

#

Znanstvena razprava

GDK: 111.83 015.6:922.2(497.4 Ljubljana)(045)=163.6

Prostorska razporeditev gozdov na območju Ljubljane v prihodnosti

Spatial Distribution of Forests in Ljubljana Region in the Future

Lado KUTNAR¹, Andrej KOBLER²

Izvelek:

Kutnar, L., Kobler, A.: Prostorska razporeditev gozdov na območju Ljubljane v prihodnosti: kakšen vpliv bi lahko imele podnebne spremembe? *Gozdarski vestnik*, 68/2010, št. 5-6. V slovenščini z izveščkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 26. Prevod avtorja, lektoriranje angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V raziskavi smo simulirali prostorsko prerazporeditev tipov gozdne vegetacije na območju Ljubljane, ki bi lahko nastala ob pričakovanih podnebnih spremembah. Model napoveduje zmanjšanje deleža prevladujočih mezofilnih bukovih gozdov po treh podnebnih scenarijih. V toplejšem podnebnju, ki ga predvidevajo vsi trije scenariji, bi se lahko zelo razširili različni termofilni gozdovi.

Ključne besede: podnebne spremembe, gozdna vegetacija, model, simulacija, Ljubljanska kotlina

Abstract:

Kutnar, L., Kobler, A.: Spatial Distribution of Forests in Ljubljana Region in the Future: What Impact Could Climate Change Have? *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 68/2010, vol. 5-6. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 26. Translated by the author, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

The redistribution of forest vegetation types in Ljubljana region, driven by the expected climate change, has been simulated. According to three climate scenarios, following the model the decrease of the actual prevailing mesic beech forest share could be expected. In a warmer climate, predicted by all three future scenarios, different thermophilous forests might expand over a larger area of the country.

Key words: climate change, forest vegetation, model, simulation, Ljubljana basin

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Raziskave podnebnih sprememb napovedujejo, da se bo v prihodnosti povečalo tveganje zaradi vremenskih ekstremov (IPCC 2001, 2007). Po napovedih bo toplejše podnebje povzročalo vse pogostejše in dolgotrajnejše suše, poleg tega bodo nastajala daljša obdobja požarne nevarnosti, kar še posebno velja za sredozemsko območje (IPCC, 2007). Podnebni scenariji napovedujejo segrevanje podnebja, kar se bo na severu Evrope dogajalo predvsem pozimi, na jugu in osrednjem delu Evrope pa poleti. V južnem delu napovedujejo tudi zmanjšanje količine padavin (IPCC, 2007). Pod vplivom podnebnih in drugih globalnih sprememb bodo prizadeti različni gozdni ekosistemi po Evropi (SHAVER et al., 2000, ASKEEV et al., 2005, KELLOMAKI/LEINONEN, 2005, MARACCHI et al., 2005, IPCC, 2007).

Tudi na območju Slovenije smo že zaznali in potrdili vpliv podnebnih sprememb (BERGANT, 2007). V zadnjem obdobju se vse bolj zavedamo nevarnosti vpliva podnebnih sprememb tudi na slovenske gozdove (SIMONČIČ et al., 2001, KAJFEŽ-BOGATAJ, 2001, ARSO 2003, CIMPERŠEK, 2004, JURC M., 2007). Za območje Slovenije so bile glede na različna izhodišča že simulirane spremembe gozdne vegetacije in drevesnih vrst zaradi pričakovanih sprememb podnebja (KUTNAR/KOBLER, 2007, OGRIS/JURC M., 2007, OGRIS et al., 2008, KUTNAR et al., 2009).

Namen raziskave je glede na znana izhodišča simulirati in oceniti potencialne vplive podnebnih sprememb na gozdno vegetacijo na območju Ljubljane.

¹ L. K., dr. univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

² A. K., mag. univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

#

2 METODE**2 METHODS****2.1 Scenariji podnebnih sprememb za Slovenijo in območje Ljubljane****2.1 Scenarios of climate change for Slovenia and Ljubljana region**

Za oceno temperaturnih in padavinskih razmer v Sloveniji do konca 21. stoletja so bili uporabljeni različni modeli splošne cirkulacije, ki so bili projicirani na pet podnebno različnih regij v Sloveniji (BERGANT, 2007). Pri tem je bilo upoštevanih šest različnih scenarijev emisij (BERGANT, 2003). Po teh scenarijih se bodo v prihodnosti najbolj ogrela poletja (3,5 °C do 8 °C), sledijo zime (3,5 °C do 7 °C), pomladi (2,5 °C do 6 °C) in jeseni (2,5 °C do 4 °C). V pomladnih in jesenskih mesecih glede na izvedene projekcije ni pričakovati izrazitih sprememb v količini padavin, v zimskih mesecih je predvideno povečanje količine padavin (do +30 %), v poletnih mesecih pa zmanjšanje količine padavin (do -20 %).

Obstoječi scenariji podnebnih sprememb za Ljubljano (BERGANT, 2003, 2007) nakazujejo, da bi se lahko do konca tega stoletja temperatura zraka v toplejši polovici leta po optimistični varianti dvignila za okoli 3,5 °C, po pesimistični pa za več

kot 7,5 °C. Hladnejša polovica leta v Ljubljani pa bi bila ob koncu stoletja toplejša za dobre 3 do 7 °C. Povprečne temperature v juliju naj bi se zvišale za 3 do 10 °C (grafikon 1).

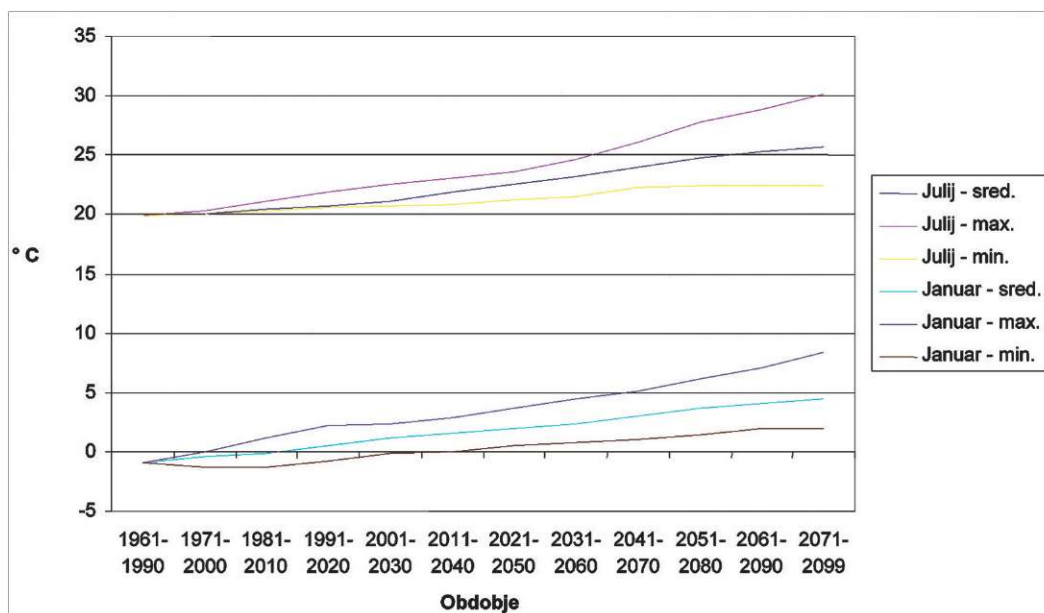
V toplejši polovici leta bi se lahko količina padavin zmanjšala za okoli 5 do blizu 20 %, medtem ko lahko pričakujemo, da se bo v hladnejši polovici leta količina padavin celo povečala za okoli 10 do skoraj 20 %.

2.2 Model za napoved vpliva podnebnih sprememb na gozd**2.2 Model for forecasting of the impact of climate change on forests**

Napoved vpliva podnebnih sprememb na gozd za območje Ljubljane temelji na študiji sprememb tipov gozdne vegetacije za območje celotne Slovenije (KUTNAR et al., 2009). Simulacija prostorske prerezporeditve je bila izdelana za trinajst različnih gozdnih (vegetacijskih) tipov (1. acidofilna bukovja; 2. acidofilna rdečeborovja; 3. predgorska bukovja; 4. gorska bukovja; 5. (visoko)gorska bukovja v (pred) alpskem območju; 6. (visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju; 7. termofilna bukovja; 8. kolinska hrastova-belogabrovja; 9. nižinska vrbovja, jelševja in dobovja; 10. termofilna črnogabrovja,

Grafikon 1: Projekcije spreminjanja povprečnih januarskih in julijskih temperatur za območje Ljubljane v obdobju od 1990 do 2099 (povzeto po BERGANT, 2003, 2007)

Graph 1: Projection of changes of the mean temperature in January and July for the Ljubljana region in the period between year 1990 and 2099 (according to BERGANT, 2003, 2007)





Kutnar, L., Kobler, A.: Prostorska razporeditev gozdov na območju Ljubljane v prihodnosti

Preglednica 1: Podnebni scenariji, uporabljeni pri napovedovanju sprememb tipov gozdne vegetacije
Table 1: Climate scenarios, used for forecasting of changes of forest vegetation types

	Uporabljene podnebne napovedi ARSO		
	Temperature	Padavine	Evapotranspiracija
Pesimistični scenarij	Najvišje napovedane	Najmanjše napovedane	Najvišje napovedane
Srednji scenarij	Srednje napovedane	Srednje napovedane	Srednje napovedane
Optimistični scenarij	Najmanjše napovedane	Najvišje napovedane	Najmanjše napovedane

hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja; 11. jelovja; 12. smrekovja; 13. ruševja), ki so bila definirana na temelju predhodnih študij gozdne vegetacije (KOŠIR et al., 1974, 2003, ZORN, 1975)

Simulacijo sprememb smo opravili s pomočjo empiričnega prostorskega modela (KUTNAR et al., 2009), ki statistično povezuje sedanjo potencialno gozdno vegetacijo (agregirano v trinajst skupin) s podatki o dosedanjem podnebnju (1970-2000), gozdnih tleh (klasifikacija FAO; CPVO, 1999), nadmorski višini, naklonu in ekspoziciji reliefa. Napovedovalna točnost modela, ocenjena z 10-kratnim navzkrižnim preverjanjem, znaša 72,7 %. V modelu je podnebje predstavljeno s podatki o 30-letnih povprečnih letnih in mesečnih temperatur, padavin in evapotranspiracije (ARSO, 2005, 2006a, 2006b). Za simulacijo stanja gozdne vegetacije v prihodnosti smo v model vnesli obstoječe napovedi podnebnih sprememb (BERGANT, 2003, 2007) ločeno po podnebnih regijah, iz katerih smo oblikovali tri različne scenarije (preglednica 1, grafikon 1): i) srednji scenarij; ii) pesimistični scenarij; iii) optimistični scenarij.

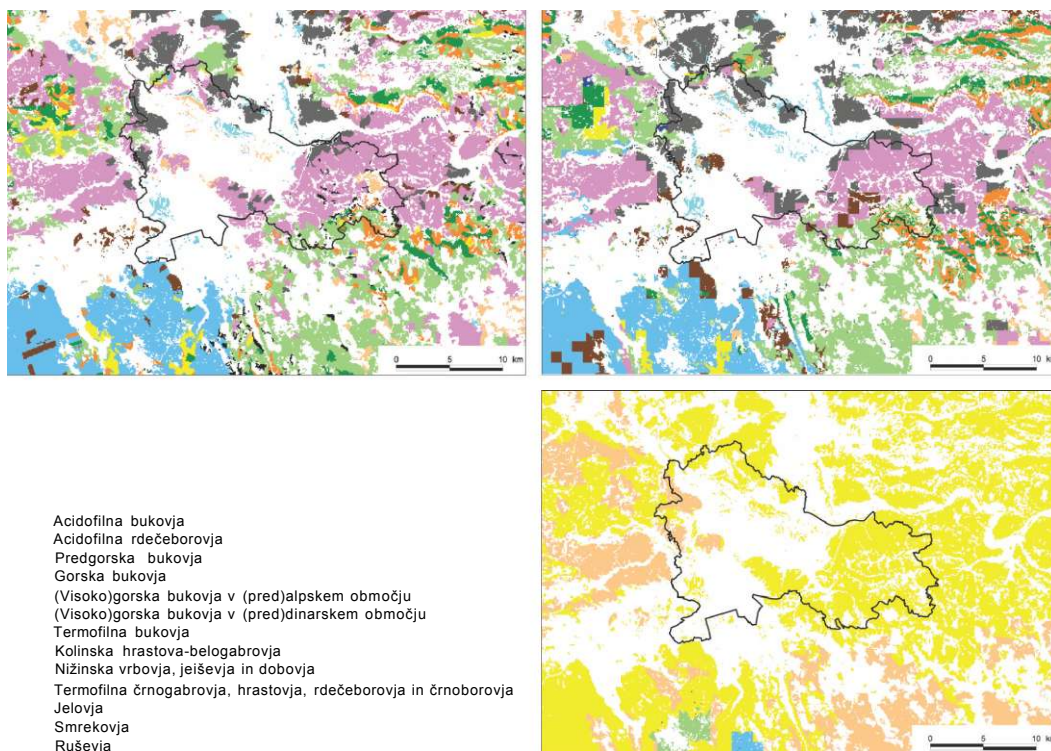
3 REZULTATI IN DISKUSIJA 3 RESULTS AND DISCUSSION

Gozdove širšega območja Ljubljane smo uvrstili predvsem v vegetacijski tip (skupino) acidofilnih bukovij, ki poraščajo različne silikatne kamnine na gričevju in hribovju vzhodno in zahodno od mesta (slika 1). Poleg teh so na večji površini v nižinah in na gričevju tudi acidofilna rdečeborovja. Na južni strani Ljubljanskega barja so severni obronki dinarske verige, ki jo poraščajo predvsem dinarski jelovo-bukovi gozdovi, prevladujoča združba skupine (visoko)gorskega bukovja v (pred)dinarskem območju. Na karbonatih v gričevju rastejo predgorska bukovja, nekoliko višje pa tudi gorska bukovja. Na razmeroma majhnih površinah v tem območju, na rastiščih z nekoliko več vlage, lahko zasledimo tudi jelovja. Toplejša, bolj sušna rastišča vzhodno od mesta poraščajo termofilna bukovja. Na posameznih toplih in strmih legah pa lahko najdemo tudi druge

termofilne gozdove. V območju neposrednega vpliva večjih vodnih virov in podtalnice rastejo nižinska vrbovja, jelševja in dobovja.

Modelna simulacija sprememb gozdnih tipov za širše območje Ljubljane, ki upošteva tri različne scenarije podnebnih sprememb (srednji, pesimistični in optimistični scenarij), je nakazala spremembe razporeditve gozdnih vegetacijskih tipov v prihodnosti. Zdaj prevladujoči, pretežno bukovni gozdovi, bi bili v spremenjenih okoljskih razmerah lahko zelo prizadeti. Ob uresničitvi podnebnih scenarijev, ki predvidevajo značilno segrevanja ozračja, bi po napovedih modela nastala padec deleža prevladujočih mezofilnih bukovih gozdov in povečan delež različnih termofilnih gozdov (slika 1). V toplejših razmerah ob večji količini padavin, ki jih predvideva optimistični scenarij, bodo spremembe prostorske razporeditve gozdne vegetacije precej manj drastične kot v toplejšem in izrazito sušnem podnebnju (pesimistični scenarij).

Glede na modelne simulacije lahko na tem območju pričakujemo, da bodo zaradi podnebnih sprememb nastale spremembe rastiščnih (tudi talnih) razmer in s tem tudi pogoji za uspevanje različnih gozdov. Ob predpostavki, da se ne bi spremenila ekološka niša sedanjih gozdov in ob uresničitvi podnebnih scenarijev, lahko pričakujemo, da bo na obstoječih gozdnih površinah v naslednjih desetletjih nastala očitna izmenjava tipov gozdne vegetacije. V prihodnosti bodo na tem območju v toplejšem podnebnju verjetno uspevali drugačni gozdovi kot zdaj. Celo ob uresničitvi optimističnega scenarija bi do konca stoletja lahko zdaj prevladujoče bukove gozdove zamenjali kolinska hrastova-belogabrovja, ki imajo poudarjen toplejši značaj. Ta vegetacijski tip vključuje različne združbe s prevladujočima gradnom (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in belim gabrom (*Carpinus betulus* L.), ki sta jima primešane številne druge vrste, na primer češnja (*Prunus avium* L.), maklen (*Acer campestre* L.), beli javor (*Acer pseudoplatanus* L.), navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), lipovec (*Tilia cordata* Mill.), veliki jesen (*Fraxinus*



Slika 1: Sedanje dejansko stanje gozdnih tipov (levo zgoraj), sedanje modelirano stanje (desno zgoraj) in napoved gozdnih tipov za leto 2070 (desno spodaj) po srednjem scenariju za območje Ljubljane (s temno črto so označene meje Mestne občine Ljubljana). Napoved 2070 je treba primerjati z modeliranim sedanjim stanjem (ker sta oba prikaza obremenjena z enakimi napakami modela) in ne s sedanjim dejanskim stanjem.

Figure 1: Actual present state of forest types (upper-left), modelled present state (upper-right) and forecast of forest types in the year 2070 according to the mean climate scenario for the Ljubljana region (borders of the Municipality of Ljubljana are marked by dark line). The 2070 forecast is to be compared with the modelled present state (because both contain the same model errors) and not with the actual present state.

excelsior L.), bela jelka (*Abies alba* Miller), navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karsten). Na toplejših legah v bolj odprtih sestojih pa so lahko primešane tudi vrste z bolj termofilnim značajem (npr. črni gaber (*Ostrya carpinifolia* Scop.), mali jesen (*Fraxinus ornus* L.), cer (*Quercus cerris* L.), puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.)).

Na manjši površini bi se po tem scenariju lahko pojavljala vegetacijski tip termofilnih črnogabrovij, hrastovij, rdečeborovij in črnoborovij, v katerem prevladujejo omenjene termofilne vrste. Površine preostalih gozdov pa bi se po napovedih modela na tem območju pojavljale na zelo omejenem prostoru, v specifičnih rastiščnih razmerah.

Po srednjem scenariju bi se razmerje med obema skupinama obrnilo. Na tem območju bi lahko po tem scenariju že do leta 2070 povsem prevladali različni termofilni gozdovi (slika 1). Na razmeroma velikih

površinah pa bi bili lahko razprostranjeni gozdovi iz skupine kolinskih hrastovo-belogabrovij gozdov. Le na posameznih otokih naj bi se obdržali predgorski in gorski bukovji gozdovi.

Na proučevanem območju bi po pesimističnem scenariju termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja povsem prevladala že v nekaj desetletjih. To skupino gozdov gradijo različni tipi termofilnih gozdov, ki imajo sposobnost uspevati v toplejših in sušnejših razmerah. Model ne omogoča natančnejše napovedi tipa termofilne vegetacije. Vegetacijski tip termofilnih gozdov, ki smo ga uporabili v modelu, je precej raznolik, saj vključuje različne gozdove pa tudi grmišča, v katerih prevladujejo listavci (npr. črni gaber, mali jesen, navadni mokovec, puhasti hrast, cer in graden). V to skupino so uvrščeni tudi gozdovi zimzelenega črnega hrasta ali črničevja (*Quercus ilex* L.) in tudi

nekateri gozdovi iglavcev (rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.) in črni bor (*Pinus nigra* Arnold)).

Kakršne koli projekcije podnebnih sprememb za prihodnost, še posebno na lokalnem nivoju, pa spremljajo številne negotovosti, ki se jih moramo zavedati ob njihovi interpretaciji (BERGANT, 2007). Napovedi vpliva podnebnih sprememb na gozdno vegetacijo, čeprav podprte z mnogimi raziskavami (IPCC, 2007), so še vedno precej nezanesljive (RIAL et al., 2004, von STORCH et al., 2004). V raziskavi smo uporabili razmeroma preprost model sprememb gozdov (KUTNAR et al., 2009), v katerem nismo mogli upoštevati potencialnih sprememb ekološke niše gozdnih združb in drevesnih vrst. Poleg tega nismo upoštevali nekaterih ključnih dejavnikov, ki bodo pomembni za razvoj in razporeditev vegetacije v prihodnosti (možnosti in omejitve za disperzijo rastlinskih vrst, pri poteku sukcesijskega razvoja vegetacije, vpliv sekundarnih učinkov, kot so boleznin in škodljivci, gozdni požari, spremembe rabe prostora). Zato napovedi sprememb gozdov za območje Ljubljane lahko razumemo le kot približno oceno potencialne smeri razvoja gozdov ob določenih predpostavkah (uresničitve scenarija, uporaba enostavnega modela) in pomanjkljivosti (nepoznavanje pomembnih dejavnikov razvoja), kar pa vendarle zožuje polje negotovosti pri odločanju o načinu gospodarjenja z gozdnim prostorom in naravnim okoljem v prihodnosti.

Potencialna razširitev termofilnih gozdov na širšem območju Ljubljane namesto sedanjih gozdov bi imela dramatične posledice, saj bi se spremenila celotna prostorska in gozdnogospodarska politika. Poleg spremenjene strukture gozdov bi bile potencialno zelo prizadete tudi mnoge splošne koristne funkcije gozdov, ki so na tem območje še posebno pomembne. Spremenjena sestava in razporeditev gozdov ob spremenjenih podnebnih razmerah bi značilno vplivali na celoten prostor in življenje v tej regiji v prihodnosti.

4 POVZETEK

4 SUMMARY

This study is focused on the expected changes of the potential forest vegetation in the Ljubljana region in the future. The existing climate-change predictions for Slovenia (BERGANT 2007) were used to create three different scenarios: i) the mean scenario; ii) the pessimistic scenario; iii) the optimistic scenario, and the empirical GIS model (KUTNAR et al. 2009) was used to simulate redistribution of forest

vegetation. Taking into consideration the future climate change, defined by three different climate scenarios, the simulation of the future potential forest vegetation showed significant alteration (share and distribution) of the spatial pattern of vegetation types (groups of similar forest communities) in the Ljubljana region.

According to the prediction for the year 2070, the vegetation type is likely to be changed on major part of all forest sites in the Ljubljana region. The mesic forest vegetation, mostly beech forests, may be adversely affected by such changing environmental conditions. The decrease of the share of the actual prevailing beech vegetation types, for example groups of Acidophilic *Fagus sylvatica* forests, of Submontane *Fagus sylvatica* forests, and (Alti-) montane *Fagus sylvatica* forest in (Pre-) Dinaric region, including Dinaric fir-beech forests, could be expected.

On the contrary, the warmer climate predicted by all three future scenarios, will favour drought tolerant forest species and vegetation types. It could be expected that different thermophilous forests, which are partly dominated by beech trees, but mostly by different drought tolerant tree species, such as *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*, *Sorbus aria*, *Quercus pubescens*, *Q. cerris* L., and also *Pinus sylvestris* L. and *P. nigra* Arnold, will expanded throughout the Ljubljana region.

In addition to the expansion of thermophilous forests in the region, Collinar forests of *Quercus petraea* and *Carpinus betulus*, admixed by various broadleaved and some coniferous species, are likely to be spread over a larger area.

The extension of the thermophilous forests all over the studied area would have very dramatic consequences for the forest management and for very different aspects of life in this region. However, the results of the present climate projections and simulation of the future forest vegetation in the Ljubljana region reflect some degree of uncertainties due to the relatively uncertain climate-change scenarios and GIS model.

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENTS

Raziskavo je v okviru projekta CRP Prilagajanje gospodarjenja z gozdovi podnebnim spremembam glede na pričakovane spremembe značilnosti in prostorske razporeditve gozdov podprlo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

6 LITERATURA**6 REFERENCES**

- ARSO - Agencija RS za okolje, 2003. Ranljivost slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spremenljivost in ocena predvidenega vpliva. 146 s.
- ARSO - Agencija RS za okolje, 2005. Podnebne karte povprečnih mesečnih in letnih temperatur 1971-2000.
- ARSO - Agencija RS za okolje, 2006a. Podnebne karte povprečnih mesečnih in letnih padavin 1971-2000.
- ARSO - Agencija RS za okolje, 2006b. Podnebne karte povprečnih mesečnih in letnih evapotranspiracij 1971-2000.
- ASKEEV, O. V. / TISCHIN, D. / SPARKS T.H. / ASKEEV, I. V., 2005. The effect of climate on the phenology, acorn crop and radial increment of pedunculate oak (*Quercus robur*) in the middle Volga region, Tatarstan, Russia. Int. J. Biometeorol. 49: 262-266.
- BERGANT, K., 2003. Projekcije simulacij globalne klime na lokalni nivo in njihova uporaba v agrometeorologiji. Doktorska disertacija, Ljubljana.
- BERGANT, K., 2007. Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo. In: JURC, M., (ed.), Podnebne spremembe - Vpliv na gozd in gozdarstvo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, Ljubljana, Strokovna in znanstvena dela 130: 67-86.
- CIMPERŠEK, M., 2004. Prilagajanje gozdov podnebnim spremembam. Gozdarski vestnik, 62, s. 169-178.
- CPVO - Center za pedologijo in varstvo okolja, 1999. Digitalna pedološka karta Slovenije 1 : 25000
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability.- In: McCARTHY, J. J./CANZIANI, O. F./LEARY, N. A./DOKKEN, D. J./WHITE, K. S. (eds.), Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. In: PARRY, M. L./CANZIANI, O. F./PALUTIKOF, J. P./VAN DER LINDEN, P. J./HANSON, C. E. (eds.), Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- JURC, M. (ur.), 2007b. Podnebne spremembe : vpliv na gozd in gozdarstvo. Studia forestalia Slovenica, št. 130. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
- KAJFEŽ-BOGATAJ, L. 2001. Klimatske spremembe in njihove posledice - dejstva in predvidevanja. Gozdarski vestnik, 59, s. 203-208.
- KELLOMÄKI, S./LEINONEN, S. (eds.), 2005. Management of European Forests under Changing Climatic Conditions. Final Report of the Project Silvistrat. University of Joensuu, Research Notes 163, Joensuu, Finland.
- KOŠIR, Ž./ZORN-POGORELC, M./KALAN, J./MARINČEK, L./SMOLE, I./ČAMPA, L./ŠOLAR, M./ANKO, B./ACCETTO, M./ROBIČ, D./TOMAN, V./ŽGAJNAR, L./TORELLI, N., 1974. Gozdnovegetacijska karta Slovenije, M 1 : 100.000. Biro za gozdarsko načrtovanje, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana
- KOŠIR, Ž./ZORN-POGORELC, M./KALAN, J./MARINČEK, L./SMOLE, I./ČAMPA, L./ŠOLAR, M./ANKO, B./ACCETTO, M./ROBIČ, D./TOMAN, V./ŽGAJNAR, L./TORELLI, N./TAVČAR, I./KUTNAR, L./ KRALJ, A., 2003. Gozdnovegetacijska karta Slovenije, digitalna verzija. Biro za gozdarsko načrtovanje, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana
- KUTNAR L./KOBLEK, A., 2007. Potencialni vpliv podnebnih sprememb na gozdno vegetacijo v Sloveniji.- In: JURC, M., (ur.), Podnebne spremembe - Vpliv na gozd in gozdarstvo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, Ljubljana, Strokovna in znanstvena dela 130: 289-304.
- KUTNAR L./KOBLEK, A./BERGANT, K., 2009. Vpliv podnebnih sprememb na pričakovano prostorsko prerezporeditev tipov gozdne vegetacije. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Zbornik gozdarstva in lesarstva 87: 33-42.
- MARACCHI, G./SIROTENKO, O./BINDI, M., 2005. Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe.- Climatic Change 70: 117-135.
- OGRIŠ, N./JURC, M., 2007. Potencialne spremembe v razširjenosti samoniklih vrst javorov (*Acer pseudoplatanus*, *A. compestre*, *A. platanoides*, *A. obtusatum*) zaradi podnebnih sprememb v Sloveniji.- V: JURC, M. (ur.). Podnebne spremembe : vpliv na gozd in gozdarstvo, Studia forestalia Slovenica, št. 130. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, s. 317-334.
- OGRIŠ, N./JURC, M./JURC, D., 2008. Varstvo bukovih gozdov - danes in jutri. V: BONČINA, A. (ur.). Bukovi gozdovi - ekologija in gospodarjenje: zbornik razširjenih povzetkov predavanj. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, s. 36-39.
- RIAL, J. A./PIELKE, S. R. R. A./BENISTON, M./CLAUSSEN, M./CANADELL, J./COX, P./HELD, H./DE NOBLET-DUCOUDR'E, N./PRINN, R./REYNOLDS, J. F. /SALAS, J. D., 2004. Nonlinearities, feedbacks and critical thresholds within the earth's climate system. Clim Change 65: 11-38.
- SHAVER, G. R./CANADELL, J./CHAPIN III, F. S./GUREVITCH, J./HARTE, J./HENRY, G./INESON, P./JONASSON, S./MELLILO, J./PITELKA L./RUSTAD, L., 2000. Global warming and terrestrial ecosystems: a conceptual framework for analysis. Bioscience 50: 871- 882.
- SIMONČIČ, P./KOBLEK, A./KRAJNC, N./MEDVED, M./TORELLI, N./ROBEK, R., 2001. Podnebne spremembe in slovenski gozdovi. Gozdarski vestnik, 59, s. 184-202.
- VON STORCH, H./ZORITA, E./JONES, J./DIMITRIEV, Y./GONZ'ALEZ-ROUCO, F./TETT, S., 2004. Reconstructing past climate from noisy data. Science 306: 679-682.
- ZORN, M., 1975. Gozdnovegetacijska karta Slovenije. Opis gozdnih združb. Biro za gozdarsko načrtovanje, Ljubljana.