



Številka:

D4.1.1\_izroček\_deliverable\_M24\_dokument

Datum: 27.11.2020

## Rezultat D1.1.1 (M24, dokument)

### Pregled, izbira in analiza lesnih vrst

Polni naziv operacije	Les in leseni izdelki v življenjski dobi
Naziv operacije /akronim:	WOOLF
Šifra operacije (IS e-Ma):	OP20.03520
Upravičenec (koordinator):	M SORA d.d.
Sodelujoče organizacije	MSO, GIS, INR, LTEK, REM, BF, XLAB, ZAG

Kohezijska regija:	vzhod in zahod
Obdobje poročanja:	M24

Projekt je sofinanciran s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport RS ter Evropske Unije – Evropskega sklada za regionalni razvoj

December, 2020

## 1. UVOD IN CILJI

Izroček D1.1.1 je namenjen predstavitvi dela opravljenega v Nalogi 1.1.1: Pregled, izbira in analiza lesnih vrst, opravljenega v okviru sklopa aktivnosti 1.1 v 1. Fazi projekta WOOLF. V okviru naloge smo opravili pregled obstoječih baz za pregled razpoložljivosti gospodarsko zanimivih, domačih in tujerodnih vrst v Sloveniji. S pomočjo novih tehnologij smo na izbranih rastiščih opravili primerjavo gostote lesa med izbranimi drevesnimi vrstami, ki je eden izmed pomembnejših indikatorjev kakovosti lesa.

V prvem delu izročka je predstavljen pregled obstoječih baz v okviru trenutne in prihodnje razpoložljivosti drevesnih vrst. V drugem delu pa je predstavljena primerjava gostot izbranih drevesnih vrst po rastiščih znotraj Slovenije. Rezultati analiz in delo znotraj projekta so bili predstavljeni v 6 strokovnih in znanstvenih prispevkih.

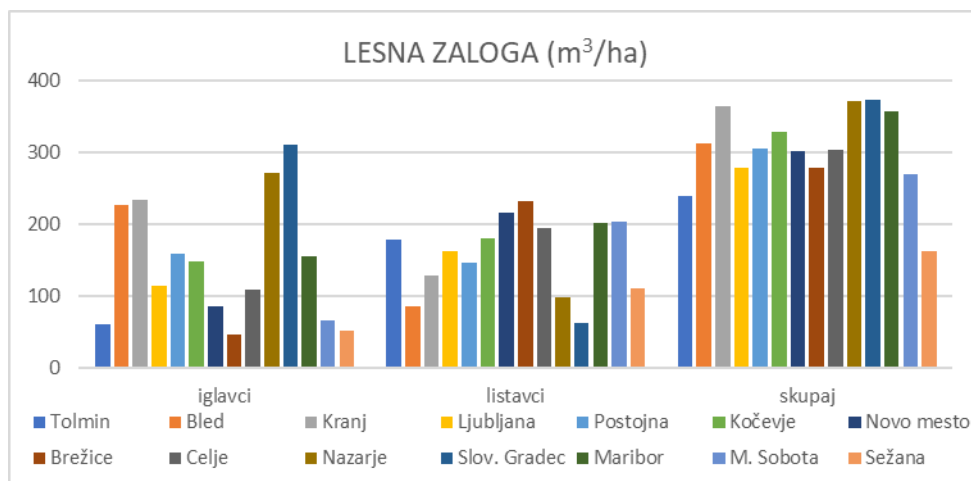
Trenutno v Sloveniji in tudi v širšem geografskem območju še nimamo baze podatkov, ki bi vsebovala podatke o gostotah lesa različnih drevesnih vrst, ki uspevajo na različno produktivnih rastiščih. Takšna baza bi bila izjemnega pomena za nove izračune količine vezanega ogljika v slovenskih gozdovih. Hkrati bo pomembna tudi za prognozo kakovosti lesa v sestojih na stoječih drevesih. Ta podatek bi omogočal domači lesni industriji vpogled v oceno kakovosti lesa, ki bo v prihodnje na razpolago kot surovina na trgu. Danes napovedana spremenjena sortimentna sestava bi lesni industriji omogočila pravočasno prilagoditev tehnologije obdelave in predelave lesa, razvoja novih izdelkov ter iskanje novih trgov. Bolj kakovosten les je navadno vgrajen v izdelke z višjo dodano vrednostjo, ki se jih da ponovno uporabiti ali reciklirati, kar pripomore k dvigu dodane vrednosti in kaskadne rabe lesa.

## 2. PREGLED OBSTOJEČIH PODATKOV

Delovne naloge smo se lotili s pregledom drevesnih vrst v Sloveniji z namenom določitve gospodarsko zanimivih in perspektivnih drevesnih vrst za nadaljnje vzorčenje in analizo. Zanimali so nas različni vidiki stanja naših gozdov. Analizirali smo naslednje kazalce: kakovost, lesna zaloga, sanitarna sečnja in sprememba drevesne sestave. Podatke o lesni zalogi smo pridobili iz poročila Global Forest Resources Assessment 2020 (FAO). Podatki o lesni zalogi po gozdno gospodarskih območjih, kakovosti dreves in spremembi drevesne sestave so iz gozdnogojitvenih načrtov Zavoda za gozdove Slovenije za obdobje 2011-2020 (<https://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/>), podatki o sanitarni sečnji pa so iz internetne strani Varstvo gozda Slovenije, ki je v pristojnosti Poročevalske, prognostično-diagnostične službe za gozdove (<https://www.zdravgozd.si/>). Pripravili smo splošen pregled podatkov za celotno Slovenijo in podrobnejše preglede po gozdno gojitvenih območjih (GGO): Tolmin, Bled, Kranj, Ljubljana, Postojna, Kočevje, Novo mesto, Brežice, Celje, Nazarje, Slovenj Gradec, Maribor, Murska Sobota. V raziskavo smo zajeli drevesne vrste, ki so obravnavane v GGO načrtih: smreka, jelka, bori, macesen, drugi iglavci, bukev, hrasti, plemeniti listavci, drugi trdi listavci.

### 2.1. LESNA ZALOGA

Lesna zaloga v Sloveniji je v letu 2018 znašala 411.520.000 m<sup>3</sup>. Povprečna lesna zaloga na hektar je 331,4 m<sup>3</sup>/ha. Iglavci predstavljajo 47% in listavci 53% lesne zaloge. Na *Sliki 1* je predstavljena razporeditev lesne zaloge v kubičnih metrih na hektar po GGO za leto 2016. Največja lesna zaloga je bila v GGO Ljubljana (40,4 mio m<sup>3</sup>), sledila sta ji Tolmin in Maribor. Najmanjša lesna zaloga je bila v GGO Murska Sobota (10,7 mio m<sup>3</sup>). Tri gozdno gospodarska območja so beležila lesno zalogo nad 30 mio m<sup>3</sup> (Ljubljana, Tolmin in Maribor). Lesna zaloga gozdov, manjša od 15 mio m<sup>3</sup>, je bila na dveh območjih (Murska Sobota in Sežana). Na območju Slovenije v lesni zalogi načeloma prevladujejo listavci, izjema so GGO Bled, GGO Kranj, GGO Nazarje in GGO Slovenj Gradec, kjer iglavci močno prevladujejo (delež iglavcev v lesni zalogi je nad 65%).



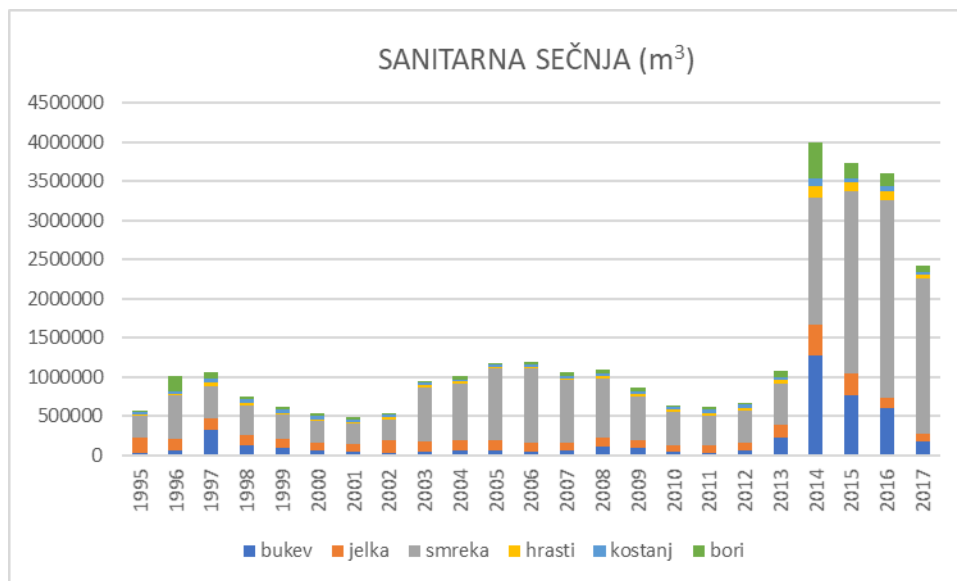
Slika 1: Lesna zaloga po posameznih gozdno gospodarskih območjih

## 2.2. KAKOVOST DREVES

Kakovost dreves se v obstoječem sistemu Zavoda za gozdove ocenjuje kot odlična, prav dobra, dobra, zadovoljiva ali slaba v prvem (prva tretjina višine drevesa pri iglavcih in prva četrtina višine drevesa pri listavcih) in drugem (druga tretjina višine drevesa pri iglavcih in druga četrtina višine drevesa pri listavcih) segmentu. Pregled kakovosti dreves s prsnim premerom nad 30 cm pokaže, da je kakovost iglavcev boljša od kakovosti listavcev. Večina ocenjenih dreves spada v kategorijo dobro, delež dreves odlične in prav dobre kategorije je večji pri iglavcih (36%) kot pri listavcih (25%). Delež zadovoljivo in slabo ocenjenih dreves je večji pri listavcih (38%), kot pri iglavcih (18%), kar spada v kategorijo tehničnega lesa podpovprečne kakovosti in industrijskega lesa ali lesa za kurjavo. Po kakovosti najbolj izstopa macesen, ki ima kar 18% delež odlično ocenjenih dreves in ima tudi najvišji delež dreves prav dobre kakovosti (32%). Najslabše ocenjeno kakovost imajo drugi trdi listavci (64%) in mehki listavci (53%).

## 2.3. SANITARNA SEČNJA

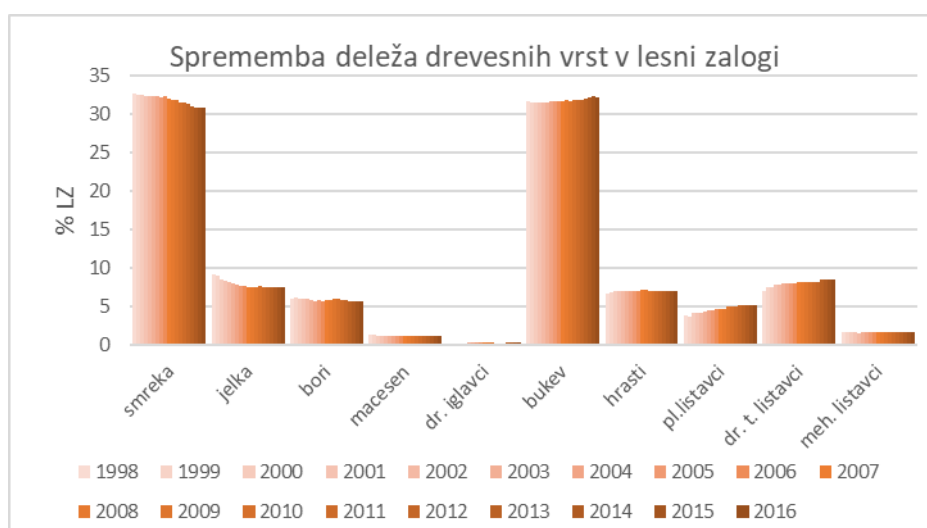
Delež sanitarne sečnje v celotnem poseku se znatno povečuje na račun naravnih nesreč (vetrolom, žledolom) in povečane dovzetnosti oslabljenih dreves za napad podlubnikov ali drugih škodljivih organizmov v naslednjih letih. Sanitarna sečnja se je močno povečala po letu 2013, kot posledica žledoloma januarja in februarja leta 2014 (Slika 2). Na večini območij je najbolj prizadeta drevesna vrsta navadna smreka. Delež sanitarne sečnje v celotnem poseku za navadno smreko v obdobju 2012-2017 znaša kar 62% delež ali kar 9,4 mio m<sup>3</sup>. Posledica intenzivnih sanitarnih sečenj so velike količine dostikrat poškodovanega in manjvrednega lesa smreke na svetovnih trgih. Sanitarni posek bukve predstavlja 36% delež ali 3,1 mio m<sup>3</sup>. Zaradi večanja frekvence pojavljanja naravnih ujm kot posledica globalnega segrevanja se količina sanitarnega poseka srednjeročno verjetno ne bo zmanjšala. Ker je bila v ujmah zadnjega desetletja največkrat poškodovana smreka in se bo ta trend verjetno nadaljeval, se bo delež smreke v lesni zalogi zelo verjetno zmanjšal na srednji (do 20 let) in dolgi rok (do 50 let).



Slika 2: Sanitarna sečnja (1995-2017)

#### 2.4. SPREMEMBA DELEŽA DREVESNIH VRST

Pregled spremembe drevesnih vrst v lesni zalogi v zadnjih tridesetih letih pokaže, da se je zmanjšal delež smreke, jelke, borov in macesna (Slika 3). Najbolj je upadel delež jelke (17,6%). Povečal se je delež ostalih iglavcev za kar 50% in vseh skupin listavcev. Najbolj se je povečal delež plemenitih listavcev (37%) in drugih trdih listavcev (21%).



Slika 3: Sprememba deleža drevesnih vrst v lesni zalogi

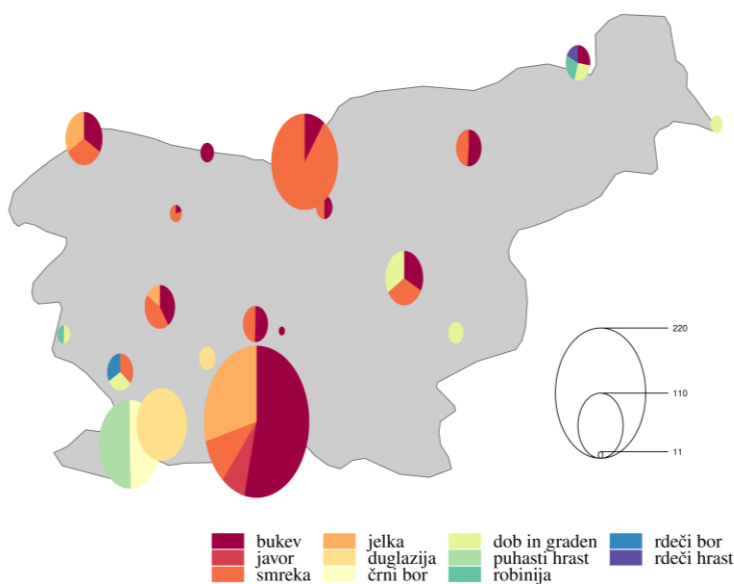
### 3. PRIMERJAVA KAKOVOSTI IZBRANIH DREVESNIH VRST

Primerjavo kakovosti izbranih drevesnih vrst smo naredili s primerjavo gostote lesa po različnih rastiščih in na različnih drevesnih vrstah. Gostota lesa je eden izmed osnovnih kriterijev kakovosti lesa, saj v veliki meri vpliva tudi na njegove druge lastnosti in je v tesni pozitivni zvezi z mehanskimi lastnostmi lesa. Hkrati je edina lastnost lesa, ki jo je možno na relativno hiter in zanesljiv način izmeriti že pri stoječih drevesih.

Ovrednotenje gostote lesa na stoječih drevesih na terenu poteka z rezistografom. To je naprava, ki s pomočjo vrtnanja z zelo tankim svedrom na podlagi upora izdelava natančni gostotni profil lesa za

posamezno drevo in omogoči presojo gostote na ravni posameznih dreves. Primarno je bil rezistograf razvit za uporabo v arboristiki z namenom diagnosticiranja poškodovanosti dreves. Najnovejše različice pa omogočajo natančno merjene gostote lesa z ločljivostjo 0,01 mm. Rezistograf izmeri relativno vrednost gostote, zato prikazane vrednosti niso direktno primerljive z obstoječimi podatki. Meritve se načeloma izvajajo na odkazanih drevesih, da ne pride do razvrednotenja sortimentov zaradi morebitnega obarvanja lesa na mestu meritve. Možnost obarvanja in nastanka diskoloracije na mestu vrtanja je zaradi manjšega premera svedra manjša kot pri prirastoslovnem svedru, hkrati pa je obseg razbarvanja zelo odvisen od drevesne vrste. Meritve so izvedene hitro, poškodba pa se v roku nekaj mesecev povsem zaraste. Sveder ni narebren, zato ves izvrtan material ostane v izvrtini.

Vzorčenje je potekalo v dveh sklopih glede na zastopanost drevesnih vrst v slovenskih gozdovih: 1) vzorčenje drevesnih vrst, ki so trenutno najbolj zastopane v lesni zalogi in imajo največji ekonomski potencial (bukev, smreka, jelka, hrast, javor) in 2) vzorčenje tujerodnih drevesnih vrst, ki so že prisotne v Sloveniji v drevesni sestavi in so gospodarsko potencialno zanimive (duglazija, robinija). V drugi sklop vzorčenja sta bili naknadno vključeni tudi dve submediteranski vrsti (puhasti hrast, črni bor), katerih delež in ekološka vloga se bosta zaradi procesov naravne sukcesije ter globalnega segrevanja spreminjala. V vzorčenje so bila za vsako posamezno drevesno vrsto zajeta drevesa z različno produktivnih rastišč na različnih nadmorskih višinah. V ciljnem vzorcu so vse nadmorske višine približno enakomerno zastopane glede na pojavnost posameznih drevesnih vrst. Približna geografska razporeditev vzorčenih dreves je prikazana na Sliki 4.



Slika 4: Prostorska razporeditev vzorčenih lokacij in velikost vzorca po drevesnih vrstah

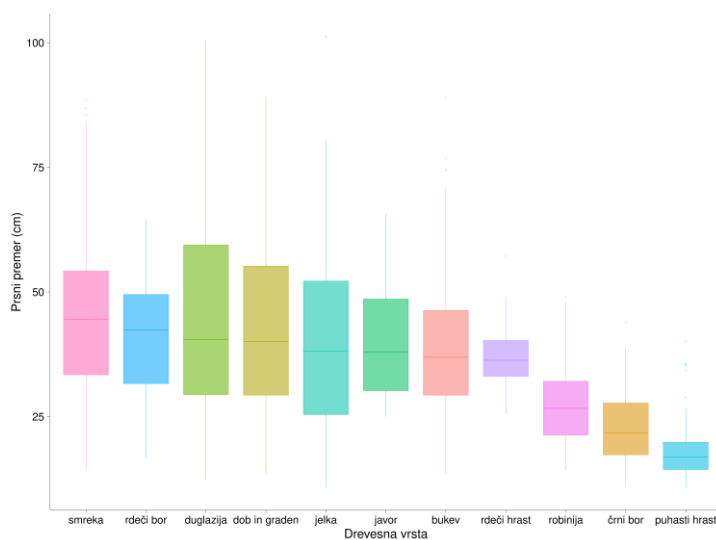
Vsakemu drevesu smo poleg gostote izmerili tudi prsni premer, višino drevesa ter višino začetka krošnje. Skupno smo izmerili 1561 dreves različnih vrst, podatki o povprečnih, minimalnih in maksimalnih premerih so navedeni v Preglednici 1. Del vzorčenja (približno polovica) je bil opravljen na odkazanih drevesih za posek v državnih gozdovih v skladu z dogovorom z družbo Slovenski državni gozdovi, d.o.o (SiDG). Preostanek je bil opravljen v zasebnih gozdovih v okviru tekočih projektov Gozdarskega inštituta Slovenije v skladu z dogovori z zasebnimi lastniki gozdov.

Preglednica 1: Število vzorčenih dreves in prsni premer po drevesnih vrstah

Vrsta	Število dreves	Prsni premer, povprečje in razpon
bukev	411	38 (13-89)
črni bor	74	23 (11-43)

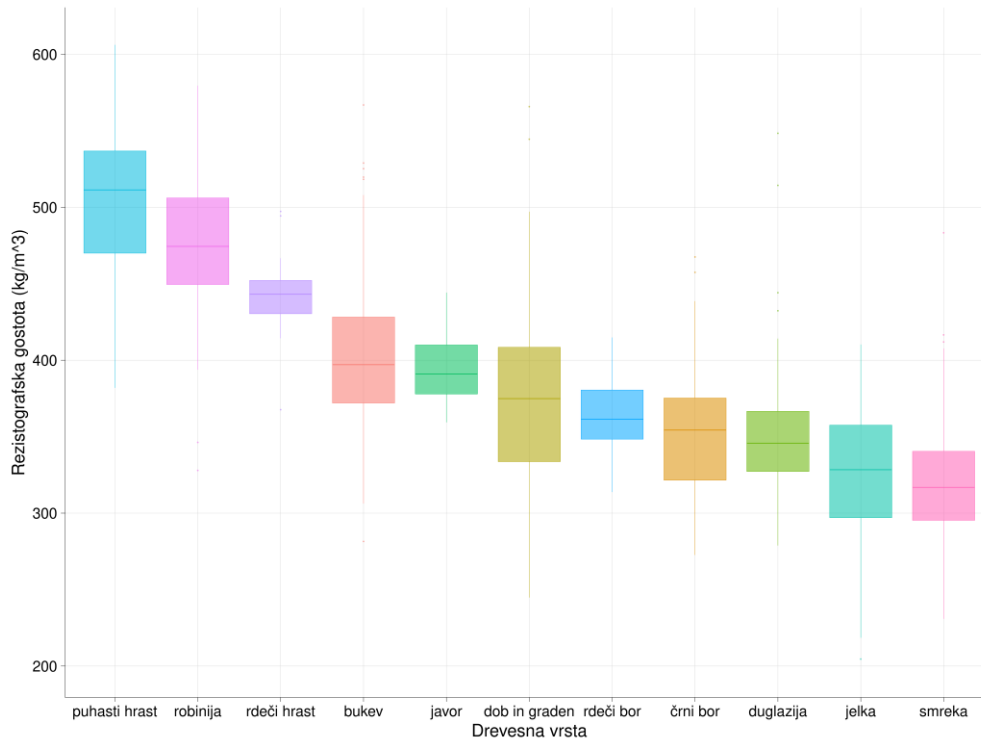
dob in graden	189	42 (13-89)
duglazija	163	44 (12-100)
javor	19	39 (25-65)
jelka	117	39 (10-101)
puhasti hrast	76	18 (10-40)
rdeči bor	31	41 (16-64)
rdeči hrast	20	37 (25-57)
robinija	60	28 (14-49)
smreka	401	45 (14-88)

Prsni premeri vzorčenih dreves so grafično prikazani spodaj (Slika 5) po drevesnih vrstah. Razpon premerov vzorčenih dreves je precejšen, v nekaterih primerih tudi znotraj posamezne drevesne vrste.



Slika 5: Prsni premeri vzorčenih dreves

V nadaljevanju izročka predstavljamo vrednosti rezistografske gostote, ki je v teoriji enaka t. i. osnovni gostoti lesa, ki je izračunana na podlagi mase absolutno suhega lesa in volumna svežega lesa. Pretvorba med vrtnim uporom naprave v gostoto lesa se naredi avtomatično na podlagi vnaprej znanega odnosa med njima, za katerega proizvajalec jamči odnos  $R^2 = 0,90$ . V praksi pa se je pokazalo, da je ta odnos odvisen od vlažnosti lesa ter povečanega trenja igle med vrtnjem v drevesa večjih dimenzij. Vrednosti rezistografske gostote so tako nižje od osnovnih gostot lesa, na podlagi izmerjenih korekcij pa lahko rezistografsko gostoto pretvorimo v pravo gostoto. V okviru dela opravljenega v delovni nalogi smo korekcijske količnike izmerili za drevesne vrste bukev, črni bor in puhasti hrast. Postopek umeritve je podrobneje prikazan v eni od dveh objav v Gozdarskem vestniku, navedenih v naslednjem poglavju. Vrednosti korekcijskega količnika se med tremi analiziranimi drevesnimi vrstami niso razlikovale in znašajo približno **1,4**. Za pretvorbo prikazanih rezistografskih gostot v osnovno gostoto lesa tako le pomnožimo izmerjeno gostoto z vrednostjo 1,4. Rezultati meritve rezistografskih meritev so prikazani na Sliki 6.



Slika 6: Primerjava gostot med vzorčenimi drevesnimi vrstami

Največ meritev gostote smo opravili na drevesih bukke in smreke. Najvišjo rezistografsko gostoto lesa smo izmerili v drevesih puhastega hrasta, robinije, rdečega hrasta in bukke. Kot zanimivost velja izpostaviti relativno velike razlike znotraj sorodnih vrst, npr. med gostoto lesa puhastega hrasta in gradna ali doba. Rezultati kažejo, da razlike med drevesnimi vrstami niso zanemarljive. Razlika med gostoto lesa smreke in bukke tako npr. znaša skoraj 30%, kar ima lahko pomembne posledice pri obračunavanju vezanega ogljika.

Čeprav sta submediteranski vrsti, puhasti hrast in črni bor, ki smo jih vključili v raziskavo, gospodarsko razmeroma nepomembni, se zna to v prihodnosti spremeniti. Projekcije podnebnih scenarijev namreč kažejo, da se bo delež gozdov sredozemskega tipa zaradi globalnega segrevanja v Evropi v naslednjih desetletjih povečal. Naše analize so pokazale pogosto prisotnost gostotnih fluktuacij v lesnih prirastkih pri črnem boru na tem območju. Ker te rastne značilnosti lahko pomembno vplivajo tudi na ostale lastnosti lesa, se jim bo v nadaljnjih raziskavah potrebno podrobneje posvetiti.

Rezultati meritev in primerjave gostote nakazujejo, da so manj razširjene drevesne vrste lahko primerna alternativa bolj razširjenim vrstam. Tako bi smreko lahko deloma nadomestila duglazija, ki ima poleg boljše odpornosti na sušo in žled tudi višjo gostoto lesa. Kot zanimivi sta se pokazali tudi vrsti rdeči hrast in robinija, v katerih smo izmerili relativno visoko gostoto lesa. Vse navedene alternativne vrste v Sloveniji dobro uspevajo in bi dolgoročno lahko predstavljale večji delež v lesni zalogi. Hkrati velja izpostaviti, da se korekcijski količniki za pretvorbo rezistografskih gostot v osnovno gostoto verjetno razlikujejo med drevesnimi vrstami in jih je tako potrebno preveriti za vse omenjene vrste zgoraj pred pretvorbo v osnovno gostoto.

#### 4. OBJAVLJENI PRISPEVKI

V okviru delovne naloge 1.1.1 je bilo objavljenih 6 strokovnih ali znanstvenih prispevkov:

1. KRAJNC, Luka, HAFNER, Polona, GRIČAR, Jožica, SIMONČIČ, Primož. Kakšna je kakovost lesa v slovenskih gozdovih?. Korenina : [interno glasilo družbe Slovenski državni gozdovi, d. o. o.]. [Tiskana izd.]. apr. 2020, št. 12, str. 18-19, ilustr. ISSN 2670-4234.

2. KRAJNC, Luka, HAFNER, Polona, VEDENIK, Andreja, GRIČAR, Jožica, SIMONČIČ, Primož. Meritve gostote lesa v slovenskih gozdovih = Wood density measurements in Slovenian forests. *Gozdarski vestnik : slovenska strokovna revija za gozdarstvo*. [Tiskana izd.]. 2020, letn. 78, št. 5/6, str. 234-241, ilustr. ISSN 0017-2723. [COBISS.SI-ID 22246915]
3. KRAJNC, Luka, HAFNER, Polona, GRIČAR, Jožica. The effect of growing conditions on wood density. V: LEVAN-GREEN, Susan L. (ur.). *Renewable resources for a sustainable and healthy future : proceedings of the 2020 Society of Wood Science and Technology International Convention, Virtual conference, July 12-15, 2020, Portorož, Slovenia*. Society of Wood Science and Technology International Convention, Virtual conference, July 12-15, 2020, Portorož, Slovenia. [S. l.: s. n., 2020]. Str. 54. ISBN 978-1-7340485-0-6. <https://www.swst.org/wp/wp-content/uploads/2020/07/SWST-2020-Proceedings.pdf>.
4. KRAJNC, Luka, HAFNER, Polona, GRIČAR, Jožica, SIMONČIČ, Primož. Umerjanje rezistografskih meritev gostote lesa na stoječih drevesih : pretvorba v osnovno gostoto = Calibration of resistograph measurements of wood density in standing trees : conversion into basic density. *Gozdarski vestnik : slovenska strokovna revija za gozdarstvo*. [Tiskana izd.]. 2020, letn. 78, št. 10, str. 404-410, ilustr. ISSN 0017-2723.
5. KRAJNC, Luka, HAFNER, Polona, GRIČAR, Jožica. The effect of bedrock and species mixture on wood density and radial wood increment in pubescent oak and black pine. *Forest Ecology and Management*. 2020. v *tisku*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118753>
6. KRAJNC, Luka, GRIČAR, Jožica. The Effect of Crown Social Class on Bark Thickness and Sapwood Moisture Content in Norway spruce. *Forests*. 2020, 11, 1316.

## 5. ZAKLJUČEK

Delo, opravljeno v okviru delovne naloge 1.1.1. se bo nadaljevalo v okviru prihodnjih raziskav na Gozdarskem inštitutu Slovenije. V prihodnosti pričakujemo večje spremembe v razmerju drevesnih vrst in v strukturi gozdno-lesnih sortimentov kot posledica podnebnih sprememb in posledično vse pogostejših naravnih motenj, ki bodo spremenile rastiščne razmere za uspevanje gozdov v Sloveniji. Te spremembe bodo vplivale na lastnosti in razpoložljivost lesa in s tem na celotno gozdno-lesno verigo. Boljše poznavanje gostote lesa ter dejavnikov, ki nanjo vplivajo, je zato ključno za usmerjeno in bolj intenzivno gospodarjenje v gozdovih z višjo kakovostjo. Zbrani podatki bodo predstavljali prvo bazo podatkov o gostotah lesa v slovenskih gozdovih, hkrati pa tudi osnovo za natančnejše izračune vezanega ogljika. Podatki bodo strukturirani glede na drevesno vrsto, produktivnost rastišča, nadmorsko višino itd. Cilj je postavitev digitalne javno dostopne baze vsem zainteresiranim uporabnikom. Obenem bo baza služila kot izhodišče za nadaljnje analize kakovosti lesa, zlasti mehanskih lastnosti, ki so ključne pri uporabi lesa za konstrukcijske namene. Lastnosti lesa in razpoložljivost drevesnih vrst predstavljajo osnovo za razvoj gozdno-lesne verige v smislu novih tehnologij, razvoja novih biomaterialov in potenciala rabe lesa različnih kakovosti z optimalnimi izkoristki.