

# Izazovi procjene životnog ciklusa proizvoda u drvnoj industriji

---

**Martišković, Dario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:115819>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-05-01**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
ŠUMARSKI FAKULTET  
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**PREDIPLOMSKI STUDIJ  
DRVNA TEHNOLOGIJA**

**DARIO MARTIŠKOVIĆ**

**IZAZOVI PROCJENE ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA U DRVNOJ  
INDUSTRIJI**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, rujan, 2018.**

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AUTOR:</b>          | Dario Martišković<br>14.2.1995. Karlovac<br>0068222251                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>NASLOV:</b>         | Izazovi procjene životnog ciklusa proizvoda u drvnoj industriji                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>PREDMET:</b>        | Trgovina drvom i drvnim proizvodima                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>MENTOR:</b>         | doc.dr.sc. Andreja Pirc Barčić                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>RAD JE IZRAĐEN:</b> | Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet<br>Zavod za organizaciju proizvodnje                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>AKAD. GODINA:</b>   | 2017./2018.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>DATUM OBRANE:</b>   | 21. rujna 2018.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>RAD SADRŽI:</b>     | Stranica: 23<br>Slika: 2<br>Tablica: 9<br>Navoda literature: 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>SADRŽAJ:</b>        | <p>Životni ciklus proizvoda u drvnoj industriji je vrlo koristan podatak o određenom proizvodu. Na temelju tog podatka moguće je odrediti poslovne strategije, način reklamiranja proizvoda, smanjiti troškove proizvodnje, unaprijediti proizvodnju itd.</p> <p>Uz pomoć prethodno provedenih istraživanja i navedene literature u ovom radu su se istraživale prednosti i mane procijene životnog ciklusa proizvoda kao i poteškoće koje se pojavljuju pri procijeni životnog ciklusa proizvoda.</p> |

|                                                                                   |                                                                        |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|  | <p style="text-align: center;"><b>IZJAVA<br/>O IZVORNOSTI RADA</b></p> | <b>OB ŠF 05 07</b> |
|                                                                                   |                                                                        | Revizija: 1        |
|                                                                                   |                                                                        | Datum: 28.6.2017.  |

Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

---

*Dario Martišković*

U Zagrebu, 21. rujna 2018.

## Sadržaj:

|                                                                                                                               |                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. UVOD.....                                                                                                                  | 1                                   |
| 2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA .....                                                                                               | 3                                   |
| 2.1 Životni ciklus (vijek) proizvoda.....                                                                                     | 3                                   |
| 2.2. Procjena utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš (LCA) - <i>Life Cycle Assessment</i> .....                        | 6                                   |
| 2.3 LCA analiza- nedostatci i postavljanje granica sustava .....                                                              | 8                                   |
| 3. CILJ ISTRAŽIVANJA .....                                                                                                    | 10                                  |
| 4. MATERIJALI I METODE .....                                                                                                  | 11                                  |
| 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA.....                                                                                     | 12                                  |
| 5.1. Procjena životnog vijeka proizvoda na okoliš prema “od kolijevke do vrata” metodi za proizvode od drva .....             | 12                                  |
| 5.2. Procjena utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš primjenom “od kolijevke do groba” metode u drvnoj industriji..... | 19                                  |
| 5.3. Procjena životnog ciklusa vijeka proizvoda na okoliš prema “od kolijevke do kolijevke” metodi za proizvode iz drva.....  | 20                                  |
| 6. Zaključak.....                                                                                                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| LITERATURA .....                                                                                                              | 22                                  |

## 1. UVOD

Održivi razvoj je okvir za oblikovanje politika i strategija kontinuiranog gospodarskog i socijalnog napretka, bez štete za okoliš i prirodne izvore bitne za ljudske djelatnosti u budućnosti. On se oslanja na ambicioznu ideju prema kojoj razvoj ne smije ugrožavati budućnost dolazećih naraštaja trošenjem neobnovljivih izvora i dugoročnim uništavanjem i zagađivanjem okoliša. Osnovni je cilj osigurati održivo korištenje prirodnih izvora na nacionalnoj i međunarodnoj razini. Riječ je o modelu održivosti koji stavlja naglasak na vođenje razvojne politike uz maksimalnu primjenu znanstvenih dostignuća i novih tehnologija u cilju zaštite prirode i očuvanja okoliša. Drugim riječima, održivi razvoj je način proizvodnje i potrošnje koji vodi računa o prirodnim resursima eko-sustava unutar kojeg se ti procesi odvijaju. Pitanje je društvene odgovornosti da procesi proizvodnje i potrošnje ne ugrožavaju sposobnost obnavljanja prirodnih resursa (Web 1).

Nadalje, cilj održivog razvoja je trojak - teži gospodarskoj učinkovitosti (ekonomskom razvoju), društvenoj odgovornosti (socijalnom napretku) i zaštiti okoliša. Navedene tri stavke nazivamo stupovima održivog razvoja. Jedan od glavnih ciljeva održivog razvoja je smanjenje ispuštanja CO<sub>2</sub> u atmosferu, a taj process se naziva dekarbonizacija (Duić, 2010.).

Kada govorimo o smanjenju emisije CO<sub>2</sub> u drvoj industriji i uporabi drva, ono je važan čimbenik u borbi s klimatskim promjenama uzrokovanim emisijama CO<sub>2</sub> u atmosferi. Drvo na dva načina smanjuje emisiju CO<sub>2</sub>. Prvi način je "uklopljenom energijom", odnosno količina energije koju je potrebno uložiti u proizvodnju i transport materijala za proizvodnju gotovog proizvoda. Drvo ima nisku "uklopljenu energiju" s obzirom na druge materijale, odnosno u industriji i preradi drva se ispušta puno manje CO<sub>2</sub> nego u proizvodnji npr. čelika koji ima visoku "uklopljenu energiju". Svaki m<sup>3</sup> drva je 1,1 tona manje CO<sub>2</sub> u atmosferi (Turkulin i Živković, 2018.). Drugi način je pohranjenim CO<sub>2</sub> u drvu, odnosno drvo u sebi 'zarobi' 0,9 tona CO<sub>2</sub> iz atmosfere tokom rasta. Ta bi se količina ispuštila iz drva sagorijevanjem, ali upotrebom drva u raznim proizvodima CO<sub>2</sub> ostaje zarobljen u drvu (Turkulin i Živković, 2018.).

Niti proizvođači proizvoda od drva (industrija), a niti krajnji korisnici nisu svjesni vlastite uloge i mogućnosti utjecanja na smanjenje nepovoljnih utjecaja proizvoda na okoliš. Društveno odgovorno poslovanje odnosi se na odgovornost tvrtke da svojim proizvodnim i poslovnim aktivnostima kontinuirano doprinosi održivom razvoju. Zbog nedostatka znanja o konceptu održivog razvoja, mnogo sudionika u lancu stvaranja vrijednosti proizvoda načela održivosti

okoliša poistovjećuje sa aktivnostima smanjenja utjecaja proizvodnog procesa na okoliš. Međutim, prema načelima održivosti okoliša, cilj tzv. zelenih procesa je nastojati smanjiti utjecaje svih aktivnosti u svim fazama životnog ciklusa proizvoda i/ili usluge (sirovina-proizvodnja-uporaba-oporaba/recikliranje) na okoliš, i to kroz: smanjenje emisija, davanjem prednosti obnovljivim materijalima te smanjenjem ukupnih troškova životnog ciklusa proizvoda i/ili usluga (Shrivastava i Hart, 1995.).

U području procjene proizvoda i procesa razvijene su određene metodologije, tehnike i alati koje podupiru politike i strategije svih dimenzija održivog razvoja. Jedna od tehnika za utvrđivanje i procjenu ukupnog djelovanja tijekom proizvodnje, korištenja i odlaganja proizvoda i moguće ponovne uporabe na okoliš je procjena životnog ciklusa proizvoda (LCA). LCA metoda određuje utjecaj životnog ciklusa proizvoda na okoliš.

## 2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

### 2.1 Životni ciklus (vijek) proizvoda

Životni ciklus proizvoda (*Product Life Cycle*) (PLC) je koncept uveden '50-ih godina 20.-og stoljeća. Služi kako bi prikazao “proces starenja” proizvoda (Web 2). Klasičan ili tradicionalan oblik životnog ciklusa proizvoda sastoji se od 4 faze, a to su: faza uvođenja, faza rasta, faza zrelosti i faza opadanja. Slika 1 prikazuje teoretski oblik krivulje životnog ciklusa proizvoda. U praksi se oblik krivulje može mijenjati ovisno o uspješnosti proizvoda (Previšić i Došen, 2007.). Postoje proizvodi koji ubrzo nakon uvođenja na tržište dožive neuspjeh pa njihova krivulja niti nema faze rasta i zrelosti

Faze životnog ciklusa proizvoda: 1. uvođenje, 2. rast, 3. zrelost i 4. Opadanje.



Slika 1. Faze u životnom ciklusu proizvoda (preuzeto od Hočevar M., 2009)

Prva faza životnog ciklusa je uvođenje. Cilj ove faze je ispuniti potrebe potrošača za kvalitetnim proizvodom uz najmanje moguće troškove kako bi se dobio najveći mogući profit (Web 2).

Faza uvođenja proizvoda se sastoji od pet dijelova:

1. Razrada ideje o proizvodu- cilj ove faze je istražiti tržište te ustanoviti koje potrebe kupaca nisu zadovoljene proizvodima ponuđenim na tržištu.

2. Konceptualizacija proizvoda- kompanija utvrđuje koji su joj resursi dostupni, kojom tehnologijom raspolaže, koliki joj je kapacitet proizvodnje te procijenjuje minimalne i maksimalne predviđene prihode.
3. Finalni dizajn i specifikacija proizvoda- rješavaju se posljednji detalji vezani za dizajn i finalne pripreme vezane za proizvodnju.
4. Izrada prototipa i testiranje- prototip se šalje na testiranje kontrole kvalitete ali se također ispituje reakcija tržišta na proizvod.
5. Proizvodnja.

Dakle, krajnji cilj uvodne faze životnog ciklusa proizvod je da se među potencijalnim potrošačima pročuje za proizvod. U ovoj fazi životnog ciklusa proizvoda prodaja može biti slaba jer se tek širi svijest o proizvodu. Marketing i reklamiranje su ključni u ovoj fazi i stoga je budžet za marketing pozamašan. Tip marketinga naravno zavisi od proizvoda. Ako je cilj masovno privlačenje potrošača onda je tematski marketing najbolja opcija. Ukoliko je proizvod iz određene niše i ako su sredstva ograničena, onda su marketinške kampanje manjeg obujma bolji izbor. Kako proizvod bude prolazio kroz ostale faze životnog ciklusa tako će budžet za marketing biti manji jer će se za proizvod već znati (Web 2). Nakon ulaska proizvoda na samo tržište, povećavanjem prodaje proizvoda ulazi se u drugu fazu životnog ciklusa, fazu rasta proizvoda. Očituje se u tome što se proizvodnja određenog proizvoda povećava što podrazumijeva da se prodajna cijena samog proizvoda smanjuje, a prodaja raste. Dolazi do osvajanja tržišta i znatnog poboljšanja dobiti. Povećanjem proizvodnje smanjuje se jedinični trošak, dobit u ovoj fazi može biti i najbolja u usporedbi s ostalim fazama. Cilj svakog poduzeća je da proizvod u ovoj fazi ‘traje najdulje’ te da ostvari najveću dobit. Održavanje rasta može se postići širenjem prodaje na druga tržišta, te tako još smanjiti troškove i povećati dobit. Da bi se ostvario daljnji rast koji je cilj svakog poduzeća, poduzeće mora dodatno ulagati u poboljšanje kvalitete, dodavanje novih karakteristika proizvoda i uvođenje novih modela koji podrazumijevaju nove troškove. U ovoj fazi može doći i do snižavanja cijene samo kako bi se privuklo nove kupce te tako ostvario profit. Poduzeće u ovoj fazi može razmatrati nove kanale distribucije ili izlazak na inozemna tržišta (Potnik i sur., 2013).

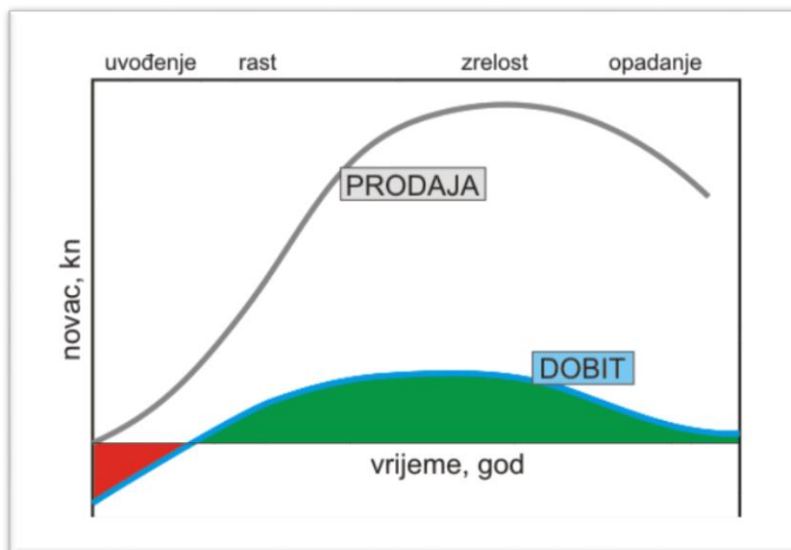
Treća faza životnog ciklusa proizvoda je zrelost. Kada proizvod dođe do faze zrelosti u svom životnom ciklusu, prodaja već polako opada i približava se (skoro uvijek) neizbježnoj fazi opadanja (Web 2). U ovoj fazi cjenovno natjecanje postaje intenzivno. Konkurencija pokušava steći prednost na tržištu sa sve detaljnijim unapređivanjem svog proizvoda te sve agresivnijim promoviranjem. Sve je teže i teže doprijeti do kupca preko maloprodajnih trgovaca i distributera pa proizvođač mora direktno komunicirati s kupcem. U ovom stadiju životnog vijeka proizvoda kupce se privlači malim razlikama u odnosu na konkurentske proizvode te dodatnim uslugama vezanih za proizvod ( Levitt, 1965.).

Kada krivulja životnog ciklusa krene degresivno, počinje faza odumiranja. Razlozi pada prodaje mogu biti jaka konkurencija, promjene u ponašanju potrošača, pojava novijeg suvremenijeg proizvoda, kvalitetniji proizvodi, atraktivniji i bolje dizajnirani proizvodi, jeftiniji i prihvatljiviji proizvodi, bolja promocija, kvalitetniji sustav distribucije, zasićenost itd. U ovoj fazi bitno je utvrditi razlog naglog pada prodaje. Kada se utvrdi razlog pada prodaje treba donjeti odluku da li će se pokušat ukloniti problem ili će se proizvod prepustiti svojoj sudbini (Kotler i sur., 2014.).

Teorija životnog ciklusa proizvoda je primjenjiva kod većine proizvoda, ali naravno ima izuzetaka kao npr. Coca Cola. Usprkos tome što je na tržištu 132 godine ne može se reći da ulazi u fazu opadanja ili da će ikada ući u fazu opadanja. Coca Cola je sama po sebi brand i kroz povijest je dolazila u raznim bočicama, ali napitak se nije mijenjao (barem tako tvrde iz kompanije) 132 godine. Također se vremensko razdoblje četiriju osnovnih faza ne može odrediti te puno toga ovisi o proizvodu i o tržištu.

### **2.1.1. Troškovi u pojedinim fazama životnog ciklusa proizvoda**

Trošak je najveći u fazi uvođenja proizvoda na tržište, što je zapravo i logično jer proizvod još nije niti uveden na tržište, a troškovi se očituju u razvoju proizvoda, ispitivanju tržišta, izrada prototipa itd. U fazi rasta troškovi se polako smanjuju jer uvođenjem proizvoda na tržište tvrtka ostvaruje profit (barem se očekuje da će ostvariti profit) (Slika 2).

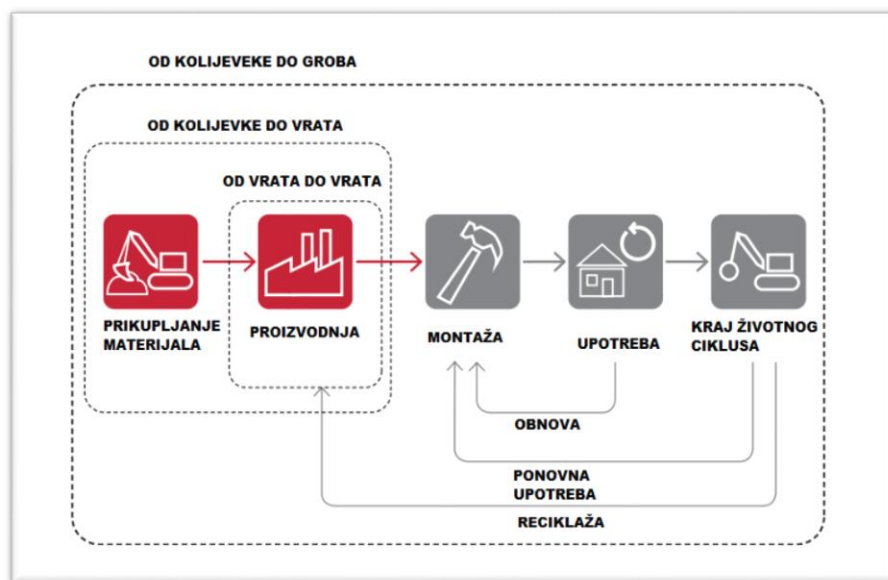


Slika 2. Prikaz troškova u fazama živornog ciklusa proizvoda (preuzeto s: Web 7).

Najveći profit, a ujedno i najmanji troškovi pojavljuju se u fazi zrelosti proizvoda kada tvrtka ostvaruje najveći profit za koji je očekivati da će ulagati u razvoj ostalih proizvoda. Posljednja faza proizvoda očekivano donosi najmanji profit, a to uzrokuje povlačenjem proizvoda iz proizvodnje dok se pozornost kupaca pokušava privući raznim popustima i akcijama vezanim za taj proizvod (Šerić, 2009.).

## 2.2. Procjena utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš (LCA) - *Life Cycle Assesment*

Još od 1960-ih godina postoji zanimanje javnosti za smanjenje štetnih utjecaja proizvodnje na okoliš, pogotovo u Europi i Sjevernoj Americi. Kako je došlo do sve većih klimatskih promjena, ozonskih rupa, zagađenja rijeka, pritisak javnosti na vlade da poduzmu nešto po tome pitanju je bio sve veći i veći. Promjenom opće svijesti dolazi i do reakcije samog tržišta, odnosno ono zahtijeva proizvode koji su eko prihvatljivi te se mogu reciklirati. Kao rezultat tome pojavila se procjena životnog vijeka proizvoda na okoliš (LCA) metodologija. LCA se prvi puta pojavljuje u 60tim godinama u SAD-u. Prve analize rađene su za Coca Colu, u svrhu procjene ekološke prihvatljivosti različitih tipova ambalaže. U to vrijeme ta metoda je bila poznata kao REPA19, a fokusi analize bili su potrošnja energije i materijala, kao i generiranje otpada (Wenzel, 1997.).



Slika 3- Metode procjene utjecaja životnog vijeka proizvoda na okoliš: (a) ‘od kolijevke do groba’; (b) ‘od kolijevke do vrata’; (c) ‘od vrata do vrata’ (Slika preuzeta iz *Life Cycle Assessment*, Katharina Simonen)

Iz slike 3 je vidljivo da metoda “od vrata do vrata” obuhvaća istraživanje o utjecaju na okoliš tijekom proizvodnje. Metoda “od kolijevke do vrata” obuhvaća istraživanje tokom prikupljanja materijala i proizvodnje. Metoda “od kolijevke do groba” obuhvaća istraživanje tokom prikupljanja materijala, proizvodnje, montaže, upotrebe i kraja životnog ciklusa.

Početkom 80 – tih, počeo je rasti interes za procjenu utjecaja proizvoda na okoliš, te su provedene prve LCA analize u nekim europskim zemljama (ponovo je bila riječ o ambalaži). Pošto su baze podataka i metode bile raznovrsne, rezultati su bili teško usporedivi i uglavnom nezadovoljavajući te je uočena potreba za sistematičnijim pristupom u razvoju metodologije za procjenu životnog ciklusa proizvoda. Od kraja 80 – tih pa do današnjih dana, raste interes prema LCA metodi te nalazi sve širu primjenu u različitim područjima ljudskih djelatnosti (politika, proizvodnja, informiranje javnosti ...) (Wenzel, 1997.). Područje primjene LCA metode je vrlo široko. Načelno, može se primijeniti kao potpora prilikom odlučivanja ili kao alat za obradu podataka i to na političkom nivou i na nivou proizvodnje. Na političkom nivou, LCA može poslužiti kao osnova za donošenje odluka u slijedećim slučajevima: Kao osnova za informiranje javnosti (na primjer, većina programa za eko-označavanje se bazira na LCA metodi), kod rangiranja proizvoda (na primjer, kod određivanja poreznih stopa ili olakšica, dodjele poticajnih

sredstava i slično), kod određivanja razvojne strategije industrije na lokalnom ili državnom nivou. (Chapman i Hall, 1997.). S druge strane, značajne koristi od LCA metode imaju i proizvođači, i to: kod formiranja strategije odnosa s javnošću, kod konstrukcije i rekonstrukcije proizvoda, kod odluka o poboljšanjima u tehnološkom procesu, kod marketinga (na primjer, isticanje korištenja LCA kao prednost pred konkurencijom, eko-označavanje i slično) (P Ćosić, 2009.).

Od početka 2000-ih sve više dolazi do potrebe za istraživanjima o utjecaju drvne industrije na okoliš, stoga drvna idustrija pokušava smanjiti emisiju štetnih plinova koji se ispuštaju tokom obrade. Rezultat toga je uvođenje alata na struju, a kod pilana kotlovnice koje se zagrijevaju prirodnim plinom. Mnoge pilane uvele su uređaje za kontrolu ispušnih plinova. Iako dolazi do smanjenja koncentracije štetnih plinova u atmosferi nuspojava je povećanje "energetskog otiska" proizvoda, odnosno potrebno je više energije za obradu proizvoda. (US Department of Agriculture Forest Service, 2000.; Mills, 2001.). Važno je istaknuti, obzirom da postoji više vrsta proizvoda od drva (npr. OSB, šperploča, vlaknatice...) procijena o utjecaju životnog vijeka tog proizvoda na okoliš se mora na neki način kategorizirati obzirom na vrstu proizvoda iz drva jer nemaju sve proizvodi iz drva jednak utjecaj na okoliš. Podjelu možemo vršiti prema masi proizvoda, volumenu ili ekonomskoj vrijednosti, međutim tu dolazi do problema jer različitim metodama rezultati variraju (Taylor i sur., 2017.). Procijena utjecaja proizvoda na okoliš varira ukoliko uspoređujemo metodu ispitivanja prema ekonomskoj vrijednosti i prema masenoj vrijednosti proizvoda. Do razlike dolazi ukoliko npr. uspoređujemo proizvod iz Hrvatske i Austrije pod pretpostavkom da su njihove mase i procesi izrade isti, ali da su resursi u Austriji (kao npr. struja, gorivo...) jeftiniji. U tom slučaju ekonomskom metodom (inputa i outputa) hrvatski proizvod će imati veći utjecaj na okoliš jer su njegovi inputi veći u odnosu na austrijski.

## 2.3 LCA analiza- nedostatci i postavljanje granica sustava

Uz, u prethodnom odlomku, navedene prednosti, primjena LCA metodologije ima i svoje nedostatke, a prema autorici Simonen (2014.) oni su sljedeći: prvi nedostatak je vrijeme potrebno za provedbu LCA analize. Zahtijeva značajan utrošak resursa, zahtijeva pristup velikom broju LCI baza, veliko znanje o proizvodu i tehnikama proizvodnje te veliku stručnost u procjeni; drugi nedostatak je nepotpunost podataka. LCA daje izvještaj samo o globalnim utjecajima ali, ne i o lokalnim, tako na primjer, LCA prati razinu ispušnih plinova, dok ne prati uništavanje staništa lokalnih životinja, što na šumama baziranim industrijama predstavlja vrlo važan i značajan

podatak. Još jedan problem je nedostatak podataka. Rijetko se događa da su potpuni podatci za jedno područje, pa se nedostaci moraju popunjavati podacima iz nekog drugog područja. LCA zahtijeva stručnu procijenu, odnosno odabir metode nadležnog stručnjaka. Samim time se u analizu dovodi mogućnost ljudske pogreške. Metoda “od kolijevke do groba” zahtijeva predviđanje određenih scenarija tokom životnog vijeka proizvoda. Npr. predmet koji je izložen napadu kukaca i truljenju će imati kraći životni vijek, a samim time će ostvariti veći utjecaj na okoliš u fazi proizvodnje od istog predmeta koji će doživjeti reciklažu. Zbog dugotrajnosti proizvoda u drvenoj industriji, LCA analiza zahtijeva puno predviđanja koja se na kraju vrlo lako mogu ispostaviti kao kriva. Samim time je teško odrediti životne faze proizvoda tijekom “od kolijevke do groba” metode (Simonen, 2014.). Proizvodni sustav podrazumijeva sve procese kroz koje prolazi proizvod tijekom svog životnog ciklusa, počevši od ekstrakcije sirovina, pa sve do njegovog odlaganja na otpad ili recikliranja. Čak i najjednostavniji proizvod prolazi kroz relativno velik broj procesa. Međutim, rijetko će se u analizi obuhvatiti cijeli proizvodni sustav, već se postavljaju granice sustava s obzirom na specifične potrebe analize (Wenzel, 1997.).

Granice sustava definiraju procese u koje ulazi promatrani proizvod, ali samo one koji će biti obuhvaćeni analizom. U idealnom slučaju granice sustava biti će postavljene tako da su ulazi i izlazi kroz granicu sustava najprimitivniji mogući elementi. Međutim, ne treba trošiti resurse na kvantifikaciju ulaza i izlaza koji ionako neće znatnije utjecati na rezultat analize. Izbor granica sustava uvelike ovisi o svrsi analize, namjeni, korisnicima, postavljenim pretpostavkama, raspoloživosti podataka, ograničenjima u troškovima, te kriterijima odluka o značajnosti određenih procesa (Wenzel, 1997.). Odnosno, određivanje granica sustava uvelike ovisi o procijeni ispitivača dok prethodno navedeni problemi i nesavršenosti LCA analize mogu znatno utjecati na određivanje granica sustava. Izbor granica sustava je presudan za stupanj pouzdanosti rezultata analize.

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Današnje tržište sve je više usmjereno prema uprabi proizvoda proizvedenih u skladu sa održivim razvojem. Da bi proizvod bio proglašen “zelenim” potrebno je izvršiti procjenu životnog vijeka “od kolijevke do kolijevke”. Nažalost, u drvnoj industriji je to teško izvedivo jer je potrebno dosta vremena da bi se napravila procjena. To je glavni razlog zašto se danas još uvijek relativno rijetko susrećemo sa takvim analizama u drvnoj industriji. Slijedom navedenog, cilj rada je istražiti probleme utvrđivanja granica sustava te prikupljanja i analize podataka (LCIA) pri provedbi LCA analize u tvrtkama drvne industrija.

#### **4. MATERIJALI I METODE**

Za potrebe ovog rada korišteni su sekundarni izvori podataka. U svrhu prikupljanja informacija o prednostima, nedostacima, poticajima i preprekama pri provedbi LCA analize korišteni su podaci i navodi iz znanstvene i stručne literature. Materijali korišteni za analizu u ovom radu preuzeti su iz prethodno obavljenih znanstvenih i stručnih članaka, elaborata i studija o primjeni ekoloških oznaka u različitim industrijama, ali s naglaskom ponajviše na proizvode iz područja drvne industrije. Također su korištene i službene Internet stranice te časopisi vezani za spomenutu temu. Podatci prikupljeni iz literature su prikazani u tablicama. Za izračun cijena goriva korišteni su podaci sa službene stranice OMV-a, a za izračun cijene električne energije korišteni su podaci sa službene stranice HEP-a.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

### 5.1. Procijena životnog vijeka proizvoda na okoliš prema “od kolijevke do vrata” metodi za proizvode od drva

Metoda “od kolijevke do vrata” se zasniva na detaljnom praćenju i prikupljanju podataka o utjecajima na okoliš kojeg izaziva proces izrade nekog proizvoda. Za razliku od “vrata do vrata” metode, ova metoda prikuplja podatke o utjecaju na okoliš od posijanog sjemena pa do gotovog proizvoda spremnog za isporuku. U ovakvim istraživanjima prikupljaju se podatci o inputima i outputima tijekom uzgoja sadnica, šumskih operacija, transporta, pilanskih operacija te same izrade proizvoda. Inputi su npr. električna energija, gorivo, maziva sredstva za strojeve, dok su outputi: piljevina, toplinska energija, emisija CO<sub>2</sub> (Bowers i sur. 2017.).

Dobar primjer je istraživanje o utjecaju proizvodnje lameliranog drva na području sjeverozapada i jugozapada SAD-a iz 2017. godine. Cilj tog istraživanja je bio proširiti prethodno istraživanje iz 2000. godine koje se zasnivalo na principu “od vrata do vrata”. Prvo su prikupljeni podatci o inputima i outputima tijekom uzgoja sirovine, njene sječe te šumskih poslova. Inputi tijekom te faze su: sjeme, gnojivo, struja, gorivo te maziva sredstva. Glavni output ove faze su trupci koji se dalje transportiraju u pilanu. Drvni ostaci i grane se u ovom istraživanju nisu dalje pratili. (Bowers i sur., 2017.). Istraživanje prati i potrošnju goriva za potrebe transporta trupaca od šume do pilane. Po dolasku trupaca u pilanu mjeri se njihova masa kako bi se na kraju dobio podatak o postotnom iskorištenju drvne mase. Nakon toga trupci se skladište na stovarištu gdje ih se polijeva vodom radi očuvanja mokrog imuniteta drva, što predstavlja financijske gubitke u obliku troška za vodu. Sljedeći korak je ulazak trupaca u pogon te njihovo raspiljivanje da bi se dobivene piljenice odpremle u sušionu gdje se suše na 15 % vlažnosti. Tijekom sušenja u sušionici njihov utjecaj na okoliš se manifestira u toplinskoj energiji ispuštenoj iz sušionice te u utrošenoj električnoj energiji. Po izlasku iz sušionice se vizualnim utrdivanjem pronalaze greške drva te se one ispiljuju iz sirovine. Inputi za ovu fazu su: električna energija, dizel gorivo, benzin, para iz parnih kotlova te voda, dok su outputi: piljenice, ostaci od piljenica, kora, okrajci i piljevina. Kako se ovo istraživanje vršilo u vezi lameliranih drvenih greda, treća faza prikupljanja podataka vezana je za pogone namjenjene za izradu takvih proizvoda. Za proizvodnju lameliranih greda koristila su se ljepila na bazi fenol-rezorcin-formaldehidne smole i melamin-urea-formaldehidne smole. Pošto se

radi o “od kolijevke do vrata” metodi istraživanja potrebno je bilo prikupiti podatke o inputima i outputima tijekom izrade ljepila te o troškovima transporta i količini ispušnih plinova tijekom proizvodnje. Podatci o smolama se temelje na podacima dobivenim od strane proizvođača iz 2005. godine. U pogonu za izradu te vrste proizvoda se sirovina dodatno suši (u slučaju da se tijekom transporta promijenila njena vlažnost) nakon čega se nanosi ljepilo te se grede stavljaju u prešu. Ljepilo se suši pomoću radiovalova i UV zračenja što uzrokuje dodatni utrošak električne energije. Konačna masa proizvoda je bila  $546 \text{ kg/m}^3$  pri sadržaju vode od 13 % za sjeverozapadni dio SAD-a, dok je za jugozapadni dio bilo  $626 \text{ kg/m}^3$  pri sadržaju vode od 14 %. Razlika u gustoći je uzrokovana time što tvrtke iz različitih dijelova SAD-a koriste druge vrste drva. Masa proizvoda je važna jer se na osnovu nje izračunava količina drvnog ostatka i otpada potrebnog za proizvodnju  $1 \text{ m}^3$  lameliranog drva (Bowers i sur, 2017.). Podatci o uzgoju šuma i šumskim operacijama u ovom istraživanju su uzeti iz prethodnih istraživanja (Johnson et al. 2005). Podatci vezani uz pilanske poslove su prikupljeni iz pilana koje opskrbljuju proizvođače lameliranog drva u jugozapadnim i sjeverozapadnim djelovima SAD-a (Milota 2015a, 2015b). Za sudjelovanje u istraživanju su se dobrovoljno javile četiri tvornice sa sjeverozapada te dvije sa jugoistoku SAD-a što ukupno čini 68,75 % ukupne proizvodnje lameliranog drva u SAD-u u 2013. godini. Za izračunavanje utjecaja šumskih operacija na okoliš prikupljeni podatci su ubačeni u programe Simpa Pro 8.0 i TRACI 2.1. Potrošnja goriva je izračunata na način da su prikupljeni podatci o potrošnji goriva za potrebe pripremanja sadne površine, sadnje te sječe nakon čega je količina goriva podijeljena sa volumenom posiječene sirovine, da bi se dobio podatak o potrošnji goriva po jednom metru kubnom posiječene sirovine. Nažalost toplina koja je prilikom tih operacija ispuštena iz strojeva nije izmjerena te je otišla u atmosferu. Sudjelovanje tvornica u istraživanju je dobar potez jer dobivenim rezultatima mogu unaprijed predvidjeti porez koji će platiti zbog utjecaja na okoliš (zagađenja). Također mogu usporediti rezultate sa ostalim tvrtkama te vidjeti kako mogu smanjiti neke troškove, ili su inputi za neki proizvod veći od outputa te treba li napustiti proizvodnju tog proizvoda. Ali, također su u prednosti nad tvrtkama koje nisu sudjelovale u istraživanju jer se današnje tržište kreće u smjeru gdje je kupcima sve važniji i važniji utjecaj proizvoda na okoliš. Tvrtke koje posjeduju podatke o utjecaju na okoliš te imaju izračun troškova u tom segmentu proizvodnje, su u prednosti nad ostalima. Veliki utjecaj na okoliš ima transportna udaljenost koju treba prevaliti te način transporta drva i ostalih materijala do tvornice. Nadalje, istraživanje je pokazalo kako najveći utjecaj na okoliš ima način pogona strojeva, odnosno energetski otisak koji

ostavlja proizvod. Tri osnovna stadija proizvodnje lameliranog drva su: šumske operacije, pilanske operacije i izrada lameliranog drva (Bowers i sur., 2017.).

Tablica 1. Troškovi energije za izradu lameliranog drva.

|                        | Jedinica | Sjeverozapad SAD-a |                  |                    |             | Jugoistok SAD-a |                  |                    |             |
|------------------------|----------|--------------------|------------------|--------------------|-------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------|
|                        |          | Ukupno             | Šumske operacije | Pilanske operacije | Proizvodnja | Ukupno          | Šumske operacije | Pilanske operacije | Proizvodnja |
| Uk. Primarna energija  | Kn       | 1466,97            | 77,01            | 981,72             | 408,24      | 1900,03         | 98,76            | 1300,09            | 501,18      |
| Neobnovljiva fosilna   | Kn       | 521,72             | 76,02            | 207,52             | 238,18      | 634,44          | 98,76            | 219,39             | 316,29      |
| Neobnovljiva nuklearna | Kn       | 95,92              | 20,21            | 35,48              | 40,23       | 156,28          | 20,35            | 56,94              | 78,99       |
| Obnovljiva energija    | Kn       | 82,81              | 19,76            | 26,58              | 36,47       | 61,58           | 19,75            | 20,54              | 21,29       |
| Biomasa                | Kn       | 922,28             | 0                | 771,11             | 151,17      | 1206,05         | 0                | 1062,79            | 143,26      |
| <b>Ukupno:</b>         | Kn       | 3089,7             | 192,94           | 2022,41            | 874,29      | 3958,38         | 237,62           | 2659,75            | 1061,01     |

Izvor: Tablica je preuzeta iz Bowers i sur. 2017. i prilagođena potrebama rada

Tablica 1 prikazuje troškove koji otpadaju na el. energiju tokom šumskih poslova, pilanskih poslova i tokom proizvodnje. Iz tablice je vidljivo da šumski poslovi zauzimaju tek 5-6 % ukupnih energetske troškova. Većinu troškova predstavljaju pilanski poslovi što je očekivano, jer se radi o primarnom piljenju drva koje zahtijeva veliku količinu energije. NAPOMENA: Cijene su računate po HEP-ovim tarifama tako da se rezultati smatraju približnim vrijednostima originalnih (Web 3).

Nadalje, tablica 2 prikazuje novčane promjene u periodu od sedamnaest godina. Iz tablice se vidi da su se ukupni energetske troškovi za jedan m<sup>3</sup> lameliranog drva znatno smanjili. Za pretpostaviti je da su pogoni ulagali u nove strojeve ili sanirali gubitke na mrežama. Smanjenje troškova proizvodnje im omogućuje da njihov proizvod bude konkurentniji na tržištu. NAPOMENA: Cijene su računate prema trenutnom stanju (2018) goriva preuzetih sa OMV-ove službene stranice (Web 4) i po trenutnim tarifama struje sa HEP-ove službene stranice (Web 3).

Tablica 2. Promjene u troškovima od 2000. do 2017. g.

| GORIVA          | JEDINICA           | SJEVEROZAPAD |       |              | JUGOISTOK |        |              |
|-----------------|--------------------|--------------|-------|--------------|-----------|--------|--------------|
|                 |                    | 2000         | 2017  | Razlika u kn | 2000      | 2017   | Razlika u kn |
| el. energija    | Kn/ m <sup>3</sup> | 103,71       | 89,86 | -13,85       | 116,56    | 102,72 | -13,84       |
| zemni plin      | Kn/ m <sup>3</sup> | 12,77        | 0,16  | -12,61       | 84,71     | 14,5   | -70,21       |
| dizel           | Kn/ m <sup>3</sup> | 3,53         | 9,22  | 5,69         | 6,47      | 0      | 6,47         |
| tekući petrolej | Kn/ m <sup>3</sup> | 16,2         | 24,8  | 8,6          | 4,1       | 0      | 4,1          |
| benzin          | Kn/ m <sup>3</sup> | 180,53       | 0,93  | -179,59      | 4,03      | 0      | 4,03         |
| UKUPNO          | Kn/ m <sup>3</sup> |              |       | -191,76      |           |        | -69,45       |

Izvor: Tablica je preuzeta iz Bowers i sur. 2017. i prilagođena potrebama rada

Rezultati su ukazali na to da se u jugoistočnom dijelu povećala upotreba energije po m<sup>3</sup>, ali se zato smanjio indikator utjecaja na okoliš, čime se može zaključiti da su pogoni na jugoistoku SAD-a počeli koristiti ekološki prihvatljivije izvore energije. Na sjeverozapadnom dijelu SAD-a uz smanjenje indikatora utjecaja na okoliš također se smanjio utrošak energije po m<sup>3</sup>. Kako gotovo i nije bilo promjena u tehnologiji proizvodnje između dva istraživanja, smanjenje utjecaja na okoliš pripisuje se promjenama u korištenju vrste energije, promjenama udaljenosti dobavljača i opskrbljivača te smanjenju gubitaka i popravcima na električnoj mreži.

Osim već navedenog primjera ispitivanja utjecaja na okoliš kod lameliranog drva primjenom emtode “od kolijevke do vrata”, referentni rezultati su dobiveni i kod sljedećih ispitivanja:

1. Ispitivanje utjecaja na okoliš metodom “od kolijevke do vrata” za furnirske ploče izrađene u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD-u). Ispitivanje su izvršili znanstvenici Richard D. Bergman i Sevda Alanya-Rosenbaum, a rezultati su objavljeni u časopisu “Forest Product Journal, iz 2016. godine!.”

Tablica 3. Trošak energije potreban za proizvodnju 1m<sup>3</sup> furnirske ploče

| energija      | jugoistok |    | sjeverozapad |    |
|---------------|-----------|----|--------------|----|
|               | Kn/ m3    |    | Kn/ m3       |    |
| el energija   | 116,56    | kn | 96,78        | kn |
| prirodni plin | 61,95     | kn | 41,08        | kn |
| dizel         | 7,27      | kn | 3,43         | kn |
| propan        | 6,12      | kn | 3,77         | kn |
| benzin        | 0,61      | kn | 0            | kn |
| UKUPNO        | 192,51    | kn | 145,06       | kn |

Tablica 3 prikazuje utroške energije za proizvodnju  $1\text{m}^3$  furnirske ploče. Iz tablice je vidljivo da pogoni na sjeverozapadu SAD-a imaju nešto manji utrošak energije od onih na jugoistoku. NAPOMENA: Cijene su računate prema trenutnom stanju (2018) goriva preuzetih sa OMV-ove službene stranice (Web 4) i po trenutnim tarifama struje sa HEP-ove službene stranice (Web 3).

Tablica 4. Vrijednost eko troška (*eng. Eco-cost value*) pri proizvodnji  $1\text{m}^3$  furnirske ploče

|                  | jugoistok |                 | sjeverozapad |                 |
|------------------|-----------|-----------------|--------------|-----------------|
| izvor CO2        | kg CO2/m3 | eko trošak (kn) | kg CO2/m3    | eko-trošak (kn) |
| šumske operacije | 16,1      | 16,3            | 10,8         | 10,9            |
| proizvodnja      | 323       | 327,03          | 207          | 209,6           |

Ekološki trošak je mjera koja označava teret određenog proizvoda na okoliš, a koji postoji u svrhu prevencije opterećenja okoliša tim proizvodom. Tablica 4, uz prikaz količina CO2 ispuštene u atmosferu tijekom izrade  $1\text{m}^3$  furnirske prikazuje i ekološki trošak tj. ‘teret’ određenog proizvoda na okoliš u određenoj fazi životnog vijeka proizvoda, a koji ima za cilj prevencije opterećenja okoliša tim proizvodom u svim fazama njegovog životnog vijeka. NAPOMENA: Cijena eko troška je preuzeta sa Wikipedia-e (Web 5), gdje se navodi da cijena za 1 kg CO2 iznosi 0,135 € odnosno 1,012 kn.

2. Ispitivanje utjecaja na okoliš metodom “od kolijevke do vrata” proizvodnje “I profiliranih nosača” u SAD-u. Ispitivanje su izvršili znanstvenici Richard D. Bergman i Sevda Alanya-Rosenbaum, a rezultati su objavljeni u časopisu “Forest Product Journal.”

Tablica 5. Trošak energije potreban za proizvodnji 1km I profiliranog nosača.

|               | jugoistok       |          | sjeverozapad    |          |
|---------------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| energija      | količina po 1km | jedinica | količina po 1km | jedinica |
| el energija   | 274,76          | kn       | 393,41          | kn       |
| prirodni plin | 131,2           | kn       | 116,48          | kn       |
| dizel         | 46,84           | kn       | 29,36           | kn       |
| propan        | 37,21           | kn       | 30,38           | kn       |
| benzin        | 2,2             | kn       | 0,55            | kn       |
| UKUPNO        | 492,21          | kn       | 570,18          | kn       |

Tablica 5 prikazuje novčane troškove pri izradi 1 km I profiliranog nosača. Vidljivo je da su troškovi za izradu 1 km I profiliranog nosača na jugoistoku manji za 77,97 kn. NAPOMENA: Cijene su računate prema trenutnom stanju (2018) goriva preuzetih sa OMV-ove službene stranice (Web 4) i po trenutnim tarifama struje sa HEP-ove službene stranice (Web 3).

Tablica 6. Vrijednost eko troška (*eng. Eco-cost value*) pri proizvodnji 1 km I profiliranog nosača.

|                  | jugoistok |                     | sjeverozapad |                     |
|------------------|-----------|---------------------|--------------|---------------------|
| izvor CO2        | kg CO2/km | eco cost value (kn) | kg CO2/km    | eco cost value (kn) |
| šumske operacije | 129       | 130,61              | 113          | 115,26              |
| proizvodnja      | 2588      | 2639,76             | 1986         | 2025,72             |

Tablica 6 prikazuje količine CO2 ispuštene u atmosferu tijekom izrade 1km I profiliranog nosača. Vidljivo je da pogoni na jugoistoku plaćaju veću eco cost cijenu. NAPOMENA: Cijena eko troška je preuzeta sa Wikipedia-e, gdje se navodi da cijena za 1 kg CO2 iznosi 0,135 € odnosno 1,012 kn.

3. Ranije spomenuto istraživanje o utjecaju na okoliš tokom proizvodnje lameliranog drva. Istraživanje su proveli Tait Bowers, Maureen E. Puettnmann, Indroneil Ganguly, Ivan Estin.

Tablica 7. Trošak energije potreban za proizvodnju 1m<sup>3</sup> lameliranog drva.

|               | jugoistok      |          | sjeverozapad   |          |
|---------------|----------------|----------|----------------|----------|
| energija      | količina po m3 | jedinica | količina po m3 | jedinica |
| el energija   | 90,85          | kn       | 103,71         | kn       |
| prirodni plin | 0,16           | kn       | 14,46          | kn       |
| dizel         | 9,23           | kn       | 0              | kn       |
| petrolej      | 24,8           | kn       | 0              | kn       |
| benzin        | 0,91           | kn       | 0              | kn       |
| UKUPNO        | 125,95         | kn       | 118,17         | kn       |

Tablica 7 prikazuje novčani trošak pri proizvodnji 1m<sup>3</sup> lameliranog drva. Pogoni na sjeverozapadu ostvaruju nešto manji trošak od onih na jugoistoku.

Tablica 8. Vrijednost eko troška (eng. *Eco-cost value*) pri proizvodnji 1m<sup>3</sup> lameliranog drva.

|           | jugoistok             |                     | sjeverozapad          |                     |
|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| izvor CO2 | kg CO2/m <sup>3</sup> | eco cost value (kn) | kg CO2/m <sup>3</sup> | eco cost value (kn) |
| ukupno    | 119,12                | 121,5               | 151,45                | 154,48              |

Tablica 8 prikazuje količine CO2 ispuštene u atmosferu tijekom izrade 1m<sup>3</sup> lameliranog drva. Vidljivo je da pogoni na sjeverozapadu plaćaju veću eco cost cijenu.

Tablica 9. Usporedba svih istraživanja

| PROIZVOD            | TROŠAK UTJECAJA NA OKOLIŠ (kn/m3) | REGIJA SAD-a |
|---------------------|-----------------------------------|--------------|
| lamelirano drvo     | 245,07                            | jugoistok    |
| lamelirano drvo     | 269,62                            | sjeverozapad |
| furnirska ploča     | 365,56                            | sjeverozapad |
| furnirska ploča     | 535,84                            | jugoistok    |
| I profilirani nosač | 2711,16                           | sjeverozapad |
| I profilirani nosač | 3262,58                           | jugoistok    |

Pošto su sva ispitivanja izvršena primjenom metodologije “od kolijevke do vrata”, a mjerne jedinice se odnose na m<sup>3</sup> dobivenog proizvoda (kod I profila u km ali pretpostavimo da 1km I profila stane u 1m<sup>3</sup>) dobiveni rezultati su usporedivi. Rezultati su poredani od najmanjeg do najvećeg odnosno, prvi proizvod će biti najmanje štetan za okoliš. Samim time će i tvrtci koja ga proizvodi predstavljati i najmanji trošak, za razliku od posljednjeg proizvoda na listi. Iz rezultata je vidljivo da najmanji trošak utjecaja na okoliš otpada na izradu lameliranog drva što je i očekivano jer ono prolazi kroz najkraći tehnološki put kroz izradu. Također je vidljivo da proizvodi sa sjeverozapada imaju relativno manji utjecaj na okoliš što ukazuje na to da su pogoni na sjeverozapadu opremljeni novijim, učinkovitijim i štednijim strojevima. Ako isključimo cijenu amortizacije (vjerovatno skupljih strojeva sa sjeverozapada) može se reći da su tvrtke na sjeverozapadu u stanju prodavati svoj proizvod po nižoj cijeni ili ostvariti veći profit prodavajući svoj proizvod po istoj cijeni kao i pogoni na jugoistoku.

## 5.2. Procjena utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš primjenom “od kolijevke do groba” metode u drвноj industriji

Ovaj način procjene životnog ciklusa proizvoda zasniva se na detaljnom praćenju utjecaja na okoliš tokom cijelog životnog vijeka proizvoda, odnosno tijekom šumskih poslova, pilanskih poslova, proizvodnje, transporta, uporabe, reciklaže te kraja njegovog životnog ciklusa. Uzevši parket iz prethodnog primjera, nakon njegove reciklaže (iveranja) odnosno pretvorbe u novi proizvod, životni vijek tog materijala je produžen za 20-ak godina. Nažalost, nakon tog perioda ploča iverica je neupotrebljiva te dolazi do raslojavanja i mrvljenja. Takva ploča koristi za spaljivanje u kotlovnica u svrhu dobivanja toplinske energije za pogon sušionica. Tijekom spaljivanja dolazi do oslobađanja CO<sub>2</sub> koji je bio zarobljen u drvu tokom njegovog rasta i uporabe kao proizvoda. Međutim, mnogi pogoni odkupljuju drveni ostatak jer se pokazalo da spaljivanjem drvnog otpada dolazi do znatno manje emisije štetnih plinova nego spaljivanjem zemnog plina. Istraživanje je pokazalo da je došlo do 58%-tnog smanjenja GWP-a (potencijala globalnog zatopljenja) prilikom zamjene kotla koji je koristio smjesu od 46% drvnog ostatka i 54% zemnog plina za kotao koji je u potpunosti koristio drveni ostatak (Puettmann i Lippke, 2010.). Prema “eco cost value”, odnosno trošku za okoliš po jednom kilogramu CO<sub>2</sub> ispuštenog u atmosferu, plaća se iznos od 0,135 €. Prema tome, spomenuta tvrtka je uvođenjem kotla na drveni ostatak izvršila smanjenje zagađenja od 58%, odnosno na 1000 kg je uštedila 56.70 € (Puettmann i Milota, 2017). Metoda “od kolijevke do vrata” pokriva najkraći vremenski period promatranja proizvoda i njegovog utjecaja na okoliš. Metoda “od kolijevke do kolijevke” pokriva duži period, dok “od kolijevke do groba” pokriva najduži vremenski period. Ovakva istraživanja pomažu tvrtkama pri određivanju strategije poslovanja na način da im predočavaju podatke o energetske troškovima tokom proizvodnje te o količini zagađenja, odnosno cijeni “eco cost value” koju moraju platiti. Na osnovu dobivenih podataka tvrtka je u mogućnosti analizirati svoje troškove te pronaći način za njihovo smanjenje, ako je ono uopće isplativo. Pošto je “od kolijevke do groba” najtemeljitija metoda i pokriva najveći vremenski period, svakom poduzeću bi bilo od najveće koristi jer pruža podatke o isplativosti reciklaže te o isplativosti načina zbrinjavanja. Ali, poteškoće pri ovakvom načinu prikupljanja podataka su prepreka u primjeni ove metode. Predugo vrijeme primjene proizvoda i preveliki broj podataka koje je potrebno sakupiti od raznih dobavljača i kupaca su razlog zašto je ovakvih istraživanja jako malo. Najsažetija od ove tri metode je “od kolijevke do vrata” koja ne daje potpune ali, ipak zadovoljavajuće podatke. To je razlog zašto je

najzastupljenija. Nažalost, veliki dio poduzeća u drvnoj industriji si ne može priuštiti ovakva istraživanja pa nisu niti svjesni mogućnosti rezanja troškova i smanjenja količine ispušnih plinova u atmosferu. Zbog toga najveću cijenu plaća okoliš.

### **5.3. Procjena životnog ciklusa vijeka proizvoda na okoliš prema “od kolijevke do kolijevke” metodi za proizvode iz drva**

Koncept procijene životnog ciklusa metodom “od kolijevke do kolijevke” se zasniva na mogućnosti recikliranja proizvoda. Za razliku od metode “od kolijevke do vrata” praćenje inputa i outputa se kod ove metode nastavlja i tijekom upotrebe proizvoda te tijekom njegove prerade, odnosno reciklaže. Relativno dug životni vijek proizvoda iz drva je prepreka pri primjeni ove metode u drvnoj industriji. Tako naprimjer, da bi se pratio utjecaj na okoliš tokom životnog vijeka svih parketa proizvedenih u nekom poduzeću potrebno je prikupljati izvještaje od svih kupaca tog proizvoda tijekom npr. 30 godina. Način obnove parketnih podova je brušenje i ponovno lakiranje. Isparavanjem laka dolazi do ispuštanja štetnih plinova u atmosferu, što znači da bi svaki kupac u periodu od 30 godina prilikom obnove poda trebao mjeriti količinu ispušnih plinova u atmosferu. Također bi se trebalo poslati podatke o laku koji se koristi prilikom obnove, nakon čega bi proizvođač laka trebao poslati proizvođaču parketa podatke o procijeni životnog vijeka svog proizvoda. Pod pretpostavkom da će taj parket nakon uporabe završiti usitnjen u iverje te na taj način biti recikliran i činiti novi proizvod (ploču ivericu), potrebno je izvršiti još jednu procijenu njegovog utjecaja na okoliš tijekom procesa recikliranja proizvoda (Nebel i Cowell, 2013.). Isti autori proveli su istraživanje utjecaja životnog vijeka drvenih podnih obloga na okoliš u Njemačkoj. Istraživanje je pokazalo kako se najveći prostor za napredak, u svrhu smanjenja povećanja GWP (pojasniti što predstavlja Global Warming Potential), pojavljuje u operacijama polaganja podova, obnove površine i površinske dorade. Ovim istraživanjem je dokazano da tijekom tih operacija dolazi do formiranja velike količine foto-oksianta, što se može znatno smanjiti u budućnosti. Ovakav podatak ne bi bio dostupan u “od kolijevke do vrata” istraživanju.

## 6. ZAKLJUČCI

Ovim završnim radom nastojalo se utvrditi važnost i korisnost LCA analize u drvnj industriji, odnosno dati odgovor na pitanje je li ona vrijedna primjene u drvnj industriji. U radu su istaknute sve poteškoće koje treba svladati da bi se dobili valjani rezultati.

Poteškoće su dugotrajnost samog procesa, poteškoće pri prikupljenju podataka te problem pri određivanju granica sustava. Dok su pozitivne strane LCA analize podatci o energetsom otisku proizvoda, o emisijama štetnih plinova u atmosferu te mogućnost da proizvod bude označen kao ekološki prihvatljivim. Svakom poduzeću bi trebalo biti u interesu vladati tim podacima jer njima dobivaju sliku o svome proizvodu odnosno, dobivaju vrijedne podatke u kojem segmentu proizvodnje su im najveći financijski troškovi te koliko poreza plaćaju prema “eco cost value”. Kako današnje tržište zahtijeva ekološki prihvatljive proizvode, tvrtka sa takvom vrstom proizvoda ima prednost nad proizvodima bez iste titule.

Navedena istraživanja ukazuju na zaključak da će proizvodi iz drva sa kraćim ‘tehnološkim putem’ imati manji utjecaj na okoliš, ali samim time je za očekivati da će cijena koštanja takvih proizvoda, a u konačnici prodajna cijena biti manja. U današnjim uvjetima, prilično je teško ostvariti da proizvođač proizvoda iz drva posjeduje cijeli proces “od kolijevke do groba” jednog proizvoda, odnosno da vrši šumske poslove, pilanske poslove, proizvodnju i zbrinjavanje, tako da se LCA analizom može utvrditi koji je od dobavljača najisplativiji, odnosno potrebno je da se tvrtke koje se bave siječom i šumskim poslovima drže LCA analize isto onoliko koliko i proizvođač finalnog proizvoda. Ukoliko se svi kooperanti u lancu drže LCA analize i smanjuju svoje “eco cost value” troškove rezultat će biti proizvod na kojem će se ostvariti veća marža.

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na zaključak da prednosti LCA analize nadmašuju njene mane. Nažalost, dugotrajnost i cijena same analize odbijaju mnoge manje tvrtke koje si ne mogu dopustiti takav trošak. Čak i velike kompanije si ne mogu priuštiti primjenu analize za svaki od njihovih proizvoda, a i nepotpunost podataka je dodatna prepreka. Sukladno tome, može se zaključiti da će ovakve analize postati učestalije kada se počnu bilježiti podatci u svim segmentima drvne industrije.

## 7. LITERATURA

1. Adam M. Taylor, Richard D. Bergman, Maureen E. Puettmann, Sevda Alanya-Rosenbaum (2017.): Impacts of the Allocation Assumption in Life-Cycle Assessments of Wood-Based Panels. *Forest Product Journal* Vol. 67, No. 5/6).
2. Ćosić P. (2009.): Utjecaj sustava za upravljanje okolišem na životni ciklus proizvoda, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu.
3. Duić, N. (2010). Održivi razvoj energije, voda i okoliša. *Strojarstvo*, 52 (4), 404-404.
4. Hočevar, M. (2009): Metode optimalizacije troškovima s obzirom na opseg aktivnosti, RRiF, Zagreb.
5. Johnson, L. R., B. Lippke, J. D. Marshall, and J. Comnick (2005.): Life-cycle impacts of forest resource activities in the Pacific Northwest and southeast United States. *Wood Fiber Sci.* 37 (CORRIM Special Issue):30–46.
6. Kotler P., K. L. Keller, M. Martinović (2014), *Upravljanje marketingom*, Mate, Zagreb.
7. Levitt Theodore (1965.): *Exploit the Product Life Cycle*. Harvard Business Review, 1965.
8. Milota, M. (2015a): Life cycle assessment for the production of Pacific Northwest softwood lumber. CORRIM Final Report, Module B. December 15. 56 pp.
9. Milota, M. (2015b): Life cycle assessment for the production of southeastern softwood lumber. CORRIM Final Report, Module C. December. 72 pp.
10. Mills, J. (2001.): *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*, US Department of Agriculture Forest Service.
11. Potnik Galić, Budić H. (2013): Model analize troškova životnog vijeka proizvoda, Računovodstvo, revizija i financije, Ekonomski fakultet Zagreb.
12. Previšić J. ; Ozretić Došen Đ. (2007) *Osnove marketinga*, Adverta, Zagreb.
13. Puettmann, M. E.; Milota, M. (2017.): Life-Cycle Assessment for Wood-Fired Boilers Used in the Wood Products Industry. *Forest Products Journal*, Vol. 67, No. 5-6, pp. 381-389
14. Shrivastava P. i Hart S. (1995): Creating sustainable corporations. *Business Strategy and the Environment*, vol 4, issue 3.
15. Simonen, K. (2014) *Life Cycle Assessment*, London, UK: Routledge
16. Šerić, N. (2009.): *Razvoj i dizajn proizvoda i upravljanje markom*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu.
17. Tait Bowers, Maureen E. Puettmann, Indroneil Ganguly, Ivan Eastin (2017.): Cradle-to-Gate Life-Cycle Impact Analysis of Glued-Laminated (Glulam) Timber: Environmental Impacts from Glulam Produced in the US Pacific Northwest and Southeast Forest Product Journal. Vol. 67, No. 5/6).
18. Turkulin, H., V. Živković (2018.): *Ekološki, estetski i funkcijski aspekti uporabe drva na podovima*, (interno predavanje).

19. Wenzel H., Hauschild M., Alting L. (1997.): Methodology, tools and case studies in product development, Chapman & Hall, London
20. Wenzel H, Hauschild M, Alting L (1997.): Environmental Assessment of Products. Royal Society Vol. 355, No. 1728.
21. Web 1: <http://odraz.hr/hr/nase-teme/odrzivi-razvoj> (preuzeto 21. srpanj 2018).
22. Web 2: <http://mariopilar.com/zivotni-ciklus-proizvoda/> (preuzeto 21. srpnja 2018).
23. Web 3: <http://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547> (preuzeto 25. srpanj 2018).
24. Web 4: <http://gorivo.etradex.hr/cijene-naftnih-derivata/> (preuzeto 5. kolovoz 2018).
25. Web 5: [https://en.wikipedia.org/wiki/Eco-costs\\_value\\_ratio](https://en.wikipedia.org/wiki/Eco-costs_value_ratio) (preuzeto 10. kolovoz 2018).
26. Web 6: <http://docs.exdat.com/docs/index-42422.html> (preuzeto 14. kolovoz 2018).