

9. Lecomber R. (1975), *Economic growth versus the environment*, Macmillan, London
10. Leipert O. (1986), Social cost of economic growth, *Journal of Economic Issue*, No. 1
11. Pearson C.S. (1988), Industrial relocation and »pollution havens«, *Economic Impact*, No. 4
12. Pigou A. (1932), *The economics of welfare*, Macmillan, London
13. Cates W.N. (1988), Should pollution be taxed?, *Economic Impact*, No. 4
14. Montgomery W.O. (1972), Market in licenses and efficient pollution control programs, *Journal of Economic Theory*, No. 1
15. Schafer D. (1986), Anlagevermögen für Umweltschutz, *Wirtschaft und Statistik*, No. 3
16. Simon A. (1981), *The sciences of artificial*, MIT, Cambridge
17. Simon J.L., Kahn H. et al. (1984), *The resourceful earth*, Basil Blackwell
18. Wicke L. et al. (1986), *Die Ökologische Milliarden*, Munich

JOŽE MAČEK

Bioakumulacija, reaktivnost in synergizem – osnovni procesi v biosferi

V zadnjih desetletjih se v razvitem svetu, pri nas pa prav v zadnjem času, kaže precejšnje prizadevanje za čisto okolje. To vsebinsko lahko pomeni v glavnem le vrnitev v produkcijske in življenjske razmere, ki bi bile podobne kot pred drugo svetovno vojno, in v številnih primerih opustitev proizvodnje procesov, ki onesnažujejo okolje. Seveda se moramo otresti predsodkov, da je okolje tedaj bilo čisto, bilo je le manj onesnaženo kot je sedaj, toda ta tip okolja so ljudje očitno pripravljani sprejeti. Na naravoslovni ravni so sedaj v številnih primerih prekoračene tolerance (na podlagi zdajšnje vednosti določene maksimalno dovoljene količine onesnaževalcev na razne enote okolja v določenem času), na socialni ravni pa se znižuje prag sprejemljivosti (akceptance) za onesnaževalce precej pod vrednosti, ki jih je večina ljudi še pred nedavnim bila voljna prenašati.

Pri onesnaževanju okolja gre v številnih primerih za globalno onesnaženje, pri številnih naravi tujih snoveh pa za onesnaženje ne samo ciljnih (target) ekosistemov, temveč tudi njihove daljne ali bližnje sosesčine. Neonesnaženih ekoloških niš tako rekoč ni več. Mogoče je sicer, da se onesnaženost v nekem ekosistemu funkcionalno ne zaznava, da pa je zastopana, skoraj ni dvoma, kar je razumljivo ob sedanjih komaj predstavljeni detekcijski sposobnosti analitskih metod.

Spomniti je treba na izrek znamenitega angleškega kemika, da so s kemičnimi metodami nekoč iskali malo v velikem, zdaj pa iščejo nič v malem, toda ta nič lahko močno vpliva na okolje.

Pri vseh sintetičnih (torej umetno narejenih) snoveh in pri vseh snoveh, ki sicer obstajajo v naravi, jih pa v okolje spuščamo v velikih količinah, moramo podrobno zasledovati njihove poti. Najprej so take snovi v okolju podvržene preprostim fizikalnim procesom difuzije, absorpcije, kodelitacije in podobno. Pri tem se pogosto razredčijo do neškodljive stopnje ali se kopičijo na neškodljiv način. Seveda je opredelitev o neškodljivosti kemija vsakokratnega znanja in vednosti, ki se lahko hitro spreminjata. Fizikalno – kemični procesi in biokemične reakcije lahko povzročijo, da se številne substance lahko popolnoma razgradijo in v svoji izhodiščni obliki zginejo iz okolja, s tem da se njihovi razgraditveni produkti v celoti in brez možnosti razlikovanja vključijo v biotično enačenje snovi (H_2O , CO_2 , P itn.).

Poleg takih mehanizmov odstranjevanja višje strukturiranih snovi iz okolja

pa vedno obstajajo v biosferi tudi drugi presenetljivi procesi, ki nas silijo v mnogo bolj diferencirano presojo, pri čemer je treba marsikatero prejšnjo neškodljivost nehote močno relativizirati. Nekaj takih za biosfero značilnih snovi in njihovih usod bomo v naslednjem ponazorili na nekaj modelnih primerih. Ta prikaz pa ima sam zase skromno izpovedno vrednost. Vzeli naj bi ga kot povod, da bi temeljiteje razmislili o biosferi in našem odnosu do nje. Potreben impulz za spremembo se bo hitro pokazal, ko bodo spoznani vzroki in obseg stiske.

Bioakumulacija

Bioakumulacije v biosferi zadevajo tudi človeka. V tem sestavku lahko navedemo seveda samo nekaj zgledov. Že sorazmerno zgodaj so ugotovili pojave bioakumulacije pri kloriranih ogljikovodikih. Te snovi so se namreč izkazale kot zelo počasi razkrojljive, se kopičijo v prehranjevalnih verigah in prehranjevalnih mrežah povsod tam, kjer se v organizmih kopiči maščoba, klorirani ogljikovodiki so namreč topni le v maščobah. V akvatični prehranjevalni verigi od oceanske vode do tjušnjev ali morskih ptic se lahko dogodi milijonkratno nakopičenje DDE (diklorbisklorfeniletlen, ki je metabolni produkt insekticidne snovi DDT – diklorodifeniltrikloretana). Seveda se DDT in njegovi razgraditveni produkti kopičijo tudi v maščobnem tkivu ljudi. Problematični so klorirani ogljikovodiki zlasti v materinem mleku, ker z dojenjem prehajajo v dojenčke. Vendar se onesnaženost postopoma zmanjšuje, odkar je prepovedana uporaba insekticidnih kloriranih ogljikovodikov. Po švicarskih podatkih (Basel) je povprečna onesnaženost s kloriranimi ogljikovodiki v miligramih na kg mlečne maščobe materinega mleka takale: skupina DDT 1971 5,5, 1978, 3,0, 1984 1,4; heksaklorbenzol 1971 1,0, 1978 0,54, 1984 0,17; heptaklorepoksid 1971 0,07, 1978 0,03 1984 0,02; heksaklorcikloheksan 1978 2,5, 1984 1,9; dieldrin 1978 0,04, 1984 0,02; pri teh je razvidno bolj ali manj izrazito pojemanje onesnaženosti, ker so jih okoli l. 1970 v Evropi prepovedali. Pri PCB (polikloriranih bifenilih), ki jih tedaj še niso prepovedali oziroma omejili, pri uporabi pa zmanjševanje onesnaženosti ni tako zaznavno: 1978 2,0, 1984 1,9 mg/kg. Posebno problematični so poliklorirani bifenili, ki se uporabljajo kot tehnična olja (npr. v transportnih motorjih) in kot tehnične pomožne snovi. Uporabljajo se v zelo velikem obsegu približno 60 let in do zadnjih let precej lahkomišno, ko so začeli porabo prepovedovati oziroma omejevati. Drugi klorirani ogljikovodiki pa so bili v uporabi le približno 25 let in so zdaj že skoraj dvajset let prepovedani. PCB so približno 40 let v velikem obsegu vnašali v okolje, zato ni nenavadno, da ga v gospodarsko razvitih državah (ZR Nemčija, Švica) najdemo v materinem mleku tudi 10 mg/kg, kar pa je zdravstveno že problematično (kot sledi iz poskusov na opicah).

Bioakumulacija kloriranih ogljikovodikov pa nikakor ni izjema. V biosferi so taka kopičenja znana tudi pri povsem drugačnih snoveh ali prvinah. Zelo strupena težka kovina kadmij se kopiči v rastlinah, živalih in ljudeh. Kadmij še zdaj uporabljajo v kovinski industriji (kadmiranje, kadmijski strojni deli), v industriji umetnih snovi (kot barvilo in kot stabilizator) ter pri izdelavi baterij. Nekaj kadmija je tudi v rudninskih gnojilih. Poleg emisij z onesnaženim zrakom in z odplakami obremenjujejo predmeti iz kadmija okolje predvsem tedaj, ko so postali odpadki. Prej ali slej se kadmij pojavi v ekshalacijah naprav za sežiganje odpadkov in v čistilnih muljih ter se tako razširi na velike površine. Tako se kadmij počasi, toda zanesljivo kopiči v prav vrhnji plasti tal, kjer ga v določenih razmerah lahko sprejmejo gojene

rastline. Gozdne gobe kadmij močno kopičijo. Pa tudi zelena, špinača in druge vrtnine kopičijo kadmij v sorazmerno velikem obsegu, kot kaže naslednja razpredelnica. Pomembna je splošna ugotovitev, da je onesnaženost vrtnin skoraj premo sorazmerna z onesnaženostjo tal s kadmijem.

Razpredelnica 1: Razmerje med onesnaženostjo tal in vrtnin s kadmijem (v mg/kg suhe snovi)

Vrtnine	Tla s pH 6,4 Cd v tleh 0,04 mg/kg	Tla s pH 6,8 (1/40 n Ca Cl ₂)
Cvetača	0,08	0,72
Črni koren	0,37	3,25
Grah	0,05	0,28
Glavnata solata	0,59	7,44
Korenje (koreni)	0,39	1,92
Kolerabica	0,17	1,13
Ohrovt (zeleni)	0,31	0,93
Rdeča pesa	0,31	1,23
Paradižnik	0,26	0,91
Zelena	1,04	5,23

Zdravstveno pomembno je, da se kadmij lahko kopiči tudi v ledvicah in nekoliko manj v jetrih toplokrvnih živali in človeka. Pri ljudeh računajo z zelo dolgotrajno bioakumulacijo v ledvicah (razpolovna doba 16–33 let), kar lahko v starosti pomeni problematične koncentracije. Natančna analiza znanih raziskav je pokazala, da niso prav redki posamezni primeri obremenitev, ki so lahko škodljive za ledvice. Tudi v tem primeru je akumulacija škodljive snovi v biosferi (in nazadnje v človeku) povzročila, da je varnostni faktor do kritične koncentracije v človeških ledvicah postal mnogo premajhen. Te povezave so že dolgo časa znane, toda zaradi gospodarskih interesov so zakonodajalci v vseh državah počasni pri uveljavljanju učinkovitih omejitev pri uporabi kadmija.

Omenili smo dva zgleda bioakumulacije, ene naravi tuje skupine snovi in ene sicer naravne prvine, vendar tako, da se zdaj pojavlja v prevelikih koncentracijah. Seveda pa je bioakumulacija naravni proces, ki sploh omogoča diferenciran razvoj višjih oblik organizmov. Tako se npr. rudninske snovi, zlasti kalcij, kopičijo nesorazmerno močno v kosteh, v primerjavi z drugimi deli telesa. Kopičenje drugih snovi pa omogoča nastanek in delovanje mišic, možganov in drugih organov.

Reaktivnost

Zaradi mnogostranskih preobrazb škodljivih snovi v biosferi lahko nastanejo nove strupene snovi. To se posebno izrazito kaže pri onesnaževanju ozračja. Navadno se računa pri tem s sorazmerno majhnim številom škodljivih snovi, ki v ozračje dospevajo v velikih količinah: dušikov monoksid (NO) in klorirani ogljikovodiki v izpušnih plinih in žveplov dioksid (SO₂) iz kurilnih in energetskih naprav. Kvečjemu se pri tem omenjajo ozon in fotooksidanti. Potemtakem izhajamo iz neznatnega števila snovi. Vendar pa to še zdaleč ni prav. Kemiki, ki raziskujejo ozračje, računajo z najmanj 3000 komponentami antropogenega izvora, ki so lahko v različnih krajih in različnih časih v ozračju. Dejanske analize, ki jih izvajajo

v zahodni Evropi v okviru raziskovalnih nalog, kažejo, da je v enem vzorcu zraka približno 400 organskih in anorganskih komponent, od katerih jih specialisti po sestavini poznajo 250, 150 pa jih morajo posebej analizirati. Nikakor ne smemo zapasti v zmoto, da gre za majhno število zračnih onesnaževalcev. Če se ti zaradi inverzij nakopičijo v zračnih plasteh, lahko pod vplivom sončnih žarkov in zračne vlažnosti nastane nekaj »atmosferski reakcijski lonec«. S takimi mehanizmi smoga nastanejo spremenjene, deloma povsem nove škodljive snovi, kot so npr. dušikov dioksid (NO_2), ozon (O_3) in peroksiacetilnitrat (PAN), ki so za rastline in človeka še nevarnejše kot izhodiščne snovi. Pri tem večkrat ne gre za neškodljive koncentracije. V zahodnoevropskih mestih so namerili že do 200 mg ozona/m^3 zraka, zdajšnja neškodljiva vrednost pa je $30\text{--}80 \text{ mg/m}^3$.

Vpliv emisij kemične industrije v teh mehanizmih smoga zanesljivo ni neznan, zaradi ogromne pestrosti snovi pa ni mogoča neka splošna presoja. Kakšne reakcije potekajo med omenjenimi antropogenimi zračnimi komponentami in med številnimi naravnimi sestavinami zraka, med katerimi samo terpeni iz iglastih gozdov daleč presegajo količine vseh industrijskih plinov na svetu, je za zdaj še popolnoma neznano. Reaktivnost v atmosferi pa je le poseben zgled procesa, ki poteka povsod v biosferi. Naj omenimo še, da so v skoraj vseh aktivnih snoveh v sredstvih za varstvo rastlin zastopani zelo reaktivni halogeni elementi. Sposobnost preobrazbe snovi, ki so tuje naravi, je zelo velika in nepredvidljiva. To sposobnost pogosto prezremo in se tako zgodi, da bistvene zdravstvene rizike za človeka in motnje v naravi zaznamo mnogo prepozno. Na koncu tega poglavja naj omenimo še problematiko rastoče obremenitve porabnikov (konzumentov) z nitrati. Zaradi neprestano rastoče porabe dušikovih gnojil (trenutno se je ta rast pri nas ustavila zaradi visokih cen gnojil) in zaradi zalivanja z gnojnico in gnojevko iz živinskih farm, pa tudi iz živinorejskih kmetij, je čedalje večji delež kmetijskih tal pregojen s tem hranilom. Zato pronica čedalje več nitrata, ki se na talne plasti ne more vezati, v talnico in od tod v pitno vodo. Seveda ga je lahko preveč tudi v vrtninah. Kot skrajni zgled naj navedemo zimsko glavno solato, ki jo pridelujejo v rastlinjakih v južni Franciji in jo prodajajo po zahodnih državah. Ta povprečno vsebuje 2,5 do 3 g nitratov v kg. Kdor poje 10 dag take solate, je po normativih svetovne zdravstvene organizacije (WHO) prekoračil dopustno količino nitratov. Kar pa je posebej problematično, je dejstvo, da pri tej presoji glavno tveganje obremenitve z nitrati sploh še ni upoštevano. Nitrat se v človeški slini preobrazi v mnogo bolj strupen nitrit, iz katerega v kisli vsebini želodca s sestavinami hrane in zdravil lahko nastanejo nitrozamini. To je dokazano s poskusi na živalih. Dejansko so skoraj vsi nitrozamini znani kot rakotvorne (kancerogene) snovi. Zadnja beseda o tem, v kakem obsegu se take reakcije v človeškem želodcu resnično odvijajo, sicer še ni izrečena, je pa nedvomno velik rizični potencial.

Sinergizem

Nepregledno delovanje najrazličnejših snovi v biosferi med seboj lahko ustvari nepričakovane ali okrepljene škodljive vplive za naravo in človeka. Pri tem se dogajajo sinergistične reakcije. Sinergizem pa je definiran kot delovanje dveh ali več komponent, ki je močnejše kot delovanje posameznih.

Pri onesnaženosti ozračja so znane sinergistične reakcije majhnih koncentracij malo upoštevanih zračnih onesnaževalcev, ki delujejo dolgo časa. Njihov rezultat se seveda ne kaže npr. v hitri smrti rastlin, ki pa prav gotovo vodi do njihovega

fiziološkega slabljenja. Sinergizmi so mnogo bolj zapleteni, kot si na splošno lahko predstavljamo. Kemiki, ki preučujejo ozračje, in biologi so mnenja, da na svetu ni nobenega kotička, ki ne bi bil pod vplivom takšne ali drugačne onesnaženosti. Kot značilen primer lahko navedemo »arctic haze«. Tako so označili ogromen oblak, ki se od l. 1985 pet mesecev na leto razteza od Aljaske do severne Norveške. Nanj so postali pozorni meteorologi, ker niso nikoli dosegli ustrezne vidljivosti, ki velja kot parameter. Vedno se je kazala meglenost. Nato so ugotovili, kaj je to. Je ogromen oblak polutantov, aerosolov in plinov, ki nedvomno izginjajo iz Evrope in Amerike, in se v določenem času razprostira v neverjetni razsežnosti čez Arktiko. Natančnejše analize so pokazale, da je mogoče dele tega oblaka povsem zanesljivo pripisati izvornim centrom v Evroaziji in Ameriki, kjer spuščajo v zrak določene težke kovine in druge snovi. To z drugimi besedami pomeni, da so te številne snovi, ki jih odkrivajo od časa do časa v določenih časovnih obdobjih, razširjene na velikih območjih. Iz nekega območja izginajo, se pa prenesejo nekam drugam.

Sinergistično delovanje obeh značilnih onesnaževalcev dušikovega in žveplovega dioksida lahko velja kot posebno nazoren zgled. Koncentracije teh posameznih snovi na 4 vrste trav (pasja trava – *Dactylis glomerata*, travniška latovka – *Poa pratensis*, laška ljuljka – *Lolium multiflorum* in travniški mačji rep – *Phleum pratense*) so povzročile zmanjšanje pridelka, ki bi se še dale prenesti (okoli 10–15% pri 68 ppb NO_2 in okoli 30% pri 68 ppb SO_2). Pri hkratnem delovanju omenjene koncentracije obeh plinov pa se je pridelek zmanjšal za 84%. Uporabljene koncentracije so bile v območju, ki se realno pojavlja v večjih mestih. O dodatnem delovanju substanc, ki so hkrati zastopane (npr. ozon, peroksiacetonitril), ni nič znanega. Na področju težkih kovin je npr. znano, da svinec in kadmij vsak zase ovirata rast korenin pri koruzi. Če pa tla vsebujejo oba elementa hkrati, je oviranje omenjene rasti mnogo večje. Prav tako je znano, da različne kovine v človeku lahko delujejo sinergistično ali antagonistično: presežek kadmija ustvari pomanjkanje cinka, presežek cinka lahko ustvari pomanjkanje železa in bakra. Poročajo tudi, da očitna obremenitev s svincem (ki ji je izpostavljen marsikdo) izrazito povečuje stopnjo resorpcije kadmija v črevesju.

Omenjeni rezultati poskusov na travah in koruzi nas lahko zaskrbijo. Trave so bližnje sorodnice naših krušnih žit. Če se te odzivajo tako občutljivo, lahko isto pričaujemo tudi od žit. Žita pa so slej ko prej širša osnova naše prehrane. Potemtakem je neposredno ogrožena prehrana. Vidimo torej, da niso ogroženi le gozdovi kot prvorazredni ekološki dejavnik, temveč tudi prehrana. Seveda se takoj postavi dodatno vprašanje, ali se ne bo morda človek na koktajl škodljivih zračnih sestavin odzival bolj občutljivo, kot smo pričakovali.

Razmislek

Teh nekaj v sestavku omenjenih zgledov delovanja in usode snovi v biosferi mora zadostovati. Šteti jih seveda moramo le kot modelne primere, s katerimi lahko dobimo globlji vpogled v snovna dogajanja. Če naj tveganje neke škodljive snovi v biosferi presojava pravilno, tedaj ne zadostuje, da mislimo preprosto na velike razredčitve in na svetovne razsežnosti difuzije in potem navajamo še Paracelsusa z znanim stavkom: »Sole dosis facit venenum«. Nasprotno! Upoštevati moramo lastno dinamiko biosfere z bioakumulacijo, reaktivnostjo in sinergizmom, očitno tremi temeljnimi procesi, ki opredeljujejo usodo tujih snovi v okolju. Tem osnovnim procesom pa so seveda glede svoje snovnosti podvrženi vsi posamezni

organizmi na svetu. Šele če je znano, kaj se dogaja z neko škodljivo snovjo v teh procesih, lahko strokovno pravilno presodimo njene strupenostne vplive na naravo in človeka. To izniči številne izjave znanstvenikov, češ da posamezne snovi, onesnaževalci okolja, niso nevarni, v morda nehoteno olepševanje problemov ali pa kar zavajanje. Iz dosedanjih razmišljanj izhajata dve načelni povedi, ki ju moramo ustrezno upoštevati.

1. Razumevanje narave pomeni, da jo moramo šteti kot ogromen, celovit, živ organizem, v katerega so smiselno vključeni posamezni organizmi kot členi.

Utemeljitev te domneve izhaja iz opazovanih dejstev, da oblikujejo bioakumulacije, reaktivnost in sinergizem med seboj tesno povezan splet snovnega dogajanja, ki obvladuje biosfero kot celoto in tudi posamezne organizme. Kar nam je dobro znano za posamezen organizem, nas sili, da sprejmemo kot veljavno tudi za celovit organizem, če se pojavlja na isti način tudi v velikih medsebojnih povezavah biosfere.

2. Človek je integralni del narave. V njem je enaka dinamika snovnega dogajanja, kot velja za druge posamezne organizme in za celovit organizem, biosfero. Dinamičnemu polu neprestane pretvorbe snovi (reaktivnosti) stoji nasproti mirujoči pol kopičenja (bioakumulacije), med njima pa odlično usklajeno mesebno delovanje snovi (sinergizem) omogoča ravnovesje, ki ohranja življenje. Pomembno je, da se ljudje čedalje bolj zavemo naše elementarne povezanosti z naravo. Zavedati se moramo, da se nam ne bo nikoli posrečilo, da bi preživeli zdravi nekje v neki hiši, velika območja okolja pa bi lahko žrtvovali na račun napredka ali gospodarskih koristi.

Brez zdravih odnosov v celotni biosferi ob sedanji onesnaženosti ni mogoče ohraniti zdravja ljudi. Zdrav zrak, zdrava voda, zdrav živež lahko dolgoročno izhajajo le iz zdrave narave. Naravoslovje in tehnične znanosti, ki naj bi resnično služile človeštvu, se morajo zato razvijati v smeri varstva okolja.

RENZO MORO

Javnost in neodvisnost nadzornega organa

V Italiji so na ravni državnega parlamenta kakor v deželnem svetu Furlanije-Benetk-Julijske krajine v razpravi osnutki zakonov (državnega in deželnega) za ovrednotenje učinka na okolje, skladno z direktivo Evropske gospodarske skupnosti št. 337 z dne 27. junija 1985. V naši deželi je torej zelo živa razprava o novih nadzornih instrumentih.

Posebne italijanske norme, ki trenutno veljajo, so zelo redke: 6. člen zakona z dne 8/7-1988 št. 349 in odlok predsednika ministrskega sveta z dne 10/8-1988 št. 377 in 27/12-1988. Obstajajo skromne zahteve za presojo učinka na okolja v nekaterih deželnih zakonih glede posebnih zadev (odpadki, rudniki).

Sedanja faza je zelo pomembna, ker se oblikujeta praksa in metoda, ki bosta imeli v prihodnje velik vpliv na upravljanje območja in se bosta preverili v dveh skrajnih primerih: če se bo rodila dobra zakonodaja, bo mogoče bolj nadzorovati