

THE DISSIPATIVE STRUCTURE OF FORESTS

DISIPATIVNA STRUKTURA ŠUME

BEZAK, Karlo

Abstract: *The International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests is based on the method set down by the ICP Forests. Global warming has had an alarming effect on forest condition and the trend of forest degradation. This trend may be reduced with the application of the principles of chaos and the diagnosis of the dissipative structure of forests. Forests are oscillating systems that turn into chaotic ones because they possess the element of feedback. By suppressing crowns we model the dissipative structure of a forest: forest in equilibrium, close to equilibrium and far from equilibrium.*

Key words: *dissipative structures, complex equations, dendrogram*

Sažetak: *Međunarodnim programom, procjena i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume, obavlja se prema jedinstvenoj metodi propisanoj od ICP Forests. U uvjetima globalnog zatopljenja stanje i trend propadanja šuma je alarmantan. Trend se može usporiti spoznajom o kaosu i dijagnozom disipativne strukture šuma. Šume su titrajni sustavi koje postaju kaotične, jer posjeduju element povratne veze. Prigušivanjem krošnje modeliramo disipativnu strukturu šume, šumu u ravnoteži, blizu ravnoteže i šumu daleko od ravnoteže. Disipacija se ogleda u borbi za opstanak.*

Ključne riječi: *disipativne strukture, kompleksne jednadžbe, dendrogram*



1. Uvod

Godine 1985. u okviru Konvencije UN i Europske komisije o prekograničnom onečišćenju (CLRTAP) osnovan je Međunarodni program za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume, skraćeno (ICP Forests). Procjena se obavlja prema jedinstvenoj metodi propisanoj od ICP Forests. Opažanje se obavlja na bioindikacijskim plohamama iz mreže 16 x 16 km, jednake međusobne udaljenosti. Na svakoj plohi ocjenjuje se 24 stabala, osutost krošnje, gubitak boje asimilacijskih organa te lako prepoznatljivi (biotički i abiotički) uzroci štete (Roša, 2001). U Republici Hrvatskoj za 2005. godinu, procjena oštećenosti 3+4 hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) s postotkom većim od 60% bilo je 3% stabala, za 30% stabala, oštećenost 2, je bila između 26%–60%, za 26% stabala, oštećenost 1, je bila između 11–25%, a za 26% stabala, oštećenost 0 je bila između 0–10%. Značajno oštećenim stablima smatraju se stabla osutosti krošnje iznad 25% (oštećenje 2+3+4). Kritično je stanje s običnom jelom (*Abies alba* Mill.) u kojoj se 77% stabala nalazi u nestabilnom i kaotičnom stanju (oštećenje 2+3+4). Monitoring stanja oštećenosti krošanja za 2007. godinu pokazuje trend povećanja oštećenosti svih vrsta drveća. U uvjetima globalnog zatopljenja stanje i trend propadanja šuma je alarmantan. Trend se može usporediti spoznajom o kaosu, dijagnozom stanja disipativne strukture šuma i iskorakom iz krutog linearnog u nelinearno dinamično gospodarenje šumama.

2. Alati i model

Alati za dijagnozu disipativne strukture šuma su kompleksne jednadžbe rasta i razvoja debljinske strukture (Bezak, 2007):

$$\Psi_{d,D} = A e^{-kt} \sin(\omega_p t - \varphi) \quad (1)$$

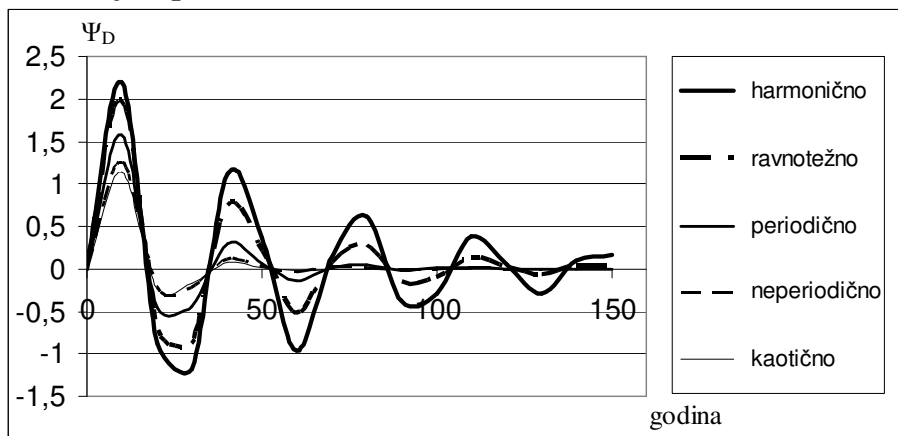
Simboli u jednadžbama su: Ψ_d – kompleksni brojevi debljinskog rasta; Ψ_D – kompleksni brojevi širenja promjera krošnje; $A_{d,D}$ – valne amplitude; $e = 2.718$ – baza prirodnog logaritma; k – koeficijent otpora rastu; t – vrijeme; ω_{pd} – koeficijent pulsacije debljinskog rasta; ω_p – koeficijent pulsacije širenja promjera krošnje; φ – fazni prostor rasta. Jednadžba (2) sadrži sve parametre potrebne za dijagnozu disipativne strukture, numeričku prognozu razvoja i detekciju brzine debljinskog rasta hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.):

$$\Psi_d = 5.328 e^{-kt} \sin(0.07299 t - 0.00100) \quad (2)$$

Postoji funkcionalni odnos između debljinskog rasta debla i širenja promjera krošnje. Jednadžba (3) sadrži parametre rasta promjera krošanja hrasta lužnjaka:

$$\Psi_D = 2.664 e^{-kt} \sin(0.18248 t - 0.02664) \quad (3)$$

Koeficijent otpora rastu k jedini je nelinearni član, kojim se jednostavno usklađuje brzina rasta modela s brzinom rasta svakog stabla ili sastojine. Iteracijama k u intervalima $0.001 \rightarrow 0.027 \rightarrow 0.050 \rightarrow 0.073 \rightarrow 0.999$ detektiramo brzinu rasta i disipativnu strukturu stabla ili sastojine. Vrijednosti koeficijenta otpora rastu $k < 0.027$ su u približno harmoničnom stanju, a k između $0.27 < 0.045$ indiciraju ravnotežne sastojine, to su stabilne sastojine kojima je oštećenost 0. Koeficijent otpora rastu k između $0.045 < 0.055$ indiciraju sastojine u periodičnom stanju (oštećenost 1), sastojine s k u rasponu $0.055 < 0.073$ su u stanju neperiodičnosti (oštećenost 2), a sastojine s koeficijentom otpora $k > 0.073$ su u kaotičnom stanju (oštećenost 3+4). Prigušivanjem krošnje modeliramo disipativnu strukturu šuma, šumu u ravnoteži, blizu ravnoteže i šumu daleko od ravnoteže. Rješenja kompleksnih jednadžbi su kompleksni brojevi, a skupovi kompleksnih brojeva fraktalna su dimenzija šume. Skupovi stabala, fraktala, tvore sastojinu. Uz poznatu starost sastojine i poznati prsni promjer, iteracijom otpora rastu k istovremeno se utvrđuje brzina debljinskog rasta i obavlja dijagnoza disipativne strukture šuma. Iteracijama koeficijenta otpora rastu k numerički se obrađuje stablo ili srednje sastojinsko stablo d_s bez obzira na namjenu, bonitet ili ekološko–gospodarski tip. Rješenja kompleksnih jednadžbi (2 i 3) su kompleksni brojevi, dendrogrami. Na Slici 1. su dendrogrami širenja promjera krošnje u kojima okomiti smjerovi prikazuju amplitude ili multidimenzionalne vektore, a vodoravni smjerovi prikazuju prostor i vrijeme. Period debljinskog rasta hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) je 100 godina, a period rasta krošnje u širinu je 25 godina, što znači kako su periodi debljinske strukture u omjeru 1:4. Omjeri perioda 1:3 ili 2:3 vode šumu u kaos.



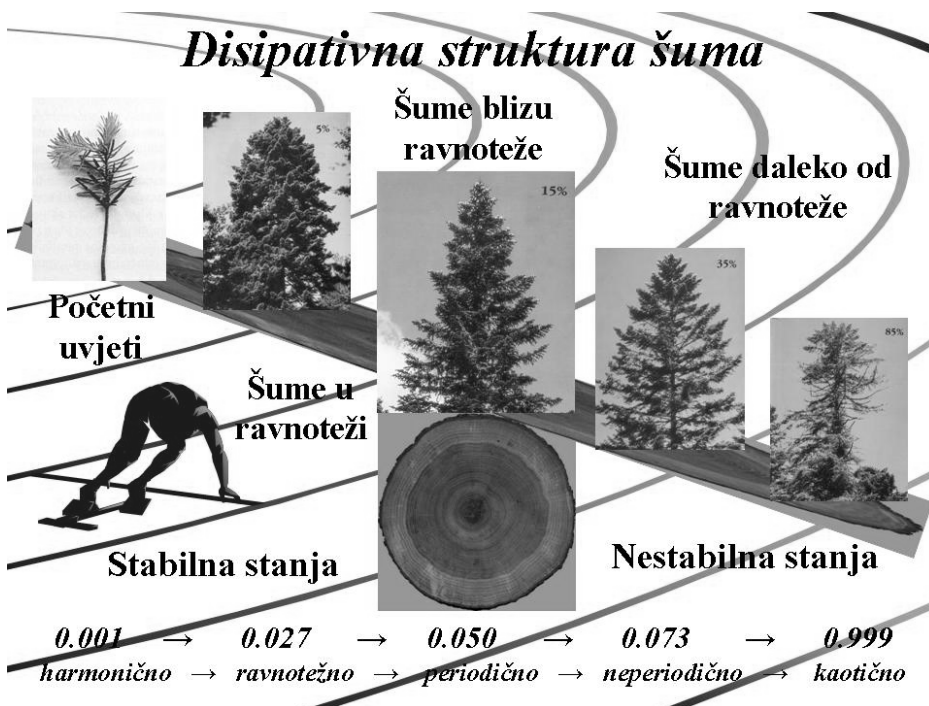
Slika 1. Dendrogrami širenja promjera krošnja u disipativnoj strukturi

Dendrogram širenja promjera krošnje, pokazuje kako samo predominantna i dominantna stabla pokazuju periodična gibanja koja mogu doživjeti duboku starost. Predominantna stabla s izvanredno jako razvijenom krošnjom u približno su harmoničnom stanju. Dominantna stabla s relativno dobro razvijenom krošnjom u ravnotežnom su stanju. Kodominantna stabla sa slabije razvijenim krošnjama u periodičnom su stanju. Prigušena stabla s jednostranom i ugnjetenom krošnjom u neperiodičnom su stanju, a prigušena stabla sa krošnjom koja umire u kaotičnom su stanju. Neperiodične krošnje na rubu su stabilnosti. Stabla koja su u kaotičnom stanju prva umiru. Kaotično stanje, kada sastojina nema više energije za opstanak i dolazi

do spontane uređenosti, najčešće sušenje šuma. To je vrlo važna spoznaja za propisivanje smjernica gospodarenja i dijagnozu stanja stabilnosti šume.

3. Disipativna struktura šuma

Holistički pristup, i jedan od prvih razrađenih opisa samoorganizirajućih sustava bila je teorija disipativnih struktura belgijskog kemičara i fizičara Ilya Prigoginea (Capra, 1980).



Slika 2. Shema disipativne strukture šuma

Prigone je prvi uveo pojmove disipativnih sustava i samoorganizacije i prvi je pokazao kako su uvjeti u kojima nastaju uređene strukture daleko od ravnoteže. Biološki i društveni sustavi su otvoreni. Većina stvarnosti nije stabilna, već je ispunjena neredom i promjenama (Sardar & Abrams, 1998). Teorija disipativnih struktura govori o kretanju od reda prema neredu i sve većoj entropiji. Prema drugom zakonu termodinamike, dok entropija raste energija se gubi nepovratno. Rasipanje energije koja je nepovratna na molekularnoj razini prati suprotan proces uređenog kaosa na subatomskej razini. Pojam disipativna uveo je kako bi objasnio koherentno ponašanje u sustavima daleko od stanja ravnoteže. Točka ravnoteže nazvana je rubom kaosa, gdje je sustav u nekoj vrsti pritajena očekivanja između stabilnosti i kolapsa. Prema Prigogineu, disipativne strukture su otoci reda u moru nereda. Disipativnu strukturu možemo prepoznati u svakoj šumi bez obzira na starost. Dominantna i predominantna stabla su u stabilnom ravnotežnom stanju, srednje sastojinska su u periodičnom, prigušena stabla su u neperiodičnom i nestabilnom stanju, a prigušena stabla s krošnjom koja umire u kaotičnom su stanju. Disipacija se ogleda u borbi za opstanak. Od početnih uvjeta mladih sastojina, kada imamo oko 10000 jedinki podmlatka, pa sve do kraja ophodnje kada ostane oko 100 stabala, jedva 1%. Početni

uvjeti do prve kulminacije prirasta presudni su za daljnji razvoj događanja u šumama. Praćenje stanja krošanja prema stupnjevima oštećenja svršeni je čin. Samo dijagnozom stanja vitalnosti šume možemo njegom preusmjeriti šumu prema stabilnom stanju. Klasifikacijom stanja sastojina sukladno shemi (Slika 2.) dobiva se disipativna struktura, kvalitativna i kvantitativna produkcija šuma koja se može preslikati na karte (Bezak, et al., 2007). U uvjetima globalnog zatopljenja, dijagnoza disipativne strukture šuma i njeno kartiranje od presudne je važnosti za preventivnu zaštitu i potrajno gospodarenje šumama. Dijagnoza stanja disipativne strukture šuma i njeno kartiranje na cijelom području Hrvatske, prioritetan je zadatak Hrvatskog šumarstva. Svaka vrsta drveća ima svoju dinamiku rasta i razvoja. Poznavanje dinamike rasta, periodičnosti sastojinske strukture i koeficijenta pulsacije ostalih vrsta drveća omogućuje multidimenzijско modeliranje stabilnih šuma najveće kvalitete i vrijednosti. Spoznaja o sveobuhvatnoj zakonitosti prirode model je za iskorak iz krutog linearnog gospodarenja u nelinearno multidimenzijско modeliranje radi potrajnog gospodarenja i preventivne zaštite šuma. Disipativna je svjetska monetarna ekonomija, disipativna je ekonomija Europske Unije, disipativna je i ekonomija Republike Hrvatske. Ekonomija Hrvatskog šumarstva ovisi o disipativnoj strukturi šuma.

4. Zaključak

Međunarodnim programom, procjena i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume obavlja se prema jedinstvenoj metodi propisanoj od ICP Forests. U uvjetima globalnog zatopljenja, stanje i trend propadanja šuma je alarmantan. Trend se može usporiti spoznajom o kaosu i dijagnozom disipativne strukture šuma. Šume su titrajni sustavi koje postaju kaotične, jer posjeduju element povratne veze. Prigušivanjem krošnje modeliramo disipativnu strukturu šume, šumu u ravnoteži, blizu ravnoteže i šumu daleko od ravnoteže. Disipacija se ogleda u borbi za opstanak.

5. Literatura

- Bezak, K.; Kuric, D. & Vrebčević, M. (2007). Disipativna struktura sjemenjača hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u gospodarskoj jedinici „Slavir“. *Šum. list br. 1-2.*, str. 35-56, Zagreb, ISSN 0373-1332
- Bezak, K. (2007). Deterministički kaos u šumama. *DAAAM International Scientific Book 2007*, B. Katalinić (Ed.), str. 483-492, Vienna, Austria, ISBN, 3-901509-60-7, ISSN 1726-968
- Capra, F. (1980). *The Web of Life*. Prijevod Zafirović, L. (1998). *Mreža života*. Liberata, str. 1-304, Zagreb, ISBN 953-6673-05-3
- Roša, J. (2001). *Praćenje šumskih ekosustava*, Hrvatske šume, str. 1-76, Zagreb, ISBN 953-6253-19-14
- Sardar, Z. & Abrams, I. (1998). *Introducing Chaos*. Prijevod, Lopac, V. (2003). *Uvod u kaos*. Naklada Jesenski i Turk, str. 1-176, Zagreb, ISBN 953-222-013-5