

Klimatske spremembe in njihove posledice - dejstva in predvidevanja

Lučka KAJFEŽ - BOGATAJ*

Izvleček:

Kajfež - Bogataj, L.: Klimatske spremembe in njihove posledice - dejstva in predvidevanja. Gozdarski vestnik, št. 4/2001. V slovenščini, cit. lit. 24.

Večina vzrokov za spremembe klime je dobro poznanih, nekaterih pa znanost še ne razume dovolj, še zlasti tistih, ki so posledica notranje spremenljivosti v samem podnebni sistem. Od začetka industrijske revolucije pa vse do danes dobiva antropogen vpliv na klimo dolgoročne globalne razsežnosti. Energijska bilanca Zemlje se spreminja tudi zaradi človeških aktivnosti, saj te spreminjajo transmisivne lastnosti atmosfere. Gre za spremenjeno kemično sestavo atmosfere, ki jo povzročajo kurjenje fosilnih goriv, promet, gnojenje, emisije tovarn in podobno. Človek pa ob tem spreminja tudi rabo tal in s tem fizikalne lastnosti površja. Meritve meteoroloških spremenljivk v zadnjih 50 do 100 letih že kažejo na spremembe nekaterih klimatskih značilnosti. Povprečna globalna temperatura na zemeljskem površju se je v 20. stoletju zvišala za $0,6 \pm 0,2^\circ \text{C}$. Po vsej verjetnosti so bila v globalnem merilu 90. leta najtoplejše desetletje in leto 1998 najtoplejše leto, odkar imamo zanesljivejša instrumentalna podatke. Klimatski modeli v prihodnjih 100 letih napovedujejo, da se bo povprečna temperatura na zemeljskem površju dvignila za $1,5$ do 6°C , pri čemer bo ogrevanje izrazitejše pozimi in v severnih geografskih širinah. Količina padavin naj bi se globalno povečala, a ne v vseh regijah. Zavedati pa se moramo, da so dolgoročne klimatske napovedi še nezanesljive, še zlasti bodoči scenariji podnebja v regionalni prostorski skali. Enako negotove so tudi ocene ekoloških vplivov klimatskih sprememb, ki morajo upoštevati zapletene odnose v ekosistemi, še zlasti vpliv povečane koncentracije CO_2 , spremenjenega vremena in rabe tal. Pri pripravi ukrepov se moramo teh negotovosti zavedati, jih ustrezno predstaviti in postopoma prek raziskav odpraviti.

Ključne besede: klima, podnebne spremembe, plini tople grede, globalno ogrevanje, predvidevanje, prihodnost, Slovenija.

1 UVOD

Enaindvajseto stoletje je po mnenju številnih znanstvenikov čas globalnih sprememb Zemlje (TRENBERTH 2001). V ekološkem smislu bodo najpomembnejše spremembe podnebja in še druge posledice spremenjene sestave zemeljske atmosfere, kot je povečanje količine ultravijoličnega sevanja (UV) pri tleh. Tako spremenjena klima kot povečano UV sevanje pa bosta močno vplivala na rastline (MORGAN et al. 2001).

Študij podnebnih sprememb in njihovih posledic je tako v svetu kot tudi v Sloveniji s podpisi okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja in Kyotskega protokola dobil poleg fizikalne tudi politično razsežnost. Povedano drugače: iz različnih razlogov je pogosto meja med fizikalnimi dejstvi na eni strani in predpostavkami, predvidevanji in ocenami na drugi nejasna in tako so javnosti podane informacije lahko hote ali nehote pristranske.

2 SPREMEMBE PODNEBJA - FIZIKALNA DEJSTVA

Na kratko si oglejmo glavna fizikalna dejstva, povezana s klimatskimi spremembami. Klima se je namreč

v preteklosti že močno spreminjala. Najpomembnejši vzroki so bile spremembe sevanja Sonca in njegovega gibanja (HANSEN 2000), gibanja Zemlje in spremembe na zemeljski površini in v atmosferi. Spremembo podnebja lahko povzroči spremenjena sestava atmosfere. Ob tem se spremenijo lastnosti atmosfere za prenos sevanj in sprememba oblačnosti, ki vpliva na albedo Zemlje. Pri uravnoteženi energijski bilanci Zemlje - ko je prejeta energija sončnega sevanja enaka oddani energiji sevanja zemeljske površine in atmosfere - se klimatske razmere ne spreminjajo. Pri neuravnoteženi energijski bilanci pa se planet ohlaja ali pa segreva. S tem pojavom so povezane tudi spremembe drugih klimatskih elementov, kot so padavinski režim, pogostnost ujm in še kaj.

Antropogen vpliv na klimatske razmere je lahko velik (IPCC, 1996). Človek je že v preteklosti z razvojem poljedelstva, namakanja in gradnjo velikih mest spreminjal lokalne klimatske razmere. Od začetka industrijske revolucije pa vse do danes pa dobiva antropogen vpliv na klimo globalne razsežnosti. Tako se energijska bilanca Zemlje spreminja tudi zaradi človeških aktivnosti, saj te spreminjajo transmisivne lastnosti atmosfere. Gre za spremenjeno kemično sestavo atmosfere, ki jo povzročajo kurjenje fosilnih goriv, promet, gnojenje, emisije tovarn in podobno. Človek pa ob tem spreminja tudi rabo tal in s tem fizikalne lastnosti površja.

* dr. zn., redni univ. prof. L. K. - B., Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

Preglednica 1: Vsebnosti toplogrednih plinov (TGP) v troposferi (priprajeno po CDIAC 2001)

TGP		Predindustrijska koncentracija (1860)	Koncentracije danes (okt. 2000)	Relativni ogrevalni potencial	Življenjska doba (leta)
ogljikov dioksid	CO ₂ (ppm)	288	368	1	120
metan	CH ₄ (ppb)	848	1.800	21	12
dušikov oksid	N ₂ O (ppb)	285	312	310	120
CFC-11	CCl ₃ F (ppt)	nič	264	3.800	50
CFC-12	CF ₂ Cl ₂ (ppt)	nič	538	8.100	102
CFC-113	C ₂ F ₃ Cl ₃ (ppt)	nič	83	4.800	85
HCFC-22	CHClF ₂ (ppt)	nič	126	1.500	12
perfluoroetan	C ₂ F ₆ (ppt)	nič	4	9.200	10.000
ogljikov tetraklorid	CCl ₄ (ppt)	nič	100	1.400	42
HCFC-22	CHClF ₂ (ppt)	nič	126	1.500	12
žveplov heksafluorid	SF ₆ (ppt)	nič	3,6	23.900	3.200

Spremenjena sestava atmosfere

Sestava atmosfere se je v zadnjih 150 letih zelo spremenila. Koncentracije toplogrednih plinov (TGP), ki vplivajo zlasti na absorpcijo sevanja, ki ga oddaja Zemlja, se s časom naglo večajo (preglednica 1). Taki plini so: vodna para, CO₂, CH₄, N₂O in troposferski ozon (O₃), ki so prisotni že v naravi, ter klorofluorogljiki (CFC), hidrofluorokarboni (HFC) in perfluorokarboni (PFC), ki nastajajo le z delovanjem človeka in ki sodelujejo tudi pri uničevanju ozonske plasti v stratosferi. Posledica povečanih količin tri- in večatomnih plinov je povečana absorpcija dolgovalovnega sevanja zemeljske površine oziroma povečan »učinek tople grede« in s tem otoplitev. Koncentracija CO₂ se je od leta 1750 povečala za okoli 30 % (od 280 na 368 ppm), pretežno zaradi kurjenja fosilnih goriv. Sedanja koncentracija CO₂ je najvišja v zadnjih 420.000 letih, verjetno pa celo v zadnjih 20 milijonih let. Koncentracija metana se je v tem času povečala za okrog 150 % (od 700 na skoraj 1.800 ppb), kar je tudi najvišja vrednost v zadnjih 420.000 letih.

Preglednica 2: Opazovane spremembe klime v 20. stoletju

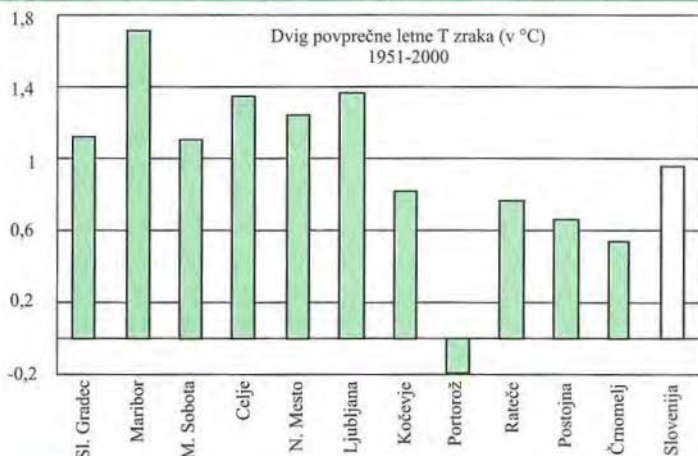
TEMPERATURA	- ohlajanje stratosfere, rahlo ogrevanje zgornjih plasti troposfere - močno ogrevanje prizemne plasti zraka* - ogrevanje zgornje plasti oceanov, rahlo ogrevanje tal
SNEG, LED	- zmanjševanje dni s snežno odejo pomladi, umik ledenikov* - zmanjševanje površin morskega ledu
VLAŽNOST	- rahlo povečevanje absolutne vlažnosti zraka - povečevanje evaporacije z oceanov - naraščanje količine visoke in srednje oblačnosti
PADAVINE	- zmanjševanje količine padavin v subtropskih predelih - rahlo povečevanje količine padavin v zmernih in visokih širinah

* z meritvami potrjeno tudi v Sloveniji

Opazovane spremembe klimatskih značilnosti v 20. stoletju

V zadnjih 50 do 100 letih so bile na severni polobli z meritvami potrjene spremembe nekaterih klimatskih značilnosti (preglednica 2). Povprečna globalna temperatura na zemeljskem površju se je v 20. stoletju zvišala za $0,6 \pm 0,2^\circ \text{C}$. Po vsej verjetnosti so bila v globalnem merilu 90. leta najtoplejše desetletje in leto 1998 najtoplejše leto, odkar imamo zanesljivejšje instrumentalne podatke, to je od leta 1861. Iz »proxy« podatkov sklepajo, da je bil porast temperature na severni polobli v 20. stoletju največji v enem stoletju v zadnjih 1.000 letih.

V zadnjih 50 letih, ko so na voljo meritve, dobljene z vremenskimi baloni, je globalna temperatura naraščala v spodnjih 8 km ozračja. Satelitski podatki kažejo, da se je obseg zasneženih površin od leta 1960 zmanjšal za 10 %. V 20. stoletju se je večina gorskih ledenikov na nepolarnih območjih zmanjšala. Povprečna višina morske gladine se je v 20. stoletju zvišala za 0,1 do 0,2 m. Kaže, da je v 20. stoletju količina padavin naraščala za 0,5 do 1 % na desetletje v srednjih in visokih



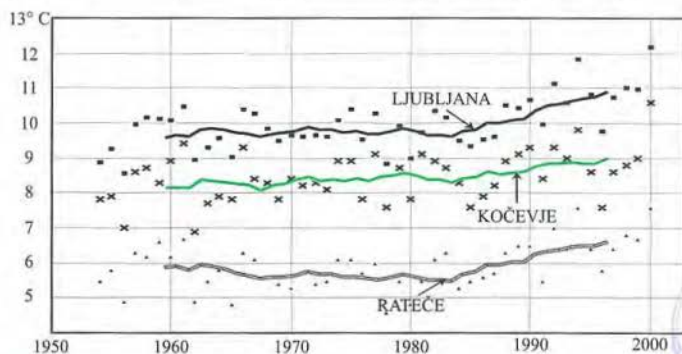
Grafikon 1: Povečanje letne temperature zraka v slovenskih krajih v obdobju 1951-2000

geografskih širinah celin severne poloble, na področju tropskih kopnih površin (10°N - 10°S) pa za 0,2 do 0,3 % na desetletje. Nasprotno se je količina padavin v istem obdobju na subtropskih območjih severne poloble (10°N - 30°N) zmanjševala za okrog 0,3 % na dekada. Na območju srednjih in visokih geografskih širin severne poloble se je v drugi polovici 20. stoletja pogostost intenzivnih padavin povečala za 2 do 4 %, le malo pa se je povečala globalna kopna površina, kjer se pojavljajo hude suše (HANSON et al. 2000).

Tudi v Sloveniji lahko iz izmerjenih vrednosti meteoroloških spremenljivk ocenimo statistične trende spreminjanja klimatskih značilnosti v zadnjih desetletjih. Povprečna letna temperatura zraka se je v Sloveniji v zadnjih 50 letih (1951-2000) povečala za okrog 1°C (grafikon 1), najbolj v urbaniziranih okoljih (Maribor $1,7^{\circ}\text{C}/50$ let, Ljubljana $1,4^{\circ}\text{C}/50$ let) in manj v ruralnih območjih (Kočevje in Rateče $0,8^{\circ}\text{C}/50$ let), najmanj pa zaradi vpliva morja na Primorskem. Močno naraščanje temperature zraka opazamo tudi na višjeležečih posta-

jah, kjer je vpliv urbanizacije zanemarljiv. Na primer na Kredarici (2.514 m), kjer so se opazovanja pričela šele leta 1954, je v zadnjih 47 letih povprečna letna temperatura zraka narasla za $1,2^{\circ}\text{C}$. Zlasti intenziven dvig temperature zraka je bil po letu 1980 (grafikon 2), leto 2000 pa je bilo v Sloveniji najtoplejše leto, odkar je organizirana mreža meteoroloških merjenj.

Podobno kot na ostali severni polobli (SHINDELL et al. 2001) je tudi v Sloveniji ogrevanje najbolj izrazito v zimskem in pomladnem času, kar se posledično odraža tudi v zmanjšanem številu dni s snežno odejo, postopnem zmanjševanju triglavskega ledenika, zgodnejšem nastopu fenoloških faz razvoja rastlin (npr. olistanje listavcev) ipd. Trendi količine padavin niso statistično značilni in zaekrat ne opazamo bistvenih sprememb padavinskega režima z izjemo intenzivnosti nalivov, ki rahlo narašča (KAJFEŽ - BOGATAJ in sod. 1999). V slovenskih kotlinah se je zmanjšalo število dni z meglo, istočasno pa je opazen trend naraščanja trajanja sončnega obsevanja.



Grafikon 2: 30-letne drseče sredine za povprečno letno temperaturo zraka za tri lokacije v obdobju 1951-2000

3 PREDVIDEVANJA ZA 21. STOLETJE IN NJIHOVE OMEJITVE

Ker bodo potencialne spremembe podnebja močno vplivale na človeštvo, so ocene bodočega podnebja in vplivov na živi svet njune. Pri napovedovanju klimatskih sprememb uporablja znanost numerične modele splošne cirkulacije zraka (GCM), ki so le približek resničnih dogajanj v zapletenem klimatskem sistemu (CARSON 1999, BERGANT / KAJFEŽ - BOGATAJ 1999). Zato so ocene prihodnjih klimatskih razmer še negotove in med seboj različne. Če svoja predvidevanja utemeljujemo z omenjenimi GCM-modeli, lahko v prihodnjih 100 letih računamo, da se bo povprečna temperatura na zemeljskem površju dvignila za 1,5 do 6° C (TRENBERTH 2001). Predvideno naraščanje temperature je mnogo hitrejšo kot opažene spremembe v 20. stoletju in bo verjetno hitrejšo kot kdajkoli v zadnjih 10.000 letih. Kot posledica porasta temperature se bo predvidoma dvignila tudi povprečna morska gla-

dina, in sicer za 10 do 90 cm, predvsem zaradi termičnega širjenja vode in zaradi taljenja ledenikov in polarnih ledenih kap. Večina klimatskih modelov napoveduje povečanje globalne količine padavin, vendar ne v vseh regijah.

Delo z GCM-modeli, ki idealizirajo fizikalne procese in le grobo upoštevajo reliefne razmere, vsebuje številne negotovosti in predpostavke glede prihodnosti (grafikon 3). Tako ne vemo natančno, kakšna bo rast prebivalstva, kakšen bo socio-ekonomski razvoj, kakšne bodo bodoče emisije TGP (WIGLEY 1999), kakšni njihovi ponori, niti kakšne bodo njihove koncentracije v atmosferi čez 50 ali celo več let. Scenariji bodoče klime tako že na globalni ravni pomenijo le možne računske ocene bodoče klime (LORENZONI et al. 2000).

Ocena spremljajočih pojavov globalnega ogrevanja (spremenjena oblačnost, količina in razporeditev padavin, povečana pogostnost vremenskih ujm, dvig



Grafikon 3: Shematičen prikaz korakov pri oceni posledic sprememb podnebja in negotovosti, ki vplivajo na oceno

morske gladine ipd.) je še posebej negotova. Klimatski scenariji na regionalni ravni, ki so nujni za lokalno ukrepanje, vsebujejo še nove negotovosti, kot so vpliv razgibanega reliefa, lokalnih klimatskih dejavnikov in še kaj (CHRISTENSEN et al. 1997, GIORGI / FRANCISCO 2000, BERGANT 2000).

Scenariji klimatskih sprememb za Slovenijo

Scenarije klimatskih sprememb smo za Slovenijo oblikovali tako glede na rezultate različnih GCM kot ob upoštevanju trendov klimatskih elementov v Sloveniji (KAJFEŽ - BOGATAJ in sod. 1999). Okvirni klimatski scenariji za Slovenijo, ki jih lahko uporabljamo pri študiju posledic klimatskih sprememb, so podani v preglednici 3. Sprememba temperature je v scenarijih napovedana z veliko več gotovosti kot sprememba količine padavin. Glede na neenotnost rezultatov GCM se ta lahko v bodočnosti poveča, ostane nespremenjena ali pa se zmanjša v grobih mejah 10 %. Oblikovani scenariji imajo seveda številne pomanjkljivosti, saj ne upoštevajo sprememb drugih pomembnih meteoroloških spremenljivk, zlasti oblačnosti in sončnega obsevanja. Prav tako vanje niso vključeni pojavi ekstremnega vremena (močan veter, toča, nalivi ipd.). Zato je njihova uporaba omejena na grobe študije in ocene. Pri interpretaciji rezultatov, dobljenih z njimi, moramo biti torej izjemno previdni. Pomembno je tudi, da pri ocenah posledic klimatskih sprememb ne uporabimo le enega, temveč več različnih scenarijev (LEXER et al. 2000), saj so vsi enako verjetni.

Še posebej negotove so napovedi, ki predvidevajo, da se bo število izjemnih vremenskih dogodkov, kot so vremenske ujme, v bodočnosti povečalo. Vendar moramo prav te napovedi v Sloveniji, ki je majhna država, resno analizirati, saj nas vremenske ujme že zdaj pogosto in močno prizadenejo. Škoda, ki jo letno povzročijo naravne nesreče v Sloveniji, znaša v običajnih letih od 0,5 do 2 odstotka družbenega proizvoda. Od vseh vplivov klimatskih sprememb bodo najbrž prav izredni dogodki zaradi vedno večje ranljivosti tudi v Sloveniji najbolj vplivali na človeško blaginjo v prihodnjih desetletjih.

Preglednica 3: Okvirni klimatski scenariji za Slovenijo

	Sprememba temperature	Sprememba letne količine padavin	Opombe
Okrog leta 2025	+1° C ± 0,5° C	0 ± 10 %	- intenzivnejše ogrevanje hladne polovice leta - manj dni s snežno odejo - intenzivnejši nalivi - spremenjen letni hod padavin
V času podvojitve koncentracije CO ₂	+2,5° C ± 1,0° C	0 ± 10 %	- pogostejši ekstremni vremenski dogodki (poplave, suše, neurja)

Posledice dviga povprečne globalne temperature bodo raznovrstne, nekatere tudi pozitivne, vendar pa bodo v večini primerov za človeštvo negativne. Omenimo naj le prerazporeditev padavin, oteženo preskrbo s pitno vodo, več poplav in suš, ogroženo biotsko raznovrstnost zaradi pomika klimatskih pasov in širjenje nekaterih bolezni na nova območja (KAJFEŽ - BOGATAJ 1998, CRAMER et al. 2000, MORGAN et al. 2001). Evropa s Sredozemljem je še posebej klimatsko ranljiva regija (PLANTON et al. 2001).

Pri oceni ekoloških vplivov klimatskih sprememb pa za kvantitativne ocene uporabljamo znova modele, ki poenostavljajo zapletene odnose v ekosistemi, še zlasti vpliv okolja na rastline (OVERPECK et al. 1990, PRASAD / IVERSON 1999, GUIAN / ZIMMERMANN 2000). Biološki procesi so pri takih kvantitativnih ocenah močno poenostavljeni, parametri v modelih pa pogosto temeljijo le na eksperimentalnih rezultatih, dobljenih v laboratorijih. Zato so končni rezultati na stopnji znanja, ki ga imamo danes, zelo grobe ocene. Grobe ocene pa moramo vedno skrbno ločevati od fizikalnih dejstev, še posebej ko gre za dolgoročne politične odločitve, ki pogosto žal temeljijo tudi na izoblikovanem javnem mnenju, in ne na znanstvenih izsledkih.

4 SKLEP

Zgornje misli nikakor ne pomenijo, da v Sloveniji ni skrajni čas za pripravo prav vseh sektorjev gospodarstva na možne spremembe podnebja, še posebej gozdarstva. Gozd je pomemben ponor CO₂, po današnjih predvidevanjih naj bi bili negativni vplivi zaradi podnebnih sprememb veliko številčnejši kot morebitni pozitivni. Omenimo naj le prostorske premike rastišč, intenzivnejšo evapotranspiracijo, več škod zaradi neurij, pomladanske pozebe, suše, požare, poplave, povečano pogostnost in intenziteto napadov škodljivcev in bolezni. Pogojno pozitivni vplivi podnebnih sprememb v Sloveniji pa so gnojilni učinek povečane koncentracije CO₂, daljša vegetacijska doba (KAJFEŽ - BOGATAJ 2000) in primernejše temperaturne razmere za gojenje toplotno zahtevnih vrst.

Naloga klimatologov ostaja priprava regionalnih klimatskih scenarijev, ki bi vsebovali čim manj negotovosti. Slovenija je klimatsko raznolika dežela in zelo verjetno je, da bodo spremembe podnebja nekoliko drugačne od regije do regije. Nujne pa bodo pospešene raziskave vplivov spremenjene klime na posamezne dejavnosti, še zlasti kmetijstva in gozdarstva v najširšem smislu.

Literatura

- BERGANT, K., 2000. Zveze med klimatskimi spremenljivkami v makro in lokalni skali.- Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, Magistrsko delo, 121 s.
- BERGANT, K. / KAJFEŽ - BOGATAJ, L., 1999. Uporaba modelov splošne cirkulacije za izdelavo scenarijev klimatskih sprememb na območju Slovenije.- Zb. Bioteh. fak., Univ. v Ljublj., Kmet., 73, 1, s. 177-186.
- CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center), 2001. http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/current_ghg.html
- CARSON, D. J., 1999. Climate Modelling: Achievements and Prospects.- Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 125, 553, 1999, Pages 1-27.
- CRAMER, W. / DOHERTY, R. / HULME, M. / VINER, D., 2000. Climate Scenarios for Agricultural and Ecosystem Impacts.- Proceedings of the EU Concerted Action Initiative ECLAT-2 Workshop 2, Potsdam, Germany, Oct. 13-15th, 2000, Climatic Research Unit, Norwich, UK. 120 pp.
- CHRISTENSEN, J. H. / MACHENHAUER, B. / JONES, R. G. / SCHÄR, C. / RUTI, P. M. / CASTRO, M. / VISCONTI, G., 1997. Validation of Present-day Regional Climate Simulations over Europe: LAM Simulations with Observed Boundary Conditions.- Climate Dynamics, 13, 489-506.
- GIORGI, F. / FRANCISCO, R., 2000. Uncertainties in Regional Climate Change Prediction: A Regional Analysis of Ensemble Simulations with the HADCM2 Coupled AOGCM.- Climate Dynamics, Vol. 16, 2-3, p. 169-182.
- GUISAN, A. / ZIMMERMANN, N. E., 2000. Predictive Habitat Distribution Models in Ecology.- Ecological Modelling, Vol. 135, 2-3, p. 147-186.
- HANSEN, J. E., 2000. The Sun's Role in Long-term Climate Change.- Space Sci. Rev. 94, 349-356.
- HANSEN, J. / SATO, M. / RUEDY, R. / LACIS, A. / OINAS, V., 2000. Global Warming in the Twenty-first Century: an Alternative Scenario.- Proc. Natl. Acad. Sci. 97, 9875-9880.
- HOUGHTON, J. T. / MEIRA FILHO, L. G. / CALLANDER, B. A. / HARRIS, N. / KATTENBERG / MASKELL, K. (eds.) Climate Change 1995, Cambridge Univ. Press, 572 p.
- KAJFEŽ - BOGATAJ, L., in sod., 1999. Ocena ranljivosti in strategija prilagoditve ekosistemov na spremembo podnebja v Sloveniji.- Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod R Slovenije, Ljubljana, 170 s.
- KAJFEŽ - BOGATAJ, L., 1998. Vpliv podnebnih sprememb na kmetijstvo.- Sodob. kmet., 1998, let. 31, št. 12, s. 559-562.
- KAJFEŽ - BOGATAJ, L., 2000. Vpliv globalnega ogrevanja na trajanje vegetacijskega obdobja in temperaturne vsote.- Novi izzivi v poljedelstvu 2000, zbornik simpozija, Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana, s. 54-60.
- LEXER, M. J. / HONNINGER, K. / SCHEIFINGER, H. / MATULLA, C. / GROLL, N. / KROMP-KOLB, H., 2000. The Sensitivity of Central European Mountain Forests to Scenarios of Climatic Change: Methodological Frame for a Large-scale Risk Assessment.- Silva Fennica, Vol. 34, 2, p. 113-129.
- LORENZONI, I. / JORDAN, A. / HULME, M. / TURNER, R. K. / O'RIORDAN, T., 2000. A Co-evolutionary Approach to Climate Change Impact Assessment: Part I. Integrating Socio-economic and Climate Change Scenarios.- Global Environmental Change, Vol. 10, 1, p. 57-68.
- MORGAN, M. G. / PITELKA, L. F. / SHEVLIKOVA, E., 2001. Elicitation of Expert Judgments of Climate Change Impacts on Forest Ecosystems.- Climatic Change, Vol. 49, 3, p. 279-307.
- OVERPECK, J. T. / RIND, D. / GOLDBERG, R., 1990. Climate-induced Changes in Forest Disturbance and Vegetation.- Nature 343, 51-53.
- PLANTON, S. / HANSON, C. / VINER, D. / HOEPFFNER, M., 2001. Applying Climate Scenarios for Regional Studies: With Particular Reference to the Mediterranean.- Proceedings of the EU Concerted Action Initiative ECLAT-2 Workshop 4, Toulouse, France, October 25-27th 2000, Climatic Research Unit, Norwich 96 pp.
- PRASAD, M. / IVERSON, L. R., 1999. A Climate Change Atlas for 80 Forest Tree Species of the Eastern US. <http://www.fs.fed.us/ne/delaware/atlas/index.html>
- SHINDELL, D. T. / SCHMIDT, G. A. / MILLER, R. L. / RIND, D., 2001. Northern Hemisphere Winter Climate Response to Greenhouse Gas, Ozone, Solar, and Volcanic Forcing.- J. Geophys. Res. 106, p. 7193-7210.
- TRENBERTH, K. E., 2001. Stronger Evidence of Human Influences on Climate: The 2001 IPCC assessment.- Environment, Vol. 43, 4, 2001, p. 8-19.
- WIGLEY, T. M. L., 1999. The Science of Climate Change. Global and U.S. perspectives.- National Center for Atmospheric Research, 48 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1996.