

GOZDNI POŽARI PO SVETU: VPLIVI NA OZRAČJE, PODNEBJE IN BIOSFERO

Global Biomass Burning: Atmospheric, climatic, and biospheric Implications

Tomislav Dimitrov*

UDK 614.84:630:551.583

Povzetek

V članku so predstavljene novejšie raziskove znanih svetovnih znanstvenikov o gozdnih požarih. Obravnavane so podnebne spremembe in vplivi na gozdne požare, vpliv požarne emisije na ozračje, napovedi katastrofalnih razmer na globalni ravni zaradi gorenja biomase, predvsem v tropih, in protokol mednarodne konference o podnebnih spremembah, ki je potekala v japonskem mestu Kijoto.

Zelo pomembno je raziskovanje B. J. Stocksa in drugih o spremembah podnebja in verjetnosti gozdnih požarov v ruskih in kanadskih severnih (borealnih) gozdovih. Simulirali so scenarij podvojene koncentracije CO₂ s pomočjo veljavnih modelov splošnega kroženja in njegovega vpliva na povečanje silovitosti gorenja zaradi vremena, podaljšanje požarne sezone zaradi otoplitve prizadetih območij in na pomikanje gozdne vegetacije proti severu.

Abstract

In this paper the most recent research on forest fires made by renown scientists in the world are presented, where the climate change and its implications on forest fire, fire emissions and their impact on the atmosphere, catastrophic situation predictions on the global level caused by biomass burning particularly in Tropics, and on the Protocol of the International Conference on the climate change, held in Kyoto, Japan, are analyzed. There is very important research by B. J. Stocks and others on the climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests by simulating through current general circulation models scenario of doubled CO₂ (2 x CO₂) and its implications on the fire weather severity increase, extending the fire season by warming up of struck regions and shifting forest vegetation northward.

Kanada je bila dolgo vodilna država na področju znanstveno utemeljenih pripomočkov za spremljanje požarov in nadzor nad njimi. Eden takih je njihov sistem za ocenjevanje nevarnosti gozdnega požara (Canadian Forest Fire Danger Rating System CFFDRS) (Stocks in drugi 1989, Hawkes 1995a, Alexander, Stocks in Lawson 1996). Razvila ga je Kanadska gozdarska služba (Canadian Forest Service CFS), prevzelo pa ga je tudi več drugih držav. Karte požarne nevarnosti na ravni države se med sezono gozdnih požarov pošiljajo vsak dan. Uporabljajo jih za spremljanje in nadzor požarov ter določitev potrebnih virov za njihovo preprečevanje. CFS se je nedavno reorganizirala v mrežo požarnega raziskovanja (Fire Research Network) s 26 raziskovalci v Edmontonu, Alberti (vodilno središče), Sault Ste. Marie, Ontariu, Ste. Foyu, Quebecu, in Victoriji, Britanski Kolumbiji.

Odločitve pri spremljanju požarov in njihovem nadzorovanju temeljijo na ugotavljanju požarne nevarnosti. Sistem je pred nedavnim preučeval in izpopolnil Hawkes (1995a, b). Zdaj so to računalniški in informacijski sistemi, ki zbirajo in predstavljajo podatke o vremenu, požaru in virih ter pomagajo ljudem, ki spremljajo požare. Najnovejšega med njimi so opisali Lee, Todd in Suddaby (1997). Vključuje module pojavljanja požarov, ki jih zaneti strela, in tiste, ki jih povzročijo ljudje, karte hitrosti širjenja in požarne jakosti, modele širjenja požara, modele napovedi širjenja dima in zahteve začetnega ukrepanja.

Kanada sodeluje tudi pri raziskavah o vplivu politike in prakse spremljanja požarov in nadzora nad njimi na vrednost ogljika v borealnih gozdovih Kanade, Aljaske in Rusije. Preliminarne raziskave kažejo, da se požarne sezone podaljšujejo, saj se začenejo prej, vremenski pogoji pa se slabšajo (Simard 1997b). Morebitne otoplitve po vsem svetu se najbolj bojijo v severnih širinah (Stocks, Lee in Martell 1996). Ti avtorji, Stocks (1996, 1998) in drugi opozarjajo, da bi se zaradi toplejšega vremena in malo bolj suhih razmer v borealnem predelu Sibirije in severne Kanade nevarnost požarov povečala. Veliko povečanje požarnega območja in krajši presledki ponovitve požarov bi lahko povzročili pozitivno biosfersko povratno delovanje na

podnebje po vsem svetu. Pozitivno biosfersko povratno delovanje je proces, pri katerem se tisto, kar nastaja pri izgorevanju gozdov (CO₂), ponovno vrača v proces (fotosinteza), vendar zaradi manj gozdov ostaja v ozračju presežek (pozitivni) CO₂. Podnebje se zato otopli.

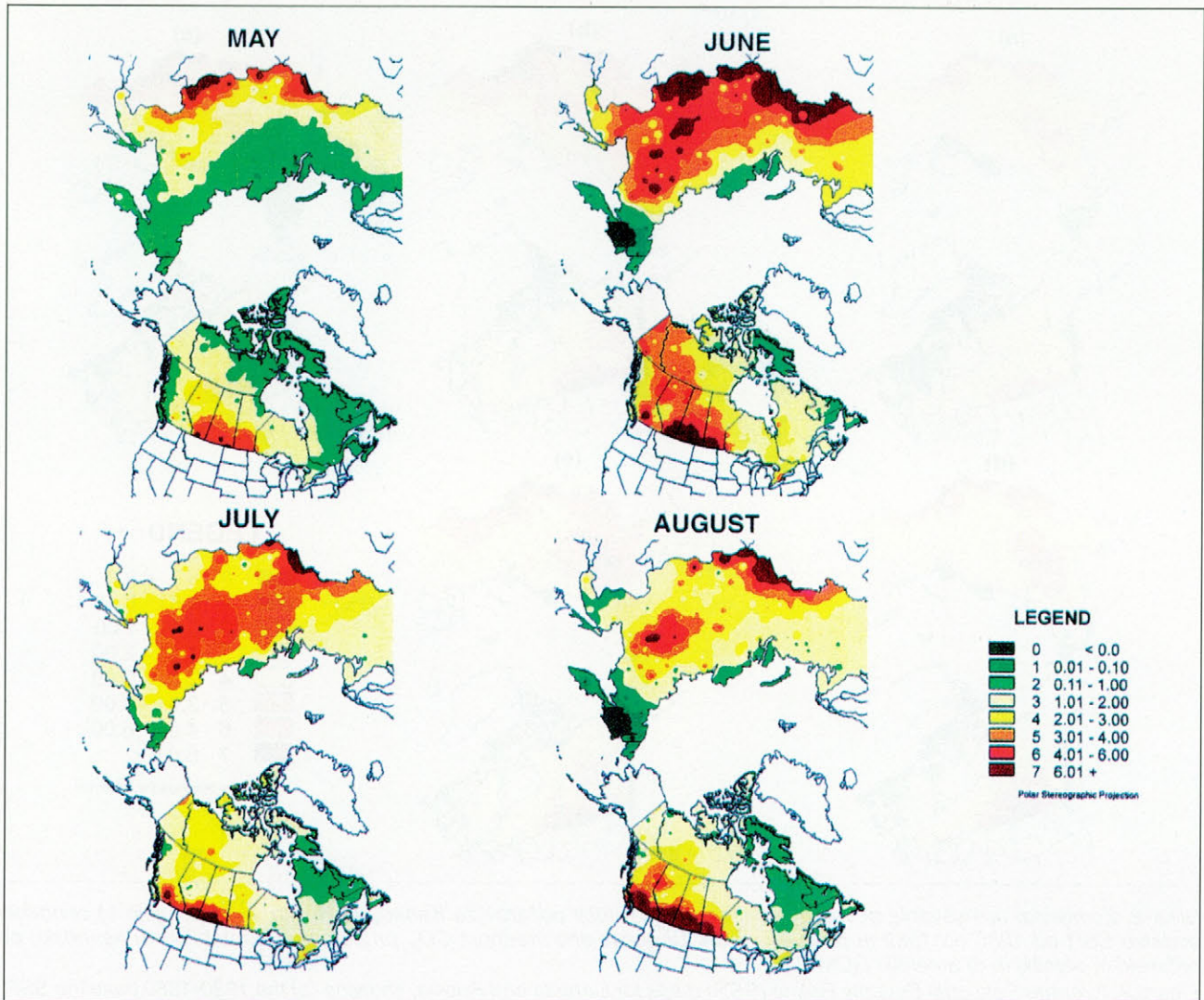
Stocks in Kauffman (1997) sta primerjala porabo biomase v gozdnih požarih borealnih, zmernih in tropskih ekosistemov. Razlika pri porabi goriva med ekosistemi so 50-kratne (0,5 kg/m² v tropskih savanah, do 23 kg/m² v posekanem/podrtem gorivu v amazonskih deževnih gozdovih). V savanah zagori vsako leto, v nezračtem borealnem predelu Kanade na 50 do 150 let, v zmernih gozdovih, kjer prevladuje površinski ogenj, pa na pet do tisoč let.

Gozdni požari v dražavah polarnega kroga, požarne emisije in vpliv na ozračje

V zadnjih letih namenjajo znanstveniki vse več pozornosti vplivu gozdnih požarov po svetu na atmosfersko kemijo, fotokemijo in podnebno otoplitev (Crutzen in drugi 1979; Academi of Science, 1984). Javnost je o tem na splošno obveščena. Pozornost pa je usmerjena tropom, kjer se koncentracija ogljika, ki se sprošča pri sežiganju biomase v državah v razvoju, približuje količini, ki prehaja v ozračje zaradi sežiganja fosilnih goriv v razvitih državah (Crutzen in Andreae, 1990).

Pri analiziranju obsega in vpliva gozdnih požarov v državah polarnega kroga je pomembno dokumentiranje požarov v Kanadi, Rusiji, Finski, Švedski in Aljaski, na območjih, kjer kot vegetacijski tip prevladujeta borealni gozd ali tajga. V tem borealnem gozdnem predelu, ki se razteza v dva široka medcelinska pasova prek Severne Amerike in Evrazije, nastaja mnogo velikih požarov. Obsega 12 milijonov kvadratnih kilometrov in leži predvsem med 45° in 70° severne širine. To je širok predel iglastih gozdov, ki so za države polarnega kroga najpomembnejši naravni in gospodarski vir.

* Vladimira Ruždžaka 9c, Zagreb, Hrvaška



Slika 1. Zemljevidi ocenjevanja povprečne mesečne silovitosti požarov (MSR) za Kanado in Rusijo na podlagi dnevnega spremljanja vremena od 1980 do 1989

Figure 1. Average Monthly Severity Rating (MSR) maps for Canada and Russia, based on measured 1980-1989 daily weather

V zadnjih letih Kanada in ZDA skupaj preučujejo obnašanje velikih požarov in množičnega požiganja ter njihov učinek na okolje (Stocks, 1988; Stocks in McRae, 1991)² v borealnem gozdnem predelu Kanade. Pri tem sodelujejo

Preglednica 1. Statistični podatki o številu požarov in požganih območjih v državah polarnega kroga v letih 1980 do 1989 (letno povprečje)

Table 1. Statistical data on the number of fires and burned-out areas in the countries of the Arctic Circle between 1980 and 1989

država	število požarov	požgano območje (ha)
Kanada	9 618	2 437 717
Aljaska	588	198 883
Finska	470	326
Švedska ^a	2875	3 574
Norveška	462	850
Nekdanja ZSSR ^b	2 000	3 000 000
Skupaj	34 013	5 641 350

^a podatki od 1970 do 1979

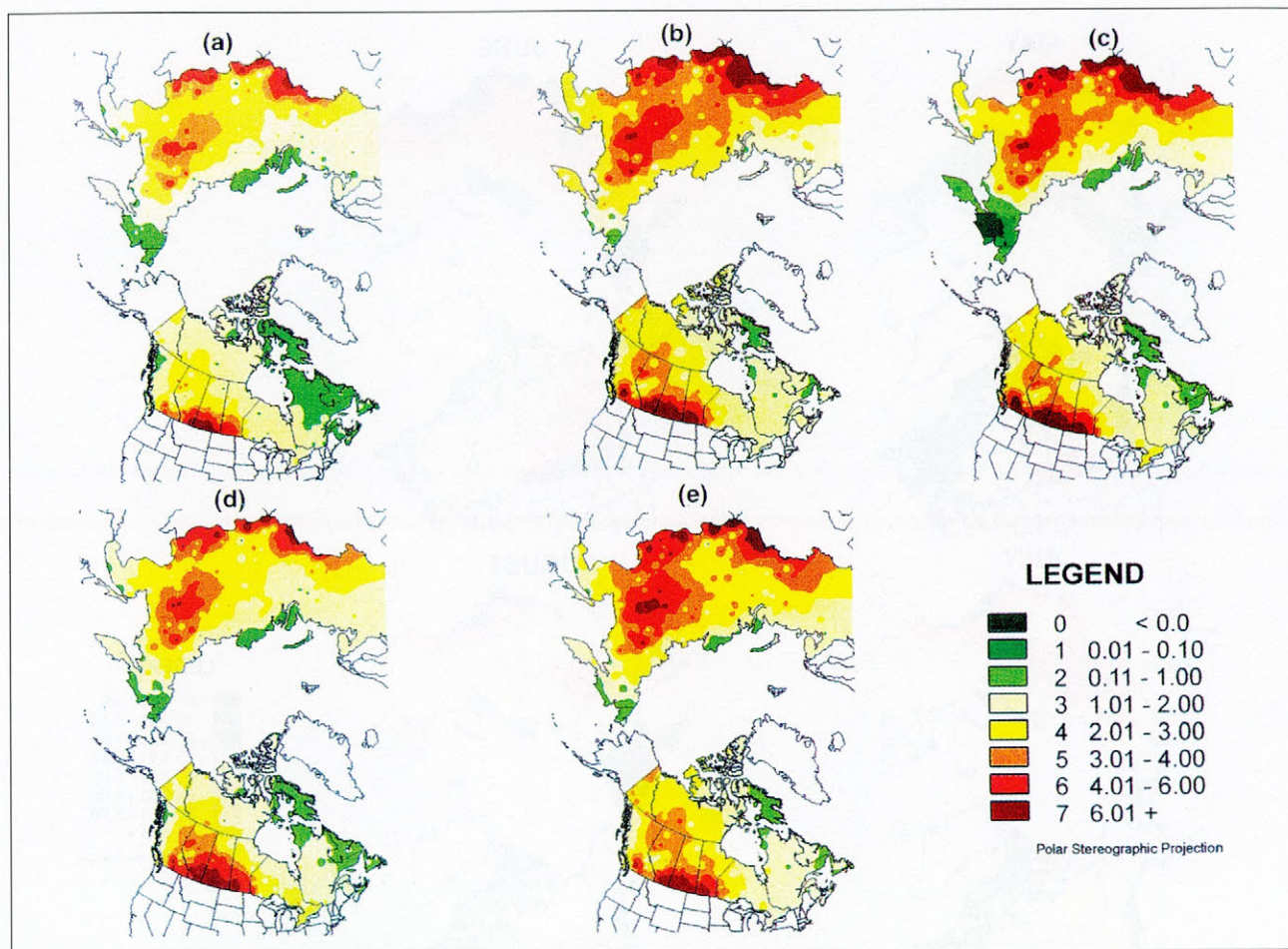
^b ocenjene vrednosti

kanadsko gozdarstvo, ameriška gozdarska služba, Nasa in ministrstva za naravne vire in okolje iz province Ontario. Delo se še nadaljuje, na podlagi nekaterih dejavnikov emisije, ki jih povežejo z najnovejšimi statističnimi podatki, pa lahko ocenijo vpliv gozdnih požarov na severni polobli na globalno bilanco sledov atmosferskih plinov. Približno 89 % ogljika, sproščenega v ozračje ob požarih v borealnem gozdu, je v obliki ogljikovega dioksida, 9 % je ogljikovega monoksida, preostali ogljik pa se sprošča kot metan ali nemetanski ogljikovodiki.

Po oceni se na 5,64 milijona ha požganega območja v državah polarnega kroga porabi 25 000 kg goriva na hektar. Na leto se porabi 141 megaton goriva ali približno 70 megaton ogljika na hektar (62,3 megatone ogljikovega dioksida, 6,3 megatone ogljikovega monoksida in 0,7 megatone metana in nemetanskih ogljikovodikov).

Po najnovejši oceni (Crutzen in Andreae, 1990) se na leto sprosti 4 do 6 gigaton ogljika. K temu največ prispevata požiganje savan in uničevanje gozdov v tropih. V državah polarnega kroga se sprosti 1,2 do 1,8 % ogljika.

Goldammer (1977) meni, da zgori na leto približno devet milijard ton (9 gigaton) rastlin. V ozračje bi se takoj (bruto) sprostil 4,1 gigatone ogljika na leto. Čeprav količina



Slika 2. Zemljevidi ocenjevanja povprečne sezonske silovitosti požarov za Kanado in Rusijo, ki prikazujejo a) osnovne podatke SSR od 1980 do 1989 in projekcije SSR za podvojeno vrednost CO_2 , pri čemer je uporabljen b) kanadski, c) britanski č) nemški in d) ameriški GCM

Figure 2. Average Seasonal Severity Rating (SSR) maps for Canada and Russia, showing (a) the 1980-1989 baseline SSR data, and projected $2 \times CO_2$ SSR maps using the (b) Canadian, (c) United Kingdom, (d) German, and (e) United States GCMs

ogljika, ki ostane v ozračju (neto izpust), ni natančno znana, strokovnjaki predvidevajo, da znaša neto izpust ogljika v ozračje zaradi stalnega spreminjanja tropskega gozda v zemljišča, ki se uporabljajo za kaj drugega (deforestacija), približno en gigatono na leto. V emisijah iz požarov tropskega rastlinja je sicer največ ogljikovega dioksida, vendar je veliko tudi produktov nepopolnega izgorevanja, ki imajo pomembno vlogo v atmosferski kemiji in podnebnju. Fotokemične reakcije v dimnih pahljačah zaradi požara vegetacije so lahko vzrok celo za eno tretjino ozona v troposferi. Za druge produkte, ki poleg produktov razpadanja metilbromida (CH_3Br) in metilklorida (CH_3Cl) nastanejo pri požaru vegetacije, je znano, da uničujejo stratosferski ozon. Aerosoli, nastali v ognju, lahko neposredno vplivajo na podnebje: spreminjajo zemeljsko sevanje, na primer tako, da odbijajo sončno energijo nazaj v vesolje (učinek hlajenja). Aerosol črnih saj (črnega ogljika) na drugi strani lahko vsrka sončno svetlobo in tako povzroči segrevanje ozračja. Črni ogljik je produkt vsakega nepopolnega izgorevanja in je sorazmerno odporen proti razpadanju.

Sprememba podnebja in verjetnost gozdnih požarov v ruskih in kanadskih severnih gozdovih

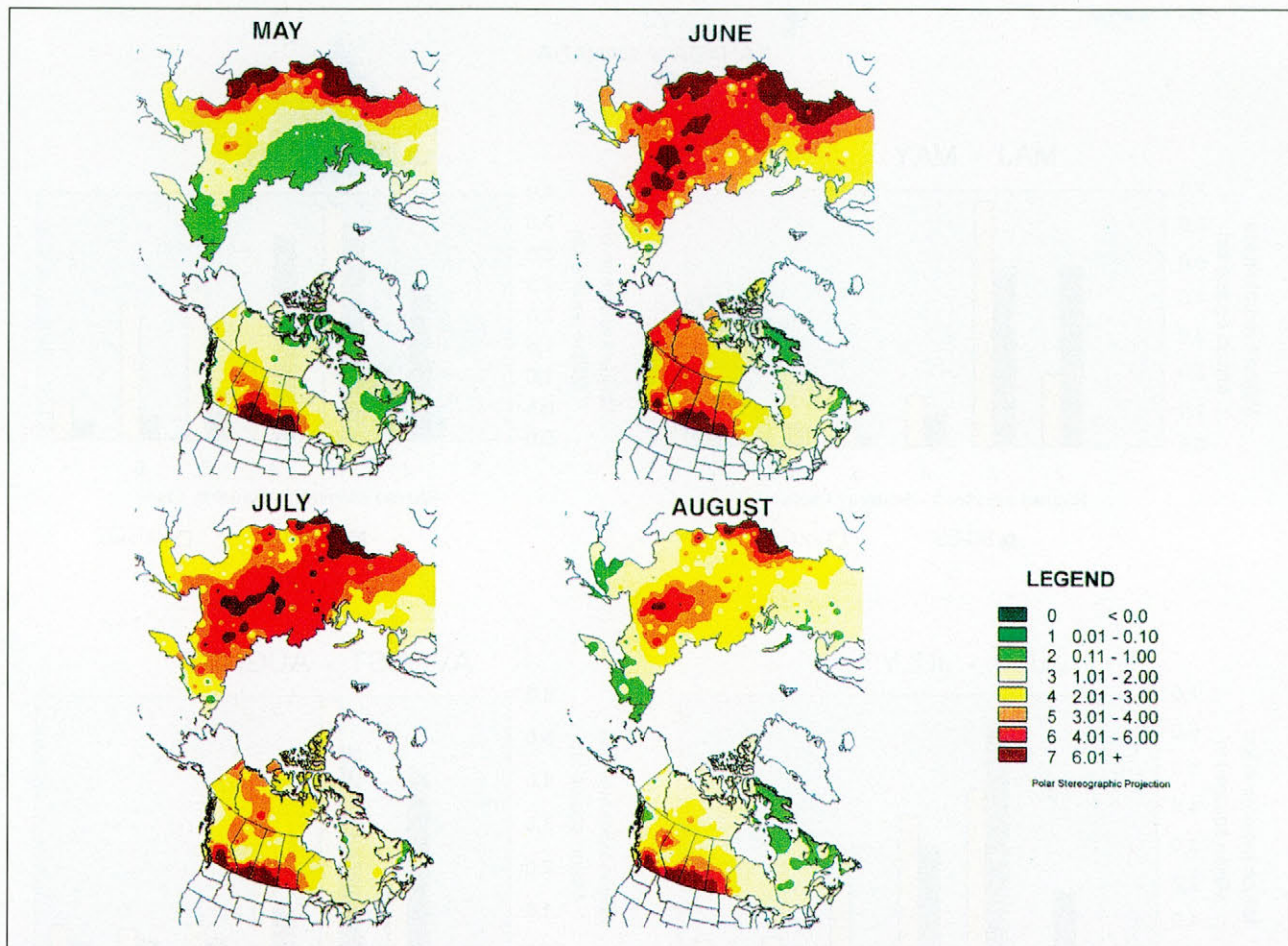
Medvladni svet o podnebni spremembi je leta 1995 menil, da "ni verjetno, da bi bilo ugotovljeno zvišanje srednje

temperature v prejšnjem stoletju po svetu (0,3 do 0,6° C) samo posledica naravnih vzrokov. V srednjehodni in severozahodni Kanadi ali Sibiriji je v zadnjih treh desetletjih pozimi in spomladi topleje; temperature so se zvišale za 2 do 3° C (Environment Canada, 1995).

Številni modeli splošnega kroženja (General Circulation Models GCMs) predvidevajo, da se bo do leta 2100 po svetu srednja temperatura zvišala za 0,8 do 3,5° C. To bi bilo najhitrejšje temperaturno spreminjanje v zadnjih 10 000 letih. Najpomembnejše temperaturne spremembe predvidevajo v višjih zemljepisnih širinah na kopnem. Poleg tega se največja otoplitev pričakuje pozimi in pomladi, podobno kot so predvidevali pred nekaj leti, čeprav naj bi bilo topleje vse letne čase. Pričakujejo, da se bodo v velikem delu Kanade in Rusije ob podvojitvi vrednosti atmosferskega ogljikovega dioksida zimske temperature zvišale za 6 do 10° C, poletne pa za 4 do 6° C. Pričakujejo tudi spremembe regionalnih in vremenskih obrazcev in jakosti padavin; več bo sušnih obdobj in poplav.

Metode

Za raziskovanja so izbrali štiri atmosferske modele globalnega kroženja (GCM). Obsegajo sorazmerno preproste do zelo kompleksne povezave atmosfere, biosfere in oceanov z različno parametrizacijo procesov, upoštevajo merila mreže in omogočajo zanesljive podnebne napovedi. To so modeli Kanadskega centra za podnebje (Boer in drugi, 1992; McFarlane in drugi, 1993),



Slika 3. Zemljevidi ocenjevanja mesečne povprečne silovitosti požarov (MSR) za Kanado in Rusijo v zraku s podvojeno vrednostjo CO_2 , pri čemer je uporabljen kanadski GCM

Figure 3. Average Monthly Severity Rating (MSR) maps for Canada and Russia under a $2 \times CO_2$ climate using the Canadian GCM

Hadleyjevega centra združenega kraljestva (Wilson in Mitchell, 1987)³, Inštituta Maxa Planka za meteorologijo (Nemčija) (Cubasch in drugi, 1990)³ in Državnega centra za raziskovanje ozračja (ZDA) (Meehl in drugi, 1993).

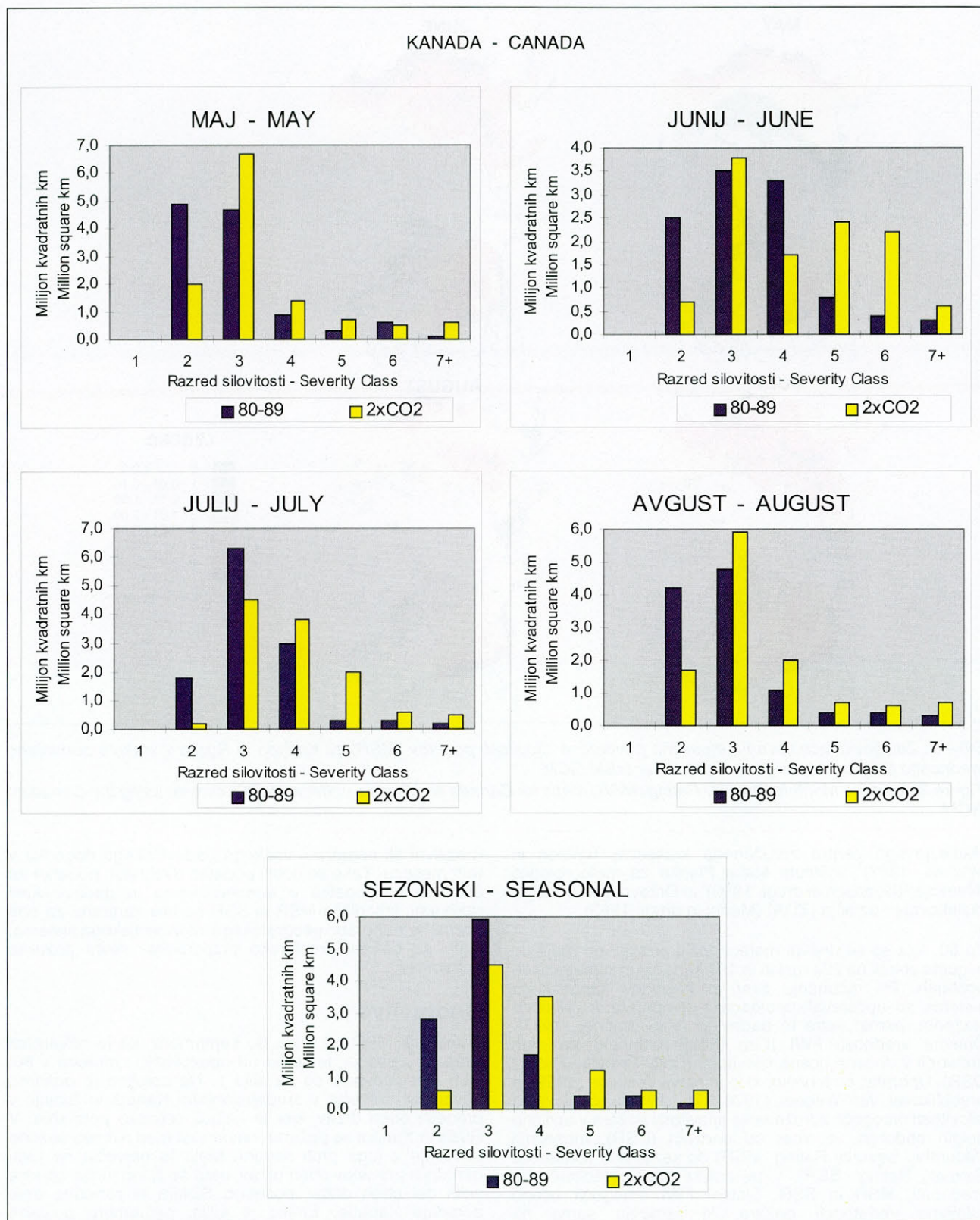
Za 80. leta so se dnevni meteorološki podatki od maja do avgusta zbirali na 224 ruskih in 191 kanadskih klimatoloških postajah. Pri računanju šifer in kazalcev kanadskega sistema so upoštevali opoldanske temperature, relativno vlažnost, hitrost vetra in padavine (Van Wagner, 1987). Dnevne vrednosti FWI (Fire Weather Index) so nato pretvorili v dnevne ocene silovitosti (Daily Severity Rating DSR). Uporabili so tehniko, ki jo je razvil Williams (1959) in preoblikoval Van Wagner (1970). Ta tehnika ocenjevanja silovitosti omogoča združevanje silovitosti požara v različno dolgih obdobjih, in sicer od dnevni (DSR), mesečnih (Monthly Severity Rating MSR) do sezonskih (Seasonal Severity Rating SSR). V tej analizi sta uporabljeni obe vrednosti, MSR in SSR. Sistem FWI omogoča oceno relativne verjetnosti požara, ki temeljijo samo na meteoroloških ugotovitvah, ne upošteva pa vrste gozda. Povprečno mesečno temperaturo, relativno vlažnost, hitrost vetra in razlike pri padavinah so določili za vsako točko mreže v modelu, in sicer za vsakega od štirih modelov globalnega kroženja (GCM). Med kontrolno vrednostjo in podvojeno koncentracijo CO_2 se relativna vlažnost in hitrost vetra nista dosti spreminjali, pomembnejše razlike pa so ugotovili za temperaturo in padavine. Povprečno mesečno temperaturno odstopanje za vsako točko mreže so prišteli ugotovljeni dnevni temperaturi (iz podatkov za 80. leta) na najbližji meteorološki postaji, medtem ko je bilo mesečno odstopanje padavin določeno s faktorjem kot odstotek

(pozitivni ali negativni) vsakega padavinskega dogodka v tem mesecu. Tako so dobili podatke dveh vrst: podatke za 80. leta in podatke s temperaturnimi in padavinskimi razlikami. Izhodišča MSR in SSR so bila kartirana za oba scenarija z uporabo geografskega informacijskega sistema. Nato so določili prostorsko razporeditev ravni požarne nevarnosti.

Ugotovitve

Zemljevidi MSR od maja do septembra, ko je nevarnost požarov največja, temeljijo na opazovanju vremena v 80. letih. Predstavljeni so na sliki 1. Na splošno je požarna nevarnost največja v srednjehodni Kanadi in Sibiriji, v predelih obeh držav, kjer je najbolj celinsko podnebje. V Rusiji in Kanadi se požarna nevarnost med njihovo sezono povečuje z juga proti severu. Maja je največja na jugu osrednjih predelov obeh držav, nato se širi in junija zajame velik del obeh držav, posebno Sibirije in zahodne dele osrednje Kanade. Enako je julija, septembra postane požarna nevarnost v obeh državah zmerna, le v vzhodnem delu osrednje Sibirije je še velika ali izjemno nevarna. Na sliki 1 je tudi videti, da grozi v poletnih mesecih velikanskemu sibirskemu prostoru izjemno velika požarna nevarnost, to območje pa je morda trikrat večje kot podobno prizadet predel v zahodni osrednji Kanadi.

Zemljevidi SSR, ki temeljijo na podatkih iz 80. let, so za scenarij podvojene koncentracije CO_2 za štiri GCM na sliki 2. Vsi modeli za podnebje s podvojeno vrednostjo CO_2 so si po zemljepisnem obrazcu silovitosti požara zelo podobni. Po vseh modelih se je njegova koncentracija na območju



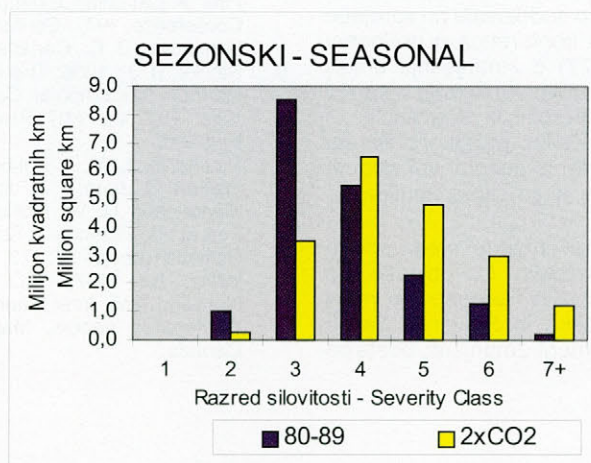
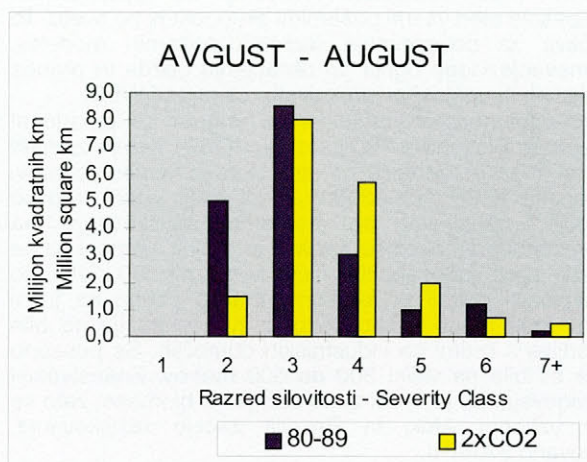
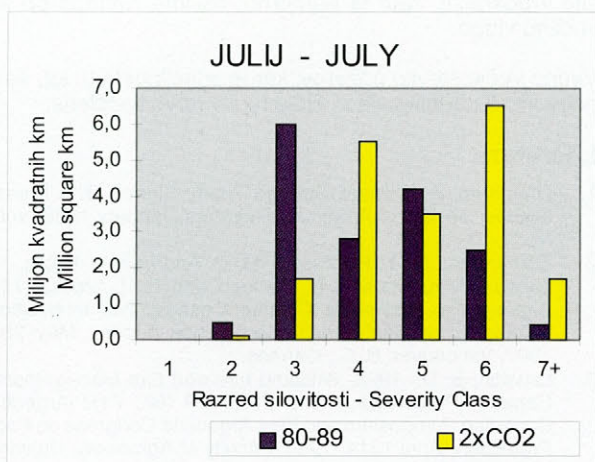
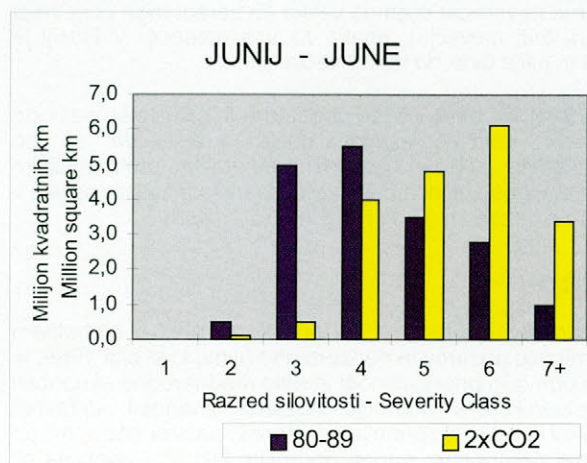
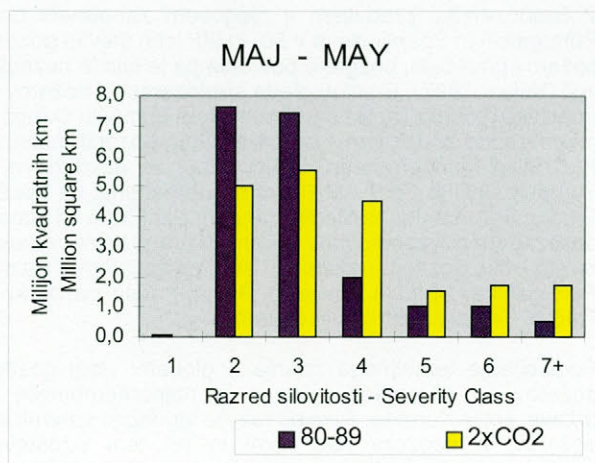
Slika 4. Primerjava raztezanja območja ocenjevanja mesečne silovitosti požarov (MSR) in sezonske silovitosti požarov (SSR) v Kanadi, pri čemer so uporabljeni osnovni meteorološki podatki iz 1980 do 1989 in projekcije zraka s podvojeno vrednostjo CO₂ s kanadskim GCM

Figure 4. Comparison of the areal extent of Monthly Severity Rating (MSR) and Seasonal Severity Rating (SSR) classes in Canada using the 1980-1989 baseline weather data and 2 x CO₂ climate projected by the Canadian GCM

velike in izjemno velike požarne nevarnosti, posebno v osrednji Kanadi in Sibiriji, bistveno povečala. Na sliki 3 so zemljevidi MSR ob podvojeni vrednosti CO₂ od maja do avgusta. Uporabljene so rešitve iz modela GCM

kanadskega centra za podnebje. Junija grozi skoraj vsej Sibiriji in zahodni Kanadi izjemno velika požarna nevarnost. Zmerneje se zvečuje julija in avgusta. Velika in izjemno velika silovitost požarov se začeta prej. Požarne sezone je

RUSIJA - RUSSIA



Slika 5. Primerjava raztezanja območja ocenjevanja mesečne silovitosti požarov (MSR) in sezonske silovitosti požarov (SSR) v Rusiji, pri čemer so uporabljeni osnovni meteorološki podatki iz 1980 do 1989 in projekcije zraka s podvojeno vrednostjo CO₂ s kanadskim GCM

Figure 5. Comparison of the areal extent of Monthly Severity Rating (MSR) and Seasonal Severity Rating (SSR) classes in Russia using the 1980-1989 baseline weather data and 2 x CO₂ climate projected by the Canadian GCM

v Kanadi in Rusiji konec pozneje (res pa je, da obstajajo v tem obrazcu pomembne regionalne razlike). Spremembe območja v vsakem razredu požarne nevarnosti so morda pomembnejše kot absolutne vrednosti v MSR. Sliki 4 a in 4

b kažeta dramatične spremembe razprostranjenosti velike do izjemno velike požarne nevarnosti v obeh državah, kjer je v zraku podvojena koncentracija CO₂. Zmanjšuje se na zmernejših ravneh MSR in SSR, pomembno pa se povečuje

na območju, ki je izpostavljeno visoki do izjemno visoki ravni MSR in SSR v toplejšem podnebnju. To še posebno velja za junij in julij, medtem ko je povečanje na območjih, kjer je požarna nevarnost izjemno velika (in zaradi tega verjetnost požara tudi največja), enaka za vse mesece. V Rusiji je junija in julija dva- do trikrat večja.

Kaže torej, da bodo požari pogostejši in silovitejši, da bodo presledki med ponovnimi požari krajši, da se bo porazdelitev starosti gozdov pomaknila proti mlajšim sestojem, posledično pa se bodo zmanjšale zaloge ogljika v severnih gozdovih (C. F. Kurz in sod., 1995).

Sklep

Ob upoštevanju razvoja po prvi konferenci o globalnem spremljanju požarov in nadzoru nad njimi, ki je bila 1989, je treba pohvaliti pripravljenost in delo mednarodne skupnosti znanstvenikov s področja požarne znanosti, državnih politikov in tistih, ki spremljajo požare in nadzor nad njimi, pri pripravi zakonodaje s tega področja. Niti ena agencija ali država ni več sama sebi dovolj. Mreža za raziskovanje požarov (Fire Research Network) bo pospeševala sodelovanje med vsemi požarnimi skupnostmi po svetu. To bo okvir za povezovanje različnih požarnih modelov, razumevanje vloge ognja pri ohranjanju gozda in prenos raziskovalnih ugotovitev prek svetovne mreže WEB.

Mednarodni geosfersko-biosferski program (International Geosphere-Biosphere Programme IGBP) deluje zadnjih šest let in se osredotoča na atmosfersko kemijo požarov. Regionalni IGBP (19902000) je za zdaj pokrival tropsko območje, nadaljeval bo borealno raziskovanje na severozahodnem ozemlju Kanade in Sibiriji, usmeril pa se bo tudi proti jugozahodni Aziji. V poznih 80. letih so znanstveniki odkrili veliko koncentracijo ozona na južni polobli med njeno sušno sezono. Koncentracije so bile primerljive s tistimi na industrijskih območjih. Še posebno velike so bile na višini 300 do 600 metrov. Znanstveniki predvidevajo, da je vzrok za to sežiganje biomase, zato se je v vzhodni Afriki in Braziliji začelo raziskovanje, imenovano SAFARI.

Vse države podpisnice prve konvencije ZN o spremembi podnebja kot tudi tiste, ki so dejavno sodelovale pri sprejetju kiotskega protokola (mednarodna konferenca o podnebni spremembi, Kioto, Japonska, 1997) o zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, morajo prek svojih strokovnih ustanov začeti postopke za vključitev priporočil iz konvencije in protokola v svojo pravno ureditev. Kiotski protokol državam dovoljuje, da presodijo, kako bo stanje gozdov vplivalo na zmanjševanje ogljikovega dioksida, ki ga same izpuščajo.

Protokol vključuje tudi vzpostavitev režima mednarodne izmenjave emisij v gozdarskih projektih. Če bo tako, bo imela na primer v naši regiji Bosna in Hercegovina manj emisij ogljikovega dioksida, Hrvaška in Slovenija pa jih zaradi industrijskega razvoja ne bi mogli zmanjšati, bosta pa

od Bosne in Hercegovine kupili določen odstotek. Plačevati jih bo – kot kaže – treba zelo drago.

V Sredozemlju, predvsem v njegovem zahodnem delu, Portugalski in Španiji, se je v 80. in 90. letih število gozdnih požarov povečalo, požgane površine pa je bilo le neznatno več (Velez, 1997). Položaj glede sredozemskih požarov se prav tako globalizira. Na sredozemskem območju skrbijo za mednarodno sodelovanje pri upravljanju gozdnih požarov: FAO/Silva Mediterranean, Stalni odbor za gozdarstvo pri Evropski uniji in CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes). Eden od glavnih dosežkov je bil vzpostavitev decentralizirane baze podatkov za statistiko gozdnih požarov. V sedanji podatkovni bazi so Portugalska, Španija, Italija in Grčija, kmalu pa bodo še Turčija, Tunizija, Maroko in Hrvaška.

Poglabljanje temeljnega znanja o globalni vlogi gozdnih požarov pri ohranjanju gozdov je najpomembnejše za države, kot je Kanada. Tako bo razvila strategijo spremljanja požarov in nadzora nad njimi in pri tem upoštevala zmanjševanje proračuna in povečevanje aktivnosti ognja. To velja za večino držav sveta, v katerih je požar pomembna sila v pokrajini, zato je primerno, da ima Kanada pri tem vodilno vlogo.

Vedno večje število požarov, kar je značilnost 90. let, se bo nedvomno nadaljevala in širila tudi v novo tisočletje.

Literatura

1. Ghannam, J.: Climate Change Treaty Signed, The Forestry Source, Society of American Foresters, January 1998, Vol. 3, No. 1.
2. Goldammer, G. J., P. Crutzen, M. O. Andreae, G. Helas, J.-P. Lacaux, T. Kuhlbusch, D. Cahoon and B. J. Stocks: 1977, Atmospheric Emissions Climate Change, 2nd International Wildland Fire Conference, Conference papers, May 2530, 1997, Vancouver, B. C., Canada.
3. Lawson, B. D.: 1998, Wildland Fire and Fire Management in Canada, Presented at the PROFOR '98, First Argentine-Canadian Symposium and First Argentine Congress on Forest Protection, April 1314, 1998, Faculty of Agronomy, University of Buenos Aires, Argentina.
4. Simard, A.: 1997, Towards Criteria and Indicators for Wildland Fire: A Canadian Example, 2nd International Wildland Fire Conference '97, Conference papers, May 2530, 1997, Vancouver, B. C., Canada.
5. Stocks, B. J.: 1996, The Extent and Impact of Forest Fires in Northern Circumpolar Countries, edited by Joel S. Levine, Vols. 1&2, the MIT Press, Cambridge, Mass. & London, England.
6. Stocks, B. J., M. A. Fosberg, T. J. Lynham, L. Mearns, B. M. Wotton, Q. Jang, J.-Z. Jin, K. Lawrence, G. R. Hartley, J. A. Mason and D. W. McKenney: 1998, Climate Change and Forest Fire Potential in Russian and Canadian Boreal Forests, Climatic Change 38: 113.
7. Velez, R.: 1997, FAO Silva Mediterranean Forest Fire Network, 2nd International Wildland Fire Conference '97, Conference papers, May 2530, 1997, Vancouver, B. C., Canada.