

SASTOJINSKA STRUKTURA NEGOSPODARENÉ ŠUME ARBORETUMA „OPEKA“ NA PODRUČJU VARAŽDINA - HRVATSKA

MIROSLAV BENKO¹

VLADIMIR NOVOTNY²

Izvod: Na području sjeverne Hrvatske, u blago razvedenom i brdovitom zagorskom kraju, u okviru kompleksa arboretuma 'Opeka' u Varaždinu, nalazi se prirodna šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena (*Quercus - Castanetum sativae* Ht. 1938), sa unešenim primjercima alohtonih i egzotičnih drvenastih vrsta. Šuma obuhvata površinu od 35 km i zauzima prostor iza dvorca - nekadašnje ladanjske kuće grofovije Bombelles. Proglašena je kulturnim dobrom 1947. godine. Nedavnom izmjerom prsnih promjera svakog stabla iznad taksacijske granice uočena je struktura sastojine i distribucija prsnih promjera koji pokazuju zakonitosti raznодobnih šuma. Cilj ovog istraživanja je prva inventarizacija šume iza dvorca, kao dijela arboretuma te utvrđivanje njene sastojinske strukture. Za svaku vrstu drveća izrađena je distribucija broja stabala i izrađene su visinske krivulje pomoću Mihajlovljeve funkcije. Za dvanaest najzastupljenijih vrsta drveća izmjerene su visine. Koeficijent determinacije je vrlo visok (75,6%). Sličan oblik krivulje ima i skup živilih stabala uz koeficijent determinacije od 96%. Od ukupnog broja živilih stabala autohtonih vrsta ima 62%, alohtonih 14%, a egzotičnih vrsta 24%. Četiri glavne vrste drveća pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), grab (*Carpinus betulus* L.), obični bor (*Pinus sylvestris* L.) i obična bukva (*Fagus sylvatica* L.), su najzastupljenije po broju stabala i čine 52,23% od svih stabala u sastojini. Najviša su stabla duglazije (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) čiji maksimum iznosi 52 m, a veći dio vrsta dostigne visinu preko 30 m (kalocedar (*Calocedrus decurrens* Torr.), trešnja (*Prunus avium* L.), borovac (*Pinus strobus* L.), čuga (*Tsuga canadensis* L.), obični grab (*Carpinus betulus* L.), pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.). Ti nam podaci govore o bonitetu tla. Ukupno je pronađeno i izmjereno 13.526 stabala, od čega čak 1.167 suhih stabala. Ukupno izmjereni volumen je 18.749 m³ što po hektaru iznosi 535,68 m³. U kontekstu ove šume kao dio arboretuma volumen ili drvna zaliha odnosno drvna masa se ne promatra kao pokazatelj drvene mase za proizvodnju trupaca i ostalih sortimenata već kao stanišni potencijal i bonitet koji je vrlo visok na ovim prostorima. To se odnosi i na brojne unešene alohtone ili egzotične vrste. Usprkos zapuštenom izgledu sastojine, živa stabla su postigla impozantne dimenzije, ali su slabije tehničke kvalitete. Krošnjata su i dosta vitalna, sposobna za prirodnu regeneraciju. Uočava se visoki bonitet tla i njegov proizvodni kapacitet.

Ključne riječi: Arboretum „Opeka“, Bombelles, šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena, raznодobna šuma, negospodarena šuma

¹Dr. sc. Miroslav Benko, viši znanstveni suradnik (benkom@sumins.hr), Zavod za uređivanje šuma i šumarsku ekonomiku, Hrvatski šumarski institut, V. Novaka 50G, 42000 Varaždin – Hrvatska

²Dr. sc. Vladimir Novotny, viši znanstveni suradnik (vladon@sumins.hr), Zavod za uređivanje šuma i šumarsku ekonomiku, Hrvatski šumarski institut, Trnjanska 35, 10000 Zagreb – Hrvatska

THE STAND STRUCTURE OF THE UNMANAGED FOREST IN "OPEKA"
ARBORETUM IN VARAŽDIN REGION – CROATIA

Abstract: In the area of northern Croatia, in the slightly indented and hilly Zagorje Region, there is a sessile oak and sweet chestnut forest (*Querco-Castanetum sativae* Ht. 1938) located within the "Opeka" Arboretum Complex in Varaždin. The forest covers an area of 35 ha behind the former country house of the Bombelles County and contains introduced specimens of allochthonous and exotic species. It was declared cultural heritage in 1947. A recent detailed measurement of diameters at breast height of each tree above the stand estimation limit revealed that the stand structure and distribution of diameters at breast height showed regularities of uneven-aged forests. The aim of this research was to conduct the first growing stock inventory of the forest behind the castle, as part of the arboretum, and determine its stand structure. The distribution of the number of trees was determined for each tree species and height curves were generated using the Mihajlov equation. Heights were measured for the twelve most common tree species. The coefficient of determination was very high (75.6%). A number of living trees had a similar curve shape at a coefficient of determination of 96%. Out of the total number of trees, 62% are autochthonous, 14% are allochthonous and 24% are exotic. The four main tree species – sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.), common hornbeam (*Carpinus betulus* L.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.), are the most represented by the number of trees and make up 52.23% of all the trees in the stand. The tallest trees are Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) trees whose maximum height is 52 m, while most species reach a height of over 30 m – incense cedar (*Calocedrus decurrens* Torr.), wild cherry (*Prunus avium* L.), white pine (*Pinus strobus* L.), Eastern hemlock (*Tsuga canadensis* L.), common hornbeam (*Carpinus betulus* L.), sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). These data also reflect the quality of the soil. A total of 13,526 trees were found and measured, as many as 1,167 of which were decayed or dead. The total measured volume was 18,749 m³, which amounts to 535.68 m³ per hectare. In the context of this forest, being a part of the arboretum, the growing stock or the standing volume is not regarded as an indicator of timber supply for the production of logs and other wood assortments, but as site potential and site class whose quality is very high in this area. This also applies to numerous introduced allochthonous or exotic species. Despite the neglected appearance of the stand, living trees have reached impressive dimensions, although their technical quality is poor. They are quite vital with a dense canopy and capable of natural regeneration. The soil is of high quality and high production capacity.

Keywords: "Opeka" Arboretum, Bombelles, sessile oak and sweet chestnut forest, uneven-aged forest, unmanaged forest

1. UVOD

Arboretum „Opeka“ podignut je na području sjeverne Hrvatske, u okviru varaždinske županije, 15 km zapadno od Varaždina, općina Vinica. Sastoji se od dvije zasebne cjeline, i to od ravničarskog dijela perivojnog izgleda (park), istočno od dvorca i brdovitog dijela, sastojinskog izgleda (šuma), zapadno od dvorca. Na prostoru zapadno iza dvorca, nekadašnje ladanjske kuće grofovije Bombelles, na površini od 35 ha, nalazi se prirodna šuma sa pojedinim umjetno unesenim egzotičnim primjercima. Kao dio kompleksa arboretuma „Opeka“, ova šuma zauzima brežuljkasti dio zapadnog dijela posjeda. Proglašena je kulturnim dobrrom 1947.

godine. Danas se rijetko sreću šumski kompleksi u kojima se, duži vremenski period, nisu primjenjivale redovne mjere gospodarenja šumama, i to u trajanju od 100 i više godina. Iznimno, jedino u dijelovima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih prirodnih područja sa strogim režimom zaštite, postoje negospodarene šume, odnosno, šume u kojima se odvijaju promjene i procesi potpuno nedirnutog prirodnog ciklusa rasta i razvoja sastojine. To su vrlo zanimljivi i važni momenti, pogotovo u ovom blago razvedenom i brdovitom zagorskom pribrežju i kraju, u šumi hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* L.) i pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.). Cijeli se ovaj kraj, predjel zove „Kostanjevec“. U toj je šumi, desetljećima, stanovništvo iz okolice jedino sakupljalo plodove kestena i druge šumske plodove, kao i raznovrsne gljive. Pored autohotnih drvenastih vrsta, ovde se nalaze i brojne alohtone vrste i egzote, kao npr. duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), borovac (*Pinus strobus* L.), tuja (*Thuja* sp.), močvarni taksodij (*Taxodium distichum* L.), koje je sadio još grof Marko Bombelles II u XIX. stoljeću, ali i povremeno neki od direktora arboretuma 60-ih i 70-ih godina prošlog stoljeća. Prvi puta u povijesti ove šume obavljena je izmjera prsnih promjera svakog stabla iznad taksacijske granice (2015/2016. godine) te je uočena struktura sastojine i distribucija prsnih promjera koji pokazuju zakonitosti raznодobnih šuma. Cilj ovog istraživanja je prva inventarizacija prirodne šume u okviru arboretuma „Opeka“ te utvrđivanje njene sastojinske strukture.

U arboretumu „Opeka“ stvoren je specijalni mikroklimat, što je pogodovalo uzgoju biljaka iz raznih krajeva Europe i ostalog dijela svijeta (Vojvoda, D., 1967). Formiranje parka prema engleskim uzorima i dopremanje egzotičnog drveća datira negdje oko 1860. godine, iako su neki primjerici zasađeni 150 godina ranije (Vojvoda, D., 1967). Anić, I. (2004) piše kako propadanje stabala u prašumi izaziva isti efekt obnove kao pomladna sječa u gospodarenju šumi, tj. da sa raspadanjem, odnosno sjećom stabala dolazi do pojave i rasta nove generacije. Prirodna obnova negospodarenih sastojina upitna je kod velike zatvorenosti krošnjama (Dubravac, T. et al., 2007). Prašuma „Čorkova uvala“ u Nacionalnom parku „Plitvička jezera“ (Tikvić, I. et al., 2006), koja predstavlja prirodnu bukovo - jelovu šumu, također se razvija bez direktnog utjecaja čovjeka u zadnjih 50 godina, te se i u njoj odvija dinamični prirodni razvoj glavnih vrsta drveća koji rezultira raznoodobnom strukturon, raznolikošću vrsta, različitim razvojnim stadijima i fazama, te različitim intenzitetom odumiranja stabala. U bukovoj prašumi „Kuta“ na Žumberku, Beljan, K., 2010 je utvrdio da na obje istraživane plohe učešće mrtvih stabala (stojećih i ležećih) iznosi oko 11%, u odnosu na ukupni volumen sastojina. Uspjeh prirodnog pomlađivanja od krucijalnog je značenja za potrajanost i stabilnost prašumske sastojine (Mikac, S., 2010). U prašumama je velika produkcija drvene mase (volumena), ali je istovremeno i veliko učešće odumrlih stabala. Na primjeru prašuma u Hrvatskoj i Slovačkoj, ovo su utvrdili Saniga, M. et al. (2011). Prema Dubravac, T. et al. (2006), mogućnost zadovoljavajuće prirodne obnove u nacionalnim parkovima je upitna. Taj zaključak, uz slične spozna-

je mnogih šumarskih znanstvenika u jugoistočnom dijelu Europe (Maksimović, M., 2005; Isajev, V. *et al.*, 2006; Stojanović, Lj. *et al.*, 2007; Vukin, M., 2004; Vukin, M., Stavretović, N., 2007; Ostojić, D., Vukin, M., 2007; Aleksić, P., Jančić, G., 2009; Vukin, M. *et al.*, 2013; Vukin, M. *et al.*, 2017; Novaković Vuković, M. *et al.*, 2019 i drugi), upućuje kako šumski ekosustavi nacionalnih parkova i drugih zaštićenih prirodnih područja, radi svoje uloge, stabilnosti i trajnosti, zahtijevaju drukčiji, aktivniji način zaštite.

Tijekom prošlog stoljeća, u nekoliko navrata, obavljane su inventure arboretuma, ali samo ravničarskog dijela tzv. perivoja; područja ispred dvorca, od strane raznih korisnika, a za potrebe analize i valorizacije. Najranije informacije potječu iz godine proglašenja zaštićenim područjem (Pevalek, I., 1946), kada je evidentirano oko 250 vrsta drveća i grmlja, sa 10.158 biljaka, od toga 2.621 jedinki bjelogorice i 7.180 jedinki crnogorice, no ne navodi se točan broj različitih rodova ili taksonomske jedinica. Prema podacima iz 1963. godine (Jurčić, J. *et al.*, 1963), inventurom su utvrđene 182 vrste sa 14.016 biljaka od čega je bilo 4.927 jedinki bjelogorice i 8.651 crnogorice. Tokom 1967. godine (Vojvoda, D., 1967) evidentirano je stanje biljnog materijala, na osnovu inventarizacije koja u popisu daje 418 različitih taksonomske jedinice u 146 različitih rodova, od čega 268 taksona u 125 rodova bjelogorice i 150 taksona u 21 rodu crnogorice. Taj popis ne odgovara stanju jer je uključio neke vrste prethodnih popisa kojih već odavno nije bilo. Do tada je dendrološki sastav, unatoč raznim utjecajima, nestanku pojedinih vrsta i stanju u kojem se nalazi perivoj, još uvijek predstavlja jedan od vrednijih arboretuma, zahvaljujući raznolikosti biljaka koja je prisutna. Za potrebe inventarizacije 2006. godine (Benko, M. *et al.*, 2006), temelj za usporedbu bio je kartografski prikaz iz 1966. godine (Denich, A., 1966), te popis biljnog materijala dobiven najvjerojatnije temeljem inventarizacije iz 1963. godine (Jurčić, J. *et al.*, 1963). Popis sadrži više taksonomske jedinice no što ih je prikazano na karti pa se pretpostavlja da je dio biljnog materijala već nestao do vremena izrade karte. Nakon 1966. godine (Denich, A. 1966), nije bilo sustavnog praćenja stanja arboretuma pa se inventarizacijom iz 2006. godine (Benko, M. *et al.*, 2006) premošćuje veliko vremensko razdoblje u kojem je došlo do značajnih promjena u biljnom sastavu. Nasadi kultivara crnogoričnih vrsta promijenili su vizure perivoja, neke staze su zarasle, neke nove su nastale. Radi tih promjena, kartografski prikaz iz 1966. godine (Denich, A., 1966) bio je od vrlo male koristi prilikom inventure 2006. godine (Benko, M. *et al.*, 2006).

Šume pitomog kestena su, u najvećem dijelu, izgubile fisionomiju koju su pokazivale, prije 70 ili 30 godina (Medak, J., 2004), a razlozi su tome u prestanku snažnog antropogenog utjecaja (steljarenja, gospodarenja sitnim panjačama), kao i u raku kore, zbog kojeg su se posušila stabla ili čitave sastojine. Predmet rada bio je utvrđivanje regeneracijskog potencijala u sastojini kojom se ne gospodari, odnosno koja ima sekundarni prašumski karakter (Bišćan, K., 2004).



Slika 1. Pregledna karta arboretuma „Opeka“
Figure 1 Review map of “Opeka” Arboretum

2. MATERIJAL I METOD RADA

Arboretum „Opeka“ sastoji se od dvije zasebne cjeline, i to od ravniciarskog dijela perivojnog izgleda (park), istočno od dvorca i brdovitog dijela sastojinskog izgleda (šuma), zapadno od dvorca. Na prostoru iza dvorca (zapadno), nekadašnje ladanjske kuće grofovije Bombelles, na površini od 35 ha, nalazi se prirodna mješovita šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena (*Querco - Castanetum sativae* Ht. 1938), sa pojedinim umjetno unesenim, primjercima alohtonih i egzotičnih vrsta drveća. U šumi iznad dvorca (na prostoru unutar granica arboretuma), tijekom vanvegetacijskog razdoblja 2015/2016. godine, izmjerena su sva stabla promjerkom sa centimetarskom podjelom i upisana u terenski manual (vrsta drveća, promjer). Posebno su evidentirana i izmjerena suha stabla (odumrla), i to sva stojeća na panju i ležeća (ona koja su se sama srušila). Stabla su razvrstana na autohtona, alohtona i egzotična (koja su također alohtona, ali ih se zbog velikog učešća htjelo posebno izdvajati i promatrati, a odnose se na vrste, geografski vrlo udaljene, odnosno, sa ostalih kontinenata, kao na pr. *Pseudotsuga*, *Tsuga*, *Calocedrus* itd.). Za svaku vrstu drveća izrađena je distribucija broja stabala. Za dvanaest najzastupljenijih vrsta drveća izmjerene su visine (493), pomoću ultrazvučnog visinomjera Vertex. Za pet najzastupljenijih vrsta drveća izjednačene su visinske krivulje Mihajlovljevom funkcijom. Svi su podaci upisani u dvije baze. Jedna u Excel formatu, kako bi se obavila statistička obrada izmjerениh varijabli. Zatim su podaci upisani u bazu podataka EGTRH, radi obračuna drvine zalihe. Tom prilikom, grupirane su pojedine manje zastupljene vrste (OC – ostala crnogorica; OTB – ostala tvrda bjelogorica; OMB – ostala meka bjelogorica, *Acer sp.* – svi javori; *Salix sp.* – sve vrbe).

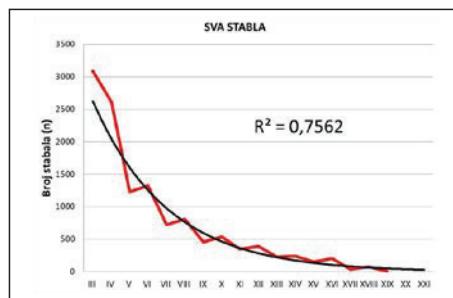
Kako u dostupnoj literaturi nije pronađena inventarizacija promatranog dijela arboretuma (šuma iznad dvorca), cilj ovog istraživanja bio je utvrditi njezinu sastojinsku strukturu izmjerom prsnih promjera iznad taksacijske granice svih stabala, te djelomičnom izmjerom visina stabala najzastupljenijih vrsta drveća.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1 Distribucija

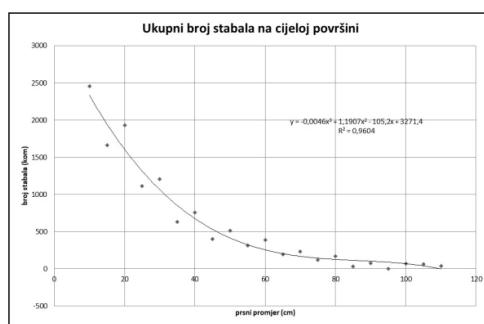
3.1.1 Distribucija svih stabala

U sastojini se uočava vrlo velika biološka raznolikost, dijelom i zbog unešenih alohtonih i egzotičnih vrsta drveća.



Slika 2. Distribucija stabala po debljinskim stupnjevima
Figure 2 Distribution of the number of trees per diameter degrees

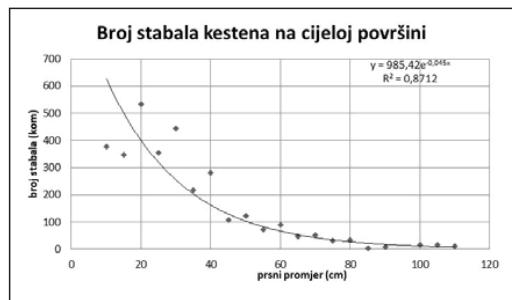
Ukupan broj stabala svih vrsta drveća (slika 2) izjednačen je eksponencijalnom funkcijom (Bucalo, V. et al., 2006; Vukin, M. et al., 2007; Vukin, M., 2010). Koeficijent determinacije vrlo je visok (75,6%). Sličan oblik krivulje ima i skup živilih stabala (slika 3) uz koeficijent determinacije od 96%.



Slika 3. Ukupni broj živilih stabala
Figure 3 Total number of living trees

Od ukupnog broja živilih stabala, autohtonih vrsta ima 62%, alohtonih 14%, a egzotičnih vrsta 24%. To nam pokazuje kako je u vrijeme sadnje i stvaranja grofovske okućnice, danas arboretuma, postojala želja uređenja i šume iza dvorca kao svojevrsnog parka za šetnju i jahanje na konjima u hladu postojeće prirodne sastojine. U to vrijeme umjetno je unesen skoro isti broj primjeraka pojedinih vrsta drveća kao i domaćih, autohtonih. Četiri glavne vrste drveća; pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), obični grab (*Carpinus betulus* L.), obični bor (*Pinus sylve-*

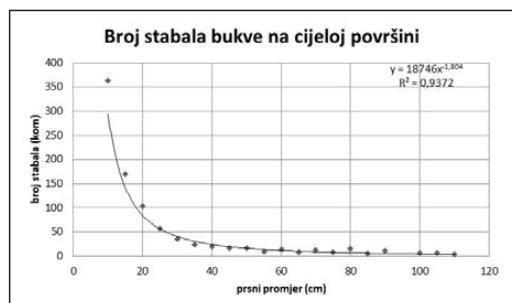
stris L.) i obična bukva (*Fagus sylvatica* L.), najzastupljenije su po broju stabala i čine 52,23% od svih stabala u sastojini.



Slika 4. Distribucija broja stabala pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.)

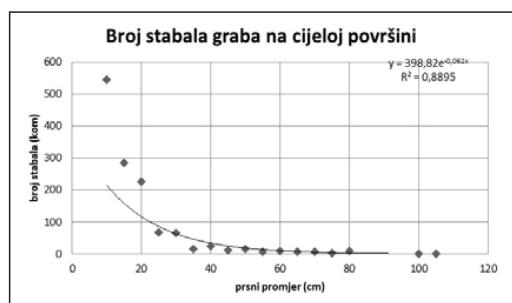
Figure 4 Distribution of the number of sweet chestnut trees (*Castanea sativa* Mill.)

Raspodjela broja stabala pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) po debljin-skim stupnjevima (slika 4), obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) (slika 5) i običnog graba (slika 6), također ukazuje na raznodobnu strukturu i moguće ih je izjednačiti eksponencijalnom funkcijom, uz vrlo visoke koeficijente determinacije (od 87 do 94%).



Slika 5. Distribucija broja stabala obične bukve (*Fagus sylvatica* L.)

Figure 5 Distribution of the number of common beech trees (*Fagus sylvatica* L.)



Slika 6. Distribucija broja stabala običnog graba (*Carpinus betulus* L.)

Figure 6 Distribution of the number of common hornbeam trees (*Carpinus betulus* L.)

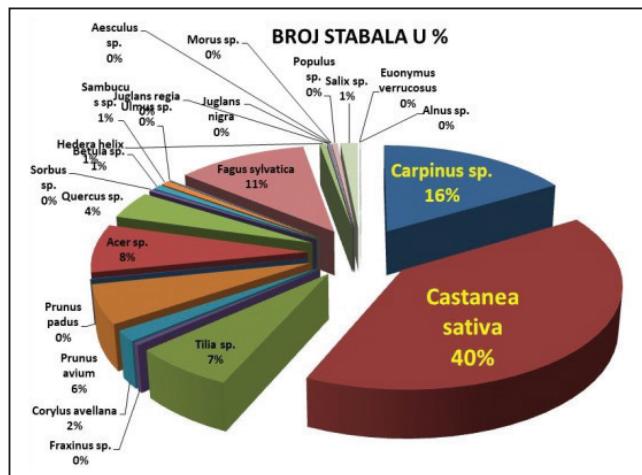
Sve tri listače pokazuju raspodjelu po debljinskim stupnjevima, nalik Liocourtovoj krivulji, iako pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), obični grab (*Carpinus betulus* L.) i obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) spadaju u jednodobnu oblast po Cestarovoj podjeli, koja se odnosi na gospodarene šume. Promatramo li stabla pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.), kao najzastupljenije vrste drveća u sa-stojini (slika 4), uočava se vrlo visok koeficijent determinacije od 87,1%, što ukazuje na visoku korelaciju i zakonitost rasta. Obični grab (*Carpinus betulus* L.), kao element podstojne etaže (slika 6), ima najviše stabala, manjih dimenzija, do otprilike 20 cm prsnog promjera, što je karakteristično za tu vrstu. No, nailazimo i na pojedine primjerke visoke starosti i velikih prsnih promjera, čak preko 100 cm. Najveći je broj mlađih i tankih stabala, prsnog promjera do 25 cm (slika 5). Ipak, pojedini primjeri vrlo su stari i velikih dimenzija pa je njihov prjni promjer od 40 do 90 cm, ali i preko 100 cm. To su, uglavnom, krošnjata stabla nešto nižih visina. Duglaziju (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), kao egzotičnu vrstu, koja je une-šena u najvećem broju na prostore arboretuma, nalazimo u šumi svih dimenzija, od taksacijske granice (10 cm) pa do preko 90 cm prsnog promjera. To su ujedno i najviša stabla, vrlo impozantna izgleda. Ovo nam govori da su se, s vremenom, pojavili i samonikli primjeri u okolini starih stabala, nastali prirodnom obnovom iz sjemena češera. Bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.), kao također alohtona, ali odlično prilagođena vrsta drveća, pokazuje zakonitost prsnih promjera koja se može izjednačiti eksponencijalnom funkcijom. Nalazimo primjerke do 60 cm prsnog promjera. Europski ariš (*Larix decidua* Mill.), kojeg je grof Bombelles donio na ove prostore i koji je, kao i duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) i bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.), služio lokalnom stanovništvu kao drvna građa, također možemo izjednačiti eksponencijalnom funkcijom vrlo visokog koeficijenta deter-minacije od čak 93,7%. Na lijevom kraju grafičkog prikaza distribucije uočava se prisustvo značajnog broja mlađih i tanjih stabala što ukazuje na njihovu prirodnu obnovu sjemenom. Pojedini primjeri impozantnih su dimenzija, čak do 80 cm prsnog promjera i velikih visina.

Stabla lipe (*Tilia* sp.), kao autohtonog elementa šumske zajednice, nalazimo od mlađih i tankih primjeraka, u najvećem broju, pa do primjeraka starih stabala, prsnih promjera od 80 cm. Koeficijent determinacije eksponencijalnog izjednače-nja vrlo je visok (91,9%). Primjerke divlje trešnje (*Prunus avium* L.) nalazimo, od mlađih i tankih primjeraka najvećeg broja stabala, do starih i debelih primjeraka, u manjem broju, čiji prjni promjer iznosi do 80 cm. Koeficijent determinacije također je visok (87,7%), i pokazuje veliku zakonitost visoke korelacije. Javora (*Acer* sp.) nalazimo u najvećem broju od mlađih stabala pa do starih pojedinač-nih primjeraka prsnih promjera do 60 cm. Koeficijent determinacije je također visok (90%). Smreka (*Picea* sp.), koja je na ovom staništu također unešena vrsta pokazuje svoju prilagodbu i samoobnovljivost te tako nalazimo mlađe primjerke u najvećem broju, ali i starije primjerke prsnih promjera do 70 cm. Koeficijent de-terminacije vrlo je visok (84,8%). Udomaćena je vrsta drveća na ovim prostorima i

tražena kao građa. Stabla hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* L.) pokazuju raspodjelu po debljinskim stupnjevima nalik Gaussovoj distribuciji. Ali zbog toga što nije njime gospodareno ta distribucija je narušena i nema očekivanu pravilnost, što je vidljivo i na terenu, u šumi. Prisutne su mlađe prirodno nastale grupe i skupine stabala. Pojedini primjeri postigli su prsne promjere do 90 cm, ali su uglavnom jače razvijenih krošanja. Stabla bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) pokazuju raspodjelu po debljinskim stupnjevima nalik Gaussovoj distribuciji, iako narušena izgleda. Najviše je srednje debelih stabala, ali pojedini primjeri dostižu prsne promjere do 80 cm. Obična jela (*Abies alba* Mill.), također je unešena u arboretum. Najviše je mlađih i tankih primjeraka i distribucija se, također, može dobro izjednačiti eksponencijalnom funkcijom visokog koeficijenta determinacije od 81,9%. Pojedini primjeri postižu i do 100 cm prsnog promjera. Tisa (*Taxus baccata* L.), kao i obična jela (*Abies alba* Mill.), pokazuje sličnu distribuciju i vrlo visok koeficijent determinacije od 97,2% eksponencijalnog izjednačenja. Najveći je broj mlađih i tankih primjeraka ove vrste. Kao izrazito egzotična vrsta na ovim prostorima, čuga (*Tsuga canadensis* L.) se udomaćila te nalazimo relativno veliki broj mlađih i tankih stabala što ukazuje na njenu prirodnu obnovu. Nalazimo pojedine primjerke velikih dimenzija prsnog promjera do 90 cm.

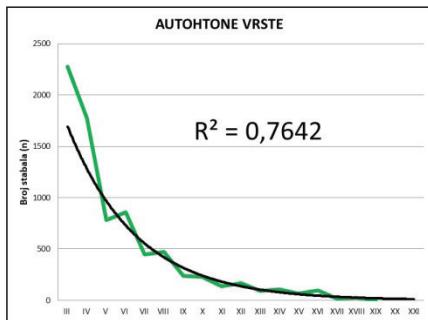
3.1.2 Distribucija autohtonih vrsta

Autohtone vrste zastupljene su sa velikim brojem. Najzastupljeniji je pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), koji zajedno sa grabom (*Carpinus betulus* L.), čini više od polovine (56%) od svih autohtonih stabala zajedno. Zatim slijede: obična bukva (*Fagus sylvatica* L.), sa 11%; javor (*Acer sp.*), sa 8%; lipa (*Tilia sp.*), sa 7%; trešnja (*Prunus avium* L.), sa 6%; hrast (*Quercus petraea* L.), sa 4% (slika 7).



Slika 7. Učešće autohtonih vrsta po broju stabala

Figure 7 Share of autochthonous tree species by the number of trees



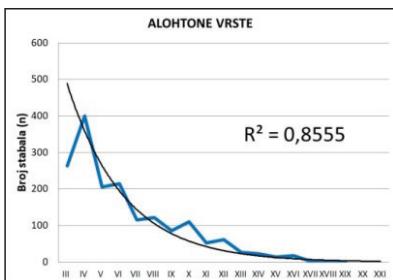
Slika 8. Distribucija autohtonih vrsta po debljinskim stupnjevima

Figure 8 Distribution of the number of autochthonous tree species per diameter degrees

Kod svih autohtonih vrsta, distribucija broja stabala pokazuje pravilnost svojstvenu za raznodbne šume (slika 8). Najviše je mlađih i tankih primjeraka i distribucija se također može dobro izjednačiti eksponencijalnom funkcijom visokog koeficijenta determinacije od 76%. Pojedini primjeri postižu i do 100 cm prsnog promjera.

3.1.3 Distribucija alohtonih vrsta

Alohtone vrste zastupljene su sa 8 vrsta drveća, a po broju stabala čine 14% od ukupnog broja. Najzastupljeniji je evropski ariš (*Larix decidua* Mill.) sa 33%, a zatim slijede obična smreka (*Picea abies* L.), sa 21%, bijeli bor (*Pinus sylvestris* L.) sa 18%, obična jela (*Abies alba* Mill.) sa 11%, tisa (*Taxus baccata* L.) sa 9%. Prema rasporedu debljinskih stupnjeva i biologije pojedinih vrsta, neke se vrste prirodno obnavljaju, a neke su zastarčene.



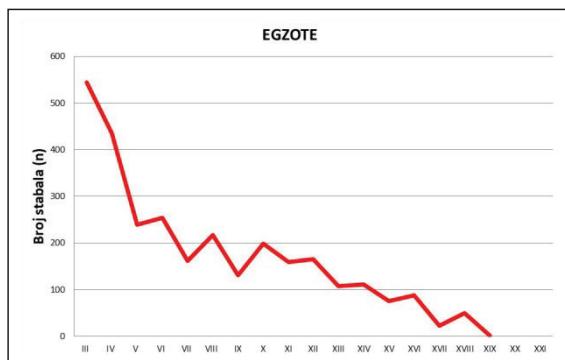
Slika 9. Distribucija alohtonih vrsta po debljinskim stupnjevima

Figure 9 Distribution of number of allochthonous tree species per diameter degrees

Kod svih alohtonih vrsta, distribucija broja stabala pokazuje pravilnost svojstvenu za raznodbne šume (slika 9). Najviše je mlađih i tankih primjeraka i distribucija se također može dobro izjednačiti eksponencijalnom funkcijom visokog koeficijenta determinacije od 85,5%. Pojedini primjeri postižu i preko 100 cm prsnog promjera.

3.1.4 Distribucija egzota

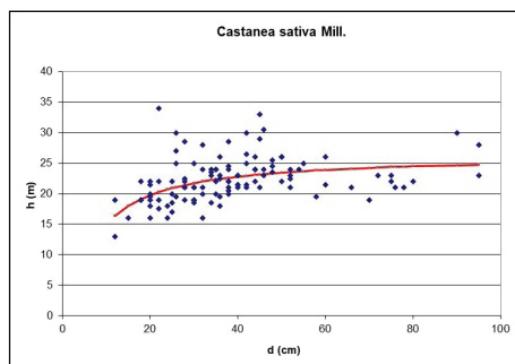
Egzotične vrste zastupljene su sa 13 vrsta, a po broju stabala čine 24% od ukupnog broja stabala. Najzastupljenija je duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), sa 26%, a zatim slijede: borovac (*Pinus strobus* L.), sa 25%; bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.), sa 23%; čuga (*Tsuga canadensis* L.), sa 12%, tuja sa 6%; pačempres (*Chamaecyparis sp.*), sa 5%. Prema rasporedu debljinskih razreda, neke vrste se prirodno obnavljaju, proizvodeći fertilno sjeme koje proklije i javljaju se mlade biljke.



Slika 10. Distribucija egzotičnih vrsta po debljinskim stupnjevima
Figure 10 Distribution of number of exotic tree species per diameter degrees

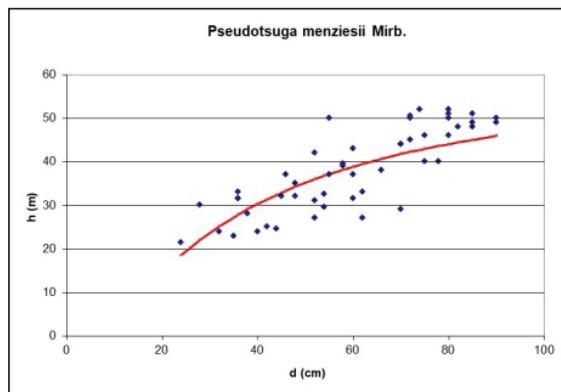
Dobivena krivulja distribucije (slika 10) nalikuje na krivulju distribucije čuge (*Tsuga canadensis* L.) te nalazimo relativno veliku količinu mlađih i tanjih stabala što ukazuje na njihovu prirodnu obnovu. Nalazimo pojedine primjerke velikih dimenzija prsnog promjera preko 90 cm.

3.2 Visine stabala



Slika 11. Izjednačenje visina pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.)
Figure 11 The tree height curve of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.)

Pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), kao najzastupljenija vrsta drveća u ovoj šumi, pokazuje srednju korelaciju između varijabli uz koeficijent determinacije od 23,3%, iz razloga što postoji određeni broj stabala velikih prsnih promjera i jako razvijenih krošanja (slika 11). Visine se kreću oko 20 do 25 m, ali pojedina stabla dostigla su visinu i preko 30 m (max 34 m). Iz tog razloga, prisutna je velika varijabilnost promatranih varijabli koja rezultira navedenim pokazateljima. Visine pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) izjednačene su funkcijom Mihajlova: $h = 25,0181 * e^{-6,1118/d} + 1,3$.

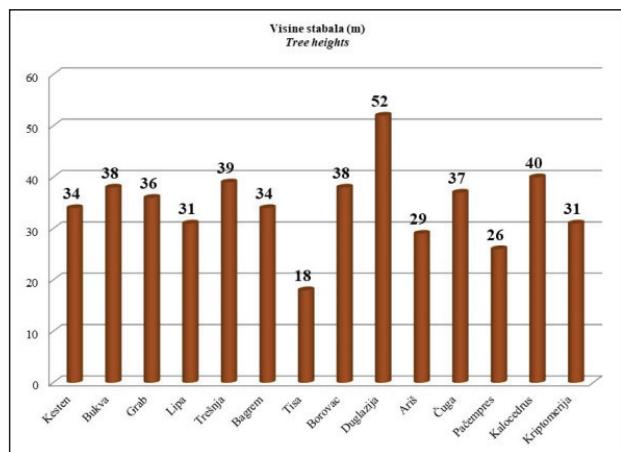


Slika 12. Izjednačenje visina duglazije (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.)
Figure 12 The tree height curve of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.)

Duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), iako egzotična vrsta, postigla je u ovom podneblju visoke vrijednosti korelacije uz koeficijent determinacije od 60,4%. Podaci su dobro grupirani u oblaku varijabli. Dio stabala postigao je prsne promjere preko 80 cm (max 90 cm) i visine iznad 40 m, najviše izmjereno stablo ima visinu od 52 m (slika 12). Prsni promjeri i visine graba su jako varijabilni u ovoj populaciji. Oblak podataka je razveden, ali su podaci dosta grupirani. Iz tog razloga, korelacija je relativno visoka, uz koeficijent determinacije od 50,2%. Pojedina stabla su velikih prsnih promjera (preko 50 cm, a max je 75 cm) i visina iznad 25 m. Najviše izmjereno stablo visoko je 36 m. Usprkos tome što su pojedini primjeri stabala obične bukve iznad 75 cm prsnog promjera (max 100 cm), koeficijent determinacije je visok 76,9%, što ukazuje na jaku korelaciju varijabli. Visine stabala duglazije (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) izjednačene su funkcijom Mihajlova: $h = 63,0167 * e^{-30,995/d} + 1,3$.

Najviša su stabla duglazije (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) čiji maksimum iznosi 52 m, (slika 13) zatim slijedi kalocedar (*Calocedrus decurrens* Torr.) sa 40 m, veći dio vrsta dostigne visinu preko 30 m (trešnja (*Prunus avium* L.), bukva (*Fagus sylvatica* L.), borovac (*Pinus strobus* L.), čuga (*Tsuga canadensis* L.), obični grab (*Carpinus betulus* L.), pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.)). Borovac (*Pinus strobus* L.) pokazuje visoku korelaciju varijabli uz koeficijent determinacije od 71,7%. Pojedina stabla su preko 70 cm prsnog pro-

mjera (max 85 cm) i visina iznad 30 m, najviše izmjereno stablo ima visinu od 38 m. Bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.) pokazuje čvrstu korelaciju varijabli uz koeficijent determinacije od 70,0%. Pojedina stabla su visoka iznad 30 m (max 34 m), a prsnih promjera do 60 cm. Europski ariš (*Larix decidua* Mill.) pokazuje visoku korelaciju varijabli uz koeficijent determinacije od 47,4%. Pojedina stabla su preko 35 cm prsnog promjera (max 45 cm) i visina iznad 25 m, najviše izmjereno stablo ima visinu od 29 m. Usprkos relativno malom uzorku izmjerениh lipa (*Tilia* sp.), korelacija između varijabli je čvrsta uz koeficijent determinacije od 60,3%. Najviše izmjereno stablo ima visinu od 31 m i prsnih promjera do 55 cm. Usprkos relativno malom uzorku izmjereni stabala trešnje (*Prunus avium* L.), korelacija između varijabli je čvrsta uz koeficijent determinacije od 55,9%. Najviše izmjereno stablo ima visinu od 39 m, a najdeblje prsni promjer od 50 cm. Usprkos relativno malom uzorku izmjereni stabala tise (*Taxus baccata* L.), korelacija između varijabli je čvrsta uz koeficijent determinacije od 80,9%. Najviše izmjereno stablo ima visinu od svega 18 m, a najdeblje prsni promjer od 55 cm. Usprkos relativno malom uzorku izmjereni stabala pačempresa (*Chamaecyparis* sp.), korelacija između varijabli je čvrsta uz koeficijent determinacije od 79,0%. Najviše izmjereno stablo ima visinu od 26 m, a najdeblje prsni promjer od 30 cm. Usprkos relativno malom uzorku izmjereni stabala kalocedrusa (*Calocedrus decurrens* Torr.), korelacija između varijabli je čvrsta uz koeficijent determinacije od 78,1%. Najviše izmjereno stablo ima visinu od 40 m, a najdeblje prsni promjer od 100 cm. Usprkos relativno malom uzorku izmjereni stabala kriptomerije (*Criptomeria* sp.), korelacija između varijabli je čvrsta uz koeficijent determinacije od 66,8%. Najviše izmjereno stablo ima visinu od 31 m, a najdeblje prsni promjer od 90 cm.



Slika 13. Najviša stabla (max) pojedinih vrsta
Figure 13 The tallest trees (max) of some species

3.3 Dendrometrijski pokazatelji

Ukupno je pronađeno i izmjereno 13.526 stabala, od čega čak 11.67 suhih stabala (slika 14). Ukupno izmjereni volumen je 18.749 m³, što po hektaru iznosi 535,68 m³. Taj podatak bio bi sigurno veći da stabla nisu odumrla, jer je na taj način izgubljen dio volumnog prirasta. U kontekstu ove šume kao sastavnog dijela arboretuma volumen ilidrvna zaliha, odnosno drvna masa ne promatra se kao pokazatelj drvne mase namijenjene proizvodnji trupaca i ostalih sortimenata, već kao stanišni potencijal. To se odnosi i na brojne unesene vrste.



Slika 14. Suha stabla

Figure 14 Dead trees

Tablica 1. Dendrometrijski pokazatelji (ukupno)

Table 1 Dendrometric parameters (total)

Stabla / Trees	N	N/ha	d _s	G/ha	V	V/ha
	kom	kom/ha	cm	m ² /ha	m ³	m ³ /ha
Živa / Living	12.359	353	35	35,95	17.512	500,35
Suha stojeća / Dead standing	1.167	33	33	2,79	1.237	35,33
Ukupno / Total	13.526	386	35	38,72	18.749	535,68

Broj stabala, temeljnica i volumen, iskazani po jedinici površine (ha), postižu visoke vrijednosti (tablica 1).

Tablica 2. Deskripcija parametara
Table 2 Description of parameters

	Živa stabla / Living trees			Suha stojeca stabla / Dead standing trees		
	N/ha	G/ha	V/ha	N/ha	G/ha	V/ha
	kom/ha	m ² /ha	m ³ /ha	kom/ha	m ² /ha	m ³ /ha
Ukupno / Total	353	35,95	500,35	33	2,79	35,33
Aritmetička sredina / Arithmetic mean	27,80	0,08	1,10	25,91	0,07	0,81
St. dev. / St. deviation	17,07	0,10	1,74	14,44	0,07	0,94
St. greška / St. error	0,91	0,01	0,09	2,51	0,01	0,16
C.V. / C.V.	61,41	125,03	158,63	55,73	104,75	115,99
Koef. skošenosti / Coefficient of skewness	1,14	2,26	3,24	0,73	1,46	1,39
Koef. spljoštenosti / Coefficient of flatness	0,84	5,67	13,7	-0,42	1,63	0,98

Usporede li se dobivene vrijednosti parametara (tablica 2), dolazi se do slijedećih zaključaka:

- koeficijent varijacije (C.V.) ima za 10% veću varijabilnost broja stabala kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci);
- koeficijent varijacije (C.V.) ima za 19% veću varijabilnost temeljnice kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci);
- koeficijent varijacije (C.V.) ima za 37% veću varijabilnost volumena kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci);
- aritmetička sredina temeljnice je za 14% veća kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci);
- aritmetička sredina volumena je za 37% veća kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci);
- standardna devijacija broja stabala je za 18% veća kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci);
- standardna devijacija temeljnica je za 43% veća kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci);
- standardna devijacija volumena je za 85% veća kod živilih nego kod mrtvih stabala (sušci).

Volumen (drvna zaliha) trajno se povećava sa godinama akumulirajući prirast glavne sastojine. No, s tehničkog aspekta, taj je prirast lošije kvalitete, jer dominantna stabla ne moraju biti, a niti su sva stabla tehnički visoke kvalitete. Uočavajući visoko učešće stabala u nižim debljinskim stupnjevima, kod većine vrsta, zaključuje se da u određenom razdoblju nije bilo problema sa prirodnom obnovom sastojine (urod sjemena i pojava mladih biljaka – ponika i pomladka).

Najveće srednje prsne promjere postigle su četiri vrste: hrast kitnjak (*Quercus petraea* L.), crni bor (*Pinus nigra* Arn.), pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.) i duvelazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), pri čemu su sve vrijednosti veće od 57 cm.

Zatim slijede bijeli bor (*Pinus sylvestris* L.), tuja (*Thuja sp.*), crni orah (*Juglans nigra* L.) i borovac (*Pinus strobus* L.) iznad 41 cm srednjeg prsnog promjera. Srednji prsni promjer pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) iznosi 35,4 cm. Najveći ukupni volumen ili drvnu zalihu ima duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), od 4.053 m³, a zatim pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), od 3.430 m³. Prema broju stabala, omjer smjese pokazuje da je pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.) najzastupljeniji, a zatim slijede duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), hrast kitnjak (*Quercus petraea* L.), borovac (*Pinus strobus* L.), obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) i ostale vrste. Zbog velike količine suhih ili odumrlih stabala evidentirana su i izmjerena (tamo gdje je to bilo moguće) posebno stojeća, a posebno ležeća stabla. Njihov broj je podjednak. Broj suhih stojećih stabala iznosi 8,6%, temeljnica iznosi 7,2%, a volumen 6,6% od ukupnog zbroja živih i suhih stojećih stabala. Volumen srednje kubnog živog stabla iznosi 1,417 m³, a suhog stojećeg 1,070 m³.

Ukupni volumen po hektaru, izjednačen eksponencijalnom funkcijom (slika 14), pokazuje relativno visoku korelaciju promatranih varijabli, uz koeficijent determinacije od 55,73%. U dostupnoj literaturi ne postoje normale za sastojine kao što je istraživana sastojina. Usپoredimo li ipak dobivene vrijednosti sa normalama raznodbnih šuma, u kojima listače čine oko 40% od ukupnog volumena, dolazi se do zaključka da volumen suhih stojećih stabala iznosi 6,6% od ukupnog volumena živih i suhih stojećih stabala. Koristeći podatak srednjeg kubnog stabla suhih stojećih stabala (1,07 m³) na količinu suhih ležećih stabala, dobivamo njihov procijenjeni volumen od 1.346 m³, pri čemu, zbog stupnja odumrsti, nije bilo moguće egzaktno utvrditi njihove dimenzije već ih samo pobrojati. Sva suha stabla imaju procijenjeni volumen od 2.583 m³, što čini 12,85% od ukupnog volumena (živih i suhih stabala), odnosno 73,8 m³/ha.

4. ZAKLJUČCI

U istraživanjima prikazanim u ovom radu ukupno je pronađeno i izmjereno 13.526 stabala, od čega je čak 1.167 suho ili mrtvo stojeće stablo. Ukupno izmjereni volumen je 18.749 m³ što po hektaru iznosi 535 m³. U kontekstu ove šume, kao dijela arboretuma, volumen se ne promatra kao pokazatelj za proizvodnju trupaca i ostalih sortimenata, već kao stanišni potencijal i bonitet, koji je na ovim staništima vrlo visok na ovim prostorima, čak i za brojne unešene alohtone ili egzotične vrste.

Broj i učešće mrtvih ili suhih stabala pokazuje koje vrste drveća i u kojoj mjeri su odumrle. Najviše je odumrlo stabala pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.), kao i stabla borovca (*Pinus strobus* L.). Zatim slijede duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) i europski ariš (*Larix decidua* Mill.). Izmjerene visine i izjednačenja Mihajlovljevom funkcijom pokazuju relativno čvrstu, ponegdje i jaku vezu varijabli, uz visoki koeficijent determinacije. Usprkos velikom broju stabala po hektaru i dosta zatvorenom sklopu, većina unesenih alohtonih i egzotičnih stabala prilagodila se uvjetima života na istraživanom staništu i izborila za dominaciju u gornjoj etaži. Mjestimično, ove vrste su i nadmašile autohtonu vegetaciju. U većini sluča-

jeva kod autohtonih dominantnih vrsta, distribucija stabala ima oblik raznodbene sastojine koju je moguće vrlo dobro izjednačiti eksponencijalnom funkcijom. Ovom prilikom nisu mjerena stabla ispod taksacijske granice, pa je nemoguće tumačiti priliv stabala. Usprkos zapuštenom izgledu sastojine zbog velike količine odumrlih stabala, živa stabla su postigla impozantne dimenzije (prsni promjer, visina). Ali su i slabije tehničke kvalitete, krošnjata su i dosta vitalna, sposobna za prirodnu regeneraciju. Uočava se visoki bonitet tla i njegov proizvodni kapacitet, kako za autohtone tako i za alohtone vrste.

Mrtva stabla bilo je potrebno ukloniti u većem broju, bilo ležeća ili stojeća, s naslova smanjenja potencijalne ugroze svih vrsta drveća od prisutnih štetnika. Prohodnost sastojine otežana je na većini mikrolokacija i onemogućava pravilno i pravodobno provođenje mjera zaštite, njege, očuvanja i gospodarenja u cijelini i u kontekstu kulturnog dobra i arboretuma, u svim njegovim aspektima.

Temeljem provedenih istraživanja i dobivenih rezultata uočava se mogućnost aklimatizacije i naturalizacije brojnih alohtonih vrsta i egzota na proučavanom staništu, što navodi na razmišljanje o njihovoj perspektivnosti za unošenje pojedinih vrsta drveća na ista ili slična staništa u jugoistočnom dijelu Europe. Arboretumi, kao takovi, veliki su potencijal za opsežna i značajna znanstvena istraživanja, kao znanstveno - istraživačkog poligona.

Zahvala: Posebnu zahvalu upućujemo Općini Vinica i načelniku općine, Marijanu Kostanjevcu, na nesebičnom angažmanu i organizaciji ljudi prilikom izmjere stabala. Zahvaljujemo svim kolegama na nesebičnom trudu i pomaganju, tijekom cijelog razdoblja prikupljanja podataka na terenu i u uredu: Svijetlani Borak, mag. ing. silv. i Ivici Mikuleku, mag. ing. silv. Zahvaljujemo Ivanu Krašeku, dipl. ing. šum., upravitelju šumarije Varaždin Uprave šuma podružnica Koprivnica, na moralnoj podršci i uloženom vremenu za provođenje stručnih diskusija koje smo godinama vodili. Zahvaljujemo se Davoru Topolnjaku, dipl. ing. šum. i Tomislavu Nikoliću, dipl. ing. šum., samostalnim taksatorima Odjela za uređivanje šuma Uprave šuma podružnica Koprivnica, na preliminarnoj dendrometrijskoj obradi podataka. Zahvaljujemo Alenki Car, dipl. ing. biol. i Sanji Kopjar, dipl. ing. agr., djelatnicama JU za zaštićena područja Varaždinske županije, na suradnji i potpori svih provedenih zajedničkih projekata vezanih uz arboretum „Opeka“.

LITERATURA

- Aleksić, P., Jančić, G. (2009): Zaštićena prirodna dobra u Javnom preduzeću 'Srbijašume'. Šumarski 1-2. Udrženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd. (str. 109-125);
- Anić, I. (2004): Prašume i njihovo značenje za gospodarenje šumama u Hrvatskoj (Virgin forests and its significance for forest management in Croatia). Glasnik zaštite bilja. 27(6): 85-6., Zagreb
- Beljan, K. (2010): Strukturne značajke bukove prašumske sastojine kuta na Žumberku (The structure of beech virgin stand kuta at Žumberak mountain), završni rad - diplomski/integralni studij, 56 str., Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

- Benko, M., Vuletić, D., Dubravac, T., Pernek, M., Indir, K., Županić, M., Matošević, D., Ivanković, D., Lindić, V. (2006): Inventarizacija spomenika parkovne arhitekture arboretuma Opeka, Šumarski institut, Jastrebarsko, 56 str., Jastrebarsko
- Bišćan, K. (2004): Struktura negospodarenje sastojine jele s rebračom (*Blechno - abietetum* ht. 1950) (The structure of no - commercial forest stand of silver fir (*Blechno - abietetum* ht. 1950)). Diplomski rad. Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu. 33 str.
- Denich, A., (1966): Kartografski prikaz arboretuma Opeka, Zavod za zaštitu prirode SRH., Zagreb
- Dubravac, T., Krejči, V., Dekanić, S. (2009): Utjecaj strukture sastojine na dinamiku razvoja mladoga naraštaja i potrajanosti šuma bukve i jele u Nacionalnom parku Risnjak (The effects of stand structure on developmental dynamics of young growth and sustainability of beech - fir forests in Risnjak national park). U: S. Matić, I. Anić (ur.), Prašumski ekosustavi dinarskoga krša i prirodno gospodarenje šumama u Hrvatskoj, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 71-90., Zagreb
- Dubravac, T., Krejči, V., Novotny, V. (2006): Stanje strukture i mogućnosti prirodne obnove u cilju održanja potrajanosti šuma nacionalnih parkova i parkova prirode (Structure status and the possibilities for natural regeneration aimed at the maintenance of sustainability of the national parks and nature parks forests). U: V. Špac (ur.), Šumarstvo na pragu EU. Jastrebarsko, Šumarski institut, Jastrebarsko str. 68-69., Jastrebarsko
- Isajev, V., Vukin, M., Ivetić, V. (2006): Unošenje drugih vrsta drveća u hrastove šume sa posebnom namenom u Srbiji. Šumarstvo 3. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 29-47);
- Jurčić, J., Bošnjak, I., Mikulić, Z. (1963): Popis drvenastog biljnog materijala u perivoju arboretuma Opeka, 5 str., Vinica
- Maksimović, M. (2005): Stanje šuma na području Nacionalnog parka „Đerdap“. Šumarstvo 3. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 183-192);
- Medak, J. (2004): Fitocenološke značajke šuma pitomog kestena u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Phytocoenological characteristic of the sweet chestnut forest in northwestern Croatia). Magistarski rad, 125 str., Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Milojković, D., Vukin, M., Stavretović, N. (2007): Značaj, stanje i perspektive šume Košutnjak u Beogradu. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem Ekoist 07 – Ekološka istina. Zbornik radova. Tehnički fakultet Bor Univerziteta u Beogradu; Zavod za zaštitu zdravlja Timok Zaječar, Centar za poljoprivredna i tehnološka istraživanja Zaječar, Društvo mladih istraživača Bor, Fakultet zaštite na radu Niš. Sokobanja. (str. 44-49)
- Mikac, S., 2010: Strukturna i regeneracijska dinamika bukovo-jelove prašume Čorkova uvala (Structural and regeneration dynamic of the remnant of old-growth beech-fir forest Čorkova uvala), disertacija, 159 str. Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Novaković Vuković, M., Milošević, R., Vukin, M. (2019): Uporedne karakteristike florističkog sastava šume crnog i šume crnog i belog bora na području Kopaonika. Šumarstvo 1-2. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 103-116);
- Ostojić, D., Vukin, M. (2007): Zaštićena prirodna dobra u Srbiji. Šumarstvo 1-2. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 117-142);
- Pevalek, I., (1946): Prijedlog za zaštitu arboretuma Opeka, Zagreb
- Saniga, M., Kucbel, S., Anić, I., Mikac, S., Prebeg, M. (2011): Structure, growing stock, coarse woody debris and regeneration processes in virgin forests Dobroč (Slovakia) and Čorkova uvala (Croatia). Beskydy. 4(1): 39-50., Zvolen
- Stojanović, Lj., Ostojić, D., Vukin, M. (2007): Stanje i perspektive zaštite Strogog prirodnog rezervata ‘Mustafa’. Šumarstvo 1-2. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 13-24);

- Tikvić, I., Seletković, Z., Ugarković, D., Magdić, N. (2006): Dinamika razvoja i odumiranja stabala u prašumi Čorkova uvala nacionalnog parka Plitvička jezera (Dynamics of tree development and mortality in Čorkova uvala virgin forest in the Plitvice lakes national park). Glas. Šum. Pokuse. Posebno izdanie 5: 105-116., Zagreb
- Vojvoda, D., (1967): Arboretum Opeka, Vinica, 121 str.
- Vukin, M. (2004): Rekonstrukcija i revitalizacija arboretuma Šumarskog fakulteta u Beogradu. Šumarstvo 1-2. Udruženje šum arskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 117-128)
- Vukin M. (2010): Arboretum Šumarskog fakulteta. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 1-82)
- Vukin, M., Milojković, D., Živanović, M. (2013): Ekološki potencijali nekih šumskih ekosistema na području suburbane zone grada Beograda. Šumarstvo 3-4. Udruženje šum arskih inženjera i tehničara Srbije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. (str. 175-191)
- Vukin, M., Amidžić, L., Milovanović, J., Isailović, G. (2017): The Use of natural vegetation resources of 'Šargan-Mokra gora' Nature park within the sanitary-higienic and health Forest Functions. Šumarstvo-Forestry. Organ of Society of Forestry Engineers and Technicians of the Republic of Serbia and University of Belgrade Faculty of Belgrade. Belgrade. pp. 69-84

THE STAND STRUCTURE OF THE UNMANAGED FOREST IN "OPEKA" ARBORETUM IN VARAŽDIN REGION – CROATIA

*Miroslav Benko
Vladimir Novotny*

Summary

In the area of northern Croatia, in the slightly indented and hilly Zagorje Region, there is a sessile oak and sweet chestnut forest (*Querco-Castanetum sativae* Ht. 1938) located within the "Opeka" Arboretum Complex in Varaždin. The forest covers an area of 35 ha behind the former country house of the Bombelles County and contains introduced specimens of allochthonous and exotic species. All the trees were measured using a centimeter caliper and the gathered information were entered in the field manual (the tree species, diameter at breast height, etc.). We also registered and measured dead trees, including both the standing and lying dead trees. The trees were classified as allochthonous, autochthonous, and exotic (which are also allochthonous but we investigated them separately because of the great part they play in the forest and because they represent different species introduced from other continents, for example, *Pseudotsuga*, *Tsuga*, *Calocedrus*, etc. The distribution of the number of trees was determined for each tree species. Furthermore, we measured the tree heights (493) for the twelve most represented tree species using the Vertex ultrasonic hypsometer. The height curve was generated for the five most represented tree species using the Mihajlov equation. The aim of this research was to conduct the first growing stock inventory of the forest behind the castle, as part of the arboretum, and determine its stand structure. The total number of trees of all tree species can be equated with the exponential function, which is otherwise most suitable for uneven-aged stands. The coefficient of determination was very high (75.6%). A number of living trees had a similar curve shape at a coefficient of determination of 96%. Out of the total number of trees, 62% are autochthonous, 14% are allochthonous and 24% are exotic. The four main tree species – sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.), common hornbeam (*Carpinus betulus* L.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.) are the most represented by the number of trees and account for 52.23% of all the trees in the stand. The largest mean diameters at breast height were achieved by four species: sessile oak (*Quercus petraea* L.), Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold), sweet

chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), with all the values above 57 cm. They are followed by Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), thuja (*Thuja sp.*), black walnut (*Juglans nigra* L.) and white pine (*Pinus strobus* L.) with the mean diameter at breast height above 41 cm. The mean diameter at breast height of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is 35.4 cm. According to the number of trees, the mixture ratio shows that the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is the most represented, followed by Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), sessile oak (*Quercus petraea* L.), white pine (*Pinus strobus* L.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.) species. The tallest trees are Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) trees whose maximum height is 52 m, while most species attain a height of over 30 m – incense cedar (*Calocedrus decurrens* Torr.), wild cherry (*Prunus avium* L.), white pine (*Pinus strobus* L.), Eastern hemlock (*Tsuga canadensis* L.), common hornbeam (*Carpinus betulus* L.), sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.), black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). These data also reflect the quality of the soil. Due to a large amount of decayed or dead trees, standing and lying trees were recorded and measured separately (where possible). Their number is equal. The share of dead standing trees is 8.6%, while the stand basal area amounts to 7.2%, and volume to 6.6% of the total number of living and dead standing trees. The mean cubic volume of living trees is 1.417 m³, and the volume of dead standing trees amounts to 1.070 m³. Based on the research conducted and the results obtained, we observed the possibility of acclimatization and naturalization of numerous allochthonous and exotic species into the investigated site, which leads to further thinking about the possibility of introducing certain tree species into the same or similar sites in southeastern Europe. Arboretsums, as a kind of scientific research polygons, have great potential for extensive scientific research.