



IDENTIFIKACIJA VERIG VREDNOSTI V SLOVENSKEM GOZDNO-LESNEM BIOGOSPODARSTVU

IDENTIFICATION OF VALUE CHAINS IN THE SLOVENIAN FOREST AND WOOD BIOECONOMY

Aleš Straže^{1*}, Dominika Gornik Bučar¹, Jože Kropivšek¹

UDK članka: 630*83

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 30.3.2023

Sprejeto / Accepted: 21.4.2023

Izvleček / Abstract

Izvleček: 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. Identificirali smo pet primarnih verig vrednosti (P1...P5), dve verigi za zagotavljanje krožnosti (K6, K7), ter tri verige 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 treba krepiti verige, ki zagotavljajo krožnost (K6 – Ostanki, K7 – Odslužen les), in so trenutno delujoče v manjšem obsegu ter se prehitro zaključujejo.

Ključne besede: verige vrednosti, gozdno-lesna veriga, biogospodarstvo

Abstract: The Slovenian forestry and timber industry are primarily about creating value and delivering the desired products to customers or users, multiplying the impact throughout the forest-wood value chain through the functioning of all its links. It is important to understand the performance of the entire value chain from the point of view of the potential of the achievable volumes, the level of technological processing and the marginal quality of the input raw materials and the characteristics of the manufactured products. The aim of this study was to map the individual value chains in the entire domestic forest-wood value chain, to analyse the functioning of the circular economy and the potential for processing hardwood into high-tech materials and high value-added products. We identified five primary value chains (P1...P5), two chains to ensure a circular economy (K6, K7), and three chains of higher processing stages to produce higher value-added products (S8...S10). In hardwood processing, the non-functioning of the primary chain "Veneer" (P2) and the limited functioning of the chain "Lumber" (P1) are of concern, which means that we are not using the potential of the highest value wood raw material. In order to achieve the so-called criterion of green value chains, it is necessary to strengthen the chains that ensure a circular economy (K6 – Residues, K7 – Waste wood), which currently function at a lower level and are phasing out too quickly.

Keywords: value chains, forest-wood chain, bioeconomy.

1 UVOD

1 INTRODUCTION

V gozdno-lesnem sektorju in drugod je ustvarjanje vrednosti za kupca oziroma dobava zelenega izdelka po sprejemljivi ceni eden izmed osnovnih imperativov deležnikov, 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.

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

* e-mail: ales.straze@bf.uni-lj.si

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 z globalnimi dobavitelji surovin, tudi tistih na osnovi lesa ali lesne biomase, pa čeprav razpolagamo s 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 trenutnih kriz, kot so dobavne motnje surovine zaradi naravnih ujm 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 doseg 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.

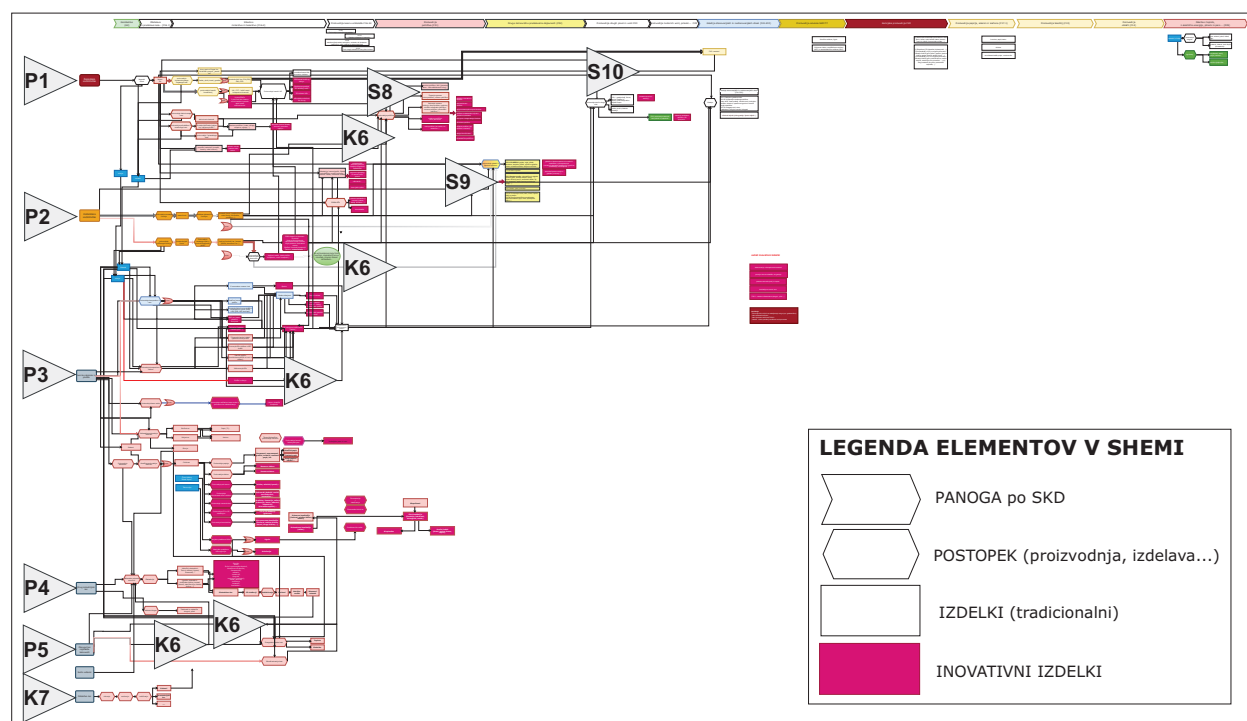
Med dolgoročnejše izzive domače gozdno-lesne verige spada tudi pričakovana spremenjena struktura domače dobavne verige gozdno-lesnih sortimentov, kjer se bo zaradi podnebnih sprememb povečeval delež listavcev, ob hkratnem naraščanju deleža sortimentov slabše kakovosti. Poraba lesa listavcev v Evropi upada, kar pripisujejo manjšanju gradbeniškega sektorja ter zmanjševanju konkurenčnosti pohištvene industrije na globalnem trgu (Prislan, 2015). V lesni zalogi slovenskih gozdov prevladujejo listavci (56 %), med drevesnimi vrstami pa sta najbolj zastopani smreka (30,4 %) in bukev (32,7 %), delež slednje pa počasi narašča (Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021, 2022). 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 predstavljala 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 členi. 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.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

V raziskavi smo uporabili koncept verig vrednosti, ki sistemsko omogočajo vrednotenje (Wang,



Slika 1. Pregledna shema verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu (P1...P5 – primarne verige vrednosti, K6, K7 – verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti, S8...S10 – sekundarne, sestavljene verige vrednosti).

Figure 1. Scheme of value chains in Slovenian forestry and wood bioeconomy (P1...P5–primary value chains, K6, K7–value chains ensuring circular economy, S8...S10–secondary value chains).

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 med celotno gozdno-lesno verigo 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

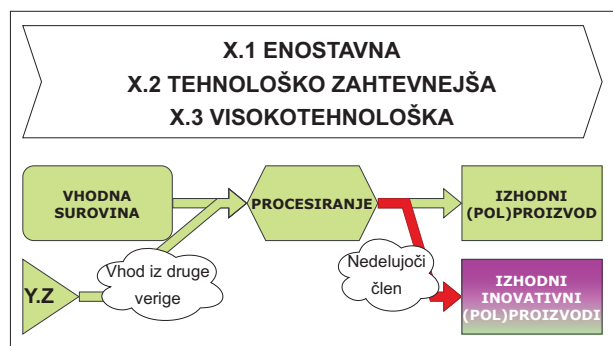
les najslabše kakovosti (P5) izdelali razvejan sistem verig vrednosti, kjer se mnoge verige zaključujejo tudi v drugih panogah izven gozdno-lesnega sektorja (slika 1). Verige so med sabo prepletene, nastali (pol)proizvodi in ostanki znotraj verig pa lahko predstavljajo začetek drugih verig, ali pa se vključujejo vanje v eni od faz.

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.

2.1 DIAGRAM POTEKA

2.1 FLOW CHART

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 – visoko-



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

Figure 2. Definition of technological complexity and building blocks of value chains in Slovenian forestry and wood bioeconomy, and definition of functionality of value chains and technological complexity of products.

tehnološka. Za gradnike diagramov poteka smo definirali simbole za vhodno-izhodni blok, ki definira bodisi storitev ali (pol)produkt 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, 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.

3 REZULTATI

3 RESULTS

Gozdno-lesna veriga spada med kompleksne in primarne verige, ki za svoje delovanje porablja (obnovljive) vire iz narave. Cilj vsake verige vrednosti je učinkovitost in gospodarnost porabe virov (oz. surovin). Slednji so na razpolago v omejenih količinah ter različne kakovosti, ki opredeljuje njihovo nadaljnjo rabo. 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 (P1...P5), katerih rezultati so produkti (outputi), namenjeni na-

daljnji predelavi v izdelke višje vrednosti, predvsem v lesarstvu, pa tudi v drugih panogah (npr. v gradbeništvu, kemijski in živilski industriji, v proizvodnji papirja idr.) (Pogl. 3.1).

3.1 PRIMARNE VERIGE VREDNOSTI

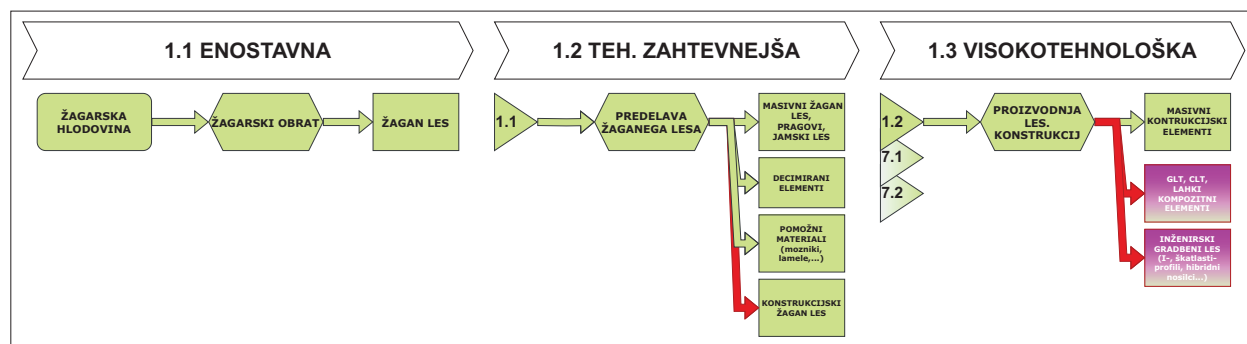
3.1 PRIMARY VALUE CHAINS

Primarne verige vrednosti (P1...P5) predstavljajo:

- P1 – Žagan les,
- P2 – Furnir,
- P3 – Les za celulozo in plošče (kompoziti, papir),
- P4 – Drug industrijski les (kemijska predelava) in
- P5 – Okrogli les najslabše kakovosti (energetika).

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; Ščap et al., 2021). Veriga predelave žaganega lesa listavcev (P1) 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 treba poznati njegove mehanske lastnosti, kar pa zaradi njegove variabilnosti, v prvi vrsti zahteva ocenjevanje s predpisano stopnjo zanesljivosti in razvrščanje v ustrezne trdnostne razrede skladno 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 odražata odlično stabilnost pogosto upogibno



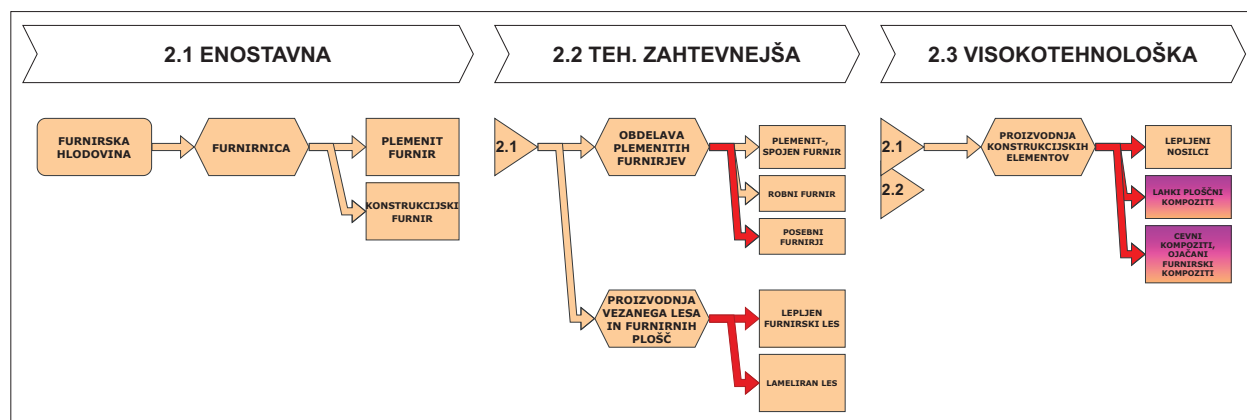
Slika 3. Struktura primarne verige vrednosti P1 – Žagan les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.
Figure 3. The structure of the primary value chain P1–sawn timber according to the degree of complexity of technological processing.

obremenjenih vitkih konstrukcijskih elementov. Les gostejših listavcev, kot so jesen, hrast in bukev, v prečni smeri tudi do 10-krat bolje prenaša strižne obremenitve v primerjavi s smrekovino, kar je tudi posledica razlik v anatomski zgradbi (Čufar et al., 2017).

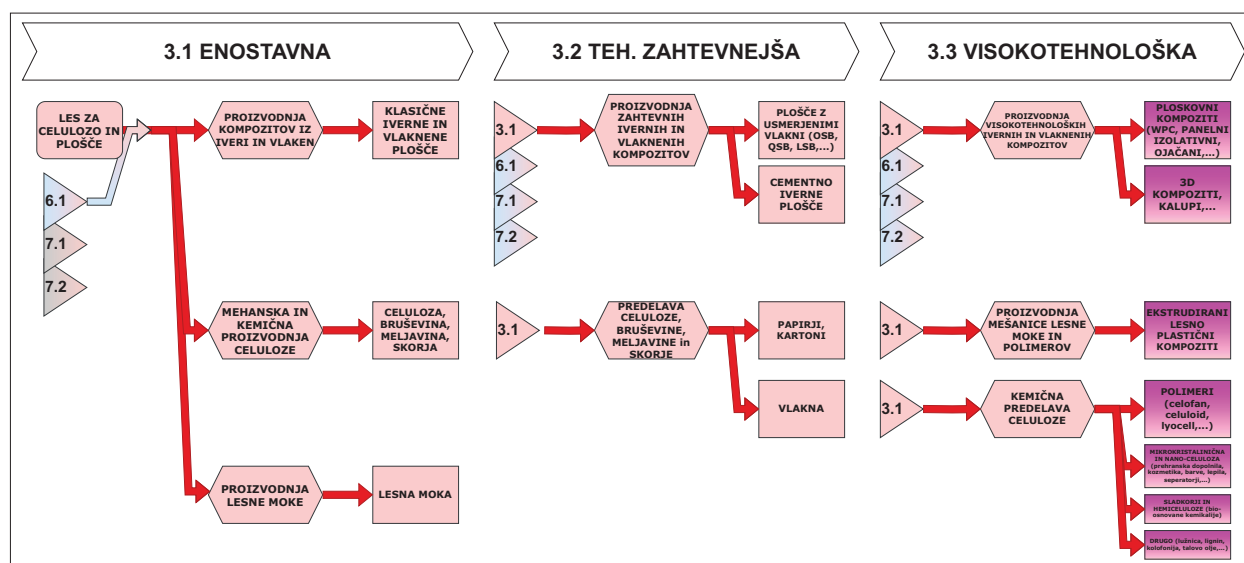
V zadnjem času se na področju gradnje z lesom razvijajo sodobne inženirske rešitve tudi pri uporabi listavcev, kot so lamelirani nosilni konstrukcijski elementi, križno lepljen les, t. i. hibridni lamelirani nosilni elementi, tudi v kombinaciji z lesom iglavcev ter drugih lesnih kompozitov (I-profil, 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 podje-

tjem z vitko proizvodnjo, za izpolnjevanje specifičnih potreb zahtevnih kupcev.

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 ali nosilnih konstrukcijskih elementov iz slojnatnega 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 (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



Slika 4. Struktura primarne verige vrednosti P2 – Furnir po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.
Figure 4. The structure of the primary value chain P2–Veneer according to the degree of complexity of technological processing.

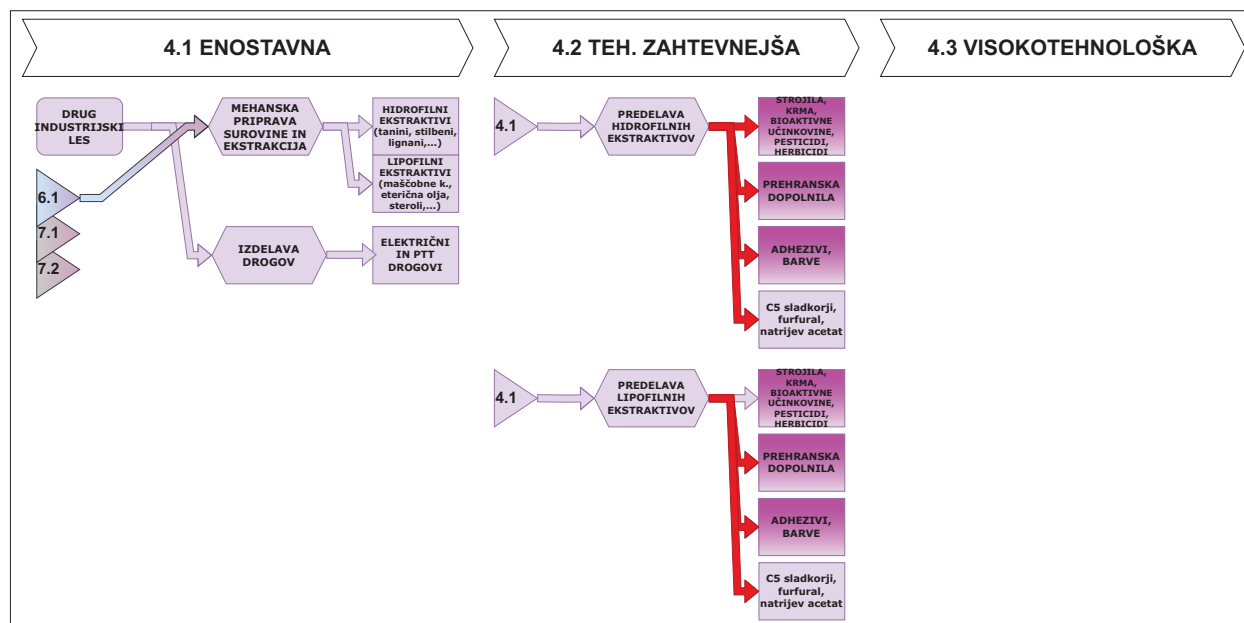


Slika 5. Struktura primarne verige vrednosti P3 – Les za celulozo in plošče po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 5. The structure of the primary value chain P3 – Timber for cellulose and wood-based composites according to the degree of complexity of technological processing.

inovativen dizajn vsekakor omogočata proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo in uporabo v lesni gradnji. Les pri gradnji ima tudi nenosilno funkcijo, kot sta toplotna in zvočna izolativnost, 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*



Slika 6. Struktura primarne verige vrednosti P4 – Drug industrijski les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 6. The structure of the primary value chain P4 – Other industrial timber according to the degree of complexity of technological processing.

tremuloides) ter tudi pavlovnija (*Paulownia tomentosa*) (Straže, 2022).

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 osnovne kemikalije ter napredna biogoriva kot sta etanol in butanol. Novejši postopki delignifikacije omogočajo energetsko učinkovito in ekološko sprejemljivo proizvodnjo celuloznih vlaken za izdelavo papirja, tekstila, polimerov ter nanofibrilirane in nanokristalinične celuloze (Zule et al., 2017). Veriga vrednosti P3 trenutno deluje v zelo omejenem obsegu na primarni tehnološki stopnji (3.1) le v segmentu vezanih plošč.

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 (P4; slika 6) trenutno predelujemo le na osnovni tehnološki stopnji (4.1). S predelavo hidrofilnih 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).

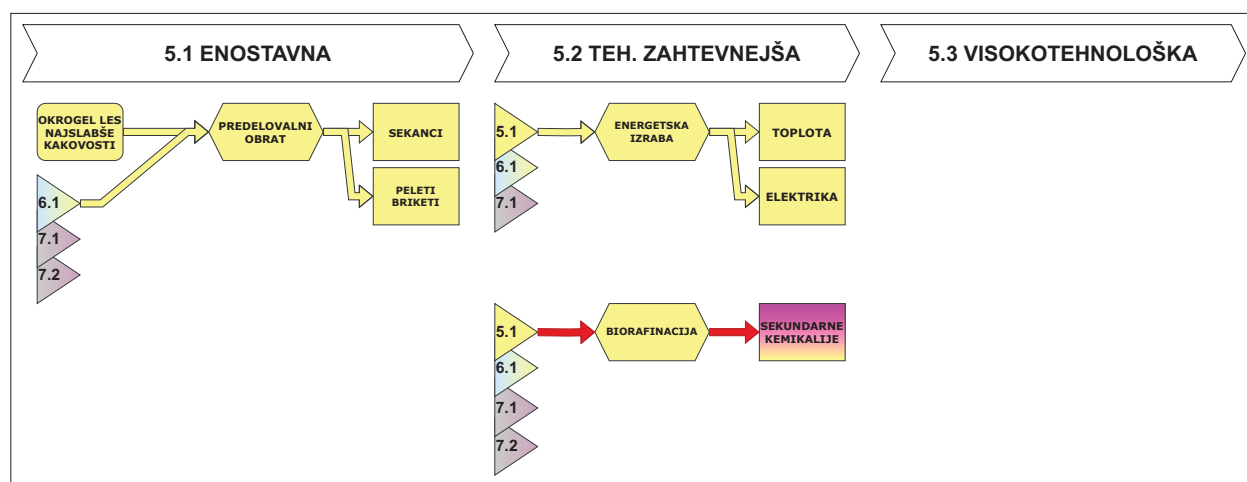
Vse večja skrb za čisto okolje z zahtevami po zmanjševanju emisij toplogrednih plinov ob hkrati

tnih 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).

3.2 VERIGE VREDNOSTI ZA ZAGOTAVLJANJE KROŽNOSTI

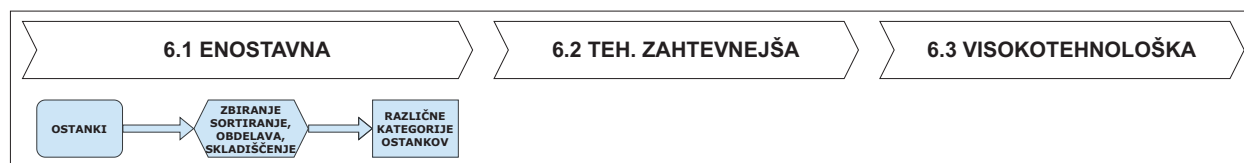
3.2 VALUE CHAINS TO ENSURE A CIRCULAR ECONOMY

Skladno z Vizijo 2040 za evropski gozdno-lesni sektor (Vision 2040 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 naj bi se dvignila na 90 %, po drugi strani pa naj bi ponovno uporabili kar 70 % vseh vgrajenih materialov in iz njih naredili nove



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

Figure 7. The structure of the primary value chain P5 – The lowest quality timber according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 8. Struktura verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti K6 – Ostanki po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 8. The structure of the value chain to ensure a circular economy K6 – Residues according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 9. Struktura verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti K7 – Odslužen les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 9. The structure of the value chain to ensure circular economy K7 – Waste wood according to the degree of complexity of technological processing.

izdelke (Vision 2040 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 tujni 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).

Veriga vrednosti K7 – Odslužen les deluje le na osnovni tehnološki stopnji, z večinsko izrabo razpo-

ložljive surovine v energetske namene, manjka pa zahtevnejša tehnološka obdelava, ki omogoča kaskadno rabo (Humar & Lesar, 2016; Saražin et al., 2017) (slika 9). Odslužen les je za vključevanje v nadaljnje verige problematičen zaradi pogosto visokih koncentracij anorganskih onesnažil ter sintetičnih vezivnih sredstev in sredstev površinske obdelave (Humar, 2010). Za zagotavljanje krožnosti surovine so obetavni postopki hidrotermične obdelave in kompostiranja ter rabe v druge namene (Ugovšek, 2011).

3.3 VERIGE VREDNOSTI

VIŠJIH STOPENJ PREDELAVE

3.3 VALUE CHAINS

OF HIGHER PROCESSING LEVELS

Na osnovi petih primarnih (P1...P5) in dveh povezovalnih verig vrednosti (K6, K7), smo definirali verige višjih stopenj predelave in obdelave lesa (S8...S10), 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:

(S8) Končni leseni proizvodi (notranja oprema in vse druge rabe – galanterija, glasbila, športno orodje, embalaža, obloge ...),

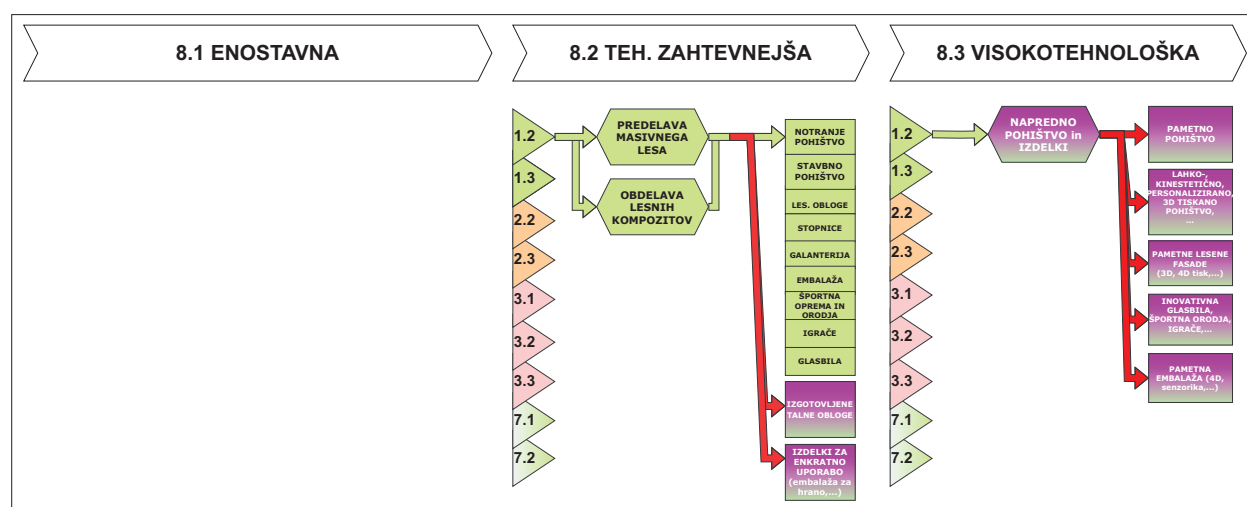
(S9) Lesena gradnja (povezava z gradbeništvo – F41, F42) in

(S10) Plovila in prevozna sredstva (povezava s prevoznimi sredstvi – C29, C30).

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 visokotehnološke in zahtevajo tudi velika vlaganja v investicije. Inovativne izdelke najdemo sicer tudi v primarnih verigah (P1...P5), ki so osnova za razvoj

kompleksnejših končnih proizvodov, ki nastajajo v nadaljnjih verigah vrednosti v gozdno-lesnem sektorju (S8...S10) in ostalih panogah, ki te izdelke porabljajo (slika 10, slika 11, slika 12).

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 deni-



Slika 10. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S8 – Končni leseni proizvodi po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 10. The structure of the value chain of higher processing level S8 – Final wood products according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 11. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S9 – Lesena gradnja po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 11. The structure of the value chain of higher processing level S9 – Building with wood according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 12. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S10 – Vozila in plovila po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 12. The structure of the value chain of higher processing level S10 – Transport vehicles according to the degree of complexity of technological processing.

mo temeljijo na osnovi konstrukcijskega furnirja, vezanega lesa in nekaterih kompozitov, v trenutnih pogojih sploh ni mogoče izvesti (S8...S10). S tem izgubljam potencial in se soočamo z 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.

4 RAZPRAVA 4 DISCUSSION

Glavna lastnost verig vrednosti je doseganje multiplikativnega učinka, ki se kaže v stopnji izdelave 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 druž-

bo. 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) hlodovine, 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 dodatne 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, moramo velik poudarek v prihodnje nameniti vzdrževanju in krepitvi povezovalnih verig, ki zagotavljajo krožnost (K6, K7). Verigi »Ostanki« (K6) in »Odslužen les« (K7) sta trenutno prisotni v manjšem obsegu ter se prehitro zaključujeta, 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 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 visokotehnološke 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.

5 ZAKLJUČKI

5 CONCLUSIONS

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 (S8, S9, S10). 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 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 (K6, K7). 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 (P2), ploščnih kompozitov (P3) kot tudi izdelkov kemične predelave (P4). Za »energetske« potrebe bomo morali uporabljati le tisto surovino in ostanke (P5), kjer predelava v druge produkte stroškovno, energijsko-tehnološko in okoljsko ni smiselna.

6 POVZETEK

6 SUMMARY

It is important to understand the performance of the whole forest-wood value chain from the point of view of the potential of the achievable quantities, the level of technological processing and the marginal quality of the input raw materials and the characteristics of the manufactured products. For the efficiency of the entire chain, it is important that all its links function. The long-term challenge for the Slovenian forest wood sector also lies in the expected change in the structure of the domestic supply chain of forest wood assortments, in which the share of hardwood will increase due to climate change, with a simultaneous increase in the share of low-grade assortments. Demand for high quality hardwood is currently low, especially for wood from non-resistant species, such as European beech.

The objective of the study was to map the existing value chains in the Slovenian forestry-wood bioeconomy and to review the circular economy and the possibility of processing hardwood into materials, semi-finished products and higher and high added value products. The value chains were designed considering the marginal quality of the input raw material and the technological processing level, as well as the potential of the achievable

volumes assuming more intensive mobilization of hardwood in these chains.

We have captured 5 basic primary value chains whose outputs are products destined for further processing into higher value products, mainly in the timber industry, but also in other industries (e.g., construction, chemicals, food, papermaking, etc.). The primary value chains (P1...P5) are: P1 – Sawn timber, P2 – Veneer, P3 – Wood for pulp and panels (composites, paper), P4 – Other industrial wood (chemical processing), and P5 – Lowest quality roundwood (energy). In the processing of hardwood at the primary level, the non-functioning of the primary chain “Veneer” (P2) and the limited functioning of the chain “Sawn timber” (P1) are the most important issues, which means that the potential of the highest quality wood raw material is poorly used. The P3 value chain also has great potential. Here, there are opportunities to use hardwood in many wood composites such as particleboard, fibreboard, wood cement board, WPC, and in many innovative 3D, insulating, reinforced, and other composites that to date have been underutilized. Newer delignification processes that enable the energy-efficient and ecological production of cellulose fibres from which we can produce paper, textiles, polymers, and nanofibrillated and nanocrystalline cellulose are currently underutilized in this value chain.

In order to achieve the criterion of green value chains, it is necessary to strengthen the circular chains (K6–Residues, K7 – Waste wood), which currently function to a lesser extent and end too quickly. We note that the past loss of production infrastructure in Slovenia, especially in the field of processing veneers, wood composites and cellulose, has led to an increase in the suboptimal use of these raw material resources, especially for energy purposes, while their technologically more sophisticated processing is missing.

In the value chains of higher processing stages, in the so-called secondary chains (S8, S9, S10), we also found many parts that are not yet functioning, which primarily require certain investments, the introduction of more modern organization (e.g. a network organization) and, above all, an increase in the qualification of the employees in these chains so that they can produce products with higher added value. With the increasing digitalization (and

automation) of the processes in these chains, this means at the same time greater higher efficiency on the one hand and a lower carbon footprint on the other, and thus the more environmentally friendly operation of the entire forest-wood chain.

In order to better utilize hardwood in Slovenia, we need to revive and/or increase the production of traditional and new (semi-)products, especially structural and sliced veneers, panel composites and chemically processed products. For energy purposes, it is necessary to use only those raw materials and residues whose processing into other products does not make sense from a cost, energy and environmental point of view.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Delo je nastalo v okviru ciljnega raziskovalnega programa V4-2016 Možnosti rabe listavcev v slovenskem biogospodarstvu, financiranega s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javne agencije za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS, ter v okviru dela na programih Javne agencije za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS, P4-0015 Les in lignocelulozni kompoziti ter P4-0430 Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo.

VIRI

REFERENCES

- 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. URL: <https://eos-oes.eu/2020/01/17/timber-in-construction-and-bioeconomy-in-the-eu-green-deal-resolution/> (25.3.2023)
- Gornik Bučar, D. (2009). Sistem notranje kontrole proizvodnje–Zahteva za vse proizvajalce. *Les/Wood*, 61(11), 451–454.
- Gornik Bučar, D., Prislán, 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. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2021.v70n01a04>
- Humar, M. (2010). Vsebnost klora v ostankih slovenske pohištvene industrije. *Les/Wood*, 62(2), 55–57.
- Humar, M., & Lesar, B. (2016). Odslužen les–surovinski vir z velikim potencialom. *Gozdarski vestnik*, 74(7–8), 275–286.

- 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. DOI: <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.
- Kropivšek, J., & Gornik Bučar, D. (2017). Dodana vrednost v izdelkih v gozdno-lesni verigi—Primer: primarna predelava bukovine. *Les/Wood*, 66(1), 61–72. DOI: <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. DOI: <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). DOI: <https://doi.org/10.3390/F9040186>
- Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021. (2022). URL: http://www.zgs.si/zavod/publikacije/letna_porocila/index.html (6.3.2023)
- Prislan, 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 nemodificirane bukovine. *Les/Wood*, 66(2), 29–36. DOI: <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.
- Ščap, Š., Krajnc, N., & Prislan, P. (2021). Stanje žagarske panoge v Sloveniji v letu 2019. *Gozdarski vestnik*, 79(10), 363–375.
- Šernek, M. (2009). Uporaba različnih lesnih vrst za konstrukcijske kompozite. M. Humar in H. Kraigher (ur.). *Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi* (s. 115–123). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica.
- Straže, A. (2022). Povečana raba lesa listavcev kot obnovljivega vira je prihodnost krožnih stavb. V: *Človek v pametni in krožni zgradbi* (s. 152–155).
- The international wood industry in one information service. (2020a). EU “Green Deal” creates new opportunities for timber. URL: <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/european-green-deal/> (23.3.2023)
- The international wood industry in one information service. (2020b). EU “Green Deal” creates new opportunities for timber—Global Wood Markets Info. URL: <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/eu-green-deal-creates-new-opportunities-timber/> (23.3.2023)
- Ugovšek, A. (2011). Ravnanje z odsluženimi lesnimi ploščnimi kompoziti. *Les/Wood*, 63(1–2), 2–7.
- Vision 2040 of the European Forest-based Sector (s. 12). (2023). The European Forestry House. URL: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en (23.3.2023)
- Wang, L. (2015). Value chain analysis of bio-coal business in Finland: Perspectives from multiple value chain members. *Biomass and Bioenergy*, 78, 140–155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.005>
- Zule, J. (2015). Možnosti kemične predelave bukovnega 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. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a04>

