

ZIMOTRENOST NEKIH VRSTA HRASTOVA (*QUERCUS* L., *FAGACEAE*) NA KRNDIJI I DILJU (SLAVONIJA, HRVATSKA)

FROST-CRACK IN SOME OAK SPECIES (*QUERCUS* L., *FAGACEAE*) ON KRNDIJA AND DILJ (SLAVONIA, CROATIA)

Josip FRANJIĆ* i Željko ŠKVORC**

SAŽETAK: Istraživanja zimotrenosti stabala hrastova cera, kitnjaka i lužnjaka provedena su u četiri populacije (Kutjevo, Čaglin, Rozmajerovac, Levanjska Varoš) na sedam pokusnih ploha. Dobiveni rezultati ukazuju na vrlo veliko udjel zimotrenih stabala cera (preko 50 %). Također je utvrđeno da udjel zimotrenih stabala kitnjaka i lužnjaka znatno raste (oko 15 %) u mješovitim sastojinama s cerom, dok u čistim sastojinama (bez cera) gotovo da i nema zimotrenosti (oko 3,5 %). Isto tako je utvrđeno da ekspozicija utječe na udjel zimotrenih stabala, te je on najveći na sjeveroistoku (64 %), a najmanji na jugoistoku (43 %).

Udjel zimotrenih stabala cera brže raste, glede rasta debljinskoga stupnja, u mješovitoj populaciji lužnjaka s cerom nego u mješovitim populacijama kitnjaka s cerom, vjerojatno zbog stanišnih osobina (veća vlažnost, češći mrazovi). Čer na području Srbije strada od zimotrenosti svega 15 %, a u istraživanome području preko 50 %, što upućuje na pretpostavku da je on u istraživano područje unijet i radi svoje agresivnosti proširen u veći dio kontinentalne Hrvatske. Istraživanjima je utvrđeno da postoje i debela stabla cera koja nisu zimotrena s vrlo kvalitetnim deblom, gdje je vjerojatno riječ o genotipovima koji su se adaptirali ili su otporni na zimotrenost, i njih bi uzgojnim zahvatima bilo potrebno očuvati do kraja ophodnje, a oštećena i neotporana stabla eliminirati prije obnove. To dolazi u obzir samo ako zbog strukture sastojine ili nekih drugih razloga nije moguće cer eliminirati iz kitnjakovih sastojina, jer ne samo da on strada od zimotrenosti, već on tu svoju lošu osobinu prenosi i na kitnjak i lužnjak s kojima zajedno raste u istraživanom području.

Ključne riječi: zimotrenost, *Quercus*, frost-crack, Hrvatska

UVOD - Introduction

Istraživanjima zimotrenosti u Hrvatskoj se gotovo nitko nije bavio, te o toj problematici ima vrlo mali broj literaturnih podataka. Tako Vajda (1974) piše za zimotrenost da je to pojava raspucavanja donjih dijelova debla u radijalnom smjeru, a u ravnini zraka srčike počevši od kore prema unutrašnjosti debla. Takve rane zarastu, ali se iduće zime nanovo raspuknu i ponovno zarastu, stvarajući tako na stablu uske dugačke brazgotine.

* Dr. sci. Josip Franjić, Šumarski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, HR-10000 Zagreb

** Dipl. ing. Željko Škvorc, Kralja Tomislava 87a, HR-34350 Čaglin

*** Rad je financiran sredstvima J.P. "Hrvatske šume"

U svijetu je ta problematika relativno dobro obrađena, te postoji velik broj radova koji obrađuju problematiku zimotrenosti, kako u vrsta roda *Quercus*, tako i u drugih vrsta. Ta se pojava na drvenastim vrstama pojavljuje na svim područjima sjeverne hemisfere s izraženim zimskim periodom. Njen intenzitet, odnosno značaj, i u šumsko-gospodarskom i u ekološkom pogledu varira ovisno o klimatskim prilikama, vrsti drveća i dr. Tako npr. Denisov (1968) piše da je u bivšem SSSR-u zimotrenost puno raširenija u odnosu na zapadnu Europu zbog oštrije kontinentalne klime. Štete

nastale uslijed zimotrenosti velike su jer ne samo da se oštećuje donji, gospodarski najvrijedniji dio debla, nego se i povećava mogućnost prodora velikoga broja patogenih organizama u stabla. Zimotrenost je vrlo kompleksna pojava i najvjerojatnije je da nijedan čimbenik ne možemo generalizirati kao jedinog i glavnog uzročnika zimotrenosti, nego je to, kao i sve druge pojave u ekosustavu rezultat međudjelovanja mnogobrojnih kompliciranih i često teško shvatljivih procesa u njima. Na zimotrenost osim fizičkih čimbenika, koje se najčešće ne može mijenjati (temperatura zraka, vjetar, ekspozicija, inklinacija, vrsta tla i dr.), utječu i mnogi drugi na koje se može posredno ili neposredno utjecati (usp. Denisov 1968, 1980; Denisov & Pučkova 1985; Denisov & Denisov 1986).

Najprihvatljivija teorija o nastanku pukotina na donjim dijelovima debala je ona koja povezuje pojavu pukotina s naglim i velikim padovima temperature zraka, što izaziva brzo hlađenje i skupljanje vanjskih slojeva debala, dok se unutrašnji dijelovi vrlo sporo hlade i time duže zadržavaju svoje dimenzije. Kao rezultat toga, u vanjskim dijelovima debala nastaje dijelovanje tangentialnih sila u dva suprotna smjera što uzrokuje raspucavanje. Zimotrenost prema tome nastaje kao posljedica loše toplinske vodljivosti drva. Tu teoriju razrađivali su mnogi autori (Pfeil 1845; Tkačenko 1952; Nesterov 1954; Vanin 1955), a Kollman je (1942) izračunao da je razlika u temperaturi između unutarnjih i vanjskih slojeva debala sposobna dovesti, uslijed termičkog skupljanja, do prekoračenja sposobnosti na rastezanje poprečnih vlakana u tangentalnoj ravnini i izazvati pucanje pri razlici u temperaturi većoj od 40 °C. Mayer-Wegelin (1955) i Schulz (1957) dokazali su da zimotrenost nastaje još pri manjim razlikama temperature.

Müller-Thurgau (1886) objašnjava zimotrenost "unutrašnjim isušivanjem" koje nastaje kao posljedica zamrzavanja slobodne vode u plosnatim stanicama i odsisavanjem leda stvorenog od higroskopske vode iz staničnih stijenki. Vakin (1954) je smatrao da zimotrenost nastaje uslijed isisavanja higroskopske vlage iz stijenki stanica i njene kristalizacije u šupljinama elemenata drva. Slična objašnjenja davali su i drugi autori. Međutim Malaisse (1957) je dokazao da su takve pukotine premale, a u pukotinama nastalim zimotrenošću nije pronađen led. Ishida (1963) navodi da zimotrenost u četinjača nastaje zbog unutrašnjeg pritiska uzrokovanog smrzavanjem vode u vanjskim (aktivnim) godovima i temperaturnih razlika u radialnom smjeru.

Knuchel (1947) vidi uzrok nastanka zimotrenosti u promjeni opsega debala zbog nemogućnosti uzimanja vode iz zamrznute zemlje. Norin (1954) tvrdi da zimotrenost može nastati i zbog kolebanja temperature između dana i noći. Mayer-Wegelin i dr. (1962) povezuju nastanak zimotrenosti s anizotropnošću drva. Prema Denisovu & Denisovu (1986) neki autori povezuju

zimotrenost s vjetrom zbog razlike u temperaturi na izloženoj i neizloženoj strani svijeta.

Također Denisov & Denisov (1986) iznose sljedeće zaključke nastale kao rezultat dugogodišnjih istraživanja:

1. Mrazevi i oscilacije rano proljetnih temperatura zraka između dana i noći ne pokazuju utjecaj na zimotrenost. Vjetar kao termički čimbenik također ne utječe; međutim, mehanički utjecaj vjetra koji se očituje kao ljuljanje termički napetih stabala treba istražiti. Do navedenih zaključaka on dolazi na osnovi svojih istraživanja koja su pokazala da nema razlike u udjelu zimotrenosti na različitim stranama debala glede gore navedenih čimbenika koji višestruko jače djeluju na određenim stranama svijeta. Zasev & Bojkov (1963) utvrdili su razliku zimotrenosti kod cerea glede strane svijeta: S 11.5%; SI 11.3%; I 9.6%; JI 12.1%; J 17.2%; JZ 17.4%; Z 11.8%; SZ 9.1%.
2. Koeficijent linearnog skupljanja drva dubecjeg stabla pod utjecajem smanjenja temperature zraka različit je za različite vrste. Pri padanju zimske temperature zraka kod svih vrsta širina pukotine se povećava, a pri povećanju temperature smanjuje. Do analognih rezultata došao je i Schulz (1957).
3. Zimotrenost je posljedica termičkog skupljanja perifernih dijelova debala pri naglom i velikom padu zimskih temperatura zraka. Razlike u zimotrenosti između različitih vrsta, ali i unutar iste vrste drveća ovisi o anizotropnosti drvne mase dubecjeg stabla, kao i o mnogim šumarsko-biološkim čimbenicima koji su najčešće odlučujući.
4. Teorija o "unutrašnjem isušivanju" drva kao uzroka zimotrenosti je neodrživa. U tom slučaju bi pukotine bile male, pojavljivale bi se ponajprije na početku zime i dr.

Istraživanjem utjecaja stanišnih prilika na zimotrenost bavili su se mnogi autori. Tako Lachausse (1953) dovodi u vezu zimotrenost pojedinih sastojina hrasta lužnjaka s odnosom Ca/Fe u drvu i u tlu, te zaključuje da je zimotrenost veća što je on manji. Žufo (1956) istražuje zimotrenost u cerovim sastojinama sjeverozapadne Bačke. Prema njemu primarni uzrok velikog broja oštećenih stabala u tim sastojinama su nepovoljni stanišni i klimatski čimbenici. Te sastojine rastu na glinastim ilovačama, većinom na teškim, slabo propusnim tlima alkalne reakcije, koja se potpuno razlikuju od tla na prirodnim staništima cerea. Također ceru ne odgovaraju velike amplitude između minimalnih i maksimalnih temperatura zraka. Igmandy (1956) zaključuje da cer najviše strada u dolinama i nizinama (osobito na mokrim i slanim staništima) kao i na velikim nagibima, osobito sjevernih i istočnih ekspozicija. Lamprecht (1950) zaključuje da je učestalost zimo-

trenosti kitnjaka najmanja u zajednici *Querceto-Carpinetum luzuletozum*, nešto je veća u zajednici *Querceto-Carpinetum aretosum*, a najveća u *Querceto-Betuletum*. Lužnjak najmanje strada na prijelazu između *Querceto-Carpinetum luzuletozum* i *Querceto-Carpinetum aretosum*, a najjače je oštećen na vlažnim staništima. Učestalost zimotrenosti također se povećava s nagibom terena.

Denisov (1968) utvrđuje da je hrast lužnjak u poplavnim šumama više zimotren od lužnjaka na platoima, ne samo po broju zimotrenih stabala, nego i po prosječnom broju pukotina na stablu. Istraživanjima je utvrdio da je vlažnost drva stabala na poplavnim staništima veća, što uzrokuje značajno smanjenje granice otpornosti poprečnih vlakana na rastezanje u tangennoj ravnini. Najveći utjecaj na smanjenje te granice imaju višeredne zrake srčike. Ustanovljeno je da je visina zraka srčike u hrastova na poplavnim staništima znatno veća, te da su oni tamo mnogobrojniji. To ima značajan utjecaj na smanjenje otpornosti na raspucavanje debla u lužnjaka na poplavnim staništima.

Jedan od razloga što je cer manje otporan na zimotrenost od drugih hrastova je vjerojatno i u tome što on ima kraće, a deblje (krupnije) zrake srčike, te su one mnogobrojnije nego u drugih hrastova (Jovanović & Vukičević 1983). Veliku osjetljivost cera na zimotrenost potvrđuju mnogi autori. Tako Žufu (1956) iznosi da je postotak zimotrenih stabala u istraživanim sastojinama u prosjeku 15 % (kreće se od 0 do 72 %). Zasev & Bojkov (1963) navode učešće od 61.1 % zimotrenih stabala cera na uzorku od 592 stabla. Igmandy (1956) zaključuje da je cer puno osjetljiviji na zimo-

trenost od kitnjaka i lužnjaka na istim staništima. Mnogim je radovima utvrđen porast učešća zimotrenih stabala s porastom prsnog promjera i starosti stabala (Vakin 1954; Denisov 1968, 1980; Igmandy 1956; Lamprecht 1950). To se objašnjava povećanjem radijalnoga temperaturnog gradijenta u velikim deblima. On je veći što je veća fizikalna i fiziološka heterogenost odnosno anizotropnost (Denisov 1980).

Također je ustanovljeno povećanje udjela zimotrenosti sa smanjenjem boniteta staništa i sa sniženjem punodrvnosti stabala. Normalno guste sastojine manje su oštećene od otvorenih, a i češće stradavaju stabla na rubovima nego u unutrašnjosti sastojina. Isto tako je primijećeno da je zimotrenost, bez obzira na ekološke prilike, češća u nekim područjima pa je vjerojatno da postoji genetska sklonost (Denisov 1980; Denisov & Pučkova 1985).

Igmandy (1956) navodi da uvažavanjem ekoloških zahtjeva pojedinih vrsta i ne podržavanjem na staništima koja im ne pogoduju najbolje utječemo na smanjenje zimotrenosti. Na najlošijim staništima, gdje se događaju velike štete, treba promijeniti vrstu, a na drugima dodavati vrste koje su tolerantnije. Denisov (1980) i Denisov & Pučkova (1985) u svojim radovima zaključuju da kod netolerantnih vrsta treba izbjegavati uzgoj debelih i prezrelih stabala, održavati gustoću sastojine normalnom. Trebalo bi težiti genetskoj selekciji za minimalnu anizotropnost. Prorede moraju biti jednolične i umjerene s očuvanjem podstojne etaže s težištem na vađenju oštećenih stabala. Proredama treba reducirati anizotropnost stabala u sastojini.

MATERIJAL I METODE RADA - Material and methods of work

Istraživanja zimotrenosti stabala hrastova cera, kitnjaka i lužnjaka provedena su u četiri populacije (Kutjevo, Čaglin, Rozmajerovac, Levajska Varoš) na sedam pokusnih ploha (Kutjevo I i II, Čaglin I i II, Levajska Varoš I i II i Rozmajerovac).

Sve navedene sastojine su srednjedobne i nalaze se u brdskom području na obroncima Dilja i Krndije, između 200-350 m nadmorske visine (usp. tab. 1).

Tablica 1. Prikaz istraživanih populacija s općim osobinama

Populacija	Uprava šuma	Šumarija	Gospodarska jedinica	Odjel - odsjek	Dob	Ekspozicija	Inklinacija	Nadm. visina
Kutjevo I	Požega	Kutjevo	Južna Krndija I	28 a	85	SI	10	280
Kutjevo II	Požega	Kutjevo	Južna Krndija I	32 a	85	JL	5	350
Čaglin I	Požega	Čaglin	Južna Krndija II	4 e	69	JZ	15	300
Čaglin II	Požega	Čaglin	Južna Krndija II	37 a	69	JZ	10	230
Lev. Varoš I	Osijek	Lev. Varoš	Breznica	86 a	65	JL	10	310
Lev. Varoš II	Osijek	Lev. Varoš	Breznica	85 a, b	74	SI	10	270
Rozmajerovac	Osijek	Đakovo	Vuka	47 a	75	JZ	5	200

Izbor populacija obavljen je na osnovi omjera smjese hrastova kitnjaka i cera. U svakoj populaciji (području) istraživane su čiste sastojine hrasta kitnjaka i mješovite sastojine hrasta kitnjaka i cera s podjednakim udjelom kitnjaka i cera. Isto tako istražena je, kao kontrola, i jedna mješovita sastojina hrasta lužnjaka s cerom (Rozmajerovac). Istraživane populacije nalaze se na području Slavonije (Krndija i Dilj). Na Krndiji se nalaze dvije populacije (Kutjevo i Čaglin), a na Dilju također dvije (Rozmajerovac i Levanjska Varoš). Za svaku populaciju su iz gospodarske osnove uzeti opći podaci o istraživanome području (usp. tab. 1). Unutar svake populacije istraživane su po dvije plohe. Nakon toga obavljena je izmjera prsnih promjera ($d_{1,30}$) 100 slučajno odabranih stabala cera (za mješovite sastojine) i kitnjaka (za čiste i za mješovite sastojine). U populaciji lužnjaka s cerom također je mjereno po 100 stabala svake vrste. Promjeri

su mjereni promjerkom s točnošću od 1 cm. Za svako stablo utvrđeno je da li je zimotreno (+) ili ne (-).

Na istraživanom uzorku obavljena je statističko-grafička analiza (usp. sl. 1-5; tab. 2-4). Utvrđen je udjel zimotrenih stabala u svim sastojinama za pojedine vrste drveća, kao i udjel zimotrenih stabala po debljinskim stupnjevima. Nakon toga je napravljena regresijska analiza udjela zimotrenih stabala cera po debljinskim stupnjevima, za pojedine populacije kao i za cer u kitnjakovim sastojinama ukupno (usp. sl. 1-5). Za hrastove kitnjak i lužnjak nije rađena regresijska analiza jer je broj zimotrenih stabala tih vrsta vrlo mali (2-7%). Podaci su izjednačeni pravcem ($y_1 = b_0 + b_1 * x$) i parabolom ($y_2 = b_0 + b_1 * x + b_2 * x^2$) metodom najmanjih kvadrata. Za svaku tako izjednačenu skupinu podataka izračunat je korelacijski koeficijent (izr.).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA - Results of researches

Analizom uzorka utvrđena je razlika s obzirom na zimotrenost stabala cera među istraživanim populacijama (usp. tab. 2-4; sl. 1-5). Prosječan udjel zimotrenih stabala u hrasta kitnjaka je u čistim sastojinama 3.67% (2 - 7%), dok u mješovitim sastojinama s cerom on iznosi 14.67% (10 - 20%). Iz toga proizlazi da je udjel zimotrenih stabala oko 4 puta veći u mješovitoj sastojini hrasta kitnjaka s cerom nego u čistim kitnjakovim sastojinama (bez cera). Prosječan udjel zimotrenih sta-

bala cera u mješovitim sastojinama hrasta kitnjaka (s cerom) je 53% (43 - 64%). Ta učestalost je u prosjeku oko 3.5 puta veća u cera nego u kitnjaka u istim sastojinama. Zimotrenost hrasta lužnjaka u populaciji Rozmajerovac (lužnjak s cerom) je 8%, a cera 50% (usp. tab. 2). Udjel zimotrenih stabala cera mijenja se s promjenom ekspozicije, tako je najveći (64%) na sjeveroistočnoj ekspoziciji (SI), a najmanji (43%) na jugoistočnoj (JI), (usp. tab. 3).

Tablica 2. Udjel zimotrenih stabala kitnjaka i cera u čistim i mješovitim sastojinama hrasta kitnjaka

Čiste sastojine		Mješovite sastojine		
Populacija	kitnjak (%)	Populacija	kitnjak (%)	cer (%)
Kutjevo I	7	Kutjevo II	14	43
Čaglin I	2	Čaglin II	20	52
Lev. Varoš I	2	Lev. Varoš II	10	64
Prosječno	3.67	Prosječno	14.67	53
Kontrolna populacija		Rozmajerovac	8*	50

* - podatak se odnosi na hrast lužnjak

Tablica 3. Udjel zimotrenih stabala cera u istraživanim populacijama s obzirom na ekspoziciju

Populacija	%	Ekspozicija
Kutjevo II	43	JJ
Rozmajerovac	50	JZ
Čaglin II	52	JZ
Levanjska Varoš II	64	SI

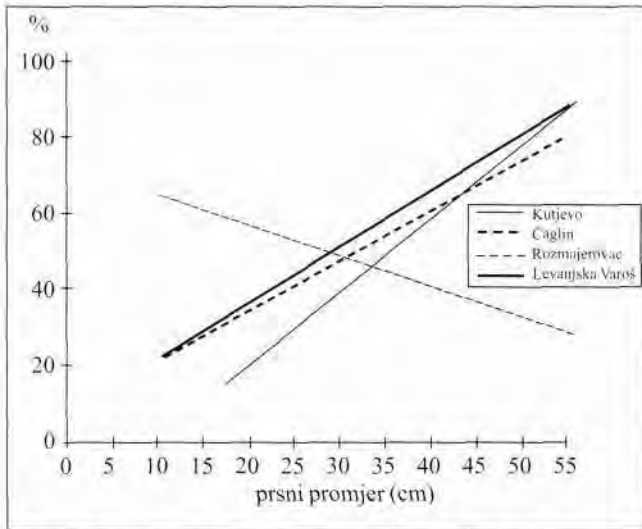
Iz slike 1 vidljivo je da udjel zimotrenih stabala cera po debljinskim stupnjevima u tri od četiri istraživane populacije (Čaglin, Rozmajerovac, Levanjska Varoš) raste s povećanjem debljinskoga stupnja, a samo u populaciji Kutjevo ono pada.

Statističko-grafičkom analizom dobiven je opći model (preliminarni) za udjel zimotrenih stabala cera u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom (usp. sl. 5).

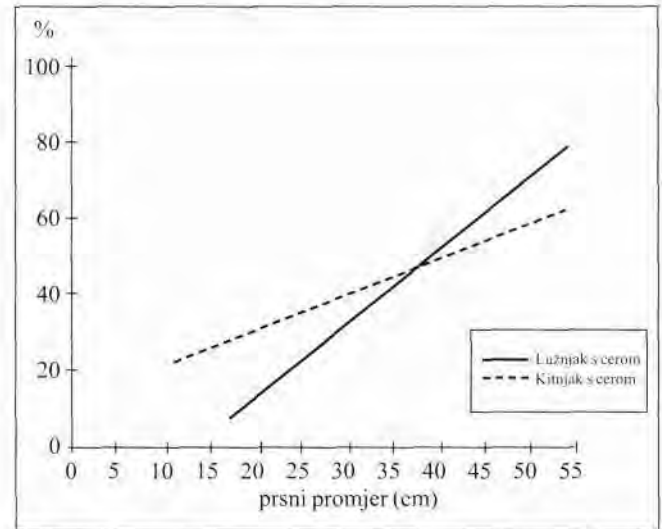
Iz slike 1 vidljivo je da se populacije glede regresijskog pravca znatno razlikuju, te je u-testom oba-

vljeno testiranje nagiba pravca (b_1), (usp. tab. 4). Iz tablice 4 vidljivo je da se populacija Kutjevo glede nagiba pravca značajno razlikuje od ostalih istraživanih populacija, a ostale kombinacije populacija nemaju značajnih razlika.

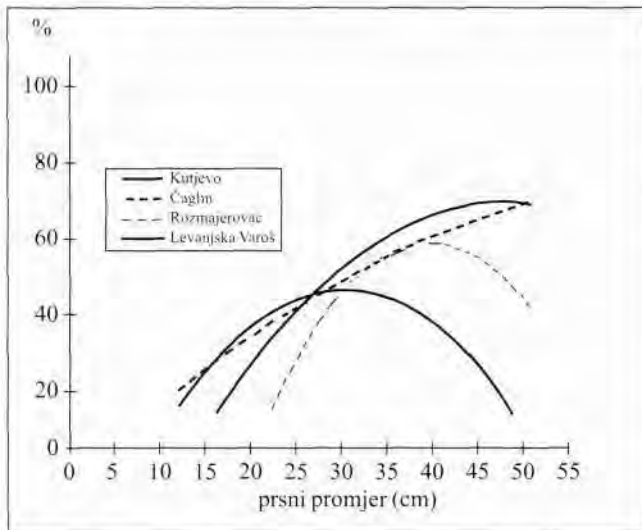
Regresijsko izjednačenje obavljeno je pomoću pravca i parabole, a pravac se pokazao prihvatljivijim, jer je pod manjim utjecajem ekstrema (usp. sl. 1-5), te je i testiranje obavljeno samo za pravac (tab. 4).



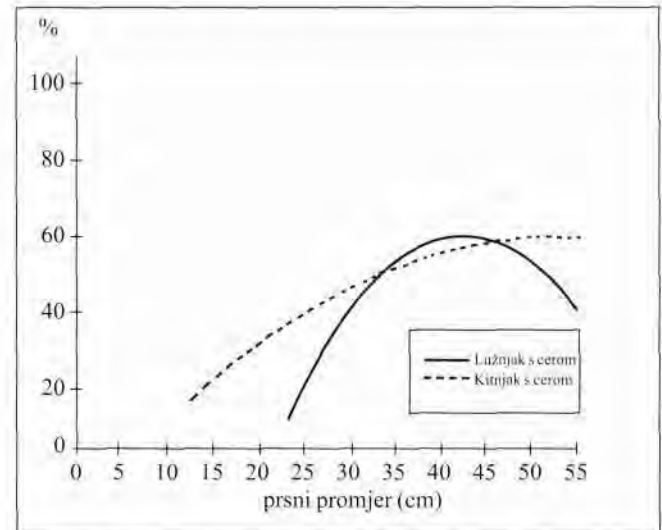
Slika 1. Odnos udjela zimotrenih stabala cera s obzirom na prsne promjere među regresijskim pravcima istraživanih populacija



Slika 3. Odnos udjela zimotrenih stabala cera s obzirom na prsne promjere među regresijskim pravcima istraživanih populacija



Slika 2. Odnos udjela zimotrenih stabala cera s obzirom na prsne promjere među regresijskim parabolama istraživanih populacija

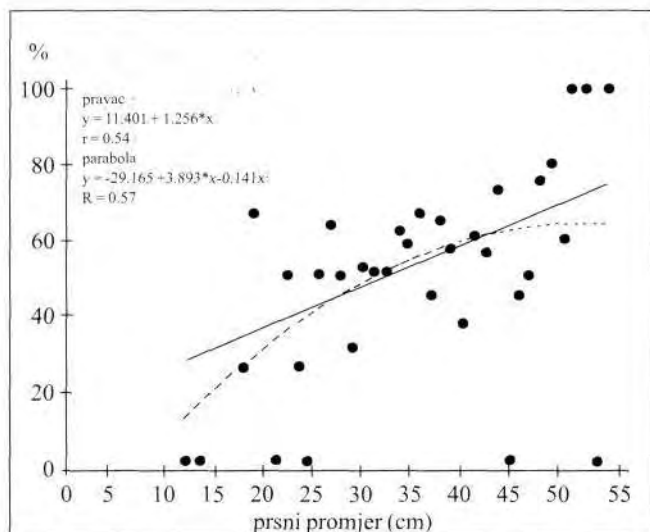


Slika 4. Odnos udjela zimotrenih stabala cera s obzirom na prsne promjere među regresijskim parabolama istraživanih populacija

Tablica 4. Prikaz razlika između regresijskih pravaca istraživanih populacija glede nagiba (b_1)

Kombinacija populacija	Δ	s_{Δ}	$u_{izr.}$
Kutjevo : Čaglin	2.896	1.261	2.297*
Kutjevo : Levanjska Varoš	3.117	1.376	2.266*
Kutjevo : Rozmajerovac	3.731	1.286	2.902**
Čaglin : Levanjska Varoš	0.221	1.370	0.161
Čaglin : Rozmajerovac	0.835	1.279	0.653
Levanjska Varoš : Rozmajerovac	0.614	1.393	0.440
Cer s kitnjakom : Cer s lužnjakom	1.347	1.089	1.237

* razlika na razini 0.05; ** razlika na razini 0.01



Korelacijski koeficijent (r , R) kreće se za pravac u intervalu $-0.22 \leq r_{izr.} \leq 0.50$, a za parabolu $0.26 \leq R_{izr.} \leq 0.69$. Takve vrijednosti korelacijskoga koeficijenta pokazuju značajnu vezu među uzorcima ($0.195 \leq r_{tab.} \leq 0.254$), (usp. Snedecor & Cochran 1971).

Iz slike 3-4 vidljivo je da udjel zimotrenih stabala cera brže raste, s obzirom na rast debljinskoga stupnja, u mješovitoj sastojini lužnjaka s cerom nego u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom.

Slika 5. regresijski modeli udjela zimotrenih stabala cera u mješovitim sastojinama hrasta kitnjaka s cerom u svim populacijama

RASPRAVA - Discussion

Varijabilnost i polimorfnost hrastova uvjetovana je i činjenicom da se praktički svi hrastovi međusobno križaju, ukoliko rastu jedni uz druge i ukoliko postoji odgovarajuće stanište za preživljavanje križanaca (usp. Grant 1981; Krstinić 1984). S obzirom na to obavljena su istraživanja zimotrenosti stabala cera, kitnjaka i lužnjaka, gdje se pretpostavlja da je cer koji je neprilagođen i neotporan na zimotrenost, tu svoju lošu osobinu prenio i na lužnjak i kitnjak koji su inače dosta otporni. Kako je cer vrsta hrasta koja glede svojih zahtjeva prema staništu traži topliju i blažu klimu (s manjim oscilacijama), to se smatra da je on vjerojatno unijet u istraživano područje. Slična je situacija i sa sladunom (*Quercus frainetto* Ten.), koji se javlja na istom području, a kojega su vrlo vjerojatno unijeli Srbi za vrijeme turskih osvajanja (usp. Trinajstić i dr. 1996). Kako sladun i cer u Srbiji rastu zajedno i služe u religijske svrhe i u ekstenzivnom stočarstvu (žirenje sladunovim žirom i ispaša ovaca lisnikom cera), to je pretpostavka da je cer u istraživano područje unijet, vrlo vjerojatna. Kako je cer agresivnija vrsta od sladuna, a i od kitnjaka i lužnjaka, on se za razliku od sladuna znatno proširio izvan današnjega stanja rasprostranjenosti sladuna u Slavoniji i ušao u područje rasprostranjenosti autoktonih hrastova (lužnjaka i kitnjaka) među koje s obzirom na svoje zahtjeve prema staništu ne pripada. Zimotrenost kao greška drva nije selektivni čimbenik i oštećena stabla mogu normalno plodonositi i razvijati se, te se cer stoljećima održao i proširio.

Provedena istraživanja udjela zimotrenosti cera i udjela zimotrenosti autoktonih hrastova kitnjaka i lužnjaka, također idu u prilog navedenoj pretpostavci da cer nije autokton u istraživanom području. Tako je u kitnjaka prosječan udjel zimotrenih stabala u čistim sastojinama 3.67 % (2 - 7 %), a u mješovitim sastojinama

s cerom 14.67 % (10 - 20 %). Iz toga proizlazi da je udjel zimotrenih stabala oko 4 puta veći u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom nego u čistim kitnjakovim sastojinama, što je vjerojatno posljedica recentne hibridizacije ili introgresije.

Prosječan udjel zimotrenih stabala cera u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom je 53 % (43 - 64 %). Ta učestalost je u oko 3,5 puta veća u cera nego u kitnjaka u istim sastojinama. Udjel zimotrenosti lužnjaka u populaciji Rozmajerovac (lužnjak s cerom) je 8 %, a cera 50 % (usp. tablicu 2). Prema tome, lužnjak je znatno otporniji od kitnjaka na zimotrenost (u mješovitim sastojinama s cerom), što je i logično, jer on raste u nizinskome području gdje su vlaga i oscilacije temperature veće, i tijekom evolucije se je bolje prilagodio takvim uvjetima od kitnjaka. Tako velike razlike u udjelu zimotrenosti svakako potvrđuju pretpostavku da cer nije autokton. Osim navedenih razlika između udjela zimotrenosti cera, lužnjaka i kitnjaka, vjerojatno su i posljedice razlike u genetskim osobinama vrsta i anatomskoj građi, jer cer ima krupne i mnogobrojne zrake srčike za razliku od lužnjaka i kitnjaka i vjerojatnost pojave pukotina je znatno veća (usp. Herman 1971; Horvat 1983; Špoljarić & Petrić 1983).

Udjel zimotrenih stabala cera mijenja se s promjenom ekspozicije, tako je najveći (64 %) na sjeveroistočnoj ekspoziciji (SI), a najmanji (43 %) na jugoistočnoj (JI), (usp. tab. 3), što je u skladu s temperaturnim oscilacijama koje su uzrok zimotrenosti (usp. Kollman 1942; Pfeil 1845; Lamprecht 1950; Tkačenko 1952; Nesterov 1954; Vanin 1955; Igmandy 1956; Zasev & Bojkov 1963).

Iz slike 1 vidljivo je da udjeli zimotrenih stabala cera po debljinskim stupnjevima u tri od četiri istraživane po-

pulacije (Čaglin, Rozmajerovac, Levanjska Varoš) rastu s povećanjem debljinskoga stupnja što se podudara s istraživanjima u svijetu (usp. Vakin 1954; Denisov 1968, 1980; Igmandy 1956; Lamprecht 1950; Denisov 1980). U populaciji Kutjevo situacija je obrnuta što je vjerojatno posljedica gospodarskih zahvata (proredom su eliminirana debela i zimotrena stabala).

Statističko-grafičkom analizom dobiven je opći model (preliminarni) udjela zimotrenih stabala cera u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom, s time da je rast udjela zimotrenosti sporiji zbog uključivanja i populacije Kutjevo (usp. sl. 5).

Iz slike 3-4 vidljivo je da udjel zimotrenih stabala cera brže raste, glede rasta debljinskoga stupnja, u mješovitoj sastojini lužnjaka s cerom nego u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom, što je vjerojatno posljedica stanišnih osobina (veća vlaga, češći mrazevi, veća oscilacija temperature i dr.), što se podudara s prijašnjim istraživanjima (usp. Lamprecht 1950; Denisov 1968). Iz istraživanja Žufe (1956) vidljivo je da je cer na području Bačke zimotren u prosjeku 15 %, a u istraživanom području Slavonije u prosjeku 53 %, što također ide u prilog tvrdnji da je cer unijet u istraživano područje, koje je vlažnije i hladnije (usp. Ilijanić 1963; Franjić 1993, 1994).

ZAKLJUČCI - Conclusions

1. Prosječni udjel zimotrenih stabala kitnjaka u čistim sastojinama je 3.67 % (2-7 %), dok u mješovitim sastojinama s cerom ono iznosi 14.67 % (10 - 20 %), što je za oko 4 puta više (tab. 2).

2. Prosječni udjel zimotrenih stabala cera u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom je 53 % (43 - 64 %). Ta učestalost je u prosjeku oko 3,5 puta veća u cera nego u kitnjaka u istim sastojinama. Zimotrenost lužnjaka u populaciji Rozmajerovac (lužnjak s cerom) je 8 %, a cera 50 %, iz čega je vidljivo da kitnjak znatno više strada od lužnjaka (tab. 2).

3. Udjel zimotrenih stabala cera mijenja se s promjenom ekspozicije, tako je najveći (64 %) na sjeveroistočnoj ekspoziciji (SI), a najmanji (43 %) na južnoistočnoj (JI), (tab. 3).

4. Iz slike 1 vidljivo je da udjel zimotrenih stabala cera po debljinskim stupnjevima u tri od četiri istraživane populacije (Čaglin, Rozmajerovac, Levanjska Varoš) raste s povećanjem debljinskog stupnja, a samo u populaciji Kutjevo ono pada.

5. Statističko-grafičkom analizom dobiven je opći model (preliminarni) udjela zimotrenih stabala cera u

mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom, s time da je rast udjela zimotrenosti sporiji zbog uključivanja i populacije Kutjevo, u koje vjerojatno zbog nedavno obavljene prorede pada (usp. sl. 5). Tako se populacija Kutjevo, s obzirom na nagib pravca, signifikantno razlikuje od ostalih istraživanih populacija, koje nemaju signifikantnih razlika (tab. 4).

6. Udjel zimotrenih stabala cera brže raste, glede na rasta debljinskoga stupnja, u mješovitoj sastojini lužnjaka s cerom nego u mješovitim sastojinama kitnjaka s cerom (sl. 5), vjerojatno zbog stanišnih osobina (veća vlažnost, češći mrazevi).

7. Istraživanjima je utvrđeno da postoje i debela stabla cera koja nisu zimotrena, s vrlo kvalitetnim deblom gdje je vjerojatno riječ o genotipovima koji su otporni na zimotrenost i njih bi uzgojnim zahvatima bilo potrebno očuvati do kraja ophodnje, a oštećena i neotpor na stabla eliminirati prije obnove. To dolazi u obzir samo ako zbog strukture sastojine ili nekih drugih razloga nije moguće cer eliminirati iz kitnjakovih sastojina, jer ne samo da on strada od zimotrenosti, već on tu svoju lošu osobinu prenosi i na kitnjak i lužnjak s kojima zajedno raste u istraživanom području.

ZAHVALA - Acknowledgements

Zahvaljujemo članovima Javnoga poduzeća "Hrvatske šume", Uprave šuma Požega dipl. inž. Željku Ognjenčiću, dipl. ing. Vladi Kegleviću i

gospodinu Andriji Škvorcu koji su nesebičnim zalaganjem na terenu omogućili izradu ovoga rada.

LITERATURA - References

Denisov, A. K., 1968: Poražajenost' drevostojev morozovojnymi treščinami v svjazi tipami lesa. Lesovedenie 4: 56-61.

Denisov, A. K., 1980: Effect of silvicultural conditions on the formation of frost crack and methods for its prevention. Lesovodstvo, Lesnie kulturi i Počvovedenie 9: 36-40.

- Denisov, A. K., Pučkova, A. A. 1985: Control of stand damage from frost crack. *Lesnoe Khoziaistvo* 2: 35-37.
- Denisov, A. K., Denisov, S. A. 1986: K poznaniju prirode morozovoja. *Lesnoi Žurnal* 2: 13-17.
- Franjić, J., 1993: Morfometrijska analiza lista i ploda hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Magistarski rad - PMF (mrc.). Zagreb.
- Franjić, J., 1994: Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. *Ann. Forest.* 19(1): 1-32.
- Grant, V., 1981: Plant sciation. Columbia University Press, New York.
- Herman, J., 1971: šumarska dendrologija. Stanbiro. Zagreb.
- Horvat, I., 1983: Hrastovina. U: šumarska enciklopedija 2: 78-80. Zagreb.
- Igmandy, Z., 1956: Frost crack in *Quercus cerris* stands in Hungary. *Erdomern. Foisk. Kozl.* 2: 81-101.
- Ilijanić, Lj., 1963: Tipologisch-geographische Gliederung der Niederungswiesen Nordkroatiens im klimatischen Zusammenhang. *Acta Bot. Croat.* 22: 119-132.
- Ishida, S., 1963: On the development of frost cracks in todomatsu trunks, *Abies sachalinensis*, especially in relation to their wetwood. *Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ.* 22(2): 473-273.
- Jovanović, B., E. Vukičević, 1983: Hrast. U: Šumarska enciklopedija 2: 74-75. Zagreb.
- Knuchel, H., 1947: Holzfehler. Bd 58. Zürich.
- Kollman, E., 1942: Über das Gefrieren und den Einfluss tiefer temperaturen auf die Festigkeit der Hölzer. *Mitt. Akad. Deutsche Forstw* 1.
- Krstinić, A., 1984: Fenotipska stabilnost, adaptabilnost i produktivnost nekih klonova stablastih vrba. *Glas. šum. pokuse, Posebno izd.* 1: 5-24.
- Lachausse, E., 1953: Note on cup-shake and frost crack of Oak (*Quercus robur*). *Bull. Soc. For. Franche - Comte* 26(12): 655-659.
- Lamprecht, H., 1950: The influence of environmental factors on frost-crack of Pedunculate and Sessile Oak in the northeast of the Swiss plateau. *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw* 26(2): 360-418.
- Malaisse, F., 1957: Note on frost-crack of *Quercus rubra* in Campine. *Bull. Soc. Roy. Forest. Belgique* 64(10): 439-461.
- Mayer-Wegelin, H., 1955: Spannungen und Spannungsrisse im Holz des Stehenden und gefällten Stammes. *Mitt. ÖGFH* 2.
- Mayer-Wegelin, H., Kübler, H. Traber, H. 1962: Über die Ursache der Frostriss. *Forstw. Cbl.* 81(5/6): 129-137.
- Müller-Thurgau, H. 1886: Über des Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. *Landwirtsch. Jahrb.* 15.
- Nesterov, V. G., 1954: Obščeeje lesovodstvo. Goslesbumizdat, M.-L.
- Norin, V. N., 1954: Nekotorye dannye o proizrastanii duba v zapadnom preduralje. *Bot. Žurn.* 39(3): 430-437.
- Pfeil, F., 1845: Forstbenutzung und Forsttechnologie. *Zit bei Caspary* 112.
- Schulz, H., 1957: Untersuchungen an Frostrissen im Frühjahr 1956. *Frostwiss. Cbl.* 1-2: 14-24.
- Snedecor, G. W., Cochran, W. G. 1971: Statistical methods. The Iowa State University Press, Ames.
- Špoljarić, Z., Petrić, B. 1983: Drvo. U: Šumarska enciklopedija 1: 405-408. Zagreb.
- Tkačenko, M. E., 1952: Obščeeje lesovodstvo. Goslesbumizdat, M.
- Trinajstić, I., Franjić, J., Samardžić, I. Samardžić, J. 1996: Fitocenološke značajke šuma sladuna i cera (as. *Quercetum frainetto-cerris* Rudski 1949) u Slavoniji (Hrvatska). *Šum. list* 120(7-8): 305-321.
- Vajda, Z., 1974: Nauka o zaštiti šuma. školska knjiga. Zagreb.
- Vakin, A. T., 1954: Fitopatologičeskoje sostojanije dubrav Telermanovskogo lesa. *Tr./Ni-t Lesa AN SSSR* 16.
- Vanin, S. I., 1955: Lesnaja Fitopatologija. Goslesbumizdat, M.-L.
- Zasev, A., Bojkov, A. D. 1963: Some points relating to frost cracks in *Quercus cerris*. *Nauc. Trud. Lesoteh. Inst.* 11: 97-105.
- Žufo, L., 1956: O zdravstvenom stanju cerovih sastojina u šumama Kozara - Šušnjar, Štrbac i Breška šuma sjeverozapadne Bačke. *Šumarstvo* 9(4/5): 245-250.

SUMMARY: Frost-crack is a phenomenon occurring on woody species in all areas of the Northern Hemisphere with a distinct hibernal period. Its intensity, namely its significance with respect to the forestry and economy as well as the ecology varies depending upon climatic conditions, tree species, etc. Damages caused by the frost-crack are considerable because it does not only damage the lower, economically the most valuable part of the tree trunk, but also increases the possibility for a large number of pathogenic organisms to penetrate into trees. The frost-crack is a very complex phenomenon and most likely there is not one factor which can be generalized as its only and main cause, but like all other phenomena in the ecosystem it results from the interaction of many complicated and often hardly understandable processes in them. The most acceptable theory for crack formation in the tree trunk lower parts is the one by which formation of cracks is connected with abrupt and high drops in air temperature, that causes fast cooling and shrinking of tree trunk outer layers while the inner ones cool very slowly and, therefore, keep their dimensions for a longer time period. As the result, in the outer parts of a tree trunk there appear tangential forces which act in two different directions causing cracking. The frost-crack, therefore, occurs as the consequence of bad thermal conductivity of wood.

The researches of the frost-crack on the turkey oak, sessile oak and common oak trees have been carried out in four populations (Kutjevo, Čaglin, Rozmajerovac, Levanjska Varoš) on seven trial plots.

The average share of frost-cracked sessile oak trees in pure stands is 3.67 % (2 - 7%), while in the mixed stands with the turkey oak this share is 14.67 % (10 - 20 %), that is approximately 4 times more (tab. 2). The average share of frost-cracked turkey oak trees in the mixed sessile oak and turkey oak stands is 53 % (43 - 64 %). This frequency is in the average about 3.5 times higher for the turkey oak than for the sessile oak in the same stands. The frost-crack of the common oak in the Rozmajerovac population (the common oak with the turkey oak) is 8 %, and that of the turkey oak 50 %, showing that the sessile oak is much more susceptible to damage by frost-crack than the common oak (tab. 2).

The share of the frost-cracked turkey oak trees changes with a change of exposition, thus it is the biggest (64%) on the North-East exposition (N-E) and the smallest (43%) on the South-East one (S-E), (tab. 3).

From the figure 1 it can be seen that according to thicknesses grades the share of frost-cracked turkey oak trees increases with the thickness grade increase in three out of four researched populations (Čaglin, Rozmajerovac, Levanjska Varoš) while only in the Kutjevo population it decreases.

Using the statistical and graphical analysis, a general (preliminary) pattern of the share of frost-cracked turkey oak trees in the mixed sessile oak and turkey oak stands has been obtained, with a slower the frost-crack share growth due to the inclusion of the Kutjevo population in which because of the recently performed thinning this share is decreased (comp. fig. 5). Thus, with regard to the straight line inclination, the Kutjevo population differs significantly from other researched populations, among which no significant differences exist (tab. 4). The share of the frost-cracked turkey oak trees grows faster, with respect to the thickness growth, in the mixed common oak and turkey oak stand than in the mixed sessile oak and turkey oak stands (fig. 5), most probably due to the habitat characteristics (more moisture, more frequent frosts).

The researches have shown that there are thick turkey oak trees which are not frost-cracked and which have a tree-trunk of good quality. The question is very likely about the genotypes resistant to frost-crack which should be preserved by means of silvicultural operations until the end of rotation while the damaged and non-resistant trees should be eliminated before regeneration. This can be considered only if, because of the stand structure or for any other reasons, the turkey oak cannot be eliminated from the sessile oak stands, since not only it perishes by the frost-crack but it also transfers this inferior property of its to the sessile oak and the common oak with which it grows together in the researched area.