivnog zračenja na ljude 119
8.3 Utjecaj upotrebe dušičnih spojeva i pesticida na okolinu 127
8.4 Utjecaj velikih elementarnih nepogoda na okolinu 128
8.5 Utjecaj na okolinu nesreća uzrokovanih ljudima 138

9. OKOLINA I RAZVOJ 146

9.1 Osnovno o vezi okoline i polucije 146
9.2 Što je razvoj? 146
9.3 Glavni problemi okoline u zemljama u razvoju i nerazvijenim zemljama 148
9.4 Problem opskrbe vodom 151
9.5 Planiranje i pristupi ekološkom razvoju 152

10. OČUVANJE OKOLINE....156
10.1 Općenito o problemima očuvanja i zaštita okoline....156
10.2 Zaštita atmosfere od plinovitih zgađivača....160
10.3 Zaštita atmosfere od tekućih i krutih zagađivača....164
10.4 Zaštita od emisije radioaktivnog otpada....165
10.5 Sprečavanje ostalih zagađenja okoline....170
10.6 Odlaganje radioaktivnog otpada....173
10.7 Znanstvenici traže zakon o atmosferi....179
10.8 Uloga bogatih i siromašnih zemalja u očuvanju okoline....181
10.9 Cijena zagađenja....182
10.10 Kontrola zagađenja okoline....183
10.11 Politika i zagađenje okoline....185
LITERATURA....187
LITERATURA ZA KNJIGU II....189

1. OSNOVNE SPOZNAJE O ŽIVOTU NA ZEMLJI

1.1 POSTANAK ZEMLJE I ATMOSFERE

Zemlja je unutrašnji planet u Sunčevu sistemu, a sastoji se od tri glavna dijela; krutog (litosfere), tekućeg (hidrosfere) i plinovitog (atmosfere).

Od 6377 km, koliko je polumjer Zemlje, na Zemljinu koru (litosferu u užem smislu) otpada samo 40 do 50 km, a sve ostalo pripada jezgri. Sama litosfera se sastoji od dva kuglasta sloja, koji su jedan u drugi uklopljeni (slika 1). Gornji, tanji sloj, građen je pretežno od silicija i aluminija naziva se sial, a donji deblji, građen je pretežno od silicija i magnezija naziva se sima. Granica između ta dva sloja naziva se Mohorovičićeva ploha diskontinuiteta (Moho).

Magmatska zona neposredno ispod litosfere, često se naziva i pirosfera, a njena gustoća je 7 do 10 puta veća od gustoće litosfere, pa se vjerojatno sastoji od teških metala.

Atmosfera je plinovit i nevidljiv ovoj oko Zemlje, koji se sastoji od smjese različitih plinova. Neki su plinovi u atmosferi međusobno u stalnom, a neki u promjenjivom omjeru. U stalne sastojke atmosfere ubrajaju se: dušik (78,08 %), kisik (20,95 %), argon (0,93 %), te plemeniti plinovi (ksenon, kripton, neon, helij, radon, ozon i dr.), dok se u promjenjive sastojine ubrajaju ugljični dioksid (0,03 %) i vodena para.

Donja granica atmosfere je površina Zemlje, dok se njena gornja granica ne može odrediti; nalazi se daleko u međuplanetarnom prostoru. Polazeći od Zemlje atmosfera se dijeli na: troposferu, statosferu, mezosferu, termosferu i egzosferu.

Troposfera je najgušći dio atmosfere i u njoj se zbivaju sve meteorološke promjene. Visina troposfere je na ekvatoru oko 17 km, a na polovima od 8-10 km. Na gornjoj granici troposfere temperatura je od 223 K (-50°C) do 183 K (- 90°C).

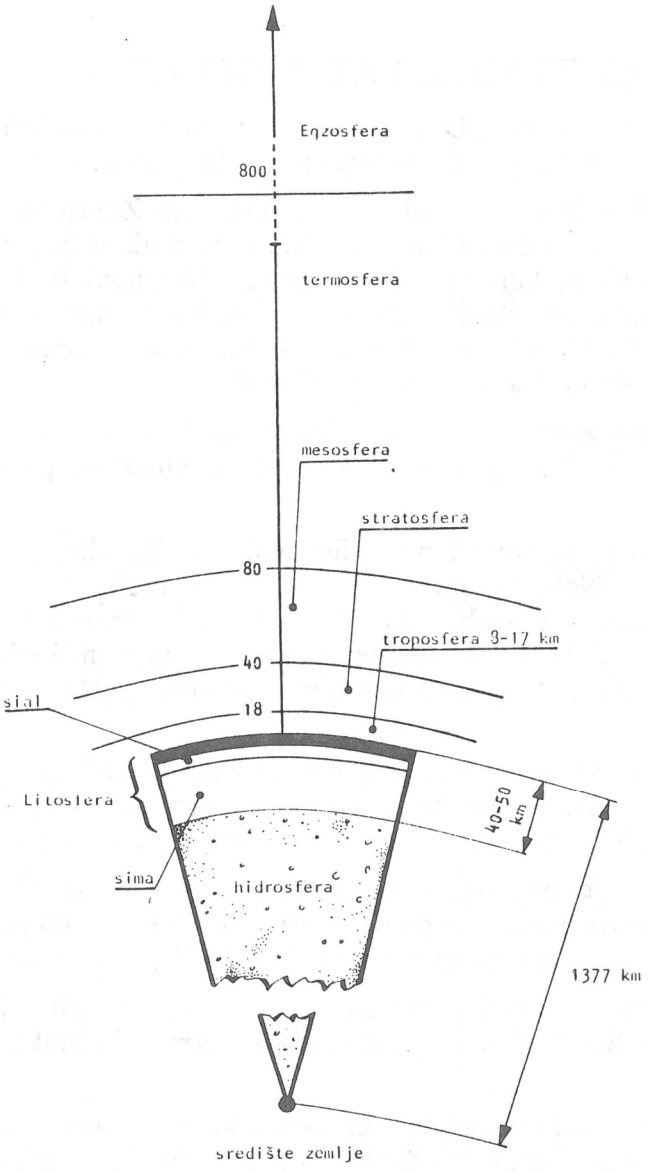
Stratosfera se nalazi iznad troposfere i njena visina je od 32 do 40 km od površine Zemlje. Stratosfera je praktički bez vjetrova i oblaka s temperaturom od 218 K (- 55°C).

Iznad stratosfere nalazi se mezosfera, koja je karakteristična zbog pada temperature u najgornjem sloju (oko 80 km iznad površine Zemlje) do 188,15 K (- 85°C), a mjestimično i do 165,15 K (- 108°C). U tom sloju pojavljuju se svjetleći noćni oblaci, polarna svjetlost i u njemu se uglavnom zadržava sloj ozona.

Termosfera (često se naziva i ionosfera) je četvrti sloj atmosfere, a prostire se u području 80 - 800 km od površine Zemlje. U području termosfere temperatura stalno raste s visinom zbog toga što kisik (0) i dušik (N) apsorbiraju Sunčevo kratkovalno zračenje.

Iznad termosfere je posljednji sloj atmosfere, egzosfera, u kojem je sila teže preslaba da zadrži molekule plina, pa radi toga se i ne može odrediti gornja granica egzosfere.

Pod pojmom biosfere podrazumjeva se sav prostor na zemlji u kojem se odvija život. Osnovni uvjeti koji omogućuju život u biosferi su: postojanje tekuće vode, primanje dovoljnje količine energije iz vanjskih izvora (Sunca) i međusobnog djelovanja krutog, tekućeg i plinovitog stanja materije, te postojanjem atmosfere (kisika).



Sl. 1. Struktura zemlje i atmosfere

Kisik je kemijski element (rednog broja 8, atomske težine 16) koji se javlja u dvije alotropske modifikacije: obični kisik (O_2) i ozon (O_3). Obični kisik je plin bez boje, okusa i mirisa, nešto topljiv u vodi (što je bitno za opstanak životinja koje žive u vodi). Pod normalnim tlakom pretvara se u tekućinu na 90,85 K (-182,3°C), a u čvrstu tvar na 54,75 K (-218,4°C). Kisik je najrasprostranjeniji element na Zemlji i ima ga koliko ukupno svih ostalih elemenata. Sastojiv je u vodi i većini stijena koje tvore zemaljsku koru, a elementaran se nalazi u atmosferskom zraku (20,95 %). Kisik se izravno spaja s najvećim brojem elemenata (izuzev plemenitih plinova i metala), a to spajanje se naziva oksidacijom. Oksidacija je za život i tehnologiju najvažnija reakcija. Disanje, izgaranje i vrijenje su oksidacije pomoću kojih se živi ili pomoću kojih se dobiva toplina, svjetlo, mehanička energija, te neophodno potrebni proizvodi za život. Život na zemlji rezultat je evolucije temeljene na sunčanoj energiji, prisutnosti elementarnog kisika i dvaju njegovih spojeva: vode i ugljičnog dioksida.

Život na Zemlji egzistira u simbiozi s atomosferom naše planete. Kisik iz atmosfere osigurao je kao "gorivo" daljnju evoluciju i razvoj organizama koji ga koriste, a također predstavlja zaštitni omotač koji se nalazi na visini od 15 do 50 km iznad površine Zemlje. Njegov glavni izotop je ozon (O_3), oblik kisika u kojem je svaka molekula načinjena od tri atoma umjesto dva atoma u zraku kojeg udišemo. Ozon ima važno svojstvo za život na Zemlji, jer apsorbira ultravioletne zrake Sunca. Prije nego što je bio stvoren taj zaštitni omotač, sterilizacijsko djelovanje ultravioletnih zraka činilo je nemogućim održavanje života izvan vode.

Postoje dvije pretpostavke o postanku i održavanju života. Jedna pretpostavka predstavlja već konvencionalno gledanje na to pitanje. Ona ukazuje na to da je život nastao zato što su prilike bile povoljne za njegovo nastajanje, a to znači da su npr. temperatura, vlažnost, tlak, pH vrijednosti (kiselost) i drugo bili upravo takvi da su omogućili nastajanje života, što ujedno znači da je dovoljno da jedan od tih faktora izađe iz uobičajenih granica, pa da život na Zemlji bude uništen.

Druga pretpostavka predstavlja neuobičajeno gledanje na pitanje o postanku i održanju života. Pretpostavlja se da živa materija nije bila pasivna pri suočavanju s opasnostima koje su joj prijetile, već je djelovala tako da je "prisiljavala" uvjete u kojima postoji da budu u granicama koje joj osiguravaju život i napredak.

Od postanka Zemlje, Sunce neprestano povećava količinu energije koju zrači. O toj energiji ovisi temperatura Zemljine površine, kao i o postotku amonijaka u zraku i drugih spojeva koji djeluju kao staklo u stakleniku, reducirajući isijavanje toplinskih i infra-crvenih zraka sa Zemlje. Previsok postotak amonijaka u zraku, kao i drugih plinova koji nastaju izgaranjem, mogu prouzročiti znatno povećanje temperature površine Zemlje, što bi život na Zemlji učinilo nemogućim. Amonijak i drugi plinovi, mogu dovesti do sasvim suprotnih posljedica, kao što je zaleđivanje površine Zemlje.

Iz navedenoga slijedi da je biosfera bila sposobna kontrolirati temperaturu Zemljine površine kao i sastav atmosfere. To dalje dovodi do pretpostavke da su materija, zrak, oceani, površina Zemlje, dijelovi divovskog sistema koji je bio sposoban kontrolirati temperaturu, sastav zraka i mora, kiselost (pH) tla, čineći ih pogodnim za opstanak biosfere.

Biosfera godišnje proizvodi oko 1000 milijuna tona amonijaka, a objašnjenje toga leži u slijedećem. Prije, kada je Sunce bilo hladnije nego što je danas, amonijak je služio da bi Zemlju održao toplijom. U današnje vrijeme potreba za amonijakom se promijenila. Amonijak održava kiselost (pH) Zemlje na blizu pH 8, što je otpimalna

vrijednost. Važnost tog svojstva je u tome, što dušik i sumpor u prisustvu velikih količina kisika tvore jake kiseline. Tako npr. oluje s grmljavinom proizvode tone dušične kiseline i kada ne bi bilo regulatora kao što je amonijak, tlo bi postalo kiselo i nepogodno za većinu organizama.

Zatim, male količine metana (metan je produkt anaerobne fermentacije u tlu i moru) u atmosferi reguliraju količinu kisika. Nešto metana se podiže u atmosferu gdje oksidira u ugljični dioksid (CO_2) i vodu (H_2O), postajući najvažnijim izvorom vodene pare u višim slojevima zraka. Vodena para se podiže u ionosferu i rastvara se u kisik (O) i vodik (H). Kisik se spušta u niže slojeve, vodik odlazi u svemir. Proizvodnja metana je put kojim se vodik transportira sa Zemljine površine do stratosfere, održavajući koncentraciju kisika u nižim slojevima atmosfere.

Pronađeni su također u atmosferi tragovi plinova dimetilsulfida, metil-jodida i ugljik-tetraklorida. Nema sumnje da su prva dva plina rezultat bioloških reakcija i da mogu dobro poslužiti za prijelaz važnih elemenata, sumpora i joda, iz mora na Zemlju. Ugljik-tetraklorid nema biološki izvor, jednako je rasprostranjen i u južnoj i u sjevernoj hemisferi, njegova funkcija još nije poznata.

Dakle, temperatura se kontrolirala, prije pojave složenih organizama, količinom amonijaka u zraku. Kasnije kada su se pojavili organizmi koji su mogli vršiti procese fotosinteze i respiracije, kisik je postao osnovni sastojak zraka, a kontrola količine ugljičnog dioksida (CO_2), koji također apsorbira toplinu, zauzela je važnu ulogu u stabiliziranju temperature.

Pojavom fotosintetizirajućih organizama čitav niz vrsta koje su prije toga živjele morao je izumrijeti. Ulazak kisika u atmosferu promijenio je izgled površine zemlje. Da bi se predočilo djelovanje kisika, potrebno je samo zamisliti što bi se desilo da su morski organizmi počeli vršiti fotosintezu klora u količini koja bi bila dovoljna da zamijeni kisik. To je samo pretpostavka koja ukazuje na to da je kisik bio otrovan za primitivne organizme, kao što bi to klor bio danas za nas.

Povećanje broja stanovnika Zemlje tjera čovjeka da počinje koristiti drastične mjere za osiguranje potrebne hrane i korištenje ostalih resursa. Prirodna rasprostranjenost biljaka i životinja je promijenjena, ekološki sistem je poremećen, čitave vrste izumiru ili su već nestale. Ako se pretpostavi da svaki organizam čini jednu kariku u lancu koji i nama omogućava život, posljedice nekontroliranog korištenja su nepredvidive, osim onog krajnjeg ishoda.

1.2 KISIK I POSTANAK ŽIVOTA NA ZEMLJI

Jedna od najinteresantnijih činjenica, u vezi sa Zemljinom atmosferom, je veliki postotak kisika (20,95 %) - stanje koje je istovjetno među planetama Sunčevog sistema. To ukazuje na interesantan paradoks. Život nije mogao započeti s količinom kisika koja je danas prisutna, dok danas života bez njega ne bi ni bilo. Višestanični organizmi postoje od Paleozoika (prije 600×10^6 god.), biljke oko 420×10^6 god., a nakon toga javljaju se složeni organizmi. Prije paleozoika postojali su samo neki veoma primitivni organizmi i neke bakterije. Pronađeni su neki fosili jednostaničnih organizama starih gotovo 2 bilijuna godina. Ali ne postoji dokaz da je život postojao u vodi prije 600×10^6 godina.

Zemlja je vjerojatno nastala od malih objekata (kao što su meteoriti), koji sa sobom nisu mogli donijeti prvobitnu atmosferu. Atmosfera se javila nakon formiranja Zemlje, nastala od plinova iz stijena, vulkanske aktivnosti topljenja stijena. U prvobitnoj atmosferi dominirao je vodik (H), vodena para (H_2O) i ugljični dioksid

(CO_2). I danas postoji oko 500 aktivnih vulkana, a 400 ih se nalazi oko Pacifika. Najveći postotak vulkanskih plinova čini vodena para (97 %) koja je pomiješana sa dušikom, ugljičnim dioksidom (CO_2), vodikom (H), sumpornim dioksidom (SO_2), klorom (Cl), te malim količinama sumporovodika (H_2S), ugljičnog monoksida (CO), metana (CH_4), amonijaka (NH_3) i drugih plinova.

Vodena para bila je dovoljna da stvori oceane, a dušik i drugi plinovi atmosferu, s izuzetkom kisika. Slobodan kisik nije proizveden vulkanskom aktivnošću (tzv. nascentni kisik), što znači da ga nije bilo niti u atmosferi. On se može dobiti razdvajanjem molekule vode na vodik i kisik. To se moglo odvijati samo direktnom fotodisocijacijom vodene pare izložene UV-zrakama određene valne dužine (0,15-0,21 m).

Od produkata fotodisocijacije, vodik je dovoljno lagan da prilično brzo nestane iz atmosfere. Ostaje nascentni kisik i ozon koji reagiraju s površinom stijena i tlom. Dr. Harold Urey utvrdio je da se taj mehanizam sam regulira, jer nakon nekog vremena vodena para postaje zaštićena od UV-zraka absorpcijom proizvedenog kisika. Takav ograničavajući proces se naziva "Urey efekt".

Najvažniji parametar koji je uticao na oblikovanje Zemljine atmosfere je temperatura površine tla. Vrijednost temperature za vrijeme od prije 4,5 milijarde godina bila je oko 300 K. Dakle, smještaj Zemlje u Sunčevu sistemu rezultirao je takvom temperaturom koja omogućuje kondenzaciju vodene pare, stvaranje oceana. Voda ima važnu ulogu za odigravanje bioloških, kemijskih i fizikalnih procesa. Može se reći da voda kontrolira temperaturu Zemlje, sprečavajući nastajanje efekta staklenika ili zaleđivanje Zemlje.

Pojavom živih organizama započinje mijenjanje kemijskog sastava atmosfere. Ulaženjem kisika u sastav atmosfere dogodile su se dvije promjene. Prva promjena sastojala se u tome da su živi organizmi morali naučiti disati kako bi mogli preživjeti, a udisanjem kisika dobili su novi izvor energije. Druga promijena se odnosila na atmosferu gdje je formiran ozon koji absorbira UV-zrake, pa se tako život mogao odvijati i izvan oceana.

Organizmi koji su stvarani (i biljke i životinje) sadržavali su veliki postotak ugljika u svom organizmu. Sedimentiranjem tih organizama i procesima koji su se odvijali bez prisustva zraka dobiveni su spojevi koji se danas koriste kao energetski resursi. Tako npr. u procesima destilacije dobivaju se spojevi bogati ugljikom i ugljikovim spojevima, koji se uz ostalo koriste i kao gorivo. Danas postoji opasnost da povećanje količine ugljičnog dioksida (CO_2), kao produkta izgaranja fosilnih goriva, dovede do pojave efekta "ubrzanog staklenika" ili do sasvim suprotnog efekta.

Čak i male varijacije u biološkom i atmosferskom sistemu mogu dovesti do kratkotrajnih promjena temperature površine. Prema J. Lovelocku atmosfera bi se trebala promatrati kao dio biosfere i kao ekosistem koji je u stanju sam regulirati sve procese, koj se u njoj odvijaju.

Tako su npr. moguća dva potpuno različita efekta djelovanja ugljičnog dioksida (CO_2). Jedan od njih je dovođenje do pojave naglog zagrijavanja površine zemlje (efekt ubrzanog staklenika), a drugi, brzo hlađenje zemlje, pri čemu bi se stvarao omotač oko zemlje koji reflektira sunčevu energiju. Da bi se moglo predvidjeti kakve će se klimatske promjene odvijati u budućnosti mora se kao prvo poznavati evolucija atmosfere.

Da bi se mogla proučavati evolucija atmosfere potrebno je nešto detaljnije pozabaviti se i upoznati s vulkanskom aktivnošću. Aktivnošću vulkana postoji kontinuirano ispuštanje različitih plinova u Zemljinu atmosferu.

Zemljina atmosfera kada je stvarana, nije stvorena "jednom zauvijek", već se stalno mijenja pa i dan danas. Jedan od najboljih puteva za proučavanje povijesnog razvoja Zemlje, leži u proučavanju plinova koji se sada nalaze u atmosferi i stjenovitom plaštu litosfere. Plinovi su tijekom vremena izlazili iz unutrašnosti Zemlje u atmosferu. Najzastupljeniji plinovi u atmosferi izlazili su iz rastopljenih stijena (magme). Postoje različite vrste aktivnih vulkana, koji se razlikuju po distribuciji i količini produkata, po načinu na koji izbacuju lavu, po sastojcima čvrstih produkata lave i pepela, pa se prema tome ne može govoriti da vulkanski plinovi sadrže uvijek iste tvari, ili da imaju iste tvari u istim količinama. Vrijeme vulkanske aktivnosti (period kada se izbacuje lava, pepeo i velike količine vodene pare) predstavlja samo mali dio životnog vijeka većine vulkana. Čak i za vrijeme kada su vulkani neaktivni oni izbacuju iz stijena u atmosferu dim koji sadrži plinove i pepeo. Eksplozivne erupcije pri kojima se izbacuje mnogo plinova, karakteristične su za vulkane bogate alkalijima (lužinama), a tipične su za vulkansku aktivnost u stabilnim područjima.

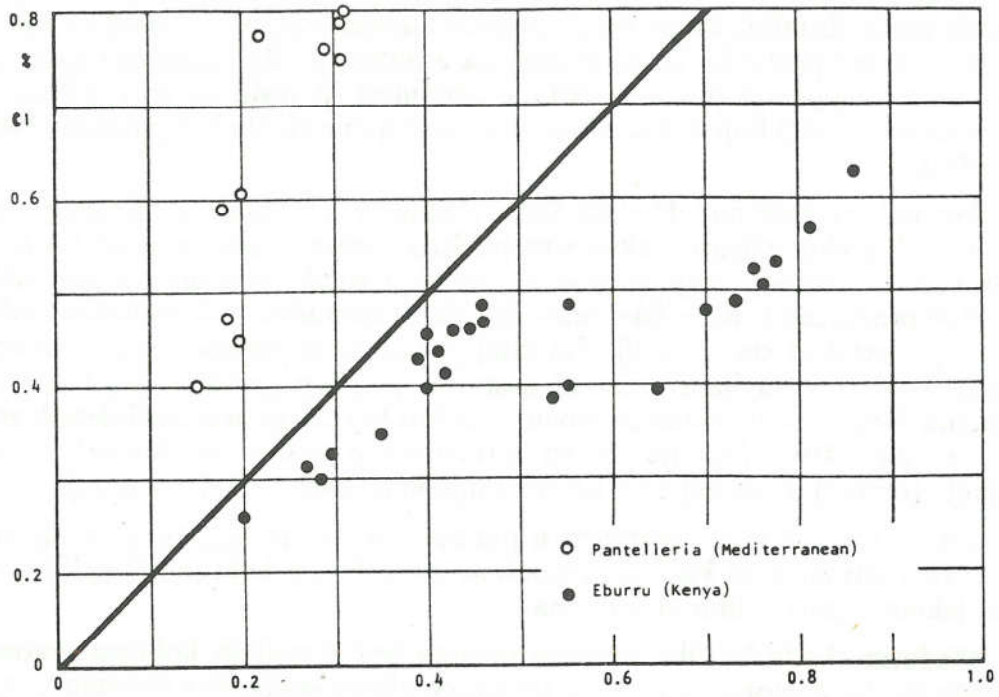
Veoma je teško utvrditi sastav vulkanskih plinova, zato što je teško sakupiti uzorke za ispitivanje, ako se i sakupe, često su kontaminirani (zagađeni) zrakom ili vodom iz atmosfere. Sastojci eruptivnog plina variraju s temperaturom emisije pa radi toga može doći do velikih gubitaka nekih vrsta sastojaka. Vulkanski sublimati (sublimacija je proces direktnog prelaska krute tvari u plin i obratno) su karakteristično bogati halogenim elementima (fluor, klor, brom, jod, astat) i sumporom. Teško je odrediti ukupne količine tih sublimata zbog njihovog svojstva raspršivanja u poroznu strukturu vulkana i zbog njihove topivosti na površini zemlje i u vodi. Što je manja temperatura sakupljenih plinova, to je veća njihova kontaminacija atmosferom i vodom, a to znači da su najbolji uzorci oni koji imaju što veću temperaturu npr. temperaturu između 1173 i 1473 K (900 i 1200°C). Kada se odabere dobar uzorak, on samo za to vrijeme kada je uzet, predstavja trenutno stanje u vulkanu. Zbog tih problema, postoji samo nekoliko načinjenih analiza visoko zagrijanih plinova. Najbolja analiza načinjena je na Kilaueai, velikom otoku na Havajima. U nastavku se navode sastav i težinske vrijednosti za prosječno i ekscesno izbacivanje plinova.

	Prosječno izbacivanje	Ekscesno izbacivanje
H_2O (vodena para)	64,3	92,8
CO_2 (ugljični dioksid)	23,8	5,1
Cl (klor)	0,16	1,67
N (dušik)	1,60	0,23
S (sumpor)	9,97	0,12
H (vodik)	0,05	0,06
Ostali	0,07	0,02

Vulkani koji se nalaze uz Pacifik izbacuju veliki postotak vodene pare, dok vulkani na Havajima uz to izbacuju i veliki postotak plinova. Magme bogate alkalijama su karakteristične za unutrašnja područja zemljine litosfere. U Tanzaniji su aktivni vulkani bogati magmama, koje sadrže mnogo ugljika i spojeva ugljika, a također su bogati i fluorom. Zajedno s ugljikovim magmama nalaze se silikatne lave u području Zaira. Područje Istočnog afričkog rascjepa je također bogato halogenima i malim postotkom vode. U čitavom području doline oko tog rascjepa izlazi ugljični dioksid iz zemlje, ponekad pod tako velikim tlakom i takve čistoće da se može

eksploatirati. Istočno-afrički rascjep je vjerojatno najspektakularniji primjer magme bogate alkalijima, a takav tip magme je uglavnom bogat i s ugljičnim dioksidom (CO_2).

Da sastav vulkanskih plinova znatno varira, kao i odnos elemenata u njima, najbolje će se pokazati na primjeru klora (Cl) i fluora (F) za dva vulkana (slika 2).



Sl. 2. Distribucija fluora i klora u lavama istog tipa vulkana od Eburrua i Pantelleria

Fluor i klor su jako topivi u silikatnim otopinama (rastopljeni metali) i teško se ekstrahiraju (izdvajaju) iz metala. Navedeni dijagram (slika 2) pokazuje različitu raspodjelu ta dva elementa u lavama vulkana Mediterana (Pantelleria) i Kenije (Eburru).

Kada bi sav ugljik, koji se nalazi u raznim spojevima od ugljikohidrata, ugljikovodika i spojeva u raznim stijenama bio oslobođen kao ugljični dioksid (CO_2) stvorio bi se atmosferski tlak s parcijalnim tlakom ugljičnog dioksida (CO_2) od $14 \cdot 10^3$hPa. Da je takva atmosfera postojala u prošlosti, ostao bi geološki zabilježen trag, ali do sada o tome se ništa ne zna. Od kada je ugljični dioksid (CO_2) običan vulkanski plin logična je pretpostavka da se on "ugrađuje" u atmosferu, iz koje se opet kontinuirano uklanja biološkim aktivnostima (otapanjem itd.) da bi se među ostalim sedimentirao i u stijenama. Takav kružni ciklus odvija se i sa drugim plinovima u atmosferi.

1.3 ULOGA UGLJIČNOG DIOKSIDA I AMONIJAKA ZA STVARANJE ŽIVOTA

Kako je već navedeno plinovi koje ispuštaju vulkani danas najvećim dijelom sadrže vodenu paru i ugljični dioksid (CO_2). Ne postoji razlog zbog kojeg bi se sumnjalo da su u dalekoj prošlosti produkti vulkanske aktivnosti imali drugačiji sastav.

Venera i Mars imaju atmosferu koja se sastoji od ugljičnog dioksida (CO_2). Današnja atmosfera Zemlje, također sadrži ugljični dioksid (CO_2), ali u malim količinama, što se može objasnisti djelovanjem vode na ugljični dioksid (CO_2) (otapanjem CO_2) i bioloških procesa (procesi fotosinteze, pri čemu se CO_2 koristi za stvaranje kisika i energije).

Sličnu atmosferu (s metanom i amonijakom i s malim postotkom kisika) kakvu je nekada imala Zemlja, danas imaju planete Jupiter i Saturn. Astrolozi i geofizičari su krenuli od pretpostavke da je primitivna atmosfera bila uglavnom sastavljena od vodene pare i ugljičnog dioksida (CO_2). Međutim, pojavili su se i dokazi (Miller-Urey-ev eksperiment) koji dokazuju da je za nastajanje života bio potreban i amonijak u atmosferi.

Poznati znanstvenici Harold Urey i Stanley L. Miller s čikaškog sveučilišta izveli su 1953. godine slijedeći eksperiment. Kroz otvoreni sistem, u kojem se nalazila vodena para, amonijak, ugljični dioksid, metan i vodik, puštane su električne iskre (električno pražnjenje). Kemijske reakcije bile su stimulirane dovođenjem takve vrste energije, proizvodeći smeđi mulj. Taj mulj je sadržavao amino-kiseline: kompleksne molekule koje predstavljaju osnovne sastavne jedinice proteina (bjelančevina) bez kojih nema života. Slični rezultati mogu se dobiti korištenjem ultravioletnih zraka kao izvora energije, što dokazuje da su ultravioletne zrake (sa Sunca) i električno pražnjenje (munje) imali udjela u kataliziranju kemijskih reakcija u zemlji.

Znači, kada je kisik uklopljen u plinove kao što je ugljični dioksid, mogao se započeti razvijati život na kišovitoj planeti sa atmosferom koja sadrži ugljični dioksid i s amonijakom u jako malim količinama.

Međutim, kada bi bila stvorena planeta bez dovoljnih količina amonijaka za nastajanje života, postojao bi rizik od ubrzanog efekta staklenika stvarajući uvjete koji ne pogoduju razvoju života. Postavlja se pitanje od kuda i kako je nastao amonijak? Pretpostavlja se da je spoj titan-dioksid katalizirao fotokemijske reakcije koje su prevodile dušik u amonijak. Neke pustinje su toliko bogate titanom da svake godine "proizvode" više od 20 kg amonijaka po hektaru zemljišta. Jednom, kada je amonijak nastao i sudjelovao u nastajanju života bio je uklopljen u amino-kiseline smanjujući opasnost od pojave "efekta staklenika". Čak i da tako nastali amonijak nije bio neophodan za nastajanje života postojala je i druga mogućnost, a to je da prilikom pražnjenja dušičnom "atmosferom" na vodenu suspenziju kalcij karbonata nastanu male ali značajne kompleksne molekule kao hidrozin. Ta reakcija je omogućila kemijsku evoluciju života bez potrebe za metanom ili amonijakom.

1.4 OZON I NJEGOVA ULOGA U ATMOSFERI

Ozon je alotropska modifikacija kisika s tri atoma u molekuli (O_3). U čistom stanju je modrikast plin koji se na temperaturi 160,75 K (- 112,4 °C) kondenzira u tekućinu tamnomodroljubičaste boje. Jak miris ozona (sličan mirisu dušičnih oksida) osjeća se i u velikom razrjeđenju. Ozon je u vodi slabo topiv, a otapa se u ledenoj octenoj kiselini i u tetraklormetanu dajući modre otopine. Na običnoj se temperaturi polako (brže u prisutnosti katalizatora), a na visokoj brzo pretvara u običan kisik uz razvoj topline. Ozon je najače oksidaciono sredstvo, a njegove koncentrirane otopine su eksplozivne. Sulfide prevodi u sulfate, a amonijak u dušičnu kiselinu.

Ozon nastaje djelovanjem ultraljubičastih zraka na kisik (u višim slojevima atmosfere ili u blizini kvarc-lampe), pri elektrolizi razrijeđene hladne sulfatne kiseline, te uz mnoge kemijske reakcije, na pr. pri sporoj oksidaciji bijelog fosfora.

Djelovanjem ultravioletnih Sunčevih zraka ozon se stalno stvara u atmosferi, a istovremeno se i razara fotokemijskim procesom apsorpcije tih zraka. Tako nastaje fotokemijska ravnoteža u stvaranju i razaranju ozona. Iako je količina ozona u atmosferi malena, njegovo je značenje za život na Zemlji veliko, jer se fotokemijskim procesima stvaranja i razaranja ozona blokira prodiranje štetnih ultravioletnih zraka. Smatra se, naime, da novija tehnološka dostignuća (nuklearne eksplozije, nadzvučni avioni, sve veća koncentracija klor-fluor-metanskih plinovitih spojeva u atmosferi) ugrožavaju integritet ozonskog sloja i tako olakšavaju prodiranje smrtonosnih ultravioletnih zraka, što bi moglo izazvati nesagledive posljedice za život na Zemlji.

Rezultat Sunčeva zračenja (prodiranje i refleksija zraka, apsorbcija ultravioletnih zraka) je, da je površina Zemlje toplija nego što bi to bila kada bi primala samo toplinu sa Sunca, a ne bi posjedovala atmosferski omotač - već poznati efekt staklenika. Toplina također proizvodi konvekciju u atmosferi, barem u nižim slojevima, a to igra ključnu ulogu u određivanju vremenske i klimatske slike. Ta konvekcija je ograničena troposferom, prisutnošću ozona iznad stratosfere. U troposferi (sloj atmosfere u kojem se odvijaju vremenske promijene) temperatura pada za oko 6 K za svaki km povećanja visine. Taj pad se usporava na visini od 10 km, zaustavlja na visini od 15 km, a na visini od 20-50 km počinje rasti sa minimuma od približno 213,15 K (- 60°C) do maksimuma 273,15 K (0 °C) na vrhu. Temperaturna inverzija potiče konvekciju, a to odražava vremenske promijene na mijestu u troposferi.

Povećanje temperature znači da se energija absorbira, a ona može doći samo sa Sunca. Fotodisocijacija nascentnog kisika djelovanjem ultravioletnih zraka osigurava mehanizam absorbiranja energije. Količina absorbirane energje na različitim visinama ovisi o sadržaju molekula kisika na pojedinim mjestima i o količini prodrijetih ultravioletnih zraka do određenog omotača. Najveća koncentracija pojavljuje se tamo gdje postoji ravnoteža između intenzivnog zračenja (veća visina) i veće koncentracije kisika (niža visina). Takva interakcija osigurava da se temperatura atmosfere u čitavom prostoru bitno ne mijenja.

Kada molekula kisika absorbira ultravioletne zrake i rastavi se, nastanu slobodni atomi kisika koji se mogu spojiti sa drugim molekulama kisika i stvoriti ozon. Najveća koncentracija ozona je na visini od 20-30 km. Slobodni atomi kisika se mogu također spojiti u običnu molekulu kisika (O_2) ili slobodan atom kisika reagira s ozonom stvarajući dva atoma nascentnog kisika (O_2). Ozon je nestabilan, lako dolazi do fotodisocijacije djelovanjem zraka ispod 0,300 μm, pri čemu nastaje jedna molekula kisika i jedan slobodan atom kisika iz jedne molekule ozona.

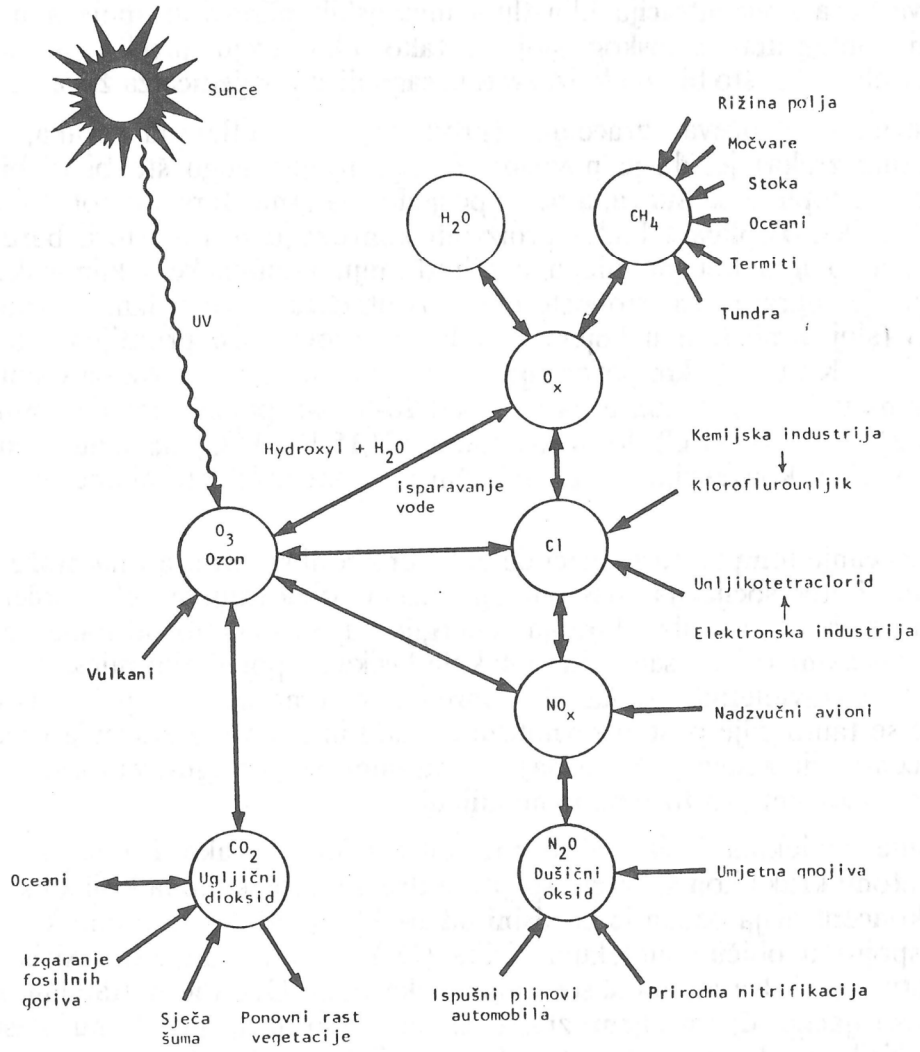
Ozon se miješa u nižim slojevima troposfere u veoma malim količinama. U niskim slojevima atmosfere se uništava i u mjerljivim količinama na površini Zemlje se može naći samo u fotokemijskom smogu. Na slici 3 shematski je prikazano stvaranje i uništavanje ozona.

Iznad stratosfere na visini od 50-80 km nalazi se mezosfera još jedan omotač kojim dominira niska temperatura. Minimalna temperatura atmosfere 173,15 K (oko - 100°C) dosiže se na površini mezosfere, a nakon toga monotono raste kroz termosferu. Na tim visinama dolazi ponovo do razgradnje molekula kisika Sunčevim zrakama, ali smanjeni broj molekula i energije zračenja ne dozvoljava stvaranje ozona.

Površina termosfere ima temperaturu interplanetarnog Svemira od 1273 K (1000°C) i više, ali pri tako niskoj gustoći atmosfere ta temperatura više ne igra nikakvu ulogu. Na oko 500 km atmosfera je toliko rijetka da je sudar između

molekula i atoma toliko rijedak i zbog toga atomi i molekule se mogu širiti svemirom (egzosfera).

Prema tome ozon je važan dio atmosfere, ali predstavlja samo jedan njen dio u kojem su izbalansirane sve komponente, jer se ozon konstantno proizvodi i razara.



Sl. 3. Ciklus stvaranja i uništavanja ozona

1.5 RAZLIČITI UTJECAJI NA OZONSKI SLOJ I POSLJEDICE TIH UTJECAJA

Kako je već naprijed kazano sve veću prijetnju za ozonski sloj predstavljaju supersonični avioni, ispitivanja nuklearnog oružja i akumuliranje plinova klorofluorometana i klorofluorougljika 11 i 12 ($CFCl_3$ i CF_2Cl_2) u atmosferi. Oba klorofluorougljika se koriste u raspršivačima (aerosolima), a CF_2Cl_2 se koristi i kao rashladni medij. Godišnja proizvodnja (i CF_2Cl_2 i $CFCl_3$) iznosi 1 milijun tona. Ovi plinovi su inertni i sami po sebi ne bi reagirali s ozonom i atomima kisika, ali reakciju kataliziraju dušični oksid (NO) i dušični dioksid (NO_2). Absorpcija ultravioletnih zraka (0,19 - 0,225 μm) iz klorofluorougljika oslobađa tri atoma kora koji napadaju ozon katalitičkim reakcijama:

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$
$$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$$
$$O_3 + O \rightarrow 2O_2$$

Analizom klorofluorometana na ozon došlo se do slijedećih zaključaka:

a) Ti plinovi imaju dug vijek trajanja u atmosferi zbog svoje kemijske i biološke inertnosti (ne reagira sa drugim spojevima), zbog netopivosti u vodi, što onemogućava njegovo brzo uklanjanje iz atmosfere.

b) Iako se ne mogu rastaviti absorpcijom sunčevih zraka, koje prodiru u troposferu, mogu ipak biti rastavljene na visini većoj od 25 km zbog djelomične propusnosti stratosfere koja dozvoljava prolaz ultravioletnim zrakama valne duljine od 0,1900 - - 0,2250 μm.

c) Fotolizom ultravioletnih zraka oslobađa iz klorofluorometana klor, fluor i metan, a atomi klora odlaze u stratosferu.

Glavni proces razbijanja molekula ozona u stratosferi koja nema zagađivača je katalitički proces s dušikovim oksidom (NO):

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$
$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$$

Rezultat reakcije:

$$O_3 + O \rightarrow 2O_2$$

Dušična kiselina tvori se reakcijom:

$$NO_2 + HO \rightarrow HONO_2$$

ali fotoliza dušične kiseline obnavlja NO_x tako da je proces cikličan.

Klor se također može vezati sa metanom stvarajući klornu kiselinu (HCl):

$$CH_4 + Cl \rightarrow CH_3 + HCl$$

i obnavljati ciklički s hidroksid radikalom

$$HO + HCl \rightarrow H_2O + Cl$$

klorovi atomi. Ti atomi klora kataliziraju lančane reakcije koje imaju uticaj na razrjeđivanje ozona. Razrjeđivanje ozona ima dalekosežne posljedice kao što je povećanje raka kože, još ne objašnjeni efekti na druge biološke vrste i na klimu.

Najviše ozona se razgrađuje djelovanjem klora i njegovih spojeva na visini od 35-45 km, gdje se formira mnogo manje klor nitrata nego u nižim slojevima. Uništavanje djelovanjem dušikovih oksida je najočiglednije u području od 20 - 25 km visine, gdje je omjer klor - nitrata prema drugim spojevima klora maksimalan.

Spojevi halogenih elemenata i ugljika također utječu na ozonski sloj, a jedan od najpoznatijih je metilklorid.

To je veoma pojednostavljena slika, gdje nije uzet u obzir mnogo veći broj fotokemijskih reakcija, koje čine kemiju atmosfere veoma kompliciranom.

Stanjivanje i prorjeđivanje ozona dozvolit će prodor većeg broja ultravioletnih zraka do površine, naročito u valnim područjima od biološkog značaja (0,29 - 0,30 μm). Svako daljnje povećanje u razrjeđivanju ozona dovest će do pojave novih slučajeva raka kože. Uz to postoje drugi biološki efekti kao posljedica ultravioletnih

zraka: efekti na biljke, insekte, planktone, itd. Promjene u količini ozona ili u njegovoj distribuciji dovest će do promjene u temperaturnoj strukturi stratosfere.

Mjerenja koja su se vršila u atmosferi ukazala su da koncentracije štetnih spojeva ubrzano rastu.

Ozon stratosfere služi kao izvor topline za zagrijavanje viših slojeva stratosfere, hvatanjem ultravioletnih zraka ispod 0,3 μm. Ako bi se ozonski omotač pomaknuo u niže slojeve bila bi povećana temperaturna struktura stratosfere. Spojevi klorofluorougljika (11. i 12.) su jaki absorberi infracrvenih zraka i preko njih putem tzv. "prozora" infracrvene zrake sa Zemlje odlaze u Svemir. Efekt staklenika nastao je povećanjem količine ugljičnog dioksida (CO_2), dobiven uglavnom izgaranjem fosilnih goriva.

Briga za ozonski omotač datira iz sredine 70-tih god. ovog stoljeća kada su kemičari shvatili da se industrijskim procesima oslobađaju plinovi u zrak koji se prirodno ne uklapaju u njegov sastav i koji se suprostavljaju kemiji ozona. Prsti su prvo bili upereni na klorofluorougljike tj. freone koji su se koristili kao rashladni mediji i propelanti za aerosolne spojeve, a nakon toga i na ostale zagađivače.

1.6 UGLJIČNI DIOKSID I PROMJENA KLIME

Ugljični dioksid (CO_2), četvrti po zastupljenosti plinoviti sastojak atmosfere, propušta Sunčeve zrake kratkih valnih dužina, a koje zadržavaju oblaci u atmosferi. Međutim, on ne propušta infracrvene zrake većih valnih dužina koje se emitiraju natrag u svemir.

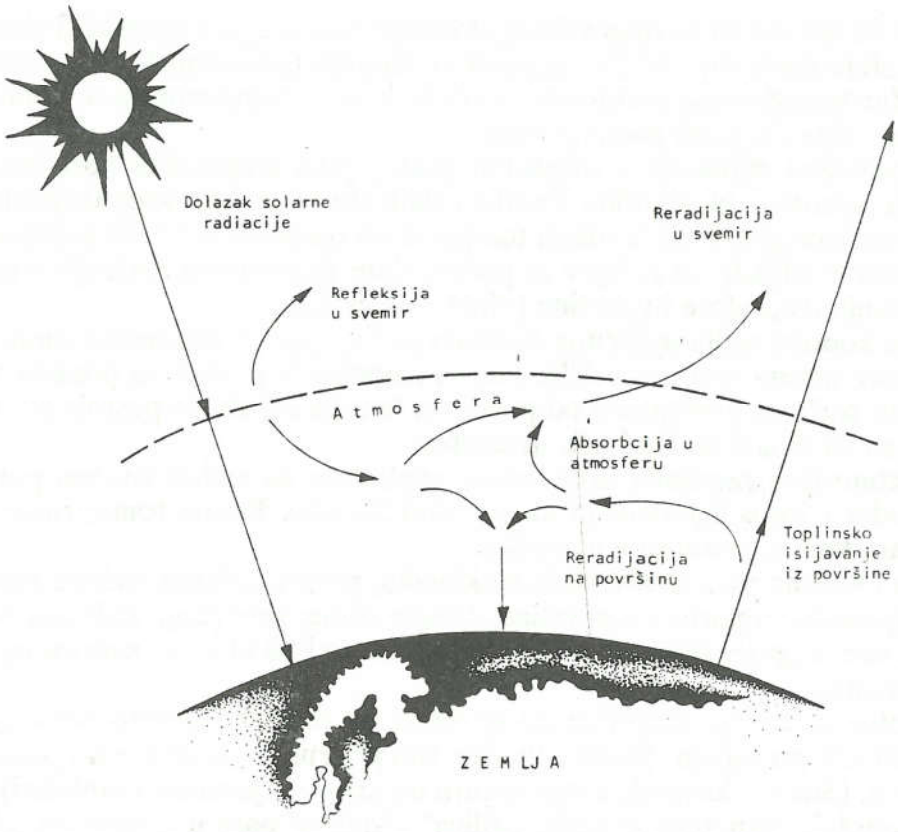
Porast koncentracije ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferi, ako ne postoji reakcija te iste atmosfere, djeluje na ravnotežu zračenja Zemlje smanjujući iznos dugovalnog (infracrvenog) zračenja koje se emitira u svemir. Ugljični dioksid (CO_2) apsorbira dio zračenja koja se emitiraju s površine Zemlje (prema gore) i plinova u atmosferi koji se nalaze ispod i iznad sloja ugljičnog dioksida (CO_2).

Iz navedenoga slijedi da kada koncentracija ugljičnog dioksida (CO_2) raste, atmosfera apsorbira veći dio dugovalne radijacije koja se emitira sa Zemljine površine, a samim tim emitira se više dugovalne radijacije natrag prema površini Zemlje. Zbog temperaturnog sastava atmosfere (tj. temperatura opada s visinom kroz troposferu), postoji pad prema gore emitiranog zračenja koje odlazi u svemir kada raste koncentracija ugljičnog dioksida (CO_2). Zaustavljeno (zahvaćeno) dugovalno zračenje izaziva povećanu konvekciju i djeluje na zagrijavanje atmosfere i površine Zemlje sve dok se dugovalna emisija u svemir ne izjednači (uravnoteži) s neto (uhvaćenim) upadnim solarnim zračenjem. Taj mehanizam zaustavljanja zračenja zove se "efekt staklenika".

Dakle, "Efekt staklenika" nastaje kada ugljični dioksid (CO_2) dio infracrvenog zračenja apsorbira i ponovo zrači natrag na Zemlju umjesto da to zračenje produži u Svemir, te na taj način povećava zagrijavanje Zemlje. Ugljični dioksid je najznačajniji atmosferski plin uzročnik klimatskih efekata, vegetacijskih i drugih indirektnih efekata.

"Implicitna" je sposobnost građe (sastava) plinova da su oni aktivni na zračenje u području dugih valnih dužina.

I drugi poremećaji osim poremećaja ugličnog dioksida (CO_2) mogu također djelovati na klimatski sistem. Takvi utjecaji koji izazivaju klimatske poremećaje uključuju promjene u koncentraciji vodene pare, plinova u tragovima (malim



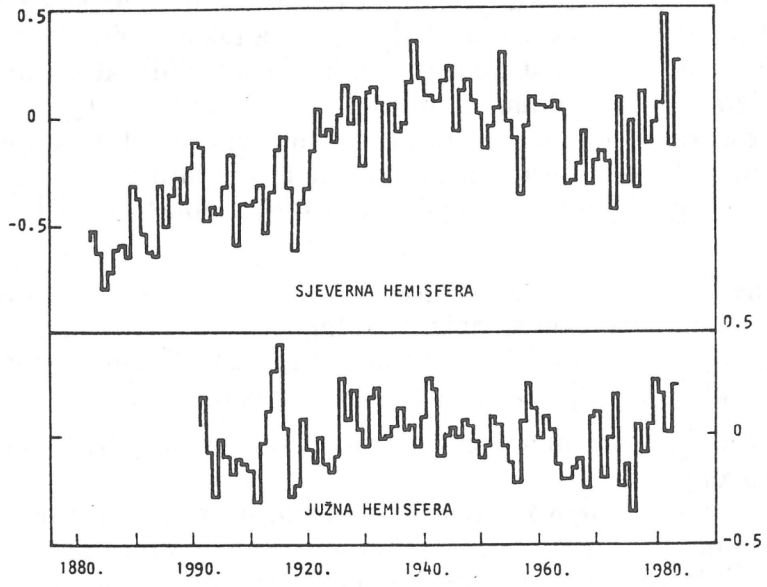
Sl. 4. Efekt staklenika

iznosima), vulkanskih suspenzija (čestica i tekućina) u zraku i drugih suspenzija (čestica i tekućina) prirodnog ili ljudskog porijekla. Također do poremećaja dolazi zbog promjena u toku Sunčeva zračenja koje upada na gornji sloj atmosfere. Svi ti prinudni mehanizmi mogu djelovati na klimu početno poremetivši količinu Zemljinog zračenja. Klimatski sistem tada teži da "odgovori" na takav način da obnovi ravnotežu u neto - energetskom iznosu i u mnoštvu sadržaja različitih atmosferskih sastojaka. Kombinirajući između fizikalnih, kemijskih, radioaktivnih (procesi zračenja) i dinamičkih procesa raspoređuju se utjecaji poremećaja na čitavi klimatski sistem. Ti poremećaji mogu tada rezultirati promjenama temperature, taloženja, smjerova i jakosti vjetrova, dosega (širinu) ledenjaka u morima, oblačnosti i kemijskog sastava atmosfere.

Prema navedenome može se utvrditi da su utjecaji porasta koncentracije ugljičnog dioksida i plinova (koji se nalaze u atmosferi) u tragovima, na klimu, složeni i ne sasvim razumljivi. Iz dosadašnjih proučavanja, istraživanja i mjerenja mogu se navesti slijedeći zaključci o utjecaju ugljičnog dioksida na klimatske uvjete:

- Ugljični dioksid je djelotvoran apsorber i emiter dugovalnog zračenja, ali slab apsorber Sunčeva zračenja.
- Kod smanjenja izlaznog dugovalnog zračenja iz najvišeg sloja atmosfere, tada globalna prosječna temperatura emitiranja klimatskog sistema mora porasti da bi se obnovila ravnoteža između izlaznog dugovalnog zračenja i neto-upadnog Sunčeva zračenja.

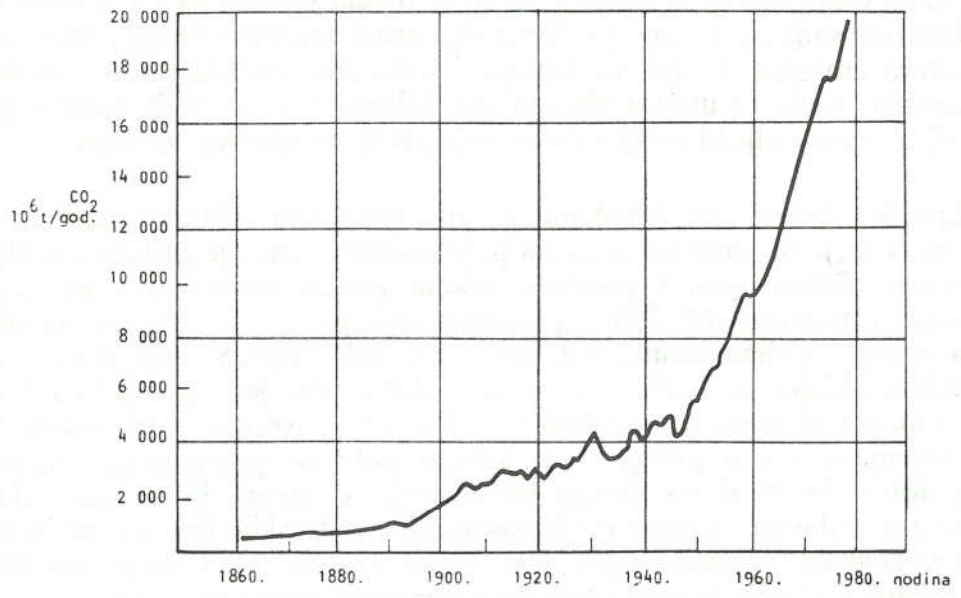
- S obzirom da više od 90 % dugovalnog zračenja emitiranog u svemirski prostor dolazi iz troposfere (približno 80 %) i s površine Zemlje (približno 12 %), porast globalne prosječne temperature emitiranja znači da kombinirana emisija u svemirski prostor (iz troposfere i kopna) mora porasti.
- Zbog konvekcije i miješanja u troposferi postoji jaka međusobna veza između temperaturnih promjena na površini Zemlje i onih što se javljaju kroz troposferu. Zbog toga će promjene globalnih srednjih temperatura na površini i onih u troposferi imati isti predznak. Slijedi, da zahtjev za povećanjem dugovalnog zračenja u prostor vodi zagrijavanju troposfere i površine (efekt staklenika).
- Kada raste koncentracija ugljičnog dioksida (CO_2) porast dugoročne emisije iz stratosfere (gore prema svemiru i dalje prema troposferi) je veći od porasta apsorpcije dugovalnog zračenja primljenog od površine. Iz toga slijedi, da postoje gubici energije zračenja i da dolazi do hlađenja stratosfere.
- Kako se atmosfera zagrijava, sposobnost atmosfere da zadrži vodenu paru raste, a raste također i iznos isparavanja na površini Zemlje. Prema tome, raste i količina vodene pare koja je prisutna u atmosferi.
- Budući da i vodena para stvara efekt staklenika, porast količine vodene pare također vodi zagrijavanju troposfere i površine. Prema tome, povećanje sadržaja vodene pare izaziva veće zagrijavanje od onog koje bi nastalo kad bi samo sadržaj ugljičnog dioksida porastao.
- Porast globalne srednje temperature ne znači da će svako mjesto (lokacija) na Zemlji osjetiti istu promjenu. Može, također, biti područja s hlađenjem i povećanim zagrijavanjem. (Slika 5. kretanje temperatura na južnoj i sjevernoj hemisferi)
- Da bi se održala ravnoteža između "priliva" i "odliva" pare u atmosferu, globalni iznos kondenzacije mora porasti da bi se odgovorilo na povećanje iznosa isparavanja. Porast, međutim, neće uvijek i svuda biti ujednačen, a to znači, da se može na pojedinim lokacijama povećati ili smanjiti.
- Kako klima postaje toplija, tako se općenito smanjuje količina leda u moru i širina snježnog pokrivača. U vrlo hladnim predjelima (npr. u Antartiku), snježne padavine mogu stvarno porasti za vrijeme prvih stupnjeva zagrijavanja (zbog povećanog sadržaja pare u zraku), sve dok se povećane snježne padavine ne otope kao rezultat daljnjeg zagrijavanja.



Sl. 5. Promjena temperature zraka na površini sjeverne i južne hemisfere

- Zbog relativno jake refleksije snijega i leda u odnosu na njihove manje površine, smanjenja količine leda u moru i snježnog prekrivača dovest će do povećane apsorpcije Sunčeva zračenja na površini Zemlje. Za povećanje apsorpcije Sunčevog zračenja radi zagrijavanja troposfere i površine Zemlje.
- Oblačnost može imati važnu ulogu u daljnjem povećanju ili usmjeravanju klimatskih promjena. Ljeti, povećanje oblačnosti u polarnim predijelima može povećati faktor refleksije i pomoći da se nadoknade promjene snijega i leda, dok zimi takva oblačnost može zagrijati površinu hvatanjem (upijanjem) infracrvenog zračenja. Promjene u količini, optičkoj prozirnosti i vertikalnoj dubini (širini) oblaka mogu izazvati temperaturne promjene, a ti procesi mogu unijeti velike nesigurnosti u modele simulacije.
- Povratno djelovanje i međudjelovanje mnogih drugih tipova može se također pojaviti među elementima klimatskog sistema. Npr., sušenje površine zemlje može voditi zagrijavanju (dovesti do zagrijavanja) zbog smanjenog isparavanja ili hlađenju koje je posljedica povećane refleksije i smanjene apsorpcije sunčeva zračenja.

S porastom broja stanovnika, a posebno s porastom potrošnje energije po stanovniku, znatno je porasla emisija ugljičnog dioksida (CO_2) iz fosilnih goriva (slika 6). Uljični dioksid (CO_2) u atmosferi porastao je za 25 % od 1800. do 1985. godine. To povećanje uslijedilo je najprije zbog sječe šuma za širenje agrokulture i upotrebe u industriji, a posljednje vrijeme zbog izgaranja fosilnih goriva. Značajan i nagli porast količine ugljičnog dioksida dogodio se nakon 1958. godine, kada počinje sistematsko mjerenje količine ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferi. Porast ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferi ipak je nešto manji od očekivanog s obzirom na ispuštanja u atmosfreru zbog izgaranja fosilnih goriva i smanjenja površine pod šumama. Manji porast je zbog toga, što u atmosferi dolazi do interakcije između atmosfere i ostalih izvora ugljika. Ove interakcije se moraju savladati i poznavati da bi se mogli načiniti modeli kojima bi se mogle odrediti buduće promjene koncentracije ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferi.



Sl. 6. Godišnje proizvodnje ugljičnog dioksida

Zbog složenosti međusobnog utjecaja između fizikalnih, kemijskih, radioaktivnih i dinamičkih procesa u klimatskom sistemu nije moguće izdvojiti niti jedan jednostavan odnos koji opisuje kako će se klimatski parametri mijenjati s promjenom sastava atmosfere. Za model se numerički mora riješiti sistem nelinearnih jednadžbi koji opisuje klimatski sistem. Rezultirajući sistem jednadžbi i tehnika njihova rješavanja zove se klimatski model. Modeli mogu biti bitno različiti po složenosti a ovisni su o tome za koju su namjenu rađeni i o ugrađenim razinama detaljnosti u opisivanju različitih procesa i mehanizama. Praćenje i točnost ulaznih podataka igra važnu ulogu u provjeravanju klimatskih modela. Analize klimatskih prilika u prošlosti korisne su kod prikaza prirodnih promjena klime, na nekoliko vremenskih i prostornih sistema.

Kod projiciranja prilika u budućnosti najvažnije je prepoznati razlike između klime i atmosferskog vremena. Atmosfersko vrijeme opisuje stanje globalnog sistema atmosfera - ocean - led - kopno u jednom vremenskom trenutku. Atmosfersko vrijeme se može predvidjeti samo nekoliko dana unaprijed. Nisu samo promatranja sadašnjih stanja neophodna da bi se napravilo točno dugoročnije predviđanje, nego također postoje i važna teoretska ograničenja koliko daleko unaprijed se specifični vremenski uvjeti mogu pouzdano predskazivati. Današnji modeli ne mogu dugoročno predviđati promjene atmosferskog vremena, iako će novi modeli u budućnosti biti u mogućnosti da predskažu moguće promjene u frekvenciji pojave različitih vremenskih događaja.

Klima je skup vremena, obično izraženih u odnosu na srednja (ili prosječna) stanja i varijacije oko tih srednjih stanja, uključujući takve statistike kao što je frekvencija padavina, poplava i suša. Normalna klima je zbirni rezultat međudjelovanja atmosfere oceana, mora, ledenjaka i kopna, s posebnim naglaskom na uključenje biosfere. Projekcija klime u budućnosti traži predodređivanje razvoja (kretanja) srednjeg ponašanja atmosfere, npr. prosječne zimske temperature. Na taj način, dok se istovremeno ne može predviđati atmosfersko vrijeme za određeni dan u siječnju, može se predvidjeti da će tipični dan u siječnju u 21. stoljeću biti topliji od tipičnog dana u siječnju ovog stoljeća, ili da će tipični siječanj za 100 godina imati više blažih dana od sadašnjeg siječnja. Donekle, drugi utjecajni faktori (npr. promjena toka Sunčeva zračenja ili sastava atmosfere) također određuju kako će se buduća klima razvijati. Kada bi utjecaj tih vanjskih faktora postao velik, točnija planiranja klime u slijedećem stoljeću zahtjevala bi bolje procjene njihova utjecaja.

Ljudska briga usredotočena je na promjene klime izazvane ugljičnim dioksidom (CO_2). Na primjer, svjetska poljoprivedna žetva je prilagođena lokalnom i regionalnom statusu quo, i posebno uskom pojasu prosjeka, a ne ekstremima, temperatura i padavina. Međutim, prepoznavanje postupnih odmaka od statusa quo zahtjeva mnogo godina klimatskih podataka, jednostavno zbog velike inherentne promjenjivosti klime od godine do godine. Zato, promjene prosjeka i frekvkencije ekstrema mogle bi značajno smanjiti svjetsku poljoprivrednu proizvodnju, dok i oni kojima promjene idu u prilog i oni kojima štete ne poduzimaju nikakvu akciju, čekajući dokaz da se klima uistinu promijenila. U stvari, klima kontrolira tekuću geografsku distribuciju mnogo međupovezanih biosferskih činilaca od neposrednog interesa za čovjeka (uključivo regionalne hidrološke cikluse) i obilje šumskih resursa, populacije divljači i riba, bolesti i štetočina, ugrožene vrste i tako dalje.

1.7. UTJECAJ UGLJIČNOG DIOKSIDA NA VEGETACIJU

Potencijal za neposredno povećanje rasta biljaka putem povećanja nivoa atmosferskog ugljičnog dioksida (CO_2) može biti značajan u istraživanju ciklusa ugljika. Znanstvenici, agronomi, već dugo znaju da povećane koncentracije ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferama staklenika povećavaju iznose i odnose u kojima se ugljični dioksid (CO_2) veže (pretvara s vodom u jednostavne šećere putem fotosinteze) u biljkama ako nije drugačije ograničen hranom, vodom, temperaturom, svjetlom itd. Ovaj efekt mogao bi se dalje povećati paralelnim klimatskim zagrijavanjem, proizvodeći dulje sezone rasta i brži rast.

Međutim, velike nesigurnosti postoje u promicanju zračenja dobivenog iz kontroliranih staklenika u vanjski svijet. Na primjer, povećane temperature povećale bi učestalost respiracije (cijepanje jednostavnih šećera na ugljični dioksid i vodu, suprotno od fotosinteze) tokom svijetlih i tamnih razdoblja, vjerojatno uravnotežujući povećanu fotosintezu tokom svijetlih razdoblja. Povećana fotosinteza zahtijeva povišenje ishrane i vode koje često ne mora biti raspoloživo u prirodi. Mnogi ekolozi vjeruju da je većina nekultivirane vegetacije trenutno limitirana drugim faktorima a ne ugljičnim dioksidom (CO_2), i da zato ne bi mogla dati odziv na povećanje razine ugljičnog dioksida (CO_2). Poljoprivredne kulture mogle bi isto tako biti spriječene da upotrebljavaju povećani atmosferski ugljični dioksid (CO_2) jer dodatni vezani ugljik u prirodi implicira dodatno gnojivo i vodu, što oboje potencijalno zahtijeva veću potrošnju energije fosilnih goriva.

Iako očito interesantno za gladni svijet, povećanje vezivanja ugljičnog dioksida (CO_2) u svjetskoj vegetaciji (povećana gustoća zemaljskog rezervoara ugljika) moglo bi također implicirati i popratni pad koncentracija atmosferskog ugljičnog dioksida (CO_2), reducirajući tako klimatske efekte. Danas takva, putem ugljičnog dioksida (CO_2), postignuta interakcija između ciklusa ugljika i klime nije ozbiljno ugrađena u modele, jer nema čvrstih podataka koji bi podržali postojanje takvog efekta a još manje koji bi ga kvantificirali. Budući klimatski efekti mogu biti sasvim drugačiji nego što se očekuje ako, na primjer, povećana fotosinteza zbog obogaćivanja atmosferskog ugljičnog dioksida (CO_2) postane normalna. Priroda bi mogla odgovoriti na klimu drugačije, s biljkama koje bi preživljavale veće suše i temperaturne ekstreme, gdje bi se produkti šuma generirali mnogo brže, a životinje koje pasu i insekti štetočinje bili manje ograničeni količinama biljne hrane. Hidrološki režimi bi se također mogli izmijeniti zbog, na primjer, manjih prirodnih protoka, jer bi biljke uzimale više vlage. Međutim, to su danas samo hipoteze koje čekaju da budu provjerene.

Postojanje veze između ugljičnog dioksida (CO_2) i vegetacije moglo bi samo rezultirati većim godišnjim kruženjem ugljika (povećanim sezonskim amplitudama atmosferskog CO_2) jer bi dekompozirajući organizmi imali više otpada i veće temperature pod kojima bi metabolizirali taj otpad. Takvo povećano godišnje kruženje moglo bi biti detektirano, posebno na velikim nadmorskim visinama sjeverne hemisfere gdje su kopnene mase najveće i povećanja temperature zbog promjene klime uzrokovane ugljičnim dioksidom (CO_2) bila bi najveća.

Iako je mnogo neizvjesnog, jasno je da je koncentracija atmosferskog ugljičnog dioksida (CO_2) u porastu. Zato je iznos u atmosferi sada i u budućnosti od najveće važnosti, bilo da je tema klimatski odziv, povećanje rasta biljaka, indirektni klimatski efekti ili društveni odzivi ili interakcija među svim tim.

2. EKOLOGIJA I OKOLINA

2.1 OPĆENITO O EKOLOGIJI, OKOLINI I ZAGAĐENJU

Ekologija se obično definira kao znanost o odnosima između organizama i okoline, pri čemu je okolina kombinacija vanjskih uvjeta koji utječu na rast i razvoj organizama. Čovjek kao organizam najvišeg stupnja razvoja samim svojim postojanjem djeluje i mijenja okolinu. Za razliku od drugih organizama čovjek stvara i povezuje kulturna, sociološka, ekonomska i politička zbivanja, pa tako može postaviti vremenske i prostorne veze između pojedinih zbivanja.

Zabrinutost čovjeka za propadanje i zagađenje okoline nije se pojavilo prvi put tek šezdesetih godina ovog stoljeća, već su zagađenje zraka, vode, kvarenje živežnih namirnica i drugi problemi okoline odavno poznati. Naime, od davnih vremena predodžbe o bolestima, uvjetovane okolinom, bile su daleko prihvaćenije nego danas. Svi ti problemi ponovo su izbili na površinu s industrijskom revolucijom, tj. vremenom koje je obilježeno naglim rastom tvornica, nicanjem velikog broja gradova, a što je imalo za posljedicu zauzimanja velikih površina zemlje, zagađenjem vode i zraka, stvaranja otpadaka i buke, te mijenjanje izgleda okoline.

Veoma je zgodna definicija okoline koju je dao Einstein, a ona glasi: "Okolina je sve što nisam ja". Prema tome okolina je cjelokupni prirodni sistem o kojem ovisi čovjek, zrak koji udiše, zemlja koja ga hrani, rijeke i jezera koja daju vodu, mora koja daju hranu i vodu, te atmosfera oko planete koja omogućava život na planeti.

Čovjek sa svojom aktivnošću odlučujući je činilac u mijenjanju okoline. Ta je aktivnost, doduše, povezana sa zadovoljenjem potreba, ali i s vladanjem ljudi kao potrošača. Struktura privrede prilagođuje se postavljenim privrednim ciljevima, koji su u prvom redu uvjetovani potražnjom. Zadovoljenje tih potreba uz određeni način života opterećuje prostor na Zemljinoj površini. Radi toga može se kazati da je opći napredak, u uvjetima tehnološke revolucije, postigao vrlo visoku razinu industrijskih aktivnosti, te vrlo visok životni standard za dobar dio stanovništva što je sve zajedno imalo veliki utjecaj na okolinu.

Povijesno gledano, čovjek je bio zauzet i ponesen tehnološkim uspjesima, te povećanjem osobnog i društvenog standarda tako da je kroz jedan vremenski period, zaboravio ili bolje rečeno zanemario utjecaj na okolinu. Tako je došlo do znatnog zagađenja zraka i atmosfere (posebno u urbanim sredinama), do smanjenja područja pod šumama, do toplinskog zagađenja vode i zraka (zagrijanih različitim industrijskim otopinama) itd. Iz navedenoga bi se moglo zaključiti da je civilizacijski napredak donio korist za čovječanstvo s jedne strane, dok bi se s druge strane moglo zaključiti da bi taj napredak kroz zagađenje okoline mogao uništiti samu civilizaciju. Međutim,

visoka razina kulturnog, znanstvenog i tehnološkog razvoja mora poslužiti kao osnova za razuman i harmoničan odnos između čovjeka i okoline. Čovjek će, prema tome, biti u stanju predvidjeti pozitivne i negativne aspekte razvoja, te u tom smislu osigurati sistemske mjere kojima će se minimizirati nepovoljni utjecaji na okolinu. Za očekivati je, da će današnji sukob između tehnološkog razvoja i očuvanja okoline biti pokretačka snaga koja će korigirati postojeće tehnologije i koja će uvesti nove tehnologije koje će manje zagađivati okolinu.

Što običan čovjek podrazumjeva kad čuje riječ zagađenje? Da li je to: prljavština, smeće, dim iz tvornica, kemikalije u hrani, bolest, materijalno ili duhovno siromaštvo itd.? Zagađenje ustvari obuhvaća sve u rasponu od onoga što smeta do onoga što ubija čovjeka. Da bi se navedeno potvrdilo, može se kazati da neke supstance (sredstva za lječenje ili za zaštitu) mogu biti spasioci života u jednoj situaciji, a u drugoj mogu ubiti čovjeka.

2.2 VRSTE ZAGAĐIVAČA I VRSTE ZAGAĐENJA OKOLINE

Prema današnjim saznanjima zagađivači okoline mogu se svrstati u četiri osnovne grupe:

- prirodni zagađivači
- minerali kao zagađivači
- izgaranje goriva
- upotreba kemikalija.

U prirodne zagađivače ubrajaju se sve vrste običnih (klasičnih) otpadaka, a među njima je najveći i u cijelom svijetu najrasprostranjeniji zagađivač nepročišćena otpadna voda. Svjetska zdravstvena organizacija po statistici navodi da se zagađena otpadna voda javlja uzrokom 80 % oboljenja u svijetu, te da oko 25 miliona ljudi u Trećem svijetu umire svake godine zbog zagađene vode. Prirodni organizmi razlažu biološke otpatke, ali zbog prekomjernog korištenja voda ostaju otpadne vode kao veliki zagađivači.

Suvremeni razvoj i tehnologija koriste velike količine različitih minerala među kojima su najopasniji: živa, kadmij, olovo, cink i drugi teški metali. Njihov kemijski sastav je takav da ga priroda ne može jednostavno rastvarati. Prevelika upotreba teških metala može prouzrokovati probleme. Naime, zbog svoje otpornosti na raspadanje (dugotrajnosti) oni se mogu nagomilati u tijelu životinja kroz lanac ishrane, i tako postaju opasni i po životinje i po čovjeka. Tako na pr. riba koja za svoju ishranu koristi manje ribe može imati i do 10 000 puta više žive u svom organizmu nego što je ima u okolini u kojoj žive ribe. Živa se koristi u mnogim industrijskim procesima i kod izrade pesticida, pa preko otpadnih voda ili preko površinskih voda dolazi do rijeka i mora. Kadmij se koristi kao premaz i kod proizvodnje baterija, a također je opasan za ljude. Zagađenje kadmijem najčešće se pojavljuje kod rudarenja metala i u topionicama. Kadmij napada pluća, bubrege, a može dovesti i do dezintegracije kostiju. Olovo, azbest i neki drugi elementi su također u veoma čestoj upotrebi, a mogu biti opasni po zdravlje čovjeka. Olovo napada mozak (specijalno djece), a azbestna prašina uzrokuje karcionom i azbestom koja je fatalna bolest pluća.

Kod izgaranja pojedinih klasičnih goriva (ugljen, nafta i derivati nafte, plin, drvo i otpaci, uljni škriljavci, biomasa i bioplin) oslobađa se veliki dio otrovnih plinova različitih sastava, koji mogu negativno utjecati na floru i faunu, te na ostala privredna dobra (na pr. građevine). U novije vrijeme veoma mnogo se posvećuje pažnje fotokemijskom smogu, kiselim kišama i sadržaju ugljičnog dioksida u atmosferi. Pored klasičnih goriva u proizvodnji električne energije upotrebljavaju se i nuklearna goriva.

Uran je osnovno nuklearno gorivo kod reakcije fisije (danas u komercijalnoj upotrebi) koji uzrokuje zagađenje kojeg se čovječanstvo najviše boji, a to je radijacija. Neki uranovi sporedni spojevi mogu biti smrtonosni kroz tisuće godina. Radijacija može uzrokovati karcinom, a učinci radijacije mogu imati i genetske posljedice.

Kemikalije koje je stvorio i koje stvara čovjek također su veliki zagađivači okoline. Danas je u upotrebi oko pedesettisuća kemijskih proizvoda u prodaji, a oko tisuću novih se godišnje proizvodi. Da je samo jedan dio od njih štetan, lako se može uočiti o kakvom se zagađenju radi. Radeći na novim kemijskim spojevima, čovjek je stvorio (načinio) kombinaciju takvih elemenata (spojeva) koji se rijetko zajedno nađu u prirodi i koji se veoma sporo (teško) raspadaju, pa se mogu nagomilati poput teških metala. Jedan od najpoznatijih je pesticid poznat pod imenom DDT koji je bio uzrokom ugibanja ptica grabljivica šezdesetih godina ovog stoljeća. Pored DDT-ja poznati su i opasni kemijski preparati koji služe za gašenje vatre, za izolaciju i plastifikaciju. Kemijski preparati koji dolaze u čovjeka preko vode, zraka ili hrane mogu biti jednako opasni ili opasniji od ostalih navedenih zagađivača.

Navedena podjela zagađivača je veoma gruba i ne javlja se svaka grupa zagađivača odvojeno, nego se one pojavljuju u različitim kombinacijama i različitih sastava i intenziteta.

Zagađenje okoline ostvaruje se kroz: zagađenje zraka, zemlje, vode, zatim stvaranjem i gomilanjem čvrstih otpadaka, stvaranjem buke i mijenjanjem izgleda okoline, te s obzirom na uvjete okoline i vrste zagađivača mogu se javiti i specifičnosti vezane za te uvjete i vrste. Sva zagađenja okoline imaju utjecaja na floru i faunu, a posredno i neposredno i na čovjeka.

2.3 ENERGIJA I OKOLINA

Problemi zaštite okoline vrlo su kompleksni, međusobno povezani i uvjetovani. Za njihovo sagledavanje i rješavanje neophodni su značajni znanstveno-istraživački napori i brojna originalna tehnološka rješenja. Tijekom protekla dva desetljeća u svijetu je sakupljeno veliko praktično i tehničko iskustvo i dobiveno niz podataka i informacija iz ove oblasti u svim područjima ljudske djelatnosti pa tako i u području energetike.

Budući da je energija temelj svih procesa u prirodi, to je u ovom momentu potrebno pripomenuti, da je zakon o održanju energije - temeljni zakon prirode. Civilizacijski razvoj čovjeka uglavnom je tekao paralelno s razvojem različitih mogućnosti korištenja oblika energije. Ne treba ipak zaboraviti da su korištenje energije i sva na tom temeljena tehnička i tehnološka dostignuća trebala služiti za postizanje prikladnog (prihvatljivog, zadovoljavajućeg) odnosa između čovjeka i okoline. Prema tome slijedi, da se i energija i njeno korištenje mora odvijati u razumnom skladu s ekološkim zakonima i principima.

Suvremeni energetski sistemi u uskoj su vezi s brojnim oblicima čitave ljudske djelatnosti. Energetika ima direktan utjecaj na tako bitne i različite grane ekonomije kao što su: industrija, transport i poljoprivreda, te na ekonomiju u cjelini, na socijalne i političke uvjete, na stanje okoline itd. Također, različiti faktori ljudskih aktivnosti imaju povratno djelovanje na uvjete i razvoj energetskih tehnologija. To je razlog zbog kojeg energetske sisteme treba gledati kao podsisteme ukupnog sistema (sklopa) ljudskih aktivnosti.

Kod praćenja rada energetskog sistema, predviđanja i planiranja njegova razvoja, te kod svih istraživanja u energetskom sistemu, mora se dati važnost međudjelovanju energetskog sistema i ekonomskih sistema, te okoline. Porast proizvodnje i potrošnje energije direktno djeluje na opću razinu tehnološkog napretka. Dostignuća u različitim područjima tehnologije imaju utjecaj na stanje energetske tehnologije, jer su sve tehnologije u međusobnoj zavisnosti.

Energija se pridobiva pretežno spaljivanjem fosilnih goriva i tako će sigurno biti u doglednoj budućnosti. Naime, vodene snage, nuklearna energija i biljno gorivo ne sudjeluju u ukupnoj potrošnji energije u velikoj većini zemalja ni s 10 %, a novi izvori (sunčeva energija, vjetar, more, itd.), odnosno tehnologije za njihovo korištenje ne mogu se u dogledno vrijeme brzo razviti da bi zamjenili fosilna goriva koja se troše u velikim količinama da podmire iz dana u dan sve veće potrebe u energiji izazvane industrijskim razvojem i porastom standarda stanovništva. Od fosilnih goriva ugljen i nafta, odnosno naftni derivati, predstavljaju glavninu fosilnih goriva koja se koriste, dok se u novije vrijeme u nekim zemljama pristupilo značajnijem korištenju prirodnog plina.

Spaljivanje ugljena, naftinih derivata i plina uvijek izaziva veće ili manje zagađenje okoline ovisno o količini, kvaliteti goriva i uređajima na kojima gorivo izgara.

Pri izgaranju goriva dolazi do emisije različitih oksida (među kojima su najpoznatiji sumporni i ugljični oksidi), produkata nepotpunog izgaranja i pepela. Sumporni i ugljični dioksid, te dim, predstavljaju najrasprostranjenije zagađivače atmosfere, upravo zato, jer je korištenje energije vezano uz svaku ljudsku aktivnost.

U razvoju energetike je i do sada vođeno računa o čuvanju okoline od zagađivanja i od uništavanja određenih prirodnih vrijednosti i kulturnih dobara. U tom pogledu ima vrijednih primjera i rezultata, kao što su mjere za pročišćavanje dimnih plinova, rekultivacija manjih površina na površinskim kopovima degradiranog zemljišta, mjere za sprečavanje erozije, izmještanje pojedinih spomenika kulture sa područja akumulacija voda i njihova zaštita na novim lokacijama i sl. Ipak, mjere koje se sprovode i rezultati koji se postižu daleko su ispod zadovoljavajućih, nužnih i mogućih. U porastu su količine štetnih materija koje iz procesa proizvodnje, transporta i potrošnje energije dospijevaju u zrak, u vodu i u zemlju kao i druge nepoželjne promjene okoline (buka i izgled).

Dosadašnji, a i sadašnji razvoj energetike bio je i sada je, u prevladavajućoj mjeri, usmjeren da se osiguraju potrebne količine energije, a nedovoljno usmjeren na čuvanje čistoće okoline zbog potrebnih velikih financijskih sredstava.

Bilo bi nepravedno optuživati energetiku za zagađivanje i ugrožavanje okoline iz procesa proizvodnje transporta i potrošnje energije jer bi sprovođenje efikasnijih mjera zahtjevalo mnogo više odgovornosti, te provođenje u život zakonom propisanih normi.

Iz navedenog slijedi, da se pred energetiku postavljaju dva suprotna zahtjeva: proizvodnja, transport i potrošnja oblika energije s jedne strane, te očuvanje okoline od zagađenja s druge strane.

Osim toga kod energetike se mora uvažiti i činjenica, da se energetskim sistemima snabdjevaju velika područja jedne ili čak više zemalja i da je energetika od primarne važnosti za odvijanje normalnog života društva. Ta činjenica postavlja veoma stroge zahtjeve za pouzdan rad energetskih sistema. Naročito velike štete

mogu nastati uslijed greške u radu elektroenergetskog sistema koje dovode do raspada sistema.

Da bi se ilustriralo navedeno navodi se raspad elektroenergetskog sistema SAD u 1965. godini. Kod tog raspada veliki dio nacionalnog teritorija, uključujući njegov najveći grad New York, bio je potpuno odvojen od napajanja električnom energijom gotovo 14 sati. Rezultat toga raspada je dezorganizirani život u cijelom području i gradu, sva industrijska i transportna mreža prestala je raditi, povećao se broj nesretnih slučajeva, te porastao kriminal u gradu ostalom u mraku.

U energetici koncept pouzdanosti i opće tehničke savršenosti je određen dostignućima u energetskoj znanosti, koja je u međusobnom djelovanju s fundamentalnim, primijenjenim, prirodnim i tehničkim znanostima. Napredak u energetici utječe na kibernetiku, matematiku, fiziku, kemiju itd., a dostignuća u tim disciplinama utječu na dostignuća u energetici.

Osim navedenoga suvremena energetska znanost uzima u obzir (prati) energetske tehnologije kao veliki sistem, čije rezultate mora koristiti u svom razvoju.

Kad se govori o ekološkim problemima i energetici, teško je samu energetiku odvojiti od drugih tehnoloških procesa, tako da se vrlo često mora promatrati i međusobni utjecaj velikog broja zagađivača. Dugo se vremena vjerovalo da su elektrane na ugljen, odnosno ugljenu prašinu riješile svoj problem ugradnjom prečistača, što je samo donekle točno s obzirom da i dalje ostaje problem ispuštanja oksida, devastiranog zemljišta površinskim kopovima, ogromnim količinama jalovine, šljake i pepela čije će deponije desetljećima ugrožavati okolinu.

Posljednjih godina sve se više obraća pažnja na povećanu radioaktivnost šljake i pepela, te radioaktivnih plinova koje emitiraju velike elektrane na ugljen i druga fosilna goriva.

Problem radioaktivnosti najuže je vezan uz izgradnju nuklearnih elektrana. Naime, utjecaj nuklearnih elektrana na okolinu može biti primaran i sekundaran.

Kad se govori o primarnom ili direktnom utjecaju nuklearne eletrane na okolinu, prvenstveno se misli na plinske i tekućinske ispuste u okolinu iz tehnoloških sistema elektrane. Sekundarni utjecaj nuklearnih elektrana na okolinu ostvaruje se putem radioaktivnog otpada.

Radioaktivnim otpacima smatraju se one otpadne materije koje sadrže radioaktivne izotope u granicama iznad najveće dozvoljene koncentracije radioaktivnih izotopa u čovjekovoj okolini. Osnovna podjela radioaktivnog otpada proizlazi iz njegovog agregatnog stanja. Dakle, radioaktivni otpad može biti: kruti, tekući i plinoviti, a o njihovom utjecaju bit će više riječi u posebnom poglavlju.

Zbog toga je mišljenje koje je još uvijek ponegdje prisutno, naime da se energijom i energetikom trebaju baviti samo energetičari, a ekologijom biolozi sasvim pogrešno. Ekologija treba biti znanost koja u sebi uključuje najbolje dijelove svih ljudskih znanja stoga ona mora angažirati široki spektar užih znanstvenih disciplina za dobro čovjeka i njegovog opstanka na Zemlji.

2.4 RIZIK ZAGAĐENJA

Za privredni i društveni razvoj potrebne su sve veće količine energije prilagođene za zadovoljavanje raznih ljudskih potreba. Proizvodnju energije prate velike promjene u prirodnoj i radom stvorenoj sredini - fizičke, kemijske i biološke. To je neminovna oznaka razvoja. Pitanje je, sa stajališta ljudskih potreba, koje su od

tih promjena podnošljive, poželjne i opravdane, a koje su na štetu njihovog zadovoljenja, odnosno kakav se rizik može prihvatiti.

Općenito se može reći da bilo koja ljudska aktivnost kao posljedicu daje određeni rizik po čovjeka i okolinu. Za razliku od rizika koji su izazvani ljudskim aktivnostima, čovjek se od samog početka življenja na našoj planeti suočavao s prirodnim rizicima (vulkan, poplave, itd.). Dakle, od samih početaka razvoja civilizacije čovjek je razmišljao kako obuzdati neke prirodne pojave, odnosno kako reducirati rizik po njega samoga.

Razvojem velikih tehnoloških sistema javila se potreba za zaštitu čovjeka i njegove okoline tj. za smanjenjem rizika. Dakle, na višem stupnju razvoja dolazi se do razine iznad koje društvo ne želi prihvatiti daljnje povećanje rizika. Navedena činjenica i zahtjev javnosti da se odredi razina prihvatljivog rizika pridonijeli su brzom razvoju tehnika procjene rizika koje omogućavaju kvantifikaciju razine rizika prouzročenog od strane čovjeka.

Međutim, uočeno je da prihvatljiva razina rizika ovisi o društvenim, ekonomskim i političkim situacijama u pojedinim zemljama. Zbog toga, u današnjoj društveno-ekonomskoj situaciji u svijetu, nije moguće propisati apsolutne standarde rizika. Dakle, nameće se kao imperativ razvoj i primjena jednostavnih i racionalnih metoda tretiranja rizika. U tom slučaju, sigurnost čovjeka i njegove okoline predstavlja dobro koje se kao i svako drugo dobro može kupiti samo uz određenu cijenu.

Proizvodnja pojedinih proizvoda zahtijevala je primjenu određenih tehnoloških postupaka, pri kojima se emitiraju štetni otpaci u okolinu. Prostorna i vremenska raspodjela tih emitenata, uz djelovanje difuzije, izaziva veću ili manju koncentraciju zagađivača. Kritična koncentracija degradira okolinu, dodatno je opterećuje i u krajnjem nanosi štetu. Stoga je prijeko potrebno predvidjeti dobro odmjerene zaštitne mjere da bi se onemogućile takve kritične situacije, odnosno prekoračenja razine rizika.

Svako novo tehnološko dostignuće nosi sa sobom i određeni rizik za ljude i ljudsku okolinu u cjelini. Tehnološki napredak istovremeno povećava ekonomsku moć društva čime se stvaraju neophodni uvjeti za smanjenje rizika. Svaka društvena zajednica se tijekom svog razvoja nalazi u stanju izvjesne labilne ravnoteže između prohtjeva za tehnološkim razvojem i zahtjeva za preispitivanjem i smanjenjem rizika po zdravlje i život ljudi te vrijednosti ljudske okoline. Ipak, većina tehnološki razvijenih zemalja je u svom razvoju prošla kroz određene periode kad se mnogo veća pažnja poklanja tehnološkom razvoju nego ekološkim temama. Rizici vezani uz takvu politiku bili su često izuzetno visoki. Tehnološki razvoj je uz sve prednosti praćen i s brojnim ljudskim žrtvama, te devastacijom prirodnih ljepota, ljudskog okoliša i prirodnih vrijednosti u cjelini.

Što je zapravo rizik?

Zagađenje okoline vjerojatno povećava šansu dobivanja karcinoma. Da li se treba preuzeti ovaj rizik kao neizbježnu cijenu industrijskog napretka? Što znači jednom u 10 milijuna godina? Često se kaže da su ideje o riziku pretjerane. Svi sudionici u rizicima, ne misle o njima. U svijetu godišnje gine do 300.000 ljudi na cestama, ali to nas ne zaustavlja kod kuće. Svi hoćemo imati automobil i svi hoćemo voziti. Prema tvrdnjama nuklearnih stručnjaka i proizvođača nuklearne opreme, ozbiljan udes kod nuklearnog reaktora moguć je jednom u 10 milijuna reaktorskih

godina. Ipak ljudi predaju svoje živote dobrovoljno jedrenju, vožnji automobila, pušenju, vožnji bicikla u gužvi, a neće ni sanjati da žive blizu nuklearne elektrane. Zar to nije nelogično?

Zaštitnici okoline protive se principu "jedna šansa u 10 milijuna" na različite načine. Prvo, kažu takve brojke su nerealne, ako je propuštena jedna mogućnost, cijeli pokazatelj je poremećen. Drugo, sličnost je samo jedna strana rizika, pa se postavlja pitanje: Što je sa skalom mogućih pošasti? Nuklearni akcident neće ubiti samo direktno, već će i uzrokovati tisuće smrti od karcinoma godinama kasnije, te genetičke promjene kroz generacije. Osim toga, kažu, ima i razlike između opasnosti (rizika) koje čovjek svjesno izabere - na pr. letenje zmajem - i onih koje ne može izbjeći (otrovi, zagađena voda itd.). Postavlja se pitanje: Čak i ako su usporedbe između rizika točne, jesu li one relativne? Tako na pr. čovjek može umrijeti prije od gripe nego od radijacije, ali se može pitati da li jedna opasnost čini drugu prihvatljivom? Znači, treba pravilno odmjeriti prednosti i uravnotežiti rizike i potrebe. Ako će nestati energije, nuklearna energija može biti rješenje ili pesticidi mogu ubiti, ali glad je još smrtonosnija.

Ovakve računice se poremete ako postoje različite alternative opasnostima. Ponekad ih nitko ne traži dok ih rizik ne zabrani. Kada se počelo kontrolirati zagađenje iz automobila i počeli postavljati uvjeti i ciljevi, industrija je rekla da su postavljeni uvjeti nemogući. Nakon zabrane proizvodnje automobila koji su prekomjerno zagađivali okolinu, nedugo nakon toga pojavljuje se izum koji se ugrađuje u automobil i manje se zagađuje okolina.

Kad je u pitanju rizik, može se pitati: Da li je pošteno da oni ljudi koji rade u opasnoj industriji ili žive blizu rizika od kojega će stradati samo zato što će industrija koristiti društvu? Što se događa kada među rizicima postoji mogućnost izbora? Procjena izvršena u 1981. godini za nesreću na jednom evropskom plinskom terminalu (radi se o plinu metanu) bila je, da bi poginulo oko 250.000 ljudi. Vlasti nisu zabranile rad terminala, nego su naredile da se ugrade inicirajući uređaji tako da se nekontrolirani izlazak plina zapali (eksplodira) na samom terminalu, znači, prije nego što bi došao do stanovništva. Vlasti su se vodile idejom da je bolje reskirati živote relativno malog broja radnika koji imaju koristi od rada na terminalu, nego više ljudi koji nemaju direktne koristi od tog rada.

Jedna studija o riziku rađena u Velikoj Britaniji u 1977. godini dala je jednu preporuku - da oni koji su u opasnosti imaju "važan glas" u odlučivanju da li bi se rizik trebao dozvoliti. Međutim, prije nego što ljudi koji su izvrgnuti riziku mogu dobiti moć odlučivanja, trebaju znati činjenice koje često mogu biti nesigurne. Bolje dati činjenice koje su nesigurne nego držati ljude bez informacija, jer je jako dobro poznato da tajnost pothranjuje strah. Strah ide u rasponu od smješnoga do tragičnoga, pa je radi toga strah jedan od glavnih razloga da se ne objelodanjuju detalji zagađenja. Većina problema o zagađenju okoline uvjetuje sukobe između ekonomskih interesa na jednoj strani, te zdravlja i brige za očuvanje dobara na drugoj strani. Očuvanje okoline znači dodatno ulaganje financijskih sredstava, a to znači obavezu za vlade i privredu da osiguraju ta potrebna dodatna sredstva.

Da se ne bi zaustavio razvoj društva ili jednog njegova dijela, znanstvenici i stručnjaci trebaju predložiti jedinstvene postupke za utvrđivanje racionalnih kriterija prihvatljivog rizika u fazi planiranja daljnjeg razvoja nacionalnih ekonomija. Na temelju tako definiranih jedinstvenih kriterija prihvatljivog rizika potrebno je odrediti da li je neka tehnologija dovoljno sigurna. Pitanje sigurnosti neke tehnologije moguće je utvrditi na način da se usporedi njezin rizik s drugim rizicima, već prihvaćenim u društvu.

Iz navedenoga slijedi, da bogate i razvijene zemlje mogu daleko više ulagati u sigurnosne sisteme bez obzira što se postiže relativno malo smanjenje rizika. Zemlje u razvoju prilikom analize rizika i analize mogućnosti za njegovo smanjenje, ograničene su vlastitim ekonomskim mogućnostima. Zbog toga se kao jedan (najčešći) kriterij može uvesti dohodak po glavi stanovnika kao mjera za određivanje najprihvatljivije razine rizika.

Prema tome, u sadašnje vrijeme problem zagađenja ili očuvanja okoline (osiguranje izvjesne razine rizika) sve je prisutniji i teži u nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju. Nerazvijene zemlje su još uvijek manje izložene tehnološkim rizicima, jer u tim zemljama osnovni egzistencijalni problemi i prirodne nepogode, predstavljaju glavne rizike. Međutim, kod zemalja u razvoju postoji izvjesna tehnološka razina koja sa sobom nosi izvjesne rizike, a te zemlje obično nisu u stanju financirati aktivnosti vezane za smanjenje razine rizika. Osim toga zemlje u razvoju su manje ili više ovisne o uvozu tehnologija, a to ujedno znači o prijenosu i prihvaćanju tehnologija iz razvijenijih zemalja, pa često automatski prenose i kriterije za zaštitu okoline iz tih zemalja, koji ne moraju uvijek biti prikladni za zemlju uvoznicu tehnologije. Zbog toga često dolazi do situacija da zemlje uvoznice tehnologija i istovremenog uvoza razine rizika plaćaju visoku cijenu za smanjenje razine rizika, a istovremeno nisu u stanuju platiti znatno nižu cijenu za daleko veće rizike na drugom području. Veoma čest je slučaj da se zemljama u razvoju prepuštaju (ustupaju) zastarjele tehnologije koje u razvijenijim zemljama nisu više rentabilne bilo zbog prevelikog zagađenja okoline, bilo zbog eventualnih drugih rizika koje sa sobom nose.

Smanjenje rizika, u pravilu, zahtjeva značajne tehnološke promjene i velika financijska sredstva, pa je radi toga potrebno ispravno usmjeriti sredstva u ona područja gdje će se postići najbolji rezultati.

2.5 GLOBALNI I LOKALNI PROBLEMI ZAGAĐIVANJA

Kad se govori o ekološkim problemima, nikada se ne smije zaboraviti, da je to jedna vrlo široka materija, koja zadire praktički u sve pore ljudske djelatnosti. Prekomjerno zagađenje zraka, vode i tla raznim industrijskim otpacima koji sadrže toksične materije, toplinsku energiju, radioaktivne elemente, odnosno emitiraju u okolinu buku i vibracije najrazličitijih valnih dužina, treba svim mogućim sredstvima svesti u dozvoljene granice.

Osnovna je značajka velikih industrijskih postrojenja da zauzimaju velike površine zemlje. Tako na pr. termoelektrana ne zauzima zemljište gdje je ona izgrađena, nego zauzima zemljište vezano za rudnik, pomoćne pogone (transport) itd. Svi ti pogoni utječu na okolinu zagađivanjem zraka, otpadnim vodama, stvaranjem buke itd., te na taj način sprečavaju, ometaju ili pogoršavaju korištenje prostora drugim zainteresiranim korisnicima ili stanovništvu. Zbog sve veće industrijalizacije, zbog sve većeg broja stanovnika i sve višeg njihova standarda, prostor postaje sve više ograničavajući faktor. Do kada će se moći zauzimati prostor? Prostor će se moći zauzimati sve do granica fizičke i psihičke podnošljivosti stanovništva. Prema dosadašnjim iskustvima psihička granica podnošljivosti postiže se znatno prije od fizičke granice podnošljivosti. Sve dok se ne postignu te granice podnošljivosti, sve do tada se industrijska postrojenja smatraju blagodatima (zbog mogućnosti rada i većih zarada), a nakon toga prestaju biti faktori blagostanja.

Do prije nekoliko godina na zagađenje okoline gledalo se uglavnom s legalnog stajališta, znači, gledalo se samo neposredno zagađenje okoline (zraka, vode, zemlje itd.) dok su se globalni aspekti uglavnom zanemarivali. Međutim, u poslijednje

vrijeme se počinje sve više pažnje posvećivati globalnim problemima zagađenja okoline. Naime, pokazalo se, da se na vrlo velikim rastojanjima od izvora koji zagađuju okolinu javljaju globalni nepovoljni efekti od kojih su najpoznatiji: propadanje vegetacije zbog "kiselih kiša", promjena klime, zagađenje mora i razaranja ionosfere. Sve ove pojave bit će, zbog njihova ogromnog značenja i utjecaja, u nastavku detaljno opisane.

Dobro je poznato da atmosfera služi kao zaštitni omotač koji štiti Zemlju od prekomjernog hlađenja ili zagrijavanja. Zbog te uloge potrebno je nešto više kazati o atmosferi. U atmosferi pored dušika (do 79 % volumena) i kisika (do 21 % volumena) postoje i drugi elementi (argon, ugljični dioksid itd.), te vodena para i druge smjese. Prisutnost vodene pare i ugljičnog dioksida u atmosferi ima bitan utjecaj na toplinske uvjete na Zemlji. Sadržaj ugljičnog dioksida u atmosferi procjenjuje se na oko 0,03 %. Taj iznos varira s intenzitetom životnih aktivnosti, a u prvom redu sa zastupljenošću procesa izgaranja. U velikim gradovima postotak ugljičnog dioksida može porasti i do trostrukog normalnog iznosa.

Također je poznato da se sastav atmosfere mijenja polako, ali neke promjene mogu biti nepovratne. Najveću zabrinutost ekologa izaziva primjetan porast sadržaja ugljičnog dioksida u atmosferi. Do povećanja ugljičnog dioksida u atmosferi dolazi zbog sve većeg smanjenja vegetacije i zbog sve većeg zagađenja oceana, te povećane potrošnje fosilnih goriva u energetici, industriji, prometu i širokoj potrošnji. U posljednje vrijeme zamjećeno je smanjenje površina pod šumama zbog sječe šuma i zbog bolesti uvjetovanih uglavnom kiselim kišama. Naime, šume imaju bitnu ulogu u održanju ravnoteže u atmosferi. Zbog toga, što za vegetaciju uzimaju ugljični dioksid iz atmosfere, a izlučuju kisik u atmosferu. Zagađenje vodotoka i mora dolaze uglavnom zbog otpadnih voda i svega što one sa sobom donose, zbog prevelike upotrebe pesticida i ostalih kemikalija, zbog istjecanja nafte, te zbog razvoja takvih vrsta mikroorganizama koji sprečavaju sunčevu energiju da dođe do podmorske vegetacije. Naglim porastom potrošnje tekućih goriva, došlo je do velike trgovine i transporta nafte i derivata nafte. Danas se misli da u more i oceane istječe godišnje do dvanaest milijuna tona nafte i to prilikom pridobivanja nafte iz podmorja, prekrcaja nafte iz tankera, istjecanje iz tankera prigodom kvarova i udesa, te kod pranja brodova itd. Film (mrlja) kojeg načini jedna tona nafte na površini vode dostiže i do 12 km^2, pa je oko jedne petine oceana već pokriveno s tankim slojem nafte, a samim tim sprečava međudjelovanje morske flore i faune s atmosferom.

3. ZAGAĐENJE OKOLINE KOD PRIDOBIVANJA I PRIJEVOZA PRIRODNIH OBLIKA ENERGIJE

3.1 ZAGAĐENJE OKOLINE KOD PRIDOBIVANJA GORIVA RUDARENJEM

Pridobivanje goriva (svih vrsta ugljena, urana i uljnih škriljavaca) vrši se rudarenjem, koje može imati znatan utjecaj na okolinu. Promjene okoline nastupaju znatno prije početka pridobivanja goriva, jer je bilo potrebno ispitati i utvrditi rezerve, te provesti potrebna ispitivanja za projektiranje rudnika. Promjene okoline povećavaju se s početkom pridobivanja goriva, a povećavaju se s povećanjem proizvodnje u ovisnosti o vrsti i kvalitetu goriva i o vrsti rudarenja. Naime, poznato je da postoje dvije osnovne vrste rudarenja i to: podzemno (jamsko) i površinsko rudarenje.

Pridobivanje goriva rudarenjem na užu i širu prostornu zonu djeluje: razaranjem okoline (zemljišta), zagađenjem zraka i vode, stvaranjem buke i mijenjanjem izgleda okoline, te stvaranjem otpadaka.

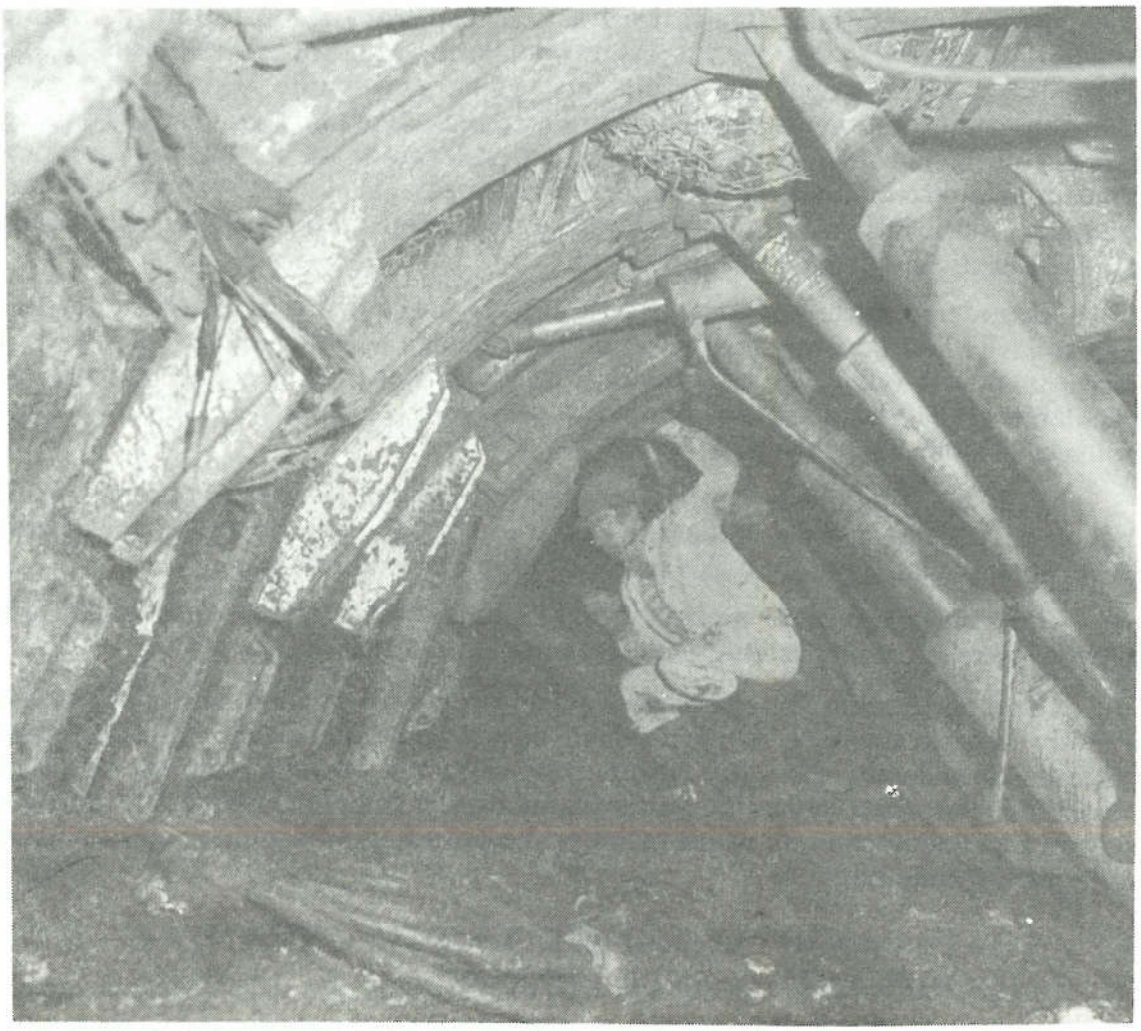
Fizičko razaranje zemljišta je temeljni utjecaj na okolinu kod pridobivanja goriva rudarenjem. Ovo razaranje je postupno i u funkciji je dinamike razvoja rudnika, a posljedice za okolinu ne samo da traju za vrijeme pridobivanja goriva, nego ostaju i nakon prestanka rada rudnika.

Površinsko pridobivanje goriva (slika 7) ima znatno veći utjecaj na zagađenje okoline nego jamsko pridobivanje, pa će se radi toga detaljnije u nastavku opisati, a nakon toga će se ukratko navesti posebnosti (specifičnosti) podzemnog kopa (slika 8). Najveći utjecaj na okolinu kod površinskog pridobivanja goriva je zauzimanje i degradiranje velikih površina zemljišta. Za one površinske kopove kod kojih se gorivo nalazi na manjoj dubini postižu se manja fizička razaranja zemljišta. Međutim, stalno povećanje proizvodnje goriva radi održavanja koraka sa energetskim potrebama ekonomski opravdavaju i otkopavanje na većim dubinama, što se neposredno odražava i na opseg fizičkog razaranja. Danas se vrše ozbiljne pripreme za otkopavanje lignita i sa koeficijentom otkrivke od 15 : 1, što znači da se za jednu tonu ugljena mora otkopavati 15 m^3 otkrivke, ili npr. za godišnju proizvodnju od 5 106t ugljena čak $75 \times 10^6 m^3$ otkrivke. Kako se otkrivka mora otkopavati pod kutem koji garantira stabilnost njene završne kosine to se amfiteatri površinskih kopova formiraju sa izuzetno velikim dimenzijama koje zahvaćaju čitava područja, gdje se pod utjecajem fizičkog razaranja mijenja njihova konfiguracija i remeti prirodna ravnoteža.

Sl. 7. Izgled površinskog kopa ugljena

Zauzimanje velikih površina zemljišta ima za posljedicu povećanje cijena goriva zbog:

- potrebe preseljenja naselja (stambeni i društveni objekti, komunalna infrastruktura i drugo), troškovi preseljenja stanovništva (prekvalifikacija, zapošljavanje itd.), te troškovi uređenja novih lokacija
- potrebne naknade vrijednosti zemljišta i naknade za poljoprivredne kulture
- rekonstrukcije i preseljenja saobraćajnica
- troškova izmještanja i uređenja vodotoka, troškova zbog sanacije promjena u režimu podzemnih voda u utjecajnoj zoni itd.
- zaštite kulturnog, povijesnog i arhitektonskog naslijeđa
- potrebne rekultivacije zemljišta i otklanjanja ostalih zagađenja okoline.



Sl. 8. Detalj iz podzemnog kopa ugljena

Poseban značaj u smislu fizičkog razaranja imaju jalovišta i odlagališta, koja čak i kad su manjih dimenzija, ozbiljno utječu na okolinu. Sama činjenica da se u početnoj fazi površinskog pridobivanja goriva odlaganje otkrivke najčešće mora vršiti na vanjskim odlagalištima utječe na širenje zona neposrednih fizičkih razaranja, uništavanja zemljišta i promjena morfologije terena. Pod fizičkim razaranjem ne podrazumijevaju se samo rezultati primarnog razraranja kao posljedica otkopavanja masa otkrivke i goriva već i svi oni sekundarni utjecaji koji također mijenjaju morfologiju terena. Od sekunarnih utjecaja koji izazivaju fizička razaranja najvažnije mjesto zauzimaju posljedice odvodnjavanja. Snažni pumpni agregati u sistemima odvodnjavanja osiguravaju sniženje razine podzemnih voda i to u dužem vremenskom periodu. Sniženje razine podzemnih voda ne može biti realizirano samo za najuže područje rudnika, već se utjecaj depresije, najčešće, osjeća na mnogo širem prostoru nego što je to prostor rudnika. Taj utjecaj izaziva slijeganje terena, izmjenu hidrogeološkog režima i iznenadno kretanje masa u obliku klizišta.

Razvoj površinskih kopova izaziva značajne promjene u režimu podzemnih i površinskih voda, kao što su: isušivanje kontaktne zone kopova zbog sniženja kote podzemnih voda u kopovima, promjene režima podzemnih voda u prekopanom zemljištu, izmještanje vodotokova, formiranje umjetnih akumulacija vode. Tome treba dodati i probleme degradacije površinskih i podzemnih voda. Ove promjene imaju utjecaja na mikro-klimu, kvalitet poljoprivrednog zemljišta, uvjet snabdjevanja vodom privrede i stanovništva i dr. Dok otpadne vode, kao i kod drugih procesa, imaju izrazito negativan utjecaj na okolinu.

Zagađenje zraka kod površinskih kopova posljedica je u prvom redu prašine koja se javlja kod kopanja goriva, zatim je posljedica oksidacionih procesa kako kod goriva tako i na odlagalištima jalovine i goriva. Pored navedenoga bitan utjecaj na zagađenje zraka imaju ispušni plinovi iz svih vrsta strojeva koji se upotrebljavaju prilikom pridobivanja goriva.

Prilikom pridobivanja goriva površinskim kopom, javljaju se ogromne količine otpadaka (jalovina i drugi minerali), zatim se, zbog upotrebe velike mehanizacije, stvara velika buka, a posebno ako se koristi eksploziv kod miniranja.

Površinski kop bitno mijenja izgled kraja u kome se nalazi zbog velikih iskopa jalovne i goriva, te zbog velikih strojeva i izgrađene infrastrukture.

Kod podzemnih kopova najveći negativan utjecaj imaju efekti od slijeganja tla izazvani otkopavanjem, a to se posebno osjeća kad otkopavanje ugljena prekorači kritične (dozvoljene) dimenzije. Kod ovog slijeganja nastaju štete na površinskim objektima (putevima, prugama, građevinama itd.), a često slično kao kod površinskih kopova i na vodotocima, ili sa još težim posljedicama (pojava plina, pojava podzemne vode, zarušavanje itd.)

3.2 ZAGAĐIVANJE OKOLINE KOD ISTRAŽIVANJA I PRIDOBIVANJA NAFTE I PLINA

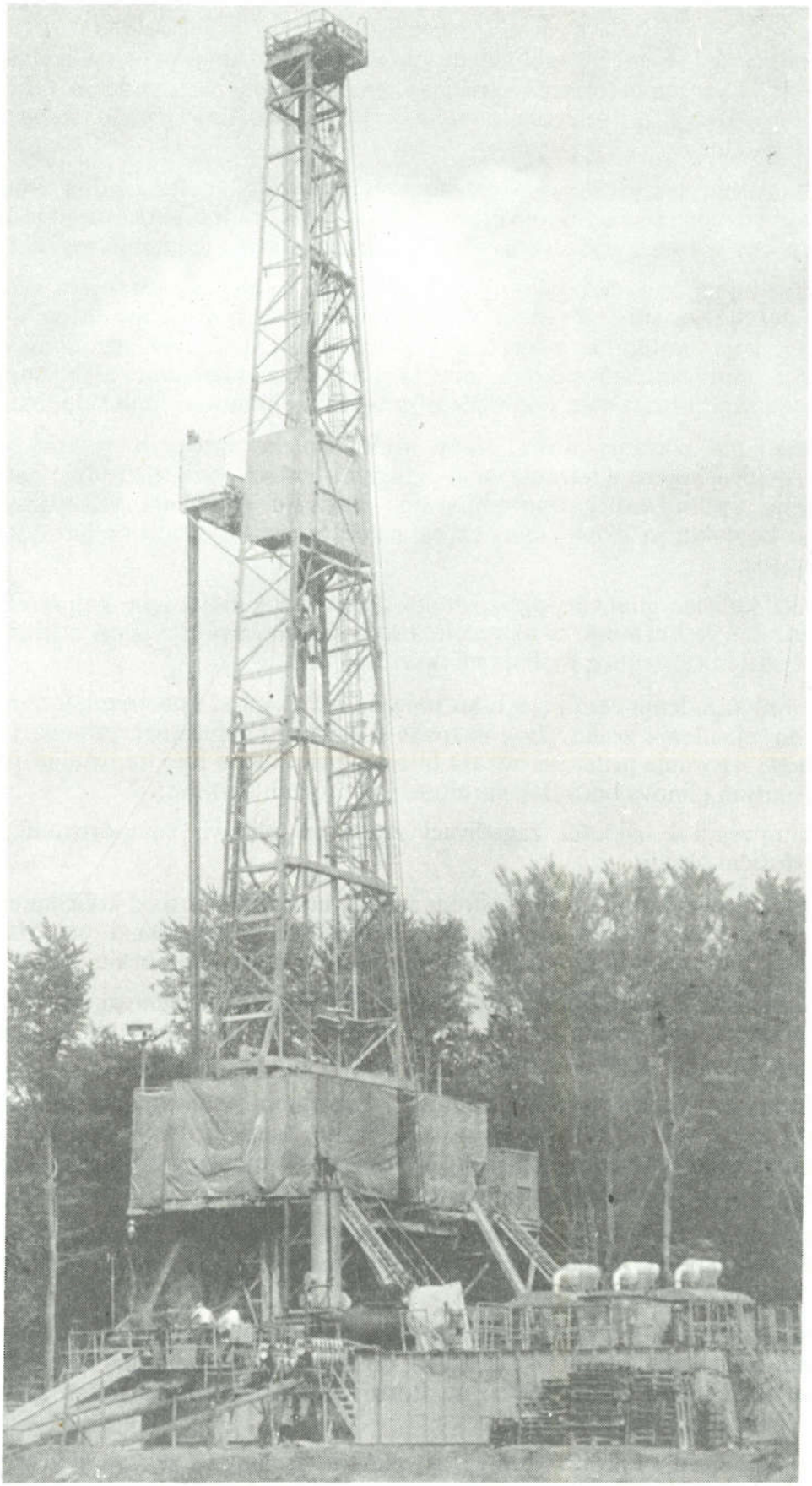
S obzirom na to, da se danas vrši veliki broj istraživanja nafte i plina u podmorju, te da se isto tako veliki dio proizvodnje nafte i plina ostvaruje iz podmorja, to će biti potrebno razlikovati utjecaj istraživanja i proizvodnje nafte i plina u podmorju na okolinu od onoga na kopnu.

Tekući i plinoviti ugljikovodici su zbog svojih izuzetno povoljnih karakteristika, kako na energetskom, tako i petrokemijskom planu, prisutni u najrazličitijim oblicima, gotovo u svim etapama egzistiranja života na zemlji, pa ih ova činjenica stavlja u red najvećih, potencijalnih zagađivača okoline.

Tehnološki procesi istraživanja i pridobivanja tekućih i plinovitih ugljikovodika, u kojima su moguća zagađenja većih, pa čak i katastrofalnih razmjera, posebno su interesantni s aspekta očuvanja okoline.

Tehnologija istraživanja i proizvodnje nafte i plina je veoma složena multidisciplinarna znanstveno-tehnička aktivnost. Ta kompleksnost uvjetovana je velikom složenošću procesa nastanka ugljikovodika, te drugim karakteristikama nafte, plina i pratećih fluida.

Najčešći su slijedeći tehnološki procesi: bušenje ležišta nafte i plina; osvajanje, ispitivanje i priprema bušotina za proizvodnju, sama proizvodnja nafte i plina, te skupljanje, priprema i transport nafte i plina. Pri svim tim poslovima najteži ekscesi su: erupcije nafte i plina iz bušotina, požari pri erupcijama ili na sabirnim, utovarnim i transportnim sistemima, te nekontrolirano istjecanje nafte i plina.



Sl. 9. Istraživanje (bušenje) nafte i plina na kopnu

Budući da se pod zagađenjem okoline podrazumijeva zagađivanje zemlje, zraka, vode, stvaranjem buke i otpadaka, te mijenjanjem izgleda, u tehnološkom procesu istraživanja i proizvodnje nafte i plina, posebnu pažnju treba posvetiti zagađenju okoline.

Zagađenje zemljišta pri istraživanju i proizvodnji nafte i plina svodi se na: zauzimanje površina te zagađenje gornjeg sloja kad se radi o istraživanjima na kopnu (slika 9), a kad se radi u podmorju (slika 10), u tom slučaju je pitanje zagađenja mora.

Izgradnjom stalnih i privremenih objekata na zemlji, smanjuju se obradive površine zemlje za duži ili kraći vremenski period. Zagađenja većeg ili manjeg intenziteta, koja nastaju u svim etapama aktivnosti, izazivaju viši ili niži stupanj degradacije zemljišta, što također ima za posljedicu smanjenje zemljišnog fonda. Degradacija zemljišta nastaje pod utjecajem fizičkih i kemijsko-bioloških faktora.

Neželjeno izlivanje nafte, slane vode, isplake i drugih kemijskih, veoma složenih spojeva, koji se u tehnološkom procesu istraživanja i proizvodnje nafte i plina (zbog svoje specifičnosti) upotrebljavaju, izazivaju čitav niz kemijsko-bioloških reakcija u kontaktu sa zemljištem, što se najčešće izuzetno nepovoljno odražava na plodnost istog.

Veće količine glinovito-pjeskovitog i šljunkovitog materijala, koji se eruptivnim putem izbacuje iz bušotina, u najvećem broju slučajeva prestavljaju ozbiljnu fizičku barijeru egzistenciji biljnog raslinja na ugroženu tlu.

Pored zagađenja zemlje, u toku rada na istraživanju i proizvodnji nafte i plina, dolazi i do zagađenja zraka zbog erupcije toksičkih i zagušljivih plinova (slika 11), zbog plinova izgaranja prilikom požara bilo na bušotinama bilo na ostalim pogonima, te zbog ispušnih plinova bušačkih garnitura i pomoćnih strojeva.

Najopasniji i najčešći zagađivači zraka su plinovi: sumporovodik, ugljični dioksid i dušični oksidi.

Stupanj zagađenosti zraka u širem smislu, ne zavisi samo od količine emitiranih plinova, nego i od načina prodiranja u atmosferu, a također i od čitavog niza meteoroloških uvjeta, koji mogu povećati ili smanjiti sadržaj plinova u zraku.

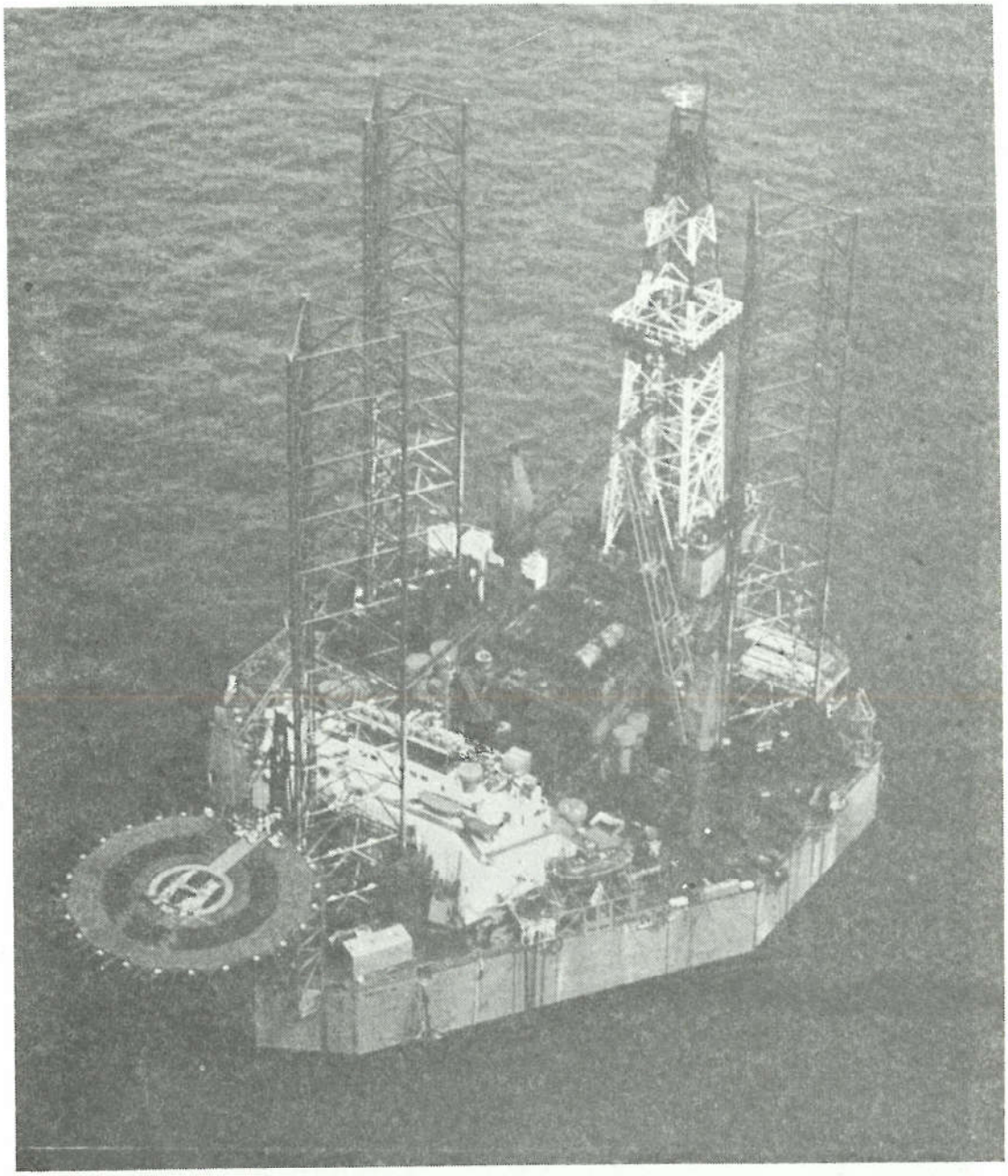
Površinske i podzemne vode zbog velike rasprostranjenosti, rastvorljivosti i drugih karakteristika, veoma često postaju objekti ozbiljnih zagađenja, koja nastaju u toku intenzivnih aktivnosti na istraživanju i proizvodnji nafte i plina.

Voda se najčešće zagađuje naftom i gazolinom. Zahvaljujući manjoj gustoći spomenuti zagađivači formiraju na površini vode, tanji ili deblji sloj, koji sprečava direktnu komunikaciju vode sa zrakom, što dovodi do njenog osiromašenja kisikom, a to najčešće ima teške posljedice za biljni i životinjski svjet.

Istjecanje slane vode i otrovnih plinova, izbacivanje čvrstih čestica i dr. materijala iz bušotina, također može zagaditi znatne količine vode sa posljedicama sličnim onima pri zagađenju naftom.

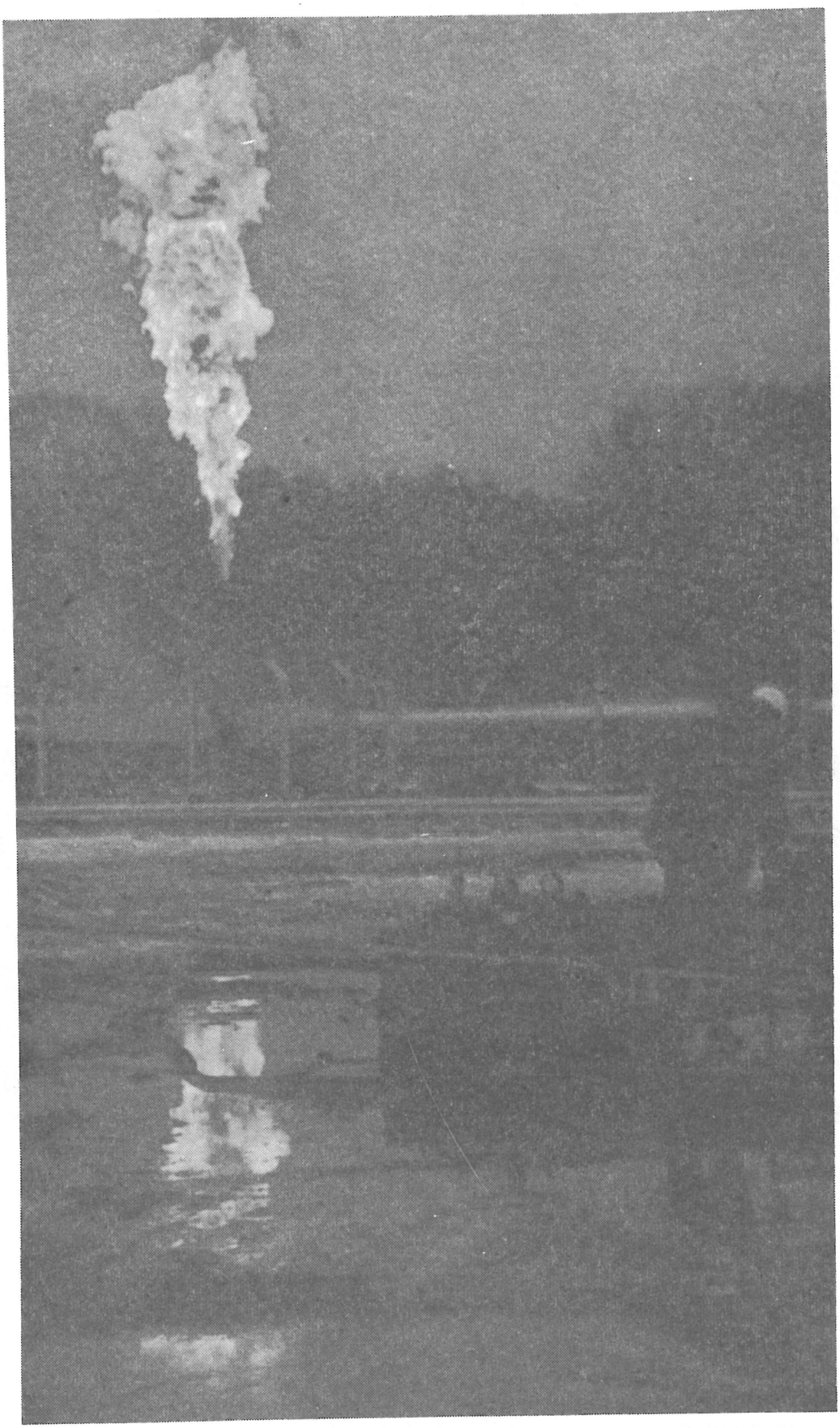
Proizvodnja nafte i plina na moru ne bi trebala imati osobito značajne utjecaje na okolinu, osim u slučajevima kada dolazi do istjecanja nafte i plina na platformama. Istjecanja nafte imaju veliki utjecaj na floru i faunu u moru, a mogu se zagaditi i priobalna područja (masne mrlje).

Pri istraživanju i proizvodnji nafte i plina ne javljaju se značajniji kruti otpaci, a stvara se buka od glasnih i pomoćnih strojeva koja može biti dosta velika za radnike koji neposredno rade na istraživanju i proizvodnji nafte i plina.



Sl. 10. Platforma za istraživanje nafte i plina na moru

Izgradnjom svih stalnih i privremenih objekata i postrojenja mijenja se izgled okoline, koji nema bitnog utjecaja, osim kada se radi o istraživanju i proizvodnji nafte i plina uz morsku obalu, gdje izgled može smetati turistima.



Sl. 11. Erupcija plina na bušotini

3.3. UTJECAJ SJEČE BIOMASE NA OKOLINU

Biomasu čine sve vrste drveća, te poljoprivredni i šumski ostaci. Za svoj razvoj biljke uzimaju ugljični dioksid iz zraka, koji s vodom uz prisustvo kloroplasta stvara ugljikohidrate i kisik neophodan za život na Zemlji.

Iz navedenoga slijedi da je biljna masa, u prvom redu šume (slika 12) stabilizirajući (korigirajući) faktor okoline. Naime, šume, pored toga što proizvode kisik, čuvaju tlo od erozije, usporavaju tok oborina i tako sprečavaju poplave, te utječu na klimu okoline.

Nekontrolirana sječa šume, veliki požari, te razne bolesti, odnose veliku količinu biljne mase čime remete ravnotežu okoline, omogućavaju (pospješuju) eroziju tla, te brže otjecanje oborina. Zbog toga je neophodno potrebno vršiti sječu planski, vršiti pošumljavanje i čuvati šume od bolesti.

Sječa šuma ima za posljedicu promjenu estetskog izgleda (prosjeci, putovi), a posebno veliki utjecaj na izgled okoline imaju požari (slika 13a i 13b). Nestanak šuma ima utjecaja i na promjenu flore i faune, te na stvaranje relativno velikih količina otpada.

Sl. 12. Panorama šumskog područja

Sl. 13a. Početak šumskog požara

Sl. 13b. Izgled rastinja nakon požara

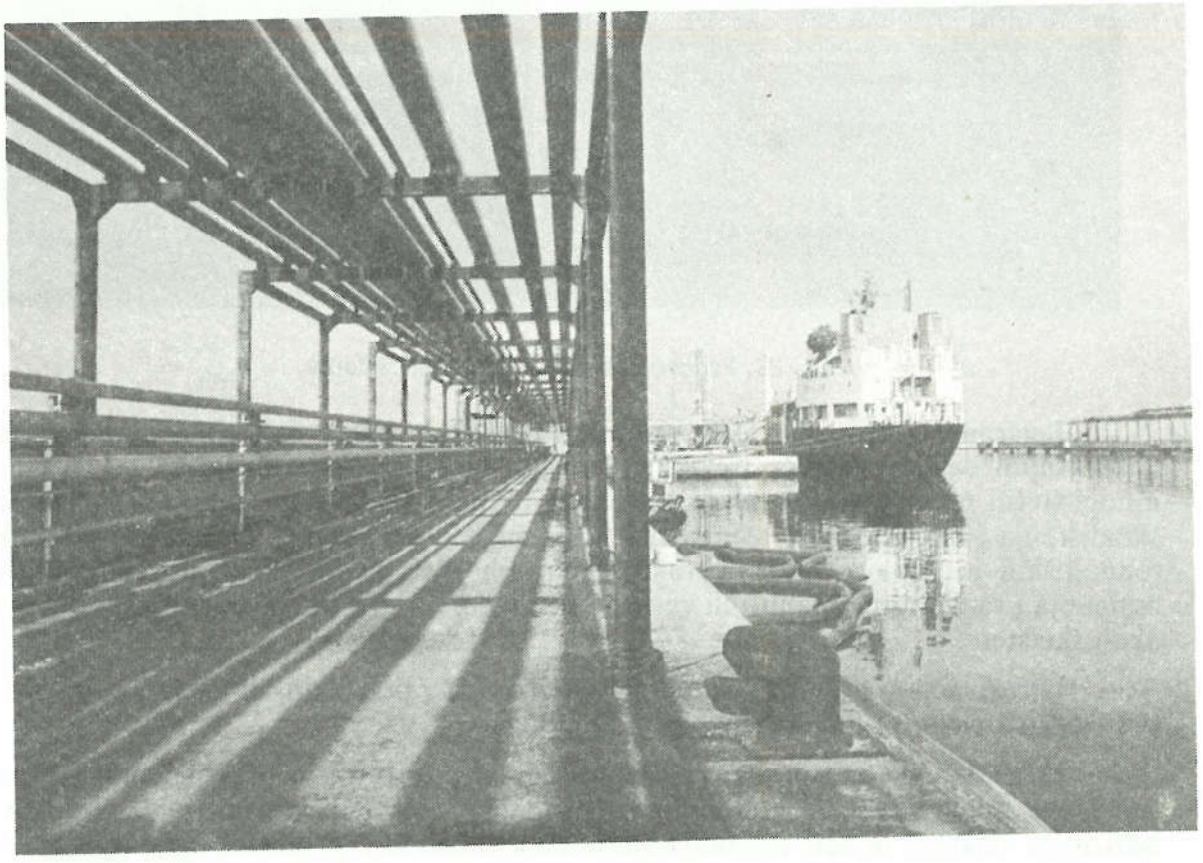
3.4 UTJECAJ PRIJEVOZA PRIRODNIH OBLIKA ENERGIJE NA OKOLINU

Razvojem potrošnje energije, razvili su se slijedeći načini prijevoza i prijenosa prirodnih oblika energije

- prijevoz morima, jezerima i rijekama (slika 14)
- prijevoz cestama i putovima (slika 15)
- prijevoz željeznicom (slika 16)
- prijenos cjevovodima
- prijenos transportnim trakama i žičarama, te kombinacije prijevoza i prijenosa oblika energije.

Energija se obično mora prevesti odnosno prenijeti od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje. U tu svrhu, mada različito intenzivno, koriste se sva raspoloživa sredstva prijevoza i prijenosa energije. U međunarodnom prometu energije more - kao put koji povezuje i najudaljenije zemlje, igra - što je i razumljivo najznačajniju ulogu. U unutrašnjem prometu međutim, uloga pojedinih načina i sredstava prijevoza i prijenosa vrlo je različita od jedne do druge zemlje, zavisno od niza faktora (geografskih, hidroloških, stupnja razvijenosti, klime, prirodnih bogatstava itd.).

Za obavljanje prijevoza i prijenosa oblika energije potrebno je u strojevima i pogonima potrošiti izvjesnu količinu prirodnih, pretvorbenih i korisnih oblika energije.



Sl. 14. Prijevoz oblika energije tankerima

Sl. 15. Prijevoz oblika energije na cestama

Izgaranje goriva, naročito ugljena i derivata nafte u ložištima i motorima s unutrašnjim sagorijevanjem uzrokuje emisiju spojeva i krutih čestica od kojih su mnogi štetni po zdravlje čovjeka i čovjekovu okolinu. Osim toga, u vrijeme prijevoza, skladištenja i manipulacije, uslijed fizičko-kemijskih karakteristika goriva i tehničko-tehnoloških i organizacijskih karakteristika tih djelatnosti, dolazi do isparavanja, rasipanja i razlijevanja manjih ili većih količina goriva, što pored ekonomske izaziva i ekološke štete.

Istraživanja u svijetu pa i ona u nas obavljena pokazuju, da se ni sva goriva ni sva sredstva prometa ne ponašaju u tome jednako.

Prijevoz ugljena i drveta vrši se uglavnom željeznicom, beskonačnim trakama (na kraće udaljenosti), te kamionima. Rasipanje se javlaja kod utovara, istovara ili iskliznuća vlakova, ili kod slijetanja kamiona s ceste. Kod prijevoza ugljena ne dolazi do velikih zagađenja okoline, za razliku od prijevoza nafte i plina kada može doći do većih zagađenja.

Sl. 16. Prijevoz oblika energije željeznicom

Prijevoz nafte i plina obavlja se tankerima, cisternama, naftovodima i plinovodima. Rasipanja (gubljenja) su neznatna ako se prijenos energije vrši naftovodima i plinovodima, a mogu biti znatno veća ako se transport obavlja brodovima i cisternama. Zbog sve veće napetosti u svjetskim odnosima i trgovini naftom, sve je više potopljenih i oštećenih brodova koji prevoze naftu i plinove, što se i danas gotovo svakodnevno događa u Perzijskom zaljevu. Ta gubljenja nafte i plina su veliki zagađivači površine mora. Radi toga je ispuštanje čak i najmanjih količina nafte, drivata i petrokemikalija izričito zabranjeno u teritorijalnim vodama i u području do 50 nautičkih milja od obale u međunarodnim vodama. U okviru ovih ograničenja određene su i količine koje se smiju ispuštati za svaku kategoriju broda, zajedno s podacima o dinamici ispuštanja (broju litara po nautičkoj milji).

Prema podacima obalske straže SAD samo u 1977. godini u teritorijalnim vodama SAD bilo je registrirano 10.556 izljeva nafte i derivata u količini od 34.000 m^3.

Utjecaj prijevoza i prijenosa prirodnih oblika energije na okolinu koje čine strojevi i sredstva za prijenos i prijevoz oblika energije, bit će posebno obrađeni u poglavlju o utjecaju prometa na okolinu.

4. ZAGAĐENJE OKOLINE UVJETOVANO PRETVORBAMA OBLIKA ENERGIJE

4.1 ZAGAĐENJE OKOLINE KOD POSTUPAKA ISPLINJAVANJA I RASPLINJAVANJA UGLJENA

Isplinjavanje je ustvari destilacija ugljena bez kemijske promjene sastojaka, pri čemu najveći dio čine kruti otpaci. Samo isplinjavanje se provodi dovođenjem topline bez prisustva zraka, a iz goriva se izlučuju plinovite i tekuće tvari dok se krute tvari talože u pećima.

Iako se postupkom isplinjavanja dobiva koks, polukoks, plinovi i tekući ugljikovodici, ne bi se smjelo zaključiti da se plinovi i tekućine koji se dobivaju isplinjavanjem već nalaze u ugljenu.

U koliko se isplinjavanjem želi kao glavni produkt dobiti koks u tom slučaju se postupak isplinjavanja naziva "koksiranje", a u koliko se dobiva polukoks postupak se naziva "švelovanje".

Proces proizvodnje plinova i tekućih ugljikovodika u suštini je isti kao postupak švelovanja i koksiranja, s tom razlikom što je kod švelovanja glavni proizvod katran i polukoks, a kod koksiranja koks, dok su kod proizvodnje plina i tekućih ugljikovodika koks, polukoks i katran sporedni proizvodi. Jedan od najčešćih i najvažnijih plinovitih proizvoda je rasvjetni plin, a benzol, amonijak i naftalin od tekućih ugljikovodika.

Za postupak isplinjavanja (slika 17) potrebna je relativno velika površina zemlje (za pretovar i skladište ugljena, za glavno i pomoćna postrojenja za isplinjavanje, te skladišni prostor za produkte plinifikacije). Osim zauzimanja zemlje, dolazi do zagađenja okoline uslijed rasipanja ugljena, krutih čestica koje izlaze s dimnim plinovima, te od otpadnih ulja i vode koji se koriste u procesu isplinjavanja.

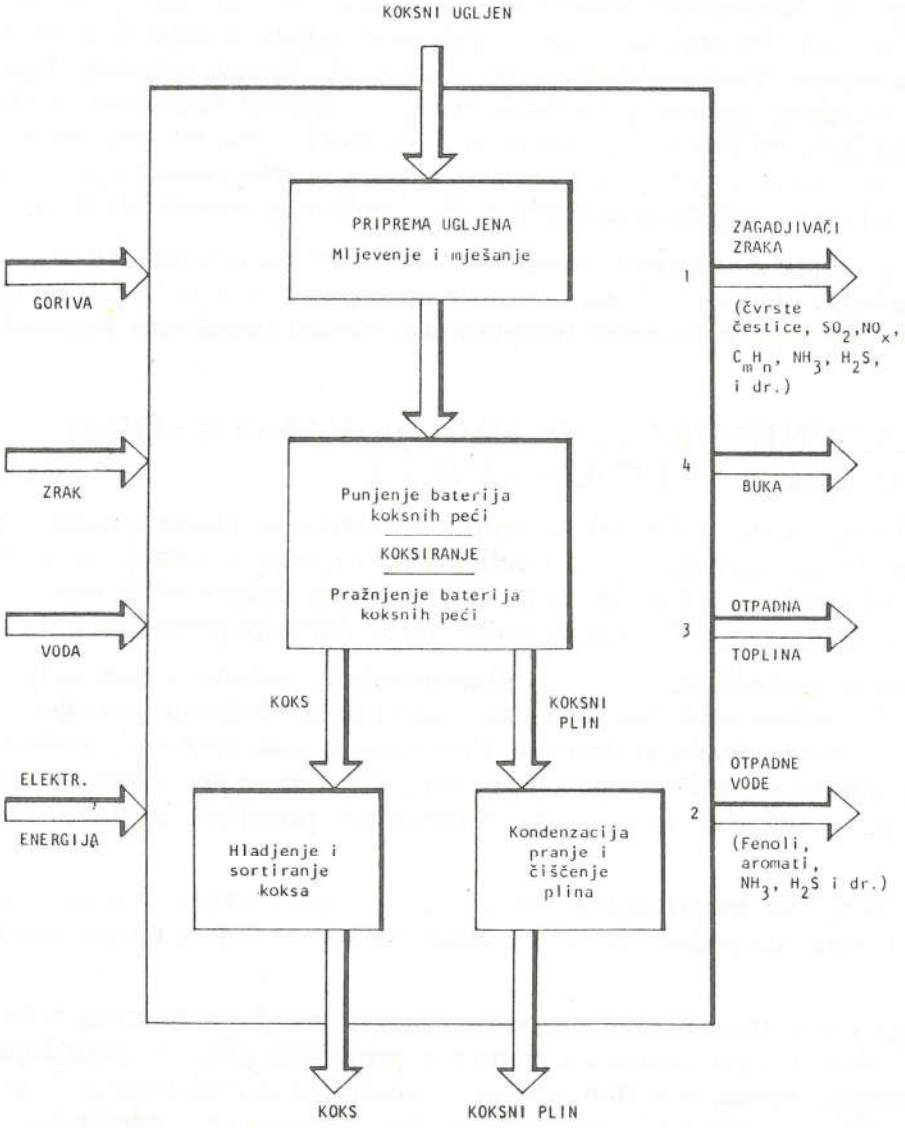
Zagađenje zraka može biti dosta veliko zbog stvaranja ugljičnog dioksida, sumporovodika i ostalih plinova izgaranja, te uslijed čestica u plinovima izgaranja. Zbog proizvodnje (bilo kao sporednog ili glavnog produkta isplinjavanja) plinova postoji trajna opasnost od pojave požara.

Upotrebom mehanizacije za pretovar i utovar, te korištenjem transportnih traka i ostalih pomoćnih pogona, javljaju se otpadna ulja i otpadne vode, koji mogu zagaditi bilo tekuće vode (rijeke), bilo stajaće vode (mora i jezera).

Pri postupku isplinjavanja javlja se dosta krutih otpadaka i čestica koje mogu zagaditi okolinu. Samo postrojenje s pomoćnim pogonima i skladištima, te otpacima,

znatno mijenja izgled okoline. Buka koja se stvara od pogonskih strojeva i eventualnog izlaska plinova i para može stvarati probleme radnicima i stanovnicima u neposrednoj blizini.

Postupak rasplinjavanja ugljena vrši se u postrojenjima koja se nazivaju plinskim generatorima ili sa podzemnim nalazištima ugljena. U plinskom generatoru izgara ugljen, pa zrak ili smjesa drugih plinova, ili vodena para, u dodiru s ugljikom čine kemijsku reakciju. Prema tome, rasplinjavanje ugljena je kemijski proces u kome se gorivi sastojci ugljena pretvaraju u gorive plinove i pepeo. Postupkom rasplinjavanja mogu se goriva slabijih kvaliteta pretvarati u plinovita goriva koja se bolje mogu koristiti kod potrošača.



Sl. 17. Shematski prikaz rada i zagađenja okoline iz koksare

Rasplinjavanje ugljena služi za dobivanje različitih vrsta plinovitih goriva. Vrste i sastav plinovitih goriva koji se dobivaju rasplinjavanjem uglavnom ovise o sastavu goriva te o mediju u kome izgara gorivo (zrak, smjesa plinova, vodena para, smjesa zraka i vodene pare).

Kada se radi o postupku rasplinjavanja ugljena u plinskim generatorima, utjecaj na okolinu sličan je utjecaju kod isplinjavanja ugljena s napomenom da se kod rasplinjavanja ugljena javljaju znatnije količine pepela, a izraženije su pojave ugljičnog dioksida i ugljičnog monoksida. Kod rasplinjavanja ugljena u plinskim generatorima može se utjecati na odnos ugljičnog dioksida (CO_2) i ugljičnog monoksida (CO).

Podzemno rasplinjavanje ugljena je s gledišta zagađenja okoline veoma atraktivno, jer se proces odvija pod zemljom pa je mali utjecaj na okolinu.

Glavni je problem podzemnog rasplinjavanja uz zarušavanje rovova, nadzor cirkulacije plinova. Proces se postepeno odvija od jednog kraja nalazišta prema drugome, pa se bušotinama kojima se u početku odvodio plin postepeno dovodi komprimirani zrak. Taj zrak se spaja s ugljikom iz ugljena u ugljični dioksid (CO_2) uz oslobađanje topline. Tom toplinom griju se udaljeniji dijelovi ugljenog sloja, u kojima se provodi redukcija ugljičnog dioksida (CO_2) u ugljični monoksid (CO). Ovaj se postupak razlikuje od procesa u plinskom generatoru samo u tome što se gorivo ne pomiče, već se ugljeni slojevi postepeno zahvaćaju i rasplinjavaju, pa je radi toga teško postaviti pravi omjer ugljičnog dioksida (CO_2) i ugljičnog monoksida (CO).

Temperature u nalazištu za vrijeme rasplinjavanja obično nisu dovoljno visoke jer velike količine vlažnog ugljena i jalovine apsorbiraju znatne količine topline. Radi toga proizvedeni plin, zbog niske temperature, obično sadrži veći postotak ugljičnog dioksida.

4.2 ZAGAĐENJE OKOLINE UVJETOVANO RADOM RAFINERIJA I DEGAZOLINAŽA

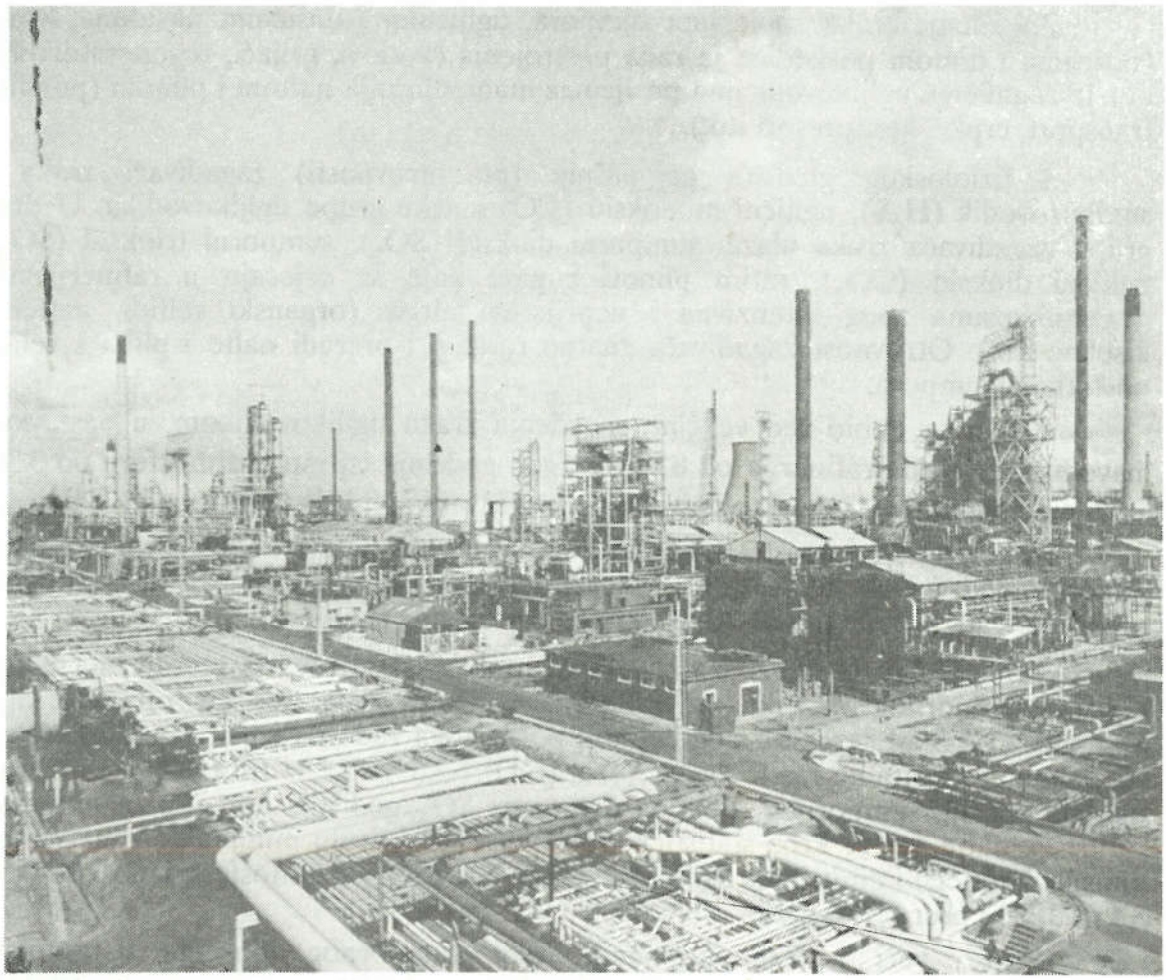
Rafinerije nafte (slika 18) su skup postrojenja za preradu nafte u prikladnije oblike energije za potrošnju. Broj i veličina postrojenja u jednoj rafineriji u prvom redu ovisi o kapacitetu rafinerije, zatim o kemijskom sastavu nafte koja se prerađuje, te o količini, strukturi i svojstvima derivata koji se dobivaju preradom nafte.

Osnovno postrojenje u svakoj rafineriji nafte je kolona za destilaciju, a za svaku dalju preradu proizvedenih destilata potrebna su druga dodatna postrojenja koja ovise o traženoj strukturi i kvaliteti derivata. Proizvodnja, pak, pojedinih derivata ovisna je ne samo o potrebama tržišta nego i o sastavu nafte koja se prerađuje, pa radi toga nije uvijek moguće uskladiti mogućnosti proizvodnje pojedinih derivata s potrebama tržišta.

Rafinerije se mogu graditi da prerađuju naftu samo u goriva, ili samo za maziva ulja ili pak da proizvode cijeli spektar produkata koji se mogu dobiti preradom nafte.

Degazolinažama se nazivaju postrojenja za izdvajanje tekućeg naftnog plina iz prirodnog plina. Uz proizvodnju i pripremu prirodnog plina za potrošnju, proizvodi se: etan, propan, butan, izobutan, pentan i paralni (primarni) benzin. U preradi plina upotrebljavaju se slijedeći postupci i to: apsorpicija, odsorpcija i metoda niskotemperaturne separacije.

U uvjetima niskih cijena energije razvili su se i doživjeli komercijalnu afirmaciju tehnološki postupci u preradi nafte i plina koji su energetski ekstenzivni, a



Sl. 18. Izgled jednog postrojenja za preradu nafte

koji nisu dovoljno vodili računa o utjecaju na okolinu. Radi toga je, pred nove tehnologije u preradi nafte i plina postavljen zahtjev za zaštitu okoline u neposrednoj blizini postrojenja kao i u širem području gdje se realizira korištenje derivata nafte i raznih vrsta plinova. Povećanje udjela sumpora u nafti i plinu posebno je zaoštrilo problem zaštite okoline oko postrojenja za preradu nafte i plina. Došlo je do usavršavanja postojećih i uvođenja novih tehnologija, pri čemu je znajčajno promijenjen kriterij njihova vrednovanja. Pored ekonomičnosti poslovanja koji je ranije bio skoro jedini kriterij značajna je postala i ekološka prihvatljivost tehnoloških postupaka.

Opseg i vrsta zagađenja okoline uslijed rada rafinerija i degazolinaža ovise o:

- primijenjenoj tehnologiji, odnosno tipu i strukturi postrojenja
- kvalitetu ulaznih sirovina i kvalitetu izlaznih proizvoda
- kapacitetu postrojenja odnosno opsegu prerade sirovine.

Postrojenja za preradu nafte i plina zauzimaju relativno velike površine zemlje, ne stvaraju posebno veliku buku i ne mijenjaju bitno izgled okoline. Međutim, ta postrojenja mogu bitno zagaditi zrak i vodu.

Zagađenje zraka spojevima sumpora, ugljičnim i dušičnim oksidima, krutim česticama i dimom posljedica je rada postrojenja (kotlovi, grijači, regeneratori itd.), dok je zagađenje ugljikovodicima posljedica manipuliranja naftom i plinom (punilišta, transport, crpke, kompresori itd.).

S fiziološkog gledišta najopasniji (po otrovnosti) zagađivači zraka su sumporovodik (H_2S), ugljični monoksid (CO) i neke grupe ugljikovodika. U drugu grupu zagađivača zraka ulaze: sumporni dioksid (SO_2), sumporni trioksid (SO_3) i ugljični dioksid (CO_2), zatim plinovi i pare koje se osjećaju u rafinerijama i degazolinažama zbog intenzivna i neprijatna mirisa (organski sulfidi, naftenske kiseline itd.). Otrovnost zagađivača znatno raste pri preradi nafte i plina s velikim postotkom sumpora.

Da bi se dobio red veličine zagađenja zraka ugljikovodikom, u nastavku se navodi podatak da rafinerija od 8×10^6t/god godišnje ispusti u atmosferu od 3.300 t do 9.400 t ugljikovodika, a što je ovisno o sprečavanju emisije iz procesnih jedinica.

Nakon ugradnje postrojenja za odsumporavanje, rafinerije direktno emitiraju u atmosferu od 5 - 10 % sumpora (od ukupno emitiranog sumpora), dok indirektno preko derivata sudjeluju s 10-30 % ukupno emitiranog sumpora.

Širina intervala ukazuje na osnovni problem kod točnog utvrđivanja ukupne emisije sumpornog dioksida iz rafinerijskih postrojenja, jer su rafinerije nafte kompleksi od 5-20 različitih pogona koji pored toga rade s različitim režimima rada tih pogona i s naftama različitog porjekla (od 0,7-2,5 % S). Iz tih razloga izražavanje ukupne emisije sumpornog dioksida u tonama SO_2/god nije naročito objektivno za rafinerije nafte, jer se kroz statističku interpolaciju skrivaju minimalne i maksimalne emisije. Prosječno emitiranje sumpornog dioksida (SO_2) u atmosferu iznosi od 0,5 do 3 t na 1000 t prerađene nafte.

Daleko veći i rasprostranjeniji izvor sumpornog dioksida u atmosferi predstavljaju tekuća goriva (derivati nafte) koja se koriste u industriji, saobraćaju i kućnim ložištima, o čemu će kasnije biti više i detaljnije pisano.

Krute čestice u rafinerijama nafte nastaju u postrojenjima katalitičkog krekinga. Prosječna emisija krutih čestica iznosi oko 270 mg/m3 plinova izgaranja. Sakupljanje ostalih otpadnih plinova i njihovo spaljivanje vrši se na bakljama, dok se disperzija krutih čestica i plinova izgaranja na okolinu vrši pomoću visokih dimnjaka.

U postrojenjima za preradu nafte koriste se velike količine vode za tehnološke procese i hlađenje. Otpadne vode naftne industrije sadrže specifične vrste zagađenja s obzirom na vrstu sirovine i tehnološke procese prerade. Takve vode nakon procesa mogu sadržavati: ugljikovodike, ulja, masti, sulfide, merkaptane, fenole, lužine, kiseline, suspendirane čestice i drugo.

Najveće količine zagađenja sadrže procesne otpadne vode koje dolaze u direktni kontakt sa naftom, naftnim derivatima i kemikalijama potrebnim za proces.

Otpadne vode se prije ispuštanja u gradsku kanalizaciju ili prirodne vode obrađuju do čistoće propisane vodoprivrednim propisima i zakonima.

Pri transportu, skladištenju i distribuciji derivata nafte značajne količine ugljikovodika gube se evaporacijom i rasipanjem. Ekonomski gledano evaporacije uzrokuju velike materijalne štete, a ekološki ugrožavaju čistoću zraka. Visina evaporacijskih gubitaka ovisi o fizikalnim karakteristikama goriva, meteorološkim parametrima, tehničkim karakteristikama i tipu spremnika, učestalosti punjenja i pražnjenja i nizu drugih faktora.

Rasipanje goriva ovisno je o opremi, broju pretakanja, ljudskoj odgovornosti i o broju udesa transportnih sredstava. Gubici goriva nastali evaporacijom teško se mogu točno odrediti, dok se gubici rasipanja mogu relativno dobro odrediti mjerenjima i odgovorno vođenom statistikom.

4.3 ZAGAĐENJE OKOLINE UVJETOVANO RADOM POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

4.3.1 OPĆENITO

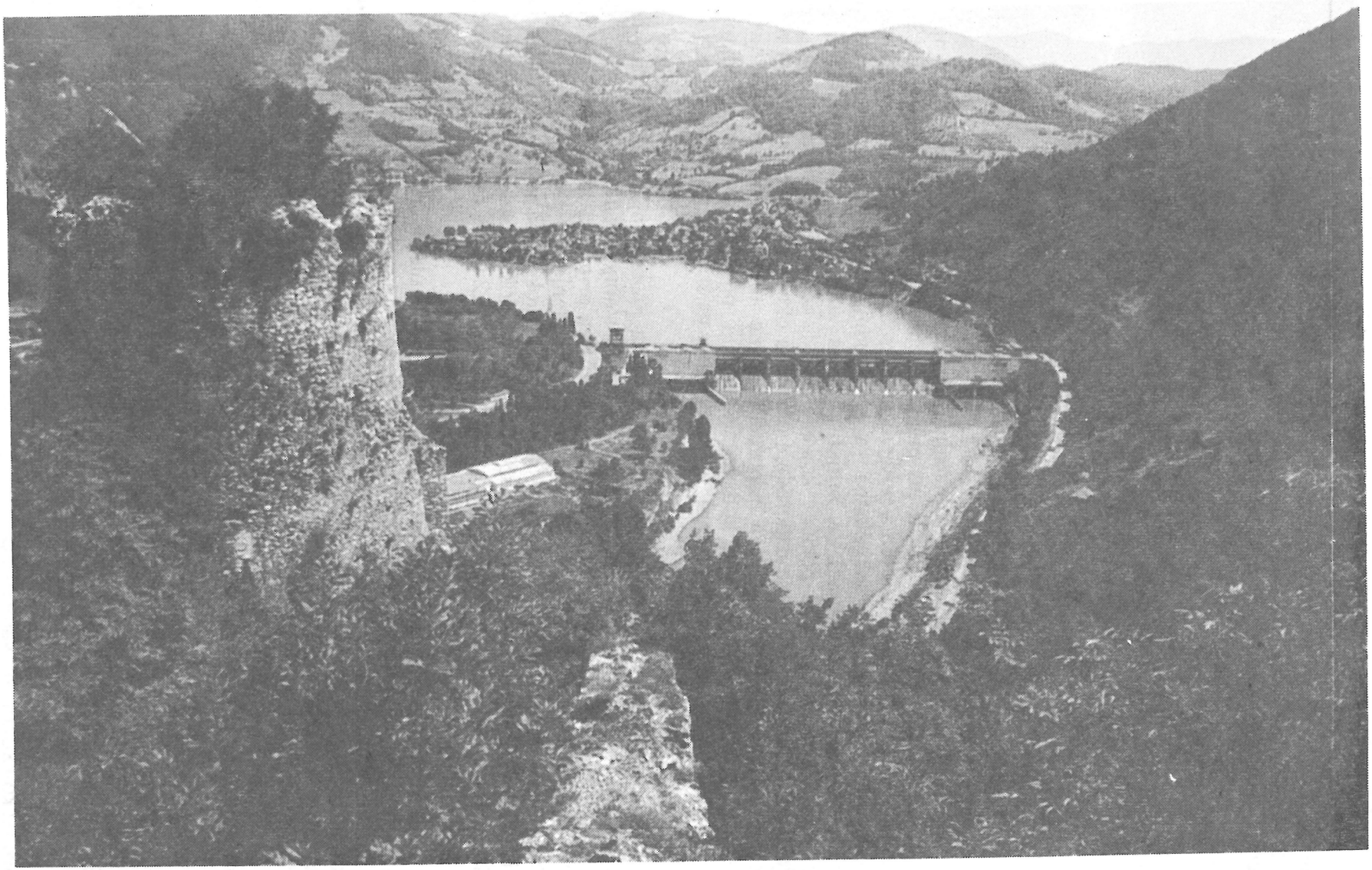
Električna energija se proizvodi korištenjem fosilnih ili nuklearnih goriva, hidropotencijala i novih obnovljivih izvora, pri čemu svaka od ovih opcija izaziva utjecaje na okolinu, koji postaju sve značajniji, pa često i odlučujući kriterij za njihov izbor. Kako su ovi utjecaji različiti po prirodi, nemoguće ih je pri tome direktno međusobno uspoređivati, već prema posljedicama koje svaki od tih utjecaja izaziva u okolini. Utjecaji pojedinih tehnologija za proizvodnju električne energije (hidro, termo i nuklearnih elektrana) su brojni i, mada su one dugo u upotrebi, još nedovoljno izučeni; bolje su poznate količine zagađivača nego njihovi utjecaji zbog objektivne nemogućnosti da se uspoređuju efekti na okolinu čija se osjetljivost na te utjecaje mijenja. To sve otežava usporedbu jedne tehnologije sa alternativnim tehnologijama, tim više što se kod jedne utjecaji posebnog značaja javljaju u normalnom pogonu (termoelektrane), a kod druge u uvjetima udesa (hidroelektrane, nuklearne elektrane).

Možda je interesantno pripomenuti da se za proizvodnju 1 kWh električne energije utroši u termoelektrani preko 1,5 kg lignita slabije kvalitete (oko 7 MJ/kg) pri čemu je potrebno osigurati oko 3 l vode (u slučaju primjene rashladnih tornjeva) ili 100 do 300 litara vode ako se radi o protočnom hlađenju. Za proizvodnju 1 kWh u nuklearnoj elektrani potrebno je potrošiti 4-5 mg uranoksida i nešto više rashladne vode u slučaju protočnog hlađenja (150 do 400 l), dok je za istu proizvodnju u hidroelektrani, s neto padom od 100 m, potrebno imati 1,2 l/sek, odnosno potrebno je ukupno potrošiti 430 l vode.

Ako se ima u vidu osiguranje potrebne potrošnje električne energije, jasno je kolike ozbiljne zahvate treba poduzeti u okolini da se proizvede potrebna količina električne energije (koliko ugljena treba iskopati, koliko vode u akumulacijama sakupiti, koliko prostora za te potrebe izuzeti iz poljoprivrednog zemljišta) i kako drastičnim opterećenjima treba izložiti tu okolinu od nusprodukata tehnoloških procesa proizvodnje električne energije korištenjem pojedinih izvora, kao i kakvim posljedicama tih opterećenja su izloženi čovjek, biljni i životinjski svijet, te materijalna i kulturno-povijesna dobra koja je stvorio čovjek.

4.3.2 UTJECAJ IZGRADNJE I RADA HIDROELEKTRANA NA OKOLINU

Kod izgradnje i rada hidroelektrana (slika 19) uobičajeno je da se zanemaruje utjecaj na okolinu iako u stvarnosti nije zanemariv utjecaj. Izgradnjom hidroelektrana obično se naglašavaju samo pozitivni utjecaji na okolinu (proizvodnja energije, zaštita od poplava, vodosnabdijevanje, turizam itd.), a zanemaruju se negativni utjecaji (mijenjanje režima voda, mijenjanje podzemnih voda, utjecaj na klimu itd.) koje je inače teško ekonomski valorizirati.



Sl. 19. Panoramski snimak jedne hidroclektrane

Vodni tokovi i rijeke u velikoj većini zemalja svijeta smatraju se narodnim (javnim) dobrom, pa je njihovo korištenje (pa i za proizvodnju električne energije) pod kontrolom vlada dotičnih zemalja. Zbog različitih parcijalnih interesa kod korištenja hidropotencijala, može se dogoditi da je korištenje hidropotencijala za proizvodnju električne energije prihvatljivo za jedan dio društva (energetiku) a neprihvatljivo za drugi dio društva (vodoprivredu, poljoprivredu, saobraćaj).

Izgradnja hidroelektrana na ekonomskom planu omogućava razvoj industrije, ribarstva, plovidbe, rekreacije i turizma, zatim pridonosi općem razvoju područja što se odražava i na promjenu životnog standarda, urbanizaciju naselja, razvoj infrastrukturnih objekata u zoni utjecaja akumulacije, mogućnosti zapošljavanja i promjene zanimanja stanovništva.

Jedan od najnepovoljnijih efekata izgradnje većih hidroelektrana je i potapanje velikog zemljišta, samim tim preselenje većeg broja stanovnika, te velike naknade i štete.

Prostor koji zauzima akumulacija hidroelektrane (šume, pašnjaci, obradivo zemljište, infrastruktruni i drugi objekti) ostaje trajno zauzet, bez mogućnosti vraćanja prvobitnoj namjeni. Isto tako mogu trajno biti izgubljeni i neki kulturno-povijesni spomenici, koje nije, današnjim znanjem i tehnologijama, moguće prenijeti.

Pored zauzimanja velikih površina zemlje izgradnjom hidroelektrana mijenja se hidrodinamički tlak na obalama akumulacije u funkciji vremena i dubine. Radom hidroelektrane mijenjaju se razine gornje i donje vode, mijenjaju se geološke i geomehaničke karakteristike stijena u dodiru s vodom. Izgradnjom akumulacije mijenja se razina podzemnih voda u zoni utjecaja akumulacije. Nizvodno od brane dolazi do morfoloških promjena korita rijeke, mijenja se režim voda i nanosa itd.

Postojanje akumulacije kao i način rada objekata za evakuaciju voda pojedinih tipova hidroelektrana imaju utjecaj na pojačanu seizmičku aktivnost bliže okoline.

Utjecaj na socijalnom i psihološkom planu očituje se kroz problem preseljavanja stanovništva, problem stalnih mjera sigurnosti nizvodnog područja ugroženog mogućim preljevanjem velikih količina vode ili rušenjem brane.

U akumulacijama se vrši promjena kvalitete vode (zbog skupljanja i koncentracije nanosa, pojave raznog bilja i drugih uzroka), izražena starenjem i drugim negativnim karakteristikama koje mogu utjecati na promjenu ekološke ravnoteže u vodi. Ukoliko se koristi za potrebe čovjeka, voda u akumulaciji može direktno utjecati na njegovo zdravlje, samo u slučaju da ima takav mineraloški ili bakteriološki sastav koji izaziva specifična oboljenja. Indirektni utjecaji su mnogo češći i izražavaju se stvaranjem uvjeta pogodnih za razvoj i prenošenje uzročnika raznih bolesti (bakterije, amebe, virusi, komarci i sl.).

Postojanje velikih površina vode akumulacijskih bazena utječe na promjenu mikroklime područja, na podneblje, temperaturni režim vode i zraka (smanjuje amplitudu temperaturnih promjena), povećava vlažnost zraka i utječe na režim vjetrova.

Nagle promjene količine vode u vodotoku odražavaju se na uvjete razvoja flore i faune. Stupanj ovih promjena zavisi od promjene režima vode kako po kvaliteti tako i po kvantiteti vode u akumulaciji i nizvodnom dijelu vodotoka. Mijenja se vegetacija u zoni uspora i nizvodno od akumulacije. Osjeća se utjecaj na vodno bilje i druge organizme kako u zoni jezera tako i u nizvodnom toku. Sve ovo odražava se na riblji svijet u akumulaciji i nizvodno, na divljač, domaće životinje, ptice, insekte i ostalu floru.

Pregrađivanjem riječnih tokova naročito stradaju ribe, pošto se zaustavljanjem nanosa sprečava dolazak hranjivih sastojaka za vodene organizme kojima se one hrane. Također, prelivanje vode preko brane šteti ribama, pošto time voda postaje zasićena dušikom. Varijacije razine vode su također štetne po okolinu, jer ostavljaju neobraslim dijelove obala akumulacija, što je estetski nepovoljno.

Kako je kazano, oko akumulacija se često formira nova privredna struktura radi zbrinjavanja raseljenog stanovništva. Pošto je to često praćeno industrijalizacijom, javljaju se i industrijski zagađivači vode u akumulacijama, čime se njen kvalitet dalje pogoršava.

Posebno karakteristična vrsta utjecaja može biti prouzrokovana pucanjem brana na akumulacijama koje su obično praćene velikim ljudskim žrtvama i materijalnim štetama. Nažalost, takve nesreće, kao što su pucanje brana nisu baš tako rijetke da bi se one mogle zanemariti pri planiranju gradnje hidroelektrana.

4.3.3 UTJECAJ IZGRADNJE I RADA KLASIČNIH TERMOELEKTRANA NA OKOLINU

Klasične termoelektrane (slika 20) su postrojenja koja koriste gorivo za proizvodnju električne energije. S obzirom na pogonski stroj termoelektrane se mogu podijeliti na:

- parne termoelektrane (pogonski stroj - parna turbina),
- plinske termoelektrane (pogonski stroj - plinska turbina)
- dizelske termoelektrane (pogonski stroj - dizel-motor).

U parnim se termoelektranama mogu koristiti kruta goriva, tekuća i plinovita goriva, u plinskim termoelektranama tekuća i plinovita goriva, a u dizelskim termoelektranama dolazi u obzir samo tekuće gorivo.

Osim klasičnih (parnih) termoelektrana, u kojima se proizvodi električna energija (kondenzacione termoelektrane), postoje i parne termoelektrane u kojima se pored električne energije proizvodi para i vrela voda (protutlačne termoelektrane). Postrojenja za kombiniranu proizvodnju električne energije, pare i vrele vode nazivaju se toplanama. Postoje javne i industrijske toplane.

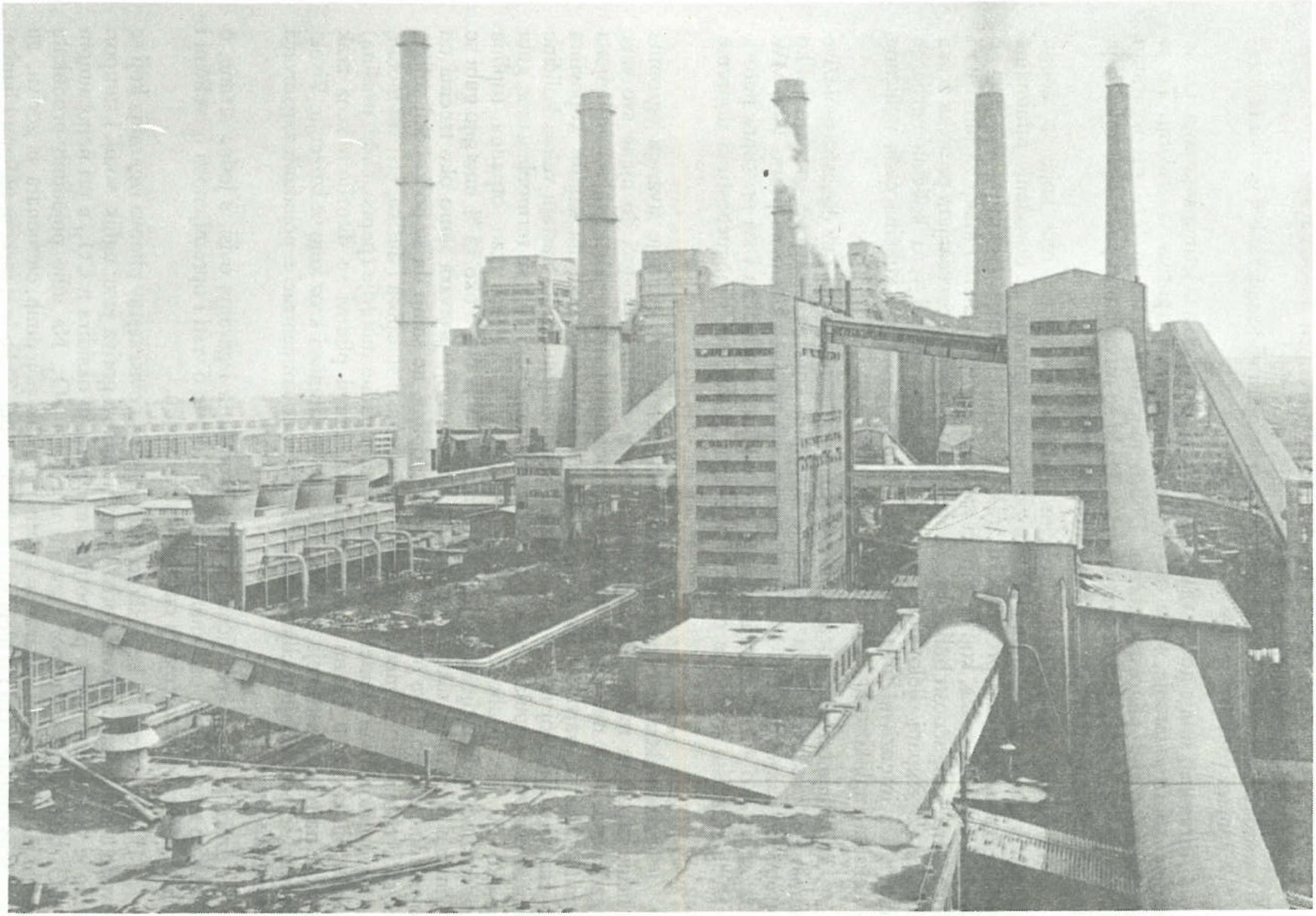
Kemijska energija sadržana u gorivima najčešće se pretvara u unutrašnju termičku energiju. Proces pretvorbe kemijske u unutrašnju termičku energiju naziva se izgaranjem.

Izgaranje je kemijska reakcija oksidacije gorivih sastojaka iz nekog goriva s kisikom iz zraka, uz istovremenu pojavu topline i svjetlosti. Izgaranje je ustvari izmjena tvari, u kojem se kemijska energija sadržana u gorivu pretvara u toplinsku energiju.

U procesu izgaranja goriva razvija se toplina te se pri tome, u ovisnosti od kemijskog sastava goriva i uvjeta izgaranja, razvijaju dimni plinovi kao produkti izgaranja.

Dimni plinovi su smjesa produkata izgaranja, odnosno:

- ugljičnog dioksida (CO_2) koji nastaje potpunim izgaranjem ugljika (C),
- ugljičnog monoksida (CO) koji nastaje nepotpunim izgaranjem ugljika (C),
- sumpornog dioksida (SO_2) koji nastaje izgaranjem sumpora,
- sumpornog trioksida (SO_3) koji nastaje oksidacijom sumpornog dioksida,
- dušika (N_2) iz goriva i zraka koji se dovodi u ložište, dušik ne sudjeluje u procesu izgaranja, ali povećava ukupnu količinu dimnih plinova,



Sl. 20. Izgled termnoelektrane Kosovo A

- kisika (O_2) preostalog u dimnim plinovima uslijed dovoda zraka u ložište iznad stehiometrijskih odnosa izgaranja,
- vodene pare (H_2O) koja nastaje isparavanjem vode sadržane u gorivu te izgaranjem vodika iz goriva.

Agregatno stanje goriva važno je svojstvo, povezano s uvjetima izgaranja. Da se postigne dobro izgaranje, valja ostvariti dobro miješanje goriva sa zrakom. To je naročito lako kod plinovitih goriva. Dobro miješanje nešto je teže pri izgaranju tekućih goriva, a teško je kod krutih goriva. Da bi se ostvarilo potpuno izgaranje, valja osigurati najmanju teorijski potrebnu količinu zraka.

Minimalna ili teoretska količina dimnih plinova je ona koja se dobije izgaranjem goriva pri stehiometrijskim odnosima izgaranja uz dovođenje minimalne količine zraka, odnosno pri pretičku zraka $\lambda = 1$. U praksi, međutim, zahtijeva se određeni pretičak zraka, koji je najveći za kruta goriva, a znatno manji za plinovita i tekuća, zbog mogućnosti boljeg miješanja goriva i zraka. S povećanjem pretička zraka smanjuje se stupanj djelovanja jer se u atmosferu odvodi veća količina ugrijanih plinova. Uz intenzivno miješanje goriva i zraka manja je i količina čađi, ugljičnog monoksida i ugljikovodika u plinovima izgaranja.

Izgradnja termoelektrana, na današnjem stupnju razvoja i uz danas raspoložive tehnologije, preduvjet je za osiguranje dovoljnih količina elekrične energije toliko potrebne za razvoj društva. Međutim, izgaranjem termoelektrane na pr. od 1000 MW zauzima se oko 4 km^2 zemljišta u što nisu uključiva skladišta i svi pristupni putovi. Veličina skladišta ovisna je o vrsti i kvalitetu goriva, te o mogućnostima dopreme istog.

Termoelektrane u procesu proizvodnje električne energije stvaraju ogromne količine otpadnih materijala koje završavaju u okolini, dovodeći do njene sve veće zagađenosti. To je naročito potencirano termoelektranama s lošim kvalitetom ugljena (lignita) koji se najviše troši u termoelektranama lociranim na samim kopovima ugljena ili u njihovoj neposrednoj blizini. Spaljivanjem lignita nastaju velike količine dimnih plinova i pepela. Osim toga u termodinamičkom ciklusu termoelektrane gubi se oko 50 % oslobođene toplinske energije iz ugljena kao otpadna toplina zagrijavajući vodu u rijekama, jezerima, morima ili zraku, a oko 15 % energije gubi se u dimnim plinovima, tako da se u električnu energiju pretvara samo oko trećina od dovedene energije. Ove otpadne materije i toplina, ne samo da su po količini velike, već su i veoma štetne (među njima su i opasni oksidi sumpora i dušika, otrovni metali, pa čak i radioaktivni elementi). Dok se čvrste otpadne materije (pepeo, čađa, prašina) odlažu, ili talože u blizini mjesta nastanka, dimni plinovi se difuzijom kroz zrak raznose na velika rastojanja, tim veća što su viši dimnjaci kroz koje se izbacuju. Visoki dimnjaci se predviđaju u cilju smanjenja prizemne koncentracije pojedinih zagađivača prema propisima.

Iznos i sastav specifičnih emisija produkata izgaranja ovisi, s jedne strane, o fizikalnim i kemijskim osobinama goriva, a s druge o vrsti i opremljenosti te veličini i načinu pogona postrojenja za energetsku pretvorbu.

U prvom redu, o kemijskom sastavu goriva ovisi sastav plinova izgaranja koji se odvode u atmosferu. Glavni gorivi sastavni dijelovi goriva jesu: ugljik, vodik i sumpor. Kako je već kazano ugljik pri potpunom izgaranju oksidira u CO_2, a pri nepotpunom u CO, dok vodik i sumpor izgaraju u H_2O i SO_2. Na udio pojedinih produkata izgaranja u plinovima izgaranja utječe postotak pojedinih elemenata u gorivu, ali specifična emisija ovisi i o njegovoj ogrjevnoj moći. Tako je u mrkom ugljenu i lignitu,

normalno, manji postotak sumpora nego u kamenom ugljenu, ali je njima veća specifična emisija sumpornog dioksida po jedinici energije u gorivu zbog manje ogrjevne moći.

Prosječne količine specifične emisije iz termoelektrana po jedinici proizvedene električne energije, a ovisno o vrsti goriva iznose:

	H_2O	CO_2	CO	SO_2	NO_x	Pepeo i čađa
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
Ugljen	150	1200	0,10	10,0	2,5	2,00
Loživo ulje	250	750	0,01	7,0	2,5	0,30
Prirodni plin	400	600	0,01	-	2,0	0,05

Iz navedenih podatka slijedi da specifična emisija vodene pare i ugljičnog dioksida ovisi o sadržaju vodika i ugljika. Tako ugljen ima najmanji sadržaj vodika i najveći sadržaj ugljika, pa stoga i najmanji sadržaj vodene pare i najveći postotak ugljičnog dioksida u plinovima izgaranja. Valja istaknuti da je udio vodene pare i ugljičnog dioksida znatno veći od ostalih sastojaka, dok na emisiju oksida dušika (NO_x) malo utječe vrsta goriva. Količina ugljičnog monoksida (CO) mnogo je veća iz termoelektrana loženih ugljenom jer je tad teže postići potpuno izgaranje zbog nemogućnosti da se ostvari dobra smjesa gorivo-zrak.

Specifična emisija sumpornog dioksida (SO_2) ovisi u prvom redu o sadržaju sumpora u gorivu ali treba napomenuti da dio sumpora ostaje vezan u pepelu, te on ne dolazi u dimnjak.

Na specifičnu emisiju pepela utječe njegova količina u gorivu, izvedba ložišta, način odvođenja pepela i stupanj otprašivanja plinova izgaranja.

Radioaktivne materije, koje se obično pripisuju samo nuklernim elektranama, nastaju i u termoelektranama. One, uz poznate zagađivače kao što su SO_2, NO_2 i drugi, također emitiraju karcinogene organske čestice (uključujući policikličke ugljikovodike), čestice teških metala (olova-Pb, žive-Hg, arsena-As i drugih), ali i prirodne radioaktivne elemente iz niza urana-U-238 (radij-Ra-226, radon-Rn-222, olovo-Pb-210, polonij-Po-210 i dr.), torija (torij Th-232, Th-228 i dr.) i kalija (radioaktivni kalij-40). Sagorjevanjem ugljena u termoelektranama ovi radioaktivni elementi se prenose iz ugljena u biosferu.

Najveću koncentraciju radioaktivnih nuklida imaju najsitnije čestice koje imaju i najveću vjerojatnost izlaska kroz dimnjak. Osim toga, u dimnim plinovima nalaze se olovo (Pb-210) i polonij (Po-210) koji zbog niskog tališta lako isparavaju, te radon (Rn-222) kao aktivni plin direktno izlazi u atmosferu. Dok u ugljenu postoji radioaktivna ravnoteža niza (svi članovi radioaktivnog niza imaju istu aktivnost), ona se njegovim sagorijevanjem narušava, te u pepelu dolazi do višestrukog povećanja sadržaja radioaktivnih elemenata, koje zavisi od vrste, sastava i kvalitete ugljena i načina loženja, pa može iznositi i do nekoliko stotina puta više od prirodnog zračenja.

Otpadna toplina iz termoelektrana, odvedena rashladnom vodom bilo u rijeku, jezero ili more (protočno hlađenje), bilo direktno u atmosferu putem rashladnih tornjeva (povratno hlađenje), predstavlja značajno opterećenje okoline. U slučaju protočnog hlađenja, poslije miješanja sa rashladnom vodom znatno raste temperatura vode u rijeci i time utječe, kako na fizičko-kemijske karakteristike vode, tako i na

poremećaj ekološke ravnoteže u rijeci. Naime, od temperature vode zavise i biološki svijet u rijeci i razlaganje otpadnih materija, pošto se sa porastom temperature smanjuje količina rastvorenog kisika koji regulira i održavanje ekološkog lanca i proces razlaganja.

Otpadna toplina se u konačnoj bilanci predaje atmosferi isparavanjem, konvekcijom i zračenjem. Razlike između rijeka, jezera i mora javljaju se uslijed razlika u toplinskom kapacitetu i uvjetima strujanja. Kod rijeka, nakon potpunog miješanja toplog mlaza sa osnovnim protokom, dolazi do porasta temperature rijeke. Uslijed velikog toplinskog kapaciteta mora, ovaj porast temperature je zanemarljiv. U svim slučajevima, međutim, postoji jedna zona u koju se izlijevaju otpadne tople vode u kojoj je temperatura viša od temperature okoline i od temperature vode u koju se ulijeva.

U slučaju povratnog hlađenja dolazi do povišenja temperature i vlažnosti zraka (izbacuje se i do 3 l/kWh vode u obliku vodene pare), do promjene zračenja sa zemljine površine, do smanjenja inosolacije, do povećanja oblačnosti i oborina i vjerojatnosti pojave magle. Osim navedenih izmjena u miokroklimi, postoje i drugi utjecaji, kao što je promjena sadržaja kisika, promjena uvjeta života mikroorganizama itd.

Postoje i drugi utjecaji termoelektrana na okolinu putem otpadnih voda iz sistema za transport i kontrolu pepela i šljake na deponiji, sistema za kemijsku pripremu vode i drugih, putem buke, estetskih poremećaja i transformacije velikih površina zemljišta za skladišta, deponije i pomoćne pogone.

Potpuna slika utjecaja termoelektrana na okolinu može se dobiti tek kada se, pored površina koje zauzimaju objektima i deponiranjem pepela, dodaju i one koje su degradirane i ugrožene njihovim radom (zasipane letećim pepelom iz dimnjaka, ugrožene velikim prizemnim koncentracijama opasnih oksida, itd. Iz navedenoga može se zaključiti da je veoma velik i složen utjecaj termoelektrana (posebno termoelektrana na niskokaloričnim lignitima) na okolinu i da se pri valorizaciji i usporedbi termoelektrana s drugim izvorima električne energije taj utjecaj ne smije zanemariti niti izostaviti.

4.3.4 UTJECAJ IZGRADNJE I RADA NUKLEARNIH ELEKTRANA NA OKOLINU

Zbog važnosti nuklearne energetike za razvoj društva s jedne strane, a zbog opasnosti radioaktivnog zračenja s druge strane, na početku ovog dijela potrebno je nešto više kazati o pojavi nuklearnih reakcija. Birajući između najstarijih prirodnih pojava koje su se zbile, ne može se zaobići istina da su se nuklearni procesi odvijali prvi i da su stvorili materijalne oblike koji i danas postoje u Svemiru, odnosno govoreći u bližim udaljenostima, planetarnom sistemu. To je za sada jedini dokazni planetarni sistem koga izrazito izdvaja jedan fenomen koji se razvio na planeti Zemlji, a blizak je i poznat kao egzistencija živih oblika. Postoji bezbrojno mnogo razloga zašto se upravo ovdje započeo i razvio život do današnje razine. Od mnoštva razlog sigurno je da su baš takovi fizički uvjeti koji postoje na Zemlji bili odlučujući u pogledu početka, razvoja i današnjeg postojanja života na njoj. U svakom slučaju, presudnu ulogu u svemu odigrala je energija koju je oslobodila Priroda i stavila je u funkciju stvaranja. Oblik energije koja je odigrala najznačajniju ulogu u svemu tome je toplina. Jedna od najstarijih prirodnih tehnologija za proizvodnju toplinske energije je nuklearna energija. U svom praiskonskom obliku ona se sačuvala neizmijenjena do današnjih dana.

Taj praiskonski oblik nuklearne energije skriven je u prirodnoj radioaktivnosti: radioaktivnih - nestabilnih atoma većeg broja elemenata koji tvore čvrstu koru naše planete. Rijetko se govori o tome da je cjelokupni razvoj svih živih organizama na zemlji, nastao i u proteklim milijardama godina i bio omogućen upravo zahvaljujući nuklearnoj energiji i prirodnoj radijaciji koja je održala temperaturu površine zemljine kore upravo na takvoj razini da je bila moguća egzistencija života na ovoj planeti.

Količina toplinske energije koja nastaje iz radioaktivnog raspada prirodnih atoma u zemljinoj kori iznosi 80 % od ukupne toplinske energije potrebne za održavanje današnjih temperaturnih uvjeta na površini zemlje.

Mali postotak, od preostalih 20 % toplinske energije, dospijeva na površinu procesom toplinskog vođenja iz vruće zemljine jezgre, a veći dio je ponovno doprinos nuklearne energije Sunca koja dospijeva putem elektromagnetskog zračenja na površinu zemlje. Zanemarljivi dio toplinske energije dospijeva u obliku energije čestica emitiranih iz nuklearnih procesa sa Sunca. Najčešći i odgovorni za zagrijavanje zemljine kore su prirodni radioizotopi, koji svojim raspadom predaju kinetičku energiju ili apsorpcijom elektromagnetskog zračenja (u okolini su uran i torij te njihovi nestabilni potomci). Osim njih postoje i radioaktivni elementi, prastanovnici navedeni u tablici 1. Ukratko, svi uvjeti za nastanak i preduvjeti za održanje života na zemlji usko su povezani sa korištenjem prirodnih procesa proizašlih iz nuklearne energije.

Imitirajući prirodu u svim svojim otkrićima, čovjeku je trebalo dugo vremena da to spozna i otkrije tajne prirode. Nema tome ni 200 godina a prvi istraživači počeli su skidati veo tajne s prirodne radioaktivnosti. Najveći doprinos u ovladavanju ove tehnologije došao je u ovom stoljeću u trenutku kada je Einstein objasnio prirodni odnos između mase i energije sa svojom univerzalnom relacijom koja glasi da je energija $E = m \cdot c^2$, gdje je m = masa tijela, a c = brzina svjetlosti. Ta jednadžba je univerzalna jer jednako vrijedi za atomske i subatomske čestice, kao za cijele planete. To je ujedno početak čovjekovog saznanja o prirodi i to saznanje je omogućilo i dovelo do današnjeg korištenja nuklearne energije kao neiscrpnog izvora energije.

U cjelini gledajući čovjek u svom razvoju i oponašajući prirodu, nije nikad dosegao njeno savršenstvo. Što god je uobličio u svoju djelatnost, pridruživši joj sve tehnologije proizvodnje, ostalo je nešto što predstavlja otpad a čije prisustvo u prirodi je strano, do tada nepoznato tjelo za koje ne postoje već izgrađeni mehanizmi razgradnje ili ugradnje, za koje nije zatvoren prirodni ciklus pretvorbi bez narušavanja do tada uspostavljenih prirodnih ravnoteža. Čovjek je sa svojim tehnologijama počeo zagađivati okolinu. Što je bio površniji u imitaciji Prirode, to su njegove tehnologije imale veći otpad a s tim su posljedice za njegovu životnu sredinu bile teže i opasnije. O tome se razmišlja tek danas u novije vrijeme, zbog tog što nas je industrijska revolucija i visoki standard, zbog svog pada, dovela do ruba opće katastrofe, a štetne posljedice su već poremetile prirodne cikluse razmjene tvari.

Čovjek je već uspio proizvesti tolike količine otpada da se posljedice više ne mogu mjeriti lokalizirano u nekom području, dolini, regiji, državi ili kontinentu, već se govori o djelovima hemisfere na ovoj planeti. Takvi srazmjeri ljudskog propusta koji vode do samouništenja su postali stvarnost dvadesetog stoljeća. Iz ovoga proizlazi, da je nastupilo vrijeme uvođenja novih kriterija za vrednovanje svih ljudskih djelatnosti i usvojenih proizvodnih tehnologija.

Nusprodukti postojećih tehnologija, proizvodnja otpada je ljudska - društvena kategorija, jer u prirodnim procesima nema otpada.

Bez tehnologije proizvodnje dopunske energije u željenom obliku čovječanstvo ne može održati civilizacijske tekovine. Raspolaganje energijom je po definiciji mjerilo mogućnosti rada, stvaranje novih proizvoda i boljih uvjeta života. O tome ovisi i daljnji razvoj civilizacija na Zemlji. Spoznaje o mogućnosti korištenja nuklearne energije za privredne, mirnodopske svrhe i njeno usvajanje dolaze u posljednji trenutak prije nego što se iscrpe i posljednje rezerve fosilnih goriva koje su do sada bile glavni izvor za podmirenje dopunskih potreba za energijom.

Primjena i razvoj nuklearne energije usmjeren je na proizvodnju električne energije primjenom klasičnih energetskih postrojenja za pretvorbu toplinske energije u mehaničku i zatim proizvodnju električne energije. Za potrebe svemirskih tehnologija razvijeni su mali nuklearni reaktori koji neposredno proizvode električnu energiju.

Sa stanovišta energetike najveći doprinos u proizvodnji električne energije daju tz. termalni nuklearni reaktori koji koriste vodu kao medij za prijenos topline, a vodena para pokreće turbinu. Postoji više komercijalnih tipova ovih rekatora i nuklearnih postrojenja, no suštinskih razlika nema. Ponegdje se koristi teška voda D_2O kao modertor neutrona, no za pogon turbine ponovo se koristi obična para.

Gorivo za ovaj tip reaktora je uran s ili bez povećanog postotka izotopa urana 235.

Jedan od prvobitnih tipova termalnih nuklernih rekatora, danas zastupljen s manje od 15 %, koristi plin kao medij za prijenos topline iz jezgri. Korištenje plinova ugljičnog monoksida (CO), ugljičnog dioksida (CO_2) i helija (He), ne daju značajniju prednost ovim tipovima reaktora tako da je njihovo korištenje ograničeno.

Zajednička karakteristika ove generacije termalnih reaktora svodi se na slijedeće:

- održavanje lančane reakcije odvija se sa energetsko niskim neutronima, nastalim za vrijeme raspada jezgre, kojima je smanjena energija korištenjem različitih moderatora: teške vode, vode ili grafita;
- nuklearno gorivo su torij, uran i plutonij koji istovremeno izgara kako se i proizvodi u jezgri. Najviše temperature košuljice goriva se kreću oko 800°C a nuklearna reakcija se obustavlja smanjenjem broja slobodnih neutrona ili fizičkom promjenom svojstava moderatora;
- nusprodukt od proizvodnje toplinske energije u nuklearnom reaktoru je veliki broj različitih radioaktivnih elemenata koji nemaju daljnju upotrebnu vrijednost u održavanju procesa, te predstavljaju tehnološki otpad.

Promotri li se sastav ovog otpada i usporede li se ovi umjetno stvoreni radionuklidi s prirodnim radioaktivnim elementima u zemljinoj kori dobiva se tablica 1.

U desnoj koloni nisu navedeni svi radioaktivni izotopi koji nastaju cijepanjem jezgri plutonija, urana ili torija. Razlog za to je što im je poluvrijeme raspada znatno kraće, tako da se većina raspadne prije nego što postanu stvarni tehnološki otpad.

Za ilustraciju je dovoljno vidjeti da, i jedni i drugi, radionuklidi emitiraju iste vrste zračenja, da im poluvremena života nisu značajno različita. Uvaživši i činjenicu da su kemijska svojstva izotopa pojedinih elemenata praktički istovjetna sa stabilnim elementom, slijedi opći zaključak da su novi elementi koji se ne susreću u prirodi, samo transurani i to za ono vrijeme dok se sami prirodno ne raspadnu.

TABLICA 1

Prirodni radioizotopi

ELEMENT		VRSTA EMISIJE	POLUVRIJEME RASPADA
Uran	U^{238}	α	$4{,}5\times10^{9}$ god
Torij	Th^{234}	β,γ	24,1 dan
Protaktinij	Pa^{234}	β,γ	1,17 min
Uran	U^{234}	α,γ	$2{,}5\times10^{5}$ god
Torij	Th^{233}	α,γ	80 god
Radij	Ra^{226}	α,γ	1620 god
Radon	Rn^{222}	α,γ	3,82 dana
Polonij	Po^{218}	$\alpha,\ \beta$	3,05 min
Bizmut	Bi^{214}	$\alpha,\ \beta,\gamma$	19,7 min
Polonij	Po^{214}	α	$1{,}6\times10^{-4}$ s
Telur	Te^{210}	β,γ	1,32 min
Olovo	Pb^{210}	β,γ	19,4 god
Bizmut	Bi^{210}	$\alpha,\ \beta$	5 dana
Polonij	Po^{210}	α,γ	138 dana
Torij	Th^{232}	α,γ	$1{,}39\times10^{10}$ god
Radij	Ra^{228}	β	6,7 god
Aktinij	Ac^{228}	β,γ	6,13 sati
Torij	Th^{228}	α,γ	1,9 god
Radij	Ra^{224}	α,γ	3,64 dan
Rutenij	Ru^{220}	α	54,5 s
Polonij	Po^{216}	α	0,158 s
Olovo	Pb^{212}	β	10,6 h
Bizmut	Bi^{212}	$\alpha,\ \beta,\gamma$	60,5 min
Polonij	Po^{212}	α	3×10^{-7} s
Telur	Te^{208}	β,γ	3,1 min
Uran	U^{235}	α,γ	$7{,}07\times10^{8}$ god
Torij	Th^{231}	β,γ	25,6 h
Protaktinij	Pa^{231}	α,γ	$3{,}4\times10^{4}$ god
Aktinij	Ac^{227}	$\alpha,$	21,6 god
Radij	Ra^{223}	α,γ^{*}	11,7 dan
Rutenij	Ru^{219}	α,γ^{*}	3,92 s
Polonij	Po^{215}	α	$1{,}83\times10^{-3}$ s
Olovo	Pb^{211}	β,γ	36,1 min
Bizmut	Bi^{211}	$\alpha,\ \beta,\gamma$	2,16 min
Polonij	Po^{211}	α	0,5 s
Talij	Tl^{207}	β,γ	4,76 min
Tricij	H^{3}	β^{-}	12,4 god
Bor	B^{10}	β^{-}	$2{,}5\times10^{6}$ god
Ugljik	C^{11}	β^{-}	5568 god
Kalij	K^{10}	β^{-},γ	$1{,}31\times10^{9}$ god
Rubinij	Rb^{87}	β^{-},γ	6×10^{10} god
Torij	Th^{227}	α,γ^{*}	18,1 dan
Indij	In^{115}	β	10^{14} god
Lantan	La^{133}	β^{-}	7×10^{10} god
Samarij	Sm^{147}	α	7×10^{10} god
Lutacij	Lu^{176}	$\beta,$	$4{,}6\times10^{10}$ god
Renij	Re^{187}	β^{-}	4×10^{12} god

Najzastupljeniji radioaktivni elementi u istrošenom nuklearnom gorivu

ELEMENT		VRSTA EMISIJE	POLUVRIJEME RASPADA
Plutonij	Pu^{241}	$\alpha,\ \beta,\gamma$	13,2 god
Americij	Am^{241}	$\alpha,\ \gamma$	460 god
Neptunij	Np^{237}	α	$2{,}14\times10^{6}$ god
Protaktinij	Pa^{233}	β,γ	27 dana
Uran	U^{233}	α,γ	$1{,}63\times10^{5}$ god
Torij	Th^{229}	α,γ	7300 god
Radij	Ra^{225}	β,γ	14,8 dana
Aktinij	Ac^{225}	α,γ	10 dana
Francij	Fr^{221}	$\alpha,$	4,8 min
Astatin	At^{217}	α	0,018 s
Bizmut	Bi^{213}	$\alpha,\ \beta,\gamma$	47 min
Polonij	Po^{213}	α	$4{,}2\times10^{-6}$ s
Telur	TE^{203}	β,γ	2,2 min
Olovo	Pb^{203}	β	3,3 sata
Plutonij	Pu^{242}	α,γ	$2{,}8\times10^{5}$ god
Plutonij	Pu^{239}	$\alpha,\ \beta,\gamma$	$2{,}4\times10^{4}$ god
Plutonij	Pu^{238}	α	86,4 god
Americij	Am^{243}	α,γ	$7{,}9\times10^{3}$ god
Kurij	Cm^{243}	α,γ	32 god
Kurij	Cm^{244}	α,γ	17,6 god
Cezij	Cs^{137}	β^{-}	30 god
Cezij	Cs^{135}	β^{-},γ	3×10^{6} god
Jod	I^{129}	β^{-}	$1{,}17\times10^{7}$ god
Telur	Te^{99}	β^{-},γ	$2{,}12\times10^{5}$ god
Niobij	Nb^{94}	β^{-}	2×10^{4} god
Stroncij	Sr^{90}	β^{-}	28,1 god
Nikl	Ni^{63}	β^{-}	92 god
Nikl	Ni^{59}	β^{-}	8×10^{4} god
Kobalt	Co^{60}	β^{-},γ	5,26 god
Željezo	Fe^{55}	γ	2,6 god
Ugljik	C^{14}	β^{-}	5730 god
Cezij	Cs^{134}	β,γ	2 god
Cink	Zn^{65}	β	244 dan
Kobalt	Co^{58}	β	70,8 dan
Mangan	Mn^{54}	γ	312 dan
Krom	Cr^{51}	β,γ	27,7 dan
Tricij	H^{3}	β^{-}	12,4 god

Postavlja se pitanje koliki je to novo proizvedeni otpad u proizvodnji nuklearne energije? Odnosno, da li su ti radioaktivni elementi, po današnjim kriterijima stvarni otpad iz nuklerne tehnologije u ekosferi?

Pitanje je u cjelosti opravdano zbog toga što su se "kontrolirane" lančane nuklearne reakcije fisije odvijale u prirodi bez ljudskog udjela već pred jednu i pol milijardu godina. U Africi, danas je to poznati rudnik urana Oklo, poznat je po tome da je postotak fisionog urana 235 nešto manji od uobičajenog sastava, tj. 0,58-0,65 % prema 0,71 %, nego što je u rudištima urana na drugim mjestima na zemlji gdje nisu radili termalni nuklearni reaktori.

Značajno je ponovno naglasiti da je prisustvo radioaktivnosti u ekosistemu zemlje potpuno prirodna pojava i da se bez prirodne radioaktivnosti ne mogu održati životni uvjeti na zemlji. Čovjekovo ponovno paljenje nuklearne vatre u energetskim reaktorima samo je obnavljanje prirodnih događaja iz prahistorije ove planete, s tom razlikom što se pojavljuje otpad.

Na prvo pitanje može se dati i slikoviti odgovor. Kada bi se polovica svjetskih potreba za električnom energijom podmirivala iz nuklearnih elektrana, (npr. u 2000. godini) onda bi svi doprinosi iz povećanog zračenja kroz sve faze i cikluse nuklearnog goriva, u normalnom radu, pridonijeli prosječnom povećanju godišnje doze od 1 uSV što predstavlja otprilike četiri tisućita dijela od izloženosti stanovništva u normalnim uvjetima življenja. Imajući u vidu prirodne razlike između pojedinih mjesta i krajeva, taj doprinos ozračenja je biološki potpuno neprepoznatljiv i u cjelosti zanemariv.

Površnim ocjenama, posebno izraženim u nekim sredinama, stiče se dojam da ljudski rod nije sposoban da vlada sa tako zahtjevnim tehnologijama. Ne smije se izgubiti iz vida da je svakim danom sve manje raspoloživih prirodnih bogatstava, koja su se nemilice trošila ili našim nesavršenim tehnologijama uništavala. Za opstanak ove civilizacije, podmirenje njenih potreba, predstoji usvajanje znatno složenijih tehnologija nego što je to nuklearna energetika. Dosadašnja iskustva primjene nuklearne energije u privredne svrhe su pokazala da se može i sigurno i ekonomično proizvoditi električna energija bez opasnosti za životnu sredinu, pa čak i u najtežim katastrofama kao što je bio Černobil.

Ako se primijeni količina tehnološkog otpada kao kriterij, nuklearna energija je superiorna tehnologija za proizvodnju dopunske energije. Isto kao i kod mnogih drugih djelatnosti, ova tehnologija upotrebljena za dobrobit, bez zloupotreba može dugo osigurati čovječanstvu potrebnu energiju.

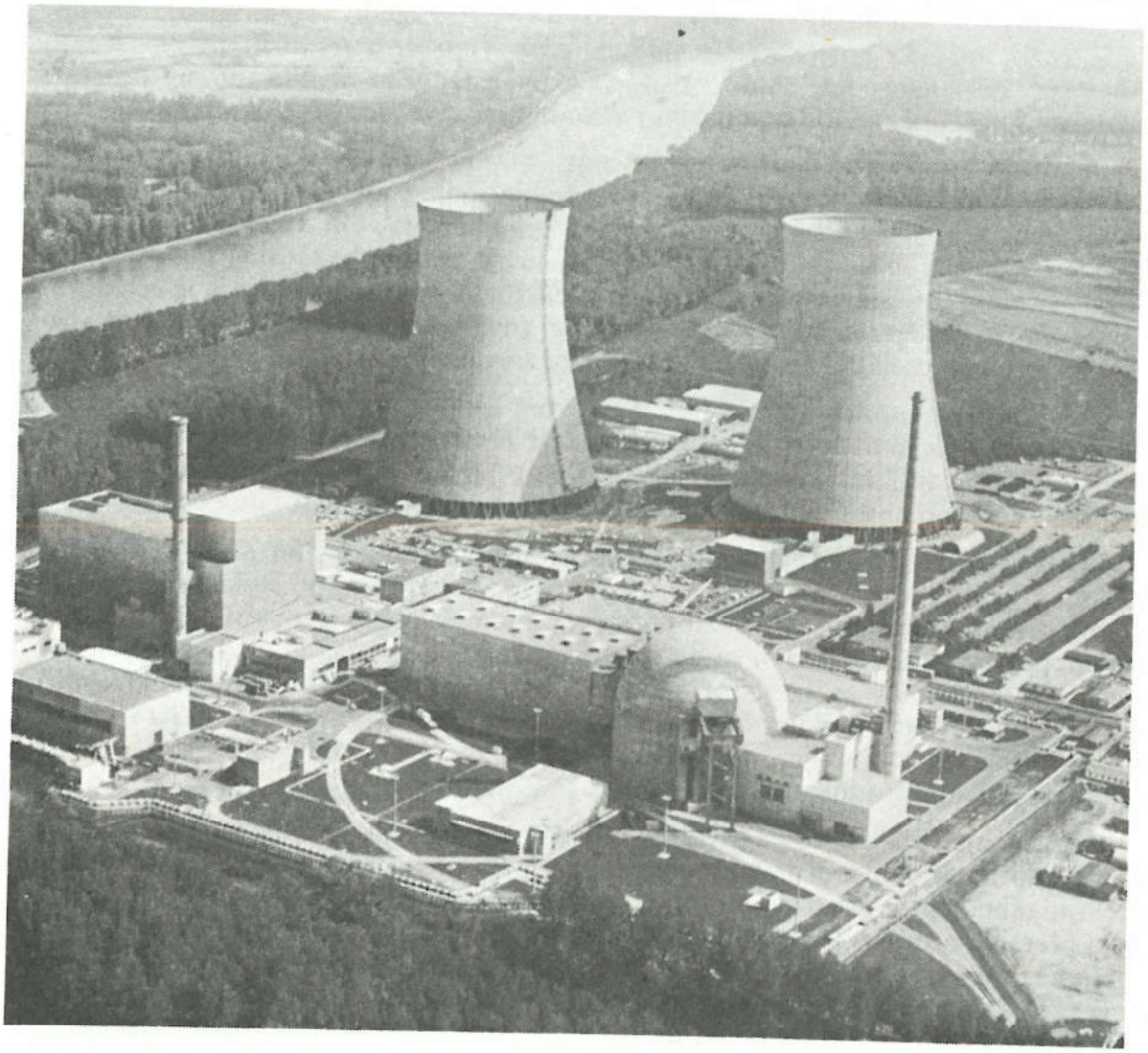
Uspješnom primjenom metode izolacije za novonastali radioaktivni otpad (RAO) a to znači osiguranjem da inženjerske barijere i prirodna svojstva tla na lokaciji za trajno pospremanje RAO onemogućavaju ulazak u ekosistem, štetni utjecaji nuklearne energetike se mogu svesti na zanemarivu mjeru.

Sama izgradnja nuklearnih elektrana (slika 21), što se tiče utjecaja na okolinu, identična je izgradnji klasičnih termoelektrana odgovarajuće snage. Međutim, bitna je razlika utjecaja na okolinu uvjetovana radom i prestankom rada nuklearnih elektrana.

Nuklearne elektrane za svoj rad troše nuklearno gorivo koje u usporedbi s količinom ugljena u klasičnoj termoelektrani odgovarajuće snage, predstavljaju veoma skromne količine. Tako na pr. za jednogodišnji rad nuklearne elektrane od 1.000 MW treba od 25 do 30 t obogaćenog urana. Da bi se dobila ta količina obogaćenog urana potrebno je u prosjeku izvaditi oko 125.000 t uranove rude, a čemu odgovara količina od oko 200 t prirodnog urana.

Dakle, za razliku od ugljena, uran ne može biti iskorišten u nuklearnoj elektrani u obliku u kome je izvađen iz rudnika, već mora proći kroz brojne pretvorbe prije nego što se unese u reaktor.

Nuklearne elektrane utječu na okolinu preko zračenja iz radioaktivnih materijala unijetih ili nastalih u reaktorima u procesima fisije, preko radioaktivnog raspada koji dospijeva u okolinu za vrijeme rada ili akcidenta u elektrani i preko otpadne topline koja je oko 35 % veća nego iz klasične termoelektrane iste snage.



Sl. 21. Panoramski snimak jedne nuklearne elektrane

Radioaktivne materije, ispuštene u obliku plinovitih tekućih ili krutih zagađivača, svojim zračenjem povećavaju ukupno zračenje u okolini u kojoj je čovjek i inače izložen zračenju iz Svemira i od Sunca, zračenju radioaktivnih materija iz zemljine kore i iz zraka. Povećanje zračenja bit će u toliko veće u koliko je priraštaj zračenja iz nuklearne elektrane veći. Iako je ovaj priraštaj u pravilu mali (oko 0,1 % prirodnog zračenja u krugu polumjera 80 km oko nuklearne elektrane) njegovi efekti mogu biti značajni zbog drugačije prirode zračenja i načina kojima se čovjek izlaže

tom zračenju. Plinoviti zagađivači, nastali u toku rada nuklearne elektrane, sastoje se uglavnom od ksenona (Xe-135), kriptona (Kr-88), tricija (H-3) i joda (I-131). U tekućim zagađivačima prevladava tricij (H-3), dok je utjecaj svih ostalih tekućih radioaktivnih zagađivača 25 do 100 puta manji od zračenja tricija. Kruti radioaktivni otpad u nuklearnim elektranama nastaje kontaminacijom opreme čija dekontaminacija nije opravdana.

Dok se kruti otpaci drže na lokaciji elektrane, ili odlažu na skladište i drže pod kontrolom, tekući i plinoviti se ispuštaju u hidrosferu i atmosferu i različitim putovima stižu do čovjeka. Radioaktivni elementi u tekućim zagađivačima (tricij, kobalt, stroncij, cezij, jod) do čovjeka stižu putem hrane i vode, a plinoviti putem zraka. Štetnost je određena ne samo vrstom aktivnosti koju emitiraju u procesu radioaktivnog raspada, nego i kemijskim i fizikalnim osobinama tih elemenata.

Vađenje urana, njegovo obogaćivanje, izrada gorivih elemenata, vađenje gorivih elemenata iz reaktora, njihovo odležavanje, odlaganje ili vađenje plutonija i neiskorištenog urana, cijeli taj proces se naziva "gorivi ciklus". On traje više godina (od čega samo 2 do 3 godine u reaktoru) i odvija se na raznim mjestima, gdje također utječe na okolinu i to manje prije unošenja u reaktor nego poslije vađenja iz reaktora. Pri svim tim operacijama pored radioaktivnog zračenja (o čemu će biti nešto više kazano u posebnoj točci) javljaju se i druge vrste zagađenja okoline.

Radioaktivni otpaci, koji nastaju u gorivom ciklusu nuklerne elektrane, veoma variraju u sastavu i aktivnosti. U vađenje rude i pripremi urana ovi otpaci su slabo aktivni, ali su u velikim količinama i ostaju u blizini mjesta nastanka. U radu nuklearne elektrane nastaju otpaci niske, srednje i visoke aktivnosti.

Otpaci niske i srednje radioaktivnosti se obično koncentriraju i drže na skladištima pod kontrolom, dok za visokoradioaktivni otpad (nuklearno gorivo izvađeno iz reaktora) s oko 99 % ukupnog zračenja nastalog u gorivom ciklusu danas još nema pravog rješenja. Da bi se dobio uvid u količinu visokoradioaktivnog otpada, potrebno je kazati da se iz jedne nuklerne elektrane od 1000 MW (električnih) godišnje dobije 30 tona koji u sebi sadrže oko 350 kg zaostalog fisionog urana i 170 kg nastalog fisionog plutonija, te urana 238 i nešto manje od jedne tone visokoradioaktivnih produkata fisije.

Odlaganje visokoradioaktivnog otpada predstavlja jedan od najvažnijih zadataka u primjeni nuklearne tehnologije, pa se u gotovo svim zemljama koje koriste nuklearnu tehnologiju intenzivno radi na tom problemu. Jedno od rješenja je njegova daljnja prerada, a drugo je definitivno sigurno pohranjivanje. Većina zemalja sklonija je prvom rješenju (daljnjoj preradi) ili čekanju (privremenom stokiranju) na to rješenje. Čekanje je uvjetovano sporim razvojem brzih reaktora, visokom cijenom prerade, te velikom ponudom urana na svjetskom tržištu, a sve je to imalo utjecaja na zastoj u traženju konačnih rješenja za pohranjivanje visokoradioaktivnog otpada.

Radi toga, očekivanje da se u međuvremenu mogu još usavršiti postojeće tehnologije odlaganja (u duboke geološke formacije i druge) i demontaže nuklearne elektrane poslije isteka njenog vijeka ima opravdanja (s obzirom na zaštitu okoline), samo, ukoliko se konačna rješenja donesu prije nego što privremena rješenja dovedu do nepovoljnijih posljedica. Zbog važnosti pohranjivanja visokoradioaktivnog otpada i sigurnosti koja se kod toga traži, o nekim pokušajima i rješenjima bit će više riječi u posebnoj točci.

Kvarovi na nuklearnim elektranama, i pored mnoštva sistema i mjera predviđenih da ih se spriječi ili ograniči njihove posljedice, a koji se odražavaju i na

njihovu relativno visoku cijenu, predstavljaju posebno opasnu kategoriju utjecaja s globalnim razmjerima. Mada po ugroženosti ograničen na neposrednu okolinu i na žrtve (31 mrtvih) samo među zaposlenima, katastrofalna nesreća na nuklearnoj elektrani "Lenjin" u Černobilu u SSSR-u, najveći u 30-godišnjoj povjesti razvoja nuklearne energije u svijetu, pokazao je da, osim zračenja, postoje i mnogi drugi utjecaji na životnu sredinu, psihološki, politički, ekonomski itd. Među utjecajima s dugoročnim posljedicama ostat će i psihološki utjecaji izraženi izazivanjem straha od tragičnih posljedica ove nesreće u svim sredinama, iako za to nije bilo objektivnog razloga. Razlozi su, već u simboličkim, etičkim i opće kulturnim korjenima, kao i u psihoanalitičkom fenomenu "premještanja" objekta izazivača snažnih emocija (strah od atomske bombe) i njegove simboličke zamjene drugim objektom (nuklearnom elektranom). Nuklearna energija se i inače javlja kao opći simbol ugroženosti i podsvjesnog straha čovjeka od visoke tehnologije u njegovoj okolini, te je njime, kao i dramatičnim predstavljanjem ove nesreće od strane sredstava javnog informiranja i političkih struktura, strah još više potenciran. Činjenice da se kvarovi na nuklearnim elektranama događaju, kao i na svim drugim tehničkim sistemima (iako do sada niti jedan s ovakvim ispuštanjem radioaktivnosti u okolinu i s ljudskim žrtvama) i da su utjecaji normalnog ispuštanja zagađivača iz termoelektrana također ozbiljni (kisele kiše), nisu mogle ublažiti strah.

Radioaktivno zračenje iz nuklearne elektrane, ispušteno bilo u slučaju kvara, ili u toku normalnog rada, dolazi u kontakt s čovjekom na više načina, preko kontaminirane hrane, ili vode i zraka i eksterno, preko kože.

Sadržaj radioaktivnih elemenata u nekom organu zavisi od više faktora, u prvom redu od mogućnosti asimilacije i brzine izbacivanja, fiziološkog perioda organa i perioda poluraspada elementa. Utjecaj zračenja u živom organizmu se vrši putem jonizacije ili ekscitacije molekula stanica, izazivajući kako somatske, tako i genetske efekte.

Somatski efekti zračenja se izražavaju u organizmu ozračenog pojedinca i zavise od organa koji se promatra i doze primljenog zračenja. Smrt (ne trenutnu, već poslije nekoliko dana) izazivaju samo najviše doze, dok niže doze izazivaju razne biološke efekte, kao što su poremećaji u krvi, i slabljenje obrambenog mehanizma zbog ubijanja stanica ili prestanka njihove diobe pod utjecajem zračenja, izazivanjem raka i leukemije zbog razvoja malignih stanica i istovremenog gubitka ili smanjenja obrambenih sposobnosti. Genetski efekti se izražavaju u povećanju spontanih mutacija koje mogu utjecati na konstituciju potomka ili na njihovu reprodukcionu sposobnost zbog remećenja "genetske informacije" pod utjecajem zračenja. Zbog svega navedenog, razumljivo je da ovako složeni utjecaji moraju biti podvrgnuti detaljnom izučavanju, kako bi se okolina i čovjek u njoj što efikasnije zaštitili u slučaju opcija sa nuklearnim elektranama i od eventualnog većeg ispuštanja radioaktivnog zračenja iz njih.

4.3.5 UTJECAJ IZGRADNJE I RADA NOVIH IZVORA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA OKOLINU

Novim izvorima električne energije; nuklearnim elektranama s brzim oplodnim reaktorima i fuzionim reaktorima, termoelektranama na geotermalnu energiju, na biomasu, solarnim elektranama, elektranama na vjetar i drugim, trebaju u doglednoj budućnosti biti zamijenjeni današnji konvencionalni izvori, hidroelektrane, termoelektrane na ugljen i fisione nuklearne elektrane. Ovi izvori će u međuvremenu preuzeti dio priraštaja potrošnje električne energije, u onoj mjeri u kojoj

konvecionalni izvori, zbog ograničenih resursa ne budu mogli podmirivati potražnju, pod uvjetom da se njihov razvoj izvrši do razine opće društvene opravdanosti i prihvatljivosti. Za njihovo prihvaćanje bit će pored ostalih kriterija, bitan i njihov utjecaj na okolinu.

Razlika između klasičnih termalnih reaktora i brzih oplodnih reatora je u tome što brzi reaktori imaju veći faktor konverzije, koji se postiže izostavljanjem moderatora iz jezgre i oblogom jezgre od urana. Da se ne bi trošilo previše urana u oblogu, zahtjev je da jezgra bude mala i visoke specifične snage, pa slijedi da je potrebno postići efikasno hlađenje jezgre. Obično se to čini tekućim metalom, a istražuje se i hlađenje plinom. Najčešće se kao rashladno sredstvo upotrebljava tekući natrij, koji je kemijski veoma aktivan, a što postavlja teške uvjete za materijale koji dolaze u dodir s njim. Djelovanjem neutronskog zračenja natrij postaje radioaktivan, pa se treba osigurati od izlaska natrija.

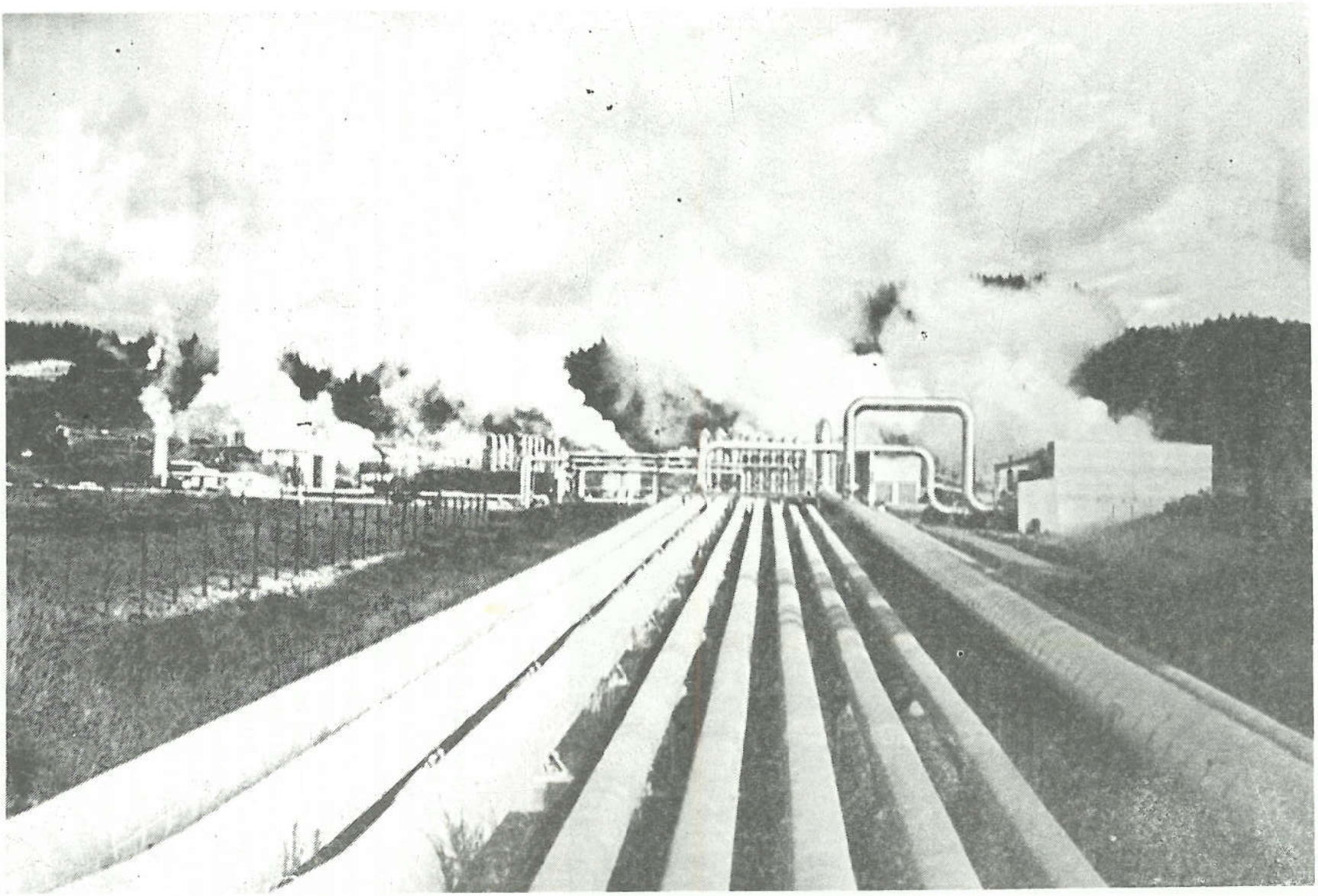
S obzirom na naprijed kazano slijedi da je kod brzih reaktora naglašenije pitanje sigurnosti, zbog visokoobogaćenog goriva i visoke koncentracije snage u jezgri reaktora, nego kod termalnih reaktora. Pored većeg problema sigurnosti kod upotrebe brzih reaktora, postavlja se problem zloupotrebe plutonija, kojega ima 4 do 5 tona u reaktoru snage 1000 MW, što je dovoljna količina za više od 100 atomskih bombi.

Navedeni razlozi (sigurnosti i zloupotrebe) znatno poskupljuju i usporavaju razvoj brzih reaktora, pa se do kraja ovog stoljeća ne očekuje njihova značajnija primjena.

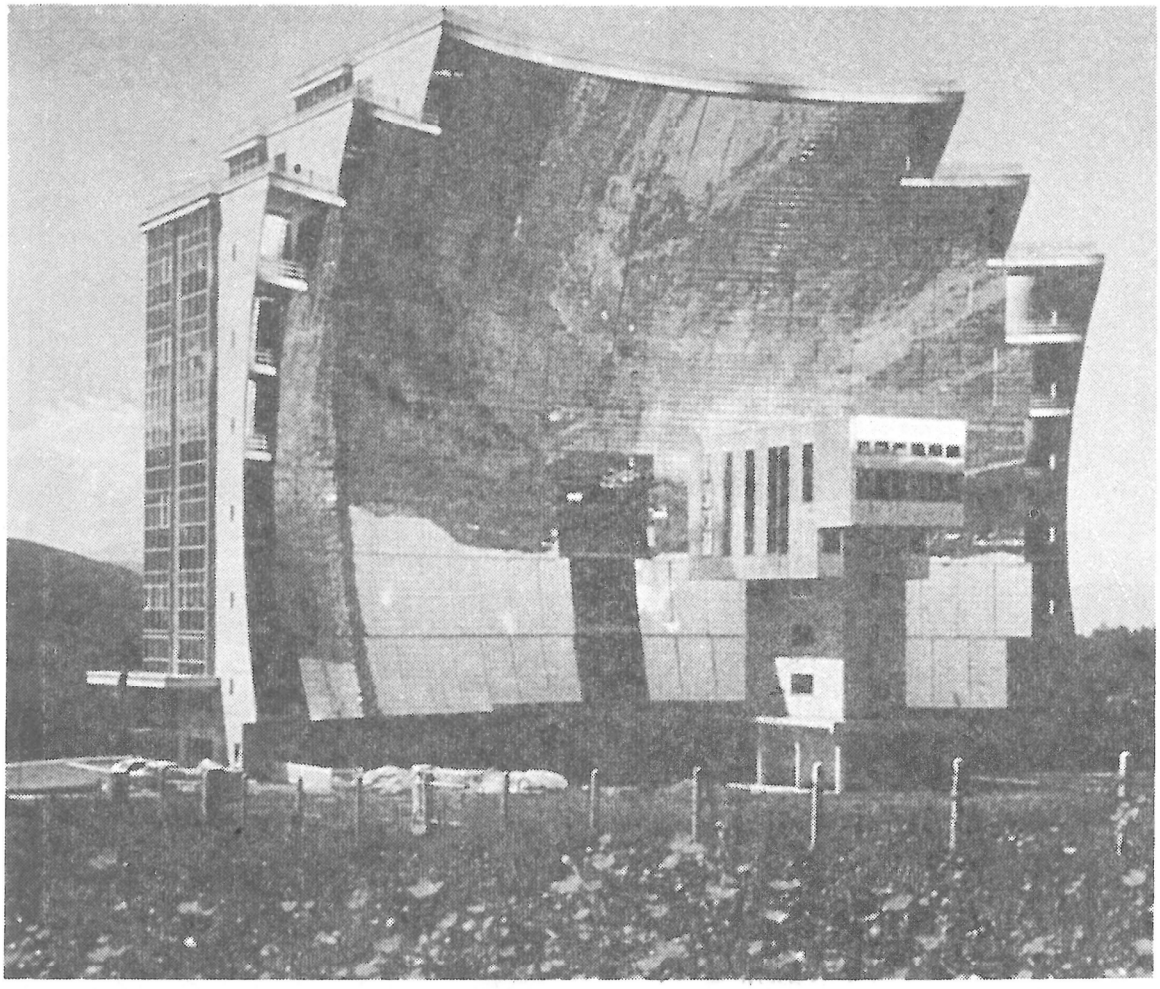
Nuklearne elektrane, s fuzionim reaktorima se neopravdano smatraju "čistim" izvorima električne energije, koji će zamjenom sadašnjih elektrana u proizvodnji, istovremeno riješiti i problem ugrožavanja okoline. Mada se u sadašnjoj fazi razvoja pažnja posvećuje ostvarivanju kontroliranog procesa fuzije i njegovom industrijskom provjeravanju, moguće je donijeti i kvalitativne ocjene specifičnih karakteristika takve nuklearne elektrane sa stanovišta utjecaja na okolinu. U prvom redu, opasnost predstavlja ogromna količina radioaktivnog tricija kojeg je teško spriječiti da izlazi u okolinu, zbog velikih dimenzija sistema. Ispuštanje litija, kao i njegova potencijalna mogućnost paljenja su također prijetnja okolini. Postoje i problemi vezani za snažno magnetsko polje koje se primijenjuje kod fuzionog procesa, kako u pogledu mogućnosti naglog oslobađanja energije, tako i u pogledu utjecaja tog magnetsko polja na ljude. Nije bez značaja ni problem odlaganja ogromnih količina materijala koji postaje radioaktivan pod utjecajem neutrona, problem ogromnih dimenzija postrojenja i slični, kojima će se u daljem razvoju ovog izvora energije morati posvetiti odgovarajuća pažnja, tim veća, jer je perspektiva da upravo fuzija bude oslonac razvoja proizvodnje električne energije u budućnosti.

Termoelektrane na geotermalnu energiju (slika 22), kao i ostale elektrane također imaju utjecaj na okolinu. Geotermalna energija izaziva utjecaje putem velikih količina otpadne vode zagađene agresivnim mineralnim solima, zagađivanja zraka štetnim plinovima, buke i drugih efekata.

Proizvodnja električne energije s biomasom kao gorivom u izvornom ili nekom pretvorbvenom obliku ima utjecaja na okolinu. Takva postrojenja zagađuju okolinu produktima izgaranja, koji sadrže dimne plinove sa štetnim oksidima, zatim ostacima izgaranja (pepeo i neizgorene materije) koji se moraju pohraniti. U koliko se koriste neka goriva dobivena preradom biomase, u takvim slučajevima može doći, zbog kemijskih procesa, do znatnog zagađenja voda.



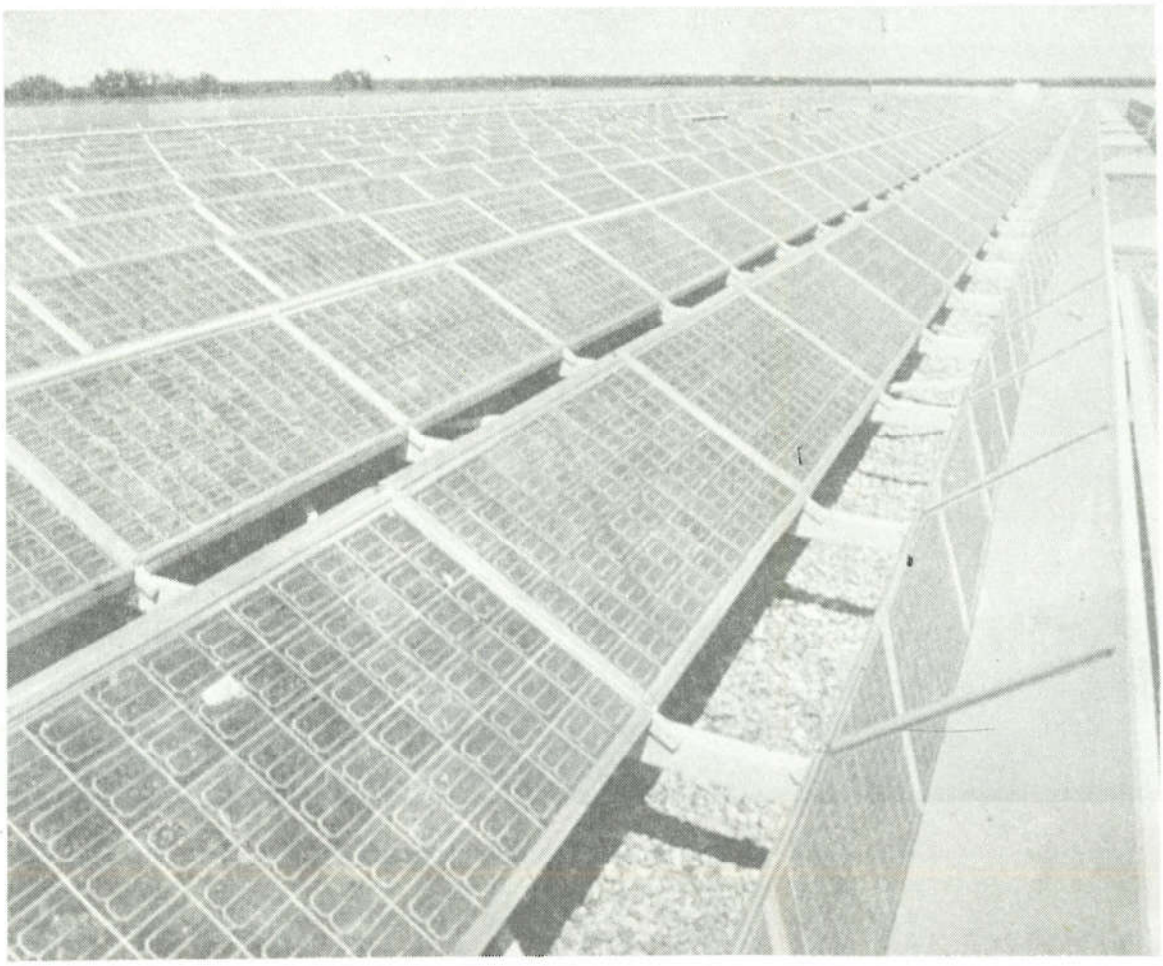
Sl. 22. Snimak postrojenja za korištenje geotermalne energije



Sl. 23. Izgled postrojenja solarne elektrane

Solarni izvori električne energije (slika 23) ne ispuštaju zagađivače u procesu proizvodnje, te se također smatraju "čistim" - izvorima. Međutim, ni oni nisu bez utjecaja na okolinu, ne samo zato što zauzimaju ogromne površine (zbog disperzionog karaktera sunčeva zračenja), već i zato što mogu ugroziti živa lica. Takve mogućnosti postoje kad je pogrešno usmjereno zračenje iz kolektora (ogledala ili leća), koje može izazvati požare, može povrijediti životinje i ljude (opekotine kože, oštećenja očiju). Isti ili sličan utjecaj na okolinu mogu imati i reflektirana zračenja. Naročito nepovoljni utjecaji potiču od fotonaponskih solarnih ćelija (slika 24) zbog toga što sadrže otrovne materijale, kao što su kadmij, indij, arsen i galij, koji se njihovom velikom upotrebom praktično nekontrolirano raznose u okolinu. Zato se računa da će tehnički razvoj ovih izvora električne energije morati biti praćen i odgovarajućim mjerama zaštite okoline od navedenih i drugih, još neutvrđenih utjecaja.

Eolske elektrane (elektrane na vjetar, slika 25) imaju slijedeće utjecaje na okolinu: sigurnosne, estetske, akustične, elektromagnetske i druge manje važne. Što se tiče sigurnosti moguća opasnost prijeti od pada generatora ili otkidanja pojedinih dijelova elektrane, posebno krila, pri jačim vjetrovima i kvarovima na regulaciji brzine okretanja turbine. Jedan od većih problema kod rada eolskih elektrana je i stvaranje buke, te elektromagnetske smetnje koje utječu na kvalitetu prijema radio i TV



Sl. 24. Snimka postrojenja s fotonaponskim ćelijama

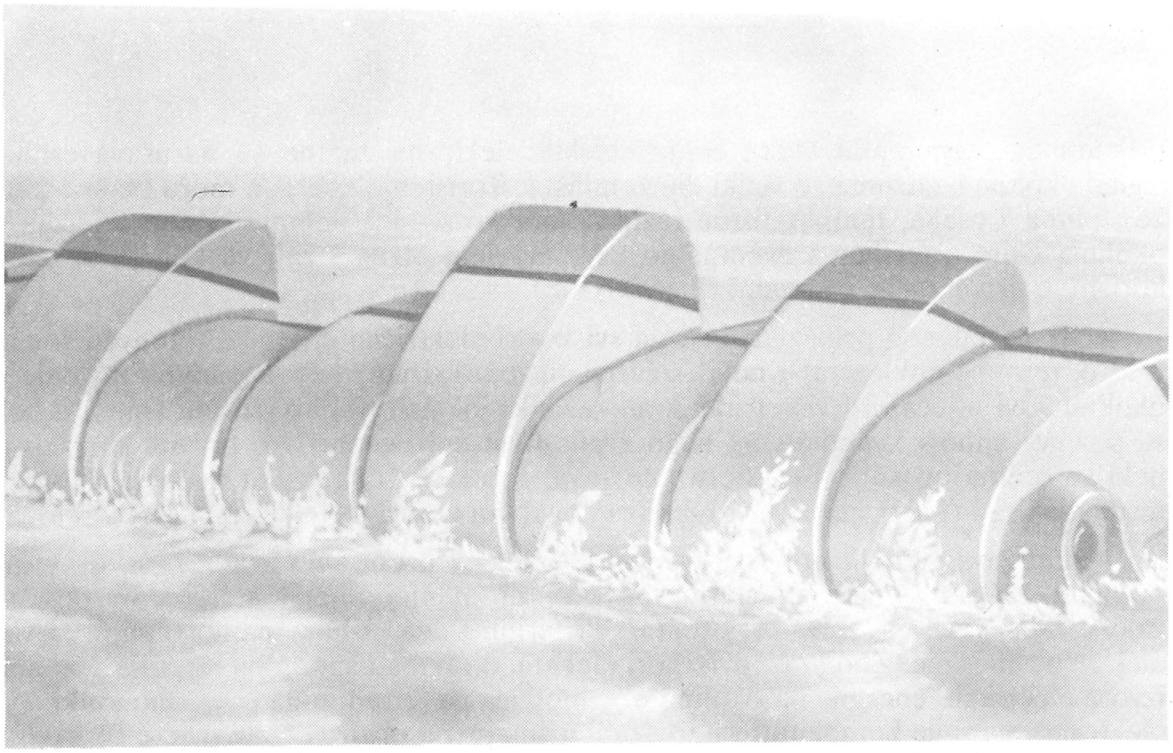
prijemnika. Izgradnjom većeg broja eolskih elektrana znatno se narušava estetski izgled okoline i zauzima se veliki dio zemljišta. Korištenje energije mora (valovi (slika 26), plima i oseka, temperaturne razlike, morske struje) nemaju bitnog utjecaja na okolinu, osim estetskog i eventualno zauzimanjem obala i zaljeva koji bi se mogli koristiti u druge svrhe (turizam, ribarstvo itd.).

Iz navedenog prikaza slijedi da svi izvori električne energije, i konvencionalni (hidro, termo i nuklearni) i novi (solarni, fuzioni i drugi) vrše negativne utjecaje na okolinu. Ovi utjecaji su višestruki, kompleksni i još nedovoljno izučeni (mnogo bolje su poznati njihovi kvantitativni, nego kvalitativni pokazatelji), po prirodi su različiti, neki su veoma opasni po biosferu i čovjeka, a neki dostižu velika rastojanja (SO_2 iz termoelektrana) ili traju veoma dugo (radioaktivni otpaci iz nuklearnih elektrana).

Održavanje ovih utjecaja, u okviru zakonski propisanih granica, ne osigurava potpunu zaštitu (uvijek su štetni, u većoj ili manjoj mjeri) i treba ih posebno valorizirati, ravnopravno sa ostalim kriterijima za izbor najpovoljnijih izvora električne energije. Zbog raznovrsnosti efekata, direktna usporedba utjecaja pojedinih izvora električne energije na okolinu nije moguća pa je radi toga potrebno svaki izvor električne energije kompletno valorizirati, uzimajući u obzir i ostale uvjete (prirodne i društvene).

Sl. 25. "Farma" eolskih elektrana

Sl. 26. Detalj elektrane za korištenje energije morskih valova



Računajući sa ograničenim kapacitetom okoline da, bez katastrofalnih posljedica, prima zagađivače iz sve brojnijih i većih izvora, među kojima izvori električne energije zauzimaju značajno, često dominantno mjesto, razumno je planirati dugoročno korištenje tog, kao i svakog drugog ograničenog resursa. U tom pogledu je posebno kritična situacija sa termoelektranama na ugljen i nuklearnim elektranama koje predstavljaju osnovni izvor električne energije danas, a bit će to još dugo u budućnosti, te se planski moraju uvoditi mjere za smanjenje ispuštanja zagađivača, kako bi se izbjegla ograničenja mogućnosti njihove izgradnje za zadovoljenje rastućih potreba.

5. ZAGAĐENJE OKOLINE IZ INDUSTRIJSKIH POSTROJENJA, PROMETNIH SREDSTAVA I ŠIROKE POTROŠNJE

5.1 ZAGAĐENJE OKOLINE IZ INDUSTRIJSKIH POSTROJENJA

Na samom početku potrebno je nešto kazati o tome, što se u ovom slučaju podrazumijeva pod industrijskim postrojenjima. To su sva industrijska postrojenja bez postrojenja za proizvodnju, pretvorbe, transport i razdiobu oblika energije.

U industriji je vrlo velik broj manjih kotlovskih postrojenja i manji broj industrijskih termoelektrana-toplana. Oni nisu opremljeni uređajima za upravljanje i regulaciju kao kotlovi u termoelektranama. Zbog toga su i specifične emisije ugljičnog monoksida i ugljikovodika veće nego iz kotlova većeg učina. To vrijedi i za emisiju pepela jer se najčešće u takvim postrojenjima ne ugrađuju efikasniji filtri. Osim toga, postrojenja u industriji često ne rade s optimalnim opterećenjem, često mijenjaju opterećenje i obustavljaju se, pa sve to utječe na porast emisije.

Industrijske termoelektrane-toplane i kotlovnice (energane) imaju u pogledu zagađivanja zraka i tla iste emisione karakteristike kao i velike termoelektrane u sastavu elektroprivrede. Njihove emisije aerozagađivača i čvrstih otpadaka zavise prije svega od vrste korištenog goriva, od tehnologije procesa sagorijevanja toga goriva u ložištu, od primijenjene tehnologije prečišćavanja dimnih plinova i od daljeg korištenja otpadaka iz procesa sagorijevanja.

U odnosu na zagađivanje vode otpadnom toplinom, emisione karakteristike industrijskih termoelektrana-toplana mnogo su bolje nego kod javnih termoelektrana, zbog manjeg udjela proizvodnje električne energije u kondenzacionom pogonu, a većeg udjela turbina u protutlaku i oduzimanju pare.

Ostali industrijski zagađivači vezani su za upotrebljene procese i za odgovarajuću opremu, a prema svrsi i namjeni mogu se podijeliti na tri osnovne kategorije: proizvodni pogoni, distributivni i potrošni uređaji.

Proizvodni, distributivni i potrošni uređaji i procesi industrije (slika 27) emitiraju značajne količine materijalnih i energetskih zagađivača koji zajedno sa zagađivačima iz drugih izvora onečišćavaju okolinu. Zagađivači koji se ispuštaju u zrak pretežno potiču iz procesa sagorijevanja fosilnih goriva, dok zagađivači koji se ispuštaju u vodu velikim dijelom potiču i iz drugih procesa, zavisno od vrste industrije i vrste postrojenja.

Sl. 27. Tipična slika starih industrijskih postrojenja

Dakle, industrija se može smatrati proizvodnim sistemom koji uz pomoć korisnih oblika energije niz anorganskih i organskih sirovina prerađuje u čitav niz proizvoda. Za preradu ulaznih sirovina i poluproizvoda u proizvode u svakoj se industrijskoj grani koriste određene tehnologije kod kojih po pravilu dolazi do masenih gubitaka materijala.

Materijalni otpad može se pojaviti u krutom, tekućem ili plinovitom stanju, a veoma često predstavlja nepoželjan nusprodukt i zagađuje okolinu.

Najveći dio proizvodnih aktivnosti u industriji odvija se uz pomoć energije koja se dovodi u tehnološki proces (mehanički rad, toplina, električna energija, itd.) ili u prirodnom obliku (fosilna goriva). Najveći dio dovedene energije napušta tehnološki proces kao otpadna energija.

Distributivni pogoni u industriji koriste prijevozna i prijenosna sredstva, pa je njihov utjecaj na zagađenje okoline uvjetovan korištenim strojevima i postrojenjima, a detaljnije će biti opisan u poglavlju o utjecaju prometa na okolinu.

Kod potrošnih uređaja buku stvaraju mnoga postrojenja koja u tehnološkom procesu obrade ili prerade materijala troše mehanički rad. Buka iz tih postrojenja prvenstveno zagađuje radnu sredinu, a u određenim slučajevima može i okolinu. Za razliku od buke, zagađivanje vode iz tehnoloških procesa u industriji mnogo više je uvjetovano osobinama korištenih materijala nego osobinama korištenih oblika energije.

U emisijama aerozagađivača iz tehnoloških procesa u industriji zastupljene su emisije iz potrošnje energije i emisije iz tehnologije materijala. Emisije iz potrošnje energije prvenstveno potječu iz procesa sagorijevanja fosilnih goriva u stacionarnim ložištima tehnoloških postrojenja, prije svega u industrijskim pećima, pri čemu njihov sastav zavisi od vrste upotrebljenog goriva i od tehnologije sagorijevanja. Emisije iz tehnologije materijala nastaju najčešće u procesima mehaničke obrade materijala, zatim u kemijskim reakcijama između pojedinih materijalnih komponenata, te u procesima termičke obrade i prerade materijala.

Dakle u ukupnim emisijama iz industrije, procesi proizvodnje i potrošnje energije sudjeluju u značajnoj mjeri.

Industrijska postrojenja mogu zagađivati zrak ispuštanjem štetnih kemijskih materija u toku tehnoloških procesa. Ovo ispuštanje štetnih materija može se vršiti neprekidno ili povremeno u konstantnim predviđenim količinama ili vremenski nepredviđenim situacijama u nepredvidljivim količinama.

Zagađivanje zraka zavisi pored ostalog i od vrste industrije, kapaciteta proizvodnje i primijenjenih mjera za sprečavanje zagađivača zraka. Sastav zagađenog zraka štetnim materijama zavisi od vrste izvora, specifičnosti primijenjene tehnologije i vođenja proizvodnog procesa.

U crnoj metalurgiji procesi taljenja sirovog željeza i prerade čelika odvijaju se uz izbacivanje u atmosferu različitih štenih materija, prašine, oksida sumpora, vodikovog sulfida, ugljikovodika, sumporne kiseline, klora, klorovodika, arsena, organskih i neorganskih kancerogenih materija itd. U procesima koksiranja ugljena, taljenja metala u različitim pećima stvaraju se znatne količine prašine, oksida metala, oksida sumpora, fosfora, ugljika, dušika itd.

U industriji obojenih metala izbacuje se prašina, oksidi i pare metala, arsen, fluor, olovo, klor i njihovi spojevi benziperen, smolaste materije itd.

Proizvodnja cementa i građevinskog materijala također predstavlja izvor zagađivanja atmosfere najčešće prašinom, oksidima sumpora, ugljikovodicima, fenolom itd.

Kemijska industrija predstavlja granu s veoma različitim procesima proizvodnje u odnosu na upotrebu sirovina i dobivanja poluproizvoda ili gotovih proizvoda. Osnovne štetne materije su: prašina, oksidi ugljika, dušika, sumpora, spojevi arsena, klora, fluora i drugi organski spojevi.

Iz industrijske prerade nafte izbacuju se velike količine ugljikovodika, sumporovodika, amonijaka, klora, fenola, oksida dušika i sumpora, te eksplozivnih plinova.

Pored zagađivanja zraka i stvaranja buke, industrijska postrojenja zagađuju zemljište (zauzimanjem velikih površina uglavnom obradiva zemljišta, krutim otpacima i kemikalijama), te površinske i podzemne vode (otpadnom toplinom, kemikalijama, mazivima itd.). Najvažniji zagađivači su dakle sumporni dioksid (SO_2), prašina, kruti otpaci, otpadne vode i buka. Ovdje je potrebno pripomenuti da se dio krutih otpadaka (ovisno o vrsti otpadaka) može koristiti kao sirovina u drugim granama industrije, te da se u određenim uvjetima može iskoristiti i dio otpadne topline. Slijedi, dakle, da jedna od glavnih strategija za smanjenje zagađivanja iz industrijskih postrojenja treba biti što kompletnije korištenje cjelokupnog materijalnog i energetskog izlaza iz svih industrijskih procesa.

5.2 ZAGAĐENJE OKOLINE IZ PROMETNIH SREDSTAVA I PRIJENOSNIH POSTROJENJA

Uz pomoć energije čovjek se kreće, radi i živi pod vodom i na vodi, pod zemljom i na zemlji, u zraku i sve češće u svemiru.

Kako je poznato promet se može podijeliti na:

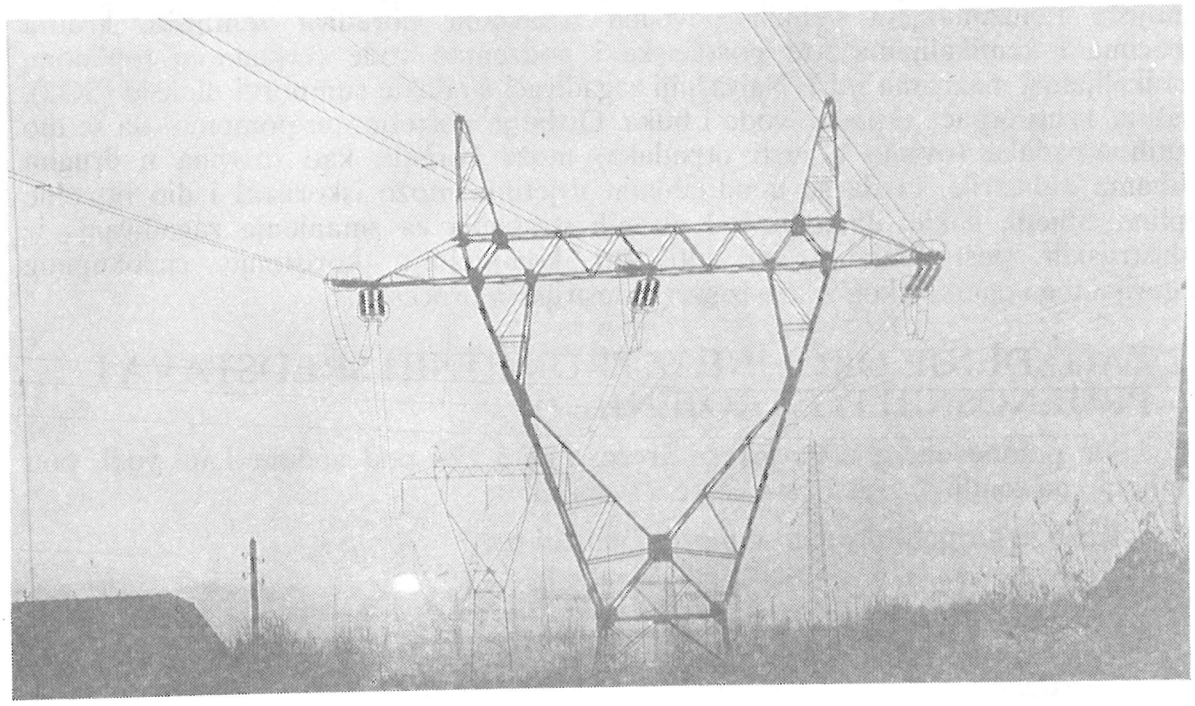
- željeznički
- pomorski
- riječni i jezerski
- cestovni
- zračni
- gradski i
- prijenos dobara (vodovima električne energije, cjevovodima, produktovodima itd.).

S obzirom na danas zanemarivo direktno sudjelovanje ugljena u podmirenju promatranih potreba za gorivom, to će strukturu potrošnje oblika energije činiti tekuća goriva i električna energija. Naime, ugljen indirektno sudjeluje preko proizvodnje električne energije u termoelektranama, što za ova razmatranja nije od posebne važnosti.

Kao potrošači električne energije javljaju se željeznički i gradski promet, te prijenos dobara, dok u potrošnji tekućih goriva sudjeluju: željeznički, pomorski, riječni, cestovni, zračni i gradski promet.

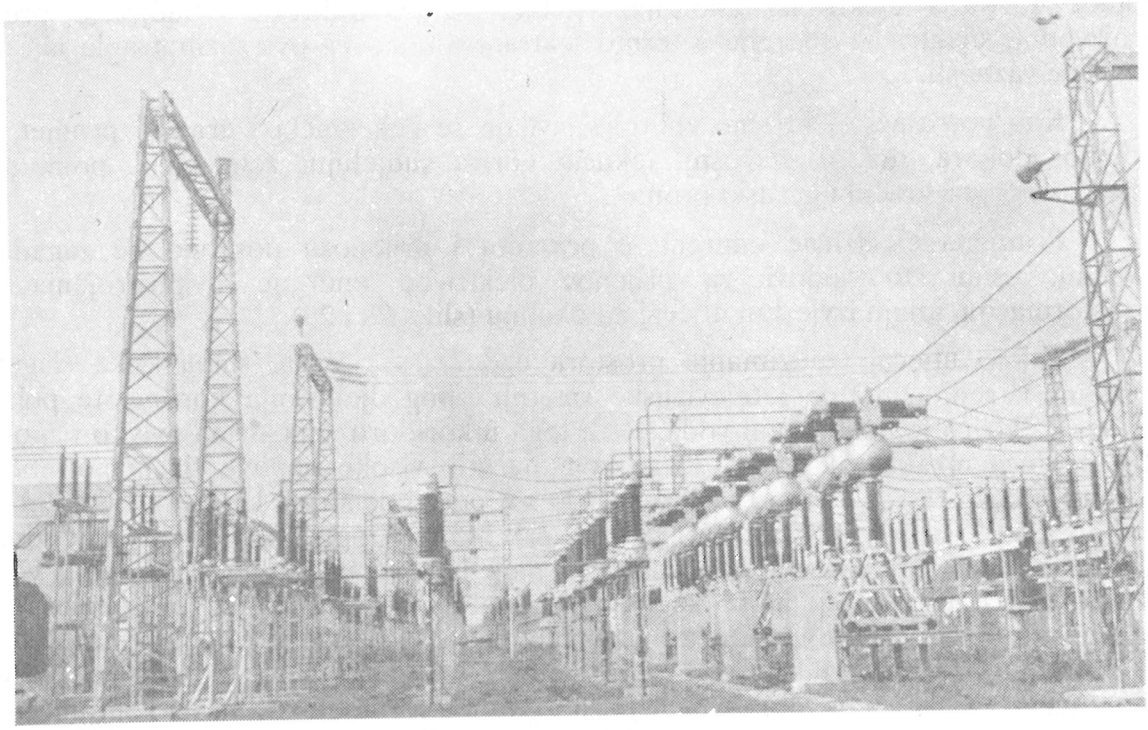
Primjena električne energije u prometu i prijenosu posebno ne zagađuje okolinu, osim što vodovi za prijenos električne energije i postrojenja za transformaciju, imaju izvjestan utjecaj na okolinu (slika 28 i 29).

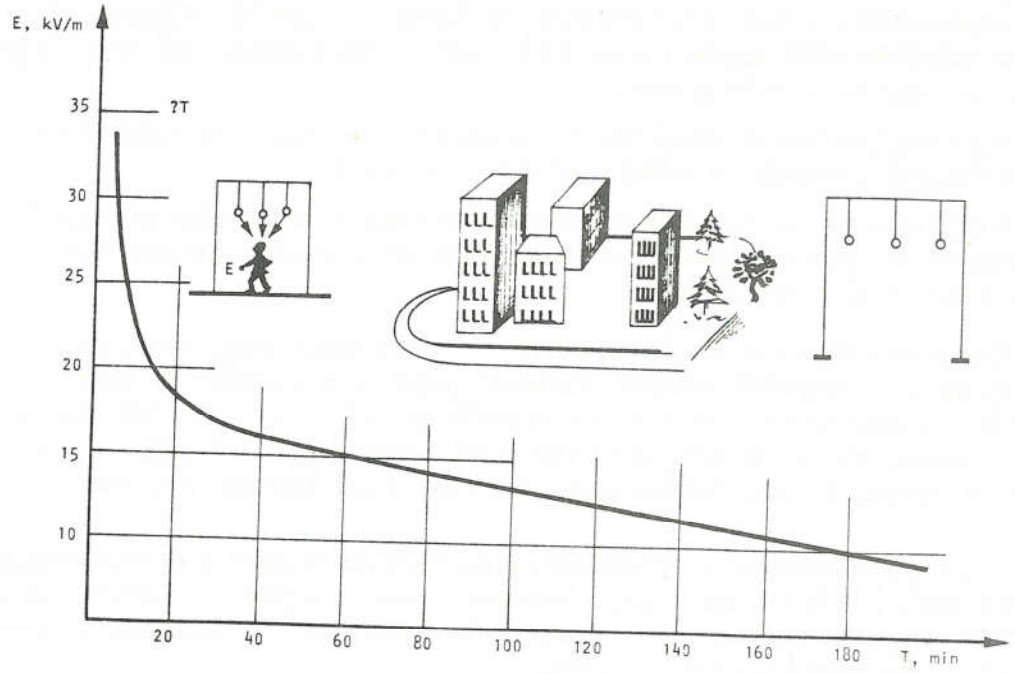
Taj je utjecaj: zauzimanje prostora uzduž trase voda, slaba buka (lagano zviždanje), radio-smetnje i televizijske smetnje zbog djelovanja korone, te pojava jakoga električnog polja ispod voda. Radi toga u koridoru, čija širina ovisi o naponu, nije moguća nikakva aktivnost. Prijelazom na vrlo visoke napone širina potrebnog koridora naglo raste. Tako je za vod od 420 kV potrebna širina koridora od 40 m, za vod od 765 kV širina od 85 m, a za 1500 kV čak 145 m. Upotreba sve viših prijenosnih napona posljedica je sve veće koncentracije snage u elektranama jer je izgradnja većih proizvodnih jedinica na jednoj lokaciji, normalno, ekonomičnija i jer je, s obzirom na zaštitu okoline, potrebnu vodu za hlađenje (za sve tipove termoelektrana), te s obzirom na rezerve goriva i ograničenje transporta (za konvencionalne termoelektrane), broj povoljnih lokacija za izgradnju termoelektrana vrlo ograničen. S porastom napona smanjuju se osim toga troškovi prijenosa električne energije, pa to, pored ostalog, traži izgradnju vodova viših napona.



Sl. 28. Panoramski snimak visokonaponskih vodova

Sl. 29. Jedan pogled na visokonaponsko rasklopno postrojenje





Sl. 30. Ovisnost jakosti elektroenergetskog polja o vremenu izlaganja

Elektromagnetska polja koja postoje u blizini vodiča visokonaponskih prijenosnih vodova ima nepovoljno djelovanje na ljudski organizam. Dokazano je da postoji određena veza između magnetskih strujanja i stanja osoba koje pate od kardiovaskularnih bolesti, kao i to da radiovalovi određene frekvencije imaju opasno djelovanje na žive stanice.

Ispitivanje utjecaja jakih elektromagnetksih polja (koja se mijenjaju s komercijalnom frekvencijom 50 Hz) na čovjeka do sada su pokazala, da jaka elektromagnetska polja uzrokuju pored kardiovaskularnih poremećaja i neurološke smetnje. Utjecaji jakih elektromagnetskih polja primijećeni (potvrđeni) su kod stanovnika koji su stanovali u neposrednoj blizini visokonaponskih transformatorskih stanica (nazivnih napona 400 do 750 kV), nakon njihova puštanja u pogon.

Međutim, do sada je uočeno da štetne posljedice izlaganja ljudi jakom elektromagnetskom polju ovise o njegovoj jakosti E i vremenu izlaganja T. Što je jače polje, to je kraće dozvoljeno vrijeme izlaganja za čovjeka (slika 30). Djelovanje polja od 20 kV/m odmah se osjeća u obliku neprijatnih osjećanja nakon kojih slijede smetnje u tjelesnim funkcijama. Kod 5 kV/m nisu uočena nikakva neprijatna osjećanja. Jakost polja pada s povećanjem udaljenosti od izvora polja zračenja, tj. vodiča. Bitno je da se utvrde (propišu) dopuštene sigurnosne udaljenosti od prijenosnih energetskih vodova od objekata za stanovanje.

Jaka električna polja traže odgovarajuće zaštitne mjere, koje sprečavaju djelovanje elektromagnetskog polja.

Površine zemlje koje se zauzimaju kao slobodne zone (koridori) smanjuju se upotrebom kabelskih vodova, koji dopuštaju polaganje prijenosnih energetskih vodova u velikim gradovima, ali uz (danas još uvijek) veće investicije.

Supravodljivi i niskotemperaturni će kabeli omogućiti prijenos vrlo velikih snaga uz relativno niski napon (20-30 kV) u usporedbi s danas potrebnim naponima za prijenos snage istog reda veličine.

Supravodljivi kabeli, međutim, bit će idealno rješenje za dovođenje vrlo velikih količina električne energije u velike gradske aglomeracije.

S obzirom na zaštitu okoline prijenos istosmjernom strujom povoljniji je nego izmjeničnom. Za jednaku snagu uz istosmjerni se prijenos zahtjeva oko 30 % uži koridor uzduž trase dalekovoda.

Današnji prijenosni visokonaponski vodovi su pouzdaniji, lakši za održavanje i efikasniji su od kablovskih vodova. Kabelski prijenos u određenim situacijama ipak zamjenjuje visokonaponske vodove. Te situacije su kad je nadzemni prijenos nemoguć (prijenos preko mora) ili nesiguran (na prijelazima preko autoputova, aerodroma, naseljenih mjesta) ili kada vizualni (estetski) uvjeti traže kabelski prijenos.

Utjecaj produktovoda, cjevovoda i plinovoda na okolinu u normalnom pogonu je veoma mali. Međutim, za vrijeme kvarova (specijalno pucanja cjevovoda) utjecaji na okolinu mogu biti znatni, kako na zagađenje zraka, tako na zagađenje zemlje, te na zagađenje podzemnih i nadzemnih voda.

Vrsta i razina zagađenja ovisne su o vrsti kvara i njegovoj veličini, te o sredstvu koje se prenosi putem produktovoda. Najčešća i najteža su kemijska zagađenja tla, te nadzemnih i podzemnih voda.

Suvremena prometna sredstva (automobili, lokomotive, brodovi i avioni) zagađuju okolinu. Najveće zagađenje i najteže po čovjeka čine automobili (zbog svoje trajnosti - na svijetu je oko 250 milijuna u prometu) posebno u gradovima s velikom gustoćom prometa. Plinovi izgaranja iz automobila praktički se ispuštaju na razini Zemlje, pa je samim tim otežana njihova disperzija.

Suvremena prometna vozila koriste uglavnom tri vrste motora i to: benzinski (automobili i avioni), dizelski (automobili, lokomotive i brodovi) i reaktivni (avioni). Sastav ispušnih plinova izgaranja ovisi u prvom redu o tipu motora (benzinski, dizelski ili reaktivni), zatim o snazi motora, načinu vožnje, dotrajalosti, načinu eksploatacije i održavanja.

Prosječne specifične emisije iz automobilskih motora i reaktivnog motora (samo za vrijeme spuštanja i polijetanja aviona) po jedinici energije u gorivu iznose (tablica 2.)

Tablica 2

	H_2O kg/GJ	CO_2 kg/GJ	CO g/GJ	SO_2 g/GJ	NO_x g/GJ	C_mH_n g/GJ	Prašina i čađa g/GJ
Benzinski motor	26	57	10000	22	1000	600	40
Dizelski motor	25	74	500	180	1100	240	400
Reaktivni motor	26	74	200	36	70	100	20

Iz navedenih podataka evidentno je da se voda (H_2O), sumporni dioksid (SO_2) i ugljični dioksid (CO_2), te prašina i čađa mogu zanemariti prema ugljičnom monoksidu (CO), dušičnim oksidima (NO_x) i ugljikovodicima (C_mH_n). Naime, zahtjevi za smanjenje sumpora u benzinima i dizel gorivu, u Jugoslaviji je dozvoljena prosječna količina sumpora u motornom benzinu 0,06 % i dizel gorivu 0,8 % (u Zapadnoj Njemačkoj 0,15 %), imali su bitan utjecaj na udio sumpornog dioksida u ispušnim plinovima.

Međutim, i količina ugljičnog monoksida (CO), dušičnih oksida (NO_x) i ugljikovodika (C_mH_n) u ispušnim plinovima (produkti nepotpunog izgaranja ugljikovodika) kao i količina olovnih spojeva (nastalih izgaranjem motornih benzina) ovise o vrsti automobila, načinu vožnje i vrsti goriva.

Na sastav glavnih ispušnih plinova utječe omjer kompresije, oblik komore izgaranja te dovodnih i odvodnih cijevi itd. Najviše pridonosi zagađivanju regulacija dovoda goriva i paljenja. Višak zraka od 5 % u benzinskom motoru omogućuje potpuno izgaranje goriva, pa radi toga benzinski motor radi s viškom goriva, i to osobito uz mali broj okretaja motora. Pri tome je sadržaj ugljičnog monoksida gotovo proporcionalan višku goriva, koji je naročito velik za vrijeme pokretanja s hladnim motorom, kad u ispušnim plinovima osim velike količine ugljičnog monoksida ima benzinskih para i čađi. Sadržaj ugljičnog monoksida obično se uzima kao mjera zagađenja jer ga je jednostavno izmjeriti. Dizelski motor, s obzirom na način rada, ne bi trebao proizvoditi veće količine štetnih plinova. Količina zraka koja se dovodi u cilindar praktički je konstantna i ona je znatno veća nego je potrebno za potpuno izgaranje i uz maksimalni dovod goriva. Pojava crnog dima neugodna mirisa iz dizelskih motora posljedica je lošeg upravljanja i slabog održavanja. Kad je, naime, motor preopterećen, nema dovoljno kisika za izgaranje, pa gorivo isparava i djelomično se krekira i karbonizira, te napušta motor neizgoreno.

Kao što je londonski smog 1948. i 1952. godine upozorio na potrebu zaštite atmosfere gradova od emisije kućnih i industrijskih ložišta, tako je i fotokemijski smog (krajem pedesetih) u Los Angelesu ukazao na potrebu zaštite od emisije iz automobila. Utvrđeno je da su u uvjetima tople kalifornijske klime ugljični monoksid (CO), neizgoreni ugljikovodici i dušični oksidi iz ispušnih plinova automobila, zajedno s parama benzina, a i ulja iz spremnika i iz oduška korita motora (kartera), uzročnici fotokemijskog smoga koji se sve češće rasprostirao nad Los Angelesom. Bilo je očito da se nešto mora poduzeti. Prvi korak bila su konstruktivna poboljšanja automobila, čime su smanjene emisije CO za cca 60 % a neizgorenih ugljikovodika za cca 50 %. Daljnjim poboljšanjem konstrukcije motora tokom narednih godina, postiglo se postupno smanjivanje emisije štetnih sastojaka.

Pooštreni propisi za 1975. godinu u USA zahtijevali su da se emisija štetnih tvari iz ispušnih plinova novih automobila smanji čak za 90 % u odnosu na stanje prethodnih godina.

Međutim, poboljšanje samo konstrukcije motora nije tada moglo dati čistoću ispušnih plinova kakvu su nametali propisi. Rješenje je nađeno u katalitičkom pročišćavanju ispušnih plinova, a s obzirom da je katalizator osjetljiv na olovo to rješenje je zahtijevalo i skuplji bezolovni benzin kao gorivo.

Metali platinske grupe (platina, rodij i paladij) pokazali su se kao najpogodnija osnova za katalizator heterogene katalize i višeznačne katalitičke djelatnosti pomoću kojih se ugljični monoksid (CO), ugljikovodici (C_mH_n) i dušični oksidi (NO_x) pretvaraju u ugljični dioksid (CO_2), vodu (H_2O) i dušik (N), dakle u neškodljive sastojke.

Uvođenje katalitičkog konvertera dovelo je do znatnog poskupljenja automobila, pogotovo manjih. Radi toga je provođenje sigurnosnih propisa o ispušnim plinovima najprije primijenjeno na velike, zatim na srednje, pa tek nakon toga na male automobile. Krajnji rok je 1.10.1994. za sve zapadnoevropske zemlje.

Strogi propisi o kojima je riječ pretpostavljaju da se i više od 90 % štetne emisije (u odnosu na nekotrolirano stanje) ukloni. To se u ovom momentu može postići isključivo s konverterom, dakle uz primjenu bezolovnog benzina, što neće biti problem za velike automobile.

Međutim, za male automobile se traže takva konstrukciona rješenja koja će udovoljiti zahtjevima o ispušnim plinovima ali bez upotrebe bezolovnog benzina. Današnja saznanja ukazuju na to da će se moći realizirati i proizvoditi automobili na obični benzin i da pri tome neće prekomjerno zagađivati okolinu.

Olovo je nepobitno otrov za ljudski organizam, no ispušni plinovi automobila nisu u načelu uzrokom visokog sadržaja olova u ljudskom organizmu. To su prije svega, hrana, voda i piće te boje predmeta kojima su ljudi okruženi. Naročito su ugroženi ljudi koji rade u talionicama i rafinerijama olova i preradi olova. No, usprkos toga u razvijenim zemljama nastoji se ipak smanjiti olovo u zraku smanjenjem olova u benzinu.

I uvođenje bezolovnog benzina u Zapadnoj Evropi nastoji se prikazati ne samo kao potreba vezana za uvođenje katalizatora, već i mjera koja bi se trebala provesti zbog štetnosti olova za okolinu.

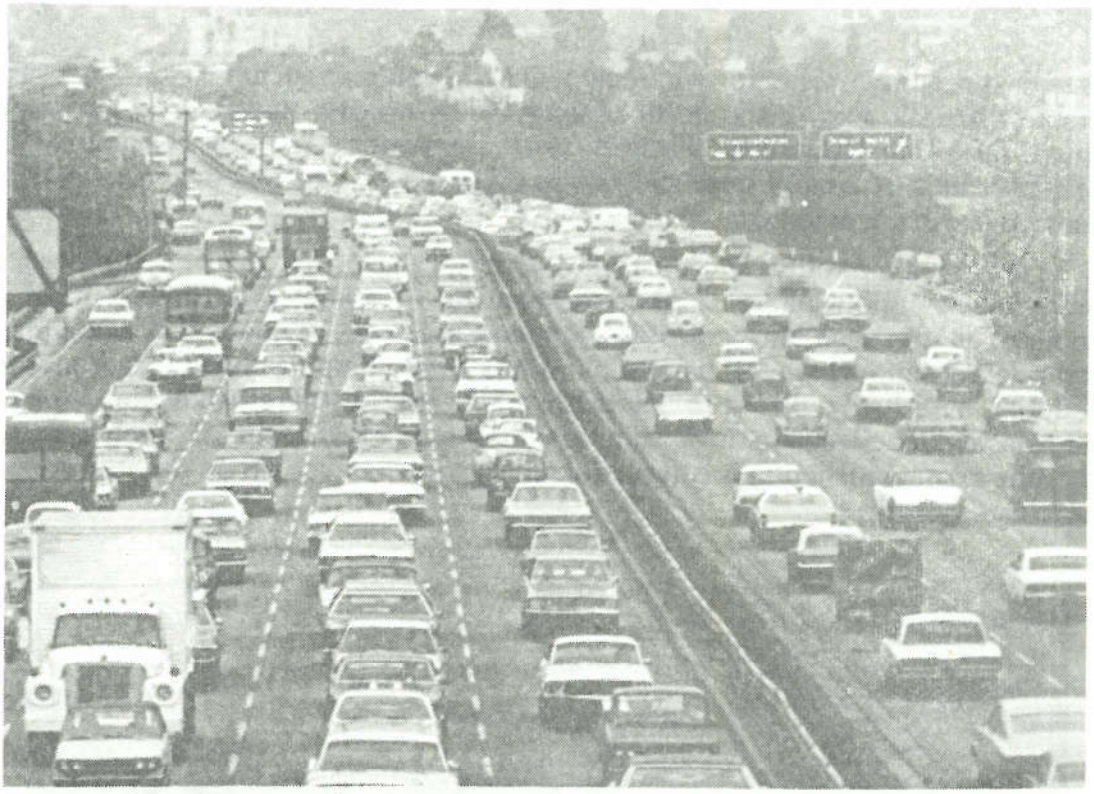
Sumporni dioksid (SO_2) u zraku i u relativno malim koncetracijama predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje, usporava rast i uništava bilje; posebno neke vrste crnogorica, napada sve materijale kojima se čovjek služi, pa njegovo prisustvo u zraku donosi goleme materijalne štete. U mnogim zemljama gdje je visoka energetska potrošnja ove su štete kvantificirane i već se duže vrijeme provode mjere zaštite od emisije sumpornog dioksida (SO_2).

Mjere zaštite su naročito stroge za dizelska goriva jer se sumpor iz ovih goriva direktno emitira u prizemni sloj u kojem se živi i gdje se rasprostire glavnina flore i faune i sva materijalna dobra kojima se raspolaže. U slučaju emisije sumpornog dioksida (SO_2) iz dizelskih goriva smatra se da je emisija jednaka imisiji.

Najveća koncentracija štetnih plinova pojavljuje se u uskim ulicama s visokim zgradama, u podzemnim prolazima, pri stvaranju dugih kolona automobila zbog zastoja u prometu, te za vrijeme duljih čekanja pred signalnim uređajima na križanjima (slika 31.).

Sve do uvođenja reaktivnih aviona u komercijalnu uptrebu (1950) malo se pažnje poklanjalo zračnom prometu kao izvoru zagađivanja zraka. Dobro vidljivi trag ispušnih plinova za vrijeme polijetanja i spuštanja upozorio je na taj problem.

Dva tipa pogonskih motora (stapni i reaktivni) imaju bitno različite emisije plinova izgaranja za vrijeme rulanja, polijetanja i spuštanja. Reaktivni avionski motori imaju veliki pretičak zraka čime osiguravaju bolje izgaranje goriva, a samim tim i manje zagađenje okoline od stapnih motora. Stapni motori imaju nekoliko stotina puta veća ispuštanja ugljičnog monoksida (CO) i ugljikovodika (C_mH_n). Budući da u suvremenom zračnom prometu (slika 32) prevladavaju reaktivni motori, mjerenja koncentracije zagađivača na aerodromima su pokazala, da je koncentracija znatno manja nego u gradovima s razvijenim automobilskim prometom.



Sl. 31. Tipična slika gradskog prometa u razvijenim zemljama

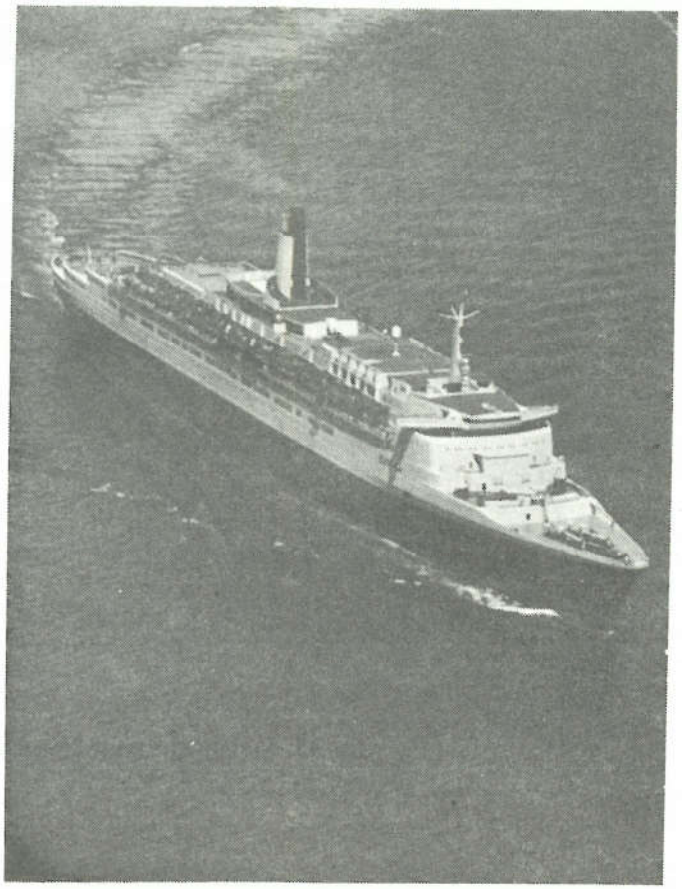
Sl. 32. Detalj s jednog od mnogih aerodroma

U posljednje vrijeme, a u vezi s uvođenjem nadzvučnih aviona koji lete na velikim visinama (oko 20 km), upozorava se na mogući negativni utjecaj ispušnih plinova na klimu. Relativna vlažnost raste s visinom, pa se u gornjim slojevima troposfere lakše stvaraju i duže zadržavaju oblaci kad se u njima pojavi vlaga ispušnih plinova nadzvučnih aviona.

Zagađenje okoline kao posljedica željezničkog prometa (slika 33), ovisna su o gorivu koje se upotrebljava u lokomotivama. Parne lokomotive (koliko ih još ima u prometu) znatno zagađuju atmosferu, jer su to uglavnom stari strojevi, u kojima se ne ostvaruje potpuno izgaranje, pa se u plinovima izgaranja pojavljuju neizgorjeli sastojci. Međutim, emisija iz dizelskih lokomotiva ima iste karakteristike kao i prometna cestovna vozila s dizelskim motorom. Kod upotrebe električnih lokomotiva na mjestu upotrebe nema emisije u atmosferu, dok emisija može postojati na mjestu proizvodnje električne energije.

Sl. 33. Snimak putničkog vlaka

Kad se govori o pomorskom, riječnom i jezerskom prometu, uvijek se radi o prijevozu brodovima kojih ima različitih vrsta i s različitim namjenama (slika 34). Zagađenja atmosfere uz obale, u lukama, te uzduž rijeka i kanala isto je kao i zagađenje iz industrijskih kotlovnica u slučaju da brodovi za svoj pogon koriste loživo ulje, odnosno isto kao iz dizelskih motora u cestovnom prometu kad za pogon brodova služi dizelski motor. Karakteristika je svih prometnih sredstava stvaranje



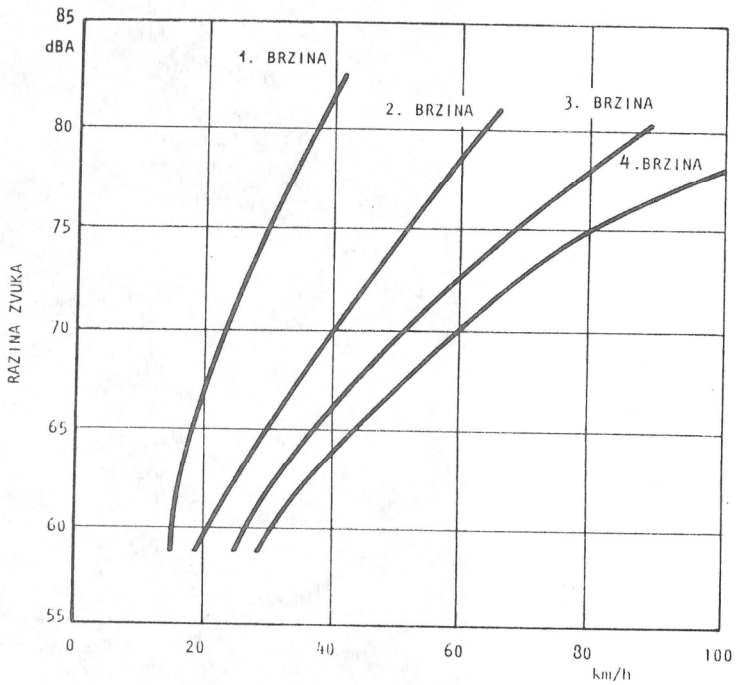
Sl. 34. Snimak putničkog broda

buke i vibracija koje mogu biti veoma štetne za zdravlje ljudi. Najveći izvor buke je gradski promet (s obzirom na broj ljudi na koje buka djeluje) zatim promet na autoputovima i magistralnim cestama, pa zračni promet (veoma intenzivan na aerodromima i u njihovim neposrednim blizinama, a djeluje na relativno mali broj ljudi), željeznički i brodski promet.

Da bi se dobila kakva takva slika o stvaranju buke u cestovnom prometu u nastavku se navode rezultati ispitivanja buke za različite vrste vozila. Podaci su uzeti iz testiranja pojedinih vozila (testiranja su vršena prema postojećim standardima) mjerenjem buke na udaljenosti 7,5 m od ose kretanja vozila.

Testirana su slijedeća vozila i izmjerene slijedeće prosječne vrijednosti:

	dBA
1. Putničko vozilo (benzin)	72,0
2. Putničko vozilo (dizel)	73,0
3. Mali kamion (benzin)	73,5
4. Mali kamion (dizel)	76,5
5. Mopedi	77,5
6. Teretna vozila (ispod 105 kW)	80,5
7. Motorkotači	82,0
8. Autobusi	82,0
9. Teretna vozila (iznad 150 kW)	85,0



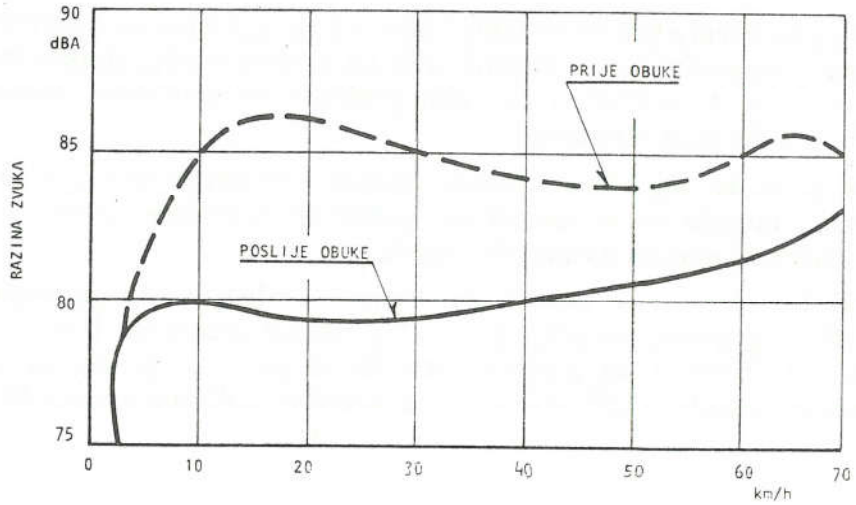
Sl. 35. Ovisnost razine buke o brzini vozila

U tablici su date srednje energetske vrijednosti u dBA za sva ispitana vozila iz iste kategorije. Odstupanja među vozilima istog tipa mogu biti i dosta velika. Za putnička vozila nađene su, na primjer, vrijednosti od 57 do 90 dBA, ali ipak samo 5 % ovih vozila imalo je razinu veću od 74 dBA. Kod mopeda i motorkotača nađene su u velikom broju razine veće od dozvoljenih. To je posljedica tehničkih izmjena koje vlasnici sami poduzimaju poslije nabavke vozila.

Navedeni podaci pokazuju, da jedan autobus, ili jedno teretno vozilo srednje snage, ili jedan motorkotač stvara buku koliko deset putničkih vozila, što znači da je za opću razinu buke vrlo važna zastupljenost pojedinih kategorija vozila u prometu. Nisu, međutim, ni broj vozila ni njihova bučnost jedini mjerodavni za postojeću razinu buke, nego su to i način vožnje i drugi uvjeti prometa. Na slici 35 navedeni su rezultati mjerenja buke putničkih vozila u ovisnosti od brzine kretanja odnosno od pozicije mjenjača (u kojoj je "brzini"). Odmah je vidljivo da je u maloj brzini mjenjača, dakle pri većoj brzini okretanja motora, buka veća 1 do 5 dBA. Interesantno je da je pri tome i potrošnja goriva znatno veća (do 30 %), a vremenski dobitak u gradskoj vožnji neznatan.

Obučenost vozača i način vožnje također ima utjecaja na stvaranje buke prometnim sredstvima. Na slici 36. isprekidanom linijom prikazan je iznos buke u dBA koju prouzrokuju slabi vozači, a punom linijom dobri vozači, jasno s istim prometnim sredstvima.

Imajući naprijed navedeno, potrebno je kazati da se u gradskom (gustom) prometu, te na magistralnim cestama pa često i na autoputovima ne mogu birati načini vožnje, nego se vozi kako se može, pa je i rezultat takve vožnje odgovarajuća buka.



Sl. 36. Ovisnost razine buke o iskustvu i obučenosti vozača

5.3 ZAGAĐENJE OKOLINE IZ POSTROJENJA I TROŠILA ŠIROKE (OPŠTE) POTROŠNJE

U široku (opću) potrošnju ubrajaju se domaćinstva, trgovina, obrt, administracija i sl.

Energija u širokoj potrošnji se koristi za zadovoljenje toplinskih i netoplinskih potreba. Za zadovoljenje toplinskih potreba mogu se koristiti svi raspoloživi energenti a razina potrošnje je određena životnim standardom, klimatskim uvjetima, navikama i običajima. Oblici energije koji se pretežno koriste za ove svrhe, na određenom području, su rezultat energetske politike.

Za netoplinske potrebe u širokoj potrošnji se koristi električna energija i ona nema alternative. Razina potrošnje elekrične energije, za ovu namjenu, je u funkciji ekonomske razvijenosti i navika pojedinog područja.

Grijanje prostorija sa stanovišta korištenja energije predstavlja 20-25 % ukupno potrebnih količina energije uz pretpostavku da tzv. široka potrošnja (pored prometa i industrije) troši oko 30 % ukupnih potreba energije. Radi toga je potrebno nešto više reći o efikasnosti iskorištenja energije, te utjecaju na okolinu.

U zadovoljenju energetskih potreba široke potrošnje sudjeluju sve vrste goriva kad je riječ o toplinskim potrebama. Udio pojedinih goriva u zadovoljenju tih potreba varira od zemlje do zemlje, a prvenstveno ovisi o raspoloživim vrstama goriva, zatim o standardu i ekonomskim mogućnostima. Struktura ostvarene potrošnje goriva u širokoj potrošnji za toplinske potrebe, u većini zemalja Evrope, te SAD i Kanadi bila je takva da je udio krutih goriva u Nizozemskoj svega 0,2 %, dok je u DR Njemačkoj bio oko 57,3 % u 1984. goidni. Udio tekućih goriva kretao se 1984. godine od 4,5 % u Nizozemskoj do 61,5 % u Grčkoj. Međutim, kad je riječ o udjelu plina u širokoj potrošnji za grijanje, tu je najveći raspon i kreće se od nule (Grčka i Norveška u 1984. godini) do 82,1 % u Nizozemskoj. Znatan dio prirodnih oblika energije pretvara se u postrojenjima za energetske pretvorbe u pretvorbene oblike energije. Međutim, s obzirom na potrošnju energije povoljno je da se što manje prirodnih oblika energije pretvara u druge oblike neergije, jer se u svakoj energetskoj pretvorbi javljaju i gubici energije.

Prirodni plin i kruta goriva su takvi oblici energije, koji se za upotrebu u širokoj potrošnji mogu neposredno iskorištavati, dok su tekuća goriva dobivena preradom nafte u rafinerijama, a električna energija pretvorbom prirodnih oblika (goriva i vodnih snaga) energije u elektranama.

Kad se analizira zagađenje okoline uslijed korištenja energije za grijanje u širokoj potrošnji, moraju se uračunati sve potrebne pretvorbe oblika energije, pri čemu treba razlikovati mjesto nastajanja zagađenja.

U nastavku se navode podaci za ukupnu godišnju emisiju zagađivača (na mjestu pretvorbe i grijanja) za grijanje 1 m^2 površine prostorije i za iste klimatske uvjete. Podaci su dobiveni uz pretpostavku da je godišnje potrebno, za termički neizoliranu zgradu, osigurati 650 MJ/m^2, a za termički izoliranu zgradu 480 MJ/m^2.

Tablica 3

	Krute čestice	CO	SO_2	NO_x	C_mH_n	Termičko opterećenje
	g	g	g	g	g	GJ
Pojedinačno grijanje plinom	9	108	14	63	15	1,10
Pojedinačno grijanje loživim uljem						
bez smanjenja sadržaja sumpora	60	145	373	116	73	1,53
smanjeni sadržaj sumpora (0,3 % S)	60	145	273	116	73	1,53
Centralno grijanje loživim uljem zajednička regulacija						
bez smanjenja sadržaja sumpora	51	14	330	355	67	1,38
smanjeni sadržaj sumpora (0,3 % S)	51	14	241	355	67	1,38
Centralno grijanje loživim uljem pojedinačna regulacija						
bez smanjenja sadržaja sumpora	43	12	275	296	55	1,16
smanjeni sadržaj sumpora (0,3 % S)	43	12	202	296	55	1,16
Grijanje elektr. akumulacionim pećima						
zgrada termički izolirana	19	1	118	163	25	1,55
zgrada termički nije izolirana	26	2	164	226	34	2,19
Grijanje termopumpama						
zgrada termički izolirana	5	-	33	46	7	0,51
zgrada termički nije izolirana	7	-	47	66	10	0,71
Grijanje iz blokovskih kotlovnica						
upotreba loživog ulja						
bez smanjenja sumpora	37	7	864	337	62	1,30
smanjeni sadržaj sumpora (0,8 % S)	37	7	480	337	62	1,30
loženje plinom	8	-	-	240	5	1,20
Grijanje iz toplana						
upotreba loživog ulja	18	1	155	170	36	1,08
loženje plinom	3	-	-	118	2	1,03

Izgaranje prirodnog plina ima izrazite ekološke prednosti pred izgaranjem ostalih goriva. Praktički jedini onečišćavači koji se pojavljuju nakon izgaranja prirodnog plina jesu oksidi dušika, dok su količine drugih zagađivača okoline (ugljični monoksid, sumporni dioksid, ugljikovodici i čvrste čestice) zanemarivo male u odnosu na druga goriva. Zbog toga je prirodni plin najpogonije gorivo za opskrbu potrošača u gusto naseljenim područjima.

Kada se gleda mogućnost prilagođavanja potrebama potrošača, tu su u prednosti sistemi s pojedinačnim ložištima i grijanja s električnom energijom. U tim slučajevima sam potrošač bira intenzitet grijanja i prostorije koje će grijati ovisno o tome koliko može platiti energiju za grijanje. Takva mogućnost prilagođavanja danas ne postoji kod centraliziranih toplinskih sistema.

Što se tiče utjecaja na okolinu prednost je na strani električne energije, ukoliko termoelektrane nisu u samom gradu ili u neposrednoj blizini grada. Grijanje prirodnim plinom praktički nema negativnog utjecaja na okolinu, dok grijanje iz centralnog toplinskog sistema kod samog potrošača nema utjecaja ali termoelektrana - toplana može imati negativan utjecaj na okolinu, budući da mora biti locirana u samom gradu ili u neposrednoj blizini grada.

Prirodni plin i kruta goriva su oblici energije, koji se mogu neposredno upotrebljavati, dok su tekuća goriva oblici energije koji traže pretvorbu u pogodnije energetske oblike, što traži gradnju postrojenja za energetske pretvorbe uz veće ili manje gubitke energije i uz dodatne investicije. Zbog toga, a i zbog najmanjeg zagađenja okoline treba nastojati ostvariti što veću neposrednu upotrebu prirodnog plina.

Općenito valja ponovno istaći da su geografski i meteorološko-klimatski uvjeti također bitni za čistoću zraka, jer oni utječu na to, koji se dio emitiranih otrova zadržava u prizemnom sloju grada ili naselja. Za to je u našoj zemlji tipičan primjer Sarajevo, koje svakako nije ni najveći grad ni najveći industrijski centar, a ima svakako najintenzivnija i najdugotrajnija onečišćenja atmosfere, izazvana spaljivanjem goriva.

Svakako da izbor sistema grijanja ovisi i o drugim kriterijima (potrebne investicije, raspoloživi oblici energije, gustoća potrošnje), a ne samo o utjecaju sistema grijanja na okolinu.

6. ZAGAĐENJE ZRAKA, VODE I TLA

6.1 ZAGAĐENJE ZRAKA

6.1.1 OPĆENITO O ZAGAĐENJU ZRAKA I UTJECAJU NA ZDRAVLJE I OKOLINU

Zrak je osnovna potreba čovjeka, jer čovjek ne može živjeti duže od pet minuta bez disanja. Dnevno ga udiše oko 15 m^3 ili oko 15 kg, dok za potrebe ishrane čovjek dnevno troši do 1,5 kg krutih i tekućih prehrambenih proizvoda. Za svoje disanje čovjek na određenom mjestu ne može birati zrak kojega će udisati, nego udiše onoga koji ga okružuje.

Zagađenja zraka posljedica su prirodnih pojava i življenja čovjeka, pa se može kazati da postoje prirodni izvori zagađenja zraka i izvori koji osiguravaju život i razvoj ljudskog rada - stvoreni izvori.

U prirodne izvore zagađivanja zraka ubrajaju se: prašina sa zemljišta, morska sol, vulkanska prašina i plinovi, produkti izgaranja spontanih šumskih požara, prašina iz vanzemaljskih prostora, produkti biljnog, životinjskog i mikrobiološkog podrijetla itd.

Prirodni izvori mogu znatno zagaditi atmosferu. Tako je pojava kiše s velikim količinama finog pijeska u južnim dijelovima zapadne Evrope posljedica podizanja saharskog pijeska. "Oblaci pepela" nastaju iz lave za vrijeme žestokih vulkanskih erupcija, kad ona, pretvorena u prašinu i izbačena na veliku visinu, formira takve oblake koji se ponekad dugo zadržavaju u atmosferi. Šumski i prerijski požari uzrokovani su udarom groma. Oni se mogu proširiti na više stotina hektara stvarajući pri tome dimne oblake koji često dopiru do područja udaljenih i više stotina kilometara. Magla i kapljice vode, dolazeći s oceana, donose u atmosferu nad kontinentima kristale soli (najčešće NaCl, ali i $MgCl_2$ i $CaCl_2$), koji postaju kondenzacijske jezgre.

Meteoriti donose sitne čestice prašine u atmosferu, a one na svom putu apsorbiraju dio energije Sunca i konačno se talože na Zemlji. Čovjek svojim kretanjem bilo pješice ili upotrebom bilo kojeg prijevoznog sredstva, također stvara jedan dio prašine (zbog trošenja materijala - trenjem).

Samim svojim postojanjem čovjek zagađuje atmosferu. Naime, svaki čovjek disanjem ispušta oko 12 m^3 zraka zasićenog vodenom parom, u kojoj ima oko 4 % ugljičnog dioksida, te svojim znojenjem.

Biljke pored proizvodnje peludi i spora, koje vjetar može raznijeti na velike udaljenosti, svojim trulenjem i fermentacijom također zagađuju okolinu.

Zbog postojanja različitih meteoroloških uvjeta na Zemlji postoje i različite bakterije i mikroorganizmi u pojedinim dijelovima, zatim različite vrste i različite koncentracije bakterija u naseljenim mjestima, koje također zagađuju zrak na mjestima gdje se nalaze ili na udaljenostima do kojih stižu zračnim strujama.

Stvarni izvori zagađenja zraka se dijele prema karakterističnim svojstvima materija koje u određenim koncentracijama mogu biti štetne:

- na izvore koji u atmosferu emitiraju produkte sagorijevanja koji zavise od kemijskog sastava goriva i načina sagorijevanja i
- na izvore koji u atmosferu emitiraju različite specifične kemijske materije iz tehnoloških procesa,a posljedice su rada procesnih postrojenja i manipulacija sa materijalima.

U prvu grupu izvora spadaju postrojenja za pridobivanje i pretvorbu energije, zatim postrojenja za grijanje stambenih, industrijskih i drugih prostora, te prometna sredstva.

Prilikom sagorijevanja različitih vrsta goriva u stacionarnim izvorima u atmosferu se emitiraju značajne količine čvrstih čestica, sumpornih i dušičnih oksida, a i velike količine ugljičnog monoksida, aldehida (pretežno formaldehid), organskih kiselina itd. Plinovi koje ispuštaju prometna sredstva sadrže više od 200 različitih kemijskih spojeva - produkata potpunog i nepotpunog sagorijevanja goriva, a najznačajniji su ugljični monoksid, ugljični dioksid, dušični oksidi, ćađa, kancerogene materije i dr.

U drugu grupu izvora spadaju industrijska postrojenja a njihova klasifikacija se može izvršiti ili prema produktima koji se ispuštaju u atmosferu (prašina, dim, nadražujuće i toksične materije, mirisi itd.) ili prema industrijskim granama (koja se daleko više koristi).

Prodor nadražujućih zagađivača u unutrašnje dijelove organizma sprečava protudjelovanje pojedinih organa (suze, izlučivanje i dlačice u nosu i sl.). Filtrirajuće djelovanje nosa zaustavlja krute čestice i kapljice koje su veće od 5 μm, ali ono znatnije ne utječe na plinove. To pogotovo vrijedi za sumporni dioksid (SO_2) i ugljični monoksid (CO).

Svi nadražujući plinovi, ako su topljivi u vodi, otapaju se u vodenastim izlučinama ulaznih dijelova dišnih organa. Ako plinovi imaju jako nadražujuće djelovanje, mogu biti paralizirani vibrirajući izdanci membrana. Takvi plinovi prodiru i dublje u dišne organe kad su u zraku raspršene vrlo sitne krute čestice.

Atmosferski zagađivači apsorbiraju se u plućima i talože u različitim dijelovima organizma. Tad su u prvom redu to nenadražujuće tvari. Takve plinove koji stignu do plućnih stanica apsorbira krv, ovisno o njihovoj topljivosti u krvi i o količini plinova koji su već tamo. Dio tako apsorbiranih plinova nanovo se izlučuje u okoliš kroz pluća, a drugi dio može se spajati s drugim tvarima u organizmu, pa se nakon kemijske promjene izlučuje preko bubrega.

Krute čestice dimenzija manjih od 1 m mogu dospjeti do plućnih stanica. Takve čestice prelaze u krv, ovisno o njihovoj topljivosti, ostaju na površini ili u unutrašnjosti pluća. Neke čestice ostaju neotopljene i odnose ih cirkulirajuće stanice u limfni sistem, gdje se često i talože. Čestice otopljene u krvi dolaze u ostale organe iz kojih se mogu izlučiti preko bubrega ili crijeva. Prikupljene u nekom od organa, ponekad dostignu i otrovnu koncetraciju.

Na kraju, djelovanje zagađivača atmosfere pojavljuje se i kao posljedica uzimanja hrane, ponekad zagađene apsorpcijom vode i sastojaka iz tla koje sadržava škodljive čestice.

Eventualno međusobno djelovanje različitih zagađivača još više komplicira određivanje njihova pojedinačnog utjecaja na zdravlje. Opaženo je, naime, da se ponekad opasno djelovanje pojedinih zagađivača nije moglo rastumačiti jer su njihove koncentracije bile niže od opasne dopuštene granice.

Ugljični monoksid prodire u stanice pluća, topi se u krvi i prelazi na crvena krvna tjelešca, u kojima se spaja s hemoglobinom. Takva krvna tjelešca ne mogu više sudjelovati u procesu izlučivanja ugljičnog dioksida i preuzimanja kisika, stoga nastaje opasnost od otrovanja zbog nedovoljne izmjene. Prvi su simptomi: glavobolja, mučnina i umor.

Djelovanje dušičnog oksida (NO) često se zanemaruje u usporedbi sa štetnosti dušičnog peroksida (NO_2) jer on brzo oksidira u zraku. Osoba koja je bila izložena djelovanju smrtonosne koncentracije dušičnog peroksida ne osjeća nikakvih nelagodnosti u toku prvih sati. Oko osam sati nakon trovanja počinje teško disati, osjeti mučninu u želucu, bolove u trbuhu, kašlje, a ritam srca se ubrzava i ono se grči. Smrt nastupa većinom od 8 do 48 sati nakon udisanja smrtonosne doze. Dulje djelovanje manje koncentracije dušičnog peroksida izaziva nadraženje pluća.

Sumporni dioksid je nadražujući plin. Kad je njegova koncetracija između 0,3 i 1 cm^3/m^3, osjeća se više po okusu nego po mirisu, uz koncentraciju od 3 cm^3/m^3, lako se osjeti po mirisu, koncentracija od 6 do 12 cm^3/m^3 nadražuje nos i grlo, a ona od 20 cm^3/m^3 iritira oči. Sumporni dioksid aposrbiran udisanjem napada dišne organe i bronhije. On izaziva nadutost pluća i glasnica, te paralizira dišni sistem. Prema tome, najznačajniji negativni efekti zagađenja zraka su: Kronični bronhitis, poremećaji metabolizma, anemije, povećanje smrtnosti od raka pluća, smanjeni imunitet, zaostajanje u rastu i okoštavanje, kronično trovanje olovom, snižavanje intenziteta direktne sunčeve radijacije, smanjivanje produktivnosti i plodnosti.

Plinoviti sastojci u zraku prodiru kroz pore na lišću. Već i male koncentracije plinovitih zagađivača djeluju na mehanizam otvaranja i zatvaranja tih pora i izazivaju poremećaje u disanju biljaka.

Od plinova koji su produkti izgaranja na biljke najviše utječe sumporni dioksid. Zbog njega lišće počinje žutjeti. Borove iglice žute od dna prema vrhu a lišće bukve od vrha prema peteljci. Brzina te promjene ovisi o koncentraciji plina. Među kultiviranim biljkama najosjetljivije su: lucerna, ječam, zob, pšenica, salata, špinat, kupus i duhan. Biljke reagiraju već i na vrlo mali sadržaj etilena u zraku (jedan na sto milijuna dijelova). Biljka tad gubi sve lišće. Slično se događa zbog djelovanja ugljičnog monoksida, ali su neke biljke otporne prema tom plinu. Združe li se etilen i ugljični monoksid, oni utječu na hormone za rast biljaka, pa uzrokuju opadanje lišća, mladih plodova i sušenje već razvijene biljke.

Pored utjecaja na zdravlje zagađenje zraka ima utjecaja i na druge djelatnosti, posebno na smanjenje trajnosti materijala i na uništavanje tla. Na vrlo velikim rastojanjima od izvora štetnih materija javljaju se globalni nepovoljni efekti, od kojih su najevidentniji:

(a) Kisele kiše nastaju na velikim rastojanjima zbog prisustva spojeva sumpornih, ugljičnih i dušičnih kiselina; posljedice su propadanje šuma;

(b) Promjene klime zbog sve većih količina ugličnog dioksida (CO_2) u atmosferi: od početka industrijske ere količina ovog plina je porasla za oko 30 % a za slijedećih 50 do 100 godina očekuje se povećanje temperature na planeti za 2 do 4 stupnja uslijed čega može nastati porast razine mora i oceana, potapanje zemalja, stvaranje pustinja i sl.;

(c) Razaranje ionosfere zbog dušičnih oksida u visokim slojevima atmosfere, uslijed čega ultraljubičasto zračenje sve više prodire do površine zemlje djelujući kancerogeno na biljke, životinje i čovjeka.

Zato je korištenje fosilnih goriva sve više u pažnji svjetske zajednice i sve je više međunarodnih konvencija i bilateralnih ugovora koji zahtijevaju sprečavanje daljinskih i globalnih negativnih utjecaja. Tehničke i ekonomske mjere za smanjivanje ispuštanja aerosola i tehničkih i plinovitih zagađivača čine sve skupljim korištenje fosilnih goriva, zbog čega im nuklearna energija postaje sve konkretnija.

6.1.2 OGRANIČENJA I MJERENJE ZAGAĐENJA ZRAKA

Prema današnjem stanju znanosti nije moguće nedvosmisleno odrediti dopuštene granice zagađenja atmosfere. Većini zaključaka osnova su eksperimenti na životinjama uz napomenu da je trajanje djelovanja zagađivača bilo relativno kratko prema čovječjem životnom vijeku. Dugotrajna su zapažanja, međutim, potrebna da bi se utvrdio otrovni učinak zagađivača kojemu će čovjek biti vjerojatno izvrgnut tijekom cijelog života. Danas se smatra kako ta istraživanja treba da obuhvate utjecaj zagađivača na živčani, krvni i dišni sistem, na endokrine funkcije i, pogotovo, na djelovanje štitne žlijezde.

Zbog takvog stanja, u nekim zemljama nisu ni donijeti propisi o dopuštenim granicama zagađivanja, a propisi se drugih zemalja znatno međusobno razlikuju. Osim toga neki se odnose samo na nova postrojenja.

Tako se, za maksimalnu emisiju krutih čestica u plinovima izgaranja na izlasku iz dimnjaka termoelektrana, propisuje emisija od 0,15 g/m^3 do 0,5 g/m^3.

Sadržaj prašine u zraku propisuje se (ograničava se propisima) za poziciju neposredno iznad tla i za različita vremena trajanja (od nekoliko minuta do mjesec dana). Propisima se dozvoljavaju veće vrijednosti zagađenja za kraća vremena trajanja, pa se dozvoljene količine kreću od 0,2 mg/m^3 do 1,3 mg/m^3. Mnoge zemlje donose propisima različite vrijednosti ograničenja za različita područja. Pored mjerenja prašine neposredno iznad tla, neke zemlje donose i propise za godišnje taloženje krutih čestica, a iznosi se kreću od 40 t/km^2 do 250 t/km^2.

Međutim, kod donošenja propisa o dopuštenom sadržaju štetnih plinova u zraku, pored vremenskog intervala za kojega se daje prosječni sadržaj plinova, daje se često i vjerojatnost pojave i trajanje te pojave. Najčešći su propisi za dozvoljenu maksimalnu koncentraciju sumpornog dioksida i kreću se od 0,075 mg/m^3 do 0,5 mg/m^3 prosječno dnevno. Manje vrijednosti navode se za veće vjerojatnosti i duža trajanja, a za veće vrijednosti obratno. Pored propisa o dopuštenim koncentracijama sumpornog dioksida u zraku, veoma česti su propisi za ugljični dioksid i dušične okside. Način propisivanja je isti (znači uvažava se vjerojatnost pojave i njeno trajanje) kao i kod propisa za ograničenje sumpornog dioksida.

Da bi se dobila slika o ovisnosti trajanja koncentracije pojedinih zagađivača o vremenu trajanja, navode se nešto stariji podaci Agencije za zaštitu okoline (EPA) Sjedinjenih Američkih Država o maksimalnim dopuštenim koncentracijama zagađivača u 1971. godini (tablica 4.)

Tablica 4.

Razdoblje za određivanje prosjeka	Krute čestice mg/m^3	CO mg/m^3	SO_2 mg/m^3	NO_x mg/m^3	Ugljikovodici mg/m^3
Godina	0,075	-	0,080	0,100	-
24 sata	0,260	-	0,365	-	-
8 sati	-	10,0	-	-	-
3 sata	-	-	-	-	0,160
1 sat	-	40,0	-	-	-

Podaci o opasnim razinama zagađenja zraka (tabl. 5) određeni su kao razine koje mogu znatno naškoditi ljudskom zdravlju u vrijeme visoke zagađenosti zraka.

Tablica 5.

Zagađivač	Razdoblje prosjeka sati	Koncentracija mg/m^3
Ugljični monoksid (CO)	8	57,5
	2	86,3
	1	1400,0
Sumporni dioksid (SO_2)	24	2,62
Oksidi dušika (NO_2)	1	3,75
	24	0,938
Krute čestice	24	1,0

Podaci o ograničenjima zagađenja zraka pokazuju, da se propisi u pojedinim zemljama znatno međusobno razlikuju premda bi bilo logično da u svima budu isti ili gotovo isti jer zagađivači imaju jednak utjecaj na okolinu, ako se izuzme djelovanje klimatskih prilika. Svakako da je definiranje dopuštenih koncentracija u pojedinim zemljama bilo vezano s teškoćama koje se pojavljuju u područjima, u prvom redu s velikom koncentracijom industrije.

Atmosferske prilike (vjetar, oborine, promjene temperature itd.) mogu izazvati nagle promjene koncentracije zagađivača u okolišu. Zbog toga prosječni rezultati mjerenja u duljem razdoblju eliminiraju velike kratkotrajne koncentracije zagađenja. Podatak o takvoj prosječnoj koncentraciji skriva, dakle, opasnosti koje se pojavljuju za vrijeme kratkotrajnih zagađenja.

Prema tome, rezultat mjerenja zagađivanja ima smisla samo ako je uz podatak o koncentraciji poznat i podatak o trajanju mjerenja.

Da se izbjegne nesporazum, uz dopuštenu prosječnu koncentraciju zagađivača navodi se i vrijeme na koje se ona odnosi. Osim toga iz automatski mjerenih podataka dade se, ako je pri ruci dovoljno velik broj podataka, odrediti prosječna koncentracija u kraćem vremenskom intervalu, kad je poznata prosječna koncentracija u intervalu duljeg trajanja. U tabl. 6 podaci su o prosječnoj koncentraciji ovisno o trajanju promatranja, iz koje se mogu otčitati očekivane koncentracije za kraći vremenski interval na osnovi poznate prosječne vremenske koncentracije u duljem razdoblju.

Obratno ne vrijedi jer se ne da na bazi jednoga kratkotrajnog izoliranog mjerenja zaključiti o prosječnoj koncentraciji u duljem vremenskom razdoblju.

Tablica 6. Koeficijenti prosječne koncentracije zagađivača ovisno o trajanju mjerenja

3 min	1,48	12 min	1,11 1	sat	0,93	6 sati	0,70
4 min	1,38	15 min	1,08	1,5 sata	0,88	12 sati	0,62
5 min	1,31	20 min	1,04	2 sata	0,85	24 sata	0,56
6 min	1,26	25 min	1,02	3 sata	0,79	2 dana	0,51
8 min	1,19	30 min	1,00	4 sata	0,75	3 dana	0,50
10 min	1,14	45 min	0,96	5 sati	0,72	4 dana	0,49

6.2 ZAGAĐENJE VODA

6.2.1 FIZIKALNO-KEMIJSKO-BIOLOŠKA ZAGAĐENJA VODE

Kruženje vode u prirodi usko je povezano s ukupnom energetskom bilancom i predstavlja klasičan primjer zatvorenog kružnog procesa. Solarna radijacija osigurava energiju potrebnu za isparavanje vode iz mora, jezera, rijeka i za transpiraciju sa površine zemlje.

Proizvedena vodena para raspršiše u atmosferu gdje cirkulira zahvaljujući gibanjima zraka. Ona predstavlja izvor vlage za oborine. Dio oborina iskoristi vegetacija, a ostatak dospijeva u jezera i mora, što upotpunjuje krug.

Oko 85 % solarne radijacije otpada na proces isparavanja, a preostalih 15 % pripada kružnom izmjenjivanju topline s atmosferom.

Teško je odrediti precizan volumen vode koja sudjeluje u kružnom procesu, pošto postoje mnoga područja na zemlji za koja su takva mjerenja količina oborina i isparavanja gotovo nemoguća.

Proračun sovjetskih stručnjaka, koji se uzima kao najbolji, indicira da zemlja ukupno primi $577 \times 10^3 km^3$ oborina godišnje, ili prosječno 1130 mm po m^2. Ista količina vlage oslobodi se isparavanjem iz oceana i kontinenta. Od ukupne količine oborina koje padnu na površinu zemlje 11 % se nalazi u umjetnim rezervoarima koje je stvorio čovjek, što predstavlja značajnu promjenu u prirodnom ciklusu vode. Istovremeno, navodnjavanje obradivih površina iz rijeka i kopnenih voda stajačica, također predstavlja mali, ali ne i beznačajan poremećaj prirodnog ciklusa vode. Porastom broja stanovnika raste i čovjekov udio u poremećaju tog ciklusa, jer rastu potrebe čovječanstva za pitkom vodom i hranom. Među značajne poremećaje ubraja se sovjetski plan za skretanje sjevernih vodotoka u sušna područja na jugu Azije, što bi moglo imati ozbiljnih posljedica za ukupni hidrološki ciklus.

Kruženje vode u prirodi vrši značajnu kontrolu klime i raspoloživosti vode za ljudske potrebe, ali kontinuirano kruženje vode ima i značajan geomorfološki aspekt.

Oborine i vodeni tokovi sadrže određenu količinu erozione energije i predstavljaju važan faktor za mehaničko ogoljenje. One istovremeno u kontaktu sa stijenama i tlom otapaju značajne količine materijala koje se kasnije transportiraju u mora i oceane. To predstavlja faktor kemijskog ogoljenja. Oboje rezultira u eroziji i ogoljenju površine zemlje u globalu, te transportu materijala s površine zemlje u mora i oceane.

Mjerenja količine sedimenata, koji dospiju u mora i oceane gotovo su nemoguća. Postoji nekoliko takvih pokušaja, no ni za jedan se ne može tvrditi da odgovara stvarnom stanju, pošto autori uzimaju u obzir samo najveće rijeke pojedinih kontinenata, ne uzimajući u obzir cijelu mrežu rijeka (čitav sliv). Velik dio sedimenta taloži se duž riječne mreže i pretpostavlja se da samo 10 % prijeđe iz manjeg sistema u veći. Postoji procjena da se s površine zemlje otopi i transportira u oceane 64 mm/1000 god.

Kvaliteta vode ovisi o fizikalno-kemijskim i biokemijskim svojstvima vode u rijekama, jezerima i morima, a to znači da ovisi o sadržaju kisika, organskih tvari, nitrata, fosfata, mangana, magnezija, teških metala itd.

Promjene kvalitete vode mogu biti uvjetovane fizikalno-kemijskim i biološko-kemijskim promjenama:

- otpadnim vodama
- pesticidima i umjetnim gnojivima
- kiselim kišama
- promjenom režima tokova vode
- promjenom flore i faune u vodi,

te korištenjem vode kao rashladnog medija.

Čovjek utječe na razne načine na složenu ravnotežu u vodenim ekosistemima bilo dovodeći previše organskih spojeva, bilo previše anorganskih hranjivih sastojaka.

Otpaci koji su djelomično obrađeni ili čak neobrađeni obično se odlažu u vodene tokove. Kanalizacijski otpad sadrži raznolikost masti, bjelančevina, ugljikohidrata, nukleinskih kiselina, a uz to industrija proizvodi velik broj supstanci koje su podložne biorazgradnji.

Da bi se uklonile organske materije iz vode se troši kisik, tako da ponekad njegova koncentracija pada blizu nule, dok koncentracija amonijskih spojeva raste.

Stvaraju se i tipične kanalizacijske gljivične zajednice, koje se sastoje pretežno iz bakterija, ali uključujući i protozoe i alge.

Sadržaj u vodi otopljenog kisika, (O), je jedna od osnovnih značajki kvalitete vodotoka i elementarni uvjet za normalni život. Čim kisik padne ispod oko 5 mg/l dolazi do ugrožavanja pojedinih vrsta a ispod 3 mg/l život u vodi je značajno reduciran. U klasifikaciji vode kisik je značajan parametar, pa je radi toga analiza otopljenog kisika u vodi predmet interesa velikog broja istraživača u svijetu.

Budući da rijeke i mora odnose otpatke različitog sastava i sadržaja, bakterije u vodi ih u najvećem dijelu razgrađuju u soli koje kataliziraju alge, a na tim algama se hrane organizmi u vodi. Sunčevo svjetlo i sol pomažu da se more bez oštećenja bori ili uništava mikroorganizme. Mnogi znanstvenici vjeruju da će, u koliko se osigura pametno inženjerstvo, more ostati i predstavljati najbolju shemu razgradnje otpadnih voda.

Kad su se gradovi i industrije poput gljiva iza kiše počeli širiti po cijelome svijetu, onda je čovječanstvo počelo isto tako preopterećivati ovaj sistem, uvođenjem kemikalija i teških metala koje taj sistem nije mogao razoriti. Rijeke, jezera i obalske vode kao i zatvorena mora poput Sredozemlja, Baltičkog i Perzijskog zaljeva, sva ta područja pokazuju da su preopterećena.

Ponekad čovjek jednostavno daje rijeci i moru više otpadaka nego što ima bakterija koje to mogu razgraditi. Nastaje borba da se to razriješi, ali dolazi do toga

da se iz te vode troši kisika više nego što je normalno. Radi takve prekomjerne razgradnje i potrošnje kisika, ribe i druga fauna se uguši. Takav učinak mogu izazvati i ove neobrađene odnosno neprocesirane otpadne vode kao industrijski otpaci.

Problem se može prouzrokovati ako se prekomjerno gnoje alge koje rastu na površini vode. Njihovu razvoju posebno pogoduju zagađivači u izljevnim vodama s farmi koje u sebi sadrže soli potrebne za razvoj algi. Hraneći se solima alge se sve više i više razvijaju i samim tim prekrivaju sve veću i veću površinu mora i sprečavaju prolaz svjetla biljkama koje rastu ispod površine mora, te ih ostavljaju bez kisika. Kad alge odumru bakterije u vodi trebaju posebne količine kisika da bi se uhvatile u koštac s trulom masom algi. Međutim, u međuvremenu nove bakterije koje trebaju manje kisika preuzimaju glavnu ulogu i na taj način se truje voda. Mnoga jezera i mora (Baltičko more, jezero Erie u Kanadi, Ženevsko jezero) su ozbiljno bolesna.

Kemikalije i toksični metali truju rijeke i mora, a ljudi koji se hrane ribama i školjkama truju se jedućih ih. Kiseline i pesticidi također se nose u rijeke i mora, a nafta i njeni derivati uslijed kvarova na brodovima ili uslijed namjernog potapanja brodova, kao što je bio slučaj u iransko-iračkom ratu, velika su i stalna opasnost za zagađenje voda.

U isto vrijeme postoje ohrabrujući znaci. Ribe su se vratile u rijeke u SAD i Britaniji gdje ih nisu vidjeli kroz cijelo stoljeće i još više od 100 godina. Jezera u Švedskoj i SAD oporavila su se od ovoga prekomjernog zagađenja. Više zemalja počele su zajednički raditi i da vide što se da učiniti u pogledu zagađenih rijeka i mora, a troškove međusobno dijele. Ne može se živjeti bez stvaranja otpadaka ali je prljava voda jedan od najvećih svjetskih ubojica.

Kad je u pitanju zagađenje voda, može se zaključiti da se stari problemi polako, ali s uspjehom rješavaju, dok se istovremeno javljaju novi problemi. Prateći zagađenja voda može se utvrditi, da sve manje zagađene vode utječu u rijeke, jezera i mora, ali u tim vodama je sve više otrovnih kemikalija i metala.

Izljev vode iz tvornica kao i odpadne vode iz pogona lakše se kontroliraju, ali prljave vode koje otječu iz polja, gradskih ulica i nakupina smetišta teže će se kontrolirati. Kisela kiša ubija jezera u Kanadi i Skandinaviji, a u mnogim zemljama postoji strah od otrova koji ulazi u podzemne vodene rezervoare.

Daleko od obala oceani koji pokrivaju tri četvrtine zemaljske kugle pokazuju nekoliko znakova o tome da su zahvaćeni i zagađenjem. Neki znanstvenici vjeruju da su oceani idealno mjesto gdje bi trebalo staviti stvarno otrovne otpatke, ali nitko ih ne želi pohraniti blizu svoje kuće, dok drugi znanstvenici misle sasvim suprotno. Rasprava se najviše usije ili užari kad dolazi do pitanja nuklearnih otpadaka.

Kemijska industrija također proizvodi otpatke koji mogu uništiti floru i faunu i prouzrokovati bolesti. Neke od njih ostat će otvorenima zauvijek.

Da li oceani trebaju zaštitu? Sav život na zemlji počeo je od oceana i oni još uvijek podešavaju ili utječu na klimu i daju kisik i kišu. Oni također imaju veliki kapacitet za razvodnjivanje i razgradnju sadašnjih otpadaka pa ih treba svakako sačuvati.

6.2.2 TERMALNO ZAGAĐENJE VODA

Pri pretvorbi unutrašnje termičke energije u mehaničku i mehaničke u električnu potrebno je, u skladu sa zakonima termodinamike, odvođenje znatnih količina topline u okolinu. Voda je najčešće medij kojim se odvodi ta toplina.

Za današnje snage termoelektrana potrebne su, dakle, velike količine vode koje protječu rashladnim sistemom. Tako za termoelektranu od 1000 MW treba od 25 do 100 m^3/s, ovisno o tipu termoelektrane, o dopuštenom povišenju temperature rashladne vode i sl.

Riječ je dakle o količinama vode koje protječu velikim rijekama jer se mora računati da valja osigurati vodu za hlađenje i u najsušnijim razdobljima. Odvođenje topline iz kondenzatora povezano je s porastom temperature rashladne vode koja se vraća u vodotok, te je ono termičko opterećenje vodotoka, s ponekad negativnim posljedicama na kemijska svojstva vode i na život u njoj.

Treba, međutim, imati na umu da otpadna toplina iz termoelektrana predstavlja samo dio toplinskog opterećenja biosfera, a drugi dio se javlja kod industrijskih procesa. Problem otpadne topline kod termoelektrana interesantan je zbog toga što je u termoelektranama skoncentrirana velika količina energije.

U suštini su dva načina odvoda topline, odnosno hlađenja u termoelektranama i to: protočno i povratno hlađenje.

Osnovni negativni efekt koji slijedi iz ispuštanja otpadne topline je sniženje sadržaja u vodi otopljenog kisika, jer su svi mehanizmi koji reguliraju količinu otopljenog kisika u vodi ovisno o temperaturi, a oni su slijedeći:

1) Koeficijent prozračivanja s površine vode doduše raste s povišenom temperaturom, ali mogućnost otapanja kisika pada zbog istovremenog pada granice zasićenja.

2) S porastom temperature ubrzavaju se procesi oksidacije organskih tvari u vodi što dodatno smanjuje sadržaj kisika u vodi pri višim temperaturama.

3) Ubrzavaju se s porastom temperature životni procesi organizama, pa se više kisika troši na disanje, ali ga se istovremeno i više proizvodi fotosintezom u doba dana, krajnji ishod ovisi o mnogim faktorima i u čistom i bistrom vodotoku je obično pozitivan s malim dnevnim varijacijama.

Suma svih utjecaja daje u području normalnih temperatura vode uvijek negativan efekt, tj. sadržaj kisika se smanjuje s porastom temperature vode.

S druge strane, međutim, često se zanemaruju a bez ikakvog razloga i pozitivni aspekti dodavanja topline vodotoku, a oni su slijedeći:

1) Porast temperature, kako je rečeno, ubrzava oksidaciju organskih tvari pa su ubrzani procesi samočišćenja vodotoka. Dakle, na nekoj udaljenosti nizvodno, dobivamo rijeku doduše s nešto manje otopljenog kisika, ali i čistiju.

2) Izgradnjom brane (zbog zahvata vode) i usporenjem toka dolazi do značajnog taloženja nanosa (anorganskog i organskog) uzvodno od brane u području reducirane brzine vodotoka. Obrnuti proces od taloženja događaja se u pravilu pri visokim vodostajima kad je toplinski utjecaj manji ili praktički zanemariv.

3) Najznačajniji pozitivni efekt je u mehanizmu umjetnog prozračivanja vode do kojeg dolazi na tri mjesta:

   - na preljevu brane osobito pri nižim vodostajima
   - na pragu gdje se rashladna voda vraća u vodotok
   - u rashladnim tornjevima za vrijeme njihova rada.

Protočno hlađenje sigurno je najpovoljnije, kako s obzirom na potrebne investicije, tako i vezano za stupanj djelovanja. Voda samo jednom prolazi kroz kondenzator i zagrijana se vraća u vodotok, jezero ili more. Mogućnosti hlađenja

vodom iz rijeka vrlo su ograničene ili zbog nedovoljnih protoka ili zbog ograničenja dopuštenim porastom temperature. Takva se ograničenja pojavljuju i pri upotrebi jezerske vode. Za hlađenje morskom vodom normalno nema ograničenja zbog porasta temperature na širem području, iako se mogu pojaviti nedopuštena zagrijavanja u neposrednoj blizini termoelektrane. Pri tome se rast temperature dade praktički spriječiti ako se voda za hlađenje uzima iz veće dubine, gdje je ona hladnija nego pri površini, pa se nakon zagrijavanja u kondenzatoru i ne pojavljuje razlika između temperature zagrijane rashladne vode na površini. Taj je postupak moguć ponekad pri hlađenju jezerskom vodom. Upotreba morske vode, normalno, zahtijeva veće investicije jer cijeli rashladni sistem mora biti otporan na koroziju i valja spriječiti rast alga i školjki.

Pri protočnom hlađenju kondenzatora u termoelektrani sva se voda, kako je već spomenuto, vraća u vodotok, ali s temperaturom povišenom za nekoliko K (°C). Taj porast ovisi, s jedne strane, o izvedbi kondenzatora, te o dopuštenom zagrijavanju vode i maksimalno doputšenoj temperaturi, s druge strane. Nakon vraćanja zagrijane vode u vodotok ona se miješa s hladnijom vodom i istodobno se hladi prijelazom topline u okolinu. Iako se ta dva procesa odvijaju istodobno, može se, obzirom na njihov utjecaj, riječni tok nizvodno od mjesta vraćanja rashladne vode podijeliti u dva dijela.

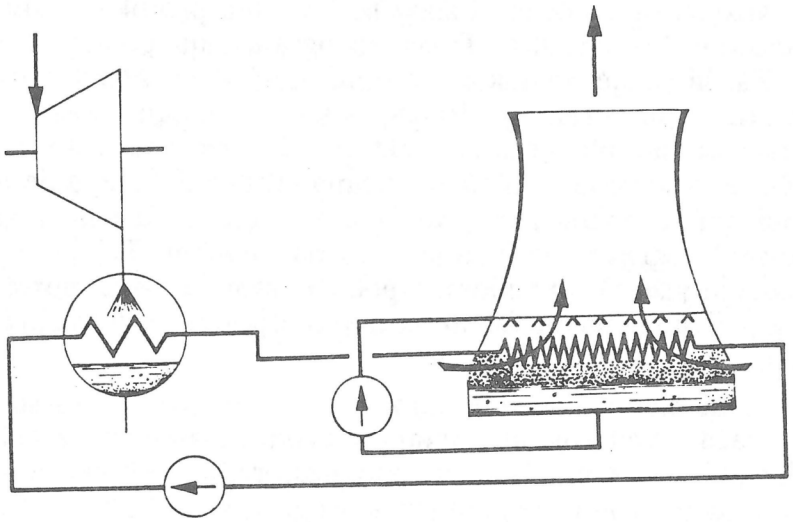
U prvome, koji se proteže od nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara, prevladava proces miješanja i tu je dopušteno praktički zanemariti utjecaj prijelaza topline na okolinu. Sniženje temperature rashladne vode, odnosno pad maksimalne temperature u vodotoku, posljedica je, dakle, procesa difuzije. Može se smatrati da je proces difuzije završen kad se izjednači temperatura po cijeloj površini vodnog toka. U nizvodnom dijelu vodotoka, zbog izjednačenja temperature po širini rijeke, proces miješanja naglo slabi, pa tad prijelaz topline na okolinu ima odlučujući utjecaj na hlađenje vode.

Sve dok se ne iskoristi mogućnost dopuštenog termalnog zagađenja vode, ne napušta se protočno hlađenje. Naime, prije svega ukupne investicije kod povratnog hlađenja više su za 2-3 % u odnosu na protočno hlađenje a turbinski stupanj djelovanja niži za oko 1 %, što sve povlači za sobom 5-6 % višu cijenu električne energije. Zatim, kod povratnog hlađenja jedne elektrane od 1000 MW gubitak vode iznosi 0,4 - 0,7 m^3/s, što grubo odgovara potrošnji vode jednog grada od oko 100 000 stanovnika.

U sistemu za povratno hlađenje voda se ponovno vraća u kondenzator nakon što se ohladila u rashladnom tornju ili u posebnom izmjenjivaču topline.

Danas se izvode vlažni rashladni tornjevi s prirodnim i s prisilnim strujanjem zraka, suhi rashladni tornjevi s prirodnim i s prisilnim strujanjem zraka, te zračni kondenzatori.

U vlažnom tornju s prirodnim strujanjem zraka (sl. 37) zagrijana se voda dovodi u toranj nekoliko metara iznad osnovice, tamo se raspršuje u sitne kapljice, što padaju na prepreke koje omogućuju bolju izmjenu topline između vode i zraka što zbog uzgona struji prema vrhu tornja. Voda se hladi isparavanjem od 1 do 2 % vode koja kruži u rashladnom sistemu, i prijelazom topline od vode na zrak. Smjesa zraka i vodene pare izlazi na vrhu tornja i diže se uvis jer joj je temperatura viša nego u okolnog zraka, ali postaje vidljiva zbog kondenzacije vodene pare. Opažene su povećane oborine u smjeru vjetra. Oblaci vodene pare iz rashladnih tornjeva mogu pridonijeti nastanku magle, a zimi i leda na cestama i dalekovodima u blizini tornjeva.



Sl. 37. Shematski prikaz rada rashladnog tornja

Ipak su oni vrlo povoljni s obzirom na sigurnost u pogonu. Nagrđuju krajolik glomaznim dimenzijama; za termoelektranu snage od 800 do 1300 MW potreban je rashladni toranj visok od 130 do 170 m, s promjerom u osnovici od 100 do 130.

I svi ostali rashladni tronjevi imaju istu namjenu ali se razlikuju u konstrukciji i opremi. Naime, tornjevi s prisilnom cirkulacijom imaju određeni broj ventilatora, koji stvaraju dosta veliku buku. Katkada se rade kombinacije suhih i vlažnih hlađenja, te prirodnom i prisilnom cirkulacijom.

Tako se na pr. danas jedan broj nuklearnih elektrana gradi s kombiniranim protočnim i povratnim hlađenjem, koje radi ili samo kao protočno (veliki protoci u vodotoku) ili djelomično kao protočno, a dijelom kao povratno i, konačno, kao samo povratno hlađenje (vrlo mali protoci). Naravno da je moguć različit omjer kapaciteta tih dvaju rashladnih sistema, što ovisi o ograničenjima za upotrebu vode i o dopuštenim graničnim temperaturama.

Osnovni efekt otpadne topline ide dakle preko porasta temperature koja predstavlja jedan od bitnih faktora svih kemijskih i bioloških procesa u vodama. Postoje i sekundarni efekti kao što su, na primjer, mehanički efekti pri prolazu živih organizama kroz sistem za hlađenje, ili efekti kloriranja pri čišćenju kondenzatorskih površina.

Temperaturni efekti na žive organizme su višestruki. Pri tome treba imati u vidu kompleksnost ekološkog sistema, gdje razni živi organizmi predstavljaju elemente ekološkog lanca, tako da se djelovanjem na samo neke organizme, djeluje posredno i na cijeli ekološki sistem.

U najdrastičnijem obliku temperatura može djelovati ubitačno na žive organizme. Letalne (ubitačne) temperature bitno se razlikuju za različite organizme. Neki mikroorganizmi i bakterije izdržavaju i dosta visoke temperature. Zelene alge izdržavaju do oko 328 K (55°C) a plavo-zelene 343 K (70°C). Razvijenije biljke i beskičmenjaci izdržavaju do 218-221 K (45-43°). Kad se radi o ribama, letalne temperature za pastrmke su 296 do 298 K (23 do 25°C), dok su za šarane tek negdje 208 do 310 K oko (35 do 37°C). Kod velikog broja akvaorganizama letalne temperature zavise u znatnoj mjeri od temperature na koju su aklimatizirani. Za neke vrste riba aklimatizirane na 283 K (10°C) letalna temperatura iznosi 301 K (28°C), dok ako su aklimatizirane na 293 K (20°C) mogu izdržati i 305 K (32°C).

Temperatura, međutim, predstavlja osnovni faktor u metabolizmu organizma. Ona utječe na rast, reprodukciju, otpornost na kemijsku i biološku intoksikaciju, itd. Povišena temperatura u nevrijeme može dovesti do prijevremenog rasta organizama u zoni povišene temperature tako da ovi mogu stradati kada izađu iz ove zone. Stoga se smatra da do termalnog zagađenja može doći na temperaturama znatno nižim od letalnih. I ovdje postoje znatne razlike zavisno od vrste organizama. Većina akvaorganizama, međutim, posjeduje moć aklimatizacije na temperaturu. Uslijed povišene temperature u okolini elektrane može doći do uspostavljanja nove ekološke ravnoteže, pri čemu neke vrste nestaju, ali dolazi do pojave novih vrsta. Pri tome se može ispostaviti da su nove vrste poželjnije od starih, tako da efekti ne moraju biti isključivo negativni. Mjerenjima je ustanovljeno na postojećim instalacijama da je koncentracija riba u zoni toplog mlaza u proljeće i u jesen znatno viša nego izvan ovih intervala.

Temperatura vode od utjecaja je i na mikroorganizme kojima se ribe hrane. Pri porastu temperature dolazi do zamjene jednih vrsta algi drugima. Zelene alge, koje se smatraju poželjnim, prevladavaju na temperaturama od 298-308 K (25 do 35 °C), dok na temperaturama od 303 - 313 KK (30 do 40 °C) prevladavaju plavo-zelene alge. Na povišenim temperaturama može doći do razmnožavanja nekih štetnih vrsta bakterija. Temperatura također utječe na toksičnost pojedinih supstanci. Na primjer letalna koncentracija CO_2 za šarane iznosi oko 55 mg/lit na 303 K (30°C), dok na 274 K (1°C) ona se penje čak na 120 mg/lit. Iz ovih razloga su tolerantne temperature po pravilu niže za zagađene nego za nezagađene vode.

Uslijed kompleksnosti problema, različiti efekti o kojima je bilo riječi nisu nažalost još uvijek dovoljno izučeni. Pravilo je, da se moraju uzeti u obzir specifičnosti svakog vodotoka, odnosno temperature odstupanja moraju biti propisane na temelju ekoloških studija za svaki vodotok.

Nagle promjene temperature također mogu dovesti do nepoželjnih posljedica po ekološke sisteme. Dnevne varijacije temperature na rijekama iznose i do 3 K (3°C). Računa se, da za veliki broj organizama nagle promjene temperature od oko 5 K (5°C) mogu dovesti do termalnog šoka. Tako prijelaz sa toplog stanja na hladno stanje, do koga može doći uslijed prestanka rada elektrane, može biti opasniji od šoka pri naglom zagrijavanju.

Koncentracija kisika u vodi predstavlja značajan element kvalitete vode. Kisik je neophodan element biloških procesa, mada su minimalne neophodne koncentracije kisika za ribe relativno niske od 0,5 do 2,5 mg/1, zavisno od vrste ali i od temperature. Pri povišenim temperaturama potrebe su veće. Najznačajnije potrebe za kisikom su za samoprečišćavanje voda, odnosno za proces oksidacije efluenata. Sa porastom temperature opada koncentracija kisika pri zasićenju. Na 293 K (20°C) ona iznosi 8,84 mg/1, dok na 313 K (40°C) pada na 6,6 mg/1. Radi toga će pri povišenim temperaturama raspoloživa količina kisika za samoprečišćavanje načelno biti manja.

Iz gornjeg, iako nepotpunog pregleda mogućih efekata toplinskog opterećenja na vode, može se zaključiti da ni iz daleka nije lako odrediti granicu preko koje toplinsko opterećenje predstavlja i toplinsko zagađenje. Ovome treba dodati i opće prihvaćenu konstataciju da ovi efekti ne samo da su krajnje kompleksne prirode, već su i nedovoljno izučeni.

Neosporno je, međutim, da sa gledišta toplinskog opterećenja svaka pojedinačna lokacija ima svoje specifičnosti u odnosu na prisutne ekološke sisteme, prevladujuće klimatske uvjete i opću kvalitetu vode.

Važeći propisi u pojedinim zemljama odražavaju postojeće stanje stvari i najčešće nisu zasnovani na znantveno utvrđenim činjenicama. Kao i uvijek kada problem nije dovoljno osvijetljen teži se k višestrukom faktoru sigurnosti sa poznatim posljedicama u ekonomskom pogledu. Pri tome se još u većini zemalja propisi donose za cjelokupnu teritoriju ne uzimajući u obzir specifičnosti geografskog položaja i postojećih ekoloških sistema.

Propisi su veoma različiti za različite zemlje, često nepotpuni, a ponekad i neprecizni, naročito kada se radi o propisima donesenim prije više godina kada se još manje znalo o toplinskom zagađenju voda. Propisi se mogu odnositi na slijedeće parametre:

- porast temperature vode u vodotoku nakon miješanja ne smije biti veći od određene dopuštene granice;
- temperatura vode nakon miješanja ne smije promašiti maksimalno dopuštenu temperaturu;
- temperatura vode na bilo kojem mjestu ne smije biti viša od maksimalno dopuštene temperature.
- maksimalna temperatura na izlivu
- zona mješanja vode
- odnos protoka vode za hlađenje prema ukupnom protoku u rijeci
- maksimalni vremenski gradijent temperature
- minimalna koncentracija kisika.

6.3 ZAGAĐENJE I DEKONTAMINACIJA ZEMLJIŠTA

6.3.1 NAČINI ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA

Čovjekova aktivnost je promijenila kopnenu površinu zemlje - prašume su posječene, močvare isušene a industrija je izmijenila izgled okoline. Ta aktivnost je ostavila i tragove koji govore kako je došlo do tih promjena. Ti tragovi nisu samo veliki spomenici ili nepoznati gradovi, već mnogo manje slavni - smetlišta.

Od osobitog su interesa oni tragovi povezani uz industrijsku revoluciju koja je prouzročila ogromne društvene i demografske promjene. Paralelno sa stvaranjem i narastanjem urbanih središta, te izgradnjom željeznica i putova koji su ih povezivali, raste jedna nova grana čovjekovog stvaralaštva - kemijska industrija. Prije drugog svjetskog rata ona proizvodi eksplozive, novootkrivene lijekove, a prava ekspanzija počinje po završetku rata i još traje.

Primjeri na koje načine se može zagaditi zemljište su:

- prosipanje opasnih tvari iz kontejnera zbog tog što su ovi oštećeni ili prepunjeni
- saobraćajne nesreće u kojima dolazi do gubljenja sadržaja velikih cisterni ili kontejnera
- istjecanje opasnih materija iz podzemnih rezervoara, gdje se obično zagade velike količine tla prije nego što se stignu poduzeti bilo kakve mjere
- skladištenje veće količine opasnih materija na golom zemljištu može prouzročiti vrlo težak oblik kontaminacije tla
- zauzimanjem velikih površina zemljišta
- upotrebom umjetnih gnojiva i pesticida u većim količinama može zemljištu više štetiti nego koristiti
- zakiseljavanje zemljišta kiselim kišama - radioaktivnim oborinama.

Zagađenje tla može ograničiti upotrebljivost zemljišta jer posljedice mogu biti štetne ne samo za biljni i životinjski svijet, već i za samog čovjeka. Šteta može nastati iz izravnog dodira između objekta i tla, ili posredno - preko nekog "nosioca". Tako npr. direktno uzimanje trave povlači sa sobom i dio zemljišta koje životinje prilikom ispaše neminovno unose u sebe. Štetni sadržaji se mogu akumulirati npr. u mlijeku, a preko mlijeka se unose u organizam čovjeka.

Ako se sumnja da je neko tlo zagađeno, ono se ne koristi dok se ne izvrši ispitivanje tog mjesta.

Ispitivanje mjesta teče u tri faze:

1. ustanovljavanje povijesti mjesta
2. provođenje kemijskog istraživanja uzoraka u laboratorijama
3. procjena rezultata.

Pri kontaminaciji zemljišta organskim materijalima osnovni je problem u tome što ih je teško izdvojiti, jer tlo može prirodno sadržavati manje od 1 %, pa sve do 50 % organskih tvari male molekularne mase. Za odvajanje organskih zagađivača iz tla, koriste se razna otapala. Tu postoji niz problema jer su neka otapala kancerogena, neka zapaljiva, neka otapala reagiraju i na prirodne organske spojeve iz tla, itd. Uopće, ne postoji "nulta koncentracija" neke tvari u tlu, tj. da nema nijedne molekule otrovnih supstanci u tlu.

6.3.2 ŠTETNI EFEKTI DJELOVANJA ZAGAĐENOG ZEMLJIŠTA

To su najčešće alergijski efekti koji ne moraju biti srazmjerni dozi alergena u tlu, zatim neugodni efekti koji variraju od osobe do osobe. Samo po sebi je jasno da tla koja imaju izuzetno neugodan miris nisu prikladna za upotrebu. Čovjek može doći u dodir sa ovim štetnim efektima tako što udiše miris kontaminiranog tla, te unošenjem kontaminirane vode i hrane. Zagađivači tla pored utjecaja na čovjeka imaju i negativne utjecaje na građevinske materijale.

Beton i cement su podložni napadu izazvanu sulfatima za obični cement, pH tla mora biti iznad 6,4 (čista destilirana voda ima pH vrijednost 7); u protivnom se mora upotrebljavati specijalni cement. I cement i beton su otporni na lužnato djelovanje.

Mjera u kojoj će korozija metala biti problem ovisi od korištenog metala:

- za aluminij pH tla mora biti između 6,5 i 7,5
- cink je više otporan prema lužnatom djelovanju, a u dodiru sa bakrom ili bakrenim otopinama opasno korodira
- na bakar utječu topljivi amonijski spojevi
- željezo i čelik su vrlo osjetljivi na tla bogata sulfatima i sulfitima.

Kod plastičnih materijala problem je u tome što su materijali korišteni u izradi tih materijala međusobno topljivi. Tako rastvarajući zagađivači mogu prodrijeti u plastične vodovodne cijevi i prouzročiti izuzetno neugodan okus vode.

Fitotoksični efekti mogu varirati od blagog mijenjanja boje biljke, bez vidljivih utjecaja na prinos pa sve do steriliteta tla. Ovi efekti se mogu mjeriti usporedbom žitarice koja je posađena na kontaminirano zemljište i one žitarice koja je posađena u nezatrovano tlo.

Naročito fitotoksični efekti mogu biti sulfati, cijanidi i kompleksni cijanidi. Fenoli uglavnom mogu utjecati na okus plodova.

Glavna opasnost po ljudsko zdravlje dolazi izravnim unošenjem tla i posrednom apsorpcijom koja nastaje uslijed kontakta (dodira) između tla i kože. Te opasnosti mogu biti dugotrajne ili kratkotrajne, te akutne ili kronične.

Akutno izlaganje može dovesti do efekata koji nestaju kad izlaganje prestaje; zatim koji samo djelomično nestaju i oni koji su stalni i nema oporavka čak i kada izlaganje prestaje.

Kronični efekti od kontinuiranog izlaganja nanose štetu svim organima, u prvom redu jetri.

Kancerogene tvari su opasne ako postoji dugotrajno izlaganje čak i u neznatnim dozama.

Uz pretpostavku da postoji odnos doza - reakcija, i da nema količine koja ne može izazvati efekt, može se pri unošenju materijala zagađenog otrovnom supstancom uspostaviti slijedeći odnos.

$$C = \frac{D \cdot W}{S}$$

gdje je:

C - "sigurna" koncentracija otrovne tvari u neotrovnom nosiocu (mg/kg)
D - maksimalna doza koja ne prouzrokuje nikakav štetni efekt na objekt (mg/kg tjelesne mase objekta)
W - masa objekta (kg)
S - masa unesene kontaminirane tvari (kg).

Postoje slijedeće klase doza:

LD 50 - doza koja se unese u organizam i pri tom 50 % ispitanih umre
LDL 0 - najniža unesena doza za koju je utvrđeno da od nje nestaje određena vrsta životinja
TDL 0 - najniža unesena doza koja prouzrokuje toksične efekte.

Koje su odgovarajuće metode za dekontaminaciju zemljišta, to ovisi o više slijedećih faktora:

- o planiranoj konačnoj upotrebi i neophodnoj kvaliteti zemljišta da bi se ona dostigla
- opseg zagađenja s obzirom na koncentraciju zagađivača
- korisnost i praktičnost metoda za dekontaminaciju
- mogućnost odlaganja zagađenog tla
- sredstva da se ti radovi plate.

Postoje različite vrste akcija za dekontaminaciju tla, kao što su: osiguranje čistog zemljišnog pokrivača (preporučuje se kod slabo kontaminiranog zemljišta), iskopavanje i uklanjanje kontaminiranog zemljišta, spaljivanjem tla kojim će biti uništeni organski zagađivači, zatim ako je propisno izvršeno preoravanje, učahurivanje tla s betonom i njegovo vađenje ili gradnja podzemnog skladišta koje se zabetonira i zakopa.

7. ZAGAĐENJE OKOLINE OTPACIMA, STVARANJEM BUKE I VIBRACIJA, TE PROMJENOM IZGLEDA

7.1 ZAGAĐENJE OKOLINE OTPACIMA

7.1.1 VRSTA OTPADA

Zagađenje okoline krutim otpacima znatno se povećava svake godine, jer rast industrije, standarda i broja stanovnika donosi i veću količinu otpadnih materija koje u prirodi ne mogu biti tako raspoređene da njihova koncentracija u vodi, zemlji i zraku bude bezopasna za ljude i prirodu.

Priliv velike količine otpadnih materija iz gradova, industrije i poljoprivredne proizvodnje nameće potrebu uvođenja veće brige za korištenje, preradu i smještaj otpada, kako bi se čim više sačuvala okolina, a iskoristila energija i materijali iz otpada.

Količina i sastav gradskog otpada nisu u direktnoj funkciji samo broja stanovnika, nego ovise o količini i vrstama industrije. Radi toga se otpad obično dijeli na: komunalni, industrijski i poljoprivredni. Komunalni otpad ovisi o broju stanovnika, razini životnog standarda, kulturi, navikama itd.

Provedena su ispitivanja za grad Zagreb za 1986. godinu i dobivene su slijedeće (približne) karakteristike komunalnog otpada:

- količine		570	t/dan
	ili	208050	t/godinu
	ili	275	kg/stanovniku, godišnje

- sastav u težinskim postocima

papir	18,9-22,7 %
plastika	9,2-12,3 %
staklo	6,1-17,8 %
tekstil	3,8- 4,5 %
koža i kosti	2,2- 2,5 %
željezo	1,9- 3,2 %
drvo	0,5- 2,2 %
građevinski materijal	1,0- 1,8 %
guma	0,4- 1,0 %
organski otpaci (sitniji)	25,6-32,5 %

- vlažnost	33-45 %
- udio pepela	17 %
- donja ogrijevna moć	5800-10500 kJ/kg

U komunalnom otpadu, dakle, dominiraju otpaci hrane, papira i pepela, a u manjim količinama nalaze se staklo, plastika, tekstil, koža, željezo, drvo i guma.

Industrijski (tehnološki) otpad ovisan je o vrstama industrije i o korištenim tehnologijama. Najopasniji otpad pojavljuje se kod nekih kemijskih industrija i otpad iz zdravstvenih (bolničkih) ustanova.

Količina takvog otpada u Zagrebu je 58 tona na dan ili 22.000 tona godišnje. Prosječna ogrijevna moć takvog otpada kreće se oko 12.000 kJ/kg.

Poljoprivredni otpad čini veoma malu stavku u gradskom otpadu, ali ima veoma veliku stavku u ruralnim sredinama.

7.1.2 OPASNI OTPACI

Velike količine opasnih otrovnih otpada proizvode najrazvijenije zemlje svijeta. Tako SAD proizvede 60 milijuna tona opasnih otpada godišnje, EEZ oko 25 milijuna. Ti otpaci mogu biti otrovni, korozivni, eksplozivni ili dugotrajni, i, ukoliko se njima krivo raspolaže, oni mogu izazvati velike probleme. Kako su neki otpadi bezazleni dok se ne spoje s nekim drugima, a mnogi od njih se proizvode u malim količinama i pomiješani su s neopasnim supstancama, teško je slijediti im trag. Obično se ne zna koliko se opasnog otpada proizvodi u pojedinim zemljama, tko ga proizvodi, kakav je otpad, niti što se dešava s tim otpadom.

To najbolje potvrđuju događaji iz ove godine (ljeto 1988.) kada neke razvijene zemlje potajno izvoze otrovni otpad i pohranjuju ga u nerazvijenim zemljama ili zemljama u razvoju.

Nesreće kao što je Love Canal u SAD dovele su do strogog zakona. Naime, u kanalu nazvanom Love Canal blizu slapova Nijagare u SAD-u, temelji su počeli mirisati po kemikalijama, a djeca su dolazila kući s rupama izgorenim na njihovim cipelama. Međutim i u drugim zemljama su se dogodili neki teži incidenti kao npr. u Lekkerkerku u Nizozemskoj otrovi su dospjeli u vodovod. Obadva ta objekta bila su sagrađena na zaboravljenim otpadima kemikalija - i morali su biti evakuirani. U Toyamara, Japan, riža koja se uzgajala na poljima zagađenim otpadima iz rudnika cinka ubila je 100 ljudi, u Missouriu vlasti još uvijek čiste 13 godina nakon što je jedan nelegalni konkurent posprejao herbicidne otpade u dvorištima konjušnice i uz ceste, a 11 ljudi je otrovano kada je insekticid, pohranjen pred 40 godina, zatrovao zdenac u Perhanu, Minnesota.

SAD, Nizozemska i Z. Njemačka imaju najstrože kontrole, tražeći od firmi koje stvaraju, prevoze ili se rješavaju opasnih otpada da imaju dozvole za to. Ali čak i željezni propisi ne mogu ništa učiniti u vezi s problemima koji su nastali u prošlosti u kojoj se na to olako gledalo.

"Postoje tempirane bombe" svuda unaokolo, upozorio je Stephan Plehn iz Američke agancije za zaštitu okoline još 1978. godine u stvari ne zna se koliko još Love Canal-a postoji u svijetu. Neki otpadi se mogu spaliti, neki se mogu tretirati ili pretvoriti u kruta stanja prije nego ih se odbaci, neki se pohranjuju u otvorene rudnike (rupe), ili se raširе po zemljištu, neki zakopavaju. Svaka zemlja ima svoj najdraži način ili metodu - SAD su se koncentrirale na nepropusna gradilišta (zemljište). Britanija vjeruje u razrijeđivanje i raspršivanje. Njemačka koristi stare rudnike soli za odlaganje svog najopasnijeg otpada. Još 1964. irske firme su morale same prerađivati svoj vlastiti otpad ili ga izvoziti. Nizozemske firme ne mogu zakopati mnogo od svoga otpada jer su njihovi vodovodi veoma blizu površine.

Dok neke zemlje pooštruju svoju kontrolu, da li će u međuvremenu one popustljivije postati opasne košare za smeće? Kada je nakon Lekkerka, Nizozemska pooštrila mjere sigurnosti, jedna kompanija je počela izvoziti svoj otpad u Britaniju. SAD izvozi velike količine otpada u Britaniju i Japan. EEZ je uvela stroge propise za transport preko granica nakon što su se bubnjevi otrovnog dioksina iz Italije pojavili u francuskoj klaonici 1983. g. Dok opet postoje strahovanja da bi kompanije mogle koristiti Treći svijet kao zemljište za spremanje svojeg otpada, a što se upravo dešava.

Svatko želi da se opasni otpadi sigurno pospreme - ali po mogućnosti radije dalje od njih. Dok se vlade i industrije trude da odluče što da se radi, do tada, oni koji se bave zaštitom okoline ovaj argumenat vraćaju jedan korak natrag, pitanjem: Koliko od ovoga otpada se treba uopće proizvesti?

7.1.3 PRERADA OTPADA

Svake godine Amerikanci odbace skoro tonu smeća po glavi, a iz britanskih košara za smeće godišnje bi se moglo sagraditi 60 egipatskih piramida. Ekolozi vjeruju da bi se moglo učiti nešto i od gradova Trećeg svijeta gdje se svaka limenka, svaka autoguma i svaki komadić papira sakuplja za preradu ili ponovnu upotrebu. Smetlišta mogu biti pronađeno blago za domišljate gradske uprave. Papirnati otpad, metal i staklo mogu se reprocesirati (preraditi, ponovo iskoristiti). Kuhinjski ostatak mogao bi se pretvoriti u gnojivo ili gorivo zajedno s ostalim smećem. Machidu, japanski "glavni grad smeća" sada prerađuje 90 % svog smeća. Industrije otkrivaju da one mogu preraditi svoje štetne otpade - ili ih koristiti za proizvodnju unosnih novih proizvoda. Švedska pomaže kompanijama pronalaziti kupce koji mogu koristiti njihove opasne otpade, i postoji cvjetajuća međunarodna trgovina manje opasnim prerađevinama. Na primjer, Japan uvozi metalni otpad iz Amerike i tako pretvaraju prošlogodišnji Buick u ovogodišnju Toyotu.

U kasnim 1970. godinama obitelji EEZ-a bacale su 9 milijuna tona konzervi za piće - i boca godišnje. To je gotovo planina otpada koja je potrošila milijune tona nafte za svoju proizvodnju.

Ekolozi traže od vlada svojih zemalja da zabrane nepovratne kontejnere za pića, te da uvedu depozitni i povratni sistem. Devet američkih država i četiri evropske zemlje su tako postupile. Države kao Oregon, američki pionir zakona za boce, može se pohvaliti visokim stupnjem povratka boca, oko 35-40 % je opala količina otpada, a više je novih poslova za rukovanje bocama i za ponovno punjenje nego što je bilo izgubljeno u proizvodnji boca.

Proizvođači boca u drugim područjima su skeptični prema ovim brojkama. Sistem bi ugrozio njihovu industriju i oni kažu da bi kupcima i trgovinama to predstavljalo previše gnjavaže. U mnogim zemljama, proizvođači stakla su predložili kompromis, tako da se osnuju banke-boca za topljenje i ponovnu proizvodnju. Ovako se troši manje energije nego za proizvodnju novih boca počevši od sirovine - ali mnogo više se energije troši nego za čiščenje i ponovno punjenje starih boca, pa se radi toga neki ekolozi ne slažu s tim. Nizozemska i Švicarska sada prerađuju gotovo polovinu svojega stakla.

Uspjeh prerade papira ovisi o tržištima za njegove proizvode. Na pr. 1974. g., Britanija i Francuska našle su se s tonama papirnatog otpada koji tvornice papira nisu htjele primiti. Kao rezultat toga danas su neke zemlje uvele subvencije da bi stvorile stalno tržište. Kvaliteta također može predstavljati problem - jer što je veći stupanj

kvalitete prerađenog papira, viši je stupanj polucije. Tu se postavlja pitanje; Da li se možemo pomiriti s grubljim toilet papirom ili sivljim knjigama za bolje očuvanje rijeka i šuma?

Čak najjači zagovarači kažu prerada sama ne može spriječiti potpuno poluciju i otpad. Problem leži mnogo dublje, kažu, u odnosu društva koje odbacuje stvari, prema prirodnim resursima svih vrsta (sirovina, hrana, voda, okolina itd.).

Rezultati dosadašnjih istraživanja otpadom iz gradova pokazuju da se termičkom preradom smeća (ugovaranjem ili plinifikacijom) u gradu s na pr. 100.000 stanovnika svakog dana može dobiti korisna energija koja odgovara energiji sadržanoj u količini 12-15 tona mazuta.

Danas je češće u upotrebi prerada smeća izgaranjem i to obično u kombiniranom procesu za proizvodnju električne i toplinske energije.

Osnovna koncepcija postrojenja za reciklažu energije iz komunalnog i tehnološkog otpada zasniva se na složenom višenamjenskom energetskom objektu, u kojem se izgaranjem otpada postiže proizvodnja toplinske i električne energije. Istovremeno se organizira i reciklaža korisnih sirovina iz otpada. Reciklaža se može provesti u dva dijela:

- primarna reciklaža, organizirano sakupljanje svih korisnih sirovina na samom mjestu napajanja otpada (u domaćinstvima, industriji, radionama i sl.); moguće je organizirati sakupljanje; stakla po boji, papira po vrsti, obojenih i željeznih metala i eventualno plastike; ili reciklaža kod samog postrojenja, što zahtijeva velike površine zemlje.
- sekundarna reciklaža, izdvajanje recikliranih sirovina nakon procesa izgaranja (željezo, metali i šljaka za građevinarstvo).

Spaljivanje smeća ima sličan utjecaj na zagađenje okoline kao i industrijske kotlovnice ili klasične termoelektrane.

Korištenje otpada biomase (obično je to u prosjeku oko 40 % od mase uroda žitarica i drugih poljoprivrednih kultura) počinje tako, da se jedan dio koristi kao sirovina u prehrani stoke, jedan dio za stvaranje gnojiva, jedan dio kao sirovina u industriji, a ostatak je zaista otpad biomase.

Dosadašnja iskustva i istraživanja o korištenju otpada biomase pokazuju da je zbog niskog sadržaja raspoložive energije u odnosu na troškove transporta i troškove mogućih postupaka termičke prerade u slučaju takvog opredjeljenja, najekonomičnije biomasu preraditi u blizini mjesta nastanka i dobivenu energiju iz procesa utrošiti u okolnim energetskim jedinicama odgovarajuće snage.

Slično korištenju biomase mogu se koristiti otpadi različitih industrijskih grana na mjestu nastajanja (otpaci pri tekstilnim tvornicama, pri tvornicama celuloze i prerade drveta, pri tvornicama kabela, pri tvornicama papira, prehrambenim tvornicama itd.), jasno uz ekonomsko-energetsku opravdanost.

7.1.4 ZAGAĐENJE METALIMA

Zagađenje metalima potječe uglavnom iz atmosferskog taloženja čestica bogatih metalima na površinu biljaka. Usitnjavanje i razgradnju otpada vrši uglavnom fauna i zemljište, dok stvarnu kemijsku razgradnju obavljaju mikroorganizmi.

Među najčešćim zagađivačima od metala su: olovo, živa i kadmij. Olovo može oštetiti mozak pa čak i izazvati smrt - o tome nema dileme. Debata se vodi o tome

koliko olova je opasno i odakle dolazi. Tvrdi se da čak manje količine mogu oštetiti mozak u razvoju kod male djece i kod nerođenih beba.

Olovo je, dakle, nervni otrov (neurotoksin), a posljedice trovanjem olovom kod odraslih su: malokrvnost, spuštanje stopala i zglobova, te encelofalopatija. Efekti kod manjih doza su neodređeni.

Međutim, danas još nema preciznog i sigurnog odgovora na pitanja koliko olovo šteti i iz kojih izvora dolazi to olovo? Naime, utvrđeno je da oko 90 % olova u zraku dolazi iz ispušnih cijevi automobila, pa se ta solucija može kontrolirati. Kako kontrolirati zagađenje olovom iz drugih izvora. Dobro je poznato, da se u većini limene ambalaže nalazi olovo, a da su gotovo sve vodovodne instalacije načinjene od olova. Koliko se olova unosi u organizme preko hrane i vode, a koliko disanjem iz zraka? Činjenica je da su mnoge zemlje uvele bezolovni benzin, a da su druge na putu da to čine. Još ne potvrđene vijesti su, da su ljudi u centrima velikih prodora gdje je u upotrebi bezolovni benzin počeli više poboljevati od onih gdje se troši normalni benzin. Normalno je da se postavlja pitanje. Zašto? Do sada nema čak ni hipotetskih odgovora i ta situacija je predmet znanstvenih istraživanja.

Trovanja živom su dosta česta i poznata.

Postoje tri tipa doza kod uzimanja etil i metil-živinih spojeva.

1. Kratkotrajna (1-2 mjeseca) visoka dnevna unošenja (do 200 μg H_g na dan po kilogramu mase). Ovog oblika je bilo trovanje 1971/72. godine u Iraku, kao posljedica unošenja žitarica prašenih živinim fungicidom
2. Srednja (od nekoliko mjeseci do nekoliko godina) povišena unošenja žive trošenjem kontaminirane ribe (srednja doza ≈ 30 μg/kg dan, minimata bolest u Japanu)
3. Dugotrajna (tokom višegodišnjeg perioda) neznatno povišena uzimanja žive. (Ovom utjecaju su najpodložniji ljudi čija je ishrana ovisna o ribi).

Simptomi trovanja metil-živom se javljaju kao poremećaj rada centralnog nervnog sistema. Prema jačini kroničnog trovanja simptomi se mogu podijeliti u četiri grupe: blago, umjereno, povišeno i opasno kronično trovanje, u okviru kojih se kreću simptomi trovanja od oslabljenog pamćenja, glavobolje, usporenih kretnji, podrhtavanja ruku i usana, pa do smetnji s vidom, poremećaju osjetila, te stalna nesposobnost izražena apatičkim sindromom ili konačno smrt.

Kadmij je prouzročio u Japanu veoma bolnu bolest reumatske prirode zvanu "ITAJ-ITAJ". Ta se bolest često završavala smrću, a pojačavao ju je nedostatak vitamina D. Kadmij se najčešće unosi u organizam putem kontaminirane vode.

7.2 STVARANJE BUKE I VIBRACIJA

Zvučne pojave mogu se razmatrati na dva načina. Prvi od ta dva osnovna načina je objektivna ili fizikalna akustika. Ona se temelji na fizikalnom mjerenju mehaničkih veličina koje su uzrok zvučnim pojavama ili njihovim posljedicama.

Pri ovakvom proučavanju akustike jedna je od osnovnih veličina gustoća snage zvuka ili jakost zvuka, zatim su još interesantne veličine tlak zvuka i brzina širenja zvuka.

Drugi osnovni način proučavanja zvučniih pjava je subjektivan. Grana akustike koja se time bavi zove se fonometrijom.

Osnova fonometrije je ljudsko uho koje na poseban način doživljava zvučne pojave. Proučavanja su već davno pokazala da prosječno ljudsko uho, tj. uho zdrava mlada čovjeka, čuje zvučne titraje ograničena pojasa frekvencija od otprilike 20 Hz do 17.000 Hz. Osim toga, granice čujnosti ljudskog uha ovise o gustoći snage zvuka u čujnom području i o tlaku zvučnih valova.

Uho je najosjetljivije na zvukove frekvencije oko 3.000 Hz. Pri tom je zvučni tlak manji od 10^{-5} N/m^2, a gustoća oko 10-13 W/m^2. Ove granične vrijednosti karakteristične su za donji prag čujnosti ljudskog uha.

Pri istoj frekvenciji gornja se granica čujnosti nalazi kod otprilike 100 N/m^2, odnosno 10 W/m^2. Pri tom zvučni osjećaj već prelazi u bol.

Buka kao štetna i uznemiravajuća pojava javlja se u sredini u kojoj čovjek živi zajedno s pojavom strojeva, pa zato, istovremeno s porastom primjene strojeva u prometu i domaćinstvu, raste i razina buke koja okružuje čovjeka. S obzirom da sve veća primjena strojeva po pravilu znači i sve veću potrošnju energije, može se slobodno reći da buka raste i sa povećanjem potrošnje energije.

Do znatnijeg porasta buke došlo je naročito poslije Drugog svjetskog rata kada počinje brz razvoj prometa i do znatnije upotrebe mehanizacije. Danas je buka opće priznata kao jedan od zagađivača okoline. U nekim razvijenim zemljama, gdje su mnogi zagađivači već pod kontrolom, anketiranje građana stavlja buku na visoko mjesto po štetnosti učinaka.

Štetnost jake tvorničke buke po organ sluha poznata je odavno, ali proglašavanje buke kao zagađivača okoline i traženje sredstava za borbu protiv nje padaju u najrazvijenimim zemljama tek pod kraj 50-tih i početak 60-tih godina.

Buka u okolini u najvećoj mjeri potječe od prometa, a u znatno manjoj mjeri od industrije i drugih izvora (građevinarstvo, komunalne djelatnosti, domaćinstva itd.). Najveći je izvor buke gradski promet, te promet na cestama i autoputovima, zatim željeznički, zračni i riječni promet.

Ispitivanja provedena među stanovništvom razvijenih zemalja pokazala su da je većina stanovništva uznemiravana bukom gradskog i cestovnog prometa (13 % anketiranih, a u SR Njemačkoj čak 40 % anketiranih). Od anketiranih građana svega 1 % je uznemiravano zračnim prometom, a 2 % od svih ostalih izvora buke. Pod izrazom "uznemiravano" misli se da anketirani građenin živi na mjestima gdje je buka okoline 65 dBA ili veća. To je naka granica koja se još nekako može tolerirati, tj. pri kojoj je u stanovima, naravno pri zatvorenim prozorima, moguć razgovor, slušanje radija i televizije, spavanje itd.

Prije izvjesnog broja godina broj bukom uznemiravanih ljudi u ovim zemljama bio je procjenjivan na oko 100,000.000, što znači, s obzirom da broj stanovnika nije bitno porastao, da se stanje pogoršalo ili u najboljem slučaju da stanje stagnira, ako se uzme u obzir da su u međuvremenu oni najteži slučajevi riješeni raseljavanjem, poboljšanom izolacijom stanova, podizanjem barijera ili drugim metodama (smanjenjem buke iz izvora). Sve u svemu, svjedoci smo pogoršanja ili stagniranja iako se već 20 godina vodi uporna borba da prometna sredstva budu manje bučna, da se promet bolje regulira, brzine ograniče i sl. Razlog za to je jednostavan: za to vrijeme broj vozila se povećao oko tri puta (u nas mnogo više), broj aviona oko dva puta, a urbanizacija samo za oko 50 %. Znači ono što se sigurno dobiva neprekidnim tehničkim usavršavanjem vozila gubi se zbog povećanja broja izvora, tj. zbog porasta gustoće prometa. A isto se može reći i za sve veću primjenu strojeva u svim granama ljudske djelatnosti.

Kako je već naprijed navedeno, različita prometna vozila izazivaju različite razine buke, pa ukupna buka je i rezultat strukture vozila u prometu.

Očigledno je da razina buke koju stvaraju pojedina vozila, obično navedene u dBA, ne može biti jedino mjerilo bučnosti jedne sredine, nego se mora uzeti u obzir i trajanje buke i njeno eventualno kolebanje. Zbog toga nije svejedno kakav je spektar buke, kolika su kolebanja, ima li u buci impulsnog (udarnog) zvuka, ima li čistih tonova itd.

Situacija s propisima vezana za problem buke ne može biti jednoznačno određena, jer je veoma teško uvažiti sve impulse i tonove kao i njihovo trajanje. Radi toga ostaje činjenica da se još uvijek istražuju najadekvatniji načini prikazivanja buke kao zagađivača objektivnim mjerilima. Dodatni problem je u tome što to objektivno mjerilo treba nekako povezati sa psihofiziološkim učinkom buke na ljude.

Prekomjerna buka uznemirava i smeta ljude u razgovoru, uskraćuje im ugodnost odmora i opuštanja, ne dozvoljava miran i ugodan san, slabi koncentraciju i jednom riječju smanjuje komfor u psihofizičkom smislu. Pored navedenoga uslijed buke dolazi do gubitka sluha. Gubitku sluha izloženi su radnici u nekim industrijskim pogonima i u nekim komunalnim radnim organizacijama.

Pri najvećim razinama buke koje se mogu javiti (blizina jakog prometa, blizina aerodroma, javni radovi), a to je 70-75 dBA - dokazani su utjecaji na neuro-vegetativni sistem: širenje zjenica, ubrzan rad srca, povećanje krvnog tlaka, želučano-crijevne promjene itd. Pored toga javlja se i niz biokemijskih promjena: povećanje holesterola, krvne glukoze i kortizola.

Ako je čovjek sa svojim živčanim sistemom izložen dugo jakoj buci, njemu će se poremetiti biološka razvnoteža i nastat će posljedice za zdravlje. Život u buci dakle znači napor koji organizam u svakom slučaju mora odmorom kompenzirati.

Konstatacija da buka može biti i stresni faktor znači da i niže razine buke, u datim prilikama mogu djelovati stresno, pa se samim tim javlja i pitanje koliko su decibeli (dBA) pouzdan kriterij za uznemiravanje izazvano bukom. Važnost ima i osobni stav ugroženog prema izvoru buke, njegova sposobnost prilagođavanja, osjetljivost na buku, osobno psihičko stanje, zatim pripadnost grupaciji osjetljivih osoba (starci, djeca, trudnice, bolesnici). O svim tim utjecajima i povezanostima sa drugim fizičkim parametrima (toplinom, pušenjem, vibracijom, zrakom, naporom) još uvijek se malo zna i treba se još istraživati.

Pored buke, vibracije također utječu na raspoloženje i zdravlje ljudi. Vibracije najčešće nastaju kod upotrebe prometnih sredstava za velike terete (teški kamioni, tegljači za velike i specijalne terete, željeznički promet), zatim specijalni strojevi u građevinarstvu i komunalnim djelatnostima.

Vibracije mogu biti posebno nezgodne u koliko se pojavljuju s povećanom bukom, što je najčešće slučaj, pa se tome mora posvetiti odgovarajuća pažnja, a to znači, pokušati umanjiti barem buku ili vibracije, kako bi se smanjio njihov negativan utjecaj na zdravlje ljudi.

7.3. PROMJENE ESTETSKOG IZGLEDA OKOLINE

Nezamisliva je bilo kakva ozbiljnija ljudska djelatnost koja ne bi imala izvjestan utjecaj na promjenu izgleda okoline. Zbog toga će u nastavku biti riječi samo o onim djelatnostima ili grupama djelatnosti koje imaju znatniji utjecaj na izgled okoline.

Negativne promjene estetskog izgleda okoline mogu nastupiti uslijed elementarnih nepogoda (potresi, poplave, vulkani), zbog ljudskih aktivnosti (gradnja cesta, naselja, željezničkih pruga, industrijskih i energetskih postrojenja, prijenosnih i prevoznih sredstava, rekonstrukcijskih radova), te zbog ljudske nepažnje (požari) i ljudske neodgovornosti (prekomjerno i nepotrebno korištenje prirodnih dobara - na pr. sječa šuma) kao i zbog ljudske nesavjesnosti (ratovi).

Neke od navedenih aktivnosti mogu u izvjesnim situacijama i popraviti izgled okoline. To se može dogoditi u situacijama kada je okolina zapuštena i kad stručnjaci za prostorno uređenje dobro smisle i lociraju pojedine ljudske djelatnosti, a arhitekti to dobro isprojektiraju i građevinari dobro izvedu.

Prirodne nepogode (potresi, poplave i vulkani) mogu imati veoma veliki utjecaj na promjenu okoline. Njihov utjecaj u mnogome ovisi o intenzitetu događaja i području u kome se dogodi. Naime, ako su to siromašne i zaostale zemlje, razaranja, potapanja i prekrivanja zemljišta i dobara su znatno veća. Upravo se sada (ljeto 1988. godine) preko sredstava informiranja (dnevni tisak i televizija) mogu pratiti posljedice potresa u području ispod Himalaja, te posljedice poplava u Kini i Sudanu. Osim promjene izgleda okoline navedene prirodne nepogode imale su za posljedicu na stotine mrtvih i stotine tisuća koji su ostali bez krova nad glavom.

Čovjek svojim aktivnostima (kako je već kazano) stvara ogromne količine otpadnog materijala (komunalno smeće, industrijski i poljoprivredni otpad) koje u mnogome nagrđuje okolinu.

Izgradnjom naselja, ako nisu prostorno i urbanistički dobro koncipirana, u mnogome se može promijeniti izgled okoline. Izgradnjom industrijskih i energetskih postrojenja također se mijenja izgled okoline. U slučaju izbora njihove lokacije nema toliko mnogo prostora za varijantiranje, jer se ta postrojenja obično nalaze na kvalitetnim terenima i u neposrednoj blizini vode. Izgradnja infrastrukture (ceste, putovi i željeznica) zbog potrebnih velikih investicijskih sredstava i većih brzina obično traži najkraću trasu, pa se zbog toga manje uklapa u okolinu nego što bi se inače mogla uklopiti. Slična je situacija i s visokonaponskim prijenosnim vodovima. Sječa šuma, a posebno veliki požari veoma mnogo (pored ostalih negativnosti) utječu na promjenu izgleda okoline.

8. SPECIFIČNE POJAVE KOD ZAGAĐENJA OKOLINE

8.1 KISELE KIŠE

8.1.1 OPĆENITO O POJMU KISELOSTI

Uz radioaktivnost, kisele kiše su jedan od najvećih problema današnjice u pogledu očuvanja okoline, uz pretpostavku da će se uspjeti održati odgovarajući sloj ozona i da će se moći kontrolirati udio ugljičnog dioksida u atmosferi u granicama koje će omogućiti zadržavanje postojećih klimatskih uvjeta.

Da bi se mogao shvatiti i razumjeti problem kiselih kiša, potrebno je dati nekoliko elementarnih podataka o kiselinama, lužinama, odnosno o pojmu kiselosti i lužnosti.

Kiseline su takve tvari koje u vodenim otopinama daju vodikove ione, a oni uzrokuju kiseli okus, odnosno kiselu reakciju vodenih otopina. Kiselina se u vodenoj otopini disocira na vodikov ion i odgovarajući anion (kiselinski ostatak).

Molekule vode imaju tendenciju da hidratiziraju ione. Sposobnost hidratizacije iona je posljedica razmjerno velikog električnog dipolnog momenta vode, uzrokovanog njezinom molekularnom građom. Zbog tih svojstava vode svaki proces disocijacije prati i proces hidratizacije.

Voda je i kiselina i baza i slabo se disocira na jednaki broj vodikovih iona i hidroksid-iona, dakle:

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

Lužine su takve tvari koje u vodenim otopinama daju hidroksid - ione OH^-, koji uzrokuju lužnati okus, odnosno bazičnu reakciju otopine lužina.

Konstanta disocijacije za kiseline je umnožak koncentracije vodikovog iona H^+ i kiselinskog ostatka A^-, podijeljen s koncentracijom nedisocirane kiseline HP, a ona je veća što je kiselina jača i obratno.

Međutim, uobičajeno je da se u izrazima za konstantne disocijacije, kao i u jednadžbama kemijskih reakcija, umjesto H_3O^+ iona piše H^+ ion, što doduše nije egzaktno, ali pojednostavnjuje pisanje. Pri tom se svaki put kada se napiše H^+ ion razumije da je riječ o H_3O^+ ionu. Zbog toga se procese disocijacije kiselina piše jednostavnije:

$$HA \rightarrow H^+ + A^-.$$

Konstanta disocijacije se u tom slučaju piše:

$$\frac{(H^+) \cdot (A^-)}{(HA)} = K_{HA}$$

Konstanta disocijacije za vodu je prema definiciji

$$K_{H2O} = \frac{(H^+)\,(OH^-)}{(H_2O)} = 1{,}8 \cdot 10^{-16}$$

a jednadžba hidratizacije protona glasi:

$$H^+ + H_2O \; H_3O^+$$

Slijedi da je proton u vodenim otopinama uvijek hidratiziran i vodene otopine ne sadrže protone ili vodikove ione H^+, nego hidratizirane ione H_3O^+.

Kada je u nekoj otopini koncetracija iona H^+ jednaka koncentraciji iona OH^-, kaže se da je otopina neutralna. Kisele su one otopine u kojima je koncentracija iona H^+ veća od koncentracije iona OH^-. Lužnate su one otopine u kojih je koncentracija iona H+ manja od koncentracije iona OH^-. Prema tome koncentracija vodikovih iona može služiti kao mjera za kiselost ili lužnatost otopina.

Budući da je koncentracija iona H^+ i OH^- vrlo malena, koncentracija H_2O praktički je konstantna i jednaka oko 55,5 mola na litru (1 mol = 18,0139 g za H_2O, a 1 g = 1 ml pa slijedi da je 1 l (dm^3) = 55,51 mola). Slijedi da je:

$$(H^+) \cdot (OH^-) = 55{,}51 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-16} = 10^{-14}$$

a što znači da je ionski produkt vode (K_w) konstantna vrijednost kod temperature 298,15 K (25°C). Kao i svaka druga konstanta ravnoteže kemijske reakcije i ionski produkt vode mijenja se s promjenom temperature, pa je kod 273,15 K (0°C) $K_w = 0{,}69 \cdot 10^{-14}$, a kod 373, 15 K (100 °C) $k_w = 47{,}6 \cdot 10^{-14}$.

Budući da je koncentracija vodikovih iona u čistoj vodi jednaka koncentraciji hidroksid-iona, jer se molekula vode disocira na jedan vodikov ion i jedan hidroksid-ion, iz ionskog produkta vode slijedi:

$$(H^+) = (OH^-) = K_w = 10^{-7}.$$

Drugim riječima, u čistoj vodi je koncentracija vodikovih iona ili hidroksid-iona jednaka 10^{-7} molova ili gramiona na litru. Budući da vodikovi ioni uzrokuju kiselu, a hidroksid-ioni lužnatu reakciju otopine, to je očito da otopina u kojoj se oni nalaze u istoj koncentraciji neće reagirati ni kiselo ni lužnato, nego neutralno. Budući da u svakoj vodenoj otopini mora biti $(H^+)\,(OH^-) = 10^{-14}$, to svaka vodena otopina reagira neutralno kada je u njoj koncentracija vodikovih iona jednaka 10^{-7} gramiona na litru. Analogno, vodena otopina reagirat će kiselo kad je u njoj koncentracija iona H^+ veća od 10^{-7} gramiona na litru, odnosno reagirat će lužnato kada je koncentracija iona OH^- veća od 10^{-7} gramiona na litru. Da se pojednostavi izražavanje koncentracije vodikovih iona, odnosno kiselosti i lužnatosti otopina, danski kemičar P.L. Sorensen, predložio je 1909. god. da se koncentracija vodikovih iona izražava tzv. vodikovim eksponentnom (pH) koji je definirao izrazom:

$$10^{-pH} = (H^+),$$

odnosno

$$pH = -\log(H^+).$$

Dakle, pH je negativni eksponent potencije od 10 kojom je izražena koncentracija vodikovih iona. Zbog toga se pH naziva i eksponentom vodikovih iona. Analogno koncentraciju hidroksid-iona možemo izraziti sa pOH, tj.:

$$pOH = -\log(OH^-).$$

Prema tome, u neutralnim otopinama je

$$pH = pOH = 7;$$

u kiselim otopinama je

pH manji od 7,

pOH veći od 7;

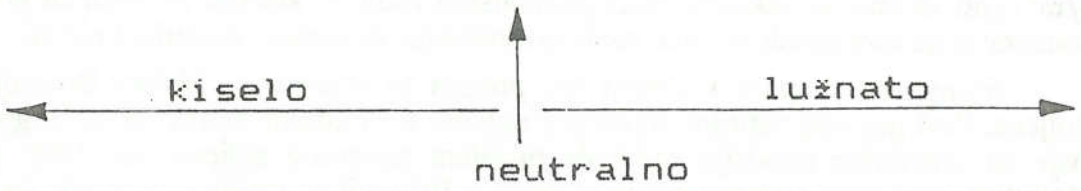
u lužnatim otopinama je

pH veći od 7,

pOH manji od 7.

U intervalu pH od 0 do 14 leže sve vrijednosti pH, kojima se izražava kiselost, odnosno lužnatost otopina. Odnos između (H^+), (OH^-), pH i pOH lako se može izraziti pH-skalom:

H^+	10^{0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
OH^-	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1
pOH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0



Kisela kiša s prosječnim faktorom kiselosti (pH) nešto iznad 4 je gotovo 10 puta kiselija od kiše koja ima faktor kiselosti 5, a oko deset puta slabija od kiše s faktorom kiselosti 3.

8.1.2 NASTANAK KISELIH OBORINA

Kisele oborine su jedan od lokalnih efekata zagađenja zraka. Prirodne oborine imaju pH (kvantitativna mjera kiselosti) od oko 5 do 6, što predstavlja pH čiste vode u ravnoteži sa ugljičnim dioksidom. Međutim, kiselost kiše i snijega što padaju iznad većih industrijskih i urbanih područja je često veća i dostiže pH od 3 do 5 (u Sarajevu je izmjereno 3,4 do 7,0). Analizom kiše primijećena je povećana količina sulfatnih i dušičnih iona, što ukazuje da povećana kiselost potiče od sumporne i dušične kiseline. Ove pak kiseline nastaju reakcijom između odgovarajućih oksida sumpora i dušika (glavni zagađivači u zagađenom zraku) i vode.

Kisele oborine nastaju kada se sastojci atmosfere spoje s oksidima sumpora i dušika koji nastaju kao produkt izgaranja fosilnih goriva u domaćinstvima, u

tvornicama, elektranama i automobilima. Kao zagađivač najviše je zastupljen SO_2 (sumporni dioksid), a nešto manje dušikov-oksid. Kisela kiša je takva forma zagađivanja koja može štetiti vodenim i zemljanim ekološkim sistemima, građevinama, i drugim objektima, te ljudskom zdravlju - ponekad je ta šteta nepovratna.

Najvažniji atmosferski zagađivači antropogoenog porijekla koji zakiseljavaju okolinu su oksidi sumpora, SO_x i dušika, NO_x (x=1, 2). Antropogeni izvori pridonose prosječnoj globalnoj atmosferskoj koncentraciji isto kao i prirodni zagađivači. Najviše emisije potiče iz industrijaliziranih oblasti sjeverne Zemljine hemisfere, koja prekriva manje od 5 % kopnene površine (Evropa, istočni dio Sjev. Amerike, Kina, Japan).

Spojevi sumpora i dušika iz atmosfere dolaze na zemlju preko suhog i mokrog taloženja. Kod suhog taloženja prosječno vrijeme boravka sumpornog dioksida (SO_2) u atmosferi je 0,5-2 dana (kretanje zračne mase u normalnim hidrometeorološkim uvjetima od nekoliko stotina km). Sulfati se zadržavaju nešto duže, 3-5 dana, a dolaze na zemlju mokrim taloženjem (transport od 1000 km). U iznimnim meteorološkim uvjetima (smog) ne postoji kretanje zračne mase, pa se taloženje odvija na mjestu nastajanja ili u njegovoj neposrednoj blizini.

Suho taloženje je kontinuirani proces koji uglavnom ovisi o koncentraciji sumpornog dioksida u blizini zemlje. Istaložena količina se povećava povećanjem udaljenosti izvora sumpornog dioksida.

Mokro taloženje, poznatije pod imenom "kisele kiše" javlja se, kad se spojevi sumpora pojavljuju u obliku sumporne kiseline.

Ostali kiseli spojevi, npr. organske kiseline koje potječu iz tla ili vegetacije i dospijevaju u površinske vode ne povećavaju zakiseljavanje okoline.

U osjetljivim ekološkim sistemima, taloloženjem sumpora preko 0,5 g S/m^2/god. dolazi do zakiseljavanja površinskih voda. U kiselim vodama su povećane koncentracije otopljenih metala, osobito aluminija, mangana, kadmija i olova.

Sumporne su pare i dimovi bili pokora za stanovnike Velike Britanije kroz stoljeća. Prvi pokušaj zabrane upotrebe ugljena u Londonu datira od 1273. godine, a dvije su specijalne komisije ispitivale problem upotrebe ugljena već 1280. godine. Međutim, sredinom sedamnaestog stoljeća u Britaniji se uveliko vjerovalo da je dim od ugljena veoma opasan za zdravlje ljudi i da je on "ubojica". Osim toga, dim je nagrizao željezo, građevinski materijal i unuštavao biljke.

Stvarno porjeklo kiselih kiša bilo je industrijska revolucija na sjeveru Engleske u devetnaestom stoljeću. Pojam i ime kiselih kiša uveo je prvi britanski inspektor za zagađenje zraka Robert August Smith. On je uspostavio mrežu sakupljača kiše oko, u to doba, glavnog industrijskog centra Manchestera i 1851. godine je pred britanskim društvom za unapređenje znanosti referirao, da sva kiša koju je on sakupio sadrži sumpornu kiselinu, a sadržaj kiseline se povećavao idući iz provincije prema gradu. Rezultate svojih istraživanja objavio je 1872. godine u svom djelu "zrak i kiša", od kada se službeno upotrebljava izraz "kisele kiše".

"Opasni" ili zabrinjavajući početak kiselih kiša vezan je za veliki londonski smog koji je počeo 5.12.1952. godine i trajao nekoliko dana. Iz ložišta londonskih dimnjaka (domaćinstva i industrije) i iz prometnih vozila stvorio se jedan "poklopac" od sumpornih i dušičnih oksida nad Londonom, koji se igrom slučaja atmosferskih prilika nije micao nekoliko dana iz Londona. Kad se smog podignuo (maknuo) za njim su ostale pune mrtvačnice u kojima je izbrojano 4000 mrtvih. Taj londonski smog bio je

najveća nesreća izazvana zagađenjem zraka koja je ikad zabilježena bilo gdje u svijetu. Budući da se radi o najvećoj zabilježenoj katastrofi uvjetovanoj zagađenjem zraka, u nastavku će se malo detaljnije opisati tok događaja.

Za stanovnike Londona najgori tjedan u povijesti njihova grada počeo je kao i svaki drugi tjedan s dimnom maglom, na što su oni bili naviknuti, jer je na daleko bio poznat londonski smog. Posljedice londonskog smoga, a i drugih engleskih gradova, očitovale su se u veoma čestim oboljenjima od bronhitisa, pa je smrtnost čiji je on uzrok bio bila za dvadeset puta veća nego na pr. u skandinavskim zemljama. Ta magla se tokom tjedna zacrnila tako da su se vidjele vodene kapljice pomiješane sa zagađenjem, te je tako došlo do smrtonosne kisele mješavine - sumporne kiseline. Nakon pet dana pojavio se prvi povjetarac koji je ponio smrtnosnu maglu prema istoku, ušću Themse. Nakon smirivanja situacije i svođenja evidencije utvrđeno je, da je smrtnost u pojedinim londonskim općinama bila 5-9 puta veća nego u prethodnoj godini u istom vremenskom razdoblju.

Najveća smrtnost bila je u stanovnika životne dobi 45 do 64 godine starosti, što samo po sebi odbacuje neke tvrdnje, koje su se u to doba pojavile, da su umirale uglavnom stare i bolesne osobe. Ispitivani uzroci smrti pokazali su, da je smrtnost nastupila uslijed srčanog napada ili bronhitisa. Naime, žlijezde u dušnicama, koje proizvode sluz bile su nadražene i proizvodile više sluzi, pa se većina ljudi davila u sluzi. Povećana količina sluzi zatvarala je bronhijalne kanale čime je bio onemogućen dolazak kisika u potrebnim količinama, što je dovodilo do srčanih napada. Srce je maksimalno tjeralo krv kako bi došlo do normalnih količina kisika, a zbog pojačanog lučenja sluzi kisik nije mogao stizati u krv što je sve skupa imalo za posljedicu povećan broj srčanih udara odnosno smrti.

Nitko nije mogao sumnjati u činjenicu da je smog bio uzrok smrti, ali se nije znalo što je bio uzrok smrtnosti u tom smogu. Većina znanstvenika toga vremena okrivljavala je dim (ugljični dioksid i monoksid) te sumporni dioksid za uzroke smrti, ali kao i uvijek pojavile su se dileme. Vremenom se iskristaliziralo mišljenje da je sumporna kiselina, koja je nastala iz sumpornog dioksida, najvjerojatnije pojačalo štetne efekte drugih zagađivača, pa je kao takova postala glavnim uzrokom smrti. U vrijeme pojave najvećeg londonskog smoga (petog do desetog prosinca 1952. godine) nije mjeren faktor kiselosti, ali se kasnije smatralo da je on (pH faktor) iznosio između 1,4 i 1,9, što je kiselije od limunova soka.

Pored opisanog londonskog smoga interesantno je pripomenuti da je njih bilo veoma mnogo, pa je možda interesantno navesti još dva po intenzitetu nešto slabija, a zbila su se 1890. i 1948. godine. Nakon smoga 1952. godine Velika Britanija donosi zakone i uredbe pomoću kojih će zaštititi atmosferu i smanjiti smog i to najprije u Londonu. Rezultat te akcije je, da je današnji prosječni smog, sveden na svega 1/10 maksimalnog smoga iz 1952. godine.

8.1.3 UTJECAJ KISELIH KIŠA NA ZAGAĐENOST VODA

Kisele oborine prvo su primijećene u okolini velikih gradova, termoelektrana i topionica, a kasnije i u predjelima van industrijskih i urbanih područja. Zagađivači iz Zap. Evrope zračnim strujama dospijevaju do Skandinavije, gdje tamošnji planinski lanac izaziva oborine i tako igra ulogu spužve koja uklanja zagađivače iz zraka. Posljedice su npr.: opadanje broja i vrsta riba u jezerima, oštećenje drveća, pojačana korozija raznih materijala i ugroženost ljudskog zdravlja.

Toksičnost kiselih voda potiče, pored kiselih kiša, i od otopljenog aluminija koji dospijeva u vodu otapanjem iz tla i vodenog sedimenta. Veliki broj jezera u Norveškoj, Švedskoj i Istočnoj Kanadi zakiseljen je do te mjere da su populacije riba u nekima potpuno iščezle, a u drugim su znatno smanjenje. Faktor kiselosti (pH) većine površinskih voda u Norveškoj iznosi 5,3 - 7,3, a provodljivost svega 20 - 40 ys/cm, tj. koncentracija otopljene soli je niska i radi se o mekim vodama. Prosječni faktor kiselosti (pH) jugoslavenskih površinskih voda iznosi od 7,5 - 8,3 a provodljivost nekoliko stotina ys/cm. Alkalitet većine skandinavijskih jezera je 0,0-1,1 mmol/L, a u nas 1,4-2,2 mmol/L, što svjedoči o znatno drugačijoj kemiji voda našeg podneblja, karakteriziranog relativno tvrdim vodama, što je posljedica proticanja voda iznad podloga krečnjačkog sastava.

U skandinavskim zemljama, zakiseljavanje jezera nije primijećeno gdje je taloženje sumpora manje od 0,5 g S/m^2/god. Opterećenje atmosfere sumporom se poklapa sa prosjećnim (pH) faktorom kiselosti oborina od 4,7 u Švedskoj, Norveškoj i Kanadi. U južnoj Skandinaviji i istočnoj Kanadi opterećenje atmosfere sumporom iznosi 1,5 g S/m^2/god, a pH oborina iznosi 4,0 do 4,5; što dovodi do zakiseljavanja većeg dijela voda. Stanje kiselosti ovih voda se može poboljšati jedino smanjenjem taloženja kiselih zagađivača. Kod nas postoje pokazatelji da u nekim djelovima Slovenije, zapadne Hrvatske i Bosne i Hercegovine po veličini emisije sumpornog dioksida (SO_2) dolaze iznad znatnog broja evropskih zemalja. Pokazalo se i da su veoma česte oborine s faktorom kiselosti (pH) ispod 4.

Zakiseljavanje površinskih voda potiče od iona hidrogena i aluminija, bez obzira da li oni potiču od atmosferskog taloženja ili od procesa ispiranja sa slivnog područja.

Kisela jezera i rijeke bile su sve do skora promatrani (tretirani) kao isključivo skandinavski problem. Međutim, u posljednje vrijeme problem zagađenja jezera i rijeka proširio se gotovo po cijeloj sjevernoj hemisferi, a posebno u Evropi. Kiselost jezera ovisna je ne samo o taloženju kiselih kiša nego i o sastavu tla ispod površine vode. Postoje tri osnovne kategorije tla na dnu jezera, a ovisne su o sadržaju kalcija (vapnenca) u stijenama.

Postoje tanka tla s vapnencem (jezera u Skandinaviji i Škotskoj) gdje granitne stijene malo mogu neutralizirati kiseline. Pjeskovita tla dna jezera (Danska i Engleska) nešto bolje neutraliziraju kiseline, ali su daleko od toga da se to s uspjehom može obaviti. Tla jezera u centralnoj Evropi imaju znatno veći sadržaj kalcija, ali su u tom dijelu i najveća taloženja kiselih oborina, pa sam sastav tla ne može s uspjehom neutralizirati kiseline.

Veliki broj ispitanih jezera pokazuje da je kiselost opasno ugrozila život u njima, a u mnogima od njih život je već prestao. Losos je počeo nestajati iz jezera Norveške ubrzo nakon Prvog svjetskog rata. Nestali su iz gotovo 2000 jezera, a također su ugrožene i druge vrste riba. U Švedskoj su najprije zabilježili nestajanje potočnog raka, te da se iz 9000 švedskih jezera naglo gube ogromne količine riba, a oko 4000 jezera je potpuno mrtvo. U obje zemlje uzrok tome je zakiseljavanje. Ribe su napadnute ne samo kiselom kišom, već i aluminijem koji je ispran iz tla djelovanjem kiselih kiša u jezera i rijeke. Kao što aluminij u Njemačkoj uništava šume, tako u Skandinaviji uništava jezera. Aluminij djeluje na ribe tako da se taloži na škrgama i onemogućuje ulazak kisika i drugih tvari potrebnih za život. Topivost aluminija u vodi raste s opadanjem vrijednosti faktora kiselosti (pH) (aluminij se lakše otapa u vodi što je veća kiselina). Aluminij se najbolje otapa pri faktoru kiselosti (ph) 5, kada se taloži kao aluminijev hidroksid na škrgama riba.

Norveški biolozi su ustanovili da najbrže umiru ona jezera koja imaju mali sadržaj kalcija. Acedifikacija ne djeluje samo na ribe, već i na čitav vodeni ekološki sistem.

Pomor riba zbog kiselih kiša prvi puta se spominje u literaturi 1959. godine, a 1968. godine Šveđanin Svante Oden povezuje sve niti i zaključuje da je zagađenje (kisele kiše) iz Velike Britanije i centralne Evrope odgovorno za pomor riba u Skandinaviji. Analizirajući sastav tla i kiselost pojedinih jezera došlo se do zaključka da bi se kiselost mogla smanjiti bacanjem vapna po jezerima i njihovom slivnom području. Nakon provedenih ispitivanja pokazalo se to veoma skupim i nedjelotvornim, jer bi to trebalo stalno činiti kao što se stalno proizvode sumporni i dušični oksidi. Doziranjem vapna u jezerima se može smanjiti kiselost, ali se ne može riješiti toksičnog aluminija koji se oslobađa na dnu djelovanjem kiselih kiša. Djelovanjem vapna aluminij prelazi u aluminijev hidroksid koji se taloži na dnu jezera. Medjutim, kad se prestane dodavanje vapna, aluminij se ponovo pretvara u svoj toksični oblik, pa je to jedan od razloga da dodavanjem vapna nije konačno rješenje za vode rijeka i jezera.

Odavno je poznata uloga kalcija za život i razvoj flore i faune, a ova istraživanja su to samo potvrdila, pa se sva pažnja usmjerila na odsutnost kalcija u kiseloj vodi. Kisela kiša troši kalcij koji se nalazi u vodi ili na tlu, a poznato je da je kalcij veoma važan prehrambeni element. Kalcij također ima važnu ulogu kod neutralizacije toksičnosti olova i drugih toksičnih metala.

U nekim zemljama Zapadne Evrope zakiseljene su i podzemne vode (ponegdje je pH manji od 4,5). Koncentracije metala su često 10-100 puta veće nego u neutralnim podzemnim vodama, pa te vode mogu biti opasne za piće.

8.1.4 UTJECAJ KISELIH KIŠA NA ŠUME

Oštećenja šumske vegetacije od kiselih oborina mogu biti direktna (efekti na lišću i granama), ili indirektna (promjene u sastavu tla oko korjena). Za oštećenje vegetacije dovoljne su i manje koncentracije ugljičnog dioksida (SO_2), jer do utjecaja na rast biljke može doći bez vidljivih oštećenja. Indirektni efekti se mogu pojaviti unutar faze.

U prvoj fazi, u kiselim kišama dominira dušik; koji je važan izvor hranjivih sastojaka u tlu koji pomaže da drveće raste brže. U zadnjem stoljeću opaženo je da drveće raste brže u centralnoj Evropi. Taj proces je sada zaustavljen u Zapadnoj Njemačkoj, ali se nastavlja u Skandinaviji gdje buja drveće, a jezera umiru. Drugu fazu karakterizira održanje prirodne ravnoteže. Naime, većina zemljišta ima prirodnu sposobnost neutraliziranja kiseline i može zamijeniti izgubljene hranjive sastojke, kao što je kalcij iz podloženog kamena stanca, ali zemljište se tako iscrpljuje.

Kiselina se prvo akumulira u površinskim slojevima zemlje, a zatim ulazi dublje. U isto vrijeme sulfati iz kiselih kiša se spajaju s hranjivim česticama, kao što su kalcij i magnezij, tako da oni gube svoju ulogu kao hranjivi sastojci tla. Ako se sumpor veže na te elemente oni su neiskoristivi za biljke.

Kao prvi znak nastanka te faze je početak dobivanja žute boje borovih iglica, koje ukazuje na manjak magnezija. Gubitak hranjivih sastojaka usporava rast drveća, tako uništava šume, ali najgore tek slijedi. Kad su hranjivi sastojci uklonjeni, počinje se sumpor vezivati s metalima u tlu. Najvažniji od metala je aluminij koji se nalazi u velikim količinama u većini zumljišta, zatim kadmij. U normalnim okolnostima aluminij je neškodljiv, vezan sa organskim tvarima, ali kada se uklone veze između

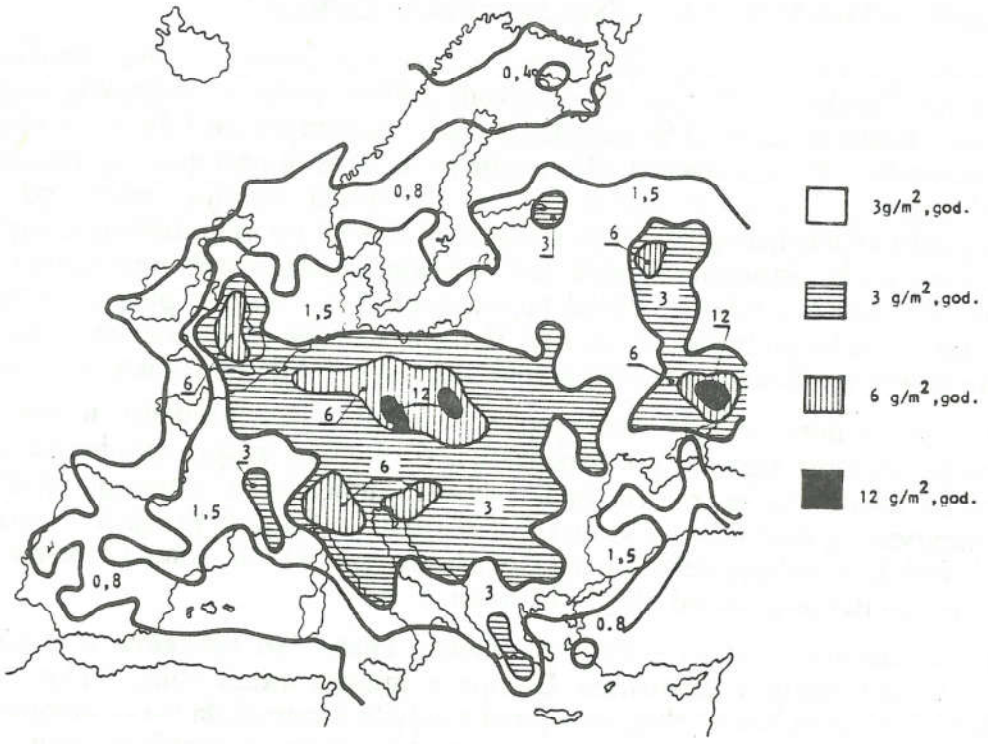
aluminija i organskih tvari, aluminij se povezuje sa sumporom i postaje veoma toksičan. Danas je aluminij jedna od najvećih opasnosti koja se javlja kao toksični agens u zemljištima i jezerima. Oslobađanje toksičnog aluminija i drugih metala u otopinama u zemljištima označava treću fazu i fatalnu u djelovanju kiselina na drveće. Kiselina dostiže kritičnu granicu pri faktoru kiselosti (pH) do 4,2. Aluminij i drugi metal djeluju tako da zaustavljaju rast i razvoj stanica u korijenju drveća i slabe sposobnost drveća da se bori protiv bolesti. Znači prvo se napada korijen koji je važan za rast, što omogućuje bakterijama, virusima, gljivama i drugim opasnim organizmima da napadaju drvo (slika 38.) i izazivaju trulenja korjena (te time i samo rušenje drveta).

Sl. 38. Izgled bolesnog drveta uslijed kiselih kiša

Dokazano je da su u velikom dijelu šuma Zapadne Njemačke štetu uzrokovali baš toksični metali, kao što su aluminij i kadmij. Ioni tih metala se oslobađaju u tlu, nakon što se kalcij i magnezij isperu iz tla kiselim kišama. Omjer kadmija i aluminija u tlu može biti važan indikator učinjene štete.

Na slici 39. prikazana je karta Evrope s područjima taloženja (koncentracije) sumpora u gramima po metru kvadratnom na godinu. Iz slike 30 lako se da zaključiti da je najteža situacija u Zapadnoj Njemačkoj.

Šume pokrivaju gotovo polovinu Zapadne Njemačke i ugrožene su djelovanjem (SO_2) sumpornog dioksida koji dolazi iz termoelektrana, teške industrije i industrijskih postrojenja u Ruru. U zadnjih 5 godina uništeno je oko 1.500 hektara šume u Bavarskoj a slijedećih 80.000 hektara šume u Bavarskoj i Baden-Wurttenbergu je ozbiljno ugroženo. U nekim njemačkim šumama za svrhu ispitivanja pronađene su količine sumpora od 100 kg i više na hektar, koji padne (istaloži se) u toku jedne godine. Suha i topla godina bez kiše ubrzava odumiranje šuma. Čak i u manje izloženim područjima postojećih šuma, postoji opasnost od ostatka drveća koje je bilo pod utjecajem kiselih kiša. Uništavanje šuma kiselim oborinama mijenja i sastav tla. Zašto je situacija takva u Zapadnoj Njemačkoj?



Ukupne padavine sumpora u g po m^2 i godini

Sl. 39. Koncentracija sumpornog dioksida u Evropi

Sl. 39. Koncentracija sumpornog dioksida u Evropi

U mnogim zimama polja, šume, autoputovi i naselja Zapadne Njemačke pokrivena su laganom kiselom sumaglicom. Ta kisela sumaglica može se osjetiti na svom jeziku, a miris odnosno smrad te sumaglice može se osjetiti njuhom. Zapadnonjemačka industrija (posebno rurska oblast), te industrije istočnih zemalja (Čehoslovačka, Demokratska Republika Njemačka, Poljska i SSSR), kao i industrije zapadnoevropskih zemalja svakodnevno emitiraju ogromne količine sumpornih oksida. Ako se tome pribroji zagađenje zraka uvjetovano prometom, tada se može tek dobiti prava slika. Naime, u samoj Zapadnoj Njemačkoj svakog jutra oko 25 milijuna ljudi ulazi u svoj automobil, kojim kreće na posao ili duži put. Doda li se tom broju osobnih automobila ogroman broj svih vrsta teretnih vozila, onda se može zaključiti da se ispušni plinovi mogu mjeriti u milijardama kubičnih metara. Situacija je gotovo jednako teška kada pušu vjetrovi ili kada je vrijeme bez vjetra. U slučaju kada pušu istočni vjetrovi, tada se zagađenje donosi iz istočnoevropskih zemalja, a kada pušu sa zapada u tom slučaju zagađenje se donosi s te strane. Međutim, kad hladne anticiklone prodru iz Sibira ovo zagađenje se ne gubi nego stacionira.

Zbog takve situacije više od dvije trećine tla pod šumama sjeverne Njemačke je tako zakiseljeno da kiselost prodire u dubinu do jednog metra, dok je kiselost na poljima prisutna samo na površinskom sloju.

8.1.5 RASPROSTRANJENOST KISELIH KIŠA U EVROPI

Evropa je najviše industrijalizirana, najviše naseljena i najviše zagađena kao kontinent na Zemlji. U Evropi se proizvodi gotova polovica svjetskog zagađenja sumporom i dušikom. Oko 65 % zagađenja u prirodi sumporom i dušikom rezultat je ljudskih aktivnosti. Pojas najvećeg izbacivanja proteže se ili nastaje zbog velikog broja termoelektrana, industrijskih kotlovnica, te uz velika naselja, počev od Velike Britanije preko rafinerijskog područja u zapadnoj Evropi do metalurškog kompleksa u Ruhru, zatim preko istočnoevropskih industrijskih i energetskih postrojenja sve do ogromnih čeličana u Krakovu. Pored navedenoga, gusta mreža putova za motorna vozila pokriva cijelo područje. Zrak nad Evropom bogat je sumporom i dušikovim plinovima koji se u oblacima pretvaraju u kiseline ako se bilo gdje susretnu s vodom.

Svakim danom sve je veći problem kisele kiše, naročito u područjima Skandinavije. Faktori kao što su: topografija, geologija i rasprostranjenost vjetrova koji prolaze industrijskim područjima, također sudjeluju u stvaranju kisele kiše. Emisija sumpornog dioksida u Evropi od 1910-1950 godišnje je prosječno iznosila $25 \cdot 10^6$ tona, dok je u zadnjoj dekadi ovog stoljeća iznosila $70 \cdot 10^6$ tona. Godišnja emisija samo u Velikoj Britaniji iznosi oko $5 \cdot 10^6$ tona.

I koncentracija dušika i njegovih plinova znatno se povećava u atmosferi, a pogotovo u najbogatijim dijelovima Evrope s mnogo automobila. Tako na pr. u Švicarskoj i Zapadnoj Njemačkoj, zemljama s najviše automobila po stanovniku dolazi do veće zagađenosti atmosfere dušikom nego sumporom, a problem ozona također postaje se veći.

Problem kiselih kiša je aktualan i u Sjevernoj Americi. Godišnja emisija sumpor-dioksida je blizu 5 milijuna tona u Kanadi, a blizu 26×10^6 tona u SAD, pa faktor kiselosti (pH) kiša iznosi između 4,0 i 4,5.

Zbog zračnih strujanja i zbog relativno velike udaljenosti od američkog kontinenta, stanovnici Velike Britanije su u relativno najpovoljnijoj situaciji od zagađenja kiselim kišama u usporedbi s drugim zemljama Evrope. Jugoslavija, zbog svoje energetske strukture, relativno velika upotreba ugljena i relativno veliki broj automobila, je relativno veliki izvor sumpora i dušika u ovom dijelu Evrope. Zagađenja iz sjeverne Italije, industrijski i energetski veoma razvijenog područja, ugrožavaju šume Švicarske i Austrije. Procjenjuje se da gotovo 30 % čitave evropske emisije zagađuje područje SSSR-a. Norvežani i Šveđani primaju velike količine sumpora emitiranog iz britanskog područja, a gotovo isti dio u zemljama Istočne Evrope.

Jezera prekrivaju 10 % Švedske i ugrožena su djelovanjem drugih zemalja. Također su i šume, jedan od glavnih ekonomskih resursa, ugrožene. Norveška prima pet puta više sumpora nego što ga proizvodi, a Švedska dva puta više. Znači, Britanija je najveći evropski emiter sumpora, bez utjecaja SSSR-a za kojega ne postoje podaci. Britanci emitiraju 45 % sumpora više nego Šveđani, a 200 % više nego Norvežani.

Posljedica takve situacije u Evropi je da se godišnje na jedan hektar površine istaloži u prosjeku oko 50 kg sumpora, a imperativ je smanjiti navedeni iznos za 10-20 kg po hektaru ako se žele izbjeći velike ekološke štete.

Zagađenje atmosfere mjeri se u gramima po kubnom metru (g/m^3) zagađivača. Većina zagađivača pada u neposrednoj blizini, ali jedan dio se diže u atmosferu i zračnim strujama odlazi i do tisuće kilometara prije nego počne padati u obliku kiše.

Dosadašnja praćenja pokazuju da u velikom broju zima magla atmosferskih zagađivača iz Evrope i Azije dolazi do Artika i tamo se sliježe, a što su potvrdila i ispitivanja provedena na ledu Grenlanda.

Da je situacija u Evropi veoma ozbiljna pokazat će se na primjeru zagađenja iz nedavne prošlosti (siječanj 1985. godine) o zagađenju u Ruhrskoj oblasti Zapadne Njemačke.

Toga siječnja gusti hladni smog, koji je došao iz Istočne Evrope, ustobočio se nad Ruhrom i prouzrokovao pravi kaos. Zatvorene su škole, obustavljen rad u tvornicama, a pred ulazom u gradove postavljene su prepreke za automobile kako bi ostali izvan gradova. Vidljivost u Essenu pala je na ispod 50 metara. Uzbuna koja je prouzrokovala najdalekosežnije mjere, koje su ikad poduzete u Njemačkoj, a koje su rezultirale zabrinutošću nacije u pogledu kiselih kiša. Strah od katastrofe bio je ravan onome iz Londona 1952. godine, iako je koncentracija sumpornog dioksida iznosila "svega" 1500 mikrograma po kubnom metru, što je nešto manje od 2/5 spomenutog smoga u Londonu. Ovaj događaj nije imao za posljedicu pune bolnice i mrtvačnice, ali je primorao Njemce da uspostave nacionalni sistem za kontrolu i praćenje smoga.

Nakon tog događaja uvedena je mjera prve uzbune u gradu Nurnbergu (19. veljače 1986. godine) kod koncentracije 300 mikrograma po m^3, iako je u drugim dijelovima Njemačke smatrano da se prva uzbuna daje tek kod 600 mikrograma po m^3. Naime, smatra se da je 600 mikrograma po m^3 previsoka granica, jer se kod te količine sumpornog dioksida povećava smrtnost ljudi, a kod 400 mirkograma po m^3 se već povećava broj bronhijalnih oboljenja. Međutim, znanstvenici, posebno u Velikoj Britaniji gdje se smog i njegove posljedice najviše proučavaju, nisu istomišljenici niti u pogledu količina zagađenja, a pogotovo ne u pogledu posljedica na ljudsko zdravlje.

Možda je još interesantno pripomenuti da je 10. travnja 1974. u Škotskoj došlo do pojave velikih izljeva kiše, koji su imali faktor kiselosti (pH) octa od 2,4, a to je najniži faktor kiselosti (pH) koji je ikada mjerenjem zabilježen. U istom mjesecu zabilježen je faktor kiselosti (pH) kiše u Norveškoj od 2,7. Nema sumnje da je to posljedica povećanog zagađenja atmosfere sumporom.

Iz navedenog prikaza evidentno je da je problem zagađenja atmosfere sumpornim dioksidom i dušičnim oksidima svjetski, a ne lokalni problem i briga. Radi toga se uvode standardi za kontrolu zagađenja atmosfere, kako bi se kontrolom ublažila, ili barem spriječilo daljnje povećanje, zagađenost kiselim kišama. Prvi koraci u tom smislu su već učinjeni zabranom upotrebe ugljena u gradovima, a u nekim termoelektranama je obavezno pročišćavanje ugljena ili plinova izgaranja, što sve pridonosi manjem zagađenju od kiselih kiša. Prvi rezultati u Evropi postignuti su, pored navedenih mjera, i kontrolom ispušnih plinova u automobilima i uvođenjem bezolovnog benzina, te relativno sve većim udjelom nuklearnih elektrana u proizvodnji električne energije. Tako Francuska preko 75 %, Belgija preko 55 %, Zapadna Njemačka preko 35 % od ukupne proizvodnje električne energije proizvode u nuklearnim elektranama. Sve većom upotrebom nuklearnih elektrana u proizvodnji električne energije javlja se drugi veći ili manji problem (ovisno o uvjetovanju i gledanju) od kiselih kiša, a to je radioaktivnost, o čemu će biti posebno riječi. Na kraju ovog prikaza potrebno je kazati, da bi uz sva moguća ograničenja zagađenja uzročnicima kiselih kiša, trebalo jako dugo vremena da bi se kiselost zatrovanog tla vratila na normalnu razinu. Iz navedenoga slijedi, da je pred cijelim čovječanstvom, u prvom redu pred vladama pojedinih zemalja, ozbiljan i odgovoran zadatak u sprečavanju katastrofe koju sa sobom nose kisele kiše. Isto tako lako se da, iz ovog

prikaza, zaključiti da je veoma veliki broj neriješenih problema, pa je mnogo posla i za znanstveno-istraživačke timove, te za znatno bolju međunarodnu tehnološku i znanstvenu suradnju, pa i za ekonomsku pomoć koja će koliko toliko ublažiti veoma tešku situaciju s kiselim kišama i to prvenstveno u Evropi.

8.2 RADIOAKTIVNOST

8.2.1 OPĆENITO O RADIOAKTIVNOSTI

Radio dolazi od latinske riječi radius što znači zraka, a upotrebljava se kao početni dio složenice koji kazuje da je njeno značenje vezano uz pojavu zračenja, bilo radioaktivnog bilo elektromagnetskog.

Najkraća definicija za radioaktivnost je, da je to spontano prelaženje jednog elementa u drugi ili neke nuklearne vrste u drugu uz emitiranje zračenja.

Pojavu prirodne radioaktivnosti opazi je prvi H. Becquerel 1896. godine kod uranove rude. Dvije godine kasnije (1898.) supruzi Curie (Pierre i Marija) otkrivaju dva nova radioaktivna elementa, koje su nazvali radij i polonij. Nakon otkrivanja ovih elemenata rad je na ovom području znanosti postao veoma interesantan, a rezultati toga rada su otkrivanje novih radioaktivnih elemenata ili izotopa teških elemenata.

E. Rutherford je 1899. godine otkrio da se zračenje radija sastoji od najmanje dvije komponente, koje se različito apsorbiraju u materiji. Jedna od tih komponenata jako je ionizirala zrak i nju je nazvao alfa-zrakama (α). Za drugu prodorniju komponentu utvrdio je da se ponaša slično katodnim zrakama i nazvao ju je beta-zrakama (β). Godinu dana kasnije P. Villard među zrakama radija otkrio je, pored alfa i beta-zraka, još prodornije zrake koju je nazvao gama-zrakama (γ).

Ispitivanja ponašanja alfa, beta i gama-zraka u magnetskom polju pokazala su da se alfa-zrake savijaju kao pozitivno nabijene čestice, beta-zrake kao negativne, dok se gama-zrake ponašaju kao rendgenske zrake i nesmetano prolaze kroz magnetsko polje.

Eksperimentirajući s radioaktivnim materijalima utvrđeno je da je broj raspada (A) (spontano prelaženje jednog elementa u drugi uz pojavu zračenja) u jedinici vremena (t) proporcionalan broju radioaktivnih atoma, dakle

$$A = - dN/dt$$

gdje je N broj radioaktivnih atoma. Navedena jednadžba naziva se osnovnim zakonom radioaktivnog raspada. Ako je na početku mjerenja aktivnost A_o, nakon vremena t početna aktivnost opada po zakonu:

$$A = A_o \cdot e^{\lambda t}$$

gdje je λ konstanta radioaktivnog raspada.

Iz navedene jednadžbe određuje se vrijeme poluraspada (T) radioaktivnog elementa kao ono vrijeme u kojem broj atoma tog elementa opadne na polovinu, odnosno u kome se njegova aktivnost svede na polovinu, pa slijedi da je

$$T = \ln 2/\lambda = 0{,}693/\lambda$$

Vrijeme poluraspada prirodno radioaktivnih elemenata veoma je različito i ide od nekoliko djelića sekunde do nekoliko desetaka milijardi godina.

Radioaktivnim zračenjem α, β i γ zraka mijenja se:

- α raspadom umanjuje se maseni broj radioaktivnog elementa za 4 jedinice, a njegov redni broj za 2 jedinice. Iz navedenoga slijedi da su α zrake dvostruko ionizirani atomi helija, što znači da iz atomske jezgre izlete dva protona i dva neutrona, udruženi u jednu helijevu jezgru.
- β raspadom ne mijenja se maseni broj radioaktivnog elementa, a redni mu se broj poveća za jedan, što znači da su β zrake ustvari elektroni. Beta-raspad objašnjava se raspadom jednog neutrona u jezgri na elektron, neutron i proton. Dok elektron i neutron izlete iz jezgre, novonastali proton povećava redni broj elementa za jedinicu (β). Otkrićem umjetne radioaktivnosti došlo se do spoznaje o postojanju niza drugih procesa, različitih od emisije negativnih elektrona, koji također pripadaju u beta-raspad. To je u prvom redu β^+ - raspad, tj. emisija pozitivnog elektrona (pozitrona) i neutrina. Pri tom procesu maseni broj elementa ostaje isti, a redni se broj smanji za jedinicu. Proces se, dakle, zbiva kao da se jedan proton u jezgri raspadne na neutron, te na pozitron i neutrino, a ova dva posljednja izlete iz jezgre. Prema tome može se općenitije reći da je beta-raspad nuklearna transmutacija pri kojoj se redni broj elementa (naboj njegove jezgre) promijeni za jedinicu, pri čemu dolazi do emisije, odn. apsorpcije negativnog ili pozitivnog elektrona.
- γ raspadom ne mijenja se ni maseni ni redni broj elementa, što znači da su gama-zrake elektromagnetsko zračenje. Gama-raspad po kvantnoj teoriji je prijelaz između dva stacionarna stanja atomske jezgre. Atomska jezgra koja se iz bilo kojih razloga nalazi u nekom pobuđenom stanju može emisijom energije u obliku elektromagnetskog zračenja prijeći u neko niže ili osnovno stanje. Elektromagnetsko zračenje veoma visoke frekvencije koje se pri tome emitira zove se gama - zračenje. Ono je dakle, iste prirode kao i rendgensko zračenje ili svjetlosni valovi, ali se od njih razlikuje po načinu postanka, jer svjetlo i rendgensko zračenje nastaju prijelazima u elektronskom omotaču. U sva tri procesa zbivaju se spomenute promjene u atomskoj jezgri danog elementa. Međutim, prirode tih promjena bitno su različite.

Radioaktivni nizovi su nizovi elemenata kojima su članovi u međusobnom "rodbinskom" odnosu, tj. svaki element je produkt raspada prethodnog elementa u nizu. Postojanje takvih nizova je posljedica činjenice što među svim radioaktivnim elementima postoji samo nekoliko elemenata kojima su vremena poluraspada dovoljno duga (u usporedbi s trajanjem svemira) pa ih ima i danas u znatnijim količinama. Svi su se ostali radioaktivni elementi od časa postanka najvećim dijelom raspali, tako da su danas prisutni samo elementi veoma duga poluživota i njihovi produkti raspada. Kako se radioaktivnim raspadom može maseni broj elementa mijenjati samo za 0 ili 4, to bi u principu morala postojati 4 radioaktivna niza koji odgovaraju masenim brojevima 4_n, $4_n + 1$, $4_n + 2$ i $4_n + 3$. Međutim, radioaktivni prijelazi među članovima različitih nizova nisu mogući. Danas su poznata samo tri radioaktivna niza, kojima su "praroditelji" Th-232, U-238 i U-235 s respektivnim vremenima poluraspada od 14×10^{10} godina, $4{,}5 \times 10^9$ godina i $7{,}1 \times 10^8$ godina (tablica 1). Ti nizovi odgovaraju masenim brojevima 4_n, $4_n + 2$ i $4_n + 3$, dok postojanje niza koji bi odgovarao masenim brojevima $4_n + 1$, a počinjao od Th-232 ili U-237, nije još sa sigurnošću utvrđeno. Sve te familije završavaju nakon čitava niza raspada stabilnim izotopima olova Pb-208, Pb-206 i Pb-207.

Radioaktivni elementi mogu se dobiti i na umjetni način, npr. tako da se prirodni element bombardira nuklearnim projektilima, protonima, alfa-česticama, neutronima itd. te u njemu izazove nuklearna transmutacija u novi element ili novi

izotop istog elementa. Danas kao glavni izvor umjetnih radioaktivnih elemenata služe nuklearni reaktor i različiti akceleratori. Nuklearni se reaktor naročito mnogo upotrebljava za masovnu proizvodnju umjetnih radioaktivnih elemenata zbog velikog fluksa neutrona, kojima se bombardira stabilni element. Kao projektili za bombardiranje neutroni su osobito prikladni zato što nemaju električnog naboja pa lako prodiru u atomske jezgre. Radioaktivni izotopi, kako se obično nazivaju umjetno proizvedeni radioaktivni elementi, imaju danas veliku primjenu u mnogim granama znanosti i privrede.

Prirodne radioaktivne tvari nastaju i djelovanjem svemirskog zračenja. Čestice visokih energija stalno prodiru u gornje dijelove atmosfere, pa se pod njihovim utjecajem stvaraju i takve radioaktivne tvari koje imaju relativno duga vremena poluraspada. Među njima su najvažniji tricij (H-3), s vremenom poluraspada od 12,3 godina, i ugljik 14 (C-14), s vremenom poluraspada od 5730 godina. Zbog njihova dugog vremena poluraspada i njihovih kemijskih osobina oni su sastavni dio svih bioloških materijala.

Dodatno radioaktivno zračenje pojavljuje se kao posljedica pokusnih eksplozija atomskih bomba, pogotovo kad se one izvode u atmosferi, a što se još i danas dešava. Prilikom svake takve eksplozije produkti raspada šire se po troposferi i stratosferi na cijelom globusu, pa odatle s oborinama padaju na Zemljinu površinu i dospijevaju u tlo, vodu, biljke, životinje i ljude. Tako nastale radioaktivne tvari različito utječu na biosferu povezano s njihovim fizikalnim i kemijskim svojstvima. Najjači utjecaj ima stroncij 90 (Sr-90), koji se dugo održava jer ima dugo vrijeme poluraspada (28 godina). Najveća koncentracija Sr-90 zapažena je 1963. i 1964. godine, ali je poslije ona opadala usporedo sa sve manjim brojem pokusnih eksplozija u atmosferi.

Svakako da na dodatno radioaktivno zračenje utječu i nuklearne elektrane, iz kojih mogu radioaktivne tvari dospjeti u okoliš s ispuštenim zrakom i vodom, te s krutim radioaktivnim otpacima. Pogon takvih elektrana, međutim, valja tako voditi da radioaktivne tvari ne dospiju preko zraka, vode i tla u biljke, životinje i ljude.

U dodatne izvore zračenja se, osim nuklearnih elektrana, svrstavaju ostali oblici korištenja nuklearne energije u miroljubive svrhe (u medicini, poljoprivredi, industriji i drugim granama privrede i u znanosti), kao i drugi izvori (npr. TV aparati i sl.) koji prate razvoj civilizacije.

Posljedica dodatnog (umjetnog) radioaktivnog zračenja su radioaktivne oborine, a one su radioaktivni materijal koji se taloži iz atmosfere za bezoborinskog vremena. One su najčešće posljedica nuklearnih eksplozija ili nesreća u nuklearnim elektranama.

Radioaktivne oborine mogu biti lokalne, troposferske ili stratosferske. Lokalne oborine sačinjavaju krupne čestice radioaktivnog materijala koje padnu odmah nakon eksplozije uz samo mjesto eksplozije. Finije čestice ostanu u troposferi i padnu obično u toku mjesec dana nakon eksplozije. Te čestice sačinjavaju troposferske oborine i deponiraju se u pravilu na geogr. širini mjesta eksplozije. Stratosferske oborine dolaze od najfinijih čestica, koje godinama ostaju blokirane u stratosferi i deponiraju se po čitavoj zemaljskoj kugli. Samo termonuklearno oružje može dati tu vrstu oborina.

Među radioaktivnim elementima koji nastaju iz nuklearnih eksplozija najopasniji su dugoživući izotopi Cs-137 i Sr-90 (vremena poluraspada 37 i 28 godina). Naročito je opasan Sr-90, koji je kemijski sličan kalciju, pa ga lako resorbira ljudski organizam, gdje može izazvati fatalne posljedice.

"Zračenje" je vrlo širok pojam i ono uključuje vidljivo, infracrveno, ultraljubičasto svjetlo i radio-valove. Međutim, najčešće zrači "ionizirajuće" zračenje, tj. zračenje koje mijenja fizičko stanje atoma pretvarajući ga u električki nabijen odnsono "ioniziran" atom. U nekim okolnostima prisustvo takvih iona u živućim tkivima može ometati normalne biološke procese. Zbog toga inozirajuće zračenje može biti opasno za zdravlje čovjeka.

S obzirom na naprijed navedeno, zračenje se ne može izbjeći i čovjek je uvijek izložen zračenju, samo se postavlja pitanje kako i koliko će biti ozračen?

Pri prolazu kroz materijal odnosno tkivo nabijene čestice i elektromagnetsko zračenje djeluju na elektrone i obavljaju ionizaciju otkidajući ih od atoma i molekula za koje su vezani. Tako djeluju i neutroni zbog nabijenih čestica i elektroenergetskog zračenja iz nuklearnih reakcija koje izazivaju u materijalu. Iako i brze nabijene čestice mogu prouzročiti nuklearne reakcije, one mnogo više troše svoju energiju na atomsku i molekularnu ionizaciju.

Mjera za biološke efekte zračenja jest količina energije potrošena odnsono apsorbirana u jedinici mase nekog tijela.

Omjer $\Delta E/\Delta m$ - gdje je ΔE energija apsorbirana u masi m - naziva se dozom zračenja. Jedinica za dozu, odnosno apsorbiranu dozu jest grej (grey, Gy).

Doza zračenja iznosi 1 grej ako energija apsorbirana u 1 kg materijala ili tkiva iznosi 1 džul. Biološki efekti zračenja ne ovise samo o apsorbiranoj energiji u jedinici mase, nego i o vrsti zračenja.

Jedinica koja uzima u obzir ove različite efekte, a služi za mjerenje apsorbirane ekvivalentne doze i zove se sivert (Sv) Osim navedenih jedinica veoma često, kad je u pitanju radioaktivnost, je u upotrebi jedinica Becquerel (Bq). To je jedinica aktivnosti zračenja, a označava broj raspada u jednoj sekundi. Međutim, veoma često je u upotrebi specifična aktivnost koja se izražava u Bq/m^3 kad je u pitanju zračenje u atmosferi, Bq/m^2 kada je u pitanju površina ili Bq/kg kada je u pitanju količina materijala koji zrači.

8.2.2 DJELOVANJE RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA NA LJUDE

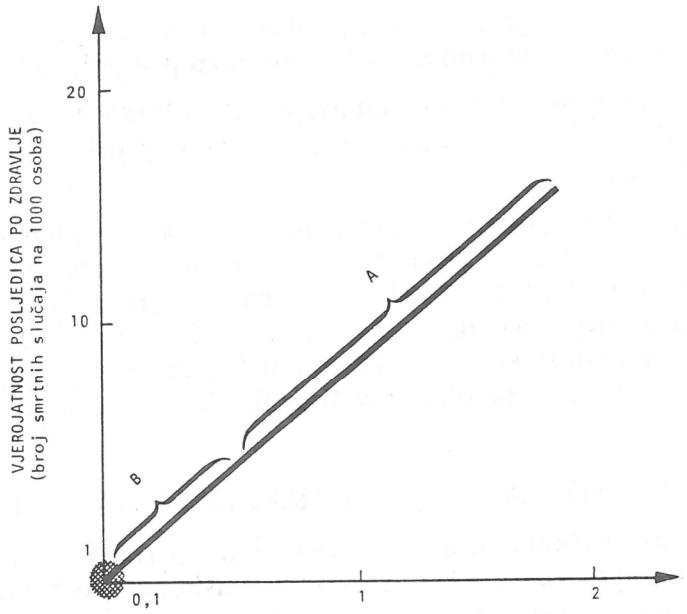
Biološki efekti zračenja mogu se pojaviti na ozračenom pojedincu, kao i u potomstvu ozračenog pojedinca ako se oštetio nasljedni mehanizam. Prve učinke nazivamo somatskima, a druge genetskim efektima zračenja. Somatski efekti mogu biti rani i kasni. Kasni somatski efekti i genetski efekti slučajni su odnosno stohastički. Pri određenom ozračenju postoji određena vjerojatnost pojave kasnih somatskih ili genetskih posljedica, npr. raznih oblika raka ili leukemije. Rani somatski efekti nisu stohastičke prirode; oni nastupaju u oblicima ovisnim o primljenim dozama. Zbog svoje prirode i ranog nastupanja nestohastički somatski efekti dobro su istraženi i poznati.

Dugo vremena je poznato da velike doze ionizirajućeg zračenja mogu oštetiti ljudska tkiva. O štetnim utjecajima se znalo već šest mjeseci nakon što je 1896. godine Rontgen otkrio zrake kasnije po njemu nazvane. Neko su vrijeme radnici ispitivali izlaz cijevi rentgenskih zraka izlažući se zračenju koje su one emitirale i mjerili su vrijeme potrebno da se podraži koža. Više od 300 osoba kansije je umrlo od bolesti koje su se pripisivale njihovoj izloženosti zračenju - oko 250 od raka kože, a više od 50 od krvnih oboljenja (anemija i leukemija). Ipak, praksa koja se pokazala štetnom nastavila se i nakon tih iskustava u različitim dijelovima svijeta i pri različitim poslovima.

Učinci zračenja visokih doza i brzine doze razumiju se prilično dobro. Mnogo je podataka sakupljeno proučavanjem povijesti bolesti preživjelih u Hirošimi i Nagasakiju, te pacijenata koji su primili velike doze zračenja kao dio njihovog liječenja - na primjer, oni koji su primali radioterapiju zbog raka. (Rizik da radioterapija može biti odgovorna, vremenom, za nastajanje drugih oblika raka, zanemaruje se zbog neposredne koristi za pacijenta). Na primjer, poznato je da se neki zdravstveni efekti izloženosti zračenju ne pojavljuju dok nije aposrbirana određena minimalna, prilično velika doza. Vrlo velika doza primljena u kratkom vremenu ubija u roku od nekoliko dana.

Tako npr. veće doze od 0,25 Sv uzrokuju promjenu krvne slike, doze od 2 do 3 Sv izazivaju probavne smetnje i radijacijsku bolest. Smrt je moguća u odstustvu terapije. Doza 4 Sv izaziva smrt u 50 % slučajeva, a doza 6 SV 100 %, osim uz posebno liječenje. Pri dozama 8 SV smatra se da je smrtnost 100 % i pored liječenja.

Učinci relativno velikih doza zračenja dobro su poznati prema upotrebi zračenja u medicini i prema promatranju učinaka na stanovništvu ozračenom prilikom atomskih eksplozija u Japanu.



Sl. 40. Posljedice za zdravlje u ovisnosti o dozi zračenja

Kao što je navedeno, mnogo je podataka o utjecajima na zdravlje dobiveno proučavanjem povijesti bolesti ljudi kao što su Japanci koji su preživjeli eksploziju atomske bombe. Ti su podaci korišteni za dio A dijagrama na slici 40.

Medjutim, postoje dvojbe o učincima malih doza. Pod malim dozama misli se na doze male prema prirodnom zračenju iz okoline kojemu je čovjek trajno izložen. Učinke malih doza zračenja vrlo je teško utvrditi zbog neizbježnih većih istovrsnih učinaka drugih uzroka. Uobičajeno je da se učinci malih doza utvrđuju na temelju linearne ekstrapolacije prema vezi između doze učinka za veće doze (dio B na slici). To je tzv. linearna hipoteza. Postupno prevladava mišljenje da ona precjenjuje učinke malih doza zračenja niske gustoće ionizacije, tj. učinka beta i gama zračenja, ali je do sada korištena kao sigurnija gornja granica za moguće učinke.

Gornja granica je što učinjena pretpostavka zanemaruje mogućnost da poznati mehanizmi tijela za dovođenje u ispravno stanje oštećenja nastalih uslijed zračenja mogu biti efikasniji nakon niskih doza, te zbog toga što se period latencije (interval između vremena izloženosti zračenju i otkrivanja raka) može povećanjem doze povećati.

Karakteristika lincarne ovisnosti između doze i učinka je da su posljedice određene doze iste ako se ona dijeli na različit broj ljudi, tj. posljedice ozračenja jednog milijuna ljudi s individualnom dozom 10 mSv jednake su posljedicama ozračenja 100 000 ljudi dozom 100 mSv. Stoga se pri primjeni linearne hidoteze može govoriti o kolektivnoj dozi koja se dobiva kao zbroj svih individualnih doza, a posljedice ozračenja skupa pojedinaca mogu se odrediti iz kolektivne doze skupa.

Oko linearne korelacije učinaka malih doza zračenja ima podijeljenih mišljenja. Neki traže da prag bude niži, a drugi da bude viši. Međutim, većina biologa koji se bave zračenjem vjeruje da treba koristiti linearni model. Kao što je ranije navedeno, pokušaji da se konačno dokaže koja je teorija korektna, ipak su onemogućeni činjenicom da su predviđeni utjecaji mali i teško ih je identificirati.

Eksperimentalni rad kojim bi se utvrdilo koja je teorija ispravna trebao bi se odvijati pod kontroliranim uvjetima na velikom broju stanovništva, i to kroz nekoliko generacija ako bi se željelo otkriti genetske utjecaje. Druga poteškoća je ta da je gotovo nemoguće pratiti u velikim grupama stanovništva manje promjene kod bolesti poput onih koje mogu nastati zbog izloženosti slabom zračenju, te ih razlikovati nedvojbeno od sličnih bolesti koje mogu nastati iz drugih razloga. Očite promjene u uzroku pojave bolesti mogu također rezultirati jednostavno iz poboljšanja na području dijagnostike.

Uzmc li se da je životni vijek "prosječnog" čovjeka 70 godina, tada je njegova kumulativna apsorbirana doza samo zbog izloženosti prirodnom zračenju reda veličine od 0,14 Sv (2 mSv je prosječna godišnja doza). Kada se raspravlja o utjecajima izloženosti ionizirajućem zračenju niske doze i brzine doze ne postavlja se pitanje da li je rizik izravno razmjeran izloženosti ili viši ili niži nego što se može ekstrapolirati iz dijela krivulje visoke doze. Postavlja se pitanje da li povećana izloženost na točki krivulje u kojoj je individualna kumulativna ukupna izloženost već dosta visoka nosi sa sobom proporcionalno povećanje rizika. Da li je, ili nije povećana izloženost izravno proporcionalna riziku u dijelu u blizini nule na krivulji, posve je nevažno. Takva povećana izloženost može biti manja od varijacija koje proizlaze iz razlika u prirodnom zračenju od mjesta do mjesta stanovanja, te je ovisna o načinu života.

Mora se također priznati da je najveći doprinos čovjeka kumulativnoj apsorbiranoj dozi primjena rentgenskih zraka te ostali izvori zračenja u medicinskoj dijagnostici i terapiji. Obično rentgensko snimanje pluća daje dozu veličine 0,2 mSv, desetinu prosječne individualne godišnje doze koja se prima iz prirodnih izvora.

Gore navedeno, objašnjeno je u referatu koji je prezentirao Edward Pochin na Internacionalnom simpoziju o biološkim utjecajima niskog radioaktivnog zračenja u Veneciji 1983. godine. Čak kod primljenih 5 uSv dnevno od prirodnih izvora zračenja, malo je vjerojatno da će se jedna stanica tijela susresti s više nego jednom česticom dnevno; ta vjerojatnost je veličine 10^{-6}. Osim ako zbog toga na procese oštećenja i popravka u stanici djeluje istovremena pojava oštećenja u drugim udaljenim stanicama, veličina oštećenja u svakom tkivu trebala bi velikim dijelom biti jednostavno razmjerna broju prolaza čestica unutar tkiva; odnos doza-utjecaj trebao bi zato biti linearan kod malo povećanih stopa doza koje nas uglavnom zabrinjavaju kod nemedicinske izloženosti zračenju.

Znanstvenici ne prihvaćaju niti jednu teoriju dok nije sasvim preispitana a njezina predviđanja potvrđena promatranjem. Činjenica da su učinci malih doza zračenja još uvijek nesigurni nakon skoro čitavog stoljeća proučavanja, pokazuje ne samo da su ti učinci, ako postoje, maleni, već i da je postupak ispitivanja iscrpljujući.

Na primjer, ocjenjuje se da jedan Sv alfa zračenja koji primi štitnjača stvara isti rizik izazivanja raka kao jedan Sv beta ili gama zračenja. Međutim, veličina rizika je različita za razne organe u tijelu. Nadalje, ozračenje spolnih organa može uzrokovati rizik oštećenja hereditarnog tipa. Zbog toga, ukupan rizik izloženosti čitavog tijela zračenju predstavlja iznos individualnih rizika oštećenja svakog organa koji je napadnut.

Različiti tjelesni organi različito su osjetljivi na ozračenje. Najveći je biološki učinak ozračenja reproduktivnih organa, a najmanji kostiju. Ako organizam nije ozračen jednoliko (tako da je svaki organ izložen istoj ekvivalentnoj dozi) valja paziti na to pri određivanju ukupnog učinka ozračenja organizma. Ozračenje nije jednoliko ako je ozračenje male prodornosti, odnosno ako je ozračenje nastalo od radioaktivnosti koje se nalaze u tijelu, a one se iz fiziološko-metaboličkih razloga skupljaju u određenim organima, npr. jod u štitnoj žlijezdi, stroncij u kostima itd. U takvim se slučajevima uvodi efektivna ekvivalentna doza, kao jednolika doza za čitav organizam koja bi imala isti biološki učinak.

Dakle, ako se doza koju primi svaki organ pomnoži s odgovarajućim težinskim faktorom, zbroj umnožaka je apsorbirana ekvivalentna doza. Mjeri se također sivertima.

Sivert je vrlo velika jedinica pa je uobičajeno da se ekvivalentne doze izražavaju u milisivertima (mSv). Uobičajena kumulativna ekvivalentna doza koju pojedinac primi svake godine iz izvora svih vrsta niske radioaktivnosti iznosi oko 2 mSv.

Znanstvenicima je postalo jasno da je potrebno nešto poduzeti u pogledu zračenja. Godine 1928. na drugom Međunarodnom kongresu radiologa, osnovano je neovisno nevladino stručno tijelo - Međunarodna komisija za radiološku zaštitu (ICRP - The International Commission on Radiological Protection) sa sjedištem u Londonu.

U početku je ICRP bila poznata kao Međunarodni komitet za zaštitu od rentgenskog zračenja i zračenja radija. Okupili su se stručnjaci čiji je cilj bio da utvrde osnovne smjernice za zaštitu od zračenja. Članovi ICRP-a su se birali i još se biraju na osnovu pojedinačnih zasluga na području medicinske radiologije, radiološke zaštite, genetike i ostalih srodnih područja, i stalno se pazi da se osigura odgovarajuća ravnoteža ekspertize, bez obzira na nacionalnost. Preporuke ICRP-a se općenito usvajaju kao osnova za donošenje nacionalnih propisa za izloženost radnika i stanovništva zračenju.

Godine 1955. formirano je drugo međunarodno tijelo. Generalna skupština Ujedinjenih naroda svjesna međunarodne zabrinustosti zbog štetnih utjecaja pokusnih nuklearnih eksplozija, osnovala je pri UN Stručnu komisiju za učinke atomskog zračenja (UNSCEAR - The United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation) sa sjedištem u Beču.

Zadatak je UNSCEAR-a da sakuplja, proučava i širi informacije o promatranim razinama ionizirajućeg zračenja i radioaktivnosti (kako prirodne tako i one koju je stvorio čovjek) u okolini te o utjecajima takvog zračenja na čovjeka i njegovu okolinu. Izvještaji UNSCEAR-a su širom svijeta prihvaćeni kao autoritativni.

Na osnovu utvrđenih veza između doze i efekta zračenja daju se i preporuke o maksimalnim dozvoljenim dozama za radnike koji rade sa zračenjem, te ostalo stanovništvo. Prema preporuci Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja (ICRP 26, Annals of ICRP, 1977) iznosi ovih doza za organe različite osjetljivosti na zračenje iznose za:

Organ ili tkivo	Doza
koštana srž, reproduktivni organi	50 mSv
koža, kosti	300 mSv
štitna žlijezda	750 mSv
ruke, šake, stopala i zglobovi	150 mSv
drugi organi	

Doze za stanovništvo su 1/30 ovih vrijednosti, a doza po pojedincu može dosezati 1/10 vrijednosti doze profesionalno zračenju izloženih radnika.

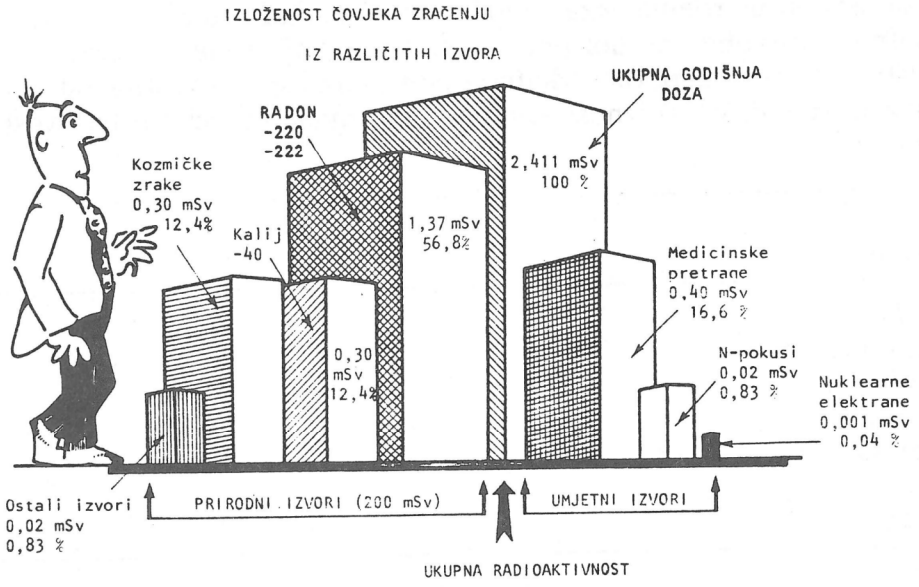
Izloženost čovjeka godišnjem zračenju iz različitih izvora prikazana je u tablici 7 i na slici 41.

Tablica 7

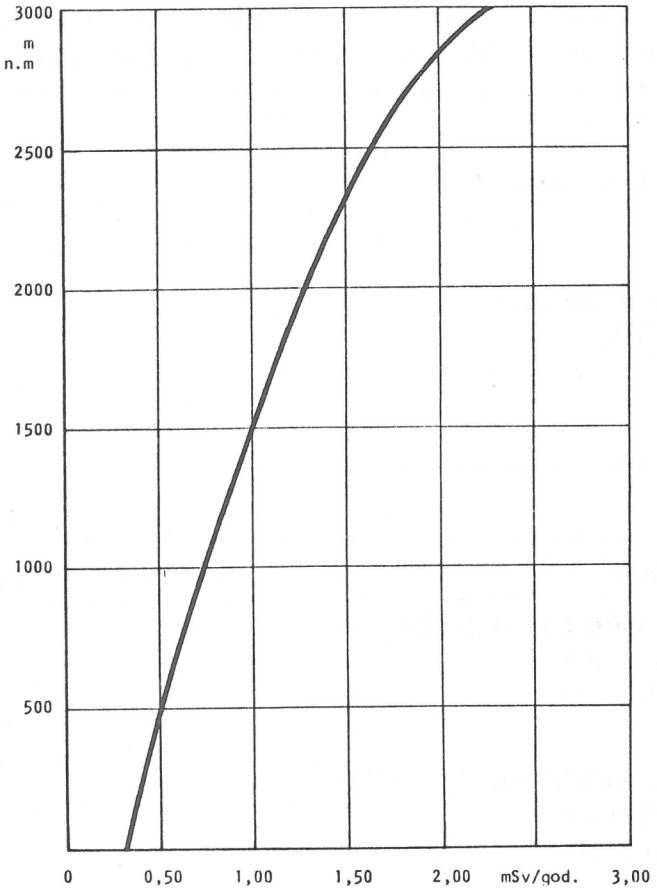
Prosječna izloženost zračenju pojedinca iz različitih izvora. Kao daleko najjači izvor zračenja izdvajaju se produkti radona-222 i radona-220 koji potječu iz prirodnog urana i torija.

	EKVIVALENTNA GODIŠNJA DOZA
Godišnje doze iz prirodnih izvora zračenja u područjima prosječnog pozadinskog zračenja	
Kozmičko zračenje na površini mora	0,30 mSv
RADON Rn-222 i Rn-220 iz U-238 i Th-232	1,37 mSv
KALIJ K-40	0,30 mSv
OSTALO	0,22 mSv
UKUPNO	1,99 mSv

UMJETNI IZVORI ZRAČENJA	EKVIVALENTNA GODIŠNJA DOZA
GODIŠNJE DOZE IZ MEDICINSKIH IZVORA odgovara vrijednosti od oko 20 % godišnje izloženosti prirodnom zračenju	0,40 mSv
GODIŠNJE DOZE IZ VOJNIH NUKLEARNIH POKUSA odgovara vrijednosti od oko 1 % godišnje izloženosti prirodnom zračenju	0,02 mSv
GODIŠNJE DOZE IZ NUKLERNO-ENERGETSKIH OBJEKATA odgovara vrijednosti manjoj od 0,1 % godišnje izloženosti prirodnom zračenju	0,001 mSv



Sl. 41. Izloženost čovjeka zračenju



Sl. 42. Ovisnost snage zračenja o nadmorskoj visini

U navedenoj tablici kazano je, da je kozmičko zračenje računato na razini mora, a to je radi toga što dio vremenskog zračenja apsorbira zrak kroz kojega prolazi zračenje. Ovisnost zračenja o visini iznad morske površine prikazana je na slici 42.

Budući, da ni prirodno, ni umjetno zračenje nije isto u različitim dijelovima svijeta (zavise od geološkog sastava zemljišta, nadmorske visine i drugih uvjeta, te tehnološkog razvoja i izloženosti radioaktivnim oborinama), pa je za svaku zemlju potrebno ispitati i propisati dozvoljene doze ozračivanja. Tako je prema J. Riehteru (NPP Safety Consideration and LWR System Features, IAEA Workshop on Siting, Vienna 1985.) na slici 43 prikazano postojeće ozračivanje stanovništva u Zapadnoj Njemačkoj.

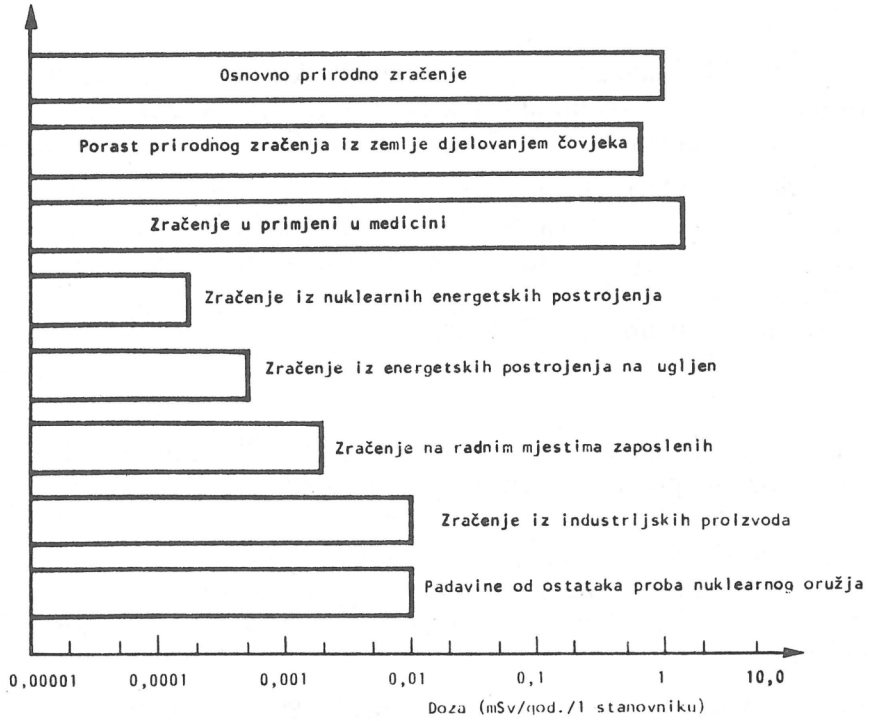
Budući da još uvijek postoje znatne nesigurnosti oko učinaka malih doza zračenja, to se ne mogu ni postaviti sigurne, na znanosti temeljene, brojčane norme za zaštitu od zračenja. Radi toga su potrebna daljnja istraživanja o učincima malih doza zračenja i male brzine doze. Naime, specifičnost opasnosti od radioaktivnog zračenja jest i u tome što se zračenje ne može neposredno osjetiti. Zračenje se otkriva posebnim aparatima, a podatke iz kojih se zaključuje postoji li opasnost ili ne većina ljudi teško razumije.

Međutim, još uvijek postoji znatna nesigurnost o učincima zračenja i niske doze i male brzine. To je zbog toga, jer, ako učinci uopće postoje, maskirani su "normalnom" pojavom bolesti koja se ne mora ili može pojaviti zbog izloženosti zračenju. Da bi se sačinila statistički valjana studija o utjecajima zračenja na čovjeka kod razine doza koje su ovdje od interesa, bilo bi potrebno pratiti milijune ljudi kroz nekoliko generacija. Svaka takva analiza bila bi vrlo složena zbog činjenice da nije moguće izolirati "kontrolni uzorak" stanovništva koje nije izloženo zračenju. Nadalje, razumno je pretpostaviti da smanjenjem doza zračenja utjecaji postaju manji (valjanost ove pretpostavke se kasnije detaljnije raspravlja). Na kraju se pokazalo da su određeni zdravstveni efekti povezani sa zadanom dozom zračenja, broj ljudi koji se prate postaje veći kako se doza zračenja smanjuje.

Kao primjer navodi se slijedeće: jedini primjetljiv utjecaj izloženosti velikog broja ljudi niskim dozama zračenja može biti pojava nekoliko dodatnih oboljenja od raka uz tisuće onih koja nastaju prirodno, godinama ili čak desetljećima nakon izloženosti zračenju. Često se naime, zaboravlja da je rak prvenstveno oboljenje u starijoj dobi. U zemljama gdje je životni vijek 60 do 70 godina, 20 posto ili više ljudi umire od raka, ali prosječna žrtva ima oko 65 godina.

Nadalje, postoji još barem 1500 tvari u našem svakidašnjem životu koje, uz zračenje, mogu uzrokovati rak. Lista karcinogena uključuje tvari kao što su: čađa iz dimnjaka, arsen, parafinsko ulje, katran iz ugljena, neki sastojci duhanskog dima, ultraljubičasto svjetlo, azbest, neki kemijski sastojci boja, gljivični otrovi u hrani, virusi i čak toplina. Samo u iznimnim slučajevima moguće je nedvojbeno pokazati da određena vrsta raka nastaje zbog ustanovljene izloženosti zračenju.

Postoje također eksperimentalni dokazi dobiveni proučavanjem životinja i biljaka koji pokazuju da zračenje može imati i genetske posljedice. Ipak, niti jedan takav slučaj koji se može pripisati utjecaju izloženosti zračenju nije do sada sa sigurnošću otkriven kod čovjeka. Da postoje bilo kakve genetske posljedice izloženosti niskim dozama zračenja, mogle bi se otkriti jedino pažljivom analizom velikog broja statističkih podataka i morali bi se razlikovati od velikog broja drugih agensa koji također mogu uzrokovati genetske bolesti, ali čiji se efekti ne moraju prepoznati sve dok oštećenje ne nastupi (npr. jedan od njih je talidomid, koji je bio propisan trudnoj ženi kao sedativ).



Sl. 43. Ozračenje stanovništva u SR Njemačkoj

Ipak, pretpostavlja se da izloženost zračenju čak i kod količina koje postoje u prirodi može utjecati na ljudsko zdravlje. Općenito se pretpostavlja, kao radna hipoteza, da je vjerojatnost učinka strogo razmjerna izloženosti i to sve do nulte doze. Kako je objašnjeno u izvještaju UNSCEAR iz 1982. godine: "(Ova) hipoteza se namjerava primijeniti na veliki broj stanovništva obuhvaćajući pojedince oba spola i razne dobi, a ne samo na jednu osobu. Ova hipoteza nije u suprotnosti s velikom količinom eksperimentalnih i epidemioloških podataka. Postoje razlozi da se vjeruje da ova hipoteza ne potcjenjuje rizik kod niskih doza i brzine doza koje su zanimljive za Komisiju, i može zapravo precijeniti taj rizik".

Prema ovoj hipotezi, Komisija za biološke utjecaje ionizirajućeg zračenja (BEIR - Biological Effects of Ionising Radiation) koju je osnova odjel za medicinska istraživanja Nacionalnog savjeta za istraživanja Sjedinjenih Američkih Država je ocijenila da izloženost prirodnim izvorima zračenja može uzrokovati do oko 1 posto svih oboljenja raka i genetskih oštećenja.

Zamisao da je rizik strogo razmjeran izloženosti, ili dozi, nije rezervirana samo za zračenje. To je podjednako istina za mnoge druge agense koji uzrokuju rak. Bilo koja granica da se utvrdila za izloženost takvim agensima, još uvijek će postojati određeni rizik; jedino kod nulte izloženosti rizik bi posve nestao. U nekim je slučajevima moguće smanjiti izloženost na nulu dok u drugima, to nije moguće. Naročito se ne može izbjeći prirodnom zračenju. Svrha zaštite od zračenja zapravo znači da se rizik od zdravstveno-štetnih utjecaja zadrži toliko niskim koliko je to razumno postizivo. To je glavno načelo preporuke ICRP-a.

8.3 UTJECAJ UPOTRBE DUŠIČNIH SPOJEVA I PESTICIDA NA OKOLINU

Najnovija saznanja o bolestima probavnih organa, a posebno želuca, upućuju na to da je dobar dio tih bolesti uvjetovan upotrebom nitrata. Upotreba (prekomjerna, nekontrolirana) nitrata dovodi do zagađenja u prvom redu vode i hrane. S obzirom na to da je i voda i hrana preduvjet življenja, to je i rasprava o zagađenju okoline dušičnim spojevima i najemotivnija, jer je stalno prisutan strah od gladi i od karcinoma. Zahvaljujući kemijskim spojevima, u prvom redu umjetnim gnojivima čije je povećanje u periodu 1948-1971. godine iznosilo 800 %, dakle, 8 puta, došlo je do znatnog povećanja proizvodnje hrane.

Umjetna gnojiva dodaju se biljkama kako bi imale dodatni izvor minerala neophodno potreban za njihov rast i razvoj. Međutim, jedan dio nitrata biljke ne iskoriste nego se on ispire s površine zemlje s oborinama, a jedan dio odlazi u podzemlje, gdje se nalaze rezervoari pitke vode. Površinska ispiranja kemijskih spojeva brzo dospijevaju u rijeke kojima podižu zagađenost kroz određeni vremenski interval. Kad su u pitanju zagađenja podzemnih voda dušičnim spojevima, tada je veoma teško kazati koliko dugo i s kakvim intenzitetom će biti zatrovane podzemne vode, jer to ovisi o mnogim faktorima, a najviše o sastavu i konfiguraciji tla. Iz navedenoga slijedi da je teško znati kada, gdje i s kakvim intenzitetom će se pojaviti zatrovana voda dušičnim spojevima.

Prekomjerno uzimanje nitrata ostvaruje se preko vode i hrane. Naročito visoka koncentracija nitrata može se naći u povrću, suhom mesu i sirevima. Teško je tvrditi, ali se u literaturi često navode podaci, da u zemljama s velikom upotrebom nitrata raste i broj oboljelih od karcinoma želuca (u Japanu na pr.), dok drugi tvrde da uopće ne postoji veza između nitrata i karcionoma. Jedno je ipak sigurno, a to je, da povećano korištenje dušičnih spojeva ne može donijeti ništa dobroga, pa već zbog toga treba njihovo korištenje kontrolirati i svoditi na najmanju potrebnu mjeru.

U poljoprivredi naprednih zemalja pored upotrebe umjetnih gnojiva veliku primjenu imaju zaštitna sredstva poznata pod imenom pesticidi. Oni se upotrebljavaju za uništenje korova i insekata, pa im je primjena iz godine u godinu sve veća zbog dobivanja većeg prinosa u agroindustrijskom kompleksu. Proizvođači prehrambenih proizvoda kažu da je to argument, jer čovječanstvu nedostaje hrane, za veću primjenu pesticida. Ekolozi, naime, smatraju sasvim obrnuto, a to je da se već danas previše troši pesticida, a što je posebno opasno veoma često se pesticidi koriste nekontrolirano i nestručno.

Da li upotreba pesticida izmiče kontroli? Vjerojatno da, jer je veliki dio poljoprivrednih proizvođača na takvoj stručnoj razini koja ne garantira stručnu upotrebu pesticida. Prema podacima oboljelih američkih farmera (oko 14 tisuća farmera se godišnje otruje pesticidima) može se lako zaključiti kako je s korištenjem pesticida u Americi, a indirektno, kako je tek u slabije razvijenim zemljama gdje je potreba za hranom neuporedivo veća.

Upotreba pesticida za zaštitu jedne vrste poljoprivredne kulture, ako se upotrebljava posipanjem iz zraka, može doći na drugu kulturu i imati negativan efekt. Osim toga ima i veoma neodgovornih proizvođača poljoprivrednih proizvoda koji upotrebljavaju prekomjerno zaštitna sredstva ne zbog veće proizvodnje nego zbog ljepšeg izgleda čime postižu višu cijenu na tržištu. Brojna upotreba pesticida dovodi do rezistencije korova i štetočinja, pa se oni odupiru pesticidima. Da je tome tako, rezistencija komaraca pokazuje da je malarija u zemljama trećeg svijeta u porastu.

U borbi za dohodak (profit) proizvođači pesticida tvrde da su njihovi proizvodi sigurni ako se ispravno koriste i da su preskupi za prekomjerno trošenje. Teško je prihvatiti ovo obrazloženje kao istinito, jer je borba za bolji prihod prehrambenih proizvoda u siromašnim zemljama, gdje vlada zaostalost i nepismenost, gdje ne postoji agrotehnika, nego se pesticidima (otrovima) rukuje golim rukama, a bačve i ostale posude u kojima je bio otrov često se koriste kao skladišta za vodu.

Ekolozi traže od vlada pojedinih zemalja veoma rigorozne uvjete za isporuku pesticida, te predlažu veoma oštre kazne i sankcije za kršenje tih uvjeta. S druge strane protivnici uvođenja strogih uvjeta i normi za proizvodnju i uvoz pesticida, proizvođači pesticida, tvrde da je glad mnogo veći problem za siromašni svijet, a ne čista okolina. Činjenica je ipak, da ako nešto nije dobro za najrazvijenije zemlje svijeta, da to isto nije dobro za siromašne. Sigurno je, da se i jedna i druga krajnost ne mogu prihvatiti, nego da je rješenje u neophodno potrebnom korištenju pesticida uz istovremeno korištenje novih znanstvenih saznanja o mogućnostima kontroliranja oboljenja poljoprivrednih dobara. Uz to je potrebno dati maksimalno jednostavne upute za pravilno korištenje i upotrebu pesticida.

8.4 UTJECAJ NEKIH ELEMENTARNIH NEPOGODA NA OKOLINU

Što je nepogoda ili nesreća?

Pod nepogodom (nesrećom) se podrazumijeva događaj koji izaziva (pobuđuje) u velikom opsegu akutne i (ili) kronične štete. Prema izvoru nastanka nesreća, one mogu biti uvjetovane prirodnim pojavama ili mogu biti uzrokovane ljudskim aktivnostima i ljudskom nesavjesnošću.

Elementarne nepogode uvjetovane prirodnim pojavama (potresi, poplave i suše, erupcije vulkana i orkanski vjetrovi) mogu imati katastrofalne posljedice na okolinu. Potresi su iznenadne i kratkotrajne vibracije tla uzrokovane urušavanjem stijena ili tektonskim poremećajima. Potres je najači u epicentru (epicentar je mjesto na površini Zemlje iznad hipocentra) i u njegovoj najbližoj okolici. Na zemlji godišnje ima oko milijun potresa od kojih je velika većina nezamjetljiva za ljudska osjetila, a svega 20 do 30 potresa godišnje izaziva ljudske žrtve. Broj žrtava ovisan je o jačini potresa i naseljenosti područja u kome se potres dogodio i može se kretati od desetaka do stotina tisuća mrtvih.

Za određivanje jačine potresa u upotrebi je Mercalli-Cancani-Siebergova (MSC) ljestvica od 12 stupnjeva (tablica 8), ona vrijedi samo za određena područja.

Pored mjerenja jačine potresa navedenom ljestvicom, jačina potresa se može odrediti mjerenjem magnitude potresa pomoću seizmografa. Magnituda potresa je veličina upravno razmjerna energiji potresnih valova oslobođenih u centru potresa i jednaka je u svim seizmološkim stanicama koje mjere potres. Ona omogućuje relativno precizno daljinsko ocjenjivanje učinka potresa, jer je za mnoga područja na Zemlji utvrđen odnos između njene veličine i potrebnih razaranja, odnosno MCS ljestvice. Ljestvicu magnituda odredio je Richter, pa se ona naziva njegovim imenom, a ljestvica je načinjena tako da svaka magnituda odgovara broju (0-0,9; 1,0-1,9; 2,0-2,9 itd.).

Tablica 8.

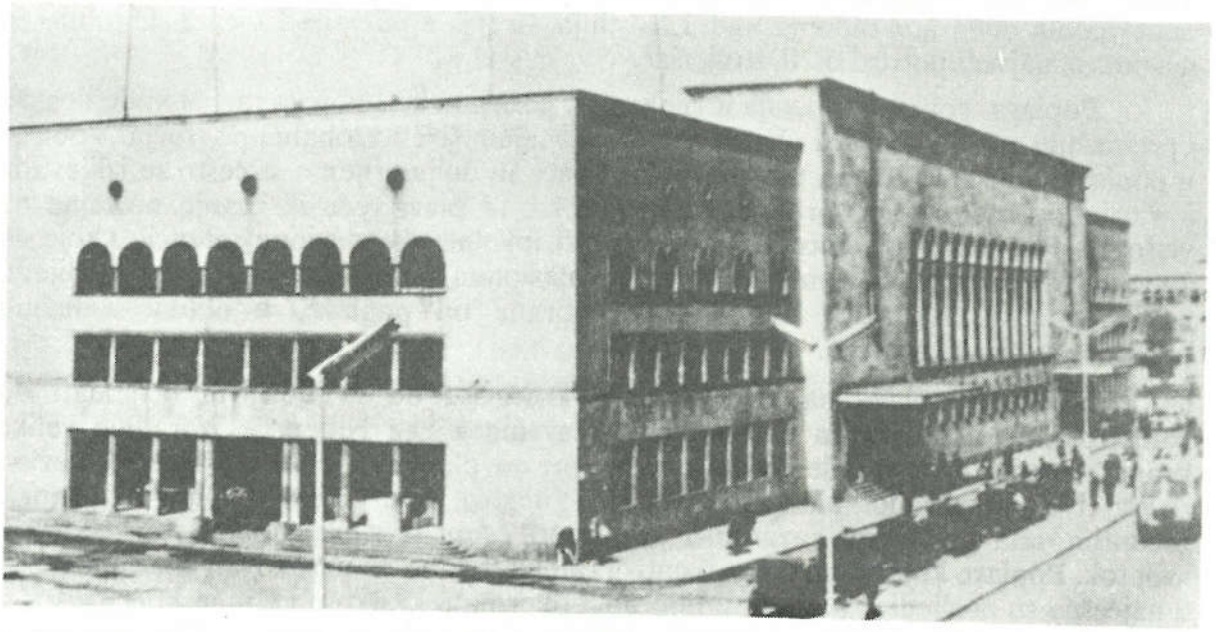
MERCALLI-CANCANI-SIEBERGOVA (MCS) LJESTVICA ZA ODREĐIVANJE JAČINE POTRESA

Stupanj potresa	Naziv potresa	Učinak potresa
I	Nezamjetljivi potres	Bilježe ga jedino seizmografi.
II	Vrlo lagani potres	U višim katovima stambenih zgrada osjete ga vrlo senzibilni ljudi.
III	Lagani potres	Podrhtavanje tla kao pri prolazu automobila. U unutrašnjosti zgrada osjeti ga više ljudi.
IV	Umjereni potres	U zgradama ga osjeti više ljudi, a na otvorenom prostoru samo pojedinci. Budi poneke spavače. Trese vrata i pokućstvo. Prozori, staklenina i posuđe zveče kao pri prolazu teških kamiona.
V	Prilično jaki	Osjeti ga više ljudi na otvorenom prostoru. Potres Budi spavače; pojedinci bježe iz kuća. Njišu se predmeti koji slobodno vise, zaustavljaju se ure njihalice.
VI	Jaki potres	Ljudi bježe iz zgrada. Sa zidova padaju slike, ruše se mnogi predmeti, razbija posuđe, pomiče ili prevrće pokućstvo. Zvone manja crkvena zvona. Lagano se oštećuju pojedine dobro građene kuće.
VII	Veoma jaki potres	Crijepovi se lome i kližu s krova, ruše se dimnjaci. Oštećuje se pokućstvo u zgradama. Ruše se slabije građene zgrade, a na jačima nastaju oštećenja.
VIII	Razorni potres	Znatno se oštećuje do 25 % zgrada. Pojedine kuće se ruše do temelja, a velik ih je broj nepodesan za stanovanje. U tlu nastaju pukotine, a na padinama klizišta.
IX	Pustošni potres	Oštećuje 50 % zgrada. Mnoge zgrade se ruše, a većina ih je neupotrelbjiva. U tlu se javljaju velike pukotine, a na padinama klizišta i odroni.
X	Uništavajući potres	Teško oštećuje 75 % zgrada. Velik broj dobro građenih kuća srušen je do temelja. Ruše se mostovi, pucaju brane, savijaju željezničke tračnice, oštećuju putovi. Pukotine u tlu široke su nekoliko decimetara. Urušavaju se pećine, pojavljuje podzemna voda.
XI	Katastrofalni	Gotovo sve zgrade ruše se do temelja. Iz potres širokih pukotina u tlu izbija podzemna voda noseći mulj i pijesak. Tlo se odronjava, stijene se otkidaju i ruše.
XII	Veliki katastro-falni potres	Sve što je izgrađeno ljudskom rukom ruši se do temelja. Reljef mijenja izgled, zatrpavaju se jezera, rijeke mijenjaju korito.

Tablica 9
KATASTROFALNI POTRESI XX STOLJEĆA

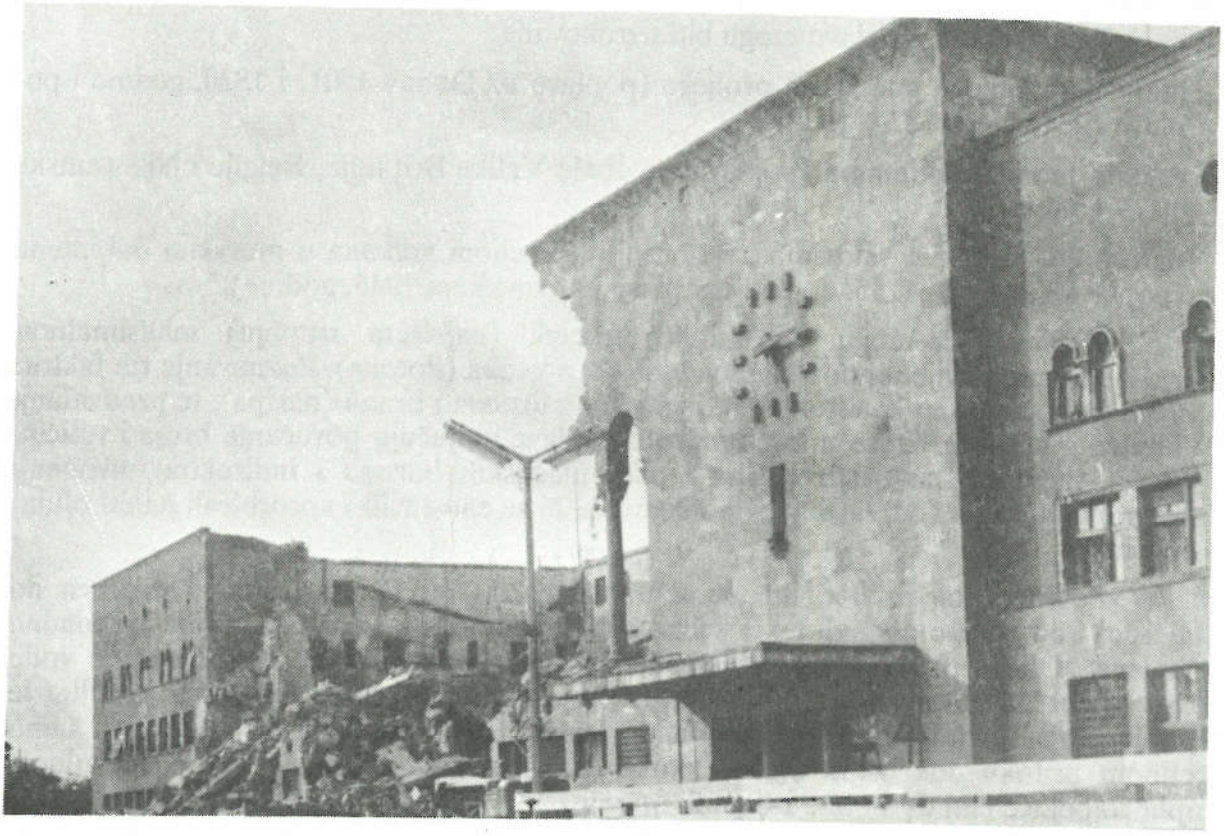
Godina potresa	Lokalitet potresa
1902.	Na otoku Martinique, u gradu Saint Pierre, stradalo oko 28 000 osoba od potresa i provale vulkana
1906.	U Kaliforniji nastala pukotina (rasjed) dug 350 km; tlo se pomaklo za 7 m duž rasjeda. Najveća šteta prouzročena je u San Franciscu, gdje je nakon potresa nastao požar; smrtno su stradale 452 osobe.
1908.	U Messini na Siciliji katastrofalni potres odno 75 000 ljudskih života.
1915.	Potpuno razrušen tal. grad Avezzano; smrtno je stradalo 30 000 ljudi.
1920.	Više od 180 000 ljudi poginulo je u katastrofalnom potresu koji je pogodio kinesku pokrajinu Kansu.
1923.	U Tokiju i Yokohami razoreno je 123 000 kuća, a 450 000 kuća uništeno je u požaru koji je izbio neposredno nakon potresa; poginulo 145 000 ljudi.
1931.	U Managui (Nikaragva) poginulo 2000 ljudi.
1932.	U drugom katastrofalnom potresu koji je u razdoblju od 12. god. pogodio sjev. Kinu (pokrajina Kansu) poginulo je 70 000 ljudi.
1935.	Potres u gradu Quetti (Pakistan) odnio 60 000 života
1939.	U Erzincanu (Turska) poginulo 33 000 ljudi.
1939.	Katasrofalno poicanje tla, izazvano potresom, u pokrajini Chillan (Čile); poginulo 30 000 osoba.
1950.	U Assamu (Indija), potres izazvao rušenje kuća na površini od nekoliko stotina tisuća četvornih kilometara; poginulo 1 500 ljudi.
1960.	Za potresa u Agadiru (Maroko) smrtno stradalo 12 000 ljudi; grad je potpuno razrušen.
1963.	U Skoplju, za potresa koji je 26 srpnja teško oštetio grad smrtno je stradalo 1 070 osoba.
1968.	U iranskoj pokrajini Khurasan poginulo 11 000 ljudi.
1972.	U iranskoj pokrajini Laristan poginulo 5 044 ljudi (najviše u gradu Girauu).
1976.	U Gvatemali stradalo 98 000 ljudi (23 000 mrtvih i 75 000 ranjenih).
1976.	U sjev. Kini (pokrajina Tangshan) bilo je 655 237 mrtvih i 799 000 ranjenih.
1976.	Od valova tsunami, visokih 6 m, a izazvanih nizom potresa u zaljevu Moro (Filipini) poginulo 8 000 ljudi (uglavnom na obalama Mindanaoa i otočja Sulu).
1976.	U turskoj pokrajini Van smrtno stradalo 4 000 osoba.
1977.	U Rumunjskoj poginulo 1 541 osoba (od toga 1 391 u Bukureštu), a 11 275 osoba je ranjeno; razrušeno 32 897 kuća i 736 industr. objekata.
1978.	U iranskoj pokrajini Khurasan poginulo je 25 200 ljudi (od toga 15 200 u Tabasu); razrušen je Tabas i stotinjak sela u okolici.
1979.	Za potresa koji se 15.4. zbio u Crnoj Gori i sjev. Albaniji teško su oštećeni gradovi Kotor, Bar i Ulcinj te nekoliko stotina sela; potres je imao jakost između 6,7 i 7,2 stupnja Rchterove ljestvice. Smrtno stradalo oko 200 ljudi.

Iz navedenih podataka vidljivo je da se katastrofalni potres zbio i u našoj zemlji (26. srpnja 1963. godine). Na slici 44 prikazana je zgrada željezničke stanice prije potresa, a na slici 45 zgrada iste stanice nakon potresa. Ta zgrada ujedno je i spomenik i simbol toga potresa.



Sl. 44. Zgrada željezničke stanice u Skopju prije potresa

Sl. 45. Zgrada željezničke stanice u Skopju nakon potresa



Od svih potresa na zemlji gotovo 95 % ih se događa u dva područja: mediteransko-transazijsko (oko 50 %) i cirkumpacifičko (oko 40 %). Prvi pojas se proteže od Azorskih otoka preko Sredozemnog mora, Male Azije, Kavkaza, Armenskog gorja, Pamira i Himalaja do Indonezije, a drugi pojas proteže se obodom Tihog oceana. Posljedice katastrofalnih potresa su u prvom redu razaranja materijalnih dobara, stradanja ljudi i životinja, širenja epidemija i zaraza. U tablici 9. navode se najveći potresi u 20. stoljeću.

Poplava, porast vodostaja u rijekama i jezerima kod kojega razina vode doseže i premašuje gornju konturu obale te se preljevanjem širi u zaobalna područja. Voda se u poplavljenim područjima može zadržati kraće ili dulje vrijeme, a često se izlijeva iz korita zbog premalenog protjecajnog presjeka, te plavi veće ili manje površine uz vodotok. Plavljenje uz vodotok može stvarati lokalne ekspanzione retencije, koje su zbog zaštite naselja ili zemljišta ograđene nasipima položenim u pravilnom slijedu matičnog toka, isključivo kao sredstvo obrane od poplave, u obliku uzdužnih podjednako širokih poteza.

Utjecaji poplava na život čovjeka kreću se od nemjerljivih blagodati do katastrofa. O uobičajenim sezonskim poplavama rijeke Nil, prije izgradnje velike brane Asuana, npr., ovisile su vlage potrebne za plodno poplavno područje njezine delte. Nekontrolirano plavljenje rijeka Yangtce and Huang (Jangceng-Jang), međutim, ima ponovljivo razarajući učinak pri čemu te rijeke uobičajeno mijenjaju svoj tok. Poplave koje se ne mogu kontrolirati vjerojatno će uzrokovati značajne štete, a najčešće su posljedice oluja ili pretjeranih oborina u kratkom vremenskom periodu. Posljedice olujnih vjetrova monsuna, tajfuna i tornada su često velike poplave u Istočnoj i Jugoistočnoj Aziji (najčešće u Kini i Indiji), Srednjoj Americi, a pojavljuju se gotovo svake godine. Najveće poplave u Evropi zabilježene su u Parizu (1658. i 1910. godine) u Varšavi (1861. i 1964. godine) i Frankfurtu na Majni (1854. i 1930. godine).

Katastrofalne poplave mogu biti uzrokovane.

- otapanjem snijega početkom proljeća (poplave uz Dunav 1501. i 1830. godine i poplave rijeke Neve 1824. godine)
- velikim morskim plimama (poplavljene obale Velike Britanije, Belgije i Nizozemske 1953. godine)
- ogromnim morskim valovima uvjetovanih erupcijom vulkana u morskim dubinama (poplava Lisabona 1755. godine i poplave na Havajima 1946. godine).

Poplave se mogu mjeriti po veličini, (najvišem stupnju) maksimalnom pražnjenju, poplavljenoj površini i volumenu protoka (dotoka). Poznavanje tih faktora važno je za razumno korištenje tla, izgradnju mostova i brana (nasipa), te predviđanje i kontrolu poplava. Opće mjere kontrole poplave uključuju povećanje broja i veličina kanala, izgradnju zaštitnih nasipa i akumulacijskih bazena i indirektno, uvođenje programa čuvanja (održavanja) tla i šuma da bi se zaustavili i apsorbirali naleti oluja i oborina.

Poplave pojedinih rijeka nemaju zakonitosti i često variraju od mjeseca do mjeseca i od godine do godine. Posebno izrazit primjer tih varijacija je tzv. "iznenadna poplava". Ona je u stvari iznenadna, neočekivana bujica mutne i uskomešane vode koja se obrušava kanjonom ili klancem, a traje relativno kratko i općenito rezultat je ljetnih oluja s grmljavinom u planinama. Iznenadna poplava može se desiti u samo jednom pritoku dok ostali dio vodotoka (pritoka) bazena ostaje suh. Iznenadnost njihove pojave čini da su one izuzetno opasne.

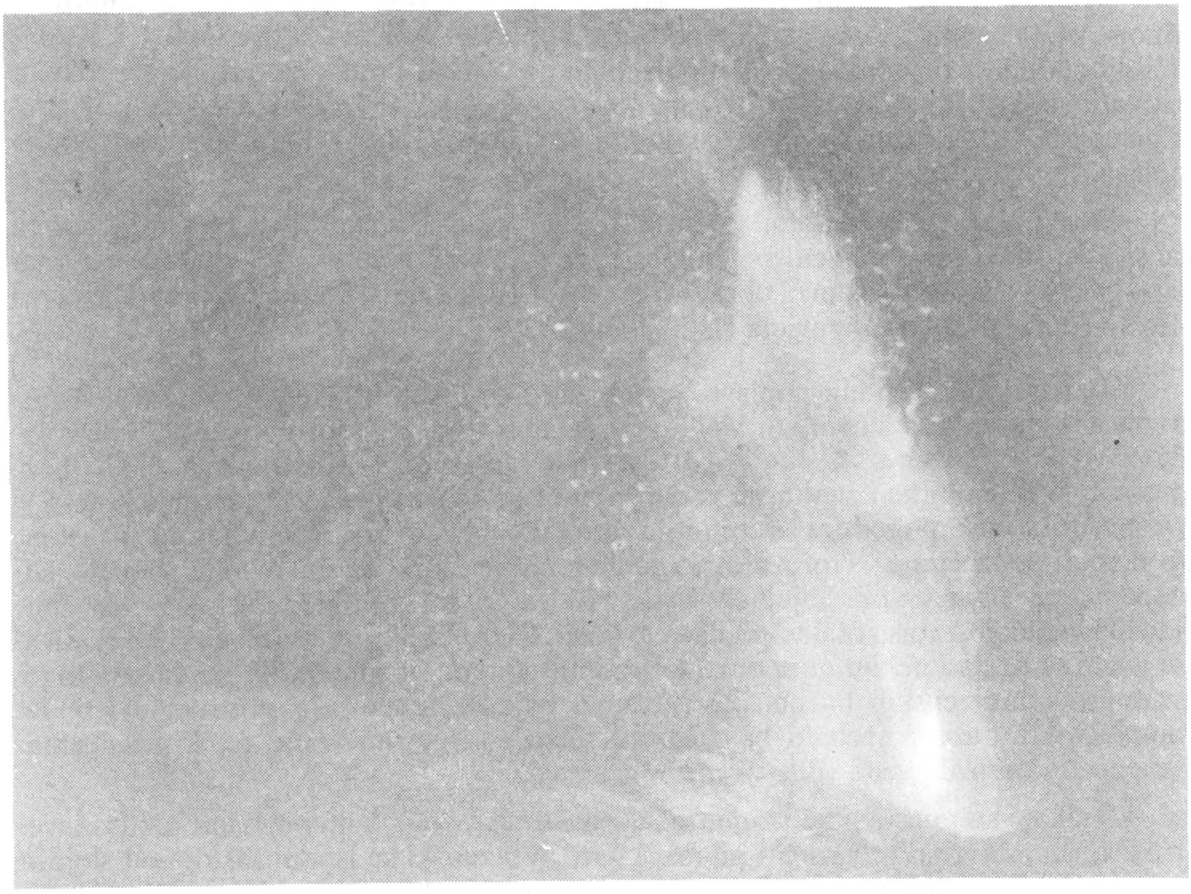
Poplava takve veličine (vrijednosti) za koju se može očekivati da se pojavljuje jednom u 100 godina zove se 100-godišnja poplava. Veličine 100 -, 500 - i 1000 - godišnjih poplava računaju se ekstrapolacijom postojećih podataka o riječnom toku, a rezultati se koriste kod projektiranja postrojenja većine projekta vodnih izvora, uključujući brane i akumulacije, i ostale objekte na koje mogu djelovati katastrofalne poplave.

Posljedice katastrofalnih poplava očituju se u ljudskim žrtvama koje mogu iznositi i do stotine tisuća poginulih i povrijeđenih, zatim se očituju velikim materijalnim uništavanjem obradivog tla, rušenjem kuća, komunikacija i infrastrukture, te stvaranju uvjeta za epidemiju.

Za razliku od velilkih poplava, velike suše imaju suprotan efekt. One ostavljaju obradivu zemlju bez dovoljno vlage, pa samim tim i bez mogućnosti razvoja poljoprivrednih kultura. Osim toga ostavljaju ogromna prostranstva ljudi bez potrebnih količina pitke i sanitarne vode, što može imati za posljedicu širenje bolesti i zaraza. Velike suše pogoduju širenju i intenzivnosti požara koji često haraju u sušom pogođenim područjima. Upravo ove godine na jednom dijelu zemlje vladale su nezapamćene suše (veliki dijelovi SAD, pa i u našoj zemlji) dok su u drugim dijelovima vladale katastrofalne poplave (Sudan, Kina, Indija). Ublažavanje posljedica suše može se postići nekim mjerama (zahvatima) kojima se sprečavaju poplave, a to je izgradnja akumulacijskih bazena na rijekama gdje za to postoje prirodni uvjeti. Iz akumulacijskih bazena trebalo bi osigurati pitku i sanitarnu vodu, te, u granicama mogućnosti i opravdanosti, vodu za navodnjavanje.

Vulkani su mjesta gdje iz unutrašnjosti Zemlje izbijaju na površinu tekuća lava, piroklastični materijal te različiti plinovi i pare. Vulkanski se isponi sastoje od slojeva skrućene lave, skrućenog pepela i vulkanske prašine, zatim pepela i šljunkastih komada lave i većih komada lave. Na tip vulkanske djelatnosti utječu plinovi (ugljični dioksid CO_2, ugljični monoksid CO, sumporni dioksid SO_2, sumporovodik H_2S, klor Cl, kisik O, arsen Ar, vodik H, dušik N, metan CH_4, natrijev klorid NaCL, klorovodik HCl, kalijev klorid KCl, željezni klorid $FeCl_3$, fluorovodik HF i amonijak NH_3) i vodena para koja čini oko 90 % svih plinova. Ako su u magmi velike količine vodene pare, vulkan će biti eksplozivnog tipa, a ako je količina vodene pare mala, lava se obično kroz krater mirno izlijeva. Između eksplozivnih stratovulkana i mirnih pukotinskih izljeva postoji čitav niz prijelaznih tipova vulkanskih erupcija te s tim u vezi i oblika vulkanskih čunjeva; često isti vulkan u različitim etapama djelatnosti pripada različitim tipovima. Smatra se da na Zemlji ima između 660 i 750 aktivnih vulkana. Uz njih postoji na tisuće dobro sačuvanih tzv. ugaslih vulkana, čija je djelatnost u geološkom pogledu također recentna. Smatra se da su oni samo pritajeni, jer se termin "ugasli vulkani" pokazao netočnim zbog iznenadnih, obično razornih erupcija. Većina ugaslih, odnosno pritajenih vulkana djeluje neperiodično, a periodi njihove neaktivnosti mjere se tisućama godina.

Erupcija vulkana (slika 46) velika je prirodna pojava. Prvi su znaci drhtanje zemlje (→ POTRESI) i podzemna tutnjava, a na vrhu vulkana pojavi se perjanica dima. Za vrijeme erupcije vulkan iz kratera izbacuje oblake užarenih plinova i pare, vulkanskog pepela, manje komade kamenja i veće stijene. Sve to iz visine pada okolo poput vatrene kiše. U isto vrijeme se iz kratera izlijeva lava. Ona polagano teče nizbrdo i spaljuje sve oko sebe. Vrela je 1000 - 2000 °C i sporo se hladi te može još godinama ostati topla pod ohlađenom korom. Kad se lava posve ohladi, stvrdne se u crvenkastu šupljikavu stijenu. Vjetar raznosi vulkanski pepeo desetine kilomeatra uvis i u velike daljine - čak na druge kontinente, gdje pada poput sivoga snijega ili



Sl. 46. Energija vulkana

pomiješan s kišom. Vulkani često uzrokuju goleme ljudske žrtve. Tako je 1919. g. erupcija Kelute (na Javi) usmrtila 50.000 ljudi, a erupcija Mont Peleea (Monpele'a) (na otočju Srednje Amerike) 1912. g. 28.000 ljudi. Najstrašnija erupcija vulkana zabilježena u povijesti bila je 1883. g. na malajskom otoku Krakato'a (ili Krakata'u). Raznijela je čitav otok, a prasak se čuo do 5.000 km uokolo. Stup pepela i praha digao se 80 km uvis i zasuo prostor od 800.000 km^2. Sitnije čestice raznijeli su vjetrovi te su one još godinama lebdjele u visokim slojevima zraka. Erupcija je stvorila goleme valove u moru koji su poharali susjedne otoke. Tako je u toj katastrofi poginulo više od 30.000 ljudi. Godine 79. pokopao je vulkan Vezuv pod pepelom i lavom rimske gradove Herkula'num, Pompe'je i Stabij. Godine 1631. uništio je nekoliko sela u svome podnožju, a naredne su jake erupcije - uz veći broj slabijih - bile 1760, 1794, 1872, 1906. i 1930. godine. I danas se nad vrhom Vezuva neprestano vije perjanica dima.

Ima i podmorskih vulkana. Oni svojim erupcijama na dnu oceana unište sav život oko sebe i izazivaju goleme udarne valove. Ti se valovi velikom brzinom šire, te poplave i opustoše čak i vrlo udaljene obale. Otoci južne i istočne Azije često stradaju od takvih valova. Izlijevanjem lave na morskome dnu mogu nastati vulkanski otoci. Ima ih najviše u Oceaniji.

U posljednjih 40 godna u evropskim vulkanima bilo je 7 značajnijih erupcija, u vulkanima Azije i Oceanije oko 50, u afričkim 5, sjevernoameričkim 12, u srednjoameričkim 9 i u južnoameričkim vulkanima 11 erupcija. Od navedenih erupcija najviše je bilo u 1960. godini (10), pa u 1963. (7), te u 1953, 1962, 1964, 1966. i 1967. po 6 erupcija.

Dva su vremenska intervala bila dosta intenzivna i to 1950-1953. s 18 erupcija i 1960-1967. godina s 49 erupcija. Izvan tih intervala bila je znatno slabija intenzivnost vulkanskih jačih (većih) erupcija.

Orkanski ili uraganski vjetar (slika 47) je veoma jak vjetar s brzinom preko 120 km na sat koji na širem području uzrokuje razaranja i pustošenja. Pored orkanskih vjetrova pojavljuju se još i ciklonalni vjetrovi, koji se u jugoistočnoj Aziji nazivaju tajfuni. Cikloni s orkanskim vjetrovima imaju promjer 100 do 1500 km, što znači da zahvaćaju velika područja. Cikloni se u vrtlogu kreću oko centra vrlo niskog tlaka

Sl. 47. Orkanski vjetar

zraka. Najveće brzine vjetra kod ciklona su na udaljenostima 30-50 km od centra ciklone i smanjuju se prema centru ciklone. Ciklona obično nosi oborine i oblake, pa su radi toga ciklone često, uz monsune, uzročnici poplava.

Meteorološka pojava karakteristična za SAD je vjetar poznat pod imenom tornado. Tornado je vrlo snažan zračni vrtlog u kojem zrak rotira brzinom od 40 do preko 160 km na sat, pri čemu se naglo uspinje. Za razliku od ciklona njegov je promjer malen i ima obično 300 m. U tornadima tlak pada vrlo brzo, tako da u sredini odgovara jednoj desetini normalnog tlaka, što znači da je u njegovoj sredini djelomičan vakuum. Zbog rotacije zraka nastaje snažan tlak, pa se javlja sila koja vuče u zrak i tornado svojim centrom djeluje razorno. Tornado se vrlo često pojavljuje u skupinama koje putuju zajedno i veoma često ostavljaju pustoš iza sebe u SAD. Osobito jak tornado bio je zabilježen 1896. u gradu Sant Louisu.

Jaki vjetrovi izazivaju razaranja dobara pa i ljudske žrtve, a osim toga česti su uzročnici olujnih kiša. Normalno je da mogu biti uzročnici zagađenja okoline stvarajući i noseći prašinu, te prenoseći zagađenja atmosfere iz jednog dijela u drugi, a samim tim i čiste atmosferu od zagađenja tamo gdje prođu.

Pored navedenih prirodnih katastrofa koje mogu prouzročiti velike žrtve i veliko uništenje materijalnih dobara, u prirodi se javljaju i manje nepogode s manjim brojem žrtava i manjim matrijalnim štetama. Među takve nepogode ubrajaju se niske temperature i smrzavanja, velike vrućine i odroni zemljišta. Pri razmatranju posljedica od navedenih nepogoda treba imati na umu u prvom redu zemljopisni položaj mjesta u kome se dogodila nepogoda. Naime, nije svejedno koliko je niska temperatura u Indiji i Africi ili u Kanadi, a obrnuto vrijedi za visoke temperature, dakle bitan utjecaj na posljedice imat će geografska širina. Odroni i klizišta nastaju uslijed velikih kiša i poplava, ili slabijeg podrhtavanja zemljišta zbog potresa ili erupcije vulkana.

Iako broj mrtvih ne može biti jedini kriterij pojedine katastrofe ipak se najveći broj katastrofa u svijetu evidentira i prati prema broju mrtvih. Podaci o nesrećama i njihovim posljedicama, barem u našoj literaturi, nisu sređeni i dostupni. Da bi se dobio kakav takav uvid u broj nesreća, najveću pojedinu nesreću i broj žrtava tih nesreća načinjene su tablice 10 do 13. prema podacima Encyclopedia Britanica Book of the Year 1979-1988. godine. Jedini i osnovni kriterij za praćenje i evidentiranje prirodnih nesreća bio je najmanje 10 mrtvih u nesreći. U tablicama 10 do 13 navedeni su podaci o ukupnom broju nesreća s preko 10 žrtava, zatim datum najveće nesreće, a tu je opet kriterij broj mrtvih, mjesto nesreće i zemlja nesreće, te broj mrtvih. U tablici 10 navedeni su podaci za potrese, u tablici 11 za poplave, u tablici 12 za orkanske vjetrove i u tablici 13 za erupcije vulkana. U razdoblju od 1978. do 1987. godine dogodila su se dva potresa s brojem poginulih većim od 20.000 i to 1978. godine u Iranu i 1985. godine u Meksiku. Broj poplava sa žrtvama većim od 10 mnogostruko je veći od broja potresa, a najveći broj poplava i najveće poplave događaju se u jugoistočnoj Aziji (Indija, Kina Bangladeš, Indonezija, Filipini), zatim u Srednjoj Americi i u Centralnoj Africi. Obično su te poplave uvjetovane orkanskim vjetrovima (tajfunima u Aziji i tornadom u Americi) pa je teško odijeliti podatke o poplavama od podataka o vjetrovima. Dvije su bile poplave u prošlom desetogodišnjem razdoblju koje su prouzrokovale broj žrtava veći od 5000. Jedna od njih se dogodila u Kini (1980.), a jedna u Indiji (1979.).

Kao što je već rečeno broj nesreća uzrokovanih orkanskim vjetrovima najčešći je u jugoistočnoj Aziji, a što se može vidjeti i iz podataka u tablici 12. Najveća katastrofa izazvana vjetrom, ne računajući poplave kao posljedicu vjetra, dogodila se u Bangaladešu 1985. godine s 2540 mrtvih. Erupcije vulkana koje su za posljedicu imale više od 10 mrtvih nisu bile tako česte u protcklom razdoblju. Međutim, u tom razdoblju (1978-1987.) dogodila se jedna od 10 najvećih nesreća u povijesti erupcije vulkana 13. studenog 1985. u Kolumbiji. Broj poginulih u toj nesreći bio je veći od 25.000.

Tablica 10

Godina	Potresi			
	Broj	Najveći potres u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	4	16.09.	Tabas, Iran	25.000
1979.	9	15.04.	Crna Gora, Jugoslavija	100
1980.	7	10.10.	El. Asman, Alžir	4.000
1981.	8	28.07.	Istočni Iran	1.500
1982.	3	13.12.	Jemenska Ar. Republika	2.800
1983.	10	30.10.	Istočna Turska	1.300
1984.	2	31.12.	Assan, Indija	20
1985.	5	19.09.	Mexico City, Meksiko	20.000
1986.	5	10.10.	San Salvador, Salvador	1.000
1987.	4	05.03.	Ekvador	2.000

Tablica 11

Godina	Poplava			
	Broj	Najveći potres u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	19	23.11.	Sri Lanka, juž. Indija	1.500
1979.	18	11.08.	Marvi, Indija	5.000
1980.	12	30.08.	Centralna Kina	na tisuće
1981.	25	12.07.	Siehman, Kina	1.500
1982.	27	17.09.	El Salvador	700
1983.	45	30.06.	Gajarat, Indija	935
1984.	19	15.06.	Nepal	150
1985.	21	01.08.	Kina	500
1986.	18	29.08.	Andhra Pradesh, Indija	200
1987.	22	29.09.	Indija	1.200

Tablica 12

Godina	Vjetrovi			
	Broj	Najveći potres u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	10	16.04.	Indija	500
1979.	8	31.08.	Caribi i SAD	1.000
1980.	14	01.08.	Srednja Amerika	270
1981.	12	24.11.	Filipini	270
1982.	19	08.11.	Gajarat, Indija	275
1983.	20	30.04.	Hunan Province, Indija	275
1984.	19	02.09.	Filipini	1.300
1985.	24	25.05.	Bangladeš	2.540
1986.	15	04.09.	Vijetnam	400
1987.	18	26.01.	Filipini	500

Tablica 13

Godina	Erupcije vulkana			
	Broj	Najveći potres u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	-	-	-	-
1979.	2	21.02.	Otok Java, Indonezija	175
1980.	2	02.01.	Otoci u Indijskom oceanu	20
1981.	-	-	-	-
1982.	1	05.04.	Java, Indonezija	20
1983.	-	-	-	-
1984.	-	-	-	-
1985.	1	13.11.	Armero, Kolumbija	25.000*
1986.	1	21.08.	Sjeverozapadni Kamerun	1.700
1987.	-	-	-	-

* jedan od 10 najvećih u povijesti

8.5 UTJECAJ NA OKOLINU NESREĆA UZROKOVANIH LJUDIMA

Nesreće uzrokovane ljudima dijele se na nesreće kao posljedice ljudskih aktivnosti (nesreće u industriji, energetici, prometu, požari) i nesreće kao posljedica ljudske nesavjesnosti (ratovi, podmetnuti požari).

Nakon nesreće u Černobilu mnogi su tvrdili da je ta nesreća bila najteža nesreća u povijesti. Međutim, lakše je izreći takvu tvrdnju nego je dokazati. Da bi se odredila istina koja je u tom slučaju potrebna, kao prvi korak treba odrediti (načiniti) kriterije sa svrhom da se mogu rangirati ozbiljnosti nesreća uzrokovanih ljudima. Tek nakon što se to učini, Černobil se korektno može usporediti s drugim nesrećama. Takav poduhvat ima velike vrijednosti jer zahtijeva da se svi faktori koji određuju oštećenja nakon nesreće pravilno uspostave.

Usporedba nesreće u Černobilu načinit će se s ostalim industrijskim nesrećama, a ne cijelim rasponom nesreća. Nakon toga potrebno je odrediti kriterije za procjenu ozbiljnosti nesreća. Da bi se koliko toliko nesreće mogle svesti na istu razinu obično se upotrebljava više kriterija po redu jačine i ozbiljnosti oštećenja, kao na pr.:

- neposredne smrti
- naknadne ili kasnije smrti
- oštećenja koja dovode do invaliditeta
- oštećenja koja ne dovode do invaliditeta
- psihički šok
- dugoročni učinci na duševno zdravlje
- prekid načina života
- oštećenje okoline
- oštećenje materijalnih dobara i financijski gubici.

Problemi koji se javljaju kod primjene navedenih kriterija za procjenu šteta su u tome, što je većina kategorija nemjerljiva. Radi toga se nesreće (katastrofe) mogu mjeriti samo ako se usporedba jedne nesreće prema drugoj vrši u pogledu svakog kriterija, a ne usporedba s različitim kriterijima. Pri usporedbi različitih nesreća prema navedenim kriterijima treba paziti da se neke posljedice ne uračunavaju dvostruko.

Među najveće industrijske nesreće, koje se često nazivaju katastrofe, ubrajaju se:

- OPPAU, Njemačka, 21.09.1921. godine
- CLEVELAND, SAD, 20.10.1944. godine
- LUDWIGSHAFEN, Njemačka, 28.07.1948. godine
- ABERFAN, Velika Britanija, 21.10.1966. godine
- SEVESO, Italija, 10.07.1976. godine
- THREE MILE ISLAND, SAD, 28.03.1979. godine
- MISSISSAGA, Kanada, 11.11.1979. godine
- MEXICO CITY, Meksiko, 19.11.1984. godine
- BHOPAL, Indija, 03.12.1984. godine
- ČERNOBIL, SSSR, 25.04.1986. godine
- BASEL, Švicarska, 01.11.1986. godine
- PIPER ALPHA, Velika Britanija, 08.07.1988. godine.

Usporedba tragedije u Černobilu s nesrećama koje nastaju zbog upotrebe drugih vrsta goriva ili zbog kemijskih procesa ili pak s drugim nuklearnim incidentom može tek dati odgovor na veličinu te tragedije.

U nastavku slijedi kratki opis navedenih nesreća.

U Oppau je eksplodiralo 3.000 tona amonijevog nitrata, a pri tome je poginuo 561 čovjek, ostalo je oko 100 invalida i oko 15.000 ljudi s izvjesnim tjelesnim oštećenjima. Mentalni šok doživio se u krugu promjera 20 km, a 7.000 ljudi ostalo je bez krova nad glavom.

Nesreća u Clivelandu dogodila se uslijed velikog požara u kome je izgorilo oko 3.000 tona tekućeg plina. U nesreći je smrtno stradalo 128 ljudi, a oštećenja je zadobilo 200-400 ljudi. Razoreno je 80 kuća, a ta nesreća imala je za posljedicu ispuštanje razvoja tehnologija tekućeg plina za 20 godina.

U Ludwigshafenu je došlo do eksplozije plina. U toj eksploziji poginulo je 207 ljudi, oko 500 ih je imalo teže psihičke posljedice, a preko 3.800 lakše psihičke smetnje. Posljedice su imale veliki šok na lokalno stanovništvo.

U Aberfanu je došlo do odrona otpada ugljena koji je zatrpao školu i kuće. Poginulo je 147 ljudi od čega je 116 djece. To je bio izrazito veliki lokalni šok s dugim i mučnim tjeskobama.

U Sevesu je došlo do izlaska velikih količina visokootrovnog materijala od čega je 447 ljudi zadobilo opekline, a zbog jakog zagađenja okoline (4 km^2) uginulo je mnogo stoke i moralo je biti trajno preseljeno 737 stanovnika.

Nuklearna nesreća na Three Mile Island dogodila se zbog kvara u reaktoru. Rezultat te nesreće je veliki šok i panika, te dva povrijeđena i na tisuće evakuiranih ljudi. Osim toga ta nesreća je skrenula pažnju na svu potrebnu ozbiljnost kod korištenja nuklearne energije.

Nakon sudara vlakova u Mississaugi je došlo do istjecaja znatnih količina klora. Posljedice toga su ozbiljne tjeskobe stanovništva, a moralo se evakuirati oko 240.000 stanovnika na više od tjedan dana i s površine veće od 125 km^2.

Još nam je dobro u sjećanju katastrofalni požar u Mexico City-u u kome je izgorilo oko 6.000 tona tekućeg plina s više od 500 poginulih i 7.000 lakše povrijeđenih s psihofizičkim povredama. Za vrijeme i poslije požara iseljeno je 39.000 kuća, a na stotine kuća je srušeno.

U Bhopalu je u kemijskoj industriji došlo do istjecanja iz rezervoara oko 30 tona metilnih otrovnih plinova s katastrofalnim posljedicama, a s više od 2.000 mrtvih i s više od 200.000 s psihofizičkim posljedicama. Ogroman šok i panika.

Nesreća u Černobilu detaljno je opisana u trećoj knjizi (Energija i društvo) a nastala je uslijed taljenja jezgre u reaktoru. Njene posljedice (posebno u panici i zabrinutosti) teško je opisati. Radi toga samo nekoliko osnovnih podataka. Ta nesreća imala je za posljedicu 33 mrtva, oko 500 invalida, 237 s psihičkim posljedicama od čega 7 s težim posljedicama. Osim toga trajno je evakuirano 112.000 stanovnika, a 10 km^2 je ozbiljno zatrovano radioaktivnim materijalom koji će trebati sasvim preurediti (dekontaminirati).

Uslijed vatre na skladištu kemijske industrije u Baselu, došlo je do ozbiljnog zatrovanja voda rijeke Rhine (Rajne) i kratkotrajnog zagađenja atmosfere.

Najnovija velika nesreća dogodila se na platformi Piper Alpha u Sjevernom moru oko 210 km sjeveroistočno od škotskog grada Aberdeena. Na platformi je došlo do eksplozije spremišta za plin, a posadu je sačinjavalo, odnosno na platformi se u to vrijeme nalazilo 232 čovjeka. Poginulo je 166 ljudi, a 66 je spašeno od kojih su mnogi zadobili povrede. Platforma je kompletno uništena, a dnevno je proizvodila 167.200 barrela nafte i 23,000.000 m^3 prirodnog plina.

Iz navedenog kratkog opisa ozbiljnijih nesreća, koje su se dogodile u industriji, a koje su imale teže posljedice na okolinu ili na uzbuđenje i uznemiravanje sanovništva, može se zaključiti da broj mrtvih, kao jedan od prvih pokazatelja, ne mora isključivo biti mjerilo za težinu katastrofe. Nesreća u Sevesu nije imala mrtvih, ali je upozorila evropsku i svjetsku javnost na svu ozbiljnost i ukazala na mogućnost još većih katastrofa. Slično se može reći i za nesreću u nuklearnoj elektrani Three Mile Island.

Broj neposrednih smrti koj je nastao nakon Černobila je jasno samo parcijalna mjera mortaliteta popraćena ovom nesrećom. Nitko ozbiljno ne sumnja da će mnogi ljudi uključujući neke izvan SSSR vjerojatno dobiti karcinom kao rezultat Černobila, ali teško je procijeniti koliki će taj broj biti. Većina procjena temelji se na linearnoj ekstrapolaciji do manjih doza ozračenja i pretpostavki da nema praga doza ispod koje se karcinom ne dobiva. Ova poretpostavka može pretjerati u pogledu mortaliteta uslijed karcinoma. Također je teško procijeniti koliko će smrti nastupiti od predviđenog broja karcinoma.

Sadašnja sovjetska procjena o tome koliko će ljudi oboliti od karcinoma u SSSR kao posljedica nesreće u Černobilu data je u broju 1.000-2.000 kroz slijedećih 50 godina. Pretpostavlja se, također, da će znatno manji broj oboljenja biti među stanovnicima drugih zemalja.

Istina je, da se smrt nakon 50 godina ne može smatrati jednakom smrti koja se dogodi sutra, pa se zbog toga taj problem treba razmatrati kao problem smanjenog trajanja vijeka života. Zbog toga se niti jedna procjena ne može olako prihvatiti niti odbiti, jer će broj smrti od karcionoma uslijed nesreće u Černobilu biti zanemarivo malen u odnosu na ukupni broj smrti od karcinoma pa da bi se statistički tako dokazao. Danas još nitko ne zna da li će uslijed posljedica kemijskih nesreća i njihovih karcigenih sredstava nastupiti naknadne smrti. Postojali su strahovi da bi to mogao biti slučaj u Sevesu, ali nije se pojavio nikakav dokaz koji bi govorio u prilog toga straha. Nema nikakvih čvrstih podataka koji pokazuju da li je Bhopal već potaknuo te smrti ili će potaknuti u budućnosti ove kasne smrti koje nastaju nakon naknadnog razvoja karcinoma.

Broj oboljelih i povrijeđenih nakon industrijsko-energetskih katastrofa također je diskutabilan, jer je pitanje o kakvim se oboljenjima radi, kojeg stupnja je oboljenje (opekotine na pr.), kakvo liječenje zahtijevaju oboljeli itd. Još je teže usporediti i kvantificirati faktor šoka ili uzbuđenja, jer svaki čovjek nije spreman (sposoban) doživjeti jedan događaj isto kao drugi čovjek. Psihološki faktor kod prisilnog preseljenja stanovništva ima slične karakteristike kao faktor šoka.

U zagađenju okline kemijske eksplozije izazivaju ozbiljne učinke, ali na malom lokalitetu i kratkotrajne su. Radi toga je kod tih nesreća samo zagađenje manja komponenta kod cjelokupne štete koju one izazivaju. Iznimka mogu biti takve eksplozije kod kojih se javlja vatra, pa njenim gašenjem dolaze štetne kemikalije u vodne tokove.

Posljedice nuklearnih nesreća, a u prvom redu posljedice od radioaktivnosti detaljno su opisane u 4., 8 i 10 poglavlju ove knjige, pa se radi toga ovdje neće ponavljati.

Nesreće uzrokovane odvijanjem prometa imaju znatno veće utjecaje na stradanja ljudi i uništenja materijalnih dobara, nego što imaju utjecaja na zagađenje okoline. Nešto veći direktni utjecaj mogu imati nesreće u prometu samo u situacijama kada se prevoze opasni tereti, ali indirektni veći utjecaj mogu izazvati i male

saobraćajne nesreće. Naime, dosta često se nakon prometne nesreće može pojaviti požar, koji može poprimiti i različite razmjere ovisno o uvjetima za njegov razvoj.

U prometnim nesrećama stradavanja su od pojedinca do velikog broja ljudi. Broj stradalih u prometnim nesrećama u prvom redu ovisi o broju putnika sudionika u nesreći i o veličini (jakosti) same nesreće. Prometne nesreće događaju se svakog momenta ako se gleda cijelo pučanstvo na Zemlji, a i veće prometne nesreće su dosta česte. Naime, veliki broj ljudi svakodnevno koristi prometna sredstva za prijevoz putnika i roba, pa je i za očekivati veliki broj nesreća. Najveći broj ljudi gine u osobnim automobilima, zatim autobusima, vlakovima, brodovima i avionoma. Jedna od najvećih katastrofa u prometu putnika bila je potonuće broda Titanic 14. travnja 1912. godine u kome je smrt našlo 1.513 putnika. Avionske nesreće mogu imati danas i do nekoliko stotina mrtvih.

Svakodnevno smo, posebno u ljetnim mjesecima, suočeni s vijestima o velikom broju požara diljem zemaljske kugle. Ako požari poprime katastrofalne razmjere, u tom slučaju imaju bitan utjecaj na okolinu. Pored materijalnih razaranja remeti se prirodna ravnoteža, nestaje vegetacije, povećava se erozija tla i mijenja se izgled okoline.

Katastrofe izazvane ljudskom nesavješću su podmetnuti požari ili eksplozije, o čemu je već naprijed kazano. Međutim, jedne od najvećih svjetskih mogućih katastrofa bile su i mogu biti (nadajmo se da neće) izazvane ljudskom nesavješću, neodgovornošću itd., a to su ratovi. O razmjeru ratova ovise i njegove posljedice. U ratovima se uništava sve na strani protivnika od žive sile, do najelementarnijih potreba za život, a često se primjenjuju (iako su međunarodnom konvencijom zabranjeni) i bojni otrovi. Potvrda za to su vijesti iz upravo prekinutog rata Iraka i Irana. Taj osmogodišnji rat pored svih uništavanja odnio je oko milijun ljudskih života.

Podaci o nesrećama izazvanim ljudskim aktivnostima navedeni su u tablicama 14. do 17, a načinjeni su na temelju podataka već citirane Encyclopedie Britanice. I ovdje je bio kriterij 10 mrtvih osim za avionske nesreće. Naime, kriterij za avionske nesreće bio je pad aviona bez obzira da li je bilo žrtava ili nije. Čak su u broj nesreća uključene i nesreće s vojnim avionima u koliko su ti podaci bili dostupni javnosti. Iz podataka u tablici 14 može se uočiti da se u analiziranom periodu dogodila avionska nesreća s preko 500 mrtvih. Ta nesreća se dogodila 12 kolovoza 1985. godine u Japanu, a bilo je 524 mrtva, pa je to najveća katastrofa u povijesti zračnog prometa.

Kad su u pitanju podaci o nesrećama izazvanim požarima i eksplozijama, treba naglasiti da su se u proteklom razdoblju dogodila dva požara koji su za sobom ostavili više od 400 žrtava svaki. Najveća katastrofa (preko 500 mrtvih) dogodila se 25 veljače 1984. godine u Brazilu, a uzrok je bio pucanje naftovoda i požar nakon toga. Drugi veliki požar dogodio se 19. kolovoza 1978. godine kada se zapalilo kazalište u Abadanu (Iran) gdje je bilo 430 mrtvih.

Broj nesreća na vodi s velikim brojem žrtava vezan je također za jugoistočnu Aziju, gdje se ukrcava veliki (znatno veći broj od dozvoljenog) broj putnika, a često je vezan i za vjerske praznike. Najveća nesreća dogodila se 4. travnja 1978. u Bengalskom zaljevu kada je poginulo više od 1.000 ljudi.

Najveća željeznička nesreća u promatranom vremenskom razdoblju dogodila se 13. siječnja 1985. godine u Awasi (Etiopija) kada se sudario putnički vlak. Rezultat je bio 392 mrtva i preko 400 povrijeđenih.

Kod nesreća na cestama evidencije su vođene za javni promet s više od 10 mrtvih po nesreći. Interesantno je napomenuti da je u jednoj nesreći u Istočnoj

Ugandi (17.3.1987.) kada se srušio autobus u rijeku bilo 101 mrtav. U tom razdoblju dogodila se i najveća nesreća u povijesti javnog prometa Francuske. To se dogodilo 13. srpnja 1982. godine kod mjesta Beaune, a u nesreći je bilo 53 mrtva od čega je bilo 44-o djece. Jasno je da je gotovo u svakoj evropskoj zemlji svaki dan na cestama više od 10 mrtvih u putničkom prometu, pa bi obrada tih podataka tražila samo za sebe jednu knjigu, pa se ovdje samo signalizira o kakvom se broju poginulih na cestama Evrope i Svijeta radi.

Tablica 14

Godina	Avionske nesreće			
	Broj	Najveća nesreća u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	22	01.01.	Eksplozija B. 747 Air India	213
1979.	24	25.05.	Chicago. SAD, DC-10	272
1980.	23	19.08.	Riyadh, Saudi Arabija, L-1011	301
1981.	14	01.12.	Ajaccio, Korzika (DC-9 JAT)	178
1982.	22	09.07.	New Orleans, SAD, B-727	153
1983.	18	01.09.	Japansko more, J. Kor B-747	269
1984.	14	19.10.	Omsk, SSSR	150
1985.	31	12.08.	Gunama Prefecture, Japan 747	524*
1986.	28	31.03.	San Miguel, Meksiko B-727	166
1987.	27	09.05.	Dabrowska, Poljska	183

* najveći broj mrtvih u povijesti zračnog prometa

Tablica 15

Godina	Požari i eksplozije			
	Broj	Najveća nesreća u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	21	19.08.	Abadan, Iran	430
1979.	18	12.07.	Saragossa, Španjolska	80
1980.	23	20.05.	Kingston, Jamaika	155
1981.	17	07.02.	Bangalore, Indija	66
1982.	15	19.02.	Caracas, Venecuela	129
1983.	12	23.10.	Beirut, Libanon	293
1984.	21	25.02.	Cubatao, Brazil	500
1985.	15	26.04.	Sanvedra, Argentina	78
1986.	17	31.12.	San Juan, Portoriko	96
1987.	9	05.	Heilungluang, Kina	191

Tablica 16

Godina	Nesreće na vodi			
	Broj	Najveća nesreća u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	21	04.04.	Bengalski zaljev	1.000
1979.	12	02.11.	Dacca, Bangladeš	200
1980.	12	22.04.	Centralni Filipini	96
1981.	18	01.11.	Obala Indije	500
1982.	17	11.04.	Henzada, Burma	160
1983.	11	25.05.	Lake Nasser, Egipat	300
1984.	13	19.07.	Zapadna obala Indije	400
1985.	20	18.08.	Harbin, Kina	174
1986.	14	25.05.	Meghna River, Bangladeš	580
1987.	23	06.03.	Zeebrugge, Belgija (Enterprise)	188

Tablica 17

Godina	Nesreće na željeznici			
	Broj	Najveća nesreća u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	7	25.02.	Pereyra, Argentina	50
1979.	16	26.01.	Istočni Bangladeš	70
1980.	8	19.08.	Poljska	62
1981.	7	06.06.	Mansi, Indija	268
1982.	4	27.01.	Beni Helanane, Alžir	130
1983.	11	19.02.	Empalme, Meksiko	100
1984.	8	18.06.	Angola	50
1985.	16	13.01.	Awasa, Etiopija	392
1986.	7	17.02.	Limache, Čile	62
1987.	11	19.10.	Jakarta, Indonezija	155

Tablica 18

Godina	Nesreće na cestama			
	Broj	Najveća nesreća u godini		
		Datum	Mjesto i zemlja	Broj mrtvih
1978.	16	15.09.	Maputo, Mozambik	65
1979.	24	02.06.	Tajland	52
1980.	15	24.05.	Meksiko	48
1981.	18	11.04.	Karachi, Pakistan	46
1982.	18	31.07.	Beaune, Francuska	53*
1983.	16	27.05.	Madhya Pradesh, Indija	60
1884.	13	30.01.	Rupnagar, Indija	80
1985.	11	21.11.	Java, Indonezija	45
1986.	20	10.08.	Bendel State, Nigerija	72
1987.	21	17.03.	Istočna Uganda	101

* najveća nesreća na cestama Francuske u povijesti

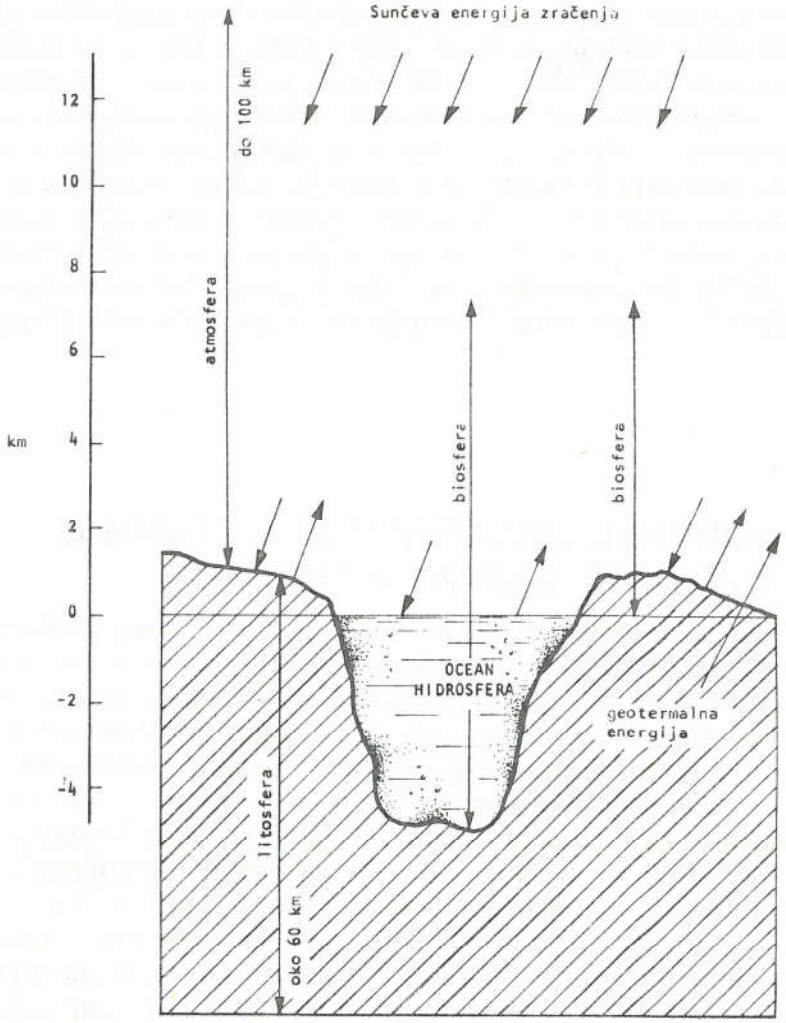
9. OKOLINA I RAZVOJ

9.1 OSNOVNO O VEZI OKOLINE I POPULACIJE

Uzimajući u obzir globalni izgled čitave okoline pomoću regionalnih razlika mogu se opisati glavne fizičke karakteristike Zemlje (slika 48). Tako se razlikuju: LITOSFERA koja uključuje čvrsti sloj zemljine površine na dubini do 60 km prema unutrašnjosti zemlje, zatim HIDROSFERA koju čine oceani, jezera, rijeke, ledene sante i druga vodena područja, te na kraju ATMOSFERA koju čine svi plinovi na planeti. BIOSFERA kao dio atmosfere je dio fizičkog svijeta u kome je život mogao opstati zahvaljujući razvoju živih organizama. Živi organizmi i neživi dijelovi su međusobno zavisni jedni o drugima i nalaze se u interakciji, što je vrlo mnogo studirano od strane ekologista s fundamentalnim ekosistemskim prikazom. Kontinuirani tok energije na planeti je neobično bitan za sve procese unutar biosfere i on veže okolinu preko fizičkog svijeta, atmosfere, hidrosfere i litosfere. Uz sve ovo na okolinu utječu i socijalne grupe na zemlji kao što su nacije, narodi i porodice koje rade i žive zajedno te proizvode bilo konstruktivne bilo destruktivne proizvode za okolinu. Zbog toga i problem okoline egzistira i unutar ovih internacionalnih odnosa.

9.2 ŠTO JE RAZVOJ

Razvoj se općenito definira i općenito je prihvaćen kao proces koji pokušava poboljšati životne uvjete ljudi. Razvoj ima za cilj povećanje ljudskih dobara ili poboljšanje kvaliteta života. To se može postići uz povećanu primjenu socijalnih mjera kao što su: naobrazba, ljudske slobode i sigurnosti, estetske i kulturne vrijednosti, politička jednakost, zdravstvo, fiziološke potrebe itd. Međutim strategija i politika primjene ovih navedenih socijalnih objekata je vrlo različita. Politika kao takva može dovesti do različitih ciljeva i vrijednosti unutar različitih socijalno-ekonomskih stanja. U manje razvijenim zemljama gdje su razine životnih uvjeta i produktivnosti dosta niske, javljaju se s druge strane visok prirast populacije, visoka nezaposlenost i zavisnost o razvijenim zemljama, a poljoprivredna proizvodnja je dominantna u ekonomiji tih zemalja. Prva razvojna etapa 60-tih godina bazirana je na vjerovanju da će poljoprivredna proizvodnja ubrzati ekonomski porast i napredak. U to doba zemlje u razvoju, sa svojim daljnjim ekonomskim napretkom, nisu slijedile taj zaključak, a nerazvijene zemlje su se striktno pridržavale toga. Razvijene zemlje i zemlje u razvoju su ušle u drugu razvojnu etapu (70-tih godina) s poboljšanom distribucijom rezultata njihovog ekonomskog prosperiteta. Razvojna strategija za treću razvojnu etapu (80-tih godina) nastavlja se na saznanju iz druge dekade da ne treba slijediti usvojene postavke jer se javila neuravnoteženost i nepravednost u međunarodnim odnosima. Ta treća dekada je poznata kao novi međunarodni ekonomski poredak (usvojen na skupštini UN 1974.) sa ciljem na ubrzanom razvoju. Ovaj internacionalni poredak



Sl. 48. Fizikalna slika Zemlje

može pomoći da se sredi međunarodna neuravnoteženost, međutim, on može također potaći interes za rješavanje nacionalnih pitanja.

Na privrednoj razini mogu se identificirati tri glavne paradigme razvoja. Neoklasični model razvoja je baziran na individualnom planiranju, market-tržištu, povećanju štednje i stranog investiranja u druge države. Međutim, ovaj model se polako napušta jer je došlo do ekonomske stagnacije popraćene padom proizvodnje i nedovoljnom iskorištenju infrastrukture i radne snage.

Neomarksistički strukturni model je temeljen na društvenom vlasništvu i kontroli. Suprotno tome kapitalistički strukturni model favorizira tržišno privredno planiranje kao osnovni objekt privrede i zasniva se na kvaliteti i sigurnosti proizvoda te na vleikim multinacionalnim kompanijama. Glavni razvojni cilj u tom modelu je redistribucija dobara.

Različite zemlje koristile su navedene modele ili njhovu kombinaciju i u svom razvoju postigle različitu razine razvijenosti. Tko je na toj razini razvijenosti i kako se ona određuje?

Određeni iznos sredstava (na pr. društveni proizvod po stanovniku GDP) ili po potrošnji energije po stanovniku je jedan od faktora razvoja koji je pronađen da bi se identificirala razvijenost zemlje. Takva klasifikacija će pomoći da se grupiraju zemlje s njihovim stupnjem razvoja. Koncept ekonomskog razvoja (porasta razvoja) uzima u obzir društveni proizvod kao odgovarajuću mjeru za razvijenost, obično izračunatu po stanovniku i odnos inflacija-deflacija. Na temelju takve kvalifikacije u grupu najnerazvijenijih zemalja, s ostvarenim društvenim proizvodom u 1979. godini od 100-191 $ po stanovniku, uključeno je 14 zemalja, u grupu s 200-289 $/stanovniku 15 zemalja, u grupu 300-391 $/stanovniku 9 zemalja, u grupu 400-499 $/stanovniku 12 zemalja, u grupu 500-999 $/stanovniku 21 zemlja i u grupu 1000-1499 $/stanovniku 14 zemalja.

9.3 GLAVNI PROBLEMI OKOLINE U ZEMLJAMA U RAZVOJU I NERAZVIJENIM ZEMLJAMA

Ekonomija koja se temelji na dominantnoj poljoprivrednoj proizvodnji u tim zemljama ovisi o mogućnosti i kvaliteti prirodnih resursa za neprestano korištenje bioproduktivnih sistema kao što su: poljoprivreda, stočarstvo, šumarstvo, ribolov. Razgradnja i zagađenje tla, vode i šuma su glavni postojeći problemi u tim zemljama. Nemogućnost bioproduktivnog sistema da proizvede dovoljnu količinu hrane za nagli porast populacije je uzrokovala danas možda najveći problem čovječanstva - glad i neimaština. Međunarodna organizacija za ishranu i poljoprivredu - FAO je procijenila da oko 500 mil. ljudi (95 % od njih su u nerazvijenim zemljama), živi ispod egzistencijalnog minimuma i potrebnog standarda. Preko 2 mil. smrtnih slučajeva je prouzrokovano glađu u 70-tim godinama. Neznatno poboljšanje ove situacije se može očekivati u tim zemljama ako proizvodnja hrane nadmaši porast broja stanovnika. Za očekivati je da će potrošnja po stanovniku opasti u subsaharskim zemljama, stagnirati u južnoj Aziji, sjevernoj americi i Srednjem Istoku te povećavati se samo u Latinskoj Americi i istočnoj Aziji. Porast svjetske proizvodnje hrane je uzrok sve većem pritisku, zemlje koja je bitni faktor u toj proizvodnji, na siromašne i zaostale zemlje.

Dva su ključna faktora za uništavanje poljoprivrednog zemljišta i to: razgradnja i zauzimanje obradivog tla.

Zemlja se razgrađuje uz pomoć erozije, alkalizacije, salinizacije, i kemijske degradacije. Ako se zemlja uništava stalno u polukišnim i kišnim podnebljima, širenje pustinja će biti sve veće i veće.

Ako se gledaju prilike na tri kontinenta s najvećim brojem nerazvijenih i zemalja u razvoju (Afrika, Azija i Latinska Amerika), tada se može konstatirati da je erozija tla daleko najveća u Aziji, salinacija i alkonizacija se doima kao najveći problem u Latinskoj Americi. Širenje pustinja je pak problem svih regija. Procjenjuje se (FAO) da se oko 50.000 km^2 zemlje godišnje uništi i to posebno u Sudansko-Saharskoj regiji, Brazilu, Iranu, Pakistanu, Bangladešu, Afganistanu, Sjevernoj Africi i Srednjem istoku.

Drugi važni utjecaj na uništavanje poljoprivrednih površina ima velika ekspanzija ljudskih naselja i visok stupanj infrastrukture. Ako se ovakav trend uništavanja zemlje nastavi, površine s visokoprinosnim žitaricama će se smanjiti za 55 mil. ha do 2000. godine.

Kao dodatni faktor bržem uništenju zemljišta je brzo (nekontrolirano) nestajanje šuma. Šume nestaju zbog nekontrolirane sječe, zbog bolesti šuma (o čemu je bilo više riječi u poglavlju o kiselim kišama) i zbog veoma čestih požara. Nestanak šuma pridonosi većoj eroziji tla, većim poplavama itd.

Šume su osnova bioproduktivnog sustava. One omogućuju (daju) gorivo, materijal za građu, ali također štite tlo od erozije i reguliraju vodeni balans i klimatske prilike. Svjetske šume su vjerojatno bile reducirane za 1/3 zbog potrage za dodatnim plodnim površinama i zbog energetske potrebe (drvo kao energent). Na to smanjenje su djelomično utjecala i uništenja tropskih šuma u manje razvijenim zemljama. Tablica 19 prikazuje uništenje, površine šume u tropskom području, a iz te tablica se vidi da je više od 1/2 tropskih šuma uništeno u tropskoj Americi.

Tablica 19

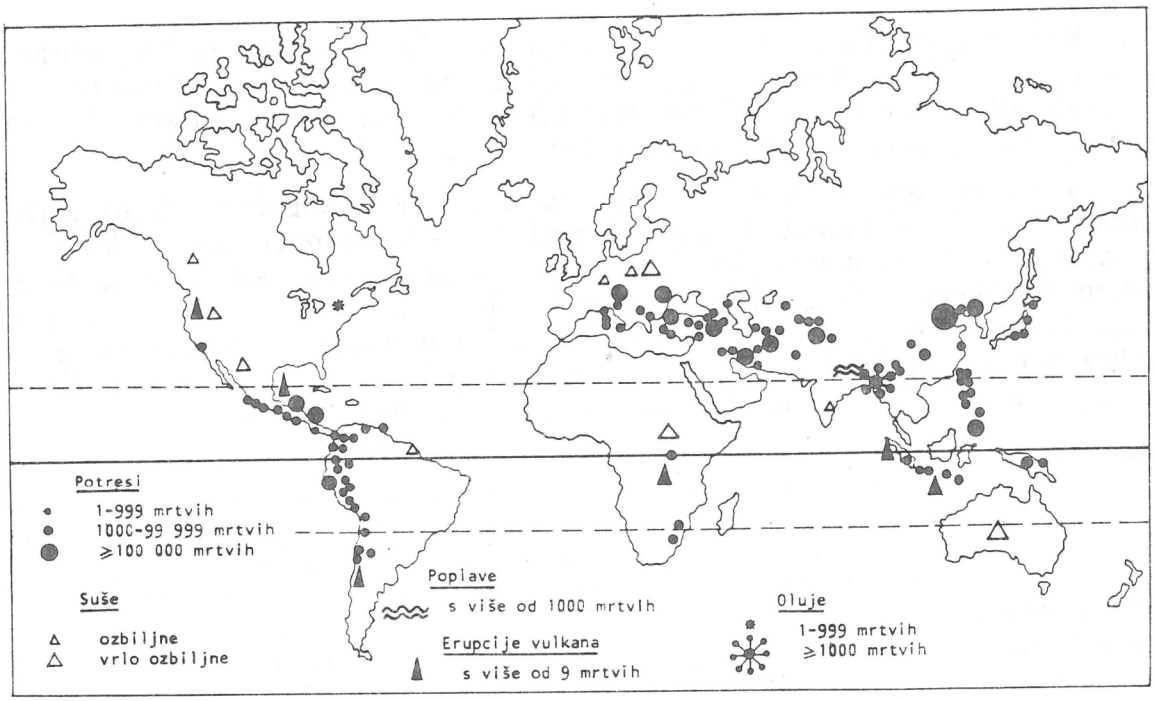
	1976-80.		1981-85.	
	('000 ha)	(%)	('000 ha)	(%)
tropska Amerika	3.807	55	4.006	56
tropska Afrika	1.319	19	1.318	19
tropska Azija	1.767	26	1.782	25
Ukupno	6.893	100	7.106	100

Izvor: Lanly (1982, str. 82)

Porast uništenja od oko 5 % je bio koban za ovo područje, dok je taj proces nastavljen istim intenzitetom samo na drugim površinama. Ako bi se nastavilo ovakvim tempom, tada bi do 2020. god., vjerojatno sve šume, koje su pristupačne, bile posječene, u zemljama u razvoju. Kao jedan primjer uništenja šuma primjećujemo gole površine na padinama Himalaja i Anda, koje uzrokuju eroziju tla, poplave te velike nanose mulja. Što se tiče drveta veći dio, u zemljama u razvoju, se upotrebljava za grijanje i kuhanje. Preko 100 mil. ljudi se obično susreće s nestašicom drveta za ogrijev. Zbog toga je hitno potrebno uvođenje alternativnih izvora energije za potrošnju u domaćinstvima. Uništenje tropskih šuma predstavlja još drastičniju destrukciju za biljni i životinjski svijet. Oko 1.000 vrsta ptica i 10 % vrsta biljaka su predviđeni da nestanu ili se unište s ekstenzijom uništenja šuma.

Kako je već kazano potrošnja po stanovniku je također indikator razvijenosti zemalja. Usprkos njihovoj relativno niskoj potrošnji energije, zemlje u razvoju su potakle jaku energetsku krizu i fluktuaciju među cijenama (Srednji Istok) i one drže do 65 % svjetske proizvodnje nafte. S druge strane 4 puta veća cijena nafte, između 1974. i 1979. god. je bila prevencija zamisli da će krajem stoljeća doći do nestašice nafte. Međutim, pad u svjetskoj naftnoj potrošnji između 1979. i 1983. god. je uvelike dao pravo da se reducira potrošnja zaposlenih industrijaliziranih država i Japana. Samo takve zemlje u razvoju su supstituirale naftu drugim energetskim izvorima kao što su vodna snaga ili alkohol.

Pored problema opskrbe vodom, zemlje u razvoju i nerazvijene zemlje najčešće su pogođene prirodnim nepogodama: potresima, vulkanskim erupcijama, poplavama i olujama, sušama, zagađenjima i eksplozijama (slika 49). Problem vode opisat će se u posebnoj točki, a u nastavku ukratko o ostalim nepodobama.



Sl. 49. Prirodne katastrofe 1970-79. (Izvor: Holdgate et al. 1982, pp. 55, 56, 201-3.)

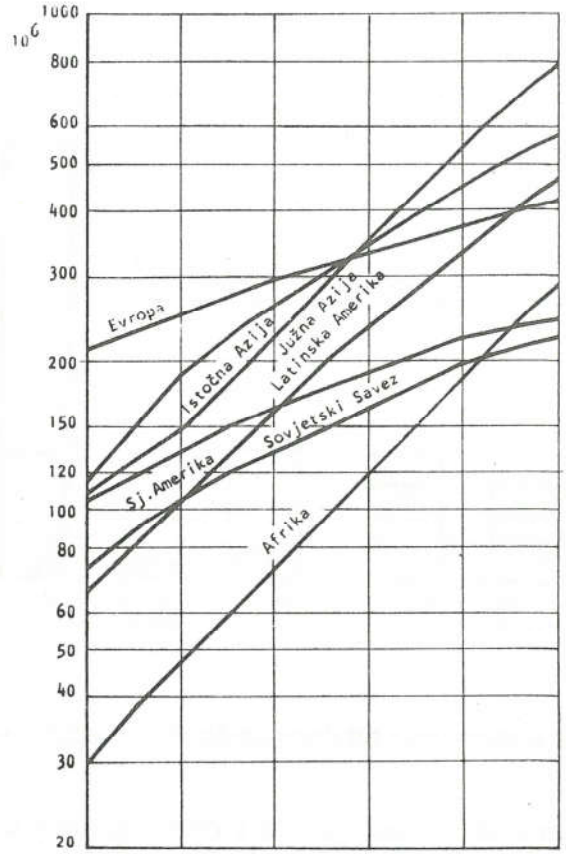
Jedan od najvećih potresa zbio se u srpnju 1976. godine. U Tangs Hangu je uzeo 24.200 ljudskih života. Preko 200.000 života je izguljeno u Bangladešu zbog tropskih oluja i velikih valova. U slučaju poplava, porast u frekvenciji i intenzitetu tih događaja može se pripisati ljudskoj aktivnosti kao što je uništavanje i odumiranje šuma na obroncima Himalaja.

Stalno prisutne suše u Sudansko-Saharskom području su ubrzale stvaranje pustinja i uzrokovale žeđ i glad, u tom području.

Ljudska naselja su sastavljena od domaćinstava, infrastruktura i društv. djelatnosti kao što su: školstvo, kultura itd. U zemljama u razvoju nedostatak kvaliteta fizičkih i nematerijalnih komponenata ljudskih naselja su ilustracija kako sirmaštvo utječe na kvalitetu okoline i životnih uvjeta. Na slici 50 prikazan je proces urbanizacije, odnosno povećanja broja urbanog stanovništva u Aziji, Africi, J. Americi. Slika prikazuje porast stanovništva u urbanim sredinama ovisno o vremenu.

Proces urbanizacije izgleda da će rezultirati prirodnim porastom gradskog stanovništva više nego migracije sa sela u grad. Procijenjeno je da će 2000. god. zemlje u razvoju imati 61 grad s više od 4 mil. stanovnika, (s prosječnom stopom rasta od 2,3-7,3 %), uspoređujući sa oko 25 sličnih gradova u razvijenim zemljama. Međutim, većina stanovništva će i dalje živjeti u selima, u zemljama u razvoju. Uz urbanizaciju ide i stvaranje urbanih naselja pri velikim gradovima (periferija - stanovi s porastom do 12 % godišnje). Procijenjeno je da trećina stanovništva živi u takvim naseljima bez sanitarnih uvjeta, čiste vode, itd. Ti stanovnici periferija (stanova) također imaju probleme s gradskim prijevozom, zdravstvom, školstvom, rekreacijom, itd. U takvim uvjetima su prostitucija i kriminal u porastu, a osim toga postoji mogućnost velikih epidemija.

Zbog klimatskih uvjeta, te zbog zagađene vode i nehigijenskih prilika gotovo da svake godine umire oko pet milijuna djece. Najčešći uzroci smrtnosti su: difterija, tetanus, TBC, boginje, glad itd.



Sl. 50. Porast gradskog stanovništva u većim regijama svijeta

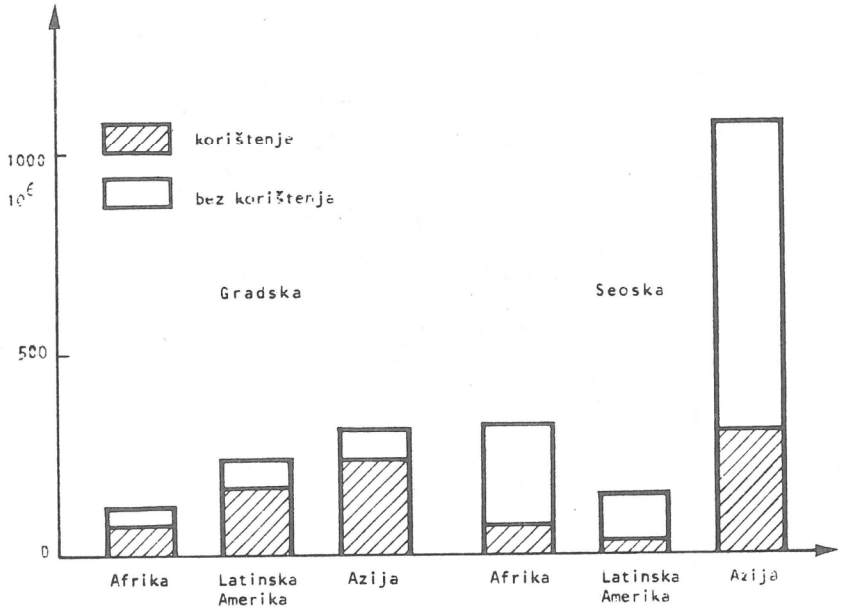
9.4 PROBLEM OPSKRBE VODOM

Manje od 1 % ukupne količine vode iz oceana je nepristupačna za ljudsku upotrebu dok je oko 80 % svježe vode u santama i glečerima. Međutim, uz sve to postoji dovoljno vode za sadašnju i buduću upotrebu. Problem je u neravnomjernoj distribuciji izvora (vode), koji "se često koriste u krivo vrijeme i na krivom mjestu". Problem vode u budućnosti može doći u pitanje ako se nastavi s kontinuiranim trendom uništavanja šuma. Svježa (čista) voda je bitan činilac u cijelom bioproduktivnom sistemu. Daleko najveći dio te vode se koristi za navodnjavanje, kao sanitanra voda i za piće.

Očekuje se da će u zemljama u razvoju doći do porasta potrošnje u te svrhe. Frekvencija navodnjavanja reducira količinu soli u tlu i može prouzrokovati širenje vodenih (močvarnih) bolesti kao što su malarija, šistosomiaze itd. Na slici 51 prikazani su relativni odnosi upotrebe vode za piće u ruralnim i urbanim sredinama zemalja u razvoju.

Naravno situacija varira od područja do područja ali isto tako varira i između država unutar jednog većeg regiona.

Osnovna deviza za korištenje vode trebala bi biti - voda svagdje gdje je potrebna, a ne samo jedna kap za piće. Jasno je da se tu podrazumijeva čista i



Sl. 51. Korištenje vode u gradskim i ruralnim sredinama zemalja u razvoju

kvalitetna voda. Kroz stoljeća su oceani, jezera i rijeke pružali čovječanstvu vodu i hranu, zatim plovne putove i postepeno postajali jedan sistem za otpatke. Nažalost, većina je postala toliko zatrovana da u njima prijeti odumiranje biljnih i životinjskih organizama.

Zbog zagađenja pitkih voda veliki broj stanovnika, posebno djece, umire od raznih zaraznih bolesti, pa se za zemlje u razvoju može kazati, da je broj pipa za vodu na određeni broj stanovnika bolji pokazatelj zdravlja nego broj bolesničkih postelja u zdravstvenim ustanovama. Da se pokaže težina situacije navodi se podatak da polovina stanovnika u trećem svijetu nema čiste pitke vode, a oko tri četvrtine nema nikakav oblik sanitarija.

Početkom ovog desetljeća (1980. godine) Ujedinjeni Narodi otpočeli su akciju za snabdjevanje stanovnika trećeg svijeta pitkom i sanitarnom vodom. Odmah se postavilo pitanje: Tko će to platiti? Tu se radi o velikim financijskim sredstvima, ali znatno manjim od sredstava koja se troše za naoružanje ili za pušenje. Normalno, da bi razvijene zemlje trebale pomoći da se barem ublaži današnja situacija.

9.5 PLANIRANJE I PRISTUPI EKOLOŠKOM RAZVOJU

Utjecaji zagađenja na sam prirodni sistem mogu razbiti biogeokemijske cikluse sistema i poremetiti sposobnost ekosistema da održi svoju ravnotežu. Zagađivači također mogu otrovati biljke i životinje, poremetiti preocese fotosinteze, i proizvesti klimatske promjene.

Sama priroda, a u posljednje vrijeme i ljudska zajednica želi održati prirodnu ravnotežu i omogućiti živim bićima zdrav i normalan razvoj. Da bi se to moglo ostvariti čovjek je počeo tražiti nova rješenja, a prije svega više se baviti planiranjem novih (budućih) ekoloških sistema.

Novi ekološko-sistemski pristup ljudskim naseljima proizlazi iz činjenice da su naselja smještena u ekološke sisteme ili ekološki sistem u naselja. Zagovara se "integrirani ekološki pristup" analizi i planiranju sistema ljudskih naselja, uzimajući u obzir tokove energije i materijala kroz sistem kao i ljudske biološke, sociološko-kulturne, ekonomske i psihološke dimenzije sistema.

Prirodni i od ljudi načinjeni ekološki sistemi viljivo se razlikuju, ipak, u svojim ciljevima i sredstvima postizanja tih ciljeva gotovo su identični. Ljudske vrijednosti i percepcije izražene su društvenim potrebama kao što su ljubav, rad, sudjelovanje u zbivanjima itd. Suprotno od genetskog, kulturni način pohranjivanja, prenošenja i primjene informacija također pridaje jedinstvene značajke društvenim sistemima. Psihosocijalne potrebe, zajedno s rastućim znanjem i tehnologijom proizvode razne oblike socijalnog ponašanja, od agresivnog do altruističkog preko indiferentnog. U nekoj mjeri također ti uzroci ponašanja mogu se naći i u neljudskoj zajednici. Ipak, snažna nezavisna sposobnost koju je ostvarila ljudska domišljatost, može proizvesti utjecaje i na ljudske i neljudske sisteme, a koji daleko nadmašuju sile razvoja i razaranja u prirodi. Gore navedeno daje prilično statičnu sliku čovjekove interakcije s ekološkim sistemima.

Čovjek je zainteresiran za održavanje takvih ekoloških sistema koji mogu akumulirati organsku tvar i biomasu, a pri tome dati visoku stopu produkcije.

On zato vodi strategiju maksimalne produkcije, što je u suprotnosti - i zapravo u sukobu - sa strategijom maksimalne protekcije i adaptacije u prirodi.

Održavanje ekološkog sistema u stanju visoke produktivnosti (npr. usjeva) zahtijeva veliku pomoćnu energetsku potporu u raznim oblicima kao što su gnojiva, goriva za strojeve, navodnjavanje, genetska selekcija ili kontrola i suzbijanje štetočina. Ako se tim zahtjevima ne može udovoljiti, produktivnost poljoprivrede u smislu težine uroda, kaloričnog sadržaja i proizvodnje neke tvari će se smanjiti prije nego povećati. Takvi su se procesi često odigrali, naročito u zemljama u razvoju koje su pokušale mehanizirati poljoprivredu bez skupe energetske potpore. Pokazati kako se prirodna strategija ekološke sukcesije može pomiriti sa čovjekovom strategijom maksimalne proizvodnje, radi razvoja, je glavni izazov novog koncepta ekološkog razvoja. Upotreba zdravih "ekoloških tehnika" obzirom na okolinu igra odlučnu ulogu u tom harmoničnom pristupu ekološkom sistemu.

Mnogi udari na ekološke sisteme proizlaze iz djelovanja sociološko-ekonomskog razvoja. Ekološki kriterij (zahtjev) prema tome, mora biti uveden u politiku i planiranje razvoja. Ekološki kriterij je uvijek bio primijenjen u tradicionalnim agrarnim društvima koja su blisko povezana s ritmom i produktivnošću privrede. Dobar primjer potpune identifikacije plemenskih društava s njihovom fizičkom okolinom, te njihovog uspješnog rukovođenja s dobro izbalansiranim ekološkim sistemom, su ručno izrađena rižina polja na terasama strmih obronaka planina na Filipinima, te nomadskim stočarstvom u polusuhim neplodnim područjima. Svjesni tih ekoloških uspjeha i važnosti ekoloških faktora u razvojnom procesu, novi koncept planiranja ekorazvoja će biti zastupan, na regionalnim i lokalnim razinama u skladu s potencijalima sadržanim u području, s pažnjom na adekvatno i racionalno korištenje prirodnih izvora, i na primjenjivanje odgovarajućih tehnologija itd. Takav pristup sugerira novi "ekološko-regionalni" pristup planiranju razvoja izričito s obzirom na ekološko i sociološko-kulturno prebivalište. U tom se smislu pojam ekološkog razvoja kako je ovdje upotrijebljen, odnosi na dobro definiranu ekološku regiju. Ovaj se izraz ponekad upotrebljava kao sinonim za zdrav razvoj okoline, bez obzira na geografske (lokalne, nacionalne, međunarodne) granice na koje bi se društveno-ekonomsko planiranje i planiranje okoline trebalo primijeniti.

Koncepcija planiranja ekološkog razvoja trebala bi biti temeljena na slijedećim postavkama:

- razvoj dobara radi zadovoljenja ekološkog sistema
- razvoj zadovoljavajućeg ekološkog sistema
- racionalna upotreba prirodnih bogatstava u solidarnosti s budućim generacijama
- upotreba alternativnih procesa proizvodnje koji ne ugrožavaju okolinu
- upotreba alternativnih izvora energije, gdje god je to moguće i ekonomski opravdano
- razvoj i upotreba novih tehnologija koje će manje zagađivati okolinu
- osnivanje organa vlasti koji bi osigurali sudjelovanje dotičnog stanovništva u sprečavanju zagađenja i očuvanju postignutih pozitivnih rezultata ekološkog razvoja
- pripremno obrazovanje koje bi stvorilo društvenu svijest o ekološkim vrijednostima u razvoju.

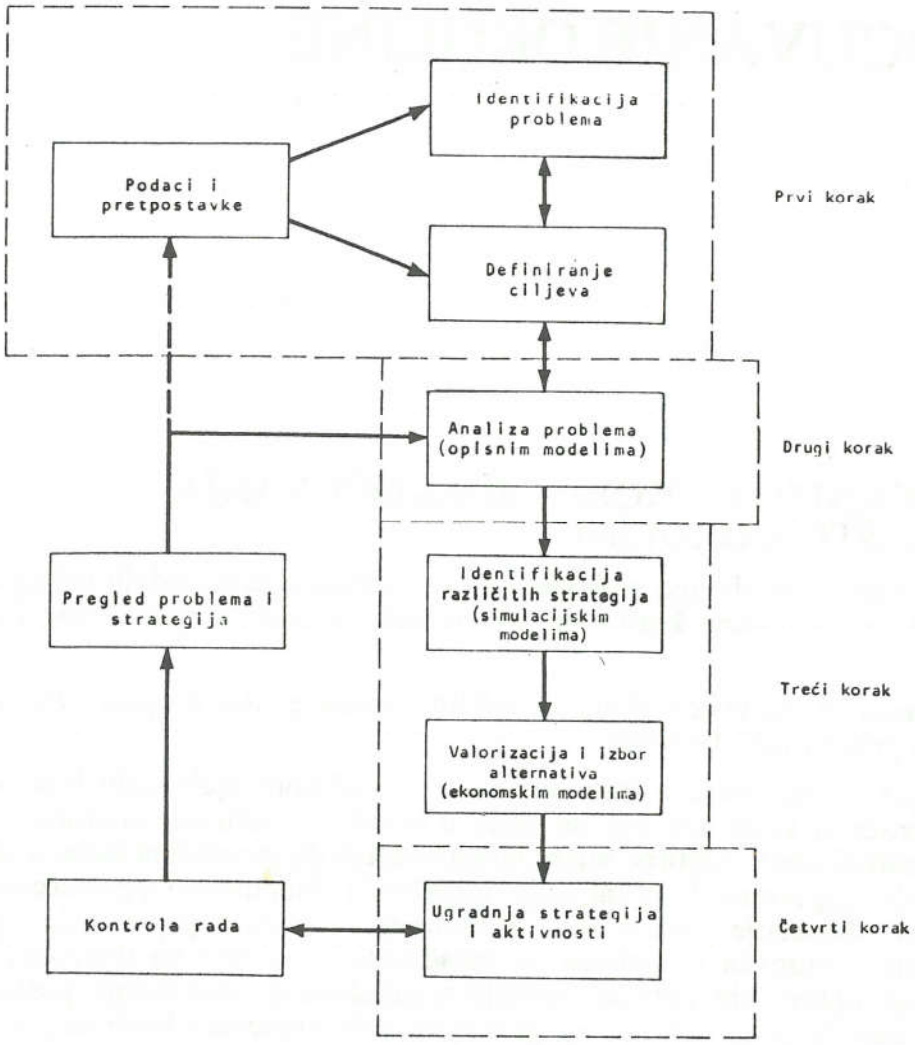
Na slici 52 prikazana je jednostavna shema općeg procesa planiranja razvoja ekološkog sistema uz uvažavanje različitosti karakteristika na pojedinim razinama planiranja.

Jednostavan model općeg procesa planiranja je upotrijebljen da bi se analizirala uloga karakteristika ekorazvoja na različitim stupnjevima planiranja.

U početnim fazama, kad su problemi uočeni i odgovarajući ciljevi za njihovo rješenje formulirani (prvi korak), ekološki razvoj se koncentrira na vrijednosti i zapažanja lokalnog stanovništva. U početku se zagovaralo na oslanjanje na vlastite snage lokalnog stanovništva tako da bi način i tempo razvoja odredili ljudi koji su najugroženiji. Međutim, ovaj je pristup u mnogome previdio političku realnost snažnih vanjskih struktura, što znači ovisnost lokalnih zajednica o "vanjskim" ustanovama koje kontroliraju pravo na posjed, trgovačke kanale, zakon i red.

Ipak se treba nadati da će lokalne ustanove imati dovoljno snage da izbore jaču pregovaračku poziciju u susretu i kontaktima sa centralnim vlastima. Na najopćenitijoj razini malo je razilaženja u tome da ekološki razvoj treba težiti k temeljnom cilju da poveća ljudsko blagostanje. Međutim, sukobi nastaju onda kada se moraju specificirati konkretni ciljevi za razne skupine zagađenja, različite vremenske intervale (kratko, srednje i dugoročno) i za razne ekološke sisteme i njihove komponente (resursi, procesi i organizmi). Do određene mjere, proturječja se mogu prevladati kroz poboljšanu komunikaciju posredstvom sudjelovanja u planiranju. U drugom koraku provodi se daljnja analiza da bi se odredili problemi okoline na lokalnoj razini, tj. međusobni odnosi između aktivnosti i njihovih učinaka i posljedica na ekološke i lokalne ekonomske i društvene sisteme. Za tu svrhu dijagram predlaže opisno modeliranje. Tu se može dogoditi da je potrebna povratna sprega od te analize u prethodni korak zbog preispitivanja i revizije ciljeva. Glavna svrha analize provedene u drugom koraku je, da u trećem koraku proizvede informacije za identifikaciju i izbor strategija za rješavanje problema. U tom kontekstu razvijeni su razni modeli za predviđanja i za evaluacije. Do određene mjere razlika između opisanih modela, modela za predviđanje i evaluacijskih modela je proizvoljna. U mnogo slučajeva modeli koji se odnose na prirodnu okolinu najčešće kombiniraju karakteristike sve tri kategorije modela.

Prije nego se odabrane strategije mogu provesti (četvrti korak u planiranju), moraju se prevladati znatni organizacijski problemi koordinacije između različitih



Sl. 52. Shema općeg procesa planiranja

sektora i između lokalnih regionalnih i nacionalnih političkih institucija. Kad se provode strategije i aktivnosti ekološkog razvoja, učinci tih operacija moraju se nadzirati (peti korak) radi povratne sprege s tekućim aktivnostima koje se provode u četvrtom koraku i radi generalnog preispitivanja problema i strategija koji se provode u šestom koraku. Takvo preispitivanje može dovesti do nove procjene problema prirodne okoline, zatvarajući na taj način ukupnu petlju povratne veze procesa planiranja u drugom koraku.

10. OČUVANJE OKOLINE

10.1 OPĆENITO O PROBLEMIMA OČUVANJA I ZAŠTITE OKOLINE

Pod zaštitom okoline podrazumijeva se održavanje prirodnih uvjeta i ravnoteže u biosferi uz racionalno korištenje svih resursa u procesu privrednog i društvenog razvoja.

Danas se još uvijek gleda na zaštitu okoline preko propisa i zaštitnih mjera, koji se po prilici ovako tretiraju.

Opterećenje okoline ima svoj izvor u ljudskom djelovanju koje se odvija u obliku uzročnog lanca sve dok ne dođe u sukob sa zaštitnim mjerama, ovisnima o opteretivosti okoline. Zaštitne mjere imaju zadatak da sprečavaju štete, a sastoje se od ograničenja dopuštene koncentracije zagađivača (dopušteno opterećenje okoline), osiguranja disperzije emitiranih zagađivača, ograničenja emisije, poboljšanja tehnoloških postupaka s obzirom na zagađivanje, prijelaza na privredne djelatnosti koje manje opterećuju okolinu, promjena prostornog razmještaja postrojenja koja uzrokuju zagađenje te ograničenja potrošnje onih proizvoda kojih se proizvodnja ne može prilagoditi postavljenim zaštitnim zahtjevima.

Kao mjerilo za normativno utvrđivanje kvalitete okoline danas se smatra da je najpogodnije odabrati dopuštenu gornju granicu koncentracije zagađivača jer ona najbolje izražava stanje okoline. Posljednja mjera, ograničenje proizvodnje, dolazi u obzir kad je već ustanovljena pojava šteta. Do takve mjere ne bi trebalo ni da dođe jer se mora tako voditi politika zaštite okoline da se štete ne pojave.

Današnje rasprave o zaštiti okoline pokazuju da ono što se jasno ne shvaća u mnogim javnim istupima i diskusijama o današnjoj ekološkoj krizi je da se promijenila sama priroda problema, da je propadanje okoline direktno povezano s propadanjem društva ili bolje kazano njegove postojeće socijalne strukture. Iz toga slijedi, da propadanje okoline i ekološka katastrofa ne mogu biti otklonjeni propisima i kontrolom zagađenosti (mogu biti djelomično riješeni), koji se odnose na izvore zagađenosti, nego prijedlozi rješenja moraju za sobom povlačiti dalekosežne promjene u društvu tj. u odnosu čovjeka prema čovjeku, a samim tim i čovjeka prema prirodi.

Iz naprijed navedenog proizlazi, a kako je u ranijim poglavljima opisano, da se danas suočavamo ne samo s trenutnim zagađivačima okoline nego s takvim zagađivačima koji mogu ostati desecima do tisućama godina (radioaktivnost, kemijski spojevi), pa je radi toga potrebno, kad se radi o zaštiti okoline, dati naglasak na društvo. Pored navedenih dugotrajnih zagađivača, postoje i zagađivači čija aktivnost

nije dugog vijeka, ali posljedice njihova djelovanja mogu biti katastrofalne. Samo prije nekoliko desetaka godina predstavljao bi apsurd označavanje sumpornog i ugljičnog dioksida, te otpadne topline opasnim zagađivačima okoline. Ipak, ovi zagađivači se danas svrstavaju među najopasnije zagađivače. Sumporni dioksid prouzrokuje kisele kiše čije su posljedice već detaljno opisane. Ugljični dioksid preko "efekta staklenika" može dovesti do promjene klime, a samim tim do nesagledivih posljedica za život na Zemlji. Prekomjerna otpadna toplina može prouzročiti katastrofalne posljedice na ekologiju rijeka, jezera i mora u neposrednoj blizini ušća rijeka.

U ekološkoj krizi s kojom se društvo danas suočava na kocki je sama sposobnost Zemlje da održi razvijene forme života. Kriza se oblikuje ogromnim povećanjem oblika zagađenja zraka i vode; sve većom akumulacijom otpadaka koji se ne rastvaraju, olovnog taloga, pesticidnih ostataka i otrovnih dodataka u hrani; ekspanzijom gradova u široke urbane pojaseve; povećanim brojem stresova zbog prenapučenosti, buke i življenja u masi; neodgovornim trošenjem prirodnih dobara, sječe šuma itd.

Iz navedenoga slijedi, da suvremeno društvo uništava sve što se vjekovima stvorilo organskom evolucijom. Ako se taj proces ne zaustavi, Zemlja može biti reducirana na razinu biološko-tehničke jednostavnosti na kojoj se čovječanstvo (koje ovisi o hrani na tlu i u vodi) neće više moći dugo održati kao vrsta sposobna za život.

To vrijeme ovisit će u mnogome o spremnosti čovjeka za poduzimanje radikalnijih mjera u planovima razvoja za očuvanje okoline. Jedan dobar dio moći će se riješiti novim tehnologijama, a drugi dio mora se riješiti promjenama u shvaćanju i poimanju čovjeka o mogućnosti i potrebi življenja svih ljudi na Zemlji. Ta nova tehnologija mora biti prilagođena ekološkim zahtjevima i mora biti stavljena u službu smišljenih ljudskih potreba, da proizvodi neophodno potrebna dobra i da u dobrom dijelu koristi, reciklira, otpatke u okolini.

Neki znanstvenici vjeruju da će kontinuirani znanstveni i tehnološki razvoj potpmognut zakonima tržišne privrede uz adekvatno podizanje ekološke svijesti omogućiti s jedne strane odgađanje kroz dulji period fizičkih granica rasta odnosno postepeno prilagođavanje tim granicama. Nasuprot tome, drugi tvrde da je situacija mnogo ozbiljnija nego većina to želi priznati, da su ograničenja u znanstvenoj i tehnološkoj sferi (odnosno mogućnost primjene znanstvenih i tehnoloških izuma u rejšavanju tekućih problema) već nastupila, te da su se mehanizmi tržišta i slični regulatorni mehanizmi već pokazali problematičnim.

Uvođenje novih tehnologija nosi u sebi i rizik za ljude i za ljudsku okolinu. Isto tako, barem općenito gledajući, tehnološki napredak povećava ekonomsku m:: društva čime se stvaraju neophodni materijalni uvjeti za smanjenje štetnih ekoloških posljedica.

Pristup normativnom (tehnološko-ekonomskom) rješenju polazi od tri pristupa u analizama koristi i šteta pojedinih ekoloških rješenja. Prvi pristup polazi od toga da je svaki poremećaj u okolini izazvan ljudskom aktivnošću apriori štetan, jer mijenja ravnotežu u prirodi. Ovakav stav, makar u osnovi ispravan, ne uzima u obzir činjenicu da je ljudska aktivnosti (djelatnost) osnova ljudske materijalne i duhovne egzistncije, te da je i čovjek sa svojim djelovanjem također dio ekološkog sistema.

Drugi pristup traži izbjegavanje štetnih utjecaja na okolinu, a dozvoljava ili čak i podržava različite korisne kativnosti neovisno o poremećajima koji se time u okolinu unose. Ovakav pristup je u osnovi pragmatičan, jer polazi isključivo sa stanovišta čovjeka, makar je često vrlo teško povući granicu između korisnog i štetnog

poremećaja. Subjektivizam u ocjenjivanju je vrlo čest posebno ako proces donošenja ocjene iziđe iz stručnih okvira i postane dio aktivnosti javnosti.

Treći pristup polazi u osnovi od prvoga, ali s bitnom razlikom što prihvaća ekološke poremećaje kao nužnost ekonomskog i privrednog razvoja koji je osnova društvenog razvoja općenito. Istovremeno privredni i ekonomski razvoj se smatra nužnim preduvjetom u kompleksnom pristupu problemu zaštite okoline. Bitna značajka tog pristupa je neodvojivost i uzajamna povezanost ekonomskih i ekoloških parametara. Svaka aktivnost u okolini ima određene posljedice, ("ekološku cijenu"), koje se mogu smanjiti jedino uz dodatne troškove.

Treći pristup čini se najprihvatljivijim i najčešće primjenjivanim što pokazuje činjenica da je većina razvijenih zemalja već ušla u period u kom se znatan dio dohotka mora odvajati za smanjivanje onečišćenja okoline, te čuvanje prirodnih resursa. Približava se, generalno gledajući, vrijeme kad će biti potrebno trošiti više novca, energije i društvenog rada da bi se dobila ista ili čak manja količina korisnog proizvoda. Nadalje, svako novo tehnološko rješenje traži dodatne resurse, proizvodi nova onečišćenja i troši dodatnu energiju, te je tako svaki dodatni privredni rast opterećen sa sve više neproduktivnih kontrolnih mjera.

Međutim, sve zemlje, jamačno neće jednako ili bar ne u isto vrijeme osjetiti ovaj problem, nego će najprije biti pogođene uglavnom razvijene zemlje, koje će novim tehnologijama, prebacivanjem starije industrije u nerazvijene zemlje, te kupnjom prirodnih dobara, pokušati i vjerojatno odgoditi zasićenje zagađenja okoline, što potvrđuju primjeri Velike Britanije i SAD.

Nerazvijene zemlje mogle bi izbjeći zasićenje čuvanjem resursa, razvojem vlastitih tehnologija (jasno na temelju stranih tehnoloških dostignuća), te optimalnim ulaganjem u zaštitu okoline.

Nažalost, situacija u nerazvijenim zemljama, pa čak i u većini zemalja u razvoju je upravo obrnuta. Strateški resursi se neracionalno troše i štoviše maksimalno izvoze. Udio vlastite tehnologije pada, a sredstva za zaštitu i unapređenje okoline i prirodnih resursa su nedostatna i često se neracionalno troše.

Na temelju naprijed kazanoga, neophodno je, dakle, prije određivanja ekoloških kriterija napraviti detaljnu analizu mogućnosti društvene zajednice da plati određenu cijenu za smanjenje štetnih poremećaja u okolini. Ta cijena ne smije biti tako visoka da postane kočnicom daljeg privrednog rasta, ali niti preniska tako da ekološki poremećaji postanu kočnicom tog istog rasta. Pritom je nužno ispravno usmjeriti raspoloživa sredstva u ona područja gdje će se postići najveći pozitivni efekti. To treba biti osnovni putokaz za planiranje razvoja privrede u cjelini. Kod takvog se pristupa glavni problemi svode na izbor kriterija koje treba primijeniti u alokaciji raspoloživih sredstava za zaštitu i unapređenje čovjekove sredine kao i metoda koje pritom treba upotrijebiti.

Uzrok gotovo svim problemima je u činjenici da je za donošenje ispravnih odluka neizbježna usporedba različitih tipova rizika odnosno šteta po okolinu, a to je moguće jedino ako su oni izraženi s istim fizičkim jedinicama i također, ako se tim fizičkim jedinicama može pridijeliti odgovarajuća cijena. Međutim, kako većina parametara u takvoj analizi kao npr. ljudsko zdravlje ili život, estetske vrijednosti, prirodne ljepote i sl. nisu obično predmet kupovine ili prodaje na tržištu, krajnji je rezultat obično neprincipijelan i subjektivan, a metode koje se u takvim slučajevima koriste često problematične.

Čini se da je mnogo praktičnije i etički prihvatljivije u takvim situacijama tražiti odgovor na pitanje slijedećeg tipa: Kolika je društveno opravdana protuvrijednost jediničnog utjecaja na okolinu? Ako je utjecajni parametar npr. imisije sumpornog dioksida pitanje se može konkretizirati: Koliko je određena društvena zajednica spremna platiti za jedinično sniženje imisije sumpornog dioksida? Kao i svagdje u prirodi, veliki skokovi nisu mogući bez štetnih posljedica, pa nisu ni racionalni. Višegodišnje zanemarivanje ekoloških tema plaća se s kamatama, ali jednako tako prevelike pretenzije nisu ništa manje opasne.

Zbog toga glavni cilj u pristupu problemima zaštite života i zdravlja ljudi i čovjekove okoline treba biti racionalna alokacija sredstava za zaštitu okoline. Ona se moraju uložiti ondje gdje se postižu najveći pozitivni efekti. To se može postići samo na temelju rezultata stručno provedenih tehničko-tehnološko-ekonomskih analiza. Uloga javnog mnjenja se pritom ne smije zanemariti.

Neki su ljudi zabrinuti - i vjeruju u najgore - kada se u naslovima novina pojave neslaganja među stručnjacima. Ali od javnosti se ne traži da prihvati prekomjerne rizike od beskrupuloznog društva stručnjaka. Činjenica da se ponekad pošteni istraživači ne slažu samo pokazuje da znanstvenici rade kako najbolje znaju i umiju da bi razumjeli prirodne pojave, a ne da jedan dio njih pokušava zamazati oči javnosti.

Svi su ljudi suočeni s rizicima u svakodnevnom životu. Neki od tih rizika se mogu izbjeći (na primjer, da se čovjek ne bavi opasnim sportom) a druge smanjiti (recimo, da prestane pušiti). Međutim, nemoguće je eliminirati sve rizike.

Neki rizici su nametnuti pojedincima od strane društva u kojem žive. Upotreba ugljena, nafte ili nuklearne energije za prozvodnju električne energije, na pr., stvara određene rizike od kojih se ne može pobjeći, te druge koji se mogu smanjiti mjerama kontrole zagađenja. Općenito, društvo prihvaća takve rizike, uravnotežujući ih korisnošću elektriciteta kao oblika energije. Glavni rizik s kojim je pojedinac suočen jest taj da će njegova izloženost karcionogenim zagađivačima - od kojih je radioaktivnost samo jedan od mnogih - stvarno izazvati rak. Ovo nije, međutim, jedini mogući učinak izloženosti zagađivačima. Bolesti dišnih organa se pogoršavaju izlaganjem oksidima sumpora i dušika te ostalih tvari iz termoelektrana na ugljen, i iz domaćih peći, ubile su desetke tisuća ljudi (samo u Londonu "smog" je bio odgovoran za smrt oko 6000 ljudi između 1950. i 1962.). Takve se emisije sve više smatraju krivcem kao uzročnici "kiselih kiša"

Dakako, mora čovjek znati kojim je rizicima izložen i koliko je svaki od njih važan. Smatra se, na pr., da dim cigarete i kemijski zagađivači u atmosferi industrijskih gradova uzrokuju oko 25 posto svih fatalnih oboljenja od raka; drugih 35 posto može se pripisati prehrani, a 20 do 30 posto ostalim uzrocima iz okoline. Veliki dio, možda 90 posto, povećane smrtnosti od raka pluća tijekom prošlih 50 godina može se pripisati pušenju cigareta. Preostalih 10 % mogu uzrokovati drugi atmosferski zagađivači kao što su ispusti iz domaćih i industrijskih dimnjaka, ispušni plinovi iz automobila, prašina i dim od gumenih proizvoda asfalta, boja, industrijskih kemikalija i tako dalje. Zračenje može samo vrlo malo pridonijeti svemu gore navedenom.

Na temelju navedenoga u ovom dijelu, može se kazati da čovjek mora savladati uvjete života da bi i sam preživio.

10.2 ZAŠTITA ATMOSFERE OD PLINOVITIH ZAGAĐIVAČA

Na početku se odmah postavlja pitanje: Koliko se može ispustiti štetnih materija (zagađivača) u okolinu, a da ona ne bude ugrožena?

Samo vrlo ograničene količine štetnih materija (zagađivača) mogu se emitirati u okolinu, a da ne budu ugrožena prirodna dobra i kulturna baština, odnosno stalno se moraju imati u vidu saznanja prema kojima nema bezopasnih količina štetnih materija.

Budući da okolinu moramo sačuvati za buduće generacije, tada se pred čovječanstvo postavlja zadatak da koristi prirodna dobra tako da se ne ugrozi budućnost odnosno da se osiguraju uvjeti za egzistenciju budućih generacija.

Da bi se takvi uvjeti ostvarivali potrebno je:

- da se proizvodnja i emitiranje u prostor štetnih materija iz energetskih i iz svih drugih izvora ograničava na količine koje neće ugrožavati zdravlje, ekološke odnose u prirodi i kulturnu baštinu,
- da se čuvaju prirodne vrijednosti okoline, posebno flora i fauna, i njene znamenitosti i rijetkosti od svih oblika uništavanja i neracionalnog korištenja,
- da se u što većoj mogućoj mjeri poboljšava kvalitet životne sredine i da se obogaćuju njena dobra.

Akutnost problema zagađivanja okoline dovoljno potvrđuje sadašnja razina i daljnji porast emisije svih vrsta zagađivača iz energetskih i drugih postrojenja.

Privredni i ekonomski razvoj traže pak izgradnju energetskih i industrijskih postrojenja, dok svaki čovjek traži i želi viši standard življenja, a to je neminovno praćeno negativnim posljedicama i promjenom kvalitete okoline.

Da bi se uspostavila ravnoteža ovih konfliktnih odnosa razvoja i okoline u toku planiranja pojedinih razvojnih aktivnosti neophodno je sprovesti postupak ocjenjivanja mogućeg utjecaja planiranog postrojenja i razvojnih aktivnosti na okolinu. Pri tome su osnovni zadaci:

- predviđanje očekivanih promjena u okolini
- određivanje veličine utjecaja i opsega zahvaćenog prostora
- utvrđivanje značaja pojedinih promjena.

Na temelju ovakve analize donosi se program mjera zaštite okoline u prvom redu najbitnijih komponenti u smislu ograničenja zagađivanja, plinovitim, tekućim i krutim zagađivačima okoline. Ograničenja se mogu postići izborom tehnologije, izborom goriva i ložišta, kvalitetom izgaranja, dimnjacima i bakljama, te različitim fizikalno-kemijsko-biološkim postupcima.

Zaštita okoline od zagađivanja provodi se u dvije etape i to:

- pripremom, izborom lokacije, projektiranjem, izborom tehnologije, izgradnjom i kontrolom izgradnje
- eksploatacijom, održavanjem i kontrolom procesa.

Planiranje izgradnje, izbor tehnologije itd., mora danas itekako voditi računa o zagađenju okoline i mora se raditi u duhu propisa koji u sebi sadržavaju zaštitu okoline. U koliko pojedina zemlja nema propise o zaštiti okoline, ona će se poslužiti propisima zemlje u kojoj su slične prilike ili će modificirati (prilagoditi) propise neke druge zemlje brojnim prilikama, pri čemu se često to ipak ne dešava nego se primijene propisi dotične zemlje. Međutim, ovdje je potrebno naglasiti da zaštita

okoline traži velika financijska sredstva, a to sa sobom nosi rizik ulaganja sredstava. Naime, u sadašnje vrijeme problem je, izgleda, sve više lociran u nerazvijene zemlje i zemlje u razvoju. Ove prve su još uvijek manje izložene tehnološkim rizicima, jer u tim zemljama osnovni egzistencijalni problemi i prirodne nepogode predstavljaju glavne rizike. Naprotiv, zemlje u razvoju su već dostigle onu tehnološku razinu koja sa sobom nosi značajne rizike, a istovremeno uglavnom nisu u stanju financirati do potrebne razine aktivnosti vezane uz njihovo smanjivanje. Zbog toga su u tim zemljama rizici inherentno viši, barem općenito gledajući, i barem u većini aspekata, nego u razvijenim zemljama.

Druga karakteristika zemalja u razvoju je manja ili veća tehnološka ovisnost. Transferom tehnologije iz razvijenih zemalja ponekad se automatski prenose i kriteriji vezani uz zaštitu okoline koji uvijek ne moraju biti prikladni za zemlju recipijenta tehnologije. Zbog toga dolazi i do donekle apsurdnih situacija da ove zemlje plaćaju visoku cijenu za redukciju rizika u jednom području, a s druge strane nisu u stanju platiti ni minimalnu cijenu za daleko veće rizike na drugom području. Doduše, mnogo je češći obrnuti i uglavnom nepovoljniji slučaj, tj. da se u zemlje u razvoju transferiraju upravo one tehnologije koje u razvijenim zemljama nisu više rentabilne dijelom vjerojatno i zbog prevelikog utjecaja na okolinu i drugih rizika koje sa sobom nose. Zbog toga smanjenje rizika i pored najbolje volje često nije jednostavno. Ono, između ostaloga, zahtijeva u pravilu značajne tehnološke promjene i velika sredstva. Ipak, i pored toga dosta se može napraviti ispravnim usmjeravanjem sredstava u ona područja gdje će se postići najbolji rezultati. To je jedna od osnovnih pretpostavki za optimalno planiranje velikih energetskih i privrednih kompleksa kao i većih gradskih i urbanih područja u cjelini. Pri tom se obvezno postavljaju pitanja kriterija koje treba primijeniti u alokaciji sredstava za potrebe zaštite i unapređenje okoline kao i metoda koje pri tome trebaju biti korištene.

Na temelju dosadašnjih iskustava, može se tvrditi da su ipak ulaganja u većini slučajeva, mjere za sprečavanje zagađivanja okoline iz energetskih izvora mnogostruko isplativa jer donose velike koristi po osnovu smanjivanja zdravlja stanovništva, smanjivanja šteta na prirodnim i radom stvorenim dobrima, po osnovu vraćanja u proizvodnju velikih količina otpadnih materija kojima se sada zagađuje prostor, po osnovu razvoja proizvodnje uređaja za kontrolu i sprečavanje ispuštanja u okolinu štetnih materija itd.

Plinovi zagađivači nastaju uglavnom pri izgaranju goriva na ložištima u industrijskim i energetskim postrojenjima, te u domaćinstvima. Pored izgaranja (krutih, tekućih i plinovitih) goriva na ložištima velika količina plinovitih zagađivača javlja se kod izgaranja tekućih goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem, te jedan manji dio javlja se kod industrijskih procesa i kod manipuliranja određenim vrstama goriva.

Sastav plinova izgaranja ovisi u prvom redu o gorivu koje izgara (njegovom sastavu i kvaliteti), zatim o potpunosti izgaranja, stručnom vođenju pogona itd. U prethodnim poglavljima opisani su svi postupci nastajanja plinovitih zagađivača okoline i njihov posredni i neposredni utjecaj na okolinu. Među najvažnije plinovte zagađivače okoline ubrajaju se: sumporni dioksid (SO_2), ugljični oksidi (monoksid CO i dioksid CO_2), dušični oksidi (NO_x), ugljikovodici (C_nH_m) i dimni plinovi različita sastava.

Količina plinovitih zagađivača, dakle, ovisti će, kao i njihov sastav, o kapacitetu prerade (količini), o sirovini (gorivu), vrsti i složenosti tehnološkog procesa (potpunosti izgaranja), te o stupnju vođenja i održavanja procesa.

Kako je već rečeno, zagađenje vezano za razvoj mora biti načinjeno od početka (planiranja i projektiranja) do kraja (izvedbe), provedeno po pozitivnim propisima, pa će se radi toga u nastavku govoriti o zagađenju uvjetovanom korištenjem postojećih izvora zagađivanja.

Plinoviti zagađivači (spojevi sumpora, spojevi ugljika, spojevi dušika, ugljikovodici i dim) moraju se, zbog postojanja potrebe očuvanja okoline dovesti na određenu razinu, kontrolirati i eventualno svoditi (dovesti) do dozvoljene doze. Da bi se to moglo učiniti mora postojati kontrola emisije na izlazu iz postrojenja. Pored utvrđivanja emisije na izlazu iz postrojenja, potrebno je imati kontrole u samom postrojenju (na pr. kontrola izgaranja ili kontrola u pojedinim etapama destilacije), te kontrolu unutar radnih prostorija. Naime, kad se govori o zaštiti okoline, pod okolinom se obično podrazumijeva šire područje (grad, regija ili država), pa se veoma često zaboravi da je okolina, i to prva, ona u neposrednoj blizini čovjeka, a posebno onih ljudi (radnika) koji rade u neposrednoj blizini izvora koji zagađuju okolinu. O njihovim radnim (fizičkim i psihičkim sposobnostima) u mnogome će ovisiti zagađenje bliže i šire okoline. Zadatak je svih, od naredbodavaoca do neposrednih izvršitelja u procesima zagađivača okoline, da poduzmu odgovarajuće mjere za smanjenje štetnih emisija.

Kontrolu zagađivača relativno je lako ostvariti u velikim industrijskim i energetskim postrojenjima, dok ju je gotovo nemoguće ostvariti u malim individualnim ložištima. U skladu s tim razvili su se i postupci za smanjenje pojedinih zagađivača.

Uklanjanje sumpora ili njegovo svođenje u dozvoljene granice svakako je najveći ekološki problem vezan uz razvoj energetske industrije. Sumporni spojevi zastupljeni su u zagađivačima u velikim količinama raznovrsni su i njihove mogućnosti širenja vrlo su velike, a što je već opisano u prethodnim poglavljima.

Za odsumporavanje u energetskim i industrijskim postrojenjima razvili su se različiti postupci, a u suštini se dijele na suhi i mokri postupak. Postupci se međusobno razlikuju prema vrsti apsorbera. Tako u suhim postupcima, koji se najčešće primjenjuju, su apsorberi vapno i aktivni ugljen.

U skladu s cijelom koncepcijom knjige, u nastavku će se dati samo elementarna obilježja pojedinog postupka, a neće se ići u detaljan opis fizikalno-kemijskih reakcija.

Suhi proces s apsorberom negašenim vapnom teče tako da se raspršenom suspenzijom ispiru plinovi. Pri kontaktu sa suspenzijom stvaraju se i odvajaju sumporni dioksid (SO_2), klorovodik (HCl) i fluorovodik (HF). Njihovo odstranjivanje može se postići ovim postupkom i preko 90 %. Nedostatak ovog postupka je što se nastali produkti ne koriste nego se deponiraju, a prednosti su mu da nema otpadnih voda i da nije potrebno veliko zagrijavanje, jer se izlazni plinovi samo malo hlade. Kod suhog procesa gdje se kao apsorber upotrebljava aktivni ugljen nije potrebno zagrijavati izlazne plinove, postiže se veoma visok stupanj odsumporavanja, mogu se postaviti uređaji za odstranjivanje dušičnih oksida, a stvaraju se otpadne vode. Postupkom se mogu dobiti sumporni dioksid u plinovitom i tekućem stanju, te sumporna kiselina.

Kod mokrog postupka koji se primjenjuje za redukcije plinovitih zagađivača kod termoelektrana kao apsorber upotrebljava se gašeno vapno ili krečnjak. Ovdje je potrebno naglasiti da se apsorpcija i oksidacija mogu provoditi pri faktoru kiselosti manjem od šest ($pH < 6$). Pri ovom postupku nastaju otpadne vode i soli koje se

moraju deponirati, izlazni plinovi se moraju hladiti, a postiže se visok stupanj odsumporavanja. Dodavanjem amonijaka u proces odsumporavanja može se dobiti amonijev sulfat koji se upotrebljava kao gorivo. Ovim postupkom se mogu postići i redukcije dušičnih oksida u plinovima izgaranja.

Za proces odsumporavanja u naftnoj industriji uglavnom se primjenjuju ispiranje plinova, hidrodesulfurizacija obično u sprezi s repkuperacijom, tzv. Claus procesom. Prvim postupkom dobiva se sumporovodik i amonijak, a iz nastalog sumporovodika Claus procesom dobiva se sumpor. Sami postupci podešeni su prema frakcijama destilacije i vrlo su efikasni u svom radu, pa mogu smanjiti emisiju sumpornog dioksida do dozvoljenih granica.

Dušični oksidi mogu se smanjiti čišćenjem goriva, boljim izgaranjem i čišćenjem izlaznih plinova. Pored već spomenutih suhih i mokrih postupaka za odstranjivanje sumpornog dioksida, kod kojih se mogu odstraniti i dušični oksidi, u posljednje vrijeme jako mnogo se radi na primjeni katalizatora, te specijalnih tekućina za eliminaciju dušičnih oksida.

Pri transportu i preradi nafte može doći do prekomjernog izlučivanja ugljikovodika. Da bi se spriječilo njihovo izlaženje u atmosferu potrebno je upotrebljavati zatvorene sisteme drenaže, zatvorene sistema za pretovar nafte i njenih destilata, nepropusne šahtove, te sisteme za spaljivanje i regeneraciju. Kod takvih postrojenja potrebna je redovita kontrola brtvi, održavanje crpki i potrebno je imati skladišta s plivajućim krovom.

Kontrola i redukcija ugljičnih oksida postiže se ispravnim izgaranjem, što podrazumijeva racionalnu potrošnju goriva (njegovo potpuno izgaranje). Naime, potpuno izgaranje rezultira u stvaranju međuprodukata procesa izgaranja, koji su uglavnom štetni, a neki od njih su opasni otrovi.

Ugljični monoksid (CO) i čađa nastaju pri nepotpunom izgaranju, a mogu još kod toga nastati otrovni ugljikovodici kao aldehidi i karcinogeni spojevi. Svi produkti nepotpunog izgaranja (osim CO) uz eventualno prisutan pepeo iz goriva čine dim, koji je pretežno sastavljen iz sitnih čestica čađe.

Dim je također otrov iritans i to naročito sa SO_2, s kojim zajedno pri izgaranju i nestaje. Štetan je ljudskom zdravlju, jer se na velikoj površini čestica ugljika - čađe, adsorbira SO_2 koji se u plućima čovjeka i životinja resorbira. Osim štete za zdravlje dim nanosi materijalnu štetu, jer prlja sve materijale s kojima dolazi u dodir a smanjuje i vidljivost i propusnost atmosfere za sunčeve zrake.

Zbog svega toga naravno nužno je u borbi za čistoću zraka postići i potpuno izgaranje goriva kako bi se emisija dima i u njemu sadržanih štetnih i otrovnih stvari svela na minimum.

Zagađivanje zraka zbog nepotpunog izgaranja goriva je vezano uz postrojenja u kojima se fosilno gorivo koristi i može se grupirati u dvije osnovne grupe.

- U relativno mali broj velikih energetskih i industrijskih postrojenja, ponekad grupiranih u uža industrijska područja i
- veliki broj malih uređaja i postrojenja, uglavnom kućnih ložišta i kotlova malih centralnih grijanja, vrlo često grupiranih u velika i gusto naseljena područja.

Odmah valja naglasiti da nova i rekonstruirana velika energetska ili industrijska postrojenja ne smiju biti uzrokom većih ili dugotrajnih zagađenja zraka. Suvremena tehnologija omogućava dobru pripremu i dobro izgaranje goriva, automatizaciju

procesa izgaranja, dobar nadzor nad izgaranjem, vrlo visoki postotak izdvajanja krutih čestica iz dimnih plinova, dobar stupanj djelovanja s niskom specifičnom potrošnjom goriva i odgovarajuće niskom specifičnom emisijom uz zadano gorivo. Osim toga visoki dimnjaci i baklje s odgovarajućim temperaturama i visokim izlaznim brzinama dimnih plinova omogućuju i zadovoljavajuće razrjeđenje dimnih plinova do razine tla tokom najvećeg dijela godine.

Općepoznato je da je sistem baklji osnovna mjera neposredne zaštite okolne atmosfere u cilju koncentriranog skupljanja otpadnih plinova i njihovog spaljivanja u manje toksične spojeve.

Također odvod i skladištenje krutih ostataka sagorijevanja kao i ostalih otpadnih tvari moguće je tako rješiti da ne ugrožavaju okolicu.

Iz iznesenog slijedi da se valjanost zaštite okolice kod takvih postrojenja svodi na pravilan izbor lokacije, pravilan izbor postrojenja kao i na pravilno rukovanje postrojenjem u toku pogona.

Međutim, osjetno nepovoljniji je slučaj s drugom grupom, tj. sa kućnim ložištima, malim centranlim grijanjima i ostalim uređajima i postrojenjima maloga kapaciteta. Razumljivo je da iz komercijalnih i ostalih razloga nije moguće ovakve uređaje izvesti s valjanom regulacijom ili nadzorom izgaranja pa su i energetski i ekološki i ekonomski rezultati pojedinačno gledajući nepovoljni. Kod takvih uređaja primarna je stoga kvaliteta goriva, i u načelu za takva ložišta treba osigurati visoko kvalitetna goriva kao zemni plin, ili ako to nije moguće, ekstra lako loživo ulje.

Kako je već spomenuto veliki izvor plinovitih zagađivača su i prometna sredstva, čiji je utjecaj i sastav zagađivača detaljno opisan u petom poglavlju. U tom poglavlju navedene su i neke mjere za sprečavanje zagađenja, a one se uglavnom odnose na konstrukciju vozila i sastav goriva, što na jednoj strani poskupljuje i automobil i gorivo uz manju efikasnost motora, a na drugoj strani se dobiva čista okolina.

10.3 ZAŠTITA ATMOSFERE OD TEKUĆIH I KRUTIH ZAGAĐIVAČA

Među ove zagađivače ubrajaju se otpadne vode s hlapljivim otrovnim supstancama, kemikalije, otrovi i neki derivati nafte, zatim čestice metala, pepeo, prašina, šljaka i neki kruti otpaci.

Otpadne vode s povećanim sadržajem suspendiranih materija, organskih materija, soli klorida, iona metala, se normalno tretiraju i prečišćavaju prije ispuštanja, a one s deponija pepela i drugih zagađivača (provirne i ocjedne vode) s povećanim sadržajem iona koji mogu zagađivati vodu za piće, sprečavaju se da prodru u podzemne vode putem različitih tehničkih rješenja i mjera.

Sprečavanje zagađenja atmosfere od tekućih otrova i kemikalija provodi se u prvom redu postizanjem propisa o pakiranju, upotrebi i rukovanju opasnim supstancama, te njihovim stručnim i odgovornim pohranjivanjem.

Otklanjanje čestica metala, pepela i prašine vrši se na nekoliko načina. Osnovni i zastarjeli način reguliranja zagađenja okoline krutim zagađivačima bio je visina dimnjaka. Visinom dimnjaka određena količina zagađivača razasula bi se na veću površinu. Danas se upotrebljavaju gravitacione taložne komore, inercijalni impaktorski prečišćivači sa skretanjem smjera čestica, ciklonski prečišćivači, elektronski precipitatori i različite vrste filtera.

Svi ovi postupci za otklanjanje krutih zagađivača traže veoma veliku brigu i njegu. Naime, u koliko ne bi bilo odgovarajuće brige, veoma brzo dolazi do začepljenja i do velikih taloženja, te do obustave dijela pogona ili kompletnog pogona postrojenja. Radi toga je ptorebna redovna kontorla, čišćenje i zamjena bilo filtera, bilo ventilatora ili drugih pomoćnih pogona. Za očuvanje okoline od sitnih čestica krutih zagađivača potrebno je ispravno projektirano, izvedeno i održavano postrojenje za sprečavanje izlaska zagađivača u atmosferu.

Odlagališta pepela i šljake moraju također biti pod stručnim nadzorom kako ih vjetar ne bi raznosio i kao ne bi zagadili površinske i podzemne vode.

10.4 ZAŠTITA OD EMISIJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

Radioaktivnim otpacima (RAO) smatraju se one otpadne materije koje sadrže radioaktivne izotope u granicama iznad najveće dozvoljene koncentracije radiokativnih izotopa u čovjekovoj okolini. Osnovna podjela RAO proizlazi iz njegovog agregatnog stanja, pa postoji: plinski, tekući i kruti radioaktivni otpad.

Plinski RAO se dijeli u tri kategorije prema kriterijima prikazanim u tablici 20, a prema Službenom listu SFRJ br. 40, srpanj 1986. godine.

Tablica 20

Kategorija plinskog RAO	Specifična aktivnost A_{sp} (Bq/m^3)	Opis kategorije
I.	$A_i/Ik_i > 10^4$	Ne smije se ispuštati u čovjekovu okolinu bez obrade.
II.	$1 < A_i/Ik_i \leq 10^4$	Ne smije se ispuštati u čovjekovu okolinu bez obrade.
III.	$\Sigma A_i/Ik_i \leq 1$	Može se ispuštati u čovjekovu okolinu.

A_i - izmjerena specifična aktivnost pojedinog radionuklida

Ik_i - izvedena koncentracija radionuklida u zraku

Tekući i kruti RAO se dijeli prema svojoj specifičnoj aktivnosti i radiotoksičnosti u tri kategorije (Tablica 21).

Tablica 21

Kategorija RAO	Specifična aktivnost A_{sp} (Bq/m^3)	Opis kategorije
I. Visokoaktivni RAO	$A_{sp} > 5 \times 10^{14}$	- visoka β/γ i značajne α - visoka radiotoksičnost - znatna toplinska energija (potrebno hlađenje)

II. Srednjeaktivni RAO s α - emiterima	$5\times10^{14} > A_{sp} > 5\$10^{9}$	- srednja β/γ - značajne α - srednja radiotoksičnost - niska toplinska energija
s β/γ - emiterima	$5\$10^{14} > A_{sp} > 5\times10^{7}$	- srednja β/γ - niska/srednja radiotoksičnost - zanemariva količina emitera - neznatna toplinska energija
III. Niskoaktivni RAO s α - emiterima	$5\times10^{9} > A_{sp}$; $A_i/Ik_i \geq 1$	- niska/srednja β/γ - niska α - niska/srednja radiotoksičnost - niska toplinska energija
s β/γ - emiterima	$5\times10^{7} > A_{sp}$; $A_i/Ik_i \geq 1$	- niska β/γ - zanemariva α - niska radiotoksičnost - zanemariv prirast toplinske energije

A_{sp} - specifična aktivnost
A_i - izmjerena specifična aktivnost svakog pojedinog radionuklida
Ik_i - izvedena koncentracija radionuklida u pitkoj vodi za grupe pojedinaca iz stanovništva

Da bi se postigla zaštita okoline, do dozvoljene granice radioaktivnog opterećenja, moraju se graditi zaštitni uređaji. Zadatak je, dakle, zaštitnih uređaja da radioaktivno opterećenje okoline, uzrokovano emisijom radioaktivnih materijala, održe u dopuštenim granicama. Plinoviti i tekući otpaci, te dio niskoaktivnog krutog otpada, moraju biti tako razrađeni (obrađeni) da prije ispuštanja (odlaganja) u okolinu njihova ekvivalentna snaga doze zračenja ne bude veća od dopuštene.

Glavni su izvori radioaktivnosti u nuklernoj elektrani: a) primarni produkti raspadanja nuklearnog goriva i produkti naknadnog raspadanja tih primarnih produkata; b) jezgre aktivirane apsorpcijom neutrona u rashladnom mediju i u nečistoćama u rashladnom mediju.

Primarni produkti raspadanja i produkti naknadnog raspadanja ponajviše ostaju u gorivim elementima, a samo mali dio lako pokretljivih izotopa (uglavnom plemeniti plinovi i jod) dolazi u rashladno sredstvo ošteti li se košuljica gorivih elemenata. U uređajima za pročišćavanje rashladnog sredstva izlučuju se radioaktivni izotopi iz rashladnog sredstva, ali dio njih odlazi u okolinu zbog neminovnih propusnosti u pojedinim dijelovima kruga rashladnog sredstva (brtvenice i sl.). Za vrijeme pročišćavanja rashladnog medija preostaju plinoviti i tekući otpadi, koji se nakon dodatne obrade ispuštaju u okolinu.

Specifičnost fisijske nuklearne elektrane jest vrlo velika radioaktivnost nuklearnog goriva, te opasnost koju bi prouzročilo širenje tog radioaktivnog materijala u okoliš.

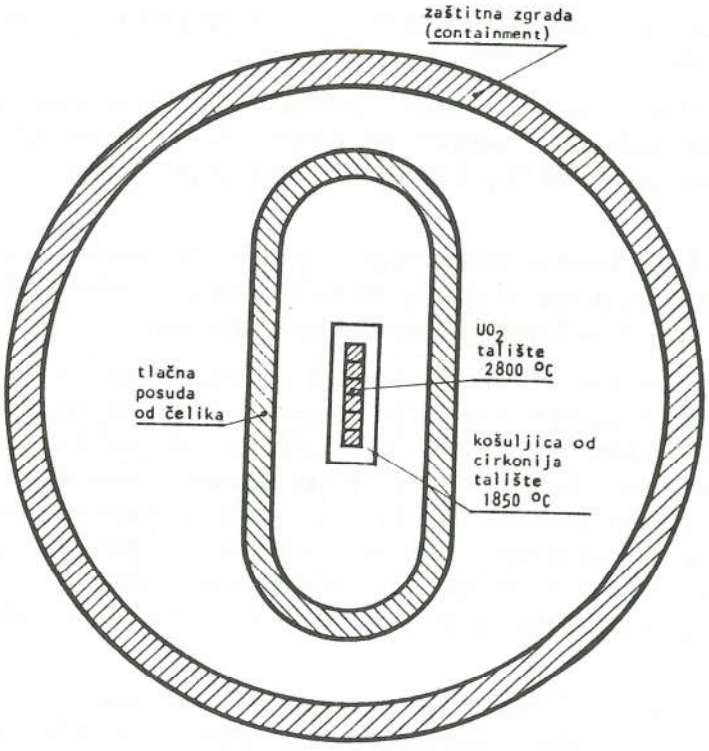
Nuklearno se gorivo najprije proizvodi u fizički i kemijski stabilnom spoju, najčešće UO_2, iz kojeg se radioaktivni izotopi teško izdvajaju jer je talište uran-oksida oko 2860°C. Taj se materijal zatim zatvara u nepropusnu metalnu košuljicu. Slijedeća barijera za prolaz radioaktivnosti jest reaktorska posuda u kojoj se nalazi gorivo. Na kraju se čitav reaktor s rashladnim krugom zatvara u veliku nepropusnu posudu ili

zgradu, što je prepreka širenju radioaktivnih tvari u okoliš pri gotovo svim zamislivim nenormalnostima u kojima bi radioaktivnost bila oslobođena iz goriva i reaktorske posude. (slika 53)

U prostoru reaktorskog postrojenja je reaktorska posuda, zatim su tu generatori pare, pumpe rashladnog sredstva i svi dijelovi koji su izvrgnuti intenzivnom zračenju. Pogosnke su prostorije u reaktorskoj zgradi odijeljene od postrojenja biološkim štitom. U pogonskim prostorijama održava se viši tlak zraka nego u prostoru postrojenja, ali ipak niži od tlaka okoline da se spriječi nekontrolirano ispuštanje zraka iz reaktorske zgrade u okolinu. Naravno da se mora i u prostoru postrojenja održavati određeni tlak zraka. Pojava male aktivnosti zračenja u pogonskim prostorijama posljedica je raspadanja u gorivim elementima smještenim u bazenu gorivih elemenata.

U ostalim prostorijama elektrane, koje su izvan reaktorske zgrade, kao npr. u strojarnici i rasklopnim postrojenjima, praktički nema zračenja.

Količina radioaktivnih produkata raspada u rashladnom sredstvu ovisi o brzini difuzije tih otpadaka u gorivu, o njihovu vremenu poluraspada i oštećenju košuljica gorivih elemenata. Radioaktivni nuklidi u rashladnom sredstvu nastaju također zbog korozije u rashladnom krugu. U tablici 22 podaci su u produktima raspadanja u rashladnoj vodi lakovodnog reaktora s vodom pod tlakom (snaga od 1000 MW), te podaci o radioaktivnim nuklidima koji nastaju korozijom.



Sl. 53. Barijere u širenju fisijskih produkata iz reaktorskog goriva

Tablica 22

Važniji izotopi produkata raspada PWR reaktora snage 1000 MW

u rashladnoj vodi		posljedica korozije	
Izotop poluraspada	Vrijeme poluraspada	Izotop	Vrijeme
Vodik 3 (tricij)	12,26 god.	Kobalt 58	71 dan
Kripton 85	10,3 god.	Kobalt 60	5,2 godine
Kripton 87	1,3 h	Krom 51	27,8 dana
Kripton 88	2,8 h	Mangan 54	303 dana
Ksenon 133	5,3 dana	Željezo 59	45 dana
Ksenon 135	9,1 h		
Jod 131	8,1 dana		
Jod 132	2,3 dana		
Jod 133	21 dan		
Jod 134	0,9 h		
Jod 135	6,7 h		

Prečišćavanje radioaktivnih otpadaka višestepeni je postupak, odnosno kombinacija filtriranja, kemijskog taloženja, isparavanja, pretvaranja u krute otpatke, adsorpcije i spremanja u pogodne rezervoare.

Prečišćavanje plinovitih otpadaka ovisi o tipu reaktora i o kemijskim svojstvima radioaktivnih plinova.

Najmanje teškoća ima s krutim radioaktivnim česticama jer se one mogu specijalnim filtrima zadržati i postiže se faktor dekontaminacije od oko $2 \cdot 10^3$ (smanjenje aktivnosti za 99,95 %). To vrijedi za sve krute čestice promjera većega od 0,3 μm.

Izotop joda I-131 lako se odstranjuje iz plinova prolaskom kroz filtar s aktivnim ugljenom ako njegova koncentracija nije smanjena duljim zadržavanjem u postrojenju jer se on brzo raspada zbog kratkog vremena poluraspada.

Poseban su problem izotopi plemenitih plinova jer se oni ne spajaju s ostalim elementima. Teškoće nastaju u vezi s uklanjanjem tricija iz otpadnih plinova zbog toga što se on po kemijskim svojstvima ne razlikuje od vodika. Budući da većina radioaktivnih plinova ima kratko virjeme poluraspada, aktivnost otpadnih plinova iz reaktora dade se znatno smanjiti ako se oni zadrže u posebnim posudama sve dok prođe najveći dio radioaktivnih reakcija. Aktivnost ispuštenh plinova opada s produljenjem vremena zadržavanja. To zadržavanje, međutim, ne utjeće jače na radioaktivnost tricija i kriptona 85 jer oni imaju duga vremena poluraspada (oko 12, odnosno 10 godina).

Zadržavanje otpadnih plinova u postrojenju s lakovodnim rekatorom s vodom pod tlakom vrlo je jednostavno zbog zatvorenog reaktorskog rashladnog kruga.

Sakupljaju se u plinskoj fazi spremnika za volumnu kontrolu, a odatle se transportiraju u spremnike koji služe za raspad radioaktivnih plinova. Kapacitet tih spremnika je predviđen za životnu dob elektrane. Radioaktivni plinovi koji eventualnim propuštanjem primarnog hladioca ili na bilo koji drugi način prodru izvan tehnoloških sistema, ispuštaju se kontrolirano preko ventilacijskog sistema s ugrađenim filterima.

Teškoće se pojavljuju u reaktorima s kipućom vodom zbog toga što se tada radioaktivni plinovi pojavljuju u kondenzatoru, kamo dolaze s parom iz reaktora. Oni bi se vratili natrag u reaktor kad bi se mogli kondenzirati pri temperaturi i tlaku koji tu vladaju, te oni ne bi bili problem s obzirom na zaštitu okoline. Zbog tog njihova svojstva oni povećavaju tlak u kondenzatoru, što smanjuje stupanj djelovanja procesa. Da se to spriječi, moraju se plinovi odvesti iz kondenzatora i odvojiti od kondenzata. Najčešće se filtriraju i nakon toga zadržavaju 9 dana pa se tako postiže faktor dekontaminacije od oko 60 (smanjenje aktivnosti za 98,3 %). Ponekad se radioaktivni plinovi komprimirani zadržavaju u postrojenju.

U razvoju su posebni postupci (freonom i niskim temperaturama) za uklanjanje radioaktivnih izotopa plemenitih plinova, a naročito kriptona 85.

Tekući radioaktivni otpad (TRAO) predstavlja najznačajniji dio ukupnog generiranog radioaktivnog otpada u nuklearnim elektranama. Radi toga je nužno da se tekućem radioaktivnom otpadu smanji volumen prije kondicioniranja.

Razvijeno je više metoda obrade tekućeg radioaktivnog otpada. Postupkom redukcije volumena dobije se koncentrirani radioaktivni otpad s višom specifičnom radioaktivnosti, koji se kondicionira u prihvatljiv oblik za skladištenje, transport i odlaganje, te dekontaminirana tekućina koja odgovara kriterijima za ispuštanje u okolinu. Koja će se metoda tretiranja radioaktivnog otpada odabrati, ovisi o kemijskim i fizikalnim karakteristikama, te o kontinuitetu i količini pojave tekućeg radioaktivnog otpada.

U nuklernim se elektranama tekući radioaktivni otpad najčešće obrađuje evaporacijom, ionskom izmjenom, flokulacijom i filtriranjem. Usporedno se razvijaju nove metode kao što su: elektrodijaliza, reverzibilna osmoza, ultrafiltriranje, mikrofiltriranje, separacija pjene itd.

Reducirani volumen radioaktivne tekućine potrebno je kondicioniranjem dovesti u oblik prihvatljiv za skladištenje, transport i konačno odlaganje. Za solidifikaciju se kao matrice koriste različiti materijali. Cilj je postići što bolju imobilizaciju radioaktivnih izotopa u konačnom proizvodu i time smanjiti mogućnost digracije ili disperzije radionuklida prirodnim procesima za vrijeme skladištenja, transporta i odlaganja.

Najčešće upotrebljavane matrice su cement i bitumen, a koriste se u više tehnoloških postupaka. U novije se vrijeme kao solidifikacijski materijali primjenjuju različite vrste polimera, čime se poboljšava integritet konačnog produkta, a u odnosu na cement, smanjuje se i volumen.

Za imobilizaciju visokoaktivnog otpada koji nastaje pri reprocesingu nuklearnog goriva i dekomisiji nuklearnih postrojenja, najpoznatije matrice su staklo, keramika i metali.

Kod krutog radioaktivnog otpada poželjno je postići čim manji volumen, kako bi se za pohranjivanje i za konačno odlaganje morao osigurati čim manji prostor.

Redukcija volumena krutog radioaktivnog otpada može se postići tlačenjem ili spaljivanjem. I jedna i druga metoda imaju svoje prednosti i nedostatke. Redukcija volumena tlačenjem prihvatljivija je s ekološkog aspekta, dok se spaljivanjem postiže veći faktor redukcije volumena. Sortiranje krutog radioaktivnog otpada (tlačivi-netlačivi, odnosno sagorivi-nesagorivi) uvjetuje izbor načina redukcije volumena.

Privremeno pohranjivanje ili skladištenje radioaktivnog otpada ima osnovnu namjenu da se osigura vremenski period u kome će se radioaktivni otpad prilagoditi

za transport, a odnosi se na stezanje solidifikacijskih materijala, smanjenje brzine doze uslijed raspada kratkoživećih radionuklida, pripremu specijalnih transportnih štitova itd.

Netlačivi radioaktivni otpad s većom brzinom doze zračenja slaže se dalje od transportnih putova u skladištu i zaklanja se s radioaktivnim otpadom manjih brzina doze. Takvo slaganje štiti operativno osoblje od nepotrebnog izlaganja ionizirajućem zračenju i omogućava sukcesivno pražnjenje skladišta. Svaki pojedini komad radioaktivnog otpada označen je naljepnicom sa svim potrebnim podacima o vrsti i kategoriji otpada, datumu pakiranja itd.

Pomoću opisanih postupaka za sve se vrste radioaktivnih materijala postiže faktor dekontaminacije od 10^3 do 10^4 (smanjenje aktivnosti od 99,9 do 99,99 %), što odgovara smanjenju radioaktivne emisije na 0,25 % dopuštene vrijednosti. To se danas postiže u nuklearnim elektranama.

Pored navedenih vrsta radioaktivnog otpada, postoji kod rada nuklearnih elektrana i istrošeno nuklearno gorivo, koje je veoma radioaktivno, pa je radi toga potrebno nešto i o njemu kazati.

Istrošeno nuklearno gorivo obično se skladišti u bazen na lokaciji same nuklerne elektrane ili centralnom skaldištu, što je karakteristično za zemlje s razvijenijim nuklearnim programom.

Od ukupne dinamike pojave istrošenog nuklearnog goriva svjetski kapaciteti za reprocesiranje mogu preraditi samo manji dio. Stoga se usporedno s razvojem tehnologije za reprocesiranje, tretiranje i odlaganje visokoradioaktivnog otpada, koji proizlazi iz reprocesinga razvija i tehnologija konačnog odlaganja istrošenog nukleanog goriva. Nedovoljni kapaciteti prerade istrošenog nuklearnog goriva pune skladišta i potiču razvoj za izgradnju novih skladišnih kapaciteta. Tako se pored podvodnog skladištenja razvijaju i modeli za suho skladištenje istrošenog nuklearnog goriva. Poznata su tri osnovna tipa suhog skladištenja: kask za površinsko skladištenje, suhi keson i zračno hlađena komora.

Istrošeno nuklearno gorivo sadrži 0,6 % U-235 i 0,5 % Pu, a uranov dioksid, poznat pod nazivom žuti kolač, sadrži 0,7 % U-235. Iz tog je razloga reprocesing za zemlje s bogatim resursima uranove rudače na rubu ekonomske opravdanosti. Međutim, razlog za zatvaranje gorivog ciklusa reprocesingom prevagu daje ekološka opravdanost. Odlaganje visokoadioaktivnog otpada koji proizlazi iz reprocesinga istrošenog nuklearnog goriva solidificiranog u matrici borosilikatnog sakla, uloženog u metalni kanister visokog integriteta i odloženog na adekvatno tlo, djeluje sigurno u odnosu na okolinu, a o čemu će biti riječi u posljednjoj točki.

10.5 SPREČAVANJE OSTALIH ZAGAĐENJA OKOLINE

Među ostala sprečavanja zagađenja u prvom redu treba zaštiti zemljište, vodu, smanjiti buku, te očuvati izgled i kulturna dobra. Jedan od temeljnih zadataka je očuvati zemljište za proizvodnju hrane i za uzgoj šuma, a to znači da se moraju projektirati i graditi energetska i industrijska postrojenja, naselja, infrastruktura i odlagališta za krute otpade, tako da ne zauzimaju poljoprivredno zemljište i površinu pod šumama.

Poseban problem zauzimanja zemljišta predstavlja izgradnja hidroelektrana s velikim akumulacijskim bazenima. Pored toga što zauzimaju velike površine, izgradnjom hidroelektrana postižu se i drugi negativni, a i pozitivni efekti.

Prema ustaljenom vjerovanju hidroenergija se smatra klasično čistim procesom, no da to nije potpuno točno vidimo iz ogoljelih obala akumulacionih jezera, na kojima se ne može zadržati ni podvodna, a još manje suhozemna vegetacija zbog stalnih oscilacija razine vode. Dakle, takva jezera su u biti pusta, nerado ih nastanjuju prirodnim putem divlje životinje, s obzirom da je stvaranje bilo kakvog zatvorenog kruga biocenoske cjeline praktički onemogućeno.

Uslijed pojasa ogoljele obale dolazi do intenzivne erozije i klizanja terena u jezero, njegovog zamuljenja i uništavanja i one podvodne vegetacije koja je ispod razine oscilacije vode. Ovdje nije potrebno govoriti da vremenom uslijed nedostatka vegetacije na obali ogoli sama obala sve do krša.

Dakle, hidroelektrane osim očitog korisnog efekta u smislu regulacije riječnih vodotoka, primanja buičavih voda i sl., uz dobivanje energije, izazivaju manje ili veće stresove u prirodi, od erozije obala, uništenja biocenotskih lanaca, skretanja tokova podzemnih voda, promjena klime, a time i utjecaj na okolne vegetacijske pojase.

Povećanje organskih tvari u jezeru, može dovesti do povećanja kapaciteta teških metala, te povećanja koncentriranja organskih tvari, što uz promjenu pH vrijednosti dovodi do pokretanja adsorbiranih metala i pogoršanja kvaliteta vode.

Razgrađivanje organske tvari uzrokovat će trošenje kisika iz slojeva pri dnu jezera, što može dovesti do smanjenja faktora kiselosti (pH) te povećanja iona željeza i mangana, a to u krajnjem slučaju dovodi do neupotrebljivosti vode za vodoopskrbu. Zbog toga je nužan uvjet provođenje pročišćavanja otpadnih voda naselja i industrijskih pogona i to naročito u smislu smanjenja organskog opterećenja, opterećenja fosforom i smanjenja koliformnih organizama.

Problem velikih količina smeća, šljake, pepela i ostalog otpada može se efikasno riješiti u suradnji s energetikom, industrijom umjetnih gnojiva, industrijom građevnih elemenata, te neutralizacijom kiselih zemljišta, a zasipavanje raznih jama, vraćanje rudnika i slično u iskorištene horizonte, ostaje kao krajnja alternativa.

Zaštitu zemljišta od prekomjerne upotrebe umjetnih gnojiva, pesticida i zaštitnih sredstava provodi se uglavnom edukacijom korisnika navedenih sredstava.

Kod zaštite voda od zagađenja potrebno je razlikovati zagađenje otpadima (otpadne vode), termalno zagađenje (povišenje temperature) i zagađenje pesticidima, umjetnim gnojivima i zaštitinim sredstvima. Sprovođenje zaštite od termalnog zagađenja i zagađenja otpadom mnogo je lakše nego sprovođenje zaštite voda od umjetnih gnojiva, zaštitnih sredstava i pesticida. Naime, relativno lako je utvrditi razinu zagađenja otpadnih voda bilo energetskih, industrijskih ili komunalnih, jer se one ispuštaju na jednom mjestu gdje se mogu izvršiti sva potrebna mjerenja i kontrole. Isto tako je i s termalnim zagađenjem voda. Međutim, kad je u pitanju zagađenje voda pesticidima, umjetnim gnojivima i zaštitnim sredstvima, situacija je mnogo teža i složenija. Zatrovanost vode ovisi o mnogim faktorima, među kojima su: količina vode u koritu rijeke, količina posutog odnosno korištenog zagađivača, metereološko vrijeme, sastav i konfiguracija tla, količina oborina itd. Iz navedenoga slijedi, da je određenu zaštitu voda od upotrebe gnojiva, pesticida i zaštitnih sredstava teško postići osim zaista kontroliranom i stručnom upotrebom istih.

Najjednostavnija je kontrola termalnog zagađenja, jer se tu pridržavanjem propisa i uputa udovoljava zahtjevima okoline. U koliko se iz bilo kojeg razloga ne može osigurati rashladni medij, onda u tom slučaju treba sniziti opterećenje, ako se radi o energetskom izvoru, odnosno smanjiti proizvodnju ako se radi o industrijskom procesu.

Što se tiče zaštite voda od zagađivanja (otpadne vode) tu se moraju uzimati uzorci (satni, dnevni, tjedni ili mjesečni) i laboratorijski se mora utvrditi sastav otpadnih voda (komunalnih i tehnoloških). Nakon utvrđivanja sastava otpadnih voda donosi se odluka o postupku prečišćavanja, kod određenih tehnoloških postupaka primjenjuju se različite metode prečišćavanja, među kojima su najčešće:

a) *filtracija* - razdvajanje otpadnih voda na komponente uz upotrebu različitih vrsta i oblika procjeđivača (filtera)

b) *neutralizacija* - dovođenje otpadnih voda u stanje neutralnosti, a to znači otklanjanje kiselosti odnosno lužnosti koja se vrši dodavanjem lužina odnosno kiselina

c) *flotacija* - odstranjivanje zagađivača koji plutaju u zagađenim vodama

e) *flokulacija* - pročišćavanje voda stvaranjem pahuljica koje se talože u otopini.

f) *adsorpcija* - izdvajanje pojedinih komponenti pomoću katalitičkih procesa

g) *specifični postupci* za pojedine tehnološke procese kao na pr. stripiranje u rafinerijama, apsorpcija u nekim industrijskim otpadnim vodama itd.

U svim procesima prečišćavanja i prerade otpadnih voda prisutna je biološka obrada. U toku procesa obrade otpadnih voda stvaraju se velike količine mulja i krutog otpada, koji se nakon prečišćavanja obrađuje i odlaže u deponije ili se spaljuje u pećima.

O nastajanju i posljedicama buke već je naprijed kazano, pa će se u nastavku nešto više reći o mogućnostima i načinima za smanjenje buke. Pored mjera koje se već dvadesetak godina poduzimaju u cilju smanjenja buke, gradovi u svijetu nisu postali manje bučni. To, međutim, ne znači da su mjere bile uzaludne jer bi bez ovih dugogodišnjih nastojanja buka u njima sigurno bila veća i uvjeti života teži.

I u ovoj situaciji je, kao i kod drugih bolesti, važnija i kud i kamo jeftinija preventiva nego liječenje. Zato se pri planiranju i izgradnji novih naselja i objekata mora voditi računa da prostori osjetljivi na buku i izvori buke budu međusobno što više udaljeni ili jedni od drugih zaklonjeni, a gdje to nije moguće da se odmah poduzimaju odgovarajuće mjere zvučne zaštite, kao što je izgradnja barijera prema prometnici ili povećanje zvučne izolacije prozora. Ovakve mjere su i rješenje za zatečene situacije u već izgrađenim dijelovima grada, uz posebno reguliranje prometa (naročito autobusa, teretnih vozila i motorkotača) i stvaranje pješačkih zona. Međutim, za sve slučajeve, postojeće ili buduće, od najvećeg je značaja smanjenje buke na izvoru, a to znači konstrukciju manje bučnih prometnih sredstava. Ovo je bez daljnjega moguće, što se posljednjih godina pokazalo naročito kod smanjenja buke aviona, ali zahtijeva ulaganje dodatnih, mada ne pretjerano velikih sredstava, i dosta istraživačkog rada.

Da bi se sve ove mjere koje stoje na raspolaganju primjenjivale, moraju postojati odgovarajući propisi i zakoni o razini buke, o lokaciji izvora buke, o izolaciji zgrada za stanovanje, o uputama za smanjenje buke itd. Jasno, pri ovome se podrazumijeva poštivanje i provođenje zakona i propisa.

Očuvanje izgleda okoline i kulturnih dobara zadatak je svih, a u prvom redu javnih i kulturnih radnika, jer dosadašnja iskustva pokazuju da mnoga kulturna dobra propadaju ili čak budu uništena zbog izgradnje energetskog i industrijskog pogona ili pak zbog izgradnje prometnica. Pitanje je da li je to zaista nužno i da li je uništavanjem takvih vrijednosti u prilog unapređivanja kvaliteta ljudskog življenja ili

znači osiromašivanje. Čuvanje izuzetnih prirodnih vrijednosti u intersu je bogatijeg, kulturnijeg življenja. Njihovo uništavanje bilo bi neizbrisiva mrlja na duhovnoj i materijalnoj kulturi našega doba.

Iz svega do sada rečenoga proizlazi da je većina rješenja u novim tehnologijama. Kojim? Kako njima pristupiti i kako ih realizirati? Koja je uloga društveno-političke zajednice, koja znanosti? Kad se kaže znanosti, samo po sebi se podrazumijeva da su tu uključeni i ekolozi. Kakva su dosadašnja iskustva i koliko je tim i takvim iskustvima pridonijela znanost a koliko ostali faktori? Na ova i na mnoga druga slična pitanja veoma je teško određeno odgovoriti, ali da je bilo neodgovornosti na svim razinama i u svim djelatnostima više je nego očito. Javljaju se (kao gljive poslije kiše) pobornici i protivnici ovih ili onih tehnologija, ovih ili onih rješenja, javljaju se uništavači i spasioci naroda i zemlje itd. itd. Gdje je tu znanost, a gdje moral i etika? Izgleda da je potisnuta u stranu ili ona i nije znanost. Radi toga, ni u kom slučaju ne smije se nestudiozno i neodgovorno prilaziti usvajanju nepoznatih tehnologija i lokacija s obzirom da se to skupo plaća, a sanacije su uvijek daleko skuplje od primarnih investicija.

Svakako da mjere i propisi za zaštitu okoline povećavaju troškove življenja, ali zasigurno produžavaju mogućnost življenja. Koliko je povećanje tih troškova danas je teško procijeniti jer nema dovoljnog iskustva i jer se za neke od predloženih mjera tek traže pogodna tehničko-tehnološka rješenja. Osim traženja tehničko-tehnoloških rješenja potrebno je educirati i izgraditi takvog čovjeka koji će znati cijeniti i čuvati okolinu. To je vrlo lako reći ili napisati, ali je veoma teško to realizirati, jer je čovjek prirodno biće s raznim shvaćanjima, prohtjevima, željama i na kraju mogućnostima, a sklon je i nepovjerenju.

Pojava nepovjerenja i bojazan od budućih zagađenja vrlo često bezrazložno stvara pogrešan otpor prema tehničkom napretku. Progres je neminovan i mi svakim danom mijenjamo prirodu i priroda mijenja nas, ali da li su te promjene predvidive i koliko pozitivne, to je vječno pitanje na koje treba što točnije odgovoriti, jer i pored adaptibilnosti prirode i čovjeka postoje razumne granice koje ni u kom slučaju ne bi smjeli prekoračiti.

Odgovorno ili bolje rečeno neodgovorno ponašanje čovjeka (ljudi) prema prirodi i prema drugim ljudima, prisutno je ovih dana u sredstvima informiranja, gdje se kaže da su nepoznati ljudi (gusari ili još mnogo gore i teže) ostavili na obalama Crnog mora (Turska) bačve s radioaktivnim otpadom, a kemijski otpad uz obale ili čak u područja nekoliko zemalja. Ili, koje su samo bile špekulacije s brodom Brigitta Montanari, potonulim uz našu obalu s otrovom vinilkloridmonomerom; u sredstvima informiranja zapadnih zemlja. Sve to ipak čine ljudi!

10.6 RUKOVANJE RADIOAKTIVNIM OTPADOM I NJEGOVO ODLAGANJE

Opći problem koji je najevidentniji u zemljama u razvoju odnosi se na regulaciju i kontrolu izvora zračenja kao i na rukovanje opremom. Akcidenti (nesreće) koji su se zbili u Mexicu 1983. godine, u Maroku 1984. godine i krajem 1987. u Brazilu, a te su nesreće uzrokovane napuštenom i odbačenom opremom za radijaciju. Odbačena oprema uzrokovala je oštećenje okoline i dovela do oštećenja i izlaganja ljudi radijaciji, a neki slučajevi su doveli i do fatalnih posljedica. Takvi incidenti doveli su do novijih napora IAEA da osigura to, da zemlje članice posjeduju potrebnu opremu za kontrolu i sigurno korištenje i odbacivanje radioaktivnih izvora.

U mnogim zemljama kontrola nije postignuta zbog višestrukih razloga. Mnog od zemalja nemaju odgovarajuću regulativu i adekvatni sistem obavještavanja registracije, inventura i licenciranja od strane kompletnih organa i organizacija. Mnog nemaju iskustvo u kontroli za sigurno korištenje radioaktivnog materijala, nemaju dovoljno sredstava i mogućnosti za skupljanje, preradu i konačno pohranjivanje radioaktivnih izvora koji im više nisu potrebni.

Incident u Brazilu, u rujnu 1987. godine u Goiania, nastao je zbog napuštene radioterapeutske opreme sa cezijem-137 radioaktivnim izvorom s kojim se kasnije nestručno rukovalo, a što je uzrokovalo ekstenzivno zagađenje okoline, ljudske ozljede i četiri smrtna slučaja. Incident je naglasio vrijednost međunarodne kooperacije, kao stručne internacionalne organizacije uključujući tu i IAEA, zajedno sa konvencijom o hitnoj pomoći u slučaju nuklearnog incidenta ili radiološkom opasnom stanju. Ta konvencija pored ostalog uključuje slanje opreme i stručnjaka na mjesto nesreće prema opsegu incidenta.

Isto tako je taj incident pokazao nedostatke za takvu suradnju u nacionalnim infrastrukturama i regulativnoj praksi na tom području.

IAEA programi za rukovanje otpadnim materijalom u 1989-90. nagovještaju sljijedeće točke koje treba preispitati na slijedeće načine:

- *Infrastruktura.* Treba osobito obratiti pažnju na pomoć i regulativu radi kontrole radioaktivnih izvora u korištenju i nakon pohranjivanja putem jednog čvrstog uspostavljenog sistema rada. Regulatorni dokumenti i propisi u pogledu provođenja prakse su već predviđeni i osigurani za 25 zemalja članica.

  Mada ovaj program ohrabruje i zaslužuje priznavanje ipak se čini potrebnim, zbog sigurnosne kontrole radijacije, da registracija i čuvanje izvještaja bude kod odgovarajućih vlasti. Drugi elementi uključuju povremene inspekcije mjesta gdje se energija koristi s time da se vidi da li postoje odgovarajuća sredstva i da li se provodi odgovarajuća praksa, da li se sredstva koriste u tu svrhu i da li su odgovarajuća sredstva na svom mjestu za skupljanje, transport i uskladištenje takvog materijala.

- *Standardi*, vodstvo i preporuke. Zajedno sa aktivnostima za radiološku zaštitu IAEA daje tehničko vodstvo državama članicama tako da su radnici, pacijenti i publika zaštićeni, dok su radioaktivni materijali u korištenju u industrijskim pogonima, u zdravstvenim centrima, laboratoriju za nuklearno istraživanje i u drugim pogonima.

  Takva tehnička uputstva uključuju Savjet o postupnoj tehnici za sigurno rukovanje koje se temelji na iskustvu drugih zemalja. Kao dio svoga plana IAEA ima i pojačanje savjetodavnih službi, pa je agencija dovela u konačno stanje finalizaciju 5 novih dokumenata o standardima, vodstvu i preporukama, a postojeći dokumenti se, ako je potrebno, kritički revidiraju.

- *Školovanje.* Tečajevi za školovanje se provode da bi se unaprijedila veća budnost među korisnicima, naredbodavcima i drugim službenicima koji se brinu o sigurnosti u pogledu nesreća radiacije i postupaka za zaštitu radnika i građanstva. Predmeti o kojima se tu raspravlja uključuju: rukovanje, postupak i odbacivanje radioaktivnih izvora koji se koriste u zdravstvu, industriji, istraživanjima i školstvu.

- *Praktična pomoć.* Da bi se poboljšale nacionalne sposobnosti za rukovanje ovim otpacima IAEA osigurava tehničko uputstvo, standardizaciju dizajna i postupka za sisteme rukovanja otpadnim materijalima. IAEA priprema i daje kriterije, te zahtjeve zemljama u pogledu projektiranja sistema za rukovanje otpadnim materijalom pri nuklearnim elektranama.

- *Međunarodne tehničke upute.* IAEA kao internacionalno regulativno tijelo redovito publicira standarde, preporuke i tehnička uputstva, te upute o sigurnosti, o tehničkim izvještajima koje mnoge zemlje koriste u uspostavljanju svojih programa za ove materijale. Standardi uključuju međunarodni znanstveni dogovor o javnom zdravlju i sigurnosti. Međunarodne preporuke za izlaganje od nuklearne energije i radioaktivnih materijala temelje se na principima koje je uspostavila i potpisala Međnarodna komisija za radiološku zaštitu (ICRP), a to je znanstveno tijelo sa sjedištem u Londonu. Ta je preporuka postala bazom djelovanja IAEA iz 1988. godine. IAEA priprema jedno izdanje za standarde sigurnosti kod podzemnog uskladištenja radioaktivnih materijala sa visokom radioaktivnošću.
- *Izuzimanje radioaktivnih otpadnih materijala.* Istina je, da za određene vrste industrijskih otpadaka, a tu se uključuju i neki radioaktivni otpaci treba vrlo malo ili gotovo nikakve regulacije u pogledu javne sigurnosti. Jedan noviji postignuti međunarodni dogovor je takav da utječe na nacionalnu regulaciju određenih nisko radioaktivnih otpadaka i bit će u uputstvima IAEA. Na sastanku u ožujku 1988. savjetodavno tijelo IAEA složilo se sa principima da neki radijacioni izvori mogu biti izuzeti od regulativne kontrole.

  Postizanje tog koncenzusa je važno kao nadvladavanje diskusija koje su se mnogo godina vodile među stručnjacima IAEA, NEA/OECD, svjetske zdravstvene organizacije (WHO) i komisije evropske zajednice (CEC). Interes je nastao priznavanjem i spoznajom da velike frakcije materijala za pripremu iz radionuklida u industriji, medicini i nuklearnom gorivom ciklusu sadrže tako niske razine radioaktivnosti da su popratni rizici zdravlja trivialni, pa zbog toga ne zahtijevaju primjenu regulatornih procesa.

Malo je predmeta (tehničko-tehnoloških rješenja) privuklo tako veliku pažnju znanstvenika i javnosti kroz zadnjih 30 godina kao što je rješenje s odlaganjem nuklearnog otpada. Kako je već kazano, radioaktivni otpad pojavljuje se u različitim oblicima nakon korištenja u miroljubive svrhe (znanstvena istraživanja, liječenje itd.), te nakon korištenja nuklearne energije za proizvodnju električne energije. Najprisutnija pitanja su: Kako se ovi otpaci koriste i što se s njima radi?, Kako se radi u pojedinim zemljama? Da li zemlje korisnice nuklearne energije znaju rukovati radioaktivnim otpadom? i Što je do sada učinjeno?

Danas je situacija takva, da su neke zemlje razvile i koriste neka rješenja za sigurno pohranjivanje i rukovanje radioaktivnim otpadnim materijalom iz nuklearnih elektrana. Iz toga su proizašla uvjerenja da se danas može većina radioaktivnog otpadnog materijala također, trajno i sigurno izolirati iz okoline. Na temelju dosadašnjeg rada i iskustava, za očekivati je da će se i u drugim zemljama intenzivirati rad na istraživanjima podzemnih skladišta, te da će doći do otvaranja komercijalnih skladišta za određene tipove radioaktivnog otpada. Traženje novih rješenja i iskustva na postojećim vjerojatno će uroditi plodom, tome se barem nadaju znanstveni radnici iz tog područja, tj. da će se naći dugoročna rješenja za sigurno pohranjivanje nuklearnog otpada. Posebno je, u svim istraživanjima, stavljen naglasak na pronalaženje trajnog rješenja za visokoradioaktivni otpad. U tom istraživanju angažirani su znanstvenici različitih profila, pa je za očekivati da će doći do sigurnih procjena i ocjena potencijalnih geoloških uvjeta i selekcije mjesta prije konačnog odlaganja visokoradioaktivnog nuklearnog otpada. Odlaganje mora biti takvo, da zaštiti ljudsko zdravlje kroz stoljeća, a procjene će se vršiti na temelju analitičkih modeliranja i laboratorijskih istraživanja, te usporedbom s ponašenjem radioaktivnih nuklida koji se nalaze u zemlji milijune godina.

Prvi rezultati upućuju na međunarodne opcije koje su dovele do toga da se traže regionalna skladišta za visokoradioaktivni otpad u kojima bi se pohranjivao otpad nekoliko zemalja. Na ovo rješenje najviše utjecaja imale su cijene sigurnog odlaganja visokoradioaktivnog materijala te sigurnost pogodnih mjesta za to odlaganje.

Zemlje u razvoju općenito se suočavaju s različitim problemima iz čega prozlaze i različitiji ili neposredniji zahtjevi od zahtjeva razvijenijih zemalja kada je u pitanju rukovanje radioaktivnim otpadom. Mnoge od nerazvijenih zemalja nemaju nuklearni program ali svejedno imaju radioaktivni otpad (od industrije i medicine) s kojim moraju rukovati i koji se mora pohraniti. Programi za međunarodnu suradnju koji idu preko IAEA (International Atomic Energy Agency - Međunarodna agencija za nuklearnu energiju) stavljaju poseban naglasak na savjetovanje i školovanje specijalista, te da prenesu provjerena iskustva i tehnologije iz industrijskih zemalja u zemlje u razvoju. Na taj način se znanje i iskustvo prenosi znatno efektivnije i lakše se primjenjuje.

Jedan dio zemalja uspostavlja specijalne fondove iz kojih se financiraju programi za rukovanje nuklearnim otpadom i za njegovo uskladištenje, kao i programi vezani za probleme prestanaka rada nuklearnih elektrana. Uloženi novac u ove programe vraća se kroz cijenu električne energije, a budući da je to veoma mala stavka u ukupnim troškovima, računa se da će biti dovoljno sredstava za adekvatno financiranje programa za rukovanje s nuklearnim otpadom i za njegovo uskladištenje. Prema proračunima IAEA, NEA (Nuclear Energy Agency - agencija za nuklearnu energiju) i OECD (Organization for Economic Cooperation and Development, - Organizacija za ekonomski razvoj i suradnju) ti troškovi bi iznosili 2-6 % od ukupnih troškova proizvedene energije u nuklearnim elektranama, a ovise o količini proizvedene energije u nuklearnim elektranama.

U usporedbi s većinom drugih tipova industrijskih i toksičnih otpadaka, radioaktivni otpaci iz nuklearnih elektrana sa volumenom značajno manji. Da se to ilustrira navode se podaci za SAD. Oni su daleko najeveći korisnici nuklearnog programa, gledano u apsolutnim iznosima proizvodnje električne energije, pa su kroz 30-godišnji period proizveli oko 17000 tona nuklearnog otpada i sigurno ga pohranili, a što je oko 20 puta volumno (težinski) manje od otpada što ga kemijska industrija dnevno proizvodi.

Volumen (količina) radioaktvinih otpadaka podjednako će rasti u nadolazećim godinama i u zemljama u razvoju i u razvijenim zemljama zbog stalne izgradnje nuklearnih elektrana kao i zbog prestanka rada starih nuklearnih elektrana koje će se morati demontirati. Danas nuklearne elektrane rade ili su u izgradnji u 32 zemlje svijeta s ukupno 536 reaktora, dok u 62 zemlje radi ili je u izgradnji 361 reaktor u svrhu znanstvenih istraživanja, a 204 reaktora su prestala s radom (zatvorena).

Analizirajući ciklus goriva, prema podacima IAEA, dolazi se do saznanja da je 36 zemalja uključeno u različite operacije koje stvaraju nuklearne otpatke od nisko do visokoradioaktivnih. Zbog tog otpada u mnogim zemljama je bilo mnogo problema oko korištenja nuklearne tehnologije, a može se očekivati da će tih problema biti i u budućnosti. Naime, znanstvenici i stručnjaci su sigurni da će moderna tehnologija omogućiti sigurno pohranjivanje nuklearnog otpada, a javnost u mnogim zemljama nije tako sigurna. Dokazivanje i uvjeravanje javnosti o sigurnom pohranjivanju otpada moglo bi biti teže nego pronalaženje novih tehnologija za to pohranjivanje.

Najvažnija prepreka daljnjem razvoju nuklearnog programa je sigurno pohranjivanje visokoradioaktivnog otpada. Zbog te važnosti mnoge kompanije u razvijenim zemljama rade na projektima pomoću kojih bi željeli pokazati da postoje metode i načini za sigurno pohranjivanje visokoradioaktivnog otpada.

Spremišta za nisko i srednje radioaktivni otpad već su u upotrebi ili će uskoro biti u mnogim zemljama. Demokratska Republika Njemačka ima u pogonu jedno takvo skladište za reaktorske otpatke, a Švedska upravo završava takvo skladište ispod Baltičkog mora blizu Forsmarka.

Visokoradioaktivni tekući otpad pohranjuje se u nehrđajućim čeličnim cisternama isto kao i kiseline ili kisele otopine, a drže se u tim postrojenjima pod kontrolom u razdoblju od nekoliko godina do nekoliko desetljeća. Za skrućivanje visokoradioaktivnog tekućeg otpada upotrebljava se i proces pod imenom postakljivanje, posebno razvijen u Francuskoj, gdje je jedna tvornica počela raditi 1978. godine. Postakljivanjem se radioaktivni otpad stavlja unutar borosilikonskog stakla gdje se, prema provedenim testovima, može nuklearni otpad imobilizirati kroz stoljeća. Drugim postupkom, koji u najnovije vrijeme privlači pažnju, umjesto stakla koriste se sintetski materijali. Laboratorij koji ispituje upotrebu sintetskih masa za sprečavanje zračenja iz tekućeg nuklearnog otpada, odnosno za njegovo odlaganje, radi u Australiji u sklopu jednog neradioaktivnog probnog postrojenja, a ime mu je Synroc.

Što se pak tiče spremišta za kruti visokoradioaktivni otpad, očekuje se da će prva komercijalna demonstracija spremišta biti unutar 15 godina.

U pogledu općenitog razvoja tehnologija za pohranjivanje visokoradioaktivnog otpada, naglašava se sistem s višestrukim barijerama koje zadržavaju i izoliraju otpadni materijal, te se na taj način minimizira zračenje u biosferu. Tu je još uključeno pakiranje otpadnog materijala u stabilnom i čvrstom obliku u odgovarajućim kontejnerima koji se zatim stavljaju u specijalno odabrane duboke geološke farmacije. Pri tome se mora računati s toplinom koju stvara radioaktivni materijal, te sa karakteristikama okoline (stijena) u koju se pohranjuje otpad.

Nekoliko zemalja (Belgija, Kanada, SR Njemačka, Indija, Švicarska i SAD) radi na tzv. podzemnim laboratorijima za odlaganja visokoradioaktivnog otpada ispitujući sve potrebne karakteristike kako bi se mogle donijeti konačne i prave odluke. Veoma praktična ispitivanja vrše se u Climax rudniku u Nevadi (SAD) gdje se potrošeni gorivi elementi stavljaju u duboko izbušene rupe i ostavljaju određeno vrijeme pod kontrolom i svim potrebnim mjerenjima. Slično razmišljaju i u Francuskoj, Italiji i Japanu o testiranjima podzemnih skladišta.

Prvi međunarodni demonstracioni projekt za istraživanja mogućnosti sigurnog pohranjivanja radioaktivnog otpada počeo je u Švedskoj 1980. godine, a poznat je pod imenom Stripa. To mjesto udaljeno je od Stockholma 240 km prema zapadu, a radi se o napuštenom rudniku željezne rude. Sam rudnik nije podoban za odlagalište, ali je smješten duboko u granitnoj formaciji, pa se moglo više istraživati u pravcu određivanja i preciziranja geoloških, hidroloških i kemijskih procesa koji bi se mogli zbivati na potencijalnim odlagalištima radioaktivnog materijala. U tom projektu sudjeluju pored Švedske još: Kanada, Finska, Francuska, Japan, Španjolska, Švicarska, SAD i Velika Britanija, a pod pokroviteljstvom Agencije za nuklearnu energiju (NEA) i Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD). U projektu su još uključeni odjeljenje za istraživanje i razvoj nuklearnog goriva Švedske, kao i kompanija za rukovanje otpadnim materijalom, te predstavnici zemalja koje sudjeluju u istraživanjima, tako da je ukupno angažirano oko 100 znanstvenih radnika.

U zadnjoj etapi ispitivanja dva su osnovna pravca u istraživanju i testiranju lokacije Stripa. Prvi pravac su radarska, seizmička i hidraulička mjerenja pomoću kojih će se testirati sposobnosti otkrivanja pukotina i da se odmah odredi protok kroz napuknute granitne stijene. Drugi pravac istraživanja krenuo je k traženju alternativnih materijala za brtvljenje bilo kakvih pukotina u blizini skladišta za radioaktivne materijale. Dobiveni su relativno dobri rezultati. Mjerni sitem je sposoban otkriti i opisati zonu napuknuća do 100 m od izbušene rupe. Simulirani su kontejneri za otpad pod realnim temperaturama da bi se verificirala svojstva bentonita za brtvljenje, a rezultati su takovi da je bentonit pogodan za brtvljenje.

Velika istraživanja vrše se i u području odabiranja materijala za kontejnere u kojima će se pohranjivati visokoradioaktivni otpad. Od tih materijala se traži da budu rezistentni na koroziju, te da mogu trajati (izdržati) u odlagalištu duže nego što je vrijeme u kojem se radioaktivni elementi raspadaju ispod prihvatljive razine, a stručnjaci smatraju da to vremensko razdoblje traje 1000 godina.

Osim istraživanja na umjetnim odlagalištima, na mnogim stranama svijeta vrše se ispitivanja i mjerenja na prirodnim lokacijama kako bi se dobili dragocjeni podaci neophodno potrebni za sigurno odlaganje nuklearnog otpada. Paralelno s istraživanjima lokacija rade se i zajedničke studije o dugoročnim fizikalnim i kemijskim procesima i njihovu utjecaju na prolaz radionuklida kroz stijene.

Postupak s potrošenim gorivom nakon vađenja iz reaktora teče tako, da se to gorivo pohranjuje pod vodu u specijalno konstruiranim bazenima koji omogućavaju da se intenzitet radioaktivnosti smanji. Izvađeno gorivo iz reaktora još uvijek proizvodi toplinu kao rezultat radioaktivnog raspada. Neki od njih se, nakon odstajanja u bazenu, odstranjuju na dopunsko rješenje u zrakom hlađene kontejnere. Mnoge zemlje te kontejnere premjeste na trajno uskladištenje ili na reprocesiranje gdje se neiskorišteni uran i plutonij mogu izvoditi (izlučiti) iz istrošenog goriva i reciklirati. Postavlja se pitanje: Kako dugo iskorišteno gorivo može ostati u privremenom skladištu? To ovisi o nacionalnoj politici dotične zemlje i o dostupnosti korištenja prostora za otpadne materijale. S tehničke točke gledišta radioaktivni raspadni materijal za vrijeme privremenog uskladištenja olakšava zahtjeve za rukovanje i odlaganje jer je radioaktivni raspad najbrži u prvim godinama.

Centralizirana odlagališta istrošenog goriva udaljena od reaktora nazivaju se AFR, a gradit će se u nekoliko zemalja. U nekim slučajevima se koriste zbog ograničenog volumena bazena uz reaktore. Pred mnogim zemljama korisnicama nuklearne tehnologije stoje ozbiljni problemi u pogledu odlaganja nuklearnog otpada, pa se traže privremena rješenja dok se ne nađu trajna.

U mnogim zemljama strategija u pogledu rukovanja nuklearnim gorivom uključuje reprocesiranje za ponovno korištenje urana i plutonija koji se izdvajaju iz fisionih produkata. Danas istrošeno gorivo se reprocesira u 10 zemalja, a 11 zemalja šalje istrošeno gorivo na reprocesiranje u druge zemlje. Važno tehničko rezoniranje koje utječe na donošenje odluke o reprocesiranju je to, da se više od 98 % urana, plutonija i ostalih drugih elemenata, koji se nalaze u istrošenom gorivu, može izlučiti i reciklirati.

Ideja o odlaganju zapakiranog krutog radioaktivnog otpada u moru je alternativa za odlaganje u zemlju, ali se to odlaganje ne može primijeniti za sve vrste otpadnog materijala nego samo za neke. Međutim, prema Konvenciji o sprečavanju zagađenja mora iz 1972. godine međunarodna agencija IAEA ima odgovornost za tehničko vodstvo pohranjivanja radioaktivnog materijala u moru. Neke zemlje su to

činile u prošlosti, a neke to čine i danas iako je IAEA odredila da su visokoradioaktivni otpaci nepogodni za uskladištenje u moru. Također je izdala preporuke strankama o količini prirodnih materijala koji se mogu pohraniti. Razmišljanja, a kasnije i spoznaje o štetnosti odlaganja radioaktivnog otpada u moru dovela su do toga da se 1983. godine donio neobavezni moratorij o pohranjivanju nuklearnog otpada u moru dok se izvjesni problemi ne razriješe. Agencija pomaže u pronalaženju odgovora na pitanja znanstvene i tehničke prirode.

Promjene nacionalnih politika mogu biti indikativne po dostignućima i tehničkim trendovima u postupanju s radioaktivnim materijalom.

- Francuska je vlada 1987. godine izdala izvještaj koji definira tehničke kriterije potrebne za vođenje laboratorijskog postupka odabiranja mjesta za duboko geološko odlaganje visokoradioaktivnog otpada. Kriteriji koji se koriste, pored geologije, jesu: hidrologija i stabilnost, mehanička i kemijska svojstva, minimalna dubina, dostupnost podzemnom skladištu, te termalna svojstva stijena.
- SR Njemačka je izvršila izbor mjesta za odlaganje i odlučeno je da se odlaganje obavi u stijenama koje su formirane od soli u Gorlebenu.
- SAD su donijele odluku, kako je već naprijed kazano, da prvo mjesto za odlaganje bude Yucca Flats u Nevadi, a planira se da bude dovršeno 2003 godine. Sada se u Kongresu traži dozvola za drugu lokaciju.
- Velika Britanija je 1987. godine donijela odluku da se s plitkog ukopavanja prijeđe na duboko ukopavanje niskog i srednjeradioaktivnog materijala.
- Japanska vlada odabrala je, nakon potrošenih 360 milijuna $ u zadnje dvije godine, Rokkasho-mura kao prvu lokaciju za pohranjivanje nisko radioaktivnog materijala, dok se na sjeveru Japana traži lokacija za visoko radioaktivni otpad.
- Španjolska vlada dala je upute 1987. godine za rukovanje radioaktivnim materijalom, te je odabrana Cordoba kao prva lokacija za nisko i srednje radioaktivni materijal. Španjolska će zajedno s Evropskom zajednicom raditi i tražiti na svom području lokaciju za pohranjivanje visokoradioaktivnog materijala.

10.7 ZNANSTVENICI TRAŽE ZAKON O ATMOSFERI

Velika znanstvena konferencija o mijenjanju atmosfere na Zemlji završila je krajem lipnja 1988. godine u Torontu (Kanada), s pozivom na međunarodnu akciju izbjegavanje "prijeteće krize" zbog zagađenja atmosfere.

Domaćin skupa bila je kanadska vlada, a financirao ga je Program Ujendinjenih naroda za okolinu i Svjetska meteorološka organizacija. Skup se bavio problemima promjene atmosfere i utjecajima na opću sigurnost. Skupu je prisustvovalo oko 330 delegata iz 46 zemalja, te predstavnici 15 međunarodnih organizacija i predstavnici 47 udruženja za okolinu.

Konferencija je razmatrala efekt staklenika, kisele kiše i uništavanje ozonskog sloja. Njen konačni zaključak je da čovječanstvo radi neograničen nehotičan i globalno gledano prožimajući eksperiment s okolinom, čije krajnje posljedice po težini mogu biti odmah iza posljedica globalnog nuklearnog rata. Zbog toga se mora odmah nešto poduzeti i mora se odmah početi djelovati.

Konferencija je odlučila da bogate industirjske nacije imaju odgovornost da odrede put i pokažu nova rješenja kroz svoje nacionalne energetske politike i svoje ciljne programe. Konferencija je prihvatila sugestiju Michaela McElroya s hardvarskog sveučilišta da se treba utemeljiti svjetski fond za atmosferu koji bi se punio taksama na potrošnju fosilnih goriva u industrijaliziranim zemljama. Fond bi pomogao tehnološki razvoj i međunarodne programe istraživanja i praćenje klime.

Delegati su pozvali vlade zemalja svijeta da odmah ratificiraju prošlogodišnji Montrealski protokol o tvarima koje smanjuju ozonski sloj. U Torontu je utvrđeno da bi protokol trebao početi važiti 1990. godine, a da bi se do 2000. osigurala gotovo potpuna eliminacija kloro-fluoro-ugljika koji uništava ozon.

Glavna područja istraživanja koja su idenificirana na konferenciji uključivala su istraživanje utjecaja regionalne promjene klime na globalnu promjenu. Ta istraživanja bi trebala pomoći da se utvrdi da li, npr., efekt stakelnika uvjetuje sadašnju sušu u Americi. Postoji također i hitna potreba da se izračuna (odredi) i uloga oceana u zagrijavanju Zemlje.

Izvještaj iz Toronta upozorava da će bez brzog popravnog djelovanja na promjenu atmosfere svjetske temperature porasti između 1,5 i 4,5 K prije sredine slijedećeg stoljeća. Zagrijavanje bi ubrzalo sadašnji rast razine mora, vjerojatno za 1,5 m do 2050. godine. To bi poplavama opustošilo priobalne površine i otoke, zagadilo izvore (pitke) vode slanom vodom, oduzelo obradivo tlo, i znatno povećalo broj tropskih ciklona.

Slično, dokument konferencije upozorava da će kontinuirano uništavanje ozonskog štita koji štiti Zemlju od ultraljubičastog zračenja izazvati značajan porast slučajeva kožnih tumora i oštećenja očiju i ograničit će razvoj mnogih vrsta. Povećana kiselost drastično će smanjiti plodnost mnogih jezera i tla. Sad već ima mnogo primjera štetnih posljedica kiselih kiša na mnogim dijelovima globusa.

Iznoseći shvaćanja o hitnosti rješavanja problema okoline, na konferenciji su mnogi od delegata često isticali mišljenje da je susret u Torontu "stožerski" i da će, ako se nakon njega ništa ne poduzme, šansa za svako ozbiljno rješavanje problema degradacije atmosfere biti mala.

Izjavama 330 znanstvenika, stručnjaka i planera (onih koji postavljaju politike razvoja) traži se 20 % - tno smanjenje emisije ugljičnog dioksida do 2005. godine. Plinovi u atmosferi su osnovni uzrok "efekta staklenika" koji, zadržavajući toplinu od Sunca, zagrijava planetu.

Polovina smanjenja zagađenja mogla bi se postići povećanjem energetske efikasnosti. Druga polovina mora proizići od zamjena za spaljivanje ugljena i nafte, glavnih izvora ugljičnog dioksida u atmosferi. Zamjene uključuju prirodni plin, spaljivanje biomase i, ako se postojeći problemi sigurnosti nuklearne tehnologije s uspjehom riješe. Konferencija je također pozvala Ujedinjene narode da propišu (donesu) "zakon o atmosferi" koji bi se ratificirao na među-vladinoj konferenciji o podupiranju razvoja, a koja je planirana za 1992. godinu.

I na sastanku u Torontu bilo je mnogo oprečnih mišljenja, a pogotovo kada su na dnevnom redu bila pitanja informiranja i uključivanja javnosti u rješavanju ekoloških problema. Kako je već ranije kazano, mnogi znanstveni i stručni radnici veoma često se međusobno ne slažu u ocjenama i procjenama uloge pojedinih zagađivača, te veličine posljedica koje taj zagađivač uzrokuje. Takve rasprave obično se onda vode iza zatvorenih vrata. Međutim, koji puta nešto iz takvih rasprava

"procuri" pa nakon toga počne carevanje tzv. žute štampe i poluinformacija. Da se dobije kakva takva slika o odnosu znanstvenog rada i javnosti, možda je zgodno citirati jednog delegata iz Australije koji je rekao, bolje rečeno, pitao: "Trebamo li mi znanstvenici uključiti javnost u naše tajne dogovore čitavo vrijeme i dopustiti im da sudjeluju u zbrci kroz koju mi prolazimo?"

10.8 ULOGA BOGATIH I SIROMAŠNIH ZEMALJA U OČUVANJU OKOLINE

Na početku ovog razmatranja odmah se nameće pitanje: "Mogu li siromašni na sebe preuzeti brigu o očuvanju okoline i koliko? Veoma je teško na postavljeno pitanje dati decidiran i jednoznačan odgovor. Naime, znajući sve probleme siromašnih, potrebno bi bilo kazati da siromašni ne mogu na sebe preuzeti odgovornost za očuvanje okoline u koliko je to očuvanje vezano s financijskim obvezama, jer bi ih to očuvanje činilo još siromašnijima. Iz dosada kazanoga jasno je da su siromašne zemlje mnogo više pogođene posljedicama zagađenja okoline nego bogate zemlje. Najočitiji primjer kontradiktornosti očuvanja okoline u siromašnim zemljama je upotreba pesticida i umjetnih gnojiva. Zagađenje okoline njihovom upotrebom u čistoj je suprotnosti s neophodno potrebnom upotrebom pesticida i umjetnih gnojiva, kad je tako nužno potrebna hrana siromašnim zemljama. Kako se mogu zahtijevati čisti zrak i dobri radni uvjeti za radnike u siromašnim zemljama kad su stotine milijuna nezaposlenih? Mogu li siromašni sebi priuštiti da se dugoročno bave opasnostima od upotrebe fosilnih goriva kada ništa drugo nemaju?

Boreći se iz dana u dan ili iz tjedna u tjedan da prežive, siromašni nemaju vremena niti mogućnosti da se brinu o globalnim trendovima u pogledu zaštite čovjekove okoline, ali je potrebno i ovdje ponoviti, da su na jedan način siromašni mnogo više pogođeni (zahvaćeni) zagađenošću nego bogati. U prenaseljenim i pretrpanim gradovima siromašni su prvo oni koji trpe, pa je na pr. disanje u Mexico City-u isto tako opasno kao pušenje 40 cigareta na dan, što ima za posljedicu oko 7 milijuna bolesnih od bronhitisa. Ili, nije rijedak slučaj da se neka zabranjena kemijska sredstva u bogatim zemljama (pesticidi) upotrebljavaju kao spasonosna u siromašnim zemljama, pa ispada da su neke siromašne zemlje "pokusni kunići" u razvoju kemijske i drugih industrija. Znajući to, postavlja se pitanje: Kakva je realna i stvarna opasnost da će kompanije koristiti svijet u razvoju kao mjesta na koja će odbacivati, odnosno u kojima će se pohranjivati opasni otpaci?

Za razliku od bogatih zemalja, siromašne zemlje još nisu ni shvatile koliko je skupo odčišćavanje zagađene okoline. Za treći svijet bi pokušaj da u razvoju nemaju nikakvo zagađenje, predstavljao poduhvat isti kao da imaju lošu ekologiju, pa ju žele dovesti do stanja bez zagađenja. Za neke vrste zagađenja, kao što su glavni morski putovi, ili emisije ugljičnog i sumpornog dioksida, teško je postaviti granice, pa se u slučaju prekomjernog zagađenja moraju poduzeti mjere odčišćavanja ili smanjenja zagađenja odnosno smanjenja energetske ili industrijske proizvodnje. Tko će smanjiti potrošnju ili proizvodnju, siromašni ili bogati? Siromašni žele pod svaku cijenu izaći iz siromaštva, a bogati žele biti još bogatiji i tu počinje vrtnja u krugu. Da bi se izašlo iz vrtnje, potrebno je i siromašnima, a posebno bogatima, shvatiti da je čovječanstvo jedno, da se nalazi u jednom brodu ili čamcu, pa gledano dugoročno, treba zajedno ploviti u budućnost. Pri toj plovidbi potrebno je uvažavati opravdane zahtjeve siromašnih i pomoći im da izađu iz siromaštva, jer samo tako, gledano dugoročno, bogati će moći ostati bogati ili čak postati još bogatiji. Naime, ako siromašni ne

prestanu biti siromašni u tom slučaju proizvodi i proizvodnja bogatih neće imati kupaca, a samim tim morat će doći do zagušenja te proizvodnje. Zemlje Trećeg svijeta više su angažirane u tome da se taj brod (čamac) održi na površini i da sretno plovi u budućnost.

Postavlja se pitanje: Mogu li bogati sebi priuštiti da vode brigu o očuvanju okoline? Cijena očuvanja okoline vrlo je visoka, ali je neočuvanje okoline još skuplje. Kako to pomiriti? Zahtjev za čistim zrakom traži djelomičnu ili potpunu (ovisno o prilikama) obustavu prometa i industrije, što donosi nove probleme u transportu i snabdijevanju, ekonomske gubitke i ostajanje velikog broja radnika bez posla. Zbog te spoznaje svako novo otkriće u zagađenju donosi sa sobom strah od velikih gubitaka i zatvaranja tvornica.

10.9 CIJENA ZAGAĐENJA

Stručnjaci za zaštitu okoline tvrde da su tvrdnje političara, energetičara i industrijalaca o visokoj cijeni zaštite okoline prenaglašene. Da to potvrde navode primjer Zapadne Njemačke o obaveznom uvođenju bezolovnog benzina u promet, koji nije izazvao promjene cijene benzina.

Veliki je broj zagađenja okoline čija je dekontaminacija stajala društvo i do nekoliko stotina puta više, nego što bi stajala oprema pomoću koje se moglo spriječiti nastalo zagađenje. Cijenu zdravlja ljudi ili cijenu njihovih života nemoguće je staviti u bilo kakav novčani odnos. Naime, kad su u pitanju ljudi samo u slučaju liječenja može se utvrditi koliko košta to liječenje i izgubljeno vrijeme, dok se indirektni troškovi nikada ne mogu točno utvrditi.

Shvativši cijenu zagađenja okoline sa svim njenim posljedicama SAD, kao najrazvijenija zemlja krajem sedamdesetih godina ovog stoljeća, uvelike su krenule u investiranje za očuvanje okoline. Ubrzo se pokazalo da su investicije u zaštitu okoline bile manje od troškova koje bi zdravstveno osiguranje moralo platiti oštećenima (bolesnima) da tog očuvanja okoline nije bilo. Saznavši to, mnoge firme su shvatile da sprečavanje zagađenja okoline može postati vrlo unosan posao i da može donijeti dobre profite.

Zahtjevi za zaštitu okoline (u SAD dosta strogi) doveli su do zatvaranja određenog broja poduzeća koja nisu mogla udovoljiti postavljenim zahtijevima. Međutim, organizacijama i provođenjem programa za zaštitu okoline otvoreno je znatno više novih radnih mjesta nego što je ukinuto. Primjer SAD slijedile su i ostale zemlje Zapada, koje su svojoj industriji ponudile pomoć u uvođenju novih tehnologija koje ne zagađuju okolinu ili se okolina znatno manje zagađuju od industrije s postojećim tehnologijama.

Sa svjetskim tržištem novih tehnologija za očuvanje okoline i organizacijom službi za očuvanje okoline u vrijednosti od 100 milijardi dolara godišnje, došlo je do jakog poticaja u većini zemalja da se unaprijedi vlastita tehnologija protiv zagađenja i da se stvore takve tehnologije koje će se moći prodati onima koji su u tom pogledu još zaostali. Već i radi toga, dugoročno gledano, stručnjaci za zaštitu okoline vjeruju da i bogati svijet ne može dopustiti ignoriranje borbe za zaštitu okoline.

Očuvanje okoline plaćaju građani bilo kao potrošači dobara, bilo kao poreski obveznici ili kao žrtve zagađenja. Međutim, energetika, industrija i promet su glavni zagađivači, pa bi oni trebali podnijeti glavni financijski teret u očuvanju okoline i to u prvom redu investicijama za smanjenje zagađenja u samim pogonima, te

sudjelovanjem financijskim sredstvima u očuvanju okoline. Navedene privredne grane povećanjem cijena svojih proizvoda i usluga prebacuju svoje troškove na potrošače. Tako je na pr. u Americi početkom 70-tih godina kontrola zagađenja okoline povećala cijene hrane za 1 %, a cijenu goriva za 4,6 %.

Mnoge zemlje uvele su standarde o zagađenju okoline, odnosno kazne za nepridržavanje standarda. Ako se hoće udovoljiti standardima o zagađenju, onda je za mnoge zagađivače skupo. Tako, ako u slučaju kada kazne za kršenje zakona o zagađenju nisu dovoljno visoke, dolazi do toga da neka poduzeća kažu da je za njih jeftinije platiti kaznu za zagađenje nego uložiti potrebne investicije za očuvanje okoline.

Mnogi ekolozi i ekonomisti misle da su takse za zagađenje mnogo djelotvornije nego zakoni, što su pokazali primjeri industrije uz rijeku Rajnu (Zapadna Njemačka), zatim u Japanu, Francuskoj i nekim drugim zemljama. Prikupljeni novac se koristi za pročišćavanje voda, za kontrolu zagađenja ili čak za nadoknadu oboljelima od zagađene okoline. Ovakav način prikupljanja dobro funkcionira sve dok industrija može platiti odgovarajuće takse. Problem nastaje kada to ona nije u stanju, pa se posebnim propisima pomaže tim industrijama ili ih se oslobađa za izvjesno vrijeme od plaćanja taksi. Tako je početkom 70-tih godina Švedska vlada platila 50-70 % troškova opreme starim industrijama da prekinu ili smanje zagađenje okoline. Nekoliko žemalja je dalo olakšice u pogledu plaćanja poreza tvrtkama koje su instalirale kontrolu zagađivanja, a nekima su ponuđeni zajmovi ili data nepovratna sredstva.

Dobra koja se proizvode, pored troškova proizvodnje, traže i troškove za očuvanje okoline. Tako na pr. kupci kola žele platiti, kada kupuju kola, samo cijenu proizvodnje kola, a trebali bi platiti i troškove za zaštitu okoline kod proizvodnje i upotrebe kola. Nakon svega kazanoga može se zapitati da li je nešto dobra vrijednost dok se ne zna njegova prava cijena i korist. Na kraju se ipak sve svodi, da je, na ovaj ili onaj način, potrošač taj koji plaća zaštitu i očuvanje okoline.

10.10 KONTROLA ZAGAĐENJA OKOLINE

Ako se ozbiljnije ne krene u zaštitu okoline, moglo bi se dogoditi da nas buduća pokoljenja osude zbog upotrebe i odlaganja silnih kemikalija u okolini i to nekontrolirano. Da se to ne bi dogodilo, potrebno je sačuvati okolinu od zagađenja i stalno kontrolirati zagađenje. Pitanje je, da li se i kako može kontrolirati zagađenje, zatim kako i da li tipizirati standarde za kontrolu okoline, te kakve utjecaje na standarde mogu imati lokalne prilike?

Ovo pitanje podjelilo je Evropsku Zajednicu kada je razmatrala uvođenje kontrole zagađenja okoline, a i opteretilo mnoge planove širom svijeta. Kako se postaviti kod kontrole zagađenja rijeka i mora, kada su prilike sasvim različite od rijeke do rijeke ili od mora do mora. Toksični otpaci u jednoj brzoj i bistroj rijeci u Velikoj Britaniji s malo populacije uz nju, ili uz jako zagađenu Rajnu iz koje se osigurava voda za oko 20 milijuna Njemaca, Francuza i Nizozemaca. Slična je situacija s zagađenjima mora, jednom kada je riječ o obalama Atlanskog oceana s visokom plimom i osekom, koja odnosi zagađenja, ili kada je riječ o obalama zatvorenog Sredozemnog mora s malom varijacijom plime i oseke. Sigurno je da se za dva navedena slučaja ne mogu primijeniti isti kriteriji kontrole zagađenja.

Međutim, ako se ne stave isti kriteriji, u tom slučaju bi na pr. britanska industrija došla u privilegirani položaj zbog svog zemljopisnog položaja. Jasno je da niti jedan od dva ekstremna slučaja nije mogao biti prihvaćen (isti kriterij za sve i

privilegirani kriterij za bolje prirodne uvjete) nego je nađeno kompromisno rješenje da se standardi prilagode. Imajući zemljopisne prednosti (kratke rijeke, veliku plimu i oseku, pogodan smjer vjetra) Velika Britanija je kao razvijena zemlja uzela, za razliku od drugih razvijenih zemalja (SAD, Japana, Zapadne Njemačke i drugih), kooperaciju između industrije i zagađenja okoline, a nije uvela zabrane i standarde koje preferiraju ostale razvijene zemlje. Tradicionalna odbojnost britanskog Parlamenta prema zakonodavnim promjenama i uvođenju nove regulative dodatni je faktor koji je utjecao na navedeno ponašanje Velike Britanije.

Kod donošenja regulative o kontroli zagađenja u Velikoj Britaniji bilo je potrebno voditi računa o lokalnim prilikama, financijskoj situaciji i o dostupnoj (raspoloživoj) tehnologiji, dok se u drugim razvijenim zemljama dostupna tehnologija propisuje zakonima. Krajnost ove druge regulative često ide tako daleko, da traži od zagađivača da koriste posljednju tehnologiju s kojom će eliminirati ili do krajnjih mjera smanjiti zagađenje bez obzira na cijenu i potrebe okoline. Radi takvog inzistiranja mnogi kritičari kažu da je to nepraktično i da stavlja nepotrebne terete na industriju.

I jedna i druga strana (Velika Britanija i ostale razvijene zemlje) slažu se u tome, da je bolje uspostaviti kontrolu zagađenja okoline u tvornicama i trošilima kad se oni projektiraju i grade, nego tu kontrolu kasnije dodavati i uvoditi. Najbolji je srednji put, a to je fleksibilni pristup, jer se njime omogućava stalno poboljšanje.

Da bi se ostvarila poželjna kontrola zagađenja veoma često se zaboravlja da mora postojati volja (htijenje), jer bez nje najbolje praktične mjere mogu jednostvno degradirati i promašiti cilj, odnosno svrhu.

Zabrinutost za okolinu u pogledu zagađenja zraka, vode zemlje i tla prati svjetski industrijski razvoj. Neke pojave kao što su kisele kiše, zatim efekt staklenika, radioaktivnost i neke vrste otpada su blisko povezani sa proizvodnjom energije koja omogućava zadovoljenje svjetskih potreba.

Kiselost kiše se osobito odnosi na kišu koja sadrži visoke razine kiselosti uslijed sumpora i dušičnih spojeva koji izlaze iz energana pri korištenju fosilnih goriva. Efektom staklenika dolazi do postupnog zagrijavanja zemaljske atmosfere a posljedica su ugljičnog dioksida i drugih plinova koji nastaju izgaranjem fosilnih goriva u elektranama. Zabrinutost u pogledu nuklearnog otpada često potječu zbog straha od radijacije i shvaćanja da se radioaktivni otpad ne može kontrolirati niti s njime sigurno rukovati kroz duža vremenska razdoblja. Na nacionalnim i međunarodnim razinama vlade provode akcije da se suoče s ovim problemima uključujući potrebne korake kojima se zahtijeva niža emisija zagađenja iz energana. Oni također rade putem organizacija kao što su: Program za okolinu UN (UNEP), Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), Agencija za nuklearnu energiju (IAEA) i druge. Ovi napori uključuju znanstvenu i tehničku procjenu koja će pomoći naći rješenja i smjestiti probleme u odgovarajuću perspektivu tako da se mogu uspostaviti pravi prioriteti i odrediti način korištenja ionako nedovoljnih resursa.

IAEA, UNEP i WHO su ujedinili snage npr. u jednom ekstenzivnom projektu u pogledu pronalaženja rješenja za donošenje odluka pri stvaranju jednog sveobuhvatnog pristupa radi procjene i borbe sa zagađenjem.

Cilj istraživanja je, da se izbjegnu pristupi koji su nepotpuni i da se prihvati i razradi jedan integrirani pristup. Među razvojnim ciljevima projekt će identificirati utjecaj na okolinu kao i zdravlje i socijalno društvene efekte koje treba razmotriti da bi se razriješio problem industrijalizacije. Nacionalne studije će biti obavljene sa

školovanim stručnjacima i njihovim metodologijama i pristupima, uspostavit će se baza podataka i informacija da bi pomogle u identificiranju važnih nesreća koje mogu nastupiti. Ova je studija počela 1987. a šestogodišnji projekt je također privukao inters Organizacije ujedinjenih naroda za industrijski razvoj (UNIDO).

Industrijske nesreće, uključujući one koje prate zagađivači i otpad, teško je procijeniti, kvantificirati i usporediti, smatraju stručnjaci.

Međutim, kad je u pitanju nuklearni otpad, čija se radioaktivnost vremenom mijenja (slabi), znanstvenici i stručnjaci su određenog mišljenja, jer su ti problemi dobro obrađeni, razjašnjeni i dokumentirani.

To nije slučaj kod drugih tipova otpadnog materijala pa procjena rizika zdravlja od kemijskog zagađenja okoline predstavlja ozbiljne probleme za analizu.

Projekt IAEA/UNEP/WHO, koji obuhvaća zdravlje, energiju, okolinu, u koji su pored znanstvenika uključeni i industrijski specijalisti, može pomoći u davanju odgovora na važna pitanja. Za neke zemlje je nuklearna energija postala dio rješenja za probleme električnog snabdijevanja i zagađenja.

Izgradnjom nuklearnih elektrana i drugim mjerama u Finskoj npr. emisija sumpornog dioksida po 1 kWh privedene električne energije smanjena je za faktor 5 od 1974-84. g., a u Belgiji emisija sumpornog dioksida iz elektrana smanjila se 3 puta od 1980-86. godine. Slično je u Francuskoj koja proizvodi gotovo 75 % svoje električne energije u nuklearnim elektranama, pa je emisija sumpora i dušičnih oksida na taj način smanjena za 50 % od 1980. godine.

Koliki dio smanjenja emisije sumpornog dioksida, dušičnih i ugljičnih oksida pripada mjerama zaštite, a koliko dio pripada povećanoj izgradnji nuklearnih elektrana, teško je pouzdano i sigurno tvrditi. Stručnjaci smatraju da je znatno veći udio u smanjenju emisije zasluga izgradnje nuklearnih elektrana, a manji dio zasluga poduzetih mjera za smanjenje emisije.

10.11 POLITIKA I ZAGAĐENJE OKOLINE

U posljednjih nekoliko godina, a posebno nakon incidenata u nuklearnim elektranama (Three Mile Island i Černobila), te nakon kemijskih udesa (Mexico City, Bhopal i Basel), došlo je do znatnijeg pokreta za zaštitu okoline. Taj pokret uzeo je za moto, da je jedina alternativa politike eksploatacije dobara politika ekologije. Naime, ako bi se prirodna dobra koristila kao sada u tom slučaju bi čovječanstvo došlo u teška iskušenja u slijedećem stoljeću. Većina problema o zagađenju okoline uzrokuje sukobe između ekonomskih interesa na jednoj strani, te zdravlja i brige za očuvanje okoline na drugoj strani.

Zagađenje okoline, postalo je interesantno i važno zbog toga što zahvaća i novac i vlast bez ikakve političke rasprave. Grupe ljudi (ekolozi) ili pojedina udruženja (zeleni) vrše sve snažniji pritisak na vlade svojih zemalja, pa i na vlade ostalih zemalja, za očuvanje okoline. Pri svojim traženjima (zahtjevima) oni koriste sva raspoloživa sredstva unutar zakona, katkada i izvan zakona , da uvjere vlade kako njihova politika maksimalne proizvodnje (profita) nije ispravna, te da korigiraju svoju politiku u smjeru veće zaštite čovjekove okoline. Američke grupe za zaštitu okoline usmjerile su svoje djelovanje i u smjeru pritisaka na političke kandidate pojedinih partija, pa su čak uspjeli utjecati na smjenu sekretara za unutrašnje poslove u Reaganovu kabinetu Jamesa Watta 1983. godine. Mnogi ekolozi vjeruju da se unutar postojećih politika još uvijek mogu riješiti mnogi ekološki problemi današnjice.

Zagovornici bržeg razvoja (pod svaku cijenu) optužuju ekologe da namjerno potkopavaju razvoj energetike i ekonomski prosperitet društva. Oni tvrde da su ekolozi članovi elite i bogata društva, te da su sve ostvarili osim čiste okoline koja im još nedostaje, da su izolirani i osigurani (zaštićeni) od posljedica drugačijeg razvoja resursa i ekonomskog rasta. Jasno je da ekolozi odbacuju ove navode i optužbe da su skloni samo pravljenju opće zbrke u društvu. Radikalni dio zaštitara okoline, međutim, vjeruje da je to ono što je upravo potrebno činiti kako bi se poremetio status quo. Radikalno krilo pokreta za zaštitu okoline osnovalo je u šest evropskih zemalja zelene partije koje se bore na lokalnim i saveznim izborima. Najveći uspjeh imali su predstavnici partije zelenih Zapadne Njemačke koji su na izborima 1983. godine dobili 28 mjesta u Parlamentu.

Predstavnici partija zelenih vjeruju da današnji ekonomski poredak (i kapitalizam i socijalizam) tjera samo na ekonomski rast ne vodeći dovoljnu brigu o očuvanju okoline, te da taj sistem treba mijenjati. U filozofiji "zelenih" prisutna je tvrdnja da materijalizam razara društvo, da je izvor nezaposlenosti i bijede velikog dijela čovječanstva, te da je to korjen stvaranja svjetskog jaza između bogatih i siromašnih. Osim toga taj pokret traži kompletno razoružanje, odbacuje upotrebu nuklearne energije, traži decentralizaciju i malu kooperativnu privredu.

Iz do sada navedenoga proizlazi da postoji bitna razlika između ekologa, koji traže kompromisna (koliko-toliko zadovoljavajuća) rješenja, i zelenih koji traže radikalna rješenja kad je u pitanju zaštita okoline. Radikalni zahtjevi za promjenom življenja u svom nastupu zaboravljaju elementarnu činjenicu da čovjek samim svojim postojanjem (egzistencijom) zagađuje više ili manje okolinu, ovisno o sredini u kojoj živi. Znajući tu činjenicu, da se ne može živjeti bez utjecaja na okolinu, lako se može zaključiti da su ekolozi mnogo bliže životu i realnosti, pa slijedi, da svaki čovjek i svako društvo maksimalno mora voditi brigu o čistoći okoline i da se mora odricati nekih navika pa i financijskih sredstava (direktno ili indirektno) da bi se sačuvala (očuvala) okolina. Da bi se to moglo ostvariti potrebno je imati viši rast u nerazvijenim zemljama kako bi se stvorili uvjeti i sredstva, pored sredstava razvijenih zemalja, za bolju kontrolu zagađenja nego što je danas. Povećani rast u nerazvijenim zemljama trebalo bi ostvariti bez povećanog zagađenja okoline (manja upotreba kemijskih sredstava, prečišćavanje otpadnih voda i plinova izgaranja, izborom povoljnih lokacija, novim tehnologijama itd.), a razvijene zemlje bi morale smanjiti zagađenja u svojim zemljama, te pomoći nerazvijenim zemljama u njihovu razvoju, a samim tim i na očuvanju i zaštiti okoline.

Dosadašnji razvoj pojedinih zemalja pokazao je, da vlade sa svojim programima bolje prolaze na izborima ako obećaju bolji (viši) standard, nego ako obećaju čistu okolinu, što vlade u većini slučajeva i koriste. Takva rezoniranja i vlada i stanovništva su pogrešna, jer se gledaju kratkoročni efekti umjesto dugoročnih. Naime, bolji osobni dohodak (bolji standard) dobiva se relativno brzo, za razliku od zagađenja okoline koje je dugotrajno i s dugotrajnim posljedicama. Oduzimanje jednog jezera ili mora je veoma dugotrajan proces, a njegovo čišćenje i oživljavanje također je dugotrajan proces i traži mnogo više sredstava od sredstava koja su bila potrebna za njihovo očuvanje. Na kraju treba kazati da je novac potreban za život i uživanje, samo se pri tome mora postaviti pitanje. Koliko je toga dovoljno?

Na sreću iz dana u dan se shvaćanje ljudi o potrebi očuvanja okoline poboljšava, jer je većina ljudi shvatila da problem zagađenja okoline nije ničiji drugi nego njihov vlastiti.

LITERATURA

K.J.Gregory: Energetics of Physical Environment: energetic approaches to physical geography; Chichester, 1987. The Disposal of Long-Lived and Highly Radioactive wastes, The Royal Society, London 1986. The Breathing Planet, A Newscientist Guide, Edited by John Gribbin, London 1986.

P. Bartelnus: Environment and Development, Boston 1986. Environmental Economy, Editors Richard Brooker and Matthew Corder, London 1986. Understanding Our Environment, The Royal Society of Chemistry, London 1986.

M. Brezinšćak: Mjere i sistemi jedinica, Tehnička knjiga, Zagreb 1961.

M. Sikirica: Stehiometrija, Školska knjiga, Zagreb 1979. New Scientist, 7. july 1988. Haywards Heath, England

V.C. Marshall: Chernobyl was it the worst accident? Loss Prevention Bulletin, No 081, June 1988. Činjenice o zračenju, Nuklearna elektrana Krško

M. Kurtović: Današnji i budući problemi buke u urbanoj sredini, Energija i ekologija, Beograd 1986.

V. Knapp i P. Kulišić: Novi izvori energije, Školska knjiga, Zagreb 1985.
Energija i razvoj, Jugoslavenska naučna tribina, Beograd 1986.
Četiri decenije jugoslavenske elektroprivrede, Jugel, Beograd 1985.

M. Lambert: Future Sources of Enrgy, Hove 1986.

J. Dineen: Energy from Sun, Wind and Tide, London 1985. Energy Forces and Resources, Cambridge university press 1984. INA-Naftaplin 1952-1987, Zagreb 1987.

F. Pearce: Acid Rain, Penguin Books Ltd, Harmondswarth, Middlessex, England 1987.

Belter W.G.: The Management of Waste Heat at Nuclear Power Stations, IAEA - SM - 187/52

Jacquet J., Tschirhart G.: Effets de taille des rejets de chaleur dans l'atmosphere. EP/SEM.2/R.12 Thermal Discharges at Nuclear Power Stations IAEA, Tech. Rpt. Series No 155, 1974.

Brock T.D.: Predicting the Ecological Consequences of Thermal Pollution from Observations on Geothermal Habitats IAEA-SM-187/9, 1974.

Noland M.C: Thermal Pollution, a Survey of Cause and Effects, MRI Paper No 918, 1969

Koppe P.: Water Pollution and the Capacity of Waters for Waste Heat, W.E.C., Detroit, 2.2 - 2, 1974. IAEA News Features, No 2, Vienna, 1988.

J. Willson et.al.: Comprehensive Planning and Environment, Abt. Assoc. Inc. 1979.

W.J. Baumol, W.E. Oates: Economics, Environmental Policy and the Quality of Life, Prentice Hall Inc. 1979. Earth, Energy and Environment, Congressional Quarterly, Inc. 1977.

N. Malbaša: Podloge i upute za izradu studije o utjecaju nuklearnih elektrana na okolinu, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.

Lee D.: The worst accident in history, Pan Books, London 1986.

Z. Gehrecke: Zagađivanje životne sredine uslovljeno upotrebom energije u industriji, Zbornik referata, "Ekologija i okolina", Beograd 1986.

M. Mesarović: Waste heat disposal from steam electric plants with reference to the stochastic nature of some environmental conditions and to thermal pollution control regulations, IAEA SM-187/25, Oslo 1974 i Environmental effects of cooling systems at nuclear power plants, pp 311-330, IAEA Vienna 1975.

A. Petrosjanc: The Soviet Union and the development of nuclear power, IAEA Bulletin, Vol. 28, No. 3, Vienna, Autumn 1986.

M. Mesarović: Uporedna analiza uticaja nuklearnih i klasičnih termoelektrana na okolinu, Elektroprivreda br. 9-10, 1974. i Čovek i životna sredina 6/80. Costs of Coal Pollution Abatement: Results of an International Symposium, OECD, Paris 1983.

O. Nikolić, B. Plavljanić, J. Marković: Emisije sumpornog dioksida u jugoslavenskim rafinerijama nafte. Savjetovanje "Gozd in Okolje - FOREN 86", Zbornik radova, str. 245-249, Ljubljana, 15-16. maja 1986.

B. Plavljanić, M. Stančić, O. Nikolić, M. Jednačak: Goriva i maziva 25 (1-2), 24 (1986.).

F. Konte: Potential Impact of Petroleum Products on the Environment, UNEP, Industry Sector Seminars, Petroleum Industry Meeting, Paris 1977.

M. Bookchin: Prema ekološkom rješenju, Revija za sociologiju, Vol. XII 1982.

A. Lešić: Energija u prometu i zaštita čovjekove okoline, Savjetovanje o energiji (Zbornik referata) Opatija 1987. Tecnical Reports Series No. 236, Treatment of Low and Intermediate Level Liquid Radioactives Wastes, IAEA, 1984. Low Level Radioactive Waste Management Handbook Series, Low Level Radioactive Waste Treatment Technology, DOE, July 1984. High Level Nuclear Waste, Westinghouse Waste Technology Series Division, October 1986.

LITERATURA

Bojan Kraut: Džepni strojarski priručnik, "Školska knjiga", Zagreb 1963.

Danilo Feretić: Nuklearne elektrane, Sveučilište u Zagrebu 1984.

James J. Doland: Hydro Power Engineering, New York, 1954.

V. J. Riškin: Tjeplovije električeskije stanciji, Moskva 1976.

Fritz Dietzel: Dampfturbinen, Munchen, Beč 1980.

A. V. Šćegljajev: Parovije turbini, Moskva 1976.

.... Statistički bilten, Opšte udruženje organizacija naftne privrede Jugoslavije, Beograd, broj 11. god. 6.

D. Schumacher: Energy, Crisis or Opportunity? Macmillan publichers LTD, Hong Kong 1985.

J. Lončar: Osnovi elektrotehnike, Sveučilište u Zagrebu 1964.

R. Dimitrijević: Goriva i izgaranje, Savez energetičara Hrvatske, Zagreb 1984.

J. Pađen: Metode prostorno-prometnog planiranja, Informator, Zagreb 1978.

.... Tehnička enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod Zagreb, MCMLXXIII

B. Horvat: Razvoj jedne industrije - Industrija nafte u Jugoslaviji, Kosmos, Beograd 1966.

J. Miler: Parne i plinske turbine I dio, Tehnička knjiga, Zagreb 1955.

J. Miler: Parne i plinske turbine II dio, Tehnička knjiga, Zagreb 1965.

D. Horvat: Vodne turbine, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1965.

E. Cerić: Tehnologija nafte, Školska knjiga, Zagreb 1984.

S. Glasstone: Sourcebook on atomic energy, London 1958.

Y. C. McVeigh: Energy Around The World, Oxford 1984.

H. Požar: Osnove energetike, Školska knjiga. Zagreb 1976.

B. Udovičić: Elektroenergetika, Školska knjiga, Zagreb 1983.

D.Horvat: Hidrodinamika, I dio, Sveučilište u Zagrebu,Zagreb 1961.

E. R. Laithwaite and L. L. Freris: Electric Energy: its generation, transmission and use, McGrow Hill, London 1980.

N. Ardley: Atoms and Energy, Grisewood & Dempsey Ltd, London 1975.

V. Knapp i P. Kulišić: Novi izvori energije, Školska knjiga, Zagreb 1985.

J. O. M. Bockris - E.W. Justi: Wasserstoff die Energie fur alle Zeiten, Udo Pfiriemer Verlag, Munchen 1980.

V. Boranić, A. Gorjanović, A. Mošić, B. Prohaska, F. Reščec i J. Širola: Tehnologija nafte. Grafički zavod Hrvatske, Zagreb 1968.

V. Paar: Energetska kriza: gdje (ni) je izlaz? Školska knjiga, Zagreb 1984.

R. Wolf: Uvod u teoriju električnih strojeva, Školska knjiga, Zagreb 1975.

H. Požar: Visokonaponska rasklopna postrojenja, Tehnička knjiga, Zagreb 1973.

J. I. B. Wilson: Solar Energy, Wykeham, London 1979.
C. E. Backus: Solar Cells, IEEE Press, New York 1976.
N. Urli: Solarne fotonaponske ćelije kao novi izvori električne energije, Sunčeva energija Vol. 5 No. 1-2, 1-40, Rijeka 1984.
.... Energija i razvoj, Jugoslavenska naučna tribina, Beograd 1986.
R. Protić: Nafta i plin u energetskoj privredi Jugoslavije, Poslovno udruženje "nafta", Zagreb 1973.
B. Černe: Nauka o toplini, Tehnička knjiga, Zagreb 1969.
A. Dolenc: Sinhroni strojevi, Elektrotehnički fakultet (skripta), Zagreb 1962.
R. L. Loftness: Energy Handbook, Von Nostrand, New York 1978.
D. N. Lapedes: Encyclopedic of Energy, McCrow Hill, New York 1976.
A. Bratonić: Mjerenje sunčevog zračenja, Sunčeva energija 3 1980.
N. L. Brown: Renewable Energy Resources for Developing Countries, Ann.Rev. Energy 5 1980.
F. Gamser: Raspodela komponenata sunčevog zračenja u Jugoslaviji prema merenjima u mreži stanica, Savetovanje Sunčeva energija u Jugoslaviji, Beograd 1977.
Lj. Pilić-Rabadan: Korištenje energije vjetra, Strojarstvo br. 4, Zagreb 1985.
D. Krpan: Nekonvencionalni - regenerativni izvori energije, Strojatstvo br. 4, Zagreb 1985.
G. Hajdin: Mehanika fluida, Građevinska knjiga, Beograd 1983.
A. Lešić: Vidovi i sredstva prijevoza i prijenosa energije i njihova rentabilnost i ekonomičnost u privredi Jugoslavije, Sveučilište u Zagrebu (Ekonomski fakultet), Doktorska disertacija, Zagreb 1982.
R. G. Bainbridge, E. J. Rothberg: Aspects of Energy Conversion, Oxford 1975.
Z. Jelinović: Ekonomika prometa, Informator, Zagreb 1972.