

Rast in kakovost metasekvoje (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) v živem arhivu pri Ljubljani

Growth and quality of dawn redwood (Metasequoia glyptostroboides (Hu et Cheng) in the living archive near Ljubljana

Iza PETEK¹, Gregor BOŽIČ², Dušan JURČ³, Kristjan JARNI⁴, Robert BRUS⁵

Izvleček:

Analizirali smo živi arhiv metasekvoje (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) na obrečnem rastišču ob Savi pri Ljubljani. Osnovan je bil v letih 1993 in 1994 s sadikami, vzgojenimi iz originalnih semen z območja na Kitajskem, kjer je bila vrsta opisana (klasično nahajališče oz. *locus classicus*). Drevesa v nasadu so bila prvič izmerjena spomladi leta 2000 in nato še leta 2006, spomladi v letu 2020 pa smo meritve ponovili. V starosti 30 let je povprečno drevo merilo v višino 20,7 m, povprečni premer koreninskega vratu na višini debla 0,1 m je znašal 72,3 cm, povprečni premer debla na prsni višini pa 51,4 cm. Ugotovili smo, da je pogostnost reproduktivnih organov, torej storžev in moških cvetov, povezana s premerom in višino drevesa. Užlebljenost debla je zelo variabilna in povezana s premerom, zelo variabilno je tudi zmanjšanje premera z višino. Povezave med omenjenimi znaki in lego drevesa v nasadu nismo ugotovili. Svetloba oziroma lega v nasadu ni edini dejavnik, ki vpliva na lastnosti posameznega drevesa, vzrok je tudi genetska variabilnost med drevesi.

Ključne besede: *Metasequoia glyptostroboides*, semenski nasad, rast, kakovost, Slovenija

Abstract:

The live archive of dawn redwood (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) on a riparian site of river Sava near Ljubljana, which was established in 1993 and 1994, has been analyzed. The trees have been grown from original seeds from an area in China where it was first described (*locus classicus*). The measurements of all trees on the plantation were carried out in 2000 and 2006. For the purpose of this research, they were taken again in 2020, and the latest data has been analyzed. The average tree height of 30-year-old trees was 20.7 m, the average tree diameter 10 cm above root crown was 72.3 cm and the average tree breast height diameter was 51.4 cm. It has been found that the incidence of reproductive organs, such as cones and male strobili, correlates to the diameter and height of trees, but not to the position on the plantation. The trunks' ridges do not depend on the position in the plantation; however they vary significantly among trees. The light and the position on the plantation are not the only factors affecting the characteristics of individual trees, the reason is also the genetic variability of trees.

Key words: *Metasequoia glyptostroboides*, generative plantation, growth, quality, Slovenia

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Vnos tujerodnih drevesnih vrst na ozemlje zdajšnje Slovenije ni dobro dokumentiran. Po znanih podatkih je bila večina tujerodnih vrst vnesena v Evropo med 17. in začetkom 19. stoletja, obsežnejše sajenje v parkih in vrtovih pa se je začelo sredi 19. stol. (Brus in sod., 2019). Ocenjeni povprečni časovni zamik med prvim znanim vnosom določene vrste v Evropo in njenim

vnosom v Slovenijo je bil od 70 do 90 let. Wraber (1951) ugotavlja, da so včasih tuje drevesne vrste uvajali in pospeševali v glavnem v parkih, vrtovih, drevoredih, arboretumih in raznih drugih nasadih, torej predvsem iz lepotnih in znanstvenih namenov. Tudi Brus in Gajšek (2014) ugotavljata podobno ter dodajata, da sta bila pogostnost in obseg njihovega sajenja v gozdnem prostoru v primerjavi z zahodno Evropo na splošno majhna; po oceni je dandanes tujerodnih drevesnih vrst

¹ Britof 216, 4000 Kranj, Slovenija

² Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ Inštitut za drevo, Polje XXII/4, 1260 Ljubljana Polje

⁴ UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, Slovenija

⁵ UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, Slovenija

* dopisna avtorja: petekiza2@gmail.com in gregor.bozic@gozdis.si

manj kot en odstotek v celotni lesni zalogi gozdov Slovenije (Kutnar in Pisek, 2013). Da sta bila obseg in pogostost sajenja majhna, je tudi eden od glavnih vzrokov, da je v Sloveniji nabor testnih nasadov in provenienčnih poskusov s tujerodnimi drevesnimi vrstami razmeroma skromen (Brus in Jarni, 2017). Naš edini pomembnejši provenienčni poskus s tujerodno drevesno vrsto poteka z navadno ameriško duglazijo že od leta 1971 v Brkinih. Med tujerodne drevesne vrste, ki bi bile vsaj potencialno lahko zanimive za gojenje v naših gozdovih, spada tudi metasekvoja (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng), ena najpogostejših in najbolj prepoznavnih rastlinskih fosilov iz časa pozne krede in terciarja na severni polobli (LePage in sod., 2005). Celo strokovni javnosti je le malo znan njen semenski nasad oziroma živi arhiv v Zadobrovi pri Ljubljani, ki ga podrobneje predstavljamo v tem prispevku.

V letih 1993 in 1994 je generativni nasad metasekvoje na obrečnem rastišču ob reki Savi pri Ljubljani osnoval Gozdarski inštitut Slovenije (takrat Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo SRS). V njem smo proučevali morfološke značilnosti dreves in ocenili medsebojne odvisnosti različnih testnih parametrov. Cilj raziskave je bil spoznati in ovrednotiti rast ter kakovost dreves metasekvoje po 26–27 letih uspevanja v nasadu. V raziskavi smo ugotavljali (i) povezavo med pojavljanjem reproduktivnih organov (moški cvetovi, storži) in premerom dreves ter položajem dreves v nasadu, (ii) variabilnost užlebljenosti debla in zmanjšanja premera z višino, (iii) povezavo med užlebljenostjo debel in položajem dreves v nasadu in (iv) vpliv lege dreves v nasadu na debelinsko in višinsko priraščanje. Nekatere dodatne informacije so v diplomski nalogi (Petek, 2021), od koder je povzeta tudi vsebina tega prispevka.

2 OPIS VRSTE

2 SPECIES DESCRIPTION

Metasekvoja je drevesna vrsta z nadvse zanimivo zgodbo, saj so jo v naravi odkrili šele sredi 20. stoletja na Kitajskem, že nekaj let pred tem pa so jo našli v fosilnih ostankih. Velja, da je Shigero Miki, japonski rastlinski ekolog in paleobotanik

(Ma, 2002), vrsto fosilov odkril leta 1938 (nekaterne njegove najdbe sicer segajo že v leto 1931), nato pa leta 1940 s ponovnimi najdbami potrdil odkritje nove vrste. Vse skupaj je objavil leta 1941, vendar odkritje zaradi vojne ni zbudilo večje pozornosti (Ma, 2002). Fosilne najdbe rodu *Metasequoia* Miki so na splošno v svetu obsežne in dokazujejo, da je bil rod prisoten in tudi široko razširjen v Severni Ameriki in Evraziji od zgodnje pozne krede do plio-pleistocena (LePage in sod., 2005).

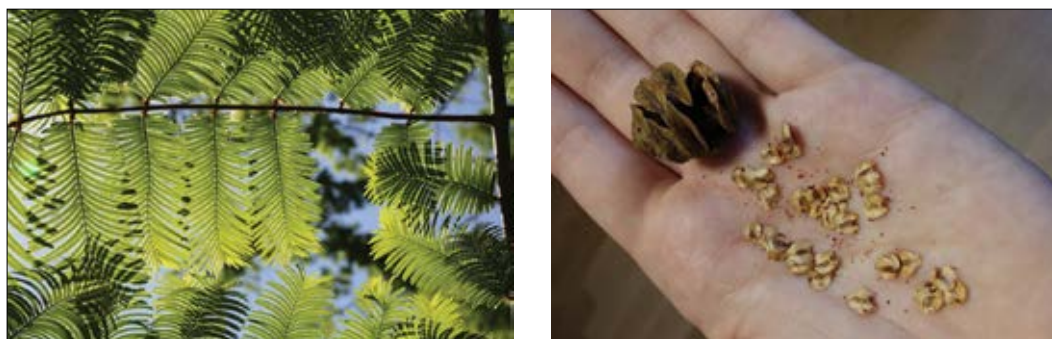
Odkritje živih osebkov vrste *Metasequoia glyptostroboides* velja za eno največjih botaničnih odkritij dvajsetega stoletja. Podatki o odkritju in spoznavanju vrste si niso popolnoma enotni. Ma (2002) je raziskoval kronologijo odkritja in ugotovil, da je Chan Wang 21. julija leta 1943 nabral vzorec, ki je bil nedvomno prvi kadarkoli nabrani vzorec te vrste. Pozneje je Hsen Hsu Hu po dodatnih raziskavah in nabranih vzorcih rod poimenoval *Metasequoia*, kot je rod fosilov te vrste poimenoval Miki. Zaradi državljanske vojne sta Hu in Wan-Chung Cheng vrsto uradno poimenovala šele maja leta 1948 (Ma, 2002). Zaradi njene zanimive zgodovine odkritja so to vrsto poimenovali tudi »živa rastlinska okamenina« (Brinar, 1971) ali »živi fosil« (Brinar, 1971; Williams, 2005; Brus, 2015). V času kmalu po odkritju so na Kitajskem našli še približno tisoč primerkov metasekvoje (Hendricks in Søndergaard, 1998).

Metasekvoja je listopadno iglasto drevo, ki v višino lahko zraste do 35 m (Belder in Wijnands, 1979; Brus, 2012), izjemoma do 50 m (Brus, 2012; Chu in Cooper, 1950). Prsni premer meri do 2 m (Brus, 2012). Gressitt (1953) navaja drevo v dolini Shuisapa na Kitajskem, ki je v prsnem premeru merilo osem čevljev, kar znaša 2,44 m. Ocenjujejo, da lahko doseže tudi več kot tisoč let (Kozakiewicz in Monder, 2016). Krošnja je stožčasta (Mayer in Schweigler, 2005). Deblo je ravno in spodaj zelo odebeljeno ter globoko rebrasto užlebljeno, skorja je sivkasto ali rdečkasto rjava in v višji starosti plitvo vzdolžno razpokana, lušči se v dolgih trakovih. Veje izraščajo vodoravno ali rahlo usmerjeno navzgor. Metasekvoja je vetrocvetna in enodomna vrsta, iglice so ploščate, svetlo zelene, nežne, tope ali zašiljene (slika 1), a ne bodeče (Brus, 2012).

Metasekvoja je domorodno razširjena na zelo majhnem hribovitem območju na osrednjem Kitajskem. Naravno uspeva v majhnih in domnevno reliktnih populacijah (LePage in sod., 2005) na vzhodu pokrajine Sečuan, zahodu pokrajine Hubej in severozahodu pokrajine Hunan (Brus, 2012). Je sestavni del mešanih mezofilnih gozdov na nadmorskih višinah od 750 oziroma 800 do 1.500 m. Na naravnih rastiščih raste na kislih aluvialnih tleh v gorskih dolinah (LePage in sod., 2005; Brus, 2015). Je obvodna vrsta, ki je na domorodnih

rastiščih omejena na spodnje dele mokrih pobočij in gorske rečne doline (Williams, 2005).

Kmalu po odkritju so semena (slika 1) s Kitajske poslali po svetu. Prvo metasekvojo zunaj Kitajske so leta 1948 posadili v Bostonu, istega leta so jo prinesli v Evropo (Ma, 2002; Brus, 2012). Danes je metasekvoja v Sloveniji že bolj razširjena v parkih in arboretumih in je pretežno vzgojena iz posameznih osebkov z vegetativnim razmnoževanjem doma ali v tujini, vendar je zelo težko najti sledi o njenem izvornem poreklu.



Slika 1: Levo: metasekvojini listi (foto: R. Brus), desno: metasekvojin storž z nekaj izpadlimi semeni (foto: I. Petek)
Figure 1: Left: dawn redwood leaves (photo: R. Brus), right: dawn redwood cone with seeds (photo: I. Petek)

3 MATERIAL IN METODE

3 MATERIAL AND METHODS

3.1 Raziskovalni objekt

3.1 Reserach object

3.1.1 Osnovanje semenskega nasada – živega arhiva metasekvoje

3.1.1 Establishment of seed plantation – living archive of the dawn redwood

Gozdarski inštitut Slovenije (v nadaljevanju GIS) je aprila leta 1990 pridobil domorodna semena metasekvoje z njenih naravnih nahajališč v Sečuanu na Kitajskem. Kalitev semen in vzgoja sadik sta potekali na GIS v letih od 1990 do 1993, nekaterih sadik do leta 1994. Vse sadike za osnovanje nasada so bile vzgojene iz iste setve, ki je bila opravljena leta 1990. Seme je bilo pridobljeno z izmenjavo semen z Botaničnim vrtom v Pekingu (Jurc, 2021).

Nasad je bil osnovan v dveh delih, in sicer 18. marca 1993 s triletnimi sadikami in 4. marca 1994 s štiriletnimi. V nasadu sta bila okrog sadik

metasekvoje prvotno posajena navadna smreka in navadni beli gaber za zaščito pred živalmi (Božič, 2021). V naslednjih letih so bile opravljene obžetve metasekvoj in z negovalnimi ukrepi postopno odstranjene vse obsajene vrste dreves belega gabra in smreke (Jurc, 2021).

3.1.2 Lokacija

3.1.2 Location

Proučevani objekt je v GGO Ljubljana, GGE Ljubljana, KE Domžale, revir Dolsko, v katastrski občini Podgorica, odseku 58PO1A, na koordinatah X: 467930 in Y: 104614. Objekt leži pri Zadobrovi na ravnici v bližini reke Save (slika 2) z nadmorsko višino 280 m. Po podatkih ARSO klimatološke postaje Ljubljana za referenčno obdobje 1971–2000 in temperaturni prag 5 °C dolžina vegetacijske sezone na tem območju v povprečju traja 245 dni. Povprečna letna temperatura zraka je 10,9 °C, povprečna temperatura najtoplejšega meseca pa 21,3 °C. Povprečna količina padavin je 1.362 mm/leto (Državna meteorološka služba, 2021).



Slika 2: Digitalni ortofoto posnetek (DOF) nasada metasekvoje ob reki Savi (vir: ZGS..., 2020)

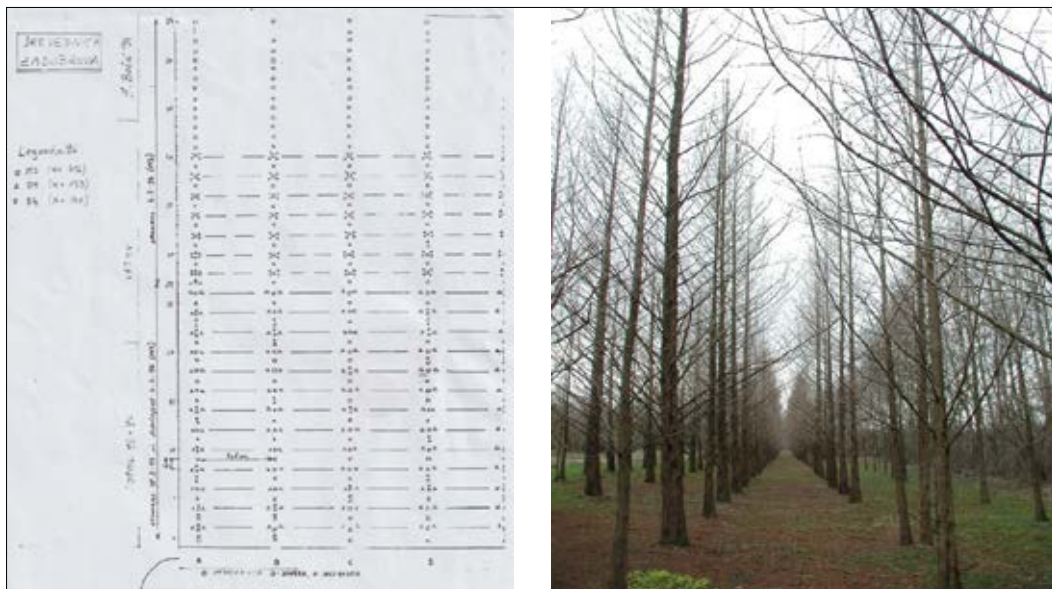
Figure 2: Digital ortophoto (DOF) of the Dawn Redwood at the river Sava (source: ZGS..., 2020)

3.1.3 Opis raziskovalnega objekta

3.1.3 Plot description

Pri osnovanju nasada, velikosti 220 m × 20 m (4.400 m²), je bilo posajenih 316 dreves meta-sekvoje (slika 3). Razdalja med posameznimi

drevesi meri 3,8 m, medtem ko je razdalja med vrstami 4 m. Spomladi leta 2006 je bilo opravljeno selektivno redčenje z odstranitvijo stotih dreves z neustreznim habitusom (predvsem oblike z več vrhovi) in dreves z drugimi genetskimi napa-



Slika 3: Levo: skica načrta zasaditve živega arhiva pri Zadobrovi iz leta 1994 (Božič, 1994), desno: stanje v nasadu tik pred redčenjem spomladi leta 2006 (foto: D. Jurc)

Figure 3: Left: A sketch of a live archive near Zadobrova from 1994 (Božič, 1994), right: state on the plantation in 2006 before selective thinning was performed (photo: D. Jurc)

kami (predvsem izrazito pritlikava rast) s ciljem izboljšanja svetlobnih razmer za prihodnjo rast in razvoj nasada. Pojav pritlikave rasti nekaterih osebkov je značilen za klasično nahajališče in ker seme za omenjeni nasad izvira od tam, so bili taki osebki tudi v našem nasadu. V štirinajstih letih je propadlo še 38 dreves metasekvoje, največ na severnem delu nasada ob ograji, kjer je bil del nasada zelo zasenčen zaradi drevja na sosednji parceli, ki je raslo zunaj ograje. Z leti je bila zasenčenost vedno večja in drevesa metasekvoje so tam hiralala in odmirala predvsem zaradi pomanjkanja svetlobe. Postopno odmiranje dreves je nastalo tudi v osrednjem delu nasada kljub ugodnim svetlobnim razmeram. Domnevno je bil razlog okužba s fitoftoro (*Phytophthora* sp.), vendar raziskave, ki bi to potrdile, niso bile opravljene. Na skorji nekaterih že dlje časa odmrlih dreves so

ugotovili trosišča glive *Botryosphaeria dothidea* (Moug. ex Fr.) Ces. & De Not., kar nakazuje na morebiten sušni stres (Jurc, 2021). V času izvedbe naših meritev (pomlad 2020) je v nasadu raslo še 127 vitalnih osebkov.

Aprila 2010 smo v testnem nasadu odvzeli tudi vzorce tal na treh naključno izbranih lokacijah, ki so bile med seboj oddaljene najmanj 50 m. Na vsaki lokaciji smo v vzorec zajeli tla v globini 0–10 cm, 11–25 cm in 26–40 cm. Vzorce tal, odvzete s sondo, smo analizirali v Laboratoriju za gozdno ekologijo GIS. Ugotovljeno je bilo, da so talne razmere na vseh treh lokacijah z vidika fizikalnih in kemičnih talnih parametrov homogena. Tudi glede na globino se bistveno ne razlikujejo niti v enem parametru (Božič, 2021). Rezultate analiz vzorcev tal prikazujejo preglednice 1–3.

Preglednica 1: Aktivna $pH_{(H_2O)}$ in potencialna ($pH_{(CaCl_2)}$) kislost tal, vsebnost karbonatov, organskega ogljika (C_{org}), celotnega dušika (N), razmerja med organskim ogljikom in celotnim dušikom (C_{org}/N) in celotnega žvepla (S) v vzorcih tal s prikazom razpona vrednosti vzorcev tal in glede na globino

Table 1: Range of soil reactions (pH), the content of calcium carbonate ($CaCO_3$), organic carbon (C_{org}), total nitrogen (N), the ratio of organic carbon to total nitrogen (C_{org}/N) and total sulphur (S) in soil samples according to its depth

Globina (cm)	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	CaCO ₃ (%)	C _{org} (%)	N (%)	C _{org} / N	S (%)
0–10	7,99–8,14	7,41–7,46	44,6–46,2	1,65–2,13	0,149–0,184	11,1–11,6	0,001
11–25	8,24–8,44	7,47–7,54	46,6–48,2	1,03–1,39	0,106–0,131	9,4–10,6	<0,001–0,003
26–40	8,45–8,51	7,53–7,56	45,8–49,8	0,77–1,03	0,090–0,103	9,7–10,0	0,001–0,002

Preglednica 2: Vsebnosti rastlinam dostopnih izmenljivih kalijevih (K^+), natrijevih (Na^+), kalcijevih (Ca^{2+}), magnezijevih (Mg^{2+}) ionov, kationske izmenjalne kapacitete (KIK), vsote izmenljivih bazičnih kationov (izražene v $cmol_{(+)}/kg$ tal) ter stopnja nasičenosti z bazami (V) v vzorcih tal s prikazom razpona vrednosti med tremi vzorci

Table 2: Range of exchangeable cations (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), cation exchange capacity (KIK), the sum of basic exchangeable cations (expressed in $cmol_{(+)}/kg$ of soil), and base saturation level (V) in soil samples according to its depth

Globina	Izm. K	Izm. Na	Izm. Ca	Izm. Mg	KIK	Vsota baz	V
cm	$cmol_{(+)}/kg$	$cmol_{(+)}/kg$	$cmol_{(+)}/kg$	$cmol_{(+)}/kg$	$cmol_{(+)}/kg$	$cmol_{(+)}/kg$	%
0–10	0,24–0,28	0,01–0,02	11,99–13,39	1,14–1,39	13,39–15,07	13,39–15,06	100
11–25	0,15–0,18	0,02	9,61–10,47	0,87–0,99	10,68–11,63	10,67–11,63	100
26–40	0,09–0,11	0,02	8,92–9,78	0,81–0,88	9,86–10,79	9,86–10,79	100

Preglednica 3: Deleži peska, grobega melja, finega melja, glina in teksturni razredi (akronima: I – ilovica, PI – peščena ilovica) v vzorcih tal s prikazom razpona vrednosti med tremi vzorci

Table 3: Proportions of sand, coarse silt, fine silt, clay and texture classes (acronyms: I - clay, PI - sandy clay) in soil samples with their range

Globina (cm)	Pesek 2–0,063 mm (%)	Grobi melj 0,063–0,02 mm (%)	Fini melj 0,02–0,002 mm (%)	Glina <0,002 mm (%)	Teksturni razred
0–10	47,5–48,3	19,2–20,4	21,2–23,6	7,7–11,5	I
11–25	49,5–51,6	17,5–23,3	18,3–19,4	6,6–9,5	I, PI, I
26–40	53,8–55,4	17,5–18,6	17,6–18,3	8,7–9,4	PI

3.2 Raziskovalne metode

3.2 Research methods

3.2.1 Meritve in ocene

3.2.1 Measurements and estimations

Vse meritve smo izvajali spomladi pred začetkom vegetacijske sezone. V preteklosti je bil nasad že premerjen, zato smo naše podatke primerjali s predhodnimi.

Vsakemu drevesu smo z merskim trakom izmerili obseg debla na prsni višini in obseg koreninskega vratu 10 cm nad tlemi. Prisotnost moških cvetov in obrod oziroma količino ženskih storžev smo ocenjevali po štiristopenjski lestvici, in sicer: ocena 1 pomeni, da obroda ali cvetenja ni, ocena 2 pomeni majhen obrod (približno do deset storžev ali cvetov na posamezno vejo in nekatere spodnje veje so prazne), ocena 3 srednje velik obrod (približno do 20 storžev ali cvetov na vejo), ocena 4 pomeni velik obrod (> 20 storžev ali cvetov na vejo). Tudi stopnje užlebljenosti debla smo ocenjevali na vseh vzorčenih drevesih po štiristopenjski lestvici: ocena 1 pomeni neužlebljeno deblo (dokaj neopazni žlebovi, ki tudi ne bi znatno vplivali na obdelavo in kakovost lesa), ocena 2 malo užlebljeno deblo (nekaj žlebov, ki so le v skrajnem spodnjem delu debla do okrog treh metrov višine), ocena 3 srednje užlebljeno deblo (okrog 10 cm ali globlji žlebovi, ki se nadaljujejo nad 3 m v višino) in ocena 4 pomeni izredno užlebljeno deblo (najbolj užlebljena debla, ki bi bila sicer zelo primerna le za estetsko funkcijo). Kakovost debla smo ocenili po petstopenjski lestvici: ocena 1 pomeni slabo kakovost (drevesa s tankim, zelo užlebljenim in neravnim deblom

ter vejami, ki sežejo tudi v nekaj spodnjih metrov debla in/ali so debele in bi povzročile velike nepravilnosti, ki bi segale še globoko v notranjost debla), ocena 2 zadostno (imajo že malo manj od naštetih slabih lastnosti, vendar so vseeno globoko užlebljena, neravna, zelo vejnata drevesa), ocena 3 dobro (imajo le eno ali dve slabi lastnosti, ki nista zelo izraženi), ocena 4 prav dobro (po eno večjo pomanjkljivost, ki jih ločuje od dreves z oceno 5) in ocena 5 pomeni odlično kakovost (popolnoma neužlebljena, večjih dimenzij, deblo čisto vsaj nekaj začetnih metrov in veje niso predebele, deblo pa je ravno in brez poškodb). Vsem drevesom smo višine izmerili s pomočjo višinomera Suunto.

3.2.2 Ovrednotenje podatkov

3.2.2 Data analysis

V programu Microsoft Excel smo izračunali aritmetično sredino izmerjenih višin, obsegov koreninskega vratu in prsnih obsegov ter izračunanih premerov koreninskega vratu in prsnih premerov (preglednica 1). Izračunali smo tudi najmanjše in največje vrednosti, mediano ter koeficient variacije. Dominantni premer smo izračunali na osnovi aritmetične sredine 44 najdebelejših dreves v nasadu ter srednje temeljnični premer po enačbi:

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}},$$

kjer je n število dreves (v našem primeru 127), v števcu pa je vsota kvadratov premerov vseh izmerjenih dreves. Vitkost smo računali po enačbi:

$$a = \frac{h}{d},$$

kjer *h* predstavlja višino posameznega drevesa, *d* pa pripadajoči prsni premer. Ker dvovhodnih deblovnic za metasekvojo nismo imeli, smo sestojno in hektarsko lesno zalogo izračunali s pomočjo dvovhodnih deblovnic za navadno smreko. Za izračun volumna posameznih dreves smo uporabili tablice za enodobne sestoje:

$$V_d = \left(\frac{V_{45}}{1800} \right) * d * (d - 5),$$

kjer *d* predstavlja prsni premer posameznega drevesa. S pomočjo programa JASP (JASP, 2021) smo izračunali Spearmanov korelacijski koeficient, ki pove, ali sta določena parametra povezana

ali ne. Za preverjanje vpliva lokacije (vrstica v nasadu) na proučevane parametre na drevesih samo uporabili analizo variance (ANOVA), medtem ko smo pri spremenljivkah uporabili neparametrični Kruskal-Wallisov in Wilcoxon test. Podatke o povprečnem priraščanju dreves v višino in debelino (prsni premer) v nasadu v tridesetih letih smo izračunali kot povprečni starostni prirastek, torej kot kvocient dosežene vrednosti opazovanega parametra (dominantna oz. zgornja sestojna višina ter dominantni prsni premer leta 2020) in starosti nasada v času meritve te vrednosti (30 let). Zgornjo sestojno višino smo izračunali kot povprečno višino stotih najdebelejših dreves na hektar, torej 44 najdebelejših dreves v nasadu. Enako velja za dominantni prsni premer.

Preglednica 4: Povprečne, najmanjše in največje vrednosti višin, obsegov in premerov 127 dreves metasekvoje v nasadu pri starosti 30 let

Table 4: Average, minimal and maximal heights, circumferences and diameters of 127 dawn redwood trees on the plantation at 30 years of age

	Višina [m]	Obseg koreninskega vratu [cm]	Obseg na prsni višini [cm]	Premer koreninskega vratu [cm]	Prsni premer [cm]
Aritmetična sredina	20,7	227,2	161,6	72,3	51,4
Mediana	21,0	232,0	165,0	73,9	52,5
Minimum	9,5	92,0	68,0	29,3	21,6
Maksimum	25,0	337,0	251,0	107,3	79,9
Koeficient variacije [%]	12,5	19,1	22,0	19,1	22,0

4 REZULTATI

4 RESULTS

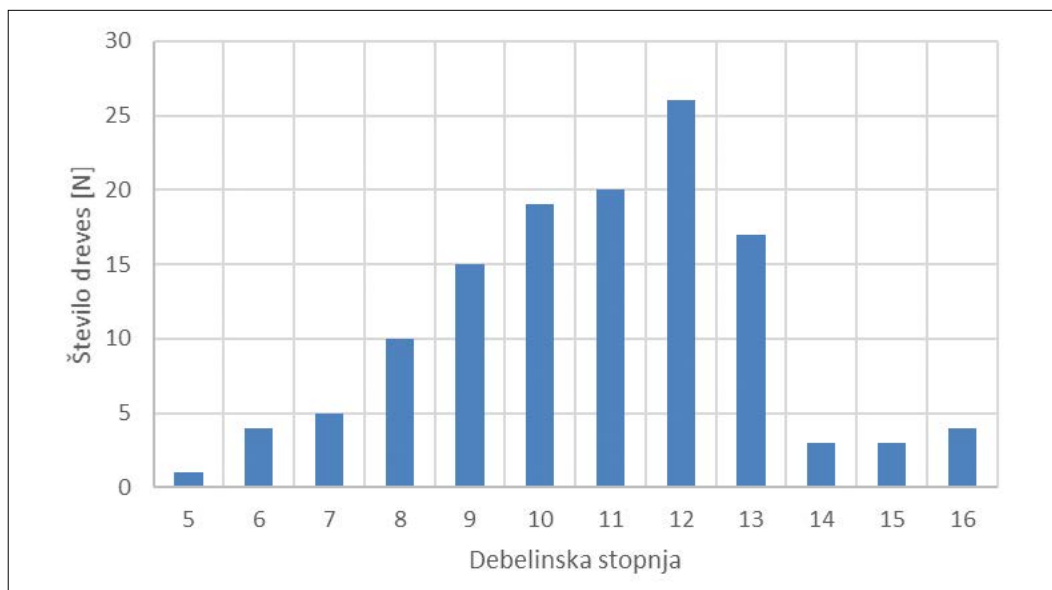
4.1 Meritve v letu 2020

4.1 Measurements in the year 2020

V času meritev (pomlad 2020) je v nasadu raslo 127 odraslih dreves metasekvoje. Povprečno drevo v nasadu je visoko 20,7 m, povprečni premer koreninskega vratu znaša 72,3 cm, prsni premer pa 51,4 cm (preglednica 4). Variabilnost merjenih drevesnih parametrov, prikazanih v preglednici 4, je znatna. Pri višini dreves je variabilnost

manjša kot pri premerih debel. Zanimivo je, da gre za velik razpon prsnih premerov (od 21,6 do 79,9 cm). Največji vrednosti prsnega premera in premera koreninskega vratu sta iz istega drevesa in enako velja tudi za obe najmanjši vrednosti.

Frekvenčno porazdelitev dreves po debelinskih stopnjah prikazuje slika 4. Velika večina dreves (88 % vseh) je v intervalu od 7. do 13. debelinske stopnje (pet dreves ali več). Največ dreves spada v 12. stopnjo, in sicer 26 dreves. Le eno drevo je v 5. debelinski stopnji.



Slika 4: Frekvenčna porazdelitev dreves po 5 cm debelinskih stopnjah
Figure 4: Frequency distribution of trees according to 5 cm diameter classes

Preglednica 5: Odstotki dreves v nasadu po posameznih ocenjenih znakih in njihovih ocenah (parametri obroda storžev, pogostost moških cvetov in užlebljenost smo ocenjevali po štiristopenjski lestvici, kakovost pa po petstopenjski)

Table 5: Percentage of trees on the plantation according to assessed characteristics and categories (the parameters of the incidence of reproductive organs and trunk's ridges were assessed on a 4-point scale while quality was assessed on a 5-point scale)

	Ocena 1	Ocena 2	Ocena 3	Ocena 4	Ocena 5
Obrod storžev [%]	33,9	19,7	26	20,5	/
Pogostnost moških cvetov [%]	85,8	7,1	4,7	2,4	/
Užlebljenost debla [%]	14,2	31,5	26	28,4	/
Kakovost [%]	51,2	37,8	10,2	0,8	0

Od skupaj 127 analiziranih dreves metasekvoje smo moške cvetove ugotovili le na 18 osebkih, 2,4 % pa je bilo osebkov z veliko pogostnostjo le teh (preglednica 5). Neužlebljenih dreves (ocena 1, slika 5) je bilo 14,2 %, izredno užlebljenih (ocena 4, slika 5) pa 28,4 %. Dreves slabe kakovosti je bilo 51,2 %, osebkov z odlično kakovostjo pa ni bilo.

Dominantni premer nasada meri 63,0 cm, srednje temeljnični pa 52,7 cm. Zgornja sestojna višina znaša 21,5 m. Povprečni višinski prirastek nasada v 30 letih znaša 0,72 m/leto, prsni premer pa se je povečal za 2,1 cm/leto.

Povprečna razlika med premerom koreninskega vratu in prsnim premerom je 20,9 cm (najmanjša znaša 7,6 cm, največja pa 33,4 cm). Najmanjše zmanjšanje premera posameznega drevesa od koreninskega vratu do prsne višine znaša 7,6 cm, največji pa 33,4 cm. Vitkost v povprečju znaša 41,6 (najnižja vrednost je 24, najvišja pa 62,5). Lesna zaloga nasada, katerega površina je 4.400 m², znaša 224 m³ oz. 510 m³/ha.



Slika 5: Levo: izredno užlebljeno deblo z dodeljeno oceno užlebljenosti 4 (foto: I. Petek), desno: neužlebljeno deblo (dodeljena ocena užlebljenosti 1) (foto: I. Petek)

Figure 5: Left: extremely ridged trunk (category 4) (photo: I. Petek), right: non-ridged trunk (category 1) (photo: I. Petek)

4.2 Povezave med morfološkimi in biološkimi lastnostmi metasekvoje

4.2 Relationships between the morphological and biological properties of dawn redwood

S korelacijo med različnimi morfološkimi in biološkimi lastnostmi smo za vseh 127 dreves metasekvoje v nasadu ugotavljali povezanost med dvema znakoma, in sicer grafično ter s Spearmanovim koeficientom korelacije rangov.

S Spearmanovim koeficientom korelacije rangov smo pri stopnji tveganja $\alpha = 0,05$ ugotovili šibko povezanost med prsnim premerom in pogostnostjo moških cvetov ($r_s = 0,266$, $n = 127$, $p = 0,002$), zmerno povezanost med prsnim premerom in obrodом storžev ($r_s = 0,525$, $n = 127$, $p < 0,001$), neznatno povezanost med višino in pogostnostjo moških cvetov ($r_s = 0,180$, $n = 127$, $p = 0,043$) ter neznatno povezanost med višino in obrodом storžev ($r_s = 0,192$, $n = 127$, $p = 0,030$).

Ugotovili smo tudi neznatno povezanost med zmanjšanjem premera in užlebljenostjo debla ($r_s = 0,182$, $n = 127$, $p = 0,041$) ter zmerno povezanost med prsnim premerom in užlebljenostjo debla ($r_s = 0,493$, $n = 127$, $p < 0,001$). Rezultati analize nakazujejo večji stopnji pogostnosti moških cvetov in obroda storžev pri drevesih z večjim prsnim premerom in na večjo stopnjo užlebljenosti debla pri drevesih, pri katerih je zmanjšanje premera z višino večji.

4.3 Analiza odvisnosti morfoloških in bioloških lastnosti metasekvoje od položaja dreves v nasadu

4.3 Analysis of correlation of morphological and biological characteristics of dawn redwood and the position on the plantation

Primerjava odvisnosti morfoloških in bioloških lastnosti metasekvoje s položajem dreves v nasadu temelji na dejstvu, da so v nasadu drevesa posajena

Preglednica 6: Primerjava povprečnih testnih znakov dreves glede na njihovo lego v nasadu
Table 6: Comparison of average values of trees on the plantation in terms of location

Lega v nasadu (vrsta)	Višina dreves [m]	Premer kor. vratu [cm]	Prsni premer [cm]	Obrod storžev	Pogostnost moških cvetov	Užlebljenost debla	Kakovost
1	20,04	82,73	61,52	1,93	0,61	3,04	1,43
2	21,61	75,41	53,89	1,52	0,10	2,65	1,84
3	21,60	68,47	47,85	0,84	0,16	2,42	1,84
4	20,00	66,16	45,20	1,06	0,28	2,72	1,39
5	19,03	63,98	44,38	1,21	0,00	2,63	1,32

v petih vrstah. V nasadu vrste potekajo v smeri vzhod–zahod. Na južni strani (prva vrsta) je nasad popolnoma odprt in zato bolje osvetljen kot severni del, kjer je bilo v zadnjih letih tudi rastje zunaj nasada, ki je zasenčevalo drevesa metasekvoje na severnem delu nasada (peta vrsta). Zaradi take postavitve in razlik v svetlobnih razmerah v nasadu pričakujemo razlike med vrstami. Zato smo z analizo variance (ANOVA) in Kruskal-Wallisovim testom preverili, ali so razlike testnih znakov med vrstami statistično značilne.

Jasno viden vzorec se kaže pri prsnem premeru in premeru koreninskega vratu, kjer oba padata od juga proti severu (preglednica 6). Pri višini in kakovosti je vidno, da so največje vrednosti na sredini v drugi in tretji vrsti, nato pa se manjšajo proti jugu in severu. Obrod je bil največji v obeh robnih vrstah, pri pogostnosti cvetov in užlebljenosti pa ni zaznati jasnega vzorca.

Z analizo variance smo potrdili statistično značilno povezavo med višino dreves in njihovo lego v nasadu ($F = 5,314$, $p < 0,001$). S posteriorno analizo smo ugotovili, da se višina dreves v peti vrsti ($h = 19,03$ m) značilno razlikuje od višine v drugi vrsti ($h = 21,61$ m; $p = 0,003$) in od višine v tretji ($h = 21,60$ m; $p = 0,004$).

Prav tako smo potrdili povezavo med debelinsko rastjo in položajem dreves v nasadu ($F = 14,33$; $p < 0,001$). Parne primerjave prve vrste z vsako izmed preostalih podajo vrednosti $p < 0,001$ ter $p = 0,009$ (prva : druga vrsta). Primerjave druge in četrte vrste podajo vrednost $p = 0,03$, primerjave druge in pete vrste pa vrednost $p = 0,013$. Povprečni premer dreves na južnem

robu nasada (prva vrsta) se značilno razlikuje od povprečja dreves v notranjosti nasada (vrste od 2 do 5). Razlike v srednjih premerih smo potrdili tudi med vrstami dve, štiri in pet ($p < 0,05$). Razlik med užlebljenostjo debla in položajem dreves v nasadu nismo potrdili ($p > 0,05$), smo pa ugotovili, da položaj dreves v nasadu vpliva tako na obrod storžev ($p < 0,01$) kot na tvorbo moških cvetov ($p < 0,05$).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Izmerjene višine 30-letnih dreves v živem arhivu pri Zadobrovi pri Ljubljani (dominantna višina 21,5 m) so primerljive z višinami metasekvoj na otoku Honšu na Japonskem. Tam navajajo višine od 27 do 33 m za drevesa, stara od 40 do 50 let, ter višine 18 m za drevesa, stara 20 let (Williams in sod., 2002). Isti avtorji navajajo hitrost rasti od 40 do 60 cm na leto za od 22 do 30 let stara drevesa na Nizozemskem, kar je manj kot v naši raziskavi, kjer je povprečni višinski prirastek nasada 72 cm/leto. V Nemčiji poročajo o 93 cm povprečne rasti v višino na leto do starosti 28 let, med 28. in 40. letom pa o 31 cm rasti na leto. Na Češkem do 22. leta navajajo hitrost rasti v višino 67 cm na leto, pozneje pa 30 cm na leto (Williams in sod., 2002). Povprečni prsni premer (dominantni premer 63 cm) je v naši raziskavi večji kot na Japonskem, saj Williams in sod. (2002) navajajo premer, merjen na višini debla 4 m, 12,8 cm pri nasadu, starem 20 let, poročajo pa tudi o premeru, ki je večji od 35 cm pri nasadu, starem 48 let. V nasadu pri Zadobrovi drevesa priraščajo v višino slabše kot na Japonskem, prsni premer pa imajo večji.

V primerjavi z evropskimi meritvami v nasadu pri Zadobrovi drevesa priraščajo primerljivo ali boljše, razen v primerjavi z nasadom v Nemčiji, kjer do 28. leta drevesa v višino priraščajo bolje kot pri nas. Na splošno torej v proučevanem nasadu na obrečnem rastišču reke Save pri Zadobrovi drevesa priraščajo zelo dobro.

Metasekvoja potrebuje precej svetlobe za uspešno rast, kar omenja več avtorjev (Williams, 2005; Brus, 2012). Prenese zelo malo zasenčenja (Brus, 2012), ne prenaša zastiranja in ni sposobna čakati v senci več let, kot nekatere druge vrste (Williams, 2005). Povprečna višina dreves je največja v drugi vrsti in ne v robni prvi vrsti, kjer je več svetlobe z južne strani nasada. Nedvomno pa je prav velika količina svetlobe s strani povzročila, da so drevesa v prvi vrsti svoje krošnje neovirano širila na osvetljeno stran, medtem ko so morala drevesa v notranjih vrstah v boju za svetlobo več energije usmeriti v višinsko rast. Najmanjša povprečna višina je v robni peti vrsti, kar lahko pojasnimo z zasenčenjem le-te z drevesi na severni strani, zunaj nasada. Podobno kot z višinami je s povprečji prsnih premerov, saj so v prvi vrsti največji, najmanjši pa v peti. Tudi pogostnost moških cvetov in obrod storžev sta največja v prvi vrsti in sta verjetno povezana predvsem z veliko količino svetlobe, ki vpliva tudi na večje premere v prvi vrsti.

Dodatne analize po posameznih vrstah v nasadu, opravljene z analizo variance, so pokazale statistično značilne razlike v višini dreves med drugo in peto vrsto ter med tretjo in peto vrsto. To pomeni, da so bile razlike v višinah dovolj različne, in sicer lahko ugotovimo, da sta druga in tretja vrsta tudi po povprečnih vrednostih višin največji, peta pa je najmanjša. Po debelinskih stopnjah so statistično značilne razlike med šestimi pari vrst, kar se ujema s povprečnimi vrednostmi prsnih premerov po vrstah. Podobno velja za obrod storžev in pogostnost moških cvetov, kjer je Wilcoxonov test predznačenih rangov pokazal razlike med prvo in tretjo vrsto za obrod storžev ter med prvo in drugo vrsto za pogostnost moških cvetov. Užlebljenost debela po vrstah nima statistično značilnih razlik, iz česar sklepamo, da na to lastnost v večini vpliva genotip in ne okolje, kot je na primer lega v nasadu.

S Spearmanovim koeficientom korelacije rangov smo ugotovili, da obstaja neznatna monotona povezanost med zmanjšanjem premera in užlebljenostjo debela. Poudariti pa moramo, da je povezanost majhna, v drugih raziskavah pa podobnih primerjav nismo zasledili. Podobno velja za povezanost med užlebljenostjo debela in prsnim premerom, kjer je bila povezanost le nekoliko večja. To pomeni, da bo vsako drevo v nasadu s povečevanjem svojega premera tudi vedno bolj užlebljeno. Ugotovili smo tudi, da sta pogostnost moških cvetov in obrod storžev povezana s prsnim premerom (prvi šibko, drugi pa zmerno), kar pomeni, da imajo debelejša drevesa v povprečju večji obrod kot tanjša (prsni premer sicer najverjetneje do neke mere izkazuje tudi vitalnost drevesa, kar se lahko prav tako izrazi v večjem obrodu). Oba znaka smo primerjali tudi z višino drevesa, kjer prav tako v obeh primerih obstaja povezanost, vendar je majhna. Raziskav o obrodu storžev ali cvetov metasekvoje nismo zasledili, zato ne moremo primerjati naših rezultatov o obrodu z drugimi raziskavami. Obstaja pa nekaj drugačnih raziskav na drugih drevesnih vrstah: na primer Burris in sod. (1991) so v svoji raziskavi na mladih drevescih vrste *Pinus taeda* L. odkrili, da je višina dreves manj vplivala na ženske cvetove kot starost. Za moške cvetove pa je bilo ravno obratno, in sicer je na njihovo pogostnost bolj vplivala višina drevesa in manj starost (Burris in sod., 1991).

Gospodarska kakovost dreves metasekvoje v nasadu je majhna. Na splošno na kakovost dreves vplivajo genetske lastnosti vrste in starost drevesa pa tudi vplivi drugih dejavnikov, kot so temperatura, padavine, veter, tla, relief, svetloba in vlaga (Vongkhamho in sod., 2020). Vongkhamho in sod. (2020) sklepajo, da v nasadu tikovca (*Tectona grandis* L.) kakovost pogojuje predvsem starost dreves. V povezavi z užlebljenostjo debela lahko ugotovimo, da gre za podobno ugotovitev, saj užlebljenost vpliva na kakovost, za slednjo pa smo že ugotovili povezanost s starostjo. V Sloveniji so kakovost domorodnih dreves vrst proučevali Kadunc (2006), Marenče in Šega (2015) ter Marenče in sod. (2016) po isti petstopenjski lestvici kot v naši raziskavi, vendar v večini zaradi poznejše primerjave s kakovostjo hlodovine. Za nadaljnje

raziskave bi bilo zanimivih zlasti tistih 18 dreves v nasadu (14 %), ki imajo ravna in neužlebljena debela. Glede na to, da je to verjetno tudi dedna lastnost, bi bilo smiselno pri prihodnjem morebitnem žlahtnjenju in selekciji večjo pozornost usmeriti prav v potomce takih dreves, obenem pa spremljati, ali bodo drevesa ostala neužlebljena tudi pri višjih starostih in večjih premerih. V lesnoproizvodni industriji bi les metasekvoje lahko uporabljali za manjše izdelke in za zdaj v omejenem obsegu, saj velika užlebljenost debel in njihova velika vejnatost lahko otežujeta lesno predelavo in povečujeta stroške. Izbira dreves z zelo majhno užlebljenostjo je potencial za nadaljnje žlahtnjenje za lesno industrijo.

Na osnovi rezultatov analiz morfološke značilnosti metasekvoje v nasadu pri Zadobrovi pri Ljubljani lahko zaključimo:

Obrod storžev in pogostnost moških cvetov sta s premerom dreves šibko do zmerno pozitivno povezana, z višino dreves pa samo neznatno. Potrdili smo statistično značilne razlike v obrodu storžev in pogostnosti moških cvetov med vrstami, s čimer potrjujemo tudi povezanost med pogostnostjo reproduktivnih organov in lego v nasadu.

Užlebljenost debela in zmanjšanje premera v spodnjem delu debela nista odvisna od lege v nasadu, vendar sta zelo variabilna znaka. V nasadu je večina dreves zelo užlebljenih in je pri njih veliko zmanjšanje premera, 14 % dreves pa je zelo malo užlebljenih in je le majhno zmanjšanje premera. Prav ta drevesa so največji potencial za morebitno nadaljnje žlahtnjenje.

Debelinski in višinski prirastek dreves sta povezana z lego dreves v nasadu, saj so za premere in višine dreves statistično značilne razlike med vrstami v nasadu.

Analiza rasti in razvoja dreves po 30 letih rasti v nasadu daje osnovni vpogled v prilagojenost metasekvoje na prevladujoče razmere obrečnega rastišča ob Savi pri Ljubljani. Za zanesljivejšo potrditev njene dolgoročne primernosti za gojenje bi bilo potrebno nadaljnje spremljanje nasada in po možnosti osnovati še druge testne nasade v drugačnih okoljih in drugačnih rastiščnih razmerah. Metasekvoja bi bila sicer lahko zanimiva vrsta pri prilagoditvi na podnebne spremembe, vendar, kot ugotovljeno, za uporabo v lesni proizvodni

industriji ni najprimernejša in se zato lahko vprašamo, ali je smiselno razmišljati o osnovanju več testnih nasadov.

Nasad metasekvoje pri Ljubljani ima tudi dolgoročno veliko vrednost kot živi arhiv, v katerem se *ex-situ* kot neke vrste varnostna kopija ohranja izvorna genetska pestrost metasekvoje z njenega klasičnega nahajališča na Kitajskem. Iz tega semenskega vira bi po potrebi lahko pridobivali reprodukcijski material tudi za pogozdovanje metasekvoje na njenih naravnih rastiščih, kjer se areal zmanjšuje. Zato ima živi arhiv metasekvoje pri Ljubljani še posebno vrednost in ga je smiselno ustrezno varovati.

5 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In the living archive in Zadobrova near Ljubljana, in the direct vicinity of the Sava River, we analyzed the seed plantation – a living archive of 127 dawn redwood trees founded by the Forestry Institute of Slovenia in 1993 and complemented in 1994. In the years 2000 and 2006, the measurements were performed on this plantation already, so in 2020 (30 years old trees) we repeated and complemented them. We measured the heights of all trees, root crown diameters, and diameters at the breast height. We assessed the production of cones, the incidence of male strobili, trunk ridge level and trunk quality.

Tree heights in the living archive are between 9.5 and 25 m. The average height amounts to 20.7 m, and the dominant height is 2.5 m. The average root crown diameter is 72.3 cm, the average diameter at breast height is 51.4 cm, and the dominant diameter at breast height is 63 cm. Growing stock amounts to 510 m³/ha. Around two-thirds of the trees on the plantation (in detail, 66.14 %, respectively 84 specimens) bore a diverse quantity of cones. Incidence of male strobili was considerably lower, only 18 specimens blossomed, which represents a good 14 % of all on the plantation. A partial reason for this can be the capability of the trees to produce female reproductive organs sooner than male ones. Dawn redwood is supposed to be able to produce male strobili at around 18–27 m of height (Williams, 2005) for the first time, which matches our plantation and could explain such a

low incidence of male strobili. We found that the incidence of male strobili has a weak connection to the diameter, and only a minute one to the tree height. The same is true for the production of cones, which is, however, moderately connected with the diameter. The incidence of male strobili and the production of cones are also connected with the position on the plantation. The trunk ridge, on the other side, does not depend on the position on the plantation. However, this is a very variable sign, the same as the diameter decrease. Some trees on the plantation are therefore very ridged and have a high diameter decrease, while the others are hardly ridged and present a low diameter decrease with the height.

We found there were statistically significant differences between six pairs of rows by the diameter rate, and between two pairs of rows by the height, which can confirm that dawn redwood requires a lot of light and space for optimal diameter growth. In other rows, the competition among the specimens is higher which indicates that optimal growth requires thinning, which has been executed once on this plantation. The trees on the northern side were limited by the tree vegetation outside of the plantation and therefore did not receive the same amount of light as on the southern side.

The average height increment of the plantation after 30 years amounted to 0.72 m/year, and 2.1 cm/year for the diameter at the breast height. Tree growth in Slovenia was, compared to the measurements on other European plantations, was faster or comparable, except in Germany, where the trees' increment until the 28th year was faster than in Slovenia (Williams et al., 2002). The average diameter at the breast height is therefore quite larger than in Japan (Williams et al., 2002). Assessing trunk ridges, we found that most of the trees were more or less ridged, which would most probably cause troubles and poor yield at processing in production activities. According to the categories from 1 to 4, the lowest number of trees was within the first category representing non-ridged trees (14.17 %). We also found that the trunk ridges were linked with the diameter class, which means that probably every tree on the plantation would become more ridged achieving a

certain diameter at breast height. Most specimens (even over a half) fell under the worst assessment according to quality, and no specimen had first-class quality. In general, the quality was poor.

Tree growth and development analysis after growing 30 years on the plantation offers basic insight into the adjustment of dawn redwood to the prevailing conditions of the riparian site at the Sava River near Ljubljana, however, to confirm its long-term adequacy for growing, further monitoring of the plantation and, preferably, the founding of other test plantations in different environments and site conditions will be necessary. Long-term, the dawn redwood plantation near Ljubljana also has a great value as a living archive where its original genetic diversity from its classic growing site in China is preserved ex-situ. Therefore, the dawn redwood living archive near Ljubljana has a special value and it is reasonable to protect it adequately.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Raziskavo sta delno financirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS v okviru raziskovalnih programov P4-0107, P4-0059 in Javne gozdarske službe na Gozdarskem inštitutu Slovenije (Naloga 3).

Zahvaljujemo se vsem, ki so kakorkoli pripomogli k nastanku diplomskega dela z naslovom Rast in kakovost metasekvoje (*Metasequoia glyptostroboides* (Hu et Cheng)) v živem arhivu pri Zadobrovi pri Ljubljani, ki je bila osnova za ta prispevek, med njimi tudi Saši Šercer. Hvala tudi Danielu Žlindri in dr. Aleksandru Marinšku z Gozdarskega inštituta Slovenije za analize tal in drugo pomoč. Prav tako najlepša hvala anonimnemu recenzentu, lektorju ter prevajalcu, ki so pripomogli k izboljšanju tega prispevka.

7 VIRI

7 REFERENCES

- Belder, J., Wijnands, D. O. 1979. *Metasequoia glyptostroboides*. V: Dendroflora: 24–35. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/261304> (9. 12. 2020)
- Brinar, M. 1971. Pasekvoja – *Metasequoia glyptostroboides* – nova pomembna eksota. Gozdarski vestnik, 29, 8: 257–264.
- Brus, R. 2012. Drevesne vrste na Slovenskem. 2. dopolnjena izd. Ljubljana, samozaložba: 406 str.
- Brus, R. 2015. Dendrologija za gozdarje: Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
- Brus, R., Gajšek, D. 2014. The introduction of non-native tree species to present-day Slovenia. V: Man, nature and environment between the Northern Adriatic and the Eastern Alps in premodern times. Ljubljana: 380–392.
- Brus, R., Jarni, K. 2017. Drevesne vrste za gozd prihodnosti. V: Preučevanje in upravljanje gozdnih ekosistemov v Sloveniji: včeraj, danes, jutri: zbornik prispevkov posvetovanja XXXIV: Gozdarski študijski dnevi, Ljubljana 21.–22. november 2017. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 99–103.
- Brus, R., Pötzelsberger, E., Lapin, K., Brundu, G., Orazio, C., Straigyte, L., Hasenauer, H. 2019. Extent, distribution and origin of non-native forest tree species in Europe. Scandinavian journal of forest research, 34, 7: 12 str.
- Božič, G. 1994. »Skica zasaditve v nasadu metasekvoje pri Ljubljani«. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije (osebni vir, 2021).
- Božič, G. 2021. »Živi arhiv metasekvoje pri Zadobrovi«. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije (osebni vir, 2021).
- Burris, L. C., Williams, C. G., Douglass, S. D. 1991. Flowering response of juvenile selections in Loblolly Pine: twenty-first southern forest tree improvement conference: 110–119.
- Chu, K. L., Cooper, W. S. 1950. An ecological reconnaissance in the native home of *Metasequoia glyptostroboides*. Arnoldia: *Metasequoia* after fifty years, 58/4 59/1: 40–46.
- Državna meteorološka služba. 2021. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. <http://meteo.arso.gov.si/> (7. 10. 2021)
- Gressitt, J. L. 1953. The California Academy-Lingnan Dawn-Redwood expedition. Arnoldia: *Metasequoia* after fifty years, 58/4 59/1: 35–39.
- Hendricks, D. R., Poul Søndergaard. 1998. *Metasequoia glyptostroboides*: 50 years out of China: observations from the United States and Denmark. Dansk Dendrologisk Årsskrift, 16: 6–23.
- JASP. 2021. JASP-Free and user-friendly statistical software. Različica JASP 0.14.1.0. <https://jasp-stats.org/> (5. 2021)
- Jurc, D. 2021. »Živi arhiv metasekvoje pri Zadobrovi«. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije (osebni vir, 2021).
- Kadunc, A. 2006. Kakovost in vrednost okroglega lesa plemenitih listavcev. Gozdarski vestnik, 64, 9: 377–392.
- Kozakiewicz, P., Monder, S. 2016. Physical and mechanical properties and anatomy of metasequoia wood (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng): 6 str.
- Kutnar, L., Pisek, R. 2013. Tujerodne in invazivne drevesne vrste v gozdovih Slovenije. Gozdarski vestnik, 71, 9: 402–417.
- LePage Ben, A., Yang, H., Matsumoto, Mi. 2005. The geobiology and ecology of *Metasequoia*: 113 str.
- Ma, J. 2002. The history of the discovery and initial seed dissemination of *Metasequoia Glyptostroboides*, a »Living Fossil«. A journal of systematic and evolutionary botany, 21, 2: 65–75.
- Marenče, J., Šega, B. 2015. Povezave med kakovostjo bukovih dreves in iz njih izdelanih sortimentov. Gozdarski vestnik, 73, 10: 429–441.
- Marenče, J., Gornik Bučar, D., Šega, B. 2016. Bukovina-povezave med kakovostjo dreves, hlodovine in žaganega lesa. Acta Silvae et Ligni, 111: 35–47.
- Mayer, J., Schwegler, H.-W. 2005. Katero drevo je to?: drevesa, grmi, okrasne lesnate rastline. Kranj, Narava: 318 str.
- Petek, I. 2021. Rast in kakovost metasekvoje (*Metasequoia glyptostroboides* (Hu et Cheng)) v živem arhivu pri Zadobrovi pri Ljubljani. Diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta). Ljubljana, samozal.: 64 str.
- Vongkhamho, S., Imaya, A., Takenaka, C., Yamamoto, K., Yamamoto, H. 2020. Correlations among tree quality, stand characteristics, and site characteristics in plantation teak in mountainous areas of Lao PDR. Forests, 11(7): 777.

- Williams, C. J. 2005. Ecological characteristics of *Metasequoia glyptostroboides*. V: The geobiology and ecology of *Metasequoia*. LePage B. A., Williams C. J., Yang H. (ur.). Springer: 285–304 str.
- Williams, C. J., LePage, B., Vann, D., Tange, T., Ikeda, H., Ando, M., Kusakabe, T., Tsuzuki, H., Sweda T. 2002. Structure, allometry, and biomass of plantation *Metasequoia glyptostroboides* in Japan: 15 str.
- Wraber, M. 1951. Tuje drevesne vrste v naših gozdovih. Gozdarski vestnik, 9: 94–103.
- ZGS - Zavod za gozdove Slovenije. 2020.
<https://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/> (16. 12. 2020)