

PIM 6

THEMATIC FIELDS

1. Engineering and sustainable development challenges
2. Globalization and sustainable development
3. Local sustainable development
4. Risks of sustainable development
5. Education for sustainable development
6. Management in sustainable development process
7. Entrepreneurship and sustainable development
8. Modern technologies in engineering
9. Computer engineering and sustainable development
10. Agrobusiness and sustainable development

INFORMATION

Technical College of Applied Sciences
in Zrenjanin

Address: 23 Djordja Stratimirovica,
23 000 Zrenjanin

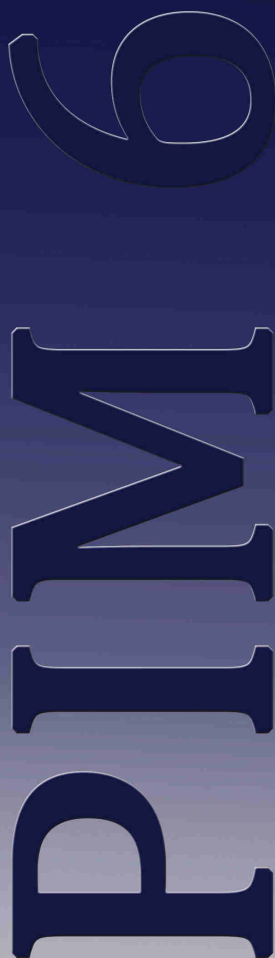
Phone: +381 23 565 896; +381 69 8565 053

E - mail: naucni.skup@vts-zr.edu.rs

Web: www.vts-zr.edu.rs/index.php/home

Contact person: MSc Tanja Sekulić

PIM 6



PIM 6

Technical College
of Applied Sciences
In Zrenjanin

ENTREPRENEURSHIP, ENGINEERING AND MANAGEMENT

ENGINEERING
&
SUSTAINABLE DEVELOPMENT



6th Scientific Conference
by International Participation

Invitation
&
Call for papers

Zrenjanin/Serbia, April 22nd, 2017

PIM 6

ENTREPRENEURSHIP, ENGINEERING AND MANAGEMENT

ORGANIZED BY

Technical College of Applied Sciences
in Zrenjanin

PROGRAMME BOARD

1. PhD Milorad Rančić, TCAS Zrenjanin, president
2. PhD Duško Letić, vicepresident
Technical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin
3. PhD Dorian Nedelcu, member
University "Eftimie Murgu", Resita/Romania
4. Proff. Mehmet Zeyrek, member
Middle East Technical University Ankara/Turkey
5. PhD Ljubomir Dimitrov, member
Technical University - Sofia/Bulgaria
6. PhD Viara Pozhidaeva member
University of Mining and Geology Sofia/Bulgaria
7. PhD Isak Karabegović, member
Technical Faculty Bihać/Bosnia and Herzegovina
8. PhD Dušan Regodić, member
Sinergija University, Bijeljina/Republic of Srpska
9. PhD Angelina Taneva Veshoska member
Institute IECE Skopje/Macedonia
10. PhD Bojan Lalić,
Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, member
11. PhD Mladen Veinović, member
Singidunum University, Belgrade
12. PhD Dragan Čočkalović,
Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, member
13. PhD Iris Borjanović, TCAS Zrenjanin, member
14. PhD Smiljana Mirkov, TCAS Zrenjanin, member
15. PhD Jožef Božo, TCAS Zrenjanin, member
16. PhD Marija Matotek Anđelić, TCAS Zrenjanin, member
17. PhD Robert Molnar, TCAS Zrenjanin, member
18. MSc Zoran Marković, member
University of Botswana/Botswana

DATE AND PLACE

Date: April 22nd, 2017.

Place: Technical College of Applied Sciences
in Zrenjanin, 23 Djordja Stratimirovica
23 000 Zrenjanin/Serbia

ORGANIZATIONAL BOARD

1. PhD Robert Molnar, president
2. MSc Tanja Sekulić, technical secretary
3. PhD Vesna Nađalin
4. PhD Tanja Nikolin
5. PhD Dušan Malić
6. PhD Željko Eremić
7. PhD Dušan Jovanić
8. PhD Aleksandar Rajić
9. MSc Dragan Halas
10. Radomir Panić
11. Zorica Karanjac
12. Nikola Ilić

CONFERENCE OBJECTIVES

The main objective of the Conference is to provide a scientific contribution to the engineering profession and culture development in Serbian society, with an emphasis on sustainable development.

Based on the fact that engineering knowledge is the baseline of the development of modern societies, followed by entrepreneurial and managerial knowledge as well, the sub-topic of the Conference will be **ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT**, which could provide some answers on contemporary engineering challenges by linking these two wide areas. Because of this, organizers wish to gather scientists and experts, as well as businessmen that have the potential to provide a significant contribution to the whole event.

EXTRA PROGRAMME

1. **TCAS Open Day** (Friday, April 21st, 15-18h)
Info day for parents and pupils of III and IV level of secondary schools
2. **Pannel Section** (Saturday, April 22nd)
Works exhibition of students and secondary schools' pupils.

INSTRUCTIONS TO THE AUTHORS

Maximum page number for a paper is 8 pages.

Maximum number of authors is 3 per paper.

Maximum papers per author is 2 papers.

Papers of invited speakers are beyond this restriction.

All papers will be peer reviewed.

Accepted papers will be published in the Proceedings.

Papers should be written in English or Serbian.

Details about application and papers could be found on:

www.vts-zr.edu.rs/index.php/home

DEADLINES

Deadline for APPLICATION submission is:

March 6th, 2017.

Deadline for FULL paper submission:

April 3rd, 2017.

Deadline for the information on paper acceptance is:

April 10th, 2017.

Deadline for payment of Conference fee is:

April 17th, 2017.

LANGUAGES

Conference official languages are English and Serbian.

CONFERENCE FEES

Organizers foresee that Conference fee should be EUR 50 for foreign authors and RSD 5.000 for domestic ones.

ACCOMMODATION

All information on accommodation could be found on:
<http://www.visitzrenjanin.com/>

ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Aleksandar Rajić¹ Spasoje Erić²

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Republika Srbija

Dorian Nedelcu³

Univerzitet „Eftimie Murgu” Rešica, Rešica, Rumunija

Održivi razvoj i CAD

Sustainable development and CAD

Rezime:

Obrazovanje i razvijanje javne svesti o održivom razvoju su nesporni principi strategije održivog razvoja ali postoje izazovi implementacije tema održivog razvoja u obrazovne programe. Formiranje posebnih kurseva je ponekad limitirano resursima ili fondom časova. Programski paket SolidWorks je zastupljen u mnogim visoko obrazovnim ustanovama kao CAD alat i raspolaže modulom SolidWorks/Sustainability za simulaciju održivog razvoja proizvoda. U radu su analizirane mogućnosti ovog modula u računarskoj simulaciji ekološkog uticaja proizvoda, kroz analizu njegovog životnog ciklusa od sirovine, kroz proizvodnju, eksploataciju i kraj životnog veka – reciklažu.

Gljučne reči: Održivi razvoj, kompjuterom podržano konstruisanje (CAD), računarska simulacija, procena životnog ciklusa (LCA)

Abstract:

Education and raising public awareness of sustainable development are the undisputed principles of sustainable development strategies, but there are challenges to implementing sustainable development themes in educational programs. Offering a separate course may not be a realistic choice due to resource or credit hour constraints. SolidWorks software package is represented in many high education institutions as CAD tool and provide SolidWorks/Sustainability module for the simulation of sustainable product development. The paper studies the possibilities of this module in a computer simulation of environmental impact of products, through the analysis of its life cycle, from raw materials, through the production, operation and end of life - recycling.

Keywords: Sustainable development, Computer Aided Design (CAD), computer simulation, Life Cycle Assessment (LCA)

Uvod

Problematika kojom se ovaj rad bavi je računarska simulacija ekološkog uticaja proizvoda, kroz analizu njegovog životnog ciklusa (LCA – Life Cycle Assesment) od sirovine, kroz proizvodnju, eksploataciju i kraj životnog veka – reciklažu. Ova simulacija omogućava održivi razvoj proizvoda i u skladu je sa standardima

¹ aleksandar.rajic@vts-zr.edu.rs

² spale@vts-zr.edu.rs

³ d.nedelcu@uem.ro

kvaliteta ISO 14040 i ISO 14044, kojim se demonstrira briga firme o životnoj sredini i uveravaju klijenti i poslovni partneri o privrženosti zaštite životne sredine koja će dati merljive rezultate i u funkciji je održivog razvoja organizacije i lokalne zajednice. Računarska simulacija je realizovana u SolidWorks okruženju, tačnije u specijalizovanom programskom modulu SolidWorks/Sustainability, namenjenom za simulaciju održivog razvoja proizvoda.

1. Programski modul SolidWorks/Sustainability

Modul za simulaciju održivosti raspolaže opcijom za izbor materijala za izradu proizvoda kao i alate za uporednu analizu uticaja definisanih materijala na životnu sredinu. Pored toga izlaz iz ovog modula predstavlja detaljan izveštaj u vezi uticaja analiziranog proizvoda na životnu sredinu prema različitim scenarijima.

Podaci koji se koriste u modulu SolidWorks/Sustainability baziraju se na primeni softverske aplikacije GaBi 4 razvijene od strane PE International [5], kao najzastupljenije aplikacije za sprovođenje metode za procenu životnog ciklusa (LCA), slika 1. Aplikacija GaBi 4 ima za cilj da izvrši procenu životnog ciklusa proizvoda dok je programski modul namenjen praćenju relativnih promena u uticaju na životnu sredinu za različite varijante proizvoda.



Slika 1. Faze životnog ciklusa proizvoda [6]

Za analizu uticaja proizvoda na životnu sredinu na raspolaganju su sledeće opcije:

1. Izbor materijala
2. Izbor proizvodne tehnologije
3. Izbor lokacije proizvodnje
4. Izbor lokacije primene.

Baza podataka GaBi 4, kojom raspolaže programski modul, podržava širok spektar tehničkih materijala kao što su: čelik, aluminijum, guma, plastika, itd. Na taj način projektant ima mogućnost odabira materijala koji ima manji uticaj na životnu sredinu, vodeći time brigu o održivom razvoju. Kod konvencionalnog načina projektovanja pri izboru materijala, akcenat je stavljan na fizička i mehanička svojstva materijala i kriterijum troškova [3]. Faktori uticaja na životnu sredinu razmatrani su tek na kraju. Primenom novih softverskih alata projektanti u ranoj fazi razvoja proizvoda raspolažu sa značajnim informacijama u vezi izbora materijala.

Takođe su dostupni relevantni podaci o različitim proizvodnim, od struganja i glodanja pa do novih sofisticiranih tehnologija, koji pomažu pri izboru proizvodnog procesa. U modulu je moguće izvršiti analizu troškova energije i transporta proizvoda obzirom da je moguć izbor lokacije proizvodnje i lokacije upotrebe proizvoda.

U izveštaju održivosti proizvoda kružnim i trakastim dijagramima prikazuje se doprinos svake aktivnosti u degradaciji životne sredine a takođe su za aktivnosti predstavljeni trendovi i specifičnosti izmerenog uticaja na životnu sredinu. Izveštaj održivosti je integralni deo SolidWorks fajla i kreira se u korisnički definisanim mernim jedinicama. U okviru modula postavljaju se referentni parametri a zatim se vrši poređenje različitih varijanti.

U programskom modulu su razvijeni indikatori uticaja na ključne faktore životne sredine koji omogućavaju projektantima uspostavljanje relacija između ulaznih i izlaznih parametara sa uticajem na životnu sredinu. Glavni faktori životne sredine kao što su potrošnja prirodnih resursa i uticaj na vazduh, vodu, zemlju i klimu, mereni su ključnim kategorijama uticaja:

- Ugljenični otisak, merna jedinica (kg CO₂)
- Potrošnja energije, merna jedinica (MJ)
- Acidifikacija vazduha, merna jedinica (kg SO₂)
- Eutrofikacija vode, merna jedinica (kg PO₄).

2. Procedura analize uticaja

Kao što je ranije već navedeno materijali, proizvodnja, pakovanje i distribucija, korišćenje i odlaganje su najvažniji elementi životnog ciklusa proizvoda za analizu uticaja na životnu sredinu u modulu SolidWorks/Sustainability. Kategorija materijali obuhvata ekstrakciju sirovina i proizvodnju poluproizvoda. Proces proizvodnje obuhvata sve promene oblika, dimenzija i fičera (eng. feature – geometrijska modelska forma) nakon obrade poluproizvoda.

Pakovanje i distribucija podrazumeva sva kretanja proizvoda od proizvodnje, preko primene sve do konačnog odlaganja ili reciklaže. Što je veća razdaljina između proizvođača, dobavljača i kupca sve je veći uticaj na životnu sredinu, kao i vreme i troškovi isporuke. Modul analizira razdaljinu i način distribucije pri čemu su ponuđeni avionski, drumski, železnički i vodeni transport proizvoda. Pored razdaljine i vrste transporta razmatra se i kvalitet korišćenog goriva. Različite vrste goriva imaju različite potencijale acidifikacije.

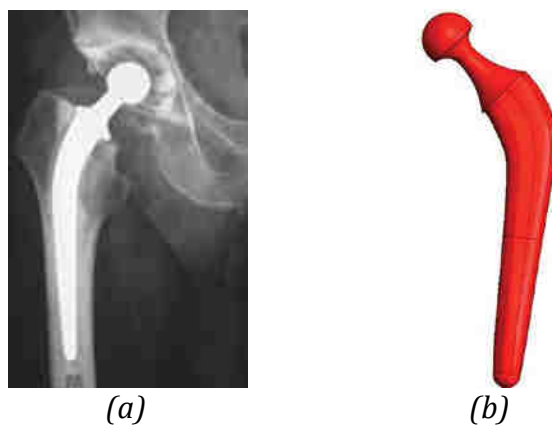
Prvi korak u analizi uticaja je prikupljanje podataka o specifičnosti uticaja svakog elementa životnog ciklusa. Drugi korak je generisanje indikatora uticaja izvedenih iz rezultata uticaja elemenata životnog ciklusa, što olakšava direktno poređenje uticaja konkurentnih projektantskih opcija. Na taj način je korisniku omogućeno da uporedi u potpunosti različite materijale, npr. čelik i drvo.

Ova dva koraka su neophodna kako bi se sprovedla procena uticaja proizvoda na životnu sredinu, u skladu sa standardom ISO 14044.

3. Studija slučaja: Stem totalne proteze kuka Čarnli

Primenom standardnih SolidWorks alata kreiran je model stema femoralnog dela veštačkog kuka, slika 2(b). U programskom modulu SolidWorks/Sustainability zadati su materijal, proizvodni proces i lokacija izrade, kao i lokacija primene.

Aktiviranjem tastera za kreiranje izveštaja automatski je generisan Word dokument sa parametrima prikazanim na slici 3. Kao što se vidi na slici 3. izveštaj o održivosti sastoji se od naziva proizvoda, materijala i njegovih fizičkih osobina, predviđenom veku trajanja proizvoda, prikazanih na vrhu. Kružni dijagrami sa različitim indikatorima uticaja prikazani su u delu tabele Environmental Impact.



Slika 2. Totalna proteza kuka Čarnli: (a) medicinski snimak, (b) CAD model stema femoralnog dela proteze kuka Čarnli [2]

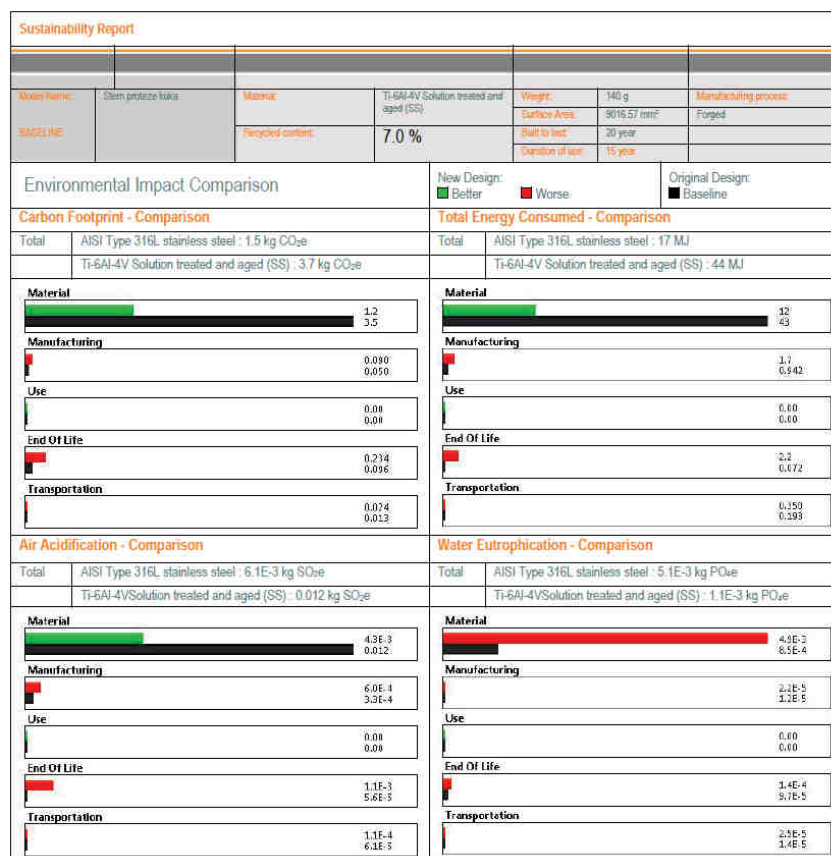
Svaki indikator uticaja predstavljen je uticajem različitih elemenata životnog ciklusa materijalom, proizvodnim procesom, transportom i odlaganjem – reciklažom. U izveštaju o održivosti uticaj svakog elementa unutar indikatora iskazan je odgovarajućim mernim jedinicama. Ispod svakog kružnog dijagrama prikazan je iznos ukupnog uticaja pojedinačnog indikatora. Izveštaj o održivosti je pregledan i detaljno opisuje sve ključne parametre.

| Sustainability Report | | | | | |
|---|-------------------|------------------|--|-----------------|-------------------------|
| | | | | | |
| Model Name | Stem proteza kuka | Material | Ti-6Al-4V Solution, treated and aged (SS) | Weight | 143.27 g |
| | | | | Surface Area | 9016.57 mm ² |
| | | Recycled content | 7.0 % | Built to last | 20 year |
| | | | | Duration of use | 15 year |
| Environmental Impact | | | | | |
| Carbon Footprint | | | Total Energy Consumed | | |
| | | | | | |
| Material: 3.5 kg CO ₂ e Manufacturing: 0.050 kg CO ₂ e Transportation: 0.013 kg CO ₂ e End of Life: 0.096 kg CO ₂ e | | | Material: 43 MJ Manufacturing: 0.942 MJ Transportation: 0.193 MJ End of Life: 0.072 MJ | | |
| 3.7 kg CO ₂ e | | | 44 MJ | | |
| Air Acidification | | | Water Eutrophication | | |
| | | | | | |
| Material: 0.012 kg SO ₂ e Manufacturing: 3.3E-4 kg SO ₂ e Transportation: 6.1E-5 kg SO ₂ e End of Life: 5.6E-5 kg SO ₂ e | | | Material: 8.5E-4 kg PO ₄ e Manufacturing: 1.2E-5 kg PO ₄ e Transportation: 1.4E-5 kg PO ₄ e End of Life: 9.7E-5 kg PO ₄ e | | |
| 0.012 kg SO ₂ e | | | 9.8E-4 kg PO ₄ e | | |

Slika 3. Izveštaj o održivosti sa indikatorima uticaja

Sledeći korak je poređenje različitih varijanti. Početna varijanta je postavljena kao referentna i u odnosu na nju vrši se poređenje drugih varijanti. Izveštaj o održivosti sa poređenjima indikatora uticaja na životnu sredinu prikazan je na slici 4.

Kao što se vidi na slici 4. poređenje između različitih materijala, legure titana Ti-6Al-4V kao referentnog i nerđajućeg čelika AISI 316L kao alternativnog materijala, predstavljeno je trakastim dijagramom. Poređenje je izvršeno za sve indikatore uticaja analizom pojedinačnih elemenata životnog ciklusa za stem proteze kuka. Primena različitih boja vizuelno poboljšava preglednost izveštaja. Zelena boja predstavlja poboljšanje uticaja na životnu sredinu primenom alternativnog materijala, dok crvena boja označava dalju degradaciju životne sredine u varijanti primene alternativnog materijala.



Slika 4. Izveštaj o održivosti sa poređenjem indikatora uticaja za različite materijale

Trenutno je u programskom modulu moguće jednim poređenjem obuhvatiti samo dve varijante, npr. dva materijala, što svakako predstavlja određeno ograničenje. Zbog toga je neophodno izvršiti ručno arhiviranje pojedinačnih izveštaja i zatim njihovo objedinjavanje u završnoj analizi.

Nakon sprovedene analize i niza poređenja za više različitih materijala i proizvodnih tehnologija, objedinjeni rezultati prikazani su tabeli 1.

Tabela 1. Uticaj na životnu sredinu za različite materijale i proizvodne procese

| Materijal | | Legura titana Ti-6A1-4V | | Nerđajući čelik AISI 316L | Nerđajući čelik AISI 316Ti |
|--|--------|------------------------------------|----------|--|---|
| Proizvodnja | Proces | Kovanje | Glodanje | Kovanje | Glodanje |
| | Region | Evropa | Kina | Evropa | Indija |
| Region primene | | Evropa | Evropa | Evropa | Evropa |
| Težina (g) | | 143.27 | 143.27 | 259.66 | 258.79 |
| Ugljenični otisak (kg CO ₂) | | 3.7 | 4.2 | 1.5 | 1.8 |
| Eutrofikacija vode (kg PO ₄) | | 0.00098 | 0.0012 | 0.0051 | 0.0057 |
| Acidifikacija vazduha (kg SO ₂) | | 0.012 | 0.017 | 0.0061 | 0.0092 |
| Potrošnja energije (MJ) | | 44 | 50 | 17 | 19 |

Kao što se vidi iz tabele 1. poređenjem legure titana Ti-6A1-4V, nerđajućeg čelika AISI 316L i nerđajućeg čelika AISI 316Ti dobijene su vrednosti njihovih uticaja na životnu sredinu. Kao proizvodni procesi definisani su kovanje i glodanje. Regioni proizvodnje su Evropa, Kina i Indija, dok je region primene za sve četiri varijante Evropa.

Težina stema proteze kuka varira i to: 143.27 (g) za Ti-6A1-4V, 258.79 (g) za AISI 316Ti i 259.66 (g) za AISI 316L.

Ugljenični otisak, acidifikacija vazduha i potrošnja energije su najveći za stem proteze kuka od Ti-6A1-4V proizvedenog glodanjem u Kini, što sugerise da ova varijanta nije dobro rešenje sa aspekta uticaja na životnu sredinu.

4. Zaključak

Programski modul SolidWorks/Sustainability pokazao se kao relevantan softverski alat za projektovanje ekološki benignih proizvoda. Analiza njegovih mogućnosti potvrdila je da je modul pogodan i efikasan softverski alat za učenje principa održivog projektovanja i računarsku simulaciju ekološkog uticaja proizvoda.

Implementacija ovog i njemu sličnih softverskih alata u kurseve iz oblasti računarske grafike i projektovanja (CAD) je važna za studente inženjerstva, kako bi razumeli principe održivosti i primenjivali ih od početka. Na ovaj način budući inženjeri biće spremni za CAD projektovanje takozvanih ekološki podobnih proizvoda u budućnosti. Realizacija ekološki podobnog proizvoda jedan je od prvih koraka ka ostvarivanju koncepta održivog razvoja.

LITERATURA

- [1] Agarski, B., (2014). Razvoj sistema za inteligentnu višekriterijumsku procenu opterećenja životne sredine kod ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
- [2] Rajić, A. (2015). Primena aditivnih proizvodnih tehnologija u postupku preciznog livenja ortopedskih implantata, Doktorska disertacija, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin” Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu.
- [3] Ristić, B., Popović, Z., Adamović, D., Devedžić, G., (2010). Izbor biomaterijala u ortopedskoj hirurgiji, Vojnosanitetski pregled, 67 (10), str. 847-855.
- [4] Zavargo, Z., /urednik/ (2013). Održive tehnologije Knjiga 1, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. http://www.tf.uns.ac.rs/tempusIV/documents/files/Book1_Sustainable_technologies_short.pdf (datum pristupa 15.03.2017)
- [5] <http://www.gabi-software.com/international/software/gabi-software/gabi/> (datum pristupa 20.03.2017)
- [6] <http://www.solidworks.com/sustainability/sustainable-design-guide.htm> (datum pristupa 24.03.2017)