

Biološki parametri, primerni za izboljšanje indeksa nevarnosti pred gozdnimi požari

Biologic Parameters Suitable for Improving the Forest Fire Danger Index

Tomislav DIMITROV*

Izvleček

T. D.: Biološki parametri, primerni za izboljšanje indeksa nevarnosti pred gozdnimi požari. Gozdarski vestnik, št. 2/1995. V slovenščini s povzetkom v angleščini, cit. lit. 18.

Meritve vnetljivosti in gorljivosti mediteranskih rastlinskih vrst so bile opravljene na eksperimentalnem območju Dom pri Bormes les Mimosas na jugovzhodu Francije. Z laboratorijskimi testi na električnem grelcu (epiradiatorju) smo ugotovili nekatere parametre živega gozdnega kuriva travnatih, grmovnih in drevesnih vrst. Na osnovi teh parametrov je izdelana klasifikacija vrst po času vnetljivosti, ki jo predstavljamo gozdarjem zaradi ukrepanja pri ohranjanju in zaščiti gozdov pred požari.

Hkrati, analogno s severnoameriškimi metodami izračunavanja indeksa nevarnosti pred gozdnimi požari, smo merili sušenje in vlaženje mrtvih gozdnih gorljivih snovi na dveh lokacijah: na odprtem in pod sklopom mediteranske makije. Spremembe smo opazovali glede na spremembe meteoroloških elementov zaradi izboljšanja prej omenjenih metod.

Ključne besede: vnetljivost, gorljivost, mediteranska vegetacija, tveganje požarov.

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Izpopolnjevanje metod za preprečevanje in boj proti gozdnim požarom omogoča bistveno zmanjšanje povprečne požarjene površine v gozdovih. Dolga obdobja brez padavin z visokimi dnevnimi temperaturami in nizko relativno zračno vlago ob močnem vetru vplivajo na stanje mrtvih in živih gozdnih kuriv. Medtem ko so spremembe na mrtvem kurivu posledica fizičnega procesa, so živa gozdna kuriva izpostavljena fiziološkim spremembam.

* T. D., dipl. inž., Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Grič 3, 41000 Zagreb, HRV

Synopsis

T. D.: Biologic Parameters Suitable for Improving the Forest Fire Danger Index. Gozdarski vestnik, No. 2/1995. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 18.

Flammability and combustibility measurements for Mediterranean vegetation were made at the experimental area Dom near Bormes les Mimosas, southern France. Laboratory tests were produced with an electric radiator (epiradiateur) to achieve certain parameters for living fuel from grassy, shrubby and treelike kinds. Based on these parameters a classification was made related to the flammability lag and it is presenting to forest service for intervening in preserving and protecting forests against fires.

Simultaneously, by analogy to the North American methods in calculating Forest Fire Danger Index, the drying and wetting of dead forest fuel was measured at two locations: in open land and under Mediterranean shrubbery. These changes were observed in relation to the changes of meteorological elements in order to improve the mentioned methods.

Key words: flammability, combustibility, mediterranean vegetation, fire-risk.

Dobro poznavanje pojavov neposredno pred izbruhom ognja ter potrebnih pogojev za začetno širjenje ognja in razširitev v požare je zelo koristno za usmerjanje in vodenje preventivnih akcij za preprečevanja gozdnih požarov v mediteranskih gozdovih. Uporaba kontroliranega ognja, ki je eden od uveljavljenih preventivnih ukrepov pri preprečevanju gozdnih požarov, prav tako zahteva dobro poznavanje mehanizma ognja ter značilnosti gozdnih kuriv, predvsem njihove vnetljivosti in gorljivosti. Cilj raziskav na področju vnetljivosti in gorljivosti živih in mrtvih kuriv, ki jih že daljši čas izvajajo na jugu Francije, je analizirati razmerje med vnetljivostjo živih gozdnih kuriv in pluviometrijskim režimom na eni ter razmerje med vnetljivostjo in vsebino vode v

mrtvi gorljivi snovi na drugi strani. Prav tako ugotavljajo njihova nihanja po letnih časovnih obdobjih (pomlad, sredina poletja, jesen) in po območjih.

Cilji teh raziskav na eksperimentalnem območju Ruscas (pokrajina VAR) so naslednji:

1. Predstaviti gozdarjem seznam izjemno vnetljivih vrst, katerih širjenje je potrebno omejiti oziroma preprečiti, in seznam slabo vnetljivih vrst, ki jih je potrebno spodbujati z različnimi gozdnogojitvenimi ukrepi (vzdrževanje, pogozdovanje, krčitev).

2. Opozoriti protipožarne enote o lokacijah, kjer je verjetnost izbruha ognja največja glede na podatke s seznama rastlinskih vrst in njihove vnetljivosti.

3. Vnesti v indekse nevarnosti pred gozdnimi požari, ki jih izdaja Hidrometeorološka služba in jih uporabljajo protipožarne enote, specifične vnetljivosti rastlinskih vrst in s tem izboljšati natančnost teh indeksov v obdobjih hitrih oscilacij.

2 PODROČJE MERITEV

2 MEASUREMENT RANGE

Eksperimentalno področje Ruscas leži v pokrajini VAR v občini Bornes les Mimosas v gozdu DOM v osrčju masiva Maure na jugovzhodu Francije. Masiv je zgrajen iz skrilasto-kristalastih skai, tla so precej globoka in imajo dobro sposobnost vpijanja in zadrževanja vode. Sestava vegetacije je naslednja:

- drevesni sloj listavcev in iglavcev: (*Quercus ruber*, *Quercus lanuginosa*, *Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea* in dr.)

- sloj makije bogate z eriko: (*Erica arboorea*, *Arbutus unedo*, *Galluna vulgaris*, *Erica scoparia*, *Cistus monspeliensis*, *Cistus salvifolius* idr.) ter

- trate s prevladujočimi družinami trav.

Klima je tipična mediteranska, lokalno modificirana z nadmorsko višino; topla in suha poletja, precej mile in vlažne zime, zelo sončno v vseh obdobjih. Povprečna poletna temperatura je med 20 in 22 °C, zimska pa od 4 do 6 °C. Povprečna letna količina padavin je 1000 mm. Veter z seve-

rozahoda (maestral) je suh in močen, vetrovi z vzhoda-jugovzhoda so vlažni in šibki.

Na eksperimentalnem območju stojita avtomatska meteorološka in klimatološka postaja za zbiranje, obdelavo, shranjevanje in prenos meteoroloških in klimatoloških podatkov. V laboratorijskem prostoru, kjer sežigajo rastlinske snovi, so instrumenti za meritev temperature in relativne zračne vlage.

Avtor tega prispevka je bil sredi leta 1990 na specializaciji v Nacionalnem Institutu za raziskovanja v agronomiji (INRA), na oddelku za gozdarska raziskovanja, na eksperimentalnem območju Ruscas (Bornes-les-Mimosas). Tako se je seznanil z njihovimi izkušnjami v omenjeni problematiki.

V tem letu so v okviru akcije protipožarnih ukrepov raziskovali spremembe kazalcev vnetljivosti naslednjih rastlinskih vrst, ki so jih primerjali s klimatskimi ali meteorološkimi kazalci: *Arbutus unedo* L., *Erica arboorea* L. in *Cistus monspeliensis*, ki so zelo karakteristične za visoko makijo Sredozemlja, ter *Pinus pinaster*.

Raziskovanja, ki so usmerjena na izboljšavo indeksa nevarnosti pred gozdnimi požari, potekajo v naslednjih smereh:

- uvajanje dejavnikov, ki so povezani z mrtvim gozdnim kurivom, analogno s kanadskimi in ameriškimi sistemi;
- proučevanje obnašanja živega kuriva, ker je sloj grmovja (makije) v gozdovih mediteranskih držav zelo važen;
- opazovanje meteoroloških razmer, ki so pod sklenjenim gozdnim sklopom.

3 INDEKSI NEVARNOSTI PRED GOZDNIMI POŽARI

3 FOREST FIRE DANGER INDEXES

Indeksi ali sistemi ocene nevarnosti pred gozdnimi požari, ki so v uporabi v več državah sveta, temeljijo na različnih podatkih, kot so meteorološki, topografski, biološki idr. Zbirajo se vsak dan v času trajanja nevarnosti pred požari (od pomladi do jeseni). Izhodiščne informacije se dostavljajo službam za boj proti gozdnim požarom. Indeks nevarnosti za pojav gozdnih požarov je torej sredstvo predvidevanja (preven-

cije), ki omogoča, da so protipožarne službe pripravljene in prilagojene trenutni situaciji.

Teh sistemov je v svetu več. Najbolj znan je kanadski (CFFDRS), ki je bil osnovan 1925 in dokončno oblikovan leta 1970. Njegov podsistem FWI (za računalniško uporabo je bil dopolnjen leta 1984) se uporablja za standardni/klasični borov gozd, uporablja pa ga tudi hidrometeorološka služba Hrvaške. V pripravi je tudi uporaba drugega podsistema FBP (za računalniško uporabo je bil dopolnjen leta 1992) ki predvideva obnašanje gozdnega požara pri posameznih tipih kuriv.

Ameriški nacionalni sistem ocene nevarnosti pred gozdnimi požari (NFDRS) je bil izdelan leta 1972, in izboljšán leta 1988. Sistem vsebuje poleg meteoroloških podatkov tudi različne modele kuriv, nevarnosti, ki jih povzročajo ljudje, in relief.

Klasifikacijo kuriv v NFDRS-ju so postavili Deeming idr. (1978):

a) mrtva kuriva, razporejena po hitrosti, po kateri vsebina vlage/vlažnosti vsake vrste kuriva reagira na veter, padavine, relativno zračno vlago in temperaturo zraka ter

b) živa kuriva, pri katerih je vsebnost vode odvisna od vitalnih procesov, razvrščena pa so glede na pripadajoči sloj:

- sloj trav z enoletnimi rastlinami plitvih korenin, ki ga suša prva napade,

- sloj trajnih grmovnic z globokimi koreninami in

- sloj dreves, katerih veje in listje ogenj napade nazadnje.

V Evropi obstaja glede različnih klimatskih, vegetacijskih in drugih razlik v primerjavi z severno Ameriko več metod in skoraj bi lahko rekli, da je vsaka država razvila svojo metodo za ocenjevanje nevarnosti pred gozdnimi požari. Ena izmed znanih metod je WBKZ (Waldbrand – Kennziffern) iz nekdanje vzhodne Nemčije, ki jo še danes uporablja hidrometeorološka služba Slovenije. Poleg meteoroloških podatkov upošteva omenjena metoda še fenološke faze rastlin (fenofaze).

V Franciji obstaja več metod, nacionalne meteorološke službe pa uporabljajo mešan

indeks, ki združuje prednosti metod CAR-REGA in DROUET. Končni uporabniki pridejo do indeksov ob pomoči Teletela jugovzhodne medregionalne meteorološke direkcije za petnajst oddelkov Entente.

Omenjeni in drugi sistemi ocene nevarnosti pred gozdnimi požari omogočajo vzpostavitev globalne metode ocenjevanja nevarnosti določene regije/območja. Z raziskovanjem "bioloških vrednosti, ki so primerne za izboljšanje indeksa nevarnosti pred gozdnimi požari" želimo primerjati citirane indekse ali sisteme, ki so že v uporabi v nekaterih mediteranskih državah, s podatki, ki jih po navadi Nacionalna meteorološka služba ne zbira in/ali jih ne razpošilja, kot so:

- mikroklimatske razmere (temperature tal, temperature in vlage zraka pod pokrovom gozda);

- fizične razmere (izmenjava vlage med zrakom in mrtvega kuriva pod gozdnim pokrovom);

- biološke razmere (vsebnost vode v rastlinah in vnetljivost vegetacije za tiste rastlinske združbe, v katerih se razvijajo požari).

4 METODE MERITEV IN POTEK POSKUSA

4 MEASUREMENT METHODS AND TEST PROCEDURE

4.1 Mikroklimatske meritve mrtvega kuriva

4.1 Microclimatic Measurements of Nonliving Fuel

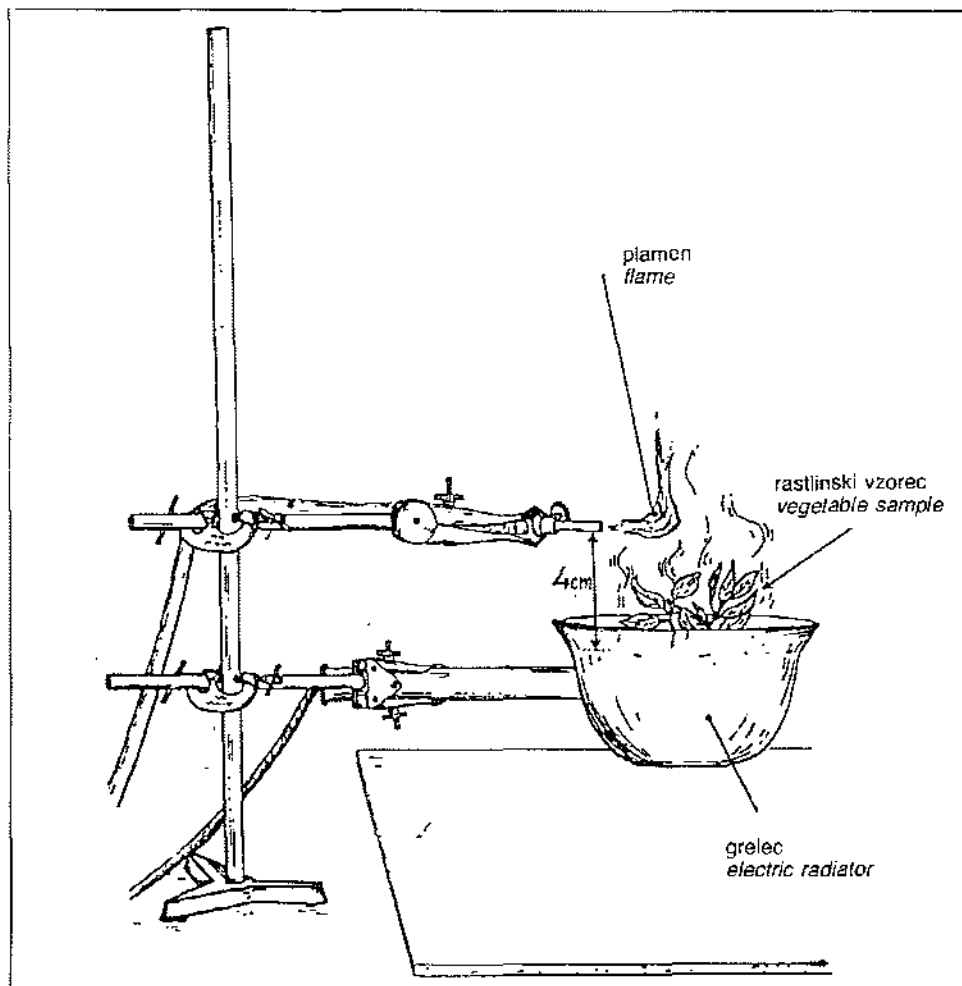
Na dveh lokacijah, na odprtem in pod sklepom visoke mediteranske makije, smo razmestili dve plasti iglic primorskega bora (*Pinus pinaster*). Vsaka plast je imela površino 4,5 m² (1 kg iglic/m²). Nad plastjo smo razpeli pocinkano mrežo, da veter ne bi mogel razsipati iglic. Na nivoju plasti iglic na sedmih točkah v kotih heksagona, s stranicami dolžine treh metrov ter v sredini smo razmestili termoelemente s platinstimi sondami. Na istih točkah smo postavili termoelemente v višini 50 cm nad plastjo iglic. Na ta način se opravljajo psihrometri-

ske meritve zraka v nivoju plasti iglic ter na višini petdesetih centimetrov, in sicer na odprtem ter pod sklepom makije. Podatke, ki jih zbiramo od začetka julija do konca septembra, nato računalniško obdelujemo. Cilj je dnevno spremljanje vsebine vlage sloja mrtvih borovih iglic na odprtem ter pod sklepom in določanje njihovega fizičnega odnosa do meteoroloških vrednosti zraka nad plastjo iglic vsako uro oziroma vsake pol ure.

Analiza je pokazala, da je srednja dekadna vrednost vsebnosti vlage v mrtvem

kurivu na odprtem variirala (nihala) od 2,8% v začetku avgusta do 6,7% proti koncu septembra (S. Layec). V istem obdobju je srednja vrednost vsebnosti vlage pod gostim sklepom makije variirala med 7,5% in 15,1%. Za napovedovalce gozdnih požarov, ki uporabljajo metode z meteorološkimi vhodnimi vrednostmi, je to dragocena informacija, saj so meteorološki elementi, zbrani v mreži meteoroloških postaj na odprtem prostoru, medtem ko leži velik del mrvnega gozdnega kuriva pod sklepom gozda.

Slika 1. Merjenje vnetljivosti rastlinskega vzorca v laboratoriju
 Figure 1. A Laboratory Measurement of a Vegetable Sample Flammability



4.2 Uporaba pojma vnetljivosti živega kuriva

4.2 The Use of the Living Fuel Flammability Term

Vsebnost vode v rastlinah in vnetljivost vegetacije smo proučevali zaradi možnosti primerjave s klimatološkimi ali meteorološkimi podatki:

Vnetljivost rastlinskega vzorca označuje :

- odlašanje vžiga, kar je potreben čas od začetka izpostavljanja toplinskemu izvoru do pojava plamena, in

- trajanje gorenja, kar je čas od pojava plamena do njegove ugasnitve, oziroma popolnega izgorelja.

Izkušnje opazovanj požarov kažejo, da obstajajo znotraj različnega gozdnega kuriva nihanja med vrstami in sestavnimi deli kuriva (listje, veje, vejice, debla) določene rastlinske vrste. Vnetljivost niha tudi med letom v odvisnosti od stanja rastlinske snovi.

Testiranje vnetljivosti rastlin na poskusnem območju mora biti opravljeno na prevladujočih rastlinskih vrstah, ki sestavljajo sloje trav, grmovja in dreves. Mogoče je tudi testiranje vrst, ki jih izberejo gozdarski genetiki.

Proučevanje nihanj vnetljivosti je usmerjeno na:

- zasledovanje razvoja nevarnosti izbruha požara pri določeni gozdni vrsti, upoštevaje mesto, ki ga ta zavzema v določeni rastlinski združbi;

- hierarhijo med posameznimi vrstami;

- izdelavo kart različnih območij na osnovi kart vegetacije, ne samo drevesnih vrst, temveč tudi plasti grmovja in trav;

- izvajanje preventivnih gozdnogojitvenih ukrepov, ki zajemajo prostorsko omejeno izkorenitev najnevarnejših rastlinskih vrst ter uvajanje manj nevarnih vrst;

- urejanje prostora, upoštevaje večnamenskost mediteranskih gozdov.

4.3 Priprava rastlinskih vzorcev

4.3 The Preparation of Vegetable Samples

Rastlinsko snov proučevane vrste zbiramo v območjih, kjer je le-ta zelo razširjena in na posameznih rastlinah, ki so reprezentativne za celotno populacijo. Od trenutka

jemanja vzorca s poskusnih površin do opravljanja meritev v laboratoriju vzorce varujemo v zaprtih plastičnih posodah v hladilniku. S tem preprečujemo spremembe značilnosti rastlinske snovi nekaj ur po jemanju vzorcev, saj želimo, da je vzorec čimbolj podoben naravnemu stanju.

Ker se želimo izogniti vplivom dodatnih faktorjev heterogenosti, iglice ali vejice z listjem razvrščamo po razvojni fazi tkiv:

A: tkivo v času rasti,

B: zrelo tkivo letošnje vegetacije (N)

C: tkivo lanskoletne vegetacije (N-1)

D: tkivo predlanskoletne vegetacije (N-2)

Rastline pripravimo za test tako, da snamemo vse cvetove, plodove, suho listje, prav tako tudi čaše v podnožju borovih iglic.

Vnetljivost se v deževnih dnevih ne meri. V prvem dnevu brez dežja izvajamo testiranje vnetljivosti proučevane vrste kot po navadi.

4.4 Potek postopka

4.4 Procedure Course

Meritve opravljamo z epiradiatorjem (laboratorijskim električnim grelcem) z močjo 500 W, ki je sestavljen iz kovinskih spiral, vloženih v disk iz čistega silicija s premerom 100 mm (slika 2). Električni odpor daje infrardeče sevanje od 3μ ($3 \cdot 10^{-6}$) ob 7,5 W (7,5 J/s) na cm^2 . Energetski pretok – moč, ki smo jo dobili s povezavo med površino diska, ki izžareva infrardeče sevanje, in paralelno površino plošče za zažiganje rastlinskega vzorca na 30 cm razdalje, je $30 W cm^{-2}$.

Da se izognemo padcem napetosti, je epidiator priključen na mrežno napetost prek stabilizatorja. Tako je energija, ki vpliva na rastlinsko snov, nespremenljiva. Energija, ki jo oddaja disk za zažiganje, se prenaša na rastlinsko snov predvsem z žarčenjem in s konvekcijo, samo manjši del pa s prenašanjem na mestih dotika med rastlinsko snovjo in diskom za zažiganje.

Plinski gorilnik leži 4 cm nad diskom za zažiganje v stolpcu konvekcije, kjer omogoča namerno vžiganje hlapljivih plinov, v nobenem primeru pa ne sodeluje pri toplotnem razkroju rastlinske snovi. Brez tega

gorilnika hlapljivi plini v stolpu konvekcije "pokajo" in ga s tem motijo (stolp konvekcije). Celotna struktura je v zaprti komori iz pleksi stekla z manjšo odprtino za manipuliranje. S tem je onemogočen vdor okoljskega zraka, ki bi lahko deformiral stolp konvekcije, s tem pa tudi proces meritve.

Poskusi se začnejo šele, ko grelec doseže svoj režim ravnovesja na celotni površini, kar se zgodi približno 15 minut po vklopu grelca. Po tem času vzgemo gorilnik nad grelcem.

4.5 Parametri vnetljivosti 4.5 Flammability Parameters

Gaudet (1989), Layec (1989) in Valette (1990) so obširno opisali metode meritve in značilnosti analiz vnetljivosti rastlin. Rimet (1990) je uvedel intenziteto gorenja kot dodaten parameter vnetljivosti. Če želimo dobiti reprezentativne srednje vrednosti za vsak poskus, je potrebno izvesti 50 testiranj. Takšno število testov omogoča statistično in grafično obdelavo dobljenih podatkov. Parametri vnetljivosti so:

– Frekvenca ali pogostost vnetljivosti FI (Frequence d'inflammation)

FI je število testov, pri katerih smo opazili vžig, izraženih v petdesetinkah (od 0 do 50). Rezultat je negativen, če se ogenj ne pojavi po 60 sekundah.

– Odlog vžiga DI (Délai d'inflammation)

DI je aritmetična sredina odloga vžiga, merjenega v primerih, ko smo vžig opazili. Izraža se v desetinkah sekunde.

– Sredina trajanja gorenja DC (Durée moyenne de combustion)

DC je aritmetična sredina trajanja gorenja, merjenega v primerih, ko smo vžig opazili. Izraža se v desetinkah sekunde.

– Intenziteta gorenja IC (Intensité de la combustion)

Kadar pride pri poskusu do vžiga, ocenjujemo kvalitativno gorenje po naslednji lestvici:

ocena 1: gorenje zelo slabe intenzitete ob pojavu zelo majhnega plamena,
ocena 2: gorenje slabe intenzitete ob pojavu majhnega plamena,
ocena 3: gorenje srednje intenzitete,
ocena 4: gorenje močne intenzitete ob pojavu velikega plamena,
ocena 5: gorenje zelo močne intenzitete ob pojavu zelo velikega plamena.

– Indeks sušnosti IS (Indice de siccité)

IS se računa iz sveže teže (PF) in suhe teže (PS) rastlinskega vzorca:

$$IS = 200 (PS/PF) - 100$$

Rezultat je aritmetična sredina štirih izmerjenih vrednosti. V tabeli navajamo primer meritve vsebine vode rastline:

$$TH = \frac{PF - PS}{PF} \cdot 100$$

TH = vsebnost vode (vlage)
PF = teža svežega vzorca
PS = teža suhega vzorca
 \bar{TH} = srednja vrednost vsebnosti vode (vlage)
 \bar{IS} = srednja vrednost indeksa sušnosti

	I	II	III	IV
PF	8,245	8,153	8,279	8,352
PS	3,345	3,311	3,354	3,423
TH	59,4	59,4	59,5	59,0
IS	-18,8	-18,8	-19,0	-18,0

$$\bar{TH} = 59,3\% \text{ (24 ur v sušilni komori)}$$

$$\bar{IS} = -18,7$$

4.6 Meritve vnetljivosti

4.6 Flammability Measurements

Meritve vnetljivosti in gorljivosti rastlinske snovi potekajo po naslednjem vrstnem redu:

– Odhod na lokacijo, kjer zberemo ca. 1 kg rastlinske snovi, ki jo shranimo v dobro zaprte plastične škatle. Nabiramo samo vršičke rastlin v istem fenološkem stadiju. Za posamezne rastline (*Cistus monspeliensis*) vzamemo na teren tudi ročni hladilnik.

– Po vnitvi odčitamo pred vhodom v

laboratorij vrednosti suhega in mokrega termometra.

– V laboratoriju izpolnimo snemalni list, v katerega z besedami in določenimi šiframi zabeležimo vse pomembne podatke o rastlinskem vzorcu, meteoroloških razmerah, času začetka in konca testiranja, o ožji lokaciji vzorca itn.

– Za prvo serijo meritev odsekamo vršičke rastlin dolžine do 8 cm (premer grelca je 10 cm), in v 25 plastičnih kozarcev vložimo rastlinske vzorce teže ca. 1 g¹. V ognjevaren (pyrex) kozarec vložimo ca. 8 g vzorca za meritev vsebnosti vode rastlin. Odvečno snov shranimo v plastični posodi v hladilniku.

Kozarec z 8-gramskim vzorcem prenesemo takoj v sušilnik s stalno temperaturo približno 60°C (v ZDA 65°C) in začnemo s serijo meritev 25 vzorcev na električnem grelcu. Po vsakem poskusu zabeležimo čas trajanja od trenutka, ko vložimo vzorec na grelec, do pojava ognja, ter čas trajanja v sekundah od pojava ognja do njegovega ugašanja. Čas se meri s štoparico, vrednosti pa se takoj vnašajo v računalnik.

Po prvi seriji meritev se na računalniku izračunajo srednje vrednosti odloga vžiga in trajanja gorenja.

Za drugo serijo meritev vzamemo iz hladilnika preostalo vegetacijo in ponovimo postopek tehtanja 25 vzorcev teže ca. 1 g in enega pyrex kozarca s ca. 8 g vzorca, ki ga takoj damo v sušilnik. Drugo vegetacijo vložimo v plastično posodo in shranimo v hladilnik.

Po drugi seriji meritev natehtamo v dva pyrex kozarca po ca. 8 g rastlinskega vzorca (ostanek rastlinske snovi odvržemo stran) in jih takoj prenesemo v sušilnik. V sušilniku so tako vse skupaj 4 pyrex kozarci s po 8 g vzorcev za ugotavljanje vsebnosti vode (vlage) v testirani rastlini. Ponovimo postopek izračuna odlašanja vžiga in trajanja gorenja. Z računalnikom grafično in statistično obdelamo dobljene vrednosti

¹ Teža vzorca mora biti v mejah od 0,95 do 1,05 grama. Vzorec se meri na preciznih tehtnicah občutljivosti 0,001 gram. V Republiki Sloveniji je proizvajalec teh tehtnic TEHTNICA Železniki, tip tehtnice je EB-300 M.

(standardna deviacija, koeficient korelacije itn.) in podatke shranimo.

V primeru, da merimo samo eno serijo s 25 vzorci (po navadi del rastline od N-1, N-2 in N-3 leta), damo v sušilnik za ugotavljanje vsebnosti vode v rastlini na začetku meritev dva kozarca s po ca. 8 g vzorca in druga dva kozarca na koncu serije. Če želimo natančnejše podatke za vsebnost vode v rastlinskem vzorcu, je postopek drugačen in meritev traja 4 dni.

4.7 Ocena vnetljivosti

4.7 Flammability Assessment

Po preglednici 1 ocenimo vsako izmed rastlinskih vrst. Ocena se v razponu 6 nivojev določa na osnovi deleža pozitivnih testov FI (Frequence d'inflammation) in srednjega odloga vžiga (Délai d'inflammation).

DI = povprečni odlog vžiga v sekundah
FI = delež pozitivnih testov (0 do 50)

Ocene:

0 – slabo vnetljiv 1 – malo vnetljiv
2 – srednje vnetljiv 3 – vnetljiv
4 – zelo vnetljiv 5 – skrajnje vnetljiv

Preglednica 1: **Tablica ocene vnetljivosti**

Table 1: *Flammability Assessment Table*

DI						
32,5	0	0	0	1	1	2
	0	0	1	1	2	2
27,5	0	0	1	2	2	3
	0	1	2	2	3	3
17,5	1	1	2	3	3	4
	1	2	3	3	4	5
FI	<25	25-38	39-41	42-44	45-47	48-50

Ocene 0 in 1 pomenijo slabo vnetljivost posamezne rastlinske vrste, 2 in 3 srednjo ter 4 in 5 močno vnetljivost.

Po vsaki seriji dvotedenskih meritev vnetljivosti v Franciji objavijo informativni bilten in ga odpošljejo naslednjim institucijam:

- direkciji za ruralni prostor in gozdove pri ministrstvu za kmetijstvo,
- regionalnemu klimatološkemu uradu,
- medregionalnemu centru za koordinacijo akcij Civilne zaščite,

– delegaciji za zaščito mediteranskih gozdov.

5 UPORABA REZULTATOV

5 RESULTS' USE

Študija sloni na opisih razvoja vrednosti, merjenih v času sezone, ter klimatskih vrednosti, ki so značilne za trenutek meritve ali za obdobje pred tem. Meritve so bile opravljene na prevladujočih drevesnih vrstah, ki sestavljajo plasti trav, grmovja in dreves na poskusnem terenu Apnenaste in Kristalin-ske Provance v letih od 1978 do 1990. Prav tako so izdelane posebne raziskave na vrstah, ki so jih izbrali gozdarski genetiki.

Zaradi zelo obsežne snovi v tem članku podajamo samo najbolj značilne rastlinske vrste zgoraj omenjenih slojev, tako da dobi bralec pregled nad namenom raziskovanja bioloških parametrov.

Splošna pravila

General Rules

Od brsta do zrele faze/zrelosti in odpadanja listja se zaradi strukturalne in fizikalno-kemične spremembe tkiva listov spremenijo čas vnetljivosti. Frekvenca zanetenja je na najnižji vrednosti v času brsta in ostaja zelo slaba, vse dokler je vsebnost vode od 150 do 200 % glede na suho snov. Srednji odlog vžiga, če ga je možno izračunati, je vedno zelo visok. Ko je srednje trajanje gorenja zelo majhno, je vnetljivost izjemno hitra. Enak fenomen opažamo, ko se po obilnem dežju bistveno poveča vsebnost vode, ali potem ko rastlina razvije drugi brst. Takoj ko se vsebnost vode zniža s 150 na 100 ali 80 %, frekvenca vnetljivosti hitro narašča, hkrati pa se srednja vrednost odloga vžiga bistveno zmanjšuje in se sorazmerno povečuje srednje trajanje gorenja. Toda pri takšni vsebnosti vode v rastlini, meritve, iz katerih izračunamo srednje vrednosti (posebej posameznih odlašanj), kažejo veliko disperzijo.

Po zreli fazi se vsebnost vode stabilizira po navadi med 120 in 80 %. Pri mrtvih tkivih listja ali iglic, ki odmirajo v različnih časovnih obdobjih, v odvisnosti od rastlinske vrste in doživetega "hidričnega stresa" (motnje fotosinteze in respiracije v času

suše), so vrednosti vnetljivosti neposredno odvisne od vsebnosti vode, ta pa je odvisna od meteoroloških razmer.

Sloj trav

Grass Layer

Brachypodium ramosum L.:

Ta vrsta, ki je zelo pogosta v degradiranih združbah in na tratah, gradi neprekinjene preproge. Prav tako je tesno prepletena s *Quercus coccifera*. Del te trajnice, ki raste nad zemljo, obdrži pri optimalni rasti tudi suhe elemente (veje) iz prejšnjih let, tako da vnetljivost te preproge nikoli ni na najnižji ravni. Takoj ko pride do suše, se začne del rastline, ki raste nad zemljo, sušiti od spodnjega dela proti vrhu. Zaradi tega so območja, kjer raste ta rastlinska vrsta, od začetka poletja zelo primerna za izbruh požarov, ki se potem z lahkoto razširijo. Vendar ti požari niso zelo intenzivni zaradi majhne fitomase, ki redkokdaj presega 100 kg/ha, rastlinje ni nikoli višje od 40 cm in

Slika 2. Meteorološka postaja Ruscas (foto: T. Dimitrov)

Figure 2. The Ruscas Weather Station



toplota gorenja ni večja od 10 do 12 kJ/g.

Zaradi prilagojenosti suši, se rastlinska vrsta uporablja za znanilko prve nevarnosti, če upoštevamo izgled delov, ki rastejo nad zemljo.

V nasprotju s tem pa pomeni *Aphyllantes monspeliensis* zelo majhno nevarnost gozdnih požarov, čeprav njena vnetljivost nima ocene 0. Vzrok je v tem, da ta vrsta nikoli ne razvije neprekinjene preproge in ker sredi sušne sezone nad zemljo ni suhega dela.

Preproga trajnih trav, ki je prav tako suha v zimskem obdobju, pa kaže območja, ki so zelo ugodna za izbruh požarov. Ti požari so redkokdaj katastrofalni v tem letnem obdobju leta, kljub temu pa lahko opustošijo precejšnje površine.

Grmovni sloj

Shrub Layer

Arbutus unedo:

Vzorci vejic tipa A najdemo od meseca

maja do julija in njihova vnetljivost je zelo slaba. V začetku obdobja je na najnižji stopnji zaradi velike vlažnosti tkiv, z zmanjšanjem vsebnosti vode pa vnetljivost postopno narašča. Vnetljivost vejic tipa B je spremenljiva in ima oceno 1 ali 2, ko je vsebnost vode med 130 in 150. Ocena 3 se praviloma dodeljuje v času dolgotrajnih suš, ko vsebnost vode niha okrog 110. Ocena 4 se dodeljuje zelo redko, samo v primerih izjemno dolgotrajnih suš.

Vnetljivost vejic tipa C je vedno večja od vnetljivosti vejic tipa B. To dovoljuje uporabo te vrste kot oznako za nevarna obdobja v primeru nastanka gozdnega požara. Ko postane v določenem območju *Arbutus unedo* skrajno vnetljiv, postane nevarnost gozdnega požara realna. To so pokazali E. Gaudet (1988) in S. Layec (1989).

Erica arborea L.:

Razliko med vejicami tipa A in B na eni ter vejicami tipa B in C na drugi strani lahko

Slika 3. Merjenje sušenja in vlaženja mrtvega kuriva iglic primorskega bora (foto: T. Dimitrov)
Figure 3. Drying and Wetting Measurement of the Needles' Nonliving Forest Fuel of the Littoral *Pinus nigra dalmatica*



opazimo le na začetku ravnega obdobja. Vnetljivost vejic tipa A je slaba do srednja. V nasprotju s tem je vnetljivost vejic tipa B in C zelo močna, na kar vremenske spremembe vplivajo zelo malo. Močna vnetljivost, združena z zelo veliko toploto gorenja (višja od 20 kJ/g), je zelo značilna za to vrsto, ki gradi nepreahodno makijo s srednjo višino poganjkov od 4 do 5 m. To vrsto imamo za zelo nevarno in spada med najboljše indikatorje za nastanek gozdnih požarov. Celo po prenehanju padavin ostaja vnetljivost te vrste še vedno visoka, ne glede na zmanjšanje meteorološkega indeksa nevarnosti pred požari. Precejšnje zmanjšanje potencialne nevarnosti požara, ki jo predstavlja ta vrsta, nastopi le med cvetenjem.

Pri *Calycotoma spinosa* je značilno, da se v času požara veje, napolnjene z vročim zrakom in vnetljivim plinom, ločijo od grma in dvigajoč se visoko znotraj stolpa konvekcije padajo v stanju razbeljene žerjavice daleč pred fronto požara, kjer odpirajo nova žarišča. Njeno odstranjevanje ali uničevanje kakor tudi uničevanje *Erica scoparie*, ki je še bolj vnetljiva od opisane erike, je stalna zahteva strokovnjakov za boj proti požarom.

Drevesni sloj Tree Layer

Pinus halepensis Mill.:

Iglice vejic v času rasti A pomenijo majhno nevarnost, medtem ko so vejice tipa B, še bolj pa tipa C, zelo vnetljive, neodvisno od meteoroloških razmer, ki na njih malo vplivajo. Vnetljivost te vrste dodatno narašča s starimi iglicami, ki ostajajo petnajst dni na drevesu, preden se posušijo in odpadejo. Odpad, ki ga ustvarjajo suhe iglice, je zaradi svoje obilnosti, kar je povezano z precejšnjo velikostjo iglic in njihovo mehko, zelo vnetljiv in gorljiv. Ta odpad je odličan prenosnik požarov, pa tudi dragocen pripomoček pri izvajanju namernih požarov zaradi odstranjevanja mrtve gorljive snovi pod gozdom.

Kombinacija rastlinskih vrst s *Pinus halepensis* v drevesnem sloju, *Quercus coccifera* v grmovnem sloju in *Brachypodium*

ramosum v sloju trav je ena izmed najbolj vnetljivih, ki sploh obstajajo. Problem je v tem, da drevesni sloj ni nikoli dovolj gost za zmanjšanje moči rasti grmovja in trav, ki dosežejo svojo največjo vnetljivost v istem obdobju. Rizik se povečuje tudi zaradi tega, ker veje *Quercus coccifera* zadržujejo suhe iglice alpskega bora.

Quercus ilex L.:

V nasprotju z nekaterimi idejami o zamenjavi iglavcev z listavci so poskusi in terenska opazovanja pokazala, da je listje vejic tipa B in C *Quercus ilex* zelo vnetljivo v poletnem obdobju. Ta močna vnetljivost se malo zmanjšuje zaradi razvoja novih poganjkov, vendar je glede na njihovo majhno maso njihov vpliv šibek. Suho listje je zelo vnetljivo, ampak ne gradi goste in neprekinjene preproge. V čistih in gostih formacijah *Quercus ilex* zmanjšuje moč nižje rastočih rastlin, na večini lokacij pa omogočajo odprte formacije nižjim slojem razvoj na obrobju pa tudi pod pokrovom posameznih dreves. V sloju pod alpskim borom ta vrsta v nobenem primeru ne zmanjšuje vnetljivosti formacije. Skratka, pospeševanje listavcev pred iglavci zaradi vnetljivosti njihovih iglic je nesmiselno.

Pinus pinaster:

Iglice primorskega bora so v poletnem obdobju manj vnetljive od iglic alepskega bora zaradi krajšega zadrževanja na vejah dreves. Iglice tekočega leta (tip A) so gotovo manj vnetljive, ker so mlade in vlažne. Iglice zrelih vejic (tip B), vejic leta n-1 (tip C) in n-2 (tip D) so srednje vnetljive. Celo v času namočnejših suš niso dobile ocene 4 ali 5. Opad suhih iglic je vsekakor vnetljiv, njegova moč gorenja pa je odvisna od velikosti fitomase. Togost iglic povečuje kompaktnost tega sloja, s tem pa tudi gorljivost.

Vrste, ki so jih izbrali gozdarski genetiki Species Selected by Forestry Genetics Experts

Gozdarski genetiki so izbrali določene rastlinske vrste, ki so jih po testiranju njihove ustreznosti za zamenjavo vnetljivih vrst predstavili gozdarskim službam. Take manj vnetljive vrste so: *Abies cephalonica*,

Acacia melanoxylon, *Alnus subcordata*, *Eucalyptus dalrympleana*, *Eucalyptus MacArthurii* in *Hakea saligna*.

6 KLASIFIKACIJA VRST PO ČASU ODLAŠANJA (ODLOGA) VŽIGA

6 CLASSIFICATION OF SPECIES BY FLAMMABILITY LAG

Specifična analiza vnetljivosti kaže, da le-ta niha v odvisnosti od fenološkega stadija in značilnosti tkiv v posameznem štadiju, kar bistveno spreminja reakcijo vegetativne snovi na toploto. Preglednica 1 prikazuje informacije o vnetljivosti, upoštevaje srednje fiziološko stanje, v katerem so rastline v poletnem času.

Pri uporabi podatkov iz preglednice 1 je potrebno upoštevati, da stanje, v katerem je proučevana rastlinska snov, lahko niha od enega do drugega poletja in od ene do druge lokacije. Tako lahko pride do velikih nihanj celo v istem poletju, ko se vnetljivost lahko premakne z ravni **slaba** na raven **močna**, kar lahko vidimo na primeru *Cistus monspeliensis*.

Vnetljivost od srednje do močne ravni velikega števila rastlinskih vrst je vzrok za veliko gorljivost mediteranskih gozdnih združb. Zaradi zmanjšanja nevarnosti pred gozdnimi požari so potrebne intervencije gozdarskih strokovnjakov z izdelovanjem preseka ali uvajanjem kultur manj vnetljivih nasadov.

Z vzgojo nasadov *Cedrus atlantica* ali *Abies cephalonica* je možno bistveno zmanjšati nevarnost požarov. Poganjki teh dveh vrst imajo majhno vnetljivost, odrasli nasadi pa tvorijo sklenjen sklep, ki v primerjavi s *Pinus halepensis* ne dopušča razvoja močnega grmovnega sloja.

Z uvajanjem zimzelenega hrasta (*Quercus ilex*) na mesto bora ne rešujemo problema zaščite teh združb pred požari, medtem ko je uvajanje vrste *Cupressus arizonica*, drevesa z vodoravnimi vejami, trajen ukrep za zmanjšanja nevarnosti pred požari. Pri ohranjanju gozdov pred požari imajo prednost grmovne vrste z malo ali srednjo vnetljivostjo, kot je *Arbutus unedo*, namesto

nevarnih vrst, kot so *Calluna vulgaris* in različne vrste erik.

Nevarne vrste je možno odstraniti z lokalno uporabo sistemskih herbicidov triclopyr ali glyphosate, kar se je že pokazalo za zelo uspešno. Kontrolirano vžiganje ali paša pri odstranjevanju ali selekciji nevarnih vrst ni učinkovito.

7 ZAKLJUČEK

Raziskovanja, izpeljana na mediteranskih gozdnih vrstah so nas pripeljala do novih spoznanj:

- vnetljivost določenih listavcev, kot so *Quercus suber*, *Quercus pubescens* in *Quercus ilex* je večja kot vnetljivost posameznih iglavcev, kot so *Pinus pinaster*, *Cedrus atlantica* in *Abies cephalonica*;

- nevarnost pred požari je večja v združbah, bogatih z *Erico arborea*, kot v združbah s prevladujočo vrsto *Arbutus unedo*, tako v obdobjih suš kot v obdobjih minimalnega tveganja.

Raziskave so prav tako pokazale, da so v celotnem letnem ciklusu spremembe v vsebnosti vode v tesni korelaciji s parametri vnetljivosti. Merjenja na eksperimentalnem območju Ruscas, so omogočila izdelavo kart vegetacije, ki služijo kot osnova za izdelavo kart potencialne nevarnosti pred požari, kakršne so:

- karte vnetljivosti vegetacijskih združb in

- karte gorljivosti, ki so izdelane v merilu 1:20.000 s kodiranim opisom vsake vegetacijske združbe.

Na osnovi spoznanj o specifični vnetljivosti so analizirali odnose med podatki, ki jih je oddajal satelit NOAA (temperatura površine, hidrični stres vegetacije, požar vegetacije), in določenimi biološkimi parametri, kot je vnetljivost. Prezgodaj je delati zaključke, kljub temu pa se ti parametri razvijajo in načrtujejo nove raziskave na tem področju.

Opisano metodo bodo uporabili na Hrvaškem pri meritvah vnetljivosti in gorljivosti submediteranske vegetacije, po vzpostavi-

tvi eksperimentalnega poligona v Makarski (Dalmacija). Ta raziskovalna enota bo proučevala gozdne vrste prihodnosti, kar bo gozdarjem v pomoč pri izbiri vrst, ki so primerne za uvajanje v gozdove priobalnega dela Jadrana.

CONCLUSION

The research carried out in Mediterranean kinds led to the following conclusions:

- the flammability of some broad-leaved kinds like *Quercus suber*, *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* is higher than that of some coniferous kinds like *Pinus pinaster*, *Cedrus atlantica* and *Abies cephalonica*;
- fire danger is higher in the associations rich with the *Erica arborea* than in those where *Arbutus unedo* prevails, which equally holds true of drought seasons and periods of minimal risk.

The research has also proved that throughout the entire annual cycle the changes in water quantity are in close correlation with flammability parameters. Measurements at the experimental area *Ruscas* have enabled the elaboration of vegetation maps, which serve as a basis for the working out of fire-risk map such as:

- maps of vegetation association flammability and
- combustibility maps made on a scale of 1 : 20 000 with a code description of each vegetation association.

Based on the results on specific flammability the relations between the data received by the NOAA satellite (surface temperature, vegetation's hydric stress, vegetation's fire) and specific biologic parameters like flammability were analysed. It is still too early to draw conclusions yet the parameters mentioned are being developed and new research is being planned in this scientific field.

The method described is going to be used in Croatia in flammability and combustibility measurements of the Submediterranean vegetation once an experimental range has been founded in Makarska (Dalmatia). This testing unit is going to investigate the forest species of the future times, which will represent a help for foresters in deciding which species are appropriate to be introduced into the forests of the littoral part of the Adriatic Sea.

LITERATURA LITERATURE

1. Alexandrian, D.: Estimation de l'inflammabilité et de la combustibilité de la végétation, CEMA-

GRAF, BI No 288, Aix-en-Provence, 1982.

2. Bertović, S., Dimitrov, T., Jurčec, V., i dr.: Osnove zaštite šuma od požara, CiP, Zagreb, 1987.

3. Caramelle, P., Clement, A.: Inflammabilité et combustibilité de la végétation méditerranéenne, Avignon, 1978.

4. Deeming, J., Burgan, R., Cohen, J. D.: The national Fire-Danger Rating System, USDA Forest Service General Technical Report INT-39, Ogden, UTAH, 1978.

5. Dimitrov, T.: Specijalizacija u INRA Avignon, Odio za šumarska istraživanja *Ruscas* (*Bormes-les-Mimosas*) svibanj 1990. g. (rokopis).

6. Jovanović, B.: Dendrologija, IŠRO, Beograd, 1982.

7. Layec, S.: Des parametres biologiques susceptibles d'améliorer l'indice de risques d'incendies de forets, DAA, Rennes, 1989.

8. Lawson, B. D.: Fire Wather Index, Canadian Forestry Service, BC-P-17, Victoria B. C., 1977.

9. Roux, D., Sol, B.: La prévision météo, une alliée contre les incendies, La recherche Environnement, supplément au No. 234 de la Recherche, str. 898-900, 1991.

10. Sol, B.: Etat de la recherche en France et prévisions météorologiques pour les incendies de forets dans le Sud-Est de la France, Meteorologie et incendies de forêts, p. 251-261, Geneve, 1992.

11. Sol, B.: Teneur en eau d'une litière d'aiguilles de pin maritime: influence des conditions météorologiques, Direction de la Meteorologie Nationale, Note de travail SMIR/SE No. 6, Septembre 1991.

12. Sol, B.: Risque numerique météorologique d'incendies de Forêts en zone méditerranéenne, Meteorologie Nationale, Note de travail SMIR/SE No. 1, Mai, 1989.

13. Sol, B.: Temperature d'une litière en terrain decouvert: modélisation physique et comparaison avec les mesures, Meteorologie Nationale, Note de travail SMIR/SE No. 2, Aout 1989.

14. Vallette, J. C.: Evolution temporelle des parametres d'inflammabilité et des donnees satellitaires de juin a septembre 1990, Meteorologie et incendies de forêts, p. 262-275, Genève, 1992.

15. Vallette, J. C., Moro, C.: Inflammabilités des especes forestières ene region méditerranéenne Française, INRA, Recherches forestières, Avignon, 1990.

16. Vallette, J. C.: Risques presentes par L'Arbusier et la bruyere arborescente, INRA, Recherches forestières, Avignon, 1989.

17. Vallette, J. C.: Inflammabilité, teneur en eau et turgescence relative de quatre espèces forestières méditerranéennes. Seminario sobre metodos y equipos para la prevencion de incendios forestales, ECE/ILO/FAO, Valencia, Espana, 1986.

18. Vallette, J. C., Clement, A., Delabrazé, P.: Inflammabilité d'espèces méditerranéenne. Tests rapides. Campagne été 1978, INRA, Avignon, 1978.