

Letna in sezonska debelinska rast dreves na ploskvah intenzivnega monitoringa v Sloveniji

Annual and seasonal radial growth of trees on the intensive monitoring plots in Slovenia

Tom LEVANIČ¹, Matej RUPEL², Andreja VEDENIK¹



Izvleček:

V okviru intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov že od leta 2009 s pomočjo ročnih dendrometrov spremljamo debelinsko priraščanje dreves na letnem nivoju. Gre za dopolnilni podatek o debelinskem priraščanju dreves, ki ga pridobimo v okviru petletnih inventur na ploskvah intenzivnega monitoringa. Letno dinamiko debelinskega priraščanja spremljamo z dvema tipoma ročnih dendrometrov: plastičnimi, nemškega proizvajalca, in nerjavnimi, češkega proizvajalca. S spremljanjem debelinske rasti z ročnimi dendrometri želimo ugotoviti vpliv okoljskih in podnebnih dejavnikov na rast dreves med dvema petletnima inventurama. Tako dobimo bistveno boljše podatke o stanju priraščanja dreves kot s petletnimi inventurami, kjer ekstremni dogodki izginejo v povprečju.

V letu 2022 smo dodatno na vse ploskve namestili tudi elektronske dendrometre z visoko frekvenco spremljanja spreminjanja debelinskega prirastka na ploskvah intenzivnega monitoringa v Sloveniji. Z njimi želimo ugotoviti vplive okoljskih in podnebnih dejavnikov na znotraj sezonsko dinamiko debelinskega priraščanja. To je ključno za razumevanje vpliva negativnih podnebnih dejavnikov na debelinsko priraščanje dreves.

Ključne besede: podnebne spremembe, bukev, *Fagus sylvatica*, dob, *Quercus robur*, smreka, *Picea abies*, ročni dendrometer, elektronski dendrometer

Abstract:

As part of the intensive monitoring of forest ecosystems, we have been using girth bands since 2009 to monitor the annual radial growth of trees. That provides supplementary data on the radial growth of trees, which we collect as part of the 5-year inventories on intensive monitoring plots. We track the annual dynamics of radial growth using two types of girth bands – plastic ones from a German manufacturer and stainless-steel ones from a Czech manufacturer. The purpose of monitoring radial growth with girth bands is to determine the impacts of environmental and climatic factors on tree growth between the two 5-year inventories. That gives us significantly better data on tree growth conditions than the 5-year inventories, where extreme events are averaged out.

Additionally, in 2022, we installed electronic dendrometers with high-frequency monitoring of radial growth changes on all plots within the intensive monitoring network in Slovenia. The goal is to determine the impacts of environmental and, especially, climatic factors on the intra-seasonal dynamics of radial growth. That is crucial for understanding the effects of negative climatic factors on the radial growth of trees.

Key words: climate change, European beech, *Fagus sylvatica*, pedunculate oak, *Quercus robur*, Norway spruce, *Picea abies*, girth band, electronic dendromete

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Spremembe v debelinskem priraščanju dreves lahko ugotavljamo s pomočjo periodičnih meritev istih dreves vsakih nekaj let (npr. pet let), lahko pa na določeno število dreves namestimo ročne ali elektronske dendrometre in debelinsko priraščanje spremljamo v poljubnem časovnem intervalu ali pri elektronskih dendrometrih v zelo kratkih časovnih intervalih (npr. na trideset minut).

Tak način spremljanja debelinskega priraščanja imenujemo intra-annualno spremljanje debelinske rasti. S takšnim načinom pridobimo bistveno več informacij o letnem debelinskem prirastku kot z inventurnimi metodami, ki jih opravljamo na letni ali večletni ravni. Tako lahko npr. ugotovimo, kaj se dogaja z debelinskim priraščanjem drevesa, ko v času rasti nastane mrzlo ali zelo vroče obdobje, ugotovimo, kako se drevo odziva na pomanjkanje vode in podobno, ugotovimo tudi, kdaj se začne

¹ Odd. za prirastoslovje in gojenje gozdov, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

² Odd. za gozdno ekologijo, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

in konča debelinska rast. Podatki o debelinski rasti na znotrajletnem nivoju so uporabni tudi za modeliranje rasti.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIAL AND METHODS

Na vseh desetih ploskvah intenzivnega monitoringa (IM) stanja gozdih ekosistemov v Sloveniji smo leta 2009, skladno z metodologijo ICP Forest (EP Forest Growth), namestili ročne dendrometre na skupno 229 dreves (glej npr. Drew in Downes, 2009) – Preglednica 1. Drevesa za spremljanje sezonske dinamike debelinskega priraščanja smo izbrali v varovalni coni ploskve intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov tako, da smo zamejili določeno površino, oštevilčili vsa drevesa in na njih namestili ročne dendrometre – Slika 2. Znana velikost ploskve in število dreves na ploskvi omogočata preračunavanje parametrov na hektarske vrednosti za izračun npr. lesne zaloge in/ali hektarskega debelinskega prirastka ter številnih drugih sestojnih parametrov. Ker smo se pri postavitvi ploskvic morali prilagoditi zahtevam intenzivnega spremljanja stanja gozdov

in ne posegati v središče ploskve, so ploskvice različnih velikosti in oblik. Njihova velikost, število dreves na njih in drevesna sestava so podani v Preglednici 1. Referenčne odčitke smo ugotovili takoj ob namestitvi dendrometrov v maju 2009. Od leta 2009 do 2023 smo na večini ploskev IM redno terensko odčitavali debelinske prirastke. Na nekaterih ploskvah pa se je obseg spremljanja zaradi omejenih finančnih sredstev zmanjšal na minimum in ročnih dendrometrov (in tudi številnih drugih parametrov) nismo več spremljali.

Intra-annualne meritve debelinskega priraščanja najpogosteje opravljamo z ročnimi dendrometri, ki so na voljo v različnih izvedbah. V Sloveniji na ploskvah intenzivnega monitoringa uporabljamo dve vrsti ročnih dendrometrov: iz termostabilne plastike z absolutno merilno skalo (UMS München) in iz nerjavnega jekla z relativno merilno skalo (EMS Brno). Ročni dendrometer je relativno preprost in poceni inštrument, ki ga na drevo namestimo tako, da skorjo (razen pri bukvi in gorskem javorju) najprej nekoliko stanjšamo (pazimo, da ne preveč, kajti pri iglavcih lahko začne iztekati smola, ki trak prilepi na deblo), nato pa

Preglednica 1: Podatki o ploskvah, kjer smo leta 2009 začeli spremljati sezonsko dinamiko debelinskega priraščanja dreves

Table 1: Data on plots where we began monitoring the seasonal dynamics of tree radial growth in 2009

Ime lokacije	#	Starost	Velikost ploskvic	Št. debel	Drevesna sestava
Krucmanove konte	1	120	20 x 30	23	SM = 23
Fondek	2	90–100	20 x 30	27	BU = 27
Gropajski bori	3	105–110	30 x 15	23	ČBO = 13, OTL = 10
Brdo	4	120	30 x 10	15	RBO = 15
Borovec	5	70–80	25 x 15	23	BU = 20, GJV = 2, HR = 1
Lontovž	8	70–80	20 x 15	22	BU = 20, GJV = 2
Gorica	9	250; 80–100*	20 x 30	29	JE = 4, BU = 22, OTL = 3
Krakovski gozd	10	140	24 x 30	26	HR = 9, OTL = 12, OML = 5
Murska šuma	11	100	20 x 27	22	HR = 12, GJV = 6, OTL = 4
Tratice	12	60–80	20 x 30	19	SM = 10, BU = 9
SKUPAJ				229	

*Jelke, stare približno 250 let, bukve pa od 80 do 100 let.

dendrometer namestimo na drevo, in sicer tako, da ga okoli debla napnemo v prsni višini. Gibljivost mu zagotavlja vzmet. Ko drevo prirašča, se trak zaradi vzmeti premika po merilni skali levo in desno (Slika 1). Periodični odčitki omogočijo izračun sprememb v premeru ali obsegu drevesa.

Priporočljiv interval za odčitavanje je eden do dva meseca, pri tem pa je pomembno, da so v obdobju intenzivne rasti odčitki pogostejši. Ne glede na pogostnost odčitkov pa mora biti en odčitek vedno pred začetkom rastne sezone in eden po zaključku.



Slika 1: Spremembe v premeru debla odčitavamo na desetinko milimetra natančno, kar omogoča nonijska skala. Na sliki levo je ročni dendrometer nemškega proizvajalca UMS München, ki kaže absolutne spremembe premera, na sliki desno pa ročni dendrometer češkega proizvajalca EMS Brno, ki kaže spremembo obsega, premer pa moramo izračunati posebej

Figure 1: Changes in trunk diameter are measured to an accuracy of one-tenth of a millimetre, made possible by the vernier scale. The image on the left shows a girth band from the German manufacturer UMS München, which displays absolute diameter changes, while the image on the right shows a girth band from the Czech manufacturer EMS Brno, which shows circumference changes, requiring the diameter to be calculated separately



Slika 2: Ročni dendrometri so nameščeni na deblo v prsni višini (= 1,30 m nad tlemi), so rjave barve, zato jih je težko opaziti na deblu. Na fotografiji je eno od dreves z dendrometrom padlo zaradi burje

Figure 2: Girth bands are installed on the trunk at breast height (1.30 m above the ground). They are brown, making them difficult to spot on the trunk. In the photograph, we can see that one of the trees with a girth band has fallen due to the strong wind

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3 RESULTS AND DISCUSSION

Do decembra 2023 smo dobili podatke o debelinskem priraščanju dreves na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov za obdobje 2009–2023. V tem prispevku se omejujemo na debelinsko priraščanje vodilnih drevesnih vrst v Sloveniji – smreke, bukke in hrasta.

V povprečju so smreke na ploskvi IM na Pohorju debelejšje od smrek na Pokljuki (Slika 3), vendar pa se smrekam na ploskvi IM Pokljuka nekoliko hitreje povečuje premer kot smrekam na Pohorju – koeficient nagiba regresijske črte je 13° (0.2326) na Pokljuki in 10° (0.1835) na Pohorju.

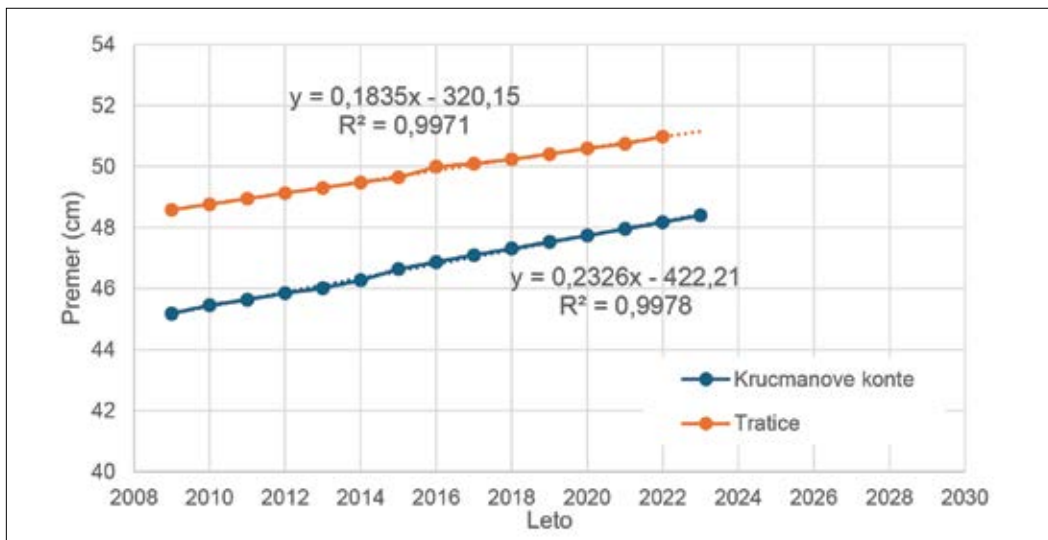
Debelinsko priraščanje smreke na dveh ploskvah je relativno stabilno. Na sliki 4 sicer vidimo dva precej velika nihljaja debelinskega prirastka v letu 2015 na ploskvi IM Krucmanove konte na Pokljuki in v letu 2016 na ploskvi IM Tratice na Pohorju, ki sta zelo verjetno povezana s ponastavitvijo ročnih dendrometrov in bi jih bilo treba pred končno obdelavo podatkov odstraniti, sicer pa ni večjih odstopanj. Za razliko od bukke se smreka na obeh ploskvah IM ni odzvala na sušno leto 2022. Obe ploskvi IM sta namreč v visokogorju

in relativno dobro oskrbljeni z vodo, hkrati pa nista podvrženi velikim nihanjem temperature.

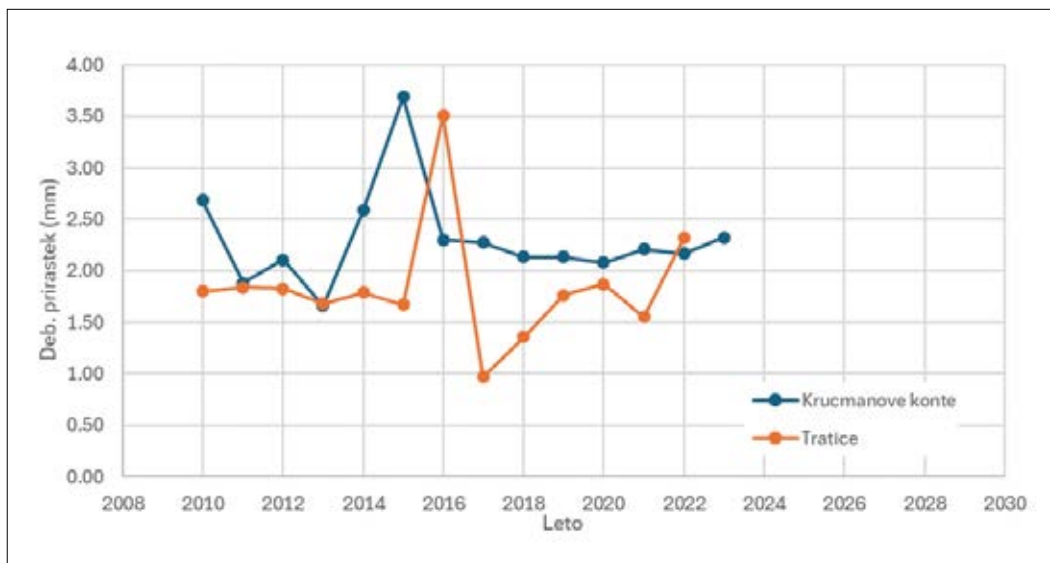
Bukev spada med naše najpogostejše drevesne vrste, zato jo najdemo kar na petih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov

Glede na povprečni premer so najdebelejšje bukke na ploskvi IM Fondek (Trnovski gozd), sledi ploskev IM Tratice (Pohorje), ploskve IM Lontovž, Gorica in Borovec pa so si glede na povprečni premer analiziranih dreves zelo blizu skupaj – Slika 5.

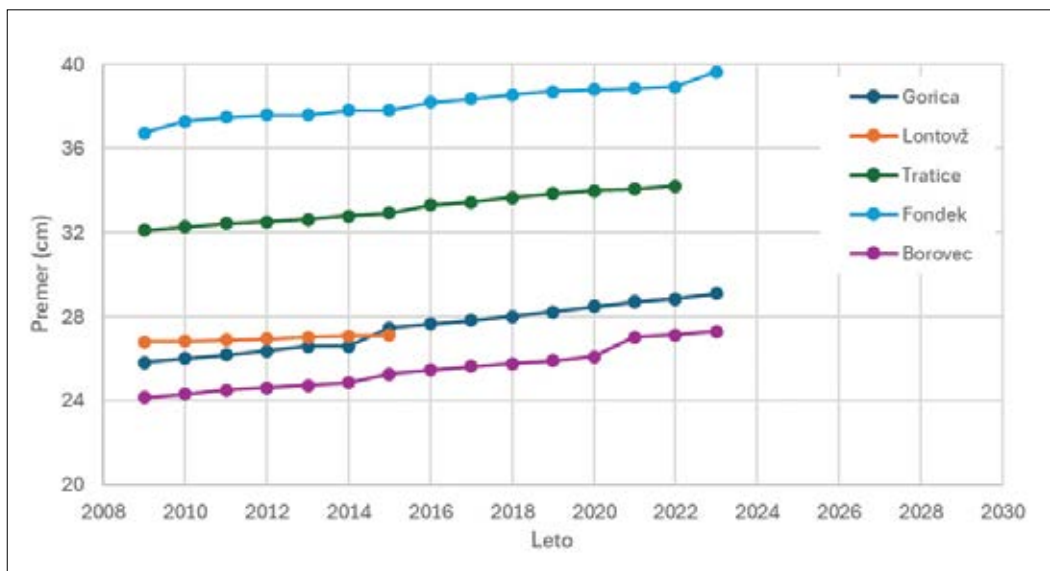
Debelinski prirastek bukke je najbolj stabilen na ploskvi IM Borovec, največja nihanja pa so na ploskvah IM Tratice (Pohorje) in Fondek (Trnovski gozd). Najmanjši debelinski prirastki so bili na ploskvi IM Lontovž (Slika 6). Z ročnimi dendrometri smo v določenem letu zaznali zelo majhne spremembe v debelinskem priraščanju. Na dveh ploskvah – IM Fondek in Tratice – je bila sprememba med dvema zaporednima letoma skoraj nič, kar pomeni, da so bili debelinski prirastki vseh spremljanih bukev zelo majhni. Razlogi za tako majhne debelinske prirastke so različni, lahko so povezani z manj primernim rastiščem, lahko pa tudi s starostjo dreves, saj je znano, da se debelinski prirastek manjša s starostjo.



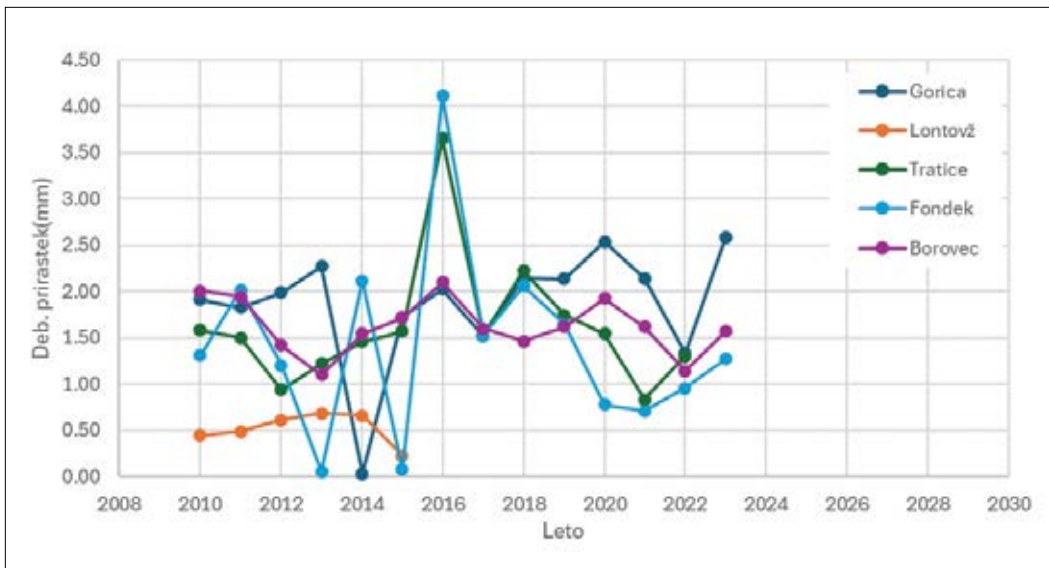
Slika 3: Sprememba povprečnega premera smrek na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov na Pokljuki (Krucmanove konte) in Pohorju (Tratice) v obdobju 2009 – 2023; leto 2009 je vzeto kot referenčno leto
 Figure 3: Change in the mean diameter of spruce trees in the plots of intensive forest monitoring on Pokljuka (Krucmanove konte) and Pohorje (Tratice) during the period 2009–2023, with the year 2009 taken as the reference year



Slika 4: Povprečni debelinski prirastek smrek na ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov na Pokljuki (Krucmanove konte) in Pohorju (Tratice) v obdobju 2009–2023, leto; 2009 je vzeto kot referenčno leto
 Figure 4: Mean radial increment of spruce trees in the plots of intensive forest monitoring on Pokljuka (Krucmanove konte) and Pohorje (Tratice) during the period 2009 – 2023, with the year 2009 taken as the reference year

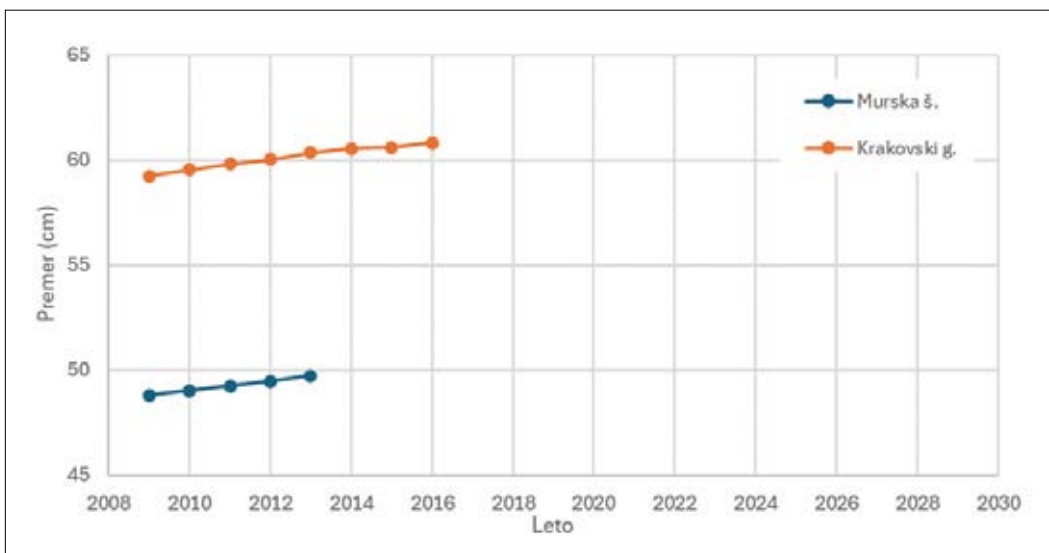


Slika 5: Sprememba povprečnega premera bukev na petih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž) in Pohorje (Tratice) – v obdobju 2009–2023; leto 2009 je vzeto kot referenčno leto. Na dveh ploskvah – Lontovž in Tratice – smo prenehali spremljati debelinski prirastek v letih 2015 in 2022
 Figure 5: Change in the mean diameter of beech trees in five plots of intensive forest monitoring – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž), and Pohorje (Tratice) during the period 2009–2023, with the year 2009 taken as the reference year



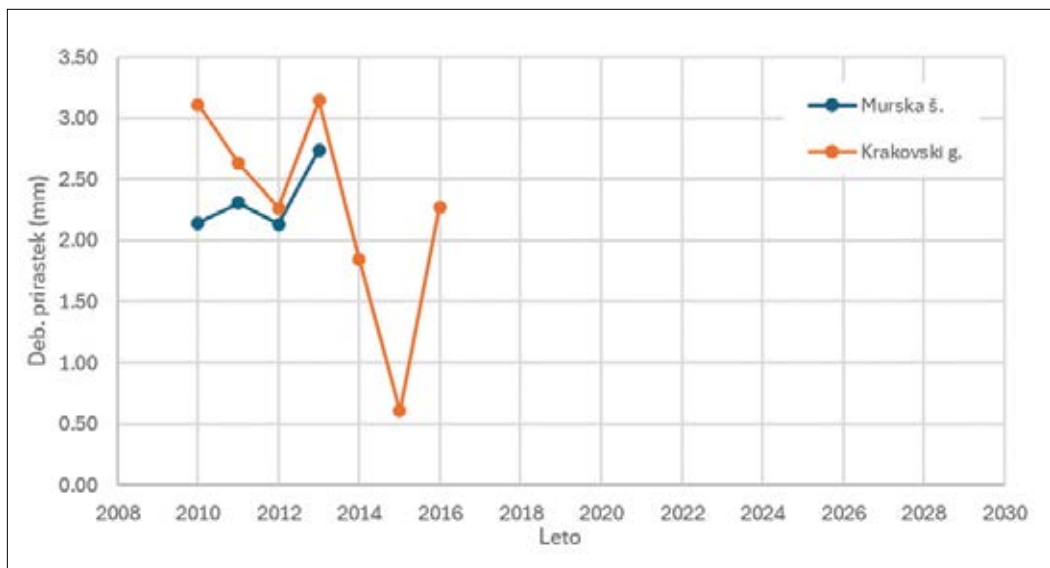
Slika 6: Povprečni debelinski prirastek bukve na petih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž) in Pohorje (Tratice) – v obdobju 2009–2023; leto 2009 je vzeto kot referenčno leto

Figure 6: Mean radial increment of beech trees in five plots of intensive forest monitoring – Trnovski gozd (Fondek), Gorica (Stari trg pri Ložu), Kočevska Reka (Borovec), Zasavje (Lontovž), and Pohorje (Tratice) during the period 2009–2023, with the year 2009 taken as the reference year



Slika 7: Povprečna sprememba premera hrasta na dveh ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Kostanjevici na Krki (Krakovski gozd) in Lendavi (Murska Šuma) v obdobju 2009–2016; leto 2009 je vzeto za referenčno leto. Meritve v Murski Šumi so potekale samo od leta 2009 do 2013

Figure 7: Change in the mean diameter of oak trees in two plots of intensive forest monitoring – Kostanjevica na Krki (Krakovski gozd) and Lendava (Murska Šuma) during the period 2009–2016, with the year 2009 taken as the reference year. Measurements in Murska Šuma were conducted only from 2009 to 2013



Slika 8: Povprečni debelinski prirastek hrasta na dveh ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov – Kostonjevi na Krki (Krakovski gozd) in Lendavi (Murska Šuma) v obdobju 2009–2016; leto 2009 je vzeto za referenčno leto. Meritve v Murski Šumi so potekale samo od leta 2009 do 2013

Figure 8: Mean radial increment of oak trees in two plots of intensive forest monitoring – Kostonjevica na Krki (Krakovski gozd) and Lendava (Murska Šuma) during the period 2009–2016, with the year 2009 taken as the reference year. Measurements in Murska Šuma were conducted only from 2009 to 2013

Z ročnimi dendrometri smo zaznali tudi veliko zmanjšanje debelinskega prirastka v letu 2022, to je v enem najtoplejših in najbolj sušnih let v zgodovini meteoroloških meritev v Sloveniji – Slika 6.

Rast hrastov dobov spremljamo na dveh ploskvah IM v Krakovskem gozdu in Murski Šumi. Dobi spadajo med drevesne vrste, ki lahko dosežejo zelo velike premere, vendar je posledica tega manj dreves v sestoji. Na ploskvi IM Krakovski gozd je relativno malo dobov, vendar imajo zelo velike premere. Na ploskvi IM Murska šuma so dobi v primerjavi s Krakovskim gozdom precej tanjši – Slika 7.

Debelinski prirastek je dokaj primerljiv med obema ploskvama IM v Krakovskem gozdu in Murski Šumi. Na ploskvi IM v Krakovskem gozdu beležimo precejšnje zmanjšanje debelinskega prirastka v letih 2014 in 2015 – Slika 8. Razloga za manjši debelinski prirastek na ploskvi IM v Krakovskem gozdu sta zelo vroče poletje in vroča pozna pomlad, torej obdobji, ki sta zelo pomembni za debelinsko rast dobov.

4 SEZONSKA DINAMIKA DEBELINSKE RASTI – MERJENJE DEBELINSKEGA PRIRAŠČANJA Z ELEKTRONSKIMI DENDROMETRI

4 SEASONAL DYNAMIC OF RADIAL GROWTH - MEASURING RADIAL INCREMENT WITH ELECTRONIC DENDROMETERS

Debelinsko priraščanje dreves lahko merimo tudi z elektronskimi dendrometri, ki so zelo natančni instrumenti in lahko spreminjanje obsega debla ali premera merijo na stotinko ali celo tisočinko milimetra natančno v različnih časovnih intervalih. Najpogostejši interval je 15 ali 30 minut. Elektronske dendrometre smo v letu 2022 namestili na izbrano število dreves na vseh ploskvah IM v Sloveniji. Na vsaki ploskvah IM smo izbrali do šest dreves vodilne drevesne vrste za namestitev elektronskega dendrometra. Na posameznih ploskvah je lahko nameščenih od 6 do 12 elektronskih dendrometrov – Slika 9.



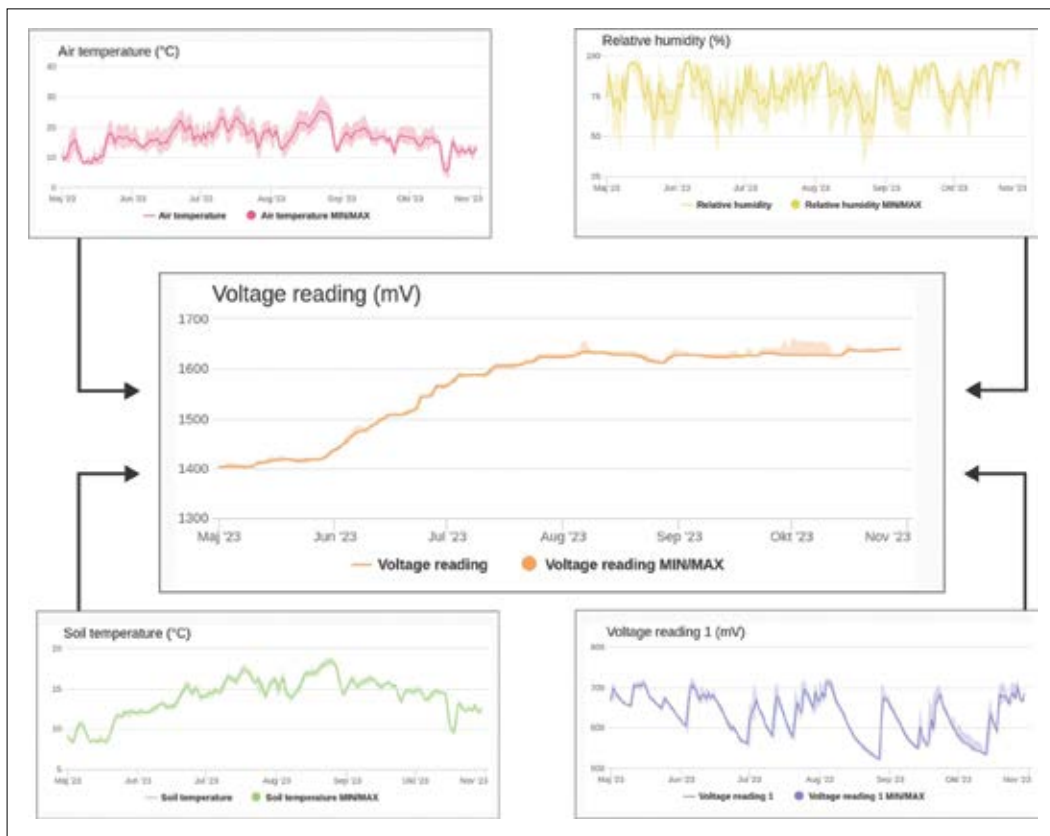
Slika 9: Tipično merilno mesto z elektronskim dendrometrom, zbiralnikom podatkov in različnimi okoljskimi senzorji. Senzorji za vsebnost vode v tleh in temperaturo tal na globini 30 cm niso vidni, ker so zakopani v tla
Figure 9: A typical installation of a monitoring site with an electronic dendrometer, a data logger, and various environmental sensors. Sensors for soil moisture content and soil temperature at 30 cm depth are not visible as they are buried in the ground

Na sliki 10 je koncept merjenja debelinskega priraščanja drevesa z elektronskimi dendrometri na ploskvi IM v Sloveniji. Osnova merjenja je podatkovni zapisovalnik (ang. data logger), ki ima pet merilnih vhodov za različna tipala, modul GSM za prenašanje podatkov v oblak na GIS in sončno celico za polnjenje baterije. Na vsak podatkovni zapisovalnik je priključenih pet različnih tipal: (1) temperatura zraka, (2) zračna vlaga, (3) temperatura tal (na globini 30 cm), (4) vsebnost vlage v tleh (na globini 30 cm) in (5) elektronski dendrometer. V kontekstu elektronskih dendrometrov merijo senzorji s številkami od 1 do 4 t.i. »spremljajoče podatke«, to je podatke, ki jih merimo hkrati s priraščanjem in pomagajo pojasnjevati nihanja v poteku debelinskega priraščanja v odvisnosti od ključnih okoljskih dejavnikov. Zato bistveno bolje razumemo dinamiko debelinskega priraščanja dreves in dejavnike, ki ga spodbujajo oz. zavirajo.

Spremljanje sezonske dinamike debelinskega priraščanja dreves z elektronskimi dendrometri (Slika 11) omogoča (vsaj) dva zelo prepletena podatka: prvi je dejanska debelinska rast, drugi pa je spreminjanje oskrbljenosti debla (lesa in skorje) z vodo, zaradi česar opažamo diurnalna nabrekanja in skrčke debla v rastni sezoni (Zweifel in sod.,

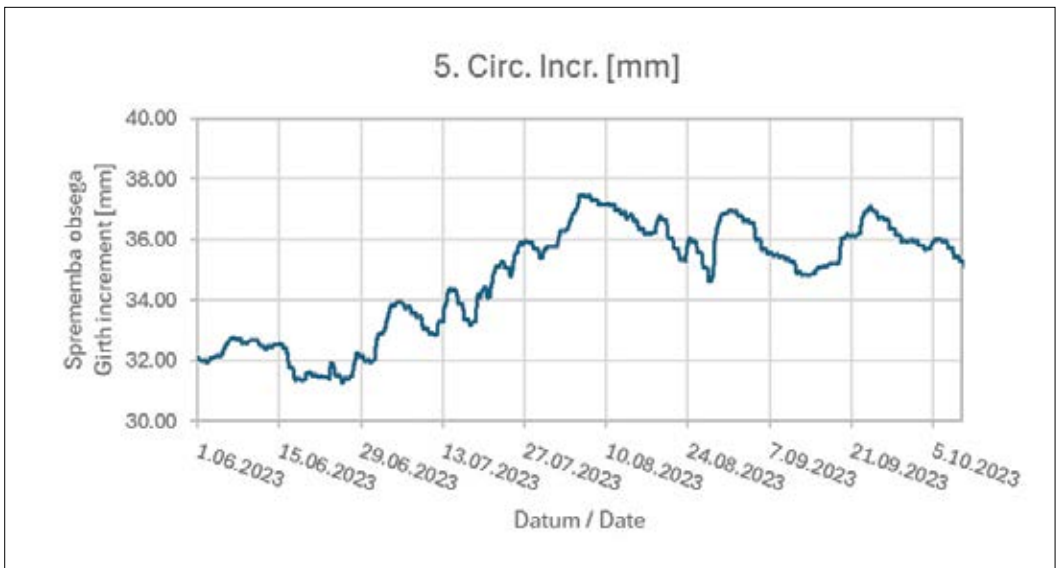
2021). Mogoči so tudi »negativni prirastki«, torej izmere, ki kažejo, kot bi se drevo krčilo. Takšne izmere niso povezane z negativno debelinsko rastjo, ampak s pomanjkanje vode v lesu in skorji. Da gre res za pomanjkanje vode v deblu, najbolje ponazarja podatek, da debla nabreknejo po obilnejših padavinah ali da se obseg debla spreminja po končani rastni sezoni (Slika 11).

Čeprav so podatki z okoljskih senzorjev »spremljajoči podatki« za interpretacijo meritev z elektronskimi dendrometri, nič ne preprečuje, da ne bi podatkov z okoljskih senzorjev uporabili tudi za druge analize. Še več, ker je na vsaki ploskvi IM nameščenih več merilnih postaj z enakim naborom senzorjev, lahko tako dobimo zelo dobro sliko spreminjanja mikrometeoroloških parametrov na ploskvi IM in tudi spreminjanja temperature ter vsebnosti vode v tleh. Vse podatke lahko koristno uporabimo v hidroloških modelih, kot je npr. LWF-Brook90 (Schmidt-Walter in sod., 2020) ali pa kot enega od mnogih vhodnih podatkov, potrebnih za modeliranje razvoja gozdnih ekosistemov (Pretzsch in sod., 2007) ali za akumulacijo ogljika v odvisnosti od podnebnih dejavnikov (Liski in sod., 2005).



Slika 10: Meritve sezonskega priraščanja dreves z elektronskimi dendrometri in »spremljajoči podatki«. V sredini je graf debelinskega priraščanja v letu 2023, merjen z elektronskim dendrometrom, zgoraj in spodaj pa so prikazani »spremljajoči podatki«: temperatura zraka, relativna zračna vlažnost, temperatura tal na globini 30 cm in vsebnost vode v tleh na globini 30 cm

Figure 10: Measurements of seasonal tree growth with electronic dendrometers and „accompanying data.“ In the middle is the graph of radial growth in the year 2023 measured with an electronic dendrometer, while the „accompanying data“ – air temperature, relative humidity, soil temperature at a depth of 30 cm, and soil moisture content at a depth of 30 cm – are shown above and below



Slika 11: Sezonski debelinski prirastek smreke na ploskvi IM Krucmanove konte (Pokljuka) v rastni sezoni 2023
 Figure 11: Seasonal radial increment of spruce trees in the IM Krucmanove konte plot (Pokljuka) in the 2023 growing season

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENTS

Program je deloma potekal v okviru pripravljalnega projekta eLTER faze (eLTER PPP), projekta eLTER Advanced Community Project (eLTER PLUS) in projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora - RI-SI-LifeWatch, ki ju financirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, ter Evropska unija iz Evropskega regionalnega Evropskega sklada za regionalni razvoj in programske skupine P4-0107, ki jo financira agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

6 VIRI

6 REFERENCES

- Drew DM, Downes GM (2009) The use of precision dendrometers in research on daily stem size and wood property variation: A review. *Dendrochronologia* 27: 159-172. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dendro.2009.06.008>.
- Liski J, Palosuo T, Peltoniemi M, Sievänen R (2005) Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. *Ecological Modelling* 189: 168-182. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.005>.
- Pretzsch H, Grote R, Reineking B, Rötzer T, Seifert S (2007) Models for Forest Ecosystem Management: A European Perspective. *Annals of Botany* 101: 1065-1087. doi:10.1093/aob/mcm246.
- Schmidt-Walter P, Trotsiuk V, Meusburger K, Zacios M, Meesenburg H (2020) Advancing simulations of water fluxes, soil moisture and drought stress by using the LWF-Brook90 hydrological model in R. *Agricultural and Forest Meteorology* 291: 108023. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108023>.
- Zweifel R, Sterck F, Braun S, Buchmann N, Eugster W, Gessler A, Häni M, Peters RL, Walthert L, Wilhelm M, Ziemińska K, Etzold S (2021) Why trees grow at night. *New Phytologist* 231: 2174-2185. doi:<https://doi.org/10.1111/nph.17552>.