

ANALIZA POSTUPKA OCENJIVANJA ŽIVOTNOG CIKLUSA OPEKARSKIH PROIZVODA

ANALYSIS OF THE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) OF CLAY BRICKS PRODUCTS

UDK: 666:71:005.41
Pregledni rad

Tea SPASOJEVIĆ-ŠANTIĆ, mast. analit. zašt. živ. sred.¹⁾,
Dr Zagorka RADOJEVIĆ, dipl. inž. tehnol.²⁾

REZIME

Poznato je da se u proizvodnji opekarskih proizvoda koriste velike količine sirovina koje takođe uključuju visoku potrošnju energije što se negativno odražava na kvalitet životne sredine. Ocenjivanje životnog ciklusa (eng. Life Cycle Assessment-LCA) je metod za analizu i kvantifikaciju mogućih uticaja proizvoda na životnu sredinu tokom celokupnog životnog veka proizvoda, od ekstrakcije sirovina, preko proizvodnje, upotrebe, postupanja na kraju životnog veka proizvoda, recikliranja i konačnog odlaganja. Shodno tome, u radu je predstavljena analiza postupka ocenjivanja životnog ciklusa opekarskih proizvoda u cilju proizvodnje održivih građevinskih proizvoda.

Ključne reči: LCA, opekarski proizvodi, životna sredina

SUMMARY

It is known that large quantities of raw materials are used in the production of brick products, which also include high energy consumption, which negatively affects the quality of the environment. Life cycle assessment (LCA) is a method for analyzing and quantifying possible environmental impacts of the product throughout the life of the product, from the extraction of raw materials, through the production, use and treatment at the end of the life of products, recycling and final disposal. Accordingly, the paper presents an analysis of the process of life cycle assessment of clay bricks products in order to produce sustainable construction products.

Key words: LCA, clay bricks products, environmental impact

1. UVOD

Ocenjivanje životnog ciklusa (eng. Life Cycle Assessment-LCA) analizira sve ili više faza životnog ciklusa proizvoda, uzima u obzir različite uticaje tih faza na životnu sredinu, ocenjuje analizira i interpretira rezultate. Standardi ISO 14040 i 14044 daju principe, okvire, zahteve i uputstva za sprovođenje postupka ocenjivanja životnog ciklusa. Osnovni cilj ocene uticaja jeste da se identifikuju i uspostave veze između životnog ciklusa proizvoda i usluga i potencijalnih uticaja na životnu sredinu [1].

Prema standardu SRPS ISO 14040:2008 ocenjivanje životnog ciklusa se izvodi u četiri uzastopne i međusobno zavisne faze [2]:

1) Faza definisanja cilja, područja primene i obima LCA u kojoj se vrši izbor metoda i postupaka analize, te određuje dubina i širina kao i nameravane upotrebe rezultata istraživanja.

Adresa autora: 1) Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd, Republika Srbija
E-mail: tea.spasojevic@institutims.rs

2) Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd, Republika Srbija
E-mail: zagorka.radojevic@institutims.rs

2) Faza analize inventara životnog ciklusa – (eng. Life cycle inventory-LCI) se odnosi na prikupljanje ulaznih i izlaznih materijalnih i energetskih tokova sistema proizvoda koji se posmatra.

3) Faza ocenjivanja uticaja životnog ciklusa – (eng. Life cycle impact assessment-LCIA) obezbeđuje ocenjivanje potencijalnih negativnih uticaja tokom životnog ciklusa na osnovu rezultata LCI kako bi se bolje razumeo njihov značaj sa aspekta zaštite životne sredine. Uticaji potrošnje resursa i nastalih emisija se grupišu i kvantifikuju preko određenog broja kategorija uticaja koje se onda mogu odmeravati po značaju.

4) Faza interpretacije rezultata primene LCA je završna faza procedure LCA, u kojoj se rezultati LCI i LCIA, sumiraju i razmatraju kao osnova za zaključke, preporuke i donošenje odluka u skladu sa definicijom cilja i predmeta.

2. DEFINISANJE CILJA, PREDMETA I OBIMA LCA

U prvoj fazi, definišu se predmet, cilj, obim i područje primene LCA. Predmet istraživanja treba tako definisati da obezbedi da obim i detaljnost studije budu usklađeni i dovoljni za postizanje utvrđenog cilja. Isto ta-

ko, potrebno je da cilj LCA studije nedvosmisleno utvrdi nameravanu primenu, razloge za izradu studije i zainteresovane korisnike rezultata studije [3].

Definisanje predmeta uključuje definisanje sistema proizvoda koji se posmatra, kao i pripadajuće funkcije, određivanje funkcionalne jedinice, granica sistema, postupke alociranja, izbor kategorija uticaja, kao i metode ocenjivanja uticaja [2].

Sistem proizvoda predstavlja niz povezanih operacija koje se dešavaju u životnom ciklusu proizvoda. Sistem proizvoda može imati više funkcija, pri čemu se obuhvataju one koje se tiču cilja i predmeta konkretne LCA studije [2].

Funkcionalna jedinica je mera za funkcionalne izlaze sistema proizvoda. Ona obezbeđuje referentnu tačku u kojoj su ulazi i izlazi povezani i omogućava jasno poređenje rezultata LCA studije. Funkcionalna jedinica se izražava po količini proizvoda (npr. kg, m² ili l) tako da bude u vezi sa funkcijom usluge proizvoda po ekvivalentu odnosno meri upotrebe. Svi ulazi i izlazi izračunavaju se po funkcionalnoj jedinici.

Važno je napomenuti da se u ovoj fazi postavljaju i granice sistema (tehničke, geografske ili vremenske) kao i procedura pribavljanja i korišćenja podataka. Za sva postavljena pravila i pretpostavke pri sprovođenju LCA mora postojati validna dokumentacija kojom se postavke dokazuju [4].

3. ANALIZA INVENTARA ŽIVOTNOG CIKLUSA – LCI

U okviru LCI faze prikupljaju se podaci o relevantnim ulazima i izlazima svakog pojedinačnog procesa koji zajedno čine životni ciklus proizvoda koji se analizira. Rezultat faze inventarisanja je lista sa nazivima i količinama elementarnih tokova životnog ciklusa proizvoda. U zavisnosti od postavljenog cilja i potrebe izveštavanja rezultati se mogu iskazati po pojedinim fazama životnog ciklusa, po medijima životne sredine (vazduh, voda, zemljište) ili na nivou specifičnih procesa [3,5]. Na slici 1 je dat primer liste za prikupljanje podataka za LCI.

Izvori podataka koji se koriste u LCA studijama načelno se dele u četiri kategorije [6]:

1) Elektronske baze podataka – koje su najčešće sastavni deo računarskih programa za LCA analizu; baze podataka nastaju na osnovu već sprovedenih analiza, te se preporučuje njihovo korišćenje (ukoliko postoje podaci unutar baze koji su kompatibilni sa posmatranim procesom) zbog uštede u vremenu i troškovima.

2) Podaci iz literature – na primer, naučni radovi, postojeći LCA izvještaji i slično.

3) Podaci dobijeni od proizvođača, laboratorija i slično.

4) Izmereni i/ili izračunati podaci – korišćenje ove vrste podataka će dati najtačnije rezultate ali zahteva najviše vremena i ulaganja.

Identifikacija jediničnog procesa:			Mesto izveštavanja:
Emisije u vazduh ^{a)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Emisije u vodu ^{b)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Emisije u zemlju ^{c)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Ostala ispuštanja ^{d)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Opisati svaki jedinstven proračun, prikupljanje podataka, uzorkovanje ili odstupanje od opisa funkcija jediničnog procesa (priključiti dodatne listove, ako je neophodno).			
a) Na primer, neorganske: Cl ₂ , CO, CO ₂ , prašina/čestice, F ₂ , H ₂ S, H ₂ SO ₄ , HCl, HF, N ₂ O, NH ₃ , NO _x , SO _x ; i organske: ugljovodonici, PCB, dioksini, fenoli; metali Hg, Pb, Cr, Fe, Zn, Ni.			
b) Na primer: BPK, HPK, kiseline, Cl ₂ , CN ₂ ⁻ , deterdženti/uља, rastvorene organske materije, F ⁻ , Fe joni, Hg joni, ugljovodonici, Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , organohloridi, ostali metali, ostala azotna jedinjenja, fenoli, fosfati, SO ₄ ²⁻ , suspendovane čvrste materije.			
c) Na primer: mineralni otpad, mešani industrijski otpad, komunalni čvrsti otpad, otrovni otpadi (molimo navedite jedinjenja uključena u ovu kategoriju podataka).			
d) Na primer: buka, radijacija, vibracija, miris, toplota od spaljivanja otpada.			

Slika 1. Primer liste za prikupljanje podataka za LCI [3]

Podaci koji se prikupljaju u okviru ove faze na strani ulaza uključuju: ulaz energije, ulaze sirovina i ostalih (pomoćnih) materijala potrebnih za proizvodnju, a na strani izlaza podatke o proizvodima, otpadu kao i podatke o emisijama u vazduh, vodu i zemljište [3].

Ulazne podatke je relativno lako odrediti, to su uglavnom potrošnja energije i materijala, te ih je moguće pronaći u već postojećoj poslovnoj dokumentaciji. Primer ulaznih podataka za opekarske proizvode dat je u tabeli 1 gde je prikazan inventar ulaznih podataka za proizvodnju 1 kg cigle od gline.

Tabela 1. Inventar podataka za proizvodnju 1 kg cigle od gline- ulazni podaci [7]

Ulazne jedinice	Količina	Jedinica mere
Sirovina-glina	0.740	kg
Sirovina-crvena glina	0.260	kg
Sirovina-voda	0.130	kg
Sirovina-aditivi	0.020	kg
Energija-mazut	0.908	kWh
Energija-nafta	0.00064	kg
Prevoz gline	4.75	km
Prevoz crvene gline	18.20	km

Kada je u pitanju inventar izlaznih podataka, bitno je naglasiti da izlazni podaci (kao što su emisije u vazduh, vodu i zemljište) zahtevaju puno više vremena i materijalnih ulaganja. Praktična ograničenja kod sakupljanja podataka moraju se proceniti u predmetu studije i dokumentovati u izveštaju analize. U tabeli 2 je prikazan inventar izlaznih podataka za proizvodnju 1 kg cigle od gline.

Tabela 2. Inventar podataka za proizvodnju 1 kg cigle od gline- izlazni podaci [7]

Izlazne jedinice	Količina	Jedinica mere
	Materijal	
Proizvod (cigla)	1	kg
Emisije – Neorganske emisije u vazduh		
Ugljen dioksid (CO ₂)	0.373	kg
Ugljen monoksid (CO)	1.2 x 10 ⁻⁴	kg
Azotni oksidi (NO _x)	7.21 x 10 ⁻⁴	kg
Azot (atmosferski azot)	4.29 x 10 ⁻⁶	kg
Kiseonik	2.99 x 10 ⁻⁵	kg
Sumpor dioksid (SO ₂)	0.00206	kg
Vodena para	0.482	kg
Voda (evapotranspiracija)	0.0833	kg
Emisije – Organske emisije u vazduh (grupa VOC)		
Metan (CH ₄)	3.61 x 10 ⁻⁴	kg
Druge emisije u vazduh		
Izduvni gas	1.47	kg
Čestice u vazduhu		
Prašina-(PM _{2,5} -PM ₁₀)	2.2 x 10 ⁻⁵	kg
Prašina-(PM _{2,5})	3.95 x 10 ⁻⁵	kg

4. OCENJIVANJE UTICAJA ŽIVOTNOG CIKLUSA – LCIA

LCIA faza je usmerena ka vrednovanju značaja mogućih uticaja na životnu sredinu na bazi rezultata LCI faze. Ovaj proces, obuhvata podatke inventara povezane sa specifičnim kategorijama uticaja na životnu sredinu i indikatorima kategorije [2]. Izbor kategorija uticaja se sprovodi na osnovu postavljenog cilja i predmeta LCA studije. U tabeli 3 je dat pregled uobičajeno korišćenih kategorija uticaja sa faktorima karakterizacije.

Faza LCIA sadrži sledeće obavezne elemente [3]:

- izbor kategorija uticaja, indikatora kategorija i modela karakterizacije;
- dodeljivanje rezultata LCI odabranim kategorijama uticaja (klasifikacija);
- izračunavanje rezultata indikatora kategorije (karakterizacija).

Za svaku kategoriju uticaja, neophodne komponente LCIA uključuju [3]:

- identifikaciju krajnje tačke kategorije;
- definiciju pokazatelja kategorije za krajnje tačke date kategorije;
- identifikaciju odgovarajućih rezultata LCI koje se mogu dodeliti kategoriji uticaja, uzimajući u obzir indikator izabrane kategorije i identifikovane krajnje tačke kategorije;
- identifikaciju modela karakterizacije i faktora karakterizacije.

Kod većine LCA studija, biraju se postojeće kategorije uticaja, indikatora kategorija ili modeli karakterizacije. Međutim, u nekim slučajevima postojeće kategorije uticaja, indikatora kategorija i modeli karakterizacije nisu dovoljni da ispune definisani cilj, predmet i područje primene LCA, pa se moraju definisati novi.

Do sada je razvijen veći broj LCIA metodologija, između kojih treba pomenuti CML, Eco-indicator 95 i 99, IMPACT 2002+, ReCiPe [9].

CML i EDIP su klasične metode ocenjivanja uticaja životnog ciklusa koje omogućavaju kvantitativno modelovanje u relativno ranim fazama u uzročno-posledičnom lancu, odnosno rezultate u tzv. međupozicijama kategorija uticaja. Eco-Indikator99 je metoda orijentisana na kategorije krajnjeg nivoa uticaja i obezbeđuje model za uzročno-posledični lanac do krajnje pozicije ili pozicije štete, ali sa visokim stepenom neizvesnosti [10]. Metoda Impact 2002+ je metoda koja vrednuje uticaje na međupozicijama (potencijal globalnog zagrevanja, zauzimanje zemljišta, acidifikacija i sl.) i na krajnjim pozicijama mehanizama životne sredine (oštećenje ekosistema, klimatske promene itd.), što izdvaja ovu metodu od drugih koje kao rezultat vrednuju samo uticaje na međupozicijama ili samo na krajnjim pozicijama [11]. U tabeli 4 su prikazane LCIA metodologije koje se koriste u LCA studijama.

Izbor, modeliranje i procena kategorija uticaja mogu imati izražen subjektivni karakter, i zbog toga je transparentnost procesa od presudne važnosti za ocenjivanje uticaja na životnu sredinu, a sve u cilju jasnog opisivanja pretpostavki.

Tabela 3. Pregled LCIA kategorija uticaja [8]

Kategorija uticaja	Opseg uticaja	Primeri LCI podataka (klasifikacija)	Uobičajeno moguć faktor karakterizacije	Opis faktora karakterizacije
Globalno zagrevanje	Globalno	Ugljen dioksid (CO ₂) Azot dioksid (NO ₂) Metan (CH ₄) Hlorofluorouglenjenci (CFC _s) Hidrohlorofluorouglenjenci (HCFC _s) Metil bromid (CH ₃ Br)	Potencijal globalnog zagrevanja	Pretvara LCI podatke u ekvivalente ugljen dioksida (CO ₂) Napomena: potencijal globalnog zagrevanja može biti 50,100 ili 500 godina potencijal.
Acidifikacija	Regionalno Lokalno	Oksidi sumpora (SO _x) Oksidi azota (NO _x) Hlorovodonična kiselina (HCl) Fluovodonična kiselina (HF) Amonijak (NH ₃)	Potencijal acidifikacije	Pretvaranje LCI podataka u ekvivalente vodonika (H ⁺).
Eutrofikacija	Lokalno	Fosfati (PO ₄) Oksidi azota (NO _x) Azot dioksid (NO ₂) Nitrati Amonijak (NH ₃)	Potencijal eutrofikacije	Pretvaranje LCI podataka u fosfatne (PO ₄) ekvivalente.
Ljudsko zdravlje	Globalno Regionalno Lokalno	Ukupno ispuštanje (emisija) u vazduh, vodu i zemljište	LC ₅₀	Pretvara LCI podatke u ekvivalente: koristi multimedijalni modeliranje, putevi izloženosti
Potrošnja resursa	Globalno Regionalno Lokalno	Količina iskorišćenih minerala Količina potrošenih fosilnih goriva	Potencijal potrošnje resursa	Pretvara LCI podatke u odnos količine iskorišćenih resursa u odnosu na količinu resursa ostavljenih u rezervi.

Tabela 4. Pregled LCIA metodologija [9]

LCIA metodologija	Objavljena (god.)	Razvijena od strane organizacije*/države	Indikatorska osnova**
CML	1992. i 2002.	A (Holandija)	S
Eco-indicator	1995. i 1999.	K (Holandija)	S/K
EDIP	1997. i 2003.	A (Danska)	S
EPS	2000.	D+P (Švedska)	S/K
IMPACT 2002+	2002.	A (Švajcarska)	S/K
TRACI	2002.	D (SAD)	S
LIME	2004.	– (Japan)	S/K
ReCiPe	2005.	A+K+D (Holandija)	S/K
Swiss Ecological Scarcity (UBP Metoda)	2006.	D (Švajcarska)	S
USEtox	2008.	A (SAD)	S/K

A-Akadska institucija; K-Konsultantska organizacija; D-Državna (vladina) organizacija; P-Privatna kompanija; S-Kategorija srednjeg nivoa uticaja; K- Kategorija krajnjeg nivoa uticaja.

5. INTERPRETACIJA REZULTATA PRIMENE LCA

Zadatak interpretacije životnog ciklusa je da pruži jasnu i prihvatljivu ponudu i jedinstvenu prezentaciju rezultata studije LCA, u skladu sa definisanim ciljem i predmetom studije [2].

Interpretaciona faza životnog ciklusa se sastoji iz sledećih elemenata [3]:

– Identifikacija značajnih pitanja na osnovu rezultata LCI i LCIA faza.

– Ocenjivanje putem provere potpunosti, osetljivosti i doslednosti.

– Generisanje zaključaka, ograničenja i preporu

Cilj interpretacije životnog ciklusa je analiza dobijenih rezultata, izvedenih zaključaka, objašnjenje ograničenja i pružanje preporuka zasnovanih na utvrđenim činjenicama iz prethodnih faza LCA i izveštavanje o rezultatima interpretacije životnog ciklusa.

Kao i u slučajevima prethodne dve faze, faza interpretacije može da obuhvati iterativni proces preispitivanja i revidiranja predmeta LCA, kao i prirode i kvaliteta

podataka prikupljenih na način koji je konzistentan sa definisanim ciljem [11].

6. LCA I EPD

U proceni životnog ciklusa, Deklaracija proizvoda o zaštiti životne sredine (eng. Environmental Product Declaration-EPD) je standardizovan način kvantifikacije uticaja proizvoda ili sistema na životnu sredinu. EPD se kreira i verifikuje u skladu sa međunarodnim standardom ISO 14025. Standard SRPS CEN/TR 15941:2016 podržava razvoj Deklaracije proizvoda o zaštiti životne sredine (EPD). On služi kao pomoć u korišćenju opštih podataka tokom pripreme EPD za građevinske proizvode, procese i usluge na dosledan način, prema osnovnim pravilima za kategorizaciju građevinskih proizvoda [12].

Osnovna pravila kategorizacije proizvoda moraju da [13,14]:

- definišu parametre i načine na koje se oni prikupljaju i prezentuju;
- definišu koje se faze i koji se procesi životnog ciklusa proizvoda razmatraju u EPD;
- sadrže pravila na osnovu kojih se razvijaju scenariji;
- sadrže pravila za izračunavanje sadržaja životnog ciklusa (LCI);
- sadrže načine utvrđivanja informacija o životnoj sredini i zdravlju, koje nisu sastavni deo LCA za građevinski proizvod ili uslugu.

U skladu sa tim, važno je napomenuti da za cigle od gline još ne postoji Deklaracija proizvoda o zaštiti životne sredine (EPD). Međutim, generički LCA za cigle od gline postoji u bazi podataka Nacionalnog instituta za standarde i tehnologiju (eng. National Institute of Standards and Technology -NIST) u okviru softvera BEES (eng. Building for Environmental and Economic Sustainability) [15].

7. ZAKLJUČAK

LCA predstavlja metod za kvantifikaciju, evaluaciju, poređenje i poboljšanje proizvoda i usluga sa aspekta njihovog potencijalnog negativnog uticaja na životnu sredinu i samim tim pomaže u identifikovanju mogućnosti za njihovo smanjenje. Imajući u vidu kompleksnost ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda u smislu ispunjenja zahteva standarda ISO 14040 i ISO 14044, ovaj rad predstavlja sažetu analizu postupka ocenjivanja životnog ciklusa opekarskih proizvoda. Za detaljniju analizu neopodno je sakupiti što relevantnije i kompletnije podatke konkretna studija slučaja, podaci iz fabrika za proizvodnju opekarskih proizvoda, u cilju dobijanja što realnije slike stvarnog stanja posmatranog sistema proizvoda i njegovog uticaja na životnu sredinu.

LITERATURA

- [1] Stevanović Čarapina, H., Mihajlov, A. (2010), Metodologije za dizajn zelenih proizvoda, Zbornik radova 6. Regionalne konferencije "Životna sredina ka Evropi"

EnE08, Beograd, ISBN 978-86-910873-3-3, str. 125-129.

- [2] SRPS ISO 14040 (2008), Upravljanje zaštitom životne sredine, Ocenjivanje životnog ciklusa, Principi i okvir, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, Srbija.
- [3] SRPS ISO 14044 (2009), Upravljanje zaštitom životne sredine, Ocenjivanje životnog ciklusa, Zahtevi i uputstva za primenu, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, Srbija.
- [4] Stevanović Čarapina, H., Jovović, A., Stepanov, J. (2010), Ocena životnog ciklusa LCA (Life Cycle Assessment) kao instrument u strateškom upravljanju otpadom, Monografija, Univerzitet Educons, Sremska Kamenica.
- [5] World Energy Council (2004), Comparison of Energy System Using Life Cycle Assessment, A Special Report of the World Energy Council, London, United Kingdom, ISBN 0946121168.
- [6] Belošević, D. (2015), LCA analiza staklene boce, Završni rad br. 159/PS/2015, Sveučilište Sjever, Univerzitet North, Koprivnica, Hrvatska.
- [7] Kyllili, A., Fokaides, P.A. (2017), EcoHestia: A comprehensive building environmental assessment scheme, based on Life Cycle Assessment, *Procedia Environmental Sciences* 38, pp. 515-521.
- [8] ILCD International Reference Life Cycle Data System (ILCD) handbook (2010), General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance – first edition, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, ISBN 978-92-79-19092-6.
- [9] Vještica, S. (2014), Model upravljanja uticajima procesa proizvodnje podnih obloga na životnu sredinu primenom metode ocenjivanja životnog ciklusa (LCA), Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [10] Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., Rosenbaum, R. (2003), IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology, *Int J LCA* 8 (6) 324 – 330.
- [11] ILCD International Reference Life Cycle Data System (ILCD) handbook (2010), Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- [12] SRPS CEN/TR 15941 (2016), Održivost građevinskih objekata, Deklaracije proizvoda o zaštiti životne sredine, Metodologija selekcije i korišćenja opštih podataka, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, Srbija.
- [13] Drpić, A., Radojević, Z. (2018), Primena postupaka za izdavanje eko-deklaracija za građevinske proizvode, *IZGRADNJA* 72 (2018) 11-12, UDK: 006.77:[502:69.05, str. 637-643.
- [14] SRPS EN 15804 (2016), Održivost građevinskih objekata, Deklaracije proizvoda o zaštiti životne sredine, Osnovna pravila za kategorizaciju građevinskih proizvoda, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, Srbija.
- [15] <https://www.nist.gov/services-resources/software/bees>, 20.11.2018. godine – datum pristupa.