

Ivan Gams

## EKOSISTEM IN VPRAŠANJE OGROŽENOSTI

### ZEMELJSKE ATMOSFERE

Ekosistemsko kroženje je tudi za geografijo zanimiva vez med atmosfero, biosfero, litosfero in zadeva tudi danes zelo moderno vprašanje varstva ozračja. Idejne osnove ekosistemskega kroženja v svetovnem merilu so znane že dalj časa. Zadnji čas pa so tudi pri tem raziskovanju uporabili kvantitativne metode. Ker pa je ekologija\* še mlada veda, je po mojem mnenju le še marsikaj spornega, nerazčiščenega in pred spodaj navedenimi številkami si je treba zamisliti besede domnevno in približno.

V krožni tok so zajete pglavitne sestavine zemeljskega ozračja, tudi dušik, ki ga je 78%, in voda. V krožni tok vode, ki ga označujejo izhlapevanja (skozi listne reže), hlapi v ozračju-padavine, sladka in morska voda, preide njenih 1,5 bilijona km<sup>3</sup> približno v 2 000 000 letih. Za varstvo okolja pa je najpomembnejše kroženje kisika in ogljika odnosno ogljikovega dvokisa.

Kisika je v ozračju 21%. Je v glavnem biološkega izvora in ga pred dvema bilijonima let, ko se je pričela porajati biosfera, v ozračju ni bilo. Odtlej je njegov delež stalno rasel. V krožni tok z biosfero stopa skupno z ogljikovim dvokisom (CO<sub>2</sub>) med procesom fotosinteze. Formula zanjo se glasi: CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + svetlobna energija → HCHO + O<sub>2</sub>. S fotosintezo na kopnem sprošča vegetacija kisik v ozračje, fitoplankton pa v zgornje plasti morske vode, kjer je še svetlo. Tu izrablja kisik zooplankton za dihanje. Kisik prehaja zlasti ob valovanju nazaj v ozračje, en del pa, vezan na organizme in skelete, ki dežujejo na morsko dno, preide v sedimentne odkladnine. V apnencih in karbonatih nasplah je vezana več kisika, kot ga je v ozračju. Fo-

tosinteza krije tudi izgubo kisika iz atmosfere pri oksidaciji kamnin in metalov in pri tvorbi sedimentov, tako da trenutno ne poročajo o zmanjševanju kisika v zraku. Človekovo dihanje je ogroženo šele tedaj, če ga je manj kot 10 - 12%.

Kroženje ogljika in ogljikovega dvokisa je posebno pomembno za varstvo narave. Kopenske rastline, alge v sladki vodi in morski fitoplankton proizvajajo pri fotosintezi iz ogljikovega dvokisa in raztopin ter s pomočjo svetlobne energije (te izrabijo le 0,1-0,3%) vse vidne sončne radiacije) razne vrste karbohidratov (glukoze). Računajo, da izrabi rastlinstvo letno 220 milijonov ton CO<sub>2</sub>. 90% tega odpade na vodne alge. V poprečju sestavi rastlina na 1 m<sup>2</sup> zelene površine na uro 0,5 - 1,5 kg sladkorja in za to porabi toliko CO<sub>2</sub>, kolikor ga je v 1 m<sup>3</sup> zraka. Suhozemske rastline vežejo letno 13 - 22 bilijonov kg ogljika in približno 5% CO<sub>2</sub> iz ozračja. Po prirodnih pasovih so velike razlike. Tropski gozdovi vežejo 1 - 2 kg ogljika na m<sup>2</sup> zemeljske površine, arktična tundra pa le 1% tega. V srednjih zemljepisnih širinah vežejo gozdovi in kultivirana zemljišča 0,2 - 0,4 kg (C) m<sup>2</sup>. Celotno rastlinstvo veže letno 20 - 30 bilijonov ton C. Od tega veže fitoplankton okoli 40 bilijonov ton, to je približno toliko kot kopno rastlinstvo. Na kopnem je nakopičenega največ ogljika v gozdovih (400 - 500 bilijonov ton ali 2/3 celotne gmote C, ki je v ozračju (700 bil. ton). Kroženje ogljika v tropih je najhitrejše. Krožni tok od fotosinteze in tvorbe biomase, preko njene izrabe v obliki hrane za živalstvo, do mineralizacije in sproščanja CO<sub>2</sub> se tam izvrši v nekaj desetletjih. V zmernih ši-

\* Referat s seminarja o varstvu okolja 21. aprila 1972 v Ljubljani. Od grške besede oikos-dom, bivališče, torej veda o okolju.

rinah, kjer je temperatura nižja, pa v nekaj sto letih. V morju traja ta cikel preko fitoplanktona le nekaj tednov ali mesecev. Na količino biomase, ki se tvori na kopnem, vplivata predvsem razpoložljiva temperatura in voda, v oceanih pa jo omejuje zlasti količina mineralov odnosno hranilnih snovi, ki jih fitoplankton v vrhnjih plasteh kmalu izrabi, kopičijo pa se v globljih plasteh. Zato imajo največ fitoplanktona in so najboljše ribolovna področja tisti morski predeli, kjer je vertikalno mešanje vode največje. Ker tople površinske plasti blokirajo navpično mešanje, je v toplih morjih na splošno manj rib. V morju se del odmrlega ali za hrano (živalstvo) izrabljenega fitoplanktona izogne oksidaciji in pade na oceansko dno, kjer se ob odsotnosti kisika kopiči CO<sub>2</sub>. Oceanske (morske) mase se vertikalno premešajo in obnovijo O in CO<sub>2</sub> približno v tisoč letih. Oceani so največji porabniki CO<sub>2</sub>. Računajo, da gre v krožni tok skozi fitoplankton letno okoli 100 bilijonov ton atmosferskega CO<sub>2</sub> in da se ta krog zaključi v 10-15 letih. Če so resnične alarmantne vesti, da človek z odpadnimi olji ustvarja na morski gladini vedno bolj sklenjeno mrežo, ki preprečuje plinsko izmenjavo med atmosfero in hidrosfero, in če ni res, da se ta mreža hitro razkroji, potem je to ena najresnejših nevarnosti. Vendar si vesti o tem nasprotujejo.

Litosfera, hidrosfera in biosfera naj bi po reviji Scientific American (sept. 1970) pošiljale v ozračje skupno 132 bilijonov ton ogljika. Od tega odpade na morsko (oceansko) površino 97, na respiriranje kopnih rastlin (razgradba organske mase za pridobivanje energije) 10 in na prst 25 bilijonov ton. Omenjene tri enote pa naj bi vezale letno tri bilijone ton več (135 bilijonov, od tega 35 asimilacija na kopnem, 100 asimilacije v morski vodi). Kaki trije bilijoni ton letno se naj bi že skozi dolgo geološko razdobje kopičili v sedimentih. Zato je danes nakopičenega v sedimentih več ogljika (20 000 000 bilijonov ton), kot ga je v ozračju (700 bil. ton). Največ ga je v sedimentih karbonatnih kamnin, okoli 10 000 bil. ton pa ga je v premogih, plinu in nafti (tudi naftnih skrilavcih). To so ogromne zaloge v treh milijardah let konservirane sončne energije. Te zaloge so omogočile človeku industrijsko revolucijo, ki jih je pričela množično izrabljati, kot tako imenovana fosilna goriva. Ko pa člo-

vek sprošča energijo, sprošča tudi njene neljube spremljevalce - ogljikov dvokis. Po ocenah emitira človeštvo letno v ozračje 5 - 16 bilijonov ton CO<sub>2</sub> in s tem ogroža ravnotežje med produkcijo in izrabo atmosferskega CO<sub>2</sub>. Države, ki izrabljajo največ te fosilne energije, emitirajo tudi največ CO<sub>2</sub> v ozračje, zato v okviru svetovnega varstva ozračja lahko te dežele storijo največ za zaščito. Seveda pa je ob trenutnih virih energije obstoj civilizacije odvisen od stopnje pridobivanja energije. Nekatera razvita območja emitirajo menda ogromne količine CO<sub>2</sub> (npr. Los Angeles dnevno nad 100 000 ton, cela ZDA 3 000 milj. ton). Če bi pokurili eno tretjino fosilnih energetskih virov, bi se koncentracija CO<sub>2</sub> v ozračju povečala od sedanjih 320 mg na 1 500 mg. To bi bilo že škodljivo za zdravje, kajti dopustna mera za stanovanjske prostore je 0,1%. \* Dejanjska rast koncentracije CO<sub>2</sub> je 0,7 ppm letno, (= parts per milion, milijoninka, en volumenski del v milijon delih). Čeprav so sistematične meritve CO<sub>2</sub> po svetu redke in dajejo različne rezultate, večina ekologov priznava za merodajne izsledke postaje v Mauna Loa na Havajih. Tam ugotovljena krivulja že stoletje narašča in kaže sezonsko nihanje. Spomladi namreč poraba CO<sub>2</sub> presega produkcijo, poleti se tedaj severno od 300 g. š. koncentracija zmanjša za 3%, kasneje pa prihaja iz prsti več CO<sub>2</sub>, kot ga biosfera izrablja. Večina trdi, da je bilo še leta 1900 v ozračju 290 ppm CO<sub>2</sub>, leta 1969 pa že 330 ppm. Letno povečanje za 0,7% pomeni količinsko le eno tretjino CO<sub>2</sub>, ki ga človek emitira v ozračje (5 bilijonov ton). Vzroka za to neskladje ne iščejo toliko v napakah ocene, koliko CO<sub>2</sub> sprošča človek, temveč ga tolmačijo s povečano porabo vegetacije in prehajanjem v oceane, kajti pritisk CO<sub>2</sub> v ozračju in v vodi sta v ravnovesju. Čenijo, da preide od tega "antropogenega" CO<sub>2</sub> 2/3 v oceane, ostalo pa v ojačeno fotosintezo na kopnem. Človek je v zgodovinski dobi res krčil gozdove, toda na obdelovalnih površinah pridobiva vedno več organske mase in za njeno tvorbo gre tudi več CO<sub>2</sub>. Vedno bolj uporablja tudi umetna gnojila. Okoli ena četrtnina agrarne produkcije živil naj bi odpadla že na umetna gnojila. Zato naj bi v zadnjem desetletju biomasa na kopnem porasla za 15 bilijonov ton. S poskusi so res dokazali, da more povečana koncentracija CO<sub>2</sub> v zraku za 10 ppm (kot se je to zgodilo od srede pre-

\* Dolgotrajno bivanje pri 0,5 - 0,7% CO<sub>2</sub> je že nezno, pri 4% se pojavijo poškodbe zdravja, pri 7 - 8% nezavest in pri 15% ohromitve.

teklega stoletja) povečati tvorbo žive gmote za 5 - 10%. Zanimive so tabele o tako imenovani neto produkciji organske mase v raznih ekosistemih na naravnih in na agrikulturnih zemljiščih, ker nakazujejo, kako posega človek z obdelovanjem zemlje tudi v ekosistemsko kroženje. V naravni pokrajini naj bi znašala neto proizvodnja (to je po redukciji biomase ob respiraciji) v gozdovih v zmernih geogr. širinah 1 200 - 1 600 gramov na en m<sup>2</sup> zem. površine na leto. V tropskih gozdovih znašajo te številke 1 340 - 6 000, v sladkih stoječih vodah 950 - 1 500 do 5 600 (!). V morski vodi naj bi znašala neto (čista) produkcija na odprtem oceanu le 100, v obalnih področjih pa 200, razen tam, kjer se vode dvigajo na površje - 600 (Nova Škotska, 2 000 - 2 600). Alge na koralnem grebenu proizvedejo 4 900 g/m<sup>2</sup>/leto (O produkciji biomase po prirodnogeografskih pasovih glej tudi tabelo v Geografskem obzorniku, št. 2, 1970, stran 18). Na obdelovalnih zemljiščih je tvorba žive gmote prav tolikšna, mestoma pa še večja. Za koruso računajo v ZDA s poprečkom 3 500 - 4 000, za riževa polja na Japonskem 1 000 - 1 200, za sladkorni trs v tropih (Java) celo do 9 400 (!), za naravne travne površine v Novi Zelandiji 3 200 g/m<sup>2</sup>/leto.

Dopuščajo možnost, da gre del nakopičenega CO<sub>2</sub> iz ozračja za povečano korozijo - kemično raztapljanje karbonatnih kamnin. V porečju Ljubljanice znaša korozija v poprečju 60 m<sup>3</sup> Ca CO<sub>3</sub> /km<sup>2</sup>/leto.

Tisti, ki ne priznavajo povečane porabe CO<sub>2</sub> iz zraka, bijejo plat zvona za človeštvo. Večina znanstvenikov pa je mnenja, da se zaradi človekovega posega vzpostavlja novo ekosistemsko ravnovesje na višji ravni. Poleg tega je na vidiku postopna zamenjava fosilnih goriv z nuklearno energijo, tako da neizogibne zadržitve človeštva ni mogoče napovedovati.

Sporne so tudi razlage, kako vpliva spremenjeno ozračje na klimo. Plin CO<sub>2</sub> le zelo malo ovira prodiranje sončnega sevanja do zemlje, močno pa zadržuje sevanje z valovno dolžino med 12 in 18 mikronov, to je dolgovalovno sevanje Zemlje v vesolje. Človek industrijske dobe, ki mu stalno gibajoče se ozračje in tekoče vode rabijo za smetišče za stranske produkte pri proizvodnji dobrin, bi s tem torej povzročil na Zemlji toplejšo klimo. V našem dnevnem

časopisju smo lahko brali, da se bodo zato stopile ledene gmote na Zemlji in da bo morje z dvignjeno gladino zalilo nizke obale z naselji vred. Toda človeštvo emitira v ozračje tudi trdne delce (mineralne, kovinske, organske, kot npr. cvetni prah, bakterije, okside, nitrati, sulfati, kloride, silikate, radioaktivne delce itd.). Od industrijskih panog emitirajo največ trdnih delcev železarne, cementarne in apnenice, ki v obliki prahu spravijo v zrak precej odstotkov gmote, ki jo predelujejo. Za London navajajo, da pošilja v zrak letno 110 000 ton dima in saj (= 40 ton / milja<sup>2</sup>). V ZDA emitira industrija v zrak 6 milj. ton prahu in 5 milj. ton saj (in 20 milj. ton SO, 50 milj. ton CO in 300 milj. ton CO<sub>2</sub>). Po nekih predvidevanjih pade na Poljskem na km<sup>2</sup> površine 13 ton prahu letno. Med razlogi, da so ponekod prenehali programirati nadzvočna letalavelikane, je tudi skrb na varstvo ozračja.

Najbolj je seveda atmosfera onesnažena s plini, sajami in prahom v večjih industrijskih mestih. V reviji Življenje in tehnika (1969, 6-8) so bile posplošene trditve, naj bi zaradi tega večja mesta v zmernih širinah dobivala za 15% manj sončne radiacije, poleti za 5% in pozimi za 15% manj ultravioletnih žarkov. Relativna vlaga naj bi bila nižja za 6%, veter slabši za 25%, padavin naj bi bilo za 10% več (več kondenzacijskih jeder), meglenost večja za 10%, (poleti za 30 in pozimi za 100%). Dni s snegom je manj za 14%. Za London so skrajne trditve, da ima za 5 ° višje temperature kot okolica (največja razlika je zjutraj).

Črnogledi prognostiki napovedujejo zaradi trdnih delcev hitro padanje temperature v prihodnosti in nastop nove ledene dobe, kar smo lahko brali tudi v naših dnevnikih. Optimisti pa navajajo, da je na primer Krakatau izbruhal v ozračje še mnogo več pepela (150 milijard ton), a ni nastopila ledena doba. Objektivni presojevalec pa bo pogrešal nespornih znanstvenih dokazov za tako ali drugačno napovedovanje klimatskih sprememb zaradi sprememb v plinski sestavi atmosfere in koncentraciji trdnih delcev, ki se seveda tem hitreje odlagajo, čim večji so, čim več je padavin in čim nižje pri tleh krožijo.

Kakor koli so dosežki ekologije glede eko-

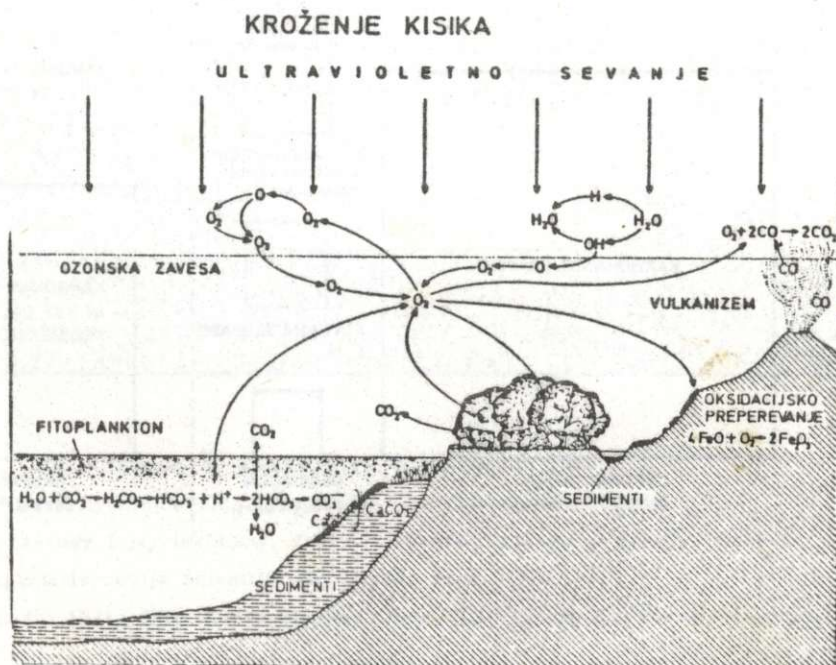
sistemske obnove in varstva ozračja sporni, gre tej vedi vendarle zasluga, da je opozorila človeštvo na možnost samozastrupljanja, ker je poseglo v sestavo ozračja z izrabo tako imenovanih fosilnih goriv. Najmanj, kar moremo storiti je to, da moramo te posege v atmosfero zasledovati in raziskovati. Geografi smo doslej opisovali rast pridobivanja energije samo s pozitivne strani, glede dviga standarda odnosno civilizacije. Toda v sedanjem času vsesplošnega negodovanja nad nečistočo ozračja smo prisiljeni govoriti mladini tudi o negativnih straneh tega napredka. Dolžni smo jo učiti, da je zemeljsko ozračje, kakor tudi vodovje, naša skupna last, vsega človeštva. Tega seveda najbolj onesnažijo tisti, ki za proizvodnjo potrebujejo največ energije (oboje je v medsebojni odvisnosti). Tabela, ki prikazuje na koordinati proizvedeno energijo in na abscisi narodni dohodek na človeka, ima na vrhu v l. 1969 ZDA z 2 900 dolarji kosmatega narodnega proizvoda na človeka in okoli 180 milijonov energetskih enot, izraženih s po-

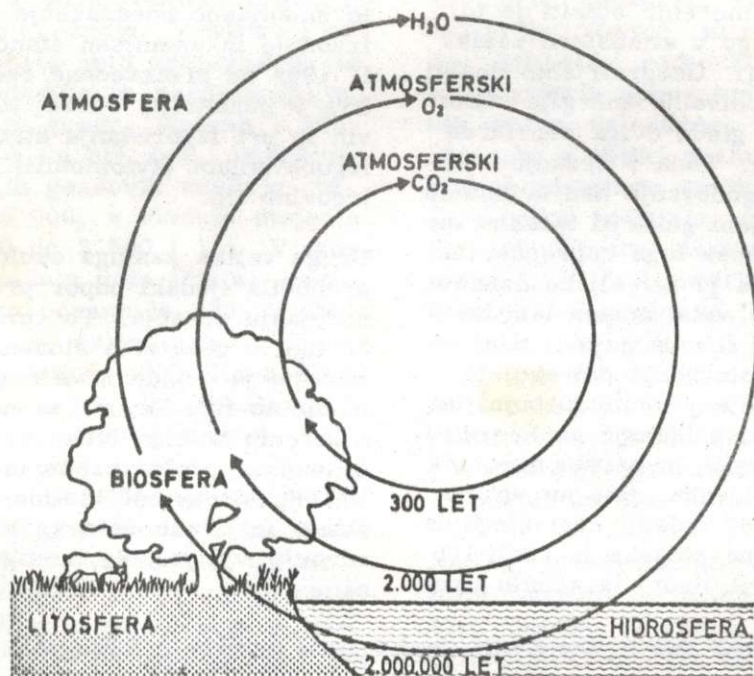
močjo teže ekvivalentnega premoga. Ena tona ustreza 25,8 milj. ton term. enot. Na dnu je v tem letu - 1969 - Indija z 200 dolarji in 10 milj. energ. enot). Zato pomeni ob sedanjih pogojih v grobem vzeto zmanjšano onesnaženje zmanjšano proizvodnjo in zmanjšan standard. V ZDA so l. 1969 od proizvedene energije porabili 35% v industriji, skoraj toliko po domačih in pri izgorevanju strojev z notranjim izgorevanjem (avtomobili). 10% odpade na trgovino itd.

Druga velika zasluga ekologije je, da je prebudila ljudski odpor proti lokalnemu onesnežanju ozračja. To vprašanje je pereče tudi v nekaterih slovenskih krajih.\* Nadalje je odprla nove poglede, kje lahko medicina išče izvore za povečano število nekaterih bolezni (rak, bronhitis itd.), kar pa sega že daleč preko meja geografije. Včasih so namreč kisline, ki nastajajo iz plinov in trdnih delcev, za človekovo zdravje mnogo bolj škodljive kot emisije same.

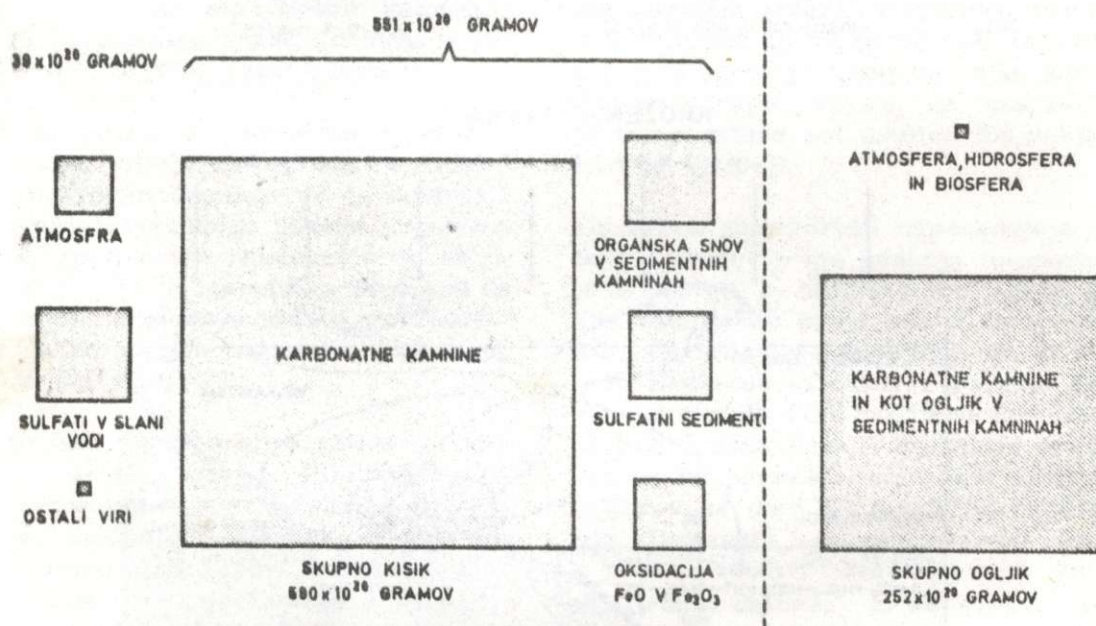
\* Za orientacijo stopnje onesnaženja navajam nekaj podatkov iz Blütnгена (1968):

	Naravna atmosfera	Onesnažena atmosfera
Prah	0,02 mg/m <sup>3</sup>	0,07-0,75 mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	0,005 - 0,02 mg/m <sup>3</sup>	0,1 - 3,0 mg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	320 ppm	460 - 600 ppm
CO	manj od 5 ppm	10 - 150 ppm
NO <sub>2</sub>	manj od 0,005 mg/m <sup>3</sup>	0,1-0,3 mg/m <sup>3</sup>

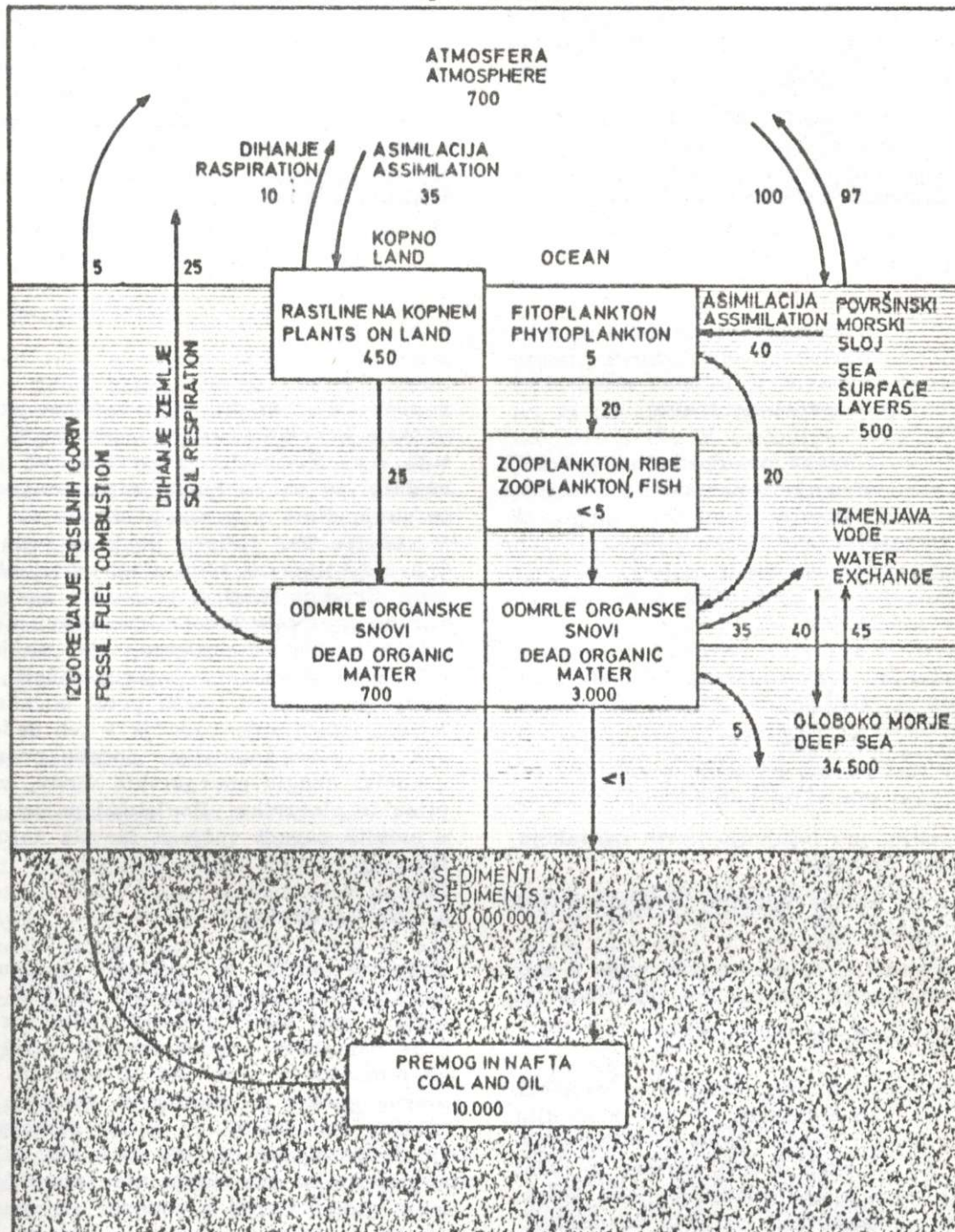




## EKOSISTEMSKO KROŽENJE ZALOG KISIKA IN OGLJIKA



## KROŽENJE CO<sub>2</sub> (V BILIJONIH TON)



Viri:

Stern, A., Air Pollution. 2. izdaja. New York-London 1968.

Bilthgen, J., Allgemeine Klimageographie. 2. izdaja. Berlin 1964.

Ochrona przyrody i jej zasobow. I. PAN. Zaklad ochrony przyrody. Krakow, 1965.

Razni pregledi iz revije Scientific American, sept. 1970.

Wheeler D. L., 1971, The Human Habitat. New York-Cincinnati-Toronto-London-Melbourne.