

Prof. dr. HUSEIN DŽANIĆ
Fakultet prometnih znanosti
Zagreb, Vukelićeva 4
FATMIR DŽANIĆ, dipl. inž.
Institut prometnih znanosti
Zagreb, Gruška 20

Sigurnost i ekologija prometa
Pregled

UDK: 662.6:574

Primljeno: 29.03.1990.

Prihvaćeno: 04.06.1990.

UTJECAJ UGLJIK(IV)-OKSIDA ISPUŠNIH PLINOVA CESTOVNIH VOZILA NA PROMJENE ŽIVOTNE SREDINE

SAŽETAK

U radu je obraden utjecaj ugljik(IV)-oksida, CO₂ iz ispušnih plinova cestovnih motornih vozila na promjene životne sredine, zatoplivanje Zemlje i promjene regionalne i globalne klime.

Nadeno je da prosječna globalna godišnja emisija iz prirodnih izvora iznosi 700 do 1000 x 10⁹ t CO₂, aktivnostima čovjeka i izgaranjem fosilnih goriva narednih 30 x 10⁹ t, od čega je oko 17,9% porijeklom iz prometa. Globalna godišnja koncentracija CO₂ povećava se za oko 0,2%, jer čovječanstvo 90% energetske potrebe dobiva izgaranjem fosilnih goriva.

Utvrđeno je da u svijetu cestovna motorna vozila emitiraju 7,62 x 10⁹ t CO₂ od ukupne emisije koja iznosi oko 42,57 x 10⁹ t u 1988. godini. Cestovna motorna vozila Jugoslavije zagađuju atmosferu sa 21,41 x 10⁶ t, uz godišnji porast od 1,78% i s udjelom u globalnom zagađivanju sa 0,28% CO₂. U tom zagađivanju Hrvatska sudjeluje sa 5,65 x 10⁶ t uz godišnji porast od 4,19% i s udjelom u globalnom zagađivanju od 0,074% CO₂.

Sugerira se postupno smanjivanje emisije CO₂ za 50% i tako ograničiti sadržaj na maksimalno 400 ppm u zraku, što se isključivo može postići supstitucijom u potrošnji fosilnih goriva. U prometu se benzini i dizelska goriva uspješno mogu zamijeniti vodikom i tako izbjeći neminovne katastrofalne posljedice u biosferi Zemlje.

1. UVOD

Davne 1860. godine engleski fizičar Thindall postavio je pitanje "Kako sadržaj CO₂ utječe na radijacijski balans atmosfere i time na toplinski balans Zemlje?" Pitanje je imalo velikog značenja stotinu godina kasnije, a posebno zaslužuje pažnju kada se znaju sva specifična svojstva apsorpcije toplinskog zračenja ugljik (IV)-oksida.

Ugljik(IV)-oksida, CO₂ iz primarne emisije u prirodi, prirodni je sastojak zraka (0,029 do 0,035%) čija je koncentracija uravnotežena prirodnim procesima asimilacije kod biljaka, disanjem kod životinja i kemijskim procesima u atmosferi i moru. Golelim korištenjem fosilnih goriva u energetske postrojenjima

i prometu koncentracija CO₂ u atmosferi godišnje se povećava za 0,2% i tako remeti prirodnu ravnotežu [1].

Smatra se da ispušni plinovi sudjeluju sa 95 do 99% u ukupnom zagađivanju koje proizvodi jedno cestovno motorno vozilo. Iz cestovnih motornih vozila potječe 55 do 60% zagađivača zraka, iz industrije oko 15%, termoelektrana 10 do 15%, kućanstava oko 10%, te iz ostalih izvora oko 10% [2].

Izgaranjem benzina ili dizelskoga goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem u najvećoj količini (oko 98%) nastaju CO₂ i H₂O kao netoksične komponente, nešto oko 2% toksičnih komponenta (CO, CH, NO_x, SO_x) i oko 0,8% krutih čestica što predstavlja primarne zagađivače zraka čiji broj premašuje 200. Međutim, kemijskim i fotokemijskim reakcijama tvari ispušnih plinova cestovnih vozila s komponentama zraka pod različitim fizikalno-kemijskim uvjetima nastaje golem broj sekundarnih tvari i visokoreaktivnih radikala.

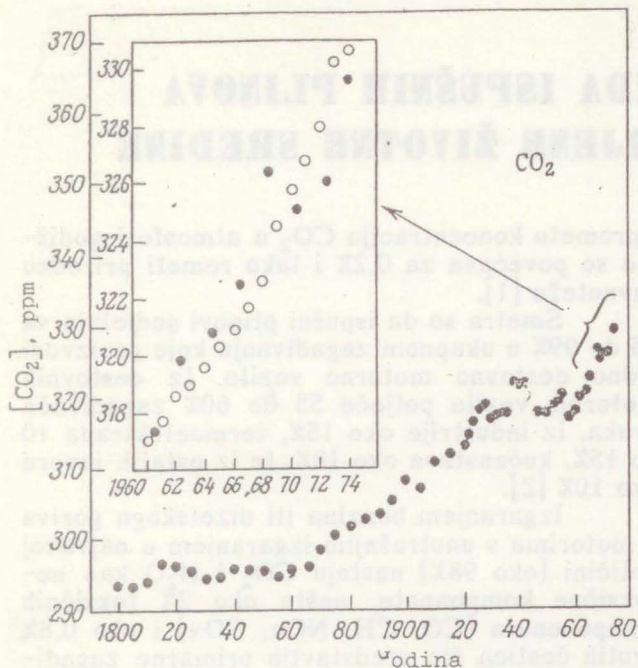
Primarne toksične tvari u ispušnim plinovima cestovnih motornih vozila opisane su u mnogobrojnoj literaturi [3, 4, 5]. Ugljik(IV)-oksidu kao netoksičnoj tvari koju sadrže ispušni plinovi cestovnih motornih vozila do sada se vrlo malo [6] posvećivala pažnja. S tih razloga u ovom radu želi se ukazati na ugljik (IV)-oksid iz ispušnih plinova cestovnih vozila koji značajno sudjeluje u promjenama mikroklimata i makroklimata na Zemlji.

2. EMISIJA I PROCJENA EMISIJE UGLJIK (IV)-OKSIDA IZ CESTOVNIH MOTORNIH VOZILA

2.1. Energenti i emisija ugljik (IV)-oksida u svijetu

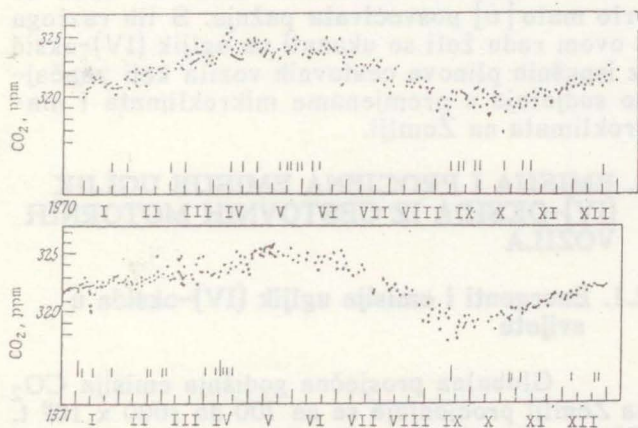
Globalna prosječna godišnja emisija CO₂ na Zemlji procjenjuje se na 700 do 1000 x 10⁹ t. CO₂ nastao disanjem životinja i biljaka procjenjuje se na 370 do 520 x 10⁹ t. Kemijskim aktivnostima na površini mora i u moru nastaje narednih 300 do 400 x 10⁹ t CO₂. Te količine CO₂ nastale su prirodnim procesima koji održavaju uravnoteženi sadržaj ugljik (IV)-oksida u zraku. Međutim, industrijalizacijom i razvojem prometa u drugoj polovini ovog stoljeća izgaranjem fosilnih goriva u atmosferu prosječno godišnje

biva emitirano oko 20 do 30 x 10⁹ t CO₂, te se tako remeti prirodna ravnoteža ovog plina. U posljednjem desetljeću enormnim korištenjem fosilnih goriva godišnja koncentracija povećava se prosječno za oko 0,2%, što je vidljivo na slici 1.



Slika 1. Sadržaj atmosferskog CO₂ u vremenu od 1960. do 1974. godine [13]

Koncentracija CO₂ u zraku mijenja se i promjenom godišnjeg doba. Tako je mjerenjem atmosferskog CO₂ u opservatoriju Maune Loa nađeno da su najveće koncentracije u svibnju a najniže u listopadu svake godine, što je vidljivo na slici 2.



Slika 2. Promjene koncentracije CO₂ u opservatoriju Maune Loa [13]

Cestovni promet zagađuje zrak primarno zagađujućim tvarima u SAD s oko 60%, u SR Njemačkoj s 54,6%, u SSSR s oko 13%, a smatra se da je u Jugoslaviji zagađivanje atmosfere od prometa oko 40% [7, 8].

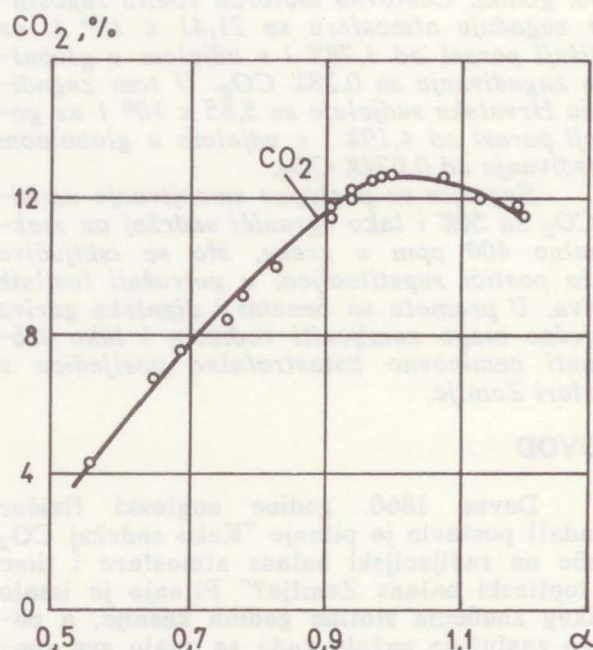
Udio toksičnih i netoksičnih tvari u ispušnim plinovima cestovnih motornih vozila pokazan je u tablici 1.

Tablica 1. Udio emisije netoksičnih i toksičnih tvari iz raznih izvora [9]

Izvori emisije	Toksične tvari, %				Ukupno	Netoksične tvari, %		Ukupno
	CO	CH	NO _x	SO _x		Krute	CO ₂	
Industrija	0,1	1,0	3,6	19,8	24,5	10,1	34,8	44,9
Termo-centrale	0,3	0,1	0,1	6,1	6,6	20,3	31,4	51,7
Promet	3,0	4,6	6,8	1,0	15,4	0,8	17,9	18,7
Kućanstvo	0,5	0,8	1,3	0,2	2,8	16,0	15,8	31,8
Požari	0,2	0,2	0,3	0,8	1,5	2,0	8,0	10,0

Iz podataka u tablici 1 može se izračunati da promet emitira nešto oko 73% CO, 68% CH, 56% NO_x i 17,9% CO₂ kao primarnih proizvoda izgaranja goriva (nafte i njenih derivata).

Kemijski sastav ispušnih plinova benzinskih i dizelskih motora cestovnih vozila ne ovisi samo o gorivu i vrsti motora. Na sastav značajno utječe i koeficijent viška zraka kao što je vidljivo na slici 3.



Slika 3. Tipični sadržaj CO₂ u ispušnom plinu benzinskog motora u ovisnosti o koeficijentu viška zraka [1]

Iz tablice 2 je vidljivo da cestovna motorna vozila u ispušnim plinovima sadrže izrazito velike količine ugljik (IV)-oksida koje značajno pridonose povećanju koncentracije CO₂ u

Tablica 2. Tipični kemijski sastav ispušnih plinova cestovnih vozila

Komponente	Vozila s otto-motorom	Vozila s dizelskim motorom	Srednji kemijski sastav, %
Dušik, N ₂	74-77	76-78	75-77
Kisik, O ₂	0,3-8,0	2-18	4-9
Vodena para, H ₂ O	3-5,5	0,5-4,0	2-4
CO ₂	5,0-12,0	1,0-10,0	5-12
CO	5,0-10,0	0,01-0,5	1-10
NOx	0,0-0,8	0,0002-0,5	0-0,8
Ugljikovodici	0,2-3,0	0,009-0,5	0,2-3,0
Aldehidi, RCHO	0,0-0,2	0,001-0,009	0,0-0,2
Čađa, g/m ³	0,0-0,04	0,1-1,1	0,0-1,1

atmosfera.

Cestovna motorna vozila kao energente troše danas benzin i dizelsko gorivo čiji je elementarni kemijski sastav oko 85% ugljika, C, oko 5% vodika, H₂, te nešto oko 0,5% aditiva. Goriva su obično po kemijskom sastavu parafini

(38-67%), nafteni (17-20%), aromati (17-18%) i aditivi [10].

Stehiometrijski koeficijent emisije CO₂ je:

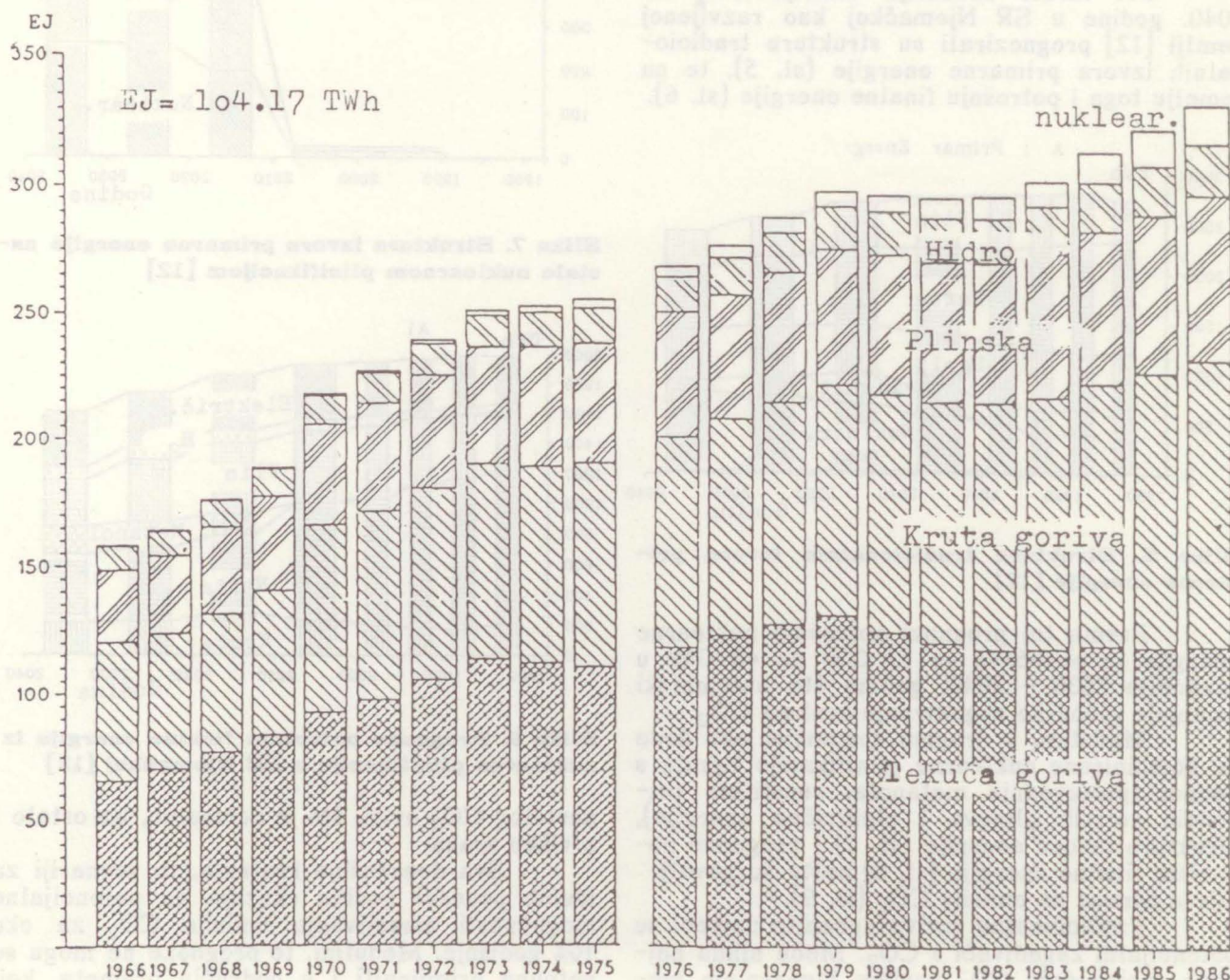
$$K = \frac{CO_2}{C} = 3,667$$

Jedna tona goriva stehiometrijskim izgaranjem u motoru cestovnoga motornog vozila emitira oko 3,667 t CO₂.

Potrošnja nafte i njenih derivata kao osnovnih energenata u prometu u zadnjem desetljeću se smiruje, a u svijetu i razvijenim zemljama blago opada [11], dok u zemljama u razvoju potrošnja godišnje raste prosječno oko 2%. To znači da se i emisija CO₂ iz cestovnih motornih vozila zadržava na istim vrijednostima ili blago opada, što je vidljivo u tablici 3 i slici 4.

Analizom potrošnje nafte i njenih derivata u posljednjih dvadeset godina može se prognozirati da će u svijetu primarni izvori energije do 2000. godine ostati isti i približno konstantni, a nakon toga će se potrošnja smanjivati u razvijenim zemljama za oko 10%, najvjerovatnije zbog smanjenja populacije [12].

U zadnjem desetljeću cestovna motorna



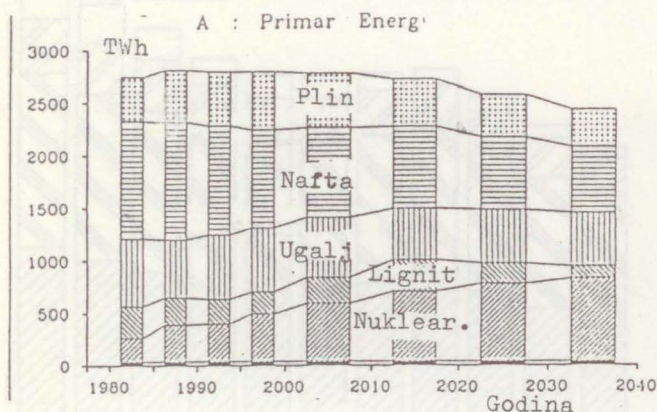
Slika 4. Izvori energije u svijetu u razdoblju od 1966. do 1986. godine (1 EJ = 104,17 TWh)

vozila u svijetu prema nekritičkim analizama emitiraju oko $7,62 \times 10^9$ t CO₂, što čini nešto oko 17,9% (tablice 1 i 3) od ukupno emitiranog CO₂ koji potječe od izgaranja fosilnoga goriva ($42,57 \times 10^9$ t).

Tablica 3. Potrošnja nafte i motornoga goriva u svijetu i emisija CO₂ (brojke u zagradi odnose se na CO₂ u $\times 10^6$ t) [12]

Zemlje	1980.		1987.	
	Nafta	Motorno gorivo	Nafta	Motorno gorivo
OECD	1818 (6666)	1254 (4598)	1659 (6083)	1145 (4189)
Zemlje u razvoju	523 (1918)	361 (1324)	603 (2211)	416 (1525)
Socijalističke zemlje	671 (463)	463 (1698)	679 (2490)	468 (1716)
Svijet $\times 10^6$ t	3012 (11045)	2078 (7620)	2941 (10784)	2029 (7440)

Pri izradi scenarija emisije CO₂ do 2040. godine u SR Njemačkoj kao razvijenoj zemlji [12] prognozirali su strukturu tradicionalnih izvora primarne energije (sl. 5), te na temelju toga i potrošnju finalne energije (sl. 6).

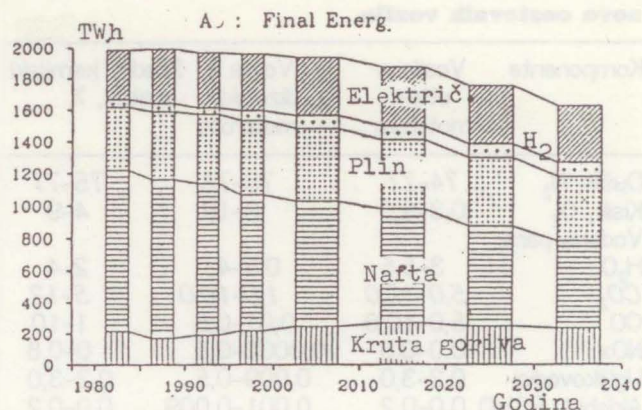


Slika 5. Struktura tradicionalnih izvora primarne energije [12]

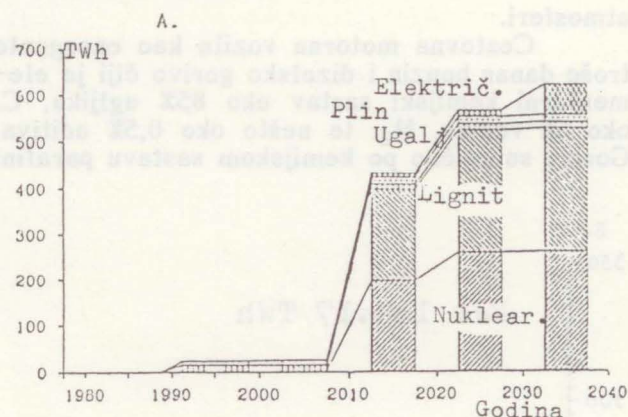
Prema toj prognozi potrošnja nuklearne energije se povećava sa 17 GW na 40 GW u razdoblju 2030 - 2040. godine što automatski smanjuje globalno zagađivanje zraka s CO₂.

Međutim, u drugom scenariju, ako dođe do kombinirane nuklearne plinifikacije lignita s vodom (proizvodnja metanola, supstituta prirodnih gorivih plinova i električne energije), struktura izvora energije (sl. 7) i prognoze potrošnje finalne energije (sl. 8) nešto su povoljnije u odnosu na emisiju CO₂ (sl. 9).

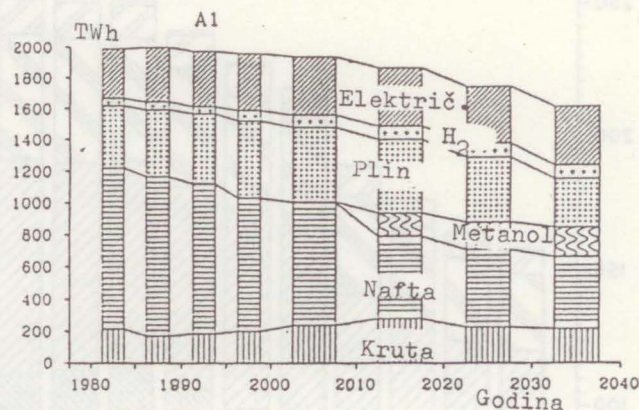
Tradicionalna goriva općenito najveći su potencijalni zagađivači s CO₂. Među njima najveća proizvodnja CO₂ nastaje izgaranjem metalurškoga koksa a najmanja izgaranjem vodenog plina kao što se vidi na slici 10. Količina



Slika 6. Prognoze potrošnje finalne energije u SR Njemačkoj [12]



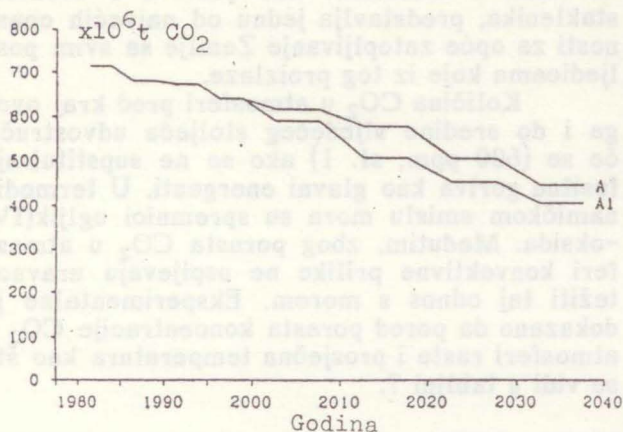
Slika 7. Struktura izvora primarne energije nastale nuklearnom plinifikacijom [12]



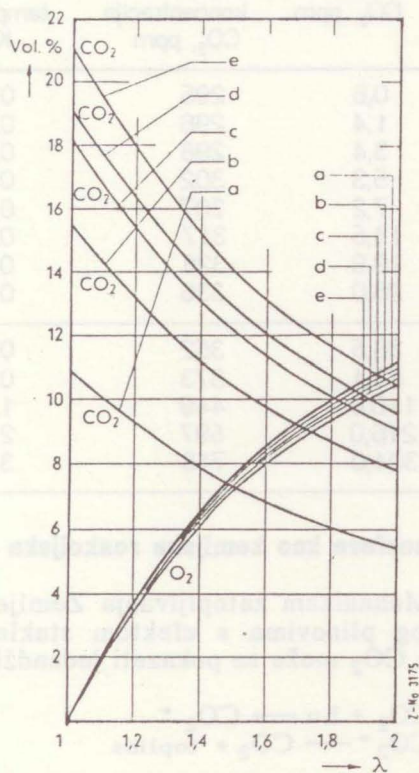
Slika 8. Prognoze potrošnje finalne energije iz nuklearne plinifikacije u SR Njemačkoj [12]

nastalog CO₂ ovisi, što je normalno, uz ostalo i o višku zraka.

Sva dosadašnja kretanja, te scenariji za idućih pedeset godina ukazuju na potencijalne mogućnosti smanjivanja emisije CO₂ za oko 10% godišnje. Međutim, te prognoze ne mogu se potpuno primijeniti i u području prometa, koji za sada isključivo troši tekuća goriva proizvedena iz nafte.



Slika 9. Emisija i prognoza emisije CO₂ korištenjem tradicionalnih goriva (A) i goriva iz nuklearne plinifikacije (A1) [12]



Slika 10. Količine CO₂ ovisno o višku zraka (a = vodeni plin; b = loživo ulje; c = mazut; d = kameni ugljen; e = metalurški koks) [14]

2.2. Energenti i izvori emisije CO₂ u Jugoslaviji

Pitanje zagađivanja atmosfere ugljik (IV)-oksidom u Jugoslaviji, Hrvatskoj, Zagrebu, Ljubljani ili nekom drugom lokalitetu u zemlji ne može biti isto kao u razvijenim zemljama. U nas je mnogo manji broj cestovnih motornih vozila po glavi stanovnika. Gustoća naseljenosti po četvornom kilometru također je manja kada se u račun uzmu industrijski razvijene zemlje. Naša cestovna motorna vozila su u prosjeku starija. Ona troše više goriva, a ispušni plinovi

sadrže više toksičnih komponenata. U tom slučaju emisija CO₂ je beznačajno niža. Npr. u Sloveniji i Ljubljani broj registriranih cestovnih vozila starijih od 15 godina značajno opada što je vidljivo u tablici 4.

Tablica 4. Registrirana vozila starija od 15 godina u Sloveniji i Ljubljani

Godina	Slovenija		Ljubljana	
	broj vozila	% godišnjeg smanjenja	broj vozila	% godišnjeg smanjenja
1984.	170 734		24 623	
1985.	146 988	19,91	19 795	19,61
1986.	107 928	26,58	13 768	30,45
1987.	93 269	13,58	11 206	18,61
1988.	79 201	15,08	8 835	21,16
1989.	68 581	13,41	7 165	18,91
<hr/>				
1984/1989, %		59,84		70,91

Izvor: RSNZ Slovenije

Prema tablici 4 vidljivo je da se cestovna motorna vozila ubrzano zamjenjuju novijim što značajno pridonosi zaštiti ljudske okoline.

U vrijeme restrikcija (vožnja par/nepar 1983/84) u Jugoslaviji i SR Hrvatskoj potrošnja motornih benzina je opala sa 2,12 x 10⁶ t u 1980. na 1,76 x 10⁶ t u 1983. godini, potrošnja dizelskoga goriva nekako se održavala na približno istim vrijednostima u SFRJ a u SR Hrvatskoj raste sa 577 x 10³ t na 846 x 10³ t što je godišnje povećanje za 5,83%. Međutim, u osmogodišnjem razdoblju (1980/1988) potrošnja benzina u SFRJ prosječno godišnje raste za 2,65% a u SR Hrvatskoj za 2,53%.

Tablica 5. Potrošnja automobilskih goriva i količine CO₂ nastale izgaranjem (brojevi u zagradi odnose se na CO₂) u 10⁶ t

Godina	SFR Jugoslavija			SR Hrvatska		
	Benzin	Dizelsko	Ukupno	Benzin	Dizelsko	Ukupno
1980.	2,12	2,99	5,11	0,577	0,577	1,154
	(7,77)	(10,90)	(18,67)	(2,11)	(2,86)	(4,97)
1983.	1,76	3,05	4,81	0,498	0,689	1,187
	(6,44)	(11,01)	(17,46)	(1,83)	(2,53)	(4,36)
1985.	1,93	3,25	5,18	0,510	0,799	1,309
	(7,07)	(11,92)	(18,99)	(1,87)	(2,93)	(4,80)
1988.	2,57	3,27	5,84	0,694	0,846	1,541
	(9,42)	(11,99)	(21,41)	(2,54)	(3,11)	(5,65)
<hr/>						
% pov.						
g. i CO ₂	2,65	1,17	1,78	2,53	5,83	4,19

Prosječna godišnja emisija CO₂ iz cestovnog prometa kreće se u SFRJ oko 21,41 x 10⁶ t s tendencijom porasta 1,78%, a u SR Hrvatskoj oko 5,65 x 10⁶ t sa stopom porasta 4,19%. Ako promet sudjeluje sa 17,9% u zagađi-

vanju zraka s CO₂, onda u Jugoslaviji godišnja emisija iznosi 119,6 x 10⁶ t a u SR Hrvatskoj 31,56 x 10⁶ t CO₂. Nekritičkim računom proizlazi da cestovna vozila u Jugoslaviji globalno zagađuju zrak sa 0,28%, a u SR Hrvatskoj sa 74% što govori da je naša zemlja još relativno nerazvijena. Ta količina općenito nije mala kada se ima na umu površina i broj stanovnika Jugoslavije i Hrvatske.

Tako je npr. u godini 1986. emisija CO₂ u Sloveniji iznosila 13,5 x 10⁶ t od čega je 17,9% porijeklom iz cestovnog prometa [6].

3. ULOGA UGLJIK(IV)-OKSIDA PRI OPĆENITOM ZATOPLJIVANJU ATMOSFERE

3.1. Plinovi atmosfere s efektom "staklenika"

Plinovi koji se nalaze u prirodnom sastavu atmosfere gotovo ne apsorbiraju kratkovalno sunčevo zračenje. Međutim, neki plinovi koji su dospjeli u atmosferu djelovanjem vulkana, nekim prirodnim procesima u biosferi ili aktivnostima čovjeka jako apsorbiraju dugovalno toplinsko zračenje zemlje i tako djeluju kao *staklenik*. Kad ne bi bilo efekta staklenika prosječna temperatura zemlje bi iznosila 255 K što ne bi bilo dostatno za život biljaka i životinja. Međutim, kako atmosfera sadrži dostatnu količinu plinova s efektom staklenika prosječna temperatura na zemlji je viša za 33 K i iznosi 288 K.

Prema Kondratjevu i Moskalenku [15] vodena para u zraku povisuje temperaturu za 20,6 K, CO₂ za 7,2 K, a ozon, metan, dušikovi oksidi, amonijak, halogeni derivati ugljikovodika i drugi povisuju temperaturu zemlje još za narednih 5,4 K.

Budući da čovječanstvo dobiva 90% potreba za energijom izgaranjem fosilnih goriva, kao posljedica pojavljuju se goleme količine CO₂, dušikovih oksida, metana i drugih koji u zraku djeluju kao staklenik. Tako čovjek svojim aktivnostima remeti prirodnu ravnotežu ulaza plinova s efektom staklenika (tablica 6).

Tablica 6. Neki plinovi s efektom staklenika [16]

Plin	Sadržaj u atmosferi, ppm		Vrijeme zadržavanja u atmosferi
	sadašnje stanje	2050. godine	
Ugljik(IV)-oksid, CO ₂	350	600	2-4 godine
Metan, CH ₄	1,7	2,5	7-10 godina
Dušik(I)-oksid, N ₂ O	0,31	0,35	20-100 godina
Freoni		6,8·10 ³	
Freon-11, CFCI ₃	2,3·10 ⁴		75 godina
Freon-12, CF ₂ Cl ₂	3,8·10 ⁴		110 godina
Ozon, O ₃	0,02-10		nekoliko sati

Relativno dugo kumulativno vrijeme zadržavanja CO₂, CH₄, N₂O i fluoriranih uglji-

kovodika u atmosferi kao plinova s efektom staklenika, predstavlja jednu od najvećih opasnosti za opće zatopljivanje Zemlje sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Količina CO₂ u atmosferi pred kraj ovoga i do sredine sljedećeg stoljeća udvostručit će se (600 ppm, sl. 1) ako se ne supstituiraju fosilna goriva kao glavni energenti. U termodinamičkom smislu mora su spremnici ugljik(IV)-oksida. Međutim, zbog porasta CO₂ u atmosferi konvektivne prilike ne uspijevaju uravnotežiti taj odnos s morem. Eksperimentalno je dokazano da pored porasta koncentracije CO₂ u atmosferi raste i prosječna temperatura kao što se vidi u tablici 7.

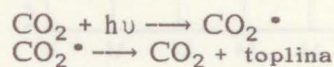
Tablica 7. Utjecaj CO₂ ispuštenog u atmosferu izgaranjem fosilnih goriva i porast prosječne temperature

Godina	Ispušteni CO ₂ , ppm	Atmosferska koncentracija CO ₂ , ppm	Porast temperature K
1860.	0,6	295	0,00
1880.	1,4	296	0,01
1900.	3,4	298	0,03
1920.	5,3	302	0,06
1940.	7,2	307	0,10
1960.	14,5	317	0,18
1970.	19,9	325	0,24
1980.	28,0	336	0,33

1990.	38,5	352	0,46
2000.	53,4	373	0,63
2020.	110,0	449	1,20
2040.	216,0	597	2,40
2050.	304,0	718	3,40

3.2. Atmosfera kao kemijska reakcijska sredina

Mehanizam zatopljivanja Zemlje prouzrokovanog plinovima s efektom staklenika na primjeru CO₂ može se pokazati jednadžbom:

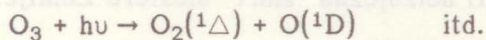
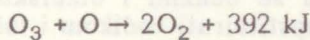
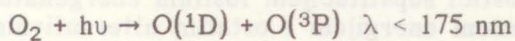
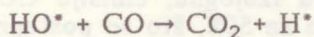
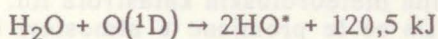
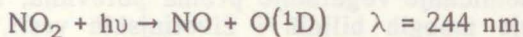
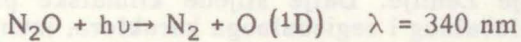


Količina metana i ostalih ugljikovodika povećava se brže od CO₂ i kreće se od 1 do 2% godišnje, a ispušni plinovi benzinskih motora ih sadrže od 0,2 do 3% i također pridonose zatopljivanju Zemlje.

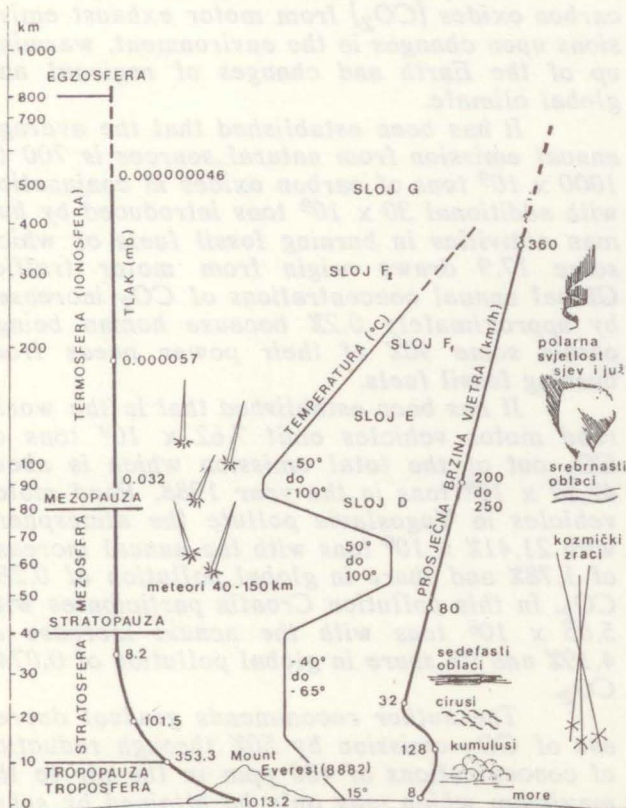
Isto tako, zatopljivanjem zemlje pojaviti će se veća oblačnost, te će i vodena para dati određen doprinos povećanju temperature na Zemlji.

Plinovi s efektom staklenika apsorbiraju toplinsko sunčevo zračenje koje upada i koje se reflektira s površine zemlje ili mora. Količina upadnoga toplinskog zračenja sunca u nižim dijelovima atmosfere se smanjuje, što je posljedica povećanja koncentracije *aerosolova* odnosno smoga. Zato se može postaviti pitanje

ispravnosti prognozirano povećanje temperature i zatopljanje Zemlje. Nastajanje smoga značajno pridonose i ispušni plinovi cestovnih vozila, a posebno su značajni krute čestice, dušikovi oksidi i neizgorjeli ugljikovodici i njihovi radikali. Dušikovi oksidi kao anhidridi nitratne i nitritne kiseline, ugljikovodici (metan) i njihovi radikali prema istraživanjima NASA-inog istraživačkog centra (Owen Toon) pored freona značajno pridonose raspadanju ozona na visinama 12 do 120 km [17], prema kemijskim jednadžbama.



Te i mnogobrojne ostale fotokemijske i kemijske reakcije odvijaju se u atmosferi na određenim visinama (tlak) i temperaturama (visina) pospješene intenzivnim miješanjem zračnih masa. Bilo kakvo neprirodno dodavanje plinova



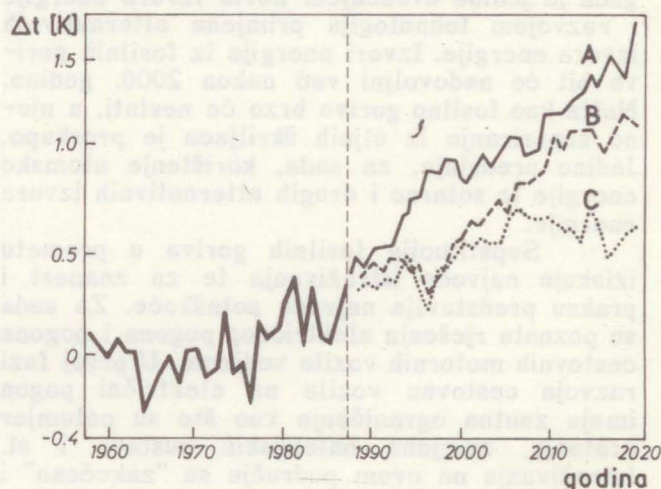
Slika 11. Neke značajke atmosfere kao kemijskog reaktora

i para poremećuje ravnotežu kemijskih i fotokemijskih procesa u atmosferi kao jednom jedinstvenom kemijskom reaktoru [18].

Neke osnovne značajke atmosfere kao kemijskog reaktora (tlak, temperatura, vjetar - miješanje, energija zračenja - energija kemijske aktivacije) prikazane su na slici 11.

3.3. Posljedice zagađivanja atmosfere

Promjene temperature u atmosferi kao kemijskom reaktoru izazvat će mnogobrojne kemijske i fizikalne promjene u prostoru ovog reaktora. Godišnje promjene srednje temperature prema scenarijima GISS New York [19] u svim slučajevima rastu što je vidljivo na slici 12.



Slika 12. Godišnja promjena srednje temperature

Mnogobrojna istraživanja [19] pokazuju da dvostruko veća koncentracija CO₂ povisuje srednju temperaturu za 5 K, što će uzrokovati mnogobrojne klimatske promjene. Promjene u temperaturi i vlazi tla također će utjecati na procese mineralizacije i dekompozicije organskih otpadaka koji opet utječu na količinu hrane potrebnih biljkama. Temperatura i količina vlage u tlu utjecat će na reprodukciju biljaka i mnogobrojnih životinja.

Sudbina vegetacije zbog tih promjena jest seoba prema polovima. U tropskim će krajevima produžavanje sušnih razdoblja izazvati pomjeranja postojeće vegetacije, prema Margaret Davis sa Sveučilišta Minnesota [19], za 500 km prema polovima. Doći će do promjene rasporeda padavina [20], a prema tome i do promjene rasporeda vegetacije. Isto tako, zbog zatopljanja Zemlje otopljeni led na polovima će povisiti razinu mora, te potopiti mnogobrojna naselja i gradove u današnjem priobalju. Po tom scenariju vegetacija u Evropi i Jugoslaviji već boluje, a šume se sve manje obnavljaju.

Sudbina čovjeka i životinja je također definirana sudbinom vegetacije, te su kao viši organizmi mnogo više osjetljivi na kemijske i fotokemijske reakcije i promjene kemijskog sastava atmosfere.

4. MJERE ZAŠTITE ATMOSFERE OD FIZIKALNO-KEMIJSKIH PROMJENA UZROKOVANIH EMISIJOM UGLJIK(IV)-OKSIDA

Ako se želi ograničiti zagrijavanje Zemlje za 0,1 K na desetljeće, onda bi trebalo smanjiti emisiju CO₂ najmanje za 50% računajući od emisije iz 1987. godine [21]. Prema Paradižu [6] mjere za smanjivanje emisije CO₂ su moguće jedino planskim smanjivanjem potrošnje fosilnih goriva, a time i emisije sa 2600 kg/stan./godinu na 1200 kg/stan./godinu, te tako zaustaviti koncentraciju CO₂ u atmosferi na oko 400 ppm.

Redukcija potrošnje fosilnih goriva moguća je jedino uvođenjem novih izvora energije i razvojem tehnologija primjene alternativnih izvora energije. Izvori energije iz fosilnih goriva bit će nedovoljni već nakon 2000. godine. Nafta kao fosilno gorivo brzo će nestati, a nježno separiranje iz uljnih škriljaca je preskupo. Jedino preostaje, za sada, korištenje atomske energije te solarne i drugih alternativnih izvora energije.

Supstitucija fosilnih goriva u prometu iziskuje najveća istraživanja te za znanost i praksu predstavlja najveće poteškoće. Za sada su poznata rješenja električnog pogona i pogona cestovnih motornih vozila vodikom. U prvoj fazi razvoja cestovna vozila na električni pogon imaju znatna ograničenja kao što su polumjer kretanja, zamjena baterijskih sustava i sl. Istraživanja na ovom području su "zakočena" i interesima petrokemijskih kompanija i postojeće automobilske industrije.

Vodik može uspješno zamijeniti derivate nafte. Po jednom projektu u Hamburgu (Euro Quebec Hydro Hydrogen Pilot Project) iduće godine 825 gradskih autobusa neće više zagađivati zrak ispušnim plinovima. Koristit će vodik koji u ispušnim plinovima sadrži isključivo vodu. Prema podacima Centra evropske zajednice za korištenje vodika već sada se govori o mogućnostima i prednostima vodika kao goriva budućnosti u prometnim sredstvima. Mogućnost kontinuirane opskrbe potrošača, neiscrpní izvori (voda) i nedvojbene ekološke prednosti vodika kao pogonskoga goriva cestovnih motornih vozila neprocjenjive su vrijednosti. Kao u svih novih izvora energije (nuklearna) i u primjeni vodika pojavljuju se prosvjedi koji se temelje na bojazni od eksplozivnosti. Međutim, vodik uskladišten kao metalni hidrid pri rukovanju ne predstavlja nekakvu opasnost.

5. ZAKLJUČCI

Globalna godišnja emisija CO₂ na Zemlji iz prirodnih izvora maksimalno doseže do 1000 x 10⁹ t. Međutim, aktivnostima čovjeka pri korištenju fosilnih goriva u atmosferu biva emitirano narednih 30 x 10⁹ t CO₂ od čega je 17,9% porijeklom iz prometa. Stoga se godišnje koncentracija CO₂ povećava u prosjeku za oko 0,2%.

Potrošnja automobilskih goriva (benzin i dizel) u Jugoslaviji raste godišnje prosječno za oko 1,78% a u Hrvatskoj za oko 4,19%. Prosječna godišnja emisija CO₂ u Jugoslaviji iznosi 21,41 x 10⁶ t, a u Hrvatskoj 5,65 x 10⁶ t uz godišnji porast u Hrvatskoj od 4,19%. Jugoslavija globalno sudjeluje u emisiji CO₂ s oko 0,28% a Hrvatska s 0,074%.

Čovječanstvo dobiva 90% potreba za energijom iz fosilnih goriva. Zato valja očekivati, ako se ne pronađu čistiji izvori energije, golemu emisiju CO₂ i time značajno zatopljivanje Zemlje. Dalje slijede klimatske promjene globalnog i regionalnoga karaktera, izumiranje i pomicanje vegetacije prema polovima, nestajanje mnogih biljnih i životinjskih vrsti, pojava učestalijih meteoroloških katastrofa itd.

Da se te promjene u atmosferi kao kemijskom reaktoru izbjegnu, emisiju CO₂ treba smanjiti najmanje za 50%, što se postupno može postići supstitucijom fosilnih energenata nuklearnom energijom i ostalim alternativnim izvorima. U prometu se benzini i dizelska goriva uspješno mogu supstituirati vodikom i tako spriječiti neizbježna "smrt" biosfere Zemlje.

SUMMARY

IMPACTS OF CARBON OXIDES FROM MOTOR EMISSIONS UPON THE ENVIRONMENT

This paper deals with the impacts of carbon oxides (CO₂) from motor exhaust emissions upon changes in the environment, warming up of the Earth and changes of regional and global climate.

It has been established that the average annual emission from natural sources is 700 to 1000 x 10⁹ tons of carbon oxides in conjunction with additional 30 x 10⁹ tons introduced by human activities in burning fossil fuels of which some 17.9 draws origin from motor traffic. Global annual concentrations of CO₂ increases by approximately 0.2% because human beings obtain some 90% of their power needs from burning fossil fuels.

It has been established that in the world road motor vehicles emit 7,62 x 10⁹ tons of CO₂ out of the total emission which is about 42,57 x 10⁹ tons in the year 1988. Road motor vehicles in Yugoslavia pollute the atmosphere with 21,41% x 10⁶ tons with the annual increase of 1,78% and share in global pollution of 0,28% CO₂. In this pollution Croatia participates with 5,65 x 10⁶ tons with the annual increase of 4,19% and its share in global pollution of 0,074% CO₂.

The author recommends gradual decrease of CO₂-emission by 50% through reduction of concentrations of 400 ppm in the air to the maximum which may only be attained by substitution in the consumption of fossil fuels. In road traffic gasoline and diesel fuels can successfully be substituted by hydrogen and thus

help avoiding inevitable catastrophic consequences in the Earth's biosphere.

LITERATURA:

- [1] H. DŽANIĆ, J. BOŽIČEVIĆ, S. PERŠE: Ispušni plinovi automobila kao posredni uzročnici kiselih padavina. Bilten Znanstvenog savjeta za promet JAZU, Zagreb, 2, 1989, 2, 94-98.
- [2] H. DŽANIĆ, V. CEROVAC: Utjecaj aditiva benzina na kemijski sastav ispušnih plinova automobila. Suvremeni promet, 8, 1986, 4-5, 191-198.
- [3] Z. DEVIDE: Automobil i životna okolina. Bilten Znanstvenog savjeta za promet JAZU, Zagreb, 2, 1989, 2, 99-103.
- [4] D.R. SCHRYER: Heterogenous Atmospheric Chemistry. American Geophysical Union, Washington, DC., 1982.
- [5] V.A. ISIDOROV: Organiceskaja himija atmosfere. Himija, Leningrad, 1985, 132-156.
- [6] B. PARADIŽ: Nedopustive emisije menjaju klimu - katastrofa se mora sprečiti, Zašt. atm., 17, 1989, 2, 72-79.
- [7] F. ROTIM: Ekološko-energetski elementi motorizacije. Suvremeni promet, 8, 1986, 4-5, 219-221.
- [8] N. TURINA: Zagadivanje atmosfere štetnim sastojcima podrijetlom iz termoelektrana i motornih vozila. Strojarsvo, 27, 1985, 6, 333-339.
- [9] N. ŠTRUMBERGER, H. DŽANIĆ: Zagadivanje zraka od cestovnog prometa i njegov utjecaj na turističku privredu. Promet, 1, 1989, 4-5, 514-517.
- [10] H. DŽANIĆ: Pogonske materije. VZŠ, Zagreb, 1977, str. 92-120.
- [11] ANON.: World Energy outlook Forecast through the Year 2000. Chevron Corporation, Juni 1986, (9.10).
- [12] D. MORTINSEN, H.J. WAGNER, M. WALBECK: Energy Supply Models for Germany, Energy and Technology Today and Tomorrow 88, Zagreb, October 3-6, 1988.
- [13] A. BAKA, A. KREINA, A. BERZE, A. LONGETO: Uglekislij gaz v atmosferi. Moskva, Mir, 1987, 168.
- [14] HARTMAN I BRAUN: Technische Information, 30 PY 103: Rauchgasanalyse und Emissionsüberwachung.
- [15] D. SCHOENWIESE: Ändert sich das Weltklima. Elektrizitätswirtschaft, 5, 1989.
- [16] N. TURINA: Globalno zatopljivanje zbog efekta staklenika. Priroda, 79, 1990, 9-10, 31-33.
- [17] Z. VUKMIROVIĆ: Savremeni problemi hemije atmosferskog ozona. Hemijski preglad, 31, 1990, 1, 6-14.
- [18] I. PERINA, B. MIHANOVIĆ: Ispitivanje onečišćenja zraka. SKHT, Kemija u industriji, Zagreb, 1988, 87-104.
- [19] ANON.: Kolaps staklene planete. Galaksija, 19, 1989, 87-89.
- [20] YU. A. IZRAEL, I.M. NAZOROV, A.JA. PRESSMAN, F. JA. ROVINSKIJ, A.G. RJABOSAPKO, L.M. FILIPPOVA: Kislotnie dozdi. Leningrad, Hidrometeoizdat, 1989, 7-48.
- [21] ANON.: Strategies againts Climate Change. Acid News, No. 2, may 1989.