

Raba lesa v slovenskem biogospodarstvu

Use of wood in Slovenian bioeconomy

Domen ARNIČ¹, Peter PRISLAN², Luka JUVANČIČ³

Izvleček:

Arnič, D., Prislan, P., Juvančič, L.: Raba lesa v slovenskem biogospodarstvu; *Gozdarski vestnik*, 77/2019, št. 10. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 72. Jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Krčenje zalog fosilnih goriv, netrajnostno izkoriščanje naravnih virov in podnebne spremembe so dejavniki, ki pospešujejo prehod v biogospodarstvo. Tovrsten prehod omogočajo tehnologije in novo znanje pretvorbe biomase v različne produkte, med seboj povezane v kaskadnih in (energetsko in snovno) krožnih proizvodnih ciklih. Eno ključnih področij biogospodarstva je področje rabe lesa, ki trenutno prispeva eno tretjino k skupni dodani vrednosti slovenskega biogospodarstva. Glede na stanje v državah s primerljivimi naravnimi in strukturnimi danostmi Slovenija v razvoju biogospodarstva zaostaja. V pričujočem delu smo predstavili generične dejavnike, ki vplivajo na razvoj biogospodarstva ter pripravili pregled stanja slovenskega biogospodarstva na področju rabe lesa. Stanje slovenskega biogospodarstva uvrščamo v širši evropski okvir ter ocenjujemo nadaljnje možnosti razvoja rabe lesa.

Ključne besede: biogospodarstvo, lesna biomasa, obnovljivi viri energije, raba lesa, biorafinerije, kaskadna raba lesa

Abstract:

Arnič, D., Prislan, P., Juvančič, L.: Use of wood in Slovenian bioeconomy; *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 77/2019, št. 10. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 72. Proofreading of English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic

Decreasing stocks of fossil fuels, unsustainable exploitation of natural resources and climate change are factors that accelerate the transition to bio-economy. This transition is enabled by the new knowledge and technologies for converting biomass into different products, interconnected in cascade and circular (in terms of energy and material) production cycles. One of the key areas of the bioeconomy is the use of wood and wood biomass, which currently accounts to one-third of the total added value in the Slovenian bioeconomy. Compared to the countries with similar natural and structural endowments, Slovenia is lagging behind in the development of the bioeconomy. This paper identifies generic factors affecting the development of the bioeconomy and provides an overview of the current state of the Slovenian bioeconomy in the forestry and wood-based sector. The current Slovenian wood-based bioeconomy is placed in a broader European context and the possibilities for further use of wood and wood biomass are evaluated.

Key words: bioeconomy, wood-biomass, renewable energy, use of wood, biorefineries, cascading use of wood

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Biogospodarstvo je koncept organiziranja gospodarskih aktivnosti, ki temelji na trajnostni rabi in dodajanju vrednosti biomase (Keegan in sod., 2013; Winkel, 2017). Glede na definicijo Evropske komisije biogospodarstvo zajema vse sektorje in sisteme, ki temeljijo na pridobivanju in predelavi bioloških virov (živali, rastline, mikroorganizmi in pridobljena biomasa, vključno z organskimi

odpadki), njihovih funkcijah in načelih. Biogospodarstvo tako vključuje in povezuje kopenske in morske ekosisteme ter njihove storitve, vso primarno proizvodnjo, ki uporablja in proizvaja biološke vire (kmetijstvo, gozdarstvo, ribištvo, proizvodnjo vodnih organizmov), ter vsa ekonomska in industrijska področja, katerih viri in postopki proizvodnje hrane, krme, produktov, energije in storitev temeljijo na naravnih virih biološkega izvora (EC, 2018).

¹ A. D., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko; Večna pot 2, 1000 Ljubljana, domen.arnic@gozdis.si

² Dr. P. P., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko. Večna pot 2, 1000 Ljubljana, peter.prislan@gozdis.si

³ Dr. L. J., Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale, luka.juvancic@bf.uni-lj.si

Bistvo organiziranja gospodarskih procesov v biogospodarstvu sta koncepta krožnega gospodarstva in kaskadna raba virov. Krožno gospodarstvo je nastalo kot 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). Hkrati z načelom krožnosti je raba biomase v biogospodarstvu praviloma podvržena tudi načelu kaskadne rabe surovin vzdolž trikotnika dodane vrednosti (Carus in Dammer, 2018). Le-ta 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 in sod., 2013).

Uvajanje konceptov krožnosti in kaskadne rabe virov v biogospodarstvu načeloma poteka učinkoviteje v vertikalno integriranih gospodarskih sistemih, kjer je celotna dobavna veriga podjetja organizirana bodisi v okviru istega podjetja ali pa v okviru vzajemno zavezujočega poslovnega odnosa med različnimi podjetji (Kleinschmit in sod., 2014). S tega vidika je bilo izhodišče Slovenije v panogah, ki temeljijo na proizvodnji in predelavi (kmetijske in lesno-gozdne) biomase, v začetku obdobja tranzicije razmeroma obetavno (OECD, 2009). Z razpadom vertikalno integriranih podjetij – podjetij, ki so pokrivala celoten proizvodni proces končnega izdelka (npr. od žage do proizvodnje stavbnega pohištva) v procesu gospodarske tranzicije in prestrukturiranja industrije po osamosvojitvi države, je primerjalna prednost izginila. Gospodarska politika se je na manko multiplikativnih učinkov povezovanja v 1990-ih skušala odzvati z ukrepi gospodarske politike, ki v svojem bistvu podpirajo tudi razvoj biogospodarskega povezovanja. Primer tovrstnih aktivnosti so podpore gozdenja podjetij med letoma 1998 in 2002. Sistem nujenja storitev na področju predelave lesa je bil le eden od primerov industrijskega grozda na območju Notranjsko-Kraške in Gorenjske regije (OECD, 2005).

V zadnjem desetletju v Sloveniji vsaj na ravni strateških razvojnih dokumentov zaznavamo krepitev zanimanja za gospodarski razvoj, ki bi vključeval načela krožnega biogospodarstva. V Strategiji razvoja Slovenije do leta 2030 (2017) sta tako med ključnimi cilji dve biogospodarski načeli: (1) nizkoogljično krožno gospodarstvo in (2) trajnostno upravljanje naravnih virov. Pri tem ima v Sloveniji prehod iz linearne v krožni model gospodarstva glede na bogastvo naravnih virov in razvitost predelovalnih dejavnosti velik razvojni potencial zlasti na področju izkoriščanja gozdno-lesne biomase (MOPRS, 2018).

Glede na zbrane podatke se v svetu dandanes 50 % okroglega lesa porabi zgolj v energetske namene. Med drugim so razlogi za tako stanje tudi v tem, da je pridobivanje lesa za energetske namene v primerjavi s pridobivanjem kmetijskih virov biomase bistveno manj družbeno sporno, saj: (1) les v primerjavi s kmetijskimi viri primarno ni uporaben za hrano ali krmo, (2) pridobivanje lesa kot naravnega vira ob trajnostnem gospodarjenju z gozdovi ne ogroža ekoloških funkcij, (3) gozdovi rastejo na rastiščih, ki bodisi niso uporabna ali ekonomsko upravičena za kmetijsko rabo ter (4) kot regionalno dostopen naravni vir biomase omogoča regionalni razvoj in uporabo nedaleč od mesta nastanka (Lewandowski, 2015; Dahmen in sod., 2018). Z vidika kaskadne rabe spada les med neučinkovito izkoriščene vire ligno-celulozne biomase in ima velik potencial za razvoj verig z visoko dodano vrednostjo.

Pomen gozdno-lesnega sektorja znotraj biogospodarstva je podvržen različnim vplivom. V tujini pri strategijah uvajanja biogospodarstva kot ključne vplivne dejavnike razvoja biogospodarstva preko gozdarstva in lesnopredelovalne industrije najpogosteje omenjajo: (1) razpoložljivost gozdno-lesne biomase in pestrost gozdov, (2) globalizacijo in globalni ekonomski razvoj, (3) politike, povezane s podnebnimi spremembami in energetiko, (4) povpraševanje in zalogo lesa, (5) pripravljenost plačila bioproizvodov ter (6) inovacije vzdolž vrednostnih verig v gozdarsko-lesarskem sektorju (Hagemann in sod., 2016).

V evropskem merilu se pri vzpostavljanju gozdno-lesnega sektorja biogospodarstva vzporedno razvijata dve smeri: (1) povečanje uporabe lesa

kot obnovljivega vira znotraj obstoječih proizvodnih verig (gradbeništvo in infrastruktura) ter (2) uporaba lesa kot vhodne surovine v procesu kaskadne rabe virov in v biorafinerijskem procesu (Hurmekoski in sod., 2018a). Prva smer temelji na zmanjšanju izpustov CO₂ zaradi uporabe lesa kot glavnega gradbenega materiala. Uporaba lesa in lesnih izdelkov omogoča tako proizvodnjo z manjšim ogljičnim odtisom kot tudi dolgoročno skladiščenje ogljika v objektih oz. delih objektov (Nässén in sod., 2012; Hildebrandt in sod., 2017). Druga smer razvoja biogospodarstva v gozdarstvu in lesno-predelovalni industriji pa je opredeljena predvsem z novostmi na področju biotehnološkega in kemijskega razklopa lesa (Huang in sod., 2008). Pričakovati je spremembe trga naravnih virov predvsem zaradi novih možnosti rabe lesa (npr. biorafinerijski razklop), ki bodo omogočale predelavo lesa v proizvode in polproizvode, t.j. kemikalije, tekstil, biogoriva ter bioenergije (Hurmekoski in sod., 2018a).

Namen pričujočega članka je (1) predstaviti pregled trenutnega stanja gozdno-lesnega sektorja v slovenskem gospodarstvu, (2) primerjati razvoj panog pridobivanja in predelave gozdno-lesne biomase in stanje na področju biogospodarstva v izbranih državah Evropske unije ter (3) predstaviti možnosti prihodnjega razvoja biogospodarstva v Sloveniji.

2 STANJE BIOGOSPODARSTVA V GOZDARSTVU IN LESNOPREDELOVALNI INDUSTRIJI V SLOVENIJI

2 SITUATION OF BIOECONOMY IN FORESTRY AND WOOD PROCESSING INDUSTRY

Razvoj in stanje biogospodarstva v Evropi in posameznih državah povzemajo številni znanstveni prispevki (El-Chichakli in sod., 2016; Hagemann in sod., 2016; Winkel, 2017). Skladno z omenjeno literaturo smo se odločili stanje biogospodarstva v slovenskem gozdarstvu in lesnopredelovalni industriji oceniti preko (1) analize razpoložljivosti lesne biomase, (2) bilance rabe lesne biomase in stanja na trgu, (3) političnih strategij in družbenega okvira ter (4) analize dodane vrednosti znotraj biogospodarstva.

2.1 Razpoložljivost lesa

2.1 Wood biomass availability

Razpoložljivost lesa in lesne biomase je eden izmed ključnih dejavnikov v procesu vzpostavljanja biogospodarstva skozi gozdarstvo in lesno-predelovalno industrijo (Hagemann in sod., 2016).

Pri tem študije razpoložljivosti lesa ločijo teoretično in dejansko razpoložljivost. Teoretična razpoložljivost je opredeljena kot največja količina lesa na trgu, pri kateri bi še vedno zagotavljali načela trajnostnega gospodarjenja z gozdom. Dejanska razpoložljivost pa je količina lesa, ki se na trgu dejansko pojavi (Ščap in sod., 2014). V Sloveniji po letu 2000 dejanska razpoložljiva količina lesa na trgu v povprečju znaša 3,9±0,6 milijona m³ na leto in je v zadnjih dveh desetletjih v naraščajočem trendu (Slika 1). Od tega v povprečju 50 % zavzemajo hlodi za žagan les in furnir, 30 % les za energetske namene, 17 % les za celulozo ter 3 % preostali industrijski les (Slika 1) (FAO, 2019).

V Sloveniji je le v obdobju od 2014 do 2016 skupna proizvodnja lesa preseгла ali se približala dovoljenemu poseku (ZGS, 2018; FAO, 2019). Vzrok večje realizacije je žledolom leta 2014 in napadi podlubnikov v letih, ki so sledila. Pred pojavom naravnih ujm smo v Sloveniji v povprečju realizirali 71 % dovoljenega poseka. Glede na realizacijo dovoljenega poseka (ZGS, 2018) in podatke o proizvodnji okroglega lesa (FAO, 2019) v prejšnjih dveh desetletjih sklepamo, da ima Slovenija na področju zalog in razpoložljivosti lesa v gozdovih še rezerve, ki so pozitivne za vzpostavljanje biogospodarstva.

2.2 Trg

2.2 Market

Trg lesa uravnava razmerje med ponudbo in povpraševanjem (Hagemann in sod., 2016). V slovenskem merilu količino razpoložljivega lesa na trgu tvori proizvodnja okroglega lesa iz slovenskih gozdov (~90 %) in uvoz okroglega lesa iz tujine (~10 %) (SURS, 2019a, 2019b). Leta 2017 je količina razpoložljivega lesa na slovenskem trgu znašala 5,01 milijona m³ (SURS, 2019a), od tega smo je 53 % izvozili v tujino, 47 % pa porabili doma. Količina iglavcev v domači porabi je znašala 1,3 milijona m³ in je bila v poznejši predelavi upo-

rabljena v proizvodnji žaganega lesa (73 % domače porabe lesa iglavcev), v proizvodnji plošč, celuloze ali kemikalij (24 % domače porabe lesa iglavcev) in za energetske namene (3 % domače porabe lesa iglavcev). Leta 2017 je domača raba okroglega lesa listavcev znašala 1,06 milijona m³ in je bila, podobno kot v primeru iglavcev, uporabljena za proizvodnjo žaganega lesa (16 % domače porabe lesa listavcev), v proizvodnji plošč, celuloze ali kemikalij (19 % domače porabe lesa listavcev), v proizvodnji furnirja (3 % domače porabe lesa listavcev) in v energetske namene (62 % domače porabe lesa listavcev) (WCM, 2019) (Slika 2).

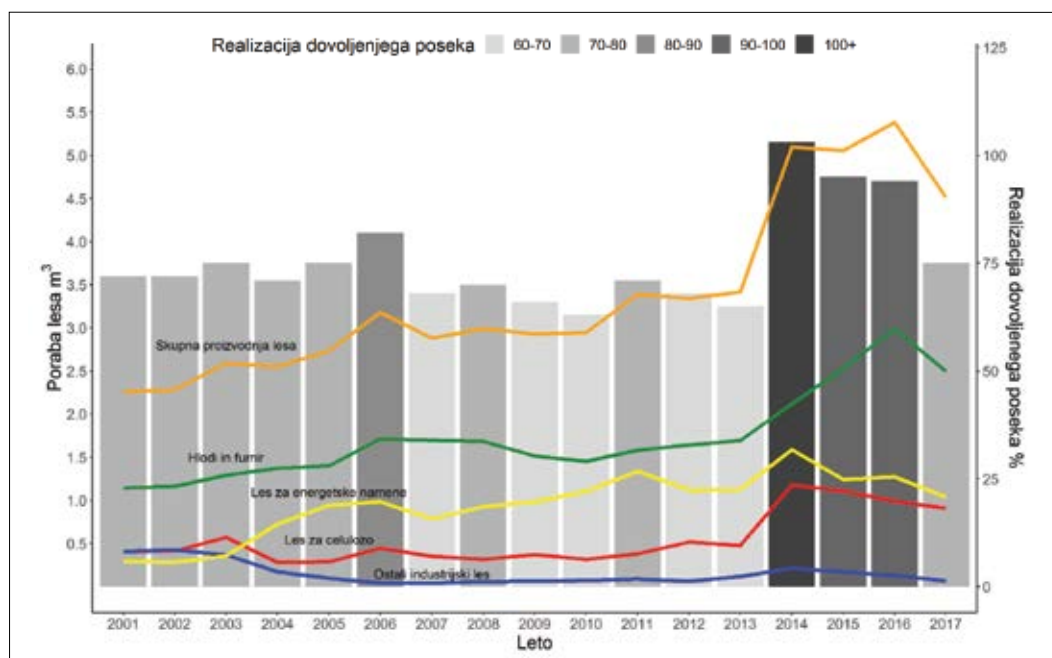
Glede na stanje v prejšnjih dveh desetletjih ima Slovenija v mednarodnem položaju status neto izvoznika lesa (Lamers in sod., 2012). V Sloveniji pri uvajanju biogospodarstva na ključne tržne razmere s ponudbo in povpraševanjem zelo vpliva tudi stanje na tujih trgih. (Lamers in sod., 2012; WCM, 2019). Tuje raziskave izpostavljajo, da globalni trgi na uvajanje biogospodarstva v gozdarstvu in lesno-predelovalni industriji vplivajo predvsem preko: (1) gibanja cen fosilnih goriv, (2) globalne razpoložljivosti lesa, (3) prihodnjega razvoja trga ter (4) vzpostavljanja globalnih politik, povezanih

s podnebnimi spremembami (Hagemann in sod., 2016; Husgafvel in sod., 2018).

2.3 Družbenopolitični okvir

2.3 Social context

Družbeni okvir je eden izmed obsežnejših dejavnikov, ki vplivajo na uvajanje biogospodarstva, saj ga na eni strani opredeljujejo politike na nacionalnih in tudi mednarodnih ravneh (vloga odločevanja) in na drugi strani uporabniki proizvodov biogospodarstva (pripravljenost plačila in trženje) (Hagemann in sod., 2016). Kljub začetku obširnejših družbenih razprav o biogospodarstvu po letu 2000 področje biogospodarstva na mednarodni ravni še vedno ni enotno definirano. Določene definicije so bolj usmerjene na področje znanja in tehnologije (FAO, 2018; OECD, 2018), medtem ko druge (EC, 2018) poudarjajo biološke vire, načela rabe, ekosistemske storitve (Lovec in sod., 2019). Evropska komisija je bila tudi prva mednarodna organizacija, ki je na podlagi Strategije razvoja biogospodarstva v Evropi leta 2012 in z dopolnjeno različico 2018 (EC, 2012, 2018) uskladila definicijo biogospodarstva in njegove vloge v družbi (Lovec in sod., 2019). Glavni cilji vzpostavitve evropskega



Slika 1: Proizvodnja lesa in realizacija poseka v Sloveniji po letu 2000 (ZGS, 2018; FAO, 2019)

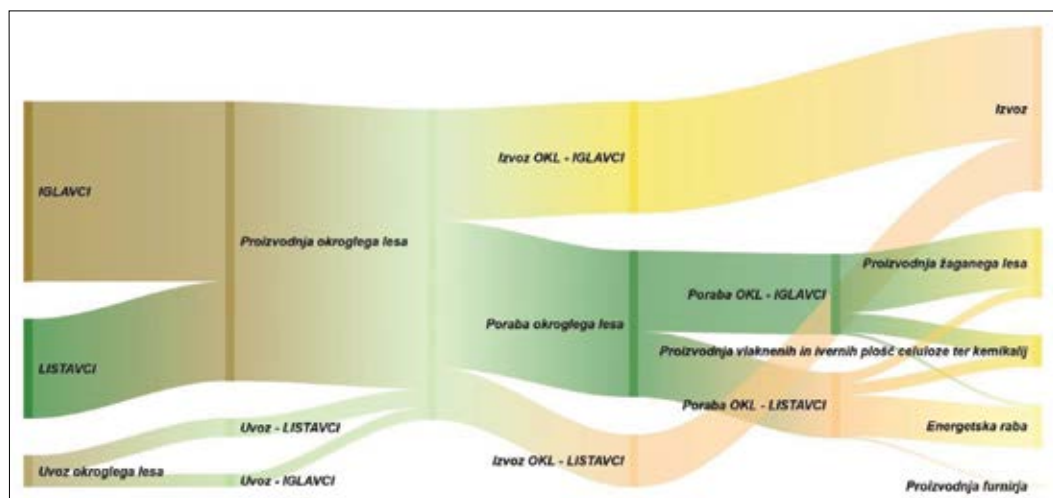
Figure 1: Production of wood and realization of planned annual cut in Slovenia after 2000 (ZGS, 2018; FAO, 2019)

biogospodarstva so torej: zagotavljanje varnosti hrane; trajnostno upravljanje naravnih virov; zmanjšanje odvisnosti od neobnovljivih virov; blažitev podnebnih sprememb in prilagajanje nanje ter ustvarjanje delovnih mest in ohranjanje evropske konkurenčnosti (EC, 2012, 2018).

Podobno kot v svetu tudi na ravni Slovenije biogospodarstvo ni enotno definirano in priznано kot samostojno področje. Posledično je tudi v strateških in vladnih dokumentih razpršeno po panogah (Rajh in sod., 2017). Na ravni politike v Sloveniji biogospodarstvo opredeljuje Kažipot razvoja krožnega gospodarstva, strateški dokument, ki poudarja sistemski prehod iz linearnega v krožni model gospodarstva, znotraj katerega imajo pomembno vlogo industrija (gospodarstvo), oblikovalci politik in družba (državljeni). Dokument za razvoj krožnega gospodarstva izpostavlja štiri področja: (1) prehranski sistem, (2) gozdne vrednostne verige, (3) predelovalne dejavnosti in (4) mobilnost (MOPRS, 2018). Slovenska strategija pametne specializacije (SVRSREKP, 2015), ki jo je pripravila Služba vlade RS za razvoj in evropsko kohezijsko politiko, med prioritetami navaja tri ciljna področja trajnostne rabe virov; tj. (1) mreže za prehod v krožno gospodarstvo (2) trajnostna proizvodnja hrane ter (3) pametne zgradbe in dom z lesno verigo. Vlada RS v Strategiji za razvoj Slovenije 2030 koncepte biogospodarstva povzema v dveh izmed dvanajst ciljev; tj. (1) nizko ogljično krožno gospodarstvo – s ciljem povečati

delež obnovljivih virov v končni rabi energije ter (2) trajnostno upravljanje naravnih virov – s ciljem povečati delež kmetijskih zemljišč v uporabi glede na skupno površino, izboljšanje kakovosti vodotokov ter zmanjšanje ekološkega odtisa (Soos in sod., 2017). Kljub neenotni strategiji uvajanja konceptov biogospodarstva v Sloveniji omenjeni dokumenti za področje gozdarstva in lesnopredelovalne industrije predvidevajo povečanje trajnostne rabe lesne biomase in povečanje dodane vrednosti obravnavnega področja (Rajh in sod., 2017).

Trženje novih proizvodov biološkega izvora in pripravljenost plačila uporabnikov proizvodov biogospodarstva sta dejavnika, ki poleg omenjenih politik vplivata na dinamiko razvoja biogospodarstva. V primerjavi s konvencionalnimi proizvodi imajo namreč proizvodi biogospodarstva praviloma zaradi razvoja novih tehnologij in vzpostavljanja novih sistemov na trgu višjo ceno (Hagemann in sod., 2016). Pri trženju biosnovanih proizvodov se pojavljata dva izraza, posredno povezana tudi z uvajanjem biogospodarstva: (1) zeleni potrošnik in (2) zeleni marketing. Zeleni potrošnik je definiran kot potrošnik, ki ne želi uporabljati izdelkov, ki škodijo njegovemu zdravju ali zdravju drugih oziroma ogrožajo okolje med proizvodnjo, uporabo ali po zavrženju (Strong, 1996; Glavic in Podnar, 2014). Zeleni marketing je sposobnost trženja biosnovanih produktov in vključuje velik obseg trženjskih aktivnosti,



Slika 2: Trg in raba gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji leta 2017 (WCM, 2019)

Figure 2: Wood market and use of round wood in Slovenia in 2017 (WCM, 2019)

usmerjenih v navajanje informacij o prilagajanju izdelkov, spreminjanje proizvodnih procesov in spreminjanje prodajnih tehnik (Polonsky, 1994). Na ravni Slovenije je stanje na področju pripravljenosti plačila in potrošnje produktov biogospodarstva in bio-osnovanih izdelkov slabo raziskano. Zerdin in Golob (2015) na podlagi raziskave ciljnih skupin izpostavljata nekonsistentnost oznak bioosnovanih izdelkov na trgu, kar povzroča tudi nerazumevanje in nezaupanje potrošnikov. Izpostavili sta tudi pojav, da potrošniki podpirajo proizvodnjo bio-osnovanih produktov, niso pa zanje pripravljeni plačati več, kar je skladno tudi z raziskavami v tujini (Golkonda, 2013).

2.4 Pomen rabe lesa v strukturi dodane vrednosti biogospodarstva v Sloveniji

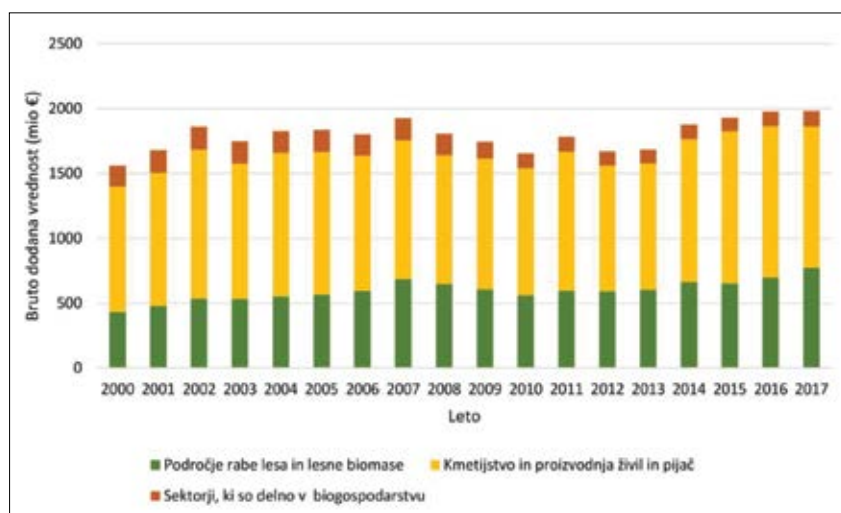
2.4 Importance of wood in the value-added structure of bioeconomy in Slovenia

Dodana vrednost je ekonomski kazalnik poslovanja, ki je opredeljen kot povečanje tržne vrednosti zaradi izboljšanja poslovnih učinkov (proizvodov ali storitev) (Buležan, 2008). Pri analizah biogospodarstva je dodana vrednost pogost način vrednotenja stanja tudi na ravni Evropske unije (EC, 2019).

V našem primeru smo koncept dodane vrednosti uporabili za analizo stanja biogospodarstva v

zadnjih dveh desetletjih, in sicer smo za obdobje med letoma 2000 in 2017 uporabili bruto dodano vrednost v tekočih cenah za biogospodarske sektorje gospodarstva po standardni klasifikaciji dejavnosti (SKD) (Braunsberger in sod., 2010; SURS, 2019c). V biogospodarstvo spadajo: (1) primarne dejavnosti: kmetijstvo (A1), gozdarstvo (A2), ribištvo (A3), (2) predelovalne dejavnosti in storitve, ki v celoti spadajo v biogospodarstvo: proizvodnja hrane (C10), proizvodnja pijač (C11), proizvodnja tobaka (C12), proizvodnja usnja (C15), proizvodnja lesnih izdelkov in proizvodnja papirja (C17) ter (3) predelovalne dejavnosti in storitve, ki delno spadajo v biogospodarstvo: proizvodnja bioosnovanega tekstila (C13), proizvodnja bioosnovanih oblačil (C14), proizvodnja lesenega pohištva (C31), proizvodnja bioosnovanih kemikalij (C20), proizvodnja bioosnovanih farmacevtskih surovin in preparatov (C21), proizvodnja bioosnovane plastike in gume in proizvodnja elektrike (C35) (Lovec in sod., 2019).

V izračunih z namenom primerjave deležev dodane vrednosti smo za primarne dejavnosti in predelovalne dejavnosti in storitve, ki v celoti spadajo v biogospodarstvo, upoštevali 100 % bruto dodane vrednosti. Za predelovalne dejavnosti, ki le delno spadajo v biogospodarstvo, pa smo deleže za Slovenijo povzeli po vrednotenju biogospodarstva v Evropski uniji (EC, 2019).



Slika 3: Dodana vrednost, ki jo v slovenskem biogospodarstvu predstavljata dva glavna sektorja, t.j. področja rabe lesa, kmetijstvo in proizvodnja živil in pijač ter sektorji, ki delno spadajo v biogospodarstvo (SURS, 2019c).

Figure 3: Added value in the Slovenian bioeconomy represented by the two main sectors i.e. "Use of wood", "agriculture and production of food and beverages" and sectors partly belonging to the bioeconomy in (SURS, 2019c).

V področje rabe lesa glede na SKD spadajo: gozdarstvo (A2), lesnopredelovalna in pohištveno industrija (C16 in C31) ter papirniška industrija (C17). V povprečju med letoma 2000 in 2017 omenjeni sektorji v slovenskem biogospodarstvu predstavljajo 33 % oz. 598 milijonov evrov letne bruto dodane vrednosti (Slika 3) (SURs, 2019c).

2.4.1 Gozdarstvo

2.4.1 Forestry

V Sloveniji je med letoma 2000 in 2017 v gozdarstvu dodana vrednost v povprečju znašala 27 % oz. 166,5 milijona EUR letne dodane vrednosti (Slika 4). V obravnavanem obdobju se pomen gozdarstva konstantno veča, kar je v letu 2017 pomenilo že 36 % ali 271,3 milijona EUR skupne dodane vrednosti. Število zaposlenih znotraj gozdarstva se kljub povečanju dodane vrednosti zmanjšuje skozi celotno obravnavano obdobje; leta 2000 je bilo zaposlenih 2400, leta 2017 pa le še 1600 (SURs, 2019c, 2019d).

2.4.2 Lesno predelovalna in pohištvena industrija

2.4.2 Wood processing and furniture industry

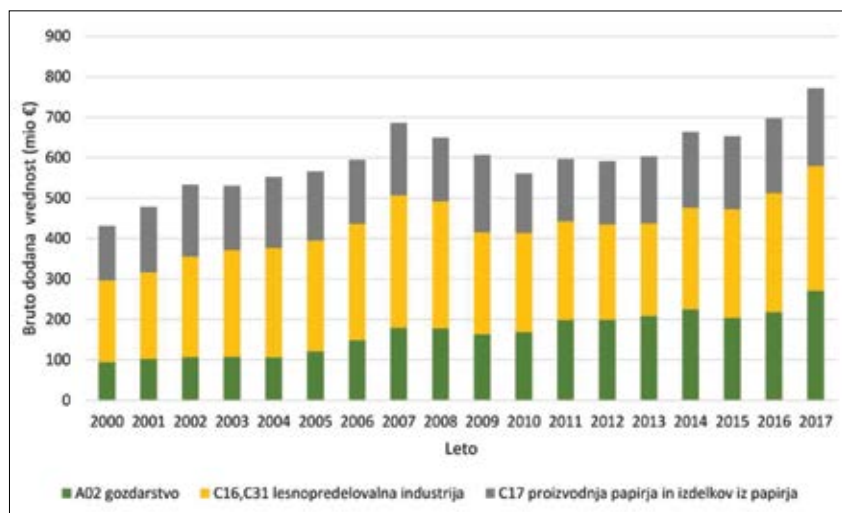
Lesnopredelovalna in pohištvena industrija sta tako imenovani 'hibridni sektor' (t.j. sektor, ki ni v celoti osnovan na naravnih virih) na področju

rabe lesa. Evropska komisija obravnavnemu sektorju glede na dodano vrednost priznava 65 % bioosnovane proizvodnje (Ronzon in sod., 2017). Za lesnopredelovalno in pohištveno industrijo je značilna najvišja dodana vrednost na področju rabe lesa, tj. 44 % povprečne bruto dodane vrednosti področja rabe lesa v obdobju med letoma 2000 in 2017 (Slika 4). V analiziranem obdobju je bil trend števila zaposlenih na področju lesnopredelovane in pohištvene industrije v povprečju negativen. Leta 2000 je število zaposlenih znašalo 23200 in se je nato do leta 2015 zmanjšalo na 12300, od tedaj se je število do leta 2017 povečalo na 13000 (SURs, 2019c, 2019d).

2.4.3 Papirništvo

2.4.3 Paper making industry

Papirniški sektor znotraj dodane vrednosti obravnavnega področja v povprečju predstavlja 29 % (169 milijonov evrov) letne bruto dodane vrednosti (Slika 4). Prispevek k dodani vrednosti rabe lesa se v zadnjih dveh desetletjih manjša. Leta 2000 je prispevek papirniškega sektorja znašal 31 %, leta 2017 pa 25 %. Negativen trend je tudi v številu zaposlenih v papirniški industriji. Leta 2000 je bilo zaposlenih 10700 delavcev, najmanj zaposlenih je bilo leta 2013 (3900), leta 2017 pa je bilo zaposlenih 4300 delavcev (SURs, 2019c).



Slika 4: Prispevek gozdarstva, lesnopredelovalne in pohištvene industrije ter papirniške industrije k bruto dodani vrednosti rabe lesa v biogospodarstvu v zadnjih dveh desetletjih (SURs, 2019c)

Figure 4: Contribution of forestry, wood processing, furniture and paper industries to the gross added value of wood in the bioeconomy over the last two decades (SURs, 2019c).

3 RAZVOJ BIOGOSPODARSTVA V IZBRANIH EVROPSKIH DRAŽVAH

3 DEVELOPMENT OF BIOECONOMY IN SELECTED EUROPEAN COUNTRIES

V Slovenij smo stanje biogospodarstva v gozdarski in lesnopredelovalni industriji primerjali z drugimi državami, tj. z Avstrijo, Nemčijo in Finsko. Avstrija in Nemčija sta gospodarsko tesno povezani s Slovenijo tudi na področju gozdarskega in lesnopredelovalnega sektorja. Finsko smo v primerjavo vključili zaradi razvitega gozdarskega in lesnopredelovalnega sektorja znotraj njihovega biogospodarstva.

Države smo med seboj primerjali glede na (1) razpoložljivost lesne biomase na trgu in (2) pomen biogospodarstva znotraj nacionalnih ekonomij.

3.1 Razpoložljivost lesa na trgu v Sloveniji, Avstriji, Nemčiji in na Finskem

3.1 Availability of wood on the market in Slovenia, Austria, Germany and Finland

Razpoložljivost lesa na trgu posameznih držav smo ocenili na podlagi proizvodnje okroglega lesa po podatkih FAOSTAT (FAO, 2019). Na razpoložljivost lesa znotraj posameznih držav vplivajo površina gozda, njihova proizvodna sposobnost in učinkovitost gospodarjenja (preglednica 1).

Na slovenskem trgu je v obdobju med letoma 2000 in 2017 neto količina razpoložljivega lesa znašala od 2,2 do 5,4 mio m³ lesa, kar je v povprečju 5,2-krat manj kot na avstrijskem (od 13,3 do 21,8 omio m³), 16,3-krat manj kot na finskem

(od 42 do 63,3 mio m³) ali nemškem trgu (od 39,5 do 76,7 mio m³) (Slika 5a).

Med državami, ki smo jih primerjali, imata največjo površino gozda Finska in Nemčija, sledita Avstrija in Slovenija. Najbolj produktivni so gozdovi v Nemčiji, primerljiva je proizvodna sposobnost avstrijskih in slovenskih gozdov, najmanjši letni prirastek pa je značilen za finske gozdove. Pri učinkovitosti gospodarjenja, gledano skozi razmerje poseka med letoma 2000 in 2017 s prirastkom gozda na hektar v letu 2010, so v zadnjih dveh desetletjih najučinkoviteje gospodarili v Avstriji in na Finskem, nato v Nemčiji in Sloveniji (Preglednica 1, slika 5b). Učinkovitost gospodarjenja z gozdovi v prejšnjih dveh desetletjih in neto proizvedena količina lesne biomase na trgu sta dober pokazatelj stanja zaloga lesa za razvoj biogospodarstva v analiziranih državah.

3.2 Stanje biogospodarstva znotraj strukture gospodarstva Slovenije, Finske, Avstrije in Nemčije

3.2 State of bioeconomy within the national economies of Slovenia, Finland, Austria and Germany

Kot biogospodarstvo se po analizah Joint Research Centra (JRC) štejejo naslednje panoge in področja: (1) kmetijstvo, (2) bioosnovana industrija (proizvodnja kemikalij, gume, plastike in farmacija), (3) bio-osnovana proizvodnja elektrike, (4) bioosnovana proizvodnja tekstila, (5) ribištvo in ribogojništvo, (6) proizvodnja hrane, (7) gozdarstvo, (8) papirništvo in (9) lesnopredelovalna industrija (Ronzon in sod., 2017). Kot kazalnika za primerjanje med državami znotraj Evropske

Preglednica 1: Površina gozdov, povprečni prirastek (od 2000 do 2010) in povprečni posek od 2000 do 2017 glede na prirastek leta 2010 v Avstriji, Nemčiji, Sloveniji in na Finskem.

Table 1: Forest area, average increment (2000-2010) and average cut between 2000 and 2017 relative to the 2010 increment in Austria, Germany, Slovenia and Finland.

Država	Površina gozdov [mio ha] (Eurostat, 2015)	Povprečen letni prirastek [m ³ /ha] od 2000 do 2010* (Eurostat, 2015)	Povprečen posek od 2000 do 2017* glede na prirastek leta 2010 (FAO, 2019; Eurostat 2015)
Avstrija	3,3	7,9	56 %
Nemčija	10,9	10,8	43%
Finska	19,8	4,4	54 %
Slovenija	1,2	7,1	33 %

*Predstavljena so različna časovna obdobja zaradi razpoložljivosti podatkov.

unije pa se uporabljata dodana vrednost v stroških faktorjev in vrednost prihodkov.

Dodana vrednost v stroških faktorjev je izračunana kot bruto prihodek iz poslovnih dejavnosti po popravkih za subvencije za poslovanje in posrednih davkih (SURs, 2018). Prihodki v primerjavah nastopajo kot pokazatelj velikosti trga, izračun pa vključuje vrednosti prodaje vseh sektorjev biogospodarstva, tudi prodaje znotraj panog, ki ga sestavljajo (EC, 2019)

Po podatkih Evropske komisije (2019) je v Sloveniji dodana vrednost v stroških faktorjev v gozdarskem, lesnopredelovalnem in papirniškem sektorju znotraj biogospodarstva (DVSFG) med letoma 2008 in 2015 v povprečju znašala 0,6 milijarde €, v Avstriji 5,2 milijarde €, na Finskem 7,0 milijarde € in v Nemčiji 211,1 milijarde €. Področje rabe lesne biomase v deležu skupne dodane vrednosti v stroških faktorjev znotraj celotnega biogospodarstva v Sloveniji predstavlja 36 %, v Avstriji 36 %, v Nemčiji 24 % ter največ na Finskem, 57 %. Po analizah Evropske komisije sodeč (EC, 2019) je Slovenija glede na delež DVSFG v dodani vrednosti v stroških faktorjev biogospodarstva (DVSFB) primerljiva z Avstrijo in Nemčijo, z značilno višjim deležem pa odstopa Finska (Slika 6). Glede na izrazito veliko zastopanost lesa v strukturi surovinske baze biomase (Gurria in sod., 2017) in slabo njeno izkoriščenost glede predelave in dodajanja vrednosti (prevladuje izvoz

okroglega lesa in energetska raba lesa, glej poglavje 2.2) je potencial Slovenije v mobilizaciji dodane vrednosti v sektorjih rabe lesa slabo izkoriščen.

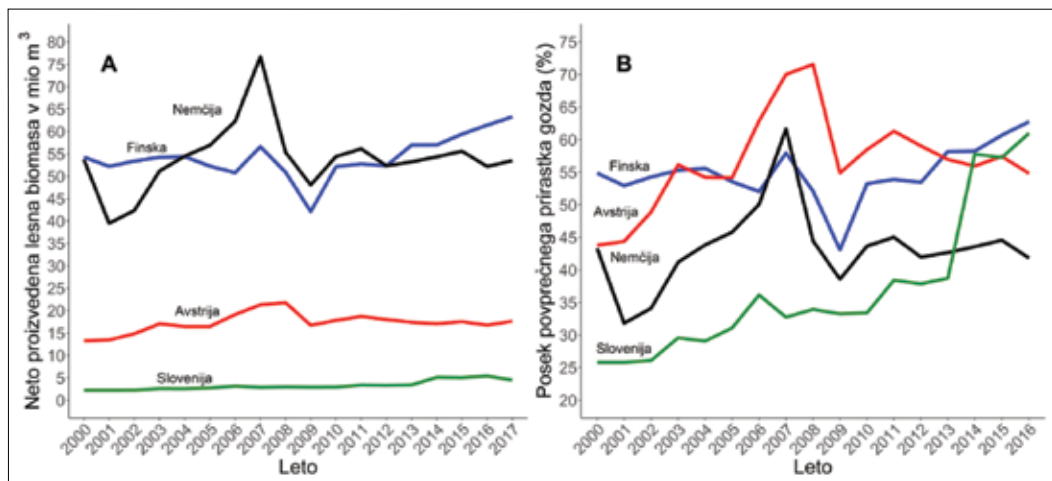
3.2.1 Prihodki biogospodarstva

3.2.1 Turnover of bioeconomy

Med izbranimi državami smo v primerjavi prihodkov biogospodarstva sledili metodologiji ovrednotenja evropskega biogospodarstva evropske komisije (Ronzon in sod., 2017; EC, 2019). Vrednosti prihodkov smo zaradi možnosti primerjave med državami standardizirali na zaposlenega.

Povprečni prihodki slovenskega biogospodarstva na zaposlenega so v letih od 2008 do 2015 znašali 47.549 €. V istem obdobju so povprečni prihodki biogospodarstva na zaposlenega v Avstriji znašali 135.079 €, v Nemčiji 189.747 € in na Finskem 217.986 € (EC, 2019).

Trend prihodkov (od 2008 do 2015) znotraj biogospodarstva se med državami značilno razlikuje. Predvsem v obdobju med letoma 2009 in 2013 so se prihodki na Finskem, v Nemčiji in Avstriji v primerjavi s Slovenijo večali hitreje. V Sloveniji je povečanje prihodkov opazno po letu 2014, kar nakazuje zakasnitev v razvoju biogospodarstva v primerjavi s preostalimi državami. Pomembno je izpostaviti tudi rahlo zmanjšanje prihodkov v Nemčiji ob koncu analiziranega obdobja (Slika 7).



Slika 5: Letne neto količine proizvedenega lesa (lesne biomase) na trgu v milijonih m³ (a) in odstotek poseka povprečnega prirastka gozda (b) v Sloveniji, Avstriji, Finski in Nemčiji (EUROSTAT, 2015; FAO, 2019)

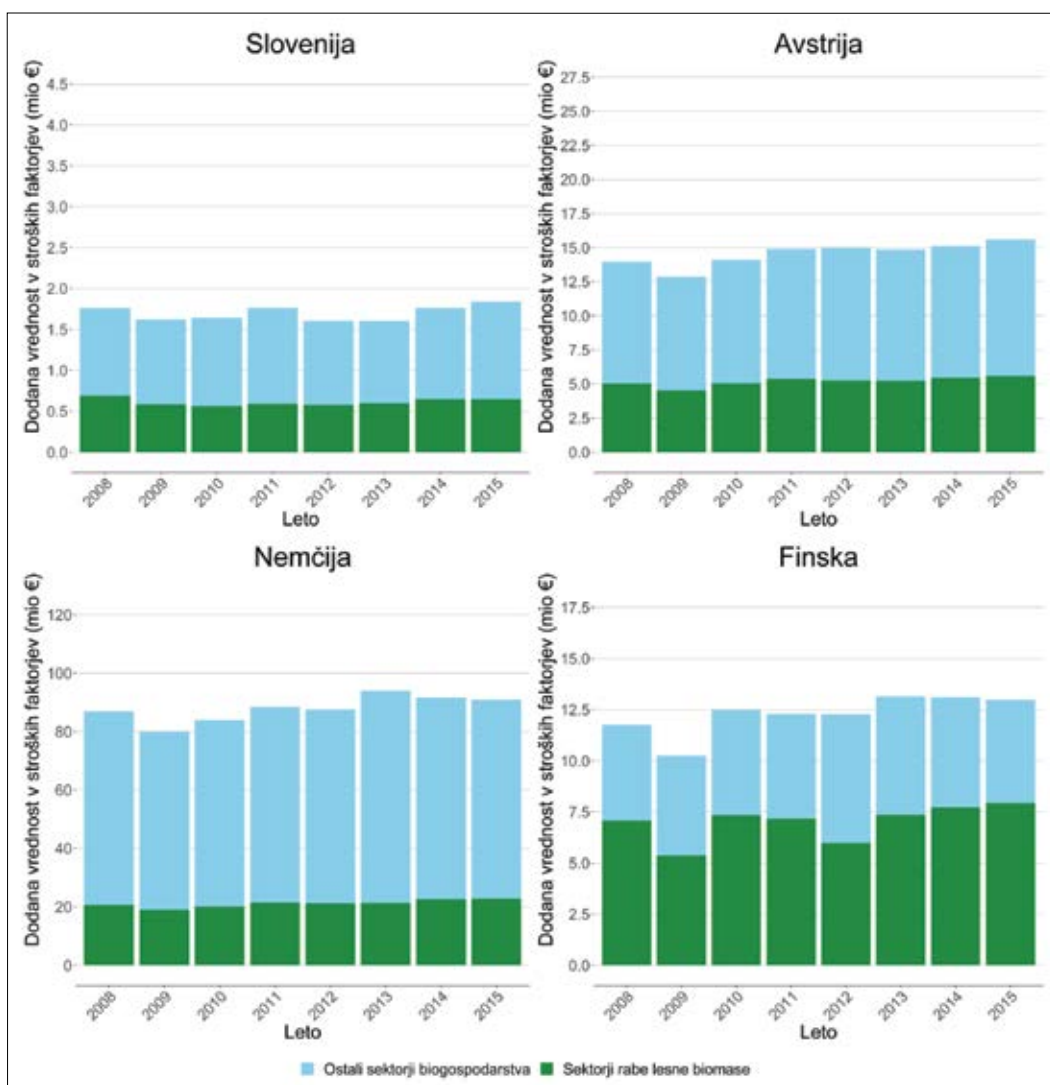
Figure 5: Annual net quantities of biomass production on the market in millions m³ (A) and percentage of harvested average forestry growth (B) in Slovenia, Austria, Finland and Germany (EUROSTAT, 2015; FAO, 2019).

3.2.2 Dodana vrednost v stroških faktorjev za biogospodarstvo

3.2.2 Value added in the factor costs for the bioeconomy

V Sloveniji je med letoma 2008 in 2015 povprečna DVSFB na zaposlenega po podatkih JRC znašala 14.021 €, na Finskem 59.789€, v Avstriji 40.715 € in v Nemčiji 44.597 € (EC, 2019). Poleg

izhodiščnih razlik v produktivnosti dela, iz česar izhajajo tudi razlike v redu velikosti navedenih podatkov, se države med seboj razlikujejo tudi po strukturi zaposlenosti in produktivnosti dela znotraj sektorjev biogospodarstva. Ronzon in M'Barek (2018) razvrščata Finsko, Avstrijo in Nemčijo med države z razmeroma nizko zaposlenostjo in nadpovprečno produktivnostjo dela



Slika 6: Delež področja rabe lesne biomase v dodani vrednosti v stroških faktorjev biogospodarstva Slovenije, Avstrije, Finske in Nemčije (Ronzon in sod., 2017; EC, 2019). Opomba: zaradi lažjega pregleda smo prikazali dodane vrednosti v stroških faktorjev (y-os) prilagodili vrednostim posameznih držav.

Figure 6: Share of value-added area of wood in the bioeconomy of Slovenia, Austria, Finland and Germany (Ronzon et al., 2017; EC, 2019). Note: For ease of reference, value added (y-axis) were adjusted to country-by-country values.

v primarnem sektorju (kmetijstvo, gozdarstvo, ribištvo) kot tudi nadpovprečno produktivnostjo dela v t.i. hibridnih biogospodarskih sektorjih. Slovenija se uvršča v skupino držav, kjer je ob nizki zaposlenosti v primarnem sektorju prav tako nizka tudi produktivnost dela, medtem ko je produktivnost dela v t.i. hibridnih biogospodarskih sektorjih nadpovprečna. (Slika 8).

4 RAZMISLEK O MOŽNOSTIH PRIHODNJEGA RAZVOJA GOZDARSKEGA IN LESNOPREDELOVALNEGA SEKTORJA V SLOVENIJI PO NAČELIH KROŽNEGA BIOGOSPODARSTVA

4 OPPORTUNITIES FOR THE FUTURE DEVELOPMENT OF THE FORESTRY AND WOOD PROCESSING IN SLOVENIA ACCORDING TO THE PRINCIPLES OF THE CIRCULAR BIOECONOMY

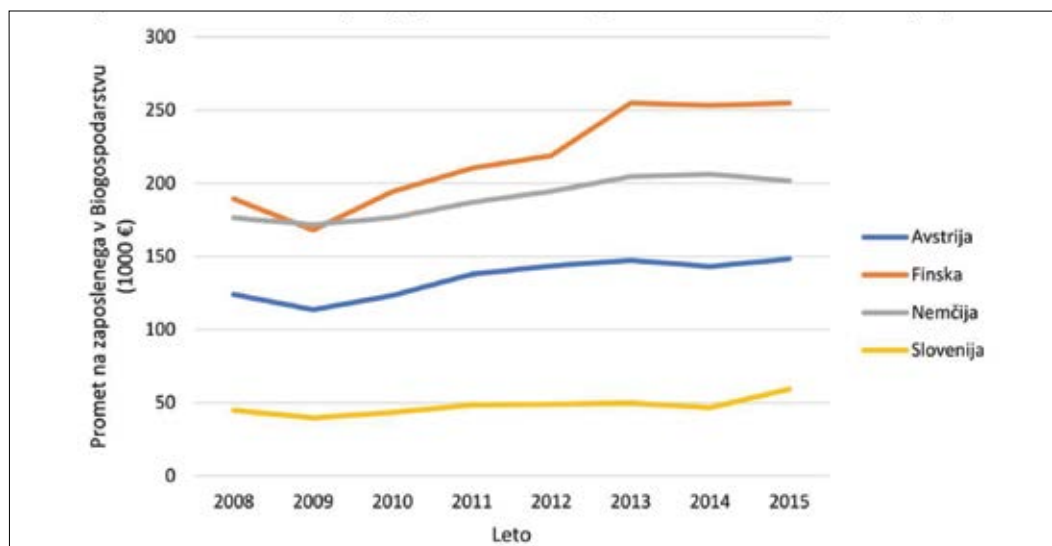
Biogospodarstvo gozdarske in lesno predelovalne panoge vključuje vse proizvodne procese, surovine in produkte gozdarstva, lesnopredelovalne in papirniške industrije (EC, 2018). Na podlagi tega lahko prihodnji razvoj posameznih panog za Slovenijo razdelimo na dve ravni, na (1) izboljšanje

učinkovitosti gospodarjenja z gozdovi in optimizacijo ter nadgradnjo že obstoječih tehnologij rabe lesa in (2) razvoj in vzpostavitev novih tehnologij učinkovitejše rabe lesa slabše kakovosti, lesnih ostankov, odsluženega lesa in stranskih produktov lesnopredelovalne in papirniške industrije v skladu z načeli krožnega biogospodarstva.

4.1 Izboljšanje učinkovitosti gospodarjenja z gozdovi in optimizacija obstoječih tehnologij rabe lesa v Sloveniji

4.1 Improving the efficiency of forest management and optimization of existing wood processing technologies in slovenia

Glede na časovni trend proizvodnje okroglega lesa v povezavi z realizacijo poseka v Sloveniji (Slika 1) je, ob potencialni učinkovitosti gospodarjenja z 90–100 % realizacijo načrtovanega poseka, v prihodnosti na trgu pričakovati okoli 5 milijonov m³ lesa (ZGS, 2018; SURS, 2019a). Predvidevamo, da je to tudi potencialna razpoložljivost lesa ob vzpostavljanju gozdarsko-lesnoproizvodnega sektorja v biogospodarstvu. Podobno kot v prejšnjih obdobjih tudi dandanes lesnopredelovalna industrija v Sloveniji v prvi fazi kaskadne rabe lesa gozdne lesne sortimente uporabi za proizvodnjo žaganega lesa, furnirja ali celuloze. Kot stranski produkt nastajajo lesni ostanki, ki se jih v nasle-



Slika 7: Prihodki na zaposlenega v biogospodarstvu v obdobju med letoma 2008 in 2015 (EC, 2019)

Figure 7: Turnover per employee in the bioeconomy between 2008 and 2015 (EC, 2019)

dnji fazi kaskadne rabe lesa v Sloveniji uporabi za proizvodnjo toplotne ali električne energije (npr. briketi in peleti), za proizvodnjo celuloze ter ivernih in vlaknenih plošč (Krajnc in Piškur, 2006). V prihodnje pa se bo v skladno s kaskadnim načinom rabe lesne ostanke uporabljalo za proizvodnjo naprednih bioproizvodov (kemikalije in bioplastika), biogoriv, proizvodnje pametne embalaže in tekstila (Sikkema in sod., 2016).

Raba razpoložljivega lesa (potrošnja) je v slovenskem merilu odvisna od proizvodnih sposobnosti lesnopredelovalne industrije, potreb po lesnih energentih in razmer na trgu lesne biomase v Sloveniji.

Potrošnje oz. domačo rabo lesa v Sloveniji smo izračunali na podlagi podatkov o proizvodnji gozdnih lesnih sortimentov (SURS, 2019a), odšteli izvoz in prišteli uvoz (SURS, 2019b). Potrošnje smo izračunali za (1) ves razpoložljiv les na trgu (skupaj), (2) okrogli industrijski les in (3) les za energetske rabo (Slika 9).

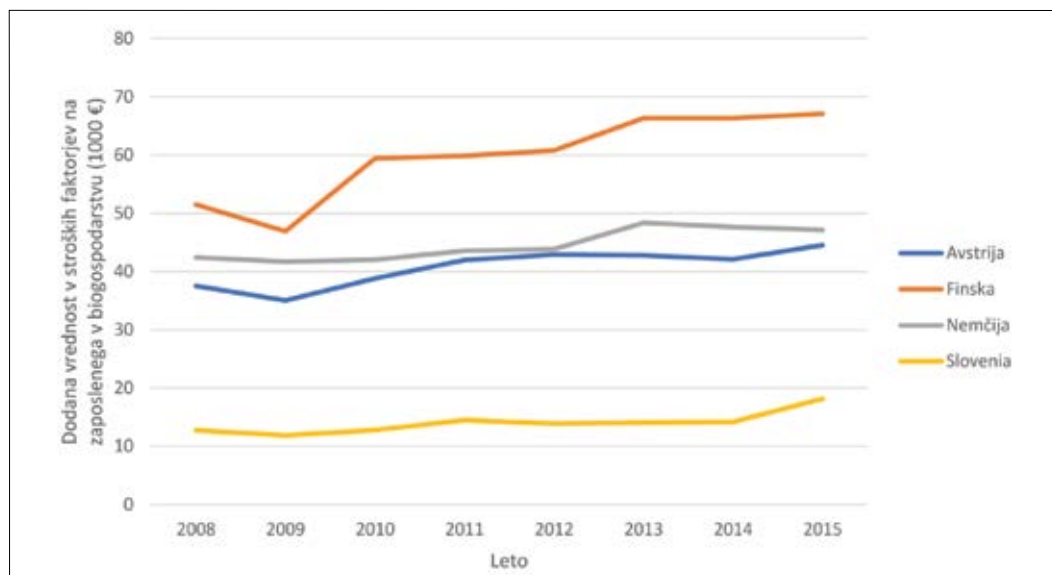
Po podatkih Statističnega urada RS je skupna potrošnja lesa v Sloveniji v zadnjih dveh desetletjih kljub večanju skupne razpoložljive lesne mase na trgu (v povprečju 0,15 mio m³/leto) razmeroma enakomerna (2,61±0,3 mio m³) (Slika 9). Enakomernost v skupni potrošnji se ohranja predvsem

zaradi povečane potrošnje lesa za energetske namene, medtem ko se pri nas potrošnja okroglega industrijskega lesa zmanjšuje.

V Sloveniji je v obdobju med letoma 2000 in 2003 lesnopredelovalna industrija predelala okoli 91 % razpoložljivosti okroglega industrijskega lesa, v obdobju pred žledolomom in pojavom podlubnikov (2010–2013) pa le še 54 % (SURS, 2019a, 2019b). Posledično sklepamo, da je Slovenija v prejšnjih dveh desetletjih znotraj proizvodnih verig gozdarskega in lesnopredelovalnega sektorja zamudila veliko priložnosti za povečevanje dodane vrednosti gozdno-lesni biomasi in možnost prispevka k dodani vrednosti biogospodarstva.

Poleg "tradicionalne" rabe lesa v lesnopredelovalni industriji so v Sloveniji tudi proizvodni obrati visoko tehnološke rabe lesa, npr. obrat za termično modifikacijo lesa, kjer se zaradi segrevanja lesa na od 180 do 230 °C spremenijo lastnosti struktur lesa, kar se v poznejši rabi izkaže predvsem v izboljšani odpornosti proti naravnim škodljivcem, podaljšani življenjski dobi uporabnosti in izboljšani dimenzijski stabilnosti (Ugovšek in sod., 2019).

V prihodnje bi učinkovitost gospodarjenja s slovenskimi gozdovi lahko izboljšali z ohranjanjem visoke realizacije načrtovanega poseka tudi, ko ne



Slika 8: Dodana vrednost v stroških faktorjev na zaposlenega v avstrijskem, finskem, nemškem in slovenskem biogospodarstvu za obdobje med letoma 2008 in 2015 (EC, 2019).

Figure 8: Value added in factor costs per employee in the Austrian, Finnish, German and Slovenian bioeconomy for the period 2008 to 2015 (EC, 2019).

bo naravnih ujm. Namreč v minulih petih letih smo visoko realizacijo poseka dosegali predvsem zaradi povečanja sanitarnega poseka zaradi žledoloma, vetrolomov in poznejših napadov podlubnikov (ZGS, 2018). Na področju predelave lesa pa je v prihodnje velik izziv posodobitev razmeroma zastarelih tehnologij primarne predelave lesa in manko trgov pohištvene industrije ter krepitev razvojnih dejavnosti v lesnopredelovalni industriji, ki je osnova za njeno mednarodno uspešnost (Pirjevec in Vahcic, 2015).

4.2 Razvoj in vzpostavitev novih tehnologij učinkovitejše rabe lesa slabše kakovosti, lesnih ostankov in stranskih produktov lesnopredelovalne in papirniške industrije

4.2 Development and establishment of new technologies for more efficient use of lower quality wood, wood residues and by-products of the wood processing and paper industries

Razmeroma neučinkovita raba fosilnih goriv in ugotavljanje njenih negativnih posledic na okolje v preteklosti so botrovala k razvoju težnje po

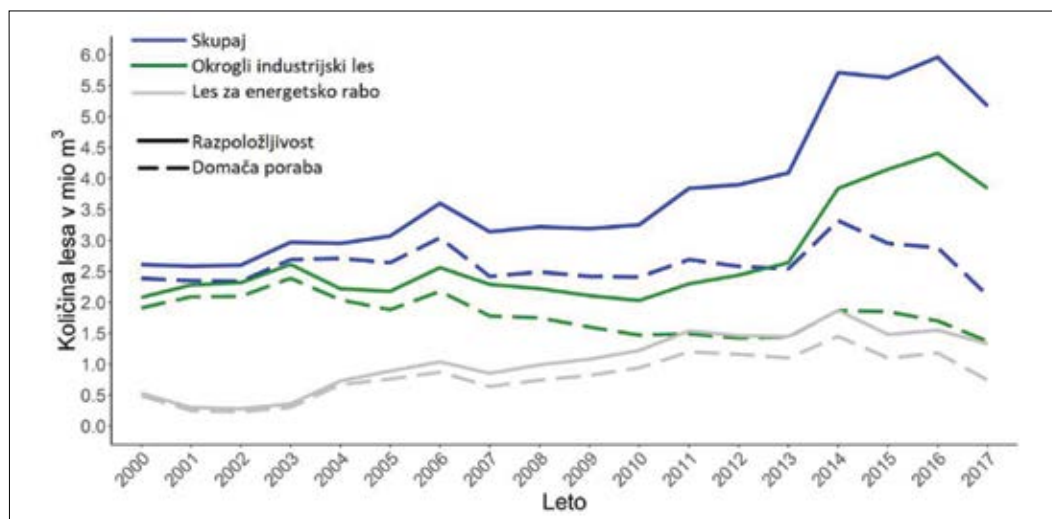
nadomestitvi proizvodov industrije fosilnih goriv z bio-osnovanimi produkti (Pannicke in sod., 2015; Hagemann in sod., 2016). Biogospodarstvo ima razvojni potencial na tem področju predvsem preko razvoja kemijskega razklopa ligno-celulozne biomase. Z uvajanjem sodobne kemične predelave lesa je pričakovati tudi spremembe na področju trga, predvsem lesa slabše kakovosti in lesnih ostankov ter investicije v biorafinerijske obrate (Hurmekoski in sod., 2018a).

Razvoj novih tehnologij rabe lesa smo analizirali po različnih sektorjih biogospodarstva: (1) papirništvo in proizvodnja celuloze, (2) proizvodnja biogoriv, (3) gradbeništvo, (4) tekstilna industrija in (5) proizvodnja kemikalij.

4.2.1 Biogospodarstvo v papirništvu in proizvodnji celuloze

4.2.1 Bioeconomy in the paper industry and celluloses production

V preteklosti je bila industrija proizvodnje papirja in celuloze (IPC) zaradi velike porabe vode, energije in zagotavljanja konstantnih zalog lesa za proizvodnjo papirja eden od ekološko spornejših sektorjev gospodarstva (Toppinen in sod., 2017). V zadnjih desetletjih je tehnološki razvoj temeljil



Slika 9: Razpoložljivost (polna črta) in domača poraba (prekinjena črta) okroglega industrijskega lesa (zeleno); lesa za energetska raba (sivo) in skupne razpoložljive lesne biomase na trgu (modro) v Sloveniji med letoma 2000 in 2017 (SURs, 2019a, 2019b)

Figure 9: Availability (solid line) and domestic consumption (dashed line) of round industrial wood (green); wood for energy use (grey) and total available wood biomass on the market (blue) in Slovenia between 2000 and 2017 (SURs, 2019a, 2019b)

predvsem v smeri učinkovitosti obstoječih tehnoloških procesov, zdaj pa razvoj preko biogospodarstva v IPC uvaja možnost nadgradnje tehnološkega procesa in povečanje dodane vrednosti sektorja preko biorafinerij (Pätäri in sod., 2016).

Biorafinerija je tehnološki obrat, ki vključuje postopke pretvorbe biomase in opremo za proizvodnjo goriv, energije in kemikalij na podlagi bioosnovanih surovin (Kangas in sod., 2011). IPC v odvisnosti od načina pridobivanja celuloze (mehansko ali kemijsko) proizvaja tudi stranske produkte, ki so v prihodnje načrtovani kot vhodna surovina za biorafinerijski obrat. Pri kemijskem načinu pridobivanja celuloze je stranski produkt t. i. black-liquor, ki nastane v procesu odstranjevanja lignina. Biorafinerija v tem primeru uporabi black liquor za proizvodnjo biogoriv; stranski produkt procesa sta torej toplotna in električna energija, ki ju nato izkoriščajo v proizvodnji papirja (Kangas in sod., 2011). V primeru mehanskega pridobivanja celuloze oz. lesovine se lignina ne odstranjuje, se pa v predpripravi lesa odstrani skorja, ki jo je mogoče uporabiti kot surovino v biorafineriji za proizvodnjo ekstraktivov (Kangas in sod., 2011).

Razvoj ICP preko nadgrajen v biorafinerijske obrate daje možnost povečanja dodane vrednosti in poleg proizvodnje papirja omogoča proizvodnjo drugih produktov, kaskadno rabo lesa ter zmanjšanje ogljičnega odtisa (Kangas in sod., 2011; Pätäri in sod., 2016; Toppinen in sod., 2017).

4.2.2 Proizvodnja biogoriv

4.2.2 Biofuel production

Proizvodnja biogoriv poteka preko biorafinerijskega obrata (Kangas in sod., 2011), kjer gre za ekonomskega ali tržnega vidika za večvredno in večizhodno proizvodnjo, ki učinkovito uporablja obnovljivo biomaso (Larson in sod., 2007). Razvoj biorafinerijskih obratov za proizvodnjo biogoriv s stališča lesa temelji na rabi lesa slabše kakovosti, lesnih ostankov, lesnih sekancev, odpadne skorje, odpadkov papirniške industrije in odpadkov lesnopredelovalne industrije (Kangas in sod., 2011).

Sama proizvodnja biogoriv je mogoča preko dveh razširjenih postopkov, in sicer (1) preko uplinjanja produkta black liquor, ki je opisan v biogospodarstvu v ICP, in (2) preko uplinjanja lignocelulozne biomase.

V prvem postopku je proizvodnja biogoriv dosledno vezana na IPC in jo posledično omejuje obseg proizvodnje papirja. V drugem postopku je biorafinerijski obrat samostojna proizvodnja biogoriv, vezana zgolj na zmožnost zalaganja obrata z ligno-celulozno biomaso, ki je lahko pridobljena iz gozdne ali kmetijske biomase (Kangas in sod., 2011). Zaradi razvitosti papirniške industrije je prvi postopek razširjen v skandinavskih državah (Švedska in Finska), medtem ko je drugi bolj razširjen v ZDA in Kanadi (Kangas in sod., 2011; Zhang in sod., 2018).

Proizvodnja biogoriv iz lesne biomase je odvisna od mnogih dejavnikov, ki vplivajo na njen razvoj (Larson in sod., 2007; Kangas in sod., 2011):

1. gozdarska industrija se je v preteklosti velikokrat soočala s problemom donosnosti, kar kljub tehnološkim zmožnostim proizvodnje biogoriv zmanjšuje zanimanje za naložbe v tovrstno industrijo,
2. podnebne in energijske politike v povezavi z vedno višjimi cenami energije zmanjšujejo tveganja za naložbe v biorafinerijske obrate,
3. trenutna IPC že vsebuje določeno infrastrukturo, potrebno za vzpostavitev biorafinerijskega obrata (predelava lesa slabe kakovosti in lesnih ostankov),
4. zaradi stranskih produktov biorafinerijskega obrata (toplota in energija) je papirniška industrija zaradi zmožnosti njihove neposredne porabe znotraj proizvodnih procesov tehnološko najprimernejša za proizvodnjo biogoriv,
5. proizvodnjo biogoriv kljub tehnološkim zmožnostim omejujeta cena in količina končnega produkta, ki morata biti zanimivi tudi za trg (ekonomija obsega).

4.2.3 Uporaba lesa v gradbeništvu

4.2.3 Use of wood in construction industry

Biogospodarstvo v gradbeništvu oz. t. i. zelena gradnja je eno izmed glavnih področij, kjer bosta s svojim deležem imeli pomembno vlogo gozdarska in lesnopredelovalna industrija (Hurmekoski in sod., 2018b). Koncept zelene gradnje zajema metode gradnje, ki jih opredeljuje trajnost na okoljski, ekonomski in socialni ravni (Zuo in Zhao, 2014). Mnoge države Evropske unije imajo omenjeni koncept opredeljen tudi v razvojnih

in strateških dokumentih (Hurmekoski in sod., 2018b). Gradnja z lesom in lesnimi kompoziti je omenjena tudi v Slovenski strategiji pametne specializacije (SVRSREKP, 2015), saj tovrstni materiali omogočajo napredne in inovativne gradbene rešitve (Šernek, 2008b). Prednosti uporabe lesa kot gradbenega materiala v gradbeništvu so: (1) raba obnovljivega in lokalnega vira ter razvoj lokalnega gospodarstva, (2) skladiščenje ogljika in (3) izogibanje uporabe materialov, ki so proizvod industrije, povezane s fosilnimi gorivi fosilna goriva (Sathre in O'Connor, 2010; Nässén in sod., 2012; Hildebrandt in sod., 2017).

Poleg omenjenih prednosti je možnost rabe lesa kot gradbenega materiala povečala tudi razvoj tehnoloških procesov obdelave lesa. Razvoj tehnologij izdelave lesnih kompozitov za gradnjo (npr. lepljenih nosilcev, križno lepljenega lesa, konstrukcijskega kompozitnega lesa) (Šernek, 2008a; Šega in Šernek, 2018) je v skandinavskih državah vodilo k spremembam zakonodaje, ki je pred letom 2011 dovoljevala leseno gradnjo do trinadstropnih objektov, po letu 2011 pa tudi do osemnadstropnih (Toppinen in sod., 2018). Omenjena sprememba zakonodaje se je na Finskem odražala v povečanju deleža lesenih večnadstropnih stavb iz 1 % leta 2010 na 10 % do leta 2015 (Toppinen in sod., 2018).

Kruus in Hakala (2017) ter tudi Hurmekoski in sod. (2018a) navajajo rabo lignina kot dodatka pri proizvodnji betona. Tovrstna raba bi v procesu gradbeništvu potencialno zmanjšala količino porabljene vode in cementa ter posledično izboljšala izpuste toplogrednih plinov (Kruus in Hakala, 2017).

4.2.4 Les kot surovina v tekstilni industriji

4.2.4 Wood as raw material in textiles production

Tekstilna industrija je ena izmed največjih gospodarskih panog na svetu (Antikainen in sod., 2017). V njej so bile leta 2015 v večini osnovne surovine za proizvodnjo sintetičnih vlaken: poliester (69 %), sledila sta bombaž (23 %) in vlakna iz celuloze (7%) (Antikainen in sod., 2017). V svetu se povpraševanje po tekstilu veča v odvisnosti od števila prebivalstva in rasti bruto domačega proizvoda (Antikainen in sod., 2017). Zaradi

razmeroma netrajnostne proizvodnje sintetičnih vlaken in zmanjšanja v proizvodnji bombaža je v prihodnosti pričakovati povečanje proizvodnje zaradi tekstilnih vlaken iz celuloze (Antikainen in sod., 2017; Hurmekoski in sod., 2018a).

Proizvodnja tekstila iz celuloznih vlaken je povezana s pridobivanjem celuloze (Alam in Christopher, 2017) in nanoceluloze (Hurmekoski in sod., 2018a). V prihodnosti se proizvodnja celuloze za potrebe izdelave tekstila omenja kot nadgradnja papirniške industrije, ki se v zadnjih desetletjih zaradi digitalizacije sooča z zmanjševanjem proizvodnje papirja (Alam in Christopher, 2017; Antikainen in sod., 2017).

Glede na svetovno razširjenost industrije so s proizvodnjo tekstila povezani tudi veliki negativni vplivi na okolje, ki so odvisni od vrste vlaken. Proizvodnja bombaža in sintetičnih vlaken (predvsem poliestra) pomeni od 2 do 9 ton izpusta CO₂, medtem ko izpusti proizvodnje celuloznih vlaken iz ligno-celulozne biomase znašajo 1 t CO₂ na tono proizvedenih vlaken (Antikainen in sod., 2017). Pričakovati je večanje deleža uporabe ligno-celulozne biomase in večjo dodano vrednost biogospodarstva v tekstilni industriji (Hurmekoski in sod., 2018a).

4.2.5 Les kot surovina za proizvodnjo kemikalij

4.2.5 Wood as raw material in biochemicals production

V zadnjih desetletjih se biogospodarstvo na področju proizvodnje kemikalij pojavlja preko razvoja tehnologije pridobivanja biokompozitov iz obnovljivih virov (Hurmekoski in sod., 2018a). Biokompozite glede na tehnološki razvoj delimo na (1) biopolimere; (2) biokemikalije z enakimi lastnostmi kot kemikalije iz fosilnih virov in (3) biokemikalije, ki jih ni mogoče proizvesti z industrijo fosilnih goriv (Carus in sod., 2017; Hurmekoski in sod., 2018a).

Biopolimeri so uporabni predvsem za proizvodnjo bioplastike, ki ima zaradi nekaterih lastnosti (npr. biorazgradljivost ali možnost ponovne rabe, majhna teža in dolga obstojnost v kontroliranih razmerah) možnost potencialne rabe v proizvodnji embalaže. Les je kot surovina uporaben v proizvodnji biopolimerov, ki so

pozneje pomembni za proizvodnjo t. i. pametne embalaže, kot tudi delov v avtomobilski industriji (Partanen in Carus, 2016).

Kemikalije, kot so etilen, propilen in jantrna kislina, se konvencionalno proizvajajo v industriji fosilnih goriv, v prihodnosti pa bi lahko kot surovinsko osnovo za njihovo proizvodnjo uporabili les (Hurmekoski in sod., 2018a). Med biokemikalije uvrščamo tudi mlečno kislino, ki se uporablja v živilski, farmacevtski in kemijski industriji (de Jong in sod., 2012). V proizvodnji mlečne kisline se trenutno v veliki meri uporabljajo kmetijski pridelki (koruza, krompir, melasa), ki pa jih je mogoče z ustrezno tehnologijo nadomesti z lesom (John in sod., 2007; Hurmekoski in sod., 2018a). Prednost proizvodnje omenjenih biokemikalij je, da trg že obstaja in so torej odjemalci (porabniki) že zagotovljeni. Uvajanje novih bio-osnovanih produktov je v mnogih primerih težje, saj je potreben dodaten trud za promocijo in ustvarjanje novih tržnih poti (de Jong in sod., 2012).

Raziskave na področju razvoja biokemikalij na osnovi lesa potekajo tudi v Sloveniji. Avtorji med drugim izpostavljajo potencialno rabo utekočinjenega lesa v prihodnosti kot primes lepilu melamin-formaldehid v proizvodnji lesnih plošč (Čuk in sod., 2015) in v proizvodnji površinskih premazov lesenih izdelkov (Hrastnik in sod., 2014). Poljanšek in sod. (2019) poročajo o okolju prijazni metodi ekstrakcije, izolacije in purifikacije pinosilvinov iz lesa bora in smreke, ki jih v nadaljevanju uporabljajo v farmacevtski industriji.

5 POVZETEK

Biogospodarstvo je koncept organiziranja gospodarskih aktivnosti, ki temelji na rabi naravnih virov (Keegan in sod., 2013; Winkel, 2017). Vključuje vse sektorje in sisteme, ki v proizvodnji uporabljajo naravne vire (t.j. živalske, rastlinske, mikroorganizme ter druge organske odpadke), njihove funkcije in načela. Biogospodarstvo v grobem sestavljata krožno gospodarstvo in kaskadna raba virov.

Les ali lesna biomasa tvorita pomemben del biogospodarstva, pri čemer je vključevanje načel krožnosti in kaskadne rabe na področje rabe lesa pod vplivom (1) razpoložljivosti lesa, ki se v zadnjih

dveh desetletjih na ravni Slovenije večja (ZGS, 2018; FAO, 2019), (2) razmer na trgu z lesom, ki je v Sloveniji pod močnim vplivom razmer v sosednjih državah, (3) družbenega okvira, ki ga določa Slovenske politika (Lovec in sod., 2019) ter družba kot uporabnik (Golkonda, 2013) in (4) ekonomska pomembnost biogospodarstva, ki jo določajo dodane vrednosti in prihodki (Ronzon in sod., 2017; EC, 2019)

V primerjavi z drugimi državami (Avstrija, Nemčija in Finska) je Slovenija z razvojem biogospodarstva začela razmeroma pozno, kar je razvidno v zapoznjeni rasti dodane vrednosti in prihodkov slovenskega biogospodarstva (Ronzon in sod., 2017; EC, 2019). V zadnjih dveh desetletjih je zaznati tudi izboljšanje učinkovitosti gospodarjenja z gozdovi, zmanjšanje količin domače predelave industrijskega lesa in konstantno večanje izvoza okroglega lesa (FAO, 2019)

Nadaljnji razvoj področja rabe lesa in lesne biomase v biogospodarstvu se bi lahko razvil preko dveh strani: (I) preko nadaljnega izboljševanja učinkovitosti gospodarjenja z gozdom in nadgradnje obstoječih tehnologij predelave lesa, (II) preko razvoja in vzpostavljanja novih tehnologij rabe lesa, predvsem v pomenu učinkovitejše rabe lesa slabše kakovosti, lesnih ostankov in stranskih produktov lesnopredelovalne in papirniške industrije po načelih krožnega biogospodarstva (Hurmekoski in sod., 2018a).

5 SUMMARY

The bioeconomy is a concept of organizing economic activities based on the sustainable use of bio-based raw material (Keegan et al., 2013; Winkel, 2017). It covers all sectors and systems based on natural resources (animals, plants, micro-organisms including organic waste), their functions and principles. Circular economy and cascading use of resources represent the basic concepts of bioeconomy.

Wood and wood-biomass production are an essential part of the bioeconomy. The introduction of bioeconomy principles in the field of wood and woody-biomass are affected by (1) the availability of wood biomass, which has been increasing on the level of Slovenia in the last two decades (ZGS, 2018; FAO, 2019), (2) situation on the market,

which is strongly affected by the conditions in the neighboring countries in Slovenia (WCM, 2019), (3) social framework, defined by the Slovenian policy development (Lovec et al., 2019) and by society and users (Golkonda, 2013) and (4) economic importance of the bioeconomy; representation in value-added and revenue (Ronzon et al., 2017; EC, 2019).

Compared to other countries (i.e. Austria, Germany, and Finland), Slovenia started relatively late with the development of the bioeconomy; this can be observed mainly on the delayed onset of value-added and turnover growth in the bioeconomy (Ronzon et al., 2017; EC, 2019). In the last two decades, in Slovenia we recorded an increase in the efficiency of forest management, a decrease in the amount of roundwood processed and consequently increasing export of roundwood (FAO, 2019).

The future development of wood-based bioeconomy in Slovenia may be performed at two levels. Firstly, by improving the efficiency of forest management and optimizing and upgrading existing timber-processing technologies. Secondly, with the development and establishment of new technologies which can enable more efficient use of lower quality wood, wood residues and by-products of the wood processing and paper industry according to the principles of circular bioeconomy (Hurmekoski et al., 2018a).

6 VIRI

6 REFERENCES

- Alam M. N., Christopher L. P. 2017. A novel, cost-effective and eco-friendly method for preparation of textile fibers from cellulosic pulps. *Carbohydr Polym*, 173: 253–258. Povezava: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28732863>
- Antikainen R., Dalhammar C., Hildén M., Judl J., Jääskeläinen T., Kautto P., Koskela S., Kuisma M., Lazarevic D., Mäenpää I., Ovaska J.-P., Peck P., Rodhe H., Temmes A., Thidell Å. 2017. Renewal of forest based manufacturing towards a sustainable circular bioeconomy, Finnish Environment Institute: 128 str.
- Braunsberger F., Hlavaty M., Schlamberger N., Stevanovic S. 2010. Standardna klasifikacija dejavnosti 2008. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije: 452 str.
- Buležan A. 2008. Dodana vrednost: ali informacije o njej dopolnjujejo tiste o dobičku podjetja? = Added value: does information on it complement information on company profit? Povezava: http://www.fm-kp.si/zalozba/ISSN/1854-4231/3_379-390.pdf
- Carus M., Dammer L. 2018. The Circular Bioeconomy—Concepts, Opportunities, and Limitations. *Industrial biotechnology*, 14, 2: 83–91. Povezava: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ind.2018.29121.mca>
- Carus M., Dammer L., Puente Á., Raschka A., Arendt O. 2017. Bio-based drop-in, smart drop-in and dedicated chemicals. Huerth, Germany, Nova-Institut GmbH: 3 str.
- Čuk N., Kunaver M., Poljanšek I., Ugovšek A., Sernek M., Medved S. 2015. Properties of liquefied wood modified melamine-formaldehyde (MF) resin adhesive and its application for bonding particleboards. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 29, 15
- Dahmen N., Lewandowski I., Zibek S., Weidtmann A. 2018. Integrated lignocellulosic value chains in a growing bioeconomy: Status quo and perspectives. *GCB Bioenergy*
- de Jong E., Higson A., Walsh P., Wellisch M. 2012. Bio-based Chemicals Value Added Products from Biorefineries: 36 str.
- EC. 2012. STRATEGIJA ZA „INOVACIJE ZA TRAJNOSTNO RAST: BIOGOSPODARSTVO ZA EVROPO“ Povezava: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0060&from=EN>
- EC. 2018. A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society, and the environment. innovation D.-G. f. R. a. Luxemburg, Publication office of the European Union: 107 str.
- EC. 2019. Podatki o vrednotenju evropskega biogospodarstva. Portal : Jobs and Wealth in the European Union Bioeconomy. Povezava: https://ec.europa.eu/knowledge4policy/bioeconomy_en.
- EUROSTAT. 2015. Volume of timber. Povezava: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.
- FAO. 2018. ASSESSING THE CONTRIBUTION OF BIOECONOMY TO COUNTRIES' ECONOMY: A brief review of national frameworks. Rim, FAO: 67 str.
- FAO. 2019. FAOSTAT - Forest trade and production. Nations F. a. A. O. o. t. U. str.
- Glavic Z., Podnar K. 2014. Vpliv ekoloških oznak na potrošnikovo pripravljenost placati vec : diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede: 52 str.
- Golkonda S. B. 2013. Bioproducts: Consumers' perception and buying behavior. M.S. Ann Arbor, Tennessee State University: 86 str.
- Gurria P., Ronzon T., Tamosiunas S., Lopez Lozano R., Garcia Condado S., Guillen Garcia J., Cazzaniga N., Jonsson K., Banja M., Fiore G., Camia A., M'Barek R. 2017. Biomass flows in the European Union:

- The Sankey biomass diagram - towards a cross-set integration of biomass. Scientific and Technical Research Series. povezava: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC106502>
- Hagemann N., Gawel E., Purkus A., Pannicke N., Hauck J. 2016. Possible Futures towards a Wood-Based Bioeconomy: A Scenario Analysis for Germany. *Sustainability*, 8, 1
- 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. Povezava: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716305923>
- Hrastnik D., Petric M., Humar M. 2014. Uporaba utekocinjenega kontaminiranega lesa za izdelavo premazov kot alternativni način ravnanja z odsluženim lesom : doktorska disertacija = Application of contaminated liquefied wood for preparation of coatings as an alternative way of handling impregnated recovered wood : doctoral dissertation. Ljubljana, University of Ljubljana, str.
- Huang H.-J., Ramaswamy S., Tschirner U. W., Ramarao B. V. 2008. A review of separation technologies in current and future biorefineries. *Separation and Purification Technology*, 62, 1: 1–21
- Hurmekoski E., Jonsson R., Korhonen J., Jänis J., Mäkinen M., Leskinen P., Hetemäki L. 2018a. Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48, 12: 1417–1432
- Hurmekoski E., Pykäläinen J., Hetemäki L. 2018b. Long-term targets for green building: Explorative Delphi backcasting study on wood-frame multi-story construction in Finland. *Journal of Cleaner Production*, 172: 3644–3654
- Husgafvel R., Linkosalmi L., Hughes M., Kanerva J., Dahl O. 2018. Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. *Journal of Cleaner Production*, 181: 483–497
- John R. P., Nampoothiri K. M., Pandey A. 2007. Fermentative production of lactic acid from biomass: an overview on process developments and future perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74, 3: 524–534. Povezava: <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0779-6>
- Kangas H.-L., Lintunen J., Pohjola J., Hetemäki L., Uusivuori J. 2011. Investments into forest biorefineries under different price and policy structures. *Energy Economics*, 33, 6: 1165–1176
- 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, 2: 193–206
- Kleinschmit D., Lindstad B. H., Thorsen B. J., Toppinen A., Roos A., Baardsen S. 2014. Shades of green: a social scientific view on bioeconomy in the forest sector. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29, 4: 402–410. Povezava: <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.921722>
- Krajnc N., Piškur M. 2006. Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Sloveniji = Roundwood and wood waste flow analysis for Slovenia. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*: 31–54. Povezava: <http://eprints.gozdis.si/221/>
- Kruus K., Hakala T. (ur.). 2017. The Making of BIOECONOMY TRANSFORMATION, VTT Technical Research Centre of Finland: 84 str.
- Lamers P., Junginger M., Hamelinck C., Faaij A. 2012. Developments in international solid biofuel trade—An analysis of volumes, policies, and market factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5: 3176–3199
- Larson E. D., Consonni S., Katofsky R. E., Lisa K., Frederick W. J. 2007. A Cost-Benefit Assessment of Gasification-Based Biorefining in the Kraft Pulp and Paper Industry, The Trustees Of Princeton University: 365 str.
- Lewandowski I. 2015. Securing a sustainable biomass supply in a growing bioeconomy. *Global Food Security*, 6: 34–42
- Lovec M., Juvančič L., Mešl M. 2019. Družbeni kontekst prehoda v biogospodarstvo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Inštitut za celulozo in papir, Kemijski inštitut, Gozdarski inštitut Slovenije, Gospodarska zbornica Slovenije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede; 87 str.
- MOPRS. 2018. Kažipot prehoda v krožno gospodarstvo. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije: 59 str.
- Nässén J., Hedenus F., Karlsson S., Holmberg J. 2012. Concrete vs. wood in buildings – An energy system approach. *Building and Environment*, 51: 361–369. Povezava: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132311003957>
- OECD. 2005. Business Clusters. Paris, OECD Publishing: 244 str.
- OECD. 2009. OECD Economic Surveys: Slovenia 2009. str.
- OECD. 2018. Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy. Paris, OECD Publishing: 199 str.
- Pannicke N., Gawe E., Hagemann N., Purkus A., Strunz S. 2015. The Political Economy of Fostering a Wood-based Bioeconomy in Germany. 64: 224–243 str.
- Partanen A., Carus M. 2016. Wood and natural fiber composites current trend in consumer goods and

- automotive parts. *Reinforced Plastics*, 60, 3: 170–173
- Pätäri S., Tuppura A., Toppinen A., Korhonen J. 2016. Global sustainability megaforges in shaping the future of the European pulp and paper industry towards a bioeconomy. *Forest Policy and Economics*, 66: 38–46
- Pirjevčec T., Vahcic A. 2015. Ponovni zagon slovenske lesnoprredelovalne industrije : magistrsko delo. Ljubljana, [T. Pirjevčec], str.
- Poljanšek I., Oven P., Vek V., Raitanen J.-E., Hemming J., Willför S. 2019. Isolation of pure pinosylvins from industrial knotwood residue with non-chlorinated solvents. *Holzforschung*, 73, 5: 475–484
- Polonsky M. J. 1994. An Introduction To Green Marketing. *Electronic Green Journal*, 1, 2: 10. Povezava: <https://cloudfront.escholarship.org/dist/prd/content/qt49n325b7/qt49n325b7.pdf>
- Rajh M., Juvancic L., Petkovic H., Narat M. 2017. Dejavniki razvoja bioekonomije v Sloveniji : magistrsko delo = Factors of bioeconomy development in Slovenia : M. Sc. thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, M.Sc: 112 str.
- Ronzon T., M'Barek R. 2018. Socioeconomic Indicators to Monitor the EU's Bioeconomy in Transition. *Sustainability*, 10, 6
- Ronzon T., Piotrowski S., M'Barek R., Carus M. 2017. A systematic approach to understanding and quantifying the EU's bioeconomy. *Bio-based and Applied Economics*, 6, 1: 1–17. Povezava: <http://www.fupress.net/index.php/bae/article/view/20567/19048%J>
- Sathre R., O'Connor J. 2010. Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. *Environmental Science & Policy*, 13, 2: 104–114
- Ščap Š., Triplat M., Piškur M. 2014. Metodologija za izračun ocen potencialov lesa. *Acta Silvae et Ligni*, 105: 27–40. Povezava: <https://books.google.si/books?id=EQuPrgEACAAJ>
- Šega B., Šernek M. 2018. Križno lamelirani les – lastnosti in zahteve. *Les/Wood*, 67, 2. Povezava: <http://www.les-wood.si/index.php/leswood/article/view/39>
- Šernek M. 2008a. Konstrukcijski kompozitni les. Jošt M. Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 56 str.
- Šernek M. 2008b. Konstrukcijski kompozitni les = Structural composite timber. *Gradnja z lesom - izziv in prilagodljivost za Slovenijo*: 84–88
- Sikkema R., Dallemand J. F., Matos C. T., van der Velde M., San-Miguel-Ayanz J. 2016. How can the ambitious goals for the EU's future bioeconomy be supported by sustainable and efficient wood sourcing practices? *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32, 7: 551–558
- Soos T., Lautar K., Urbancic H., Kobe Logonder N., Kmet Zupancic R., Fajic L., Cokl A., Gantar J., Lenarcic M., Culpa N. 2017. Strategija razvoja Slovenije 2030. Ljubljana, Sluzba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko: 72 str.
- Strong C. 1996. Features contributing to the growth of ethical consumerism - a preliminary investigation. 14, 5: 5–13. Povezava: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02634509610127518>
- SURS. 2019a. Podatki o proizvodnji gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji. Povezava: <https://pxweb.stat.si/SiStat>.
- SURS. 2019b. Podatki o uvozu in izvozu okroglega lesa v Sloveniji. Povezava: <https://pxweb.stat.si/SiStat>.
- SURS. 2019c. Proizvodna struktura BDP. Povezava: <https://pxweb.stat.si/SiStat>.
- SURS. 2019d. Zaposlenost v Sloveniji (SKD 2008). Povezava: <https://pxweb.stat.si/SiStat>.
- SVRSREKP. 2015. Slovesnka strategija pametne specializacije S4. Ljubljana, Sluzba vlade Republike Slovenija za razvoj in evropsko kohezijsko politiko: 39 str.
- Toppinen A., Pätäri S., Tuppura A., Jantunen A. 2017. The European pulp and paper industry in transition to a bio-economy: A Delphi study. *Futures*, 88: 1–14
- Toppinen A., Röhr A., Pätäri S., Lähtinen K., Toivonen R. 2018. The future of wooden multistory construction in the forest bioeconomy – A Delphi study from Finland and Sweden. *Journal of Forest Economics*, 31: 3–10
- Ugovšek A., Šubic B., Starman J., Rep G., Humar M., Lesar B., Thaler N., Brischke C., Meyer-Veltrup L., Jones D., Häggström U., Lozano J. I. 2019. Short-term performance of wooden windows and facade elements made of thermally modified and non-modified Norway spruce in different natural environments. *Wood Material Science & Engineering*, 14, 1: 42–47. Povezava: <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1494627>
- WCM. 2019. Cene in tokovi lesa. <http://wcm.gozdis.si/cene-in-tokovi-lesa>
- Winkel G. (ur.). 2017. Towards a sustainable European forest-based bioeconomy. *What Science Can Tell Us*. Joensuu, European Forest Institut: 162 str.
- Zerdin T., Golob U. 2015. Odnos potrošnikov do ekoloških oznak na izdelkih : diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 50 str.
- ZGS. 2018. Poročilo Zavoda za gozdove Sliveniji o gozdovih za leto 2017. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije: 141 str.
- Zhang F., Johnson D., Wang J., Liu S., Zhang S. 2018. Measuring the Regional Availability of Forest Biomass for Biofuels and the Potential of GHG Reduction. *Energies*, 11, 1
- Zuo J., Zhao Z.-Y. 2014. Green building research—current status and future agenda: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30: 271–281