

# Usporedba debljinskog prirasta stabala poljskog (Fraxinus angustifolia Vahl) i pensilvanskog jasena (Fraxinus pennsylvanica Marshall) u Posavini

---

Hren, Leon

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:820494>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**ŠUMARSKI ODSJEK**

**LEON HREN**

**USPOREDBA DEBLJINSKOG PRIRASTA STABALA POJSKOG  
JASENA (FRAXINUS ANGUSTIFOLIA VAHL.) I PENSILVANSKOG  
JASENA (FRAXINUS PENNSYLVANICA MARSHALL) U POSAVINI**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB (RUJAN 2024.)**

**Dokumentacijska kartica**

<b>Naslov</b>	Usporedba debljinskog prirasta stabala poljskog ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.) i pensilvanskog jasena ( <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall) u Posavini
<b>Title</b>	Comparing tree diameter increment of narrow-leaved ash ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.) and green ash ( <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall) in Posavina
<b>Autor</b>	Leon Hren
<b>Adresa autora</b>	Rijeka, 51000, Ružice Mihić 9
<b>Mjesto izrade</b>	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
<b>Vrsta objave</b>	Završni rad
<b>Mentor</b>	Izv. prof. dr. sc. Krunoslav Teslak
<b>Izradu rada pomogao</b>	Izv. prof. dr. sc. Krunoslav Teslak
<b>Godina objave</b>	2024. god.
<b>Obujam</b>	30 stranica, 4 tablice, 19 slika, 20 naslova literature
<b>Ključne riječi</b>	poljski jasen, pensilvanski jasen, radijalni prirast, prsni promjer, Posavina
<b>Key words</b>	narrow-leaved ash, green ash, radial growth, diameter at breast height, Posavina
<b>Sažetak</b>	<p>U Posavini sporadično se pojavljuje introducirani pensilvanski jasen. Na istom staništu uzorkovano je nekoliko desetaka dugih prirasnih izvrtaka na poljskom i pensilvanskom jasenu. U radu su pripremljeni i obrađeni dugi izvrtci te provedena usporedna analiza prirasta autohtonog i introduciranog jasena. Primijećeno je da je pensilvanski jasen otporniji na propadanje koje uzrokuje gljiva <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> te obilnije rađa sjemenom u odnosu na autohtoniji jasen. Prema tome cilj rada je ispitati potencijal i dinamiku proizvodnje drvne tvari (kroz analizu radijalnog i debljinskog prirasta) introduciranog pensilvanskog jasena u usporedbi s poljskim jasenom. Utvrđeno je da obje vrste vrlo skromno prirašćuju posebno posljednje desetljeće. Dvije vrste se značajno razlikuju u potencijalu obzirom da je poljski jasen nešto duže živuća vrsta s kasnijom zrelošću u odnosu na pensilvanski jasen.</p>

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio /la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

---

*vlastoručni potpis*

Leon Hren

U Zagrebu, 20.9.2024.

## SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
	<b>Dosadašnja istraživanja u Hrvatskoj .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CILJ RADA .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>5</b>
	<b>Predmet istraživanja.....</b>	<b>5</b>
	Poljski jasen .....	5
	Pensilvanski jasen.....	6
	<b>Područje istraživanja.....</b>	<b>7</b>
	<b>Metode rada .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>13</b>
	<b>Analiza radijalnog prirasta svih stabala .....</b>	<b>13</b>
	<b>Usporedba radijalnog prirasta između poljskog i pensilvanskog jasena.....</b>	<b>16</b>
	<b>Modeliranje razvoja prsnog promjera .....</b>	<b>20</b>
	<b>Rast i prirast prsnog promjera.....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>RASPRAVA.....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>28</b>
	<b>LITERATURA .....</b>	<b>29</b>

## POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. Površine mjernih ploha uz broj stabala i izvrtaka prirasta .....</i>	<i>8</i>
<i>Tablica 2. Indeksi pokazatelji stanja stabla i njegove reakcije na stres .....</i>	<i>15</i>
<i>Tablica 3. Statistička značajnost parametara modela prsnog promjera stabala poljskog jasena.....</i>	<i>20</i>
<i>Tablica 4 Statistička značajnost parametara modela prsnog promjera stabala pensilvanskog jasena.....</i>	<i>21</i>

## POPIS SLIKA

<i>Slika 1. Poljski jasen (Fraxinus angustifolia Vahl)</i> [Izvor: <a href="https://www.plantea.com.hr/poljski-jasen/">https://www.plantea.com.hr/poljski-jasen/</a> ]	5
<i>Slika 2. Pensilvanski jasen (Fraxinus pennsylvanica Marshall)</i> [Izvor: <a href="https://www.treesandshrubsonline.org/articles/fraxinus/fraxinus-pennsylvanica/">https://www.treesandshrubsonline.org/articles/fraxinus/fraxinus-pennsylvanica/</a> ]	6
<i>Slika 3. Karta područja istraživanja</i>	7
<i>Slika 4. Označavanje stabala poljskog jasena i uzimanje drvnih izvrtaka</i>	9
<i>Slika 5. Skeniranje iobrađenih izvrtaka poljskog jasena</i>	10
<i>Slika 6. Baza podataka s radijalnim prirastom stabala pensilvanskog jasena</i>	11
<i>Slika 7. Baza podataka s radijalnim prirastom stabala poljskog jasena</i>	11
<i>Slika 8. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) s prosjekom za sastojinu i prosjekom za Srednju Posavinu (primjer 29d odsjeka, GJ Podložje)</i>	13
<i>Slika 9. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) pojedinih sastojina i prosjekom za Srednju Posavinu (bijela linija)</i>	14
<i>Slika 10. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) poljskog jasena; pojedinih stabala, prosjekom za pojedine lokalitete i kronologija za Srednju Posavinu (crvena linija)</i>	16
<i>Slika 11. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) pensilvanskog jasena; pojedinih stabala, prosjekom za pojedine lokalitete i kronologija za Srednju Posavinu (crvena linija)</i>	17
<i>Slika 12. Kretanje indeksa radijalnog prirasta poljskog jasena temeljem sredine za sva stabla</i>	18
<i>Slika 13. Kretanje indeksa radijalnog prirasta pensilvanskog jasena temeljem sredine za sva stabla</i>	18
<i>Slika 14. Model razvoja prsnog promjera stabala poljskog jasen</i>	20
<i>Slika 15. Model razvoja prsnog promjera stabala pensilvanskog jasena</i>	21
<i>Slika 16. Graf krivulje rasta srednje vrijednosti prsnog promjera poljskog jasena</i>	23
<i>Slika 17. Graf krivulje rasta srednje vrijednosti prsnog promjera pensilvanskog jasena</i>	23
<i>Slika 18. Prosječni prirast prsnog promjera poljskog i pensilvanskog jasena</i>	24
<i>Slika 19. Tečajan prirast prsnog promjera poljskog i pensilvanskog jasena</i>	25

# 1 UVOD

Šume kontinentalnog djela Hrvatske predstavljaju dragocjeno prirodno bogatstvo, a kojemu nizinske šume Posavine značajno doprinose. Terene, na kojima su prisutne dugotrajne poplave i visoke razine podzemnih voda, teško je pošumiti vrijednim vrstima drveća koja osim ekološke imaju i gospodarsku vrijednost. Među vrstama drveća koje uspijevaju u tim uvjetima ističe se poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), jedna od najvažnijih ekoloških i gospodarskih vrsta u Hrvatskoj zbog brzog rasta i specifične prilagodbe staništu poplavnih i obalnih šuma. Posebna vrijednost poljskog jasena je njegova eurivalentnost jer pokriva više ekoloških niša, od inicijalnih šuma na rubu bare do plavljenih šuma hrasta lužnjaka u kojima dolazi u svojoj terminalnoj fazi (Anić, Vukelić i dr. 2022). Nažalost, poljski jasen sve teže ispunjava svoju složenu ulogu koju ima u ekosustavu. Trenutno je u području rasprostranjivanja poljski jasen zahvaćen ozbiljnim odumiranjem, te spada pod najugroženije autohtone vrste Hrvatske zbog napada patogene gljive *Hymenoscyphus fraxinieus* (T. Kowalski) koja uzrokuje antraknozu i rak jasena (Diminić, Kranjec Orlović 2022.). Uz patogenu, opasnu gljivu, klimatske promijene to jest utjecaj klimatskih ekstrema, promjene temperature zrake i hidrološkog režima također utječe na sveukupnu ugroženost poljskog jasena (Mikac 2020). Odumiranje je vrlo ozbiljno te su pokrenuta brojna istraživanja kako bi se prikladno odgovorilo te spasilo vrijedne šume poljskog jasena. Neke od mjera su izoliranje otpornijih populacija, veća proizvodnja otpornog sadnog materijala, uvođenje bijele vrbe u sastojine i slično (Mikac 2020). Uz poljski jasen sporadično se javljaju sastojine pensilvanskog (zelenog) jasena (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall). Prije 130 godina uveden iz Sjeverne Amerike s ciljem melioriranja i pripreme staništa za poljski jasen. Iako se obično zamjenjivao s autohtonim vrstama nakon uspješne melioracije, došlo je do njegovog spontanog širenja. Danas je pensilvanski jasen zastupljen u čistim i mješovitim kulturama te u obliku pojedinačnih stabala (Kranjec Orlović i dr. 2021). Naspram poljskom, pensilvanski jasen ističe se većom otpornošću na antraknozu i rak jasena, s manjim štetama krošnje, kraćim lezijama i rjeđim smrtnim slučajevima (Kowalski i dr. 2015.).

Proučavanje dinamike rasta drveća ključno je za razumijevanje šumskih ekosustava, upravljanje resursima drva i ublažavanje utjecaja klimatskih promjena. Na lokalitetima gdje se autohtone vrste ne uspiju obnoviti introducirani pensilvanski spontano se širi zbog



velikog uroda laganog sjemena koje se s prethodno unesenih stabala lako širi. Sve to ukazuje da će pensilvanski jasen i nadalje biti sastavni dio naših nizinskih šuma.

## Dosadašnja istraživanja u Hrvatskoj

Poljski jasen kao značajna vrsta nizinskih ekosustava i šume koje tvori dobro je istražena vrsta drveća. Istražuje ga već Kozarac u svojim radovima iz 1886. (Kozarac 1886). Napisano je nekoliko doktorata poput „Uspijevanje i pomlađivanje sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Posavini“ Anića 2001. i Monografija Poljski Jasen 2018. Obzirom na vrijednost i široku upotrebu jasenovine, ali i njegovu presudnu ulogu na prijelazu između bare i grede značajnija istraživanja pokrenuta su kad je uočeno sve veće propadanje jasena uslijed širenja iz Azije gljive *Hymenoscyphus fraxinieus*. Istraživanja su uglavnom usmjerena na utvrđivanje uzročnika propadanja, razinu oštećenosti i mjere sanacije (npr. Diminić i Kranjec Orlović 2022, Emanović 2023). Česta su i istraživanja vezana za ekonomski aspekt propadanja jasena poput gubitka sortimentne strukture (Ursić 2019) ili gubitka vrijednosti sastojina uslijed pada općekorisnih funkcija šuma, vrijednosti drvne zalihe i povećanih troškova njege i obnove (Posavec i Milković 2022). Sporadično u sastojine poljskog jasena sađen je pensilvanski jasen te je uočljivo da pensilvanski jasen ima jaču krošnju, bolje rađa sjemenom, ali nema zavidnu sortimentnu strukturu.

Slijedom toga dosad je istraživana entomofauna na sjemenu pensilvanskog jasena u Hrvatskoj (Kranjec Orlović i dr. 2021). Spomenutim istraživanjem je utvrđen niz štetnika ali obzirom da štetnici utvrđeni u istraživanju preferiraju urbana područja ili su nađeni na vrlo malom broju sjemena, može se zaključiti kako kukci trenutno nemaju značajniji negativan utjecaj na zdravstveno stanje sjemena poljskog i pensilvanskog jasena.

Najznačajnija istraživanja vezanu uz dinamiku rasta poljskog i pensilvanskog jasena u nizinskim šumama proveli su Kremer i dr. (2006.). Kremer je proučavao na 14 ploha (veličine 0,03 ha) rast srednjih stabala zelenog i poljskog jasena. Područje istraživanja je smješteno od zemljopisne širine 45° 06' do 46° 15' N i zemljopisne dužine 15° 30' do 18° 40' E raspona nadmorske visine je od 94 do 114 m. Kriteriji odabira ploha su slična starost sastojine i značajke sastojine na odabranim lokalitetima, postojanje homogene čiste sastojine pensilvanskog jasena na površini većoj od 1 ha i postojanje slične sastojine poljskog jasena u blizini sastojine pensilvanskog jasena. Ukupno je uzeto 212 drvnih izvrtaka stabala te 11

uzoraka poprečnog presjeka debla za analizu. Godišnji radijalni rast svake jezgre mjeren je do najbližih 0,01 mm s uređajem za mjerenje godova (Digitalpositionimeter SMIL3). Analizom provedenom na uzorcima poprečnih presjeka dobilo se rast visine, promjera i volumenski prirast srednjih sastojinskih stabala

Korišten je *Mann–Whitney U* test, odnosno test sume rangova, koji je pokazao statistički značajne razlike radijalnog prirasta između poljskog i pensilvanskog jasena na svim mjernim plohama. Također je test otkrio da specifično za pensilvanski jasen, radijalni rast u prvih 20 – 30 godina je vrlo visok (iznadprosječan), dok je nakon toga konstantno potisnut ispod prosječnog rasta i iznosi svega oko 1,5 mm. Dobiveni rezultati ukazuju da pensilvanski jasen raste puno brže od poljskog jasena prvih 20 – 30 godina, nakon čega rast stagnira te postupno opada. Zaključak istraživanja je da se pensilvanskim jasenom bolje gospodari u kratkim ophodnjama. Dva desetljeća kasnije izvođenja su nova mjerenja na sličnom području, te je moguće usporediti prijašnja mjerenja sa sadašnjim stanjem u šumama.

## 2 CILJ RADA

Isplativost gospodarenja ponajprije ovisi o konzistentnom dobivanju kvalitetnog drva što je u jasenovim šumama upitno s trenutačnom ugroženošću poljskog jasena uslijed propadanja uzrokovanog gljivičnom bolešću *Hymenoscyphus fraxineus*. Obzirom da se sporadično uz poljski jasen pojavljuje pensilvanski jasen bilo kao sađene kulture, bilo kao prirodni pomladak sa unesenih šumskih stabala ili iz urbanog zelenila logično je usporediti razvojne i prirasne karakteristike dvije vrste jasena u nizinskim šumama. Posebno jer su slična istraživanja već provedene, ali samo na uzorku mladih stabla pensilvanskog jasena pa nije bilo moguće provjeriti dinamiku prirasta za dužu dob ili cijeli životni vijek stabala. Obolijevanjem poljskog jasena uočeno je da je pensilvanski jasen manje napadnut i zdraviji što ga dodatno podiže na ljestvici važnosti u nizinskim šumama Hrvatske. Iako je strana vrsta u okolnostima općeg propadanja šuma možda neće biti izbora te će pensilvanski jasen morati biti prihvaćen ako ne kao glavna, a onda barem kao prelazna vrsta u stabilizaciji šuma poljskog jasena.

Temeljem svega navedenog cilj rada je ispitati potencijal i dinamiku proizvodnje drvne tvari (kroz analizu radijalnog i debljinskog prirasta) introduciranog, pensilvanskog jasena u usporedbi s poljskim jasenom.

Ovaj opći cilj moguće je provesti kroz nekoliko podciljeva, što uključuje:

- 1) Prikupljanje i obrade podataka sa terena.
- 2) Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) poljskog, odnosno pensilvanskog jasena za pojedinih stabala s prosjekom za Srednju Posavinu te pojedinih lokaliteta.
- 3) Izdvojiti kretanje indeksa radijalnog prirasta oba jasena temeljem sredine za sva stabla.
- 4) Konstruirati model razvoja prsnog promjera stabala poljskog i pensilvanskog jasena.
- 5) Usporediti prosječni i tečajni godišnji prirast prsnog promjera između autohtonog i introduciranog jasena
- 6) Protumačiti konačne rezultate s osvrtom na dosadašnja istraživanja i donijeti zaključak na pitanje kojim je jasenom isplativije gospodariti.

Dobiveni rezultati ovog istraživanja planiramo usporediti s već postojećim rezultatima te slijedom toga izvesti zaključke kojima se može odrediti buduća uloga pensilvanskog jasena u šumama i šumarstvu u Hrvatskoj.

### 3 MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

#### Predmet istraživanja

##### Poljski jasen

Poljski jasen se prirodno rasprostire na području Europe, zapadne Azije i sjeverne Afrike. U Hrvatskoj se najčešće javlja u Sredozemlju uz tokove rijeka jadranskog slijeva te u panonskim nizinskim šumama. Ona je listopadno, andromonoecično i mezomorfno stablo s lakim i mobilnim sjemenom koji se širi vjetrom (anemohorija) ili vodom (hidrohorija) (Franjić, Škvorc, 2020). Poljski jasen je brzorastuća vrsta koja doseže visine od 15 do 20 m (30 do 40 m u povoljnim uvjetima).



*Slika 1. Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl)  
[Izvor: <https://www.plantea.com.hr/poljski-jasen/>]*

U prosjeku promjer debla pri prsnoj visini (1,3 m) iznosi 150 cm. (Idžojtić, Poljak 2022.). S područja ekološke adaptacije poljski jasen je heliofilna, euritermna i hidrofilna vrsta. Dobro uspijeva u područjima blaže klime s količinom oborina između 400 i 1200 mm godišnje. Osjetljiva je na niske temperature i mrazove te se ne može prirodno širiti sjeverno (osim u obliku posađenih kultura). Raste u poplavljenim nizinama te dobro podnosi dugo stajanje poplavnih voda kao i višak ugljikovog dioksida i nedostatak kisika. Preferira pH tla između 5 i 8 te glinasta ili umjereno zbijena tla. Zahtjeva stanište s barem dva mjeseca vegetacije bez stajuće vode radi širenja i uspostavljanja ponika (Ugarković i Oršanić 2020).

## Pensilvanski jasen

Pensilvanski jasen je postala česta vrsta u nizinskim šumama Hrvatske. Prirodno, ona je Sjeverno Američka vrsta rasprostranjena u nizinama istočnog i središnjeg dijela Kanade i Sjedinjenih Američkih Država. U Europu je uvedena kao ukrasna i uzgojna vrsta u 19. stoljeću, ali se proširila izvan područja sadnje. U Hrvatskoj je bila posađena radi pripreme staništa za sadnju poljskog jasena te se i tu proširila kako je ispunjavana tu ulogu (Orlović i dr., 2021). Ona je listopadno, anemofilno, heliofilno, brzorastuće stablo koje dostiže visine od 20 (40) m te prsni promjera 50 (180) cm.

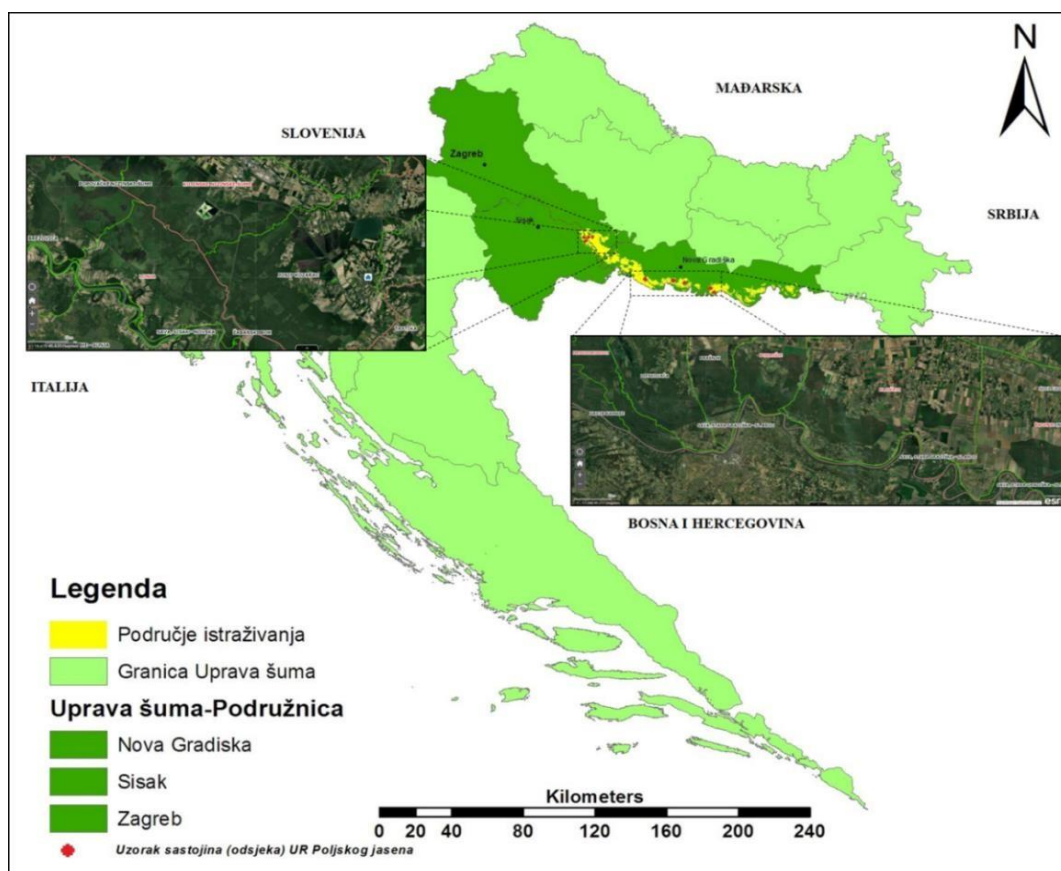


*Slika 2. Pensilvanski jasen (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall)  
[Izvor: <https://www.treesandshrubsonline.org/articles/fraxinus/fraxinus-pennsylvanica/>]*

Pensilvanski jasen ima jača pionirska svojstva od poljskog jasena. Heliofilna je vrsta te ne podnosi zasjena. Pridolazi u sličnim klimatskim uvjetima kao poljski jasen uz veću otpornost na mraz. Može rasti na glinenom do pjeskovitom ili muljevitom tlu blizini rijeka i drugih vodenih površina, no najveći uspjeh dostiže na pjeskovito-ilovastim i ilovasto-pjeskovitim tlima s pH od 6,1 do 7,5. Otporan je na plavljenje i zamuljenje, a može podnijeti i sušna razdoblja. Pensilvanski jasen je nakon prvih 20 do 30 godina puno osjetljiviji na vjetroizvale, vjetrolome i ledolome od poljskog jasena (Kremer, 2006).

## Područje istraživanja

Područje istraživanja u širem smislu su šume poljskog jasena u Posavini. U upravnom smislu područje obuhvaća dijelove triju županija; Zagrebačku, Sisačko-moslavačku i Brodsko-posavsku, a u šumsko-gospodarskom dijelove triju Uprava šuma; Podružnice Zagreb, Sisak i Nova Gradiška. Nizinske šume na tom području razdijeljene su na 16 gospodarskih jedinica (GJ), od GJ Kutinske nizinske šume, Šumarije Kutina na zapadu, dolinom Save, lijevom obalom do Slavenskog Broda, odnosno s desne strane autoceste Zagreb - Lipovac sve do GJ Radinje Šumarije Kapela na istoku (slika 3).



Slika 3. Karta područja istraživanja

Šume poljskog jasena nejednoliko su zastupljene unutar pojedinih gospodarskih jedinica, te njihov udio ne prelazi 20 % ukupne površine, a značajan dio poljskog jasena uokviren je unutar uređajnog razreda hrasta lužnjaka. Detaljno opisana prirodna obilježja područja rada mogu se pronaći u Kovačević i dr. (1972) i Seletković (1996). Unutar šireg područja istraživanja izdvojeno je 10 sastojina poljskog jasena različitog strukturnog i dobnog stanja (sve pripadaju uređajnom razredu poljskog jasena), a što predstavlja uže područje istraživanja.

Unutar svake sastojine projektiran je uzorak terenskih ploha za detaljnu izmjeru i procjenu sastojinskih (strukturnih) i varijabli pojedinih stabala. Ukupno je postavljeno i izmjereno 43 plohe ukupne površine od 1,58 ha (tablica 1).

**Tablica 1.** Površine mjernih ploha uz broj stabala i izvrtaka prirasta

Uprava šuma P.	Šumarija	Gospodarska jedinica	Odsjek	broj ploha	Površina plohe	Površina uzorika	Broj stabala	Izvrtci prirasta
				komada	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	komada	komada
Zagreb	Kutina	Kutinske nizinske šume	19a	10	200	2000	228	33
			40b	5	500	2500	108	15
Sisak	Sunja	Lonja	39b	5	500	2500	115	18
			53d	3	250	750	111	12
Nova Gradiška	Stara Gradiška	Međustrugovi	7f	3	250	750	82	10
			15a	3	250	750	135	9
Nova Gradiška	Nova Kapela	Radinje	16c	2	250	500	97	8
			49c	3	500	1500	27	3
Nova Gradiška	Stara Gradiška	Podložje	29d	5	500	2500	149	32
Nova Gradiška	Nova Gradiška	Ključevi	48c	4	500	2000	48	14
<b>TOTAL</b>				<b>43</b>		<b>15752</b>	<b>1100</b>	<b>154</b>

## Metode rada

Uzorak ploha postavljen je prema metodi sistematskog uzorka sa slučajnim početkom na način da je na kartama sastojina određen položaj prve plohe, a ostale u istoj sastojini su raspoređene sistematski temeljem pravokutne mreže i jednake međusobne udaljenosti središta ploha. Svaka ploha definirana je koordinatama središta te je pomoću GPS uređaja locirana na terenu kroz postavljeno središte glavne plohe za izmjeru te posredno položaj pod ploha za izbrajane stanja pomlađenosti sastojine. Udaljenost između ploha, broj ploha i veličina površine plohe u pojedinoj sastojini ovisna je o površini i obliku sastojine te starosti sastojine prema obrascima opisa sastojina iz važećih šumskogospodarskih planova.

Veličina tj. površina pojedine plohe definirana je njenim radijusom, a jedinstvena je za svaku pojedinu sastojinu. Postavljene su plohe radijusa 7,98, 8,92 i 12,62 m odnosno površine 200, 250 i 500 m<sup>2</sup> (tablica 1). Postavljeno je ukupno 28 ploha površine od 200 do 500 m<sup>2</sup> ovisno o starosti sastojine i s tim povezane strukture sastojine. Izmjera na plohama je vrlo detaljna te se mjeri pozicija svih stabala na plohi, niz atributa stabla te se na svakoj plohi izdvaja 3 do 10 stabala koji se dodatno detaljnije procjenjuju i mjere, a kojima je uzet drvni (prirasni) izvrtak najmanje do središnje osi debla s ciljem uvida u prirast tijekom cijelog života stabla. Drvni izvrtci uzeti su samo odabranim stablima poljskog i pensilvanskog jasena. Dio ploha ciljano je projektiran u sastojinama pensilvanskog jasena. Svakom stablu na terenskoj plohi bilježen je azimut i udaljenost od središta, svako stablo je precizno označeno i fotografirano, a djelu stabala uz niz procijenjenih i izmjerenih detaljnih atributa stabala uzet je i dugi drvni izvrtak za analize prirasta, razvoja sastojine i slično (slika 4)



*Slika 4. Označavanje stabala poljskog jasena i uzimanje drvnih izvrtaka*



Već je spomenuto da je djelu stabala prema sistematskom uzorku uz ostalo uzet drveni izvrtak. Paralelno su prikupljeni izvrci, pripremani za očitavanja i očitavani najsuvremenijim metodama i uređajima dendrokronologije (slika 6).



*Slika 5. Skeniranje iobrađenih izvrtaka poljskog jasena*

Obrada izvrtaka uključuje priprema izvrtaka (lijepljenje i brušenje), snimanje izvrtaka sustav a-trics (advanced tree ring image capturing system), očitavanje širine godova napravljeno je uz pomoć programa coorecorder i cdendro i kontrola očitavanja godova uz pomoć programa tsapwin i cofecha, grafički i statistički (slika 5).

Temeljem podataka formirana je ulazna baza podataka u kojoj su izvedene brojne složene varijable stabala poput kategorija stradalosti krošnje, kategorija osutosti krošnje, volumen stabla, volumen krošnje, koeficijent vitkosti stabala, odnos duljine krošnje i duljine deblja i td., te niz varijabli sastojine; broj stabala, srednji prsni promjer, temeljnica, drvena zaliha, obrast, opterećenost slojem grmlja, brojnost podmlatka i td. Za izvedene varijable strukture sastojine potrebno je za svaki odsjek izgraditi lokalne volumne tablice tj. tarife što uključuje i izvedbu visinskih krivulja. Za svaku sastojinu izmjerene visine smo izjednačili Mihajlovljevom funkcijom. Posebno je formirana baza podataka s rezultatima obrade i analize drvnih izvrtaka odvojeno za dvije vrste jasena (slika 7 i slika 8).

rbs u bazi		označ vrsta dišifra stabla/izvrtka										Resistance Recovery Resilience			ir		
RBS	GJ	od	OD:pl	r	OZ	VR	Rt	Rc	Rs	id7/7	id5/5	id3/3	2023	2022	2021		
POD29d3	975	POD	29d	3	12,62	18	pensilv	29d-3-4	0,6857143	1,125	0,7714286	0,27883	0,49	0,69	0,18	0,19	0,20
POD29d3	977	POD	29d	3	12,62	20	pensilv	29d-3-5	0,68	1,3823529	0,94	0,39429	0,61	0,88	0,07	0,11	0,22
POD29d3	979	POD	29d	3	12,62	22	pensilv	29d-3-6	0,8589744	0,6044776	0,5192308	0,41373	0,88	1,90	0,88	0,79	0,70
POD29d3	982	POD	29d	3	12,62	25	pensilv	29d-3-7	0,9113924	0,7777778	0,7088608	0,55497	0,71	0,86	0,10	0,18	0,36
POD29d3	985	POD	29d	3	12,62	28	pensilv	29d-3-8	0,9333333	0,6020408	0,5619048	0,45349	0,56	1,11	0,63	0,49	0,38
POD29d3	997	POD	29d	3	12,62	40	pensilv	29d-3-9	0,9207161	1,0305556	0,9488491	0,80742	0,89	0,93	2,11	1,59	1,65
POD29d4	1008	POD	29d	4	12,62	7	pensilv	29d-4-1	0,7341772	0,9137931	0,6708861	0,49704	0,54	0,60	0,05	0,04	0,13
POD29d4	1015	POD	29d	4	12,62	14	pensilv	29d-4-2	0,9295775	0,6212121	0,5774648	0,42373	0,56	0,95	0,15	0,19	0,26
POD29d4	1018	POD	29d	4	12,62	17	pensilv	29d-4-3	1,1404959	0,7753623	0,8842975	0,60599	0,90	1,48	0,64	0,81	0,58
POD29d4	1023	POD	29d	4	12,62	22	pensilv	29d-4-4	0,8945148	1,1037736	0,9873418	0,68031	0,71	0,69	0,09	0,88	0,67
POD29d4	1027	POD	29d	4	12,62	26	pensilv	29d-4-5	1,1851852	0,765625	0,9074074	0,57231	0,73	0,93	0,19	0,26	0,18
POD29d4	1029	POD	29d	4	12,62	28	pensilv	29d-4-6	0,9674797	0,9621849	0,9308943	0,7583	0,90	1,21	1,67	1,33	1,40
POD29d4	1030	POD	29d	4	12,62	29	pensilv	29d-4-7	0,6506024	0,6574074	0,4277108	0,50212	0,59	1,21	0,46	0,50	0,62
POD29d4	1035	POD	29d	4	12,62	34	pensilv	29d-4-8	1,14	0,6491228	0,74	0,52096	0,84	1,34	0,54	0,55	0,52
POD29d5	1039	POD	29d	5	12,62	2	pensilv	29d-5-1	0,7169811	1,3333333	0,9559748	0,63602	0,78	0,95	0,85	0,71	0,61
POD29d5	1044	POD	29d	5	12,62	7	pensilv	29d-5-2	0,6538462	1,5294118	1	0,33729	0,67	0,55	0,08	0,08	0,19
POD29d5	1047	POD	29d	5	12,62	10	pensilv	29d-5-3	0,8717949	0,9411765	0,8205128	0,51914	0,68	0,82	0,29	0,24	0,26
POD29d5	1049	POD	29d	5	12,62	12	pensilv	29d-5-4	0,95	0,7631579	0,725	0,56091	0,69	0,89	0,16	0,23	0,35
POD29d5	1056	POD	29d	5	12,62	19	pensilv	29d-5-5	1,0277778	0,8040541	0,8263889	0,60772	1,08	1,60	1,25	0,88	1,04
POD29d5	1065	POD	29d	5	12,62	28	pensilv	29d-5-6	0,7586207	1	0,7586207	0,57377	0,86	1,20	0,54	0,47	0,57
POD29d5	1068	POD	29d	5	12,62	31	pensilv	29d-5-7	0,8963415	0,9115646	0,8170732	0,63669	0,78	1,18	1,75	1,65	1,63

Slika 7. Baza podataka s radijalnim prirastom stabala pensilvanskog jasena

OZ	VR	Rt	Rc	Rs	id7/7	id5/5	id3/3	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	
4	jasen	19a-1-1	0,5333333	3,3557692	1,7897436	0,66931	1,02	0,55	0,00	0,68	1,26	2,48	4,46	2,52	1,04	1,04	2,86
7	jasen	19a-1-2	0,5441527	2,9385965	1,5990453	0,32208	0,51	0,42	0,00	0,59	1,22	1,50	3,33	3,37	1,14	2,21	1,98
10	jasen	19a-1-3	0,5195095	1,6201717	0,8416945	0,4536	0,60	0,94	0,00	1,74	4,26	3,25	3,70	3,85	2,33	4,38	4,59
13	jasen	19a-1-4	0,4769648	1,0340909	0,4932249	0,40729	0,49	0,91	0,00	0,56	1,07	0,84	0,78	1,04	0,88	1,53	2,16
20	jasen	19a-1-5	0,5576923	1,3836207	0,7716346	0,32868	0,39	0,43	0,00	0,31	0,73	0,82	1,78	1,43	1,16	1,31	2,85
22	jasen	19a-1-6	0,937365	1,3778802	1,2915767	0,62082	0,79	0,99	0,00	1,72	3,88	2,47	3,45	2,53	2,17	1,97	2,66
29	jasen	19a-1-7	0,6845638	1,0490196	0,7181208	0,26297	0,49	0,61	0,00	0,16	0,20	0,61	0,46	0,61	0,51	0,39	1,10
37	jasen	19a-1-8	0,5324074	1,0565217	0,5625	0,33236	0,50	0,85	0,00	0,60	1,47	0,98	1,37	1,06	1,15	1,33	2,99
3	jasen	19a-2-1	0,4486593	1,6822157	0,7547417	0,52758	0,73	1,08	0,00	3,92	6,64	5,55	6,56	4,98	3,43	4,98	10,31
8	jasen	19a-2-2	0,4204753	1,573913	0,6617916	0,42821	0,63	0,98	0,00	1,19	1,85	1,62	2,11	1,51	1,15	2,53	2,94
17	jasen	19a-2-3	0,4292379	1,8876812	0,8102644	0,73248	0,77	0,68	0,00	0,91	1,77	1,79	2,95	2,26	1,38	2,11	4,32
23	jasen	19a-2-4	0,2943723	2,8431373	0,8369408	0,55693	0,72	0,74	0,00	1,34	2,11	1,61	3,79	2,01	1,02	2,55	4,38
40	jasen	19a-2-5	0,4530387	1,9756098	0,8950276	0,44004	0,77	0,76	0,00	0,24	0,63	0,68	0,67	0,95	0,41	0,64	1,17
13	jasen	19a-3-1	0,7025455	1,8964803	1,3323636	0,75667	1,08	0,76	0,00	3,24	6,56	7,85	10,76	7,56	4,83	5,69	8,06
17	jasen	19a-3-2	0,5967326	1,4272334	0,8516767	0,63849	0,65	0,59	0,00	2,98	7,01	5,79	10,71	9,10	6,94	11,55	11,71
22	jasen	19a-3-3	0,5745775	0,7007673	0,4026451	0,33173	0,29	0,48	0,00	1,12	1,87	1,56	2,59	2,89	3,91	5,37	8,24
1	jasen	19a-4-1	0,6208251	1,6550633	1,0275049	0,8913	0,84	0,86	0,00	1,55	2,15	2,13	3,27	1,96	1,58	2,12	2,97
5	jasen	19a-4-2	0,6113744	1,6511628	1,0094787	0,886	0,83	0,89	0,00	1,34	1,91	1,68	2,51	1,75	1,29	1,80	2,42
6	jasen	19a-5-1	0,5538462	1,867284	1,034188	0,54714	0,74	0,92	0,00	1,79	2,71	2,52	3,45	2,60	1,62	1,27	4,58
18	jasen	19a-5-2	0,6058981	1,8362832	1,1126005	0,64964	0,73	0,76	0,00	1,15	1,60	1,27	2,68	1,47	1,13	1,51	2,22
20	jasen	19a-5-3	0,6086957	1,1898955	0,7242842	0,42708	0,57	0,72	0,00	1,77	2,78	2,39	4,43	2,40	2,87	3,01	6,42
26	jasen	19a-5-4	0,3466667	1,2478632	0,4325926	0,49966	0,65	1,91	0,00	1,91	3,46	2,46	1,48	1,44	1,17	2,57	4,18
39	iasen	19a-5-5	0,5090909	2,3055556	1,1737374	0,65434	1,13	1,11	0,00	1,74	3,63	2,50	3,59	2,22	1,26	1,51	3,44

Slika 6. Baza podataka s radijalnim prirastom stabala poljskog jasena

Za svako stablo izveden je radijalni prirast te su izvedene kronologije radijalnog prirasta za svaki lokalitet (sastojinu/odsjek) te za pojedinu vrstu jasena (poljski i pensilvanski jasen). Kako bi se pratilo odstupanje radijalnog prirasta od prosjeka (godišnja dinamika prirašćivanja pojedine vrst) izračunat je indeks radijalnog prirasta kao omjer prirasta pojedine godine kroz prosječan radijalni prirast tog stabla. Temeljem radijalnog prirasta izveden je debljinski prirast (kao dvostruki radijalni prirast) te je prikazan rast prsnog promjera svakog stabla, svakog lokaliteta odvojeno za dva jasena, autohtoni i introducirani. Nadalje iz rasta prsnog promjera izveden je tečajni i prosječni dobni prirast prsnog promjera. Pri tome je godišnji tečajni prirast, povećanje prsnog promjera određene godine; periodični tečajni prirast, povećanje

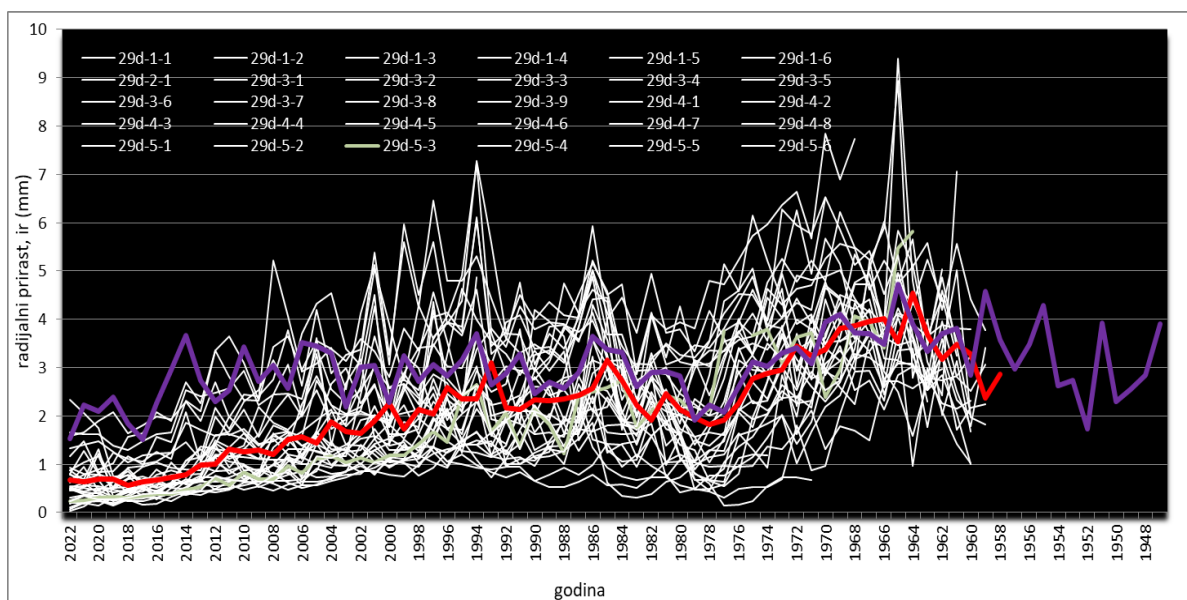
prsnog promjera u određenom broju godina, a dobni prosječni prirast, srednje godišnje povećanje prsnog promjera od pojave stabla do njegove starosti u trenutku mjerenja ili promatrane starosti.

Sve su varijable smisljeno kategorizirane i trenutno se odnose na 99 stabala poljskog jasena na do sada obrađenom uzorku. Razvoj prsnog promjera odvojeno po vrstama jasena modeliran je Mihajlovljevom funkcijom bez aditivne konstante  $d_{1,30} = b_0 * e^{(-\frac{b_1}{t})}$ , gdje je t starost stabla, d1.30 prsni promjer, a b0 i b1 parametri funkcije. Korištena je metoda najmanjih kvadrata. Statističke analize i grafički prikazi rezultata napravljeni su u programu Statistica 13.1. (TIBCO Software Inc, 2018).

## 4 REZULTATI

### Analiza radijalnog prirasta svih stabala

Temeljem kronologija rasta svakog stabla izvedene su kronologije za svaki pojedini odsjek, ali i uzorak kao cjelinu. Primjer je odjel 29d GJ Podložje u kojoj je izuzeto 32 izvrtka (slika 10) sa 32 stabla. Trend pada radijalnog prirasta (crvena linija) u toj GJ Jedinici je evidentan i znatno odstupa od cjelokupnog područja. Većina stabala posljednjih godina ima prirast manji od jednog milimetra, a zašto je to tako za odgovor treba provesti detaljna modeliranja i analiziranja.

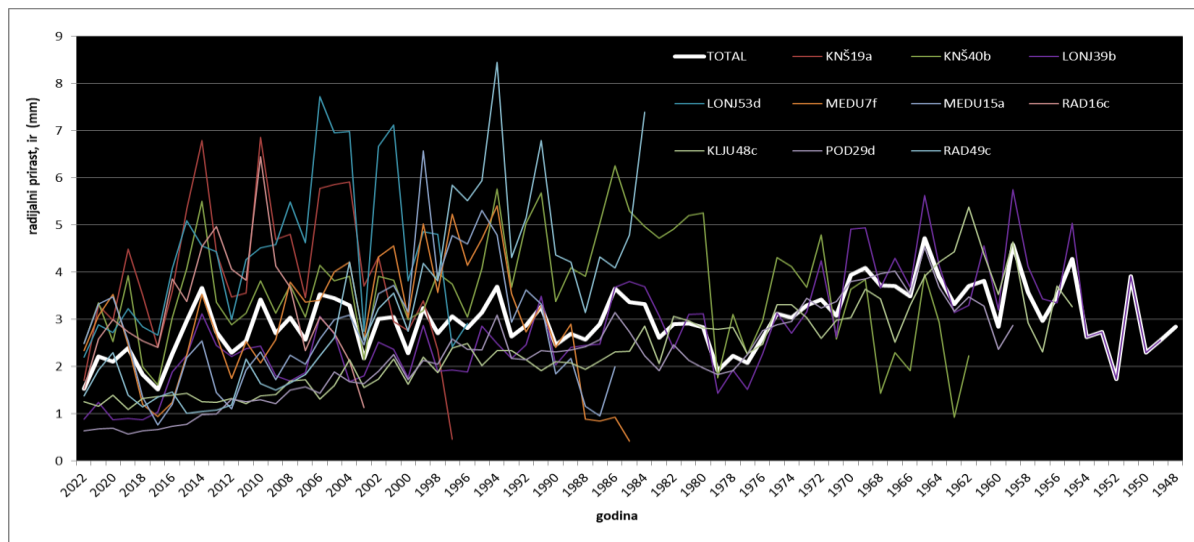


*Slika 8. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) s prosjekom za sastojinu i prosjekom za Srednju Posavinu (primjer 29d odsjeka, GJ Podložje)*

Provedena je i usporedba kronologija pojedinih odsjeka s master kronologijom (bijela linija , slika 9). Vidljiva je velika raznolikost po pojedinim sastojinama te prilično kaotičan, ali ustrajan pad prirasta posljednjih godina.

Potrebne su detaljnije i dublje analize. Potrebno je provesti detrending kako bi se anulirao utjecaj dobi te izdvojiti sva stabla introduciranog pensilvanijskog jasena kako bi se razlučio utjecaj vrste drveća.

Nadalje potrebno je uključiti varijable tla, klime, podzemne i polavne vode kako bi dobili sveobuhvatan utjecaj na prirast i stradalost poljskog jasena.



*Slika 9. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) pojedinih sastojina i prosjekom za Srednju Posavinu (bijela linija)*

Niz je indeksa prirasta razvijeno za analizu reakcije stabala na za njega stresni događaj. Iznos i način računanja imaju različito značenje pa tako neki ukazuju na elastičnost stabla u oporavku, druge na otpornost na izazov, a treći na uspješnost i brzinu oporavka stabla nakon stresnog događaja. Stavljanjem u omjer dužeg ili kraćeg perioda analizira se trajanje stresa kao i brzina pozitivne ili negativne reakcije stabla u prirastu. Drugim riječima trajanje oporavka odnosno jačina otpornosti i elastičnosti pojedinog stabla. Istraživanje utjecajnih faktora na indekse prirasta pokazuju smjerove obilježja otpornih sastojina i/ili stabala te postupke gospodarenja koji mogu popraviti ili ojačati stabla i njihovu reakciju na stresore. Izvedeno je nekoliko različitih indeksa koji redom ukazuju na vrlo spori ili nikakav oporavak poljskog jasena te na relativno veliku elastičnost i otpornost jer stabla ustrajno i otporno unatoč svemu i dalje žive i prirašćuju. Iako na granici održivosti za veliki dio stabala posebno starijih stabala. Za dublje zaključke potrebno je dublja i složenija analiza.

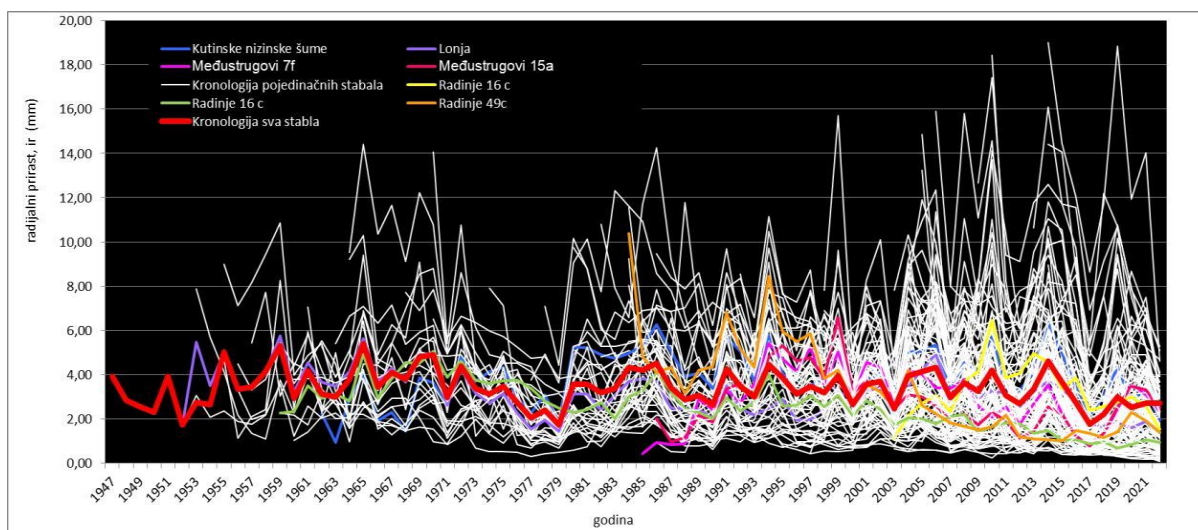
U tablici 2 prikazani su prosječni indeksi za pojedinu sastojinu te ukupno za Posavinu uz osnovnu deskriptivnu statistiku. Rezultati ukazuju na relativno dobru otpornost i slab oporavak, ali indeksi mogu zavarati obzirom da stabla desetljećima imaju ujednačen slab prirast te nema reakcije na stresni događaj. Možemo reći da je stres kontinuiran i traje desetljećima s tendencijom pogoršanja. Stabla s tako uskim godovima podložna su svim

ugrozama te je njihova osjetljivost ogromna i dovoljan je mali dodatan klimatski ili stanišni ekstrem da stablo propadne (slike 8 i 9, tablica 2).

*Tablica 2. Indeksi pokazatelji stanja stabla i njegove reakcije na stres*

## Usporedba radijalnog prirasta između poljskog i pensilvanskog jasena

Radijalni prirast odnosno širina godova prikazana je za sve lokacije zajedno to za svako pojedinačno stablo (101 stablo poljskog jasena) te prosjek za pojedinu lokaciju (slika 10). Paralelno je analiziran radijalni prirast svakom pojedinom stablu pensilvanskog jasena (63 stabla) te odvojeno po lokacijama prosječna širina goda (slika 11). Za ovo istraživanje posebno je važna prosječna kronologija (prosječna širina goda) neovisno o lokaciji (slika 10 i slika 11).

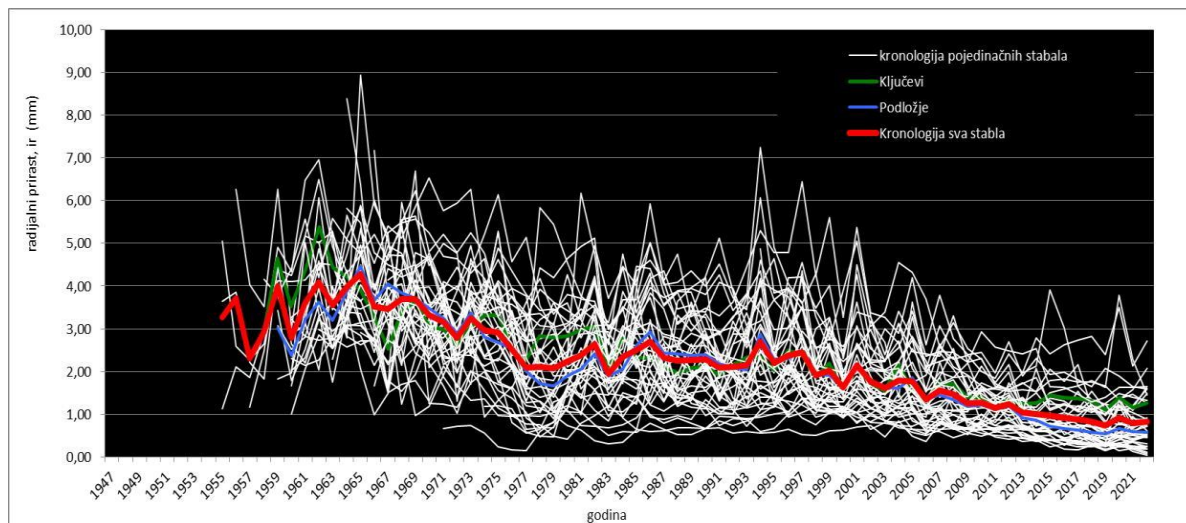


*Slika 10. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) poljskog jasena; pojedinih stabala, prosjekom za pojedine lokalitete i kronologija za Srednju Posavinu (crvena linija)*

Radijalni prirast pojedinih stabala znatno je varijabilan posebno u prethodnim godinama te postoje određene razlike između lokaliteta (slika 10) što ovisi o dobi stabala te strukturi sastojine te kvaliteti (bonitetu) staništa. Kada uprosječimo radijalni prirast svih stabala poljskog jasena vidimo da je prirast ujednačen i relativno stabilan u proteklih sedam desetljeća. Jasno da postoje godišnje ili periodične oscilacije no one su posljedica klimatskih ekstrema. Tako se može vidjeti pad prirasta 2017., 2003., 1990., 1979. i 1952 godine (slika 10). Uzroci su vjerojatno klimatski, a za konačnu potvrdu potrebno je povezati dinamiku prirasta s klimatskim podacima.

Slabiji klimatski odaziv pokazuje prirast pensilvanskog jasena posebno u posljednjih nekoliko desetljeća. Povezano je to s karakteristikama pensilvanskog jasena tj. u dinamici njegova razvoja, ali i dobi stabala pensilvanskog jasena u uzorku. Naime radi se uglavnom o stablima

jasena u dobi od 60 do 70 godina što je prema rezultatima visoka dob za pensilvanski jasen. Konkretno to znači da je on ostvario apsolutnu zrelost i da mu prirast kontinuirano i bez oscilacija opada (slika 11).

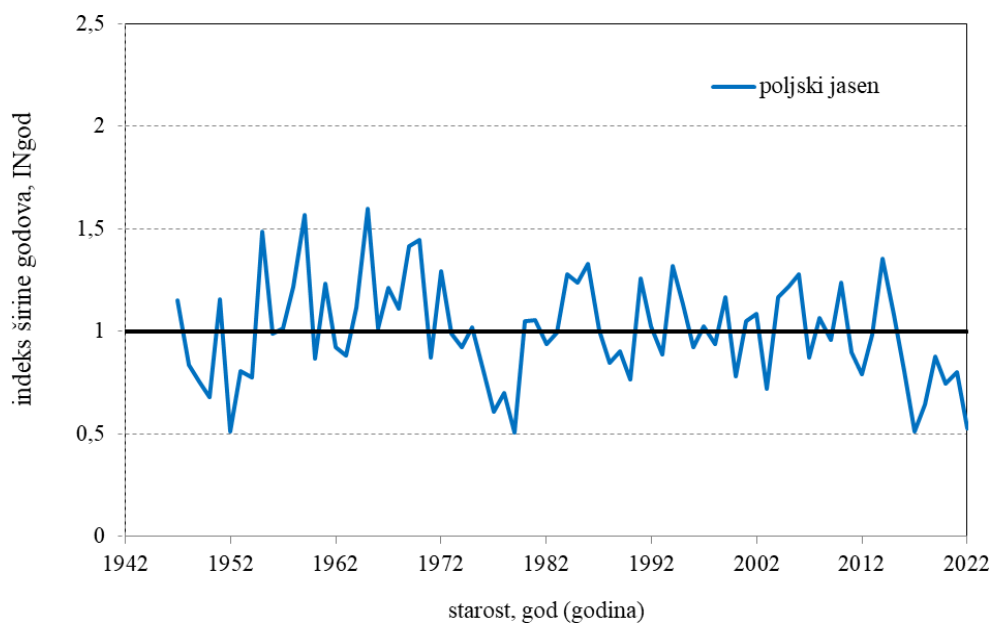


*Slika 11. Usporedba radijalnog prirasta (kronologije) pensilvanskog jasena; pojedinih stabala, prosjekom za pojedine lokalitete i kronologija za Srednju Posavinu (crvena linija)*

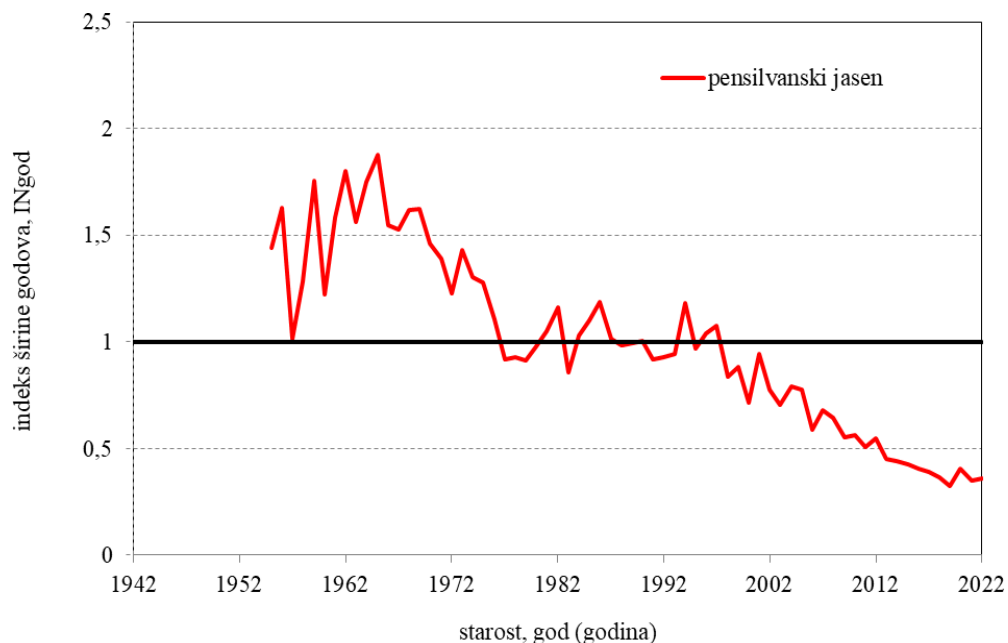
Vidljivo je da zrela stabla pensilvanskog jasena vrlo slabo reagiraju na klimatske ekstreme te ostvaruju genetski predodređenu raznu prirasta za koju u svakom trenutku (neovisno o godišnjoj klimi) imaju dovoljno resursa (slika 10). Pensilvanski jasen uzorkovan je na samo dva lokaliteta između kojih postoje znatne razlike. Pensilvanski jasen na lokalitetu Ključevi nešto jače prirašćuje u odnosu na lokalitet Podložje no na oba lokaliteta vidljiv je stalan pad širine goda u dobi stabala iznad 30 godina (slika 10).

Ako radijalni prirast pretvorimo u indeks stavljanjem u odnos širinu pojedinog goda s širinom prosječnog goda tog stabla još je uočljiviji trend kretanja radijalnog prirasta između dva jasena (slika 12 i slika 13). U kronologiji postavljenoj za oba jasena primjećujemo bitne razlike između tijeka radijalnog prirasta. Dok je poljski jasen relativno drži u području radijalnog prirasta između 2,00 i 4,00 mm barem do 2012. kada se uočava pad (što se jasnije vidi u slici 12), pensilvanski jasen počinje padati vrlo rano već od 1960-tih nadalje.





*Slika 12. Kretanje indeksa radijalnog prirasta poljskog jasena temeljem sredine za sva stabla*



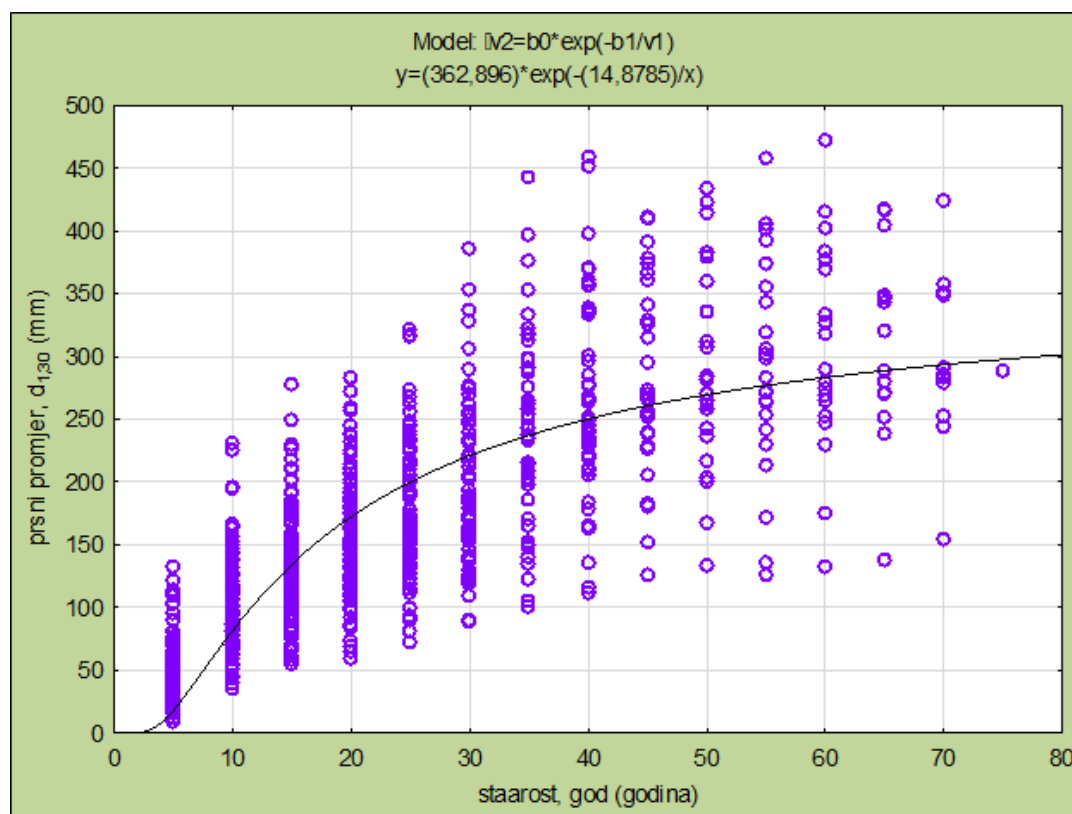
*Slika 13. Kretanje indeksa radijalnog prirasta pensilvanskog jasena temeljem sredine za sva stabla*

Za indeks poljskog jasena vidi se stabilnost kroz period mjerenja, gdje se vrhovi i doline relativno izjednačuju kroz vrijeme. Također se primjećuje nagli pad od početka 2012. što se poklapa s porastom mortaliteta poljskog jasena uslijed pojave i širenja gljive *Hymenoscyphus fraxinieus*.

Kako i kod kronologije radijalnog prirasta (slika 11) vidljivo je da pensilvanski jasen u početku ima visoku vrijednost širine godova koja postupno opada već u dobi stabala od 30 godina. Još nekih 15 godina prirast se održava na prosječnoj razini te nakon toga nezaustavljivo opada te je vrlo mali (širina goda oko ili ispod 1 mm). Prikaz indeksa oscilacije radijalnog prirasta možemo podijeliti na tri dobro odijeljene faze: visokog indeksa u periodu od 1952. do 1972., neutralnog od 1972. do 1992. te postupnog opadanja početkom prelaska u 21. stoljeće. Obilježja prirasta pensilvanskog jasena ukazuju na brzorastuću, pionirsku vrstu listača koja rano ostvaruje apsolutnu zrelost. No djelom veliki početni prirast možemo pripisati činjenici da stabla pensilvanskog jasena su se razvijala u šumskim kulturama s velikim razmakom sadnje te su imala određenu početnu prednost bez kompeticije.

## Modeliranje razvoja prsnog promjera

Iz radijalnog prirasta tj. širina godova moguće je relativno lako izvesti razvoj prsnog promjera za svako pojedino stablo. Vrijednosti prsnog promjera prikazane su u odnosu na dob stabla s porastom po pet godina. Dobivene vrijednosti su izjednačene modelom razvoja prsnog promjera Mihajlovljevom funkcijom bez aditivne konstante.



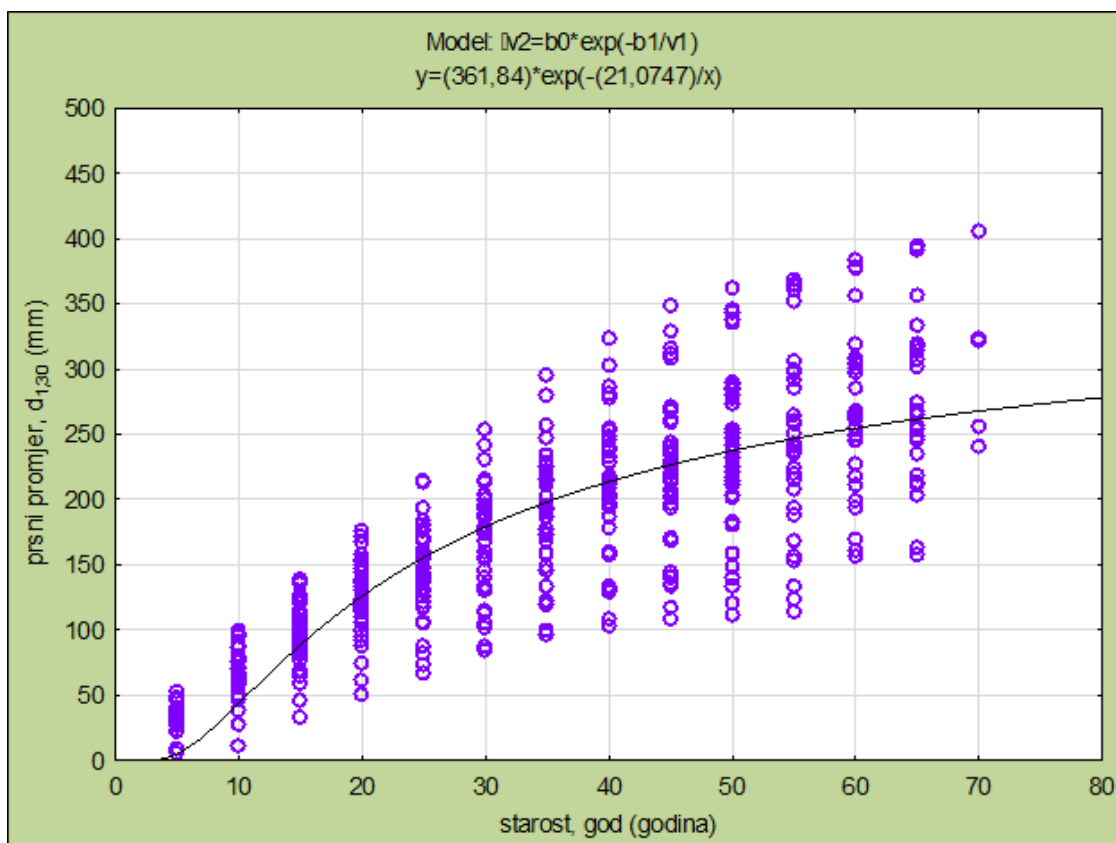
Slika 14. Model razvoja prsnog promjera stabala poljskog jasena

Modeli prsnog promjera napravljeni odvojeno za svaku vrstu drveća (slika 14. i slika 15.), svi dobiveni parametri su statistički značajni uz veliku objašnjenost varijance (tablica 3 i tablica 4).

Tablica 3. Statistička značajnost parametara modela prsnog promjera stabala poljskog jasena

Model is: $v_2=b_0 \cdot \exp(-b_1/v_1)$						
Dep. Var. : d						
Level of confidence: 95.0% ( alpha=0.050), R =0,79391104						
	Estimate	Standard	t-value	p-value	Lo. Conf	Up. Conf
b0	362,8964	8,252802	43,97251	0,00	346,6969	379,0960
b1	14,8785	0,582516	25,54173	0,00	13,7350	16,0219

Ako promatramo modelirani razvoj prsnog promjera pensilvanskog jasena uočavamo nižu vrijednost prsnog promjera od poljskog jasena. Tako poljski jasen u dobi od 70 godina ostvaruje promjer od oko 30 cm dok pensilvanski jasen ostvaruje 27 cm također u dobi od 70 godina (slika 14 i slika 15). No zbog različite dinamike razvoja širina goda, a time i kvaliteta drva kod pensilvanskog jasena je neujednačena (slika 13).



Slika 15. Model razvoja prsnog promjera stabala pensilvanskog jasena

Iz dinamike razvoja prsnog promjera vidljiva je rana kulminacija debljinskog prirasta (točka infleksije u dobi ispod 10 godina (za obje vrste jasena) dok je apsolutna zrelost u 16 godini kod pensilvanskog jasena, a već u 12. godini kod poljskog jasena. Različita su objašnjenja za tako ranu kulminaciju.

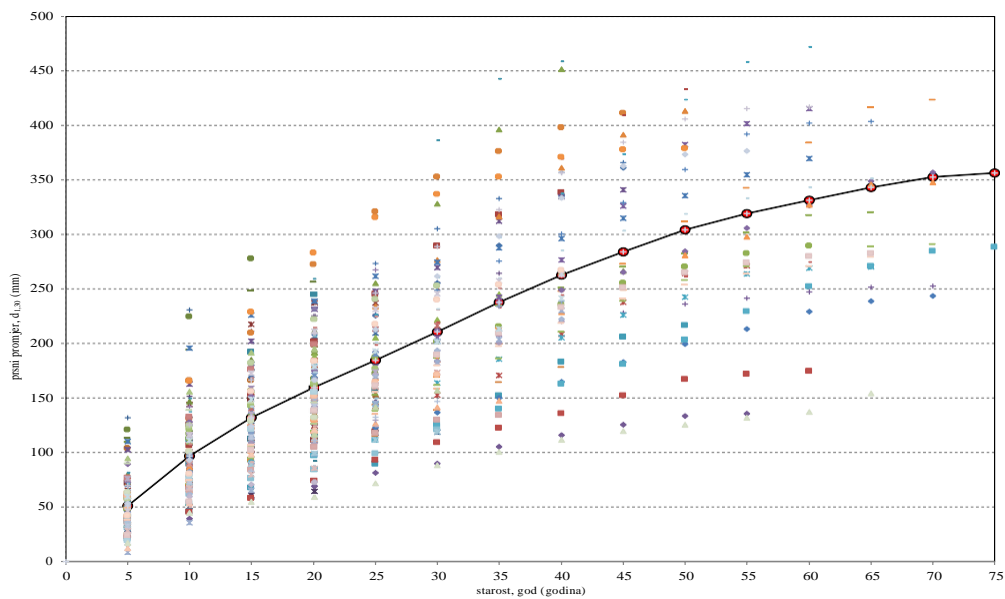
Tablica 4. Statistička značajnost parametara modela prsnog promjera stabala pensilvanskog jasena

Model is: $v_2 = b_0 \cdot \exp(-b_1/v_1)$						
Dep. Var. : d.						
Level of confidence: 95.0% ( $\alpha=0.050$ ), R = 0,83448688						
	Estimate	Standard	t-value	p-value	Lo. Conf	Up. Conf
b0	361,8398	10,02698	36,08662	0,00	342,1396	381,5400
b1	21,0747	1,01963	20,66885	0,00	19,0714	23,0780

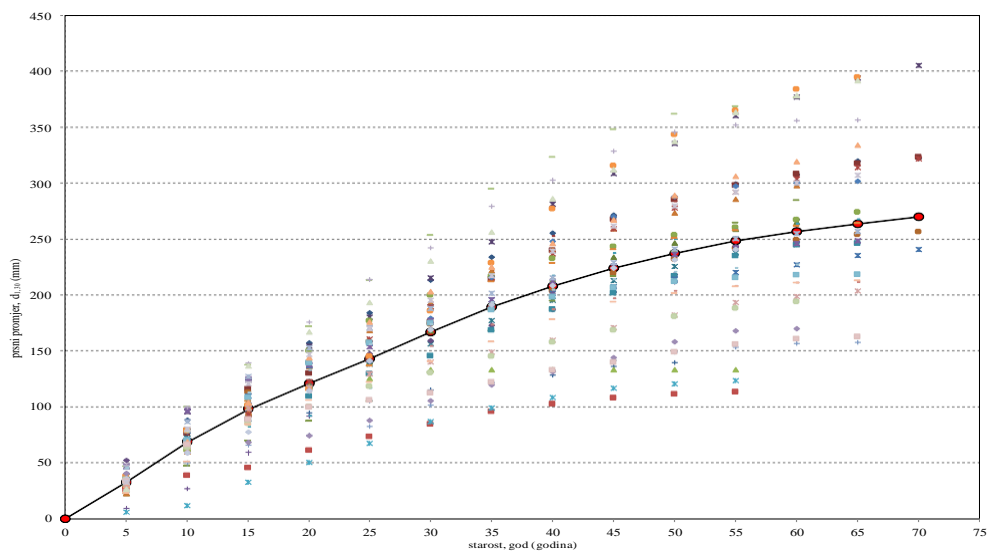
Za poljski jasen to su guste sastojine u kojima se razvija te ujednačen prirast te eurivalentnost našeg jasena koji može postići starost od 150 godina s imponantnim dimenzijama promjera većeg od 130 cm. S druge strane pensilvanski jasen rano ostvaruje zrelost te nema sposobnost dugog, produženog prirašćivanja što je obilježje ranozrelih vrsta drveća.

## Rast i prirast prsnog promjera

Temeljem ostvarenih prsnih promjera u pojedinoj dobi pojedinačnih stabala izveden je razvoj prsnog promjera prosječnog stabla odvojeno za svaku vrstu drveća (slika 16 i slika 17). Krivulja tijekom razvoja svakog prsnog promjera slijedi sličnu putanju kao model razvoja prsnog promjera, no dok pensilvanski jasen dijeli slične vrijednosti, srednja vrijednost prsnog promjera poljskog jasena je daleko veća od modela razvoja prsnog promjera.



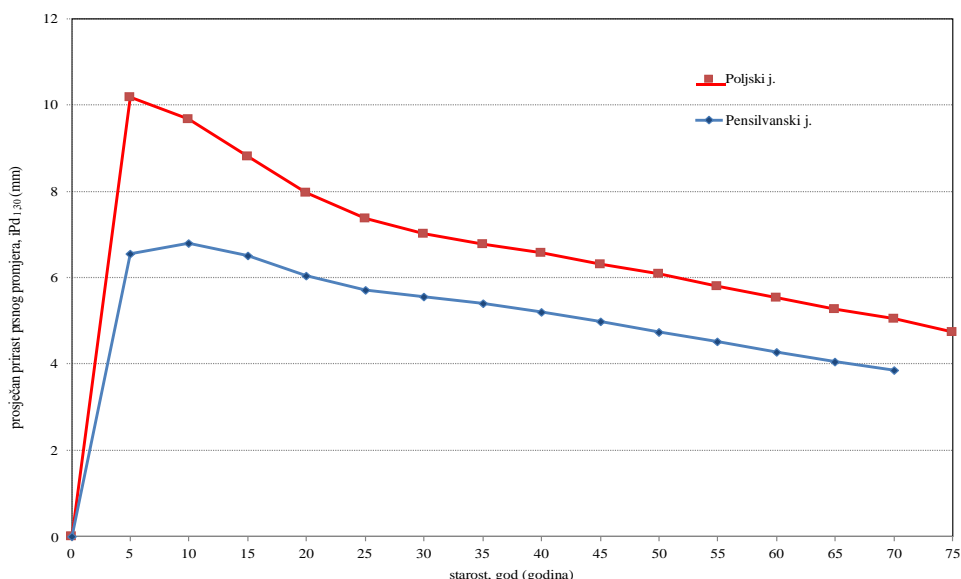
Slika 17. Graf krivulje rasta srednje vrijednosti prsnog promjera poljskog jasena



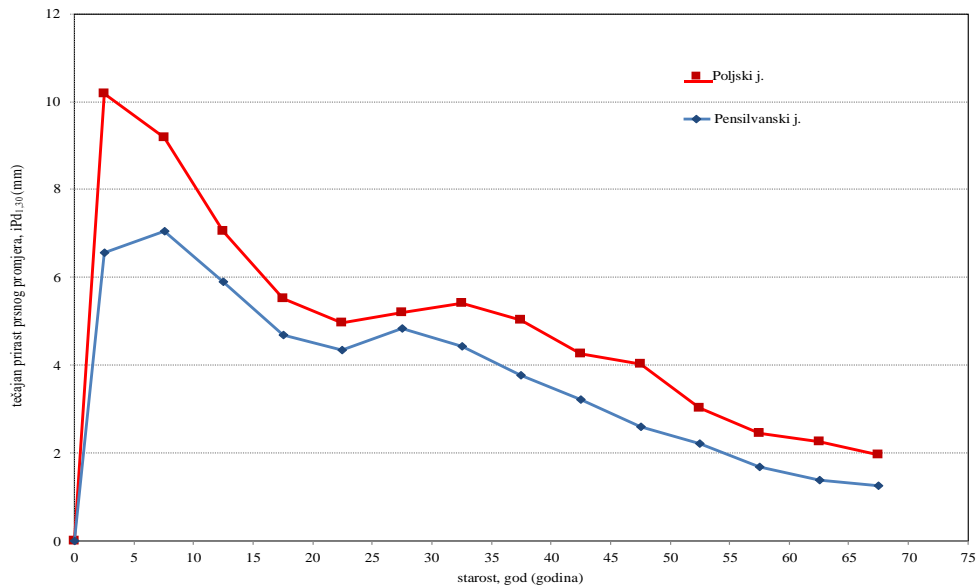
Slika 17. Graf krivulje rasta srednje vrijednosti prsnog promjera pensilvanskog jasena

Razlike između prosječnih i modeliranih vrijednosti prsnog promjera treba tražiti u obilježjima samog uzorka. Veća varijabilnost uzorka poljskog jasena u odnosu na pensilvanski jasen, postojanje većeg broja mlađih i tanjih stabala, ispodprosječnog prirasta prsnog promjera povukla je model razvoja promjera i on je vjerojatno bliže stvarnosti u odnosu na prosječne vrijednosti. Za očekivati je da sada mlađa i tanja stabla neće imati dinamiku prirašćivanja sličnu stablima koja su maksimalni promjer ostvarila u proteklom (za jasen boljem) razdoblju.

Temeljem krivulje razvoja prsnog promjera srednjeg stabla (slika 16 i slika 17) izračunatu su prirasti prsnog promjera. Na grafu prirasta prsnog promjera prikazan je prosječan i tečajan prirast (slika 18 i slika 17.). Prosječni prirast prsnog promjera obračunava prosjek do promatrajuće dobi, a tečajni prirast zasnivan je na prosjeku unutar perioda od 5 godina. Kulminacija prirasta prsnog promjera je vrlo rano te se kontinuirano smanjuje sličnom dinamikom kod obje vrste jasena (slika 18). Iako postoji određena razlika u dinamici prirašćivanja prosječan rezultat je sličan. Obzirom na otpornost pensilvanskog jasena na gljivične bolesti i urode sjemena koji su puno obilniji i češći ovakvi rezultati prirasta ukazuju na potrebu promišljanja korištenju ove vrste u sanaciji sušenjem zahvaćenih sastojina.



Slika 18. Prosječni prirast prsnog promjera poljskog i pensilvanskog jasena



Slika 19. Tečajan prirast prsnog promjera poljskog i pensilvanskog jasena

Kod obje vrste prirasta primjetljivo je da poljski jasen dominira nad pensilvanskim po prirastu prsnog promjera u svim starostima. Kod tečajnog prirasta primjećuje se naglo padanje do 20 odnosno 30 godine starosti dok je pad prosječnog prirasta postupan. Obzirom da je rast promjera gotovo linearan vidljiva je i slična dinamika u tečajnom prirastu prsnog promjera

Iz rezultata su vidljivi vrlo teški uvjeti razvoja u kojem prosječno stablo u sedamdeset godina ostvari prsni promjer od jedva 30 cm. U gospodarskim sastojinama to je nedopustivo stoga treba vidjeti što nije u redu s gospodarenjem tim sastojinama. Možda nedovoljno intenzivne njege čišćenjem i prorjedama.



## 5 RASPRAVA

Gospodarenje šumama poljskog jasena oduvijek je iznimno izazovno. Uzroci su brojni no temeljno je da se poljski jasen javlja na, za šumsku vegetaciju, surovom staništu na prijelazu od močvare u baru pa sve do ocjeditih niza. Na takvom staništu teška su glejna tla izložena većem ili manjem plavljenju u kojima korijen stabala podnosi nedostatak kisika te iznimne sile stezanja i bubrenja (Pernar i dr. 2022). Posebno je izazovna prirodna obnova jasenika jer se samo povremeno ostvare uvjeti za klijanje sjemena, a često već razvijen pomladak strada uslijed dugotrajnih poplava (Anić i Mikac 2022). Posebno je to izraženo u staništu narušenog vodnog režima (regulacija vodotoka i upuštanja viška vode iz rijeka), ali i zbog klimatskih promjena gdje se javljaju poplave u podmakloj vegetaciji pa i usred ljeta (Ugarković i dr. 2022). Jasno da su okolnosti povoljnije što je mikoreljef viši te jasen svoj optimum ima u kratkotrajnoj bari gdje je stagniranje vode kratkotrajno. Najveće dimenzije jasen postiže u terminalnoj fazi u ocjeditim nizama što ukazuje da jasenu odgovara bolje stanište, no kao eurivalentna vrsta drveća podnosi barsko stanište (Anić 2022). Pojavom nove bolesti jasena oko 2011. godine (antraknoza i rak jasena) uzrokovanog gljivom *Himenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) gospodarenje šumama poljskog jasena postaje neodrživo. Propadanje jasena je sveobuhvatno i vrlo brzo, a stabla odumiru naglo i često bez rano vidljivih simptoma u krošnji (Diminić i Kranjec Orlović 2022). Za sada su mjere općenite i prilično upitne. Uglavnom se odnose na poticanje obnove i razvoj otpornijih populacija ako uopće postoje. Jedna od važnijih mjera je sanacija i konverzija prijelaznim vrstama gdje se sugerira sadnja bijele vrbe i drugih vrba.

Zanimljivo da unutar šuma poljskog jasena već duže vrijeme sporadično koegzistira introducirani pensilvanski jasen. Uglavnom je sađen u obliku kultura manjih površina ili se sam zasijava iz urbanog zelenila. Kako pensilvanski jasen rano rađa sjemenom godinama se širi unutar nizinskih poplavnih šuma Posavine. Vizualno je dojam da je pensilvanski jasen otporniji na izazove u staništu pa i na patogenu gljivu *Himenoscyphus fraxineus*. Stoga se nameće pitanje potencijala introduciranog jasena kao supstitucijske i prijelazne vrste u procesu oporavka šuma poljskog jasena. Paralelan razvoj stabala poljskog i pensilvanskog jasena omogućava istraživanje karakteristika njihova razvoja i prirasta. U prethodnim istraživanjima pensilvanski jasen je označen kao brzorastuća i kratkoživuća vrsta koja ima

ranu apsolutnu zrelost te nema perspektivu u gospodarskim šumama (Kremer i dr. 2006). Istraživanje je provedeno kad je poljski jasen bio zdrav te normalno prirašćivao u relativno stabilnim klimatskim okolnostima. U takvim okolnostima poljski jasen je gospodarski superiornija vrsta drveća naspram pensilvanskog jasena. Danas, iako pensilvanski jasen iznad dobi od 40 godina vrlo sporo prirašćuje, njegova otpornost dolazi do izražaja. Rezultati ukazuju da pensilvanski jasen posljednjih 20 godina ima širinu goda manju od 2 mm, a posljednjih više od 10 godina manje od 1 mm. Uzrok je poodmakla dob stabala, gustoća sklopa i genetske karakteristike vrste. Vjerojatno su osnovane kulture nedovoljno njegovane. Poljski jasen ima stabilan prirast te prosječno ostvaruje širinu goda od oko 3 mm uz vidljiv pad unatrag 10 godina što se poklapa s širenjem patogene gljive *Himenoscyphus fraxineus*.

Da obje vrste rastu u teško narušenom staništu vidljivo je iz razvoja prsnog promjera gdje obje vrste trebaju oko 70 godina da premaše prsni promjer od 30 cm. Upravo u tome treba tražiti mogućnosti u unaprijeđenu strukturu sastojina kako bi se formirala otpornija stabla, veće krošnje i jačeg korjenova sustava, a što je moguće postići češćim i intenzivnijim njegama. Paralelno gospodarenje jasenovim šumama postaje ekonomski neodrživo pa izvore financiranja treba potražiti u obliku naknada za primanje poplavnih voda, širenje štetnika i općekorisnih funkcija.

Pensilvanski jasen, sad već udomaćena vrsta, ima sve karakteristike invazivne vrste koja je s ekološke strane nepoželjna u jasenovim šumama. Stoga njegova upotreba za sanaciju postaje upitna. Ipak treba dobro odvagati prednosti, očekivanja i realne mogućnosti te dugoročnu štetu koju će njegovo širenje eventualno prouzročiti. Paradoksalno je da se štetnici i biljne bolesti nesmetano šire, a alohtone vrste drveća su invazivne i ograničava s njihovo širenje. Dakle ili zaustaviti sve (što je nemoguće) ili pustiti sve? Ovo pitanje biti će zasigurno predmet brojnih budućih rasprava. Naše istraživanje mali je doprinos u smjeru odgovora na to pitanje.

## 6 ZAKLJUČAK

Gospodarenje šumama poljskog jasena iznimno je zahtjevno uslijed evidentno narušenog staništa, a posebno uz pojavu propadanja uzrokovanog gljivom *Himenoscyphus fraxineus*. Mjere sanacije su vrlo kompleksne i neizvjesne, a u suštini se oslanjaju na pronalaženje i poticanje otpornih populacija poljskog jasena. Kao dodatnu mjeru predlaže se uvođenje supstitucijskih i konverzijskih vrsta drveća. Kao najbolji kandidat za sada se predlaže bijela vrba.

Zanimljivo, unutar uređajnog razreda poljskog jasena već dugi niz godina unesen je strani, pensilvanski jasen. Cilj unošenja nije sasvim jasan, a uglavnom se odnosi na pokuse proizvodnosti. Prve kulture osnovane su nakon drugog svjetskog rata, od tada se pensilvanski jasen spontano širi. Često ga je teško vizualno razlikovati od poljskog jasena pa se često ni ne navodi kao druga vrsta u sastojinama.

Promatranjem propadanjem zahvaćenih sastojina poljskog jasena uočeno je da je pensilvanski jasen bez simptoma te se čini otpornijim od poljskog jasena. Time se otvara pitanje njegova daljnjeg širenja u staništu kao i njegova gospodarska vrijednost obzirom da je označen kao kratkoživuća i ne baš proizvodna vrsta drveća.

Ovim istraživanjem je potvrđeno sporo prirašćivanje obje vrste jasena uslijed teškog staništa, neadekvatnih njega, a posljednjih godina i uslijed bolesti. Za konačne zaključke potrebno je provesti sveobuhvatna modeliranja uključivši varijable stabala, sastojina i staništa. Ipak jasno je da pensilvanski jasen opstaje sada već do dobi od 70 godina, ali uz iznimno mali radijalni prirast od oko 1,5 mm godišnje posljednjih 20 godina. To ukazuje da bi se njime moglo gospodariti u kraćim ophodnjama te ga koristiti kao prelaznu vrstu u procesu sanacije sastojina poljskog jasena zahvaćenim propadanjem. Pri tome treba biti svjestan svih opasnosti koje uvođenje strane vrste u ekosustav neminovno donosi.

## LITERATURA

1. **Anić, I.** 1997: Regeneration of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) stands in central Croatia. Glasnik za šumarske pokuse, 34:1-40.
2. **Anić, I.**, 2022: Silvidinamika, morfologija i struktura sastojina poljskog jasena. U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 357-398.
3. **Anić, I.**; Mikac, S., 2022: Šumskouzgojni zahvati u šumama poljskog jasena. U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 227-246.
4. **Diminić, D.**, Kranjec Orlović, J., Bolesti poljskog jasena U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 279-311
5. **Emanović, L.**, 2023. Biološka sanacija degradiranih sastojina poljskog jasena u Posavini (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:833130>
6. **Franjić, J.** , Škvorc, Ž. 2020: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, 234 str.
7. **Idžojić, M.**, Poljak, I., 2022: Morfološka i biološka obilježja i prirodna rasprostranjenost poljskog jasena. U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 33-44.
8. **Kowalski T**, Bilański P, Holdenrieder O., 2015: Virulence of *Hymenoscyphus albidus* and *H. fraxineus* on *Fraxinus excelsior* and *F. pennsylvanica*. PloS one, 10(10), e0141592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141592>
9. **Kranjec Orlović, J.** , Bulovec, I. , Franjević, M. , Franjević, D. , Skejo, J. , Bliškov, M. , Diminić, D. , Hrašovec, B. , 2021:Preliminary results on narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) and green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) seed entomofauna in Croatia. Šumarski list, 145 (3-4), 147-154. <https://doi.org/10.31298/sl.145.3-4.4>
10. **Kremer, D.**, 2006: Morfološke razlike između američkoga bijelog jasena (*Fraxinus americana* L.) i pensilvanskoga jasena (*F. pennsylvanica* Marshall) unešenog u Hrvatsku. Šumarski list, 130 (7-8), 305-318 <https://hrcak.srce.hr/31309>
11. **Kremer, D.** , Čavlović, J. , Božić, M. 2006: Growth characteristics of introduced green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) and narrow-leaved ash (*F. angustifolia* L.) in lowland forest region in Croatia. New forests, 31, 2; 211-224-x

12. **Kovačević, P.**, M. Kalinić, V. Pavlić, M. Bogunović, 1972: Tla gornjeg dijela bazena rijeke Save. Znanstveni projekt. Institut za znanost o tlu, Zagreb, str. 331.
13. **Mikac, S.**, 2020: Utjecaj klimatskih čimbenika na rast poljskog jasena, *EKOLOGIJA, OBNOVA I ZAŠTITA POPLAVNIH ŠUMA POSAVINE*; Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 11-42, Zagreb
14. **Pernar, N.**, Bakšić, D., Perković, I., Vrbek, B., 2022: Značajke tla staništa poljskog jasena. U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (Fraxinus angustifolia Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 179-192.
15. **Posavec, S.**, Milković, I., 2022: Gospodarska i ekološka vrijednost šuma poljskog jasena. U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (Fraxinus angustifolia Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 481-502.
16. **Seletković, Z.**, 1996: Klima lužnjakovih šuma. U: Klepac, D. (ur.), Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad Vinkovci, st. 56–71, Zagreb.
17. **Ugarković, D.**, Oršanić, M., 2020: Odnos stanišnih i strukturnih čimbenika prema odumiranju stabala poljskog jasena (Fraxinus angustifolia Vahl) i hrasta lužnjaka (Quercus robur L.). *Ekologija, obnova i zaštita poplavnih šuma Posavine*. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 43-100, Zagreb
18. **Ugarković, D.**, Tikvić, I., Seletković, Z., 2022: Klimatska obilježja areala poljskog jasena u nizinskoj Hrvatskoj. U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (Fraxinus angustifolia Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 145-174.
19. **Ursić, B.**, 2019: Štete na dubećim stablima u proredi bjelogorične sastojine mehaniziranim sustavom pridobivanja drva (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:981541>
20. **Vukelić, J.**, Baričević, D., Šapić, I., 2022: Florističko-vegetacijske značajke šuma poljskoga jasena. U Anić, I., (ur.) Poljski jasen (Fraxinus angustifolia Vahl) u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 197-222.