

VPLIV SUŠE NA DEBELINSKI PRIRASTEK DREVES

Influence of Drought on Tree Growth in Some Slovene Regions

Darko Ogrin* UDK 630*1:551.58

Povzetek

Z dendroklimatološko metodo smo analizirali vpliv padavin in temperatur na debelinski prirastek dreves v submediteranski Sloveniji, na prodnih terasah osrednje Slovenije in ob zgornji gozdni meji v Alpah. Na sušne razmere se najbolj odziva drevje, ki raste v pogojih submediteranskega podnebja v Primorju, in to tako na flišu kot na krasu. Pomembne so predvsem nadpovprečne padavine in podpovprečne temperature v rastni dobi in v času priprav drevja na zimsko mirovanje v jeseni. V bolj sušnih letih, ko pade poleti do 50 % manj padavin od povprečja, je lahko debelinski prirastek manjši tudi za 25 do 35%. Kljub bolj vlažnemu podnebju kaže podobne, vendar nekoliko šibkejše zveze s podnebjem tudi drevje, ki raste na prodnih nanosih s tanko prstjo v osrednji Sloveniji. Manjša količina padavin negativno vpliva na debelinski prirastek tudi ponekod v gorskem svetu s perhumidnim podnebjem, kjer na splošno nadpovprečna namočenost v času rasti zavira debelinski prirastek. Gre za predele, kjer padavinska voda hitro odteče oz. je skromna prst ne zadrži. Taka so npr. rastišča na zelo zakraselih visokogorskih uravninah v Julijcih, ki sicer sodijo med najbolj namočene pokrajine pri nas, ter rastišča na strmih, apnenčastih in dolomitnih pobočjih v vzhodnih Karavankah, kjer pade manj padavin kot v zahodnih slovenskih Alpah.

Abstract

The influence of precipitation and temperature on tree growth in submediterranean Slovenia, on gravel terraces in central Slovenia and near the upper forest boundary in the Alps was analyzed using the dendroclimatological method. Trees growing in the submediterranean climate of the coastal region most easily withstand drought, both on flysch and Karst soil. The most significant factors are above-average precipitation and below-average temperatures in the vegetation period and during the preparation of trees in autumn for winter dormancy. In very dry years, when summer precipitation falls below 50% of the average rate, the annual growth increment in tree trunks may also decrease by 25 to 35%. A similar, yet slightly weaker relation between climate and tree growth is also evident in the gravel deposits of central Slovenia covered with a thin layer of soil, despite the generally more humid climate. Below-average precipitation also has a negative effect on tree growth in some mountain areas with a perhumid climate, where the generally above-average precipitation in the vegetation period impedes tree growth. In these areas rainwaters drain rapidly, since the sparse soil is unable to retain them. Such forest areas can be found in the highly karstened mountain terraces of the Julian Alps, which are generally ranked among the most watered regions in Slovenia, as well as on the steep, limy (dolomitic) slopes of the eastern Karavanke mountains, which receive less rainfall than the western Slovene Alps.

Uvod

Povprečno pade v Sloveniji okoli 1500 mm padavin letno, kar jo uvršča med najbolj namočene predele Evrope in tudi sveta. Največ jih pade na alpsko-dinarski pregradi, v 120 do 130 padavinskih dnevih tudi več kot 3000 mm. Od tod se namočenost zmanjšuje proti morju, kjer dobijo okoli 1000 mm padavin v okoli 100 padavinskih dneh, in proti V oz. SV, kjer jih v Prekmurju pade od 800 do 900 mm.

Razporeditev padavin prek leta je razmeroma enakomerna, zato običajno ni daljših in izrazitih sušnih ali vlažnih obdobj. Posledica dobre namočenosti in zmernih temperatur je vlažnostni suficit, saj v Sloveniji ni pokrajine, kjer bi potencialna evapotranspiracija glede na dolgoletna povprečja preseгла količino padavin. Določen primanjkljaj se pojavlja samo v poletnih mesecih v Primorju in Prekmurju, kjer pa običajno kljub temu pade dovolj padavin za normalno rast vegetacije.

Neugodna značilnost padavin pri nas je njihova velika variabilnost. V povprečju znaša okoli 30 %, v posameznih letih pa mesečne količine lahko presežejo dolgoletno povprečje za več kot 100 % ali pa padavin praktično ni, in to ne glede na letni čas. Posledica tega so lahko suše in poplave. Problem kmetijskih suš je dobro znan in v strokovni literaturi, tudi v Ujmi, ustrezno predstavljen (Natek, 1987; Dolinar-Lešnik, 1989; Matajc, 1993, 1994, 1996; Zupančič, 1993; Gams, 1999; idr.). Manj pozornosti pa namenjamo sušam oz. izostanku običajne količine padavin v gozdarstvu, kjer je

lahko izpad prirastka lesne mase in s tem dohodka v posameznih letih prav tako velik. Pomembno pri tem je poznavanje temeljnih odnosov med podnebjem in priraščanjem dreves, s čimer se ukvarja dendroklimatologija.

Študij, ki razlagajo odnose med podnebjem in rastjo dreves v Sloveniji, ni veliko. S problemom zgornje drevesne in gozdne meje, tudi podnebne, so se ukvarjali Plesnik (1971), Gams (1977) in Lovrenčak (1977, 1987). Levanič (1996) je med drugim raziskoval tudi dendroklimatologijo jelk na visokih dinarskih planotah osrednje Slovenije, Ogrin (1991, 1992, 1998, 1999) pa dendroklimatologijo alpskih, predalpskih in submediteranskih delov Slovenije. Omenjene študije so pokazale, da se slovensko podnebje kljub svoji zmernosti zaradi precejšnje variabilnosti pomembno odraža v debelinskem prirastku dreves. Še posebej, če podnebne elemente dodatno potencirajo ostale pokrajnotvorne vrvine, kot so značilnosti prsti in matične podlage ter reliefne danosti. V prispevku razčlenjujemo odnose med podnebjem in debelinskim priraščanjem v primerih, ko se je podpovprečna količina padavin v rastni dobi pokazala kot pomemben dejavnik debelinskega priraščanja dreves.

Metodologija dendroklimatološkega raziskovanja

Analizirana drevesa so rasla v različnih podnebnih tipih Slovenije z različnimi reliefnimi razmerami. Za vsa rastišča je bila skupna za vodo prepustna matična podlaga in tanka

* doc. dr., Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Aškerčeva 2, Ljubljana, darko.ogrin@ff.uni-lj.si

plast prsti s slabo sposobnostjo zadrževanja vode. Vzorci črnih borov in hrastov gradnov ter puhavcev iz submediteranske Slovenije so bili tako s flišnega gričevja kot s krasa. Rdeči bori in dobi iz zmerno celinskega podnebja osrednje Slovenije so rasli na prodnih terasah spodnjega dela Ljubljanske kotline, smreke in macesni pa v gorskem podnebju na izrazito kraških predelih oz. strmih pobočjih.

Z vsake lokacije vzorčenja smo izbrali okoli 20 odraslih, bolj na samem rastočih dreves brez vidnih mehanskih in drugih poškodb ter z neutesenjenimi krošnjami. Vzorce smo jemali z gozdarskim prirastnim svedrom v prsni višini. Pri drevesih, ki so bila odkazana za posek (gradni, dobi), smo analizirali kolute. Vzorcem smo po brušenju izmerili širino letnic na 1/100 mm natančno. Sledili so standardni dendrokronološki in dendroklimatološki postopki (Fritts, 1976; Huges et al., 1982; Cook in Kairiukstis, 1990). S pomočjo križnega datiranja smo ugotavljali sinhronost priraščanja. Sledili sta določitev leta prirastka in standardizacija, ko smo odstranili biološki trend rasti in za vsako leto izračunali indeks širine letnic. Iz posameznih sinhroniziranih in standardiziranih kronologij smo za lokacije vzorčenja sestavili povprečne lokalne kronologije indeksov širin drevesnih letnic. Dendroklimatsko analizo smo naredili za obdobje po 2. svetovni vojni, za katerega imamo na razpolago tudi klimatske podatke. Podnebni signal, zapisan v lokalnih kronologijah, smo razkrivali s pomočjo korelacije in odzivnih funkcij. Pri tem smo uporabili 13-mesečno obdobje od septembra preteklega leta do septembra tekoče rastne sezone. Za značilne smo jemali korelacije, ki so bile večje oz. manjše od $\pm 0,25$. Kot vir klimatskih podatkov smo uporabili bližnje meteorološke postaje (Arhiv HMZ RS; Klimatografija Slovenije – temperatura zraka 1961–1990, 1995; Klimatografija Slovenije – padavine 1961–1990, 1995).

Odvisnost debelinskega prirastka od temperature in padavin

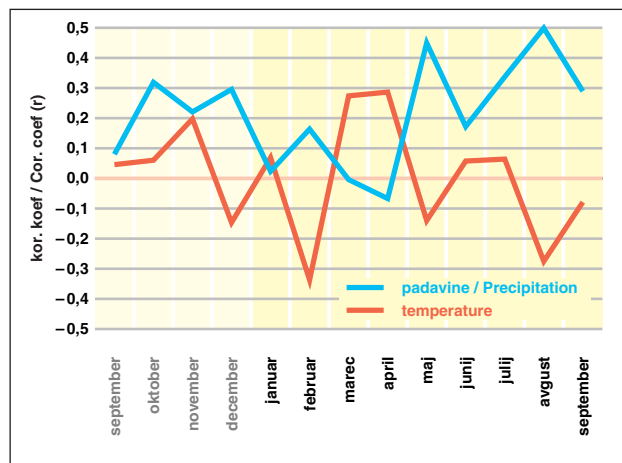
Submediteranska Slovenija

V submediteranski Sloveniji smo analizirali vzorce z osmih lokacij, treh s flišnega gričevja slovenske Istre (Bržanija – črni bor, Brdo in Plasa – hrast puhavec, Topolovec – graden) in petih s krasa (Plasa – hrast puhavec, Socerb, Petrinje, Lipa in Komen – črni bor). Na vseh lokacijah je bila reakcija na padavine in temperature podobna, razlike so bile le v trdnosti statističnih povezav, kar je bilo odvisno od lokalnih rastiščnih razmer in drevesne vrste. Zaradi sorodnosti odzivnih funkcij smo zato sestavili regionalni kronologiji za hraste in črne bore.

Pri črnih borih nadpovprečne temperature v dobi mirovanja pozimi in v začetku rasti spomladi stimulirajo prirastek. To ni presenetljivo, saj so takrat temperature v Primorju v povprečju pod optimalnimi za fotosintezo. V ostalih letnih časih pa nadpovprečne temperature zavirajo debelinski prirastek. Še posebej izrazit je negativen pomen nadpovprečnih temperatur poleti ($r = -0,388$) in v celotni rastni dobi ($r = -0,483$), ko višje temperature pomenijo tudi visoko evapotranspiracijo. Tudi višje temperature jeseni zaviralno delujejo na prirastek v naslednjem letu. Toplejša jesen namreč podaljša rastno sezono, zaradi česar se drevesa slabo pripravijo na zimsko mirovanje, to pa se negativno odraža na prirastku naslednje leto.

Pri hrastih so zveze s temperaturami šibkejšje. V nasprotju z bori so zanje ugodnejše nižje zimske temperature, višje spomladanske temperature oz. zgodnejši začetek rastne dobe pa pomeni večji debelinski prirastek. Nadpovprečno toplo poletje pri hrastih nima izrazitega negativnega pomena, razen avgustovskih temperatur ($r = -0,275$), ko visoke temperature običajno spremlja pomanjkanje padavin.

Pri vplivu padavin je slika bolj enostavna. Vsi statistično zanesljivi korelacijski koeficienti (gibljejo se med 0,30 in 0,66) so pri obeh drevesnih vrstah pozitivni in se nanašajo na padavine v rastni dobi. Pomembna sta tudi koeficienta za letno vsoto padavin (črni bori, $r = 0,34$; hrasti, $r = 0,28$). Potreba po več padavinah v submediteranski Sloveniji ni toliko povezana z nizkimi količinami padavin, saj jih pade v krajih vzorčenja v povprečju od 1200 do 1600 mm letno, od tega skoraj polovica v rastni dobi. Bolj je ta potreba povezana z razmeroma visokimi temperaturami v času rasti in visoko evapotranspiracijo, ki je po Pristovu (1994) v Primorju poleti večja od padavin, v pokrajinah iz apnenca in dolomita pa je povezana še s kraškim površjem in tanko prstjo, ki zadrži le malo vlage.



Slika 1. Odzivna funkcija za hraste iz submediteranske Slovenije
Figure 1. Response function of oaks in submediterranean Slovenia

Primerjava sušnih let, v katerih je bil skromnejši tudi debelinski prirastek, je pokazala, da je bil pri poletnih padavinah, ki so bile 40 do 50 % manjše od povprečja, debelinski prirastek manjši za 25 do 35 %, medtem ko je bil v letih, ko je padlo tudi 50 do 70 % več padavin kot običajno, debelinski prirastek večji le za 10 do 20 %. Sušni stres, ki ga doživijo drevesa v submediteranski Sloveniji poleti ob pomanjkanju padavin in visokih temperaturah, je pri listavcih, predvsem



Slika 2. Ob suši poleti 1999 so hrasti puhavci na Podgorškem krasu prešli v obdobje mirovanja (listje je porjavelo), po dežju sredi septembra pa so odgnali novi listi. (foto: D. Ogrin)

Figure 2. During the 1999 drought, the oaks in the Karst area of Podgorje passed into a dormancy period (leaves turned brown), but after the mid-September rainfall new leaves appeared (photo: D. Ogrin)

hrastih puhavcih, viden tudi navzven. Na suhih kraških tleh se poleti, običajno avgusta, razmeroma pogosto zgodi, da puhavci zaradi suše prenehajo rasti, listje se obarva rjavo, po prvem večjem deževju konec poletja ali v začetku jeseni pa odžene druga generacija listov v isti rastni dobi (slika 2). To seveda tudi pomeni, da imamo znotraj enega leta dve letnici, kar otežuje dendrokronološke in dendroklimatološke raziskave.

Prodne terase osrednje Slovenije

Na prodnih terasah osrednje Slovenije je vzorčenje potekalo na Ljubljanskem polju, kjer smo v Klečah analizirali kolobarje hrastov dobov, in na Kranjskem polju, kjer smo v Repnjah jemali izvrtke smrek in rdečih borov. Prst in kamninska podlaga sta glede na pogoje, ki jih nudita za rast dreves, na nek način podobni razmeram na kraškem površju. Na debelem sloju za vodo dobro prepustnih prodnih nanosov se je razvila tanka plast prsti, ki je prav tako dobro prepustna. Glede na to, da prejme vzhodni del Ljubljanske kotline tako v celoletnem povprečju kakor v rastni dobi približno enako padavin kot Kras, temperature pa so poleti nižje le za okoli 1,5° C, smo pričakovali podobno odzivanje na oba podnebna elementa kot v primeru submediteranske Slovenije.

Naša pričakovanja so se uresničila v primeru dobov iz Kleč, le da je vpliv obeh klimatskih elementov bolj uravnotežen. Tudi hrasti iz Kleč so pokazali, da je debelinski prirastek večji, če so poletja nadpovprečno mokra ($r = 0,370$) in podpovprečno topla ($r = -0,448$). Razen poleti je več padavin dobrodošlih tudi spomladi in v celotni rastni dobi. Vpliv poletnih padavin in temperatur nam pojasnjuje okoli 25% variance debelinskega prirastka, kar je precej manj kot pri hrastih (44%) in le malenkost manj kot pri črnih borih (29%) iz Primorja. Iz rezultatov sledi, da je v neugodnih letih sušni stres pri hrastih iz Kleč tudi zaznaven, vendar ne tako izrazit kot v submediteranski Sloveniji.

Pri smrekah in rdečih borih iz Repenj so rezultati nekoliko drugačni, kar je posledica specifičnih talnih razmer. Ko smo ugotavljali globino prsti, smo ugotovili, da je prst v omenjenem gozdu globlja kot v Klečah (25 do 30 cm) in da se ni razvila neposredno nad prodnimi nanosi, ampak na okoli 60 cm debelem sloju glinastih sedimentov, ki so jih vode nanesele z bližnjega Repenjskega hriba. Pri obeh drevesnih vrstah se je zato izkazalo, da so padavine manj pomemben dejavnik priraščanja (statistično pomembnih zvez praktično ni bilo), je pa bila zato reakcija na temperature podobna kot v Klečah in v submediteranski Sloveniji.

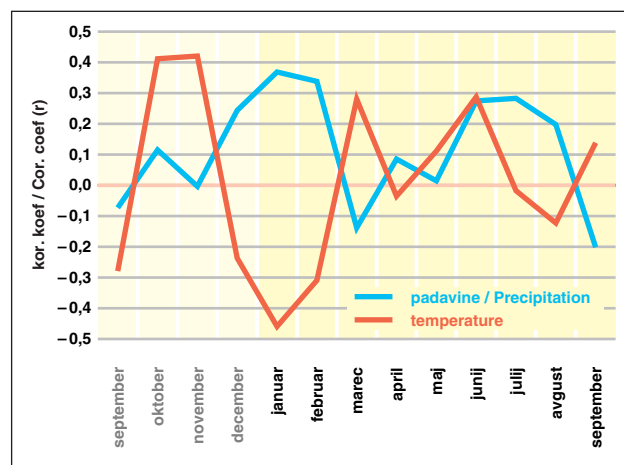
Zgornja gozdna meja

Iz gorskega tipa podnebja smo iz predelov blizu zgornje gozdne meje v nadmorskih višinah 1400 do 1750 m vzorčili smreke in macesne na sedmih lokacijah v Julijskih Alpah (Vršič, Krnska jezera, Komna, planina Jezero, jezero Ledvica), Kamniško-Savinjskih Alpah (Krvavec) in vzhodnih Karavankah (Uršlja gora).

Na splošno velja, da je odnos med širino letnic in podnebjem v slovenskem gorskem svetu ravno obraten kot v submediteranski Sloveniji. Pri temperaturah je ugodneje, če je rastna doba nadpovprečno topla, še zlasti pri macesnih. Prav tako je ugodno, če je nadpovprečno topla jesen, zimске temperature pa podpovprečne.

Pri padavinah je pri večini analiziranih lokacij zaželeno, da jih je manj, predvsem v rastni dobi, ker znižujejo temperature, ki so ob zgornji gozdni meji glavni omejevalni dejavnik rasti. Za debelinski prirastek pa je ugodna tudi podpovprečno mokra jesen preteklega leta, ko toplejše in bolj sušne razmere omogočijo boljšo pripravo na zimsko mirovanje.

Od omenjene sheme pa odstopajo lokacije s strmimi in kraškimi razmerami v vzhodnem delu slovenskega gorskega sveta (Uršlja gora I in II), kjer pade tudi do polovice manj padavin kot npr. v Julijskih Alpah, in nekatere lokacije v sicer zelo namočenih Julijcih, vendar z izrazitim visokogorskim krasom z zelo malo prsti. Rezultati za obe lokaciji z Uršlje gore ob pričakovani reakciji na temperature kažejo tudi pozitivno korelacijo s padavinami v obdobju rasti ($r = 0,312$ oz. $0,328$) in v zimskih mesecih ($r = 0,349$). Potrebo po več padavinah avgusta ($r = 0,305$) kažejo tudi macesni nad jezerom Ledvica v Dolini sedmerih jezer, ki rastejo na sicer zravnem, vendar zelo škrapljastem svetu.



Slika 3. Odzivna funkcija za smreke z Uršlje gore II
Figure 3. Response function of spruces in Uršlja gora II (eastern Karavanke mountains)

Domnevo, da lahko pade v vzhodnih Karavankah v času rasti nekaj manj padavin, kot jih je potrebnih za normalno rast na strmem kraškem svetu, potrjuje tudi zaporedje korelacijskih koeficientov za zvezo med debelinskim prirastkom smrek in poletnimi padavinami na profilu s podobnimi rastnimi razmerami od zahodnega do vzhodnega alpskega sveta v Sloveniji. V Julijcih na zahodu, ki prejmejo največ padavin (nad 3000 mm letno, poleti 700 do 800 mm), je odziv na padavine negativen (korelacijski koeficienti so med $-0,26$ na Vršiču in $-0,46$ pri Krnskih jezerih). Na Krvavcu v osrednjem delu, kjer pade letno 1800 do 2000 mm, poleti okoli 500 mm, je korelacijski koeficient zanemarljiv ($0,009$), na Uršlji gori v vzhodnih Karavankah pa sta na obeh lokacijah značilno pozitivna.

Sklepne misli

Dendroklimatološka raziskava v treh slovenskih pokrajinah s tremi različnimi podnebnimi tipi je pokazala, da imajo sušne razmere kljub na splošno vlažnemu značaju slovenskega podnebja pomemben vpliv na debelinski prirastek dreves. Pričakovano je debelinski prirastek najbolj odvisen od vsakoletnega variiranja padavin in temperatur v submediteranski Sloveniji, kjer je ena od podnebnih značilnosti tudi poletno sušno obdobje z vlažnostnim deficitom. Odziv na sušne razmere je večji na kraških rastiščih s tanko prstjo, kjer dreve marsikje v času izrazitih poletnih suš, tako kot v pravem sredozemskem podnebjem, prekine z vegetacijo in jo nadaljuje po prvem večjem deževju konec poletja oz. v začetku jeseni. Občutljivejši za sušo so se pokazali hrasti (listavci), pri katerih lahko s podnebnimi elementi pojasnimo skoraj 45 % variance prirastka, pri črnih borih pa ta znaša le 29 %. To je manj kot v pravem mediteranskem podnebjem z izrazitejšimi in daljšimi sušnimi ob-

dobji in manj padavinami, kjer so npr. za alepske bore v okolici Marseille izračunali (Munaut, 1982, v Hughes et al., 1982), da podnebje pojasnjuje skoraj 70 % variance prirastka.

Zaradi tanke prsti in prepustne matične osnove je kljub bolj vlažnemu podnebju na sušo občutljivo tudi drevje na prodnih terasah v osrednji Sloveniji. To kaže podoben odziv kot drevje v submediteranski Sloveniji, le da so zveze med debelinskim prirastkom in podnebnimi elementi manj trdne in glede na specifične lokalne rastiščne razmere tudi bolj variabilne. Pričakujemo, da so zveze bolj trdne na prodnih nanosih v vzhodni Sloveniji, kjer je padavin manj, vendar za te predele še nimamo ustreznih raziskav.

Neke vrste sušni stres smo ugotovili tudi na nekaterih rastiščih v območju zgornje gozdne meje z gorskim podnebjem, kjer sicer predstavljajo padavine v rastni dobi zavratalni dejavnik priraščanja, saj znižujejo temperature. Gre za rastišča na zelo strmih apnenčastih pobočjih s skromno prstjo in manjšo količino padavin v vzhodnih Karavankah in rastišča na škrapljastem visokogorskem krasu v Julijskih Alpah. Zanje je značilno, da padavine hitro odtečejo ali se zgubijo v kraško podzemlje, tanka in nesklenjena prst pa zadrži zelo malo vlage, zato drevesa kljub zelo vlažnemu podnebju pozitivno reagirajo na nadpovprečne poletne padavine.

Literatura:

1. Arhiv HMZ RS: Temperaturni in padavinski podatki za Kubed, Komen na Krasu, Brnik, Dom na Komni, Krvavec in Uršljo goro. Ljubljana.
2. Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., 1990: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer, Dordrecht, 391.
3. Dolinar-Lešnik, M., 1989: Vpliv suše na kmetijsko proizvodnjo. *Ujma* 3/1989, Ljubljana, 7–9.
4. Fritts, H.C. 1976: *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London, 567.
5. Gams, I., 1977: O zgornji gozdni meji na JV Koroškem. *Geografski zbornik XVI*, Ljubljana, 151–193.
6. Gams, I., 1999: Spremenljivi sezonski padavinski režim in njegov vpliv na suše in povodnji. *Ujma* 13/1999, Ljubljana, 195–198.
7. Hughes, M.K., Kelly, P.M., Pilcher, J.R., La Marche, V.C., 1982: *Climate from Tree Rings*. Cambridge, 210.
8. *Klimatogeografija Slovenije*, 1995: Padavine 1961–90. HMZ RS, Ljubljana, 46.
9. *Klimatografija Slovenije*, 1995: Temperatura zraka 1961–90. HMZ RS, Ljubljana, 41.
10. Levanič, T., 1996: Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih in vladajočih in sovladajočih jelk (*Abies alba Mill.*) v dinarski fitogeografski regiji. disertacija, Ljubljana, 163.
11. Lovrenčak, F., 1977: Zgornja gozdna meja v Kamniških Alpah v geografski luči. *Geografski zbornik* 1976, Ljubljana, 5–150.
12. Lovrenčak, F., 1987: Zgornja gozdna meja v Julijskih Alpah in na visokih kraških planotah Slovenije. *Geografski zbornik* 1986, Ljubljana, 5–58.
13. Matajč, I., 1991: Suša v kmetijstvu in namakanje. *Ujma* 5/1991, Ljubljana, 153–156.
14. Matajč, I., 1995: Kmetijska suša in namakanje v Prekmurju leta 1994. *Ujma* 9/1995, Ljubljana, 55–85.
15. Matajč, I., 1996: Vpliv sušnih in deževnih obdobij na pridelavo kmetijskih rastlin. *Ujma* 11/1996, Ljubljana, 138–142.
16. Munaut, A.V., 1982: *The Mediterranean Area – Introduction*. v: *Climate from Tree-Rings*. Cambridge.
17. Natek, K., 1987: Suša v Sloveniji. *Ujma* 1/1987, Ljubljana, str. 39–46.
18. Ogrin, D., 1991: Vpliv padavinskih in temperaturnih razmer na debelinski prirast dreves (na primeru treh pokrajinskih tipov v Sloveniji). *Geografski zbornik* 31, Ljubljana, 107–161.
19. Ogrin, D., 1992: Vpliv padavin in temperatur na debelinski prirast črnih borov in hrastov gradnov v Koprskem primorju in na Krasu. *Annales* 2/92, Koper, 15–24.
20. Ogrin, D., 1998: Dendrokronologija in dendroklimatologija Planine pri Jezeru. *Geografski vestnik* 70, Ljubljana, 59–73.
21. Ogrin, D., 1999: Klimatska pogojenost debelinskega prirastka dreves ob slovenskih visokogorskih alpskih jezerih. *Dela* 13, Oddelek za geografijo FF, Ljubljana, 89–102.
22. Plesnik, M., 1971: O vprašanju zgornje gozdne meje in vegetacijskih pasov v gorovjih JZ in SZ Slovenije. *Gozdarski vestnik* 43, Ljubljana.
23. Pristov J., 1994: Namočenosť in evapotranspiracija v Sloveniji. *Ujma* 8/1994, Ljubljana, 169–173.