

VIŠEKRITERIJUMSKO VREDNOVANJE BILJNIH VRSTA ZA PEJZAŽNO UREĐENJE REČNIH OBALA (KEJOVA) U GRADSKIM ZONAMA U SRBIJI

Milena LAKIĆEVIĆ
Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet
Bojan SRĐEVIĆ, Boško BLAGOJEVIĆ
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

REZIME

Pejzažno uređenje rečnih obala je složen inženjerski zadatak na čiju uspešnost presudno utiče pravilan izbor vrsta drveća. U radu je pokazano kako se višekriterijumski metod analitički hijerarhijski proces (AHP) može koristiti za donošenje odluke o optimalnom dendrološkom sastavu za uređenje obala reka u gradovima Srbije. Vrednovanje sedam alternativnih vrsta drveća izvršeno je na osnovu kriterijuma biološke i ekonomske prirode. Primenjena su tri popularna metoda prioritizacije u AHP: metod sopstvenih vrednosti (EV), metod aditivne normalizacije (AN) i logaritamski metod najmanjih kvadrata (LLS). Na osnovu dobijenih rezultata predložen je, na opštem nivou, optimalni sastav drveća za uređenje rečnih obala u gradskim zonama u Srbiji.

Ključne reči: rečne obale, gradske zone, ozelenjavanje, Analitički hijerarhijski proces, metod prioritizacije.

UVOD

Posebnu grupu zelenih površina u naselju predstavljaju kejovi i nasipi ozelenjeni drvećem i drugim biljkama. U osnovi se radi o pejzažnom uređivanju ulica duž obala, a namenjene su automobilskom i/ili pešačkom saobraćaju. Pri izboru vrsta treba nastojati da se pre svega koriste biljke koje dobro uspevaju pored vode (Anastasijević, 2007).

U radu je izvršeno vrednovanje i rangiranje biljnih vrsta koje su pogodne za pejzažno uređenje rečnih obala sa ciljem da se identifikuje pravac u planiranju optimalnog sastava drveća za uređenje rečnih obala i kejova u Srbiji. Problem je tretiran na makro planu i korišćen je višekriterijumski metod Analitički hijerarhijski proces (AHP) (Saaty, 1980), u svetskoj praksi potvrđen kao

pouzdan alat za podršku odlučivanju (Srđević et al, 2001). Primene ovog metoda su uobičajene u oblasti šumarstva, pre svega zahvaljujući stručnjacima iz Finske odakle dolazi i najveći broj naučnih i stručnih radova sa brojnim primerima planiranja i upravljanja šumama i razrađenim metodologijama implementacije AHP u individualnim i grupnim poslovima odlučivanja (Kangas et al, 2005; Rauscher et al, 2000; Wolfslehner et al, 2005).

ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (AHP)

Analitički hijerarhijski proces (AHP) (Saaty, 1980) je jedan od najčešće korišćenih višekriterijumskih metoda koji se u višegodišnjoj praksi dokazao kao značajna pomoć donosiocima odluka. AHP se zasniva na formiranju hijerarhije problema i originalnoj proceduri za vrednovanje elemenata po nivoima hijerarhije dok se u konačnoj sintezi ne utvrde težine svih elemenata, a kao konačni rezultat dobiju težine alternativa na najnižem nivou u odnosu na element na najvišem nivou (globalni cilj). Donosilac odluka (DO) poredi u parovima elemente u datom nivou hijerarhije u odnosu na sve (nadređene) elemente u višem nivou. Kod tronivoske hijerarhije koja sadrži cilj, kriterijume i alternative, to znači da se prvo (u parovima) porede kriterijumi u odnosu na cilj, a zatim alternative (takođe u parovima) u odnosu na svaki kriterijum. Primenom nekog od metoda prioritizacije određuju lokalne težine kriterijuma u odnosu na cilj i lokalne težine alternativa u odnosu na svaki pojedinačni kriterijum. Aditivnom sintezom dolazi se do konačnog rezultata metoda: globalnih težina alternativa u odnosu na cilj.

U standardnom AHP svi elementi na datom nivou hijerarhije porede se u parovima (head-to-head) u odnosu na svaki pojedinačni element u višem nivou. Donosilac odluka daje lingvističke (semantičke) ocene o

međusobnom značaju parova elemenata prema nadređenom elementu korišćenjem fundamentalne skale u Tabeli 1.

Tabela 1. Satijeva skala (Saaty, 1980)

Definicija	Satijeva skala
Isti značaj	1
Slaba dominatnost	3
Jaka dominatnost	5
Vrlo jaka dominatnost	7
Apsolutna dominatnost	9
Međuvrednosti	2,4,6,8

Numerički ekvivalenti iz desne kolone skale unose se u kvadratnu matricu u kojoj su elementi iz gornjeg trougla recipročni elementima iz donjeg trougla, dok su elementi na glavnoj dijagonali jednaki 1. Prvo se određuje vektor težinskih koeficijenata kriterijuma na prvom nivou hijerarhije u odnosu na cilj pošto je prethodno izvršeno njihovo poređenje u parovima (u odnosu na cilj). Zatim se alternative poredi u parovima u odnosu na dati kriterijum i na isti način određuje parcijalni vektor težinskih koeficijenata alternativa; postupak se ponavlja za svaki kriterijum posebno i dobija se onoliko parcijalnih vektora težina alternativa koliko ima kriterijuma. Parcijalni vektori se u fazi sinteze množe težinskim koeficijentima odgovarajućih kriterijuma i sabiraju se proizvodi čime se dobijaju globalne (konačne) težine alternativa u odnosu na cilj.

Ima više matricnih i optimizacionih metoda kojima se određuju težine elemenata iz matrica poređenja (Srđević et al., 2005, 2009), a najvažniji su:

- Metod sopstvenih vrednosti (EV – Eigenvector)
- Metod aditivne normalizacije (AN – Additive Normalization)
- Metod otežanih najmanjih kvadrata (WLS – The Weighted Least Squares)
- Logaritamski metod najmanjih kvadrata (LLS – The Logarithmic Least Squares)
- Logaritamski metod ciljnog programiranja (LGP – Logarithmic Goal Programming)
- Metod fazi programiranja prioriteta (FPP – Fuzzy Preference Programming)

Naučne rasprave o tome koji je od navedenih metoda najbolji još uvek traju. Npr. u (Srđević, 2005) navedeni metodi su poređeni na primerima i pokazano je da se nijednom metodu ne može dati apriorna prednost.

U radu su paralelno korišćena tri od navedenih šest metoda: metod sopstvenih vrednosti (EV), metod aditivne normalizacije (AN) i logaritamski metod

najmanjih kvadrata (LLS). Sinteze su vršene na standardni način, proveravana je konzistentnost poređenja elemenata odlučivanja na svim nivoima hijerarhije, a sličnost konačnih globalnih težina alternativa pokazala je da su sva tri metoda prioritizacije tokom lokalnih računanja davala stabilne i slične rezultate. Sledi kratak opis korišćenih metoda.

Metod sopstvenih vrednosti (EV)

Kao traženi vektor prioriteta za matricu A dimenzije $n \times n$, u kojoj su numerički ekvivalenti semantičkih ocena značaja u parovima n poređenih elemenata, usvaja se vektor sopstvenih vrednosti w ove matrice. Vektor se određuje kao rešenje linearnog sistema:

$$Aw = \lambda w, \quad e^T w = 1 \quad (1)$$

gde je λ sopstvena vrednost matrice, a e je jedinični vektor (svi elementi vektora su 1) istog reda kao i matrica A .

Ako je donosilac odluka konzistentan, tada je $\lambda = n$; u suprotnom je $\lambda > n$. Maksimalna sopstvena vrednost (λ_{\max}) za nekonzistentnu matricu može se oceniti uzastopnim kvadriranjem matrice A . Kada se izvrši kvadriranje, sabiraju se elementi po vrstama i zbrovi se normalizuju da u sumi budu jednaki. Tako se dobijaju aproksimacije traženog vektora, a postupak se prekida kada je razlika između dva uzastopna vektora manja od definisane vrednosti.

Metod aditivne normalizacije (AN)

Metod aditivne normalizacije je jednostavan i često korišćen metod. Da bi se dobio vektor prioriteta w dovoljno je podeliti svaki element iz date kolone matrice A zbirom elemenata te kolone, zatim sabrati elemente u svakoj vrsti i na kraju svaki dobijeni zbir podeliti sa rangom matrice n . Ova procedura opisana je relacijama (2) i (3):

$$a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$w_i = (1/n) \sum_{j=1}^n a'_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Logaritamski metod najmanjih kvadrata (LLS)

Metod je optimizacioni jer se rešava problem:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n [\ln a_{ij} - (\ln w_i - \ln w_j)]^2 \quad (4)$$

$$\text{uz ograničenje: } \prod_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Crawford i Williams su pokazali da je rešenje problema (4)-(5) jedinstveno i da se određuje jednostavnim računanjem geometrijskih sredina vrsta matrice A :

$$w_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{1/n}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

PROBLEM ODLUČIVANJA

Izbor biljnih vrsta je presudan za uspešnost ozelenjavanja jer pravilno odabrano drveće očuvaće svoju vrednost tokom dugog perioda. Ako je izbor nestručan, postoji rizik od bolesti i brzog propadanja formiranih zasada (Gerhold i Porter, 2007). Odabrane biljke moraju imati veliku otpornost na delovanje nepovoljnih abiotičkih i biotičkih činilaca. Stanišni uslovi, posebno u gradskoj sredini, nameću brojna ograničenja: nedostatak svetlosti, aerozagađenje, ograničen prostor za razvoj korenovog sistema, lošu strukturu i slabu plodnost zemljišta, itd. Kada su u pitanju kejovi i rečne obale u gradovima, svim navedenim limitirajućim faktorima pridružuje se i velika vlaga u zemljištu. Osim nepovoljnih abiotičkih, poseban problem predstavljaju biotički činici, odnosno fitopatološka i entomološka oštećenja koja ugrožavaju ova, u većoj ili manjoj meri (zbog nepovoljnih uslova sredine) fiziološki oslabljena stabla (Saebo et al, 2005).

Pri izboru biljnih vrsta za uređenje rečnih obala vodi se računa da se obuhvate one vrste koje uspešno rastu na vlažnim terenima i imaju otpornost prema bolestima, insektima i nepovoljnim uslovima gradske sredine. Pošto ove površine imaju i dekorativnu funkciju, važno je da odabrane vrste imaju visoke ornamentalne vrednosti. Na pitanje odabira utiču i cena sadnica i troškovi održavanja zelenila.

Ovde se razmatra 7 autohtonih i odomaćenih alohtonih vrsta na prostoru Srbije, prema spisku koje predlažu Gerhold i Porter (2007) za pejzažno uređenje vlažnih staništa: *Chamaecyparis lawsoniana*, *Thuja occidentalis*, *Acer saccharinum*, *Platanus x acerifolia*, *Quercus robur*, *Salix babylonica* i *Taxodium distichum*. Radi se o tri četinarske (dve zimzelene i jedna listopadna) i četiri lišćarske vrste sa sledećim bitnim svojstvima:

1. *Chamaecyparis lawsoniana* (Murr.) Parl. (fam. *Cupressaceae*) – Lavsonov hameciparis

Jednodomo zimzeleno drvo visine do 40 m, usko kupaste krošnje, poreklom iz Severne Amerike. To je najčešće gajena vrsta iz ovog roda u Srbiji. Najbolje uspeva u uslovima zasene. Otporna je na niske temperature i ne bira zemljište. Obrazuje moćan korenov sistem i otporna je na udare vetra. Uspeva pretežno na vlažnim terenima. Dobro podnosi uslove gradske sredine. Drvo je odličnog kvaliteta (Jovanović, 2000).

Bolesti Lavsonovog hameciparisa u toplim područjima u Srbiji može uzrokovati: *Sphaeropsis sapinea* koja izaziva izumiranje izbojaka tekuće vegetacije – shoot blight, sušenje grana, vrhova stabla ili celih biljaka (Milijašević, 2002). Hameciparis u Srbiji napadaju insekti *Phloeosynus aubei* i *Phloeosynus thujae* koji uzrokuju sušenje izbojaka (Marković i Stojanović, 2004). Ipak, učestalost zaraze nije velika i Lavsonov hameciparis se svrstava u biljke otporne na bolesti i štetočine (Vukićević, 1996).

2. *Thuja occidentalis* L. (fam. *Cupressaceae*) – zapadna tuja

Jednodomo zimzeleno drvo visine do 20 m, sa kratkim horizontalnim granama i piramidalnom krošnjom. Rasprostanjena je u celoj Severnoj Americi na krečnim i vrlo vlažnim staništima. U Evropu je prenetu u XVI veku.

Vrsta koja nema velikih zahteva u odnosu na stanište. Raste u senci slobodno, varirajući u habitusu, najbolje na vlažnom i peskovitom zemljištu. Malo je osetljiva prema prašini, dimu u gradovima, ali ne podnosi duže suše i žege na suvom zemljištu. Kod nas česta ukrasna vrsta, čak i u mraznim staništima kraj vodenih tokova (Jovanović, 2000).

Zapadna tuja može biti zaražena gljivama *Sphaeropsis sapinea* (Milijašević, 2003), *Botryosphaeria obtusa* (Milijašević, 2009), itd. Kao i hameciparis, zapadnu tuju u Srbiji mogu napadati insekti *Phloeosynus aubei* i *P.thujae* (Marković i Stojanović, 2005). Osim toga, opasnost predstavlja i *Cinara tujafilina*, čija je masovna pojava zabeležena na zelenim površinama u Srbiji 2001. godine (Glavendekić i Mihajlović, 2006).

3. *Acer saccharinum* L. (fam. *Aceraceae*) – šećerni javor

Jednodomo listopadno drvo visine do 40 m, duguljasto ovalne krošnje. Poreklom sa istoka Severne Amerike. Gaji se kao ukrasno drvo. Uspela kultura ove vrste kod,

nas, stara preko 50 godina, nalazi se na Deliblatskom pesku (Jovanović, 2000).

Vrsta aluvijalnih staništa, koja ne podnosi sušu i niske temperature. Zbog izraženih dekorativnih vrednosti, često se na zelenim površinama kod nas koristi kao pojedinačno stablo (soliter).

Među bolestima javora značajne su *Botryosphaeria obtusa* i *Diaporthe eres* koja uzrokuje rak kore, izumiranje grana sa vrha i obojavanje beljike (Milijašević, 2009). Fitopatološka oštećenja na javoru kod nas može izazivati *Uncinula aceris*, pepelnica na listovima javora. Javlja se sporadično i u nekim godinama može dovesti do šteta (Karadžić i Milijašević, 2005). Na nekim lokalitetima u Srbiji, na vrstama iz roda *Acer*, konstatovan je polifagni insekt *Metcalfa pruinosa*, koji smanjuje prirast, slabi fiziološku kondiciju napadnutih biljaka i uzrokuje oštećenja na listovima i izbojcima (Mihajlović, 2007).

4. *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. (fam. *Platanaceae*) – javorolisni platan

Jednodomo listopadno drvo visine do 35 m, široko kupaste ili piramidalne krošnje. Vrsta je nastala subsontanom hibridizacijom između *Platanus orientalis* i *Platanus occidentalis*. Ovaj hibrid je klimatski mnogo otporniji od oba roditelja. Javorolisni platan je kod nas, i u Evropi uopšte, najčešće gajena vrsta platana (Jovanović, 2000).

Ima dubok i moćan koren. Kora je glatka, ljušti se u tankim i krupnim ljuspama. Brzorastuća vrsta. Dobro podnosi gradske gasove i prašinu. Uspeva na svežem aluvijalnom zemljištu. Vrsta je dekorativna zbog imponantne krošnje, svetle i tanke kore, širokih listova i atraktivnih plodova.

Fitopatološka oštećenja javorolisnog platana često u Srbiji uzrokuje *Apiognomonina veneta* (Arsenijević et al., 2006). Prohladno i kišovito vreme u proleće pogodni su uslovi za zarazu. Simptomi bolesti su: pegavost duž lisnih nerava, propadanje listova, pupoljaka i izbojaka. Na platanu entomološka oštećenja može uzrokovati *Phyllonorycter platani*, platanov lisni miner, koji izaziva pre vremenu defolijaciju (Marković et al., 2006).

5. *Quercus robur* L. (fam. *Fagaceae*) – lužnjak

Jednodomo listopadno drvo visine do 50 m, široke, vrlo granate krošnje, sa jakim, krivim i kolenasto savijenim granama. Zajedno sa tisom dostiže najveću starost (od preko 1000 godina) među evropskim vrstama drveća. Vrsta je rasprostranjena u Evropi i zapadnoj Aziji.

Lužnjakove šume u Sremu, s obzirom na klimu, zemljište i ostale faktore, nalaze se u svom ekološkom optimumu (Jovanović, 2000).

Osetljiva je na kasne mrazeve, podnosi visoke temperature. Otporna je na vetar i aerozagađenja. Raste i na zemljištima koja na površini nisu plodna, ali koja u dubljim slojevima sadrže dovoljno hranljivih materija i vode. Blizina reke odgovara razvoju ove vrste.

Lužnjak u Srbiji napada gljiva *Microsphaera alphitoides*. Pripinjava štete na mladim zasadima i prirodnom podmlatku lužnjaka. Napada mlade listove i izbojke. Bolest može da umanjí visinski porast drveća za više od 30%. Infekcije se događaju tokom celog vegetacionog perioda (Karadžić i Milijašević, 2005). Hrastove u Srbiji mogu napadati brojni insekti: *Lymantria dispar*, *Tortrix viridana*, *Operophtera brumata*, *Erannis defoliaria*, itd. Izazivaju defolijaciju, slabe fiziološke funkcije drveća, smanjuju mehaničku otpornost stabala i grana, a mogu dovesti i do sušenja napadnutih stabala (Mihajlović i Glavendekić, 2006).

6. *Salix babylonica* L. (fam. *Salicaceae*) – žalosna vrba

Dvodomo listopadno drvo visine do 18 m. Krošnja je široka i svetla, sa granama povijenim do zemlje. Vodi poreklo iz Azije. Kultivisana je u južnoj, srednjoj i zapadnoj Evropi (Jovanović, 2000).

Brzorastuća, termofilna vrsta, adaptivna u gradskoj sredini. Najvitalnija je na vlažnim staništima. Treba je saditi na zaštićenim položajima, jer se grane lako lome od vetra. Za vetrovite terene koristiti se kultivar "Tristis" (Vukićević, 1996).

Vrbe spadaju u grupu biljaka osetljivih na napade bolesti i štetočina. Neke od najčešćih bolesti vrba u Srbiji su: *Phyllosticta salicicola*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Sphaeropsis malorum*, *Valsa salicina*, *Marssonina salicicola*, *Melampsora epitea*, *Fomes fomentarius*, *Phellinus igniarius* i *Trametes suaveolens* koje pripinjavaju velike ekonomske štete i dovode do propadanja stabala (Marković i Karadžić, 2006).

7. *Taxodium distichum* Rich. (fam. *Taxodiaceae*) – taksodijum

Jednodomo drvo visine do 50 m, listopadni četinar, piramidalne krošnje, sa horizontalnim granama. Poreklom sa močvara i rečnih tokova Severne Amerike. Široko rasprostranjena u južnoj i zapadnoj Evropi kao dekorativna vrsta (Vukićević, 1996).

Brzorastuća i dugovečna vrsta. Izraziti heliofit (vrsta svetlosti). Osetljiv na niske temperature u mladosti, dok je odraslo drveće otpornije. Vrlo prikladna za uzgoj, kao ukrasna vrsta, na vlažnim mestima. Iznad zemlje razvija pneumatofore – za provetravanje i učvršćivanje stabla na barovitom tlu, protiv jakih vetrova. Dobro podnosi klimatske uslove našeg područja. U Srbiji, u novije vreme, je često i sa uspehom gajena (Jovanović, 2000).

Nekoliko vrsta insekata može napasti taksodijum, ali štete obično nisu velike. *Stereum taxodi* je najopasnija bolest taksodijuma, koja izaziva oboljenja srčike, i u retkim prilikama ima i letalni ishod (27***). Taksodium sporadično napada gljiva *Gremmeniella abietina* (Zeng et al., 2005). Zaraze stabala su moguće tokom cele godine, ali je kritični period za infekcije maj-jun. Simptomi zaraze se uočavaju u osnovi pupoljaka (na preseku), na četinama i na kori mladih izbojaka (Karadžić, 2006).

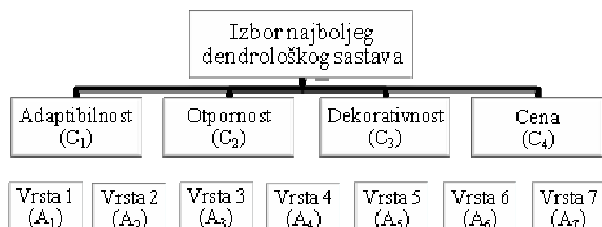
Vrste drveća su alternative na dnu hijerarhije i identifikuju se kao:

- A₁: *Chamaecyparis lawsoniana*
- A₂: *Thuja occidentalis*
- A₃: *Acer saccharinum*
- A₄: *Platanus x acerifolia*
- A₅: *Quercus robur*
- A₆: *Salix babylonica*
- A₇: *Taxodium distichum*

Za vrednovanje vrsta odabrana su četiri kriterijuma:

- C₁: Adaptibilnost na uslove gradske sredine (Adaptibilnost)
- C₂: Otpornost na bolesti i štetočine (Otpornost)
- C₃: Dekorativnost – cvetova, listova, plodova i celog habitusa (Dekorativnost)
- C₄: Cena sadnog materijala, formiranja i održavanja zelene površine (Cena).

Globalni cilj je definisan kao izbor najboljeg dendrološkog sastava (vrsta drveća) za pejzažno uređenje rečnih obala u gradskim zonama.



Slika 1. Hijerarhija problema

VREDNOVANJE I REZULTATI

Poređenjem kriterijuma u odnosu na cilj pomoću Satijeve skale dobijena je matrica prikazana na slici 2. Težine kriterijuma izračunate pomoću tri metoda prioritizacije date su u Tabeli 2; u svim slučajevima rangovi kriterijuma su bili isti.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C ₁		3	4	5
C ₂			3	6
C ₃				2
C ₄				

Slika 2. Matrica poređenja kriterijuma

Tabela 2. Težine kriterijuma u odnosu na cilj

Kriterijum	Težine i rangovi			
	EV	AN	LLS	Rang
C ₁	0,527	0,514	0,521	1
C ₂	0,291	0,298	0,293	2
C ₃	0,115	0,119	0,120	3
C ₄	0,067	0,070	0,067	4

U sledećoj fazi izvršeno je vrednovanje vrsta u odnosu na svaki kriterijum. Izvršeno je ukupno 84 vrednovanja u parovima, odnosno $4 \times (7 \times 6) / 2$. Matrice poređenja dimenzija 7×7 prikazane su na slici 3. Vrste i kolone matrica odgovaraju definisanom redosledu vrsta: 1-*Chamaecyparis lawsoniana*, 2-*Thuja occidentalis*, 3-*Acer saccharinum*, 4-*Platanus x acerifolia*, 5-*Quercus robur*, 6-*Salix babylonica* i 7-*Taxodium distichum*.

Formiranje matrica poređenja vrsta u odnosu na prva tri kriterijuma (Adaptibilnost na uslove gradske sredine, Otpornost prema bolestima i štetočinama i Dekorativnost) izvršeno je u saglasnosti sa opisom vrsta. Matrica poređenja vrsta u odnosu na četvrti kriterijum (Cena) formirana je na osnovu aktuelnog cenovnika sadnog materijala javnog preduzeća "Vojvodinašume" (28***) pri čemu su semantičke ocene date prema istoj skali kao i za prethodna tri kriterijuma. Metodima EV, AN i LLS izračunati su lokalni vektori težina vrsta u odnosu na sve kriterijume i prikazani u Tabeli 3.

Sintezom lokalnih vektora po sva tri metoda izračunate su konačne težine biljnih vrsta i prikazane u Tabeli 4.

C₁ – Adaptibilnost na uslove gradske sredine

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
A ₁		2	2	1/3	1/4	1/3	1/2
A ₂			1	1/3	1/5	1/4	1
A ₃				1/2	1/4	1/3	1/2
A ₄					1/5	1/3	1/3
A ₅						4	3
A ₆							2
A ₇							

C₂ – Otpornost prema bolestima i štetočinama

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
A ₁		2	3	3	4	5	1/2
A ₂			3	2	3	5	1
A ₃				2	3	4	2
A ₄					3	5	1/2
A ₅						3	1/3
A ₆							1/4
A ₇							

C₃ – Dekorativnost

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
A ₁		2	1/6	1/5	1/4	1/6	1/2
A ₂			1/7	1/6	1/5	1/7	1/3
A ₃				2	4	1	3
A ₄					5	3	2
A ₅						1/3	1/2
A ₆							3
A ₇							

C₄ – Cena

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
A ₁		1/2	1/4	1/3	1/5	1/5	1/2
A ₂			1/4	1/3	1/4	1/4	1/2
A ₃				2	1	1	3
A ₄					1/2	1/2	2
A ₅						1	3
A ₆							3
A ₇							

Slika 3. Matrica poređenja vrsta u odnosu na kriterijume

Tabela 3. Lokalni težinski vektori alternativa (vrsta) u odnosu na kriterijume

Alt.	EV				AN				LLS			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
A ₁	0,074	0,252	0,040	0,043	0,080	0,247	0,042	0,043	0,075	0,250	0,041	0,043
A ₂	0,058	0,201	0,028	0,056	0,061	0,196	0,029	0,057	0,057	0,205	0,029	0,055
A ₃	0,056	0,158	0,278	0,225	0,058	0,160	0,277	0,224	0,059	0,151	0,284	0,225
A ₄	0,105	0,105	0,268	0,132	0,110	0,109	0,256	0,132	0,100	0,111	0,253	0,132
A ₅	0,380	0,057	0,083	0,231	0,369	0,059	0,088	0,231	0,382	0,061	0,082	0,232
A ₆	0,196	0,033	0,207	0,231	0,195	0,033	0,213	0,231	0,201	0,034	0,211	0,232
A ₇	0,130	0,195	0,096	0,081	0,127	0,195	0,096	0,081	0,126	0,187	0,100	0,081

Tabela 4. Težinski koeficijenti vrsta drveća u odnosu na cilj

Alt.	Vrste drveća	Težinski koeficijenti i rangovi			
		EV	AN	LLS	Rang
A ₁	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	0,120	0,124	0,121	6
A ₂	<i>Thuja occidentalis</i>	0,096	0,097	0,097	7
A ₃	<i>Acer saccharinum</i>	0,123	0,126	0,124	5
A ₄	<i>Platanus x acerifolia</i>	0,125	0,129	0,124	4
A ₅	<i>Quercus robur</i>	0,242	0,234	0,242	1
A ₆	<i>Salix babylonica</i>	0,152	0,152	0,156	2
A ₇	<i>Taxodium distichum</i>	0,142	0,140	0,138	3

Prema navedenim kriterijuma vrsta *Quercus robur* je najpogodnija za ozelenjavanje rečnih obala u gradskim zonama u Srbiji. Posle nje slede *Salix babylonica*,

Taxodium distichum, *Platanus x acerifolia*, *Acer saccharinum* i *Chamaecyparis lawsoniana*. *Thuja occidentalis* ima najslabiji rezultat u ovoj grupi drveća.

ZAKLJUČAK

Rezultati prikazani u radu mogu da posluže kao smernica pri izboru vrsta za pejzažno uređenje obala reka u gradskim zonama u Srbiji. Višekriterijumskim metodom AHP za generalno postavljeni problem odlučivanja, lužnjak (*Quercus robur* L.) je identifikovan kao najbolja vrsta za navedenu svrhu. Međutim rangiranje vrsta samo po sebi nema neki poseban značaj jer se kejevci ne uređuju tako što se izabere samo jedna vrsta biljke. AHP je odbran zato što generiše kardinalnu informaciju o relativnim težinama analiziranih alternativa i u tom smislu konačne težinske vrednosti mogu poslužiti kao indikator postizanja optimalnog biodiverziteta. Ako bi se koristila samo ordinalna informacija (redosled vrsta), lužnjak bi bio najbolji izbor, a zatim bi rangovi ostalih vrsta određivali sledeće izbore. U nekim problemima odlučivanja rangiranje je jedino važno ali to ovde nije slučaj. Naravno da ne treba koristiti isključivo prvoplasirani lužnjak, niti ga dominantno koristiti za ozelenjavanje rečnih obala jer bi to dovelo do gubitka biodiverziteta u gradskim pejzažima. Da bi zelena površina bila zdrava i funkcionalna tokom što dužeg vremena, potrebno je da bude mešovita (da u svom sastavu ima i lišćarske i četinarske vrste), raznovrsna (da uključi veći broj vrsta iz različitih familija i/ili rodova) i raznodobna (da vrste koje ulaze u njen sastav budu različite starosti). Ovakav način planiranja svodi na minimum mogućnost propadanja zasada i predstavlja najbolju preventivnu meru zaštite zelene površine. Iz navedenih razloga rezultate prikazane u radu treba posmatrati kao indikator o optimalnoj zastupljenosti pojedinih vrsta ako se koriste četiri izabrana kriterijuma. Prema dobijenim proračunima, ako bi se sve navedene vrste koristile za uređenje neke (prostrane) celine pored vode u gradskom području, u višekriterijumskom smislu optimalan sastav podrazumevao bi sledeće učešće drveća (približno): 24% lužnjaka, 15% vrbe, 14% taksodijuma, po 12% hameciparisa, javora i platana i 10% tuje.

Svaka od navedenih vrsta može i treba da se koristi za ozelenjavanje obala. Ovaj rad daje primer kako odlučivanje može da izgleda i odnosi se uopšteno na uređenje obala reka u gradovima Srbije. U konkretnim primerima, može da se razmotri korišćenje još nekih vrsta, a može se definisati i drugačija grupa kriterijuma.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za prosvetu i nauku Republike Srbije koje finansira istraživanja na projektu OI 174003: Teorija i primena Analitičkog hijerarhijskog

procesa (AHP) u uslovima rizika i neizvesnosti (individualni i grupni kontekst), ciklus 2011-2014.

LITERATURA

- [1] Anastasijević, N.: Podizanje i negovanje zelenih površina, Šumarski fakultet, Beograd, 236-238, 2007.
- [2] Arsenijević M., Balaž J., Popović T.: *Apiognomonina veneta*: The frequent and important pathogen of plane trees in Vojvodina, *Biljni lekar*, 34(6), 486-489, 2006.
- [3] Crawford G, Williams C.: A note on the analysis of subjective judgement matrices, *Journal of Mathematical Psychology*, 29, 387-405, 1985.
- [4] Gerhold D. H., Porter W.: *Selecting Trees for Community Landscapes*. In: Kuser E. J.: *Urban and Community Forestry in the Northeast*, Springer Netherlands, 183-198, 2007.
- [5] Glavendekić M. M., Mihajlović, L.: Štetni insekti i grinje u rasadnicima šumskog i ukrasnog sadnog materijala, *Šumarstvo*, 58(1-2), 131-147, 2006.
- [6] Jovanović B.: *Dendrologija*, Univerzitetaska štampa, Beograd, 2000
- [7] Kangas J., Kangas A.: Multiple criteria decision support in forest management – The approach, methods applied, and experiences gained, *Forest Ecology and Management*, 207(1-2), 133-143, 2005.
- [8] Karadžić D., Milijašević T.: The most frequent powdery mildews on forest woody species and their impact, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 91, 9-29, 2005.
- [9] Karadžić D.: *Gremmeniella abietina*: Dangerous pathogenic fungus in plantations of Scots pine on Kopaonik, *Biljni lekar*, 34(6), 480-485, 2006.
- [10] Marković Č., Stojanović A., Marković M.: *Platanov miner – Phyllonorycter platani* (Staudinger, 1870) (Lepidoptera, Gracillariidae), *Biljni lekar*, 34(1), 36-39, 2006.
- [11] Marković Č., Stojanović A.: *Phloeosinus thujae* (Perris) i *Ph. aubei* (Perris) (Coleoptera, Scolytidae) prouzrokovajući sušenja izbojaka kleke, tuje i čempresa, *Biljni lekar*, 32(5), 352-354, 2004.
- [12] Marković M., Karadžić D.: The most significant parasitic and saprophytic fungi on willows in the area of Central Danube Basin, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 94, 181-196, 2006.
- [13] Mihajlović L., Glavendekić M.: Najvažniji entomološki problemi u prigradskim hrastovim šumama Srbije, *Šumarstvo*, 58(3), 77-97, 2006.
- [14] Mihajlović L.: *Metcalfa pruinosa* (Say) (Homoptera: Auchenorrhyncha) nova štetna vrsta za entomofaunu Srbije, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 95, 127-134, 2007.

- [15] Milijašević T.: Bioecology of the fungus *Sphaeropsis sapinea* Dyko & Sutton - agents of pinus species decline, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 86, 7-29, 2002.
- [16] Milijašević T.: Parazitske i saprofitske gljive na vrstama iz roda *Paulownia*, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 99, 91-99, 2009.
- [17] Milijašević T.: The most frequent parasitic and saprophytic fungi on some species in the fam. Cupressaceae, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 87, 161-173, 2003.
- [18] Rauscher H.M., Lloyd F.T., Loftis D.L., Twery M.J.: A practical decision-analysis process for forest ecosystem management, *Computers and Electronics in Agriculture*, 27(1-3), 195-226, 2000.
- [19] Saaty, T.L.: *The Analytical Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York, 1980.
- [20] Saebo A., Borzan Z., Ducatillion C., Hatzistathis A., Lagerström T., Supuka J., García-Valdecantos L.J., Rego F., Slycken V.J.: The Selection of Plant Materials for Street Trees, Park Trees and Urban Woodland. In: Konijnendijk C., Nilsson K., Schipperijn J.: *Urban Forests and Trees*, Springer Berlin Heidelberg, 257-280, 2005.
- [21] Srđević B., Jandrić Z., Radonjić L., Radosavljević N.: Strateško upravljanje šumama u novom milenijumu, *Šumarstvo*, 54(3-4), 57-68, 2001.
- [22] Srđević B., Suvočarev K., Srđević Z.: Analitički hijerarhijski proces: Individualna i grupna konzistentnost donosilaca odluka, *Vodoprivreda*, 41(1-3), 13-21, Beograd, 2009.
- [23] Srđević B.: Combining different prioritization methods in the analytic hierarchy process synthesis, *Computers & Operations Research*, 32, 1897-1919, 2005.
- [24] Vukićević E.: *Dekorativna dendrologija*, Šumarski fakultet, Beograd, 1996.
- [25] Wolfslehner B., Vacik H., Lexer M.J.: Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management, *Forest Ecology and Management*, 207(1-2), 157-170, 2005.
- [26] Zeng Q., Hansson P., Wang X.: Specific and sensitive detection of the conifer pathogen *Gremmeniella abietina* by nested PCR, *BMC Microbiology* 2005, 5:65, 2005.
- [27] ***http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/volume_1/taxodium/distichum.htm
- [28] ***<http://www.vojvodinasume.rs/fajlovi/cenovnik%20sadnog%20materijala.pdf>

MULTI CRITERIA EVALUATION OF PLANT SPECIES FOR RIVERBANKS LANDSCAPING IN URBAN ZONES IN SERBIA

by

Milena LAKIĆEVIĆ

University of Belgrade, Faculty of Forestry

Bojan SRĐEVIĆ, Boško BLAGOJEVIĆ

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture

Summary

Selecting the most appropriate trees for riverbank landscaping is an important engineering task. A properly selected tree will appreciate in value for a long time and conversely, an improper choice might soon become unhealthy or die. This paper presents an evaluation of seven alternative tree species based on different prioritization methods (EV, AN, LLS) within Analytic hierarchy process (AHP) framework. Based on biological and economic criteria, *Quercus robur* L. (Pedunculate Oak) is the highest ranked species among the proposed ones. In order to preserve biodiversity in

city landscapes it is recommended to select not only Pedunculate Oak, but also another wet site tree species tolerant to stressful environment conditions in urban zones. Diversity in species composition confers protection against diseases and pests, therefore it decreases establishment and management costs and also it improves green space visual identity.

Key words: riverbank, urban zone, landscaping, Analytic hierarchy process, prioritization method.

Redigovano 18.07.2011.