

## VPLIV PADAVIN IN TEMPERATUR NA DEBELINSKI PRIRAST ČRNIH BOROV IN HRASTOV GRADNOV V KOPRSKEM PRIMORJU IN NA KRASU

Darko OGRIN

mag.geografije, Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Aškerčeva 12, 61000 Ljubljana, SLO  
mag. in geografia, Facoltà di Lettere e Filosofia di Lubiana, SLO

### IZVLEČEK

*Avtor je v prispevku analiziral odnos med širino letnic in padavinami ter temperaturami pri črnih borih in hrastih gradnih iz Koprškega primorja in Krasu. Ugotovil je, da je debelinski prirast večji, če v dobi rasti pade nadpovprečna količina padavin in če so temperature podpovprečne. Pomembno je, da je nadpovprečno namočena tudi jesen preteklega leta. V drugem delu predstavlja poskus rekonstrukcije padavin v rastni sezoni s pomočjo kronologije letnic hrasta gradna iz Topolovca (Slovenska Istra) in letne količine padavin s pomočjo kronologije črnih borov iz Komna na Krasu.*

### UVOD

Z zakonitostmi priraščanja dreves se ukvarja gozdarsko prirastoslovje (M.Kotar, 1986; V.Stamenkovič, 1974; P.R.Morey, 1974). Ožja veda, ki raziskuje odnose med klimo in drevesnim prirastkom (višinskim in debelinskim) v sedanosti in v preteklosti, pa je dendroklimatologija (H.C.Fritts, 1976; P.de Martin, 1970).

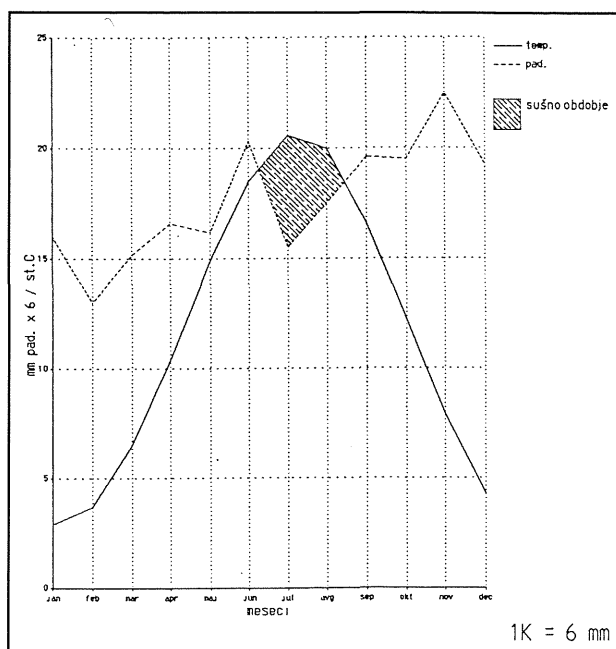
Rast drevja je proces, ki ga uravnavajo številni dejavniki. Genetična konstitucija dreves določa, kako bo potekala rast, vendar pa ta potek rasti modificira vpliv dejavnikov iz okolja. Naše domače drevesne vrste rastejo s podaljševanjem poganjkov (višinska rast) in z debelitvijo debla (kambijalni ali debelinski prirastek). Rast v višino je po mnenju M. Kotarja (1986, str.44,70) bolj odvisna od asimilacijskih pogojev prejšnjega leta, medtem ko je debelinski prirastek (širina letnic) bolj odvisen od klimatskih in prehrabnih pogojev v tekočem letu.

Klimatski signal, ki je zapisan v širini drevesnih letnic, ni enako jasno izražen na vseh rastiščih. Izrazitejši je na območjih, kjer je klima eden od odločilnih dejavnikov, ki pogojujejo prirast. V literaturi so opisani primeri dendroklimatoloških raziskav v aridnih in semiaridnih pokrajinah (H.C.Fritts, 1974; L.J.Graumlich, 1987), v Sredozemlju (A.Aloui, 1987, A.Berger - J. Guiot - L.Mathieu, 1979; F.Seue, 1973), ob zgornji gozdni meji in ob polarni gozdni meji (V.C.La Marche - C.W.Sto-

ckton, 1974; O.Haikkinen, 1985; K.J.Hansen-Bristow in drugi, 1988; H.C. Garfinken - L.B.Brubaker, 1980).

Podnebje Koprškega primorja in Krasu uvrščamo med najtoplejše v Sloveniji in ga označujemo za submediteransko. Po podatkih za meteorološko postajo Portorož (1974 - 1989) znaša povprečna letna temperatura v krajih ob morju 13.5°C, januarska 5.1°C, julijska pa 22.7°C. Na Krasu so ta povprečja nekoliko nižja. Komen (1955 - 1980) ima letno temperaturno povprečje 11.5°C, januarsko 2.7°C in julijsko 20.6°C. Letno pade v Koprskem primorju od 1000 do 1500 mm padavin (količina narašča od morja proti notranjosti), na Krasu pa do 1600 mm. V dobi rasti (april-september) pade približno polovica letne vsote.

Kljub navidezno zadostnim padavinam pa nastopi v poletnih mesecih - zaradi visokih temperatur, ki pospešujejo izhlapevanje - suša (vlažnostni deficit - slika 1), ki je na Krasu še potencirana zaradi kameninske zgradbe. Po Furlanu (1966) znaša v Kopru vlažnostni deficit (razlika med padavinami in potencialno evapotranspiracijo) v obdobju od maja do avgusta 590 mm. Zaradi visokih poletnih temperatur in vlažnostnega deficita v rastni sezoni smo predvidevali, da ta dva klimatska elementa bistveno vplivata na debelinski prirastek dreves v obeh submediteranskih pokrajinah.



1. Walter-Gaussonov klimadiagram za Kubaed

## METODOLOGIJA

Zgodovina dendroklimatoloških raziskovanj ima že stoletno tradicijo. V tem času so se razvili nekateri standardni postopki raziskovanja, ki so podrobneje opisani v tuji (H.C. Fritts, 1976; M.K. Hughes in ostali, 1982) in tudi v domači literaturi (D. Ogrin, 1989, 1989a). Tu povzemamo le bistvo posameznih postopkov.

Prvi postopek zahteva skrbno selekcijo rastišč, znotraj slednjih pa še selekcijo bolj homogenih lokacij vzorčenja. Izbirati moramo med drevesnimi vrstami, ki so prostorsko dovolj razširjene in imajo dobro vidne letnice. Med drevesi pa izbiramo taka, ki rastejo bolj na samem in so brez vidnih poškodb. V pokrajinah, ki ju obravnavamo, smo za najprimernejši vrsti določili črni bor (*Pinus nigra*) in hrast graden (*Quercus petraea*). Odločili smo se za 7 lokacij: štiri s črnimi bori (Bržanija, Socerb, Petrinje in Lipa-Komen) ter tri s hrasti gradni (Brdo, Plasa in Topolovec - slika 2). Lokacije Socerb, Petrinje, Plasa in Lipa-Komen se nahajajo na kraškem reliefu, druge pa so iz flišnega dela Koprškega primorja.

Pri borih smo večino vzorcev pridobili z vrtanjem z gozdarskim prirastnim svedrom. Z vsake lokacije smo dobili po 10 izvrtkov, razen iz Lipe-Komna, od koder smo analizirali 4 kolobarje. Skupno smo pri črnih borih raziskali 34 vzorcev. Ker smo bili pri hrastih vezani na posek dreves, je število analiziranih vzorcev manjše - le 8.

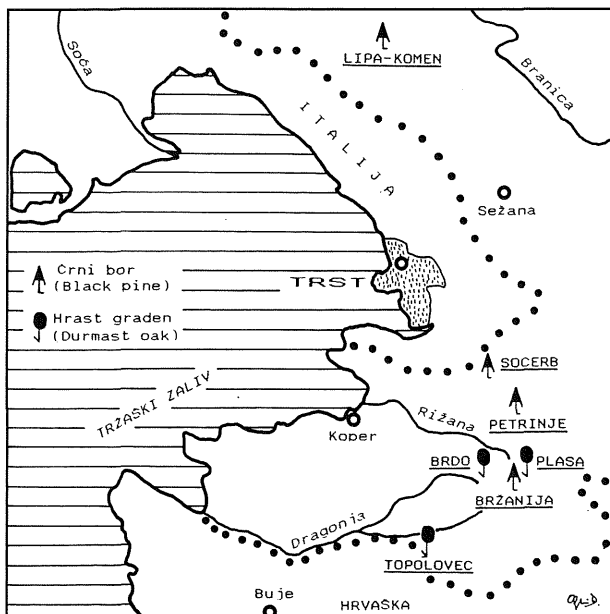
V nadaljevanju smo vsem vzorcem izmerili širino letnic na 1/100 mm natančno in sestavili kronologijo letnic - izmerjenim širinam letnic smo pripisali leta, v katerih so letnice nastale. Sledilo je t.i. "križno datiranje". Grafične predstavitve kronologij posameznih vzorcev iz

ene lokacije smo primerjali med seboj, ugotavljali variabilnost in sinhronost v priraščanju ter odstranjevali morebitne napake pri datiranju.

Širina drevesnih letnic ni odvisna samo od prehrabnih pogojev v obdobju rasti, ampak se spreminja tudi s starostjo dreves. Do kulminacije debelinskega prirastka, ki ga bori dosežejo med 8. in 12. letom, hrasti pa okoli 45. leta (V. Stamenković, 1974), širina letnic narašča, nato postopoma upada, dokler prirast ne preneha. Da bi odpravili vpliv starosti na širino letnic, smo izvedli t.i. "izravnavo". S pomočjo izračunavanja zaporednih drsečih sredin smo določili krivuljo biološkega poteka rasti. Od te krivulje do dejanskih prirastkov v posameznih letih, ki nihajo okoli nje v odvisnosti od pogojev v okolju, smo izračunali indekse. Indekse smo predstavili kot časovno serijo.

Iz posameznih kronologij, osvobojenih biološkega trenda rasti, smo nato izračunali povprečne kronologije za posamezne lokacije. Grafična primerjava vzorcev znotraj lokacij, kakor tudi med lokacijami, je pokazala, da med njimi obstaja velika sinhronost v priraščanju. Na podlagi te ugotovitve sta bili izdelani povprečni kronologiji za lokacije s črnimi bori in hrasti gradni.

V končni fazi smo obe povprečni kronologiji primerjali s klimatskimi podatki meteoroloških postaj. Ker odnosi med prirastkom in klimo niso funkcijski, ampak statistični, smo povezavo med širino letnic in temperaturami ter padavinami ugotavljali s pomočjo računanja korelacijskih koeficientov ( $r$ ). Pomembnost korelacijske zveze smo ugotavljali s pomočjo  $t$ -testa, oziroma smo kot pokazatelj vsaj določene stopnje povezanosti upoštevali korelacijske koeficiente, ki so bili večji (manjši) od  $\pm 0,20$ .



2. Položaj lokacij vzorčenja

Tabela 1: Pregled podatkov o lokacijah vzorčenja

Lokacija	Nadmorska višina	Lega	Naklon površja	Matična podlaga	Tip prsti	Globina prsti	Tekstura	Grobi pesek	Melj	Glina	Drobni pesek
Bržanija	210 m	JZ pobočje	10-16 st.	lapor	-	-	-	-	-	-	-
Socerb	390 m	planota	0 st.	apnenec	rendzina	9-13 cm	ilovnata glina	6.04%	21.7%	44.5%	27.76%
Petrinje	410 m	planota	0 st.	apnenec	rendzina	4-14 cm	ilovnata glina	6.03%	21.3%	29.6%	43.70%
Lipa	560 m	JV pobočje		apnenec	rendzina	-	-	-	-	-	-
Komen	315 m	JV pobočje		apnenec	rjava pokarb.	-	-	-	-	-	-

## VPLIV PADAVIN IN TEMPERATUR NA ŠIRINO LETNIC ČRNIH BOROV

### Oris lokacij vzorčenja

#### Bržanija

Lokacijo Bržanija smo poimenovali po pokrajini, ki se spušča izpod kraškega roba (Stene) v dolino Rižane oz. Osapske reke. Tu smo na približno 10 -16 stopinj strmeh, prisojmem, lapornatem pobočju pri vasi Bezovica (n.v. 210 m) izbrali za analizo 10 dreves črnega bora. Nasad črnega bora, iz katerega smo izbirali vzorce, je nastal na nekdanjem erozijskem žarišču, ki so ga pogozdili pred 90 leti. Nad lapornato osnovo se je v omenjenem času nabrala 5-10 cm debela plast slabo preperelih iglic - prave prsti tu ni. Drevesa, iz katerih smo dobili izvrtke, so bila stara okoli 60 let in so dosegla višino 10 - 15 m. Kronologija za to lokacijo je dolga 50 let (1938 - 1988).

#### Socerb

Lokacija Socerb je na Podgorsko-socerbskem krasu, ob socerbskem gradu, na nadmorski višini 390 m. Vzorce smo vzeli iz črnih borov, ki rastejo posamično ali v manjših skupinah tik ob robu planote. Tla so plitva. Deset meritev v obsegu drevesnih korenin je pokazalo, da se je na apnenčasti osnovi razvila 9 do 13 cm globoka, ilovnata glinena, nesklenjena rendzina. Drevesa ob socerbskem gradu so enako visoka kot v Bržaniji, stara pa 50 do 60 let. Kronologija širin letnic je dolga 38 let (1950 - 1988).

#### Petrinje

V podobnih rastiščnih razmerah kakor črni bori iz Socerba rastejo tudi črni bori na lokaciji Petrinje, ki leži nekoliko višje (410 m) in je pomaknjena bolj v notranjost planote. Petrinjski bori so starejši (60 - 70 let) in višji (15 - 18 m) od socerbskih. Kronologijo letnic za to lokacijo smo sestavili za obdobje 1946 - 1988, to je, za 42 let.

#### Lipa - Komen

Na lokacijah Bržanija, Socerb in Petrinje smo analizirali izvrtke. Iz okolice Lipe in Komna na Krasu pa smo dobili po dva kolobarja črnega bora. Kolobarja iz okolice Komna sta iz borovih dreves, ki so rasla na jugovzhodnem pobočju hriba, na nadmorski višini okoli 315 m. Po podatkih Zavoda za pogozdovanje in melioracijo Krasa iz Sežane so se tu na apnenčasti podlagi razvila

rjava pokarbonatna tla. Kolobarja sta iz umetno zasajene sestoja, starega okoli 85 let.

Kolobarja iz okolice Lipe sta z jugovzhodnega pobočja Trstelja, v nadmorski višini okoli 560 m. Matična osnova je tudi tu apnenec, na njej pa se je razvila rendzina. Črna bora iz Lipe sta nekoliko mlajša od sosednjih iz Komna. Mlajši ima 55, starejši pa nekaj nad 60 let. Iz vseh štirih kolobarjev smo sestavili povprečno kronologijo, dolgo 38 let.

### Rezultati korelacijske analize

Odnose med padavinskimi in temperaturnimi razmerami ter širino letnic prikazujejo koeficienti korelacije (r). Širino letnic smo primerjali s podatki o temperaturah in padavinah v 18- mesečnem obdobju, od maja v pretekli vegetacijski sezoni do oktobra tekoče sezone, ko se rast v glavnem zaključí. Primerjavo smo opravili po mesecih in letnih časih, za vegetacijsko sezono (obdobje od aprila do vključno septembra) in po letih.

Za proučevanje vpliva klimatskih razmer v pretekli vegetacijski sezoni in v dobi mirovanja neposredno po njej smo se odločili zato, ker je debelinski prirastek v tekoči sezoni odvisen tudi od pogojev priraščanja v prejšnji, kakor tudi od samega poteka mirovanja.

Povprečna kronologija, ki smo jo izdelali za vse štiri lokacije s črnimi bori, je dolga 38 let (1951 - 1988). Primerjali smo jo s podatki meteorološke postaje Komen. Bližnja meteorološka postaja, vsaj za lokacije Bržanija, Socerb in Petrinje, je sicer Kubed, vendar so bili rezultati za te tri lokacije v odnosu s podatki za Kubed že predstavljeni (D.Ogrin, 1989). Komen smo v tem primeru izbrali tudi zato, ker je lokacija Lipa-Komen, ki je vsebovana v skupni kronologiji, prikazala močnejše odnose s klimo od drugih treh lokacij. Kljub temu pa se rezultati, ki so bili dobljeni s pomočjo podatkov meteorološke postaje Komen, bistveno ne razlikujejo od tistih, ki smo jih dobili s pomočjo postaje Kubed, le zveze so v primeru Komna močnejše.

V dobi mirovanja (pozimi) in na začetku vegetiranja (spomladi) višje temperature od povprečja stimulirajo prirast (zima  $r = 0,4970 / 0,05$ ; pomlad  $r = 0,2846 / NS$ ; marec  $r = 0,5544 / 0,01$ ). Povprečna zimska temperatura je v Komnu  $3,4^{\circ}\text{C}$  (1955-1980), spomladanska pa  $10,8^{\circ}\text{C}$  (1955-1980), kar je po Frittsu (1976, str. 165) pod optimalno temperaturo za fotosintezo, ki je za drevesne vrste iz zmernege pasu od  $15$  do  $20^{\circ}\text{C}$ . V drugih mesecih in

Tabela 2: ČRNI BORI - rezultati korelacijske analize

		padavine				temperature			
		N	r	t	p	N	r	t	p
PRETEKLO LETO	Maj	37	-0.4613	-3.070	0.01	29	0.2468	1.323	NS
	Jun	37	0.0104	0.061	NS	29	-0.0045	-0.020	NS
	Jul	37	0.0601	0.356	NS	29	-0.1294	-0.670	NS
	Avg	37	0.0661	0.392	NS	29	0.0113	0.058	NS
	Sep	37	-0.1349	-0.800	NS	29	-0.2890	-1.560	NS
	Okt	37	0.2509	1.533	NS	29	-0.2976	-1.610	NS
	Nov	37	0.1030	0.613	NS	29	-0.3535	-1.960	0.1
	Dec	37	0.2491	1.522	NS	29	0.0838	0.437	NS
TEKOČE LETO	Jan	38	-0.0728	-0.430	NS	30	0.1780	0.957	NS
	Feb	38	0.0141	0.084	NS	30	0.2554	1.398	NS
	Mar	38	-0.1184	-0.710	NS	30	0.5544	3.525	0.01
	Apr	38	-0.0676	-0.400	NS	30	-0.0049	-0.020	NS
	Maj	38	0.1532	0.930	NS	30	-0.3671	-2.080	0.05
	Jun	38	0.1741	1.060	NS	30	-0.0255	-0.130	NS
	Jul	38	0.2972	1.868	0.1	30	-0.3234	-1.800	0.1
	Avg	38	-0.0469	-0.280	NS	30	-0.3694	-2.100	0.05
	Sep	38	0.3881	2.526	0.05	30	-0.2342	-1.270	NS
	Okt	38	0.2241	1.380	NS	30	-0.3143	-1.750	0.1
	Zima	29	0.2177	1.159	NS	25	0.4970	2.747	0.05
	Pomlad	30	-0.0675	-0.350	NS	26	0.2846	1.454	NS
	Poletje	30	0.3225	1.803	0.1	26	-0.3880	-2.060	0.1
	Jesen	30	0.1941	1.047	NS	26	-0.2841	-1.450	NS
	Veg.doba	38	0.3713	2.399	0.05	30	-0.4829	-2.910	0.01
	Leto	38	0.3413	2.179	0.05	30	0.0257	0.136	NS

N - število r - korelacijski koeficient t - t-test p - nivo pomembnosti

letnih časih višje temperature zavirajo prirast. Izrazit je negativen pomen nadpovprečno visokih temperatur poleti ( $r = -0,388 / 0,1$ ) in v vegetacijski dobi ( $r = -0,4829 / 0,01$ ). Povprečne poletne temperature se v Komnu gibljejo okoli  $19,8^{\circ}\text{C}$ , v vegetacijski dobi pa okoli  $16,3^{\circ}\text{C}$  (1955-1980). V tem času povzročajo višje temperature visoko evapotranspiracijo, kar rastline zaradi pomanjkanja talne vlage občutijo kot sušo.

Po D. Plutu (1981) je v Kubedu in na Kozini potencialna evapotranspiracija višja od povprečne količine padavin v juliju in avgustu, v Kopru pa je to obdobje daljše in traja od maja do avgusta. Kot faktor sušnosti pa niso upoštewane talne in kamninske razmere, ki na kraškem svetu sušnost še pospešujejo.

Višje temperature v jeseni preteklega leta (september  $r = -0,289 / \text{NS}$ ; oktober  $r = -0,2976 / \text{NS}$ ; november  $r = -0,3535 / 0,1$ ) so neugodne za prirast. H. C. Fritts (1976, str. 396) razlaga ta pojav na dva načina. Prvič, da višje temperature od normalnih v jeseni lahko podaljšajo rast tkiv, ki porabijo zaloge hrane, namenjene rasti v naslednji pomladi. In drugič, višje temperature v jeseni odložijo pripravo lesa na zimo. To poveča občutljivost tkiv na poškodbe zaradi mraza in negativno učinkuje na prirastek v naslednji rastni sezoni.

Pri vplivu padavinskih razmer je slika bolj enostavna. Ob strani puščamo statistično pomemben korelacijski

koeficient za maj v pretekli sezoni ( $r = -0,4613 / 0,01$ ). Vsi ostali statistično pomembni koeficienti so pozitivni in se nanašajo na padavinske razmere v vegetacijski dobi (julij  $r = 0,2972 / 0,1$ ; september  $r = 0,3881 / 0,05$ ; poletje  $r = 0,3225 / 0,1$ ; vegetacijska doba  $r = 0,3713 / 0,05$ ). Statistično pomemben je tudi r za letno vsoto padavin ( $r = 0,3413 / 0,05$ ), kar pomeni, da črni bori s Krasa v letih z nadpovprečno količino padavin (v obdobju 1951-1980 je povprečje za Komen 1666 mm) tvorijo tudi širše letnice. Isto lahko trdimo tudi za padavine poleti in v celotni vegetacijski dobi.

Potreba po višji količini padavin na Krasu ni toliko povezana z nizkimi količinami padavin, saj jih je v Komnu več kot 1500 mm letno - v vegetacijski dobi čez 800 mm, poletje pa je za jesenjo s 412 mm padavin (1951-1980) drugi najbolj namočeni letni čas. Ta potreba je bolj povezana s kraškim značajem površja in tanko odejo prsti, ki zadrži le malo vlage. Mala retenzijska sposobnost prsti in relativno visoke temperature poleti (povprečje 1955-1980 je  $19,8^{\circ}\text{C}$ ) sušnost še pospešujejo, zaradi česar rastline doživijo v rastni sezoni večkrat "sušni stres".

"Odzivna funkcija" (slika 3), ki prikazuje odvisnost širine letnic od obeh opazovanih klimatskih elementov, priča, da so za bore s Krasa za prirast ugodna leta, v katerih je jesen prejšnjega leta nekoliko hladnejša in bolj

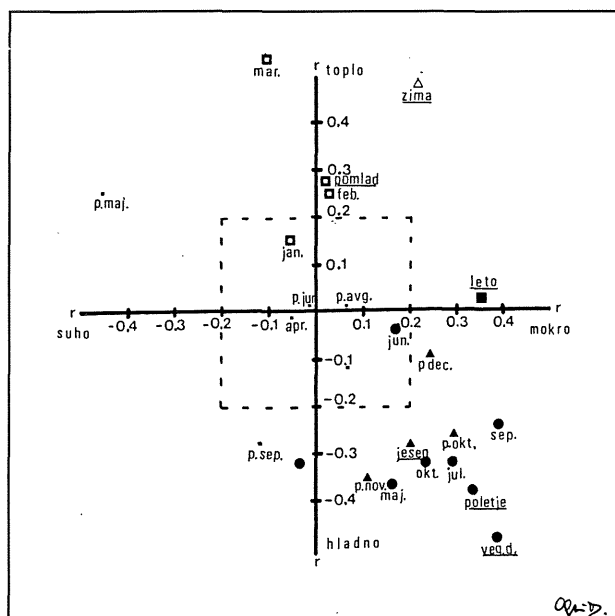
Tabela 3: Pregled podatkov o lokacijah vzorčenja

Lokacija	Nadmorska višina	Lega	Naklon površja	Matična podlaga	Tip prsti	Globina prsti	Tekstura	Grobi pesek	Melj	Glina	Drobni pesek
Brdo	260 m	vrh slemena	0-3 st.	peščenjak	karb.renzina	17-33 cm	meljasta ilov.	5.45%	51.4%	8.1%	35.05
Plasa	320 m	JZ pobočje	3-5 st.	apnenec	renzina	17-30 cm	glina	4.86%	24.4%	59.5%	11.24%
Topolovec	410 m	SZ pobočje	7-10 st.	peščenjak	antropogena tla	-	-	-	-	-	-

namočena od običajnih, zima in pomlad pa morata biti predvsem topli. Poletje in celotna vegetacijska sezona pa morata biti hladnejša in bolj namočena od povprečja.

Da bi dobili skupen vpliv padavinskih in temperaturnih razmer na širino letnic poleti oz. v celotni vegetacijski sezoni, smo izračunali koeficiente multiple korelacije. Za poletje znaša 0,437. To pomeni, da lahko 19% variance prirastka pojasnimo s padavinami in temperaturami poleti. Za celotno vegetacijsko sezono pa je ta koeficient večji (kar 0,5363) oziroma skoraj 29% variance prirastka je pojasnjeno s padavinami in temperaturami v vegetacijski dobi.

V bolj aridnih pokrajinah so ti koeficienti višji. Za alepske bore (*Pinus halepensis*) iz okolice Marseilla v južni Franciji so izračunali, da klima pojasnjuje 68% variance prirastka, za zahodne rumene bore (*Pinus ponderosa*) iz aridnega zahodnega dela ZDA pa kar 87% (H. C. Fritts, 1976, str. 380). Za rast alepskih borov so pomembne nadpovprečne padavine v vseh letnih časih, pomen temperatur pa je manjši kot pri nas na Krasu. Bori iz aridnih predelov ZDA tvorijo širše letnice v letih, ko so jesen preteklega leta, zima in pomlad vlažnejši od povprečja, ko sta poletje in zgodnja pomlad hladnejši, april pa toplejši od povprečja (H. C. Fritts, 1976, str. 379).



3. Odzivna funkcija za črne bore

## VPLIV PADAVIN IN TEMPERATUR NA ŠIRINO LETNIC HRASTOV GRADNOV

### Oris lokacij vzorčenja

#### Brdo

Brda imenujejo domačini v zgornjem delu Rižanske doline flišne osamelce nad levim in desnim bregom Rižane nasproti Bržaniji. Z globokimi hudourniški dolinami so ločena od drugega, bolj sklenjenega flišnega sveta. V preteklosti so bila Brda pašniške površine vasi na Bregu, po katerih nosijo tudi imena (npr. Hrastovelsko Brdo, Loško Brdo ipd.). Po drugi svetovni vojni pa so se večinoma zarasla. Z enega od njih, Bezoviškega brda (n.v. 260 m), smo dobili 5 kolobarjev hrasta gradna (*Quercus petraea*).

Karbonatna rendzina je po D. Stepančiču (1974) na strmih pobočjih Brd zaradi paše v preteklosti in erozije nesklenjena. Pogosto moli na površje proti preperevanju bolj odporni flišni peščenjak. Na temenih Brd je profil prsti globji (na Bezoviškem Brdu smo namerili od 17 do 33 cm). Prst na Bezoviškem Brdu je meljasta ilovica.

Gradni z vrha Brda so ob poseku dosegli starost 35-40 let. Iz njih smo sestavili 34 let (1955 - 1988) dolgo kronologijo indeksov širin letnic.

#### Plasa

Lokacija Plasa leži na Podgorskem krasu, nad prvim sistemom apnenčastih stopenj nad Rižansko dolino. Dobili smo dva kolobarja hrasta gradna, ki sta rasla na n.v.320 m, na rahlo nagnjenem, skalovitem pobočju. V žepih med skalami je prst globoka 17 do 30 cm in je precej humusna in glinasta. Ob poseku sta bila hrasta stara 43 let. Tako dolga je tudi kronologija.

#### Topolovec

Iz vasi Topolovec v notranjosti Slovenske Istre smo dobili 97 let star kolobar hrasta gradna. Hrast je rasel na samem, na robu terasiranega travnika, v nadmorski višini okoli 410 m. Terasse v bližini posekanega hrasta so bile v preteklosti intenzivneje obdelane (njive), kar je kljub zaraščanju še danes vidno. Matična osnova je flišni peščenjak.

### Rezultati korelacijske analize

Skupna kronologija, ki smo jo sestavili za hraste gradne je dolga 31 let (1955 - 1985). Primerjali smo jo s podatki meteorološke postaje Kubed (n.v. 262 m).

Rezultati kažejo na podobno odzivnost kakor pri črnih borih, le da je pri hrastih odzivnost na padavinske razmere močnejša. Nadpovprečna količina padavin deluje v vseh letnih časih stimulatивно na prirast. Če vpliv padavin uredimo po pomembnosti, potem so za prirast najpomembnejše padavine v vegetacijski dobi ( $r = 0,6654 / 0,001$ ), znotraj nje pa višja količina padavin v poletnih mesecih (poletje  $r = 0,5592 / 0,01$ ; julij  $r = 0,3372 / 0,1$ ; avgust  $r = 0,5002 / 0,01$ ; september  $r = 0,2893 / NS$ ). Podobno kot za bore je pomembno, da je nadpovprečno namočena tudi jesen preteklega leta (oktober  $r = 0,3193 / 0,1$ ; november  $r = 0,2207 / NS$ ; december  $r = 0,2956 / 0,1$ ). Blizu statistične pomembnosti sta tudi korelacijska koeficienta za padavine spomladi ( $r = 0,2549 / NS$ ) in za letoletno vsoto padavin ( $r = 0,2898 / NS$ ).

Zveza med padavinami in širino letnic je tudi v tem primeru premo sorazmerna. Nadpovprečna količina padavin (v Kubedu pade letno okoli 1300 mm padavin, od tega v vegetacijski dobi okoli 660 mm, poleti okoli 340 mm, v jeseni pa okoli 370 mm - 1951-1980) pomeni višjo talno vlažnost, kar zmanjšuje "sušni stres", ki v letih s podpovprečno količino padavin omejuje fiziološke procese, ki vplivajo na rast (H. C. Fritts, 1976, str. 397).

V primerjavi z bori imajo pri hrastih temperaturne razmere manj pomembno vlogo. Še najpomembnejše so temperaturne razmere pozimi. Višje temperature v tem letnem času, zlasti pa februarja, vplivajo negativno na prirast (zima  $r = -0,303 / NS$ ; februar  $r = -0,3371 / 0,1$ ). To je v nasprotju z bori, pri katerih imajo višje zimske temperature pozitiven učinek na prirast v rastni sezoni.

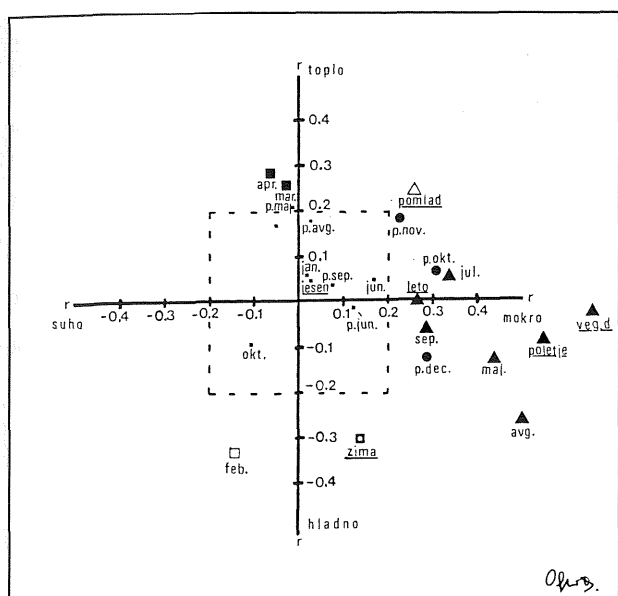
Ena od možnih razlag za ta pojav je, da je zima v Koprskem primorju eden od letnih časov, v katerem pade najmanj padavin (v Kubedu je za pomladjo z 292 mm padavin drugi najbolj sušen letni čas z 295 mm; poleti jih je npr. 337 mm. Februar pa je bil z 79 mm padavin v obdobju 1951 - 1989 sploh najbolj sušen mesec. Višje temperature v tem letnem času potemtakem povečujejo evapotranspiracijo, kar ob pomanjkanju talne vlage vodi k "sušnemu stresu". Po drugi razlagi H. C. Frittsa (1976, str. 396) pa lahko višje temperature neposredno vplivajo na povečano respiracijo, ki povzroči, da rastlina že v zimskem času porabi del zalog hrane, kar se kasneje kaže v zmanjšanem prirastku.

Blizu statistične pomembnosti so korelacijski koeficienti za temperature spomladi (marec  $r = 0,2739 / NS$ ; april  $r = 0,2865 / NS$ ; pomlad  $r = 0,2485 / NS$ ). Nadpovprečno topla pomlad pomeni večji debelinski prirastek (širše letnice), ker se zaradi višjih temperatur prej začne

Tabela 4: HRASTI GRADNI - rezultati korelacijske analize

		padavine				temperature			
		N	r	t	p	N	r	t	p
PRETEKLO LETO	Maj	31	-0.0148	-0.070	NS	31	0.2170	1.197	NS
	Jun	31	0.1200	0.651	NS	31	-0.0196	-0.100	NS
	Jul	31	-0.0513	-0.270	NS	31	0.1726	0.943	NS
	Avg	31	0.0326	0.175	NS	31	0.1864	1.021	NS
	Sep	31	0.0801	0.432	NS	31	0.0457	0.246	NS
	Okt	31	0.3193	1.814	0.1	31	0.0603	0.325	NS
	Nov	31	0.2207	1.218	NS	31	0.1976	1.085	NS
	Dec	31	0.2956	1.666	0.1	31	-0.1466	-0.790	NS
TEKOČE LETO	Jan	31	0.0236	0.127	NS	31	0.0629	0.339	NS
	Feb	31	-0.1637	-0.890	NS	31	-0.3371	-1.920	0.1
	Mar	31	-0.0043	-0.020	NS	31	0.2739	1.5434	NS
	Apr	31	-0.0669	-0.360	NS	31	0.2865	1.610	NS
	Maj	31	0.4497	2.711	0.05	31	-0.1401	-0.760	NS
	Jun	31	0.1721	0.941	NS	31	0.0576	0.310	NS
	Jul	31	0.3372	1.928	0.1	31	0.0641	0.346	NS
	Avg	31	0.5002	3.111	0.01	31	-0.2752	-1.540	NS
	Sep	31	0.2893	1.627	NS	31	-0.0787	-0.420	NS
	Okt	31	-0.1168	-0.630	NS	31	-0.1071	-0.570	NS
	Zima	26	0.1397	0.691	NS	26	-0.3030	-1.550	NS
	Pomlad	26	0.2549	1.291	NS	26	0.2485	1.256	NS
	Poletje	26	0.5592	3.305	0.01	26	-0.0817	-0.400	NS
	Jesen	26	0.0262	0.128	NS	26	0.0665	0.326	NS
	Veg.doba	31	0.6654	4.801	0.001	31	-0.0169	-0.090	NS
	Leto	31	0.2898	1.631	NS	31	-0.0134	-0.070	NS

N - število r - korelacijski koeficient t - t-test p - nivo pomembnosti



#### 4. Odzivna funkcija za hraste gradne

vegetacijska doba. Tridesetletno pomladansko temperaturno povprečje je v Kubeđu  $10,6^{\circ}\text{C}$ , marčevsko  $6,4^{\circ}\text{C}$ , aprilsko pa  $10,5^{\circ}\text{C}$ , torej pod  $15^{\circ}\text{C}$ , ki jih H.C. Fritts (1976, str. 170) postavlja kot spodnjo optimalno mejo za fotosintezo.

Nadpovprečno toplo poletje pri hrastih nima izrazitega negativnega pomena. Še najbližje statistični pomembnosti je korelacijski koeficient za avgustovske temperature ( $r = -0.2752 / \text{NS}$ ).

Na podlagi vzorca osmih dreves lahko sklepamo, da so za prirast hrastov v Slovenski Istri pomembne predvsem padavinske razmere. Višja količina padavin pomeni večji prirastek. Še posebej to velja za padavine v vegetacijski dobi, s katerimi lahko pojasnimo kar 44% variance prirastka.

#### POSKUS REKONSTRUKCIJE KLIMATSKIH RAZMER V PRETEKLOSTI S POMOČJO DREVESNIH LETNIC

Eden od ciljev, ki si ga pogostokrat zastavijo dendroklimatološke raziskave, je tudi rekonstrukcija klimatskih razmer s pomočjo širine letnic v t.i. "predinstrumentalnem obdobju", to je, v času, za katerega še nimamo meteoroloških meritev. Pogoja za uspešno izvedbo rekonstrukcije sta predvsem dva. Prvi: na razpolago moramo imeti dovolj dolge kronologije letnic, pridobljene na območjih, ki so za drevje klimatsko občutljiva, in drugi: zveze med širino letnic in klimo morajo biti trdne in jasne.

Dovolj dolge kronologije, ki segajo več stoletij v preteklost, lahko dobimo na dva načina: s pomočjo izvrtkov (kolobarjev) iz rastočih in zelo starih dreves ali pa tako, da kronologijo sestavimo s pomočjo še rastočih dreves ali dreves, ki so bila v bližnji ali daljni preteklosti uporab-

ljena kot gradbeni material (tramovi, podporni stebri), in morda s pomočjo subfosilnih in fosilnih dreves. Sledimo principu, ki ga prikazuje slika 5. Tako "zlaganje" večstoletnih kronologij je možno le v primeru, če ves material izhaja iz rastišč z enakimi ali podobnimi klimatskimi in drugimi pogoji, ki vplivajo na rast. V Evropi so na podoben način sestavili kronologije, ki segajo v prvo tisočletje pr.n. štetjem (D.Eckstein, 1982, str.145).

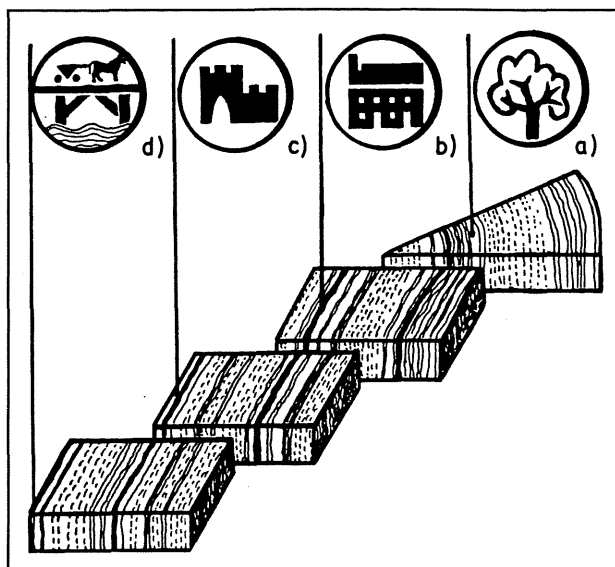
Metodologija rekonstrukcij temelji na primerjavi razmerij med rastjo in klimo v sedanosti in na prenosu teh spoznanj v preteklost. Za rekonstrukcijo je idealno, če na prirast vpliva čim manjše število klimatskih elementov in če je s klimo pojasnjeno 70 - 80% variance prirastka. Običajno je ta odstotek precej nižji, zato rekonstrukcije niso absolutno zanesljive in jih moramo preveriti in dopolniti (M.K.Hughes in ostali, 1982, str.159)

Postopek rekonstrukcije je v prvi fazi enak postopkom, ki smo jih uporabili pri odkrivanju zvez med širino letnic in klimo. Po opravljenih meritvah sestavimo kronologijo širin drevesnih letnic in če imamo možnost, izvedemo tudi križno datiranje. Kronologijo, osvobodimo biološkega trenda, nato še primerno zgladimo. S tem se znebimo kratkoročnih variacij, do večjega izraza pa pridejo srednjeročne in dolgoročne spremembe. V naslednji fazi izračunamo odklone (v %), kjer nam pozitivna vrednost odklonov pomeni leta oz. obdobja, ko je bila širina letnic nadpovprečna, negativni odkloni pa leta (obdobja) s podpovprečnim priraščanjem. Če smo poprej ugotovili tesno in jasno zvezo med klimo in širino letnic, pomenijo ti odkloni istočasno tudi nihanja klimatskih pogojev v okolju. Tako dobljeno rekonstrukcijo pa moramo obvezno preveriti (verificirati) s pomočjo podatkov meteoroloških postaj, rekonstrukcij, narejenih z drugimi metodami, in s pomočjo podatkov iz zgodovinskih virov. Možnost napak je namreč velika, še zlasti, če je rekonstrukcija narejena s pomočjo samo enega ali nekaj vzorcev in če nismo opravili križnega datiranja.

V prispevku predstavljamo dve rekonstrukciji, ki sta bili narejeni s pomočjo hrasta gradna iz Topolovca (Slovenska Istra) in kronologije, sestavljene iz dveh kolobarjev črnih borov iz Komna na Krasu. Kronologiji sta dolgi 97 oz. 84 let, torej segata v obdobje, za katerega imamo na razpolago klimatske podatke tudi iz naše bližine (za Trst od leta 1850, za Koper in Kubeđ od leta 1925 dalje). Stega vidika sta rekonstrukciji nepotrebni, imata pa svojo metodološko vrednost, zato ju tudi objavljamo.

#### Rekonstrukcija padavinskih razmer v vegetacijski dobi s pomočjo hrasta gradna iz Topolovca

Podrobnejše rastiščne razmere, v katerih je rasel ta hrast, smo opisali v prejšnjih poglavjih. Najtesnejšo zvezo smo izračunali za primerjavo med širino letnic in padavinami v vegetacijski dobi ( $r = 0.4466 / 0.01$ ), kar pomeni, da lahko s to zvezo pojasnimo 20% variance debelinskega prirastka. Ker imamo za večji del obdobja,



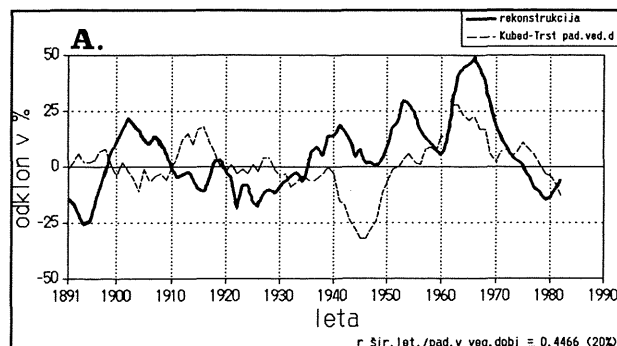
### 5. Princip sestavljanja kronologije (po M.G.I.Baille - J.R.Pilcher, 1976, s.424)

- a) s pomočjo rastočih dreves
- b) s pomočjo gradbenega lesa uporabljenega v bližnji preteklosti
- c), d) s počjo gradbenega lesa uporabljenega v daljni preteklosti

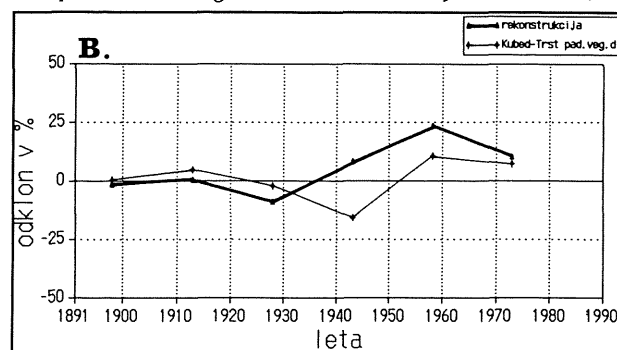
v katerem je drevo rastle (1888 - 1985), tudi meritve za bližnjo meteorološko postajo Kubed (padavinski niz se začne z letom 1925), so nam padavinski podatki za to postajo služili kot verifikacija za dobljeno rekonstrukcijo. Za obdobje 1888 - 1925 pa smo rekonstrukcijo preverjali s pomočjo podatkov meteorološke postaje Trst, ki ima podoben padavinski režim kot Kubed.

Krivulji, ki predstavljata rekonstruiran potek padavin v vegetacijski dobi in potek padavin v dobi rasti po podatkih meteorološke postaje Kubed oz. Trst, nimata posebej skladnega poteka, kar je razumljivo, saj korelacija med širino letnic in padavinami v vegetacijski dobi ni posebej visoka (slika 6). Rekonstrukcija nam kaže, da je bila količina padavin v vegetacijski dobi (april - september) večino obdobja nadpovprečna. Po rekonstrukciji so bile padavine podpovprečne le pred letom 1900, med leti 1920 in 1935 in po letu 1975. Še zlasti izstopajo viški padavin med leti 1965 - 1970, okoli leta 1955, 1903 in okoli leta 1942.

Primerjava rekonstrukcije s klimatskimi podatki pokaže, da je bilo obdobje z nadpovprečno količino padavin 1935 - 1975 nekoliko krajše, saj se začne z letom 1935 in konča z letom 1978. Pred tem pa imamo od leta 1929 do leta 1950 obdobje s podpovprečno namočeno vegetacijsko sezono. Še zlasti je bilo malo padavin med leti 1943 in 1948. Ta nižek se pokriva z "nižkom", dobljenim s pomočjo rekonstrukcije, ko rekonstruirana količina padavin pade na povprečje.



6. Topolovec (hrast graden) - rekonstrukcija in verifikacija



7. Topolovec (hrast graden) - rekonstrukcija in verifikacija (15-letna zaporedna povprečja)

Pred letom 1929 sta, po podatkih za Trst, še dve obdobji z nadpovprečno količino padavin v vegetacijski sezoni: 1910 - 1920 in 1891 - 1898, med obema pa je obdobje s podpovprečno količino padavin. Vsa tri obdobja se s potekom rekonstruiranih padavin ne ujemajo.

Drugi "nižek", v okviru dolgega obdobja z nadpovprečno količino padavin v vegetacijski dobi okoli leta 1960, ki smo ga dobili s pomočjo rekonstrukcije, nima podlage v dejanskih padavinskih razmerah. Očitno je upad debelinskega prirastka v tem času pogojen z nepadavinskimi dejavniki. Pač pa sovpadata rekonstruirani in dejanski višek padavin okrog leta 1965.

Večje sovpadanje obeh krivulj dobimo, če krivulji še naprej "gladimo". S tem namenom smo izračunali 15-letna zaporedna povprečja (slika 7). V tem primeru lahko s pomočjo obeh krivulj določimo splošen trend naraščanja padavin v dobi rasti od 30-tih let 20.stoletja (po rekonstrukciji) - oziroma 40-tih let (po podatkih za Trst in Kubed) - do konca 50-tih let, ko dosežejo padavine višek. V 60-tih in 70-tih letih pa začne količina padavin upadati.

### Rekonstrukcija letne količine padavin s pomočjo črnih borov iz Komna na Krasu

Za črne bore s Krasa smo ugotovili, da obstaja velika odvisnost debelinskega prirastka od padavinskih in temperaturnih razmer. Širše letnice nastanejo v letih, ki so nadpovprečno namočena in ki imajo podpovprečne temperature v vegetacijski dobi. Najtrdnjšo zvezo pa

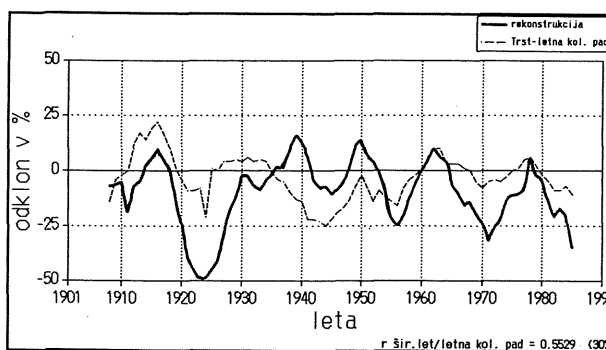


smo dobili pri primerjavi širine letnic z letno količino padavin ( $r = 0.5529 / 0.001$ ), kar pomeni, da lahko 30% variance prirastka pojasnimo s to povezavo. To zvezo smo uporabili tudi za poskus rekonstrukcije poteka letne količine padavin.

**Tabela 5: Obdobja z nadpovprečno in podpovprečno količino padavin med leti 1908 in 1985 po podatkih meteorološke postaje Trst in po rekonstrukciji (7-letne drseče sredine)**

	TRST	REKONSTRUKCIJA
NAD POV.	1912 - 1918	1914 - 1917
	1927 - 1934	
	1961 - 1966	1961 - 1964
	1976 - 1979	1978
POD POV.	- 1910	- 1913
	1920 - 1924	1919 - 1935
	1935 - 1959	1942 - 1947
	1969 - 1974	1965 - 1977
	1980 -	1979 -

Za rekonstrukcijo smo uporabili kronologijo indeksov širin drevesnih letnic, ki smo jo sestavili iz dveh kolobarjev črnega bora iz okolice Komna. Osnovna kronologija je dolga 84 let in zajema obdobje od leta 1905 do leta 1988. Za verifikacijo opravljene rekonstrukcije smo uporabili podatke o letni količini padavin z meteorološke postaje Trst.



### 8. Komen (črni bori) - rekonstrukcija in verifikacija

V primerjavi z rekonstrukcijo iz Topolovca kažeta krivulji rekonstrukcije in klimatskih podatkov za črne bore bore iz Komna (slika 8) večje sovpadanje, kar je posledica za 10% višjega deleža pojasnjene variance. Od 10-tih menjajočih se obdobj z višjimi oz. nižjimi količinami padavin jih sovpada kar 9. Kljub temu pa bi samo s pomočjo rekonstrukcije padavinskih razmer na podlagi širine drevesnih letnic v našem primeru težko natančno določili obdobja z nadpovprečno in podpovprečno letno količino padavin. V tem primeru se ujema samo šest nihajev. Za večjo tovrstno natančnost bi potrebovali višji delež pojasnjene variance.

## RIASSUNTO

Nel contributo viene trattato il rapporto tra la larghezza degli anelli e la temperatura e le precipitazioni per il Pino nero e la Quercia nel Litorale capodistriano e sul Carso. Per constatare il legame abbiamo usato il metodo dendroclimatologico. L'esame di 34 esemplari di pino nero ha dimostrato che la larghezza degli anelli dipende dalla temperatura e dalle precipitazioni. Le temperature che superano la media sia d'inverno che in primavera stimolano la crescita del tronco, negli altri periodi dell'anno invece la ostacolano, soprattutto se vengono registrate d'estate e nel periodo vegetativo. Per quanto riguarda le precipitazioni sono importanti le grandi quantità di precipitazioni d'estate e durante l'intero periodo vegetativo. Le ricerche su otto esemplari di quercia hanno dato risultati molto simili a quelle condotte sui pini neri, con l'unica differenza che le querce sono più sensibili alle precipitazioni. Risultano così stimolative per la crescita precipitazioni sopra la media in tutte le stagioni, ma soprattutto in estate e nell'intero periodo vegetativo. Come per i pini anche le querce è molto importante che l'autunno dell'anno precedente sia molto umido ed in particolar modo risulta decisivo il mese di ottobre. Le temperature influiscono molto meno sulle querce. Emerge soltanto il problema degli inverni miti. Questi ostacolano la crescita. Nella seconda parte del contributo abbiamo tentato di ricostruire le condizioni climatiche nel passato con l'ausilio degli anelli di una quercia di 97 anni, cresciuta a Topolovec, nell'Istria slovena, e di un pino nero di 84 anni rinvenuto a Komen, sul Carso. Abbiamo riscritto la quantità annuale di precipitazioni e la quantità nel periodo vegetativo.

## VIRI IN LITERATURA

- Aloui A.**, 1978. Quelques aspects de la dendroclimatologie en Khroumiries (Tunisie). D.E.A. d'Ecologie mediterraneenne. Universite Aix - Marseille III.
- Baille J.R. - Pilcher M.G.L.**, 1976. Climate Records Dug from Irish bogs. Geographical magazin 7.
- Berger A., Guiot, J., Mathieu, L.**, 1979. Cedar Tree-Rings and Climate in Marroco. Tree-Ring Bulletin 39.
- de Martin P.**, 1970. Les anneaux de croissance des arbres. Revue geographique de l'Est 3-4.
- Eckstein D.**, 1982. Europe Oak Chronologies. v: Climate from Tree Rings. Cambridge.
- Fritts, H. C.**, 1974. Relationships of Ring widths in Arid-Side Conifers to Variations in Monthly Temperature and Precipitations. Ecol.Monogr. 4 (44).
- Fritts, H. C.**, 1976. Tree Rings and Climate. London.
- Furlan, D.**, 1966. Ugotavljanje evapotranspiracije s pomočjo normalnih klimatskih pokazateljev. Letno poročilo meteorološke službe HMZ za leto 1964. Ljubljana.
- Gams, I.**, 1990. Klima Koprškega primorja in njen pomen. Primorje - zbornik 15.zborovanja slovenskih geografov. Portorož.
- Garfinken H.C. - Brubaker L.B.**, 1980. Modern climate - Tree Grown Relationship and Climatic Reconstruction in Sub-Artic Alaska, Nature 286.
- Graumlich L.J.**, 1987. Precipitations Variation in the Pacific Northwest (1675 - 1975) as Reconstructed from Tree Rings, Annals of Association of American Geographers 1.
- Hansen - Bristow, K.J., Ives, J.D., Wilson, J. P.**, 1988. Climatic Variability and Tree Response within the Forest- Alpine Tundra Ecotope. Annals of American Geographers, vol.78 št.3
- Heikkinen, O.**, 1985. Relationship Between Tree Growth and Climate in the Subalpine Cascade Range of Washington, USA. Annals Bot. Fennici 22. Helsinki.
- Hughes, M. K., Kelly, P. M., Pilcher, J. R., La Marche, V.C.** 1982. Climate from Tree Rings. Cambridge. Klimatografija Slovenije, 1988. 1.zvezek - Temperature. Hidrometeorološki zavod Slovenije. Ljubljana.
- Klimatografija Slovenije, 1989. 2.zvezek - Padavine. Hidrometeorološki zavod Slovenije Ljubljana.
- Kotar, M.**, 1986. Prirastoslovje. Ljubljana.
- La Marche, V. C., Stockton, E.W.**, 1974. Chronologies from the Temperature-Sensitive Bristlecone Pines at Upper Tree Line in Western United States. Tree-Rings Bulletin 34.
- Morey P.R.**, 1974. How Trees Grow. studies in Biology No.39. London.
- Ogrin, D.**, 1989. Vpliv padavinskih in temperaturnih razmer na širino letnic črnih borov (*Pinus nigra*) v submediteranski Sloveniji. Dela 6. Oddelek za geografijo FF. Ljubljana.
- Ogrin, D.**, 1989a. Dendroklimatologija in možnosti uporabe njene metode v Sloveniji. Geografski vestnik LXI. Ljubljana
- Ogrin, D.**, 1990. Klimatska pogojenost drevesnega prirastka v Sloveniji. Magistrska naloga. Oddelek za geografijo FF. Ljubljana.
- Plut, D.**, 1981. Prikaz in ocena naravnogeografskih potez Koprškega primorja z vidika načrtovanj prostorskega razvoja. Slovensko morje in zaledje 4-5. Koper.
- Seue, F.**, 1973. Contribution a l'etude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill). These Dr. des Sciences Nat. Marseille.
- Stamenković V.**, 1974. Rast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina. Beograd
- Stepančič, D.**, 1974. Tla na eocenskem flišu Šavrinskega gričevja. Disertacija. Ljubljana.