



MOŽNOSTI RABE LESA LISTAVCEV V SLOVENSKEM BIOGOSPODARSTVU

VSEBINSKO POROČILO

Vsebinsko poročilo,
Projekt CRP V4 – 20126
november, 2023

ZAKLJUČNO VSEBINSKO POROČILO

Projekt CRP V4-2016

Naslov projekta:

Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu

Possibilities of hardwood utilisation in the Slovenian bioeconomy

Obdobje trajanja projekta: od 1. 11. 2020 – 31. 10. 2023

Nosilna RO: Gozdarski inštitut Slovenije

Sodelujoče RO: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Vodja projekta: Peter Prislan

Avtorji: Peter Prislan, Špela Ščap, Matevž Triplat, Nike Krajnc, Luka Krajnc, Domen Arnič, Aleš Straže, Dominika Gornik Bučar, Jože Koprivšek, Luka Juvančič

Projekta sta financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) v okviru ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo.si hrano za jutri« 2020-2023



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO

Kazalo:

POVZETEK.....	3
SUMMARY	3
UVOD	5
REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA.....	7
1. Potenciali lesa listavcev v slovenskih gozdovih (DS 2)	7
1.1. Načini ocenjevanja kakovosti okroglega lesa listavcev	7
1.2. Analiza kakovostne strukture okroglega lesa listavcev	13
1.3. Raba lesa, tržne količine in projekcije potencialov okroglega lesa listavcev v Sloveniji	21
2. Tokovi lesa listavcev v Sloveniji (DS 3).....	37
2.1. Vzpostavitev sistematičnega modela spremljanja tokov lesa listavcev	37
2.2. Interaktivni spletni prikazovalnik tokov lesa v Sloveniji.....	42
3. Sodobni proizvodi iz lesa ter inovativne tehnologije za obdelavo lesa (DS 4) 43	
3.1. Spremljanje kakovosti in vrednosti hrastove hlodovine s konvencionalnimi in nedestruktivnimi metodami	43
3.2. Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu	51
3.3. Kvalitativna/strateška analiza izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu	62
3.4. Analiza možnosti in razvoja sodobnih materialov z izboljšanimi lastnostmi in visokotehnoloških izdelkov na osnovi lesa listavcev.....	72
4. Makroekonomski učinki proizvodnje in predelave lesa listavcev (DS 5)	74
5. Komunikacija in diseminacija rezultatov (DS 1)	85
5.1. Komunikacija	85
5.2. Diseminacija rezultatov.....	85

POVZETEK

Med ključnimi vzroki za slabo izkoriščenost potenciala gozdnih lesnih sortimentov listavcev je pomanjkanje informacij o kakovostni strukturi sortimentov. Krajnc et al. (2023) so zato opravili analizo kakovostne strukture najpomembnejših drevesnih vrst listavcev v Sloveniji: navadne bukve, gorskega javorja ter hrasta doba. Ugotavljajo, da ob upoštevanju zahtev trenutno veljavnega Pravilnika o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije pri sečnji listavcev s prsnim premerom nad 30 cm lahko v povprečju pričakujemo med 40 – 50 % delež hlodovine v celotni prostornini dreves. Za boljše izkoriščanje lesa listavcev je pomembno celostno poznavanje lastnosti lesa, zato so ključni hitri in ažurni postopki gradiranja ter spremljanja kakovosti lesa. V ta namen so Straže et al. (2023a) primerjali konvencionalne in nedestruktivne metode spremljanja kakovosti hrastove hlodovine. Ščap in Triplat (2023) sta izvedla pregled rabe lesa listavcev. Ocenila sta tudi tržni potencial okroglega lesa listavcev, tj., količine hlodovine listavcev in lesa slabše kakovosti iz slovenskih gozdov. Za večjo izkoriščenost lesa listavcev v Sloveniji je nujno spodbujati uvajanje novih tehnologij predelave lesa listavcev ter uporabo proizvodov na osnovi lesa listavcev. Straže et al. (2023b) so izvedli popis verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. Opredelili so pet primarnih verig, dve verigi, ki zagotavljata krožnost in kaskadno izrabo surovine, in tri verige, ki omogočajo izrabo izdelkov iz primarnih verig z visoko dodano vrednostjo. V vsaki izmed opredeljenih verig so avtorji identificirali prekinjene člene verige, ki predstavljajo potencial z večjo izrabo lesa listavcev. Kropivšek et al. (2023) so v nadaljevanju izvedli kvalitativno strateško SWOT analizo ter nakazali prednosti in slabosti opredeljenih verig vrednosti. Učinek povečane rabe lesa listavcev znotraj Slovenije ter tehnološke nadgradnje proizvodnih verig na gozdno-lesno biogospodarstvo so raziskali Arnič et al. (2023). Oblikovali so pet scenarijev prestrukturiranja gozdno-lesne verige v Sloveniji in jih ovrednotili s pomočjo input-output modela. Avtorji ugotavljajo, da lahko slovensko gozdno-lesno biogospodarstvo preko prestrukturiranja gospodarskih aktivnosti v prihodnosti doseže do 20 % višjo vrednost proizvodnje agregata panog gozdno-lesnega biogospodarstva, povečanje števila zaposlenih za 24 % ter povečanje dohodka za 19 %. Raziskave nakazujejo, da je za doseganje multiplikacijskih učinkov treba (horizontalno) okrepiti obseg medsebojnega poslovanja med gospodarskimi panogami znotraj sektorja, še pomembnejša pa je okrepitev (vertikalnega) poslovanja med gospodarskimi subjekti vzdolž verige vrednosti gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji. Prestrukturiranje mora vključevati tudi optimizacijo ter tehnološko nadgradnjo verigo dodajanja vrednosti proizvodom iz lesa listavcev, hkrati pa je nujno spodbujanje uporabe materialov in izdelkov iz lesa listavcev s širokim spektrom uporabe in visoko dodano vrednostjo.

SUMMARY

One of the main reasons for the poor utilisation of the potential of hardwood log assortments is the lack of information about their quality structure. Therefore, Krajnc et al. (2023) analysed the quality structure of the main Slovenian hardwood species: beech, maple and oak. Following the national grading system for assortments, they expect that between 40% and 50% of the total volume will be usable assortments of hardwoods. Comprehensive knowledge of wood properties is essential for better utilisation of hardwoods, so fast and up-to-date grading procedures and monitoring of wood quality are crucial. For this purpose, Straže et al. (2023a) compared conventional and non-destructive methods for monitoring the quality of oak logs. Ščap and Triplat (2023) conducted a survey on the use of hardwood logs. They also assessed the market potential of such logs, i.e. the amount of hardwood logs and lower quality wood from Slovenian forests. In order to improve the use of hardwoods in Slovenia, it is

necessary to promote the introduction of new processing technologies for hardwoods and to use products based on them. Straže et al. (2023b) prepared an overview of value chains in the Slovenian forest-wood bioeconomy. They defined five primary chains, two chains ensuring a circular economy and the cascading use of raw materials, and three chains enabling the use of high value-added products from primary chains. In each defined chain, the authors identified the weakest links that represent the potential for improved use of hardwoods. Kropivšek et al. (2023) then conducted a qualitative SWOT analysis and highlighted the strengths and weaknesses of the identified value chains. Arnič et al. (2023) investigated the impact of the increased use of hardwoods in Slovenia and the technological upgrading of production chains on the forest-wood bioeconomy. They created five scenarios for restructuring the forest-timber chain in Slovenia and evaluated them using an input-output model. The authors conclude that the Slovenian forest and wood bioeconomy can achieve up to 20% higher production value of the forest and wood bioeconomy sector aggregate in the future through the restructuring of economic activities, increase the overall employment in the sector aggregate by 24% and increase income by 19%. Research shows that in order to achieve these multiplier effects, it is necessary to (horizontally) strengthen the scope of economic exchange between economic entities (i.e. firms) within the sector. Even more important is to strengthen (vertical) economic exchange between economic entities along the value chain of the forest-wood bioeconomy in Slovenia. Restructuring must also include optimization and technological upgrading of the chain of adding value to hardwood products at the same time, and it is essential to promote the use of hardwood materials and products with a wide range of uses and high added value.

UVOD

Predmet poročila v nadaljevanju so rezultati pridobljeni v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V4-2016 z naslovom »Možnost rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu (LesGoBio)«, ki sta ga financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) ter Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

Projekt LesGoBio naslavlja problematiko slabe izkoriščenosti lesa listavcev iz slovenskih gozdov. Potencial gozdnih lesnih sortimentov (predvsem listavcev) pri nas ni izkoriščen, kar bi lahko pripisali bodisi pomanjkanju informacij o kakovostni strukturi sortimentov, bodisi načinom (tehnologijam) predelave z manjšo dodano vrednostjo. Slovenska lesnopredelovalna industrija je usmerjena predvsem na področje predelave lesa iglavcev, manj pa se predeluje lesa listavcev, kljub temu da se lesna zaloga predvsem bukovine v zadnjih letih povečuje. Trendi zadnjih let in dolgoročne projekcije nakazujejo na dolgoročno rast lesne zaloge predvsem bukovine, kar kaže upoštevati tudi v načrtovanju prihodnjega razvoja gozdno-lesne verige v Sloveniji.

Glede na celotno strukturo proizvodnje okroglega lesa listavcev v zadnjih letih prevladuje les slabše kakovosti. Zato les listavcev pretežno uporabljamo v energetske namene. Ta podatek nakazuje, da imamo v Sloveniji z vidika izkoriščenosti potenciala dodane vrednosti sortimentov lesa listavcev izrazite rezerve. Te kaže iskati zlasti v povečanju gospodarske rabe okroglega lesa znotraj Slovenije ter v krepitvi tehnološko naprednejših alternativ energetske rabi okroglega lesa. Z razvojem oziroma optimizacijo ustreznih postopkov obdelave, pa bi lahko to surovino predelali v materiale z višjo dodano vrednostjo. V zadnjem desetletju v Sloveniji vsaj na ravni strateških razvojnih dokumentov zaznavamo krepitev zanimanja za gospodarski razvoj, ki bi vključeval načela krožnega biogospodarstva. Tovrstna organizacija poslovnih procesov pripomore k snovno in energetske učinkovitejši rabi sortimentov lesa listavcev in pozitivnim ekonomskim rezultatom – tako na ravni posameznega gospodarskega subjekta, kot tudi širše, v smislu multiplikativnih učinkov rasti agregatnega povpraševanja in s tem povečanja transakcij med gospodarskimi subjekti v različnih panogah gozdno-lesnega biogospodarstva (gozdarstvo, transport, žagarstvo, obdelava in predelava lesa, pa tudi hibridne panoge, kot npr. proizvodnja kemikalij, oskrba z energijo). Pozitivni ekonomski učinki se nanašajo tako na izboljšane kazalnike poslovanja gospodarskih subjektov, vključenih v verige vrednosti, kot tudi na pozitivne učinke na ravni nacionalnega gospodarstva (bruto dodana vrednost, dohodki, zaposlenost).

V projektu smo obravnavali stanje in perspektive proizvodnje in rabe lesa listavcev v Sloveniji z ozirom na smernice razvoja slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva. Poznavanje možnih in dejanskih količin lesne surovine iz gozdov je ključna informacija za razvoj lesnopredelovalne industrije tako pri umeščanju novih obratov ali optimizaciji obstoječih kot pri dimenzioniranju kapacitet, varnosti dobave ter izboru ustreznih tehnologij. Za strateško načrtovanje razvoja panog, ki so vezane na les, potrebujemo analizo tokov lesa. Zato smo v okviru projektnih aktivnosti podrobneje ovrednotili razpoložljive tržne količine in trenutne rabe lesa listavcev ter analizirali tokove lesa listavcev za ovrednotenje izkoriščenih/neizkoriščenih potencialov.

Glavni namen projekta je bil:

- (I) ovrednotiti razpoložljive tržne količine in trenutne rabe lesa listavcev,
- (II) analizirati tokove lesa listavcev za ovrednotenje (ne)izkoriščenih potencialov,

(III) opredeliti obetavne, okoljsko sprejemljive in ekonomsko izvedljive postopke obdelave ali predelave ter nove materiale/izdelke iz lesa listavcev.

Glavni cilj projekta je bil na podlagi pridobljenih informacij oblikovati scenarije implementacije sodobnih tehnologij za proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo ter opraviti makroekonomske analize obstoječega stanja ter alternativnih scenarijev mobilizacije lesa. Na podlagi rezultatov pa oblikovati priporočila za racionalno rabo lesa listavcev, ki bodo usmerjena predvsem k investitorjem v pomoč pa bodo tudi pri odločanju na ravni politik.

Ključni cilji projekta so bili:

- Analiza rabe lesa listavcev s poudarkom na rabi hlodovine listavcev in analiza tržnega potenciala lesa listavcev iz gozdov glede na kakovost in količino;
- Priprava projekcije potencialov lesa listavcev za različne evidentirane tehnologije primarne predelave lesa listavcev;
- Opredelitev obetavnih, okoljsko sprejemljivih in ekonomsko izvedljivih postopkov obdelave ali predelave različnih vrst lesa iz Slovenije (presoja inovativnih lesno-predelovalnih tehnologij);
- Oblikovanje scenarijev implementacije sodobnih tehnologij za proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo, ki bi omogočale racionalno in trajnostno rabo lesa listavcev;
- Makroekonomske analize obstoječega stanja v lesnopredelovalni industriji, ter primerjava z makroekonomskimi učinki različnih scenarijev prestrukturiranja sektorjev gozdno-lesnega biogospodarstva.

REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

Rezultati in dosežki so predstavljeni po posameznih delovnih sklopih projektnih aktivnosti.

1. Potenciali lesa listavcev v slovenskih gozdovih (DS 2)

1.1. Načini ocenjevanja kakovosti okroglega lesa listavcev

PRIMERJAVA NAČINOV OCENJEVANJA KAKOVOSTI OKROGLEGA LESAM

Ocena kakovosti lesa v različnih fazah proizvodne verige, postaja vse bolj pomembna. Kakovost sortimentov v primarni predelovalni industriji (žagan les, furnir) lahko močno variira zato je sledenje kakovosti vzdolž proizvodne verige ključno za izboljšanje učinkovitosti gozdno lesne verige. Ker na kakovost lesa vplivajo številni dejavniki (genotip, drevesna vrsta, rastiščni pogoji, gozdnogojitveni ukrepi, dimenzije hloda itn.) je za razvrščanje ključno uporabiti parametre, ki jih je enostavno oceniti ali izmeriti (Rais et al., 2014).

V okviru projekta smo izvedli primerjavo obstoječih načinov ocenjevanja kakovosti okroglega lesa listavcev (**R2.1**). Odkup okroglega lesa iz gozdov poteka na podlagi razvrščanja gozdno lesnih sortimentov v kakovostne razrede. V slovenskih državnih gozdovih se za razvrščanje hlodovine v posamezne kakovostne razrede uporablja Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov v lasti Republike Slovenije. Na drugi strani pravila za odkup lesa v zasebnih gozdovih niso striktno definirana. V tem primeru odkup poteka preko uporabe različnih standardov, uzanc oziroma dogovora med kupcem in prodajalcem lesa.

Standardi razvrščanja hlodovine v kakovostne razrede se med državami razlikujejo. Za ilustracijo prikazujemo preglednico z zahtevami/omejitvami štirih različnih držav za razvrščanje bukove hlodovine v kakovostni razred C in D. Hlodovina, ki ne ustreza zahtevam za D razred, spada pod ostali les (za proizvodnjo celuloze, lesnih plošč in les za kurjavo). Izpostaviti velja, da je v drugih državah meja med hlodovino in ostalim lesom precej nedefinirana, saj so omejitve v D razredu z redkimi izjemami skoraj neobstoječe. Tako v Nemčiji, Avstriji in Švici v D kakovostni razred spada vse, kar je še primerno za razrez na žagi (npr. v Nemčiji >40 % volumna sortimenta primerne za žagan les). Slovenski Pravilnik je tukaj precej strožji, zaradi česar verjetno prihaja do opaznih razlik v razmerju volumna potencialne hlodovine proti volumnu ostalega lesa.

Ključno za metodologijo ocenjevanja kakovosti je, da omogoča uporabne informacije za trg lesa (predelovalce, (potencialne) investitorje, lastnike gozdov, upravjalce gozdov), skratka, da daje informacije s katerimi lahko ocenimo realne potencialne lesa listavcev različnih kakovosti. V preglednicah 2, 3 in 4 primerjamo kakovostne razrede za razvrščanje hlodovine bukve po Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov v lasti Republike Slovenije.

Preglednica 1: Primerjava omejitev izbranih napak pri razvrščanju hlodov bukve v kakovostni razred C in D.

Napake		PMRGLS		RVR		SHR		ÖHU	
		C	D	C	D	C	D	C	D
Grče	zdrave	do 4cm ∞, 1/m' 20 % Ds	do 4cm ∞, 1/m' 30 % Ds	dovoljene v normalnem obsegu	dovoljene	<7cm	dovoljeno	2/m'	dovoljene

	trohle	1/4m - premer do 10% Ds	1/m'	2/4m - <20% Ds, oz <12cm	dovoljene	<5 cm	dovoljeno	Seštevek bul, trohlih grč do 8 cm in slepic največ 3/m'	dovoljeno
	slepice	višina bradavice do 10 cm, 2/m'	3/m'	dovoljene v normalnem obsegu	dovoljene	/	/		dovoljeno
Napake oblike	Zavitost	10 cm/m	dovoljena	dovoljena	dovoljena	12 cm/m	neomejeno	dovoljena	dovoljena
	Krivost	4cm/m	5cm/m	do 4cm/m' - do dolžine 4m do 6cm/m' nad dolžino 6m	dovoljeno	4cm/m	6cm/m	8cm /m'	dovoljeno
Napake srca	Zdravo rdeče srce	70%Dm	brez omejitev	do 60% Ds	dovoljeno	dovoljeno	dovoljeno	50%	dovoljeno
	Zvezdasto rdeče srce	20% Dm	40% Dm	do 40 % Ds	dovoljeno	ni dovoljeno	dovoljeno	40%	dovoljena
	Trohnoba	5% Dm	15 % Dm	25 % Ds - v sredini	do 50 % Ds	/	/	/	/
Drugo	T-bolezen	dovoljene v normalnem obsegu	dovoljene	dovoljene v normalnem obsegu	dovoljene	5 kos/m'	dovoljeno	dovoljeno	dovoljeno
<p>Pojasnilo okrajšav: PMRGLS - Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije RVR - Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR) SHR - Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz ÖHU - Österreichischen Holzhandelsusancen Dm - srednji premer na mestu merjenja napak Ds - srednji premer sortimenta m' - tekoči meter</p>									

Preglednica 2: Razvrščanja gozdnih lesnih sortimentov po Pravilniku o merjenju in razvrščanju GLS iz gozdov v lasti RS (Ur.l. RS, št. 195/2020)

BUKEV		KAKOVOSTNI RAZRED				
		Hlodi za furnir		Hlodi za proizvodnjo žaganega lesa		
Značilnosti/napake		A1	A2	B	C	D
Zahteve in dimenzij	Minimalna dolžina	2,5 m	3 m	2,0 m	2,0 m	2,0 m
	Minimalni srednji premer	45 cm	40 cm	35 cm	30 cm	25 cm
Nepraviln ost oblike	Ovalnost	15 %	15 %	20 %	dovoljena	dovoljena
	Žlebatost/vrasla skorja	5 % Dm	5 % Dm	5 % Dm	dovoljena	dovoljena
	Koničnost	1,5 cm/m	2 cm/m	2 cm/m	dovoljena	dovoljena
	Krivost enojna	2 cm/m	2 cm/m	3 cm/m	4 cm/m	5 cm/m
Nepravilnosti anatomske zgradbe	Hitrost rasti	pod 6 mm	brez omejitev	brez omejitev	brez omejitev	brez omejitev
	Ekscentričnost	10 %	15 %	20 %	dovoljena	dovoljena
	Dvojno srce	ni dovoljeno	ni dovoljeno	ni dovoljeno	dovoljeno	dovoljeno
	Zavitost	3 cm/m	7 cm/m	7 cm/m	10 cm/m	dovoljena
	Grče zdrave	niso dovoljene	do 2 cm, 2/m'	do 2 cm neomejeno, 15 % Ds 1/m'	do 4 cm neomejeno, 20 % Ds 1/m'	do 4 cm neomejeno, 30 % Ds 2/m'
	Grče slepice	1 v sredici ($V/\bar{S} \leq 1:5$) /hlod	slepice v notranjem delu dovoljene ($V/\bar{S} \leq 1:4$)	višina bradavice do 10 cm in $V/\bar{S} \leq 1:2$, 1/m'	višina bradavice do 10 cm, 2/m'	3/m'
	Grče - trohneče	niso dovoljene	niso dovoljene	niso dovoljene	1 na 4 m (premer do 10 % Ds)	1/m'
	Obodne razpoke	niso dovoljene	niso dovoljene	niso dovoljene	širina 3 mm	širina 5 mm
Poškodbe zaradi fizikalno mehanskih vplivov	Zunanje razpoke	25 % Ds	25 % Ds	na obeh čelih skupne dolžine 50 % Ds	na obeh čelih skupne dolžine 50 % Ds	na obeh čelih skupne dolžine Ds
	Stare poškodbe - nezarastle	niso dovoljene	niso dovoljene	3 % Dm	5 % Dm	10 % Dm
	Rane, zatesi (sveže poškodbe)	1 % Dm	1 % Dm	5 % Dm	10 % Dm	10 % Dm
	Poškodbe zaradi podiranja in prežagovanja - odtrgana ščetina	globina v območju nadmere	globina v območju nadmere	globina v območju nadmere	dolžine do 20 % Dm - globina do 50 % Dm dolžine nad 20 % Dm - globina v območju nadmere	dolžine do 20 % Dm - dovoljeno dolžine nad 20 % Dm - globina do 50 % Dm
	Spremembe barve v srcu - rdeče srce - zdravo	20 % Dm	50 % Dm	40 % Dm	70 % Dm	brez omejitev
Sprememba naravne barve lesa	Spremembe barve v srcu - rdeče srce - zvezdasto	ni dovoljena	10 % Dm	15 % Dm	20 % Dm	40 % Dm
	Trohnoba v srcu s spremembami mehanskih lastnosti	ni dovoljena	ni dovoljena	ni dovoljena	5 % Dm	15 % Dm
	Obarvanost na obodu brez sprememb mehanskih lastnosti	ni dovoljena	1 % Dm	5 % Dm	10 % Dm	10 % Dm
	Trohnoba na obodu s spremembami mehanskih lastnosti	ni dovoljena	ni dovoljena	ni dovoljena	5 % Dm	10 % Dm
	Obarvanje - drugo	ni dovoljeno	ni dovoljeno	ni dovoljeno	rahlo sezonsko površinsko obarvanje čel dopustno	površinsko sezonsko obarvanje čel dopustno piravost dovoljena do globine 50 % Ds
	Poškodbe zaradi insektov, gliv	Rovi ličink/hroščev	niso dovoljeni	niso dovoljeni	niso dovoljeni	niso dovoljeni
Glivne okužbe na skorji, T-bolezen, nekroze, zarasle stare poškodbe		niso dovoljene	niso dovoljene	dovoljene v omejenem obsegu	dovoljene v normalnem obsegu	dovoljene

Preglednica 3: Razvrščanja gozdnih lesnih sortimentov po standardu SIST EN 1316-1: 2012.

Bukev		Kakovostni razredi			
Značilnost/napake		A	B	C	D
Zahteve in dimenzije	Minimalna dolžina	3 m	3 m	2 m	2 m
	Minimalni premer brez skorje	40 cm	35 cm	25 cm	20 cm
Grče	Zdrave grče	1 na 3 m (≤ 4 cm)	1 na 1 m (≤ 6 cm), ali 1 na 2 m (≤ 8 cm)	dovoljene	dovoljene
	Trohneče grče	Niso dovoljene	Niso dovoljene	Seštevek premerov grč ≤ 8 cm na 2 m	dovoljene
	Slepice	1 na 3 m če je V/Š $\leq 1:4$	1 na 1 m če je V/Š $\leq 1:2$ in višina bradavice ≤ 10 cm	2 na 1 m	dovoljene
Nepravilnosti oblike	Zavitost	≤ 3 cm/m	≤ 7 cm/m	neomejeno	neomejeno
	Ekscentričnost	≤ 10 %	≤ 20 %	neomejeno	neomejeno
	Krivost	≤ 2 cm/m	≤ 4 cm/m	≤ 8 cm/m	Dovoljena
	Ovalnost	≤ 15 %	neomejeno	neomejeno	Neomejeno
	Žlebatost	nedovoljena	nedovoljena	dovoljena	Dovoljena
Poškodbe zaradi fizikalno mehanskih vplivov	Prečna razpoka	Ni dovoljena	Ena dovoljena na eni ravni ; dolžina razpoke mora biti krajša od srednjega premera	Ena dovoljena na eni ravni, če je dolžina razpoke na površju krajša od dvojnega srednjega premera	Dovoljena
	Druge razpoke	Niso dovoljene	Niso dovoljene	Dovoljena, če je najdaljša dolžina razpoke na površini krajša od srednjega premera	Dovoljene
	Razpoke zaradi insektov	Niso dovoljene	Niso dovoljene	Niso dovoljene	Dovoljene
Sprememba sredice	Trohnoba	Ni dovoljena	≤ 15 % premera celotnega premera v srcu	≤ 25 % celotnega premera v srcu	Dovoljena
	Rdeče srce	≤ 15 % celotnega premera	≤ 30 % celotnega premera	Dovoljeno	Dovoljeno
	Zvezdasto rdeče srce	Ni dovoljeno	≤ 10 % celotnega premera	≤ 40 % celotnega premera	Dovoljeno
	Madež? (stain)	Ni dovoljen	Ni dovoljen	Ni dovoljen	Dovoljen
	T bolezen	Ni dovoljena	1 na m	Dovoljena	Dovoljena

Preglednica 4: Razvrščanja gozdnih lesnih sortimentov po nemških uzancih RVR (RVR - Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland).

Značilnosti		Kakovostni razredi			
		A	B	C	D
Dimenzijske razmere	Srednji premer brez skorje	> 40 cm	> 35 cm	> 30 cm	> 25 cm
	Dolžina	> 3 m	> 2 m	> 2 m	> 2 m
Grče	Slepice	Dovoljene, razmerje med višino in širino bradavice $\leq 1:4$	Dovoljene, razmerje med višino in širino bradavice $\leq 1:2$ in višina bradavice ≤ 10 cm	Dovoljene v normalnem obsegu	Dovoljene
	Zdrave grče	Nedovoljene	2 na 4 m; ≤ 10 % srednjega premera brez skorje	Dovoljene v normalnem obsegu	Dovoljene
	Trohneče grče	Nedovoljene	1 na 4 m; ≤ 10 % srednjega premera brez skorje	2 na 4 m; ≤ 20 % srednjega premera brez skorje : maks. 12 cm	Dovoljene
Zavitost (cm/m)		≤ 2	≤ 6 (do 49 cm srednjega premera brez lubja); ≤ 7 (od 50 cm srednjega premera brez lubja naprej)	Dovoljena	Dovoljena
Krivost (cm/m)		≤ 2	≤ 3	≤ 4 (do 49 cm srednjega premera brez lubja); ≤ 6 (od 50 cm srednjega premera brez lubja naprej)	Dovoljena
Enojna notranja razpoka		Nedovoljena	Dovoljena	Dovoljena	Dovoljena
Enojna zunanja razpoka		Nedovoljena	Dovoljena, dolžina razpoke \leq srednjega premera brez lubja	Dovoljena, dolžina razpoke \leq dvojnega srednjega premera	Dovoljena

			brez lubja, maks. 1 m	
Notranja zvezdasta razpoka	Nedovoljena	≤ 2/3 premera čela brez lubja	Dovoljena	Dovoljena
Insekti (na hlotu)	Nedovoljeni	Nedovoljeni	Nedovoljeni	Dovoljeni
Bela trohnoba (% premera)	Nedovoljena	Nedovoljena	≤ 25 v središču	≤ 50
Rdeče srce (% premera)	≤ 15	≤ 33	≤ 60	Dovoljeno
Zvezdasto rdeče srce (% premera)	Nedovoljeno	≤ 15	≤ 40	Dovoljeno
Površinske poškodbe (sečnja)	Dovoljene sveže poškodbe	Dovoljene nezaceljene poškodbe od starosti pet let	Dovoljene zaceljene poškodbe	Dovoljene
Poškodbe skorje (nevroze, sončne opekline)	Nedovoljene	Dovoljene v normalnem obsegu	Dovoljene v normalnem obsegu	Dovoljene

SPLETNO ORODJE ZA RAZVRŠČANJE OKROGLEGA LESA PO KAKOVOSTI

V okviru projekta Net4Forest je nastalo spletno orodje za razvrščanje okroglega lesa po kakovosti, namenjeno vsem uporabnikom, ki želijo na priročen način določiti kakovost hlodovine in obenem pridobiti osnovno znanje o vrednotenju gozdnih lesnih sortimentov. Kot temeljni vir so bila uporabljena nemška pravila dobre prakse (RVR). Spletno orodje uporabnika vodi skozi sklop vprašanj o dimenzijah in napakah sortimenta. Pri posamezni napaki lesa uporabnik vnaša delne meritve, sistem pa na podlagi formul za določevanje kvarnega vpliva izračuna vrednost napake in hlot uvrsti v ustrezen kakovostni razred. Pri meritvah dimenzij sistem avtomatizirano upošteva nominalno dolžino, nadmero, odbitki dvojne debeline skorje pa se upoštevajo na podlagi orientacijskih vrednosti. S projektom LesGoBio so bile izvedene nekatere izboljšave uporabniške izkušnje, poleg tega je bilo spletno orodje nadgrajeno tako, da omogoča alternativni način razvrščanja hlodovine po pravilih razvrščanja sortimentov iz gozdov v lasti RS (Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije, 2020. Uradni list Republike Slovenije, št. 195/2020), ki se najpogosteje uporablja tudi pri trgovanju z lesom iz zasebnih gozdov (Zafran, 2023). Poleg alternativnega načina razvrščanja nadgradnje zajemajo tudi druge funkcionalnosti kot na primer: prikaz postopka vnosa podatkov – vključevanje podatka o volumnu sortimenta; prilagoditev delovanja obrazca za vnos podatkov – dodatne hitre povezave na pretekle/naslednje korake; možnost predčasnega zaključevanja vnosa podatkov in druge. Orodje je osnovano kot spletna aplikacija, za uporabo torej potrebujemo povezavo s spletnim omrežjem. Prikazana maska pa je prilagojena tudi za uporabo na mobilnih napravah.

Slika 2. Spletno orodje za razvrščanje okroglega lesa po kakovosti je na razpolago na naslednji spletni povezavi: <https://wcm.gozdis.si/si/orodja/sortimentacija/> ali <https://www.mojgozdar.si/sortimentacija/>.

VIRI:

- Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije, Uradni list RS, 007-399/2020/26 (2020).
- Rais, A., Pretzsch, H., & van de Kuilen Jan-Willem, G. (2014). Roundwood pre-grading with longitudinal acoustic waves for production of structural boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72(1), 87-98.
- SIST (2012). Hardwood round timber – Qualitative classification – Part 1: Oak and beech (EN 1316-1:2012). CEN. 2012. 9 str.
- ZAFRAN, Janez. Merjenje in razvrščanje gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji. *InfoGozd : skrbno z gozdom*. 10. jan. 2023, let. 4, št. 1, str. 9-15, ilustr.

1.2. Analiza kakovostne strukture okroglega lesa listavcev

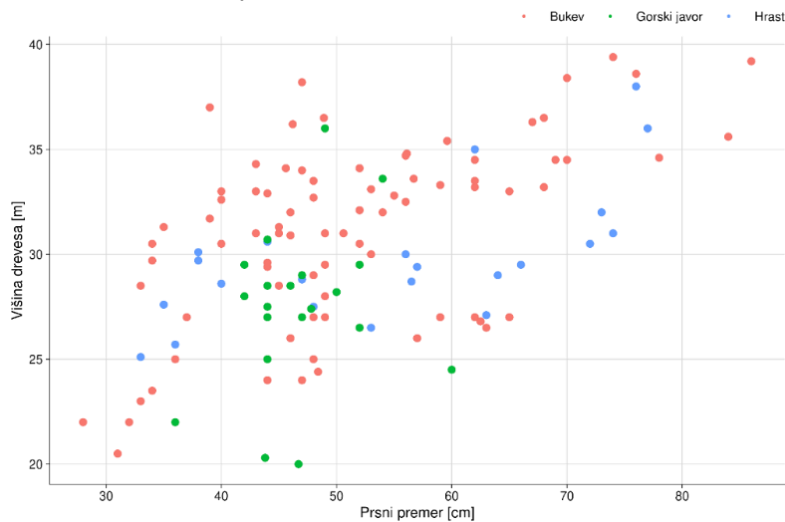
Prispevek predstavlja rezultate analize kakovostne strukture okroglega lesa treh najpomembnejših drevesnih vrst listavcev v Sloveniji (**R 2.2**), navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.), gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus* L.) ter hrasta doba (*Quercus robur* L.). Na različnih sečiščih po Sloveniji smo drevesa izbrali in izmerili pred posekom, nato pa po poseku izmerili dimenzije posameznih izdelanih gozdno-lesnih sortimentov ter lokacijo in velikost morebitnih nepravilnosti na ravni posameznega sortimenta. Vsak sortiment je bil razvrščen v enega izmed kakovostnih razredov A, B, C, D (hlodovina) ali drugo oblovino (nehlodovina). Nato smo za vsako posamezno drevo izračunali delež posameznega kakovostnega razreda v prostornini celotnega drevesa. V povprečju lahko pri upoštevanju zahtev trenutno veljavnega Pravilnika pri sečnji listavcev s prsnim premerom nad 30 cm pričakujemo med 40–50 % hlodovine.

UVOD

Standardi razvrščanja hlodovine v kakovostne razrede so primarno namenjeni lažjemu sporazumevanju med kupci in prodajalci hlodovine. V enakem prostorskem in časovnem okvirju se načeloma pojavi in uporablja več pravilnikov ali standardov z različnimi stopnjami definiranosti in zahtev za različne kakovostne razrede hlodovine (Marenče & Šega, 2015). Tako se tudi v Sloveniji pojavlja več hkrati uporabljenih standardov, od tistih za hlodovino iz državnih gozdov (Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije, (UL RS, 007-399/2020/26, 2020) – v nadaljevanju Pravilnik) do avstrijskih uzanc (Österreichische Holzhandelsusancen – ÖHU (FHP, 2006)) in EU standardov (npr. SIST EN 1316- 1:2012 in SIST EN 1316-2:2012 (CEN, 2012)). Določeni (dovolj veliki) kupci imajo občasno razvite lastne standarde, kakšna naj bo pripeljana hlodovina glede na namen njihove nadaljnje predelave (Zafran, 2023). Del kupcev pa standardov niti nima ali jih ne upošteva pri trgovanju z lesom. V Sloveniji je največji posamezni prodajalec sortimentov na trgu iz lastne proizvodnje družba Slovenski državni gozdovi d.o.o., ki upravlja z gozdovi v državni lasti. V letih normalne proizvodnje se iz državnih gozdov na trgu pojavi dober milijon kubičnih metrov hlodovine, kar znaša približno 40 % delež vse proizvedene hlodovine v slovenskih gozdovih (Zafran, 2023). Kakovostna struktura gozdno-lesnih sortimentov je odvisna od mnogih dejavnikov. V največji meri je odvisna od zunanjih dimenzij samega sortimenta ter dimenzij zunanjih nepravilnosti (grče ipd.), v manjši meri pa tudi od notranjih napak (trohnobe ipd.) ter poškodb, nastalih pri sečnji in spravilu. Glavni problem analiziranja kakovostne strukture v kateremkoli časovnem ali prostorskem okvirju je predvsem spreminjanje standardov razvrščanja hlodovine. Tako so sedanji podatki o kakovostni strukturi hlodovine brez hkratnega navajanja vseh podrobnosti uporabljenega standarda žal neuporabni oziroma v veliki meri težko prevedljivi na novejše kakovostne razrede s spremenjenimi zahtevami. S tem razlogom smo na Gozdarskem inštitutu Slovenije v zadnjih letih pričeli z vodenjem nove zbirke podatkov o kakovostni strukturi hlodovine, kjer se za vsak sortiment zapiše ne le kakovostni razred hlodovine, temveč vse zapisane napake nekega sortimenta. Tako se izmerijo in zapišejo dimenzije sortimenta, vse grče, njihova velikost ter lokacija znotraj sortimenta. Takšna zbirka bo v prihodnosti omogočala neprekinjeno dopolnjevanje zbranih podatkov o kakovostni strukturi hlodovine ter predvsem prevedbo zbranih podatkov v kakovostne razrede poljubno izbranega standarda razvrščanja. V prispevku predstavljamo prve rezultate razvrščanja sortimentov listavcev v kakovostne razrede, kot so definirani v Pravilniku o razvrščanju gozdno-lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije (UL RS, 007-399/2020/26, 2020).



Slika 3: Primeri meritev lastnosti in napak sortimentov.



Slika 4: Prsni premeri in višine izmerjenih dreves.

Razpored višin in prsnih premerov vzorčenih dreves je prikazan na sliki 4, podatki o prsnih premerih izmerjenih dreves pa so prikazani v preglednici 1. Povprečno izmerjeno drevo je imelo prsni premer okrog 50 centimetrov, v vzorcu pa z eno izjemo ni bilo dreves pod 30 cm. Najmanj izmerjenih dreves je pripadalo drevesni vrsti gorskega javorja, največ pa bukvi. Drevo bukve z največjim prsnim premerom je imelo premer 86 centimetrov.

Preglednica 1: Prsni premer vzorčenih dreves.

Vrsta	N	Mediana [cm]	Povprečje [cm]	KV [%]	Razpon [cm]
Bukev	80	48,6	51,3	24,5	28 - 86
Gorski javor	20	46,4	46,8	11,1	36 - 60
Hrast	23	56,5	55,9	26,9	33 - 77

Po sečnji smo vsak sortiment izmerili ločeno, izmerili smo mu dolžino in srednji premer. Izmerjena je bila absolutna dolžina sortimenta, torej brez odbijanja nadmerek. Nadmera se je ustrezno upoštevala pri razvrščanju sortimentov v kakovostne razrede, skladno s Prilogo 6 Pravilnika. Sledil je popis vseh zunanjih nepravilnosti (grče, razpoke, krivost, zavitost), pri tem smo izmerili tako velikost kot lokacijo znotraj sortimenta za vsako posamezno nepravilnost. Po meritvah zunanjih lastnosti smo ovrednotili in izmerili še prisotnost in obseg notranjih napak (npr. zdravo rdeče srce, zvezdasto rdeče srce, rjava trohnoba ...). Pri meritvah notranjih in

zunanjih lastnosti smo sledili navodilom Pravidnika, zapisanim v Prilogi 5 Pravidnika. Tako smo skupaj izmerili 721 sortimentov različnih premerov in dolžin. V povprečju je srednji premer sortimentov znašal okrog 30 centimetrov, s povprečno dolžino okrog 6 metrov. Manjše število sortimentov je bilo izmerjenih kot t. i. kombinirani sortimenti, kjer je po sečnji zaradi lažjega spravila do ceste združenih več različnih sortimentov. V teh posameznih primerih (skupno 2 sortimenta) smo kot oceno združenega sortimenta privzeli kakovostni razred slabšega sortimenta.

Preglednica 2: Premer in dolžina izmerjenih sortimentov.

Vrsta	N	Povprečni srednji premer [cm]	KV premer [%]	Razpon premera [cm]	Povprečna dolžina [m]	KV dolžina [%]	Razpon dolžine [m]
Bukev	453	34,8	40,8	10 - 84	5,7	46,4	0,6 – 21,2
Gorski javor	99	29,5	36,9	9 - 56	6,2	50,3	1,4 - 18
Hrast	169	31,9	50,6	10 - 70	5,9	42,3	1 - 13

Če pri analizi lastnosti izmerjenih sortimentov izločimo vso drugo oblovino, je bilo skupaj izmerjenih 243 sortimentov kakovostnih razredov A, B, C ali D (preglednica 3). Povprečni premer je v tem primeru pričakovano višji, zmanjša pa se tudi povprečna dolžina.

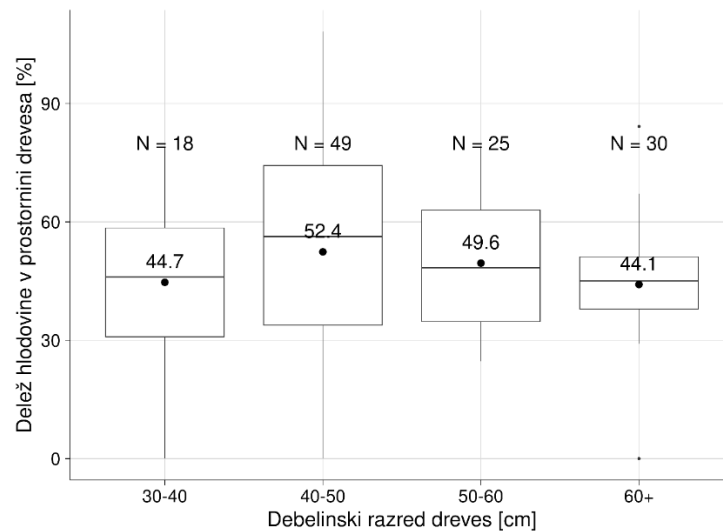
Preglednica 3: Premer in dolžina sortimentov – hlodovine A, B, C in D kakovostnega razreda.

Vrsta	N	Povprečni srednji premer [cm]	KV premer [%]	Razpon premera [cm]	Povprečna dolžina [m]	KV dolžina [%]	Razpon dolžine [m]
Bukev	151	44,4	25,5	27 - 84	5,3	34,3	2,3 – 12,2
Gorski javor	37	39,8	15,2	26 - 56	5,6	35,7	2,8 – 11,4
Hrast	55	48,2	25,2	27 - 70	4,7	32,3	2,1 – 8,3

Delež hlodovine v celotni prostornini drevesa smo izračunali kot količnik med vsoto prostornin hlodov kakovostnih razredov A, B, C in D ter računsko prostornino drevesa, iz katerega so bili ti hlodi izdelani. Prostornino posameznih dreves smo izračunali na osnovi prsnega premera, višine drevesa ter drevesne vrste s pomočjo krivulj za opis oblike debla (Krajnc & Kušar, 2022) s pomočjo R programske knjižice rBDAT (Vonderach et al., 2021). V prostornini drevesa je bil zajet volumen debeljadi, torej debla in vej do premera 7 cm. Vse prostornine (tako sortimentov kot dreves) vsebujejo skorjo, pri razvrščanju v kakovostne razrede pa smo pri srednjih premerih upoštevali predpisane odbitke za debelino skorje (Priloga 1, Pravidnik).

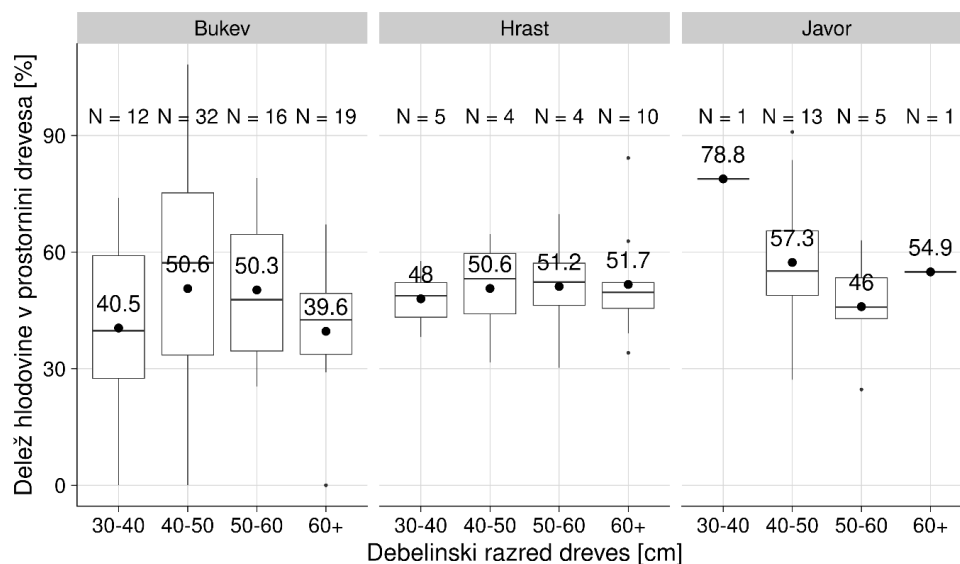
REZULTATI IN RAZPRAVA

Na Sliki 5 prikazujemo delež hlodovine v celotni prostornini drevesa, združeno za vse tri vzorčene drevesne vrste. Delež hlodovine se giblje okrog 50 %, opazen je rahel trend upadanja deleža hlodovine pri drevesih s prsnim premerom nad 50 cm. Največji izmerjen delež hlodovine je bil tako v povprečju kot absolutno izmerjen v debelinskem razredu 40-50 cm. Razpon deležev hlodovin je precej širok in v večini primerov presega 30 % prostornine.



Slika 5: Delež hlodovine v celotni prostornini drevesa po debelinskih razredih, združeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen debelinski razred drevesa, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t.i. osamelci).

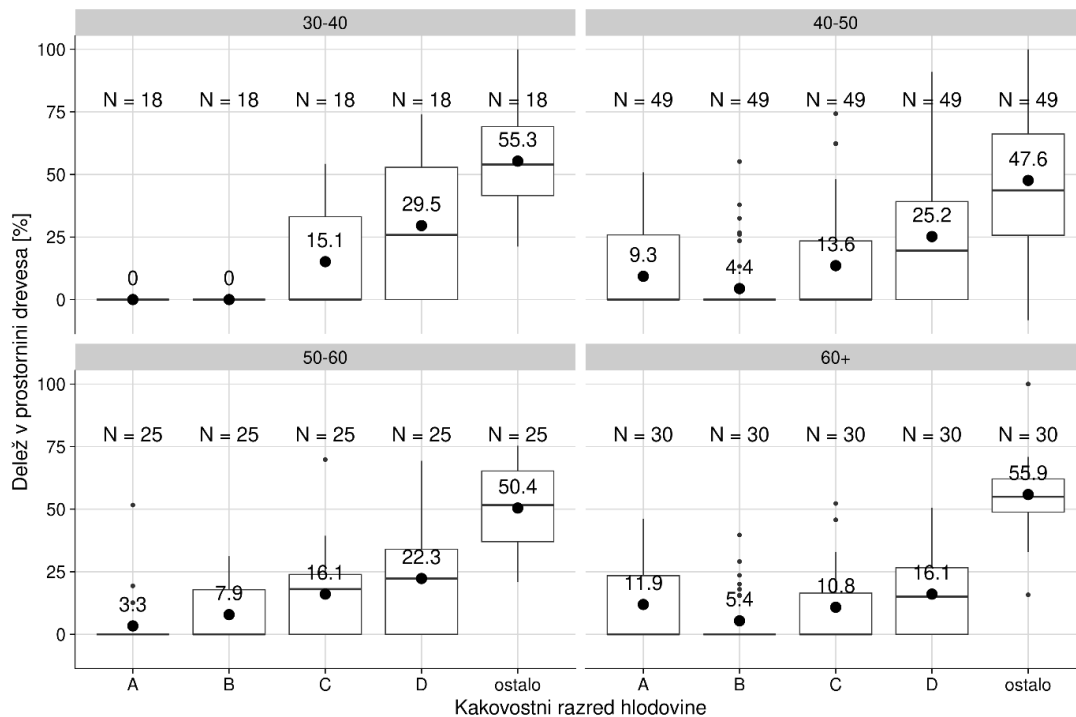
Podobna razmerja med hlodovino in ostalim lesom so opazna tudi, ko zgornje deleže hlodovine prikažemo ločeno po drevesnih vrstah (Slika 6). Pri bukvi delež hlodovine upade v povprečju celo pod 40 % v največjem debelinskem razredu, pri hrastih pa ostaja bolj nespremenjen z večanjem prsnega premera. Pri gorskem javorju rezultati v prvem in zadnjem debelinskem razredu niso uporabni za izpeljavo zaključkov, saj je bilo v vsakem od teh dveh razredov izmerjeno samo eno drevo.



Slika 6: Delež hlodovine v celotni prostornini drevesa po debelinskih razredih, ločeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen debelinski razred drevesa, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t.i. osamelci).

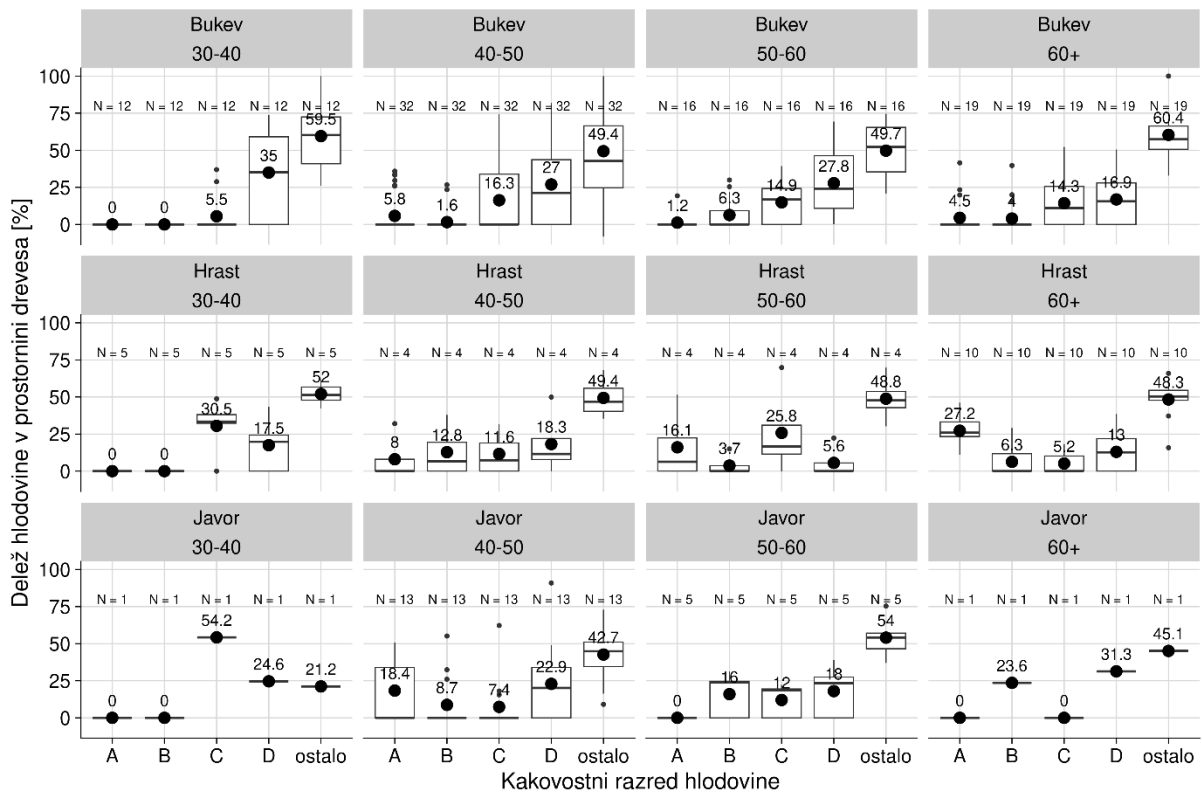
Delež posameznega kakovostnega razreda po debelinskih razredih ter združeno za vse tri vrste je prikazan na Sliki 7. V vseh debelinskih razredih je največ ostalega lesa (druge oblovine, manipulacijski les, les za kurjavo). Izpostaviti velja, da delež kakovostnega razreda

A pričakovano sicer v splošnem narašča s prsnim premerom, razmerja med ostalimi tremi kakovostnimi razredi (B, C, D) pa ostajajo z naraščanjem prsnega premera v istem razmerju ($D > C > B$). Delež ostalega lesa (nehlodovine) ostaja približno enak.



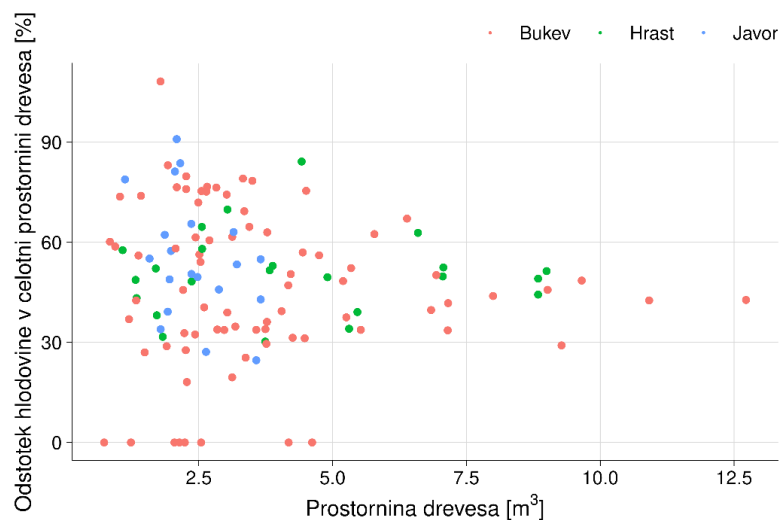
Slika 7: Delež hlodovine posameznega kakovostnega razreda v celotni prostornini drevesa, združeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen kakovostni razred hlodovine, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t.i. osamelci).

Ko zgornje podatke ločimo po drevesnih vrstah (Slika 8), se razmerje med razredi B, C in D spremeni v odvisnosti od drevesne vrste. Pri bukvi ostane približno enako kot opisano zgoraj (prostornine $D > C > B$, A ostaja približno enak), pri hrastih in javorju pa so razlike med razredi manj izražene.



Slika 8: Delež hlodovine posameznega kakovostnega razreda v celotni prostornini drevesa, ločeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen debelinski razred drevesa, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t.i. osamelci).

V grobem sicer pričakovano delež hlodovine ni odvisen od prostornine drevesa (Slika 9), pri skoraj enaki prostornini je bilo izmerjenih več različnih deležev hlodovine pri isti drevesni vrsti.



Slika 9: Odstotek hlodovine v celotni prostornini drevesa v odvisnosti od prostornine drevesa.

Delež hlodovine v bruto prostornini drevesa iz naše raziskave je primerljiv z deleži, poročanimi za iste vrste v preteklosti (Marenče in drugi., 2017 in 2020). Omenjene raziskave so pri razvrščanju hlodovine v kakovostne razrede uporabile EU standarde serije EN 1316, za razliko od naše raziskave, kjer se je uporabil Pravilnik. Drugih podobnih raziskav na tem področju ne

poznamo. Prednost naše raziskave je predvsem velikost vzorca in da so bila drevesa v vzorcu vsaj pri bukvi porazdeljena po celi Sloveniji (Slika 2), kar omogoči boljšo reprezentativnost predstavljenih rezultatov. Žal pa so takšne raziskave izjemno časovno in organizacijsko zahtevne, saj zahtevajo večkratni obisk sečišča ter prilagoditev dela predvsem sekaških ekip na terenu. V prihodnosti bi bilo podobno raziskavo smiselno ponoviti še na drevesih iglavcev, da za Slovenijo pridobimo realne podatke o možni kakovostni strukturi poseka ob trenutno veljavnih standardih razvrščanja hlodovine. Načeloma je na voljo na ravni države ali manjših prostorskih enot več informacij o deležu hlodovine, predvsem s strani večjih prodajalcev, ki pa pogosto niso realne. Tržna in optimalna sortimentacija sta namreč dve različni strani istega kovanca. Tržna sortimentacija upošteva tudi (po)stranske dogovore kupec-prodajalec, kjer imamo v mislih predvsem pogodbe z vnaprej specificirano kakovostno strukturo odkupa. Zaradi tega posledično tržna sortimentacija pogosto lahko odstopa od optimalne sortimentacije, saj je lahko manjkajoči kakovostni razred nadomeščen s sortimenti višje kakovosti kot je zahtevano v odkupni pogodbi. V primeru naše raziskave gre nedvomno za optimalno sortimentacijo, saj so bile upoštevane samo zahteve Pravilnika. Rastišča, izbrana za analizo, so bila srednje ali celo visoko produktivna, zato rezultati raziskave niso aplikabilni na nižje produktivna rastišča z nižjimi višinami dreves ter drugačno debelinsko strukturo. Pomembno je seveda ponovno izpostaviti, da je deleže hlodovine smiselno primerjati le ločeno po debelinskih razredih. Izračun enotnega deleža hlodovine na ravni sestoj ali kakšni drugi prostorski enoti namreč nima pomena brez informacije o debelinski strukturi poseka. Na delež hlodovine ima velik vpliv tudi rastišče (preko pojavljanja notranjih napak) ter poškodbe sortimentov pri sečnji in spravilu. Slednje načeloma nimajo večjega vpliva na končno sortimentacijo, saj se ob pravilnem načinu izvajanja dela pojavljajo le občasno in v manjšem obsegu.

ZAKLJUČKI

V povprečju lahko pri upoštevanju zahtev trenutno veljavnega Pravilnika pri sečnji listavcev s prsnim premerom nad 30 cm pričakujemo med 40 – 50 % deleža hlodovine v celotni prostornini dreves. Deleži hlodovine v prostornini dreves se med tremi vključenimi drevesnimi vrstami listavcev niso bistveno razlikovali. V grobem sicer lahko iz rezultatov izpeljemo, da je pri hrastu delež hlodovine še najmanj odvisen od debelinskega razreda in se relativno malo spreminja v primerjavi z recimo bukvijo ali javorju. Pri deležih kakovostnih razredov so razlike med vrstami bolj opazne. Pri bukvi je tako razmerje kakovostnih razredov med različnimi kakovostnimi razredi približno enako med debelinskimi razredi, pri ostalih dveh vrstah pa se bolj spreminja. Pri bukvi je jasno opazna odvisnost deleža hlodovine od prsnega premera, tako v grobem delež hlodovine naraste do razreda 50-60 cm in nato začne upadati. Podobno je tudi pri hrastu, s tem da je ta odvisnost manj izražena. Pri javorju je bilo v najmanjšem in največjem debelinskem razredu izmerjeno le po eno drevo, zato pri tej vrsti ne moremo razpravljati o odvisnosti deleža hlodovine od prsnega premera. V večini primerov so imele največji vpliv na razvrstitev v kakovostni razred predvsem dimenzije sortimentov v kombinacijami s posameznimi napakami, predvsem notranje napake ter grče. V prihodnosti nameravamo na večjem vzorcu sortimentov tudi ovrednotiti deleže napak po velikosti vpliva na končno razvrstitev sortimenta v kakovostni razred. Načeloma tudi znotraj posameznega debelinskega razreda lahko prihaja do velikih nihanj, posamezna drevesa namreč lahko celo nimajo hlodovine ali pa občutno presegajo povprečno vrednost deleža. Vrednosti in deleži hlodovine ali kakovostnih razredov, prikazanih v tej raziskavi so zgolj informativne in jih ne smemo smatrati kot pričakovane vrednosti pri poljubno izbranih drevesih. Drugačen vzorec dreves bi dal drugačne številke in razpone, zelo verjetno pa bi vrednosti bile približno enake.

VIRI:

- SIST (2012). Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 1: Oak and beech (EN 1316-1:2012). CEN. 2012. 9 str.
- SIST (2012). Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 2: Poplar (EN 1316-2:2012). CEN. 2012. 9 str.
- FHP, 2006. Österreichische Holzhandelsunionen 2006. Kooperationsplattform Forst Holz Papier, Wien. Austria. 310 pp.
- Krajnc, L. in Kušar, G. (2022). Določanje prostornine dreves s krivuljami za opis oblike debla (KOOD). Gozdarski vestnik, 80, 2: 63–76.
- Marenče, J., & Šega, B. (2015). Povezave med kakovostjo bukovih dreves in iz njih izdelanih sortimentov. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 10(73), 429–441.
- Marenče, J., Matijašič, D., & Grečs, Z. (2017). Kakovost bukovine v Sloveniji – trenutno stanje in pričakovane spremembe. Les/Wood, 66(1), 10.
- Marenče, J., Šega, B., & Gornik Bučar, D. (2020). Monitoring the Quality and Quantity of Beechwood from Tree to Sawmill Product. Croatian Journal of Forest Engineering, 41(1), 119–128. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.613>
- Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije, Uradni list RS, 007-399/2020/26 (2020).
- Vonderach, C., Kublin, E., Bösch, B., Kändler, G., 2021. rBDAT: Implementation of BDAT tree taper fortran functions (manual).
- ZAFRAN, Janez. Merjenje in razvrščanje gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji. InfoGozd : skrbno z gozdom. 10. jan. 2023, let. 4, št. 1, str. 9-15, ilustr. ISSN 2738-5035. <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=16731>, <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=16731>, DOI: 10.20315/IG.2023.0002.

1.3. Raba lesa, tržne količine in projekcije potencialov okroglega lesa listavcev v Sloveniji

Gozdarstvo in lesnopredelovalna industrija sta za Slovenijo strateško pomembni gospodarski panogi, ki v zadnjih letih krepita svojo vlogo v biogospodarstvu. Raziskava se osredotoča na problematiko rabe lesa listavcev v Sloveniji. Za akterje, ki se ukvarjajo z rabo lesa listavcev, je pomembno vedenje o razpoložljivi količini domačega lesa, ki se lahko ponudi na trgu (**R2.4**). V okviru projekta »Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu« (V4–2016) je bila posodobljena in nadgrajena leta 2014 razvita metodologija za oceno količin in potencialov lesa listavcev (**R2.3**). Za prihodnje odločanje o razvoju gozdarskega in lesnopredelovalnega sektorja je potrebno tudi raziskovanje tokov lesa, zato je bila v raziskavi opravljena anketa med večjimi predelovalci okroglega lesa listavcev. Ocenjeni teoretični tržni potencial hlodovine listavcev v slovenskih gozdovih je v letu 2021 znašal 0,777 mio m³ in 2,372 mio m³ ocenjeni teoretični tržni potencial lesa slabše kakovosti. Ocenjeni dejanski tržni potencial hlodovine listavcev je v letu 2022 znašal 0,528 mio m³, lesa slabše kakovosti pa 0,741 mio m³. Projekcije potencialov hlodovine listavcev kažejo (**R2.5**), da bodo v letu 2025 na trgu podobne količine lesa kot leta 2022. Poraba okroglega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 0,906 mio m³ lesa predelanega za energetske namene, ostalih 0,527 mio m³ pa v industriji. Rezultati raziskave potrjujejo problematiko rabe lesa listavcev v Sloveniji in nakazujejo priložnosti slovenskega gozdno-lesnega sektorja za prihodnji razvoj.

UVOD

Gozdarski sektor in lesnopredelovalna industrija sta ključni del celotnega biogospodarstva, kjer kot osnovna surovina nastopa les, bodisi v obliki gozdnih lesnih sortimentov, lesnih ostankov, odsluženega lesa idr. (Jonsson et al., 2021). Gozdarski in lesnopredelovalni sektor imata pomembno vlogo v evropskem biogospodarstvu. Leta 2015 so dejavnosti gozdarstvo, proizvodnja papirja in drugih lesnih izdelkov ter pohištvena industrija skupaj zaposlovali 2,6 milijona ljudi v EU, v primerjavi s skupno zaposlenostjo v biogospodarstvu EU, ki je v tem letu znašala 13,5 milijona oseb (Ronzon & M'Barek, 2018). Poleg tega lahko gozdovi in lesni proizvodi aktivno prispevajo k doseganju dolgoročnih ciljev iz Pariškega sporazuma (Valade et al., 2017), saj z vezavo ogljika v gozdovih, skladiščenjem ogljika v pridobljenih lesnih

proizvodih (ang. "harvested wood products" v nadaljevanju besedila HWP) ter nadomeščanje neobnovljivih virov energije blažijo podnebne spremembe (Hildebrandt et al., 2017).

Gozdarstvo, lesarstvo in papirništvo so za Slovenijo strateško pomembne gospodarske panoge, ki v zadnjih letih krepijo svojo vlogo v krožnem biogospodarstvu. Dodana vrednost gozdarstva, primarne predelave lesa, pohištvene panoge ter papirništva v bruto domačem proizvodu v zadnjih treh letih predstavlja povprečno 2,24 %, v letu 2021 se je sicer delež znižal na 2,14 na račun papirništva (SURS, 2022a). Število zaposlenih v obravnavanih panogah je največje v dejavnosti C 16 (obdelava in predelava lesa) in sicer je v letu 2021 znašalo 9.600 oseb, kar je največ po letu 2011. Za gozdarstvo (SKD dejavnost 02) je značilen pozitiven trend zaposlovanja; najvišja zaposlenost v zgodovini Slovenije je bila v letu 2019 (7.500 oseb), v letu 2021 se je znižala na 6.800 oseb. Zaposlenost v pohištveni panogi je drastično padla po letu 2008 in je v letu 2021 znašala 6.200 oseb. V papirništvu je bilo v letu 2021 zaposlenih 4.500 oseb, kar je 43 % manj kot v povprečju obdobja 1995–1997 (SURS, 2022b). V letu 2021 so bili v lesnopredelovalni panogi prihodek, neto čisti dobiček in dodana vrednost na zaposlenega najvišji doslej, vendar lesna panoga še vedno zaostaja za povprečjem EU in predelovalno dejavnostjo v Sloveniji (Valentinčič & Likar, 2022). Prihodki pri družbah in samostojnih podjetnikih so skupno znašali 1,855 mio EUR, dodana vrednost na zaposlenega je v letu 2021 znašala 41.892 EUR, dobiček pa se je pri družbah v primerjavi z letom 2020 povečal za kar 58 %, iz 59 na 93 mio EUR (Valentinčič & Likar, 2022).

Z vgradnjo lesa v izdelke in stavbe podaljšujemo skladiščenje ogljika za čas trajanja izdelkov oziroma lesenih delov stavb. Trenutno se predela okoli 1,5 mio m³ okroglega industrijskega lesa, ki se poseka v Sloveniji, od katerega se proizvede okrog 900.000 m³ lesnih izdelkov oz. HWP (Ščap & Mali, 2022). Spremembe zaloge ogljika v lesnih proizvodih v Sloveniji že od leta 1999 kažejo pozitiven trend, kar obračunsko ponazarja ponor, ki v zadnjih desetih letih niha med -25 kt CO₂ in -253 kt CO₂. Slovenija je med članicami EU med zadnjimi po deležu ponorov oz. povečanja zaloge ogljika iz naslova HWP, saj le-ta znaša cca. 3 % skupnih neto ponorov zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva (ang. "Land Use, Land-Use Change and Forestry" v nadaljevanju besedila LULUCF), ki so v letu 2020 v Sloveniji znašali -4736 kt CO₂. Ta delež znaša na ravni EU v povprečju 17 % (Ščap & Mali, 2022). V letu 2021 so bili neto ponori v HWP -195 kt CO₂.

Analize tokov okroglega lesa so pomembno orodje za prikaz stanja gozdno-lesnega sektorja v državi ali regiji in tudi za strateško načrtovanje razvoja panog, ki so vezane na les (Krajnc & Piškur, 2006; Ščap & Krajnc, 2021). Z analizo tokov okroglega lesa ugotavljamo ravnovesje med proizvodnjo in primarno rabo okroglega lesa v Sloveniji (Krajnc & Piškur, 2006). Podatki tokov lesa v Sloveniji kažejo, da primarna predelava lesa predstavlja pomemben člen v slovenski gozdno-lesni verigi in je ključen člen v razvoju lesne industrije. S primarno predelavo lesa se ukvarjajo žagarski obrati in furnirnice, ki okrogli les predelujejo v žagan les ter furnir. Proizvodi primarne industrije, kot tudi lesni ostanki, so vstopna surovina ne samo za lesno industrijo, temveč tudi za gradbeno, papirno, kemijsko, farmacevtsko itd. (Kropivšek & Čufar, 2015). Industrija žaganega lesa in furnirja predela največ okroglega lesa v Sloveniji, nad 1,7 mio m³, od tega z več kot 80 % prevladuje predelava iglavcev (Krajnc & Piškur, 2006; Piškur & Krajnc, 2009; Ščap, 2022; Ščap & Krajnc, 2021; Ščap et al., 2021). Pomemben porabnik okroglega industrijskega lesa so tudi industrije lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij, ki skupno predelajo nad 0,5 mio m³ lesa letno, od tega je več kot polovica lesa iglavcev (Ščap, 2022; Ščap & Krajnc, 2021). V skupni porabi okroglega lesa v industriji listavci predstavljajo povprečno le 21 % v zadnjih petih letih, kljub temu da se pri listavcih povečuje delež hlodov za žago in furnir v skupni proizvodnji. Le-ta je v letu 2021 znašal 25 %, kar je največ po letu 2007 (Ščap, 2022). Okrogli les listavcev se v Sloveniji v več kot 60 % porabi kot les za kurjavo, izraženo v količinah je to okrog 1 mio m³ (Ščap, 2022; Stare et al., 2022). Drva so najpomembnejši energent predvsem na podeželju, kjer si velik del gospodinjstev vsako leto zagotovi drva iz lastnega gozda (Krajnc & Ščap, 2022). Gospodarske panoge, ki

uporabljajo les kot glavno surovino, so odvisne od stanja oz. potenciala gozdov (Jonsson et al., 2021). Informacije o količinah in potencialih lesa iz gozdov so pomembne za vse akterje, vključene v gozdno-lesne verige. Najbolj pomembna zanje je realna in trenutno razpoložljiva količina lesa, ki se lahko ponudi na trgu, kjer je že izvzeta količina lesa, ki se porabi za lastne potrebe v gospodinjstvih (Ščap et al., 2014). Kljub rasti poslovanja lesnopredelovalne industrije v Sloveniji v zadnjih letih pa potenciala lesa v naših gozdovih še vedno ne izkoriščamo dovolj (Kropivšek & Gornik Bučar, 2017). To še posebej velja za les listavcev, saj ugotovitve raziskav kažejo, da več kot 60 % lesne mase bukovih dreves pogosto ni izkoriščene oz. se jo samo deloma porabi za energetiko, saj velik del prostorninskega lesa pogosto ostaja v gozdu (npr. (Marenče et al., 2016; Marenče et al., 2020; Zule et al., 2017)). Ne dovolj učinkovito delovanje gozdno-lesne verige, kjer je glavna surovina les listavcev, potrjujejo tudi podatki o strukturi proizvodnje okroglega lesa listavcev po namenu rabe, saj tradicionalno z več kot 50 % prevladuje les za kurjavo (Ščap, 2022; Ščap & Krajnc, 2021). Drva so pomemben energent na podeželju, saj raziskave Gozdarskega inštituta Slovenije kažejo, da se več kot polovica gospodinjstev na podeželju ogreva z lesnimi gorivi, kjer prevladuje uporaba drv. Poleg tega je več kot polovica gospodinjstev, ki se ogrevajo na drva, samooskrbnih (Krajnc & Stare, 2021). Vendar pa je za gospodarnejše ravnanje z lesom listavcev potrebno zagotavljati proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo ter polno izkoriščanje potenciala lesa listavcev glede na njegovo kakovost (Kropivšek & Gornik Bučar, 2017). Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) se lesna zaloga listavcev povečuje in je le-ta v letu 2021 predstavljala 55,7 % skupne lesne zaloge. Od tega 33 % lesne zaloge predstavlja bukev (Poljanec et al., 2022). Namen raziskave je s pomočjo podatkov lesno-predelovalne industrije ovrednotiti snovne tokove okroglega lesa ter žaganega lesa listavcev. Zaradi nerednega zbiranja podatkov o predelavi lesa v žagarski industriji so aktualni podatki s strani podjetij nujni za natančne analize rabe okroglega in žaganega lesa v Sloveniji. Namen raziskave je tudi posodobitev tržnih količnikov in sortimentacije okroglega lesa, ki predstavljata enega od glavnih vhodnih podatkov za posodobitev in nadgradnjo metodologije spremljanja razpoložljivih količin lesa iz slovenskih gozdov, ki se pojavijo na trgu. Cilji raziskave so: (I) posodobiti podatke o sortimentaciji in tržnih količnikih okroglega lesa listavcev ter ovrednotiti snovne tokove okroglega in žaganega lesa listavcev; (II) ugotoviti teoretične in dejanske razpoložljive količine okroglega lesa listavcev iz slovenskih gozdov, ki se v posameznem letu pojavijo na trgu in (III) razviti model za projekcije količin hlodovine listavcev, ki se bodo pojavile na trgu, za posamezno leto do leta 2025.

MATERIAL IN METODE

Raziskava obratov, ki predelujejo okrogli les listavcev

Za ocene dejanske porabe okroglega lesa listavcev v industriji in analize sortimentacije okroglega lesa listavcev smo v maju in juniju leta 2022 opravili anketiranje največjih predelovalcev okroglega lesa listavcev v Sloveniji. Kot pripomoček za oblikovanje seznama poslovnih subjektov nam je služila študija iz leta 2020, ko smo na Gozdarskem inštitutu Slovenije opravili obsežno raziskavo med žagarskimi obrati v državi (Ščap et al., 2021). Poleg žagarskih obratov smo v raziskavo vključili tudi obrate (podjetja), ki se ukvarjajo s predelavo okroglega lesa slabše kakovosti. V seznam poslovnih subjektov za anketiranje so bili vključeni žagarski obrati, ki so v letu 2020 predelali 5.000 m³ ali več hlodovine listavcev ter manj kot pet podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo furnirja, lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij. Anketiranje je potekalo telefonsko in po elektronski pošti. Oblikovali smo anketni vprašalnik, sestavljen iz šestih vprašanj o (I) količinah in kakovosti razžaganega okroglega lesa listavcev, (II) vrstah in količinah proizvedenega žaganega lesa in žagarskih ostankov ter drugih proizvodov, (III) izvoznem trgu proizvodov in (IV) ugotavljanju največjih izzivov pri predelavi okroglega lesa listavcev. Z anketiranjem smo pridobili 19 odgovorov (od tega jih je 15 žagarskih obratov, ostali so v drugih industrijah). Ker smo tokove okroglega in žaganega

lesa listavcev želeli prikazati na nivoju države, smo na podlagi preteklih podatkov iz popisa žagarskih obratov leta 2020 ter aktualnih podatkov iz raziskave leta 2022 izračunali ocene količin predelane hlodovine tudi za podjetja, ki predelujejo listavce in niso sodelovala v anketi leta 2022.

Ovrednotenje tokov okroglega in žaganega lesa listavcev

Podatki, pridobljeni prek ankete med predelovalci okroglega lesa listavcev, so pomembno pripomogli k natančnejšim analizam tokov okroglega in žaganega lesa listavcev v državi. Eden ključnih podatkov za spremljanje gospodarjenja z gozdovi so podatki o strukturi proizvodnje okroglega lesa, ki se izračunava po namenu rabe in sicer za štiri skupine: (1) hlodi za žago in furnir, (2) les za celulozo in plošče, (3) drug okrogli industrijski les ter (4) les za kurjavo. Glavni viri za izračunavanje strukture proizvodnje okroglega lesa so bili: družba SiDG d. o. o., ZGS, SURS in podjetja v lesnopredelovalni industriji. Za analize tokov lesa je pomembna tudi dinamika gibanj blagovne menjave Slovenije s tujino, katere podatke smo pridobili iz baze podatkov SURS-a, po pripadajočih šifrah Kombinirane nomenklature (KN). Osnovni podatki so bili preko pretvorbenih faktorjev preračunani iz mase (t) v volumen (m³). Poraba okroglega lesa je deloma izračunana bilančno (proizvodnja + uvoz – izvoz) deloma pa so podatki pridobljeni s strani predelovalcev lesa.

Ocena potencialov okroglega lesa listavcev

Za ocene količin tržnih potencialov hlodovine in lesa listavcev slabše kakovosti nam je služila metodologija, razvita leta 2014 (Ščap et al., 2014), ki pa je bila za namen tokratne raziskave posodobljena z aktualnimi podatki, ki odražajo trenutne razmere stanja gozdov, tržnih razmer in rabe lesa v Sloveniji. Metodologija, uporabljena za izračun ocenjenih možnih in dejanskih količin lesa iz slovenskih gozdov, temelji na tržnih količinah in izključuje vso ocenjeno porabo v gospodinjstvih. Nadgrajena metodologija temelji na širšem obravnavanem obdobju in predstavlja tudi trend rasti potencialov okroglega lesa, ki smo mu priča v zadnjem 10-letnem obdobju. Dejanski tržni potencial se nanaša na dejanski povprečni letni posek lesa in predstavlja količine, ki so se pojavile na trgu v obdobju od leta 1995 do leta 2022. Teoretični tržni potencial predstavlja maksimalno količino lesa, ki se skladno z gozdnogospodarskimi načrti lahko poseka in je hkrati lahko na razpolago na trgu ter pri tem še vedno zagotavlja trajnostna načela gospodarjenja z gozdovi. Izračun ocene količin in potencialov lesa iz slovenskih gozdov temelji na podatkih Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) o evidentiranih odločbah o poseku (zajem obdobja od 1995 do 2022) in podatkih o gozdnih fondih (za leto 2021). Delež hlodov in lesa listavcev slabše kakovosti (ki zajema kategorije po namenu rabe: les za celulozo in plošče, drug okrogli industrijski les in les za kurjavo – drva) v skupni sortimentni strukturi je bil izračunan na podlagi podatkov Statističnega urada Republike Slovenije (v nadaljnjem besedilu SURS) v sklopu popisa kmetijskih gospodarstev in odkupa okroglega lesa iz zasebnih gozdov, iz letnih poročil Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov in družbe SiDG d. o. o., internih podatkov Gozdarskega inštituta Slovenije in podatkov, pridobljenih iz anketiranja podjetij, predstavljenega v tokratni študiji. Glede na dejstvo, da se določen delež okroglega lesa listavcev na trgu ne pojavi (po podatkih Gozdarskega inštituta Slovenije ta delež znaša okrog 45 %), smo izračunali tudi tržne količnike; le-ti so bili določeni na podlagi študije med lesnopredelovalnimi podjetji, večletnih popisov kmetijskih gospodarstev in vzorčnih popisov kmetijstva od SURS-a, iz letnih poročil Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov (SKZG, 2023) in družbe SiDG d. o. o. (SiDG, 2023). Pri povezovanju podatkovnih baz SURS-a s podatki ZGS-ja smo uporabili geopodatke registra prostorskih enot. Model, razvit leta 2014, smo prilagodili in prenesli v programsko okolje R (R Core Team, 2021).

Projekcije potencialov hlodovine listavcev

Za napovedi potencialov hlodovine listavcev do leta 2025 sta bila uporabljena dva različna modela. Prvi izvedeni model je model avtoregresijskih integriranih drsečih povprečij (ARIMA), ki sta ga kot nadgradnjo avtoregresijskega modela drsečih sredin (ARMA) predstavila Box in Jenkins. Box-Jenkinsova metoda za identifikacijo modelov ARIMA je skupaj s tehnikami za ocenjevanje parametrov in napovedovanje teh modelov podrobneje opisana v Shumway in Stoffer (2017). Pri izvedbi projekcij smo najprej podatke uredili v časovno vrsto (na letnem nivoju) in pregledali morebitne anomalije. Pri prilagajanju modela ARIMA podatkom časovnih vrst je nekaj osnovnih korakov, kot so: izris podatkov na grafikonu, morebitno preoblikovanje (transformacije) podatkov v primeru odkritih anomalij, določitev vrst odvisnosti modela, ocenjevanje parametrov, diagnostika in izbira modela. Drugi uporabljeni model je bil sodobnejši primer modeliranja z izvedbo enostavnega modela strojnega učenja z naključnim gozdom (ang. »Random Forest« v nadaljevanju besedila RF). Za modele RF v splošnem velja, da dosegajo relativno dobro natančnost in imajo sorazmerno enostaven in učinkovit postopek strojnega učenja. Modeliranje projekcij potencialov smo izvedli v programskem okolju R (R Core Team, 2021). Za izvedbo ARIMA modela smo uporabili programski zbirki *tseries* (Trapletti & Hornik, 2023), *bayesforecast* (Alonso & Cruz Torres, 2020) in *forecast* (Hyndman & Khandakar, 2008). Za izvedbo RF modelov smo si pomagali s programsko zbirko *randomForest* (Liaw & Wiener, 2002).

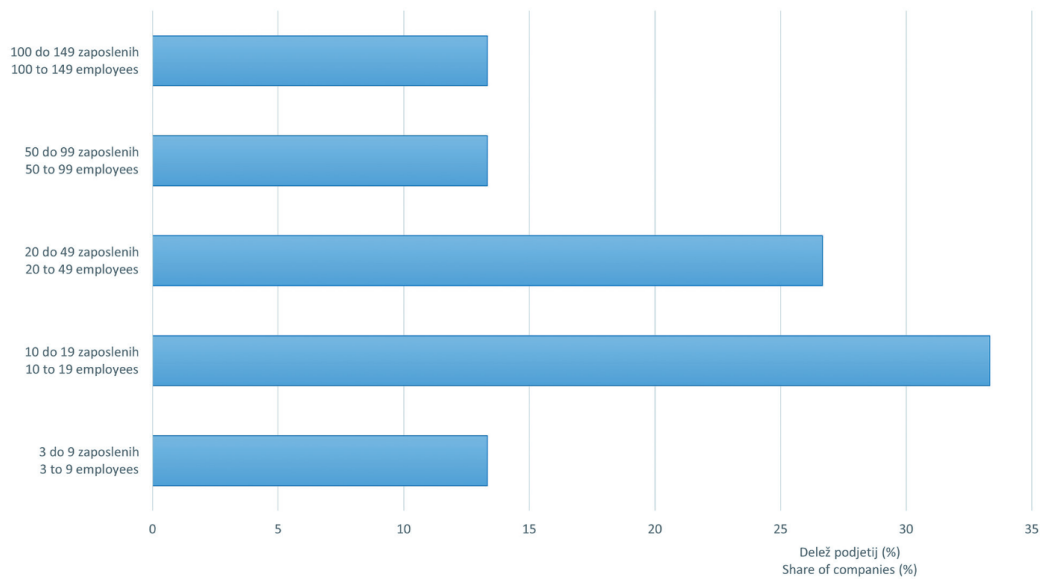
REZULTATI

Rezultati raziskave med slovenskimi predelovalci industrijskega okroglega lesa listavcev so pripomogli k oblikovanju količnikov o sortimentaciji lesa listavcev, natančnejšim analizam tokov lesa listavcev ter k pripravi ocen tržnih potencialov hlodovine in lesa listavcev slabše kakovosti v slovenskih gozdovih. Podatki raziskave o količinah in kakovosti okroglega lesa, namenjenega za predelavo, so bili poleg drugih podatkov (npr. struktura proizvodnje okroglega lesa, odkup in prodaja okroglega lesa v zasebnih gozdovih...) eden od vhodnih podatkov za določitev količnikov o sortimentaciji okroglega lesa listavcev. Količniki so bili nadaljnje uporabljeni kot vhodni podatek za izračun ocene potencialov okroglega lesa. Zaradi velikega števila žagarskih obratov se proizvodnja in predelava hlodov za žago in furnir listavcev prek podjetij spremlja periodično in ne na letni ravni. Rezultati raziskave dajo zanesljivejše podatke za nadaljnje analize tokov lesa listavcev v državi.

Raziskava med žagarskimi obrati

V anketi je sodelovalo 15 žagarskih obratov, prevladovala so podjetja z 10 do 19 zaposlenimi (slika 1). Le-ti so v letu 2021 razžagali 173.901 m³ hlodovine listavcev, od tega prevladuje drevesna vrsta bukev. Tri podjetja predelujejo še hrast in javor. Večina anketiranih žagarskih obratov predeluje hlodovino iz slovenskih gozdov; povprečen delež uvoza je v letu 2021 znašal 5,3 %. V anketi žal ni želel sodelovati eden od večjih žagarskih obratov v državi, ki predela med 10.000 in 20.000 m³ hlodovine listavcev na leto.

Žagarski obrati so v letu 2021 proizvedli skupaj 96.473 m³ žaganega lesa listavcev, povprečni količinski izkoristek pri razžaganju hlodovine listavcev torej znaša 56 %. Po količini je bilo največ proizvedenega standardnega žaganega lesa (npr. letve, deske, plohi) in sicer 68.873 m³, sledijo drugi proizvodi (z 24.600 m³), največkrat so bili omenjeni embalažni les ter elementi za pohištvo in tla. Najmanjša pa je bila količina proizvodnje konstrukcijskega lesa s 3.000 m³. Sodelujoči v anketi so v letu 2021 proizvedli 13.785 ton žagovine in lesnega prahu ter 32.680 m³ kosovnih ostankov iz listavcev.

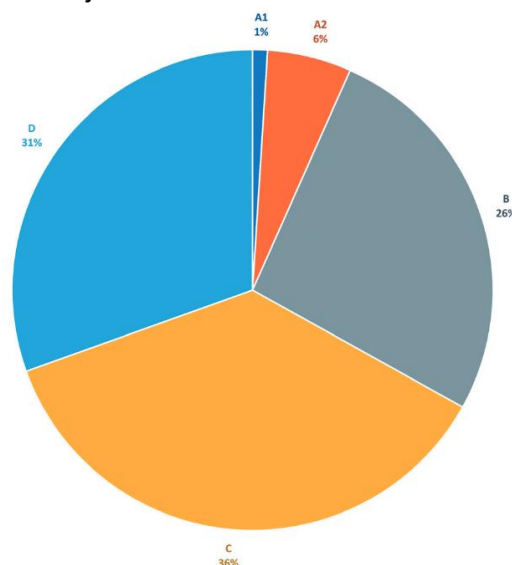


Slika 1. Delež podjetij sodelujočih v anketi po številu zaposlenih (n = 15).

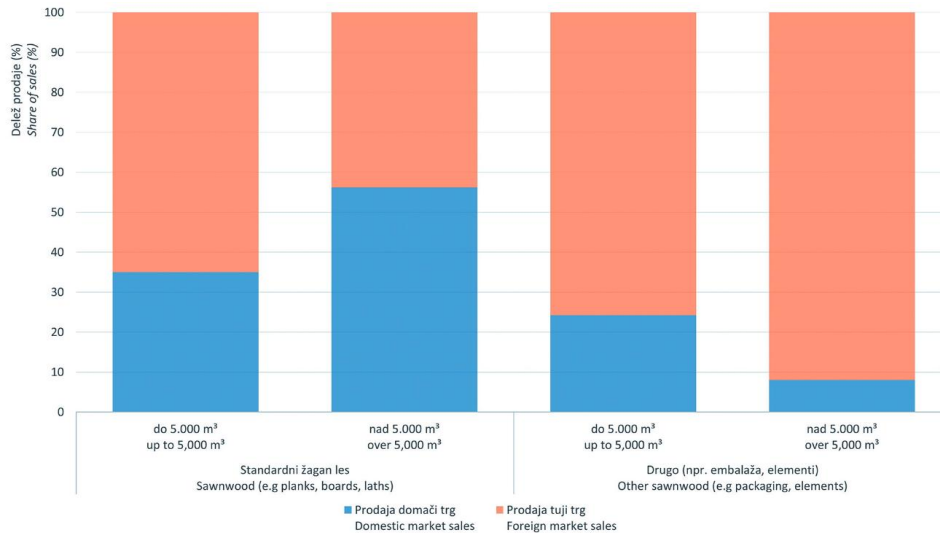
Glede na deleže razžagane hlodovine listavcev po kakovostnih razredih s 36 % prevladuje kakovostni razred C, z 31 % sledi kakovostni razred D (slika 2).

V povprečju s 63 % prevladuje prodaja žagarskih proizvodov na tuji trg (slika 3). Glede na vrsto proizvoda se na domači trg proda največ standardnega žaganega lesa in sicer v povprečju 46 %. Konstrukcijski les se skoraj v celoti proda na tuji trg, vendar smo imeli v anketi vključena manj kot 3 podjetja, ki se ukvarjajo s proizvodnjo te vrste proizvoda. Embalaža, elementi, pragovi, mizarske plošče, decimiran les, ki se uvrščajo v kategorijo drugih proizvodov, pa se v povprečju le 22 % prodajo na domači trg, ostalo se izvozi v tujino.

Ker v tokratni raziskavi niso bili vključeni vsi poslovni subjekti, ki se ukvarjajo z žagarstvom v Sloveniji, smo na podlagi podatkov, pridobljenih iz anket 2022 in 2020, naredili oceno skupne razžagane hlodovine listavcev za leto 2021. Kljub temu da smo v anketi zajeli večino večjih žagarskih obratov, ki predelujejo listavce, ocenjujemo, da smo zajeli dobrih 60 % količin okroglega lesa listavcev, ki se razžaga na obratih v enem letu. S pomočjo preteklih podatkov ocenjujemo, da je količina razžagane hlodovine listavcev v Sloveniji v letu 2021 znašala 270.000 m³, od tega je bilo 254.000 m³ predelave iz slovenskega lesa. Ocenjena proizvodnja žaganega lesa listavcev v Sloveniji v letu 2021 znaša 140.000 m³.



Slika 2. Delež razrezane hlodovine listavcev po kakovostnih razredih (n = 15).



Slika 3. Smeri prodaje žagarskih proizvodov listavcev v letu 2021 (n = 15).

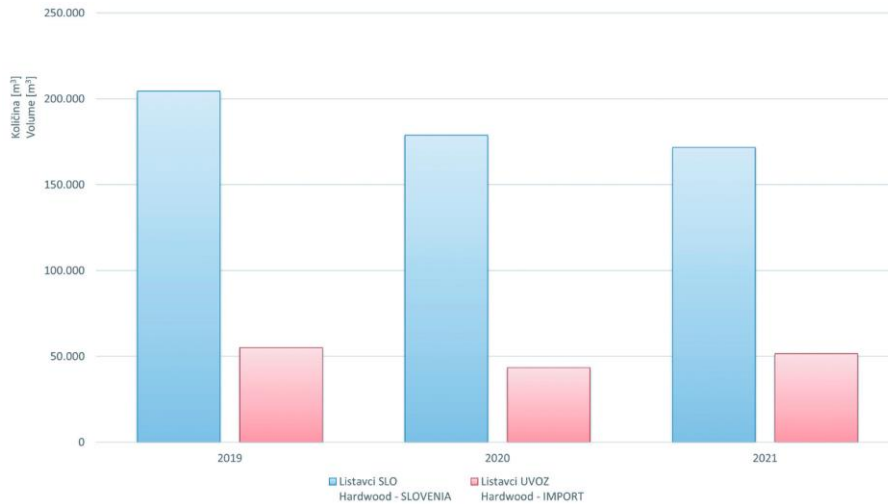
Raziskava med furnirnicami, industrijo lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij

V Sloveniji imamo po naših podatkih manj kot pet podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo furnirja. Prevladuje proizvodnja rezanega furnirja, ki se večinoma opravlja kot storitev za kupce v EU. Glede na našo raziskavo so v letu 2021 furnirnice predelale 34.000 m³ hlodovine listavcev za proizvodnjo furnirja, od tega je okrog 90 % lesa iz uvoza. Proizvodnja furnirja listavcev je v letu 2021 znašala 20.000 m³.

Podobno kot pri proizvodnji furnirja je tudi v industrijski predelavi lesa slabše kakovosti (tj. les za celulozo in plošče in drugi okrogli industrijski les) trenutno v Sloveniji malo podjetij, ki se s to dejavnostjo ukvarja. V letu 2021 so ta podjetja predelala 223.000 m³ industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti, od tega je bilo 77 % lesa iz slovenskih gozdov (slika 4). Največji porabnik okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti je trenutno v Sloveniji podjetje Lesonit d. o. o., ki proizvaja vlaknene plošče tipa MDF (»medium density fibreboard«) in HDF (»high density fibreboard«). Podjetje letno porabi med 110.000 in 160.000 m³ okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti.

V letu 2021 je proizvodnja vlaknenih plošč iz lesa listavcev znašala dobrih 77.000 m³, proizvodnja lesovine (mehanske celuloze) pa v Sloveniji prevladuje iz industrijskega lesa iglavcev slabše kakovosti. Tako je bilo v letu 2021 proizvodnje lesovine iz lesa listavcev v Sloveniji okrog 1.000 ton od skupno 86.000 ton. Velik porabnik okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti je tudi podjetje Tanin Sevnica d. d., ki za proizvodnjo kemikalij letno porabi med 70.000 in 90.000 m³ okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti in je tako pomemben člen v gozdno-lesni verigi v državi.

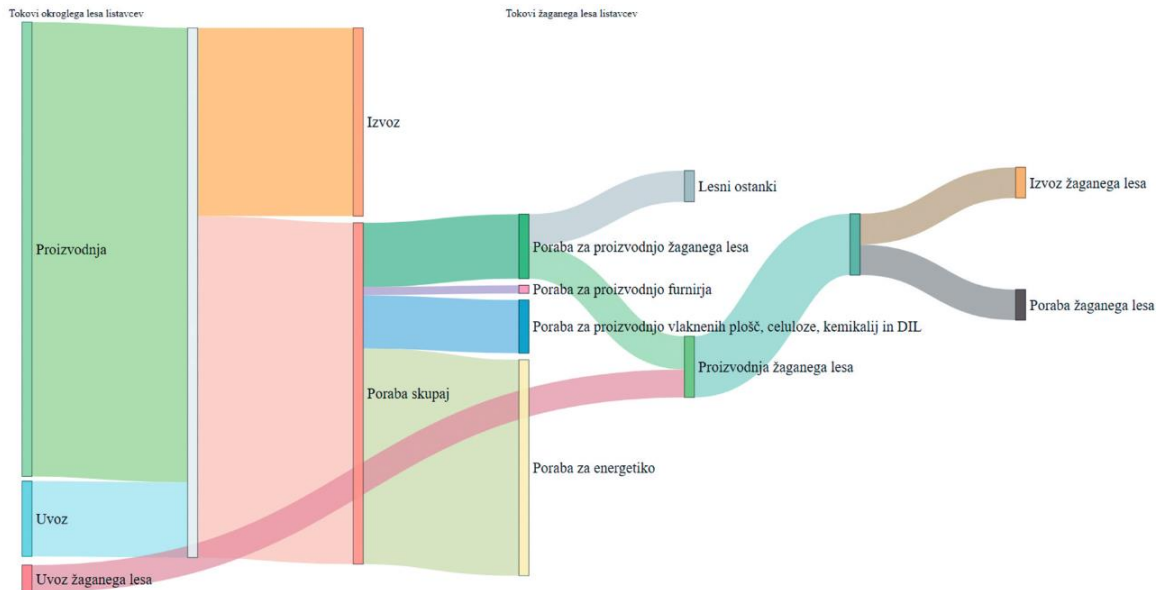
Izdelki iz industrije lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij se po informacijah podjetij v večini (več kot 90 %) prodajo na tuji trg. Izzivov za predelavo industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti je glede na mnenje podjetij precej manj kot v žagarski industriji. V času energetske krize v zadnjem četrtletju 2022 je vzbujalo največjo skrb pomanjkanje surovine (lesa slabše kakovosti) za industrijsko predelavo, saj se je večina tega lesa porabila za potrebe proizvodnje lesnih goriv.



Slika 4. Količina in poreklo predelanega okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti v obravnavanih industrijah v obdobju 2019–2021 ($n = 3$).

Tokovi okroglega lesa in žaganega lesa listavcev v Sloveniji za leto 2021

V letu 2021 je proizvodnja okroglega lesa li-stavcev znašala 1,907 mio m³, kar je 2 % več kot v letu 2020. V strukturi proizvodnje okroglega lesa listavcev je z 52 % prevladovala skupina les za kurjavo (drva), s 25 % sledi skupina hlodi za žago in furnir, 22 % je bilo proizvodnje lesa za celulozo in plošče, 2 % proizvodnje okroglega lesa listavcev pa predstavlja skupina drugi okrogli industrijski les, katerega največji del predstavlja taninski les (slika 5) (Ščap, 2022). Uvoza okroglega lesa listavcev je bilo v letu 2021 0,316 mio m³ in izvoza 0,790 mio m³. Leto 2021 je bilo za slovensko lesnopredelovalno industrijo po uradnih podatkih ter po informacijah podjetij ugodno, predvsem za žagarske obrate. Poraba okroglega lesa listavcev je znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 63 % predelanega za energetske namene, 19 % v industriji žaganega lesa, 16 % okroglega lesa listavcev je bilo predelanega v industriji lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij in 2 % v industriji furnirja. Poleg tokov okroglega lesa listavcev v študiji prikazujemo tudi tokove žaganega lesa listavcev, tokov ostalih lesnih proizvodov pa zaradi manjkajočih natančnih podatkov o zunanji trgovini ni mogoče prikazati. Proizvodnja žaganega lesa li-stavcev je v letu 2021 znašala 0,140 mio m³, količina lesnih ostankov pri predelavi žaganega lesa pa je znašala 0,130 mio m³, kar predstavlja 48 % porabe okroglega lesa listavcev v industriji žaganega lesa. Uvoza žaganega lesa listavcev je bilo v letu 2021 0,117 mio m³, izvoza pa 0,129 mio m³. Bilančna poraba žaganega lesa listavcev je tako v letu 2021 znašala 0,128 mio m³. Pri interpretaciji podatkov zunanje trgovine in bilančne porabe je potrebno upoštevati, da del izvoza lahko izvira iz uvoza (t. i. "re-export"), zato podatki najverjetneje niso povsem točni.



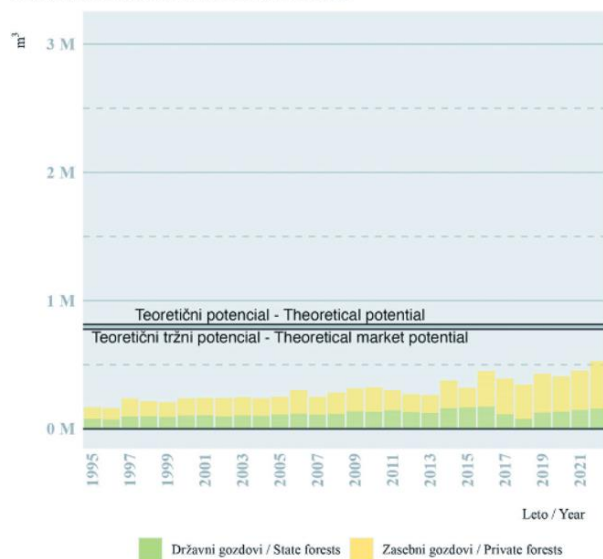
Slika 5. Sankeyjev diagram tokov okroglega in žaganega lesa listavcev v Sloveniji v letu 2021.

Potenciali hlodovine in lesa slabše kakovosti listavcev

Analiza teoretičnega in dejanskega potenciala lesa je bila izvedena ločeno za zasebne gozdove in za druge oblike lastništva gozdov (državni gozdovi in gozdovi lokalnih skupnosti). Ocenjeni teoretični tržni potencial hlodovine listavcev v slovenskih gozdovih je v letu 2021 znašal 0,777 mio m³. Ocenjena dejanska količina hlodovine listavcev, ki se je pojavila na trgu, je v zadnjem 10-letnem obdobju v povprečju znašala 0,396 mio m³ na leto, v letu 2022 pa je znašala 0,528 mio m³ (od tega 0,371 mio m³ v zasebnih gozdovih). Ocenjeni teoretični tržni potencial lesa listavcev slabše kakovosti je izrazito višji od potenciala hlodovine listavcev in je v letu 2021 znašal 2,335 mio m³ (od tega 1,671 mio m³ v zasebnih gozdovih). Ocenjena dejanska tržna količina lesa listavcev slabše kakovosti, ki se je ponudila na trgu, je v obdobju 2013–2022 v povprečju znašala 0,727 mio m³ na leto, v letu 2022 pa je znašala 0,850 mio m³ (od tega 0,371 mio m³ v zasebnih gozdovih). Največje količine tega lesa so bile na trgu leta 2014 (0,869 mio m³) in 2016 (0,871 mio m³), glavni razlog za to je obsežna sanitarna sečnja zaradi žledoloma leta 2014. Na grafikonu (slika 6) so predstavljene izračunane ocene dejanskih in teoretičnih količin razpoložljivega okroglega lesa listavcev iz slovenskih gozdov.

Dejanski tržni potenciali hlodovine listavcev

Actual market annual quantities of hardwood logs



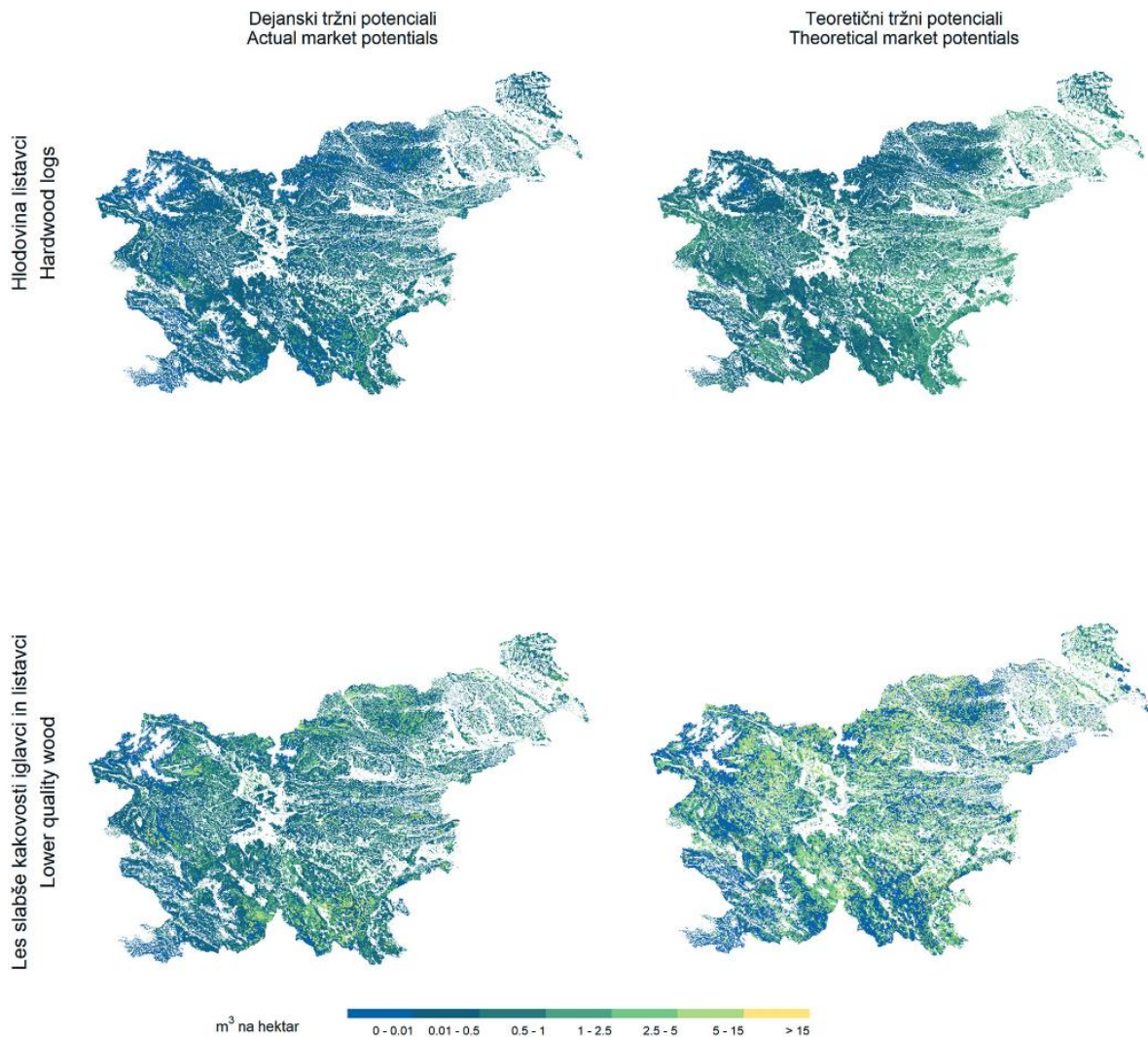
Dejanski tržni potenciali lesa slabše kakovosti

Actual market potential of lower-quality wood



Slika 6. Stolpični grafikon prikazuje ocenjene količine dejanskega potenciala okroglega lesa listavcev, ki se je pojavil na trgu v letih od 1995 do 2022. Horizontalne linije predstavljajo teoretični potencial lesa in teoretični tržni potencial, sivo obarvan pas med obema teoretičnima potencialoma predstavljajo količine okroglega lesa, ki se porabi za domačo rabo v gospodinjstvih.

Slika 7 prikazuje prostorsko razporeditev izračunanih ocen potencialov hlodovine in lesa listavcev slabše kakovosti v Sloveniji. Preračunano na skupno površino gozda je znašal dejanski tržni potencial hlodovine listavcev $0,416 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto ($0,266 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto v zasebnih gozdovih). Največje količine letno posekane hlodovine listavcev, ki se je v obravnavanem obdobju pojavila na trgu, so na območju vzhodne Slovenije in v Trnovskem gozdu. Teoretični tržni potencial hlodovine listavcev je v letu 2021 znašal $0,712 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto ($0,514 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto v zasebnih gozdovih). V primeru ocen količin lesa listavcev slabše kakovosti je znašal dejanski tržni potencial v povprečju $1,326 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto ($0,696 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto v zasebnih gozdovih). Največje količine letno posekanega lesa listavcev slabše kakovosti, ki se je v obravnavanem obdobju pojavil na trgu, so na območju kočevskih gozdov, Snežnika, Trnovskega gozda in planote Jelovice. Teoretični tržni potencial lesa slabše kakovosti je v letu 2021 preračunano na skupno površino gozda znašal $1,591 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto ($1,264 \text{ m}^3/\text{ha}$ na leto v zasebnih gozdovih).



Slika 7. Na levi strani grafikona prikazujemo karto ocen petletnega povprečja dejanskih tržnih količin lesa listavcev slabše kakovosti (zgoraj) in hlodovine listavcev (spodaj). Na desni strani grafikona sta karti teoretičnih tržnih količin lesa listavcev. Na kartah so prikazane absolutne potencialne količine lesa v kubičnih metrih na hektar (Vir podatkov: Zavod za gozdove – Sestoji 2021 in Timber 2018-2022).

V raziskavi so bile opravljene tudi projekcije modela časovne vrste dejanskih tržnih potencialov hlodovine listavcev z uporabo dveh modelov, imenovanih ARIMA in RF (slika 8). Za oblikovanje projekcij z napovednim modelom ARIMA se je kot najučinkovitejši, z najnižjim (662,97) Akaikejevim informacijskim kriterijem (v nadaljevanju AIC), izkazal model s parametri $p = 2$, $d = 1$ in $q = 0$ ter koeficienti napake: srednja kvarna napaka (ME) 19.059,86; korenjena srednja kvarna napaka (RMSE) 45.460,79; srednja absolutna napaka (MAE) 3.2313,93 in srednja absolutna relativna napaka v odstotkih (MAPE) 9,74. Dodatno primernost modela potrjuje Ljung-Boxov statistični test, ki ne zavrne ničelne hipoteze ($p = 0.096$) in potrjuje, da so ostanki neodvisno po-razdeljeni. Napovedane dejanske količine hlodovine listavcev na trgu po ARIMA modelu bodo v letu 2025 znašale 0,496 mio m³ (pri 95 % intervalu zaupanja od 0,376 mio m³ do 0,617 mio m³). Nekoliko bolj optimističen je napovedni model RF, ki za leto 2025 napoveduje 0,657 mio m³ dejanskih količin hlodovine listavcev, ki se bodo ponujale na trgu. V modelu RM je uporabljen šest (6)-letni časovni zaostanek ob uporabljenih 50

odločevalskih drevesih z naslednjimi indeksi kakovosti: srednja kvarna napaka (ME) - 3.118,19; korenjena srednja kvarna napaka (RMSE) 13.831,60; srednja absolutna napaka (MAE) 11.460,01 in srednja absolutna relativna napaka v odstotkih (MAPE) 2.68.

Projekcije dejanskih tržnih potencialov hlodovine listavcev (do leta 2025)
Projections of actual market annual quantities of hardwood logs (till year 2025)



Podatki/Data: ZGS (Timber 1995-2022)

Slika 8. Projekcije časovne vrste dejanskih tržnih potencialov hlodovine listavcev do leta 2025. V raziskavi sta preizkušena dva modela projekcij (ARIMA in RandomForest–RF).

RAZPRAVA

V prispevku so prikazani izsledki raziskave, opravljene med poslovnimi subjekti, ki predelujejo okrogli industrijski les listavcev. Rezultati raziskave so pomembno pripomogli k natančnejšim analizam tokov okroglega lesa listavcev, ki jih sicer na Gozdarskem inštitutu Slovenije opravljamo več kot desetletje (Krajnc & Piškur, 2006; Piškur, 2010; Piškur & Krajnc, 2009; Ščap & Krajnc, 2021). Podatki o dejanski rabi lesa so eden od pomembnejših virov za pripravo ocen dejanskih količin hlodovine listavcev in lesa slabše kakovosti v slovenskih gozdovih in tudi osnova za teoretične ocene potencialno razpoložljivih količin iz slovenskih gozdov.

V letu 2021 je skupna evidentirana razžagana količina hlodovine listavcev znašala 173.901 m³, od tega prevladuje hlodovina srednje do slabše kakovosti. Povprečen uvoz hlodovine listavcev, ki se je predelala na žagarskih obratih sodelujočih v anketi, je v letu 2021 znašal 5,3 %. S pomočjo podatkov iz pretekle raziskave GIS-a (Ščap et al., 2021) ocenjujemo, da so v letu 2021 žagarski obrati razžagali okrog 270.000 m³ hlodovine listavcev. Podjetja, sodelujoča v raziskavah (opravljenih na GIS leta 2020 in 2022), so v povprečju v dveh letih povečala predelavo hlodovine listavcev za 2 %. Skupna evidentirana proizvodnja žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 96.473 m³, ocenjujemo pa, da je skupna proizvodnja v referenčnem letu znašala okvirno 140.000 m³. V industriji furnirja v Sloveniji prevladuje proizvodnja rezanega furnirja, ki se v večini opravlja kot storitev za kupce v EU. Proizvodnja furnirja listavcev v Sloveniji je po obsegu majhna in je v letu 2021 znašala 20.000 m³. Raziskava je pokazala, da je obseg predelave hlodovine listavcev za proizvodnjo žaganega lesa in furnirja v letu 2021 predstavljal 67-odstotno izkoriščenost ocenjene razpoložljive količine hlodovine listavcev na trgu v tem letu. Iz poročila ZGS (Poljanec et al., 2022) je razvidno, da realizacija možnega poseka močno zaostaja v zasebnem sektorju, zato je za doseganje strateških ciljev potrebno okrepiti mobilizacijo lesa iz zasebnih gozdov. Raziskava kaže, da je v zasebnih gozdovih bolj kakovostna sortimentna struktura listavcev kot v državnih gozdovih, kljub temu da so po podatkih ZGS državni gozdovi bolj negovani kot zasebni. Nadalje smo v raziskavi ugotavljali načine rabe okroglega lesa listavcev za proizvodnjo lesnih

kompozitnih plošč, mehanske celuloze in kemikalij. Za ta namen se uporablja les slabše kakovosti, ki se po kakovostnih in dimenzijskih zahtevah ne uvršča med hlode. Podjetja v obravnavanih industrijah so v letu 2021 predelala 223.000 m³ industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti, od tega je bilo 77 % lesa iz slovenskih gozdov. Največja porabnika okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti sta trenutno v Sloveniji podjetje Lesonit d. o. o., ki proizvaja vlaknene plošče ter podjetje Tanin Sevnica d. d., ki se ukvarja s kemično predelavo lesa. Večina lesovine (mehanske celuloze) se v Sloveniji proizvede iz lesa iglavcev slabše kakovosti, zato je poraba okroglega lesa listavcev za te vrste industrije minimalna. Obseg predelave lesa listavcev slabše kakovosti za proizvodnjo lesnih plošč, mehanske celuloze in kemikalij je v letu 2021 predstavljal 30-odstotno izkoriščenost ocenjene razpoložljive količine lesa listavcev slabše kakovosti na trgu v tem letu.

Tokove okroglega in žaganega lesa listavcev smo preučili za referenčno leto 2021. Proizvodnja okroglega lesa listavcev je znašala 1,907 mio m³. Po namenu rabe skupin okroglega lesa je z 0,997 mio m³ prevladovala skupina les za kurjavo (drva), z 0,467 mio m³ sledi skupina hlodi za žago in furnir, 0,410 mio m³ je bilo proizvodnje lesa za celulozo in plošče, 0,032 mio m³ pa predstavlja skupina drugi okrogli industrijski les. Zunanjetrgovinska bilanca okroglega industrijskega lesa listavcev kaže na presežke tega lesa, saj od leta 2007 naprej beležimo večji izvoz od uvoza (Ščap, 2022). V letu 2021 je zunanjetrgovinski presežek znašal 0,459 mio m³, kar je z izjemo leta 2015 rekorden podatek. Poraba okroglega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 0,906 mio m³ lesa predelanega za energetske namene, 0,304 mio m³ v industriji žaganega lesa in furnirja, 0,223 mio m³ okroglega lesa listavcev je bilo predelanega v industriji lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij. Proizvodnja žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,140 mio m³, količina lesnih ostankov pri predelavi žaganega lesa pa je znašala 0,130 mio m³, kar predstavlja 48 % porabe okroglega lesa listavcev v industriji žaganega lesa. Ocenjena bilančna poraba žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,128 mio m³, vendar je pri interpretaciji podatka potrebna pazljivost, saj del izvoza lahko izvira iz uvoza (t.i. "re-export"), poleg tega obstajajo še druge metodološke pomanjkljivosti poročanja zunanjetrgovinske menjave blaga.

Za razvoj lesnopredelovalne industrije, za obstoječa podjetja in nove investitorje s področja predelave lesa, za podjetja, ki se ukvarjajo s trgovino z lesom, za strateško načrtovanje gospodarjenja z gozdom in razvoja občin so pomembne informacije o teoretičnih in dejanskih tržnih potencialih lesa v slovenskih gozdovih, danes in v prihodnosti. Ocene količin potencialov lesa listavcev slabše kakovosti nakazujejo, da je modelna izkoriščenost (tj. kvocient med dejanskim in teoretičnim potencialom) teoretičnega tržnega potenciala nizka in v letu 2021 znaša 31 %. Ta podatek je primerljiv s podatkom iz raziskave leta 2014 (Ščap et al., 2014). Pri hloilih listavcev je bila modelna izkoriščenost teoretičnega tržnega potenciala v slovenskih gozdovih v letu 2021 višja v primerjavi z lesom slabše kakovosti in je znašala 58 %. Ta podatek je malce višji v primerjavi z letom 2014, ko je bila izkoriščena polovica teoretičnega tržnega potenciala. Glavni razlog za to je povečana proizvodnja hloilovine listavcev predvsem v letih 2019 in do 2021 (Ščap, 2022). V primeru lesa slabše kakovosti je modelna izkoriščenost teoretičnega tržnega potenciala boljša v zasebnih gozdovih in v letu 2021 znaša 40 %. V primeru hloilov listavcev pa je modelna izkoriščenost teoretičnega tržnega potenciala slabša v zasebnih gozdovih in je v letu 2021 znašala 48 %. V metodologiji izračuna potencialov je upoštevan le evidentiran posek, tako da so v realnosti predstavljeni deleži izkoriščenosti verjetno nekoliko drugačni. Izkoriščenost potenciala hloilovine listavcev in ocenjene količine listavcev kažejo pozitiven trend rasti. Z raziskavo predstavljene napovedi modela RF do leta 2025 deloma sledijo trendom, medtem ko avtoregresijski model (ARIMA) ne napoveduje bistvenih sprememb. Niti izkoriščenost niti napovedi potenciala okroglega lesa listavcev v slovenskih gozdovih ne sledita strateškemu ciljem države. Trenutni pozitivni trend moramo v veliki meri pripisati povečanemu deležu doseženega planiranega etata v zadnjem desetletju. S prispevkom predstavljeni tokovi lesa kažejo, da se največ okroglega lesa listavcev

tradicionalno porabi za energetiko, še posebej les slabše kakovosti. Ta vrsta ogrevanja se bo tudi v bližnji prihodnosti verjetno še ohranila (vsaj v ruralnem okolju). Naša raziskava kaže, da kljub večjim količinam domače rabe, ostaja velik del neizkoriščenega potenciala za rabo okroglega lesa listavcev. Za izboljšanje sortimente strukture in doseganje višje dodane vrednosti pri proizvodnji listavcev bi bilo potrebno izboljšanje stanja na trgu, kjer prevladujejo veliki pritiski trga na les slabše kakovosti (Piškur & Krajnc, 2012). Tržni pritiski bi lahko deloma pojasnili razlike v sortimentni strukturi med državnimi in zasebnimi gozdovi, ki na posreden način nakazujejo, da so akterji na trgu primorani prodajati les listavcev po slabši kakovostni strukturi. Na drugi strani pa bi praviloma boljše sortimentno sestavo lahko dosegali z optimizacijo proizvodne verige na način ustrežnejše izbire časa poseka, hitrim spravlom, razžaganjem in sušenjem lesa (Torelli, 2006). Tovrstno optimizacijo pa je morda mogoče doseči v državnih gozdovih s spremenjenim načinom gospodarjenja, kjer bi službi prodaje in načrtovanja gozdov morali sodelovati usklajeno. Za zasebne gozdove pa so ob trenutni ureditvi tovrstne optimizacije praktično nemogoče. Z vidika organizacije zanesljivosti dobave v slovenskem prostoru manjkajo ustrezno organizirani akterji iz zasebnega sektorja. Društva lastnikov gozdov se v Sloveniji le izjemoma povezujejo za namene skupne prodaje (Aurenhammer et al., 2017). Društva na področju tržnih aktivnostih kot neprofitne organizacije naletijo na zakonodajne omejitve in pomanjkanje človeških kompetenc. To je tudi eden izmed razlogov, da slovenska lesna industrija nima dovolj ustreznih sogovornikov, h katerim bi pristopili za pogajanja o načinu in pogojih dobave lesa neposredno od lastnikov gozdov. Slovenska lesnopredelovalna industrija ima pri predelavi listavcev trenutno kar precej izzivov, sodelujoči v raziskavi izpostavljajo izzive v tehnologiji, znanju in izkušnjah pri predelavi listavcev, ki je precej bolj specifična v primerjavi s predelavo hlodovine iglavcev. Kot enega izmed večjih izzivov podjetja navajajo tudi doseganje večje dodane vrednosti proizvoda s sušenjem in parjenjem lesa. Nekateri omenjajo tudi kompleksnost pri pravočasni in konstantni dobavi hlodovine listavcev (ki je pogojena glede na letni čas), zahteven trg za proizvode ter težave pri nizkih cenah proizvodov.

Prednosti nadgrajene metodologije ocen potencialov lesa listavcev so zajem aktualnih podatkov o stanju gozdov, tržnih razmer in rabe lesa v Sloveniji, prilagoditev količnikov o sortimentaciji in tržnih količnikov po letih in s tem zajem naravnih motenj v gozdovih, ki so se zgodile v preteklih letih. Prednost so tudi izračuni v novem programskem okolju R, ki omogoča enostavnejšo reprodukcijo rezultatov z novo serijo podatkov in enostavnejše modeliranje z možnostjo projekcij. Z nadaljnjim delom na razvoju modela bi bilo smiselno model oblikovati v obliki programskega paketa in s tem še razširiti potencial nadaljnje uporabe rezultatov raziskave. Za prihodnje nadgradnje modela izračuna potencialov želimo količnike o sortimentaciji in tržnih količin, ki v tokratnem prispevku niso podrobneje predstavljeni, prilagoditi po glavnih drevesnih vrstah listavcev (npr. bukev, hrast, javor, ostali listavci). Predlagamo nadaljnje raziskave na področju količnikov sortimentacije. Količnike, pridobljene iz snovnih tokov lesa je potrebno preveriti z dejanskimi meritvami hlodovine listavcev tako v manj negovanih zasebnih kakor tudi v bolj negovanih državnih gozdovih. Podatki iz študije potrjujejo že dlje časa znano problematiko rabe lesa listavcev v Sloveniji, saj bi se del lesa, namenjenega za energetske namene (tu govorimo predvsem o ogrevanju gospodinjstev), lahko uporabil za proizvodnjo različnih končnih izdelkov ter bi s tem izboljšali učinkovitejšo izkoriščanje razpoložljivih zmogljivosti lesne predelave. Poleg tega lahko večja predelava lesa, posekanega v Sloveniji, dodatno prispeva k znižanju emisij oz. povečanju ponorov v gozdovih v skladu z Uredbo LULUCF (EU 2018/841). Podnebne spremembe vplivajo na drevesno sestavo naših gozdov, zato bo v prihodnosti nujno prilagajanje lesne industrije na nove razmere. Eden od kazalnikov za strateška izhodišča in usmeritve nadaljnjega razvoja lesno-predelovalne industrije v Slovenski industrijski strategiji 2021–2030 je tudi količina predelanega okroglega industrijskega lesa v Sloveniji. Cilj do leta 2030 je povečanje predelave lesa v industriji v višini 3 mio m³, za kar bo glede na trenutne podatke o predelavi in na podatke

o potencialih lesa v domačih gozdovih, nujno potrebna aktivacija neaktivnih zasebnih lastnikov gozdov.

VIRI

- Alonso, A. M., & Cruz Torres, C. (2020). Bayesian Time Series Modeling with Stan. ARXIV Preprint, 76.
- Aurenhammer, P. K., Ščap, Š., Triplat, M., Krajnc, N., & Breznikar, A. (2017). Actors' Potential for Change in Slovenian Forest Owner Associations. *Small-scale Forestry*, 17(2), 165-189. <https://doi.org/10.1007/s11842-017-9381-2>
- Hildebrandt, J., Hagemann, N., & Thrän, D. (2017). The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in europe. *Sustainable Cities and Society*, 34, 405-418. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013>
- Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2008). Automatic Time Series Forecasting: TheforecastPackage forR. *Journal of statistical software*, 27(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.18637/jss.v027.i03>
- Jonsson, R., Rinaldi, F., Pilli, R., Fiorese, G., Hurmekoski, E., Cazzaniga, N., Robert, N., & Camia, A. (2021). Boosting the EU forest-based bioeconomy: Market, climate, and employment impacts. *Technological Forecasting and Social Change*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120478>
- Krajnc, N., & Piškur, M. (2006). Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Slovenije. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*(80{Krajnc, 2006 #1564}), 31-51.
- Krajnc, N., & Ščap, Š. (2022). Trg lesnih goriv včeraj in danes. *Korenina*(19), 14-15.
- Krajnc, N., & Stare, D. (2021). Lesu kot energentu naj se priznata ogljična nevtralnost in okoljska ustreznost v J. Volfand (Urednik), *Trajnostna raba lesa : priročnik* (pp. 16-19). Fit media.
- Kropivšek, J., & Čufar, K. (2015). Potencialna raba bukovine in vrednotenje dodane vrednosti v izdelkih iz bukovine. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 470-478. <https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=83671>
- Kropivšek, J., & Gornik Bučar, D. (2017). Dodana vrednost v izdelkih v gozdno-lesni verigi - Primer: primarna predelava bukovine. *Les/Wood*, 66(1), 61-72. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a06>
- Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Breiman and Cutler's Random Forests for Classification and Regression. *R News*, 2, 18-22.
- Marenče, J., Gornik Bučar, D., & Šega, B. (2016). Bukovina - povezave med kakovostjo dreves, hlodovine in žaganega lesa. *Acta silvae et ligni*, 111, 35-47. <https://doi.org/10.20315/ASetL.111.4>
- Marenče, J., Šega, B., & Gornik Bučar, D. (2020). Monitoring the Quality and Quantity of Beechwood from Tree to Sawmill Product. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41(1), 119-128. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.613>
- Piškur, M. (2010). Proizvodnja, izvoz in uvoz okroglega lesa. *Gozdarski vestnik*, 68(9), 442-445.
- Piškur, M., & Krajnc, N. (2009). Tokovi okroglega industrijskega lesa v Sloveniji = Industrial roundwood flows in Slovenia. *Les/Wood*, 61(4), 141-145.
- Piškur, M., & Krajnc, N. (2012). Tokovi in rabe okroglega bukovnega lesa. v A. Bončina (Urednik), *Gospodarjenje z bukovimi gozdovi : ekologija in gospodarjenje*. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta.
- Poljanec, A., Mori, J., Marenče, M., Guček, M., Pisek, R., Stergar, M., Bartol, M., Breznikar, A., Kolšek, M., Pristovnik, D., & Danev, G. (2022). Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021. Z. z. g. Slovenije. http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/2021_Porocilo_o_gozdovih_ZGS.pdf
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ronzon, T., & M'Barek, R. (2018). Socioeconomic Indicators to Monitor the EU's Bioeconomy in Transition. *Sustainability*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/su10061745>
- Ščap, Š. (2022). Tokovi okroglega lesa. v M. Triplat (Urednik), *Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji* (pp. 48-59). Gozdarski inštitut Slovenije. <https://doi.org/10.20315/sfs.183>
- Ščap, Š., & Krajnc, N. (2021). Tokovi okroglega lesa v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 79(7-8), 251-258. <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=14467>
- Ščap, Š., Krajnc, N., & Prislán, P. (2021). Stanje žagarske panoge v Sloveniji v letu 2019. *Gozdarski vestnik*, 79(10), 363-375. <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=14673>
- Ščap, Š., & Mali, B. (2022). Zaloga ogljika v lesnih proizvodih (HWP). v M. Triplat (Urednik), *Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji* (pp. 170-174). Gozdarski inštitut Slovenije. <https://doi.org/10.20315/sfs.183>
- Ščap, Š., Triplat, M., Piškur, M., & Krajnc, N. (2014). Metodologija ocene potencialov lesa. *Gozdarski inštitut Slovenije*. <https://books.google.si/books?id=EQuPrgEACAAJ>
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). *Time Series Analysis and Its Applications* (Fourth Edition ed.). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-52452-8>
- SIDG. (2023). Letna poročila. Slovenski državni gozdovi d. o. o. Dostopano 18.10.2022 z naslova <https://sidg.si/index.php/letna-porocila>

- SKZG. (2023). Poročilo o delu in zaključni račun Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov RS za leta 2006-2015. (osebni arhiv).
- Stare, D., Ščap, Š., & Krajnc, N. (2022). Lesna goriva. v M. Triplat (Urednik), *Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji* (pp. 184-197). Gozdarski inštitut Slovenije. <https://doi.org/10.20315/sfs.183>
- SURS. (2022a). Proizvodna struktura BDP po SKD dejavnostih. Statistični urad RS. Dostopano 16.12.2022 z naslova <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/0301915S.px/>
- SURS. (2022b). Zaposlenost po SKD dejavnostih. Statistični urad RS. Dostopano 16. 12. 2022 z naslova <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/0301975S.px/>
- Torelli, N. (2006). Vpliv razvoja, staranja in poškodovanj drevesa na lastnosti in kvaliteto lesa. *Gozdarski vestnik*, 64(9), 428-441.
- Trapletti, A., & Hornik, K. (2023). *tseries: Time Series Analysis and Computational Finance*. <https://CRAN.R-project.org/package=tseries>
- Valade, A., Bellassen, V., Magand, C., & Luysaert, S. (2017). Sustaining the sequestration efficiency of the European forest sector. *Forest Ecology and Management*, 405, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.009>
- Valentinčič, E., & Likar, B. (2022). Informacija o poslovanju lesne in pohištvene industrije v letu 2021. G. z. S.-Z. I. i. p. industrije.
- Zule, J., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2017). Inovativna raba bukovine slabše kakovosti in ostankov. *Les/Wood*, 66(1), 41-51. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a04>

2. Tokovi lesa listavcev v Sloveniji (DS 3)

2.1. Vzpostavitev sistematičnega modela spremljanja tokov lesa listavcev

Analize tokov okroglega lesa so pomembno orodje za prikaz stanja gozdno-lesnega sektorja v državi ali regiji. Količina in struktura okroglega lesa, ki ga na leto dobimo iz gozdov, in njegova nadaljnja raba kažejo na stanje sektorja ter nakazujejo možnosti njegovega nadaljnjega razvoja. Tokovi okroglega lesa lahko služijo tudi kot podlaga za oblikovanje različnih scenarijev razvoja gozdno-lesnega sektorja ter za oblikovanje ustreznih politik.

V okviru projekta »Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu« (V4–2016) smo identificirali prednosti in vzeli trenutno uporabljene metodologije spremljanja snovnih tokov okroglega lesa listavcev ter metodologijo nadgradili z nadaljevanjem tokov do porabe in izvoza žagarskih proizvodov. V pričujoči študiji bomo predlagali vzpostavitev oz. nadgradnjo sistematičnega modela spremljanja tokov lesa listavcev (**R3.3 in R3.4**).

UVOD

Z analizo tokov okroglega lesa ugotavljamo ravnovesje med proizvodnjo in primarno rabo okroglega lesa v Sloveniji (Krajnc in Piškur, 2006). Za natančno spremljanje trendov in trenutnega gibanja tokov okroglega lesa je potreben sistematičen, konsistenten in celovit model. Zaradi specifičnih razmer (tj., majhno število podjetij znotraj določene panoge, veliko število in razdrobljenost podjetij znotraj druge panoge) v Sloveniji, je spremljanje tokov lesa in lesnih ostankov velikokrat oteženo in predstavlja svojevrsten izziv. Gozdarski inštitut Slovenije (GIS) je leta 2006 vzpostavil sistem spremljanja snovnih tokov okroglega lesa in lesnih ostankov (Krajnc in Piškur, 2006), ki temelji na aktualnih podatkih deležnikov vzdolž gozdno-lesne verige (npr. družba SiDG d. o. o., Statistični urad RS, Zavod za gozdove Slovenije, podjetja v lesnopredelovalni industriji,...). Ta sistem se ohranja še danes, saj omogoča dokaj natančne medletne primerjave podatkov razvoja gozdarskega in lesnopredelovalnega sektorja v državi.

VIRI PODATKOV POTREBNIH ZA MODEL SPREMLJANJA TOKOV LESA LISTAVCEV

Za natančno, sistematično spremljanje tokov lesa listavcev so potrebni ažurni, kakovostni in zanesljivi podatki. Za spremljanje snovnih tokov okroglega lesa so v prvi vrsti potrebni podatki o strukturi proizvodnje okroglega lesa iz slovenskih gozdov. Oceno letne proizvodnje gozdnih lesnih sortimentov pripravi Gozdarski inštitut Slovenije (GIS) na podlagi ocene letne porabe lesa oziroma tokov lesa v Sloveniji, ki temelji na podatkih Zavoda za gozdove Slovenije o letnem poseku v gozdovih, podatkih o proizvodnji gozdnih lesnih sortimentov v državnih gozdovih (v upravljanju družbe SiDG d. o. o. in Ministrstva za obrambo RS), podatkih SURS (raziskave "Industrijska proizvodnja", "Poraba energije in goriv v gospodinjstvih", "Odkup lesa", "Gozdarstvo na kmetijskih gospodarstvih", "Uvoz in izvoz blaga") ter podatkih GIS (lastne raziskave kot npr. ankete med žagarskimi obrati, raziskava "Ogrevanje z lesnimi gorivi v gospodinjstvih" in informacijah prejetih neposredno s strani lesnopredelovalnih podjetij in njihovih združenj ter posameznih odkupovalcev okroglega lesa v zasebnih gozdovih).

Zbiranje nacionalnih podatkov o zunanji trgovini z okroglim lesom je z vidika mednarodnega poročanja, analiz tokov lesa ter izračun bilanc okroglega lesa v Sloveniji pomembno. Statistika zunanje trgovine zajema podatke o izvozu in uvozu blaga, to so podatki o blagu, ki ga Slovenija izvaža v druge države, in o blagu, ki ga uvaža iz drugih držav. Statistiko uvoza in izvoza blaga spremlja Statistični urad RS (SURS), podatke pa zbira Finančna uprava RS, natančneje Carinski urad RS (CURS). Podatki so dokaj natančni, saj statistika blagovne menjave z državami nečlanicami EU zajame popoln vzorec podjetij, statistika blagovne menjave z državami članicami EU pa zajame vsaj 95 % vrednosti celotne blagovne menjave Slovenije.

Je pa pri analizah in interpretaciji tokov lesa potrebna previdnost predvsem pri blagu, ki je uvožen in gre takoj naprej v izvoz (t. i. ponovni izvoz ali »re-export«). Poleg tega je še nekaj pomanjkljivosti metodologije spremljanja blagovne menjave med državami, na primer (1) ne poročanje podjetij, ki uvozijo/izvozijo večje količine blaga, hkrati pa so pod vrednostnim pragom v Intrastat sistemu; (2) različni vrednostni pragovi zajema med državami; (3) delež vsebnosti vode v lesu v času izvoza in uvoza v drugo državo (suha/sveža snov).

Zadnji del snovnih tokov okroglega lesa predstavlja poraba le tega v industriji, energetskih sistemih ali v gospodinjstvih. Poraba se lahko izračuna bilančno, lahko pa se ugotavlja dejanska poraba s strani porabnikov. Slednja je precej kompleksna predvsem zaradi pomanjkljivih podatkov o domači rabi okroglega lesa (tu prevladuje raba lesa za ogrevanje gospodinjstev in javnih stavb), tudi dejansko porabo okroglega industrijskega lesa je zaradi velikega števila majhnih poslovnih subjektov težko natančno spremljati na letni ravni.

Po porabi okroglega lesa je mogoče nadaljnje spremljanje tokov posameznih skupin lesnih proizvodov. Za Slovenijo imamo na voljo precej zanesljive podatke za industrijo žaganega lesa, ki sicer po porabi okroglega lesa prevladuje. Podatkovni viri za spremljanje proizvodnje žagarskih proizvodov so predvsem periodične raziskave med žagarsko industrijo (npr. GIS, BF) ter SURS, ki letno vodi statistično raziskavo »Industrijska proizvodnja«. Raziskava zaradi metodološkega pristopa zbiranja podatkov ni celovita in lahko služi le kot pripomoček pri analizah, ni pa primerna kot edini in glavni vir. Slabost raziskave med žagarsko industrijo je predvsem časovna zamudnost zbiranja podatkov in omejitve človeških in finančnih resursov pri tem. Pri proizvodnji žagarskih proizvodov nastanejo tudi lesni ostanki, katerih količine se prav tako spremljajo s periodičnimi raziskavami med žagarsko industrijo, ti podatki pa zaradi nepopolnega zajema vseh količin niso natančni in dovolj zanesljivi. Drugi viri so še periodična raziskava GIS-a »Popis sekalnikov« ter SURS raziskava o nastajanju odpadkov v proizvodnih in storitvenih dejavnostih (tako imenovana ODP raziskava). Je pa pri metodologiji zbiranja teh podatkov ena večja pomanjkljivost in sicer količine odpadkov poročajo le podjetja, ki so se Agenciji RS za okolje (ARSO) izrekla, da pri njihovem delu nastajajo odpadki, ne pa tudi lesni ostanki. Na račun tega se poročane količine lesnih odpadkov zmanjšujejo. Lesni ostanki se porabljajo v industriji, daljinskih sistemih in v sistemih sočasne proizvodnje elektrike in toplote, nek del pa konča deponiran na odlagališčih. Glavna vira podatkov sta SURS (raziskave APG, ODP in IND/L) ter industrijska podjetja. Za natančno spremljanje tokov lesnih proizvodov v industriji mehanske celuloze, lesnih plošč in kemikalij pa zaenkrat ni na voljo dovolj podrobnih podatkov, v kolikor bi želeli prikazati tokove po glavnih dveh skupinah drevesnih vrst (iglavci, listavci).

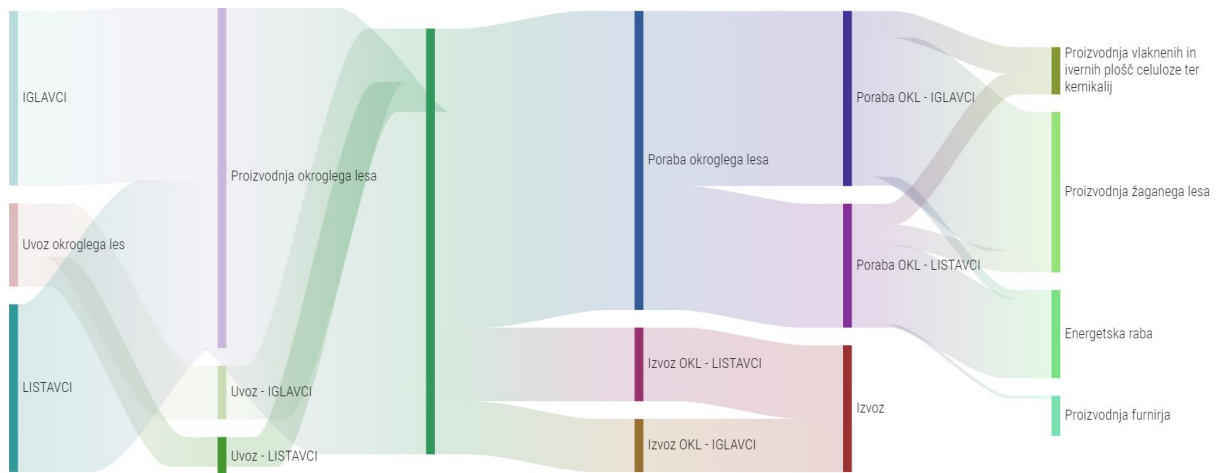
MODEL SPREMLJANJA TOKOV LESA LISTAVCEV V SLOVENIJI

Po obširni analizi vseh podatkovnih virov ter ugotovljenih prednosti in slabosti podatkov potrebnih za spremljanje tokov lesa listavcev (obravnavanih v aktivnosti projekta 3.1) ugotavljamo, da obstoječa metodologija spremljanja tokov lesa listavcev omogoča dokaj natančno spremljanje trendov gibanja tokov lesa na letni ravni. Hkrati je zaradi upoštevanja mednarodnih definicij posameznih skupin okroglega lesa in lesnih proizvodov pri zbiranju podatkov tudi mednarodno primerljiva. Ker je za potrebe analiz tokov lesa nujno potreben širok nabor podatkovnih virov, bo tudi v prihodnje nujno potrebno zagotavljanje vseh vrst raziskav s področja gozdarstva in lesarstva. Nekatere raziskave in statistične podatke je mogoče voditi na mesečni ali letni ravni, nekatere pa predvsem zaradi časovne zamudnosti zbiranja podatkov ter omejitev človeških in finančnih resursov pri tem, ni mogoče opravljati vsako leto. Pri teh raziskavah predlagamo, da se opravijo na dva ali tri leta, da se zagotovi čim večja natančnost podatkov tudi za vmesna leta, ko raziskave ni.

Tokove lesa listavcev se spremlja na ravni države, saj bi bile analize na podrobnejši ravni zaradi več razlogov nezanesljive (npr. zunanja trgovina lesa se vodi na ravni države, porabo okroglega lesa v industriji je nemogoče razdeliti na nižje prostorske ravni, enako velja za

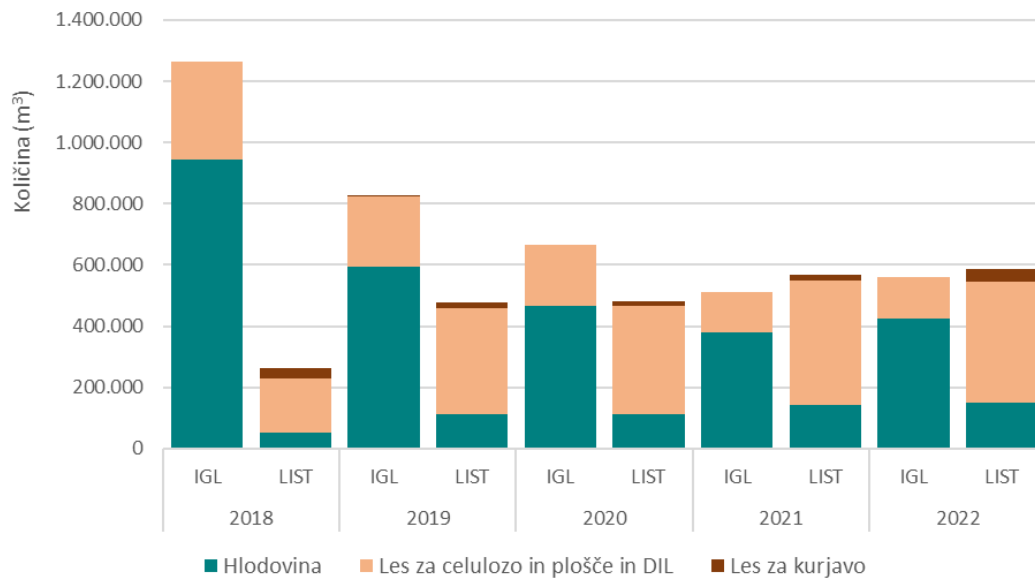
proizvodnjo in porabo lesnih ostankov,...). Ker so tokovi lesa iglavcev in listavcev zaradi lastnosti, kakovosti lesa, vpliv trga in posledično različnega namena rabe med seboj različni, je potrebno tudi v prihodnje zagotavljati pregled nad tokovi tako za les listavcev kot les iglavcev. Model spremljanja tokov lesa listavcev je sicer nekoliko bolj kompleksen kot za iglavce, eni glavnih razlogov za to so: (1) velik delež porabe lesa listavcev za domače potrebe in večkrat te količine niso evidentirane v poseku in proizvodnji, (2) zunanja trgovina okroglega industrijskega lesa listavcev se od leta 2017 naprej ne vodi več po posameznih kategorijah (hlodi, les za celulozo in plošče in drug okrogli industrijski les), (3) ne dovolj zanesljivi podatki o proizvodnji drv (s prevladujočim deležem listavcev) v zasebnih gozdovih zaradi velikega števila majhnih ponudnikov, proizvodnja je razpršena po celi Sloveniji, dodatni problem pa predstavlja še velika samooskrbnost gospodinjstev, ki pridobivajo les iz svojega gozda, (4) manjkajoči podatki o količinah proizvodnje okroglega lesa listavcev na zunaj gozdnih površinah.

Obstoječa metodologija spremljanja tokov okroglega lesa listavcev zajema tudi shematski prikaz tokov in je podrobno opisana v enem od kazalnikov gospodarjenja z gozdovi, ki smo jih pripravili strokovnjaki na GIS. Kazalnik »Tokovi okroglega lesa« je prosto dostopen na: <https://wcm.gozdis.si/sl/podatki/kazalniki/podatki/2021090721292844/tokovi-okroglega-lesa/>.



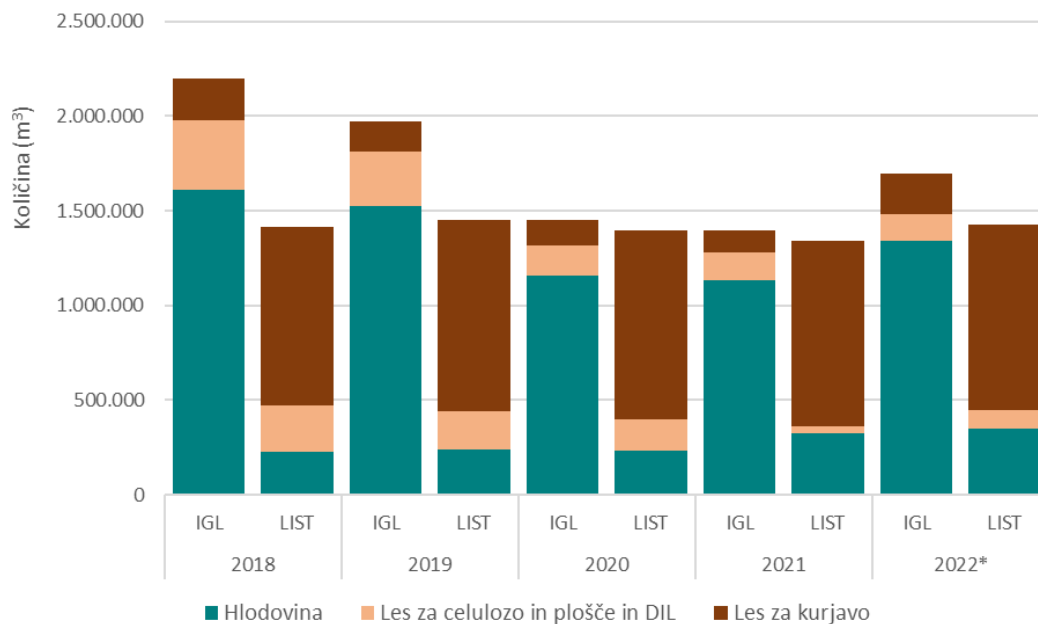
Slika 1: Shematski prikaz snovnih tokov okroglega lesa listavcev in iglavcev v Sloveniji za leto 2021 (vir: <https://wcm.gozdis.si/>).

Proizvodnja okroglega lesa se spremlja posebej za državne gozdove ter za gozdove v zasebni lasti in gozdove lokalnih skupnosti. Glede na lastništvo gozdov se namreč izrazito razlikuje struktura proizvodnje po skupinah okroglega lesa, kar nakazujeta tudi spodnji dve sliki. V strukturi proizvodnje okroglega lesa v državnih gozdovih pri iglavcih prevladuje skupina hlodi za žago in furnir, pri listavcih pa les za celulozo in plošče. Delež lesa za kurjavo je majhen.



Slika 2: Struktura proizvodnje okroglega lesa v gozdovih v državni lasti po iglavcih in listavcih za obdobje 2018–2022 (vir: SiDG d. o. o., preračuni Gozdarski inštitut Slovenije)

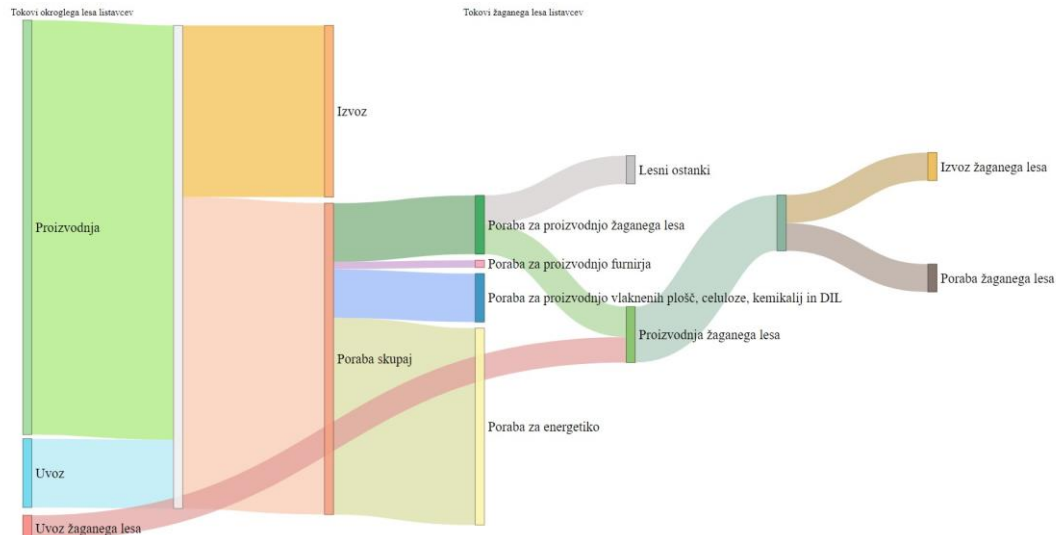
V zasebnih gozdovih in gozdovih v lasti lokalnih skupnosti pa v strukturi proizvodnje okroglega lesa iglavcev podobno kot v državnih gozdovih prevladujejo hlodi za žago in furnir, pri listavcih pa prevladuje les za kurjavo (drva). Delež lesa za celulozo in plošče in drugega tehničnega lesa je majhen.



Slika 3: Struktura proizvodnje okroglega lesa v gozdovih v zasebni lasti in lasti lokalnih skupnosti po iglavcih in listavcih za obdobje 2018–2022 (podatki za leto 2022 so začasni) (vir: Gozdarski inštitut Slovenije)

Nadaljnji tokovi lesa, v primarni in sekundarni predelavi so za strateško načrtovanje razvoja gozdno–lesne verige prav tako pomembni kot tokovi okroglega lesa. Pri tem pa so ovire predvsem v pomanjkljivih, premalo podrobnih, nekonsistentnih podatkih. Pri lesu listavcev s povprečno 65 % prevladuje poraba v energetske namene; drva se v večini porabijo za ogrevanje v gospodinjstvih, izredno majhen del pa v energetskih sistemih (toplarne, elektrarne, sisteme sočasne proizvodnje toplote in elektrike). Natančnih podatkov o strukturi

porabe drv ni na voljo, tako da podatke lahko le ocenimo. Po porabi okroglega lesa listavcev sledi poraba za proizvodnjo žaganega lesa, tokove te vrste proizvodov je mogoče dokaj natančno oceniti in sicer s periodičnim zbiranjem podatkov s strani žagarskih obratov o količinah proizvodnje proizvodov ter lesnih ostankov. Poraba žaganega lesa listavcev se izračuna bilančno in sicer s pomočjo podatkov o proizvodnji in izvozu.



Slika 4: Tokovi okroglega in žaganega lesa listavcev v Sloveniji za leto 2021 (vir: Gozdarski inštitut Slovenije).

Povprečno 17 % okroglega lesa listavcev se porabi za proizvodnjo lesnih kompozitnih plošč, mehanske celuloze in kemikalij. Proizvodnjo na letni ravni spremlja Gozdarski inštitut Slovenije prek podjetij, ki se s to dejavnostjo ukvarjajo in zajem je popoln. Vendar bi za prikaz tokov te vrste lesnih proizvodov potrebovali tudi podatke o zunanjetrgovinski menjavi, ločeno za listavce. Trenutni podatki SURS-a o uvozu in izvozu lesnih plošč omogočajo analize le za plošče iz listavcev in iglavcev skupaj. Proizvodnja furnirja je v Sloveniji majhna, za analize tokov so na voljo podatki o proizvodnji furnirja iz lesa listavcev delno s strani podjetij, delno pa so ocenjeni. Izvoz in uvoz furnirja se spremlja ločeno za iglavce in listavce. Poraba furnirja se izračuna bilančno.

PRIHODNJI IZZIVI SPREMLJANJA TOKOV LESA LISTAVCEV V SLOVENIJI

Eden od izzivov za nadaljnje spremljanje tokov lesa listavcev je analiza vrednostnih tokov. Proizvodnjo okroglega lesa je iz količin mogoče pretvoriti v vrednosti, pri čemer bi lahko uporabili letne povprečne cene posameznih skupin okroglega lesa na trgu in sicer tako za državne kot ostale gozdove. Zunanjetrgovinska menjava okroglega lesa listavcev se vodi tudi po vrednosti blaga. Tako bi bil omogočen izračun bilančne porabe posameznih skupin okroglega lesa v vrednostih. Spremljanje vrednostnih tokov nadaljnje rabe lesa listavcev (žaganega lesa, lesnih plošč, mehanske celuloze, kemikalij, v energetiki) pa bi bilo precej bolj kompleksno, predvsem zaradi velikega števila različnih vrst izdelkov in pomanjkanja ažurnih informacij o tržnih cenah le teh.

Predlagani model bi omogočal tudi uporabo na drugih področjih, na primer pri spremljanju emisij/ponorov v gozdarskem in lesnopredelovalnem sektorju. Slovenija je kot pogodbenica Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) zavezana k letni izdelavi evidenc emisij toplogrednih plinov (TPG) in poročanju o njih. Poročanje sledi mednarodnim smernicam IPCC iz leta 2006 z namenom mednarodne primerljivosti podatkov posameznih držav. Model spremljanja tokov CO₂ v gozdno-lesnem sektorju bi tako nadgradil

trenutne analize emisij in odvzemov TPG v sektorju LULUCF (Raba zemljišč, sprememba rabe zemljišč in gozdarstva).

Za spremljanje poslovanja lesnopredelovalne industrije, ki proizvaja polizdelke in končne izdelke, bi bil smotrni razmislek o nadgradnji modela spremljanja tokov lesa oz. lesnih izdelkov tudi za to industrijo. Zaradi velikega števila različnih lesnih izdelkov proizvedenih v Sloveniji, ki se količinsko vodijo v različnih merskih enotah (npr. tona, kos, m²,...), predlagamo analizo vrednostnih in ne snovnih tokov. Poleg dosedanjega dobrega sodelovanja z lesnopredelovalnimi podjetji v primarni predelavi lesa, bi bilo za tokove drugih lesnih izdelkov potrebna vzpostavitev sodelovanja tudi s pohištenimi podjetji, podjetji, ki se ukvarjajo z leseno gradnjo in drugimi.

VIRI

- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Hayama, Kanagawa, IGES. UNFCCC. 2003. Estimation, reporting and accounting of harvested wood products. Technical paper. FCCC/TP/2003/7.
<http://unfccc.int/resource/docs/tp/tp0307.pdf>
- KRAJNC, Nike, PIŠKUR, Mitja. 2006. Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Sloveniji = Roundwood and wood waste flow analysis for Slovenia. Zbornik gozdarstva in lesarstva, št. 80, 31–54.
- PIŠKUR, Mitja. 2010. Proizvodnja, izvoz in uvoz okroglega lesa. Gozdarski vestnik, 68, 9, 442–445.
- PIŠKUR, Mitja. 2012. Poraba industrijskega okroglega lesa v Sloveniji. Gozdarski vestnik, 70, 4, 179–182.
- ŠČAP, Špela, KRAJNC, Nike. 2021. Tokovi okroglega lesa v Sloveniji. Gozdarski vestnik, 79, 7/8: 251–258.
- ŠČAP, Špela. 2022. Tokovi okroglega lesa. V: TRIPLAT, Matevž (ur.). Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 48–59 s. DOI: 10.20315/SFS.183.
- Uredba LULUCF. 2018. Uredba (EU) 2018/841 Evropskega parlamenta in Sveta dne 30. maja 2018 o vključitvi emisij toplogrednih plinov in odvzemov zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva v okvir podnebne in energetske politike do leta 2030 ter spremembi Uredbe (EU) št. 525/2013 in Sklepa št. 529/2013/EU.

2.2. *Interaktivni spletni prikazovalnik tokov lesa v Sloveniji*

Med pomembnejšimi rezultati projekta je tudi nadgradnja sistematičnega spremljanja tokov lesa listavcev v Sloveniji. Opravljena raziskava med predelovalci okroglega industrijskega lesa (tj. hlodovina, les za celulozo in plošče, drug okrogli industrijski les) listavcev v letu 2022, je pripomogla k natančnejšim analizam in razumevanju snovnih tokov lesa listavcev v Sloveniji. V sklopu projekta je bila metodologija spremljanja tokov lesa listavcev nadgrajena s podatki o nadaljnji rabi okroglega lesa, s poudarkom na žaganem lesu. Rezultati za referenčno leto 2021 kažejo, da je proizvodnja okroglega lesa listavcev znašala 1,907 mio m³, od tega je z 52 % prevladoval les za kurjavo. Poraba okroglega lesa listavcev je znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 63 % predelanega za energetske namene, 19 % v industriji žaganega lesa, 16 % okroglega lesa listavcev je bilo predelanega v industriji lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij in 2 % v industriji furnirja. Proizvodnja žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,140 mio m³, količina lesnih ostankov pri predelavi žaganega lesa pa je znašala 0,130 mio m³, kar predstavlja 48 % porabe okroglega lesa listavcev v industriji žaganega lesa. Bilančna poraba žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,128 mio m³, vendar je pri interpretaciji potrebna previdnost predvsem zaradi nepopolnih podatkov o zunanji trgovini te vrste proizvoda.

Poleg metodologije za spremljanje tokov lesa je bil posodobljen tudi interaktivni prikazovalnik (R3.3.), ki je javno dostopen na sledeči spletni povezavi:

<https://wcm.gozdis.si/sl/podatki/kazalniki/podatki/2021090721292844/tokovi-okroglega-lesa/>

3. Sodobni proizvodi iz lesa ter inovativne tehnologije za obdelavo lesa (DS 4)

3.1. Spremljanje kakovosti in vrednosti hrastove hlodovine s konvencionalnimi in nedestruktivnimi metodami

V raziskavo smo vključili hrastovo hlodovino (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) s 15. dražbe vrednejših sortimentov okroglega lesa v Slovenj Gradcu v letu 2021. Naključno smo izbrali 78 od 1318 licitiranih hlodov, in jih skladno z veljavnim Pravilnikom o merjenju (2017) vizualno razvrstili po kakovosti (A, B, C). Vzporedno smo dendrokronološko analizirali priraščanje lesa ter z metodo frekvenčnega odziva pri vzdolžnem vzbujanju še akustične lastnosti hlodovine. Najkvalitetnejša hlodovina je bila večjih premerov, z več in povprečno širšimi branikami. Potrdili smo povezavo med vizualno določeno kakovostjo in doseženo ceno hlodovine. Hitrost vzdolžnega nihanja (v) in relativna učinkovitost akustične pretvorbe (RACE) sta bili s kakovostjo in ceno hlodovine pozitivno povezani. Frekvenčni spektri pri hlodovini nižje kakovosti odstopajo od teoretičnih. Raziskava je potrdila možnost uporabe nedestruktivnih akustičnih metod za oceno kakovosti hrastove hlodovine (**R4.1**).

UVOD

Hrasta dob (*Quercus robur*) in graden (*Quercus petraea*) sta pomembni Evropski drevesni vrsti in široko uporabna lesova za različne izdelke, kot so furnir, pohištvo, notranje in zunanje konstrukcije ter številne druge (Straže et al., 2018, 2023). Kakovost hrastove hlodovine, ki se tradicionalno določa vizualno na osnovi značilnosti in dimenzij sortimentov, je odvisna zlasti od prisotnosti nekaterih anomalij, kot so velikost in število grč, ekscentričnost in ovalnost prereza, koničnost, čelne razpoke in kolesivost, ter druge (SIST EN 1316-1:2010; Pravilnik..., 2017). Nekatere napake, kot denimo velikost in delež grč na prečnem prerezu sortimenta, pomembno vplivajo tudi na mehanske in akustične lastnosti lesa. Prepoznavanje strukturnih anomalij je osnova za ocenjevanje kakovosti hlodovine in njeno razvrščanje, običajno pa se izvaja na osnovi njenih vidnih zunanjih značilnosti (Marenče et al., 2020; Torkaman et al., 2018). Ena glavnih napak pri razvrščanju okroglega lesa so grče, ki jih delimo na zdrave in mrtve grče, pri čemer so zdrave grče v nasprotju z nezdravimi zraščene z okoliškim lesnim tkivom (Karaszewski et al., 2013; SIST EN 1316-1, 2010).

Strukturne anomalije je v hlodih in debelejših žagarskih sortimentih mogoče odkrivati ter določati s porušnimi kot tudi s neporušnimi metodami, za prakso pa so aktualne le slednje. Vizualno ocenjevanje, kot ena tradicionalnih nedestruktivnih metod, je poceni vendar pa zaradi časovne zahtevnosti dejansko na voljo le v manjših proizvodnih zmogljivostih. Tovrstno ocenjevanje je lahko navkljub definiranim pravilom in standardom tudi subjektivno in odvisno od človeškega faktorja (Račko, 2013). Sodobne rentgenske tehnologije omogočajo natančne meritve hlodovine in imajo visoko zmogljivost odkrivanja notranjih strukturnih anomalij, vendar so drage in zato manj primerne za majhne in srednje proizvodne obrate (Longuetaud et al., 2012). Zlasti pri žaganem lesu je aktualno razvrščanje lesa na osnovi značilnosti, določenih s strojnimi vidom (Sioma, 2015). Akustične metode se uporabljajo predvsem pri rabi lesa v gradbene namene, večinoma pri iglavcih. Študije potrjujejo pozitivno povezanost hitrosti zvoka in dolžine ter usmerjenosti lesnih vlaken kot tudi gostote (R. Ross, 2015; Wang et al., 2007). Prisotnost anomalij upočasnjuje hitrost zvoka oz. mehanskih nihanj v lesu (Carter et al., 2013; Krajnc et al., 2019).

Da bi optimizirali uporabo hrastove hlodovine, in ustrezno kakovostno uporabili za ustrezen namen, smo v tej študiji proučili možnost spremljanja kakovosti hlodovine z akustičnimi nedestruktivnimi metodami. Preverjali smo, ali je konvencionalno vizualno razvrščanje hlodovine povezano z njenimi akustičnimi lastnostmi kot tudi z doseženo vrednostjo sortimentov na trgu.

MATERIAL IN METODE

Vzorčenje in vizualno razvrščanje hlodovine po kakovostnih razredih

V raziskavi smo proučili licitirano hrastovo hlodovino (*Q. robur* in *Q. petraea*) s 15. dražbe vrednejših sortimentov okroglega lesa leta 2021. To dražbo vrednejših sortimentov okroglega lesa od leta 2007 vsako leto organizira Združenje lastnikov gozdov Slovenije ob podpori Zavoda za gozdove Slovenije in Društva lastnikov gozdov Mislinjske doline.

Vizualno razvrščanje je bilo izvedeno na 1318 licitiranih hrastovih hlodih, ki so bili razvrščeni v tri kakovostne razrede. Vzorčeno hlodovino smo razvrstili skladno z veljavnim Pravilnikom o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije (Pravilnik..., 2017). V 1. kakovostni razred (A) smo uvrstili vso furnirsko hrastovo hlodovino, tako 1. kakovosti (A_1) kot tudi druge furnirske kakovosti (A_2). Gre za hlodovino izjemne kakovosti, kjer so hlodi velikega premera (> 40 cm), sveži, polnolesni, pravilnega okroglega preseka in z minimalnimi napakami, kot so koničnost ($< 3\%$), krivost ($< 3\%$ dolžine), ovalnost ($< 20\%$) in žlebatost ($< 3\%$ premera) (Slika 1 A). V drugi kakovosti razred (B) smo uvrstili žagarsko hlodovino najboljše kakovosti (Slika 1 B), z dovoljenimi napakami, kot so npr. zdrave grče in slepice (< 20 mm, 1 na tekoči meter), koničnost ($< 4\%$), krivost ($< 5\%$ dolžine), ovalnost (brez omejitev) in žlebatost ($< 5\%$ premera). V tretji kakovostni razred (C) pa je bila uvrščena žagarska hlodovina srednje kakovosti (Slika 1 C), kjer je dovoljen še večji obseg in količina napak (zdrave grče in slepice (< 40 mm, 1 na tekoči meter), dvojno srce do 25% čela, koničnost ($< 6\%$), krivost ($< 5\%$ dolžine), ovalnost (brez omejitev) in žlebatost ($< 10\%$ premera)).



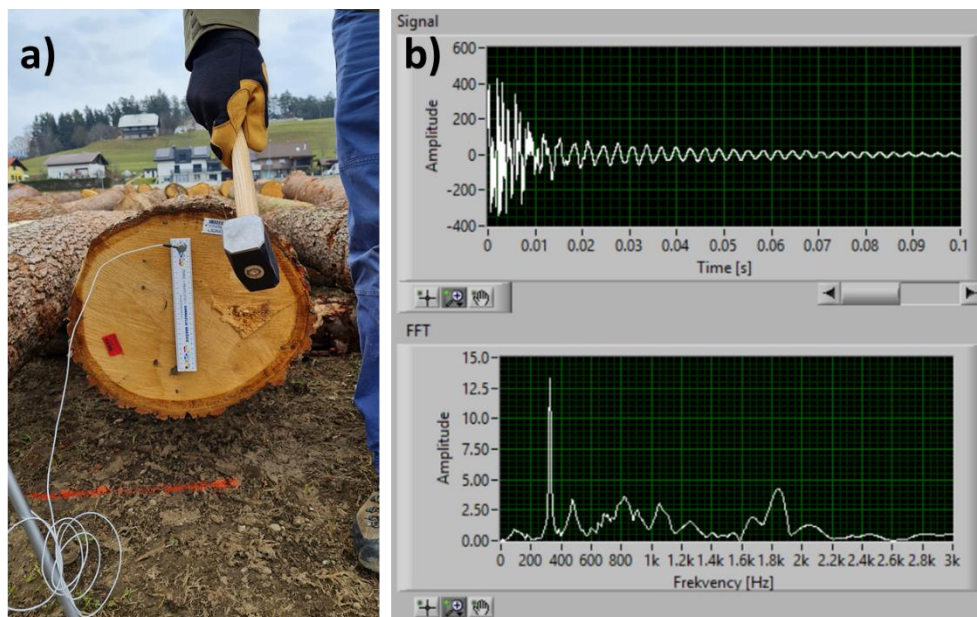
Slika 1. Vizualno razvrščanje hrastove hlodovine v kakovostne razrede (Pravilnik..., 2017): A – furnirska hlodovina izjemne kakovosti, B – žagarska hlodovina 1. kakovosti, C – žagarska hlodovina 2. kakovosti.

Določanje akustičnih lastnosti hlodovine

Akustične lastnosti hlodovine smo na 78 naključno izbranih hlodih, enakomerno porazdeljenih v kakovostnih razredih, določali z metodo frekvenčnega odziva pri impulznem, vzdolžnem vzbujanju. Meritve smo izvajali v svežem stanju ($u > u_{TNCS}$; u_{TNCS} – vlažnost nasičenja celičnih sten), pri čemer je bila hlodovina postavljena na lesene podpore. Posamezen hloď smo na čelu, na mestu z večjim premerom, impulzno vzbudili s kladivom z maso 500 g. Nihanje čela

smo zabeležili z enosnim pospeškomerom (PCB-086C01; PCB Piezotronics Inc., ZDA) (Slika 2). Signal smo zajeli z merilnim modulom DAQ NI-9234 (National Instruments Inc., ZDA) v 24-bitni ločljivosti s frekvenco vzorčenja 51,2 kHz. V frekvenčnem odzivu smo v prvih treh nihajnih načinih ($n = 1, 2, 3$) določili vzdolžne frekvence nihanja (f_1, f_2, f_3), in jih uporabili za določitev hitrosti vzdolžnega valovanja v posameznem hlodu (v_n) (Enačba 1; Slika 2). Določanje hitrosti je temeljilo na osnovni valovni enačbi, ki se uporablja za idealne elastične materiale vitkih oblik ($L/d > 5$; L – dolžina, d – premer, prečna dimenzija) (Bucur, 2006; Gornik Bučar in Bučar, 2009; Gornik Bučar & Bučar, 2011; Meyers, 1994). Kvadrat hitrosti vzdolžnega nihanja je pri tem premo sorazmeren specifičnemu modulu elastičnosti (E/ρ ; E – modul elastičnosti, ρ - gostota) preizkušane snovi.

$$v_n = \frac{2f_n L}{n} \cong \sqrt{\frac{E_n}{\rho}} \quad (n = 1, 2, 3) \quad \dots(1)$$



Slika 2. Določanje hitrosti in dušenja mehanskega nihanja z metodo frekvenčnega odziva pri vzdolžnem vzburjanju hrastove hlodovine: a) vzdolžno impulzno vzburjanje, b) zajem časovnega signala nihanja (zgoraj) in hitra Fourierjeva transformacija (FFT) (spodaj).

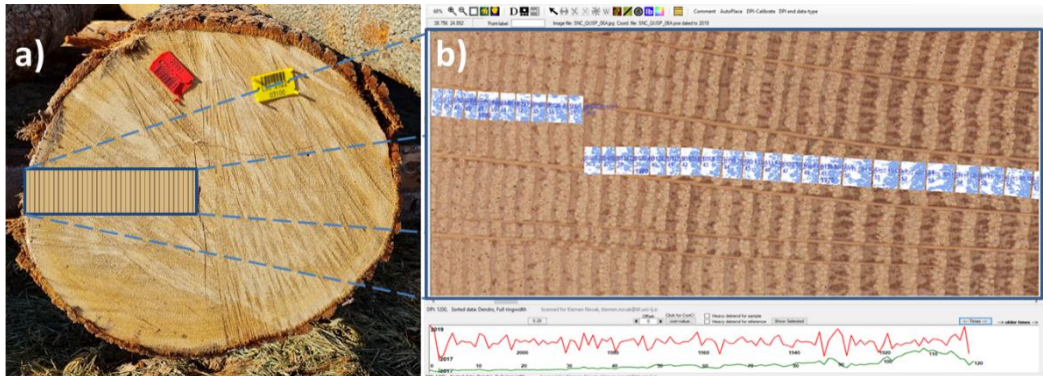
V eksponentno pojemajočem časovnem signalu vzdolžnega nihanja smo s pomočjo 'bandpass' filtriranja v bližini lastnih frekvenc (f_1, f_2, f_3) določili časovni pojemek (α), od tod pa koeficient dušenja signala v posameznem nihajnem načinu ($\tan\delta_n$; $n = 1, 2, 3$; Enačba 2). Z razmerjem hitrosti in dušenja nihanja smo v posameznem nihajnem načinu določili relativno učinkovitost akustične pretvorbe (RACE) (Enačba 3). Kazalnik RACE ponazarja količino pretvorjene mehanske energije v zvočno, oz. v nihanje. Ta veličina predstavlja sposobnost nihanja toge snovi, neodvisno od njene gostote, in ponazarja strukturno akustičnost testiranega materiala (Obataya et al., 2000; Straže et al., 2015) (Enačba 3). Najvišje vrednosti kazalnika RACE dosegajo resonančni lesovi, ki se prvenstveno uporabljajo za izdelavo lesenih glasbenih instrumentov.

$$\tan \delta_n = \frac{\alpha}{\pi \cdot f_n} \quad \dots(2)$$

$$RACE_n = \frac{v_n}{\tan \delta_n} = \frac{\sqrt{\frac{E_n}{\rho}}}{\tan \delta_n} \quad \dots(3)$$

Dendrokronološke meritve in analiza

Dendrokronološke meritve smo opravili pri polovici akustično izmerjenih hlodov ($n = 36$) na prerezu hloda, ki je ustrezal višini stoječega drevesa od 4 do 4,5 m nad tlemi. Ker običajno destruktivno vzorčenje z vrtnanjem ni bilo mogoče, smo na čelu hlodov v smeri polmera z ročnim akumulatorskim rezkarjem (Makita DRT 50ZX2, Japonska) pripravili gladko površino in jo nato fotografirali (Canon EOS70D, Japonska) (Slika 3). Fotografije smo nato obdelali v programu Adobe Photoshop Elements 2020 in jih pripravili za dendrokronološko analizo.



Slika 3. Princip rezkanja čelne površine hloda (a) in zajem ter obdelava slike z letnimi prirastki v programu CooRecorder 9.6 (Cybis Elektronik & Data AB, Nemčija) (b).

Za merjenje širine branik, ter ranega in kasnega lesa smo uporabili program CooRecorder 9.6 (Cybis Elektronik & Data AB, Nemčija) (Slika 3). V programu CDendro smo izmerjene serije branik preverili in pretvorili v format *fh ali *rwl. Synchroniziranje in datiranje smo izvedli s programsko opremo TSAP Win® (Rinntech, Heidelberg, Nemčija).

Pridobivanje in analiza podatkov o ceni hlodovine

Hlodovina je bila med dražbo na ogled potencialnim kupcem, s podatki o dolžini (L), srednjem premeru (D) in prostornini (V). Na dražbi so si potencialni kupci ogledali sortimente in izvajalcu dražbe lesa predložili zaprte ponudbe. Po koncu dražbe je bilo odpiranje ponudb, hlodovino pa so prodali najboljšemu ponudniku. Dosežene cene za posamične hlode, podane na sortiment (EUR/kos) ter na enoto prostornine (EUR/m³) so bile na koncu objavljene v katalogu licitacije.

REZULTATI IN RAZPRAVA

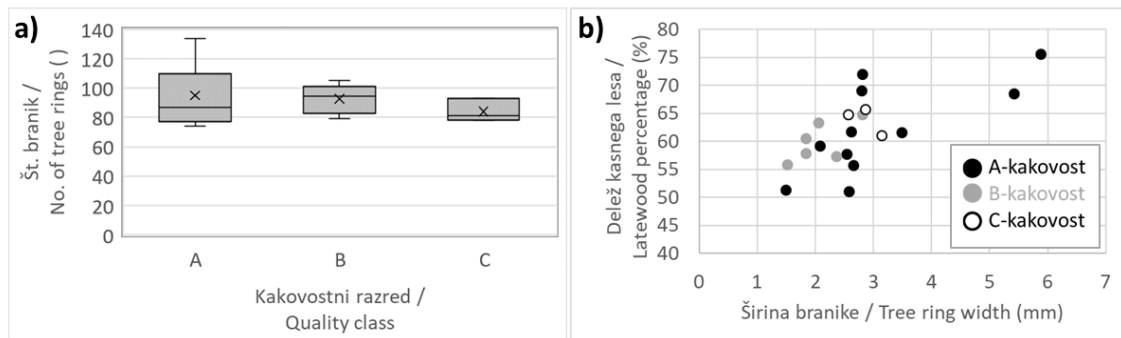
Geometrijske in prirastne značilnosti hlodovine

Dobra tretjina sortimentov na dražbi ($n_A = 481$, $n_{A1} = 460$, $n_{A2} = 21$) je spadala med furnirsko hlodovino (A), dobro polovico je predstavljala najboljša žagarska hlodovina (B, $n_B = 705$), desetina hlodovine ($n_C = 132$) pa je bila srednje žagarske kakovosti (C). Premer in starost hlodovine se je glede na kakovostni razred značilno razlikovala (t-test, $p < 0,05$). V 1. kakovostnem razredu (A) je bil povprečni premer (D) hlodovine 63 cm (St.dev. = 7,0; St.dev. – Standardni odklon), v drugem kakovostnem razredu (B) je znašal 53 cm (St.dev. = 13,1), najmanjši pa je bil v 3. kakovostnem razredu (C; D = 42 cm; St.dev. = 14,4) (Preglednica 1). Povprečna kambijeva starost hlodovine (število branik na nivoju 4-4,5 m nad tlemi) je bila v 1. in 2. kakovostnem razredu nad 90 let, v tretjem pa nekoliko nižja (84 let) (Slika 4).

Preglednica 1. Povprečne geometrijske in prirastne značilnosti hrastove hlodovine po kakovostnih razredih (L - dolžina, D – premer; standardni odklon je naveden v oklepajih).

Kakovostni razred	L (m)	D (cm)	Število branik	Širina branike(mm)	Delež kasnega lesa /(%)
A	424 (92)	63 (7,0)	95 (19)	3,12 (1,34)	62,1 (8,24)
B	406 (70)	53 (13,1)	93 (10)	2,67 (0,46)	59,9 (3,57)
C	470 (77)	42 (14,4)	84 (8)	2,86 (0,29)	63,9 (2,47)

Največje letne prirastke, povprečno nad 3 mm, smo zasledili pri furnirski hlodovini (A), pod to mejo pa je bila povprečna širina branik pri žagarski hlodovini (B, C). Izkazalo se je, da je variabilnost širine branik pri furnirski hlodovini največja, kjer smo zasledili povprečne prirastke od 1,5 pa vse do 5,9 mm. Potrdili smo značilnost venčasto porozne hrastovine, da se s širino branik povečuje tudi delež kasnega lesa (Slika 4) (Zhang et al., 1993). Pri najširših povprečnih letnih prirastkih je delež kasnega lesa znašal vse do 76 %, povprečno 62 %, pri najožjih pa le 51 %.



Slika 4. Starost hrastove hlodovine v posameznem kakovostnem razredu (a) in povezava deleža kasnega lesa s širino branik (b).

Številni avtorji ugotavljajo pozitivno povezavo širine branik z gostoto hrastovega lesa (Čufar, 2006; Gorišek, 2009; Zhang et al., 1993). Nekatere raziskave navajajo tudi večje prirastke hrastovine pri nižji starosti kambija (< 30 let), kot posledica juvenilnosti. Za hrastovino je tudi značilno, da je širina ranega lesa pogosto bolj ali manj konstantna, neodvisna od kambijeve starosti, in je odvisna od količine padavin v rastni sezoni (Zhang et al., 1993).

Povezava kakovosti, vrednosti in akustičnih lastnosti hlodovine

Vizualno ocenjena kakovost hrastove hlodovine je bila tesno povezana z njeno vrednostjo, merjeno z doseženo ceno na prostorninsko enoto. Najvišjo vrednost na prostorninsko enoto je dosegla furnirska hlodovina (A, 506 EUR/m³). Povprečna cena najboljše žagarske hlodovine (B) je bila nekoliko nižja (421 EUR/m³). Dosežena cena žagarske hlodovine srednje kakovosti (C) pa je bila bistveno nižja, in je znašala 131 EUR/m³ (Preglednica 2). Zdi se, da je poleg kakovosti eden od kriterijev za doseganje cene tudi premer hlodovine (Preglednica 1), in z njim povezan večji materialni izkoristek. Slednji je boljši pri hlodovini večjega premera tako pri predelavi v furnir, bodisi rezan, plemenit ali luščen, kot tudi pri predelavi hlodovine v žagan les (Dumitrascu et al., 2013). Znano je, da dodatno negativno na izkoristek žagarske hlodovine pri predelavi v žagarske sortimente vplivajo prisotne strukturne anomalije (Marenče et al., 2016).

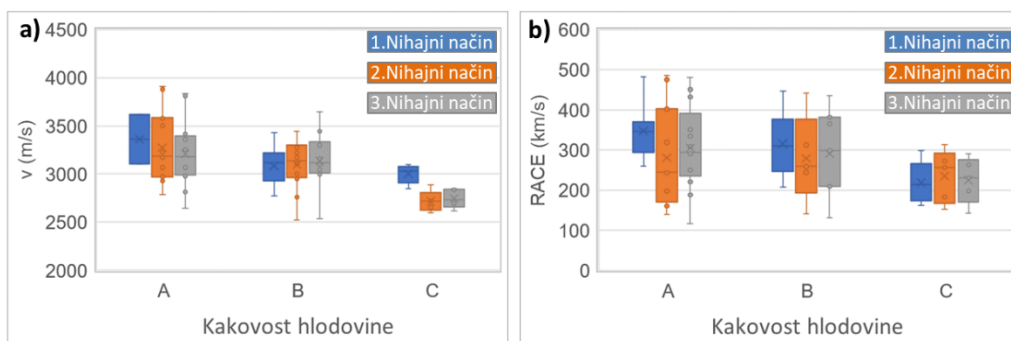
Preglednica 2. Povprečna cena hrastove hlodovine glede na kakovostni razred ter izmerjene akustične lastnosti (v – povprečna hitrost vzdolžnega nihanja, tan δ – povprečni koeficient dušenja,

RACE – povprečna relativna učinkovitost akustične pretvorbe; standardni odklon je naveden v oklepaju).

Kakovostni razred	Cena (EUR/m ³)	v (m/s)	tan δ · 10 ⁻³ ()	RACE [km/s]
A	506 (104)	3115 (228)	26,8 (11,8)	343 (85)
B	421 (110)	3106 (271)	27,3 (18,2)	316 (78)
C	131 (121)	3065 (298)	72,5 (20,1)	214 (86)

Izmerjena hitrost vzdolžnega valovanja je bila največja pri furnirski hlodovini (A) in najmanjša pri žagarski hlodovini srednje kakovosti (C). Padanje hitrosti preleta zvoka s kakovostjo hlodovine ugotavljajo že nekatere predhodne študije na hrastovi, smrekovi in bukovi hlodovini (Kurowska et al., 2016; Straže et al., 2015, 2020). Pri tem izpostavljajo delež grč na prečnem prerezu skupaj z usmerjenostjo in dolžino vlaken, odklonom od aksialnega poteka in prisotnost reakcijskega lesa kot najvplivnejše dejavnike na nižanje hitrosti mehanskega valovanja v stoječih drevesih in hlodovini (Legg & Bradley, 2016; Rais et al., 2014; Tsehaye et al., 2000). Študije poročajo tudi o negativnem vplivu nepravilne geometrijske oblike hlodov, kot so nepravilni prečni prerez, ovalnost, zavitost, koničnost in drugih rastiških napak. Sicer je dobro znan negativni vpliv lesne vlažnosti na hitrost mehanskega nihanja v lesu, ki pa v tej raziskavi ni relevanten, saj je bila hlodovina proučevana v svežem stanju, nad vlažnostjo nasičenja celičnih sten, kjer je hitrost konstantna (Barrett & Hong, 2009).

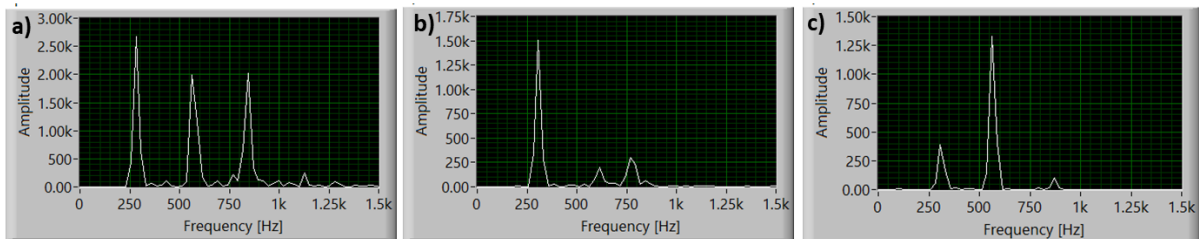
Pri analizi frekvenčnega odziva smo potrdili padanje hitrosti vzdolžnega mehanskega nihanja z zmanjševanjem kakovosti hrastove hlodovine (A → C) tudi v višjih nihajnih načinih. Najnižje vrednosti smo dobili pri hlodih najnižjega kakovostnega razreda (C) (Slika 5). Enak trend smo potrdili tudi pri relativni učinkovitosti akustične pretvorbe RACE, saj se je tudi dušenje vibracij znatno povečalo pri hlodovini nižje kakovosti (C) (Preglednica 2; Slika 5). Rezultati kažejo, da lahko s podrobnejšo akustično analizo, t. j. z določanjem kazalnika RACE, uspešno ločimo hlodovino najslabše kakovosti (C) od najboljše furnirske (A) in žagarske hlodovine (B).



Slika 5. Hitrost vzdolžnega nihanja (a) in relativna učinkovitost akustične pretvorbe RACE (b) v odvisnosti od kakovosti hrastove hlodovine v prvem-, drugem- in tretjem nihajnem načinu (A - izjemna furnirska hlodovina, B - odlična žagarska hlodovina, C – žagarska hlodovina srednje kakovosti).

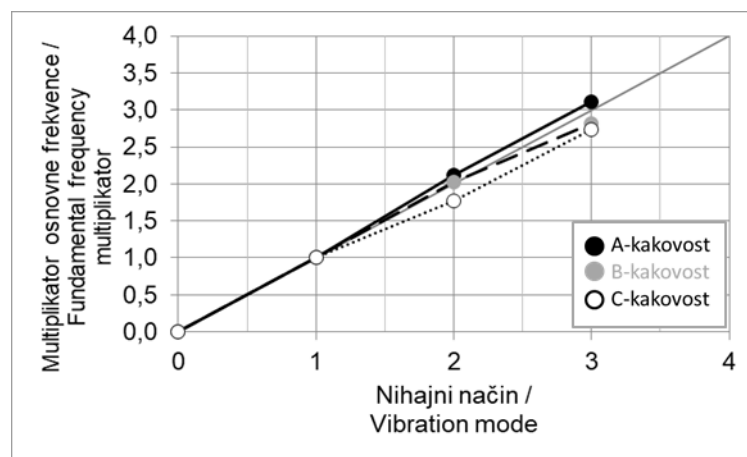
Pri vzdolžnem nihanju popolnih izotropnih elastičnih vitkih preizkušancev so frekvence višjih nihajnih načinov vselej večkratniki osnovne frekvence (Bucur, 2006). Takšen teoretični frekvenčni odziv je bil potrjen le pri furnirski hrastovi hlodovini (A). To nakazuje, da v tej hlodovini ni prisotnih strukturnih anomalij v obsegu, ki bi vplivale na čas preleta in način iznihanja vzbujenega vibracij, kot posledice dušenja (Slika 6a). Pri hrastovi hlodovini žagarske kakovosti (B in C) so frekvenčni spektri močno odstopali od teoretično pričakovanih (Sliki 6b, 6c). V tej hlodovini višje frekvence niso več večkratniki osnovne frekvence. Amplitude v višjih

nihajnih načinih so bile v nekaterih primerih celo močnejše kot v osnovnem načinu. Menimo, da je takšen odziv posledica notranjih strukturnih nepravilnosti v hlodih nižje kakovosti (B, C) (Slika 1).



Slika 6. Frekvenčni spektri z resonančnimi frekvencami v 1., 2. in 3. vzdolžnem nihajnem načinu: a) A – furnirska hlodovina, b) B - odlična žagarska hlodovina, c) C – žagarska hlodovina srednje kakovosti.

Raziskava povprečnega razmerja med frekvencami višjih nihajnih načinov in osnovnim nihajnim načinom (f_1/f_1 , f_2/f_1 , f_3/f_1) je pri hrastovi hlodovini A in B kakovostnega razreda pokazala vrednosti nad idealno premico ($y = x$). Pri hrastovi hlodovini srednje žagarske kakovosti (B) smo dobili vrednosti pod idealno črto ($y = x$) (Slika 7). Slednje je povezano s prisotnostjo nekaterih strukturnih značilnosti v hlodih (grčavost, koničnost, ekscentričnost, ovalnost prereza,...), od katerih so nekatere zunanje vidne (Slika 1) in zmanjšujejo kakovost hlodovine (McConnell, 2016).



Slika 7. Frekvenčno razmerje (f_1/f_1 , f_2/f_1 , f_3/f_1) pri hrastovi hlodovini različne kakovosti (A – furnirska hlodovina, B - odlična žagarska hlodovina in C – žagarska hlodovina srednje kakovosti).

ZAKLJUČKI

Kakovost hrastove hlodovine, določena vizualno na osnovi značilnosti (Pravilnik..., 2017), je bila pozitivno povezana in v sorazmerju s ceno gozdno-lesnih sortimentov, ki jo je dosegla na dražbi vrednejšega okroglega lesa v Slovenj Gradcu. Najkvalitetnejša hlodovina je imela večje premere, več in povprečno širše prirastne plasti. Potrdili smo značilno pozitivno povezavo med vizualno oceno kakovosti hlodovine (A – izjemna, furnirska hlodovina, B - odlična žagarska hlodovina, C – žagarska hlodovina srednje kakovosti), hitrostjo vzdolžnega mehanskega nihanja (v) in relativno učinkovitostjo akustične pretvorbe (RACE). Pri hrastovi hlodovini nižje kakovosti (B in C) so frekvenčni spektri znatno odstopali od teoretičnih, kjer resonančne frekvence v višjih nihajnih načinih niso večkratniki osnovne frekvence. Raziskava je potrdila možnost in obetavnost uporabe nedestruktivnih akustičnih metod za oceno kakovosti hrastove hlodovine.

VIRI

- Barrett, J. D., & Hong, J. P. (2009). Moisture content adjustments for dynamic modulus of elasticity of wood members. *Wood Science and Technology*, 44(3), 485–495.
- Bucur, V. (2006). Acoustics of wood. In T. E. Timell & R. Wimmer (Eds.), *Springer Series in Wood Science*. Springer-Verlag.
- Carter, P., Wang, X., & Ross, R. J. (2013). Field application of processor head acoustic technology in forest harvest operations. In R. J. Ross & X. Wang (Eds.), *18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium* (pp. 7–14). USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Čufar, K. (2006). Anatomija lesa. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Dumitrascu, A. E., Ciobanu, V. D., & Lepadatescu, B. (2013). Valorization of Wood Resources for the Cutting of Decorative Veneer in the Context of Sustainable Development of Romanian Forests. *BioResources*, 8(2), 4298–4311. <https://doi.org/10.15376/biores.8.3.4298-4311>
- Gorišek, Ž. (2009). Les: Zgradba in lastnosti - njegova variabilnost in heterogenost. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Gornik Bučar, D., Bučar, B. 2009. Uporaba metode ferkvenčnega odziva za določanje modula elastičnosti žaganega lesa. *Les/Wood*, 61, 5, 240-245
- Gornik Bučar, D., Bučar, B. 2011. Strength grading of structural timber using the single mode transverse damped vibration method. *Wood research*, 56, 1, 67-75
- Karaszewski, Z., Bemberek, M., Mederski, P. S., Szczepanska-Alvarez A., Byczkowski, R., Kozłowska, A., Mischnowicz, K., & Przytula, W. (2013). Identifying beech round wood quality - Distributions and the influence of defects on grading. *Drewno*, 56(189), 39–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.041.03>
- Krajnc, L., Kadunc, A., & Straže, A. (2019). The use of ultrasound velocity and damping for the detection of internal structural defects in standing trees of European beech and Norway spruce. *Holzforschung*, 73(9), 807–836. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/hf-2018-0245>
- Kurowska, A., Kozakiewicz, P., & Gladzikowski, T. (2016). Ultrasonic waves propagation velocity and dynamic modulus of elasticity of European oak, European aspen, American cherry and wenge wood. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 93, 83–88.
- Legg, M., & Bradley, S. (2016). Repository , ResearchSpace. <https://doi.org/10.1121/1.4940210>
- Longuetaud, F., Mothe, F., Kerautret, B., Krähenbühl, A., Hory, L., Leban, J. M., & Debled-Rennesson, I. (2012). Automatic knot detection and measurements from X-ray CT images of wood. A review and validation of an improved algorithm on softwood samples. *Computers and Electronics in Agriculture*, 85(7), 77–89.
- Marenče, J., Gornik Bučar, D., & Šega, B. (2016). Bukovina - povezave med kakovostjo dreves, hlodovine in žaganega lesa. *Acta Silvae et Ligni*, 111, 35–47. <https://doi.org/10.20315/asetl.111.4>
- Marenče, J., Šega, B., & Gornik Bučar, D. (2020). Monitoring the Quality and Quantity of Beechwood from Tree to Sawmill Product. *Drvna Industrija*, 41(1), 119–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.613>
- McConnell, T. E. (2016). Quality indexes for Oak Sawlogs Based on Green Lumber Grade Yields. *Forest Products Journal*, 67(3/4), 245–249.
- Meyers, M. A. (1994). *Dynamic Behaviour of Materials*. Willey & Sons.
- Obataya, E., Ono, T., & Norimoto, M. (2000). Vibrational properties of wood along the grain. *Journal of Materials Science*, 35, 2993–3001.
- Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov. 2017. Uradni list RS, št. 9/2016
- Račko, V. (2013). Verify the accuracy of estimation the model between dimensional characteristics of branch scar and the location of the knot in the beech trunk. *Forestry and Wood Technology*, 84, 60–65.
- Rais, A., Pretzsch, H., & Kuilen, J. W. G. (2014). Roundwood pre-grading with longitudinal acoustic waves for production of structural boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 87–98. <https://doi.org/10.1007/s00107-013-0757-5>
- Ross, R. (2015). *Nondestructive Evaluation of wood*. Forest Producty Laboratory.
- Sioma, A. (2015). Assessment of wood surface defects based on 3D image analysis. *Wood Research*, 60(3), 339–350.
- SIST EN 1316-1:2010. Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 1: Oak and beech. CEN, Brussels, 9 str.
- Straže, A., Dremelj, M., Žveplan, E., & Čufar, K. (2018). Spremembe fizikalnih lastnosti hrastovega lesa iz zgodovinskih konstrukcij v življenjski dobi. *Les/Wood*, 67(1), 5–14.
- Straže, A., Mitkovski, B., Tippner, J., Čufar, K., & Gorišek, Ž. (2015). Structural and acoustic properties of African padouk (*Pterocarpus soyauxii*) wood for xylophones. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73(2), 235–243.
- Straže, A., Plavčak, D., Žveplan, E., & Gorišek, Ž. (2020). Linking Visual and Stress Wave Grading of beech Wood from the Log to the Sawmill Product. *Environmental Sciences Proceedings*, 1, 1–6.
- Straže, A., Žigon, J., Pervan, S., Mikšik, M., & Prekrat, S. (2023). The Influence of Processing Conditions on the Quality of Bent Solid Wood from European Oak. *Forests*, 14(5), 1–11. <https://doi.org/10.3390/f14051047>

- Torkaman, J., Vaziri, M., Sandberg, D., & Limae, S. M. (2018). Relationship between branch-scar parameters and knot features of oriental beech (*Fagus orientalis* Libsky). *Wood Material Science and Engineering*, 13(2), 1–4. <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1424731>
- Tsehaye, A., Buchanan, A. H., & Walker, J. C. F. (2000). Sorting of logs using acoustics. *Wood Science and Technology*, 34, 337–344.
- Wang, X., Carter, P., Ross, R. J., & Brashaw, B. K. (2007). Acoustic assessment of wood quality of raw materials - a path to increased profitability. *Forest Products Journal*, 57(5), 6–14.
- Zhang, S.-Y., Owoundi, R. E., Nepveu, G., Mothe, F., & Dhote, J. F. (1993). Modelling wood density in European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) and simulating the silvicultural influence. *Canadian Journal of Forest Research*, 23(2587–2593).

3.2. Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

V slovenskem gozdno-lesnem gospodarstvu je primarni cilj ustvarjanje vrednosti in dobava zelenih izdelkov kupcem oz. uporabnikom, kjer se učinki v celotni gozdno-lesni verigi vrednosti multiplicirajo z delovanjem vseh njenih členov. Uspešnost delovanja celotne verige vrednosti je pomembno razumeti z vidika potenciala dosegljivih količin, stopnje tehnološke predelave in mejne kakovosti vhodnih surovin ter lastnosti proizvedenih produktov. Cilj te študije je bil evidentiranje posameznih verig vrednosti v celotni domači gozdno-lesni verigi, analiza delovanja krožnosti in možnosti predelave listavcev v visokotehnološke izdelke in materiale, ki zagotavljajo visoko dodano vrednost (**R4.2**). Potrdili smo obstoj petih primarnih verig vrednosti (P1...P5), dveh verig za zagotavljanje krožnosti (K6, K7), ter treh verig višjih predelovalnih stopenj za proizvodnjo izdelkov z višjo dodano vrednostjo (S8...S10). Pri predelavi lesa listavcev je pereče nedelovanje primarne verige »Furnir« (P2) ter omejeno delovanje verige »Žagan les« (P1) s čimer slabo izkoriščamo potencial lesne surovine najvišje kakovosti. Za doseganje kriterija t.i. zelenih verig vrednosti, je potrebno krepiti verige, ki zagotavljajo krožnost (K6 - Ostanki, K7 – Odslužen les) in so trenutno delujoče v manjšem obsegu, ter se prehitro zaključujejo.

UVOD

V gozdno-lesnem sektorju in drugod, je ustvarjanje vrednosti za kupca oziroma dobava zelenega izdelka po sprejemljivi ceni eden izmed osnovnih imperativov deležnikov, t.j. poslovnih subjektov, ki delujejo na začetku dobavnih verig pa vse do tistih, ki v sekundarnih sektorjih proizvajajo izdelke za končne uporabnike (Nicholls & Bumgardner, 2018). V gozdno-lesno verigo so vključeni številni deležniki. Na primarnem nivoju gre za lastnike in upravljalce gozdov ter pridelovalce in proizvajalce primarnih proizvodov, kot sta denimo žagan les in furnir. Ti primarni subjekti so še posebej povezovalni (integralni), saj s poslovnimi odločitvami značilno vplivajo na vrste in vrednosti primarnih lesnih proizvodov, ki se uporabljajo kot ključni materiali v sekundarni proizvodnji. Velja pa tudi obratno – za dobavno verigo so vedno pomembnejši predelovalci na višji stopnji, in na koncu potrošniki.

Slovenska lesna industrija se sooča z več izzivi, zaradi značilne izvozne usmerjenosti tudi in zlasti na mednarodnih trgih. Panoga tekmuje s svetovnimi proizvajalci, pogosto tudi z globalnimi dobavitelji surovin, tudi tistih na osnovi lesa ali lesne biomase, pa čeprav razpolagamo z primernimi domačimi lesnimi zalogami. Pretekla izguba proizvodne infrastrukture, predvsem na področju predelave furnirja, lesnih kompozitov in celuloze, za velik delež subjektov v gozdno-lesni verigi prinaša visoko stopnjo odvisnosti od mednarodnih trgov, ter negotovost pred morebitnim nedelovanjem dobavnih verig. Največji pomen in skrb imata pri tem sposobnost konkurenčne proizvodnje in vzdrževanje dobavnih verig, kar pa zagotavlja stabilnost drugim členom celotne gozdno-lesne verige. Številni poslovni subjekti v več sektorjih domačega gozdno-lesnega gospodarstva čutijo posledice nekaterih nedavnih ali obstoječih kriz, kot so dobavne motnje surovine zaradi naravnih ujem ter podnebnih

sprememb, pretekla kriza gradbenega sektorja, pandemija Covid-19, energetska kriza in umirjanje gospodarske rasti zaradi vojne v Ukrajini, idr.

Z Evropskim zelenim dogovorom (angl. "The Green Deal") leta 2019 se je Evropska unija (EU) zavezala k ukrepanju za doseggo podnebne nevtralnosti do leta 2050 (The international wood industry in one information service, 2020a). To je enkratna priložnost za krepitev zelenih verig vrednosti, med katerimi je ena pomembnejših tudi gozdno-lesna veriga (European Organisation of the Sawmill Industry (EOS), 2020). V teh dokumentih je posebej izpostavljena uporaba lesa v konstrukcijske namene, predvsem za lesno gradnjo, kjer pa les trenutno predstavlja le 3 % vseh uporabljenih materialov (The international wood industry in one information service, 2020b). To odpira nove možnosti tudi za slovensko lesarstvo.

Med dolgoročneje izzive domače gozdno-lesne verige spada tudi pričakovana spremenjena struktura domače dobavne verige gozdno lesnih sortimentov, kjer se bo zaradi podnebnih sprememb povečeval delež listavcev, ob hkratnem naraščanju deleža sortimentov slabše kakovosti. Poraba lesa listavcev v Evropi upada, kar pripisujejo manjšanju gradbeniškega sektorja ter zmanjševanju konkurenčnosti pohištvene industrije na globalnem trgu (Prislan, 2015). V lesni zalogi v slovenskih gozdov prevladujejo listavci (56 %), med drevesnimi vrstami pa sta najbolj zastopani smreka (30,4 %) in bukev (32,7 %), delež slednje pa počasi narašča. V letu 2019 se je v Sloveniji poraba žaganega lesa listavcev v primerjavi z letom 2018 zmanjšala za 5 %, glede na leto 2010 pa za 22 %. Poraba okroglega lesa listavcev za energetske namene je v letu 2021 predstavljal 52 %, v letu 2020 pa 54 % celotne porabe okroglega lesa listavcev (Ščap, 2020). Povpraševanje po kakovostnem lesu listavcev je majhno, še posebej po lesu neodpornih lesnih vrst, kot je na primer bukovina. Les listavcev se po mnenju mnogih preveč uporablja zgolj za proizvodnjo energentov in lesne kompozite, čeprav nudi številne druge možnosti rabe v izdelkih široke potrošnje, v gradbeništvu in v izdelkih z visoko dodano vrednostjo, ter v novih, naprednih materialih na osnovi lesa listavcev (Kropivšek & Čufar, 2015).

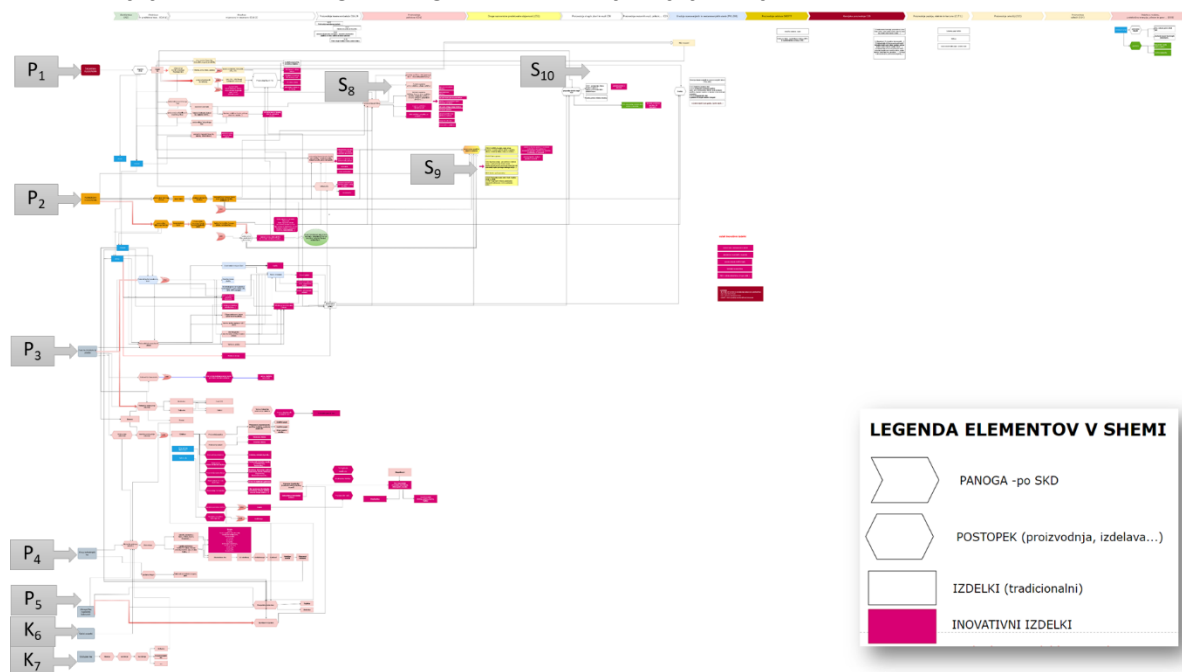
Za delovanje celotne verige je pomembno, da delujejo vsi njeni člani. Med posameznimi verigami so razlike tako v stopnji (trenutnega) razvoja kot v potencialu nadaljnjega razvoja. Cilj raziskave je bil evidentiranje obstoječih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu ter preverjanje zagotavljanja krožnosti in možnosti predelave listavcev v materiale, polizdelke in izdelke z višjo- in visoko dodano vrednostjo. Verige vrednosti so bile koncipirane z upoštevanjem mejne kakovosti vhodne surovine in stopnje tehnološke predelave ter potencialom dosegljivih količin, ob predpostavki intenzivnejše mobilizacije lesa listavcev v teh verigah.

MATERIAL IN METODE

V raziskavi smo uporabili koncept verige vrednosti, ki sistemsko omogoča vrednotenje (Wang, 2015), pri čemer smo za njihov obstoj in delovanje upoštevali mejno kakovost vhodne surovine. Koncept mejne kakovosti vhodne surovine (angl: marginal log) sloni na določitvi namena uporabe hlodovine glede na njeno kakovost (Ringe & Hoover, 1987). To omogoča, da razpoložljivo hlodovino izkoristimo za proizvodnjo izdelkov s čim višjo dodano vrednostjo. Ker se dodana vrednost izdelkom močno povečuje s stopnjo tehnološke predelave in obdelave, to tekom celotne gozdno-lesne verige pomeni tudi večje možnosti za vlaganje v njen razvoj, v tehnološko posodobitev in digitalizacijo, hkrati pa močno povečuje izkoriščanje potenciala lesne surovine (Kropivšek et al., 2017; Kropivšek & Gornik Bučar, 2017).

Za evidentiranje obstoječih in koncipiranje novih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo diagram poteka (angl. FlowChart) izdelali s spletnim orodjem Draw.io (diagrams.net). S to tehniko smo na osnovi kakovostnih razredov lesa listavcev (žagarska hlodovina (P₁), furnirska hlodovina (P₂), hlodovina za celulozo in plošče (P₃), drug industrijski les (P₄) in okrogli les najslabše kakovosti (P₅)) izdelali razvejan sistem verig vrednosti, kjer se mnoge verige zaključujejo tudi v drugih panogah izven gozdno-lesnega sektorja (Slika 1).

Verige so med sabo prepletene, nastali (pol)proizvodi in ostanki znotraj verig, pa lahko predstavljajo začetek drugih verig, ali pa se vključujejo v njih v eni od faz.



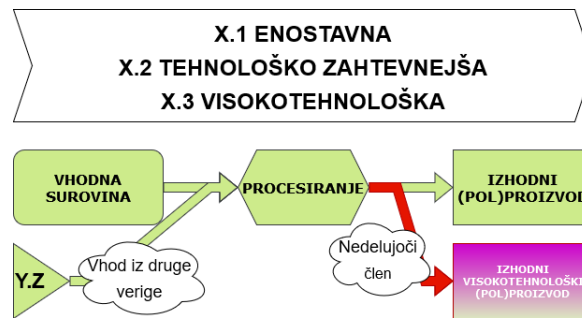
Slika 1. Pregledna shema verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu ($P_1...P_5$ – primarne verige vrednosti, K_6, K_7 – verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti, $S_8...S_{10}$ – sekundarne, sestavljene verige vrednosti).

S tem smo dobili obsežen vpogled v dejavnosti, polproizvode in končne izdelke, ki so povezani z gozdno-lesnim biogospodarstvom. V raziskavi je v nadaljevanju identificiranih le nekaj vzorčnih, tipičnih izdelkov ali skupin izdelkov. Mišljeno je, da lahko posamezna veriga vrednosti razvija tudi le del identificiranih proizvodov ter da ima tudi možnosti in potencial za razvoj drugih izdelkov.

DIAGRAM POTEKA

Diagram poteka znotraj posameznih verig smo razčlenili skladno z zahtevnostjo ter inovativnostjo uporabljane tehnologije na tri stopnje: X.1 – enostavna, X.2 – tehnološko zahtevnejša, X.3 – visokotehnološka. Za gradnike diagramov poteka smo definirali simbole za vhodno-izhodni blok, ki definira bodisi storitev ali (pol)proizvod verige vrednosti, za procesni blok, ter povezave med bloki. Za posamezno verigo smo uporabili svojo identifikacijsko številko in barvo (Slika 2).

Znotraj posameznih verig smo na osnovi raziskav in poznavanja delovanja slovenske lesne industrije ter ekspertiz strokovnjakov definirali delujoče in nedelujoče povezave. Slednje predstavljajo šibke, t.j. kritične člene posamezne verige, ki bodisi ovirajo ali preprečujejo učinkovito delovanje posamezne verige vrednosti. V okviru raziskave smo posebno pozornost namenili identifikaciji visokotehnoloških in inovativnih proizvodov, in za te v vseh verigah uporabili enotno, vijolično barvo.



Slika 2. Definiranje tehnološke zahtevnosti in gradnikov verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu, ter opredelitev delovanja verig vrednosti in tehnološke zahtevnosti proizvodov.

REZULTATI

Gozdno lesna veriga spada med kompleksne in primarne verige, ki za svoje delovanje porablja (obnovljive) vire iz narave. Pri porabi teh virov mora ta veriga biti seveda zelo gospodarna in učinkovita, saj teh virov ni neomejeno, predvsem pa so na razpolago v zelo različnih kakovostih in torej tudi različno uporabni. Smiselno in ekonomično je upoštevati koncept mejne kakovosti (Hurmekoski et al., 2018) in torej te vire porabiti za tiste načine predelave, ki izkoriščajo njihov največji potencial; npr. hlodovino visoke kakovosti uporabimo za izdelavo furnirja in žaganega lesa najvišje kakovosti in ne za proizvodnjo sekancev. To dejstvo je narekovalo, da smo to kompleksno gozdno lesno verigo razčlenili na manjše segmente, ki smo jih v prvi vrsti delili glede na kakovost vhodne surovine. Tako smo dobili 5 temeljnih, primarnih verig vrednosti, katerih rezultati so produkti (outputi) namenjeni za nadaljnjo predelavo v izdelke višje vrednosti, predvsem v lesarstvu, pa tudi v drugih panogah (npr. v gradbeništvu, kemijski in živilski industriji, v proizvodnji papirja idr.). Primarne verige vrednosti ($P_1 \dots P_5$) predstavljajo:

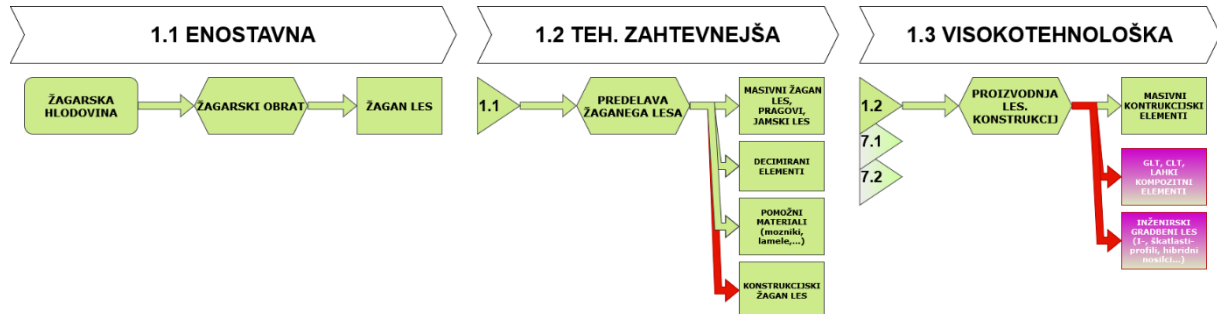
- P_1 - Žagan les,
- P_2 - Furnir,
- P_3 - Les za celulozo in plošče (kompoziti, papir),
- P_4 - Drug industrijski les (kemijska predelava) in
- P_5 - Okrogli les najslabše kakovosti (energetika).

Primarne verige vrednosti

V Sloveniji je količinsko precej manj proizvodnje žaganega lesa listavcev (l 2016: 136.000 m³), kot proizvodnje žaganega lesa iglavcev (l 2016: 500.000 m³) (Ščap, 2020). Veriga predelave žaganega lesa listavcev (P_1) je delujoča do 2. stopnje tehnološke zahtevnosti, kjer pa ne deluje predelava v konstrukcijski žagan les (Slika 3). Podobno kot pri lesu iglavcev ter drugih materialih, je za rabo lesa listavcev v konstrukcijske namene potrebno poznati njegove mehanske lastnosti, kar pa, zaradi njegove variabilnosti, v prvi vrsti zahteva ocenjevanje s predpisano stopnjo zanesljivosti in razvrščanje v ustrezne trdnostne razrede ustrezno s SIST EN 338: 2016 standardom (Gornik Bučar, 2009), ki pa trenutno ne deluje.

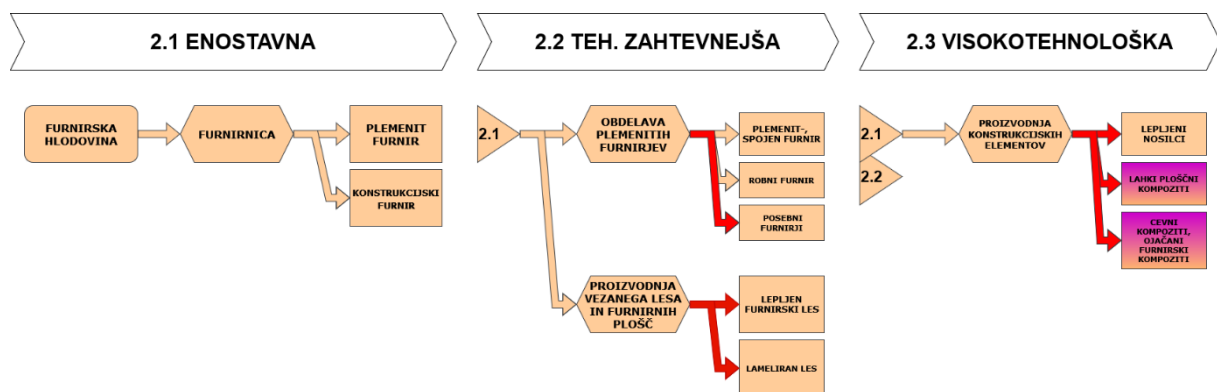
Večja gostota lesa listavcev, povečuje konkurenčnost pri gradnji z lesom in izdelavo vitkejših konstrukcij v primerjavi z lažjimi lesnimi vrstami iglavcev ali glede na druge gradbene materiale. Visoka upogibna trdnost in upogibni modul elastičnosti odražajo odlično stabilnost pogosto upogibno obremenjenih vitkih konstrukcijskih elementov. Les gostejših listavcev, kot so jesen, hrast in bukev, v prečni smeri tudi do 10-krat bolje prenašajo strižne obremenitve v primerjavi s smrekovino, kar je tudi posledica razlik v anatomski zgradbi (Čufar et al., 2017). V zadnjem času se na področju gradnje z lesom razvijajo sodobne inženirske rešitve tudi pri izrabi listavcev, kot so lamelirani nosilni konstrukcijski elementi, križno lepljen les, kot tudi t.i. hibridni lamelirani nosilni elementi, tudi v kombinaciji z lesom iglavcev ter drugih lesnih

kompozitov (I-profil, škatlasti profili), kjer smrekov lameliran les ojačamo s pasnicami lesa listavcev (Straže, 2022). Ti visokotehnološki in inovativni izdelki se v domači primarni verigi vrednosti »Žagan les« (P₁) trenutno ne proizvajajo. Tovrstni izdelki pa bi lahko predstavljali pomembno tržno nišo, visokotehnološko opremljenim podjetjem z vitko proizvodnjo, za izpolnjevanje specifičnih potreb zahtevnih kupcev.



Slika 3. Struktura primarne verige vrednosti P₁ – Žagan les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

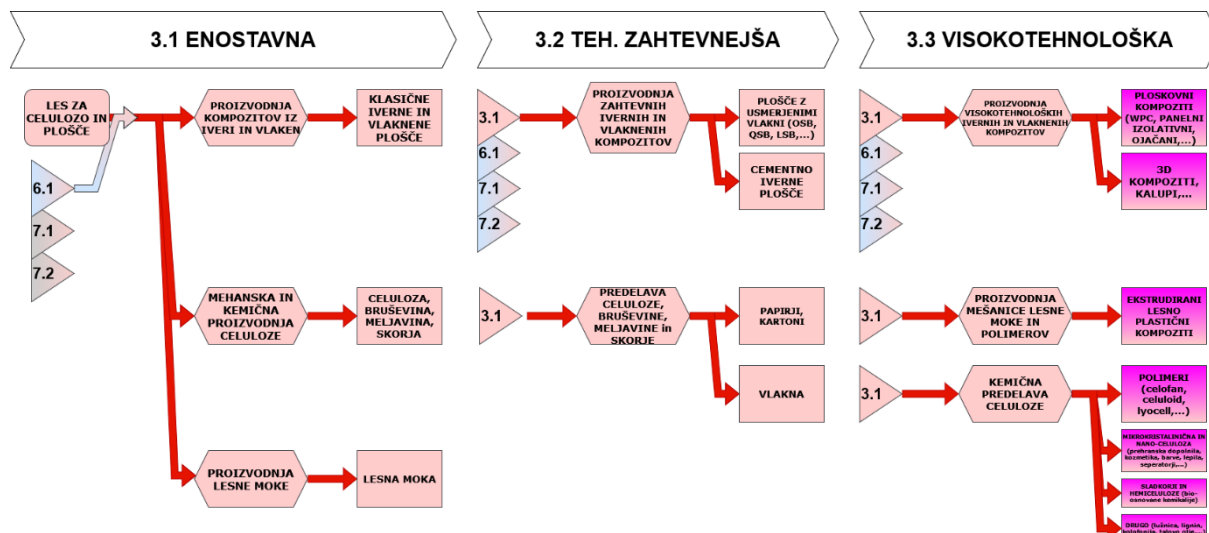
Za optimalno rabo lesa listavcev, je vsekakor nujna proizvodnja konstrukcijskega, kot tudi plemenitega furnirja, kjer se v verigi kot osnova uporablja hlobovina najvišje kakovosti (P₂ – Furnir, Slika 4). Furnir je osnova za izdelavo že uveljavljenih vezanih plošč, furnirnih plošč ali nosilnih konstrukcijskih elementov iz slojnatega furnirnega lesa (LVL). Furnirni slojnat les predstavlja velik potencial v inovativnih konstrukcijskih kompozitnih elementih, bodisi ploskovnih, linijskih ali prostorsko ukrivljenih elementih, ki imajo bistveno boljše mehanske lastnosti kot npr. smrekov lepljen lameliran les ali slojnat furnirni les (Saražin et al., 2017; Šernek, 2009). Razmerje med maso in upogibno nosilnostjo je pri bukovih kompozitih ugodnejše kot pri smrekovih, konstrukcijski elementi z enako nosilnostjo pa so vitkejši (Straže, 2022). Odlična nosilnost in inovativen dizajn vsekakor omogočata proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo in uporabo v leseni gradnji. Pogosto ima les pri gradnji le nenosilno funkcijo, tudi toplotno in zvočno izolativno vlogo, ko ga uporabljamo za stenske, stropne in talne obloge, za stavbno pohištvo ter razne druge nenosilne elemente. Smiselna je tudi uporaba hitrorastočih, redkejših lesnih vrst, kot sta npr. trepetlika (*Populus tremuloides*), ter tudi paulovnja (*Paulownia tomentosa*) (Straže, 2022).



Slika 4. Struktura primarne verige vrednosti P₂ – Furnir po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

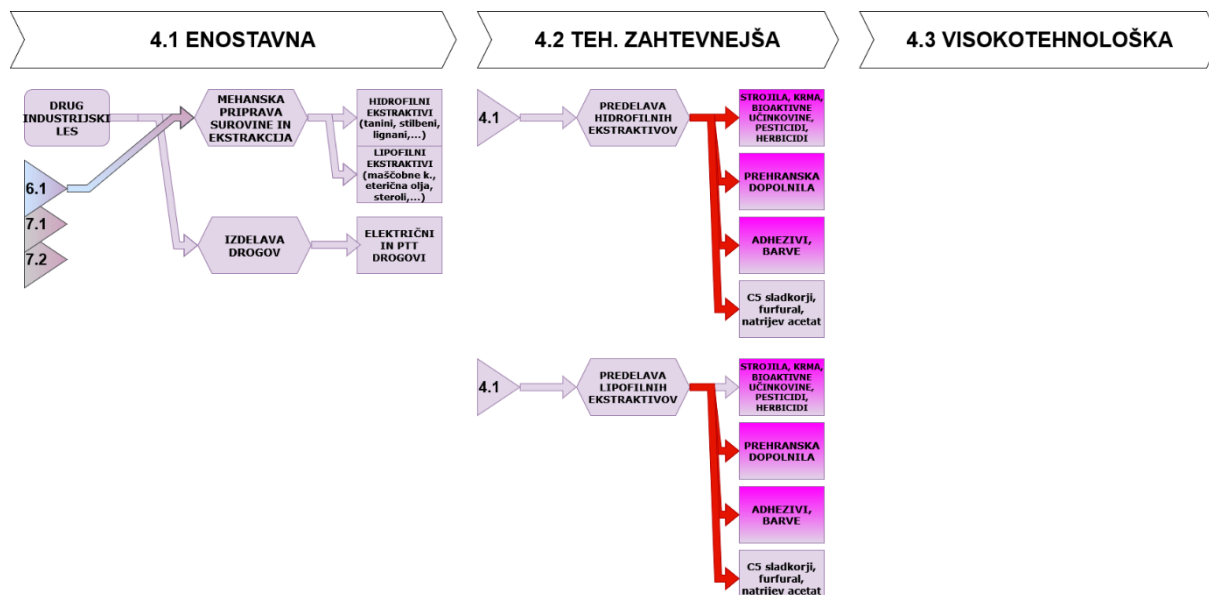
Velike možnosti za uporabo lesa listavcev predstavlja izdelava številnih lesnih kompozitov kot so na primer iverne plošče, vlaknene plošče, leso-cementne plošče, WPC (lesno plastični kompoziti) ter številni inovativni 3D-, izolativni-, ojačani- in drugi kompoziti (Šernek, 2009). Iz lesa listavcev, kvalitete za celulozo in plošče (P₃; Slika 5) lahko pridobivamo tudi platformne

kemikalije ter napredna biogoriva kot sta etanol in butanol. Novejši postopki delignifikacije omogočajo energetske učinkovito in ekološko sprejemljivo proizvodnjo celuloznih vlaken, od koder lahko izdelujemo papir, tekstil, polimere ter nanofibrilirano in nanokristalinično celulozo (Zule et al., 2017). Veriga vrednosti P_3 trenutno deluje le v zelo omejenem obsegu na primarni tehnološki stopnji (3.1), le v segmentu vezanih plošč.



Slika 5. Struktura primarne verige vrednosti P_3 – Les za celulozo in plošče po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

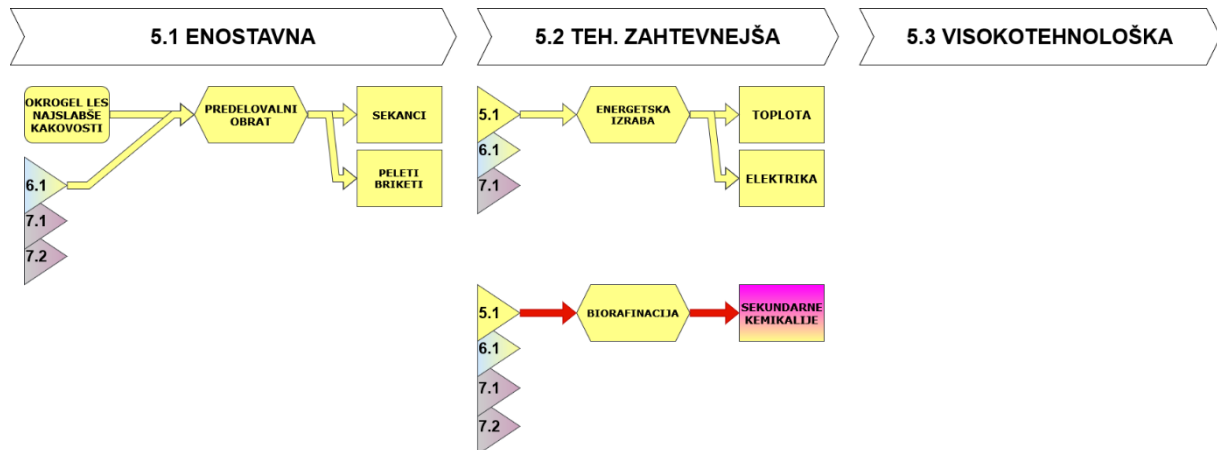
Pri več domačih lesnih vrstah listavcev sta uporabni tudi hemicelulozna in ligninska frakcija. Predelava biomase poteka v skladu s konceptom biorafinerije. Drug industrijski les listavcev (P_4 ; Slika 6) trenutno predelujemo le na osnovni tehnološki stopnji (4.1). S predelavo hidrofилnih in lipofilnih ekstraktivov v prihodnje pa bi se odprle številne možnosti pridobivanja zelenih kemikalij z uporabnostjo v kemiji, prehranski industriji, agronomiji in drugje (Zule, 2015).



Slika 6. Struktura primarne verige vrednosti P_4 – Drug industrijski les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Vse večja skrb za čisto okolje z zahtevami po zmanjšanju emisij toplogrednih plinov ob hkratnih vse večjih potrebah po energiji se kažejo tudi v povečani rabi lesne biomase, ki se je

v Sloveniji denimo v obdobju od 2010 do 2019 več kot podvojila (l. 2010: 60.000 t; l. 2019: 134.000 t) (Gornik Bučar et al., 2021). Naraščajoče energijske potrebe povzročajo tudi pritisk na surovinsko dobavno verigo, kjer pa ne smemo dovoliti, da bi se za energetske namene uporabljala lesna surovina z višjim kakovostnim potencialom (Zule et al., 2017). Veriga vrednosti je šibka v segmentu vstopanja druge lesne mase kot surovinskega vira (K₆, K₇), pogosto zaradi težav z zbiranjem surovin in prisotnosti anorganskih onesnažil v njih (Humar, 2010), neizkoriščen potencial pa ima na področju biorafinacij (Zule, 2015).



Slika 7. Struktura primarne verige vrednosti P₅ – Okrogli les najslabše kakovosti po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti

Skladno z Vizijo 2040 za evropski gozdno lesni sektor (*Vision of the 2024 of the European Forest-Based Sector*, 2023), ki stremi h krožnemu gospodarstvu brez odpadkov (zero waste) in zapiranju snovnih tokov, je zelo pomembna ponovna uporaba in poraba ostankov v vseh členih gozdno lesne verige. Izraba gozdne lesne surovine bi se naj dvignila na 90 %, po drugi strani pa naj bi ponovno uporabili kar 70 % vseh vgrajenih materialov in iz njih naredili nove izdelke (*Vision of the 2024 of the European Forest-Based Sector*, 2023).

Zato smo k zgoraj naštetim verigam vrednosti dodali še dve primarni verigi, ki pa svojih virov ne črpata neposredno iz narave, ampak surovinsko izhajata iz posameznih segmentov primarnih- (P₁...P₅) kot tudi sekundarnih verig vrednosti (S₈...S₁₀), vključno z izdelki po koncu njihove uporabe. Nastali sta povezovalni verigi za zagotavljanje krožnosti, katerih viri so:

- (K₆) Ostanki in
- (K₇) Odslužen les.

Lesni ostanki, v obliki procesnih stranskih proizvodov v treh osnovnih primarnih verigah (P₁...P₃; skorja, žagovina, sekanci,...), se v povezanih in delujočih gozdno-lesnih verigah vrednosti v tujini prvenstveno uporabljajo kot glavna surovina ali pa pomemben surovinski vir v proizvodnji ivernih in vlaknenih kompozitov ter celuloze (P₃, P₄) (Hurmekoski et al., 2018). Podatki kažejo, da je pretekla izguba proizvodne infrastrukture v Sloveniji, predvsem na področju predelave furnirja, lesnih kompozitov in celuloze, povzročila naraščanje neoptimalnega koriščenja tega surovinskega vira, zlasti v energetske namene, manjka pa njihova tehnološko zahtevnejša predelava (Krajnc & Piškur, 2006) (Slika 8).



Slika 8. Struktura verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti K_6 – Ostanki po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Veriga vrednosti K_7 - Odslužen les deluje le na osnovni tehnološki stopnji, z večinsko izrabo razpoložljive surovine v energetske namene, manjka pa zahtevnejša tehnološka obdelava, ki omogoča kaskadno rabo (Humar & Lesar, 2016; Saražin et al., 2017) (Slika 9). Odslužen les pogosto vsebuje visoke koncentracije anorganskih onesnažil ter sintetična vezivna sredstva in sredstva površinske obdelave (Humar, 2010). Za zagotavljanje krožnosti surovine so obetavni postopki hidrotermične obdelave in kompostiranja, ter rabe v druge namene (Ugovšek, 2011).



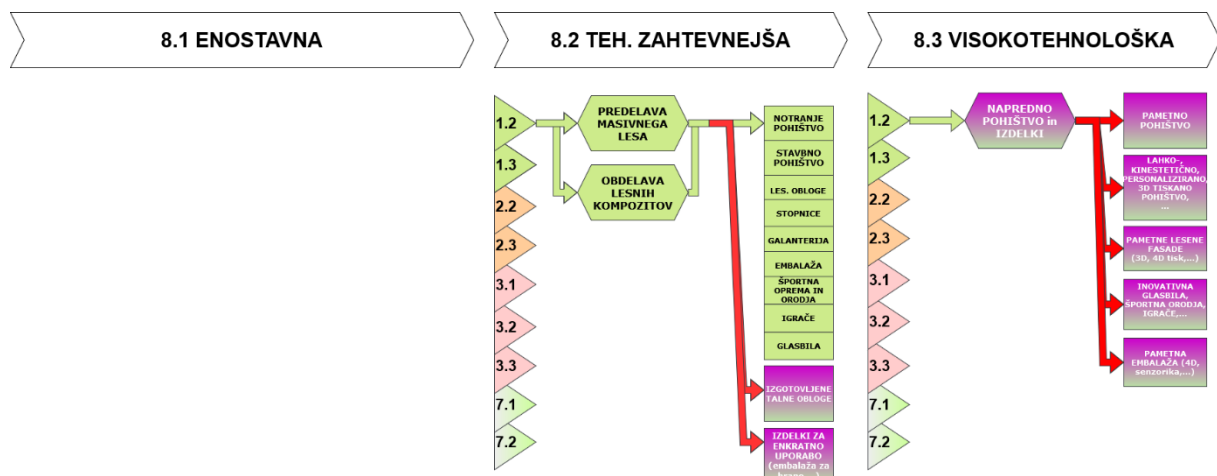
Slika 9. Struktura verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti K_7 – Odslužen les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Na osnovi petih primarnih ($P_1...P_5$) in dveh povezovalnih verig vrednosti (K_6, K_7), smo definirali verige višjih stopenj predelave in obdelave lesa ($S_8...S_{10}$), ki zagotavljajo tudi proizvodnjo izdelkov iz lesa z višjo dodano vrednostjo. To velja seveda tudi za les listavcev, katerega uporabnost je sicer zelo široka (Kropivšek & Čufar, 2015). Pridemo do naslednjih sekundarnih, sestavljenih verig:

- (S_8) Končni leseni proizvodi (notranja oprema in vse druge rabe – galanterija, glasbila, športno orodje, embalaža, obloge...),
- (S_9) Lesena gradnja (povezava z gradbeništvo – F41, F42) in
- (S_{10}) Plovila in prevozna sredstva (povezava s prevoznimi sredstvi - C29, C30).

Verige vrednosti višjih stopenj predelave

Znotraj teh verig nastajajo številne nove rabe lesa listavcev in s tem tudi inovativni izdelki, ki dvigujejo potencial količinske rabe lesa kot tudi dodano vrednost v izdelkih. Te verige so razmeroma visokotehnoške in zahtevajo tudi velika vlaganja v investicije. Inovativne izdelke najdemo sicer tudi v primarnih verigah ($P_1...P_5$), ki so osnova za razvoj kompleksnejših končnih proizvodov, ki nastajajo v nadaljnjih verigah vrednosti v gozdno-lesnem sektorju ($S_8...S_{10}$) in ostalih panogah, ki te izdelke porabljajo (Slika 10, Slika 11, Slika 12).



Slika 10. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S_8 – Končni leseni proizvodi po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.



Slika 11. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S_9 – Lesena gradnja po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.



Slika 12. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S_{10} – Vozila in plovila po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Eden izmed pomembnih vzrokov za slabše izkoriščanje in predelavo lesa listavcev je slabo delujoča gozdno-lesna veriga, ki je na več mestih prekinjena, zato določenih rab in predelave lesa (listavcev) na višjih tehnoloških stopnjah, ki denimo temeljijo na osnovi konstrukcijskega furnirja, vezanega lesa in nekaterih kompozitov, v trenutnih pogojih sploh ni mogoče izvesti ($S_8 \dots S_{10}$). S tem izgublamo potencial in se soočamo z brezposelnostjo, večjo porabo drugih materialov, ki niso prijazni do okolja, slabšim poslovanjem posameznih členov verige, nizkimi dobički, slabšo implementacijo konceptov trajnosti in krožnosti ipd. Rešitev je torej v iskanju inovativnih izdelkov, do katerih pa lahko pridemo z razvojem in uvajanjem sodobnih tehnologij in digitalizacijo, predvsem pa z vzpostavljanjem novih, tudi kompleksnejših verig vrednosti, ki se ne zaključijo v lesni panogi, ampak sežejo v druge panoge. S tem zagotovimo večplastnejšo izrabo surovine, krožnost (izraba ostankov in ponovna uporaba) ter s tem višjo dodano vrednost.

RAZPRAVA

Glavna lastnost verig vrednosti je doseganje multiplikativnega učinka, ki se kaže v stopnji dodelave in posledično dodane vrednosti v izdelkih. Delovanje in medsebojna povezanost verig je torej ključni pogoj, da to tudi dosežemo. Zato je pomembno, da v gozdno-lesnem sektorju zagotovimo delovanje vseh verig vrednosti, saj v nasprotnem pride do neizkoriščanja polnega potenciala lesne surovine in s tem izgube za panogo in celotno družbo. V tej raziskavi smo se predvsem osredotočali na nedelujoče verige ali dele verig, kakor tudi na možnosti razvoja novih verig vrednosti v panogi in širše. Ugotovili smo, da je predvsem pereče nedelovanje verige »Furnir« (P₂), zaradi česar izgubljam potencial lesne surovine najvišje kakovosti. Tudi delovanje verige »Žagan les« (P₁) je omejeno, kar velja predvsem za del verige »proizvodnja konstrukcijskega lesa«. To je tudi eden od razlogov za izvoz (kakovostnejše) hlodovne, kar negativno vpliva tudi na delovanje nadaljnjih verig oz. njihovih potencialov. Z izvozom hlodovine (in potem uvozom polizdelkov za nadaljnjo predelavo, npr. žagan les, lepljenci, lesne plošče ipd.) poleg izgubljene dodane vrednosti vplivamo s transportom posredno tudi na obremenjevanje okolja, kot tudi zmanjšujemo možnosti surovinske samooskrbe. V primeru, da hlodovina višje kakovosti zaključi svojo pot v izrabi za pridobivanje energije, je dosežena zelo nizka dodana vrednost, hkrati pa ne omogoča krožnega in trajnostnega gospodarstva.

Da bi zadostili kriterijem t.i. zelenih verig, je potrebno velik poudarek v prihodnje namenjati vzdrževanju in krepitvi povezovalnih verig, ki zagotavljajo krožnost (K₆, K₇). Verige »Ostanki« (K₆) in »Odslužen les« (K₇), so trenutno prisotne v manjšem obsegu, ter se prehitro zaključujejo, predvsem z rabo teh surovin v energetske namene.

Tudi v verigah vrednosti višjih stopenj predelave, v t.i. sekundarnih verigah (S₈, S₉, S₁₀), opazimo številne še nedelujoče dele, ki zahtevajo predvsem določene investicije, uvedbo sodobne organiziranosti (npr. mrežna organiziranost) in predvsem povečanje kompetenc zaposlenih v teh verigah, da bodo sposobni izdelovati izdelke višje dodane vrednosti. Ob naraščajoči digitalizaciji (in avtomatizaciji) procesov v teh verigah, to hkrati pomeni na eni strani večjo učinkovitost, na drugi strani pa nižji ogljični odtis oz. okolju bolj prijazno delovanje celotne gozdno-lesne verige.

V verigah vrednosti višjih stopenj predelave ob primernih investicijskih vlaganjih in aktivaciji različnih drevesnih vrst listavcev za namene lesne gradnje, lahko z inovativnimi rešitvami in s prilagojenimi (ciljnimi) izdelki za končne uporabnike postanemo vodilni na področju, v ostalih verigah pa se lahko bolj fokusiramo na visokotehnoške in inovativne izdelke. Potenciali teh verig segajo mnogo širše od gozdno-lesnega sektorja in imajo zato lahko precej večje multiplikatorne učinke na gospodarstvo. Čeprav nekatere od teh verig omogočajo minimalne širitve in posodobitve ter tako izkazujejo majhen potencial rasti, to še ne pomeni, da so manj pomembne, saj lahko predstavljajo ključne člene pri delovanju celotne verige vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu.

ZAKLJUČKI

Dodana vrednost izdelkom se močno povečuje s stopnjo tehnološke predelave in obdelave, kar tekom celotne gozdno-lesne verige pomeni večje možnosti za vlaganje v njen razvoj, v tehnološko posodobitev in digitalizacijo, hkrati pa močno povečuje izkoriščanje potenciala lesne surovine.

Pri evidentiranju obstoječih in koncipiranju novih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo na osnovi petih kakovostnih razredov lesa listavcev ugotovili, da se verige vrednosti večinoma ne zaključujejo v gozdno-lesnem sektorju, ampak se širijo v več drugih panog in imajo velike multiplikatorne učinke na gospodarstvo. Te verige so med sabo pogosto prepletene in soodvisne, saj določeni (pol)proizvodi in ostanki ene verige, predstavljajo začetek druge ali pa se vanjo vključujejo v kasnejši fazi.

V prehodu v zeleno in krožno gospodarstvo je v pričakovati povečevanje porabe lesa, kar bo z vidika omejenosti naravnih virov potrebno pokriti tudi z boljšim izkoriščanjem lesne surovine listavcev kot tudi z zagotavljanjem krožnosti in ponovne rabe lesa. Večinoma gostejši les domačih listavcev, npr. bukve, hrasta in jesena, omogoča izdelavo inovativnih izdelkov, nove konstrukcijske rešitve ter rabo v trajnostno usmerjenih in pametnih stavbah.

Za boljšo izrabo lesa listavcev v Sloveniji bomo morali oživiti in/ali povečati proizvodnjo tradicionalnih in novih (pol)izdelkov, še posebej konstrukcijskega in plemenitega furnirja, ploščnih kompozitov kot tudi izdelkov kemične predelave. Za »energetske« potrebe bo potrebno uporabljati le tisto surovino in ostanke, kjer predelava v druge produkte stroškovno, energijsko-tehnološko in okoljsko ni smiselna.

VIRI

- Čufar, K., Gorišek, Ž., Merela, M., Kropivšek, J., Gornik Bučar, D., & Straže, A. (2017). Lastnosti bukovine in njena raba. *Les / Wood*, 1(27–39).
- European Organisation of the Sawmill Industry (EOS). (2020). *TIMBER IN CONSTRUCTION AND BIOECONOMY IN THE EU GREEN DEAL RESOLUTION*.
- Gornik Bučar, D. (2009). Sistem notranje kontrole proizvodnje - Zahteva za vse proizvajalce. *Les/Wood*, 61(11), 451–454.
- Gornik Bučar, D., Prisljan, P., Smolnikar, P., Stare, D., Krajnc, N., & Gospodarič, B. (2021). Usefulness of non-native invasive tree species wood residues for pellet production. *Les/Wood*, 70(1), 45–58. <https://doi.org/10.26614/LES-WOOD.2021.V70N01A04>
- Humar, M. (2010). Vsebnost klora v ostankih slovenske pohištvne industrije.pdf. *Les/Wood*, 62(2), 55–57.
- Humar, M., & Lesar, B. (2016). dLib.si - Odslužen les - surovinski vir z velikim potencialom. *Gozdarski Vestnik*, 74(7–8), 275–286. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-ZD30SU19>
- Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., & Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(12), 1417–1432. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0116>
- Krajnc, N., & Piškur, M. (2006). TOKOVI OKROGLEGA LESA IN LESNIH OSTANKOV V SLOVENIJI. *Zbornik Gozdarstva in Lesarstva*, 80, 31–34.
- Kropivšek, J., & Čufar, K. (2015). Potencialna raba bukovine in vrednotenje dodane vrednosti v izdelkih iz bukovine. *Gozdarski Vestnik*, 73(10), 470–478. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=83671>
- Kropivšek, J., & Gornik Bučar, D. (2017). Dodana vrednost v izdelkih v gozdno-lesni verigi - Primer: primarna predelava bukovine. *Les/Wood*, 66(1), 61–72. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a06>
- Kropivšek, J., Milavec, I., & Likar, B. (2017). Analiza poslovanja slovenske lesne panoge: Slovenian wood industry sector analysis. *Les/Wood*, 66(2), 47–56. <https://doi.org/10.26614/LES-WOOD.2017.V66N02A05>
- Nicholls, D. L., & Bumgardner, M. S. (2018). Challenges and opportunities for North American hardwood manufacturers to adopt customization strategies in an era of increased competition. *Forests*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/F9040186>
- Prisljan, P. (2015). Znanstvena razprava Stanje žagarske panoge v Sloveniji 2013 / 2014 Situation of the Slovenian Sawmill Sector in 2013 / 2014. *Gozdarski Vestnik*, 73(10), 442–453.
- Ringe, J. M., & Hoover, W. L. (1987). Value Added Analysis - A Method of Technological Assessment the United States Forest Products Industry. *Forest Products Journal*, 37(11–12), 51–54.
- Saražin, J., Šernek, M., Humar, M., & Ugovšek, A. (2017). Upogibna trdnost in togost slojnatega furnirnega lesa (LVL) iz termično modificirane in nedomificirane bukovine. *Les/Wood*, 66(2), 29–36. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n02a03>
- Ščap, Š. (2020). Strokovna razprava Analiza podatkov o proizvodnji žaganega lesa v Sloveniji za obdobje 2014 – 2018 , ki jih zbira in vodi Statistični urad RS. *Gozdarski Vestnik*, 78(4), 178–184.
- Šernek, M. (2009). Uporaba različnih lesnih vrst za konstrukcijske kompozite. *Silva Slovenica*, 115–123. https://www.academia.edu/27145788/Uporaba_Razlicnih_Lesnih_VRST_Za_Konstrukcijske_Kompozite
- Straže, A. (2022). 23 Povečana raba lesa listavcev kot obnovljivega vira je prihodnost krožnih stavb. In *Človek v pametni in krožni zgradbi* (pp. 152–155).
- The international wood industry in one information service. (2020a). EU “Green Deal” creates new opportunities for timber.
- The international wood industry in one information service. (2020b). EU “Green Deal” creates new opportunities for timber - Global Wood Markets Info. <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/eu-green-deal-creates-new-opportunities-timber/>
- Ugovšek, A. (2011). Ravnanje z odsluženimi lesnimi ploščnimi kompoziti. *Les/Wood*, 63(1–2), 2–7.
- Vision of the 2024 of the European Forest-based sector (p. 12). (2023). European Commission. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

- Wang, L. (2015). Value chain analysis of bio-coal business in Finland: Perspectives from multiple value chain members. *Biomass and Bioenergy*, 78, 140–155. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.005>
- Zule, J. (2015). Možnosti kemične predelave bukovega lesa. *Gozdarski Vestnik*, 73(10), 479–487.
- Zule, J., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2017). Inovativna raba bukovine slabše kakovosti in ostankov. *Les/Wood*, 66(1), 41–51. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a04>

3.3. Kvalitativna/strateška analiza izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

Trenutne globalne strateške usmeritve spodbujajo krepitev zelenih verig vrednosti. To odpira povsem nove potenciale tudi za slovensko gozdno-lesno verigo, ki pa se v zadnjih desetletjih sooča z več izzivi, med katerimi je tudi povečanje deleža listavcev v slovenskih gozdovih. Zato je potrebno vzpostaviti oz. okrepiti gozdno-lesne verige vrednosti, katerih osnovna surovina je les listavcev različnih kakovosti. Za delovanje celotne verige je pomembno, da delujejo vsi njihovi člani, in da posamezne verige dosledno upoštevajo koncept mejne kakovosti vhodne surovine. Cilje raziskave je bil izvesti kvalitativno strateško SWOT analizo izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu, ter primerjalno nakazati ključne prednosti/slabosti posameznih verig in ugotoviti, katere izmed verig vrednosti so posebej zanimive za razvoj slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva s poudarkom na predelavi listavcev (**R4.3**). Rezultati sicer kažejo na obstoj več šibkih členov znotraj posameznih verig vrednosti, ki pa imajo tudi številne prednosti, s katerimi lahko zelo učinkovito izkoristimo priložnosti oz. zmanjšamo nevarnosti ter s tem prispevamo k uspešnemu nadaljnjemu razvoju lesarstva in vseh verig vrednosti.

UVOD

Trenutne globalne strateške usmeritve spodbujajo krepitev zelenih verig vrednosti. Evropska unija se je z Evropskim zelenim dogovorom (angl. "The Green Deal") leta 2019 zavezala k ukrepanju za doseggo podnebne nevtralnosti do leta 2050 ((Evropska komisija, 2019; *Evropski Zeleni Dogovor: Postati Prva Podnebno Nevtralna Celina*, 2023). To odpira nove potenciale za krepitev zelenih verig vrednosti, med katera spada tudi gozdno-lesna veriga (The international wood industry in one information service, 2020). Zelo pomembna veriga v tem kontekstu je lesna gradnja (European Organisation of the Sawmill Industry (EOS), 2020), kjer pa les trenutno predstavlja samo 3% vseh uporabljenih materialov. Na ravno EU so zato na tem področju načrtovane korenite spremembe (European Organisation of the Sawmill Industry (EOS), 2022).

V tem se kažejo tudi številne možnosti tudi za razvoj slovenskega lesarstva oz. celotne gozdno lesne verige v Sloveniji. Le-ta se v zadnjih desetletjih sooča z več izzivi, med katerimi je tudi sprememba surovinske baze – v slovenskih gozdovih se namreč povečuje delež listavcev, katerih poraba v Evropi pada (UNECE/FAO, 2011). V lesni zalogi v slovenskih gozdovih prevladujejo listavci (56 %), med katerimi je največji delež bukovine (v letu 2021 je njen delež znašal 33% in še narašča) (Zavod za gozdove Slovenije, 2022). Opazen je sicer trend povečevanja obsega proizvodnje gozdnih lesnih iz lesa listavcev, vendar je še vedno največ okroglega lesa listavcev je namenjeno energetski rabi in sicer kar 58 % celotne predelave okroglega lesa listavcev (povprečje let 2011-2021) (Statistični urad RS, 2023). Vendar pa les listavcev nudi poleg proizvodnje energentov in lesnih kompozitov številne druge možnosti njegove izrabe v izdelkih široke potrošnje, gradbeništvu in izdelkih z visoko dodano vrednostjo, ter v novih, naprednih materialih na osnovi lesa listavcev (Kropivšek & Čufar, 2015).

Eden izmed pomembnih vzrokov za slabše izkoriščanje in predelavo lesa listavcev je slabo delujoča gozdno-lesna veriga, ki je na določenih mestih prekinjena, zato določenih rab lesa

(listavcev) v trenutnih pogojih sploh ni mogoče izvesti (npr. konstrukcijski furnir in vezan les). S tem izgubljam veliki potencial kakovostne surovine, večjo porabo drugih materialov, ki niso prijazni do okolja, slabšim poslovanjem posameznih členov verige, nizkimi dobički, slabšo implementacijo konceptov trajnosti in krožnosti ipd. Rešitev je torej v iskanju inovativnih izdelkov, do katerih pa lahko pridemo z razvojem in uvajanjem sodobnih tehnologij in digitalizacijo, predvsem pa z vzpostavljanjem novih, tudi kompleksnejših verig vrednosti, ki se ne zaključijo v lesni panogi, ampak sežejo mnogo dlje, v druge panoge. S tem zagotovimo večplastnejšo izrabo surovine, krožnost (izraba ostankov in ponovna uporaba) ter s tem višjo dodano vrednost.

V raziskavi smo uporabili koncept verige vrednosti, ki omogoča sistemski pristop pri njihovem vrednotenju (Wang, 2015), in koncept mejne kakovosti vhodne surovine (angl: marginal log), ki določa namen uporabe hlodovine glede njeno kakovost (Ringe & Hoover, 1987). To omogoča, da razpoložljivo hlodovino izkoristimo za proizvodnjo izdelkov s čim višjo dodano vrednostjo. Številne verige vrednosti so med sabo pogosto prepletene in soodvisne ter se (večinoma) ne zaključujejo v gozdnem in lesnem sektorju, ampak se širijo tudi v druge panoge in imajo lahko velike multiplikatorne učinke na gospodarstvo (Straže et al., 2023).

Za delovanje celotne verige je pomembno, da delujejo vsi njihovi člani. Seveda pa so med posameznimi verigami tudi razlike tako v stopnji (trenutnega) razvoja kot potencialu nadaljnjega razvoja. Na to bistveno vplivajo številni dejavniki, ki na eni strani lahko predstavljajo prednosti in priložnosti, lahko pa tudi nevarnosti in slabosti. Pri vrednotenju verig lahko upoštevamo različne kriterije. Tako npr. Humerkoski s soavtorji predlaga naslednje kriterije za oceno verig/izdelkov (Hurmekoski et al., 2018): Technology Readiness Level (TRL) stopnja, izvedljivost, količinski potencial, razpoložljivost virov, tržna zanimivost, stroškovna učinkovitost in vidik trajnosti. Ocenjevanje poteka na nivoju panoge oz. celotnega gospodarstva.

Cilje raziskave je izvesti kvalitativno strateško analizo izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu, pri čemer se bomo osredotočili na njihove strateške in ostale ključne lastnosti. Do sedaj so bile že izdelane različne strateške (SWOT) analize, vendar samo na nivoju panoge in/ali posameznih podjetij, nikoli pa ne na nivoju verig vrednosti. Namen je torej ugotoviti prednosti in slabosti posameznih verig pa tudi celote, saj se namreč slabosti ene lahko pokažejo kot prednosti druge in obratno. Podobno je za priložnosti in nevarnosti. Želimo pa ugotoviti tudi, kako je mogoče (predvsem) priložnosti in nevarnosti pretvoriti v prednosti oz. preprečiti, da ne postanejo slabosti. Nakazati pa želimo tudi, katere izmed verig vrednosti so posebej zanimive za razvoj slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva s poudarkom na predelavi listavcev.

MATERIAL IN METODE

Za kvalitativno in strateško analizo verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo uporabili SWOT analizo, ki je zelo priljubljena kvalitativna metoda pri sprejemanju strateških odločitev, saj nam s pomočjo prepoznavanja in analize prednosti (S - Strengths), slabosti (W - Weaknesses), priložnosti (O - Opportunities) in nevarnosti (T - Threats) omogoča izoblikovati strategijo, s katero gradimo na prednostih, odpravimo pomanjkljivosti, izkoristimo priložnosti in se izognemo nevarnostim. SWOT analiza omogoča identifikacijo najboljših strategij, in tako krepiti prednosti in priložnosti preučevanega sistema ter zmanjšuje njegove slabosti in grožnje (Shakoor Shahabi et al., 2018). Pomaga čim bolj izkoristiti priložnosti, ob hkratnem zmanjšanju vpliva groženj iz (nenadzorovanega) zunanega okolja. SWOT analiza je metoda strateškega načrtovanja in jo je mogoče široko aplicirati na številna področja, tako splošni management, znanosti in izobraževanja, in tudi v bioekonomiji

(Benzaghta et al., 2021). Isti avtorji ugotavljajo tudi, da je pogostost uporabe SWOT analize na nekaterih področjih pogostejša (npr. splošni management, zdravstvo in trženje), medtem ko je na področju bioekonomije manj pogosta oz. se je začela uporabljati precej kasneje. Kljub vsemu je ta metoda prepoznana kot nepogrešljivo orodje pri načrtovanju in razvoju strategij v bioekonomiji, kar dokazuje preučevanje dejavnikov vpliva na prehodu italijanskega gozdnega sektorja v trajnostno bioekonomijo, kjer so uporabili SWOT analizo v kombinaciji z več nivojsko perspektivo (MLP and multi-level perspective) (Falcone et al., 2020). Čeprav ima SWOT analiza širok spekter uporabe, ima še vedno nekaj omejitev. Izvaja se predvsem za identifikacijo dejavnikov v vsaki od štirih skupin. Ena najpomembnejših omejitev te tehnike je nezmožnost rangiranja kriterijev in prednostnih strategij (Shakoor Shahabi et al., 2018). Zaradi teh omejitev se SWOT analiza pogosto nadgrajuje/dopolnjuje s kvantitativnimi metodami (npr. AHP, TOPSIS, fuzzy ipd.), ki omogočajo tudi kvantitativno vrednotenje vpliva identificiranih notranjih in zunanjih dejavnikov (Abdel-Basset et al., 2018; Kurttila et al., 2000; Taghavifard et al., 2018).

SWOT analiza ima dve ključni fazi. V prvi fazi določimo kriterije in oblikujemo SWOT matriko, medtem ko v drugi fazi na osnovi SWOT matrike oblikujemo najboljše kombinacije strategij s povezovanjem notranjih in zunanjih dejavnikov. Pri tem lahko oblikujemo matriko štirih strategij: strategije SO 'prednosti-priložnosti', ST 'prednosti-nevarnosti', WO 'slabosti-priložnosti' in WT 'slabosti-nevarnosti' (Preglednica 1).

Preglednica 1: Matrika SO, WO, ST, in WT strategij (Sevкли et al., 2012)

	prednosti	slabosti
priložnosti	SO strategije	WO strategije
	prednosti uporabljamo za izkoriščanje priložnosti	zmanjšujemo slabosti z uporabo zunanjih priložnosti
nevarnosti	ST strategije	WT strategije
	izkoriščajo prednosti za ublažitev ali zmanjšanje zunanjih groženj	zmanjšujemo slabosti zato, da bi se izognili zunanjim nevarnostim

Ugotovimo lahko torej, kako uporabiti prednosti, da izkoristimo priložnosti in premagujemo nevarnosti, ter zmanjšati slabosti, da izkoristimo priložnosti in preprečimo, da bi se zaradi naših slabosti realizirale nevarnosti (Abdel-Basset et al., 2018).

Pri SWOT analizi sta poznana dva pristopa in sicer pristop z enostavno SWOT analizo, ki je najpogosteje uporabljen pristop, in pa pristop z analizo S, W, O, in T po v naprej (določenih) podsistemih (podstrukturah oz. skupinah kriterijev), ki jih smiselno postavimo, glede na področje SWOT analize (Čater, 2022; Longsheng et al., 2022), ki omogoča primerjalno analizo med verigami.

Vrednotenje verig vrednosti je izvajala ekspertna skupina strokovnjakov za različna področja na osnovi nabora kriterijev, s čemer smo prišli do poglobljene kvalitativne analize verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. Pri razvrščanju posameznega atributa v kategorijo prednosti / slabosti oz. priložnosti / nevarnosti je bilo predpostavljeno, da se ocenjuje (hipotetična) učinkovito delujoča veriga. V podrobnejšo kvalitativno analizo smo vzeli 10 verig vrednosti (Straže et al., 2023), med katerimi so razlike tako po uporabljeni vhodni surovini kot po stopnji kompleksnosti in razvejanosti posamezne verige. Nekatere med njimi so tradicionalne in že uveljavljene, druge pa še v fazi razvoja, a z velikim razvojnim potencialom. Verige so bile naslednje:

- P1 Žagan les
- P2 Furnir
- P3 Les za celulozo in plošče (kompoziti, papir)

- P4 Drug industrijski les (kem. predelava)
- P5 Okrogli les najslabše kakovosti (energetika)
- K6 Ostanke
- K7 Odslužen les
- S8 Končni leseni proizvodi (notranja oprema in vse druge rabe)
- S9 Lesna gradnja (povezava z gradbeništvo – F41, F42)
- S10 Plovila in prevozna sredstva (povezava s prevoznimi sredstvi - C29, C30)

REZULTATI IN RAZPRAVA

Za SWOT analizo verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo najprej razvili model, po katerem izvedli analizo. Ključna sestavina tega modela je identifikacija kriterijev za oceno prednosti in slabosti posamezne verige oz. zunanjih dejavnikov, ki vplivajo na priložnosti in nevarnosti. Kriterije smo določili na podlagi literature (Hurmekoski et al., 2018; MGRT, 2022; MGRT & MKO, 2012; "Regional SWOT Analysis and Mapping," 2022). Identificirali smo 64 kriterijev, ki pa smo jih vsebinsko razvrstili v naslednje skupine kriterijev:

- Surovina
- Tehnologija
- Delovna sila
- Izdelki
- Sodobni koncepti
- Zunanji dejavniki (O, T)

Celoten nabor kriterijev po skupinah zaradi obsega ni naveden, skupen nabor kriterijev pa najdete v preglednici 2. Pri kvalitativnem vrednotenju verig po teh kriterijih smo prišli do naslednjih skupnih ugotovitev:

• Surovina

Razpoložljivost surovine, pri čemer se nujno upošteva mejna kakovost surovine in predpostavi, da je vsaka veriga zasnovana v obsegu, da je sposobna predelati razpoložljivo količino surovine (iz domačih gozdov), je pri vseh verigah prednost. Pri tem tudi izhajamo iz hipoteze, da je zagotovljena stalnost dobave. V primeru, da se iz kakršnihkoli razlogov ta stalnost prekine, se pri verigah, pri katerih lahko vstopa (zelo) podobna surovina (kot npr. veriga P3, P4 in P5), lahko zamegli kriterij mejne kakovosti, kar pomeni, da verige konkurirajo za vstopno surovino, kar vpliva tako na ceno surovine, kot logistiko in stroške dobave in predelave. Bližina vira surovine in obvladovanje logistike so prednosti verige P1, kjer je vstopna surovina žagarske kakovosti, ki je tradicionalno delujoča veriga, tako na enostavnem (P1.1) kot tehnološko zahtevnejšem (P1.2) nivoju. Veriga je prekinjena v segmentu konstrukcijskega lesa listavcev (P1.2), katerega proizvodi oskrbujejo z vstopno surovino sestavljeno verigo S9 in deloma verigo S10.

S stališča upoštevanja mejne kakovosti surovine je potrebno izpostaviti verigo P2, ki praktično ne deluje (več), ima pa izjemno velik potencial, saj kar v največjem obsegu lahko izkoristi najkakovostnejšo hlodovino različnih drevesnih vrst listavcev za proizvode z visoko dodano vrednostjo, ki imajo hkrati velik inovativni potencial. Veriga P2 je s svojimi izdelki izjemnega pomena za delovanje sestavljenih verig S8, S9 in S10. Delovanje verig P1 in P2 sta pomembni tudi za delovanje verig P3, P4, P5 saj v procesu teh dveh verig nastajajo stranski proizvodi (ostanki), ki so pomembna vstopna surovina omenjenih verig. Krožnost zagotavlja povezovalna veriga K6, katera pa trenutno ne deluje v zadostnem obsegu. Vzpostavitev delovanja verig K6 in K7 bi omejila nevarnost nespoštovanja kriterija mejne vrednosti surovine, ki bi se lahko pojavil v primeru motene dobave vstopne surovine za verige P3, P4 in P5. Pri tem je zaradi razpršenosti virov in povezovalnega učinka lokacijska umestitev verig K6 in K7 zelo pomembna.

- **Tehnologija**

V (tradicionalno) delujočih verigah, kot so verige npr. P1, P5, S8 in S9 so nujno potrebna investicijska vlaganja predvsem za posodabljanje tehnologij in zagotavljanje konkurenčnosti s stališča produktivnosti dela, energetske učinkovitosti in kakovosti proizvodov. Predvsem na nivoju enostavnih faz predelave (npr. P1.1, P3.1, S 8.2) obstaja velika priložnost za avtomatizacijo, robotizacijo in digitalizacijo posameznih faz procesa, kar ima pozitiven vpliv tako na pogoje dela kot na produktivnost. V verigah, ki ne delujejo, delujejo le deloma (P2, P3, P4) ali pa so prekinjene (npr P2.2), so investicije v tehnologijo zelo zahtevne. Omenjene verige izkazujejo sicer zelo velik inovacijski potencial, vendar je v večini primerov faza proizvodnje na TRL 3-6 (npr. P3.3, in S8.3) ali celo manj (npr. S9.3), kar pomeni, da je za njihov zagon poleg velikih investicijskih vlaganj v tehnologijo, potrebno tudi vlaganje v R&R in v doseganje potrebnih (specifičnih) kompetenc zaposlenih.

- **Delovna sila**

Kompetence zaposlenih v delujočih (tradicionalnih) verigah (P1, P4.1, P5.1., P6.1, S8.2, S9.2, S10) so primerne, vsekakor pa jih je nujno konstantno nadgrajevati, pri čemer je pomembno nadaljevanje in poglobljanje sodelovanja z izobraževalnimi in R&R institucijami. Eden od potencialno uporabnih orodij za doseganje tega je lahko tudi mehanizem »mikrodokazil«. Problem razpoložljivih in kompetentnih zaposlenih se lahko pokaže predvsem v tehnološko zahtevnejših in visokotehnoloških nivojih ter v novo vzpostavljenih delih verig (npr. P1.3, P2.2, P3.3, P4.2, P5.2, K7.2, S8.3, S9.3), kjer se v določenih segmentih potrebuje specifične kompetence zaposlenih. Ker gre praviloma za sodobne visokotehnološke procese, je v teh segmentih verig potrebno veliko pozornosti posvetiti tudi hitrosti zastaranja tehnologij in/ali kompetenc zaposlenih, kot tudi vzgoji novih kadrov. Naj pri tem opozorimo na verigo K7 (odslužen les), z vidika krožnosti in trajnosti izjemno pomembno povezovalno verigo, ki na enostavnem nivoju lahko deluje z razmeroma nizkimi tehnološkimi vlaganji in kompetencami zaposlenih, na tehnološko zahtevnejšem nivoju pa so nujne nekatere zelo specifične in/ali široke kompetence.

- **Izdelki**

V verigah smo kot izdelke identificirali/prepoznali/navedli le nekaj izdelkov oz. kategorij izdelkov, ki se že proizvajajo, bi se lahko proizvajali ali pa imajo potencial za razvoj in proizvodnjo. Z naraščanjem tehnološkega nivoja predelave/obdelave narašča število vrst (kategorij) predvsem inovativnih (npr. veriga P4.2, P3.3, S8.3, S9.3) izdelkov. Praktično vse verige, tako že delujoče, kot nove, izkazujejo velik potencial vključevanja različnih (tudi manj pogostih) drevesnih vrst listavcev in nadomeščanja smrekovine ali/in drugih nelesnih materialov, kar je posebej značilno za verige P2.3, P3.3 in P4.2, predvsem pa za verigo S9. Izdelki delujočih (tradicionalnih) verig (P1, P4.1, P5, P6, S8.2, S9.2, S10) uživajo velik ugled kupcev in izkazujejo lokalni in tudi globalni tržni potencial. Velik globalni tržni potencial imajo predvsem kategorije izdelkov, ki se izdelujejo individualno (butično), kar velja zlasti za verigo S10 in posamezne kategorije izdelkov iz verige S8.2 (npr. športna orodja in oprema, glasbila,...), S8.3 kot tudi P2.2.. Glede na tradicijo in znanje obdelave lesa listavcev bi lahko obnovili, dopolnili in inovativno nadgradili proizvodnjo široke palete izdelkov, ki bi sodili v tudi koncept »zelenega turizma« in »predelano lokalno« in pretežno sodijo v verigo S8.2. Taki izdelki bi vsekakor imeli tudi zelo ugoden ogljični odtis. Verige, ki kot surovino pretežno uporabljajo les slabše kakovosti (P3, P4 in P5) in ostanke, izkazujejo še posebej velik inovacijski potencial. Proizvodi teh verig segajo od iverno/vlaknenih kompozitov, biogoriv in platformskih kemikalij do prehranskih dopolnil, farmacevtskih izdelkov,

tekstila in prozornega (transparentnega) lesa, ki lahko nadomešča steklo v gradbeništvu in/ali v celo v sončnih celicah. Tovrstna proizvodnja je praviloma procesna (npr. kemična predelava celuloze; pridobivanje strojil, proizvodnja kompozitov ipd.), ki za razklop lesa oz. izoliranje posameznih učinkovin praviloma potrebuje večji vložek energije in/ali vode, poleg tega pa je potrebno skrb posvetiti tudi varovanju okolja.

- **Sodobni koncepti**

Delovanje vseh verig je zasnovano na način, da sledijo sodobnim konceptom, kot je npr. koncept kaskadne rabe in krožnega gospodarstva, pri čemer je za doseganje slednjih nujno učinkovito in zanesljivo delovanje povezovalnih verig K6 in K7. Veriga K6 trenutno deluje v omejenem obsegu, medtem ko veriga K7 praktično ne deluje. Vse verige izkazujejo potencial razvoja in ohranjanja podeželja, pri čemer je pomen že tradicionalno delujočih verig (npr. P1, P5, K6, S8.2 in S9.2) izjemen. Pozitiven vpliv imajo vsekakor tudi verige, ki vključujejo surovine različnih drevesnih vrst, saj s tem vzpodbujajo tudi lastnike zasebnih gozdov za aktivno gospodarjenjem z gozdom.

- **Zunanji dejavniki**

Prepoznavanje lesa kot strateške surovine močno poveča možnosti ustreznih podpornih okolij, kar je priložnost za vse verige. S prepoznavanjem lesa kot strateške surovine se poveča tudi interes za rabo lesenih izdelkov oziroma izdelkov na osnovi lesa, pri čemer je okoljska ozaveščenost trga zelo pomemben dejavnik. Surovinska neodvisnost/ samozadostnost je zagotovo lahko pomembna priložnost za vse verige predvsem v primeru, da deluje celotna veriga. V primeru, da je veriga prekinjena ali da za delovanje verige v posameznih segmentih nimamo ustrezne vhodne surovine (npr. vezane in furnirne plošče), smo odvisni od pogojev uvoza, kar lahko predstavlja nevarnost za delovanje nekaterih verig (npr. S8, S9, S10).

Surovinska (samo)zadostnost je priložnost v primeru stabilnih pogojev delovanja gozdno-lesne panoge, pri čemer je ključnega pomena tudi dobava surovine iz zasebnih gozdov. V primeru »nenadnih, nepredvidenih« dogodkov, kot so npr. naravne ujme (npr. vetrolom, požar, pojav bolezni določenih drevesnih vrst, ipd.) ali povečanja izvoza z višjo ceno so nevarnosti za vse verige, pri čemer so najbolj občutljive predvsem verige primarne verige P1, P2, P3, P4 in K6. Nevarnost za vse verige zagotovo predstavlja spreminjanje drevesne sestave listavcev v gozdovih in zato morebitno pomanjkanje oz. omejena razpoložljivost določenih drevesnih vrst (npr. pomanjkanje kostanja za proizvodnjo tanina), vendar je to dolgotrajnejši proces in ima zapoznel učinek na delovanje verig, kar pomeni, da imajo verige večje možnosti, da se ustrezno prilagodijo. Ugodna gospodarska rast, ki običajno pomeni tudi večja vlaganja v raziskave in razvoj, je zagotovo priložnost za vse verige, še posebej pa za inovativne in visokotehnološke nivoje verig npr. P4.2, S8.3, S9.3 in S10.3. Po drugi strani, pa so prav te verige najbolj občutljive na padec kupne moči, medtem ko so učinki padca kupne moči na ostale verige nekoliko zapozneli oziroma precej manjši. Nekatero verigo (kot npr. verigi P3 in P4, ki sta energetsko precej zahtevni), so zelo občutljive na spremembe v ceni/dobavi energentov ali pa jim »regulative s strani države« lahko predstavljajo resno nevarnost. Verigi sta tudi bolj občutljivi na zaostrovanje okoljevarstvenih predpisov. Pravne priložnosti so priložnosti za vse verige, pri čemer je ta vpliv lahko neposreden ali posreden (npr. zelena javna naročila, ki so zagotovo neposredna priložnost za verigo S9, posredno pa tudi za vse verige, ki oskrbujejo verigo S9). Podobno lahko rečemo za digitalizacijo družbe; to je priložnost za vse verige, pri čemer je pomembna neposredna priložnost predvsem za nekatere npr. verige S8.3, S9.3, S10.3.

Z upoštevanjem ocen vseh kriterijev iz modela za vrednotenje verig vrednosti, ki smo jih dobili z vrednotenjem posamezne verige, lahko izpostavimo največje prednosti in pomanjkljivosti ter priložnosti in nevarnosti, s katerimi se soočajo podjetja delujoča v različnih verigah vrednosti v Sloveniji. Izdelamo lahko naslednjo celotno SWOT matriko (preglednica 2).

Preglednica 2: Primerjalna, celotna SWOT matrika verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

PREDNOSTI	SLABOSTI
<ul style="list-style-type: none"> - Razpoložljivost surovine (glede na mejno kakovost) in bližina vira - Pomen za razvoj bioekonomije, upoštevanje sodobnih konceptov krožnega gospodarstva in kaskadne rabe - Potencial nadomeščanja drugih izdelkov (iz drugih materialov) - Ugled lesnih izdelkov - Potencial dodane vrednosti v izdelkih glede na mejno kakovost vhodne surovine - Povezanost/sinergija z drugimi verigami - Vpliv na razvoj podeželja - Lokalni (in globalni) tržni potencial - Inovacijski potencial - Tradicija trajnostnega gospodarjenja z gozdovi - Tradicija (predelave lesa) – za določene verige - Sodelovanje in podpora izobraževalnih in raziskovalnih inštitucij (domače znanje) - za določene verige - Potencial za nova delovna mesta - Relativno počasno zastaranje tehnologije – za določene verige - Delež potencialnih novih izdelkov z višjo dodano vrednostjo - za določene verige - (Uveljavljeno) tržišče in zaupanje kupcev (blagovne znamke) – za določene verige 	<ul style="list-style-type: none"> - Nedelovanje določenih verig oz. njenih členov - Tehnološka zastarelost določenih verig - Višina potrebnih investicij v tehnologijo - Višina potrebnih vlaganj v R&R - Vlaganje v promocijo in marketing - Slabša razpoložljivost (kompetentne) delovne sile - Hitrost zastaranja kompetenc zaposlenih - Stroškovna neučinkovitost - Zahtevnost obvladovanje kakovosti izdelkov - Slabše sodelovanje z raziskovalnimi inštitucijami - za določene verige - Slabše obvladovanje transporta in logistike dobave surovine - Nizek kratkoročen TRL za inovativne verige
PRILOŽNOSTI	NEVARNOSTI
<ul style="list-style-type: none"> - Prepoznavanje lesa kot strateške surovine - Državne/EU spodbude (npr. Green Deal, inovativna dejavnost...) - Razvoj ostalih sektorjev (npr. gradbeništvo...) - Digitalizacija panoge/gospodarstva/države (razvitost digitalne družbe) - Razvitost infrastrukture, podporno okolje - Okoljska ozaveščenost trga in kupcev - Razvoj skupne blagovne znamke za slovenske lesne izdelke - Možnosti digitalizacije procesov v lesarstvu - Kupna moč na trgu (SLO, EU) - Gospodarska rast - Prepoznavanje lesarstva kot moderne industrije - Nadomestljivostni potencial lesa listavcev - Pravne priložnosti (npr. zelena javna naročila; ravnanje z odpadno embalažo,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - (Ne)razpoložljivost finančnih resursov in investicijskih vlaganj - (Ne)razvitost dobavnega dela verig - Količina poseka v Sloveniji (predvsem v gozdovih v zasebni lasti), kar vpliva na stabilnost dobave surovine - Konkurenca pri iskanju tržnih poti za izdelke z visoko dodano vrednostjo - Birokratske ovire - Nelojalno razglašanje drugih materialov kot nizkoogljičnih - Spremembe na trgu (pojav konkurence, rast cen...) - Pravne nevarnosti (npr. glede onesnaževanja s proizvodnjo, FSC, zviševanje cen za presežene meje emisij toplogrednih plinov in širitev nabora zavezancev v sistemu ETS,...); preusmeritev podpore v druge industrijske sektorje

Med največje prednosti vsekakor lahko štejemo okoljski vidik obdelave in predelave lesa pri zagotavljanju trajnosti v delovanju družbe, vključno s pozitivnimi učinki na razvoj podeželja in

celovitejšo (iz)rabo lesne surovine tudi v sodobnih konceptih krožnosti in kaskadne rabe. Les ima tudi ogromen potencial nadomeščanja drugih materialov, predvsem na podlagi razvoja sodobnih kompleksnejših materialov na osnovi lesa (npr. lesni kompoziti) z visokim inovacijskim potencialom, pri čemer je tudi potencial dodane vrednosti v izdelkih glede na mejno kakovost vhodne surovine zelo visok. Pri doslednem upoštevanju mejne kakovosti vhodne surovine je le-te na voljo v dovolj velikih količinah za nadaljnji razvoj in krepitev teh verig. Lesni izdelki tudi pridobivajo na ugledu in imajo zato visok lokalni (in globalni) tržni potencial. Izpostaviti je potrebno tudi tradicijo tako gospodarjenja z gozdovi kot predelave lesa (predvsem v določenih verigah) in precejšen potencial za nova delovna mesta. Lesni polizdelki in izdelki so pomembni tudi za delovanje verig v drugih panogah, poleg tega pa imamo zanje že uveljavljeno tržišče in vzpostavljeno zaupanje kupcev. V določenih verigah pa je prednost tudi relativno počasno zastaranje tehnologije, kar omogoča nižje stroške delovanja podjetij. Domačega znanja je v določenih verigah dovolj in je tudi povezava in sodelovanje izobraževalnih in raziskovalnih inštitucij veliko, podobno lahko trdimo tudi za izobraževalne programe.

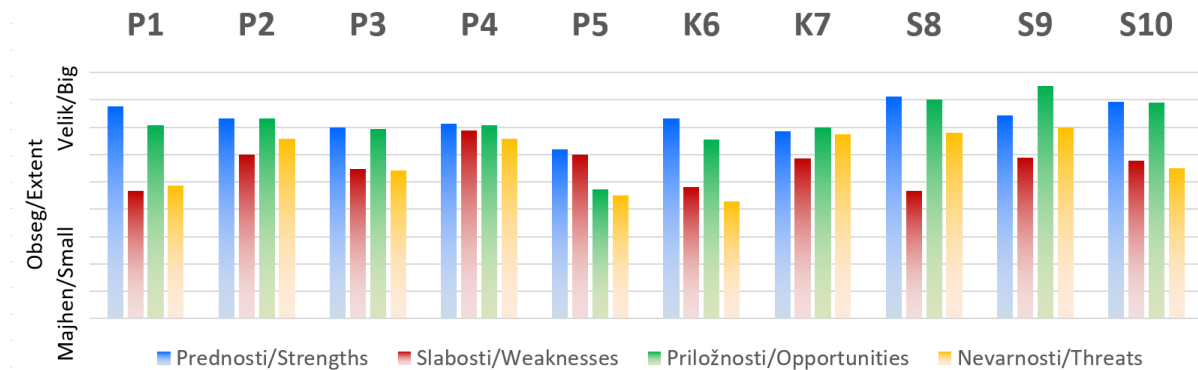
Na drugi strani pa imamo kar nekaj slabosti. Največja slabost, gledano v celoti, je nedelovanje določenih verig oz. njenih členov, kar močno zmanjšuje izkoriščanje potenciala dodane vrednosti oz. izkoriščanje lesne surovine glede na njeno mejno kakovost. Velik problem predstavlja tudi tehnološka zastarelost določenih verig in s tem povezana višina potrebnih investicij v (energetsko učinkovito in napredno) tehnologijo. Eden večjih problemov, s katerim se soočajo praktično vse verige (na enostavnem ali/in tehnološko zahtevnejšem nivoju), je slabša razpoložljivost (kompetentne) delovne sile in hitrost zastaranja kompetenc zaposlenih, nizka produktivnost in stroškovna neučinkovitost. Za določene verige, predvsem za tiste z večjim inovacijskim potencialom, je TRL dokaj nizek, predvsem pa so potrebna velika vlaganja v R&R ter v promocijo in marketing. Med slabosti lahko uvrstimo tudi višje stroške obvladovanja kakovosti izdelkov in slabše obvladovanje transporta in logistike dobave surovine.

Med priložnostmi so vsekakor najbolj pomembne tiste, ki so povezane s podpornim okoljem (npr. državne spodbude, pravne priložnosti, razvojem digitalne in zelene družbe), izkoriščanjem razvitosti infrastrukture ter sodobnimi strateškimi usmeritvami na nivoju države (npr. prepoznavanje lesa kot strateške surovine, prepoznavanje lesarstva kot moderne industrije ipd.) in trga z bolj okoljsko ozaveščenimi kupci in z višanjem njihove kupne moči na ciljnih trgih, kjer velike potenciale skriva tudi razvoj skupne blagovne znamke in skupna vlaganja v promocijo lesa. Kot veliko priložnost lahko lesna podjetja oz. verige izkoristijo tako v digitalizaciji procesov kot v razvoju drugih panog in verig, kjer je mogoče najti številne sinergijske učinke. Največje nevarnosti pa lahko najdemo predvsem na področju (ne)razpoložljivosti (ugodnih) finančnih resursov za investicije, slabše razvitosti dobavne verige in birokratske ovire, ki so pogostokrat povezane s spremembami v regulativah in pravnem okolju nasploh. Velika nevarnost je tudi razpoložljivost lokalnega lesa, saj je večina gozdov v zasebni lasti in nad posekom in prodajo podjetja in verige nimajo nadzora, s čimer je ogrožena stabilnost dobave surovine.

ZAKLJUČKI

Rezultati kažejo na obstoj več šibkih členov znotraj verig vrednosti, kjer je potrebno za učinkovito delovanje verig določene vhodne surovine/materialne tudi uvažati. Za optimiziranje delovanja verig vrednosti, kjer smo poleg tradicionalnih izdelkov zaznali tudi večje število inovativnih in visoko-tehnoloških izdelkov, se kažejo potrebe po investicijah v določene tehnologije, kot denimo v proizvodnjo konstrukcijskega žaganega lesa listavcev (P1.2), konstrukcijskih furnirjev (P2), ploščnih kompozitov (P3), idr. Na sliki 1 vidimo, da imajo največ prednosti sestavljene verige S8, S9 in S10. Glede na pomen za vse ostale verige ter porabo kakovostnejše surovine, ki ji lahko dodamo višjo dodano vrednost, ima veliko prednosti tudi veriga P1. Vse te verige pa imajo tudi največ priložnosti za rast in razvoj tudi v bodoče. Najmanj

prednosti kot tudi priložnosti pa izkazuje veriga P5. Največ slabosti najdemo pri verigi P4, predvsem na račun potrebnih visokih vlaganj v tehnologijo, razvoj, promocijo in kadre; podobno stanje lahko ugotovimo tudi za verigi P2 in P3, medtem ko je pri verigi P5 razloge za slabšo oceno mogoče iskati predvsem v dejavnikih povezanih s konceptom krožnosti in kaskadne rabe, saj se cikel v tej verigi zaključi in ga ni mogoče nadaljevati. Največje nevarnosti pretijo S8, S9, K7 in P2, ki pa so večinoma povezane s hitrostjo zastarane kompetenc, visokimi vlaganji v razvoj in tehnologijo in visokimi stroški obvladovanja kakovosti.



Slika 1: Obseg prednosti/slabosti in priložnosti/nevarnosti verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

Poglobljen pristop z matriko SO, WO, ST, in WT strategij nas pripelje do nekaterih novih spoznanj (preglednica 2).

Preglednica 2: Matriko SO, WO, ST, in WT strategij za verige vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

	prednosti	slabosti
priložnosti	SO strategije	WO strategije
	<p>Okoljsko ozaveščenost kupcev in njihovo kupno moč lahko izkoristimo predvsem s tradicijo in inovativnimi izdelki, ugodnim vplivom na okolje in nadomeščanjem drugih materialov v izdelkih (npr. lesene gradnja)</p> <p>Državne spodbude za investicije v tehnologijo in razvoj inovativnih izdelkov lahko izkoristimo s tradicijo, potencialom za višjo dodano vrednost, podpri sodobnih konceptom krožnosti in sodelovanjem z RR institucijami</p> <p>Pravne priložnosti lahko izkoristimo z izpostavljanjem okoljskih prednosti lesnih izdelkov (npr. ogljični odtis) in vplivu na razvoj podeželja</p>	<p>Državne spodbude za investicije lahko izkoristimo za izboljšanje stanja tehnologij in vlaganj v razvoj</p> <p>Razvoj digitalne družbe in širšega podpornega okolja lahko izkoristimo za vpeljavo sodobnih digitalnih tehnologij in konceptov ter povečanje učinkovitosti (in kakovosti)</p> <p>Prepoznavanje lesarstva kot moderne industrije lahko pripomore k večjemu zanimanju mladih za poklice v lesarstvu in posledično manjšemu problemu zagotavljanju (visoko kompetentne delovne sile v panogi)</p>
nevarnosti	ST strategije	WT strategije
	<p>Na spremembe na trgu (konkurenca, rast cen ipd.) lahko obvladujemo z nadaljnimi inovacijskimi aktivnostmi, izpostavljanjem tradicije (in blagovne znamke) ter ugledom lesnih izdelkov z višjo dodano vrednostjo</p>	<p>Z vzpostavitvijo (nedelujočih) verig oz. njihovih členov bomo (lažje) zagotovili razvoj dobavnega dela verig in stabilnost dobave</p> <p>S stalnimi (manjšimi) posodobitvami tehnologij se bomo izognili tako pravnim nevarnostim glede onesnaževanja in</p>

	<p>Pravne nevarnosti, predvsem preusmeritev podpore v druge panoge lahko zmanjšamo s poudarjanjem tradicije, inovativnosti in predvsem krožnosti, pa tudi tesnejšim umeščanjem panoge v druge verige vrednosti</p> <p>Vpliv (ne)razvitosti dobavnega dela verig, predvsem glede stalnosti dobave lesa iz zasebnih gozdov lahko zmanjšamo z izdelki z višjo dodano vrednostjo in inovacijskim potencialom, ki zagotavlja možnost kupovanja surovin po višji ceni in s tem spodbujanje sečnje</p>	<p>energetske neučinkovitosti kot tudi odvisnosti od zunanji virov financiranja (večjih) investicij</p> <p>Z večjo stroškovno učinkovitostjo bomo lažje obvladovali spremembe na trgu in bomo bolj konkurenčni pri iskanju tržnih poti za izdelke z visoko dodano vrednostjo</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Zaključimo lahko, da imamo v verigah vrednosti v lesarstvu številne prednosti, s katerimi lahko zelo učinkovito izkoristimo priložnosti oz. zmanjšamo nevarnosti ter s tem prispevamo k uspešnemu nadaljnjemu razvoju lesarstva in vseh verig vrednosti. Zelo pomembno je, da na drugi strani priložnosti izkoristimo tudi za zmanjševanje slabosti, pri čemer moramo sledenj zmanjševati tudi zato, da zmanjšamo nekatere nevarnosti, ki prihajajo od zunaj. Med najbolj pomembnimi ukrepi so vsekakor tiste, ki krepijo delovanje posameznih verig in vzpostavitev učinkovitih povezav med njimi (ter tudi navzven v druge panoge). Slednje je predvsem naloga povezovalnih verig K6 in K7, pri katerih je zelo pomembna njuna lokacijska umestitev, saj obe porabljata zelo razpršene vire, s svojimi proizvodi pa oskrbujeta različne verige. Z ustrezno lokacijsko umestitvijo povečamo učinkovitost delovanja povezovalne verige, poenostavimo logistiko in zmanjšamo stroške. Te ugotovitve podpirajo ključne ukrepe razvoja lesnopredelovalne industrije (MGRT, 2022).

V okviru raziskave smo verige vrednosti v gozdno-lesnem biogospodarstvu podrobneje proučevali samo kvalitativno, za boljše razumevanje delovanja in natančnejšo oceno učinkovitosti in strateškega pomena posamezne verige pa bi bilo pomembno narediti tudi poglobljeno kvantitativno analizo. Na podlagi tega bi potem bolj argumentirano izbrali strateško pomembnejšo verigo vrednosti in potrebne ukrepe za njihove izboljšave.

VIRI

- Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An Extension of Neutrosophic AHP–SWOT Analysis for Strategic Planning and Decision-Making. *Symmetry*, 10(4), 116. <https://doi.org/10.3390/sym10040116>
- Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 55–73. <https://doi.org/10.5038/2640-6489.6.1.1148>
- Čater, T. (2022). Pomen in pravilna izvedba SWOT analize: interno gradivo.
- European Organisation of the Sawmill Industry (EOS). (2020). TIMBER IN CONSTRUCTION AND BIOECONOMY IN THE EU GREEN DEAL RESOLUTION. <https://www.eos-oes.eu/en/news.php?id=1779>
- European Organisation of the Sawmill Industry (EOS). (2022). Remarks by President von der Leyen at the plenary session of the New European Bauhaus goes Into the Woods event. <https://www.eos-oes.eu/en/news.php?id=2320>
- Evropska komisija. (2019). Sporočilo in časovni načrt o evropskem zelenem dogovoru. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/DOC/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>
- Evropski zeleni dogovor: Postati prva podnebno nevtralna celina. (2023). https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sl
- Falcone, P. M., Tani, A., Tartiu, V. E., & Imbriani, C. (2020). Towards a sustainable forest-based bioeconomy in Italy: Findings from a SWOT analysis. *Forest Policy and Economics*, 110, 101910. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.04.014>
- Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., & Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(12), 1417–1432. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0116>

- Kropivšek, J., & Čufar, K. (2015). Potencialna raba bukovine in vrednotenje dodane vrednosti v izdelkih iz bukovine. *Gozdarski Vestnik*, 73(10), 470–478. http://crp-bukev.bf.uni-lj.si/wp-content/uploads/2016/09/GV_2015_Kropivsek.pdf
- Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., & Kajanus, M. (2000). Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis — a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics*, 1(1), 41–52. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(99\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(99)00004-0)
- Longsheng, C., Ali Shah, S. A., Solangi, Y. A., Ahmed, M., & Ali, S. (2022). An integrated SWOT-multi-criteria analysis of implementing sustainable waste-to-energy in Pakistan. *Renewable Energy*, 195, 1438–1453. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2022.06.112>
- MGRT. (2022). Izvedbeni dokument ukrepov razvoja lesnopredelovalne industrije do 2030No Title.
- MGRT, & MKO. (2012). AKCIJSKI NAČRT ZA POVEČANJE KONKURENČNOSTI GOZDNO_LESNE VERIGE V SLOVENIJI DO LETA 2020; "LES JE LEP."
- Regional SWOT Analysis and Mapping. (2022). In State of the Art of Current Wood and Furniture Policies in Europe. <https://allview.eu/wp-content/uploads/2022/04/D6.1-v3.0-Regional-SWOT-Analysis-and-Mapping-GENERAL.pdf>
- Ringe, J. M., & Hoover, W. L. (1987). Value added analysis: a method of technological assessment in the U.S. forest products industry. *Forest Products Journal*, 37(11–12), 51–54.
- Sevklı, M., Oztekin, A., Uysal, O., Torlak, G., Turkyilmaz, A., & Delen, D. (2012). Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.047>
- Shakoor Shahabi, R., Basiri, M. H., & Kahag, M. R. (2018). Ranking of productivity improvement strategies in Iran mineral sector based on integrated SWOT-FAHP-FTOPSIS analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(3), 65. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3402-0>
- Statistični urad RS. (2023). Proizvodnja gozdno lesnih sortimentov. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/si/Data/-/1673145S.px>
- Straže, A., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2023). IDENTIFIKACIJA VERIG VREDNOSTI V SLOVENSKEM GOZDNO-LESNEM BIOGOSPODARSTVU [Manuscript in preparation]. *Les/Wood*.
- Taghavifard, M., Amoozad Mahdiraji, H., Alibakhshi, A., Zavadskas, E., & Bausys, R. (2018). An Extension of Fuzzy SWOT Analysis: An Application to Information Technology. *Information*, 9(3), 46. <https://doi.org/10.3390/info9030046>
- The international wood industry in one information service. (2020). EU "Green Deal" creates new opportunities for timber. <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/eu-green-deal-creates-new-opportunities-timber/>
- UNECE/FAO. (2011). Geneva timber and forest study paper. 27 - Forest products annual market review 2010/11.
- Wang, L. (2015). Value chain analysis of bio-coal business in Finland: Perspectives from multiple value chain members. *Biomass and Bioenergy*, 78, 140–155. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.005>
- Zavod za gozdove Slovenije. (2022). POROČILO ZAVODA ZA GOZDOVE SLOVENIJE O GOZDOVIH ZA LETO 2021. http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/2021_Porocilo_o_gozdovih_ZGS.pdf%0A%0A

3.4. *Analiza možnosti in razvoja sodobnih materialov z izboljšanimi lastnostmi in visokotehnoloških izdelkov na osnovi lesa listavcev*

Raziskave so zajemale področje pridobivanja poboljšanih lastnosti lesno-plastičnih kompozitov ter hibridnega slojnatega konstrukcijskega lesa na osnovi iglavcev in listavcev, področje hidrotermične obdelave in krivljenja lesa, ter analizo možnosti izboljšav akustičnih lastnosti lesenih glasbil na osnovi lesa listavcev (**R4.3** in **R4.4**) Podrobni rezultati so zbrani v spodnjih znanstvenih člankih, od koder lahko strnemo nekaj glavnih poudarkov:

- Hibridni konstrukcijski slojnat les, kjer osnovni smrekov slojnat les ojačamo s pasnicami iz bolj togega in trdnejšega lesa listavcev, denimo lesa bukke in hrasta, dosega ob ustrezni konstrukcijski sestavi bistveno boljšo mehansko trdnost in togost, kar omogoča razvoj novih produktov ter konstrukcijskih in arhitekturnih rešitev;
- Lesno plastični kompoziti in lesno plastični filamenti skupaj z dodajalnimi tehnologijami 3D in 4D tiska so novo razvijajoče se področje, kjer lahko s primerno zasnovo 3D tiskanja in uporabo ustreznih materialov naredimo izdelke, ki ob ustreznih zunanjih sprožilcih spreminjajo obliko in tvorijo dinamične strukture;

- Z optimizacijo hidrotermične predelave lesa listavcev omogočamo izdelavo kvalitetnih in tehnološko visoko zahtevnih izdelkov na osnovi krivljenega lesa;
- Objektivna, nedestruktivna karakterizacija lesa in ligno-celuloznih kompozitov odpira možnosti kreiranja in optimiranja akustičnih lastnosti lesenih glasbenih inštrumentov

VIRI:

- Fašalek, A., Straže, A., Šega, B., Huber, J., Šernek, M. 2023. Bonding performance of melamine–urea–formaldehyde and polyurethane adhesives for laminated hybrid beams and their selected mechanical properties. *Buildings*, 13(8), 1-14
- Krapež Tomec D., Straže A., Kokot, M., Kitek Kuzman, M. Kariž, M. 2021. Uporaba lesno-plastičnih kompozitov v tehnologiji 4D tiska. *Les/Wood*, 70(2), 53-69
- Krapež Tomec, D., Straže, A., Haider, A., Kariž, M. 2021. Hygromorphic response dynamics of 3D-printed wood-PLA composite bilayer actuators. *Polymers*, 13(19), 1-16
- Ray, T., Kaljun, J., Straže, A. 2021. Comparison of the vibration damping of the wood species used for the body of an electric guitar on the vibration response of open-strings. *Materials*, 14(18), 1-13
- Straže, A., Žigon, J., Pervan, J., Mikšik, M., Prekrat, S. 2023. The Influence of processing conditions on the quality of bent solid wood from European oak. *Forests*, 14(5), str. 1-11
- Straže, A., Novak, K., Žigon, J. 2023. Spremljanje kakovosti hlodovine s konvencionalnimi, dendrokronološkimi in nedestruktivnimi metodami. *Les/Wood*, 72(1), 71-80

4. Makroekonomski učinki proizvodnje in predelave lesa listavcev (DS 5)

V Sloveniji imamo z vidika izkoriščenosti potenciala dodane vrednosti sortimentov lesa listavcev izrazite rezerve. Slednje bi lahko izkoristili zlasti s povečanjem gospodarske rabe okroglega lesa znotraj Slovenije ter s krepitvijo tehnološko naprednejših načinov predelave okroglega lesa. Cilj te raziskave je z disagregacijo nacionalnega input-output modela oceniti makroekonomske učinke (vrednost proizvodnje, zaposlenost, dohodki) različnih scenarijev prestrukturiranja gozdno-lesne verige v Sloveniji, s poudarkom na prestrukturiranju panog, ki vključujejo rabo lesa listavcev. Za celotno gozdno-lesno verigo smo ovrednotili obstoječe stanje in predvideli pet scenarijev nadgradnje gozdno-lesne verige v slovenskem prostoru (**R5.1** in **R5.2**). Razvili smo nacionalni input-output model za ovrednotenje možnih scenarijev prihodnjega razvoja gozdno-lesnega biogospodarstva (**R5.3**). Iz rezultatov scenarijske analize input-output modela je razvidno, da lahko slovensko gozdno-lesno biogospodarstvo preko prestrukturiranja gospodarskih aktivnosti v prihodnosti doseže do 20 % višjo vrednost proizvodnje agregata panog gozdno-lesnega biogospodarstva, povečanje števila zaposlenih za 24 % ter povečanje dohodka za 19 % (**R5.4**). V prispevku razpravljamo, kako bi nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva (glede na opredeljene scenarije) lahko dosegli s povečanjem kapacitet predelave lesa listavcev in podajamo priporočila nosilcem odločanja (**R5.5** in **R5.6**).

UVOD

Glede na podatke, ki se zbirajo na Gozdarskem inštitutu Slovenije, je več kot polovico lesa listavcev namenjenega kurjavi, preostali del se enakomerno deli med les za celulozo in plošče ter hlodovino (Ščap & Krajnc, 2021). Ta podatek je zgovorno dejstvo, da imamo v Sloveniji z vidika izkoriščenosti potenciala dodane vrednosti sortimentov lesa listavcev izrazite rezerve. Te kaže iskati zlasti v povečanju gospodarske rabe okroglega lesa znotraj Slovenije ter v krepitvi tehnološko naprednejših alternativ energetske rabi okroglega lesa. Smiselno je torej uvajanje inovativnih tehnologij obdelave lesa listavcev, z njimi povezane nove materiale in izdelke ter poslovne modele v okviru lesnopredelovalne in papirniške industrije, ki učinkoviteje izkoriščajo ekonomski potencial lesa listavcev. Neizkoriščene možnosti so tudi v kategorijah sečnih ostankov (zlasti skorje), ostankov v predelavi lesa in odsluženega lesa, ki so primerni surovinski viri za procese biorafinacije, z njo povezane proizvodnje biosnovanih materialov, ki kot alternativa surovinam fosilnega izvora vstopajo v nove verige vrednosti, kot so npr. proizvodnja finih kemikalij, aktivnih učinkovin, plastičnih mas, tekstila idr. (Stare et al., 2020). S takšnimi rešitvami je mogoče doseči snovno in energetske učinkovitejšo rabo biomase (v tem primeru sortimentov lesa listavcev) in multiplikativne ekonomske učinke (Hetemäki & Hurmekoski, 2016). Slednji se nanašajo tako na izboljšane kazalnike poslovanja gospodarskih subjektov, vključenih v verige vrednosti, kot tudi na pozitivne učinke na ravni narodnega gospodarstva (bruto dodana vrednost, dohodki, delovna mesta).

Slovenska lesnopredelovalna industrija je usmerjena predvsem na področje predelave lesa iglavcev in umeščanje proizvodnih kapacitet v prostor, ki je bil v preteklih desetletjih usmerjen predvsem v obrate, specializirane za predelavo hlodovine iglavcev. Dolgoročne spremembe v vrstni sestavi gozdov in posledično spremenjene tehnološke lastnosti lesa, ki jih zaznavamo v sistemu spremljanja, sedaj panogo postavljajo pred izziv, kako iz lesa (sortimentov) slabše kakovosti izdelati proizvod z visoko dodano vrednostjo. V zadnjem desetletju je v Evropi in svetu opazen porast inovativnih tehnologij za racionalnejšo in bolj trajnostno izrabo lesa (kot surovine) ter možnostjo dodajanja vrednosti z razvojem in uporabo novih tehnologij primarne predelave, tehnologije termične ali kemične modifikacije lesa, postopkov pridobivanja celuloze in nanoceluloze, inovativnih lesnih kompozitov ipd. (Arnič et al., 2019). Posebno mesto v tem kontekstu predstavljajo tehnologije biorafinacije, ki z različnimi (termofizikalnimi, kemijskimi,

biološkimi, biotehnološkimi) metodami omogočajo kontroliran razklop lignocelulozne biomase v enostavnejše gradnike (celuloza, hemiceluloza, lignin, ki jih je mogoče razgraditi v enostavnejše gradnike (npr. nanoceluloza, bazne kemikalije) in biokompozitni del. Prvi lahko nadomeščajo surovinske vire fosilnega izvora v širokem naboru predelovalnih dejavnosti v sektorju proizvodnje kemikalij in kemičnih izdelkov (npr. umetna vlakna, plastične mase, barve in laki, sredstva za lepljenje). Biokompozitni del zaradi svojih pozitivnih lastnosti (obnovljivost, biorazgradljivost, ugodno razmerje teža/trdnost, stroškovna učinkovitost) se v vse večjem obsegu uveljavlja v panogah gradbeništva, proizvodnje embalaže in avtomobilskih delov (Hurmekoski et al., 2018).

V zadnjem desetletju v Sloveniji v strateško razvojno načrtovanje vstopajo tudi načela krožnega biogospodarstva. V Strategiji razvoja Slovenije do leta 2030 (Šooš et al., 2017) tako med ključnimi cilji najdemo (1) nizkoogljično krožno gospodarstvo in (2) trajnostno upravljanje naravnih virov. Bogastvo gozdnih virov in razvitost predelovalnih dejavnosti sta atributa, na podlagi katerih se pri prehodu Slovenije iz linearnega v krožni model organiziranosti gospodarstva izkoriščanju gozdno-lesne biomase pripisuje velik pomen (MOPRS, 2018). Prehod v krožno gospodarstvo predstavlja odziv na pritisk rastočega gospodarstva in potrošnje na naravne vire ter nosilno sposobnost okolja. Družbo oz. uporabnika usmerja k ponovni uporabi, k popravilu in recikliranju materialov ter temelji na obnovljivih virih energije, zmanjšanju porabe surovin, kroženju materialov in ohranjanju dodane vrednosti skozi celotno obdobje uporabe (MOPRS, 2018). Načelo kaskadne rabe pa predstavlja sistem uporabe biomase, ki jo kot vhodno surovino na prvih ravneh proizvodnega procesa uporabljamo za izdelke z višjo dodano vrednostjo (npr. ekstraktivi, napredni materiali) in šele po izrabi ekonomsko ter ekološko upravičenih možnosti uporabe preusmerimo v proizvodnjo energije (Keegan et al., 2013).

Eno ključnih področij slovenskega biogospodarstva predstavlja področje rabe lesa, kamor po standardni klasifikaciji gospodarskih dejavnosti (2008) uvrščamo gozdarstvo (SKD – A2), lesnopredelovalno in pohištveno industrijo (SKD – C16, C31) ter papirniško industrijo (SKD - C17). Omenjene dejavnosti so v letu 2018 skupaj ustvarile 1.04 milijarde EUR dodane vrednosti po tekočih cenah oz. 2.2 % bruto domačega proizvoda (SURS, 2023). Njihov doprinos v prihodnosti pa je odvisen od potencialov lesa v gozdnih fondih, razvoja področja oz. učinkovitosti izrabe lesa, kot tudi od potrošnje proizvodov lokalnega gospodarstva. Za oceno potencialov razvoja gozdno-lesnega biogospodarstva je smiselno opraviti pregled relevantnih tehnologij predelave lesa ter novih proizvodov (npr., Hurmekoski et al., 2018). V okviru ciljnega raziskovalnega projekta LesGoBio so Straže et al. (2023) med drugimi identificirali proizvode, katerih vhodno surovino predstavlja gozdno-lesna biomasa (žagarska in furnirska hlodovina, hlodovina za celulozo in plošče, drug industrijski les, okrogel les slabše kakovosti) ter inovativne in perspektivne tehnologije predelave lesa listavcev za proizvodnjo izdelkov z višjo dodano vrednostjo.

V prispevku skušamo ovrednotiti makroekonomske učinke različnih scenarijev prestrukturiranja panog, ki v svoj proizvodni cikel vključujejo proizvodnjo, predelavo, oziroma vključevanje surovin lesa listavcev. Metoda, ki smo jo uporabili v ta namen, je medsektorski input-output model (v nadaljevanju I-O model). Gre za uveljavljen pristop ovrednotenja makroekonomskih in sektorskih učinkov tehnoloških prilagoditev in prestrukturiranja panog, povezanih z gozdarstvom in kmetijstvom (Alavalapati et al., 1999; Munday & Roberts, 2001). Thomson in Psaltopoulos (2005) ter Munday in Roberts (2000) opisujeta konceptualna in metodološka vprašanja pri uporabi I-O modela v gozdarskem sektorju in poudarjata ustreznost metode za analizo vprašanj razvoja podeželja. V raziskavi je Dhubháin et al. (2009) z I-O modelom ocenjeval pomembnost gozdarstva in predelave lesa za irsko gospodarstvo. V novejših raziskavah so Budzinski et al. (2017) z omenjeno metodologijo na primeru Nemčije ovrednotili napredek nemškega gozdno-lesnega biogospodarstva.

Cilj te raziskave je (I) pripraviti input-output (I-O) model za analizo učinkov različnih scenarijev mobilizacije lesa listavcev, ki smo jih oblikovali v okviru ekspertnih skupin, (II) analizirati makroekonomske učinke različnih scenarijev mobilizacije lesa listavcev ter (III) skladno z rezultati Straže et al. (2023) predlagati načine realizacije posameznih scenarijev. Na podlagi vseh prej opisanih analiz pa želimo podati priporočila nosilcem odločanja (npr. gospodarskim subjektom, panožnim združenjem, načrtovalcem politik).

MATERIAL IN METODE

Priprava specializiranega input-output modela

Za ugotavljanje sektorskih in makroekonomskih učinkov proizvodnje in predelave lesa smo uporabili input-output (I/O) model. I/O model je vstopno modelno orodje analize splošnega ravnovesja. Sestavljen je iz sistema linearnih enačb, ki v matričnem zapisu kvantificirajo in beležijo transakcije med različnimi sektorji gospodarstva (Miller & Blair, 2009). Ena od glavnih prednosti input-output modela je njegova zmožnost, da oceni medsektorske odnose med vsemi proučevanimi sektorji gospodarstva. Ta medsektorska razmerja, tj. tokovi blaga med različnimi sektorji in njihove medsebojne odvisnosti, so predstavljeni v matriki transakcij – t. i. input-output tabeli (Loizou et al., 2015; Loizou et al., 2019).

Input-output model je statistični model, ki temelji na podatkih, dostopnih v input-output tabeli, zbranih s standardiziranimi statističnimi raziskavami v rednih časovnih presledkih (vsakih 5 do 10 let). Osnovo za to raziskavo predstavlja input-output tabela iz leta 2015 za Slovenijo, ki jo v izhodiščni obliki sestavlja 65 sektorjev (EUROSTAT, 2022) (Preglednica 1). Struktura input-output tabele raziskovalcu omogoča uporabo različnih tehnik za oceno vpliva zunanjih sprememb, tj. vpliva, ki ga ima morebitna sprememba končnega povpraševanja na medsektorske transakcije in skupno proizvodnjo vsakega sektorja v gospodarstvu. V tem okviru je bila input-output metoda uporabljena za oceno in primerjavo učinkov alternativnih scenarijev dolgoročnega prestrukturiranja gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji.

Temeljna predpostavka input-output modela je fiksno razmerje med inputi in outputi (t. i. matrika tehničnih koeficientov) (Miller & Blair, 2009). Input-output modeliranje v obliki analize splošnega ravnovesja ponuja priročno analitično okolje za analizo soodvisnosti med sektorji v gospodarstvu. Sestavljeno je iz sistemov linearnih enačb, ki predstavljajo porazdelitev industrijskih proizvodov v gospodarstvu, njihovo proizvodnjo in porabo (Miller & Blair, 2009). Vsako povečanje sektorskega outputa (proizvodnje) zahteva specifično povečanje vseh kategorij inputov, ki se uporabljajo za proizvodnjo tega proizvoda. Ena od glavnih značilnosti input-output modela je njegova zmožnost, da oceni medsektorske odnose med vsemi proučevanimi sektorji gospodarstva (Loizou et al., 2015; Loizou et al., 2019). Input-output model smo ob ustrezni matematični transformaciji (Leontief matrika sektorskih multiplikatorjev in drugi multiplikatorji) uporabili za oceno obstoječih vplivov sektorja na proizvodnjo, zaposlenost in dodano vrednost v celotnem gospodarstvu. Teoretično ozadje input-output modela je natančneje predstavil Arnič (2023).

Z namenom oceniti uspešnost in medsektorske povezave gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji smo najprej preučili gospodarske sektorje, ki ga sestavljajo. V naši študiji je gozdno-lesno biogospodarstvo sestavljeno iz naslednjih sektorjev: A.02 - gozdarstvo in sečnja, C.16 - proizvodnja lesa in izdelkov iz lesa in plute, razen pohištva; proizvodnja izdelkov iz slame in protja, C.17 - proizvodnja papirja in izdelkov iz papirja, C20.590* - kemikalije na osnovi lesa, C.31+32 - proizvodnja pohištva in drugih izdelkov ter, D. 35* - proizvodnja toplote in električne energije na osnovi lesa.

Zaradi omenjene predpostavke fiksnega razmerja med inputi in outputi v tehnološki matriki, smo za scenarijske ocene sektorjev ob spremenjeni tehnologiji potrebovali nove tehnološke matrike. Njene elemente in pripadajoče tehnične koeficiente smo izračunali na osnovi modelnih in ekspertnih ocen o količinah in vrednostih inputov in proizvodov v tabelah ponudbe in porabe (oblikovanje scenarijev je podrobno opisano v naslednjem poglavju). Z enakim algoritmom matrične algebre, kot je bil uporabljen v prvem delu, smo v naslednjem koraku ocenili vplive sektorja na osnovne kazalnike ekonomske uspešnosti, kot so vrednost proizvodnje, zaposlenost in dodana vrednost ob upoštevanju scenarijskih predpostavk panožnega prestrukturiranja. Na podlagi razlik v multiplikatorjih smo v zadnjem koraku ovrednotili prispevek scenarija »prestrukturiranega« sektorja na ravni celotnega nacionalnega gospodarstva.

V zadnjih treh desetletjih se je v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu opazno zmanjševalo število podjetij z velikimi predelovalnimi zmogljivostmi, medtem ko so vse večji pomen pridobila mala in srednje velika podjetja. Za oceno ekonomskih potencialov prestrukturiranja gozdno-lesnega biogospodarstva smo z I-O modelom ovrednotili učinke različnih sektorskih scenarijev. Input-output model na podlagi hipotetičnih eksogenih sprememb v gospodarstvu lahko zajame učinke za celotno gospodarstvo. Zajema neposredne in posredne učinke, tj. neposredne učinke, ki izhajajo iz obravnavanega sektorja, v tem primeru sektorjev, ki sestavljajo gozdno-lesno biogospodarstvo v Sloveniji, in posredno iz vseh drugih sektorjev gospodarstva, ki imajo bistveno vlogo v smislu potreb po vložkih (Miller & Blair, 2009).

Scenariji verig vrednosti lesa listavcev in izvedba input-output modelne scenarijske analize

Oblikovali smo pet scenarijev; osnovni scenarij povzema trenutne tokove in rabo lesa listavcev, ter štiri razširjene scenarije, ki se med seboj razlikujejo po tehnološki (naložbeni, trženjski) zahtevnosti. Pri slednjih izhajamo iz potencialno dosegljivih količin ob predpostavki intenzivnejše mobilizacije lesa listavcev.

Za oceno učinkov alternativnih poti razvoja (glede na oblikovne scenarije) slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva smo uporabili input-output model ob predpostavki dveh ravni hipotetičnih sprememb: (1) spremembe relativne strukture inputov sektorja in (2) hipotetičnega povečanja skupne proizvodnje sektorja zaradi sprememb v obsegu rabe domačih surovin. Pri pripravi scenarijev je bila najprej analizirana struktura inputov v nacionalni input-output tabeli 2015 za sektorje gozdno-lesnega biogospodarstva (EUROSTAT, 2022). Opredelili smo relativne deleže (1) vmesne potrošnje, (2) nadomestil za zaposlene, (3) uvoza blaga in storitev ter (4) drugih primarnih inputov v vsakem sektorju.

Za logično preverjanje veljavnosti predpostavk strukture in delovanja gozdno-lesnega biogospodarstva iz izhodiščnega leta 2015 in razpravo o ustreznih smereh razvoja posameznega sektorja kot podlage za scenarije so bile organizirane fokusne skupine s strokovnjaki z zgoraj omenjenih področij gozdno-lesnega biogospodarstva. Scenariji se med seboj razlikujejo glede na strukturo gozdno-lesne verige vrednosti, stopnjo tehnološke razvitosti in sposobnosti sektorja, da absorbira pridelane gozdne proizvode v nacionalnem gospodarstvu. Z oceno podatkov iz leta 2015 je bil opredeljen osnovni scenarij (scenarij A). Na podlagi razprav v fokusnih skupinah so bili oblikovani naslednji scenariji: scenarij s povečano učinkovitostjo predelave lesa (scenarij B), scenarij s povečano energetsko rabo lesne biomase (scenarij C) ter scenarij tehnološko in kapitalsko intenzivnega prestrukturiranja (scenarij D).

Za scenarij A je bila uporabljena skupna proizvodnja sektorjev v letu 2015. Za scenarij B je bilo predpostavljeno, da bi se lahko zaradi spremenjene strukture vložkov skupna proizvodnja lesnopredelovalnega sektorja povečala za 25 % v primerjavi s scenarijem A, medtem ko bi skupna proizvodnja drugih sektorjev ostala na ravni iz leta 2015. Scenarij C predpostavlja, da bi vrednostno verigo sestavljala le gozdarstvo (45 %) ter proizvodnja toplote in električne energije (54 %). Scenarija D in D+ vključujeta optimistično oziroma zelo optimistično nadgradnjo sektorjev, zato smo predpostavili, da bi se v primerjavi z letom 2015 skupna proizvodnja sektorja predelave lesa lahko povečala za 50 %, sektorja papirja in pohištva za 25 %, proizvodnja kemikalij na osnovi lesa pa za 45 %, medtem ko bi proizvodnja toplote in elektrike ostala na ravni iz leta 2015.

Izhodiščni rezultat I-O modelne scenarijske analize se nanaša na spremembo v bruto outputu (prihodkih) po sektorjih. Spremembo lahko predstavljamo v denarnih vrednostih ali pa relativno v odstotkih od skupnih učinkov za izbrane sektorje (v našem primeru bomo izpostavili predvsem sektorje predelave lesa, papirništva in hibridne panoge, kot so proizvodnja kemikalij na osnovi lesa, pohištvena industrija ter proizvodnja toplote in električne energije iz lesa) in sektorske agregate. Na podlagi izhodiščnega rezultata lahko ocenimo učinke obravnavanih scenarijev tudi za izvedene makroekonomske spremenljivke, v uporabi sta najbolj razširjeni bruto dodana vrednost in število zaposlenih.

Da bi zagotovili enake pogoje za primerjalno oceno uspešnosti petih scenarijev, vsi izhajajo iz iste predpostavke, tj. povečanja končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR. Z upoštevanjem tako povečanega povpraševanja v multiplikatorjih I-O modela in dodelitve povečanega končnega povpraševanja znotraj gospodarstva so bile za posamezne scenarije ovrednotene predvidene spremembe v vrednosti proizvodnje, dohodka in števila zaposlenih.

Nazadnje smo za oceno predelovalne zmožnosti okroglega lesa v določenem scenariju izhajali iz I-O tabele iz leta 2015, ki določa, da je 29 % povpraševanja v gozdarskem sektorju predstavljalo povpraševanje po gozdarskih storitvah, preostalih 71 % od povpraševanja pa vrednost lesa. Vrednost lesa v danem scenariju smo nato delili s povprečno tržno ceno lesa iglavcev in listavcev, ki je leta 2015 v povprečju znašala 47,2 EUR na kubični meter, rezultat pa je bila ocenjena količina porabljenega okroglega lesa (SURS, 2022).

REZULTATI

Scenariji prestrukturiranja gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji

Za oceno potencialov v skladu s scenariji razvoja gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji smo uporabili naslednje predpostavke o strukturi gozdno-lesnega biogospodarstva:

- Osnovni scenarij (scenarij A): Osnovni scenarij ne upošteva nobenih razlik v strukturi predelave lesa glede na leto 2015 in predstavlja tako imenovani pristop običajnega poslovanja (ang. business as usual). Leta 2015 je gozdarstvo predstavljalo 14,3 %, predelava lesa 23,0 %, papirna industrija 31,2 %, kemikalije na osnovi lesa 0,6 % ter toplota in elektrika na osnovi lesa 1,2 % vrednosti skupne proizvodnje gozdno-lesnega biogospodarstva.
- Scenarij s povečano učinkovitostjo predelave lesa (scenarij B): Scenarij B predvideva, da se prestrukturiranje v gozdno-lesnem biogospodarstvu odrazi zlasti v konvencionalnem lesnopredelovalnem sektorju (C.16). Pri tem predpostavljamo, da bi se skupna proizvodnja lesnopredelovalnega sektorja povečala za 25 %, kar predstavlja spremenjeno strukturo gozdno-lesnega biogospodarstva. K skupni vrednosti proizvodnje prispeva gozdarstvo 13,5 %, lesnopredelovalni sektor 27,2 %, papirna industrija 29,5 %, kemikalije na osnovi lesa 0,5 % ter toplota in elektrika na osnovi lesa 1,2 %. V tem primeru smo predpostavili optimistično strukturo inputov (tj.

povečan delež vgradnje domačih surovin) v proizvodnjo lesnopredelovalnega sektorja, medtem ko strukture inputov v proizvodnjo drugih sektorjev v vrednostni verigi lesa ostanejo na ravni osnovnega scenarija.

- Večja energetska raba lesne biomase (scenarij C): Scenarij C preverja precej skrajno predpostavko, da se raba lesne biomase v veliki meri prenese navzdol po piramidi dodane vrednosti v energetski sektor. V tem primeru bi vrednostno verigo lesa sestavljala le gozdarski sektor (45,3 %) ter sektor toplotne in električne energije na osnovi lesa (54,7 %).
- Tehnološko in kapitalno intenzivno prestrukturiranje (scenarij D): V scenariju D je uporabljen optimistični pristop z visoko dodano vrednostjo, ki predvideva, da se bo skupna proizvodnja v vseh lesnopredelovalnih sektorjih povečala glede na leto 2015. Predpostavlja se, da se lahko skupna vrednost proizvodnje lesnopredelovalnega sektorja poveča za 50 %, skupna proizvodnja papirne in pohištvene industrije za 25 %, skupna proizvodnja kemikalij na osnovi lesa pa za 45 %. Struktura prihodkov gozdno-lesnega biogospodarstva bi bila v tem primeru naslednja: gozdarstvo 11,3 %, predelava lesa 27,2 %, papirna industrija 30,8 %, pohištvena industrija 29,2 %, kemikalije na osnovi lesa 0,6 % ter toplota in elektrika na osnovi lesa 1 %.
- Tehnološko in kapitalno intenzivno prestrukturiranje s povečanimi potrebami po vložkih (scenarij D+): Scenarij D+ je zelo optimistično zastavljen in (tako kot scenarij C) predstavlja teoretične meje sistema v smislu potenciala skupne dodane vrednosti gozdno-lesnega biogospodarstva. Pri tem smo predpostavili, da bo povečanje skupne proizvodnje lesnopredelovalnih sektorjev podobno scenariju D, medtem ko bi se v strukturi inputov zmerno povečala raba domačih surovin v sektorju gozdarstva ter sektorju toplotne in električne energije na osnovi lesa, v sektorju predelave lesa in papirne industrije pa bi prišlo do izrazitega povečanja rabe domačih surovin. Za proizvodnjo pohištva in kemikalij na osnovi lesa scenarij predpostavlja, da se struktura inputov v proizvodnjo ne spreminja (Preglednica 1).

Preglednica 1. Struktura inputov v lesarstvo (C.16) v Sloveniji in Avstriji v letu 2015. Podatki so povzeti iz nacionalnih input-output tabel, ki jih za analizirane države sestavljajo nacionalni statistični uradi (EUROSTAT, 2022). Scenarij D+ predvideva prestrukturiranje proizvodne funkcije strukturi, podobni ki posnema strukturo gozdno-lesnega biogospodarstev Avstriji.

Gospodarski sektorji	Slovenija		Avstrija	
	mio €	%	mio €	%
Gozdarstvo	74.16	7.6%	1,138.6	12.7%
Obdelava in predelava lesa	128	13.1%	2,114	23.6%
Proizvodnja papirja in izdelkov iz papirja	2.92	0.3%	168.34	1.9%
Proizvodnja koks in naftnih derivatov	7.4	0.8%	16.14	0.2%
Proizvodnja kemikalij, kemičnih izdelkov	19.83	2.0%	126.12	1.4%
Proizvodnja izdelkov iz gume in plastičnih mas	0.64	0.1%	31.85	0.4%
Proizvodnja nekovinskih mineralnih izdelkov	8	0.8%	61	0.7%
Proizvodnja kovin	21	2.1%	20	0.2%
Proizvodnja kovinskih izdelkov, razen strojev in naprav	5.42	0.6%	77.49	0.9%
Proizvodnja drugih strojev in naprav	2.07	0.2%	33.64	0.4%
Proizvodnja motornih vozil, prikolic in polprikolic	5.11	0.5%	0.	0.0%
Popravila in montaža strojev in naprav	2.96	0.3%	33.38	0.4%
Oskrba z električno energijo, plinom in paro	11.81	1.2%	168.69	1.9%
Ravnanje z odpadki in odpadki ter sanacija okolja	0.54	0.1%	86.54	1.0%
Gradbeništvo	5.86	0.6%	148.16	1.7%
Posredništvo in trgovina na debelo, razen z motornimi vozili	36.88	3.8%	509.16	5.7%
Kopenski promet	11.77	1.2%	333.43	3.7%
Skladiščenje in spremljajoče prometne dejavnosti	1.63	0.2%	130.7	1.5%
Dejavnosti finančnih storitev, razen zavarovalništva in dejavnosti pokojninskih skladov	3.96	0.4%	94.91	1.1%
Poslovanje z nepremičninami	4.82	0.5%	39.03	0.4%
Pravne in računovodske dejavnosti	3.02	0.3%	132.42	1.5%

Arhitekturno in tehnično projektiranje; tehnično preizkušanje in analiziranje	4	0.4%	15	0.2%
Oglaševanje in raziskovanje trga	2	0.2%	33	0.4%
Dajanje v najem in zakup	7.33	0.8%	14.71	0.2%
Ostali sektorji	25.07	2.6%	161.03	1.8%
Skupaj	394.83	40.5%	5,685.82	63.5%
Poraba sredstev za zaposlene	110.86	11.4%	1,051.19	11.7%
Uvoz blaga in storitev	396.76	40.7%	1,551.69	17.3%
Ostali primarni inputi	71.36	7.3%	663.75	7.4%
Skupna poraba v osnovnih cenah	973.81	100.0%	8,952.46	100.0%

I/O modelna scenarijska analiza

Primerjava "običajnega poslovanja" (scenarij A) z različnimi hipotetičnimi scenariji (B, C, D in D+) nam je omogočila oceniti potencialne slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva v smislu multiplikativnih učinkov vrednosti proizvodnje, števila zaposlenih in prihodkov.

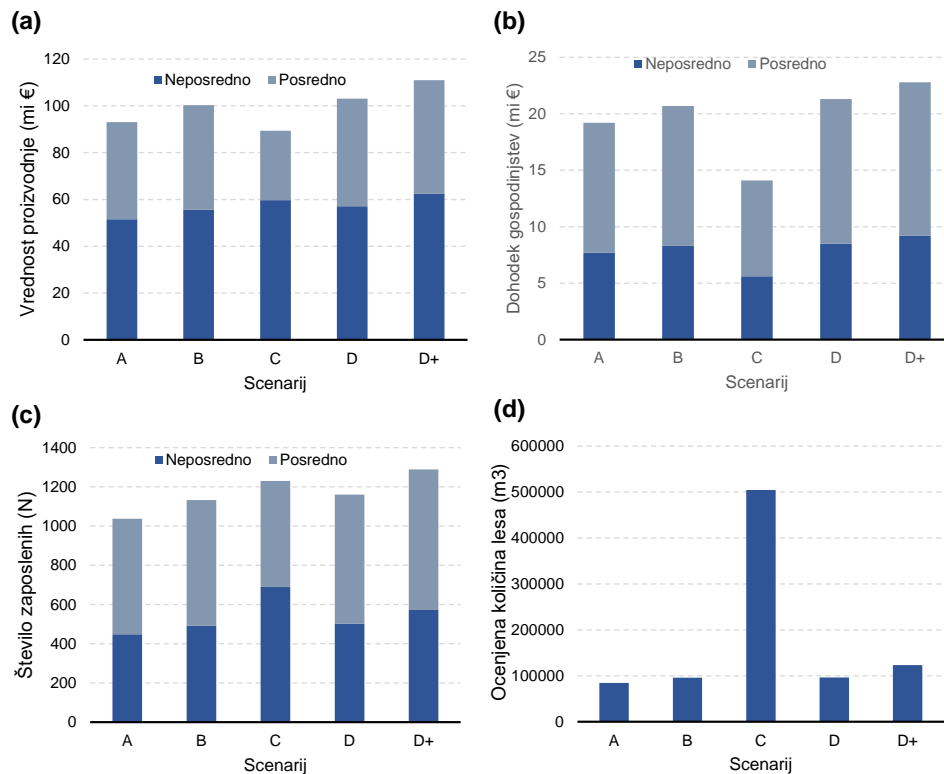
Glede na rezultate scenarijske analize meje rasti sistema lahko postavimo s primerjavo rezultatov izhodiščnega scenarija A s scenarijem tehnološko in kapitalno intenzivnega prestrukturiranja s povečanimi potrebami po vložkih (D+). Izhajajoč iz tega bi zgolj spremembe v strukturi vhodnih potreb slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva predvidoma pomenile 17 % povečanje skupne vrednosti proizvodnje, 20 % povečanje števila zaposlenih in 16 % povečanje dohodka.

Hipotetične spremembe končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu leta 2015 bi po scenariju A pomenile 92,8 milijona EUR vrednosti proizvodnje. Le-ta je v 56 % sestavljena iz neposrednega učinka znotraj gozdno-lesnega biogospodarstva in 44 % iz posrednih učinkov ostalih sektorjev. V tem primeru bi bilo ustvarjenih 1037 novih delovnih mest in za 19,2 milijona EUR več dohodka zaposlenih v panogi (Slika 1). Scenarij nadgradnje lesnopredelovalnega sektorja (scenarij B), ki vključuje optimistično nadgradnjo lesnopredelovalnega sektorja (C.16), predvideva izboljšanje gospodarske aktivnosti. V tem smislu bi hipotetično povečanje končnega povpraševanja za 100 mio EUR v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu predvidevalo 103 mio EUR proizvedene skupne proizvodnje (55 % iz neposrednih in 45 % posrednih učinkov). V tem primeru bi bilo ustvarjenih 1134 novih delovnih mest in za 20,7 milijona EUR več dohodka zaposlenih v panogi (Slika 1).

Scenarij C vključuje uporabo lesa za proizvodnjo električne energije in toplote, zato so bile hipotetične spremembe v končnem povpraševanju v višini 100 mio EUR razporejene po gospodarstvu, ki temelji na gozdarstvu ter sektorjih toplotne in električne energije. Scenarij predvideva za 89,4 milijona EUR vrednosti skupne proizvodnje (67 % iz neposrednega in 33 % posrednega učinka); ustvarjenih bi bilo 1230 novih delovnih mest in za 14,1 milijona EUR novega dohodka zaposlenih v panogi (Slika 1).

Scenarij D, ki vključuje optimistično nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva in s tem hipotetične spremembe končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR, je bil ovrednoten preko optimistično spremenjenih struktur inputov v proizvodnjo. Tako bi bilo ustvarjenih 103,1 milijona EUR vrednosti skupne proizvodnje, 55 % iz neposrednih in 45 % posrednih učinkov. Ustvarjenih bi bilo 1162 novih delovnih mest in za 21,3 milijona EUR več dohodka zaposlenih v panogi (Slika 1).

Scenarij D+ vključuje zelo optimistično nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva, zato so bile hipotetične spremembe končnega povpraševanja v višini 100 mio EUR dodeljene prek zelo optimistično spremenjenih struktur inputov v proizvodnjo. Tako bi se ustvarilo 111,6 milijona EUR skupne proizvodnje (56 % iz neposrednega in 44 % posrednega učinka), 1295 novih delovnih mest in 22,9 milijona EUR novega dohodka zaposlenih v panogi (Slika 1).



Slika 1. Nacionalni učinki (neposredni in posredni) sprememb končnega povpraševanja v višini 100 milijonov EUR v petih različnih scenarijih (A - D+) analize vpliva input-output modela.

RAZPRAVA

Rezultati te raziskave dajejo kvantitativno podprt vpogled v neizkoriščen potencial dodane vrednosti slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva pri predelavi okroglega lesa. Analize strukture inputov v proizvodnjo sektorjev gozdno-lesnega biogospodarstva so pokazale, da je leta 2015 uvoz blaga in storitev predstavljal 39 % vhodnih proizvodnih virov v celotni verigi vrednosti, pri čemer obstaja več možnosti, da se delež uvoza v prihodnje zmanjša in nadomesti z domačo primarno proizvodnjo.

Za obravnavo tega vprašanja smo v naši študiji preizkusili pet alternativnih scenarijev, ki nakazujejo možne smeri razvoja slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva. Osnovni scenarij (trenutna struktura in uspešnost sektorja) smo primerjali s scenarijem, ki predvideva krepitev zlasti energetske rabe gozdno-lesne biomase (scenarij C) in s tremi scenariji, ki predpostavljajo različne tehnološke usmeritve gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji (scenariji B, D, D+). Analiza vpliva je predpostavljala fiksno hipotetično spremembo končnega povpraševanja v višini 100 milijonov EUR (približno 4 % skupne proizvodnje sektorjev gozdno-lesnega biogospodarstva), ki je bila za vsak scenarij posebej porazdeljena celotnemu gospodarstvu. Na ta način smo ocenili razlike v multiplikatorjih vrednosti proizvodnje, števila zaposlenih in njihovega dohodka. Gre za standarden pristop scenarijske analize s pomočjo input-output modela, ki presoja učinke hipotetičnih zunanjih šokov v gospodarstvu. Omenjeni pristop se pojavlja tudi pri presoji alternativnih scenarijev razvoja biogospodarstva. Značilni tovrstni raziskavi sta Loizou et al. (2019) in Kulišič et al. (2007).

Rezultati scenarijske analize razkrivajo, da lahko hipotetično povečanje končnega povpraševanja v višini 100 milijonov EUR v trenutnem slovenskem lesnem biogospodarstvu (scenarij A) predvideva 92,8 milijona EUR nove proizvodnje, 1037 novih zaposlenih in 19,2 milijona EUR novega dohodka gospodinjstev. Scenarij B (nadgradnja zgolj lesnopredelovalnega sektorja v C.16) kaže, da lahko širitev in prestrukturiranje gozdno-lesnega biogospodarstva privede do 10 % večje proizvodnje, 9 % več zaposlenih in 8 % več

dohodka gospodinjstev. Scenarija D in D+ pa sta obravnavala tehnološko in naložbeno zahtevno prestrukturiranje celotnega gozdno-lesnega biogospodarstva. V primerjavi s scenarijem A lahko povečanje končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR po scenarijih D in D+ prinese povečanje vrednosti proizvodnje za 11 % (scenarij D) do 20 % (scenarij D+), povečanje števila zaposlenih za 12 % do 24 % ter povečanje dohodka zaposlenih v panogi za 11 % do 19 %. Edini scenarij, ki je imel v primerjavi z osnovnim scenarijem A manjši multiplikativni gospodarski učinek, je bil scenarij C, ki je preizkušal uporabo lesa samo za proizvodnjo toplotne in električne energije (nizka dodana vrednost). Scenarij C predvideva 3-odstotno zmanjšanje skupne vrednosti proizvodnje in 27-odstotno zmanjšanje dohodka zaposlenih v panogi, medtem ko bi se število zaposlenih lahko povečalo za 19 %.

Za slovensko gozdno-lesno verigo je značilna izrazita linearna organiziranost gospodarskih aktivnosti in pomanjkanje t. i. grozdenja na področju predelave lesa (Kocjančič et al., 2021). Veliko hibo predstavljajo vrzeli v posameznih delih gozdno-lesne verige, predvsem v primarni predelavi lesa, zaradi katerih je do določene mere tudi onemogočen razvoj vertikalno povezanih gospodarskih sistemov v okviru nacionalnega gospodarstva. Predvideno nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva po scenarijih B, D in D+ bi bilo smiselno doseči predvsem na račun povečanja kapacitet predelave lesa listavcev. Učinkovitost predelave lesa po scenariju B bi lahko dosegli z uvajanjem novih in povečanjem kapacitet obstoječih žagarskih obratov, ki se ukvarjajo s proizvodnjo žaganega lesa listavcev. Pomembno vrzel, na katero so opozorili Straže et al. (2023), predstavlja proizvodnja furnirja, ki je v Sloveniji praktično ni več, in proizvodnja lesnih kompozitov. Uresničitev scenarijev D in D+ bi omogočala tehnološko zahtevnejša in visoko tehnološka nadgradnja predelave lesa listavcev. Določen del tako pohištvne kot tudi gradbene industrije je trenutno odvisen od uvoza pol-proizvodov, kot so konstrukcijski žagan les listavcev ter konstrukcijski kompoziti (npr. CLT, LVL, I-profil), ki bi jih lahko proizvedli doma (Straže et al., 2023). Smiselna bi bila tudi nadgradnja papirne industrije za proizvodnjo celuloze v papirni industriji. Po propadu večjih obratov kemične proizvodnje celuloze je v Sloveniji ostala le še proizvodnja t. i. lesovine, medtem ko celulozo za proizvodno papirjev boljše kakovosti uvažamo (okoli 260.000 t letno). Ob tem je ključno omeniti, da je kemična proizvodnja celuloze osnova za večino visoko tehnoloških proizvodov (biogoriva, tekstil, kemikalije) in je brez tovrstne proizvodnje nemogoče načrtovati razvoj in vzpostavitev industrijskih obratov omenjenih tehnologij (Arnič et al., 2019; Hurmekoski et al., 2018).

Glede na Teischinger (2017) predstavlja predelava lesa listavcev v Evropi velik izziv; velik izziv in potencial predstavlja žagarska industrija, kjer les listavcev predelujejo majhni in srednje veliki žagarski obrati, za katere je značilna večja prilagodljivost pri razžagovanju hlodovine različnih lesnih vrst, slabost takšnih obratov pa je manjša učinkovitost in manj standardizirani proizvodi za sekundarno predelavo. Številni novi načini predelave lesa, ki jih omenjajo Straže et al. (2023) ter pričujoča analiza nakazujejo velik potencial lesa listavcev za nadgradnjo slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva.

ZAKLJUČKI

Rezultati te študije, ki razkrivajo posredne gospodarske učinke alternativnih pristopov (scenarijev) k organizaciji gozdno-lesnega biogospodarstva, zagotavljajo smernice za načrtovanje politik. Z uporabo input-output modelov je mogoče meriti ne le neposredne učinke hipotetičnih sprememb prestrukturiranja panoge, temveč tudi posredne učinke na gospodarstvo. Tako imajo nosilci odločanja možnost oceniti ne le primarno povpraševanje po surovinah, temveč tudi sekundarno povpraševanje (po produktih), kot vložke v povezane sektorje (gradbeništvo, energetika, nova delovna sila itd.), s tem pa tudi možnost povečati verjetnost doseganja strateških ciljev. Poleg tega rezultati s prikazom soodvisnosti med gospodarskimi sektorji dajejo načrtovalcem politik in nosilcem odločanja jasen signal, da so v

prihodnje potrebni bolj usklajeni politični ukrepi z jasnimi finančnimi okvirji za razvojne politike biogospodarstva.

V zadnjem desetletju je bilo v Sloveniji za področje gozdno-lesnega biogospodarstva podanih kar nekaj vladnih pobud in strategij razvoja. Začelo se je z Akcijskim načrtom za izboljšanje povečanja konkurenčnosti gozdno-lesne verige v Sloveniji do leta 2020 (MKORS & MGRTRS, 2012). Lesna veriga vrednosti je bila vključena tudi v nacionalno strategijo pametne specializacije (SVRSREKP, 2015), kjer so bili različni vidiki gozdnega biogospodarstva (novi materiali, medsektorsko sodelovanje in krožno gospodarstvo) vključeni v tri od devetih strateških prednostnih nalog. Gozdno-lesna veriga vrednosti je bila prepoznana tudi med ključnimi cilji strategije razvoja Slovenije do leta 2030 (Šooš et al., 2017), pri čemer sta bili posebej omenjeni dve biogospodarski načeli: (1) nizkoogljično krožno gospodarstvo in (2) trajnostno upravljanje naravnih virov. Lesna biomasa je bila prepoznana kot ključna surovinska osnova za prehod Slovenije v krožno gospodarstvo (MOPRS, 2018). V izvedbenem smislu kaže izpostaviti tudi izvedbeni dokument o ukrepih za razvoj lesnopredelovalne industrije do leta 2030 (MGRTRS, 2022).

Za zgoraj navedene strategije in izvedbene dokumente so značilni pristopi od zgoraj navzdol in ambiciozni cilji, ki praviloma niso izpeljani do ravni izvedbenih dokumentov z ukrepi, instrumenti in z zavezujočimi (javno-)finančnimi obveznostmi. Druga značilnost, ki je simptomatična za razvojne politike ne le v Sloveniji, temveč tudi v celotni EU (npr. kohezijska politika, politika razvoja podeželja), pa je sektorska usmerjenost in šibko usklajevanje med politikami. Ta položaj je še posebej neugoden za horizontalne sektorje kot je biogospodarstvo, kjer je potreba po usklajenem medsektorskem ukrepanju ključna.

Dodatno hibo razvoja lesnopredelovalne panoge v Sloveniji omejuje tudi gospodarska organiziranost dejavnosti, namreč le-ta v veliki večini sloni na majhnih (družinskih) podjetjih, ki so ob razpadu večjih lesnopredelovalnih podjetij zapolnile vrzeli znotraj gozdno-lesne verige in se uspešno umestile v segmente zahtevnejših lesnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo. Glede na razmere je težko pričakovati tolikšno kapitalsko moč tovrstne gospodarske organiziranosti, da bomo v prihodnje tehnološko konkurenčni lesno-predelovalnim koncernom v evropskem merilu.

S stališča razvoja gozdno-lesne verige v Sloveniji v smislu izboljšanja kazalnikov gospodarske uspešnosti (prihodki, dodana vrednost, število zaposlenih), je ključno sistemsko reševanje z osredotočenostjo na zapolnitve vrzeli sedanjih lesnopredelovalnih verig, ki vključuje primarno predelavo lesa, in integrirane lignocelulozne biorafinerije v industrijsko relevantnih količinah. Če se to zaradi visokih kapitalskih vložkov in/ali že vzpostavljenih surovinskih tokov izkaže za neizvedljivo, je smiselno strategijo usmeriti v integracijo panog gozdno-lesnega biogospodarstva v čezmejne verige vrednosti. Pri tem kaže posebno pozornost nameniti razvoju panog z visokimi multiplikativnimi učinki (npr. papirništvo, lesna gradnja, zelena kemija ipd.), oziroma poslovnih usmeritev znotraj konvencionalnih verig vrednosti lesa z najvišjo dodano vrednostjo (npr. izboljšanje funkcionalnosti, ekodizajn). Javne politike pri tem lahko odigrajo vlogo pospeševalca in usmerjevalca razvoja zlasti z aktivno inovacijsko politiko (podpora zagonskim in mladim podjetjem, transparentnost in odzivnost postopkov certificiranja ipd.), aktivno podporo za vzpostavitev modernih oblik predelave lesa, stabilnim poslovnim okoljem, pa tudi z okrepitvijo politik za zagotavljanje potrošnje biosnovanih proizvodov na osnovi lesa (npr. zelena javna naročila, osveščanje potrošnikov in generična promocija).

VIRI

Alavalapati, J. R., Adamowicz, W. L., & White, W. A. (1999). Distributive impacts of forest resource policies in Alberta. *Forest Science*, 45, 342-348.

- Arnič, D. (2023). Vpliv podnebnih sprememb na prirast lesa navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) in navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) in potencialne posledice za biogospodarstvo v Sloveniji. (Doktorska disertacija), Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Arnič, D., Prisljan, P., & Juvančič, L. (2019). Raba lesa v slovenskem biogospodarstvu. *Gozdarski vestnik*, 10, 375-393.
- Budzinski, M., Bezama, A., & Thrän, D. (2017). Monitoring the progress towards bioeconomy using multi-regional input-output analysis: The example of wood use in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.090>
- Dhubháin, Á. N., Fléchar, M.-C., Moloney, R., & O'Connor, D. (2009). Stakeholders' perceptions of forestry in rural areas—two case studies in Ireland. *Land use policy*, 26, 695-703.
- EUROSTAT. (2022). Symmetric input-output table at basic prices (product by product). Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- Hetemäki, L., & Hurmekoski, E. (2016). Forest products markets under change: review and research implications. *Current Forestry Reports*, 2, 177-188. 10.1007/s40725-016-0042-z
- Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., & Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48, 1417-1432. 10.1139/cjfr-2018-0116
- Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B., & Panoutsou, C. (2013). Cascading use: a systematic approach to biomass beyond the energy sector. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7, 193-206. <https://doi.org/10.1002/bbb.1351>
- Kulišić, B., Loizou, E., Rozakis, S., & Šegon, V. (2007). Impacts of biodiesel production on Croatian economy. *Energy Policy*, 35, 6036-6045.
- Loizou, E., Chatzitheodoridis, F., Michailidis, A., Tsakiri, M., & Theodossiou, G. (2015). Linkages of the energy sector in the Greek economy: an input-output approach. *International Journal of Energy Sector Management*.
- Loizou, E., Karelakis, C., Galanopoulos, K., & Mattas, K. (2019). The role of agriculture as a development tool for a regional economy. *Agricultural Systems*, 173, 482-490.
- MGRTRS. (2022). Izvedbeni dokument ukrepov razvoja lesnopredelovalne industrije do leta 2030. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Direktorat za lesarstvo.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*: Cambridge university press.
- MKORS, & MGRTRS. (2012). *Les je lep : akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdno-lesne verige v Sloveniji do leta 2020*. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje Republike Slovenije, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo Republike Slovenije.
- MOPRS. (2018). *Kažipot prehoda v krožno gospodarstvo*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije.
- Munday, M., & Roberts, A. (2000). *Forestry industry network transactions and regional economic development prospects*. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/114792/1/ERSA2000_117.pdf
- Munday, M., & Roberts, A. (2001). The role of the forestry industry transactions in the rural economy. *Journal of Rural Studies*, 17, 333-346.
- Stare, D., Ščap, Š., Mihelič, R., Mavsar, S., Mešl, M., Humar, M., . . . Oven, P. (2020). *Ovrednotenje in karakterizacija biomase*. Gozdarski inštitut Slovenije.
- Straže, A., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2023). *Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu*. *Les/Wood*, v tisku.
- SURS. (2022). *Odkup lesa*. Ljubljana, Statistični urad Slovenije. Retrieved from <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1656402S.px>
- SURS. (2023). *Poslovanje podjetij po dejavnosti (SKD 2008), Slovenija, 2005 – 2020*.
- SVRSREKP. (2015). *Slovenska strategija pametne specializacije S4*. Ljubljana: Služba vlade Republike Slovenija za razvoj in evropsko kohezijsko politiko.
- Ščap, Š., & Krajnc, N. (2021). Tokovi okroglega lesa v Sloveniji. [Roundwood flows in Slovenia]. *Gozdarski vestnik*, 79, (7/8), 251-258.
- Šooš, T., Lautar, K., Urbancic, H., Kobe Logonder, N., Kmet Zupancic, R., Fajic, L., . . . Culpa, N. (2017). *Strategija razvoja Slovenije 2030*. Ljubljana: Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko.
- Teischinger, A. (2017). From forest to wood production—A selection of challenges and opportunities for innovative hardwood utilization. Paper presented at the Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Hardwood Processing, Lahti, Finland.
- Thomson, K., & Psaltopoulos, D. (2005). Economy-wide effects of forestry development scenarios in rural Scotland. *Forest Policy and Economics*, 7, 515-525.

5. Komunikacija in diseminacija rezultatov (DS 1)

5.1. Komunikacija

Ob začetku projekta smo pripravili podroben program dela in časovni načrt izvajanja projekta ter podpisali pogodbo o delitvi sredstev med partnerji. Prvi sestanek projektne skupine je potekal 25. novembra 2020 preko ZOOM-a, kjer smo uskladili aktivnosti predvidene v prvih mesecih izvajanja projekta. Drugi, tretji, četrti in peti projektni sestanek je potekal 7. septembra 2021, 10. marca 2022, 5. septembra 2022 in 16. marca 2023 v živo v veliki dvorani Gozdarskega Inštituta Slovenije.

5.2. Diseminacija rezultatov

V okviru diseminacijskih aktivnosti smo na podlagi pridobljene grafične podobe izdelali spletno stran projekta LesGoBio (<https://www.gozdis.si/projekti/LesGoBio/>), kjer so objavljene vsebine projekta. Na spletni strani projekta je bila do 9. septembra objavljena prva (https://www.gozdis.si/f/docs/projekti/Bilten-CRP-LesGoBio_vol1y.pdf) in druga (https://www.gozdis.si/f/docs/projekti/Bilten-CRP-LesGoBio_vol2x.pdf) številka spletnega biltena ter promocijski letak (<https://www.gozdis.si/f/docs/projekti/LesGoBio.pdf>).

Na domačih in mednarodnih znanstvenih in strokovnih konferencah smo z referati predstavljali raziskave, ki smo jih izvedli v okviru sofinanciranega projekta in tako tvorno prispevali k razpravi in izmenjavi mnenj v znanstveni skupnosti, kar je prvi pogoj za uspešen razvoj znanosti.

Rezultate projekta smo predstavili na sledečih dogodkih:

1. 9. Razvojni dan gozdno-lesnega sektorja (16. junij 2021),
2. Znanstveno srečanje SAZU - Podnebne spremembe in biogospodarstvo: izzivi in priložnosti slovenske gozdno-lesne verige (26. januar 2022),
3. Razvojni dan slovenskega gozdno-lesnega sektorja 2022, ki je potekal v okviru sejma Ambienti v Ljubljani (6. oktober 2022).
4. Konferenca TBMCE 2023; sodelovanje pri okrogli mizi z naslovom »The potential of small scale biorefining« (7. september 2023).
5. Posvet z naslovom »GOZDNO LESNE VERIGE ZA SLOVENSKO BIOGOSPODARSTVO«. Posvet je bil organiziran ob zaključku treh projektov, financiranih v okviru Ciljnega raziskovalnega programa »ZAGOTOVIMO SI HRANO ZA JUTRI« (20. oktober 2023)

V okviru projekta smo objavili številne znanstvene članke v domačih znanstvenih revijah, poglavja v knjigah ali priložnikih, na vsebino projekta je bil v letu 2023 dokončan tudi doktorat. Med projektom smo posodobili in na razvili nove metodološke pristope (npr. posodobitev metodologije za spremljanje tokov lesa listavcev, izdelava input-output modela) s čimer smo pripomogli k pridobitvi novih praktičnih znanj in znanstvenih spoznanj.

Članki v revijah:

- Ščap, Š., Krajnc, N., & Prislan, P. (2021). Stanje žagarske panoge v Sloveniji v letu 2019. *Gozdarski vestnik*, 79(10), 363–375.
- Ščap, Š., & Krajnc, N. (2021). Tokovi okroglega lesa v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 79(7/8), 251–258.
- Krajnc, L., Arnič, D., & Prislan, P. (2023). Analiza kakovostne strukture okroglega lesa listavcev. *Les/Wood*, 72(1), 49–58.

- Krapež Tomec, D., Straže, A., Kokot, M., Kitek Kuzman, M., & Kariž, M. (2021). Uporaba lesno-plastičnih kompozitov v tehnologiji 4D tiska [Izvirni znanstveni članek]. *Les/Wood*, 70(2), 53–69.
- Ščap, Špela, & Triplat, M. (2023). Raba lesa, tržne količine in projekcije potencialov okroglega lesa listavcev v Sloveniji. *Les/Wood*, 72(1), 5–20.
- Straže, A., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2023). Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. *Les/Wood*, 72(1), 21–34.
- Kropivšek, J., Straže, A., & Gornik Bučar, D. (2023). Kvalitativna/strateška analiza izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. *Les/Wood*, 72(1), 35–48.
- Arnič, D., Prislán, P., & Juvančič, L. (2023). Makroekonomski učinki proizvodnje in predelave lesa listavcev. *Les/Wood*, 72(1), 59–70.
- Straže, A., Žigon, J., Pervan, J., Mikšik, M., Prekrat, S. 2023. The Influence of processing conditions on the quality of bent solid wood from European oak. *Forests*, 14(5), str. 1-11
- Ray, T., Kaljun, J., Straže, A. 2021. Comparison of the vibration damping of the wood species used for the body of an electric guitar on the vibration response of open-strings. *Materials*, 14(18), 1-13
- Fašalek, A., Straže, A., Šega, B., Huber, J., Šernek, M. 2023. Bonding performance of melamine–urea–formaldehyde and polyurethane adhesives for laminated hybrid beams and their selected mechanical properties. *Buildings*, 13(8), 1-14
- Krapež Tomec, D., Straže, A., Kokot, M., Kitek Kuzman, M., & Kariž, M. (2021). Uporaba lesno-plastičnih kompozitov v tehnologiji 4D tiska [Izvirni znanstveni članek]. *Les/Wood*, 70(2), 53–69.
- Krapež Tomec, D., Straže, A., Haider, A., Kariž, M. 2021. Hygromorphic response dynamics of 3D-printed wood-PLA composite bilayer actuators. *Polymers*, 13(19), 1-16

Poglavja v knjigah ali priročnikih:

- PRISLAN, Peter, ARNIČ, Domen. Les kot naravno obnovljiv vir je potencial za trajnostni razvoj družbe. V: VOLFAND, Jože (ur.). *Trajnostna raba lesa : priročnik*. Celje: Fit media, 2021. Str. 20-22.
- ŠČAP, Špela. Analiza trga z okroglim lesom v Sloveniji. V: VOLFAND, Jože (ur.). *Trajnostna raba lesa : priročnik*. Celje: Fit media, 2021. Str. 23-27.
- ŠČAP, Špela, ARNIČ, Domen. Povezovanje v verigo vrednosti za višjo dodano vrednost. V: VOLFAND, Jože (ur.). *Trajnostna raba lesa : priročnik*. Celje: Fit media, 2021. Str. 28-32
- GORNIK BUČAR, Dominika. Povezovanje v primarni obdelavi lesa daje možnost za specializacijo. V: VOLFAND, Jože (ur.). *Trajnostna raba lesa : priročnik*. Celje: Fit media, 2021. Str. 40-44.
- STRAŽE, Aleš. Povečana raba lesa listavcev kot obnovljivega vira je prihodnost krožnih stavb. V: AŽMAN, Slavko, VOLFAND, Jože. *Človek v pametni in krožni stavbi : priročnik za investitorje*. Celje: Fit media, 2022. Str. 152-155.
- STRAŽE, Aleš, GORNIK BUČAR, Dominika, KROPIVŠEK, Jože . Delovanje verig vrednosti pri predelavi lesa listavcev v slovenskem gozdno-lesnem sektorju. V: VOLFAND, Jože. *Les, material sedanjosti in prihodnosti – prednosti in izzivi: priročnik za investitorje*. Celje: Fit media, 2023.

Strokovni članki:

- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter (avtor, fotograf). Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa. Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.). Gozdarski vestnik. 2021, letn. 79, št. 2, str. [i-iv]
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter (avtor, fotograf). Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa. Javor (*Acer* spp.). Gozdarski vestnik. 2021, letn. 79, št. 5/6, str. [i-iv]
- GRIČAR, Jožica (avtor, fotograf), PRISLAN, Peter (avtor, fotograf). Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa. Graden (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in dob (*Quercus robur* L.). Gozdarski vestnik. 2021, letn. 79, št. 3, str. [i-iv]
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter. Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa : veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.). Gozdarski vestnik. 2021, letn. 79, št. 10, sredica.
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter. Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa : divja češnja (*Prunus avium* L.) in pozna čremsa (*Prunus serotina* Ehr.). Gozdarski vestnik. 2022, letn. 80, št. 10, sredica.
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter (avtor, fotograf). Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa. črna jelša (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in siva jelša (*Alnus incana* (L.) Moench.). Gozdarski vestnik. 2021, letn. 80, št. 8/9, str. [i-iv]
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter (avtor, fotograf). Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa. Navadni (*Juglans regia* L) in ameriški oreh (*Juglans nigra* L.). Gozdarski vestnik. 2022, letn. 80, št. 4/5, str. [i-iv]
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter (avtor, fotograf). Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa. Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.). Gozdarski vestnik. 2022, letn. 80, št. 2, str. [i-iv].
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter. Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa : breza (*Betula* spp.). Gozdarski vestnik. 2023, letn. 81, št. 3/4, sredica
- GRIČAR, Jožica, PRISLAN, Peter. Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa : brest (*Ulmus* spp.). Gozdarski vestnik. 2023, letn. 81, št. 1, sredica,
- PRISLAN, Peter, ARNIČ, Domen, JUVANČIČ, Luka. Usmeritve razvoja verige vrednosti lesa listavcev. Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu : spletni bilten ciljnega raziskovalnega projekta. 2022, št. 1

Novice in kratki prispevki objavljeni na spletni strani InfoGozd/WCM:

- Ciljni raziskovalni projekt LesGoBio (P. Prislan)
- Ocenjevanje kakovosti hlodovine listavcev (D. Arnič)
- Tokovi okroglega lesa v Sloveniji v letu 2020 (Š. Ščap)
- Primarne predelava lesa listavcev (D. Gornik Bučar)
- Proučevanje kakovosti hrastove hlodovine na licitaciji vrednejšega lesa 2021 (A. Straže, K. Novak)
- Napredki v primarni predelavi lesa listavcev (P. Prislan)
- Možnosti uporabe lesnih ostankov v dodajalnih tehnologijah (3D tisku) (M. Kariž)
- Letošnja licitacija vredne hlodovine postregla z več rekordi (Š. Ščap)
- Prva licitacija vrednejše hlodovine iz gozdov v lasti RS (P. Prislan)
- Primerjava mejnih vrednosti za kakovostne razrede hlodov bukve v državah srednje Evrope (L. Krajnc, D. Arnič)
- Tržni potenciali lesa (M. Triplat, Š. Ščap)
- Metodologija spremljanja tokov okroglega lesa (Š. Ščap)
- Analiza verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu (A. Straže in sod.)
- Primerjava struktur inputov v lesarstvo na podlagi nacionalnih input-output tabel v Sloveniji in Avstriji (D. Arnič in L. Juvančič)

- Input – Output model (D. Arnič in L. Juvančič)
- Izkoriščenost potenciala hlodovine listavcev v Sloveniji (Š. Ščap)

Doktorat:

ARNIČ, Domen. Vpliv podnebnih sprememb na prirast lesa navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) in navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) in potencialne posledice za biogospodarstvo v Sloveniji : doktorska disertacija = Impact of climate change on wood increment in European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and potential consequences for the bioeconomy in Slovenia : doctoral dissertation. Ljubljana: [D. Arnič], 2023. [COBISS.SI-ID 149234691]

ORGANIZACIJA ZAKLJUČNEGA POSVETA NA GOZDARSKEM INŠTITUTU SLOVENIJE

Ob zaključku projekta Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu (LesGoBio), financiranega v okviru Ciljnega raziskovalnega programa »ZAGOTOVIMO SI HRANO ZA JUTRI«, smo na Gozdarskem inštitutu Slovenije organizirali zaključni posvet z naslovom »GOZDNO LESNE VERIGE ZA SLOVENSKO BIOGOSPODARSTVO«. Zaključni dogodek je bil organiziran v sodelovanju še dveh projektov, prav tako financiranih v okviru istega programa, in sicer projekt Učinkovitejše gospodarjenje z zasebnimi gozdovi v podporo večji mobilizaciji lesa (MobiLES) in projekt Gozdno lesne verige. Zaključni posvet je potekal v petek, 20.10.2023, v dvorani Gozdarskega inštituta Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana. Vabilo je v prilogi 1.

Glavni namen dogodka je bil predstaviti rezultate projektov in (vsaj delno) odgovoriti na vprašanja, s katerimi smo se srečevali tekom trajanja projektov:

- Kako lahko povečamo konkurenčnost gozdarskega sektorja in kakšen je prispevek gozdnolesnih verig slovenskemu biogospodarstvu?
- Poznamo odnos lastnikov gozdov dogospodarjenja z gozdovi, njihove motive?
- Kako je s potenciali v gozdovih in kakšne sosodobne tehnologije predelave?
- Kakšne so perspektive rabe lesa listavcev in kakšen je makroekonomski učinek njihove rabe?

Na dogodek so bili povabljeni različni deležniki in predstavniki ciljnih skupin, ki so bili identificirani že ob pripravljanju projektne prijave. Vabilo smo posredovali preko e-maila na več kot 800 naslovov in dogodek oglaševali s pomočjo spletnih strani: Gozdarski inštitut Slovenije (www.gozdis.si/dogodki), WCM/InfoGozd (wcm.gozdis.si/sl/novice), Facebook strani Gozdarski inštitut Slovenije (www.facebook.com/gozdis.si) ter Gozdarski inštitut Slovenije - Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko (www.facebook.com/gisgte). Na vabilo se je s prijavo na dogodek odzvalo 58 povabljenih in 40 študentov iz Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo in Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Končno število udeležencev je bilo 92, vključno s predavatelji (priloga 2).

Ciljne skupine

Ciljne skupine zaključnega posveta so različne institucije in deležniki vzdolž gozdno lesne verige in druga zainteresirana javnost:

- Zavod za gozdove Slovenije
- Slovenski državni gozdovi d.o.o.
- Gozdarska inšpekcija

- Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za gozdarstvo
- Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje lesne in pohištvene industrije
- Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije
- Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije
- Zveza lastnikov gozdov
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
- Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport (Direktorat za lesarstvo)
- Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
- Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- Podjetja, ki se ukvarjajo z gozdarsko dejavnostjo
- Podjetja, ki se ukvarjajo z lesarsko dejavnostjo

Program

V uvodnem delu so udeležence nagovorili direktorica Gozdarskega inštituta Slovenije dr. Nike Krajc, predstavnik Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Tomaž Remic, ter Darko Sajko, direktor Direktorata za lesarstvo iz Ministrstva za gospodarstvo, turizem in šport. Nadalje je bil program posveta sestavljen iz treh vsebinskih sklopov (preglednica 1). Prvi sklop je bil namenjen zasebnim lastnikom gozdov in mobilizaciji lesa iz gozdov. Tri predavanja v okviru prvega sklopa so govorila o odnosu zasebnih lastnikov gozdov do gospodarjenja z gozdovi, zakonodajnem okviru gospodarjenja z gozdovi ter poslovnem organiziranju zasebnih lastnikov gozdov. Drug vsebinski sklop je bil vezan na potenciala lesa v podporo slovenskemu biogospodarstvu in je vključeval štiri predstavitve. Glavna tema sklopa je bila predstavitev količinskih potencialov in kakovostne strukture hlodovine v gozdovih in predstavitev tokov lesa s posebnim poudarkom na listavcih, ki predstavljajo neizkoriščen potencial. Glavni namen tretjega sklopa, ki je vključeval tri predstavitve, pa je bil predstaviti pomen in vlogo gozdno lesnih verig v krožnem biogospodarstvu, s poudarkom na analizi vrednosti in makroekonomskih učinkih. Po vsakem vsebinskem sklopu je bilo nekaj časa namenjenega tudi razpravi.

Preglednica 1: Program zaključnega posveta GOZDNO LESNE VERIGE ZA SLOVENSKO BIOGOSPODARSTVO.

Čas	Naslov predstavitve/predavanja	Predavatelj
8:30	Prihod udeležencev	
9:00	Otvoritev posveta in pozdravni nagovori	direktorica GIS, dr. Nike Krajnc, vsebinski spremljevalec CRP projektov in predstavnik MKGP, Tomaž Remic in direktor Direktorata za lesarstvo, MGTŠ, Darko Sajko
SKLOP 1: Zasebni lastniki gozdov in mobilizacija lesa iz gozdov (moderatorica: dr. Nike Krajnc)		
9:20	Heterogenost zasebnih lastnikov gozdov vpliva na mobilizacijo lesa	GIS, Darja Stare
9:40	Zakonodajni okviri gospodarjenja z zasebnimi gozdovi	IJU, Tanja Pucelj Vidović
10:00	Stanje in izzivi poslovnega organiziranja zasebnih lastnikov gozdov z deležniki gozdno-lesne verige	BF Gozdarstvo, dr. Špela Pezdevšek Malovrh
SKLOP 2: Potenciali lesa v podporo slovenskemu biogospodarstvu (moderator: dr. Peter Prislan)		

10:30	Pridobivanje in uporaba ekstraktivov iz lesne biomase	BF Lesarstvo, dr. Primož Oven
10:50	Raba lesa, tržne količine in projekcije potencialov okroglega lesa listavcev v Sloveniji	GIS, Špela Ščap
11:10	Odmor za kavo	
11:40	Ocenjevanje kakovosti stoječih dreves, sortimentacija listavcev in mehanske lastnosti izbranih drevesnih vrst	GIS, dr. Luka Krajnc
12:10	Vpliv rastišč na naravno odpornost izbranih lesnih vrst	BF Lesarstvo, dr. Miha Humar
SKLOP 3: Gozdno lesna veriga v krožnem biogospodarstvu (moderator: dr. Miha Humar)		
12:40	Analiza verig vrednosti v slovenskem gozdno lesnem biogospodarstvu in perspektivni načini predelave lesa listavcev	BF Lesarstvo, dr. Aleš Straže
13:00	Razvoj nove vrednostne verige – primer kompozitov iz skorje	BF Lesarstvo, dr. Sergej Medved
13:20	Makroekonomski učinki proizvodnje in predelave lesa listavcev	GIS, dr. Domen Arnič
13:40	Razprava z zaključki	
14:00	Kosilo	

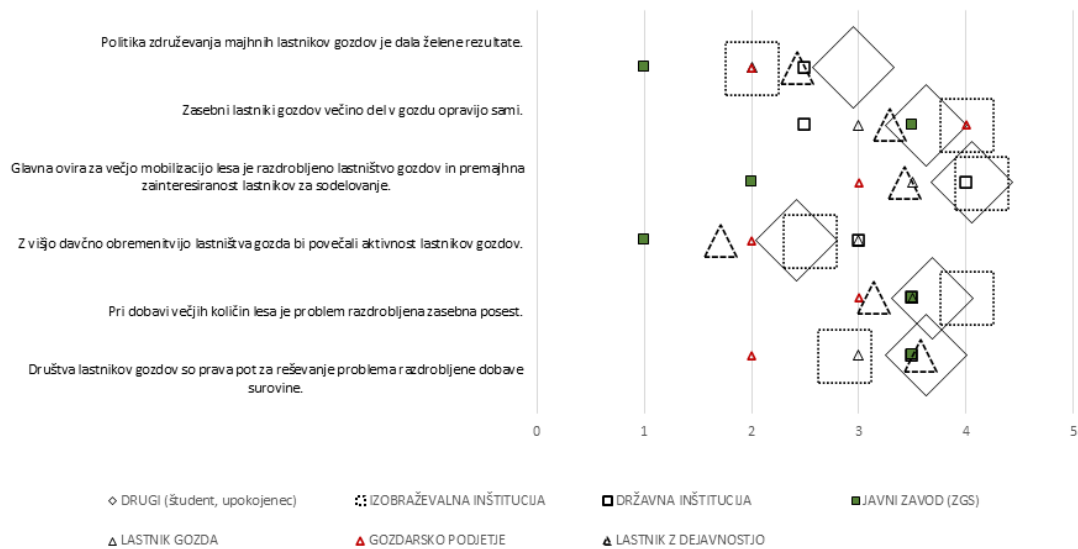
Predstavitve

Predstavitve s posveta, za katere so predavatelji dovolili objavo, so objavljene na spletni strani Gozdarskega inštituta Slovenije in so dostopne na naslovu:

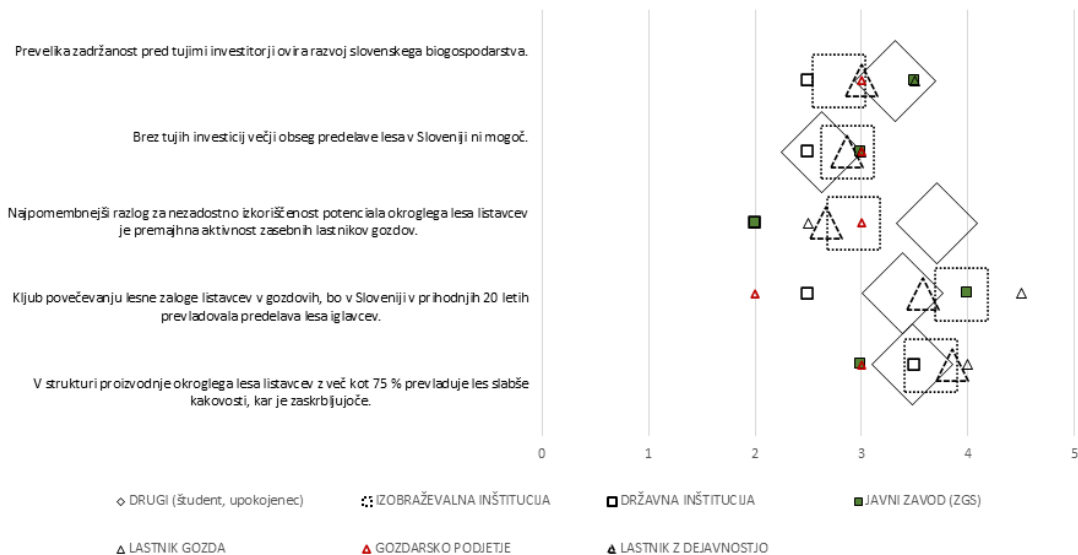
<https://www.gozdis.si/novice/strokovni-posvet-gozdno-lesne-verige-za-slovensko-biogospodarstvo/>

Rezultati projekta in zaključki

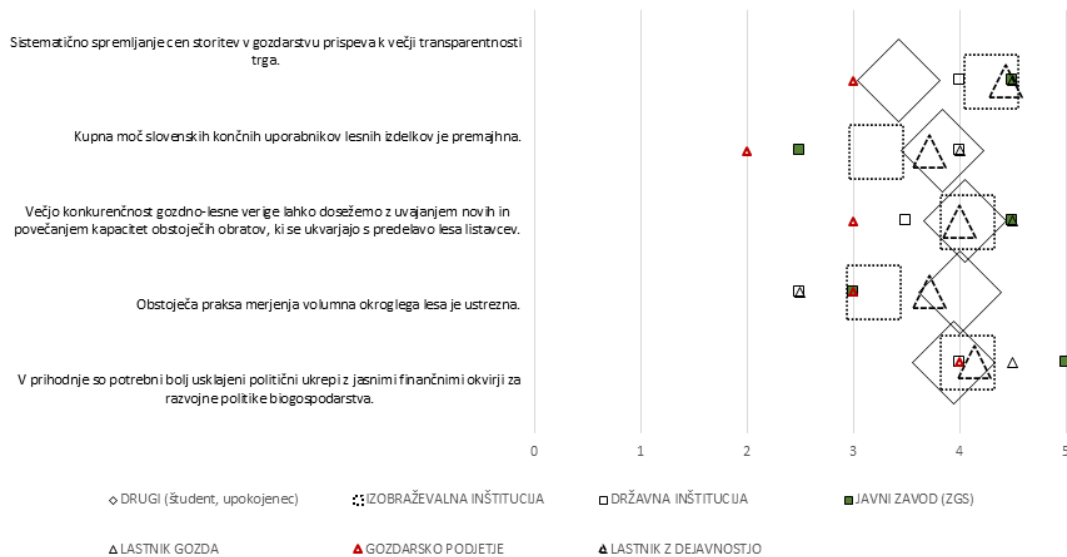
Udeleženci posveta so v izpolnjevanje dobili vprašalnik, s katerim smo želeli pridobiti mnenje o aktualnih izzivih vzdolž gozdno lesne verige za slovensko biogospodarstvo (priloga 3). Vprašalnik je bil sestavljen iz trditev, udeleženci pa so na lestvici od 1 do 5 označili, kako zelo se s trditvijo strinjajo ali ne strinjajo (1 – se popolnoma ne strinjam; 5 – se popolnoma strinjam). Na vprašalnik je odgovorilo 49 udeležencev, kar predstavlja nekaj več kot polovico prisotnih (53 %). Vprašalnik je bil razdeljen na tri vsebinske sklope, tako kot sam program posveta. Rezultati so bili analizirani in so predstavljeni v grafikonih.



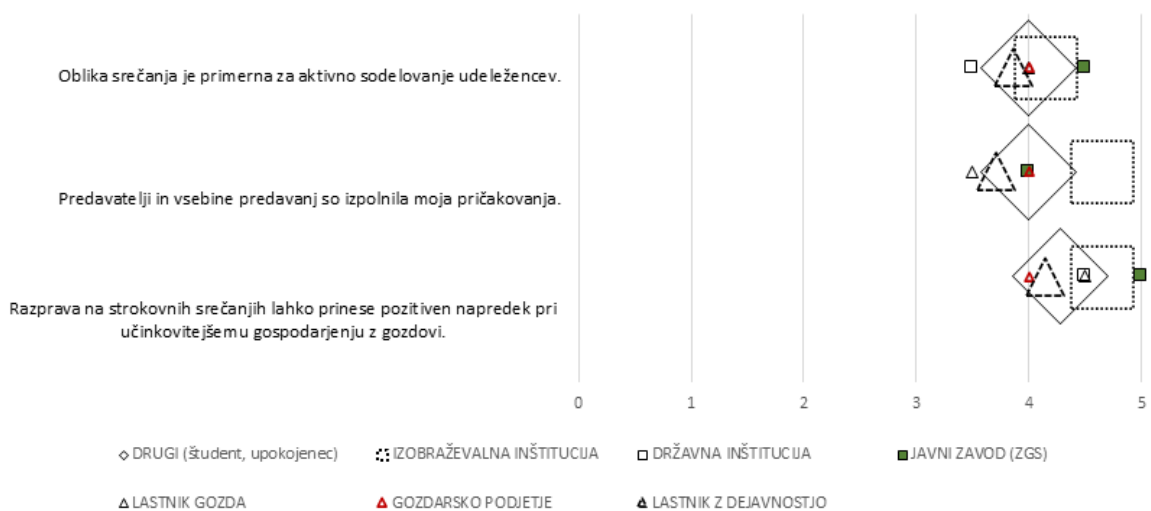
Slika 1: Sklop ZASEBNI LASTNIKI GOZDOV IN MOBILIZACIJA LESA; Ocena trditev interesnih skupin (*velikost simbola na grafikonu je sorazmerna s številom odgovorov posamezne interesne skupine).



Slika 2: Sklop POTENCIALI LESA V PODPORO SLOVENSKEMU BIOGOSPODARSTVU; Ocena trditev interesnih skupin (*velikost simbola na grafikonu je sorazmerna s številom odgovorov posamezne interesne skupine).



Slika 3: Sklop GOZDNO-LESNA VERIGA V KROŽNEMU BIOGOSPODARSTVU; Ocena trditev interesnih skupin (*velikost simbola na grafikonu je sorazmerna s številom odgovorov posamezne interesne skupine).



Slika 4: OCENA POSVETA; Ocena trditev interesnih skupin (*velikost simbola na grafikonu je sorazmerna s številom odgovorov posamezne interesne skupine).



Slika 5: Povprečne ocene vseh udeležencev po trditvah, kot so sledile v vprašalniku (n=49).



Slika 6: Fotografije s posveta (Avtor fotografij: Marjan Dolenjšek).

SEZNAM REZULTATOV PROJEKTA

Šifra.	Naslov	Avtorji	Opomba
R1.1	Redni projektni sestanki	P. Prislan, M. Triplat, Š. Ščap, D-Stare., D. Arnič, T. Jemec	Opis komunikacije in diseminacijskih aktivnosti je del tega poročila (Poglavje 5)
R1.2	Vmesna poročila		
R1.3	Končno poročilo		
R1.4	Objava spletnega biltena ter objavljanje na portalih WCM in MojGozdar		
R1.5	Izdelava promocijskih letakov		
R1.6	Spletna stran projekta		
R1.7	Objava strokovnih in znanstvenih člankov		
R1.8	Zaključna konferenca		
R2.1	Presoje obstoječih načinov (metod) ocenjevanja kakovosti okroglega lesa v Sloveniji in v tujini	L. Krajnc, D. Arnič, M. Triplat, M. Jež	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 1.2)
R2.2	Analiza kakovostne strukture (sortimentacije) okroglega lesa listavcev iz gozdov v lasti države	L. Krajnc, D. Arnič, P. Prislan	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 1.1 in 1.2)
R2.3	Posodobitev obstoječe metodologije za ocenjevanje tržnega potenciala lesa listavcev iz Slovenskih gozdov	Š. Ščap in M. Triplat	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 1.3)
R2.4	Analiza trenutne rabe lesa listavcev s poudarkom na rabi hlodovine in analiza tržnega potenciala lesa listavcev	Š. Ščap in M. Triplat	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 1.3)
R2.5	Projekcije potencialov in oblikovanje strateških priporočil za racionalno rabo lesa listavcev (do leta 2025)	Š. Ščap in M. Triplat	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 1.3)
R3.1	Presoja obstoječe metodologije zbiranja podatkov za analizo tokov okroglega lesa in lesnih ostankov listavcev	Š. Ščap	Interno poročilo, del Priloge 2
R3.2	Presoja kakovosti obstoječih podatkovnih virov, ki trenutno razpolagajo s podatki o tokovih lesa listavcev v državi	Š. Ščap	Interno poročilo, del Priloge 2
R3.3	Vzpostavitev podatkovne baze ter priprava interaktivnega spletnega prikazovalnika tokov lesa listavcev v Sloveniji po letih	Š. Ščap in N. Krajnc	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 2.1)
R3.4	Predlog vzpostavitve sistematičnega modela spremljanja tokov lesa listavcev	Š. Ščap in N. Krajnc	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 2.1 in 2.2)
R4.1	Predlog izboljšanja postopkov karakterizacije in gradiranja lesa listavcev za celostno poznavanje potenciala lesa listavcev in optimalno ciljno rabo	A. Straže, K. Novak, J. Žigon	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 3.1)
R4.2	Analiza predelovalnih verig lesa listavcev in predlog ukrepov za povečanje stopenj dodelave in uvajanje fleksibilnih (digitaliziranih) tehnologij	A. Straže, D. Gornik Bučar in J. Koprivšek	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 3.2)
R4.3	Analiza možnosti in razvoja sodobnih materialov z izboljšanimi lastnostmi na osnovi lesa listavcev.	A. Straže in sod.	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 3.4)
R4.4	Razvoj inovativnih, visokotehnoloških izdelkov na osnovi lesa s povečanim deležem lesa listavcev in določitev optimalnih trženjskih strategij zanje	A. Straže in sod.	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 3.4)

R4.5	Vrednotenje potencialov dodane vrednosti v celotni verigi predelave in obdelave lesa listavcev ter ekonomska ocena upravičenosti investicij v to verigo.	J. Koprivšek, A. Straže in D. Gornik Bučar	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 3.3)
R5.1	Scenariji verig vrednosti lesa listavcev po načelih krožnega biogospodarstva	D. Arnič, P. Prislan, L. Juvančič	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 4)
R5.2	Participativne delavnice (predstavitev, validacija in obravnava scenarijskih modelnih rezultatov)	Interno poročilo	Interno poročilo, del Priloge 2
R5.3	Analitične podlage za scenarijsko analizo z I/O modelom	D. Arnič, P. Prislan, L. Juvančič	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 4)
R5.4	Rezultati scenarijske analize	D. Arnič, P. Prislan, L. Juvančič	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 4)
R5.5	Priporočila nosilcem odločanja	D. Arnič, P. Prislan, L. Juvančič	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 4)
R5.5	Poročilo o vključevanju udeležencev verige lesa listavcev v projektne aktivnosti	D. Arnič, P. Prislan, L. Juvančič	Rezultat je predstavljen v tem poročilu (Poglavje 4)

V Ljubljani, 10. november 2023

dr. Peter Prislan
Vodja projekta

