

# Prilog istraživanjima klimatskih elemenata i pojava u zagrebačkoj regiji tijekom ovog stoljeća

---

Seletković, Zvonko; Ivkov, Milan; Tikvić, Ivica

Source / Izvornik: **Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje: Annales pro experimentis foresticis editio peculiaris, 1993, 4, 25 - 34**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:864912>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-20**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ZVONKO SELETKOVIĆ, MILAN IVKOV & IVICA TIKVIĆ

## PRILOG ISTRAŽIVANJIMA KLIMATSKIH ELEMENTATA I POJAVA U ZAGREBAČKOJ REGIJI TIJEKOM OVOG STOLJEĆA

### A CONTRIBUTION TO THE RESEARCH OF CLIMATE ELEMENTS AND EVENTS IN ZAGREB REGION DURING THIS CENTURY

Prispjelo: 29. XII 1992.

Prihvaćeno: 22. II 1993.

Veći broj klimatoloških modela predviđa znatne promjene globalne klime. Dokazano je da je jedan od čimbenika koji ima znatan utjecaj na klimu koncentracija CO<sub>2</sub> u atmosferi. Ta se koncentracija u zadnjih trideset godina stalno povećava zbog spaljivanja golemih količina fosilnih goriva, a predviđa se da će se ona i ubuduće dalje povećavati. Neposredna posljedica povećanja koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi je povišenje temperature atmosfere za 3-5°C, a s tim promjenama su onda povezane i promjene ostalih klimatskih parametara.

Da su te promjene već uzele maha, može se dokazati proučavanjem meteoroloških podataka. Mi smo se u tu svrhu poslužili podacima s meteorološke stanice Zagreb-Grič, koja ima neprekinuti niz mjerenja još od 1862. godine. Pokazali smo da ti podaci podržavaju hipotezu da je već nastupila promjena u temperaturnom i oborinskom režimu našeg podneblja.

Zadnjih dvadeset godina razvijen je velik broj računalnih modela koji simuliraju rast i sukcesiju šumskih ekosustava. Neki tipovi tih modela imaju u sebi ugrađene utjecaje ekoloških čimbenika na procese rasta i razvoja sastojina, pa samim time i mogućnost simuliranja rasta šumskih sastojina pod promijenjenim ekološkim uvjetima. Dan je pregled rezultata primjene tih modela radi prognoze razvoja i sukcesije šumskih sastojina u uvjetima koji se predviđaju da će nastupiti s promjenama globalne klime.

**Ključne riječi:** klimatske promjene, efekt staklenika, temperatura, oborine, sjeverozapadna Hrvatska, vegetacija, modeli

## UVOD - INTRODUCTION

Procesi koji se odvijaju u atmosferi upućuju na stalne promjene klime. Analiza vremenskih prilika, koja se sustavno obavlja u hidrometeorološkoj službi, pokazuje da se sve češće susrećemo s većim ili manjim promjenama klimatskih prilika. Najbolji su dokaz sinoptičke analize izvanrednih meteoroloških prilika koje ukazuju na čestu pojavu anomalija opće cirkulacije atmosfere, što izravno i značajno utječe na takve promjene. Važno je naglasiti da pri promatranju promjene klime moramo razlikovati kolebanje klime, pod čime smatramo ritmičko odstupanje od neke

srednje vrijednosti i sam pojam promjene klime pod kojim razumijevamo promjenu koja ide u jednom smjeru.

Radi jednostavnosti mi ćemo promjenu i kolebanje klime obraditi zajedničkim nazivom kao promjena klime.

Kod pojedinih klimatskih elemenata manje ili više su naglašene promjene tako da jedan klimatski element jače reagira od drugoga na uzroke, iako su promjene jednog elementa vezane na promjene drugih elemenata.

## PREDVIĐENE KLIMATSKE PROMJENE PREDICTED CLIMATE CHANGE

Jos šu Schutts & Green 1978. godine predvidjeli da bi povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> moglo biti jedan od mogućih uzroka poremećaja u klimatskom sustavu Zemlje. Veći broj raznih klimatoloških modela, npr. GCM (Global Circulation Model), predviđa porast temperature atmosfere za otprilike 4°C u roku nekoliko desetljeća. Te će promjene biti znatnije izražene na većim zemljopisnim širinama (pogotovo na polovima) i više će se odraziti na zimske temperature nego na ljetne (Manabe & Wetherald 1980). S tim su povezane brojne druge promjene, u rasporedu oborina, režimu oborina (posebno snježnih) itd. Tako npr. Pastor & Post (1988) te Manabe & Wetherald (1986) predviđaju da će promjene u vodnim režimima tala, nastale kao posljedica efekta staklenika, djelovati kao čimbenik s najjačim utjecajem na promjene u rasporedu vegetacije na Zemlji.

Utvrđeno je da su temperatura zraka i koncentracija CO<sub>2</sub> u vrlo uskoj korelaciji. Koncentracija CO<sub>2</sub> izravno utječe na energetska ravnotežu Zemlje, tj. na odnos između Sunčeve radijacije i Zemljina izračivanja. Zbog spaljivanja golemih količina fosilnih goriva te zbog drugih načina zagađivanja atmosfere prisutna je stalna tendencija porasta koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi. Predindustrijska razina CO<sub>2</sub> u atmosferi je iznosila 280 ml/l i ona je postupno rasla do 310 ml/l, da bi nakon 1950. godine naglo skočila za još 30 ml/l. Predviđa se udvostručenje koncentracije CO<sub>2</sub> u roku 50 do 100 godina. To bi udvostručenje izazvalo porast globalne temperature atmosfere za 3–4°C.

## PODACI S METEOROLOŠKE STANICE ZAGREB–GRIČ RECORDS FROM METEOROLOGICAL STATION ZAGREB–GRIČ

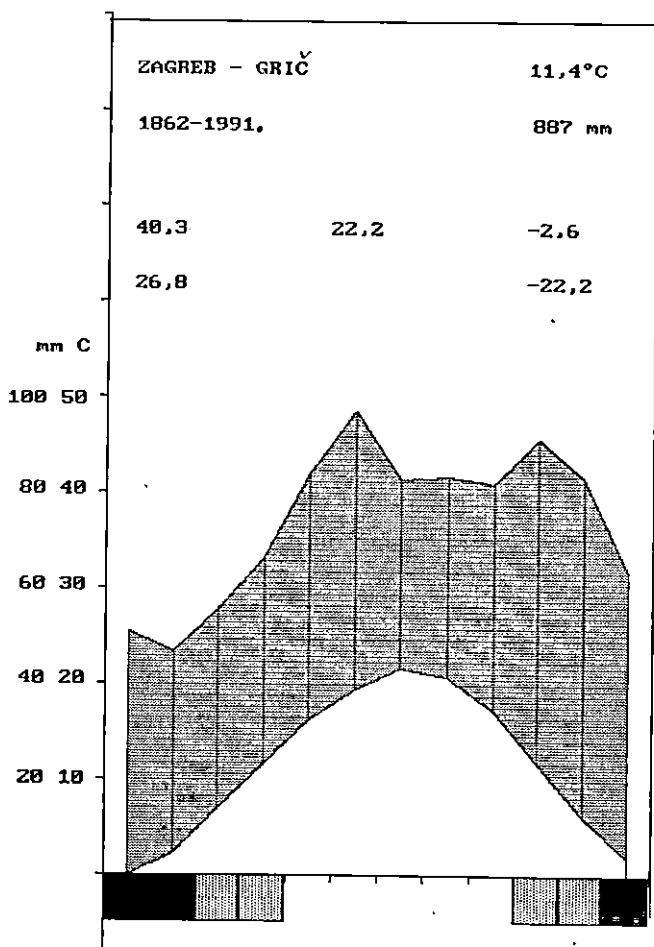
U našem radu obratit ćemo pažnju na temperature zraka i količine oborina za meteorološku stanicu Zagreb–Grič te preko njih pokušati objasniti promjene klime i njezino značenje za šumske ekosustave.

Potrebno je napomenuti da s obzirom na smještaj ove meteorološke stanice u samom središtu jednog velegrada kao što je Zagreb zahtijeva velik oprez pri interpretaciji podataka, jer je sigurno da su promjene u gradskoj mikroklimi uvelike utjecale na prisutne trendove. Međutim, to je jedna od prvih meteoroloških stanica na kojoj su počela mjerenja meteoroloških pojava u ovom dijelu Europe.

### Temperatura zraka – Air temperature

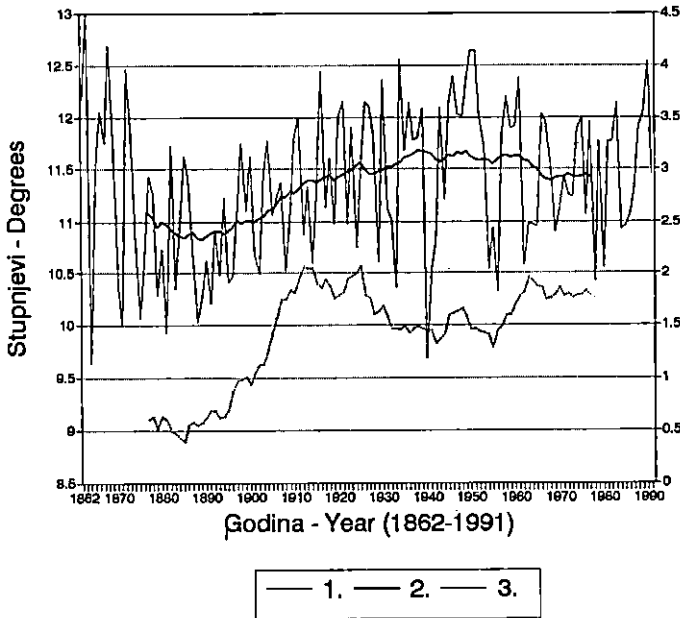
Na osnovi klimatskoga dijagrama na slici 1, izrađenoga pomoću podataka za razdoblje 1862–1991, vidimo da srednja godišnja temperatura cijeloga promatranog

razdoblja iznosi 11,4°C. Iz obrađenih podataka predočenih slikom 2. vidimo da srednja godišnja temperatura raste. Prikladna metoda za analizu dugoročnih promjena klimatskih elemenata je upotreba klizajućih sredina za tridesetogodišnje razdoblje (M a k j a n i ć 1977). Rezultati te obrade su također prikazani na slici 2. Vidimo da je temperatura rasla najviše u razdoblju od 1880. do četrdesetih godina ovog stoljeća. Nakon šezdesetih ponovno je slabo pala. Unatoč tomu padu možemo reći da je srednja godišnja temperatura nakon 1940. godine za 0,6 do 0,7°C viša od prosječnih temperatura u prošlom stoljeću. Značajno je to da srednje zimske temperature taj trend porasta pokazuju izrazitije. Njihov se trend ne poklapa posve s trendom srednjih godišnjih temperatura. Na slici 2. vidimo da su u 40-im i 50-im godinama bile visoke srednje godišnje temperature, ali to nije bilo popraćeno takvim zimskim temperaturama. Nakon 1960. srednja godišnja temperatura lagano opada, ali zato zimske temperature opet rastu.



Sl. - Fig. 1. Klimatski dijagram prema H. Walteru za meteorološku stanicu Zagreb-Grič za razdoblje 1862-1991 - Climadiagram according to H. Walter for meteorological station Zagreb-Grič, for period 1862-1991

Sl. - Fig. 2.



Sl. - Fig. 2. Temperature zraka (1. srednja godišnja temperatura, 2. klizajuće sredine srednje godišnje temperature, 3. klizajuće sredine zimskih temperatura) – Air temperature (1. Mean annual temperatures, 2. Moving average of the mean annual temperatures, 3. Moving average of the mean winter temperatures)

Vidljivo je da izostaju vrlo niske temperature u zimskim mjesecima. Tako npr. nakon 1950. godine apsolutni se minimum nije ni jedanput spustio ispod  $-20^{\circ}\text{C}$ , što je u prethodnim razdobljima bilo uobičajeno. Također je znatno smanjen broj dana u godini u kojima je registriran apsolutni minimum ispod određene granice. Tako je nakon 1950. godine (znači u razdoblju od 40 godina) svega sedam puta registriran apsolutni minimum ispod  $-15^{\circ}\text{C}$ , dok se prethodno to događalo 5–6 puta u desetljeću.

Veoma je interesantno odstupanje srednje godišnje temperature od dugogodišnjih srednjih vrijednosti i njihova učestalost. Pojava tzv. »nizova« toplih ili vrlo toplih godina odnosno hladnih ili vrlo hladnih godina značajna je za funkcioniranje šumskih ekosustava. Što su ti nizovi duži, ravnoteža u ekosustavu postaje labavija. Takvu pojavu trajnih pozitivnih odstupanja zabilježili smo 1865–1869, 1934–1939, 1945–1953. i 1957–1961. Dakle, pojavili su se topliji »nizovi« u trajanju od 5, 6 ili 9 godina, kada su srednje godišnje temperature zraka bile značajno više od prosječnih vrijednosti.

Najduže razdoblje s negativnim odstupanjem od srednjih godišnjih vrijednosti temperature zraka trajalo je od 1887. do 1897. godine. Još nekoliko uzastopnih odstupanja, ali u trajanju od 3 godine, dogodila su se u 40, 50, 60, 70. i 80-im

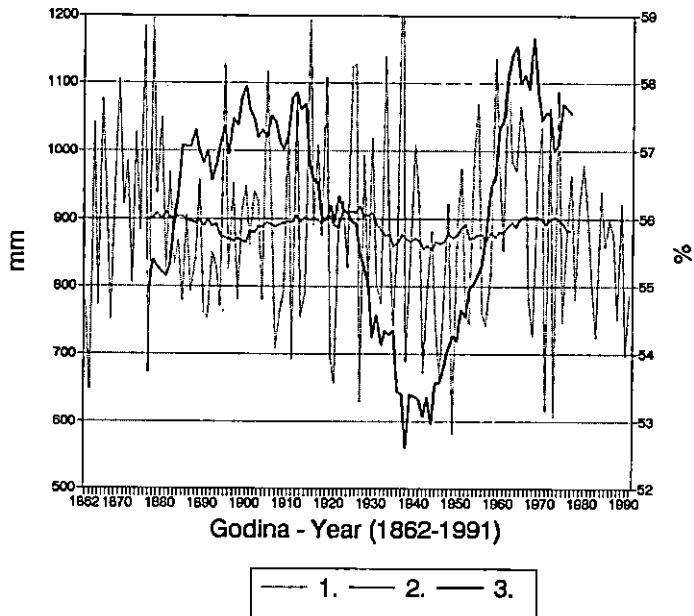
godinama ovog stoljeća. U 1864. i 1940. godini zabilježena su najveća negativna odstupanja, kada su srednje godišnje temperature zraka bile niže za 1,8, odnosno 1,7°C od prosječnih vrijednosti za promatrano razdoblje.

Vidimo da je potvrđena jedna hipoteza modela klimatskih promjena. Promjene nisu toliko izražene u srednjim godišnjim temperaturama u usporedbi s promjenom zimskih temperatura. Osim toga te su promjene jače izražene nakon sredine ovog stoljeća, što se podudara s izvještajima drugih autora.

### Oborine – Precipitation

Na osnovi slike 3. vidimo da su oborine također vrlo varijabilne te da nisu u jakoj korelaciji s temperaturama, premda određena povezanost ipak postoji. Prije se može uočiti određena ritmičnost u kretanju klizajućih sredina, nego neki jasniji trend. Posebno je međutim interesantan raspored oborina tijekom godine. Srednja oborina na cijelo razdoblje 1862–1991. iznosi 886 mm, a u vegetacijskom periodu (IV–IX) pada više od 50% oborina (495 mm). Ako na slici 3. promotrimo kretanje klizajućih sredina za udio oborina u vegetacijskom periodu, vidimo da se tu zbivaju znatne promjene. Odnos između količine oborina u hladnom i toplom dijelu godine zapravo je indeks kontinentalnosti neke klime (M a k j a n i ć 1977). Međutim, smatramo da su se posebno velike promjene u rasporedu oborina tijekom godine odigrale zadnjih 5 godina, a to nam ovakva statistička obrada ne može pokazati.

Sl. - Fig. 3.

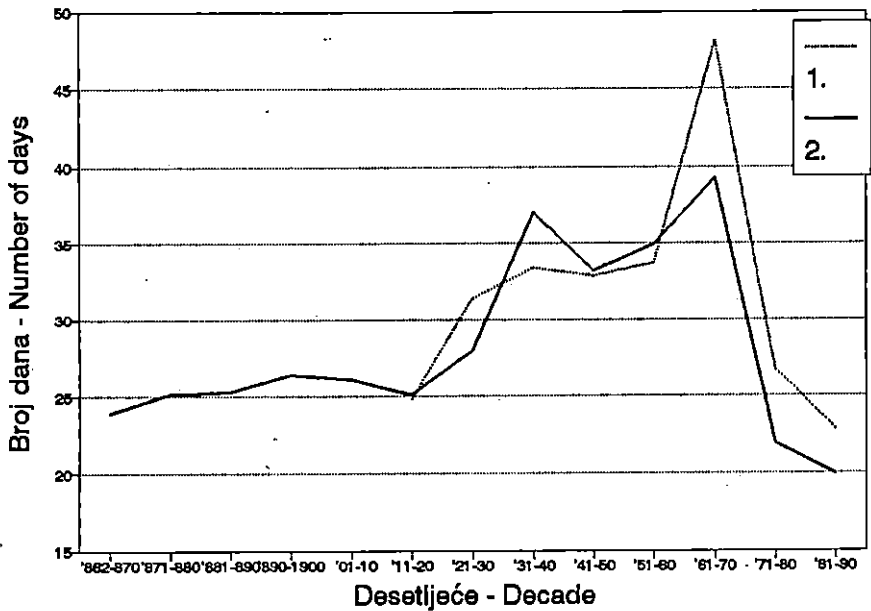


Sl. - Fig. 3. Oborine (1. godišnja količina oborina, 2. klizajući srednjaci oborina, 3. postotak oborina u vegetacijskom periodu) – Precipitation (1. Annual precipitation, 2. Movin avegage of precipitation, 3. Percentage of precipitation during vegetative period)

Promjene su jasno izražene i ako gledamo vrstu oborina, posebno snježne oborine (slika 4). Broj dana sa snježnom oborinom > 1mm bio je prilično konstantan 1862-1930, da bi zatim do 1970. bio mnogo viši i, konačno, nakon 1970. godine smanjio se ispod prethodne razine. Slično se ponaša i broj dana sa zadržavanjem snježnog pokrivača > 1cm na tlu.

Na osnovi tih uočenih trendova možemo zaključiti da se i u našem podneblju, posebno nakon 1950. godine počinju uočavati utjecaji promjene globalne klime. Očekujemo da će se te promjene nastaviti u budućnosti. Primjenom računalnih modela za simuliranje rasta i razvoja šumskih zajednica, koji u sebi imaju ugrađen utjecaj klimatskih parametara na procese rasta, mogli bismo detaljnije odgovoriti na pitanje kako će se te promjene odraziti na naše šumske zajednice.

Sl. - Fig. 4.



Sl. - Fig. 4. Snježne oborine (1. broj dana s padanjem snijega > 1mm, 2. broj dana s ležanjem snježnog pokrivača > 1cm) - Snow precipitation (1. Number of days with snow precipitation > 1mm, 2. Number of days with snow cover > 1cm)

## UTJECAJ PROMJENE KLIME NA VEGETACIJU CLIMATE CHANGE IMPACT ON VEGETATION

Klimatske promjene će imati i direktan i indirektan utjecaj na vegetaciju. Indirektni utjecaj se očituje preko promjena klime, i to ne samo temperature nego i cijelog niza ostalih klimatskih parametara, prije svega rasporeda oborina (Gilchrist 1978) i vodne bilance tla (Pastor & Post 1988, Manabe & Wetherald 1986).

Već se dugo provode istraživanja direktnog utjecaja povišenih koncentracija CO<sub>2</sub> na rast i prirast drveća (Luxmoore & dr., 1986, Kienast & Luxmore 1988, LaMarche i dr. 1984). Osim što povišenje koncentracije direktno djeluje na fotosintetsku aktivnost, poboljšava se i efikasnost korištenja vode za 30-50% (Running & Nemani 1991). Ti autori očekuju da bi jedna od posljedica klimatskih promjena bilo produljenje vegetacijskog perioda, promjene u procesima transpiracije i evaporacije, što bi kao posljedicu imalo promjene u hidrološkom režimu tla i čitavog sliva.

Drvenaste vrste su već u povijesti zemlje preživjele slične promjene zbog izmjene glacijalnih i interglacijalnih razdoblja (LaMarche 1978, Makjanić 1977), ali se nikada ta promjena nije odvijala tom brzinom (Joyce i dr. 1990). Velika je razlika između tih promjena u prošlosti i ovih koje se danas odvijaju, jer su današnje promjene u najvećoj mjeri antropogeno uzrokovane. Stoga se danas ulažu veliki istraživački napor da bi se unaprijed procijenila veličina budućih promjena te njihov utjecaj na prirodne resurse.

Velik broj istraživača je radio na modeliranju utjecaja klimatskih promjena na šumsku vegetaciju. Pregled tih radova i njihovih rezultata možemo naći u radu Joycea i dr. (1990). Većina rezultata pokazuje da možemo očekivati velike promjene u granicama areala drvenastih vrsta i u načinu sukcesije biljnih zajednica, dok je zasad još teško prognozirati kako će te promjene utjecati na produktivnost šumskih ekosustava. Dosad je jedino Webb (1991) u svoj model ugradio direktan fiziološki utjecaj koncentracije CO<sub>2</sub> na fotosintezu, dok većina ostalih modela simulira promjene u kompetitivnoj sposobnosti vrste, koje nastaju kao posljedica promjena u temperaturi i vodnim odnosima. Također je zajednički nedostatak većine tih simulacija što se zanemaruju drugi katastrofalni poremećaji, kao što su požari, gradacije štetnika i bolesti, zagađenost zraka i drugi polutanti, koji su svi povezani ili s klimatskim promjenama ili s fiziološkim stresom biljaka.

Treba napomenuti da Pastor & Post (1988) kao jedan od osnovnih mehanizama djelovanja klimatskih promjena vide ne u samoj temperaturi već prije svega u promjeni vodne bilance tala. Tako i Manabe & Wetherald (1986) modeliraju promjene vodnih režima tala kao posljedicu efekta staklenika. Pastor & Post (1988) zaključuju da će reakcija vegetacije na globalne klimatske promjene ovisiti prije svega o zemljopisnoj širini te o vodnom režimu i svojstvima tala.

Running & Nemani (1991) simulirali su pak kako bi se promjene klime odrazile na pojedine procese u šumskim ekosustavima. Te promjene najviše ovise o lokalnim uvjetima. Oni su utvrdili da će doći do promjena u hidrološkoj bilanci sliva, promjena u procesima transpiracije, respiracije i fotosinteze, te kao posljedica svih tih promjena nastat će promjene i u neto primarnoj produkciji (NPP). Međutim, da li će promjena u NPP biti pozitivna ili negativna, ovisi o lokalnim klimatskim i pedološkim prilikama.



Kellomäki & Kolström (1992) na osnovi simulacija zaključili su da bi očekivane promjene klime u borealnim uvjetima stvorile bolje uvjete za razvoj listača, tako što bi se pomakla njihova sjeverna granica pridolaženja te stvorile mješovite šume listača i četinjača u srednjoj borealnoj zoni, dok bi se u sjevernoj borealnoj zoni proširio areal četinjača na područje današnje tundre. Model predviđa i povećanje fitoprodukcije i akumulacije organske tvari u borealnim šumama.

Za nas su najinteresantniji rezultati do kojih je došao Kienast (1991) na osnovi simulacija provedenih modelom FORECE. Taj model simulira razvoj i sukcesiju vegetacije u srednjoj Europi, pa su stoga njegovi rezultati donekle primjenjivi i na naše prilike:

1. Pomiče se visinska granica listopadnih vrsta, koje naseljavaju više planinske položaje, a kao posljedica toga znatno se smanjuje areal smreke u Alpama. Ne dolazi do tranzicije cijelih biljnih zajednica, već svaka vrsta reagira individualno. Tako nastaju nove, još nepoznate prijelazne zajednice. Vrste sa širokom ekološkom amplitudom su dobro prilagodljive na ove promjene i brzo mogu migrirati i mijenjati areal, dok su posebno ugrožene vrste uske ekološke amplitude, kojima prijete izumiranje.

2. S jedne strane povećava se površina pod šumama jer se četinjače šire i u alpskom pojasu, ali s druge strane imamo pojavu stepifikacije, tj. povećanje površina nepovoljnih za razvoj šumske vegetacije zbog previše kserotermnih uvjeta. Međutim, autor pretpostavlja da će te površine zauzeti submediteranska i mediteranska vegetacija otporna na sušu, koja nije bila uključena u simulacije.

3. Na osnovi rezultata simulacija autor zaključuje da bi promjene u arealu pojedinih vrsta te u sastavu biljnih zajednica nastupile vrlo brzo nakon početka tih klimatskih promjena, otprilike za 40 godina od početka promjene klime, što je mnogo kraće od prosječne ohodnje u našem šumarstvu.

Pri razmatranju primjenjivosti tih rezultata na naše prilike treba uzeti u obzir da su (prema Kellomäki & Kolström 1992) polarna i visinska granica areala vrste određena prije svega temperaturom kao glavnim limitirajućim čimbenikom. Južna granica areala naših drvenastih vrsta je određena ponajprije vlažnošću stobine. Vidjeli smo iz naših podataka s Griča da su promjene u temperaturi mnogo jače izražene nego što je to slučaj s oborinama. Trebalo bi ispitati kako će se sve te promjene zajednički odraziti na količinu vlage u tlu, koja je jedan od bitnih čimbenika pridolaska vegetacije u našem podneblju.

## ZAKLJUČCI – CONCLUSIONS

Na osnovi obrade pojedinih elemenata klime, snimljenih na meteorološkoj stanici Zagreb–Grič, možemo zaključiti da se i u našem podneblju počinju uočavati klimatske promjene koje se mogu pripisati antropogenim utjecajima na globalni klimatski sustav. Postoji velik broj različitih modela koji predviđaju daljnje promjene globalne klime, ali se oni svi slažu u tome da možemo očekivati podizanje temperature atmosfere. Te će promjene negdje doći jače, a negdje slabije do izražaja, ovisno o velikom broju regionalnih, geomorfoloških i drugih posebitosti. Pokazali smo da se te promjene već i u nas počinju uočavati. Pretpostavljamo da će se ti trendovi nastaviti i u budućnosti.

Budući da se te promjene odvijaju prilično brzim tempom, možemo očekivati značajan njihov utjecaj na vegetaciju i na naše šumske zajednice. Ponavljamo da bi se prema predviđanjima Kienast (1991) sastav šumskih zajednica mogao promijeniti u roku koji je mnogo kraći od prosječne ophodnje. Znači, potrebno je dobiti što sigurniju prognozu u kojemu će se smjeru odvijati promjene vegetacije. Pri tome nam mogu pomoći računalni modeli rasta i razvoja šumskih ekosustava. Prikazali smo rezultate drugih istraživača, koji su pomoću tih modela istraživali kako će se klimatske promjene odraziti na strukturu i razvoj šumskih ekosustava. Nameće se potreba da počnemo raditi na razvoju takvih modela koji bi bili primjenjivi i na naše podneblje i naše šumske sastojine, kako bismo bili u stanju dati pouzdaniju prognozu o njihovu budućem razvoju.

## LITERATURA - REFERENCES

- Gilchrist, A., 1978: Numerical simulation of climate and climatic change. *Nature* 276:342-345.
- Joyce, L. A., M. A. Fosberg, & J. M. Comanor, 1990: Climate change and America's forests. USDA Forest Service, General Technical Report RM-187, Fort Collins, Colorado, USA, 12-
- Juras, V., 1990: Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike u Sr Hrvatskoj 1989. god. RHMZ, Zagreb, 1-6.
- Kellomäki, S., & M. Kolström, 1992: Simulation of tree species composition and organic matter accumulation in Finnish boreal forest under changing climatic conditions. *Vegetatio* 102:47-68.
- Kienast, F., 1991: Simulated effects of increasing atmospheric CO<sub>2</sub> and changing climate on the successional characteristics of alpine forest ecosystems. *Landscape Ecology* 5(4):225-238.
- Kienast, F., & R. J. Luxmoore, 1988: Tree-ring analysis and conifer growth response to increased atmospheric CO<sub>2</sub> levels. *Oecologia* 76:487-495.
- LaMarche, V. C., 1978: Tree-ring evidence of past climatic variability. *Nature* 276:334-338.
- LaMarche, V. C., D. A. Graybill, H. C. Fritts & M. R. Rose, 1984: Increasing atmospheric carbon dioxide: tree ring evidence for growth enhancement in natural vegetation. *Science* 225:1019-1021.
- Lamb, H. H., 1969: Climatic Fluctuation. U: World Survey of Climatology, Vol. 2, Chapter 5, Landsberg, H. E., ed. Elsevier, Amsterdam, 204-225.
- Luxmoore, R. J., E. G. O'Neill, J. M. Eells & H. H. Rogers, 1986: Nutrient uptake and growth responses of Virginia pine to elevated atmospheric carbon dioxide. *J. Environ. Qual.* 15:244-251.
- Makjanić, B., 1977: Da li se klima u posljednje vrijeme mijenja? *Priroda* LXVI 4-5:140-146.
- Manabe S., & R. T. Wetherald, 1986: Reduction in summer soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. *Science* 232:626-628.
- Pastor, J. & W. M. Post, 1988: Response of northern forest to CO<sub>2</sub>-induced climate change. *Nature* 334:55-58.
- Penzar, B., B. Volarić & I. Penzar, 1967: Prilog poznavanju sekularnih kolebanja temperature i oborine u Jugoslaviji. Zbornik radova povodom proslave 20 godina rada i razvoja Hidrometeorološke službe Jugoslavije, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.
- Running, S. W., & R. R. Nemani, 1991: Regional hydrologic and carbon balance responses of forests resulting from potential climate change. *Climatic Change* 19:349-368.
- Shutts, G. J., & S. A. Green, 1978: Mechanisms and models of climatic change. *Nature* 276:339-342.
- Webb, W. L., 1991: Atmospheric CO<sub>2</sub>, Climate change, and tree growth: a process model. I. Model structure. *Ecol. Modelling* 56:81-107.
- Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C) s vegetacijskim razdobljem. Hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Zagreb 1992.
- Srednja mjesečna i godišnja količina oborina (mm) s vegetacijskim razdobljem. Hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Zagreb 1992.
- WMO Bulletin, 1986: The role of carbon dioxide and other »greenhouse« gases in climatic variations and associated impacts. Vol. 35, 130.

ZVONKO SELETKOVIĆ, MILAN IVKOV & IVICA TIKVIĆ

A CONTRIBUTION TO THE RESEARCH OF CLIMATE  
ELEMENTS AND EVENTS IN ZAGREB REGION  
DURING THIS CENTURY

*Summary*

Large number of reports predicting global climate changes have been published in the last ten years. There are several computer models for predicting climate. They differ in many ways, but they all agree that we can expect an increase of global air temperature. The increase the CO<sub>2</sub> concentration due to fossil fuels combustion is generally accepted as one of the main factors influencing this change. Connected with changes in air temperature, we can expect changes in many other ecological factors to occur, for instance in rainfall distribution or soil water balance. The question is how will these changes influence the distribution and composition of vegetation in different regions.

We have used meteorological data from Zagreb-Grič meteorological station to examine whether these changes are already occurring in our climate. By using the method of moving averages, we have shown that certain changes in mean annual air temperature and annual precipitation have occurred. These changes are more obvious concerning mean winter temperatures or percentage of rainfall in vegetative period. Changes in precipitation character and duration of snow-cover can also be seen. We expect these changes to continue in future in a similar way.

A review of the results from applying computer models to predict future changes in distribution and composition of vegetation is given. Possible changes of vegetation due to climate in northwest Croatia are discussed, based on results from central Europe. A need for developing computer models to predict changes in forest growth and succession in our conditions is emphasized.